



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Programa de Doctorado en Economía con especialidad en
Economía de los Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA - PERÚ

**ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE HUAICOS* ACTIVADOS POR
LLUVIAS QUE AFECTAN LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN LA
CUENCA DEL RIO RIMAC
LIMA-PERÚ**

TESIS

**QUE PARA O PTAR EL GRADO DE: DOCTOR EN LA DIVISIÓN
DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE ECONOMIA**

PRESENTA:

Gustavo Adolfo Ruiz Tay

TUTOR PRINCIPAL :

Dr. Fernando Rello Espinosa

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE ECONOMIA DE LA
UNAM**

MÉXICO, DF JUNIO 2013

() Huaico, (Del quechua wayq'u). Según la Real Academia Española I. m. Perú. Masa enorme de lodo y peñas que las lluvias torrenciales desprenden de las alturas de los Andes y que, al caer en los ríos, ocasionan su desbordamiento.*



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE GENERAL

RESUMEN

I.	INTRODUCCIÓN.....	11
	Justificación.....	14
	Planteamiento del Problema.....	18
II.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
	Propósito.....	22
	Objetivo General.....	22
	Objetivos Específicos.....	22
	Hipótesis General:.....	22
	Hipótesis Específicas.....	22
	Limitaciones y Supuestos.....	23
III.	MARCO TEÓRICO.....	25
	III.1. La Economía Ecológica.....	25
	El principio de Podolinsky.....	25
	La economía vertical andina.....	26
	La capacidad de carga.....	27
	La huella ecológica.....	28
	La resiliencia.....	29
	III.2. La Teoría General en Evaluación de Riesgos.....	29
	Riesgos en los Ecosistemas.....	29
	Riesgos asociados a la salud humana.....	30
	III.3. Aportes en la Comprensión de la Vulnerabilidad.....	35
	III.4. Aportes en Metodologías de Gestión De Riesgos.....	41
	III.5. Métodos para medir el riesgo.....	46
IV.	ANTECEDENTES EN EL PERÚ.....	51
	IV.1. Conocimiento de Mapas de Vulnerabilidad.....	51
	IV.2. Nivel de Institucionalidad.....	52
	IV.3. Desarrollo de Indicadores de Vulnerabilidad en el Perú.....	55
	Cambio de uso del suelo.....	55
	Capacidad de Carga de la Cuenca.....	58
	Contaminación del Agua y el suelo.....	63
	Aumento de la Población.....	68
	Aumento del Transporte.....	72
V.	METODOLOGIA.....	75

V.1 Caracterización de La Zona De Estudio (PASO N° 1):.....	76
V.2. Análisis de Probabilidades de las Amenazas de Huaicos.(PASO N° 2):	101
V.3 Análisis de Vulnerabilidad de La Carretera (PASO N° 3)	117
Estimación de la Vulnerabilidad Física (Localización).....	118
Estimación de la Vulnerabilidad Ambiental.....	121
Estimación de la Vulnerabilidad Estructural	125
Estimación de la Vulnerabilidad Institucional	130
Estimación de la Vulnerabilidad Económica	133
Estimación de la Vulnerabilidad Social	147
V.4 Análisis de Riesgo (PASO N° 4).....	154
Medición del Riesgo Físico	161
Medición del Riesgo Ambiental	163
Medición del Riesgo Estructural	164
Medición del Riesgo Institucional.....	165
Medición del Riesgo Económico.....	166
Medición del Riesgo Social.....	167
VI. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	169
Sobre el análisis de las amenazas	172
Sobre el análisis de las Vulnerabilidades	173
Sobre el análisis de Riesgo	174
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	180
Conclusiones del Objetivo General	180
Conclusiones de los Objetivos Específicos	181
Del Objetivo Específico 1:	181
Del Objetivo Específico 2:	181
Del Objetivo Específico 3:	182
Del Objetivo Específico 4:	182
Del Objetivo Específico 5:	183
Recomendaciones	184
VIII. BIBLIOGRAFIA	185

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Evolución y Proyección de la Población y de la Superficie Urbana de Lima Metropolitana: 1940 – 2015	20
Cuadro N° 2: Tipos de Metodologías para zonificación de la amenaza por deslizamiento y utilidad según la escala de trabajo (adaptado del ITC).....	44
Cuadro N° 3: Estimación de la huella ecológica departamental de Lima	59
Cuadro N° 4: Estimación de la huella ecológica departamental	60
(<i>equivalencias en áreas</i>).....	60
Cuadro N° 5: La estimación de la huella ecológica per cápita de Lima.....	61
(Hectáreas Globales por Persona).....	61
Cuadro N° 6: Botadores de Residuos Sólidos en el río Rimac.....	64
Cuadro N° 7: Disposición controlada y no controlada de residuos sólidos	65
Cuadro N° 8: Resumen de Residuos Sólidos	66
Cuadro N° 9: Número de vertimientos Mineros, Industriales y Domésticos en la cuenca del Rímac.....	68
Cuadro N° 10: Población Nacional y de Lima Metropolitana al 2007.....	68
Cuadro N° 11: Evolución de la carga y pasajeros transportados a nivel nacional en el Perú.....	72
Cuadro N° 12: Nivel de la Inversión Pública en el Departamento de Lima.....	80
Cuadro N° 13: Tamaño de La Cuenca Hidrográfica De Lima	80
Cuadro N° 14: Porcentaje del Área de la Cuenca por Región Natural.....	85
Cuadro N° 15: Características físicas del río Rímac	85
Cuadro N° 16: Orden del curso del agua del río Rímac (según Horton-Strahler).....	88
Cuadro N° 17: Paisajes y Suelos Dominantes	91
en el Valle del Rímac.....	91
Cuadro N° 18: Zonas De Humedad De La Cuenca Del Rimac.....	93
Cuadro N° 19: Población de la cuenca del Rímac, 2007.....	94
Cuadro N° 20: IDH a nivel de la cuenca del río Rímac -2007	95
Cuadro N° 21: Viviendas con servicios de agua potable 2007	96
Cuadro N° 22: Servicio de alcantarillado	97
Cuadro N° 23: Población Económicamente Activa en Lima Metropolitana	98
Cuadro N° 24: Características del Empleo en Lima Metropolitana	98
Cuadro N° 25: Población Económicamente Activa	99
Cuadro N° 26: Actividades Minero-Metalúrgicas Desarrollados en la Cuenca del Río Rímac.....	100
Cuadro N° 27: Estadísticas de las precipitaciones pluviales en la cuenca del río Rímac	103

Cuadro N° 28: Correlación entre el tránsito restringido y las lluvias acumuladas.....	104
Cuadro N° 29: Coeficientes de correlación encontrada entre el tránsito restringido y la precipitación acumulada	105
Cuadro N° 30: Frecuencia de las lluvias acumuladas mensuales mayores a 20 mm por cada estación meteorológica.....	106
Cuadro N° 31: Probabilidad mensual de la frecuencia de lluvias acumuladas > 20mm (en base a las series anuales)	107
Cuadro N° 32: Coeficientes de correlación entre lluvias acumuladas y tránsito restringido.....	107
Cuadro N° 33: Probabilidad de las lluvias acumuladas interrumpan la carretera	108
Cuadro N° 34: Resumen de probabilidades por estación meteorológica	115
Cuadro N° 35: Probabilidad de precipitación ≥ 20 mm promedio anual	116
Cuadro N° 36: Selección de las variables para medir la vulnerabilidad de la carretera Lima-La Oroya	118
Cuadro N° 37: Puntos críticos de la carretera central.....	119
Cuadro N° 38: Vulnerabilidad Física	120
Cuadro N° 39: Vulnerabilidad Ambiental según Biocapacidad.....	122
Cuadro N° 40: Estimación de la Vulnerabilidad ambiental a través del déficit de la Biocapacidad	122
Cuadro N° 41: Vulnerabilidad Ambiental	123
Cuadro N° 42: Vulnerabilidad Física según estado de las vías de transporte	125
Cuadro N° 43: Estimación de la Vulnerabilidad Estructural.....	126
Cuadro N° 44: Vulnerabilidad Estructural	127
Cuadro N° 45: Vulnerabilidad Institucional según encuesta a distritos de la cuenca del Rímac.....	130
Cuadro N° 46: Niveles de la vulnerabilidad Institucional por tramos de la carretera central	131
Cuadro N° 47: Estimación de la vulnerabilidad Institucional	131
Cuadro N° 48: Vulnerabilidad Institucional	132
Cuadro N° 49: Gastos Del Gobierno Nacional En Conservación, Emergencia A Nivel Del Departamento De Lima.....	135
Cuadro N° 50: Parámetros de los costos de mantenimiento de la carretera	137
Cuadro N° 51: Estimación del valor de cada tramo de la vía Callao-La Oroya.....	138
Cuadro N° 52: Estimación de la vulnerabilidad económica directa.....	138
Cuadro N° 53: Ingresos de camiones al mercado mayorista de Lima.....	139
Cuadro N° 54: Peajes cobrados de camiones que ingresan al mercado mayorista de Lima.....	140
Cuadro N° 55: Horas con tráfico restringido.....	141
Cuadro N° 56: Estimación del valor perdido de los productos perecederos	142

Cuadro N° 57: Estimación del valor de las horas hombre perdidas por las interrupciones de tránsito	143
Cuadro N° 58: Registro del cobro de Peaje	144
Cuadro N° 59: Estimación del peaje perdido	144
Cuadro N° 60: Integrando el total de la vulnerabilidad económica indirecta	145
Cuadro N° 61: Vulnerabilidad Económica Indirecta.....	145
Cuadro N° 62: Estimación de la Vulnerabilidad Económica Total.....	146
Cuadro N° 63: Población en situación de Pobreza	148
Cuadro N° 64: Necesidad Básica insatisfecha.....	150
Cuadro N° 65: Ingresos de la población en situación de pobreza	152
Cuadro N° 66: Clasificación del riesgo	155
Cuadro N° 67: Resultado de la probabilidad de amenaza de Huaicos que interrumpen la carretera central	155
Cuadro N° 68: Resultado de la medición de los componentes del Riesgo.....	156
Cuadro N° 69: Estimación del riesgo de huacos que afectan la carretera por tramo y mes	158
Cuadro N° 70: Resultados de la estimación de la estructura de la vulnerabilidad	169

INDICE GRAFICOS

Gráfico N° 1: Incremento de Desastres por Tipo (1900-2005)	17
Gráfico N° 2: Tendencia de la ocurrencia de los desastres por tipo de amenaza (1900-2005).....	17
Gráfico N° 3: La Huella Ecológica per cápita	60
en el Perú	60
Gráfico N° 4: Estimación de la Biocapacidad	62
en cada departamento del Perú	62
Gráfico N° 5 Comparación de la huella ecológica departamental versus el Índice de Desarrollo Humano por cada departamento del Perú	62
Gráfico N° 6: Evolución de la generación de Residuos Sólidos en Lima	64
Gráfico N° 7: Población proyectada de Lima al 2015	69
Gráfico N° 8: Tráfico nacional de carga 2001-2010	73
Gráfico N° 9: Transporte de Pasajeros 2001-2010.....	73
Gráfico N° 10: Parque Vehicular Del Transporte De Carga 2002-2010.....	74
(Unidades)	74
Gráfico N° 11: Distribución de la Población de la cuenca del Rímac según altura aproximada	94

Gráfico N° 12: Crecimiento Poblacional en la Cuenca del Río Rímac	95
Gráfico N° 13: Evolución de la probabilidad de lluvias ≥ 20 mm	109
Gráfico N° 14: Estación Meteorológica Autisha	110
Gráfico N° 15: Estación Meteorológica Matucana	110
Gráfico N° 16: Estación Meteorológica Canchacalla.....	111
Gráfico N° 17: Estación Meteorológica Sheque	111
Gráfico N° 18: Estación Meteorológica Carampoma.....	112
Gráfico N° 19: Estación Meteorológica Río Blanco	112
Gráfico N° 20: Estación Meteorológica San José de Parac.....	113
Gráfico N° 21: Estación Meteorológica Tingo.....	113
Gráfico N° 22: Estación Meteorológica Casapalca	114
Gráfico N° 23: Estación Meteorológica Milloc.....	114
Gráfico N° 24: Gastos de Conservación de Carretera a nivel nacional.....	135
Gráfico N° 25: Gastos de Conservación de Carretera a nivel de Lima	136
Gráfico N° 26: Gastos de Emergencia a nivel de Lima.....	137
Gráfico N° 27: Ingresos de camiones al mercado mayorista de Lima	140
Gráfico N° 28: Tránsito restringido en la carretera central	141
Gráfico N° 29: Proporción de la población urbana que vive en barrios marginales	150
Gráfico N° 30: Vulnerabilidad según indicadores sociales de pobreza	151
Gráfico N° 31: Estimación del Riesgo por tipo de vulnerabilidad.....	159
Gráfico N° 32: Riesgos promedio por cada Tramo	160
Gráfico N° 33: Componentes del riesgo físico.....	161
Gráfico N° 34: Componentes del riesgo ambiental	163
Gráfico N° 35: Componentes del riesgo estructural.....	164
Gráfico N° 36: Componentes del riesgo institucional.....	166
Gráfico N° 37: Componentes del riesgo económico	167
Gráfico N° 38: Componentes del riesgo social	168
Gráfico N° 39: Análisis de la vulnerabilidad en la carretera central.....	170
Gráfico N° 40: Gráficos de Estimación de la Vulnerabilidades por cada tramo de la carretera central	171
Gráfico N° 41: Estimación Del Riesgo Por Cada Tramo De La Carretera Central	175
Gráfico N° 42: Riesgos Directos por tramo	176
Gráfico N° 43: Riesgos Indirectos por tramo	177

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo del manejo de desastres según esquema tradicional.....	31
Figura 2: Ciclo del manejo de desastres según esquema contemporáneo	33
Figura 3: Análisis de Riesgo según esquema HYOGO.....	34
Figura 4: Indicadores de Vulnerabilidad	35
Figura 5: Enfoque temporal de la vulnerabilidad	36
Figura 6: Temporalidad de la vulnerabilidad en el desarrollo sostenible.....	37
Figura 7: Integración de la Vulnerabilidad a nivel conceptual.....	38
Figura 8: Relación lluvia - Deslizamiento	41
Figura 9: Tipos de estudios necesarios en la relación lluvia-deslizamiento.....	42
Figura 10: Enfoque de riesgos para la planificación territorial	43
Figura 11: Dimensiones del Ordenamiento Territorial.....	45
Figura 12: Comunidad basada en el índice de riesgo	47
Figura 13: Gestión Del Riesgo Del Estado Peruano.....	53
Figura 14: Carretera central Cobertura Vegetal Lima- La Oroya	56
Figura 15: Residuos sólidos en Lima	63
Figura 16: Estado del Agua y Saneamiento.....	67
Figura 17: Contaminación del río Rímac	67
Figura 18: Existen centros poblados en las mismas rutas naturales de los huaicos y deslizamientos de los cerros en donde lamentablemente se ubican muchos centros poblados de gente pobre	70
Figura 19: Los centros poblados ubicados en las faldas de los cerros de Lima, constituyen poblaciones vulnerables ante las amenazas naturales, potenciando la intensidad del desastre	70
Figura 20: Se incrementan las amenazas por crecida del caudal del río y se erosionan las defensas ribereñas.....	71
Figura 21: Inundación en los distritos del Callao (parte baja de Lima)	71
Figura 22: Ecoregiones en el Perú.....	72
Figura 23: Metodología de la Investigación	75
Figura 24: Subcuencas que Alimentan Al Río Rímac.....	83
Figura 25: Eventos relacionados en forma simultánea.....	101
Figura 26: Eventos relacionados para la ocurrencia de un huaico	102
Figura 27: Adaptación de la pendiente	121
Figura 28: Fallas detectadas en el Mantenimiento rutinario de la carretera central	129
Figura 29: Relaciones de las vulnerabilidades en el tiempo.....	178

INDICE DE MAPAS

Mapa N° 1: Peligros Por Vertimientos en la Cuenca del Rímac	52
Mapa N° 2: Mapa de cobertura del suelo	57
Mapa N° 3: Mapa según modelo de elevación y centros poblados	58
Mapa N° 4: Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú.....	78
Mapa N° 5: Mapa de la Ubicación Geográfica de la cuenca del río Rímac	79
Mapa N° 6: Ubicación de la zona de Estudio.....	81
Mapa N° 7: Ubicación de la cuenca del Rímac dentro de Lima	81
Mapa N° 8: Cuenca Del Río Rímac En Relación Con La Altura.....	82
Mapa N° 9: Distritos de la Cuenca del Río Rímac	84
Mapa N° 10: Uso actual de la tierra	92
Mapa N° 11: Mapa de Isoyetas	93

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación ha sido medir el riesgo de la amenaza de huaicos que afectan la infraestructura vial a lo largo de la cuenca hidrográfica del río Rímac ubicada en Lima-Perú y a través de esta medición comprender los principales componentes que intervienen en la estructura del riesgo y de la vulnerabilidad para que sirvan al desarrollo de una metodología de fácil aplicación para los gobiernos locales de esta cuenca.

La presente investigación rescata los principales aportes teóricos y metodológicos sobre las formas de medir y comprender el riesgo. El conocimiento de la estructura del riesgo y la medición de sus componentes principales orienta hacia la construcción de una metodología revelando las condiciones de vulnerabilidad que afectan a la carretera, las cuales se convierten en evidentes cuando se activa la amenaza de huaicos por causa de determinados niveles de precipitación de lluvias acumuladas y por las condiciones propias de la naturaleza de la cuenca.

La metodología se descompone en 4 pasos: una primera consiste en la caracterización de la zona de estudio (descripción de la zona de estudio, aspectos físicos, social, económico, nivel de institucionalidad y conocimiento de los indicadores de vulnerabilidad). Un segundo paso, el cual nos introduce propiamente al análisis de las probabilidades de la amenaza de huaicos, como un ejercicio de la estimación del nivel de lluvias con mayor probabilidad que cause huaicos, y que además interrumpen la carretera.

Luego viene el tercer paso, el análisis de vulnerabilidades, el cual permite medir el grado de vulnerabilidad física, ambiental, estructural, institucional, económica y social por cada tramo de la carretera, y finalmente el cuarto paso, que es el análisis de riesgo, ya que teniendo la probabilidad de la amenaza y ya calculado el nivel de vulnerabilidad, se puede hallar el nivel del riesgo, como un solo indicador agregado que permite facilitar la toma de decisiones de gestión del riesgo de la cuenca.

La medición del riesgo en cada tramo de la carretera, se ha realizado identificando las causas en sus primeros tramos debido a factores de vulnerabilidad más que a las probabilidades de las amenazas debido a que no hay condiciones físicas que ayuden a la activación de la amenaza de huaicos. Mientras que en los tramos más elevados de la carretera, tanto la probabilidad de la amenaza como las condiciones de vulnerabilidad aumentan, reflejándose en una mayor medida del riesgo.

Una vez aplicada la medición del riesgo en cada tramo de la carretera, ha permitido construir una metodología, tratándola de llevarla hacia una fácil aplicabilidad, a través del análisis y la validación de los indicadores más apropiados y coherentes con los conceptos del riesgo.

Dentro de las principales conclusiones de la medición del riesgo, es confirmar que las condiciones de degradación ambiental, contribuyen a la activación de la amenaza, potenciando además la vulnerabilidad de los asentamientos humanos más pobres, revelándose sus condiciones de vulnerabilidad social y económica.

Otra de las conclusiones importantes es que si bien una vez que se dan los factores desencadenantes, estos revelan las condiciones de vulnerabilidad a manera de efectos cascadas, es decir la amenaza activada por las lluvias revelan las condiciones de vulnerabilidad directa: física, estructural y ambiental, la que a su vez ponen en evidencia las vulnerabilidades sociales, económicas e institucionales.

Finalmente, se menciona que la metodología en sí misma es un aporte importante para la comprensión y medición del riesgo, la cual permite identificar la necesidad de construir mapas de vulnerabilidad a nivel local a través del *google earth*. La metodología está dirigida a evaluar la infraestructura vial implementada en la cuenca del río Rímac, que es una de las más importantes en el Perú por ser corredor de intercambio de productos agroindustriales y mineros entre el centro del Perú y su capital Lima.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú tiene una historia llena de desastres, muchos de ellos relacionados a amenazas naturales tales como las sequías en la sierra sur, los aluviones en el Callejón de Huaylas, los terremotos y tsunamis en la costa, los huaicos e inundaciones asociados al fenómeno de El Niño en todo el territorio, etc. los cuales constituyen las amenazas que mayor daño han causado al Perú. Sin embargo, la suma de estos numerosos pequeños desastres causados por los friajes, sismos locales o inundaciones, ha provocado un efecto bastante mayor sobre las poblaciones y cuyas pérdidas retrasan las metas de crecimiento y seguridad que debieran reflejarse en su calidad de vida.

Las sequías han afectado gravemente la vida de las poblaciones de la sierra sur y central del país. Los departamentos golpeados por las sequías han sido Ayacucho, Cusco y Puno. Las migraciones procedentes de la sierra sur del país en los años 60 se asociaron a este fenómeno que afectó la vida de los campesinos.

Los aluviones en el Callejón de Huaylas causaron la destrucción de Huaraz (1941), la desaparición de Ranrahirca (1962) y Yungay (1970). La región Áncash fue sacudida en 1970 por uno de los sismos más destructivos registrados en el país, con una magnitud de 7,8 en la escala de Richter. El área afectada por este movimiento sísmico tuvo un radio de 160 kilómetros. Según el Indeci, este evento causó 67 mil muertes, 150 mil heridos, 800 mil habitantes quedaron sin hogar y casi tres millones de personas fueron afectadas. El 95% de las viviendas, especialmente las de adobe, quedó completamente en ruinas, colapsó todo el sistema de alcantarillado y la actividad agrícola se paralizó. Tras el terremoto se produjo el desprendimiento de una de las paredes del lado este del nevado Huascarán generando un alud de grandes proporciones que barrió por completo las ciudades de Yungay y Ranrahirca. Las pérdidas materiales ocasionadas por el violento sismo fueron superiores a los US\$2.000 millones. A estos eventos se les suma lo recientes, como el Terremoto en Pisco y Chíncha en el año 2007 cuyos efectos hasta ahora, 2010 aún no se recuperan y la reconstrucción se hace muchas veces con los mismo vicios y factores causantes de la vulnerabilidad que amplificaron el desastre.

Tan sólo la mención de los desastres relacionados con amenazas naturales y activados por una inadecuada relación hombre naturaleza, -al construir ciudades vulnerables y relaciones de aprovechamiento de los recursos naturales de manera insostenibles-, pone en evidencia la existencia del problema. Considerando además que en la sociedad peruana, se ha ido construyendo en el imaginario histórico y cotidiano, algo “natural” que el desastre ocurra, convirtiendo a la sociedad peruana en un sujeto pasivo de los acontecimientos desastrosos, teniendo que resignarse a aceptarlo cada vez ocurra, como una consecuencia cuyo desencadenante tiene que ver más con las fuerzas de la naturaleza y con lo divino, dejando inútil cualquier esfuerzo.

Por otro lado, en el campo de la ciencia dedicada al cambio climático desde los 70s en adelante se ha ido desarrollando en sus orígenes por las ciencias básicas, la climatología y la física en particular, esencialmente dedicada a entender, explicar y medir el cambio en sí. Poco interés se prestaba en sus primeros momentos a la llamada “adaptación”, tema que surge con cierta fuerza solamente en los años 2000, aunque fuera mencionado y considerado en los orígenes de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Desde sus comienzos, tal vez debido a sus relaciones con el tema central del análisis físico de los cambios climáticos, el estudio y el desarrollo de ideas sobre la adaptación mantuvo una independencia relativa de los estudios sobre el riesgo de desastre y su gestión, y sus proponentes constituyeron un

grupo profesional en gran medida aparte, situación que en algún grado persiste hasta la fecha. Igual ha pasado con las institucionalidades desarrolladas en torno a la adaptación y las fuentes de financiamiento.

Un grueso aporte se puede señalar en el *Informe Stern* (Stern, 2006), que sostiene que la adaptación es crucial para afrontar el cambio climático. Se afirma entre sus principales conclusiones que se necesita una inversión equivalente al 1% del PIB mundial para mitigar los efectos del cambio climático y que de no hacerse dicha inversión el mundo se expondría a una recesión que podría alcanzar el 20% del PIB global.

En reconocimiento de que el tema de adaptación y cambio climático claramente se cruza con temas centrales de la gestión del riesgo (en particular con referencia a los llamados eventos extremos o dañinos, pero también con los temas del aumento del nivel del mar y la pérdida de hielo glacial) es que el IPCC comienza a inspirar estudios y el diseño de lineamientos concertados sobre el tema de la relación y sinergia entre ambos. La Conferencia de las Partes celebrada en Bali instruye en este sentido, y el Plan de Trabajo de Nairobi del 2008 da seguimiento al interés que desde unos años atrás, habían asumido distintos profesionales interesados en dicha relación. Entre las manifestaciones más palpables de este interés y compromiso se cuenta el nuevo estudio especial sobre el Manejo de los Extremos y los Desastres como apoyo a la Adaptación al Cambio Climático promovido entre la IPCC y la EIRD entre 2009 y 2011 (IPCC, 2012), que une a especialistas en ambas problemáticas por primera vez.

Según el Tyndall Centre¹, el Perú sería el tercer país más afectado por el calentamiento global, después de Bangladesh y Honduras. En el Perú tanto los científicos como la población en general perciben claramente el cambio climático. Tal es el caso de los glaciares que han retrocedido visiblemente –perdiendo hasta el 22% de su cobertura²-y eventos extremos como el fenómeno del niño (FEN), sequías, inundaciones y olas de calor o frío que son más frecuentes e intensos.

El Perú recibe los mayores impactos del FEN debido a su situación geográfica, este fenómeno puede multiplicar por 10 y hasta por 50 veces el total de lluvias en el norte del Perú. A decir de los científicos los eventos Niño de los años 82-83 y 97-98 (15 años) ocurrieron en un lapso de tiempo muy corto respecto de los FEN anteriores, lo cual confirma los supuestos del IPCC respecto a la mayor intensidad y recurrencia de eventos como el FEN.

En el Perú, existen entidades del estado tales como el Ministerio de Agricultura, El INDECI y el Ministerio del Ambiente (con sus órganos adscritos tales como el IGP y el SENAMHI) que ya se están preocupando en tomar medidas de adaptación y de mitigación al cambio climático.

Sin embargo, cuando se habla de “desastres naturales” el diálogo debe comenzar y debe terminar en el desarrollo sostenible. Quizás son justamente estos modelos de desarrollo los que no comulgan con un respeto por la naturaleza -reflejado en su conservación y aprovechamiento sostenible- de tal forma que no permiten ver que la mayoría de los esfuerzos relacionados a disminuir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia, tienen que ver más con prácticas más beneficiosas tanto para el hombre como para la casa que los alberga: la naturaleza.

¹ Organismo inglés de Investigación sobre cambio climático

² Según el Instituto Nacional de Glaciología y Geambiente INAGGA, cuyo estudio fue encargado por el CONAM (actualmente MINAM).

Es así que identificado el problema de la sociedad peruana por una mejor comprensión de la naturaleza y los componentes estructurales del riesgo por amenazas de origen hidrológico, -los cuales se manifiestan y hacen visibles cuando llegan a desastres naturales-, es que se propone el desarrollo de una metodología de evaluación de riesgos aplicado para la infraestructura vial de una cuenca hidrográfica del Perú.

El objetivo de la presente investigación es crear una metodología que incorpore criterios, variables o indicadores de calidad ambiental en el análisis y evaluación de riesgos de amenazas de origen hidrológico que afectan a los proyectos de inversión pública en infraestructura vial en la cuenca hidrográfica del río Rímac.

Para ello se está persiguiendo identificar las variables y la metodología de análisis que mejor se adecue a la realidad peruana, a su nivel de percepción de riesgo y a su historia y desarrollo institucional.

Esta metodología propone descomponer el riesgo en dos componentes principales: Probabilidad de ocurrencia de la amenaza y el estado de vulnerabilidad.

En la evaluación de la amenaza, se limita solamente a aquellas más frecuentes: los huacos que afectan la carretera central, que va paralela a la cuenca del Río Rímac, y activadas por lluvias recurrentes o intensas.

En cuanto al componente de la vulnerabilidad, este se estudia desde diferentes aspectos, siendo los principales, la vulnerabilidad directa: física, ambiental y estructural y la vulnerabilidad indirecta: económica, social e institucional.

La novedad en esta evaluación, es la comprensión de la estructura del riesgo en sus diferentes componentes. Es así que cuando se realiza el análisis de la vulnerabilidad ambiental, se incorporan indicadores como la huella ecológica para medir la presión y el consumo de recursos naturales en diferentes tramos de la carretera y este análisis permite aproximarse a entender porque se da el deterioro de la cuenca del río Rímac.

De la misma manera, esta investigación rescata los avances de las tecnologías de información y comunicación, al introducir los mapas tridimensionales del Google Earth, en el análisis de la vulnerabilidad Física. Para la estimación de las demás vulnerabilidades, esta se realiza identificando indicadores de datos socio económicos disponibles de fuentes de información secundaria³.

Finalmente, la presente Tesis, además de servir para una mejor comprensión de la naturaleza y estructura de los riesgos de amenazas de origen hidrológicos, propone una metodología para el análisis que ayuda a identificar los componentes de las medidas de adaptación para mejorar la gestión de riesgos en la cuenca del río Rímac.

³ Sólo para el caso de la vulnerabilidad institucional se evalúa en base a información de fuentes primarias –a través de encuestas–.

Justificación

Cifras de la Comunidad Andina, CAN, señalan que al año 2025 el daño económico en los países de la CAN, debido a los riesgos climáticos, significaría una pérdida aproximada de 30.000 millones de dólares anuales, equivalentes al 4.5% del PBI, pudiendo comprometer el desarrollo de todos los países de la región.

El Perú es uno de los países más afectados por fenómenos hidro-meteorológicos relacionados con el Fenómeno El Niño-FEN (PNUD-MINAM, 2009). El mayor porcentaje (72%) de las emergencias se relacionan a fenómenos de origen hidro-meteorológicos (sequías, fuertes lluvias, inundaciones, heladas, granizadas). El impacto económico de El FEN en Perú significó en 1982-83, 7% del PBI (3,200 millones de dólares) y en 1997-98, 5% del PBI (3,500 millones de dólares), según cifras oficiales de la CAF.

Los resultados del Mapa de Vulnerabilidad Física del Ministerio del Ambiente del Perú, nos alerta que el 46% del territorio nacional se encuentra en condiciones de vulnerabilidad alta a muy alta y que además, el 36.2% de la población nacional (9 779,370 habitantes aprox.) ocupan y usan este espacio territorial, constituyendo una sentida necesidad las investigaciones e información que contribuyan a implementar políticas públicas que se orienten hacia la Gestión Social del Riesgo ante Desastres.

Esta investigación pretende ser un aporte importante a la estrategia nacional de adaptación por sectores priorizados, entre los cuales está contemplado el sector transporte⁴, considerando que –según el mapa de Vulnerabilidad - Además recibe las recomendaciones del Informe Stern sobre la necesidad de la adaptación a los eventos climáticos extremos tales como las inundaciones, tormentas y las olas de calor. Así mismo se buscará contribuir a dar una respuesta a la preguntas de cómo se activan los desastres?, cuál es la estructura del riesgo?, cómo medirla? y cómo deberá asumirse el costo de esta adaptación? – el cual está calculado entre 15 a 150 mil millones de dólares (0.05 a 0.5% del PBI de estos países) –

Una prueba de ello es que el Perú El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) aprobó un préstamo de 25 millones de dólares para reducir la vulnerabilidad del Perú a los desastres naturales y mejorar la capacidad del país para responder a situaciones de emergencia. El préstamo respaldará el Sistema de Gestión de Riesgos de Desastres Naturales del Gobierno peruano. El BID recordó en un comunicado que Perú es uno de los países latinoamericanos con mayor exposición a riesgos naturales y destacó que según un análisis reciente un terremoto similar a los que ocurrieron en Haití y Chile podría originar pérdidas de hasta 43.000 millones de dólares en Perú.

Debido a que el desarrollo sostenible en sí mismo es clave para la adaptación y con ella la minimización del costo del cambio climático, considerando además que la inacción podrá ser más costosa que no asumir el costo de la adaptación. El Informe Stern, recomienda además el rol que deberán asumir los gobiernos al orientar una política clara de adaptación al cambio climático dirigida a las empresas y familias, en el mediano y largo plazo en 4 acciones de política claves:

- Red de Información
- Planificación del uso y ocupación del territorio
- Políticas de sensibilización al uso de los bienes y servicios naturales
- Financiamiento de la población más vulnerable

⁴ Están contemplados 4 sectores: agua, agricultura, energía y transporte.(pág. 44 CONCYTEC N° 1, 2009)

Siendo la presente investigación referida a la planificación y uso del territorio (como veremos más adelante), se toma en consideración estas recomendaciones para incorporarlas al análisis del desarrollo de la metodología.

Además, el mismo informe Stern, recomienda que para fortalecer la adaptación en los países en vías de desarrollo -como el Perú- deberá hacer lo siguiente:

- Asegurar el acceso a una información de calidad
- Incrementar la resiliencia de los seguridad alimentaria y de la infraestructura
- Mejorar la participación de la sociedad civil en la decisiones
- Empoderar a la sociedad haciéndola participe de los diagnósticos y estudios
- Integrar los impactos del cambio climático en los diferentes niveles de gobierno (local, regional, nacional).
- Encargar al ministerio del ambiente en dirigir la adaptación de los otros sectores de la economía.⁵

Es importante añadir que los riesgos ocasionados por peligros (naturales, socio naturales y antrópicos) afectan negativamente el capital productivo como producción agrícola, existencias, instalaciones industriales; la infraestructura económica como puentes, carreteras, energía; y la infraestructura social como vivienda, servicios básicos de salud, educación y agua potable.

Todo ello tiene un impacto negativo en las condiciones de vida de la población, no sólo en el corto plazo sino también en el mediano y largo plazo, en términos del crecimiento económico. En ese sentido, es necesario que en la planificación de las políticas públicas, y en particular, en las inversiones realizadas con recursos públicos, se incorpore el Análisis del Riesgo (AdR), para contribuir a la sostenibilidad de tales inversiones. Tanto por su implicancia económica y ambiental, en donde se pone en evidencia las consecuencias económicas pero no las causas ambientales y su relación entre ellas.

En el Perú, se presentan con relativa frecuencia peligros potencialmente dañinos como deslizamientos, huaicos, inundaciones, sismos, heladas, sequías, incendios, derrames y otros, los cuales tienen un impacto negativo en la población, no sólo por efecto de la severidad o frecuencia del peligro sino también por el grado de vulnerabilidad de la población, lo que ocasiona la pérdida de vidas humanas, fuentes de trabajo y producción⁶.

Dado que todo proyecto (intervención) está inmerso en un entorno cambiante y dinámico, que incluye no sólo las condiciones económicas y sociales sino también las condiciones físicas o ambientales, es necesario evaluar cómo estos cambios pueden afectar el proyecto y también cómo la ejecución del mismo puede afectar a dichas condiciones⁷.

⁵Tomado del informe Stern, el cual hace referencia a Sperling (2003). La traducción e interpretación está dirigida a aplicarla a la realidad peruana.

⁶En el mundo, más del 75% de la población se encuentra expuesta a peligros naturales como terremotos, huracanes, sequías, inundaciones, los cuales han ocasionado más de 1,5 millones de muertes entre los años 1980 y 2000. Sin embargo y pese a que sólo el 11% de la población expuesta vive en países pobres, el 53% de las muertes ocurren en estos países (PNUD, 2004). Ello implica que el impacto de los peligros naturales no sólo se debe al peligro físico en sí mismo, sino a las condiciones de vulnerabilidad de la población afectada, lo cual debe ser tomado en cuenta en el proceso de identificación, formulación y evaluación de proyectos.

⁷Estas Pautas Metodológicas están orientadas a que los formuladores de proyectos incluyan mecanismos para reducir los riesgos a los que se enfrentaría el proyecto, más que a analizar los riesgos que genera el proyecto por su ejecución, lo cual se determina en el Análisis de Impacto Ambiental

En particular, los proyectos se circunscriben a un ambiente físico que lo expone a una serie de peligros: sismos, inundaciones, lluvias intensas, deslizamientos, sequías, entre otros, es decir, fenómenos naturales que pueden constituirse en un peligro si no se adoptan medidas para reducir o no generar condiciones de vulnerabilidad. Es por ello que se hace necesario identificar los peligros y las condiciones de vulnerabilidad de una unidad social (personas, familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica, con el fin de diseñar mecanismos para reducir los riesgos.

Por estas razones se hace necesario incorporar el AdR en los Proyectos de Inversión Pública (PIP), ya que se requiere realizar asignaciones eficientes de los recursos públicos. El Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP) creado desde el año 2000, evalúa la viabilidad de proyectos que involucran la inversión de miles de millones de soles. Del total de la inversión, el 51% de los montos y el 97% de la cantidad de proyectos son evaluados a nivel de perfil, es decir, principalmente con información secundaria, lo cual indica que es necesario introducir el AdR en los estudios de pre inversión a nivel de perfil.

Cuando se analiza la distribución sectorial de los PIP, se observa que los sectores de Transporte, Agricultura, Salud y Saneamiento, y Educación y Cultura concentran más del 70% de las inversiones y más del 74% de la cantidad de los proyectos que se evalúan en el SNIP, cada uno de los cuales concentra individualmente más del 15% del monto total de inversión. Asimismo, cuando se analiza la distribución geográfica de las inversiones en estos sectores, se observa que una parte importante se realiza en zonas de alta probabilidad de ocurrencia de peligros: sismos, sequías, inundaciones, peligros geodinámicos, geomorfológicos, hidrológicos, entre otros (kamiche, 2005).

Esta situación muestra la necesidad de dar énfasis a que en el proceso de identificación, formulación y evaluación de proyectos en estos cuatro sectores se incluya el AdR, del tal forma que se pueda reducir y/o neutralizar el riesgo que dichos peligros pueden generar en la sostenibilidad de las inversiones.

Fenómenos climáticos como el del fenómeno del niño que potencian ciertas actividades (como la pesca) o limitan otras (el transporte) o alteran otras (agricultura) hacen difícil proponer políticas públicas generales, haciéndose más visible la necesidad de conocimiento para sustentar políticas preventivas y determinar de manera diferenciada qué eventos son los más riesgosos para estos sectores, actividades y proyectos de la economía peruana.

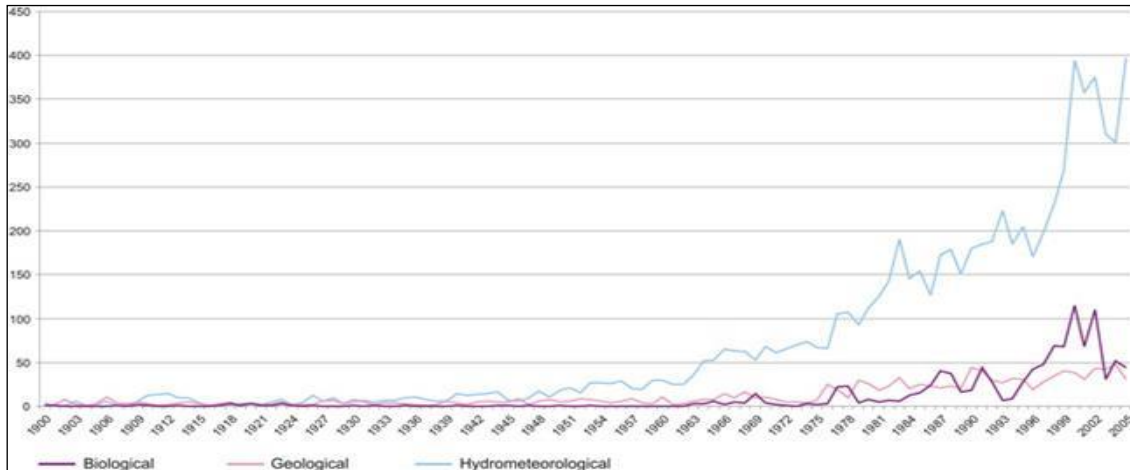
Es de resaltar que el AdR toma importancia debido (gracias) a que permite tomar en cuenta los probables daños y/o pérdidas que puede ocasionar el impacto de un peligro sobre un proyecto y, de esta manera, la posible interrupción en la provisión de un servicio, durante la vida útil del proyecto.

Al introducir el AdR en el proyecto, es posible reducir los impactos negativos; se pueden identificar los peligros y las vulnerabilidades, es decir la condición de riesgo a la que puede estar expuesto el PIP, y se pueden evaluar posibles medidas de reducción del riesgo para incluirlas en el PIP, de tal manera que se reduzcan los potenciales impactos negativos.

Finalmente, se elige la cuenca hidrográfica de Lima, por no contar con instrumentos de apoyo a la prevención de desastres y por estar considerado como una de las cuencas más vulnerables y con mayor potencial de daño (debido a su gran población), oportunidad por la cual el presente estudio tiene como motivación apoyar con la generación de conocimiento que permita formular políticas públicas locales de prevención de desastres y de disminución de su vulnerabilidad. Por ello es importante

definir una política ambiental municipal, aprobar las normas ambientales municipales que sean necesarias y crear un marco institucional adecuado para el cumplimiento de las mismas.

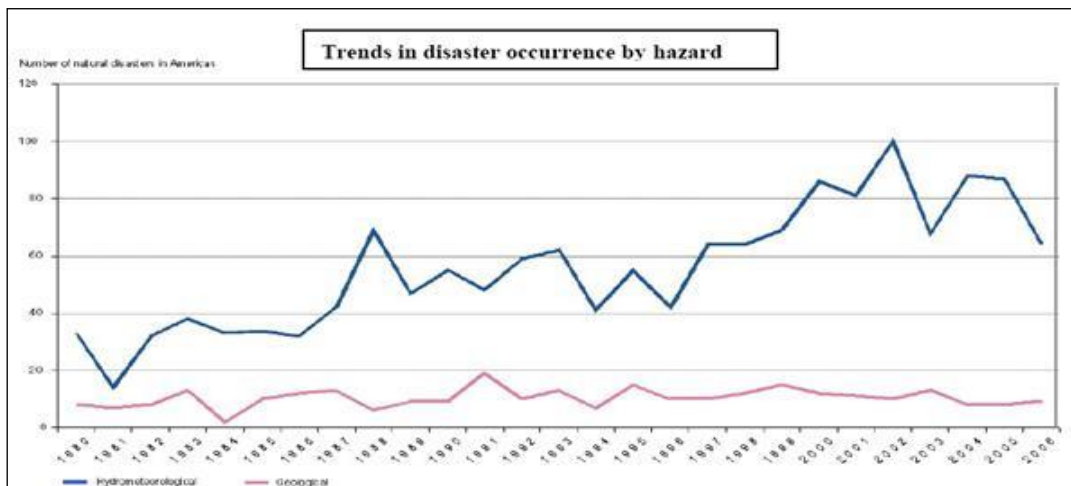
Gráfico N° 1: Incremento de Desastres por Tipo (1900-2005)



Fuente: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database

En el gráfico N° 1, podemos observar como los desastres originados en el mundo por causas de los fenómenos hidrometeorológicos, se ha incrementado a los largo de 100 años.

Gráfico N° 2: Tendencia de la ocurrencia de los desastres por tipo de amenaza (1900-2005)



Fuente: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database

Y de la misma forma en el gráfico N° 2, podemos observar como los desastres originados en el continente americano también se ha incrementado a los largo de 100 años por causas de los fenómenos hidrometeorológicos, más que por cualquier otra causa.

Planteamiento del Problema

Según el Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático IPCC (2007), la temperatura promedio del planeta ha aumentado en 0.74 °C en el período de 1906 al 2005⁸, esto se traduce en diversos cambios. Como afirman (Barret, G y Odum, E, 2006), durante la últimas décadas, “los equilibrios mundiales están comenzando a perturbarse y modificarse, procesos que suelen llamarse como cambio climático mundial”. Estos cambios no son de carácter natural, (aunque también existen) sino producto de las actividades humanas. Podemos diferenciar tres niveles del problema climático, global, regional y local.

Las consecuencias son notorias: el aumento del nivel del mar, retroceso de los hielos polares y glaciares y fenómenos climáticos extremos como tormentas e inundaciones intensas, que significan la aparición de nuevas plagas, menor rendimiento en los cultivos, pérdida de la biodiversidad y de los ecosistemas, mayor incidencia de enfermedades, desplazamiento de poblaciones y generación de conflictos, disminución de la disponibilidad de recursos hídricos por el deshielo de glaciares, etc. También notamos un incremento en la frecuencia del Fenómeno El Niño (FEN).

Un ejemplo de evento climático extremo fue el Fenómeno del Niño (FEN) en los años 1997-1998, que significó una pérdida de US\$3 500 millones, el 4.5 % del PBI nacional de ese año. La ocurrencia de un FEN no previsto significa la pérdida de cuatro veces el dinero que la reserva de gas de Camiseta explota en un año. También debemos recordar que el cambio climático afecta más profundamente a las poblaciones pobres y vulnerables. En el Ministerio del Ambiente del Perú, se han registrado inversiones públicas relacionadas a la adaptación al cambio climático por un monto de 2044 millones de soles (aproximadamente 900 millones de dólares), desde el año 2001 (año en que entro en vigencia el sistema nacional de inversión pública SNIP) hasta el año 2009. Sin embargo en el año 2010 el nivel de inversión pública apenas alcanza el medio millón de dólares.

Las dos grandes estrategias planteadas por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el cambio climático (CMNUCC) son la adaptación o reducción de la vulnerabilidad y la mitigación o reducción de los gases de efecto invernadero (GEI). Ambas estrategias requieren del desarrollo de capacidades e investigación que sustenten los programas y proyectos en acción.

En el Perú, la sociedad civil y el Estado ya han dado pasos para hacer frente a los nuevos escenarios iniciando un proceso de análisis de los nuevos fenómenos que se esperan comprender con nitidez en los próximos años. Esos pasos se refieren a que a través de la dirección general de cambio climático del Ministerio del Ambiente se están materializando los compromisos adoptados en HYOGO⁹. Sin embargo, aún no se

⁸IPCC, 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

⁹Es el instrumento más importante para la implementación de la reducción del riesgo de desastres que adoptaron los Estados miembros de las Naciones Unidas. Su objetivo general es aumentar la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres al lograr, para el año 2015, una reducción considerable de las pérdidas que ocasionan los desastres, tanto en términos de vidas humanas como en cuanto a los bienes sociales, económicos y Ambientales de las comunidades y los países. Marco de acción de Hyogo: 2005-2015. *Estrategia Mundial para la reducción de los desastres EIRD 2008*

cuenta con un balance nacional sobre los potenciales y déficit de la investigación, información, acciones y políticas que contribuyan a tomar decisiones acertadas entre las instituciones implicadas en los procesos de adaptación y mitigación a nivel nacional, regional y local.

En este sentido, el presente trabajo busca contribuir a generar información sobre el estado del tema en el Perú en sus diversos planos, sobre todo en lo que respecta a la actuales políticas y estrategias de cómo el estado afronta los proyectos de inversión pública en este contexto mundial de cambio climático. En el transporte vial se ha observado que todos los años se realizan gastos de mantenimiento periódico y gastos de mantenimiento rutinario.

Los gastos de mantenimiento rutinario se refieren al desarrollo de actividades orientadas a la reparación localizada de pequeños defectos en la superficie de rodadura, a la nivelación de la misma y de las bermas; al mantenimiento regular de los sistemas de drenaje (zanjas, cunetas, etc.), de los taludes laterales, de los bordes y otros elementos accesorios de las vías. Al control de polvo y vegetación a la limpieza de las zonas de descanso y de los dispositivos de señalización. Mientras que los gastos de mantenimiento periódico se refieren al mantenimiento que se realiza cada cierto número de años, para corregir los deterioros graves que pudieran alterar los servicios regulares que da el puente o carretera al transporte de carga y pasajeros.

Es importante señalar que la estrategia nacional de adaptación por sectores priorizados, están contemplados 4 sectores: agua, agricultura, energía y transporte. (CONCYTEC, 2009) y (CONCYTEC, 2005), por ello la presente investigación se concentra en el sector transporte debido a los supuestos que más adelante se explican.

El problema de adaptación del cambio climático en el Perú respecto del agua, es afrontado a través del análisis que relaciona los glaciares y la disponibilidad del recurso hídrico, concentrando el esfuerzo en la realización de estudios de vulnerabilidad, mientras que en los sectores de agricultura y energía, se refieren más a la calidad de los servicios que brindan a la sociedad derivados del ecosistema hídrico y de la disponibilidad de agua que produce para la producción de energía y para las actividades agrícolas y pecuarias como medios del que depende la seguridad alimentaria.

Mientras que la conservación de los glaciares (o su deterioro y disminución) son evidencia mostrada como parte de los efectos del cambio climático en el mediano y largo plazo (reporte del cambio climático IPCC 2007), la disponibilidad del recurso hídrico en el corto plazo tiene que ver con el volumen de las precipitaciones pluviales anuales y el régimen de lluvias, su captación de largo plazo va a depender del buen estado de los cuerpos receptores (vocación del suelo, bosques, lomas, etc.), de las escorrentías y de la infiltración de los mantos acuíferos y aguas subterráneas, tal como ha sido señalado por la Fundación Nueva Cultura del Agua y recogido por (Saldivar, 2007)¹⁰.

Para el sector transporte, la estrategia nacional se concentra en los servicios económicos derivados de la conectividad de los centros poblados a través de la carretera, por tanto la preocupación se concentra en la vulnerabilidad económica frente a desastres que interrumpan el transporte de personas y de carga.

¹⁰..el problema de la insostenibilidad ambiental, particularmente del recurso agua, puede explicarse por la presencia de dos factores que han influenciado más en el último siglo y donde las ciudades son corresponsables: El acelerado crecimiento demográfico y el rápido incremento en el consumo per cápita." Pag. 51. "Las aguas de la ira: Economía y cultura del agua en México" Saldivar, A. 2007.

La problemática en la cuenca del río Rímac

Lima ha ido perdiendo las áreas verdes que proporcionaba los tres valles que la conforman (Chillón, Lurín y Rímac), a favor de la urbanización acelerada de la ciudad, invadiendo áreas agrícolas las que han disminuido en un 60% en los últimos 20 años, puesto que en el año 1977 se estimó en 28,100 hectáreas la superficie destinada al cultivo. Para el año 1997 solamente alcanzaba un aproximado de 11,700 has, mientras que proyecciones realizadas por especialistas de la Municipalidad de Lima establecen que la ciudad requerirá de 100,963 has para el año 2015, lo que significaría el agotamiento de la totalidad de los terrenos urbanizables¹¹. El Cuadro siguiente muestra dichas proyecciones:

Cuadro N° 1: Evolución y Proyección de la Población y de la Superficie Urbana de Lima Metropolitana: 1940 – 2015

Año	Población Urbana (Miles de Habitantes)	Superficie Urbana (Has.)	Densidad Poblacional Urbana (Hab./ha.)	Tasa Promedio Anual Intercensal	
				Población Urbana %	Superficie Urbana%
1940	645,2	5 630	114,6		
1961	1 845,9	20 612	89,6	5,1	6,4
1972	3 302,5	34 172	96,6	5,4	4,7
1981	4 608,0	44 598	103,3	3,8	3,0
1993	6 345,9	66 452	95,5	2,7	3,4
2000	7 536,5	78 916	95,5	2,5	2,5
2005 *	8 291,4	86 820	95,5	1,9	1,9
2010 *	9 016,1	94 409	95,5	1,7	1,7
2015 *	9 641,9	100 963	95,5	1,4	1,4

Fuente: INEI

Es también necesario resaltar que los elevados índices de pobreza generan prácticas perjudiciales que incrementan ostensiblemente la contaminación dentro del mismo casco urbano por la quema de desperdicios sólidos en pistas y veredas situación a la cual se suma el hecho agravante de los 62 vertimientos contaminantes al río Rímac que constituyen pasivos ambientales¹². Entre la población hay una carencia generalizada de conciencia ambiental y sanitaria, combinada con una falta de disposición y de capacidad para pagar el servicio de recolección, lo que origina que la mayoría de la población tire los residuos en la calle o en el río Rímac.

El deficiente funcionamiento de los servicios municipales estimula este comportamiento. Además, no existe una cultura de separación de los residuos a nivel doméstico. En Lima Metropolitana se genera 4,100 TM/día de residuos sólidos de las cuales se recoge un 60%, un total de 1.000 toneladas se depositan en vertederos autorizados (en las zonas de Zapallal y Portillo Grande) las restantes 1460 se depositan en otros 36 lugares para disposición de residuos, de los cuales el 40% son botaderos y chancherías. Las otras 1.640 toneladas se tiran diariamente en las calles, en los cauces de los ríos Rímac, Chillón y Lurín, y otros vertederos ilegales. Estos

¹¹ De acuerdo a cifras INEI, de la superficie total de la ciudad, sólo un 23.7% es utilizada con fines urbanos, 3% es empleada con fines agrícolas, 59.8% son terrenos no urbanizables y solo 12.7% es terreno urbanizable.

¹² Tal como se definió en los conceptos básicos los Pasivos Ambientales constituyen una parte de la deuda ecológica. Tomado de ODG. Observatorio de la deuda en la globalización.(ver www.observatoriodeuda.org)

residuos mal dispuestos generan gases contaminantes perjudiciales a la salud y al ambiente como metano y sulfuro de hidrógeno.

Como causas naturales podemos mencionar a las condiciones de Tiempo y Clima de la Costa Central caracterizadas por una total ausencia de precipitación pluvial significativa durante los 365 días del año, producto de la permanente interacción entre la subsidencia de masas de aire (Anticiclón del Pacífico Sur) y el intenso afloramiento de aguas oceánicas sub-superficiales (Corriente de Humboldt) que ocasiona una intensa estabilidad atmosférica y la casi permanente presencia de una capa de inversión térmica con su base oscilando entre los 300 y 1500 metros por sobre la superficie del suelo cercano a la línea de costa.

Como parte importante de estas condiciones de Tiempo y Clima características, está la formación de una nubosidad estratiforme de no más de 500 metros de espesor que origina la garúa ácida de la estación invernal y permanente alta humedad relativa sobre toda la ciudad de Lima y Callao. A estas condiciones se suma las características de los vientos de los niveles bajos de la atmósfera con altos porcentajes de calma en las mañanas, de débiles a moderados en horas del mediodía y fuertes en las tardes, en la franja adyacente al litoral. Las características anteriormente descritas, dificultan la difusión, transporte y dispersión de los contaminantes hacia las capas superiores de la atmósfera, ocasionando una cierta desconexión entre la difusión y dispersión de las capas bajas, y los correspondientes procesos físicos de transporte y dispersión a gran escala de la Circulación Atmosférica Global.

Estas condiciones naturales no son de conocimiento y de fácil comprensión por parte de público, por lo que difícilmente se pueden tomar conciencia las autoridades sobre los riesgos de contaminación en determinadas épocas del año. A esta situación se suma el hecho que las inversiones públicas se realizan de manera reactiva, para afrontar problemas que ya han ocasionado pérdidas. Se hace evidente en los caminos o vías departamentales, las cuales cada año deben de enfrentar las amenazas naturales las cuales se intensifican con el período de lluvias, las cuales se incrementan en forma proporcional con la altura y con los meses de agosto a diciembre en la sierra y los meses de enero a marzo en la costa. Esta acumulación de agua en las zonas altas ocasiona los denominados huaicos en las partes medias y altas de la cuenca, e inundaciones en las partes bajas.

Finalmente, la comunidad andina consideró que al año 2025, el PBI será 4.3% menor al que se tendría sin escenarios de cambio climático. Mientras que el BCR estimó que un escenario climático más extremo (un aumento en 2°C en la temperatura y un 20% en la variabilidad de la precipitaciones al 2050) establece que en el año 2030 el Perú alcanzaría un nivel de PBI total entre 5.7% y 6.8% menor al nivel alcanzado sin cambio climático (Diario Gestión N° 5748, del 02 de Junio del 2012).

II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Propósito

Apoyar la toma de decisiones del estado peruano ante amenazas naturales para disminuir las pérdidas por desastres naturales y mejorar la institucionalidad en la Gestión de Riesgos a través de una mejor comprensión de la naturaleza y la estructura de esta.

Objetivo General

El objetivo principal de esta investigación es medir el riesgo de la amenaza de huaico que afectan la infraestructura vial a lo largo de la cuenca hidrográfica del río Rímac y a través de esta medición comprender los principales componentes que intervienen en la estructura del riesgo y de la vulnerabilidad y con esta evaluación construir una metodología que sirva a los Gobiernos Locales a tomar sus decisiones de Gestión de Riesgos.

Objetivos Específicos

1. Comprender la naturaleza y activación de las amenazas de huaicos que interrumpen la carretera central. (origen de la amenaza) para apoyar a los organismos del estado en la toma de decisiones de gestión de riesgo.
2. Identificar los componentes principales del riesgo de huaicos que interrumpen la carretera central.
3. Estimar el grado de vulnerabilidad directa (física, ambiental y estructural) en diferentes tramos de la carretera central.
4. Estimar el grado de vulnerabilidad indirecta (económica, social e institucional) en diferentes tramos de la carretera central.
5. Desarrollar una metodología que sirva a los gobiernos locales para mejorar su gestión de riesgo.

Hipótesis General:

La estimación del riesgo de huaicos que amenazan la infraestructura vial en la cuenca del río Rímac permite comprender la estructura del riesgo en sus principales componentes de vulnerabilidad y amenazas y su medida sirve a la toma de decisiones de los organismos del estado para mejorar la gestión del riesgo de huaicos que afectan la infraestructura vial en la cuenca del río Rímac.

Hipótesis Específicas

1. La comprensión de los condicionantes de la naturaleza y activación de las amenazas de huaicos que interrumpen la carretera central. (origen de la amenaza) permite realizar la medición de la misma y orientar a los organismos del estado en la toma de decisiones de gestión de riesgo.
2. Los componentes principales del riesgo de la amenaza de huaicos en la cuenca del río Rímac se pueden diferenciar por separado.

3. La vulnerabilidad directa (física, ambiental y estructural) en diferentes tramos de la carretera central pueden cuantificarse de manera eficiente y objetiva a través de indicadores que muestren el estado del ambiente y el grado de exposición y de las condiciones en que se encuentra la infraestructura de transportes antes que ocurra la amenaza de Huaicos.
4. La vulnerabilidad indirecta (económica, social e institucional) en diferentes tramos de la carretera central, se revela a través de la evaluación de las pérdidas, condiciones de pobreza y deficiencias en la gestión institucional del riesgo después que ocurre la amenaza de Huaicos.
5. La metodología desarrollada es válida para su aplicación en los gobiernos locales ya que dispone de instrumentos de análisis espacial y de indicadores de cuantificación que permiten mejorar el ordenamiento territorial en los distritos de la cuenca del río Rímac

Limitaciones y Supuestos

Limitaciones

La cuenca del valle del río Rímac tiene varios pisos altitudinales, en cada uno de ellos se caracteriza por poseer microclimas determinados, en estos lugares se ubican los gobiernos locales o municipalidades, los cuales son los ejecutores de los proyectos de inversión pública.

Cada Municipalidad puede tener en su territorio varios pisos altitudinales que determinan ecosistemas característicos, en los cuales no existen una planificación territorial que oriente las necesidades de los proyectos de inversión pública, muchos de estos se hacen por conveniencia política durante la gestión de un alcalde y no con una mirada de largo plazo que afecte la estructura productiva y potencie el aprovechamiento sostenible de sus recursos. Por ello la primera limitación es no contar con registros de un programa de inversiones públicas de largo plazo (se cuenta con un sistema de información a partir del año 2000).

Otra limitación, derivada de la primera es que no existe una política preventiva de largo plazo, debido a que sólo se hay reacción *ex post* ante los desastres naturales de manera paliativa y no preventiva, desconociéndose muchas de las características de los peligros más recurrentes y la forma de disminuir la vulnerabilidad de los centros poblados en función a las características de estos peligros. Un mapeo de éstos será también una consecuencia de esta investigación.

Finalmente, y como el sistema de evaluación de riesgo dentro del SNIP se ha implementado desde el año 2000, los proyectos de infraestructura vial que pueden evaluarse son a nivel de pre factibilidad, de los cuales el 97% están a nivel de perfil, por tanto no podrán evaluarse los proyectos hasta su ejecución (salvo algunos casos si los hubiera).

Supuestos

- **El cambio climático es un hecho y su expresión es el escenario siguiente:**

Con un grado de confianza alto, algunos sistemas hidrológicos han resultado también afectados, tanto en un aumento de la escorrentía y en la anticipación de los caudales máximos primaverales en numerosos ríos alimentados por glaciares y por nieve, como en sus efectos sobre la estructura térmica y la calidad del agua de los ríos y lagos cuya temperatura aumenta. Fundamentalmente, con base en conjuntos de datos relativos al período transcurrido desde 1970. (Tomado del cuarto reporte del cambio climático IPCC 2007). Ver anexos N° 4 y 5.

- **Origen del cambio climático**

Los cambios experimentados por las concentraciones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), y aerosoles en la atmósfera, por la cubierta terrestre y por la radiación solar alteran el balance de energía del sistema climático y son factores originantes del cambio climático. Afectan la absorción, la dispersión y la emisión de radiación en la atmósfera y en la superficie de la Tierra.

Los cambios positivos o negativos del balance de energía por efecto de esos factores se expresan en términos de forzamiento radiactivo, que es la magnitud utilizada para comparar las influencias de naturaleza térmica sobre el clima mundial.

Las actividades humanas generan emisiones de cuatro GEI de larga permanencia: CO₂, metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y halocarbonos (grupo de gases que contienen flúor, cloro o bromo). Las concentraciones de GEI en la atmósfera aumentan cuando las emisiones son superiores en magnitud a los procesos de detracción. (Ver anexo N° 3).

- El Perú seguirá creciendo a un ritmo no menor del 5% en su PBI anual y los patrones de ocupación del territorio no cambiarán en 10 años. En base a las proyecciones del BCR del Perú.
- Los proyectos de inversión pública en infraestructura vial se mantendrán en un nivel no menor al 10% del total en inversiones del estado. En base a las proyecciones del BCR del Perú.

III. MARCO TEÓRICO

El marco teórico que sustenta esta investigación la podemos encontrar en la economía ecológica, en la teoría general de evaluación de riesgos y en los antecedentes metodológicos.

En la economía ecológica podemos encontrar el sustento teórico que constituye las bases de la raíz del problema: procesos de desarrollo incompatibles con el ambiente sumado a los aportes teóricos y metodológicos en la gestión del riesgo.

En la teoría general de evaluación de riesgos de desastres parte de un enfoque holístico que conjuga los criterios y conceptos de la economía ecológica con los conceptos de riesgo, amenaza y vulnerabilidad, estos aportes serán muy importantes en adelante para ayudar a la comprensión de la estructura del riesgo.

Finalmente, se cuentan con los antecedentes metodológicos, los cuales permiten conocer la evolución de las metodologías aplicadas para comprender y gestionar el riesgo.

Como resultados de este análisis se desarrollará la metodología, como una forma nueva y amplia de conceptualizar el ambiente como ambiente global, constituyéndose en el andamiaje teórico que sobre él se construye el modelo conceptual de gestión holística y sostenible de riesgo y desastre y el modelo de gestión de riesgo de desastre.

III.1. La Economía Ecológica

Los aportes que hace la economía ecológica son a través de los conceptos de el principio de (Podolinsky, 1880), la economía vertical andina (Murra, 1965), la capacidad de carga (Pearce, D. y Turner, K., 1990), la huella ecológica (Carpintero, 2005) la resiliencia (Pearce, D. y Turner K., 1990), y (Peterson, 2000).

El principio de Podolinsky

Los aportes de Podolinsky a la presente investigación sobre riesgos en base a vulnerabilidad económica, es a través del estudio de la economía como un sistema de conversión de energía, sobre los cuales se basaron para plantear que la Economía Ecológica ve al planeta tierra como un sistema abierto a la entrada de energía solar, la economía necesita entradas de energía y materiales, produciendo dos tipos de residuos: el calor disipado, por la segunda ley de la termodinámica y los residuos materiales, que mediante el reciclaje pueden volver a ser parcialmente utilizados. El funcionamiento de la economía exige un suministro adecuado de energía y materiales (y el mantenimiento de la biodiversidad) y también exige poder disponer de los residuos de manera no contaminante. Los servicios que la naturaleza presta a la economía humana no están bien valorados en la contabilidad de la economía clásica, ya que no toma en cuenta que las entradas y salidas de energía y materiales en los diferentes ecosistemas naturales, tal como si lo explicó Podolinsky (a través de los tratados de Engels, ver (Alier, 1998), también genera residuos y agotamiento de los recursos.

Estos avances en la teoría nos sirven para poder unir los conceptos de vulnerabilidad y con este los de riesgos por amenazas naturales. La vulnerabilidad económica, motivo de esta investigación, está relacionada con la vulnerabilidad ecológica, la cual relaciona como los modelos de desarrollo que no se fundamentan en la convivencia, sino en la dominación por la vía de la destrucción de las reservas del ambiente en términos de la economía ecológica de Podolinsky sería: el suministro de la economía exige el uso de energía y residuos de manera que no contamine, lo contrario conduciría a situaciones de vulnerabilidad, -lo que necesariamente conduce a ecosistemas vulnerables-, incapaces de auto ajustarse internamente para compensar los efectos directos e indirectos de la acción humana (resiliente), y por otra altamente riesgosos para las comunidades que lo explotan y habitan, tal como también lo afirmó (Wilches-Chaux, 1989), al definir el esquema sobre la vulnerabilidad global, compuesta por diez componentes¹³.

La economía vertical andina

Por otra parte, la economía vertical andina (Murra, 1978), según la cual en economías de montaña solo el manejo vertical y complementario de los recursos produce la suficiente energía (en alimentos y recursos naturales) para poder sobrevivir y sostenerse de manera equilibrada con el ecosistema. Esta situación se refleja en los andes peruanos y en particular en la cuenca del río Rímac, cuando la cuenca recorre desde cerca de los 6000 msnm hasta el nivel del mar, se suceden varios ecosistemas cuyo manejo inadecuado en términos de su aprovechamiento sostenible de los recursos y servicios deviene en un alto grado de vulnerabilidad, ante amenazas naturales y en la pérdida de su valor.

Esta relación vertical que toma en cuenta los varios pisos de los andes, cobra relevancia en la presente investigación debido a que se pone en evidencia la interdependencia ente los diferente pisos, para ser más exacto, los riesgos de los pisos altitudinales altos (cuenca alta) tienen mayor riesgo de alterar el ciclo hidrológico debido a su capacidad de captación y canalización de la lluvia, si estos ecosistemas no funcionan en la parte alta de la cuenca, la escorrentía y los deslizamientos - traducido en desastres de interrupciones de carreteras y puentes- se haría más intenso y frecuente, mientras que en las partes bajas ocasionaría desbordes de los ríos (en época de creciente de los ríos), con los consecuentes desastres en términos de inundaciones y paralización de la actividad económica en las partes bajas de la cuenca (donde se ubica la mayor parte de la población) y además alteraría el ciclo hídrico reflejado en sequías en la época de vaciante de los ríos.

A esta situación se le debe agregar la afirmación de (Krutilla, 1967): "...mientras podamos esperar que la producción de bienes y servicios aumente sin interrupción, el nivel de vida no por eso aumentará necesariamente. Concluyeron que la calidad del ambiente físico -el paisaje y la calidad del aire y del agua- se estaban deteriorando- Estas conclusiones indican que por un lado, la preocupación tradicional de la economía de la conservación esto es, la administración de los stocks de recursos naturales para el uso de las generaciones futuras, pueden ahora haber pasado de moda por los avances de la tecnología. Por otro lado, la cuestión central parece ser ahora la de hacer disponibles los valores recreativos actuales y futuros que nacen de los ambientes naturales aún no estropeados y que el mercado no proporciona"¹⁴ El caso concreto para los bienes y servicios del estado peruano en la construcción de

¹³Gustavo Wilches Chaux (1989) quien identifica 10 componentes de la vulnerabilidad: física, económica, social, técnica, ideológica, cultural, educativa, ecológica e institucional.

¹⁴John Krutilla, "Conservation Reconsidered, American Economic Review, 1967.

nuevas carreteras, los cuales modifican el paisaje y más importante alteran – a veces sin retorno – los servicios que los ecosistemas brindan y que no se valoran porque se suponen que cualquier intervención se auto regula o está contemplado en los estudios de mitigación de impacto ambiental.

La capacidad de carga

(Garrett, 1968), un profesor retirado de la Universidad de California, nos ayuda a entender este concepto en su libro “The Tragedy of the commons”, publicado en 1968 en donde sostiene que cuando los recursos son limitados, las decisiones racionales de cada individuo dan lugar a un dilema irracional para el grupo, ya que cada usuario tiende a maximizar su consumo en un corto plazo, lo que conduce irremediablemente a su sobreexplotación.

Otros importantes aportes en esta concepto son de (Ehrlich y Holdren , 1971); quienes sobre la base del concepto que los ecologistas definen ‘capacidad de carga’ como la población de una determinada especie que un hábitat definido puede soportar indefinidamente, sin dañar permanentemente el ecosistema del que son dependientes. Construyeron un indicador de impacto humano como el producto de la población, de la afluencia (consumo) y de la tecnología:

Impacto = Población x Afluencia x Tecnología

El asunto importante aquí es que una tasa dada de disponibilidad de recursos puede sustentar a poca gente con un buen nivel de bienestar o a más gente en niveles de subsistencia.

La capacidad de carga humana tiene que ser interpretada como la tasa máxima de consumo de recursos y descarga de residuos que se puede sostener indefinidamente sin desequilibrar progresivamente la integridad funcional y la productividad de los ecosistemas principales, sin importar dónde se encuentren estos últimos. La correspondiente población humana es una función de las relaciones entre el consumo material y la producción de residuos per cápita o la productividad neta dividida por la demanda per cápita (Rees, 1990). Esta formulación es un ajuste sencillo de la ‘Tercera Ley de la Ecología Humana’, de (Garret, 1993):

(Impacto humano total sobre la ecosfera) = (Población) x (impacto per cápita)

Finalmente, el concepto de capacidad de carga (Carpintero, *íbid*), desde la perspectiva ecológica-ambiental sostiene que la base de los recursos naturales es finita y sus limitaciones deben ser bien entendidas para controlar un crecimiento indefinido y, a la vez para satisfacer las necesidades humanas presentes y futuras. Así, el principio general de conservación de la naturaleza se convierte en una condición previa de la sostenibilidad para hacer un mejor uso de los recursos naturales y de los ecosistemas, manteniendo sus procesos vitales, su diversidad, fertilidad y productividad.

Por ello la capacidad de carga de los sistemas que soportan la vida, este es un concepto de limitación cuantitativa de los ecosistemas por soportar una determinada presión humana como consecuencia del uso de los recursos y la generación de contaminación que se producen por efecto de la cantidad y densidad de la población, el nivel de vida y la tecnología. Este concepto nos sirve para explicar la relación de causalidad entre los límites de la capacidad de los recursos del entorno de permitir a la población vivir de sus recursos y de cómo esos límites pueden ser subestimados

incrementando las condiciones de vulnerabilidad y posibilitando nuevas o más intensas amenazas. – como la sustitución de bosque arbustivo por pastos cultivados para la ganadería, o por el incremento del ganado no nativo: vacuno o caprino –

La huella ecológica

Mathis Wackernagel, uno de los fundadores del famoso concepto "huella ecológica"¹⁵ la cual es una medida indicadora de la demanda humana que se hace de los ecosistemas del planeta poniéndola en relación con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos. Representa «el área de aire o agua ecológicamente productivos (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesarios para generar los recursos necesarios y además para asimilar los residuos producidos por cada población determinada de acuerdo a su modo de vida en específico, de forma indefinida». El objetivo fundamental de calcular las huellas ecológicas consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, compararlo con la biocapacidad del planeta. Consecuentemente es un indicador clave para la sostenibilidad.

La ventaja de medir la huella ecológica para entender la apropiación humana está en aprovechar la habilidad para hacer comparaciones. Es posible comparar, por ejemplo, las emisiones producidas al transportar un bien en particular con la energía requerida para el producto sobre la misma escala (hectáreas). Para la presente investigación los aportes de contar con este indicador radica en la búsqueda de las causas que originan una inadecuada ocupación del territorio, la explotación de los RRNN y su sobreexplotación, razones por las cuales se incrementan la vulnerabilidad y potencian la intensidad de las amenazas de origen antrópico e influyen en la vulnerabilidad de las poblaciones y en la infraestructura vial.

En el libro *Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out*, (Rees, 1992) publicó información sobre la huella ecológica por primera vez. En la Universidad de British Columbia, Rees, junto con Mathis Wackernagel desarrolló el método de cálculo de la huella ecológica. Se le ocurrió la idea de "capacidad de carga apropiada y Rees después lo nombró como la huella ecológica.

El plantea que para crecer, necesitamos alimentos, agua y otros recursos naturales. Cada acto de consumo de los recursos naturales tiene su correlación con el impacto de las cantidades que disminuyen en la naturaleza. Un consumo excesivo de recursos de la naturaleza conduce a su agotamiento. Este agotamiento de los recursos se convierte en una preocupación importante para la humanidad debido a que el consumo de recursos cruza el límite de la capacidad de la naturaleza para regenerarse. La medición de la huella ecológica se lleva a cabo mediante la evaluación de la tierra biológicamente productiva y el área marina que es necesario para generar los recursos. La medida también toma en cuenta los recursos naturales, que son necesarios para absorber los residuos producidos como un subproducto del proceso de consumo. La huella ecológica se mide comparando el consumo de recursos por los habitantes de una nación determinada, con la cantidad de recursos disponibles dentro de esa región. La medida implica un análisis de los estilos de vida de las personas.

¹⁵ ver <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/>

La resiliencia

Otro concepto importante es la resiliencia, como la cantidad de cambio o interrupción el cual puede ocasionar que un ecosistema sufra una transformación desde normal funcionamiento de procesos y estructuras hacia una alternativa de nuevos procesos y estructuras. (Holling, 1973).

Este aporte se torna clave en nuestra investigación, debido a que muchos de los estudios que se realizan cuando se construyen obras de infraestructura pública tales como carreteras y alrededor de ella centros poblados, todo el entorno cambia su estado inicial debido a los patrones de cambio de uso del suelo por la urbanización de nuevas áreas y por la actividad económica que realizan, siendo la más común el aprovechamiento intensivo de los recursos naturales para sostener sus medios de vida principales (agricultura y ganadería, en el caso de la cuenca del río Rímac).

A este concepto se le añaden los aportes de (Jimenez, 2000) cuando define la resiliencia como la capacidad adaptativa y de recuperación de los sistemas cuando han sido sometido a esfuerzos, de la misma forma que cuando la biodiversidad disminuye, la variedad se reduce y el ambiente es degradado por procesos humanos, la actividad económica puede perder resiliencia cuando es sometida a sobrepresiones ambientales (puede entenderse también como amenazas naturales).

III.2. La Teoría General en Evaluación de Riesgos

La bibliografía encontrada al respecto es variada en el sentido del objeto de estudio como en la escala del análisis, Podemos clasificar en tres grandes grupos el acervo de las investigaciones:

- Por el objeto de estudio:
 - Los riesgos ambientales con peligros que afectan a los ecosistemas y sus dinámicas
 - Los Riesgos ambientales que afectan a los seres humanos y su salud
- Por el enfoque de Gestión de Riesgos
 - Enfoque tradicional
 - Enfoque contemporáneo
 - Enfoque de Hyogo
 - Enfoque conceptual (interpretación de los enfoques anteriores)

Por el objeto de estudio:

Riesgos en los Ecosistemas

No existe una definición reconocida internacionalmente para la evaluación de riesgo ambiental como fuente de incertidumbre. Aunque en diversos campos se aborde la evaluación de riesgos, no existe un consenso entre quienes aborden la teoría de la evaluación del riesgo respecto de la incertidumbre (Griffin, 2000), (Smithson, 1989), (Freundenburg, 1988), (Kappeli, 1987) y (Anderson, 1988).

Las diferencias en el tratamiento de la incertidumbre han surgido en parte entre el contraste de la filosofía que hace hincapié en los beneficios netos (reducidos por el riesgo), y una filosofía que se inclina para garantizar la seguridad. Algunos estadísticos y filósofos científicos han observado que la cuestión se reduce a si se asume que la hipótesis nula es "seguridad", y el riesgo debe probarse o si la hipótesis nula es

“riesgo” y la seguridad debe probarse (Shrader-Frechette, 1993). Por otro lado cuando se trató del cambio de los ecosistemas por invasión de especies exóticas (no nativas) otros grupos de protección ambiental han expresado su preocupación por falta de información, sobre que especies serán invasoras cuando son introducidas en una serie de condiciones nuevas y la incertidumbre es mayor respecto a sus impactos finales ecosistemas enteros.

Riesgos asociados a la salud humana

Por otro lado también existe bibliografía que se enfoca en la evaluación de los riesgos asociados a la salud humana, investigaciones que persiguen averiguar la probabilidad de aparición de consecuencias adversas para la salud humana – y las incertidumbres asociadas a las mismas- provocadas por la presencia de uno o varios contaminantes en un espacio determinado.

La metodología para evaluación de riesgo puede resumirse en cuatro pasos: identificación de peligros, intensidad del peligro, evaluación de la exposición, y caracterización del riesgo.

La primera etapa consiste en la formulación del problema en función de la naturaleza y el alcance de la contaminación de los medios naturales, y de las zonas potencialmente afectadas. Se persigue identificar el catálogo de sustancias tóxicas presentes en el espacio investigado, las poblaciones que podían verse expuestas a las mismas, así como las posibles vías de migración de dichos contaminantes desde las fuentes hasta los puntos de exposición para los receptores identificados. La intensidad del peligro tiene por objetivo caracterizar cuantitativamente el grado o nivel de peligro en base a su potencialidad de desastre, de causar daños traducidos en pérdidas económicas y sociales, la evaluación de la exposición busca medir la cercanía del peligro a los centros poblados, infraestructura pública (principalmente carreteras) y a los medios de vida principales (agricultura, comercio e industria).

Finalmente, la etapa de caracterización del riesgo, consiste en la combinación de la información toxicológica referente a los contaminantes presentes y al nivel de exposición para alcanzar una estimación cuantitativa del riesgo que supone la situación analizada. Por el enfoque de gestión de riesgos:

Enfoque Tradicional del Manejo de Desastres

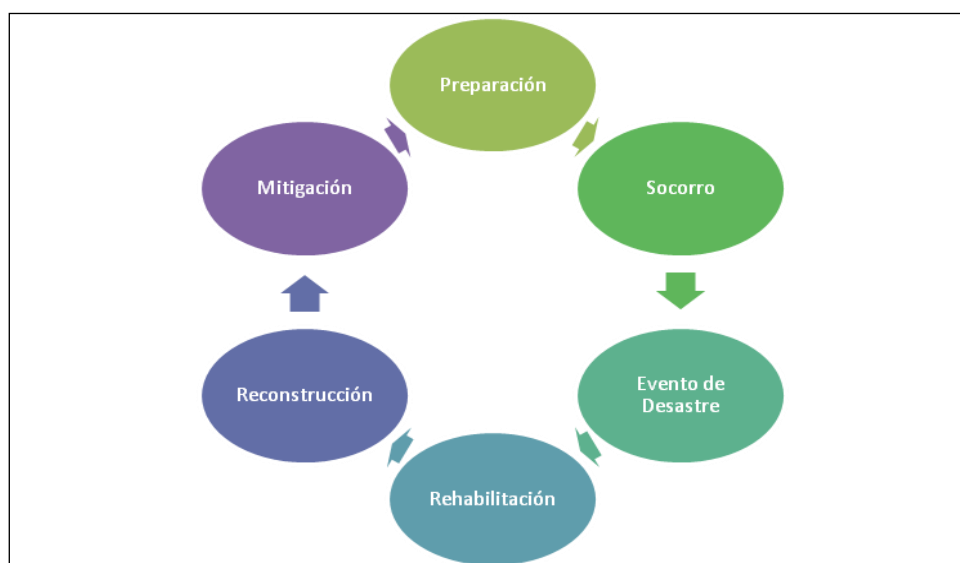
Enfoque Tradicional del Manejo de Desastres (DM en inglés), se basó en considerar como herramienta conceptual, un ciclo conformado por las etapas siguientes:

- Prevención
- Mitigación
- Preparación
- Alerta
- Respuesta
- Rehabilitación
- Reconstrucción

De esta secuencia se deriva, que el manejo de los desastres corresponde: el esfuerzo de prevenir la ocurrencia de un desastre, mitigar las pérdidas, prepararse para sus consecuencias, alertar su presencia, responder a la emergencia y recuperarse de los efectos.

Este fue el esquema de manejo de desastres que rigió en la mayoría de los países latinoamericanos antes de iniciarse el decenio Internacional para la Reducción de los Desastres (ver fig. 2) Este enfoque estaba orientado primeramente a la reconstrucción y rehabilitación post desastre y un poco más tarde hacia la “prevención de los desastres”, donde el papel central los jugaron las instituciones estatales especializadas.

Figura 1: Ciclo del manejo de desastres según esquema tradicional



Sin embargo se hizo la pregunta de si ¿este es realmente un ciclo?, La respuesta se ha elaborado luego de varios años de estudio sobre todo a partir de la década de los 80s.

Al constatarse que, “los problemas humanitarios no tienen soluciones humanitarias”, se buscó de un lado superar las limitaciones del humanitarismo propiciando el respeto a los derechos de las personas afectadas por los desastres, y de otro lado prevenir los desastres actuando sobre sus causas: las condiciones de riesgo generadas en el proceso de desarrollo (Ferradas, 2000).

Las limitaciones del “humanitarismo” se refieren a las intervenciones de los organismos (humanitarios) frente a un desastre, instituciones que inspiradas en buenas intenciones de solidaridad y misericordia han caído en enfocar su ayuda cayendo en las siguientes limitaciones:

- Los beneficiarios son parte del problema y no de la solución
- La sociedad es un actor subordinado y pasivo en la atención de los desastres
- El gobierno y las entidades de cooperación son las únicas indicadas para actuar en socorro frente a los desastres
- Las personas que han sufrido un desastre no son agentes dificultan el desarrollo y deben de atenderse
- La prevención es un acto que debe asumir solamente el gobierno

- La atención a los desastres es un derecho que todo individuo tiene a ser atendido por el estado

Desde los años 80, en la publicación “Mitos y realidades de los desastres” la OPS (la organización panamericana de la salud) advirtió que: “los desastres no son naturales”; y que la diferenciación entre amenazas atribuibles entonces a “fenómenos naturales” y la vulnerabilidad determinada por factores sociales, ya formaba parte de los análisis de la mayoría de las instituciones especializadas, antes de iniciarse el decenio Internacional para la reducción de desastres en la década pasada.

De esta forma a mediados de la década de los 90 en el contexto de la conferencia mundial de Yokohama, se hizo evidente que el humanitarismo centrado en la respuesta a las emergencias buscaba nutrirse con mayor énfasis del enfoque de derechos, mientras que a los enfoques de “prevención de desastres” se agregaba un nuevo enfoque más holístico: la gestión de riesgo. Las instituciones de defensa o protección civil de los países latinoamericanos formada en el marco de las doctrinas de seguridad nacional para responder a las emergencias y “prevenir desastres” han sido sensibles de diferentes formas a estos cambios.

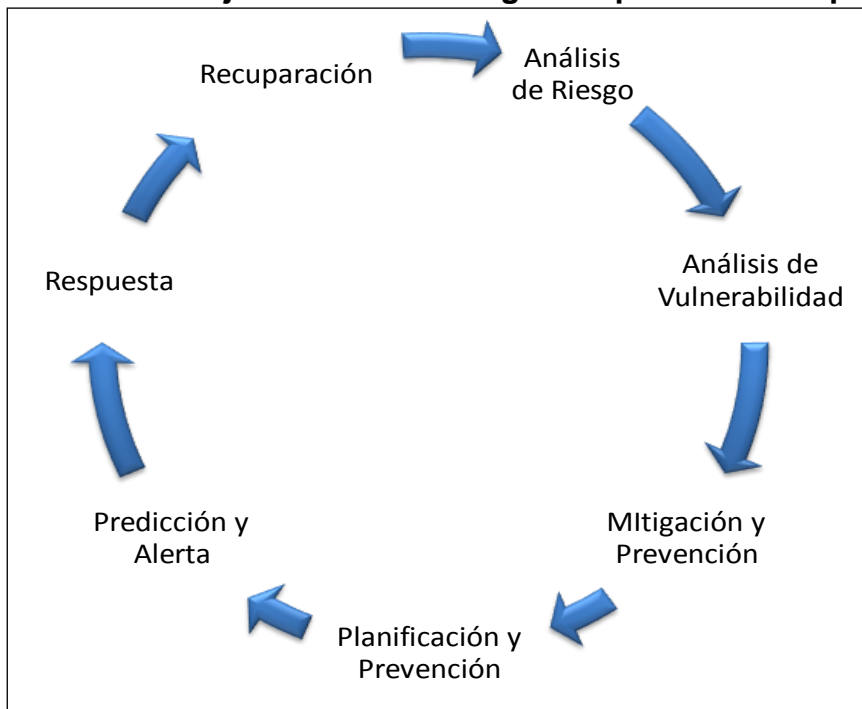
Desde fines de la última década del siglo XX estas organizaciones han buscado modificar sus enfoques, y en algunos países de Centro y Sudamérica, sus estructuras institucionales. Los procesos generados por el Decenio Internacional Para La Reducción de Desastres (1990-2000), y los desastres de magnitud y alcance subregional como fueron los desencadenados por el huracán Mitch en Centroamérica y el fenómeno del niño en Perú y Ecuador, sumado a los terremotos de Pisco (Perú), Haití y en Concepción (Chile), están contribuyendo sin duda, a estos cambios o por lo menos a poner transitoriamente en cuestión las políticas que se limitaban al tratamiento de los problemas de desastres como situaciones de emergencia.

Enfoque Contemporáneo del Manejo de Desastres

El surgimiento de la gestión de riesgo (GR), corresponde a una visión social de la problemática de los desastres que adquiere un perspectiva histórica, tanto por el análisis de los desastres sucedidos, como por el proceso de construcción de los riesgos: desde la visión social la GR se nutrió de la práctica de las organizaciones locales y comunitarias que se confrontaban con situaciones de riesgo y desastres, y originalmente reivindicó la importancia del imaginario colectivo no considerado en la políticas públicas. Hasta cierto punto la gestión de riesgo contribuyó a la emergencia de los actores locales como sujetos claves y activos, en contraste con el papel subordinado y pasivo que les atribuía los gobiernos centrales.

De esta manera se conformó una visión más realista donde la idea de continuidad permanente del ciclo aporta la idea que el tratamiento de los desastres no solo es una situación de emergencia, sino por el contrario se trata de un enfoque de prevención actuando sobre sus causas: las condiciones de riesgo generadas en el proceso de desarrollo. Esta idea se muestra en la figura 2:

Figura 2: Ciclo del manejo de desastres según esquema contemporáneo



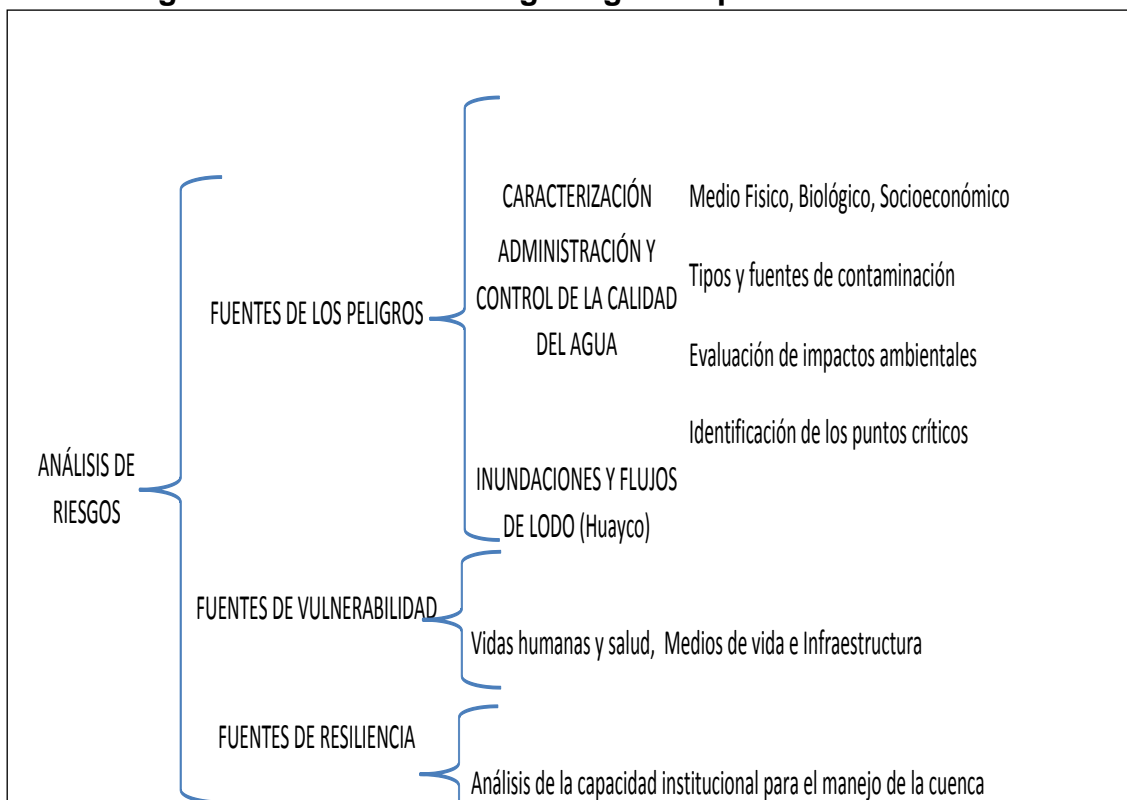
En este enfoque se realiza anticipadamente el análisis de riesgo a través del análisis de vulnerabilidad para luego continuar con los mismos pasos que el enfoque tradicional, es decir la mitigación, prevención, alerta, respuesta y recuperación.

Como se puede observar la diferencia está en que se realiza el análisis de riesgo y de vulnerabilidad como paso previo a los demás pasos, anticipando la gestión de los eventos de desastre.

Enfoque HYOGO

El marco de acción de Hyogo (MAH) es el instrumento más importante para la implementación de la reducción del riesgo de desastres que adoptaron los Estados miembros de las naciones unidas. Su objetivo general es aumentar la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres al lograr, para el año 2015, una reducción considerable de las pérdidas que ocasionan los desastres, tanto en términos de vidas humanas como en cuanto a los bienes sociales, económicos y ambientales de las comunidades de los países. El MAH ofrece cinco áreas prioritarias para la toma de acciones, al igual que principios rectores y medios prácticos para aumentar la resiliencia de las comunidades vulnerables a los desastres, en el contexto del desarrollo sostenible.

Figura 3: Análisis de Riesgo según esquema HYOGO



La única diferencia importante que se debe destacar en el enfoque de Hyogo es la introducción en el análisis de riesgo de las fuentes de resiliencia, como capacidad institucional para manejar los ecosistemas analizados.

El enfoque metodológico

El enfoque es a través de la Gestión del riesgo, definido como el proceso planificado, concertado, participativo, integral de reducción de las condiciones de riesgo de desastres de una comunidad, distrito, cuenca, región o país, evitando que se generen nuevos riesgos y estar adecuadamente preparados para responder a los desastres. Está íntimamente ligado a la búsqueda del desarrollo sostenible.

Como proceso integral porque reconoce que los desastres no son productos de fuerzas externas a la población sino que son generados por el desequilibrio en nuestro desarrollo (social, económico, cultural, político, ambiental), las propuestas de intervención deben de ser igualmente integrales. Por lo tanto éstas no deben orientarse solo a la capacitación, construcción de obras físicas u organización, sino que deben articularse a propuestas complementarias que apunten a un objetivo común: el desarrollo integral y sostenible.

El proceso de gestión integral del riesgo comprende:

- La gestión correctiva o compensatoria, que busca revertir o cambiar los procesos que construyen los riesgos. Se aplica sobre la base de los resultados de los análisis de riesgos y teniendo en cuenta la memoria histórica de los desastres.
- La gestión prospectiva, que implica adoptar medidas y acciones en la planificación del desarrollo para evitar nuevas condiciones de riesgo. Se

desarrolla en función del riesgo “aún no existente” y se concentra a través de regulaciones, inversiones públicas o privadas, planes de ordenamiento territorial, etc. Para que sea exitosa, se requiere de un alto grado de voluntad política, compromiso social y conciencia pública.

- La preparación para la respuesta a emergencias, que implica estar siempre alertados y bien preparados para cualquier eventualidad, de tal modo que los costos asociados a las emergencias sean menores, que se presente un cuadro de daños reducido y que la resiliencia sea alta. El incremento de la resiliencia también implica una mejora en la producción (diversificación), en el almacenamiento de recursos y en el manejo de los bienes y servicios comunes.

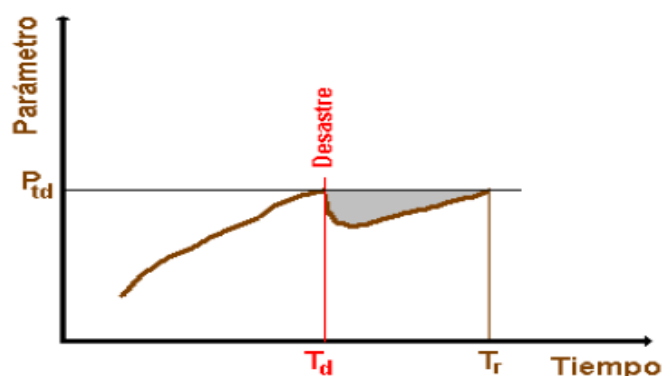
El objetivo final de la gestión de riesgo es garantizar que los procesos de desarrollo se den en condiciones óptimas de seguridad.

III.3. Aportes en la Comprensión de la Vulnerabilidad

Para comprender y asumir una posición de los aportes conceptuales de este, debemos comprender primero la relación que tienen las amenazas, con la ocurrencia de desastres y su relación con el tiempo.

El primer aporte lo recibimos de (Villagran de León, 2001), quien nos presenta una relación del parámetro de desarrollo de una sociedad con indicadores tales como PBI, PEA, índice de pobreza, Inversiones, etc. en relación a la interrupción de su evolución en el tiempo a causa de un desastre.

Figura 4: Indicadores de Vulnerabilidad



Fuente: Villagrán de León, 2001. “La Naturaleza de los Riesgos, Un Enfoque Conceptual”

Por lo general, el evento o fenómeno detiene o reduce el nivel de evolución temporal de dicho indicador. Analizando el comportamiento del indicador se notan dos aspectos relevantes:

1. Se requiere de un intervalo de tiempo T_r (tiempo de recuperación) para que la sociedad, a través de medidas correctivas, alcance el nivel de desarrollo equivalente

al nivel que existía cuando se produjo el fenómeno natural en lo que respecta a este indicador.

2. Si se ha cuantificado en forma adecuada el indicador de desarrollo, es posible determinar la brecha entre la magnitud del indicador a cualquier tiempo después del evento y su magnitud correspondiente previo al desastre, P_{td} . (parámetro antes del desastre).

Entonces es importante direccionar nuestra metodología, considerando que en el presente estudio se calcula el riesgo a partir de las amenazas y vulnerabilidad antes de la ocurrencia de las emergencias o desastres.

Figura 5: Enfoque temporal de la vulnerabilidad

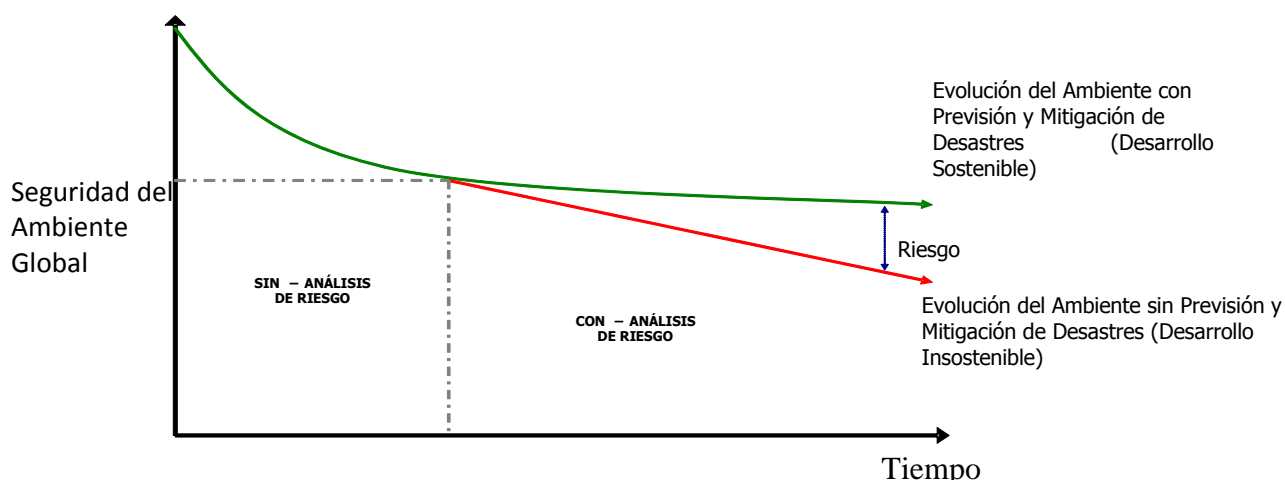


Fuente: Villagrán de León, 2001. "La Naturaleza de los Riesgos, Un Enfoque Conceptual"

Otra forma de entender la temporalidad de la vulnerabilidad y su importancia en el análisis de riesgo, es diferenciando la trayectoria del desarrollo sostenible, medido por indicadores que miden la calidad del ambiente o de su seguridad (por ejemplo el índice de huella ecológica, índice de la Biocapacidad, índice de desarrollo humano, etc.) respecto de la trayectoria de la evolución del ambiente con indicadores de deterioro, es decir siguiendo prácticas de desarrollo insostenible (manifestado por una desordenada ocupación del territorio, contaminación, exceso de consumo, sobreexplotación de los RRNN). La diferencia de estas dos trayectorias pueden ser comprendidos por el análisis de riesgo, y su medida nos permite orientar acciones de prevención y mitigación.

Es de resaltar el reconocimiento de la existencia de un "continuo de riesgo" donde el riesgo está en constante cambio y transformación, con expresiones y momentos distintos, de los cuales el desastre es solamente uno- el momento de actualización del riesgo preexistente, su transformación de lo latente a lo material y actual (Lavell, 2010).

Figura 6: Temporalidad de la vulnerabilidad en el desarrollo sostenible



Fuente: Pérez M. (2009)

De otro lado es importante señalar cuál es el tipo de vulnerabilidad que se va a tomar en cuenta, considerando que existen varios tipos de vulnerabilidades según la metodología y concepto de riesgo que se quiera tomar. Así para Villagrán de León, nos presenta los siguientes tipos:

- Vulnerabilidad Estructural
- Vulnerabilidad Física (o localizacional)
- Vulnerabilidad económica
- Vulnerabilidad Social
- Vulnerabilidad Cultural
- Vulnerabilidad Psicológica

Como se verá más adelante, en la presente investigación no se medirán las vulnerabilidades culturales ni psicológica, en cambio se añadirán la vulnerabilidad ambiental y se profundizará el análisis en la vulnerabilidad económica.

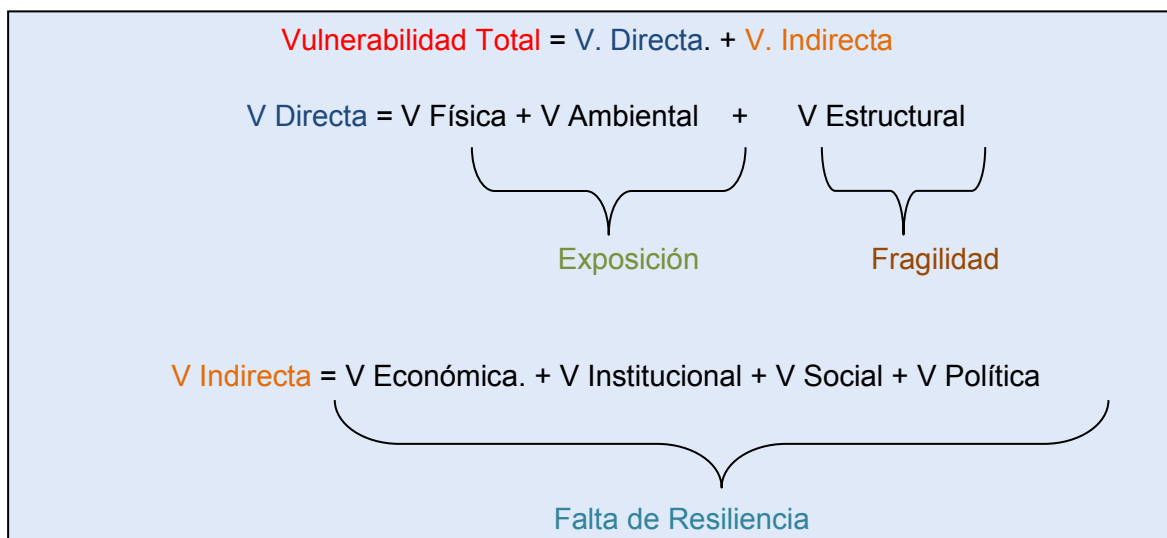
Como mencionamos anteriormente, existen vulnerabilidades temáticas que asociamos directamente con un tipo de amenaza: estructurales, funcionales, económicas, sociales, culturales, educativas, etc.

Sin embargo, se ha notado que existen ciertos aspectos sociales que pueden generar o aumentar las vulnerabilidades: la pobreza, la falta de conocimientos temáticos en relación a riesgos y desastres y las creencias tradicionales. La población de más escasos recursos, que apenas sobrevive día a día, no cuenta con los recursos para agenciarse una vivienda digna, mucho menos una no vulnerable. Las necesidades cotidianas de este sector de la población absorben prácticamente la totalidad de los ingresos que percibe, de tal forma que se ve obligado a estar dispuesto a vivir en zonas de alta amenaza y construir con materiales y técnicas que generan nuevas vulnerabilidades.

INTEGRACION DE VULNERABILIDADES

La vulnerabilidad total de un sector o de un entorno debe determinarse tomando en consideración las vulnerabilidades temáticas directas, así como las vulnerabilidades indirectas. Se puede expresar la vulnerabilidad total de los puentes y carreteras como la suma de las distintas vulnerabilidades:

Figura 7: Integración de la Vulnerabilidad a nivel conceptual



Elaboración: Gustavo Ruiz Tay.

Tal como lo menciona Villagrán de León, (*ibíd*), no se contempla el uso de factores de peso para obtener una sola expresión porque se prefiere mantener la separación de vulnerabilidades en forma temática y así permitir a la población determinar qué medidas implementar para reducir cada una de las vulnerabilidades temáticas a grados mínimos.

La vulnerabilidad constituye un sistema dinámico, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (externas e internas) que convergen en una comunidad o área particular. A esta interacción de factores se le conoce como vulnerabilidad global. Esta vulnerabilidad global puede dividirse en varias vulnerabilidades o factores de vulnerabilidad, todos ellos relacionados entre sí: vulnerabilidad física; factores de vulnerabilidad económicos, sociales y ambientales. (Wilches-Chaux, Op. cit).

La vulnerabilidad física se refiere a la localización de asentamientos humanos en zonas de amenaza, como por ejemplo en las laderas de los volcanes, en las llanuras de inundación de los ríos, al borde de los cauces, en zonas de influencia de fallas geológicas, etc. La vulnerabilidad estructural se refiere a la falta de implementación de códigos de construcción y a las deficiencias estructurales de la mayor parte de las viviendas, lo que conlleva a no absorber los efectos de los fenómenos naturales; la Vulnerabilidad natural se refiere a aquella que es inherente e intrínseca a todo ser vivo, tan solo por el hecho de serlo.

Los factores de vulnerabilidad económica y social se expresan en los altos niveles de desempleo, insuficiencia de ingresos, poco acceso a la salud, educación y recreación de la mayor parte de la población; además en la debilidad de las instituciones y en la

falta organización y compromiso político, al interior de la comunidad o sociedad. Se ha demostrado que los sectores más pobres son los más vulnerables frente a las amenazas naturales.

Un análisis de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos frente a una determinada amenaza o peligro. La vulnerabilidad puede ser definida por tres niveles: baja, media y alta; también puede ser expresada como un porcentaje de elementos que pueden sufrir daño o destrucción (pérdida) sobre un total, aunque es difícil establecer una referencia de carácter absoluto. Los porcentajes pueden ser establecidos en función de las características del área, del tipo de fenómeno, de la densidad y frecuencia de ocupación humana, densidad de construcciones, etc.

Las vulnerabilidades directas son estudiadas por las ciencias naturales o físicas, mientras las vulnerabilidades indirectas están más relacionadas con ciencias económicas o sociales. Cada una de ellas se puede descomponer en causas subyacentes a su estado como por ejemplo en el caso de la vulnerabilidad ambiental, tiene que ver con procesos naturales de la interacción de los recursos de la biodiversidad (animales y plantas) con su medio ambiente, así como los activados por procesos de ocupación del territorio, que pueden deteriorar la calidad y cantidad del ambiente y sus recursos, tal como sucede con el consumo y la generación de desperdicios.

Se debe de recordar que la vulnerabilidad directa es aquella determinante en la activación de la amenaza, el huaico no se activaría sólo con la precipitación acumulada, aunque esta sea extrema, tiene que considerarse factores físicos como la pendiente y factores ambientales como la cobertura vegetal, además de la cercanía de este fenómeno a la carretera (exposición) y el nivel de fortaleza o calidad de la estructura del bien amenazado (fragilidad). También el momento de análisis es determinante para distinguir la vulnerabilidad directa de la indirecta, la primera está más asociada a un análisis ex ante, o el denominado momento cero del análisis, sin que ocurra la emergencia o el desastre; mientras que la vulnerabilidad indirecta es posterior al desenlace de la amenaza y se estima a través de sus efectos, es el momento uno, luego de que ha ocurrido el siniestro.

Es importante añadir que la vulnerabilidad indirecta, también se le puede llamar falta de resiliencia (IPCC, 2001)¹⁶, debido a que hace referencia a la falta de capacidades humanas en los aspectos económicos, sociales, institucionales y políticos. Así planteada el concepto de vulnerabilidad aparece como la contracara del concepto de sustentabilidad. La vulnerabilidad o falta de resiliencia estaría referida al conjunto de los elementos que constituyen situaciones opuestas a los postulados del desarrollo sustentable.

El tipo de vulnerabilidad que se intenta medir con mayor énfasis, son las vulnerabilidades indirectas, esto es aquellas relacionadas con la vulnerabilidad institucional, económica, social y política y a veces otros autores incluyen también la vulnerabilidad ambiental, debido a que el estado del ambiente, si bien no es tan visible para la autoridad política de los distritos, y es considerada como vulnerabilidad indirecta, debido a que el estado del ambiente se deteriora con los efectos de las amenazas, sin embargo en esta investigación se considera como una vulnerabilidad directa debido a que en un análisis ex ante, el estado del ambiente también incide en la intensidad de la amenaza y multiplica las vulnerabilidades indirectas (enfermedades, calidad de vida, calidad y disponibilidad de los recursos naturales: sobre todo agua, etc.).

¹⁶ La resiliencia es la otra cara de la vulnerabilidad, -un resiliente sistema o población no es sensible a la variabilidad climática y tiene la capacidad de adaptarse- IPCC (2001) p. 89. United Nations.

Por ello, en el presente estudio se ha visto por conveniente mantener la vulnerabilidad ambiental como una vulnerabilidad directa, debido a que el estado del ambiente condiciona (junto con las variables físicas o geológicas) la aparición de huaicos y con ello la interrupción del tránsito en la carretera, y por tanto su relación con la aparición de la amenaza, su intensidad y frecuencia, hacen referencia a la vulnerabilidad ambiental.

La vulnerabilidad física y ambiental están relacionadas directamente con los huaicos, debido a que este es un fenómeno físico de remoción de masas en donde la interacción de los elementos expuestos y el comportamiento de estos frente a la acumulación de agua (activado por las lluvias), son determinantes en el desenlace del huaico, sin embargo hay condiciones físicas subyacentes, determinantes en la activación de estos (además de las lluvias), tales como la pendiente y cobertura vegetal o calidad del ambiente, las cuales inciden en la intensidad de esta amenaza.

Aunque intervienen más determinantes físicos en el cálculo de la intensidad, parámetros tales como velocidad, volumen, profundidad de la superficie de falla, presiones, alturas de deposición, distancia de viaje (de la masa de lodo al bien amenazado), estos no se van a calcular debido a la complejidad de cada uno y por corresponder más a ciencias de ingeniería, que a economía, se identifican sin calcularlas por no corresponder a los objetivos de la investigación.

La fragilidad está estimada a partir del cálculo de la vulnerabilidad estructural, aquella que nos indica la fortaleza del bien amenazado: Puentes y carretera, respecto de su déficit en la calidad de su construcción o debido al normal desgaste por su uso frecuente o insuficiencia de su gasto en mantenimiento.

Por otra parte, la vulnerabilidad institucional, -en un análisis ex ante-, puede responder más a un modelo de desarrollo urbano de centros poblados que no han sido concebidos a partir de las características físicas de la zona, sino que prevalece el modelo tradicional de ciudad con sobre-densificación de áreas, calles y amplias avenidas pavimentadas e invadiendo zonas naturales de absorción o de recarga de mantos acuíferos; además del consabido déficit en la cobertura de servicios básicos en los centros poblados rurales o asentamientos humanos y el deficiente sistema de drenaje en toda la ciudad.

Finalmente la vulnerabilidad económica, social y política está calculada con indicadores que nos hablan del porcentaje de afectación que tienen respecto de su normal desempeño. En el caso de la vulnerabilidad económica esta hace referencia a la relación entre inversión y los gastos de mantenimiento y gastos de emergencia, de tal forma que cada año se pierde un porcentaje del valor de la inversión (valor del puente y carretera y su valor de servicio), debido a la ocurrencia de interrupciones debido a huaicos. La vulnerabilidad social esta medido como un porcentaje de la sociedad que interrumpe la obtención de ingresos monetarios, debido a la falta de transporte, situación por la cual se agrava su condición de pobreza monetaria. La vulnerabilidad política está determinada por la correlación que existe entre la cantidad de conflictos sociales respecto de las interrupciones de tránsito, sin embargo debido a la falta de información, de los conflictos socio ambientales que terminan interrumpiendo la carretera a nivel del Departamento de Lima, y a la complejidad de la naturaleza del origen del conflicto político, no se realizará la medición de este tipo de vulnerabilidad.

Sabiendo que puede haber otros tipos de vulnerabilidades, estos que se han señalado son tipos que se relacionan más con el bien amenazado (puentes y carreteras) y con el tipo de amenaza que se estudia (huaicos).

Por tanto una vez definido los tipos de vulnerabilidad, se pasa a la selección de las variables para calcular cada una de ellas.

III.4 Aportes en Metodologías de Gestión De Riesgos

Las experiencias metodológicas cada vez han sido más desarrolladas, así podemos destacar algunas de ellas como la Guía Metodológica para Evaluación de Riesgo por Fenómenos de Remoción de Masa. Esta guía metodológica (Mosquera, Gemay et al, 2001), nos describe y explica como estimar el nivel de riesgo para amenazas o fenómenos de remoción de masa (FRM)¹⁷ en Colombia.

Comienza explicando que la mayor parte de los deslizamientos que se originan en las laderas de las zonas montañosas ocurren después de intensas lluvias, lo que hace necesario para cualquier estudio de amenazas por fenómenos de remoción de masas (FRM), conocer la cantidad de lluvia necesaria para detonarlos, a la que se suele llamar lluvia crítica.

Una manera de establecer esta relación es la propuesta por (Ortiz, 1996), siguiendo el procedimiento que se ilustra a continuación, en el cual se determina las lluvias críticas, su duración y período de retorno. En este método se deben de localizar exactamente los deslizamientos y su fecha de ocurrencia, así como los registros de precipitación diaria y mensual precedentes a los eventos, obtenidos de estaciones cercanas a las mismas.

Figura 8: Relación Lluvia - Deslizamiento



La elaboración de las gráficas de lluvias máximas acumuladas y sus promedios para diferentes duraciones, junto con la precipitación diaria acumulada que antecede al evento, permiten observar la magnitud de la precipitación que pudo producir el movimiento.

Mediante un análisis de probabilidad de las lluvias máximas acumuladas con el uso de las curvas de distribución Gumbel y Log Normal, se determina estadísticamente el período de retorno de la lluvia para diferentes duraciones. Señalan como ejemplo para los ríos Bolo y Fraile, se observa que para lluvias producidas antes de un gran evento

¹⁷Para el Perú se denominan Huaicos a los deslizamientos de masas de tierras, piedras y agua mezcladas.

(31 de enero de 1994), la curva de lluvias máximas acumuladas se acerca al promedio de lluvias máximas con duraciones entre dos y cinco días, donde la primera es la duración crítica. Esto significa que cada 2 años, si llueve durante días y se acumulan 72 mm de lluvia, muy seguramente se activarán deslizamientos sobre aquellas áreas consideradas susceptibles.

Estos resultados, junto con la información de isoyetas y la intensidad de las lluvias, se delimitan en un mapa como zonas de precipitación crítica para una duración y período de retorno establecidos, donde las lluvias de duración corta pueden alcanzar el promedio de los máximos y detonar fenómenos de remoción de masas.

Otro de los aportes importantes que he rescatado para la presente investigación es el tipo de información básica que se requiere:

**Figura 9: Tipos de estudios necesarios en la relación
lluvia-deslizamiento**

Nº	TIPO DE ESTUDIO	TIPO DE ESTUDIO ESPECÍFICO
1	TOPOGRAFÍA	
2	GEOLOGÍA	Litología, Litología y estructura, Litología, estructuras e hidrogeología
3	GEOMORFOLOGÍA	Morfometría, Morfología, Morfodinámica
4	AGROLOGÍA	
5	CLIMA	Lluvia, temperatura, evapotranspiración, viento
6	COBERTURA DEL SUELO	Vegetación, Uso del suelo
7	SISMOS	
8	ELEMENTOS ANTRÓPICOS	Población, Actividades socioeconómicas, Infraestructura
9	PROPIEDADES GEOMECAÑICAS	

Fuente "Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción de Masas" Ingeominas (pág. 26)

El nivel de análisis de la presente investigación se concentra en las variables clima, cobertura del suelo y elementos antrópicos, teniendo el indicador de huella ecológica para el departamento de Lima, como un indicador que ayuda a explicar el uso del suelo y las actividades socioeconómicas y desarrollo de la población, condiciones que predisponen a un territorio a su condición de riesgo.

Finalmente, cabe destacar el Proyecto (CAN , 2008), PREDECAN con "La Guía Técnica para Interpretación y Aplicación del Análisis de Amenazas y Riesgos". Busca facilitar los resultados de los análisis de amenazas, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos naturales, en procesos de ordenamiento y gestión territorial. Esta metodología es el resultado de tres momentos: La etapa inicial 2006-2007, en la cual se construyeron los lineamientos y criterios mínimos del enfoque de riesgos para la planificación territorial, la segunda fase concluye en el 2008 con la presente guía.

Figura 10: Enfoque de riesgos para la planificación territorial



Y la tercera fase iniciada en el 2009, que consistió en definir cómo implementar la guía en cada país. La guía está organizada en tres partes:

- La introducción y bases conceptuales,
- El conocimiento y la representación de las amenazas, vulnerabilidades y riesgo
- La aplicación en el ordenamiento territorial

Para la presente tesis nos ocuparemos de las dos últimas partes por ser relevante y no reiterativo en el análisis de experiencias metodológicas. El conocimiento de las amenazas y vulnerabilidades se refiere al acervo de información que se debe generar para entender la génesis, causas, frecuencia e intensidad de los fenómenos, así como su significado espacial y temporal. La gestión del riesgo es un concepto utilizado en América Latina para agrupar el conjunto de políticas y acciones necesarias para el control y reducción del riesgo, tanto en el ámbito de las políticas públicas como de la gestión del sector privado y las comunidades.

Mientras que el ordenamiento territorial es un amplio y complejo proceso multidimensional de intervención del territorio que busca inducir formas de uso y ocupación consecuentes con escenarios proyectados y deseables de desarrollo territorial.

Para la presente investigación es muy importante identificar los agentes detonantes que activan las lluvias al generar deslizamientos de agua, lodo y piedras (Huaicos) y entender la naturaleza de esta activación.

Si bien, los deslizamientos pueden ocurrir de manera natural, en la mayoría de los casos la intervención antrópica constituye uno de los principales factores desencadenantes. El deterioro ambiental de las cuencas hidrográficas, la pérdida de cobertura vegetal, los cortes o rellenos inadecuados en zonas de pendiente (sobre todo para carreteras y puentes), el aporte incontrolado del agua y la alteración de cauces naturales son algunos de los factores típicos que favorecen la inestabilidad de las laderas.

Los deslizamientos se clasifican según el mecanismo de falla en caídas, volcamiento, flujos, deslizamientos y propagación lateral. Cada mecanismo de falla imprime características físicas particulares al fenómeno tales como velocidad de movimiento,

profundidad. Volumen, posibilidades de evolución, entre otras. Los deslizamientos son fenómenos de carácter local, esto es, que responden a condiciones geoambientales locales y su manifestación espacial se circunscribe a áreas delimitadas evidentemente menores que fenómenos como los sismos y las inundaciones. Además a diferencia de estos, en los deslizamientos, no es posible establecer, para un sitio dado, una relación magnitud-frecuencia del fenómeno¹⁸. Estas características hacen que las posibilidades de modelamiento y pronóstico del fenómeno estén fuertemente limitados por la escala de estudio. Una particularidad de este fenómeno es que en general existen grandes posibilidades de intervención con medidas correctivas y de control, técnica y económicamente viables, y por lo tanto en el manejo del riesgo por deslizamiento se centra generalmente en la mitigación de la amenaza y la reducción de la exposición.

Cuadro N° 2: Tipos de Metodologías para zonificación de la amenaza por deslizamiento y utilidad según la escala de trabajo (adaptado del ITC)

METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS Y SINTESIS	DESCRIPCIÓN	ESCALA GENERAL	ESCALA INTERMEDIA	ESCALA DE DETALLE
Ocurrencia Histórica	Zonificación directa a partir de inventarios de deslizamientos: tipos y características, relación con lluvias y sismos históricos	3	3	2
Análisis Heurístico	Análisis cualitativo o semi-cuantitativo, combinación de factores partir del criterio de expertos y/o reglas de decisión	3	2	1
Análisis Estadístico	Métodos matemáticos indirectos que utilizan análisis estadísticos de algunos factores para la zonificación de la amenaza. Pueden ser de tipo univariado o multivariado	1	3	2
Métodos Determinísticos	Métodos analíticos de equilibrio o relaciones esfuerzo-deformación	1	2	3

Nota: 1: No usado; 2: Uso Limitado; 3: Muy útil

Siempre que los resultados de estos estudios concluyan en mapas de amenaza, vulnerabilidad o riesgo categorizados, recomiendan que estos mapas contengan dos componentes: Identificar procesos de inestabilidad y categorías de amenaza.

En el primer caso se trata de representar y espacializar el tipo y características del fenómeno de inestabilidad (ejem. Caídas, flujos, deslizamientos); y en el segundo caso representar categorías de amenaza¹⁹.

Un deslizamiento, es un fenómeno frente al cual el ser humano tiene muchas posibilidades de control y mitigación. Sin embargo, cuando se enfrentan grandes áreas de ladera ambientalmente degradadas con diversos procesos de inestabilidad, y erosión y además, densamente urbanizadas las posibilidades de mitigación se ven seriamente limitadas por la magnitud de las obras requeridas, las restricciones económicas de los gobiernos y las dinámicas económicas y sociales y culturales de la población. Por ello es muy frecuente que en un proceso de ordenamiento y gestión territorial, en áreas afectadas por deslizamientos, los gobiernos tengan que enfrentar situaciones que les exige definir explícitamente si el riesgo es o no mitigable. La mitigabilidad se puede entender como una condición en la que es factible técnicamente, económica, social y políticamente intervenir un territorio para reducir el riesgo de deslizamiento a efectos de que permanezcan la población, la infraestructura

¹⁸ En las inundaciones y los sismos se pueden determinar la relación magnitud-frecuencia a partir de una serie histórica de eventos. En el caso de los deslizamientos se puede establecer tendencias en áreas mayores (unidades geomorfológicas).

¹⁹ Frecuentemente estas categorías están expresadas como alto, medio, bajo.

y las actividades económicas dentro de los márgenes razonables y socialmente aceptables de seguridad.

En el contexto del ordenamiento territorial es una declaración que la autoridad hace sobre un territorio para restringir o condicionar los usos y ocupaciones actuales y futuros, dado una condición de riesgo de deslizamiento existente. Siempre que es finalmente una decisión política, no puede existir una fórmula o procedimiento único para su definición.

Un plan de ordenamiento Territorial, es un instrumento de planificación de las intervenciones actuales y futuras en relación con el uso y ocupación del territorio, orientadas y articuladas para alcanzar un escenario deseado de desarrollo. Ello se concreta esencialmente a través de la definición de políticas y objetivos estratégicos, las disposiciones regulatorias para el uso y ocupación del suelo (componente regulatorio), los programas y proyectos (componente programático) y finalmente los instrumentos de gestión para la implementación del plan (planes, licencias, permisos, códigos y normas técnicas).

En esta lógica, la interpretación y aplicación de los análisis de amenaza y riesgo para propósitos de ordenamiento territorial es el proceso mediante el cual es posible definir los contenidos específicos de políticas, regulaciones, programas y proyectos pertinentes en un contexto específico de riesgos, para asegurar la incorporación de criterios de reducción de riesgo de desastre en los procesos de uso y ocupación que se desencadenan a partir de un proceso de OT.

Figura 11: Dimensiones del Ordenamiento Territorial



Para la presente tesis, un aporte importante de este enfoque que orienta el análisis y gestión de riesgos de desastres, es el enfoque desde la seguridad, el cual no se refiere a una categoría o condición absoluta de ausencia de riesgo, sino más bien a una noción relativa de seguridad dentro de los márgenes socialmente aceptables²⁰. Puede expresarse por ejemplo como una condición del territorio en las que se ha controlado los factores de riesgo (amenazas y vulnerabilidades) hasta reducir el riesgo a dichos márgenes.

²⁰ El riesgo socialmente aceptable no tiene una sola forma de manifestación explícita, ni se refiere solamente a un ente objetivo, sino se trata más bien de un acuerdo social, explícito o implícito, que generalmente resulta de la concertación social, política y económica entre los gobiernos y los actores privados y comunitarios frente a las condiciones de riesgo de desastre presentes en un territorio.

Este enfoque propone que la reducción de la vulnerabilidad del ser humano y sus medios de vida frente a estas amenazas serían la clave para intervenir a través de la planificación territorial.

III.5 Métodos para medir el riesgo

Existen varios métodos para medir el riesgo y la gestión del riesgo, los cuales dependen del concepto del riesgo, del tipo de amenaza y del tipo de bien amenazado. Así mismo el enfoque y la escala o dimensión del riesgo, local, regional o nacional. Así como sus componentes: social ambiental o económico. Entre los más importantes y útiles para la presente investigación se puede resaltar los siguientes:

El índice de déficit financiero para afrontar el desastre (DDI por sus siglas en inglés, disaster deficit index). (Cardona, 2005). Este índice parte de la necesidad de desarrollar indicadores que apoyen las decisiones y el interés de los involucrados. Este autor propone desde su trabajo en el Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), que el DDI como debe un país afrontar financieramente un posible evento catastrófico. Este indicador requiere comprender la evidencia científica de los fenómenos que amenazan y del valor de la infraestructura que es afectada por este. El DDI captura la relación entre la demanda de recursos financieros para cubrir las pérdidas a causa de la estimación de la mayor pérdida posible (MCE, maximum considered event) y los fondos públicos disponibles para recuperarlos.

DDI = MCE Pérdida/Resiliencia Económica = Perdida Anual Esperada/Gasto de Capital

Teniendo su indicador correspondiente para medir desastres de carácter local:

LDI (local disaster index) = LDI muertes+LDI damnificados+LDI pérdidas económicas.

El LDI, identifica los riesgos sociales y ambientales resultado de los más recurrentes eventos de peligro. Este indicador nos muestra la propensión de un país para experimentar pequeños desastres y muestra su efecto acumulado en el desarrollo local. Para nuestro caso de estudio nos interesa medir LDI para pérdidas económicas debido a que el tipo de bien amenazado corresponde a infraestructura vial para el transporte y conocer cuánto del presupuesto regional de Lima o distrital hay para afrontar dichos eventos.

Estas pérdidas económicas estarán diferenciadas, unas respecto de las pérdidas directas de la infraestructura vial y la otra respecto a las pérdidas ocasionadas en la economía, debido a la interrupción del transporte de carga y pasajeros.

Lo malo de este indicador a nivel nacional (DDI) al no descomponer el riesgo en sus componentes de vulnerabilidad y exposición, se concentra sólo en la capacidad financiera de recuperación –resiliencia económica- y no permite entender la estructura y la dinámica del riesgo. Mientras que en su versión local (LDI) sirve de análisis ex – post, pero de la misma forma no descompone el riesgo en sus partes de vulnerabilidad y exposición, concentrándose en las capacidades de gestión para hacer frente a una emergencia o desastre.

Sin embargo, lo más rescatable de este método es que una vez calculado sirve para la planificación territorial y el establecimiento de políticas de ocupación del territorio a nivel urbano y rural, así como para la protección de cuencas hidrográficas. También este índice puede ser usado para justificar la transferencia de fondos hacia los gobiernos locales (desde el gobierno nacional o desde los sectores de la economía, en nuestro caso el sector transporte).

Otra forma de entender el riesgo es el que propone Christina Bollin y Ria Hidajat (Bollin, 2003), en su construcción del Community-based risk index, el cual plantea la relación entre desarrollo y riesgo, resaltando las capacidades de comprensión de las comunidades locales de interpretar el riesgo a partir de sus componentes principales:

Figura 12: Comunidad basada en el índice de riesgo



Fuente: Davidson, 1997:5; Bollin et al, 2003:67. Birkman J., 2006: 274. Elaboración: El autor.

Esta forma de entender el riesgo desde el enfoque de las comunidades locales nos sirve mucho porque descompone el riesgo y lo estructura y se enfoca en las posibilidades protagónicas de las comunidades locales de estimar y prevenir el riesgo, además de descomponer el riesgo en sus partes principales (Birkman, 2006), indica las áreas de intervención. Finalmente otro de sus beneficios es presentar el riesgo con información de forma sistematizada y armonizada para ser replicada y atendida desde sus componentes.

Los cuatro factores del índice de riesgo (mostrada en la 0) esta expresada por la siguiente ecuación:

$$R = (wHH + wEE + wVV) - wCC$$

R: Índice de Riesgo

HH: Indicadores de la Amenaza

EE: Indicadores de la Exposición

VV: Indicadores de la Vulnerabilidad

CC: Indicadores del Déficit de capacidades en Gestión de Riesgo

W: coeficiente, que es una constantes de 0.33 como peso uniforme para cada uno de ellos

Este índice ha sido probado para el caso de Indonesia²¹, refiriéndose a las amenazas relacionadas a los deslizamientos que en forma recurrente y estacional sufre este país.

²¹ Fue probado en 4 distritos de Indonesia como un piloto de aplicación dirigido a las comunidades locales.

Este índice se mide con un score que va de 0 a 100, siendo este un indicador ponderado, no puede relacionarse entre ellos estadísticamente.

Finalmente, con este método se puede comparar localidades diferentes, siempre y cuando se tenga la disponibilidad de la información y esta sea valorada por los involucrados locales.

Otro indicador, es el propuesto por (Cardona, 2003), es el índice de vulnerabilidad prevalente (PVI), el cual describe las condiciones de vulnerabilidad predominante en áreas de riesgos recurrentes, en términos de fragilidad socioeconómica y falta de resiliencia social.

$$PVI(\text{prevalent vulnerability index}) = (PVI_{\text{Exposición}} + PVI_{\text{Fragilidad}} + PVI_{\text{FaltadeResiliencia}})/3$$

Siendo los mejores indicadores de exposición son la población expuesta, los bienes, la inversión, la producción, la seguridad alimentaria, monumentos históricos, y actividades humanas según lo mencionado por Lavell en la publicación del (Programa Regional para la Gestión del Riesgo en América Central, 2003) y Masure, en el Libro compilado por (Birkman, 2007).

Las variables que reflejan fragilidad a eventos peligrosos están representadas por indicadores tales como la pobreza, falta de personal de sanidad, desempleo, inflación, deterioro ambiental. Estos indicadores reflejan la relativa debilidad de incrementar los efectos directos de fenómenos peligrosos. En nuestro caso de estudio (Cannon T. et al, 1994).

Finalmente, la falta de resiliencia es vista como un factor de vulnerabilidad, que puede ser representado por la relación inversa o complementaria de variables que miden el desarrollo humano: buen gobierno, protección ambiental, protección financiera, gasto social, seguros de la infraestructura, N° de tv per cápita, N° de camas por cada 1000 habitantes, grado de preparación de la población y/o de sus autoridades, etc.(*Ibid*). Estos indicadores señalan la capacidad de recuperarse o absorber el impacto de un peligro o amenaza.

Otro aporte importante en la medición del riesgo es el RMI –Risk Management Index- de (Carreño et al, 2004) y (Carreño et al, 2006) el cual es un grupo de indicadores para medir el desempeño de la gestión de riesgo de un país. Este indicador refleja la organización, desarrollo, capacidad y acciones institucionales para reducir la vulnerabilidad y las pérdidas, para prepararse para una crisis frente a un desastre y recuperarse de manera eficiente. Este indicador se descompone en 4 partes, de la siguiente forma:

$$RMI = \frac{RMI_{RI} + RMI_{RR} + RMI_{DM} + RMI_{FP}}{4}$$

Donde RMIRI : Se refiere a la identificación del riesgo como una medida de las percepciones de riesgo individual, para comprender como una sociedad en su conjunto entiende el riesgo.

Donde RMIRRI : Se refiere a la identificación del riesgo medido como las acciones de prevención y mitigación.

Donde RMIDM : Se refiere a la identificación las medidas de respuesta y recuperación.

Donde RMIFP : La protección financiera de un gobierno, mide el grado de institucionalización y transferencia del riesgo.

Cada uno de estos indicadores fue estimado en base al desempeño de cinco niveles, desde el rango de 1(bajo) al 5(óptimo)

Este indicador es visto como una medida de la mitigación del riesgo y es relevante cuando la población reconoce y entiende el riesgo. Para la presente investigación es un importante aporte porque en nuestro caso la amenaza afecta al capital del sector transporte, pero es percibida por la población en la medida que interrumpa su actividad regular de transporte, sobre la cual construye la base de su economía.

Asimismo, este indicador al permitir la comprensión la gestión del riesgo, está más relacionado con el grado de desarrollo de la institucionalidad y como se concentra en las capacidades de un gobierno frente a como se prepara y actúa antes, durante y después de un desastre, su construcción del riesgo aporta a nuestra comprensión de la vulnerabilidad institucional, que en el presente estudio es una parte relevante para entender la estructura y componentes del riesgo.

Sin embargo no aporta los demás elementos que permiten una comprensión holística y temporal de la estructura del riesgo y por tanto no aporta a reconocer los demás elementos que lo componen.

Otra forma la encontramos con los aportes de la estrategia internacional para la reducción de desastres 2002, la cual propone la siguiente definición:

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}}{\text{Capacidad de Resiliencia}}$$

Habrán tantos tipos de riesgos como tipos de vulnerabilidad existan, considerando además que dependerá de la naturaleza de la amenaza que se evalúe.

Otra parte importante a considerar es el análisis ex ante que se realiza, debido a que no se calcula la intensidad de la amenaza, sino su probabilidad de ocurrencia, debido a que la estimación de la intensidad de la amenaza está más relacionado con cálculos físicos y matemáticos del volumen de masa de lodo desplazado y del comportamiento de la mecánica de los suelos y del tipo de amenaza (ver Anexo N° 6).

Por otra parte, existe una contradicción en la planificación del territorio: debido a que la gestión del territorio se da a nivel local, la real ocupación del territorio obedece a las políticas nacionales de interconexión de las ciudades a través de la construcción de las vías de transportes, las cuales se convierten en una fuerza poderosa de ocupación del territorio.

Esta situación es de vital importancia porque si bien tanto las leyes nacionales como locales son claras respecto al ordenamiento del territorio y de la construcción de viviendas alrededor de las carreteras, su cumplimiento es de alto costo institucional debido a que el control no es ejercido por la autoridad competente a nivel local ni a nivel nacional y ante esta situación las familias ocupan el territorio según su particular conveniencia.

Y suponiendo en el mejor de los casos que las municipalidades tengan herramientas para la gestión de riesgos, el gobierno nacional retrae sus logros, debido al gran poder de su intervención, al estimular la ocupación desordenada de territorio al invertir en infraestructura vial, sin prever la dinámica de ocupación del territorio en sus zonas de influencia. De otro lado, es relevante considerar que esta forma de evaluar los riesgos es ventajosa en cinco aspectos:

La primera ventaja, es que se puede descomponer el riesgo en sus componentes principales y orientar medidas para disminuir la vulnerabilidad a partir de acciones de

adaptación y disminuir la frecuencia o intensidad de la amenaza con medidas de mitigación.

La segunda ventaja es que en esta forma de entender el riesgo nos permite usarlo en la evaluación a la escala distrital, provincial, departamental y nacional, con lo cual no sólo se entendería la escala de la amenaza sino la escala de las medidas correctivas que se tomen.

La tercera ventaja reside en que se pueden combinar las vulnerabilidades, aunque sea sólo a nivel conceptual, al pensar que las vulnerabilidades se pueden agregar una con otra en alguna medida, el afecto de la amenaza se puede aumentar en forma significativa, aunque esto depende del tipo de bien amenazado que se estudie, en nuestro caso es diferente si se evalúa aumentando la salud humana, los medios de vida principales o la infraestructura.

La cuarta ventaja es el tiempo y eslabonamiento de los efectos de la amenaza, ya que estos no se dan en el mismo tiempo ni con la misma intensidad. El huaico que interrumpe la carretera, puede accionar problemas de falta de servicios de atención a la salud, y esta desencadenar en deterioro de los ingresos familiares o migración a otros medios de vida, poniendo en evidencia otras vulnerabilidades no estudiadas.

La quinta y última ventaja se refiere a la concepción holística e integral del riesgo que facilita su estimación e intervención desde una perspectiva multidisciplinaria.

Finalmente, si estamos de acuerdo que la vulnerabilidad económica tiene que ver con la variabilidad de los ingresos ante interrupciones en la carretera, y como estrategia de acceso a la inclusión, la dinámica de ocupación del territorio de las poblaciones pobres se convierte en la forma de acceder a los servicios y oportunidad de estos ingresos, y de compensar las necesidades básicas insatisfechas (sobre todo acceso al agua, a una vivienda digna aunque sea en las faldas de los cerros), entonces esta estrategia se convierte en una forma de vulnerabilidad que se traduce en el riesgo socialmente aceptado.

Si vemos que esta forma de ocupar el territorio se repite a lo largo de la carretera, es lógico que sea una respuesta (el llamado coping capacities en inglés) para disminuir la variabilidad de los ingresos monetarios, sobre todo si esta evita el riesgo de que los ingresos monetarios no bajen.

De la misma forma, esta dinámica de ocupación del territorio que convierte con el transcurrir del tiempo, el desorden se institucionaliza y se transforma en una nueva amenaza en sí misma, para el desarrollo de otras poblaciones digamos que pueden ser ordenadas y que tienen prácticas más sostenibles en el uso de sus recursos.

En el Perú hay sendos ejemplos de esta situación, uno de ellos muy evidente es el de las poblaciones asentadas alrededor de las canteras de minas, poblaciones cuyas viviendas se “ordenan” buscando mejor posición respecto del acceso al recurso (la minería informal de Madre de Dios, que acceden a través del río a la extracción del oro diseminado en la arena). Con el tiempo estas poblaciones en sí mismas pasan de ser vulnerables a constituir una amenaza para los asentamientos humanos de las poblaciones de nativos quienes tienen prácticas más amigables con el aprovechamiento de sus recursos naturales.

IV. ANTECEDENTES EN EL PERÚ

En el Perú, el Ministerio del Ambiente a través de la Dirección General de Ordenamiento Territorial, en coordinación con los órganos adscritos IGP, SENAMHI, SERNANP, IIAP e instituciones externas como el IGN, INGEMMET, INDECI, elaboraron el Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú. Los resultados de este mapa muestran que el 46% (46 147,100 ha. aprox.) del territorio nacional se encuentra en condiciones de vulnerabilidad alta a muy alta, territorios sobre el cual se asienta el 36.2% (9 779,370 habitantes aprox.) de la población nacional, cifras que deberían llamar la atención de las nuevas autoridades regionales y locales para implementar políticas y acciones de Gestión de Riesgos ante desastres.

Según este mapa, los departamentos con mayor vulnerabilidad física son Tumbes, Piura, Lima, Ica, Arequipa, Cajamarca, Ancash, San Martín, Huánuco, debido a la frecuencia de peligros de origen geológico como huaicos, derrumbes, deslizamientos. Esto se corrobora por el informe del Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI, quien registra solo hasta marzo de este año (2011) un total de 141,559 personas que han sido afectadas por las intensas lluvias y consecuentes deslizamientos, huaicos e inundaciones.

Sin embargo este mapa no ayuda a tomar decisiones de los gobiernos locales, justo en la escala en donde se identifican las amenazas y vulnerabilidades, por tanto se torna necesario para estimar el riesgo, identificar las vulnerabilidades y geo-referenciarla a la escala en la cual las autoridades pueden tomar decisiones y retroalimentar el sistema de información, contrastando con la realidad mostrada en los Mapas.

Es importante señalar que la gestión del riesgo de las amenazas alrededor de la cuenca del río Rímac aún se mantiene con el enfoque tradicional de emergencia de los años 80 (ver 0), en las que el estado actúa de manera reactiva, desconociendo las acciones de estimación del riesgo ante amenazas que puede planificar.

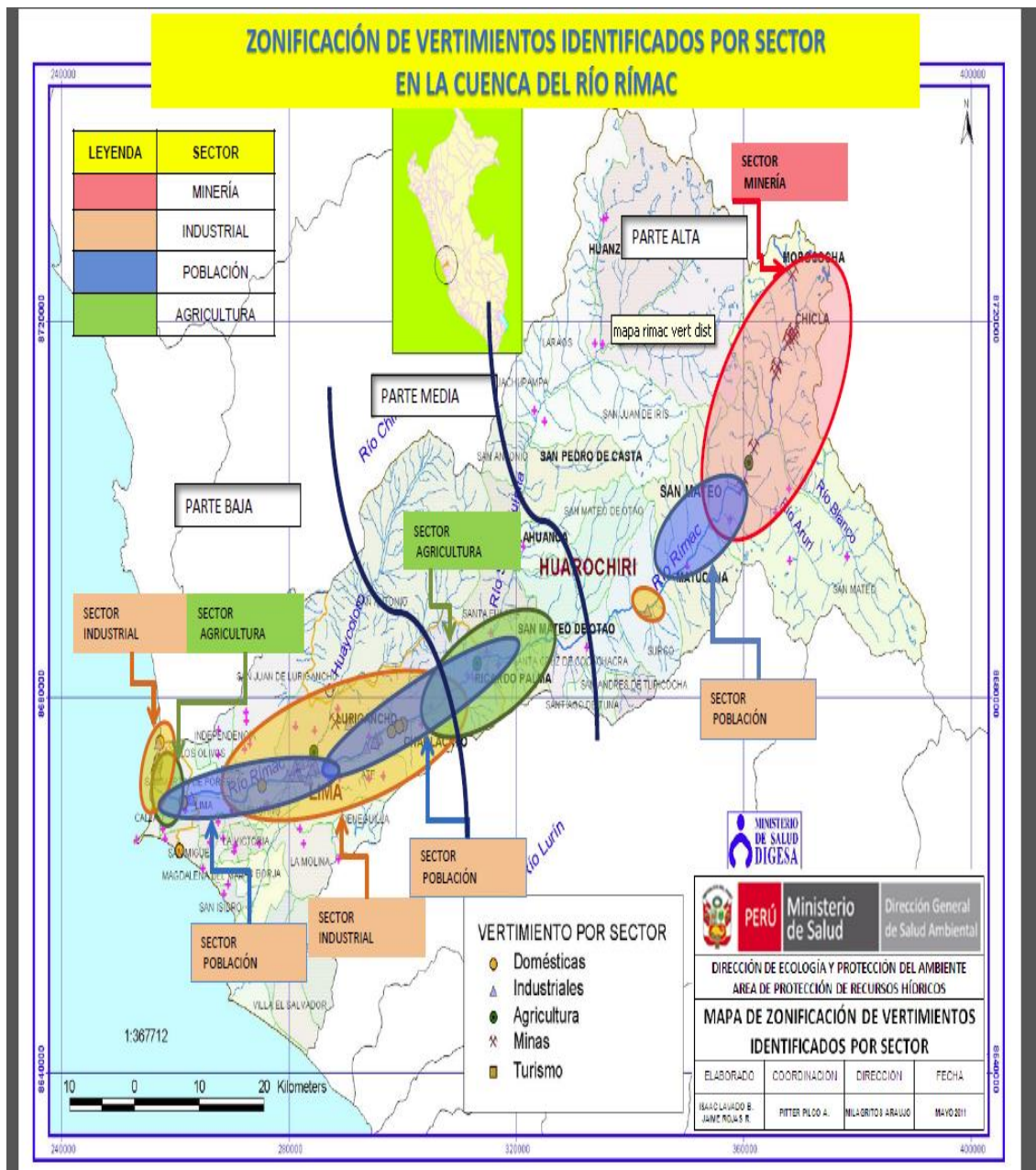
Las condiciones de la gestión del riesgo revelan que existe un alto grado de incapacidad para determinar los factores subyacentes que contribuyen a la activación del riesgo antes, durante y después de los desastres.

IV.1 Conocimiento de Mapas de Vulnerabilidad

Existe un limitado conocimiento de los mapas de vulnerabilidad (CMRRD, 2004), sin embargo estos contribuyen muy poco a la identificación de las dinámicas de ocupación del territorio que intervienen en la degradación del suelo.

De otro lado revela además que ninguno de los distritos a lo largo de la cuenca cuenta con una microzonificación, de tal manera que pueda identificar las amenazas, y el grado de vulnerabilidad sobre todo aquellas que son nuevas y responden nuevas inversiones, tales como la construcción de puentes y carreteras y en general aquellas que son de origen antrópico y que intervienen modificando el paisaje y la capacidad de resiliencia de los ecosistemas (sobre pastoreo, urbanización, tratamiento de residuos líquidos y sólidos, ordenamiento territorial, etc.), de tal forma que pueda ayudar a construir un mapa de vulnerabilidades dinámico, en donde se tenga la perspectiva de los futuros riesgos, sobre todo si se mantienen las mismas condiciones de vulnerabilidad.

Mapa N° 1: Peligros Por Vertimientos en la Cuenca del Rímac



IV.2. Nivel de Institucionalidad

El estado cuenta desde el año 2011, con Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres - SINAGERD N° 29664 Publicado el 19 de febrero del 2011 y su Reglamento Publicado el 26 de Mayo del 2011. Esta es un avance muy importante en la dirección de construir desde la sociedad civil y el estado, una estructura que además de atender las emergencias, también estudie las causas que generan los peligros o aumenten las vulnerabilidades, de tal forma que se pueda realizar acciones de prevención y mitigación.

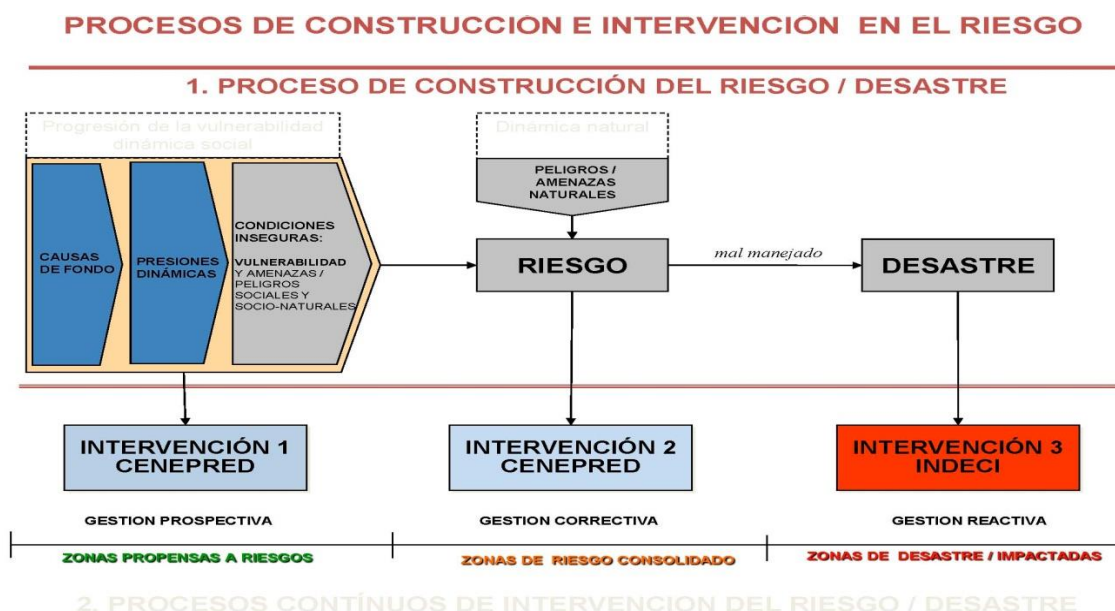
La Política Nacional está dirigida a impedir o reducir los riesgos de desastres, evitar la generación de nuevos riesgos y efectuar una adecuada preparación, atención,

rehabilitación y reconstrucción ante situaciones de desastres, así como a minimizar sus efectos adversos sobre la población, la economía y el ambiente. Son responsables de la implementación de los lineamientos de la Política Nacional de GRD todas las Entidades públicas en los 3 niveles de gobierno.

Además de esta Ley y su reglamento el estado peruano ha avanzado en orientar la nueva inversión pública sobre la base de la publicación del Ministerio de Economía: “Pautas metodológicas para la incorporación del análisis del riesgo de desastres en los proyectos de inversión Pública”.

Es importante añadir que en fecha 08 de Marzo del 2012, se dio una Directiva tiene por objeto facilitar la concordancia entre el Sistema Nacional de valuación de Impacto Ambiental (SEIA) y el Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), a efectos de implementar las medidas de prevención, supervisión, control y corrección de los impactos ambientales negativos significativos derivados de los Proyectos de Inversión Pública (PIP)²².

Figura 13: Gestión Del Riesgo Del Estado Peruano



No obstante estos avances, aún el estado peruano se le puede categorizar como de alta vulnerabilidad, debido a que en su organización, los sectores productivos que son las expresiones del modelo de desarrollo, no han armonizado sus políticas. Evidencia de ello es que el Ministerio de Transportes y comunicaciones ha desarrollado un manual de procedimientos titulado: Marco Teórico y Manual de procedimientos para la formulación de planes viales departamentales participativos, en los que orienta la planificación de las vías de transporte, sin considerar ningún criterio ambiental, y más bien sobre la base de seguir la dinámica de ocupación territorial, en función a la movilización de la población y de su comportamiento en el territorio.

²² RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 052-2012-MINAM

Esta situación revela lo escaso de la capacidad del estado para entenderse así mismo y de cómo compatibilizar políticas sectoriales, desde un marco conceptual más amplio y enriquecido con los aportes que nos da la economía ambiental, para intervenir en la dinámica de la ocupación del territorio, potenciando el desarrollo sectorial sin crear nuevas condiciones de riesgo, o mejor dichos sin crear nuevas vulnerabilidades.

Esta situación convierte a Lima en una de las zonas con mayor vulnerabilidad, considerando además que mayor población requiere de mayor cantidad de recursos y servicios, los cuales hacen que la capacidad de carga de la cuenca, rebase sus posibilidades físicas.

De otro lado El Ministerio del Ambiente a través de la Dirección General de Ordenamiento Territorial, en coordinación con los órganos adscritos IGP, SENAMHI, SERNANP, IIAP e instituciones externas como el IGN, INGEMMET, INDECI, elaboró el Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú.

Con el Mapa de Vulnerabilidad Física ya concluido las autoridades tienen una herramienta base de información científica que podría construir un modelo de gestión planificado, participativo, concertado e integral que busque prevenir y reducir los desastres de una comunidad”.

Los resultados de este mapa muestran que el 46% (46 147,100 ha. aprox.) del territorio nacional se encuentra en condiciones de vulnerabilidad alta a muy alta, territorios sobre el cual se asienta el 36.2% (9 779,370 habitantes aprox.) de la población nacional, cifras que deberían llamar la atención de las nuevas autoridades regionales y locales para implementar políticas y acciones de Gestión de Riesgos ante desastres. Según este mapa, los departamentos con mayor vulnerabilidad física son Tumbes, Piura, Lima, Ica, Arequipa, Cajamarca, Ancash, San Martín, Huánuco, debido a la frecuencia de peligros de origen geológico como huaicos, derrumbes, deslizamientos. Esto se corrobora por el informe del Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI, quien registra solo hasta marzo de este año (2011) un total de 141,559 personas que han sido afectadas por las intensas lluvias y consecuentes deslizamientos, huaicos e inundaciones.

El objetivo de este mapa es servir como una herramienta de gestión que ayudará a prevenir y corregir la localización de los asentamientos humanos, de la infraestructura económica y social, las actividades productivas, y de los servicios básicos en zonas de riesgos, constituyéndose en un instrumento fundamental para la determinación del riesgo de una determinada comunidad.

De otro lado, el proceso de cambio climático incrementará de manera drástica los impactos de los peligros asociados a fenómenos climatológicos. Cuando un fenómeno natural actúa sobre las condiciones de alta vulnerabilidad producen mayores daños; es necesario por ende construir un modelo de gestión social del riesgo que permita orientar los esfuerzos hacia una nueva cultura de la prevención, que busque reducir y

mitigar los efectos del cambio climático sobre el territorio y sobre la comunidad, donde los aspectos de planificación y participación sean centrales” señaló la funcionaria.

Finalmente el SINAGERD, tiene el encargo de desarrollar, coordinar y facilitar la formulación y ejecución del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, sin embargo hasta la fecha cada sector sigue gobernándose así mismo, y acentuando el modelo de desarrollo económico dominado por una ocupación desordenada del territorio.

IV.3 Desarrollo de Indicadores de Vulnerabilidad en el Perú

Las instituciones del Perú, a lo largo de su historia de desastres, se ha organizado y han recogido o desarrollado algunos indicadores que pueden expresar el nivel de vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica de Lima.

Algunas de las razones que se han identificado se atribuye a la interrupción del servicio ambiental de la cuenca de colector de agua de la lluvia directa y de la neblina, las cuales se convierten en receptores que permiten que el río Rímac siga su misión de cauce de la corriente de agua, sin que ningún elemento extraño lo impida y si el sistema no logra su auto recuperación en el grado en que permita brindar los servicios para los que por su naturaleza hacia, esto es captación de agua, regulación del ciclo hídrico, carga y recarga de afluentes y ríos, protección de la erosión pluvial y eólica, ocasionará que los demás pisos altitudinales sean afectados en forma de deslizamientos, huaicos y desbordes de los ríos.

Sin embargo se ha señalado que este servicio ambiental se ha interrumpido y esta situación se debe a los siguientes factores:

- A. Cambio de uso del suelo de vocación arbustiva o de bosque de protección por zonas agrícolas o residenciales
- B. Capacidad de carga de la cuenca
- C. Contaminación del agua y del suelo
- D. Aumento de la población y concentración de esta en los distritos cercanos al río

Es de esta forma de razonamiento que se han estudiado y trabajado en estos factores, tratando de seguir su evolución, como una medida de la vulnerabilidad del sistema o como una medida de inadecuada relación hombre naturaleza.

A continuación, se resumen los argumentos que sostienen a cada uno de estos factores:

Cambio de uso del suelo

Debido a que las plantas tienen gran importancia para el medio ambiente y el ser humano, tanto a físico como ecológico. Tiene un rol físico porque protegen el suelo contra la erosión, porque con sus raíces y la cobertura evitan los deslizamientos y el arrastre. Así mismo, dan cobertura y alimento a la fauna silvestre, siendo esenciales para el mantenimiento de las especies cuyo hábitat es el bosque.

Entre los aspectos ecológicos están el Regular el escurrimiento del agua. Evitan el escurrimiento superficial rápido de las aguas y forman una especie de esponja, que retiene el agua y permite la infiltración en el subsuelo. Mantienen la fertilidad de los

suelos y la restituyen. Son grandes productores de materia orgánica y recicladores de nutrientes. Cuando un suelo ha perdido la fertilidad, el bosque la repone.

A esto se suma que son fuente de una alta diversidad de productos útiles como la madera, alimentos, plantas medicinales, y productos industriales (gomas, resinas, tintes, fibras, aceites, etc.). Descontaminan el aire. Lo oxigenan y purifican por la producción de oxígeno y la retención de partículas. Embellecen el paisaje. Una zona con bosques y árboles tiene un aspecto totalmente distinto a una sin ellos. En el primer caso tenemos un paisaje agradable, que invita al disfrute de la vida por un entorno equilibrado.

**Figura 14: Carretera central
Cobertura Vegetal Lima- La Oroya**

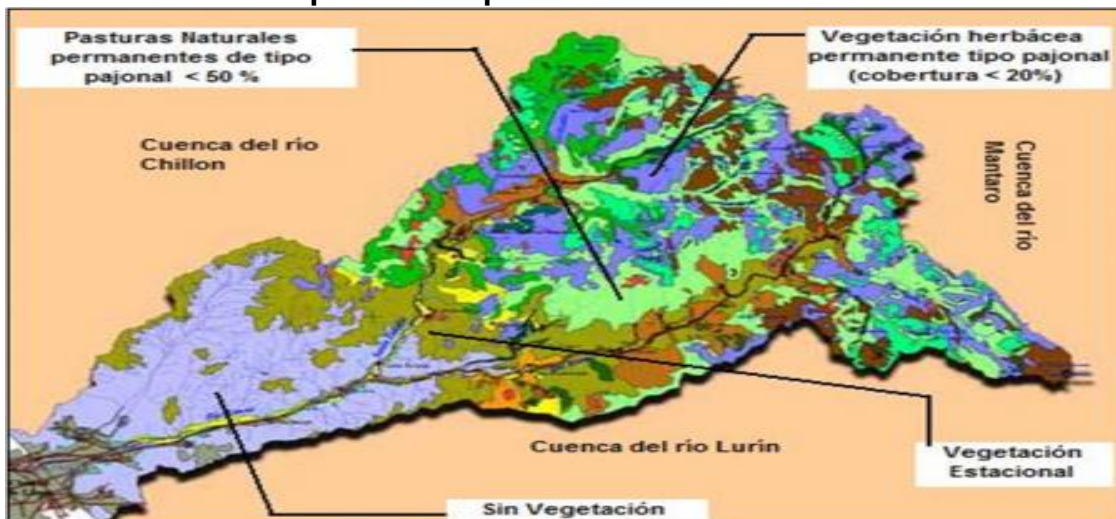


De otro lado la importancia de las praderas o pastizales: Son muy importantes porque protegen los suelos de la erosión; son hábitat de especies importantes de la fauna silvestre (vicuña, guanaco, taruca y el venado gris); y mantienen la ganadería nacional, porque cerca del 99% de la ganadería nacional se basa en las pasturas naturales alto andinas y de la Costa.

Importancia de los matorrales: Protegen los suelos contra la erosión; regulan el régimen hídrico en las cuencas de los ríos; dan cobertura y alimento a la fauna silvestre; y son fuente de productos importantes como leña y plantas productoras de medicinas, tintes, etc.

Importancia de los árboles y plantas en las ciudades: Los árboles y las áreas verdes en las ciudades producen beneficios como la descontaminación del aire, fijando el polvo y el humo, y mitigando el ruido; refrescan el ambiente, porque con su sombra mitigan las altas temperaturas; oxigenan el aire, fijando el dióxido de carbono (CO₂); y embellecen las ciudades y descansan la vista.

Mapa N° 2: Mapa de cobertura del suelo



En este mapa podemos observar que las áreas de la zona baja (color morado) están sin vegetación, debido a que es el lugar en donde se encuentran ubicados los asentamientos poblacionales de la ciudad de Lima, mientras que la vocación del suelo en las partes medias y altas muestran vegetación y permanente de pastos y pajonal en las partes más altas. Este tipo de vegetación cumple la función de captación, acumulación y filtración de las aguas de lluvia y de la escorrentía superficial.

De otro lado, El Perú está localizado en el área tropical y subtropical de Sudamérica, por su ubicación debería existir clima cálido y húmedo, pero debido a la Cordillera de los Andes, un complejo sistema de corrientes marinas, y los movimientos de las masas de aire se genera una rica variedad climática, geológica y ecológica, que le otorga la calidad de país mega diverso.

Cuando (Holdridge, 1947), dio a conocer al mundo su hoy famosa clasificación natural basada en las "zonas de vida" determinó que en el mundo debían existir un total de 108 de estas regiones. Pronto, todos los países empezaron a aplicar la metodología de Holdridge para saber con cuantas zonas de vida contaba cada uno de ellos. La sorpresa fue mayúscula cuando se supo que era el Perú el que contaba con la mayor cantidad de zonas de vida de todos los países. Hoy sabemos que nuestro territorio cuenta con un total de 84 regiones, todas ellas comprimidas y colindantes unas con otras.

Hoy sabemos que hay una serie de factores que han contribuido a esta enorme diversidad:

- La Cordillera Andina.
- Las masas de aire.
- El anticiclón del Pacífico sur
- El anticiclón del Atlántico sur
- Las masas de agua
- La corriente de Humboldt
- La corriente El Niño

La verticalidad del Perú, de la mano con condiciones ambientales locales como la presencia de valles cerrados, pampas abiertas y más de 12.000 lagunas a lo largo del territorio han contribuido a hacer de nuestro territorio el resumen paisajístico del mundo.

En el Perú se pueden encontrar 84 de las 114 zonas de vida identificadas en nuestro planeta; su rica biodiversidad está representada en la Amazonía Peruana por 1,700 variedades de aves, gran cantidad de mamíferos y todo tipo de animales. La flora peruana le ha dado al mundo la más grande variedad de plantas domesticadas, entre ellas, por ejemplo, existen más de mil variedades de papa (patata). Las reservas naturales peruanas son la más rica fuente de recursos naturales en el mundo.

Mapa N° 3: Mapa según modelo de elevación y centros poblados



Capacidad de Carga de la Cuenca

Estimación de la huella ecológica de Lima

La huella ecológica es una medida indicadora de la demanda humana que se hace de los ecosistemas del planeta poniéndola en relación con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos (capacidad de carga).

Representa «el área de aire o agua ecológicamente productivos (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesarios para generar los recursos de consumo y además para asimilar los residuos producidos por cada población determinada de acuerdo a su modo de vida en específico, de forma indefinida. El objetivo fundamental de calcular las huellas ecológicas consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, compararlo con la biocapacidad del planeta. Consecuentemente es un indicador clave para la sostenibilidad.

Para la cuenca del río Rímac, no se dispone de información a escala distrital, pero si a escala nacional y departamental. El Perú tiene una huella ecológica a escala nacional del 1.46 Has/Habitantes/año y el departamento de Lima, este indicador es de 1.91 Has/Habitantes/año. Este indicador refleja un agotamiento de los recursos naturales y una sobre explotación por encima de la Biocapacidad de la cuenca del Rímac.

Considerando que en el mundo existen solamente 2.1 hectáreas de espacio biológicamente productivo disponible para cada persona en la Tierra, pero la Huella Ecológica promedio mundial es de 2.9 hectáreas por persona; esto significa que la humanidad está sobrepasando la capacidad ecológica de la biosfera en casi un 35%, es decir, tomamos más de lo que la naturaleza nos puede dar.

Procedimiento para el cálculo de la huella ecológica en cada departamento del Perú

En base a la encuesta nacional de hogares que realiza el INEI para las principales ciudades del Perú, se estimó el nivel de consumo de alimentos agrícolas, carne, pescado, madera, transporte y vivienda.

Y se convirtió con su equivalente en áreas de cultivo, pastos, bosques, zonas de pesca, huella de carbono y áreas urbanas.

Cuadro N° 3: Estimación de la huella ecológica departamental de Lima

PERÚ	Fish consumption (kg)	Fish por persona	Consumption main crops (kg)	Crops por persona	Gasto publicaciones (S/.)	Publicaciones por persona	Gasto combustible (S/.)	Combustible por persona	Meat consumption (kg)	Meat por persona	Area occupied by resident	Population
Perú	397.152.510,06	344,27	11.666.469.977,22	9.777,16	386.043.419,45	257,05	894.099.606,92	531,02	1.158.370.747,27	834,52	476.101,36	28.481.901,00
Amazonas	3.262.714,47	8,03	210.226.215,63	517,69	1.054.700,32	2,60	5.765.845,15	14,20	11.650.870,46	28,69	7.347,93	406.087,00
Ancash	15.421.907,73	14,06	500.972.785,87	456,63	11.320.027,14	10,32	19.726.025,58	17,98	41.317.295,64	37,66	22.925,73	1.097.098,00
Apurímac	3.252.020,92	7,41	205.803.079,84	469,06	1.378.546,97	3,14	4.774.366,61	10,88	12.254.778,13	27,93	6.261,95	438.761,00
Arequipa	11.163.349,57	9,45	515.434.540,25	436,56	20.180.496,30	17,09	55.207.548,45	46,76	54.619.065,47	46,26	38.841,99	1.180.663,00
Ayacucho	4.138.430,28	6,60	224.571.645,04	357,99	2.805.544,76	4,47	1.810.815,11	2,89	14.977.049,13	23,87	9.283,59	627.317,00
Cajamarca	8.717.783,83	5,90	597.398.991,00	404,55	4.149.912,93	2,81	10.019.086,10	6,78	30.229.105,08	20,47	16.102,44	1.476.708,00
Cusco	6.969.368,03	5,59	489.094.266,27	392,06	8.909.229,50	7,14	11.077.331,11	8,88	32.427.386,82	25,99	18.247,88	1.247.503,00
Huanavelica	1.450.835,44	3,13	133.850.044,08	286,69	786.785,47	1,70	1.597.586,20	3,45	4.826.200,12	10,41	6.045,75	463.651,00
Huánuco	3.870.491,92	4,81	317.966.836,38	395,37	4.649.283,49	5,78	7.991.374,25	9,94	18.052.131,23	22,45	10.725,56	804.220,00
Ica	10.105.774,33	13,99	284.244.782,87	393,52	14.283.149,52	19,77	10.312.930,78	14,28	31.124.270,00	43,09	21.620,14	722.321,00
Junín	11.299.157,10	8,87	581.317.364,42	456,42	17.210.157,80	13,51	14.440.468,50	11,34	38.213.069,75	30,00	19.483,28	1.273.648,00
La Libertad	20.428.820,62	12,14	667.521.529,69	396,81	24.505.116,07	14,57	37.092.165,84	22,05	59.358.044,85	35,29	27.763,40	1.682.213,00
Lambayeque	22.307.340,00	18,99	450.213.111,07	383,32	13.893.423,34	11,83	13.824.161,35	11,77	39.381.578,26	33,53	13.680,30	1.174.519,00
Lima	142.104.435,94	14,76	4.076.901.576,21	423,44	199.211.865,86	20,69	566.951.748,46	58,89	562.172.641,03	58,39	146.808,95	9.627.964,00
Loreto	43.588.094,79	46,14	277.950.092,41	294,22	9.877.796,72	10,46	20.603.485,51	21,81	24.406.072,82	25,83	12.668,41	944.717,00
Madre de Dios	1.674.722,84	15,01	43.766.461,01	392,16	1.625.418,70	14,56	5.040.586,19	45,16	5.296.504,92	47,46	2.380,95	111.604,00
Moquegua	1.637.644,14	9,87	71.757.845,20	432,61	3.222.495,03	19,43	8.647.502,10	52,13	8.631.871,79	52,04	7.904,44	166.871,00
Pasco	2.337.727,38	8,19	105.599.498,72	370,15	1.662.291,01	5,83	3.358.292,09	11,77	8.062.082,47	28,26	4.522,27	285.291,00
Piura	32.339.849,06	18,74	656.322.692,98	380,37	17.867.590,33	10,36	25.340.929,21	14,69	54.928.107,13	31,83	26.374,32	1.725.502,00
Puno	9.173.529,63	6,96	512.091.054,64	388,56	8.464.989,31	6,42	10.122.567,52	7,68	35.542.928,38	26,97	19.316,50	1.317.911,00
San Martín	10.391.797,73	13,91	335.347.632,12	449,02	4.915.546,00	6,58	27.834.025,34	37,27	26.534.310,47	35,53	13.879,05	746.844,00
Tacna	4.491.845,68	14,66	131.830.512,44	430,17	5.988.966,56	19,54	19.275.196,76	62,90	16.666.528,29	54,38	13.325,63	306.461,00
Tumbes	6.497.577,03	30,82	98.621.739,46	467,85	4.115.463,29	19,52	3.059.702,17	14,51	10.359.581,11	49,14	2.306,36	210.798,00
Ucayali	20.527.291,60	46,21	177.665.679,62	399,96	3.964.643,04	8,93	10.225.866,55	23,02	17.339.273,92	39,03	8.284,55	444.209,00

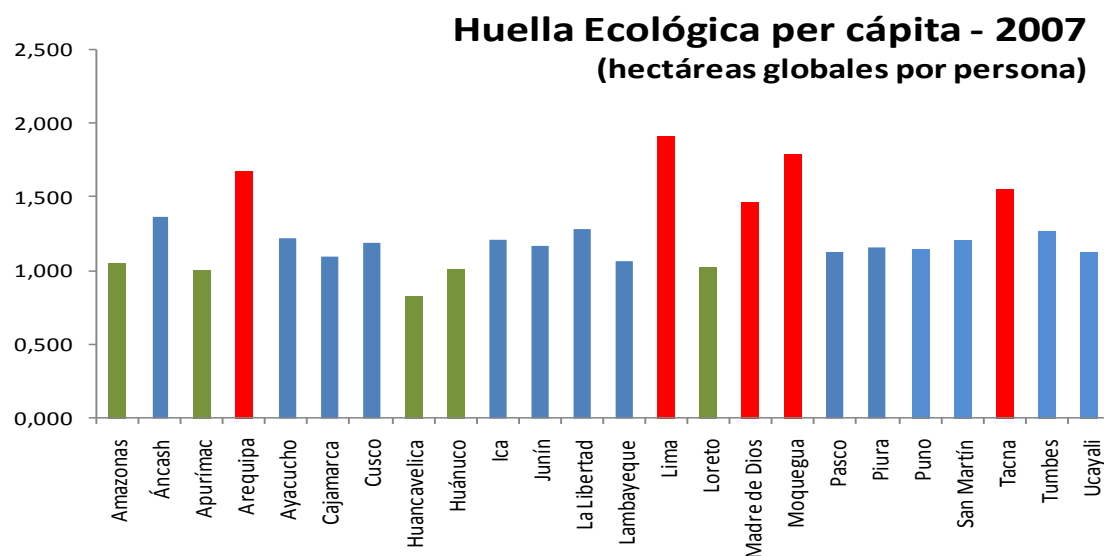
Fuente: Ministerio del Ambiente. DGIIA.

Cuadro N° 4: Estimación de la huella ecológica departamental
(equivalencias en áreas)

PERÚ	Cropland	Grazing Land	Forest Land	Fishing Grounds	Carbon	Built-up Land	HE per cápita	HE total	Área de Cultivos	Área de Pastoreo	Área de Bosques	Zonas de Pesca	Huella de Carbono	Áreas Urbanas
Perú	0,48	0,41	0,21	0,01	0,31	0,04	1,46	41.627.485,32						
Amazonas	0,458	0,299	0,120	0,005	0,179	0,029	1,056	428.901,87	224933,82	132357,59	43728,11	2214,7098	86863,197	10393,113
Áncash	0,538	0,384	0,202	0,009	0,236	0,033	1,367	1.499.326,68	566220,05	424738,66	198373,5	9284,1025	262802,09	32193,351
Apurímac	0,333	0,317	0,133	0,002	0,142	0,025	0,997	437.584,28	221842,02	136387,36	47018,114	2205,8329	84016,191	10052,482
Arequipa	0,548	0,612	0,216	0,009	0,318	0,041	1,675	1.978.161,40	622617,59	542760,03	304995,56	7342,9846	465360,11	58661,729
Ayacucho	0,485	0,379	0,162	0,005	0,196	0,035	1,215	762.503,41	245846,53	162435,28	66493,413	2727,995	86535,318	10530,677
Cajamarca	0,480	0,297	0,136	0,004	0,169	0,024	1,093	1.614.253,35	637677,66	357512,14	139730,94	6023,5268	236651,6	28680,379
Cusco	0,439	0,341	0,156	0,004	0,208	0,032	1,185	1.477.961,36	537925,32	353620,42	171269,59	4911,0503	219571,97	26403,823
Huancavelica	0,293	0,214	0,098	0,002	0,115	0,024	0,828	384.065,16	141856,28	67177,826	32436,643	1098,9029	58036,103	7502,4929
Huánuco	0,421	0,283	0,137	0,005	0,146	0,020	1,008	810.539,00	345003,34	206886,05	99707,21	2839,8426	144026,11	17448,8
Ica	0,377	0,317	0,188	0,008	0,249	0,036	1,205	870.223,82	337562,97	302487,97	191781,35	6023,6685	163084,36	19668,662
Junín	0,430	0,306	0,165	0,005	0,197	0,026	1,172	1.492.160,01	639627,79	417498,27	261797,05	7356,1909	261690,34	30508,111
La Libertad	0,461	0,357	0,184	0,007	0,242	0,032	1,282	2.156.579,68	774593,04	608204,42	365384,17	12407,449	432932,04	53546,156
Lambayeque	0,347	0,258	0,185	0,007	0,210	0,025	1,062	1.247.517,49	516255,34	402184,48	217981,32	12667,234	236459,28	29531,478
Lima	0,572	0,527	0,306	0,011	0,505	0,056	1,909	18.379.129,36	5211647	5336848,6	2894819,6	86564,479	4464631,1	565330,63
Loreto	0,337	0,269	0,149	0,010	0,173	0,027	1,018	961.886,66	333841,75	260030,25	160046,49	23025,538	233892,32	33396,025
Madre de Dios	0,496	0,481	0,219	0,009	0,227	0,039	1,469	163.936,88	54253,31	51372,705	25750,811	998,40368	42385,17	5435,4458
Moquegua	0,585	0,563	0,234	0,008	0,329	0,054	1,788	296.568,45	88903,065	83770,481	47161,902	1073,7851	70636,705	8964,2522
Pasco	0,393	0,238	0,210	0,005	0,177	0,028	1,123	320.346,98	118440,09	84891,241	35704,861	1493,1962	53703,567	6687,0752
Piura	0,430	0,320	0,162	0,008	0,216	0,034	1,155	1.992.207,05	750801,15	568875,79	296980,42	18372,111	368932,51	46863,755
Puno	0,441	0,395	0,161	0,004	0,153	0,022	1,141	1.503.236,51	564786,94	381797,36	171396,33	6099,6125	223085,86	26958,054
San Martín	0,496	0,359	0,164	0,009	0,187	0,025	1,212	905.111,65	383998,59	280221,62	113869,07	6277,7927	248659,97	31848,276
Tacna	0,472	0,461	0,223	0,009	0,343	0,043	1,554	476.188,13	166540,04	161326,81	89165,527	2739,5318	148047,5	19053,685
Tumbes	0,443	0,383	0,186	0,014	0,212	0,034	1,267	267.118,48	115556,53	100925,88	57396,286	3598,6399	50937,991	6206,1568
Ucayali	0,405	0,305	0,144	0,019	0,190	0,027	1,122	498.461,25	209443,87	174329,95	74615,956	10969,962	118843,94	16330,634

Fuente: Ministerio del Ambiente. DGIIA.

Gráfico N° 3: La Huella Ecológica per cápita
en el Perú



Fuente: Ministerio del Ambiente. DGIIA.

El análisis de la Huella ecológica ha sido aplicado a varios niveles, desde la escala global, hasta el nivel hogareño. En este estudio, el componente huella ecológica ha sido calculado y luego usado como una herramienta para explorar la toma de decisiones en la gestión de riesgos ante amenazas naturales.

La aproximación componente base, primero documentada por (Simmons, C. et al, 2000) es un acercamiento diferente a la huella ecológica. En lugar de considerar el consumo de materias primas, este considera el efecto de transporte, energía, agua y desecho. Esta resultó una estructura más simplificada y educativa con mayor significado a nivel regional. Esto es principalmente porque está construido en torno a actividades que las personas pueden razonar y en las cuales ellas participan (tal como la producción de desechos y consumo de electricidad). Simmons y Chambers (1998) reseñados en libro “ecological indicators” (Rajesh Kumar Singha, H.R., et al, 2009) señalan que calcularon la primera serie de algoritmos capaces de convertir “Uso de Recursos” a “Área de Tierra Equivalente”, titulado “Metodología Eco-índice”. El Instituto del Medioambiente de Estocolmo adoptó este acercamiento pionero. En el modelo Componente Base, el valor de la huella ecológica para ciertas actividades son precalculadas usando datos de la región estudiada (Simmons, op. cit). Con el acercamiento Wackernagel’s, conocido como la Huella Ecológica Compuesta, la cual se desagrega en seis principales tipos de tierra de espacio productivo son usados: tierra de energía fósil, tierra arable, pastura, forestal, tierra construible y espacio de mar. El acercamiento Compuesto considera la demanda humana sobre cada uno de esos tipos de tierra, para una población dada, donde quiera que esta tierra pueda estar.

**Cuadro N° 5: La estimación de la huella ecológica per cápita de Lima
(Hectáreas Globales por Persona)**

Departamento	Huella Ecológica per cápita
Lima	1.91
Moquegua	1.79
Arequipa	1.68
Tacna	1.55
Madre de Dios	1.47
Áncash	1.37
La Libertad	1.28
Tumbes	1.27
Ayacucho	1.22
San Martín	1.21
Ica	1.20
Cusco	1.18
Junín	1.17
Piura	1.15
Puno	1.14
Pasco	1.12
Ucayali	1.12
Cajamarca	1.09
Lambayeque	1.06
Amazonas	1.06
Loreto	1.02
Huánuco	1.01
Apurímac	1.00
Huancavelica	0.83

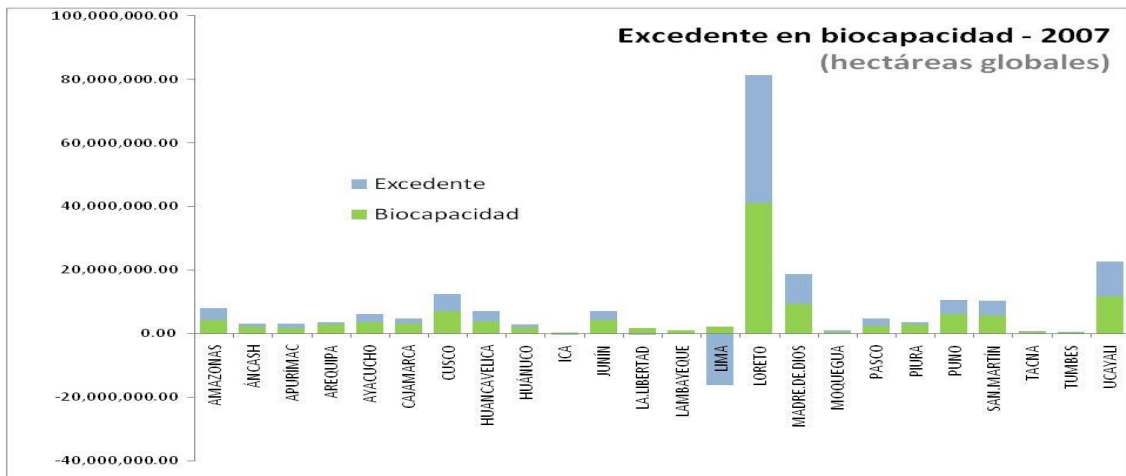
Departamento	Huella Ecológica total
Lima	18379129
La Libertad	2156580
Piura	1992207
Arequipa	1978161
Cajamarca	1614253
Puno	1503237
Áncash	1499327
Junín	1492160
Cusco	1477961
Lambayeque	1247517
Loreto	961887
San Martín	905112
Ica	870224
Huánuco	810539
Ayacucho	762503
Ucayali	498461
Tacna	476188
Apurímac	437584
Amazonas	428902
Huancavelica	384065
Pasco	320347
Moquegua	296568
Tumbes	267118
Madre de Dios	163937

Fuente: Ministerio del Ambiente. DGIIA.

Así la huella ecológica calculada se puede comparar con otros indicadores de sostenibilidad (Biocapacidad) o desarrollo (IDH).

Para el caso de la Biocapacidad esta ha sido estimada a nivel de cada país y en el caso peruano en cada departamento (en proporción de su área productiva capaz de sostener a una determinada población), es decir multiplicando las hectáreas globales a niveles de consumo per cápita.

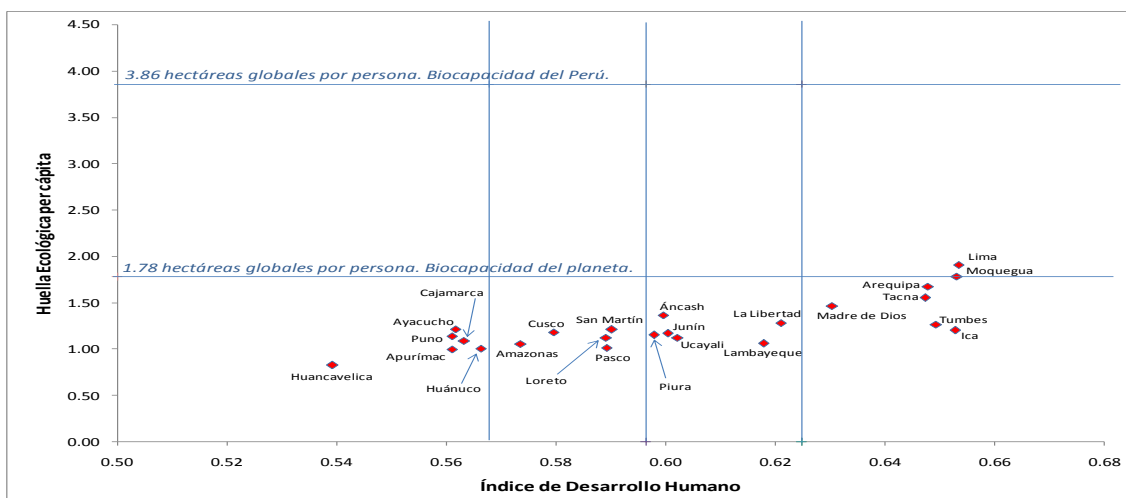
Gráfico N° 4: Estimación de la Biocapacidad en cada departamento del Perú
(En base a la Biocapacidad del planeta de 1.78 Hag 2007)



Fuente: Ministerio del Ambiente. DGI/A.

En el gráfico precedente se puede observar que el departamento de Lima ya excedió su Biocapacidad, y esta se debe al alto nivel de consumo per cápita de su población y a la gran densidad poblacional que tiene –en el 2007 tenía 242 habitantes por km².

Gráfico N° 5 Comparación de la huella ecológica departamental versus el Índice de Desarrollo Humano por cada departamento del Perú
En base a la huella ecológica del 2007



Fuente: Ministerio del Ambiente. DGI/A.

Contaminación del Agua y el suelo

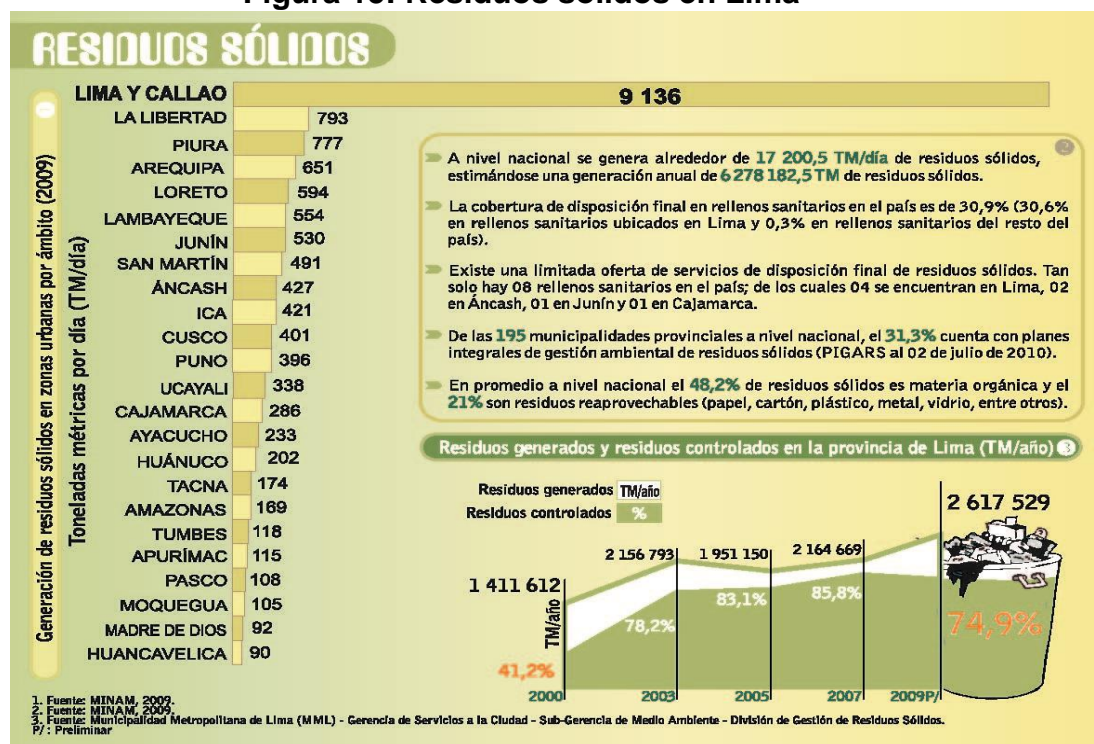
Es importante resaltar que el único estudio que se realizó respecto del grado de contaminación o degradación del ambiente en el Perú y América Latina y el Caribe, fue realizado por un equipo de especialistas nacionales e internacionales liderados el (Banco Mundial, 2007), atendiendo a la solicitud de La Comisión Nacional del Medio Ambiente –CONAM-, que fue la institución que antecedió al Ministerio del Ambiente.

No obstante los recursos naturales minerales han sido extraídos por siglos, fue solo a comienzos de la década del 90 que el Gobierno del Perú tomó los primeros pasos para dirigir los impactos sociales y ambientales del sector minero²³

Hasta hace pocos años, el desarrollo de las actividades económicas y la adopción de patrones de uso de la tierra ocurrían en ausencia de salvaguardas ambientales adecuadas. Si bien se reconoce que los problemas ambientales mineros y las prácticas agrícolas insostenibles persisten, y también la posibilidad de problemas ambientales futuros, actualmente, los más importantes retos ambientales en el Perú, son reducir la frecuencia de los males transmitidos por el agua, enfermedades causadas por la contaminación atmosférica urbana y minimizar la vulnerabilidad a los desastres de amenazas naturales.

Estimación de los residuos sólidos en Lima:

Figura 15: Residuos sólidos en Lima



Fuente: Ministerio del Ambiente

²³ Desde 1993, el Perú ha tomado pasos concretos para reducir los impactos negativos sociales y ambientales del sector minero, que incluyen: (a) la creación del marco institucional; (b) desarrolló normas ambientales sectoriales; (c) Ha definido estándares ambientales para la calidad del aire, agua y suelo; y (d) elaboró un inventario de responsabilidades ambientales mineras. (Banco Mundial 2005).

Cuadro N° 6: Botadores de Residuos Sólidos en el río Rimac

BOTADEROS DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA CUENCA DEL RIO RIMAC							
Nombre de Botadero	Localidad	Distrito	Provincia	Altitud (m.s.n.m.)	Volumen (tn / dia)	Coordenadas	
						18L	UTM
Chicla	Chicla	Chicla	Huachochiri	3707	0,5	362145	8705778
Casapalca	Chicla	Chicla	Huachochiri	4170	1,14	364735	8711196
OACA	Km 91 CC - San Mateo	San Mateo	Huachochiri	3060	1,43	357635	8697852
Habish	Puente Habish	Matucana	Huachochiri	2141	0,5	345386	8688588
Bartolome	San Bartolome	San Bartolome	Huachochiri	1568	0,036	333377	8683216
Cocachacra	Cocachacra	Cocachacra	Huachochiri	1442	0,09	332670	8683256
Cocachacra II	Cocachacra	Cocachacra	Huachochiri	1420	0,001	332179	8683074
Corona	Corona	Cocachacra	Huachochiri	1277	0,001	327990	8683290
Corona II	Corona	Cocachacra	Huachochiri	1267	0,001	327160	8683200
Callahuanca	Callahuanca	Callahuanca	Huachochiri	1654	2,86	323679	8690736
Huinco	Huinco	San Pedro de Ca	Huachochiri	1853	1,43	324364	8698612
Cumpe	Cumpe	San Pedro de Ca	Huachochiri	1818	1,43	323679	8690736
Cashahuacra	Cashahuacra	Santa Eulalia	Huachochiri	1143	7,14	318010	8683662
Lanca	Lanca	San Mateo de Otao	Huachochiri	2072	1,43	331942	8687674
Canchacalla	Santa Rosa de Canchacalla	San Mateo de Otao	Huachochiri	2536	1,43	333443	8690660
Canchacalla II	Santa Rosa de Canchacalla	San Mateo de Otao	Huachochiri	2528	0,71	333233	8690418

Total volumen en Tn

20,129**Gráfico N° 6: Evolución de la generación de Residuos Sólidos en Lima**

Como se puede observar en el gráfico precedente, se ha incrementado la generación de residuos sólidos, las cuales no tienen un manejo integral en rellenos sanitarios,

considerando además que la gran cantidad de residuos sólidos se destinan a los botaderos que se ubican en la parte media y alta de la cuenca. Ver el cuadro siguiente:

Cuadro N° 7: Disposición controlada y no controlada de residuos sólidos

Disposición Controlada y No Controlada de Residuos Sólidos

N°	Distrito	Población (2009)	Generación Per Cápita (Kg/hab/día)***	Generación por Día (Ton/Día)	Generación Anual (Ton/Año)	Disposición Controlada (Ton/Año)	Disposición No Controlada (Ton/Año)
1	SAN JUAN DE LURIGANCHO	962.554,00	0,97	933,677	340.792,24	211.243,57	129.548,67
2	CERCADO DE LIMA	302.056,00	1,58	477,248	174.195,70	172.020,42	2.175,28
3	ATE	521.692,00	0,90	469,001	171.185,40	131.180,21	40.005,19
4	COMAS	509.976,00	0,90	458,978	167.527,12	154.276,28	13.250,84
5	SAN MARTIN DE PORRES	620.193,00	0,70	434,135	158.459,31	144.301,49	14.157,82
6	SANTIAGO DE SURCO	309.889,00	1,16	359,471	131.207,00	106.776,88	24.430,12
7	EL AGUSTINO	188.138,00	1,91	359,344	131.160,41	43.592,32	87.568,09
8	LA VICTORIA	193.592,00	1,42	274,901	100.338,73	99.257,01	1.081,72
9	LOS OLIVOS	339.028,00	0,78	264,442	96.521,27	82.313,41	14.207,86
10	VILLA EL SALVADOR	410.313,00	0,58	237,982	86.863,26	68.476,84	18.386,42
11	SAN JUAN DE MIRAFLORES	382.531,00	0,62	235,257	85.868,65	84.541,74	1.326,91
12	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	404.692,00	0,57	230,674	84.196,17	69.127,80	15.068,37
13	CHORRILLOS	303.913,00	0,71	214,259	78.204,41	61.054,89	17.149,52
14	SANTA ANITA	199.282,00	0,96	191,311	69.828,41	36.805,22	33.023,19
15	RIMAC*	178.869,00	1,01	180,658	65.940,06	36.852,02	29.088,04
16	PUENTE PIEDRA	263.594,00	0,66	173,708	63.403,58	58.962,62	4.440,96
17	LA MOLINA	144.491,00	1,13	163,275	59.595,31	54.664,40	4.930,91
18	INDEPENDENCIA	215.941,00	0,67	144,680	52.808,37	27.837,00	24.971,37
19	MIRAFLORES	86.920,00	1,58	137,334	50.126,76	46.876,92	3.249,84
20	SAN ISIDRO	58.920,00	2,25	132,570	48.388,05	45.729,48	2.658,57
21	CARABAYLLO	237.269,00	0,50	118,635	43.301,59	33.700,79	9.600,80
22	SAN MIGUEL	134.666,00	0,86	115,678	42.222,50	41.516,66	705,84
23	SAN BORJA	111.208,00	0,91	101,199	36.937,74	28.955,57	7.982,17
24	LURIGANCHO	184.593,00	0,50	92,297	33.688,22	18.445,44	15.242,78
25	BREÑA	82.987,00	1,05	87,136	31.804,77	5.991,11	25.813,66
26	SURQUILLO	93.271,00	0,83	77,415	28.256,45	28.143,53	112,92
27	PUEBLO LIBRE	77.892,00	0,99	77,113	28.146,27	25.593,36	2.552,91
28	JESUS MARIA	71.139,00	1,07	76,119	27.783,34	25.040,46	2.742,88
29	LINCE	55.733,00	1,06	59,077	21.563,10	21.143,85	419,25
30	SAN LUIS	57.080,00	1,03	58,792	21.459,23	20.967,83	491,40
31	MAGDALENA DEL MAR	54.116,00	1,00	54,116	19.752,34	18.720,36	1.031,98
32	LURIN	69.282,00	0,78	54,040	19.724,59	16.655,74	3.068,85
33	PACHACAMAC	81.145,00	0,62	50,310	18.363,11	10.327,22	8.035,89
34	BARRANCO	33.996,00	1,12	38,076	13.897,56	10.643,57	3.253,99
35	ANCON	36.401,00	0,91	33,125	12.090,59	5.560,29	6.530,30
36	CHACLACAYO	42.884,00	0,47	19,941	7.278,49	7.022,33	256,16
37	CIENEGUILLA	31.160,00	0,47	14,645	5.345,50	2.596,13	2.749,37
38	PUCUSANA	12.148,00	0,43	5,224	1.906,63	0,00	1.906,63
39	PUNTA HERMOSA	6.309,00	0,82	5,199	1.897,49	506,23	1.391,26
40	SAN BARTOLO	6.368,00	0,70	4,458	1.627,02	87,99	1.539,04
41	SANTA ROSA	12.641,00	0,33	4,172	1.522,61	1.306,81	215,80
42	SANTA MARIA DEL MAR	924,00	1,65	1,525	556,48	420,57	135,91
43	PUNTA NEGRA*	5.951,00	0,24	1,428	521,31	447,58	73,73
	TOTAL	8.095.747	0,916	7.222,622	2.636.257,16	2.059.683,94	576.573

Fuente de información: Municipalidad Metropolitana de Lima – MML

Como se ha podido observar en el cuadro precedente Lima arroja basura al río Rímac en un orden no inferior a las 576,573 tm al año, la gran cantidad de los residuos sólidos se arrojan al río y este los lleva al océano pacífico.

Se debe tomar en cuenta, que nos interesa más los residuos sólidos no controlados, sobre todo aquellos que se pueden estimar a través de la disposición no controlada per cápita de los distritos que abarca esta cuenca. Debido a que no hay disponibilidad de la información del Callao y de los distritos de Huarochirí, se tomará el promedio de los distritos que si disponen de esta información, tal como podemos observar en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 8: Resumen de Residuos Sólidos

N°	Distrito	Población (2009)	Generación Per Cápita (Kg/hab/día)***	Generación por Día (Ton/Día)	Generación Anual (Ton/Año)	Disposición Controlada (Ton/Año)	Disposición No Controlada (Ton/Año)	Disposición No Controlada per cápita (Ton/Año)
1	SAN JUAN DE LURIGANCHO	962.554	0,97	933,677	340.792	211.244	129.549	0,13
2	CERCADO DE LIMA	302.056	1,58	477,248	174.196	172.020	2.175	0,01
3	ATE	521.692	0,90	469,001	171.185	131.180	40.005	0,08
4	SAN MARTIN DE PORRES	620.193	0,70	434,135	158.459	144.301	14.158	0,02
5	EL AGUSTINO	188.138	1,91	359,344	131.160	43.592	87.568	0,47
6	SANTA ANITA	199.282	0,96	191,311	69.828	36.805	33.023	0,17
7	RIMAC*	178.869	1,01	180,658	65.940	36.852	29.088	0,16
8	LURIGANCHO	184.593	0,50	92,297	33.688	18.445	15.243	0,08
9	CHACLACAYO	42.884	0,47	19,941	7.278	7.022	256	0,01
TOTAL/PROMEDIO		3.200.261	0,999	3.157,612	1.152.528,24	801.463,02	351.065,22	0,12

Fuente: Ministerio del Ambiente

El río Rímac, el más importante del departamento de Lima, nace en las alturas de Ticlio recorriendo las provincias de Lima y Huarochirí con dirección noreste - suroeste y una longitud de 140 Km. Sus afluentes principales son los ríos Chinchán, Blanco, Aruri, Santa Eulalia y Huaicoloro. La Ley General de Salud - Ley N° 26842 y la Ley General del Ambiente facultan a la Autoridad Sanitaria, DIGESA, la vigilancia supervigilancia y transectorial de los recursos hídricos, respectivamente.

Se han establecido 26 estaciones en el río Rímac y sus tributarios, desde la naciente en la laguna Ticticocha hasta la planta de tratamiento de aguas La Atarjea de la empresa SEDAPAL.

Los centros poblados más importantes ubicados a lo largo del río hablador son: Lima, Vitarte, Chaclacayo, Chosica y Matucana que representan el 81% de la población total de la cuenca. Sin embargo, las aguas residuales domésticas generadas son lanzadas sin tratamiento al cuerpo receptor. Es importante señalar que la capital de la República es la principal consumidora del agua superficial y acuífero del río Rímac.

En la cuenca alta existe explotación de plomo, cobre, zinc, plata, oro y antimonio. La actividad minera es intensa (Volcan Compañía Minera S.A.A. - Unidad Ticlio, Empresa Minera Los Quenuales S.A. - Unidad Casapalca, Compañía Minera Casapalca S.A., PERUBAR S.A. - Unidad Rosaura, Compañía Minera San Juan (Perú) S.A., etc.).

Asimismo, en las cuencas media y baja de este río se ubican 14 centrales hidráulicas y se identifican establecimientos industriales tales como fábricas de productos químicos, textiles, papeleras, alimentos, curtiembres, materiales de construcción, cerveza, etc.

Figura 16: Estado del Agua y Saneamiento



Fuente: Ministerio del Ambiente

Contaminación de las aguas y riesgos

En el Perú, el recurso hídrico proviene de tres vertientes hidrográficas: las del Pacífico, Atlántico y la del lago Titicaca, todas impuestas por la cordillera de los Andes, el rasgo más resaltante de la geografía del territorio peruano, que establece la divisoria en la línea de cumbres de la cordillera occidental. En el río Rímac el abastecimiento de agua principalmente se da mediante los recursos hídricos de su cuenca, este recurso es utilizado para abastecer tanto al uso doméstico como para las diferentes actividades económicas de Lima. Las principales fuentes de contaminación del agua en el país son los relaves mineros y los vertimientos residuales producto de la pesca industrial, pero también hay fuentes contaminantes de tipo doméstico, como el desagüe de excrementos y la acumulación de residuos sólidos.

Figura 17: Contaminación del río Rímac



Presenta una superficie total de 3 mil 532 km², con un perímetro de 440.6 km. La longitud del curso principal del río es de 145 km, desde sus orígenes a 5 500 msnm hasta su desembocadura en el Océano Pacífico; comprende parte de las provincias de Lima y Huarochirí, en la cual abarca las subcuencas de Rímac Alto, Medio y Bajo, y Santa Eulalia. De los trabajos de campo realizados por el MINAM se tiene la siguiente información:

Cuadro N° 9: Número de vertimientos Mineros, Industriales y Domésticos en la cuenca del Rímac

N° de Vertimientos	Descripción
41	30 empresas (mineras e industriales) descargan sus aguas residuales al río Rímac, de estos vertimientos, 10 corresponden a mineros, 25 de origen industrial y 6 domésticos, representando un caudal de 63 505 358 m ³ /año
21	Las aguas residuales domésticas provenientes de las localidades que directamente descargan al río Rímac, representan un caudal de 37 433 232 m ³ /año

Fuente: Ministerio del Ambiente

En total se ha identificado 62 vertimientos de aguas residuales mineros, industriales y domésticos que descargan en el río Rímac con un caudal total de 3 188,74 L/s (equivalente a 100 560 158,4 m³/año).

El registro de las fuentes de contaminación del agua de tipo industrial y doméstico se lleva a cabo a través del Programa de Identificación y Registro de Autorización de Vertimientos, que depende de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) de acuerdo a la Ley No. 29338 ó Ley de Recursos Hídricos, promulgada en marzo de 2009. Cabe señalar que el programa estuvo originalmente a cargo de la Dirección General de Salud (DIGESA) del Ministerio de Salud.

Aumento de la Población

Se puede señalar que siendo Lima Metropolitana la que constituye el área geográfica del país con mayor población a nivel nacional, producto del crecimiento natural de la población y del flujo constante de emigrantes del interior del país, ninguno de los sectores del estado ha previsto las nuevas condiciones de vulnerabilidad debido a este incremento. El resultado de estos dos fenómenos han determinado que la tasa de crecimiento de la población sea significativamente más elevada que la tasa de crecimiento poblacional registrada a nivel nacional. La información presentada en el 0, da cuenta que en los últimos 70 años la población del Perú ha crecido 4 veces, mientras que la población de Lima Metropolitana se ha elevado en 13 veces, es decir que ha pasado de tener 645 mil habitantes en 1940 a 8 millones 482 mil en el 2009. Con ello, Lima Metropolitana ha pasado a representar el 30% de la población peruana en la actualidad. No obstante en los últimos años se ve que la tasa de crecimiento anual de Lima Metropolitana va creciendo a una menor tasa que la observada en años previos.

Cuadro N° 10: Población Nacional y de Lima Metropolitana al 2007

Población Nacional y de Lima Metropolitana según Censos

Años	Población		LM respecto al Nacional (%)
	Lima Metropolitana (LM)	Nacional	
1 940	645 172	7 023 111	9,2
1 961	1 845 910	10 420 357	17,7
1 972	3 302 523	14 121 564	23,4
1 981	4 608 010	17 762 231	25,9
1 993	6 345 856	22 639 443	28,0
2 005	7 765 085	27 219 264	28,5
2 007	8 482 619	28 220 764	30,1

Fuente: INEI (2008). Perú: Crecimiento y Distribución de la Población, 2007. Primeros resultados. Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

Elaboración: Propia

Gráfico N° 7: Población proyectada de Lima al 2015



LIMA: DENSIDAD POBLACIONAL Y ALTITUD, SEGÚN PROVINCIA, 2007

Departamento Provincia	Superficie (Kilómetros cuadrados)	Población censada 21/oct/2007 (Habitantes)	Densidad poblacional (Habitantes por kilómetro cuadrado)	Capital de provincia	
				Nombre	Altitud (Metros sobre el nivel del mar)
Lima	34 801,59	8 445 211	242,67		
Lima	2 670,40	7 605 742	2 848,17	Lima	154
Barranca	1 355,87	133 904	98,76	Barranca	49
Cajatambo	1 515,21	8 358	5,52	Cajatambo	3 376
Canta	1 687,29	13 513	8,01	Canta	2 819
Cañete	4 574,91	200 662	43,86	San Vicente de Cañete	38
Huaraí	3 655,70	164 660	45,04	Huaraí	188
Huachipaico	5 657,93	72 845	12,87	Malacoma	2 378
Huaura	4 891,92	197 384	40,35	Huacho	30
Oyón	1 886,05	20 642	10,94	Oyón	3 620
Yauyos	6 901,58	27 501	3,98	Yauyos	2 874

∇ Incluye: 4 73 km² de superficie insular oceánica.

Fuente: INEI.

La densidad poblacional del departamento de Lima es de 242,7 Hab/Km², superior al promedio nacional (21,3 Hab/Km²). La provincia de Lima es la de mayor densidad (2 848,17 Hab/Km²), mientras que la provincia de Yauyos tiene la menor densidad 3,98 Hab/Km².

Figura 18: Existen centros poblados en las mismas rutas naturales de los huaicos y deslizamientos de los cerros en donde lamentablemente se ubican muchos centros poblados de gente pobre



Muchas centros poblados son ocupados cerca de la zona urbano de Lima, alrededor de las pistas y carreteras, en las faldas de los cerros, debido a que el riesgo “socialmente aceptado” de estar en la zona de influencia de derrumbes, vale “la pena” y el costo debido a las ventajas de estar cerca de la ciudad, la cual demanda mano de obra no calificada, está cerca de los servicios sociales básico (salud y educación) y a costo cero, debido a que los gobiernos locales o municipalidades no cobran por el valor de los predios ocupados ni otro tipo de impuesto.(en centros poblados con ordenamiento territorial, se paga por dos conceptos: impuesto predial (basado en el valor de la propiedad), y los arbitrios (basado en los servicios públicos de alumbrado, limpieza de parques y jardines y recojo de la basura).

Figura 19: Los centros poblados ubicados en las faldas de los cerros de Lima, constituyen poblaciones vulnerables ante las amenazas naturales, potenciando la intensidad del desastre



Figura 20: Se incrementan las amenazas por crecida del caudal del río y se erosionan las defensas ribereñas



Existen predios rurales cercanos al cauce del río que “roban” espacios para fines agrícolas. Estos espacios están cercanos al río debido a que el acceso a este no es reclamado por ninguna autoridad y al “ganarse ilegalmente” esos lugares, con el tiempo, construyen sus casas y cercos, los cuales son los cauces naturales de los ríos, como en este caso, el río Rímac, erosiona este cerco.

En las zonas bajas de Lima, cerca al Callao y a la desembocadura del río Rímac en el océano pacífico, mucha gente construye sus viviendas, debido a que “invade” las zonas en donde normalmente el cauce del río se ensancha en un delta hacia el mar. Nuevamente las familias asentadas en estos lugares potencian su vulnerabilidad exponiéndose en las zonas de peligro, como podemos observar en la foto a continuación.

Figura 21: Inundación en los distritos del Callao (parte baja de Lima)

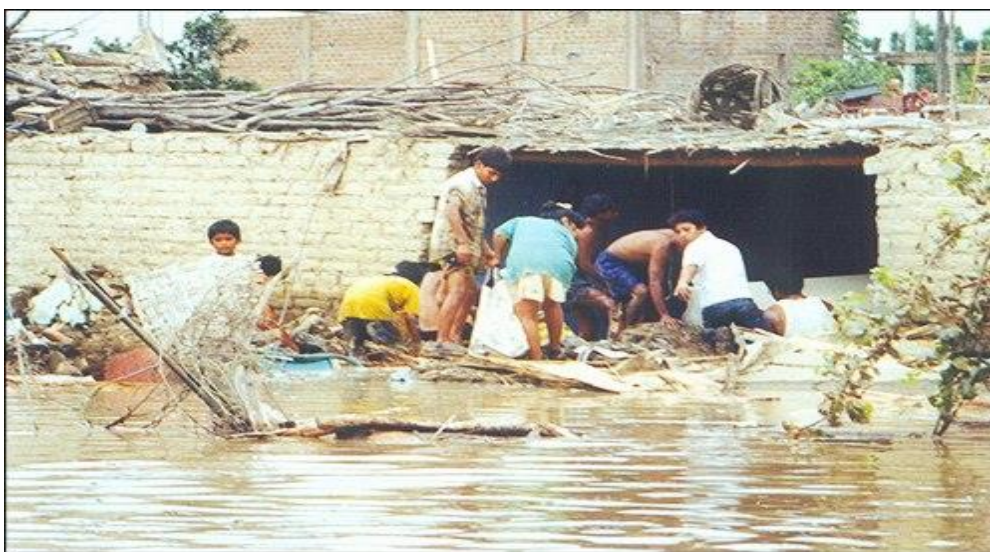
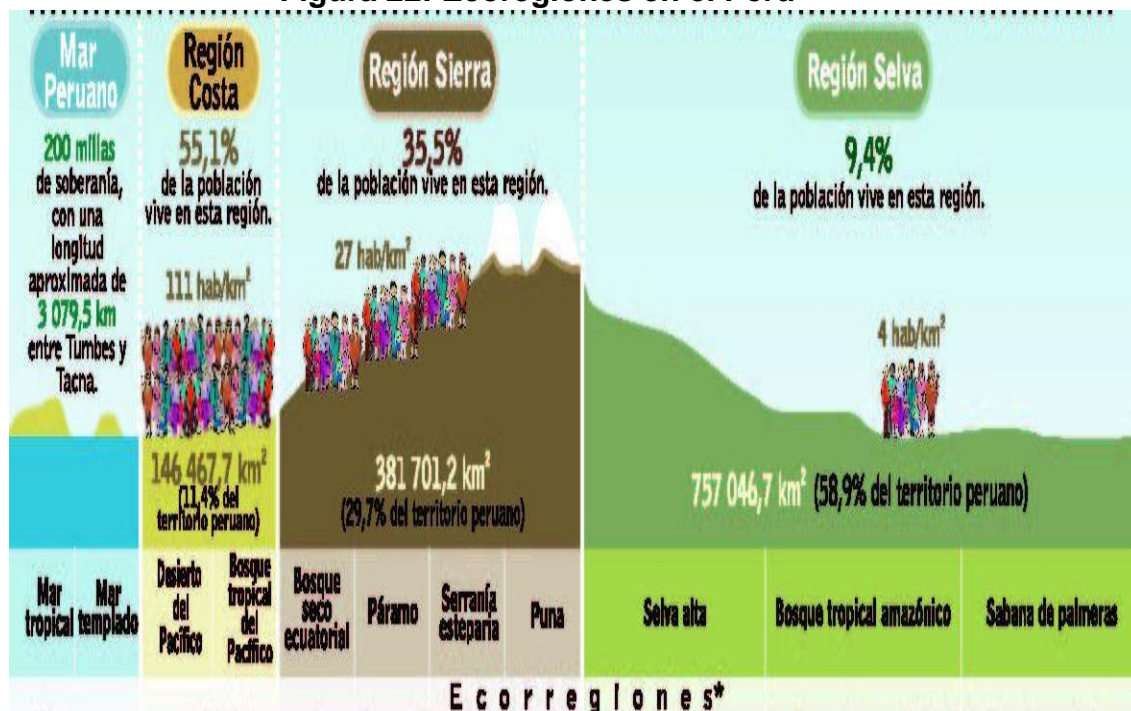


Figura 22: Ecoregiones en el Perú



Aumento del Transporte

Podemos observar en los siguientes cuadros que tanto el transporte de pasajeros como de carga han aumentado en forma sostenida, desde el año 2001 al 2010.

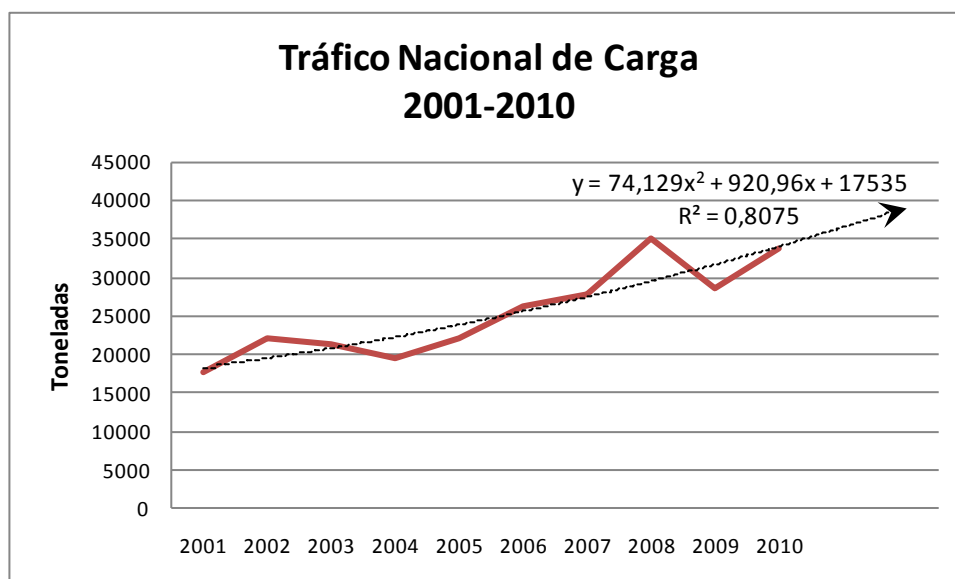
Esta mayor carga y transporte de pasajeros corresponde a las altas tasas de crecimiento de la economía peruana, la cual ha sido en promedio desde el año 2002 al 2010 en 6.33%.

Es importante señalar también que este dinamismo se refleja en que el parque automotor sigue creciendo y renovándose, sobre todo desde que se ha prohibido la importación de autos usados, creciendo a una tasa superior al 8% promedio anual en el mismo período (ver Anexo N° 9).

Cuadro N° 11: Evolución de la carga y pasajeros transportados a nivel nacional en el Perú

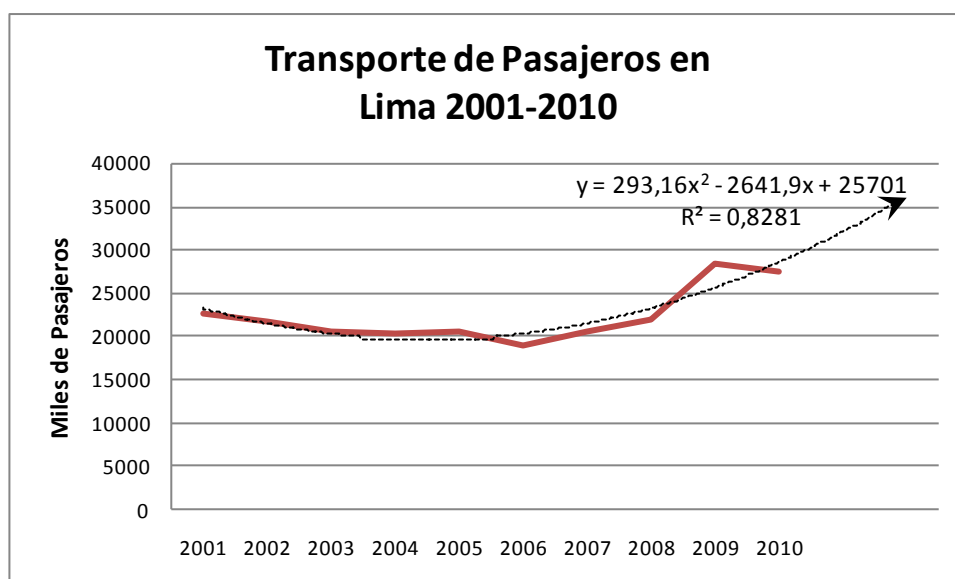
años	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
carga a nivel nacional (tm)	17.736	22.261	21.439	19.524	22.055	26.205	27.765	35.112	28.645	33.800
pasajeros a nivel Lima (miles)	22.819	21.842	20.610	20.519	20.752	19.071	20.749	22.068	28.568	27.573

Gráfico N° 8: Tráfico nacional de carga 2001-2010



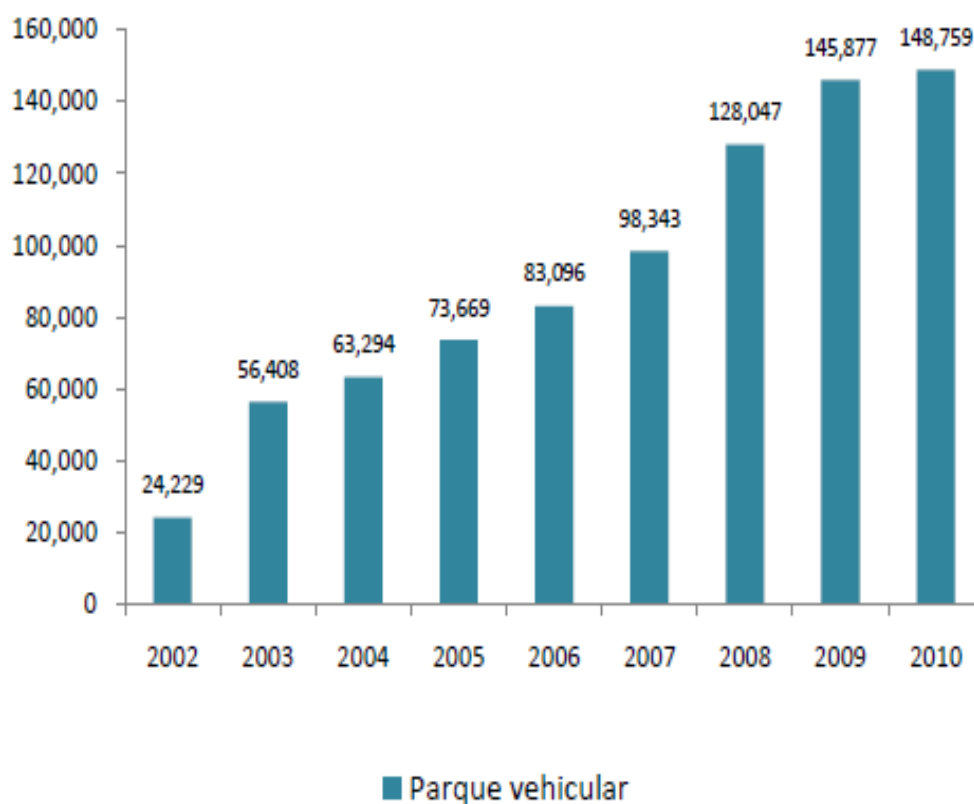
En este gráfico podemos observar que la tendencia es hacia un alza sostenida del tráfico de carga nacional. Con la información disponible desde el año 2001 al 2010 y con un 80% de correlación entre el tiempo y la curva del tráfico nacional de carga obtenemos la curva de la tendencia.

Gráfico N° 9: Transporte de Pasajeros 2001-2010



En este gráfico podemos observar que la tendencia es hacia un alza sostenida del transporte de pasajeros en Lima. Con la información disponible desde el año 2001 al 2010 y con un 82% de correlación entre el tiempo y la curva del tráfico nacional de carga obtenemos la curva de la tendencia.

**Gráfico N° 10: Parque Vehicular Del Transporte De Carga 2002-2010
(Unidades)**



* No existen reportes del año 2001.

Fuente: Dirección General de Transporte Terrestre - MTC

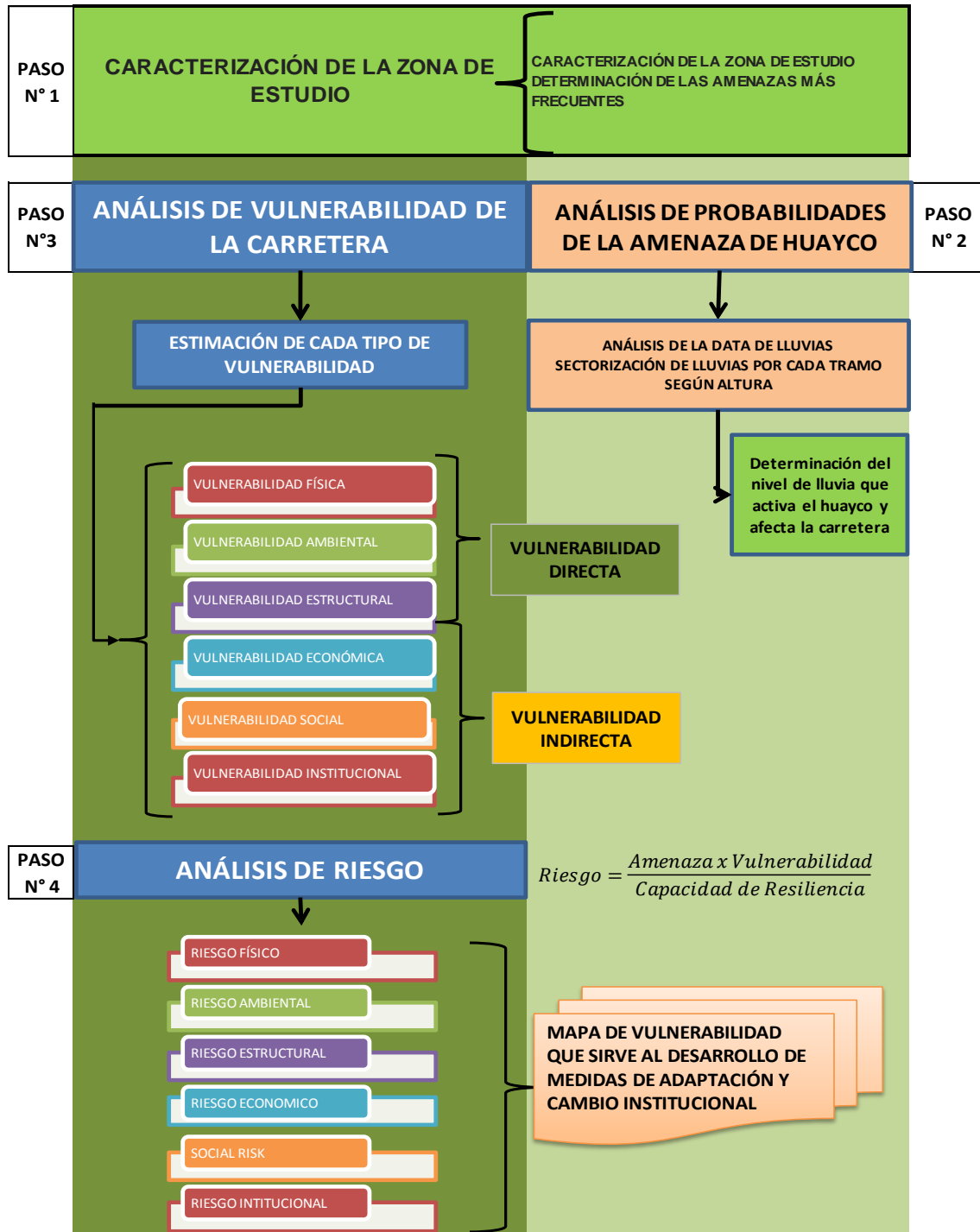
Elaboración: Oficina de Estadística - MTC

Como se observa en el gráfico, las unidades de transporte de carga (el 55% son camiones) en todo el Perú han aumentado de manera significativa, con lo cual Lima, que representa alrededor de 50% de este total, tendríamos un aproximado en el 2010 de 40 908 camiones que transportan la carga que va y vienen desde Lima.

V. METODOLOGIA

A continuación se presenta la metodología desarrollada para obtener tanto la probabilidad de lluvias, como los grados de vulnerabilidad y el riesgo en cada tramo de la carretera central. En la 0, se muestra un esquema de los insumos necesarios y pasos a seguir.

Figura 23: Metodología de la Investigación



V.1 Caracterización de La Zona De Estudio (PASO N° 1):

CUENCA DEL RÍO RÍMAC

- Descripción de la zona en estudio
- Aspectos Físicos
- Aspectos Sociales
- Aspectos Económicos

V.1.1 Descripción de la Zona de Estudio

La cuenca del río Rímac es una de las cuencas hidrográficas más importantes del país, al encontrarse dentro de ella la capital de Lima, desempeña un rol vital como fuente de abastecimiento de agua para el consumo humano, agrícola y energético, existiendo en ella 5 centrales hidroeléctricas importantes: Huampaní, Matucana (también conocida como Pablo Boner), Huinco, Barbablanca, y Juan Carosio (también conocida como Moyopampa).

La cuenca del Rímac es un caso típico de cuenca de costa con un río de régimen intermitente torrentoso, con caudales extremos en los meses de avenidas (enero - marzo) y caudales mínimos de estiaje (abril a diciembre).

Sin embargo estas condiciones han sido alteradas, especialmente en los caudales de estiaje que han aumentado, por efecto de varias obras de regulación y trasvases efectuadas en la cuenca propia y de la cuenca del Mantaro.

A nivel nacional la cuenca del río Rímac es una de las más explotadas, debido a las demandas de agua para uso múltiple principalmente para consumo humano (Lima Metropolitana), agrícola, industrial, minero y suministro de agua para fines hidroenergéticos.

La cuenca del río Rímac soporta un amplio rango de actividad minera la que es particularmente intensa en las zonas más altas, tanto en la parte principal del Rímac como en la subcuenca del río Santa Eulalia.

En la cuenca se observa el deterioro de la cobertura vegetal de laderas de las praderas alto andinas, rivera de ríos y quebradas y con ello se incrementan los riesgos de ocurrencia de derrumbes, huaicos e inundaciones.

Además es una cuenca donde se encuentra el eje de transporte vial principal hacia la sierra y selva central. Se ha determinado la existencia de siete (07) pisos ecológicos basado en el sistema formulado por R. Holdridge: Basal, Pre montano, Montano Bajo, Montano, Subalpino, Alpino, Nival, conteniendo 13 zonas de vida.

La cuenca está constituida por sedimentos marinos y continentales, los cuales fueron modificados en primer lugar por efecto del emplazamiento del batolito de la costa y en segundo lugar por las fuerzas tectónicas, dando como resultado el levantamiento de los Andes y la existencia de grandes estructuras geológicas como fallas, pliegues, etc.

La cuenca ha sido intervenida de manera intensiva por numerosas actividades de aprovechamiento y explotación, causando gran deterioro como son los procesos erosivos, contaminación del agua y otros.

La degradación ambiental está presente en los diferentes procesos degradativos de los recursos naturales que afectan directamente a las poblaciones asentadas en la cuenca del río Rímac, así como a las actividades económicas que se realizan en ella. Tales procesos son producidos por causas naturales (procesos geodinámicos y erosión de los suelos) o por intervención humana (contaminación, sobre pastoreo y otros).

Respecto a la vulnerabilidad, presentan susceptibilidad a los eventos geodinámicos como producto de las condiciones impuestas por el medio natural y por la intervención del hombre, que resultan perjudiciales para la población y los recursos naturales de la cuenca.

La cuenca del río Rímac se origina en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes a una altitud máxima de aproximadamente 5,508 metros sobre el nivel del mar en el nevado Paca y aproximadamente a 132 kilómetros al nor-este de la ciudad de Lima, desembocando por el Callao, en el océano Pacífico. El área total de captación es de 3,132 km², que incluye aquella de sus principales tributarios, Santa Eulalia (1,097.7 km²) y Río Blanco (193.7 km²), tiene en total 191 lagunas, de las cuales 89 han sido estudiadas.

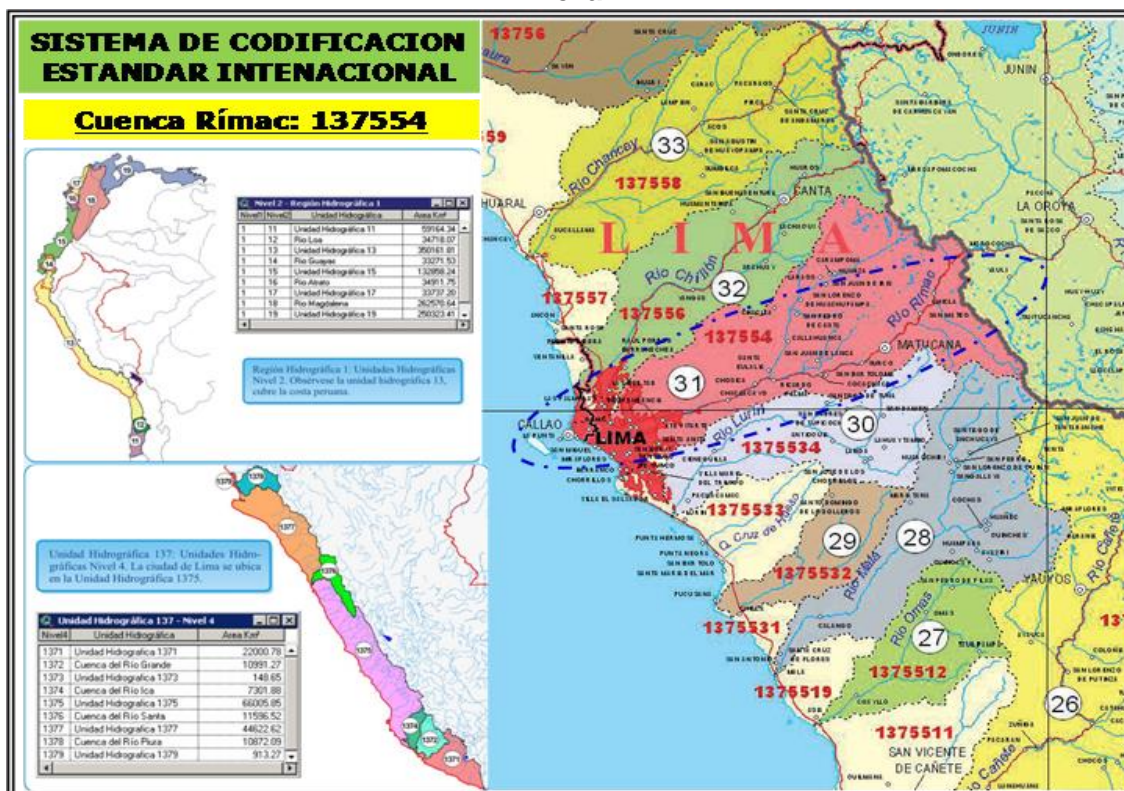
Conforme la cuenca se eleva de Lima hacia su fuente en la cordillera, el valle del río varía de un amplio plano costero, en el cual está situada Lima, a un perfil de valle bien definido que sirve de soporte a actividades agrícolas y a importantes centros de población tales como Vitarte, Chaclacayo, Chosica, Ricardo Palma y Matucana. En las partes más altas de la cuenca, al Este de Surco (altura de 2,200 m.s.n.m), el valle se vuelve extremadamente angosto con paredes laterales con un talud muy empinado y paisajes espectaculares.

La cuenca sostiene varias comunidades en esa sección, tales como Matucana, San Mateo y Chicla. En la sub cuenca de Santa Eulalia se ubican, aguas arriba de su confluencia con el Río Rímac, las comunidades de Santa Eulalia, Collahuarca, San Pedro de Casta, Huachupampa, San Juan de Iris y Huansa.

La cuenca del Río Rímac soporta un amplio rango de actividad minera la que es particularmente intensa en las zonas más altas, tanto en la parte principal del Rímac como en la sub cuenca del Santa Eulalia.

La cuenca del río Rímac, se encuentra emplazada en la rama Occidental de la Cordillera de los Andes, entre las cumbres nevadas de Anticona, Pucacocha, Yuracocha, etc. Su ubicación está señalada entre los paralelos 11°27'27" y 12°10'19" de latitud sur y los meridianos 76°02'57" y 77°10'12" de longitud oeste. La cuenca del río Rímac tiene una extensión de 3 503.9 Km² y su altitud varía de 0.0 a 5 650 msnm (Nevado Antachaire). (Fuente: Ministerio de Agricultura - Autoridad Nacional del Agua - Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos – 2009)

Mapa N° 4: Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú



Fuente: Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Perú. Autoridad Nacional del Agua – ANA.

Dentro de la división política que rige al Perú, la cuenca del río Rímac se sitúa en el Departamento de Lima llegando a discurrir por sus provincias de Lima y Huarochirí.

Las fronteras que limitan su extensión se dan por el norte con la cuenca del río Chillón, al lado sur las cuencas de los ríos Lurín y Mala, por el este la del río Mantaro y hacia el oeste el Océano Pacífico que a la vez sirve de depósito final del río Rímac.

En la subcuenca de Santa Eulalia, aguas arriba de su confluencia con el río Rímac se ubican las comunidades de Santa Eulalia, Collahuarca, San Pedro de Casta, Huachupampa, San Juan de Iris y Huansa.

Mapa N° 5: Mapa de la Ubicación Geográfica de la cuenca del río Rímac



Fuente: Estudio Hidrológico y Ubicación de la Red de Estaciones Hidrométricas en la Cuenca del Río Rímac.

Cuadro N° 12: Nivel de la Inversión Pública en el Departamento de Lima

PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA	
AÑO	MONTO S/. (a nivel de devengado)
2000	1.716.366.024
2001	1.297.410.901
2002	1.195.492.681
2003	945.594.383
2004	1.100.126.922
2005	1.078.245.645
2006	998.007.835
2007	1.512.495.474
2008	2.019.439.476
2009	3.172.826.972
2010 (*)	1.050.865.766
PROMEDIO (S/.)	1.462.442.916
PROMEDIO (US\$)	513.137.865

(*) A mayo del 2010

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas.
Página amigable de Ejecución del Gasto Público

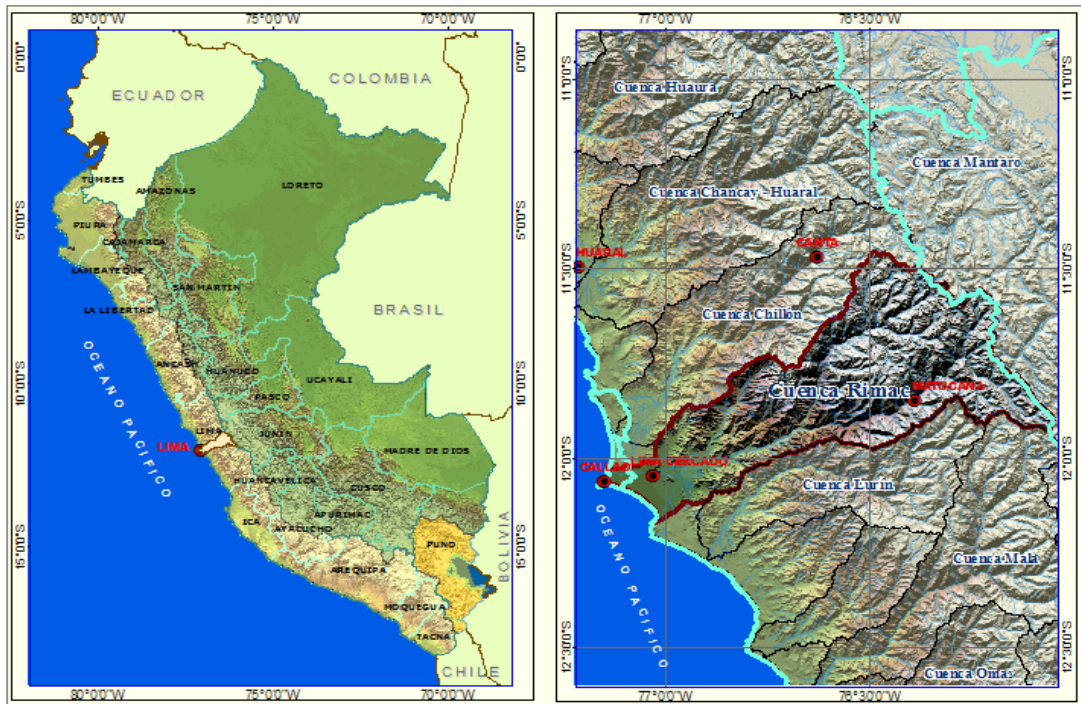
Desde la creación de sistema nacional de inversión pública el nivel de inversión ha ido aumentando, debido al crecimiento de la economía, sin embargo casi todas las grandes inversiones se han concentrado en infraestructura básica: puentes, carreteras, caminos, etc. Los cuales requieren para su sostenibilidad el correspondiente gasto en operación y mantenimiento, sin embargo este último no ha ido acompañando a las inversiones con el mismo crecimiento.

Por otra parte, las inversiones realizadas se han ejecutado teniendo en cuenta los aspectos territoriales correspondientes a la jurisdicción de cada distrito, provincia o departamento, separándose la inversión por nivel de gobierno: Nacional, Regional y local o municipal. Considerando que la cuenca del Rímac abarca 3504 km², toda la planificación se realiza desconociendo esta condición natural de la geografía y el ecosistema cuenca, haciendo su planificación y gestión sectorizada y fragmentado.

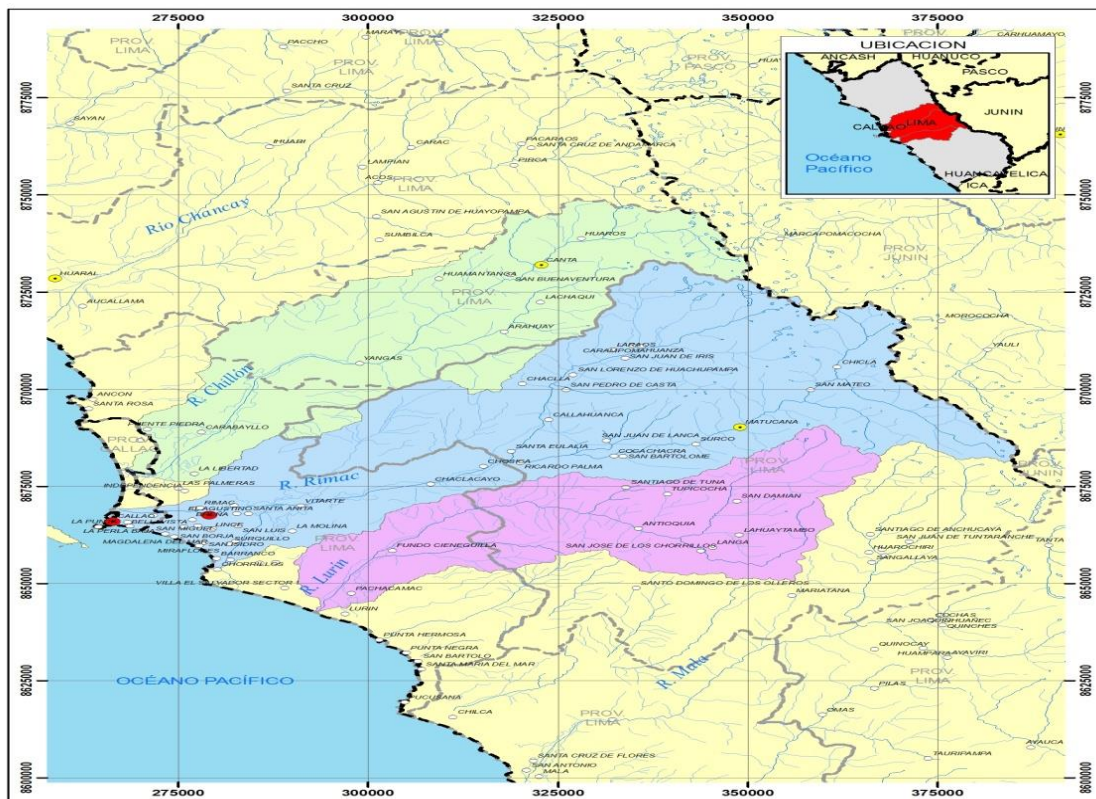
Cuadro N° 13: Tamaño de La Cuenca Hidrográfica De Lima

Cuenca	Extensión (Km²)
CHILLON	2.222
RIMAC	3.504
LURIN	1.643
Tot	7.369

Mapa N° 6: Ubicación de la zona de Estudio



Mapa N° 7: Ubicación de la cuenca del Rímac dentro de Lima

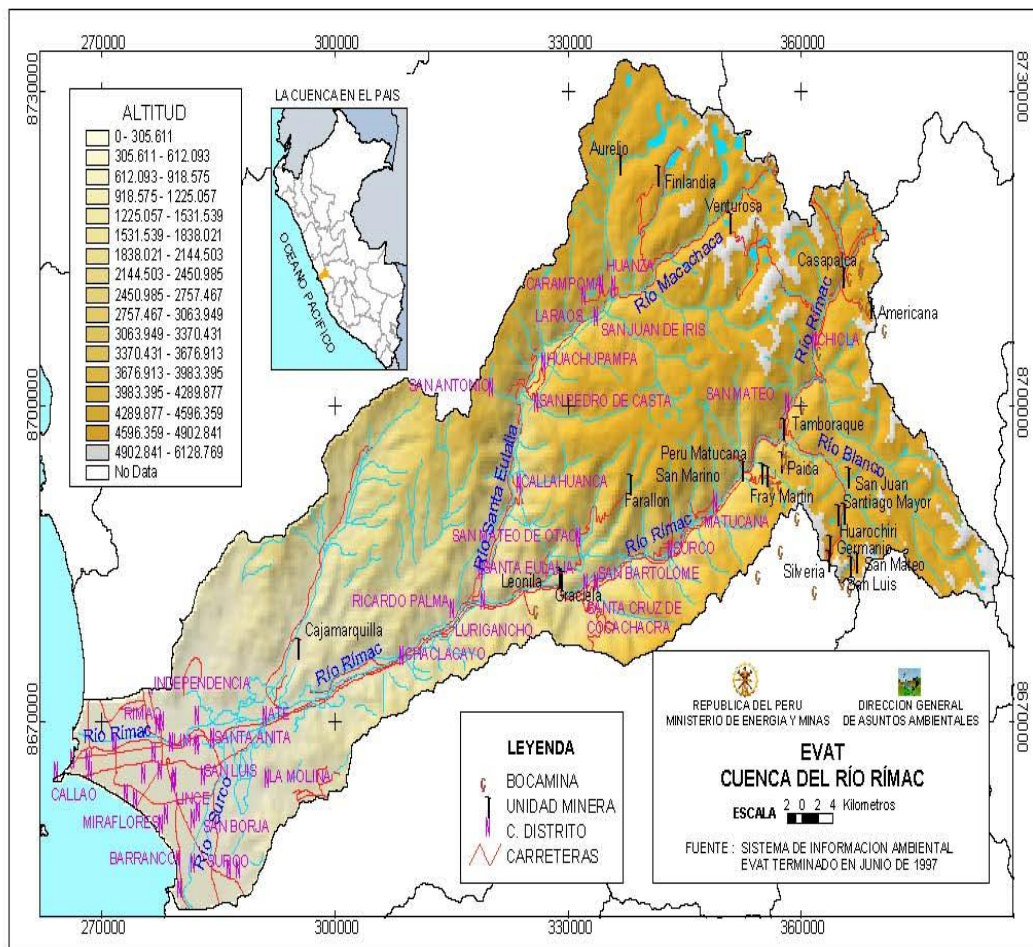


Fuente: Dirección General de Ordenamiento Territorial- MINAM

En este Mapa podemos observar la ubicación de la cuenca del Rímac en el centro del departamento de Lima, ubicándose en una posición importante (en el centro) del departamento de Lima cuya población es de alrededor de 9 millones de personas.

Se puede notar también que cerca de la cuenca del Rímac hay dos cuencas importantes: la cuenca del río Chillón al norte de Lima, y la cuenca del río Lurín, al sur., con estas tres cuencas se provee de agua para todas las actividades industriales, comerciales y residenciales, centrandó la demanda en donde se asentaron las primeras poblaciones que ocuparon el territorio, que es en la cuenca del Rímac.

Mapa N° 8: Cuenca Del Río Rímac En Relación Con La Altura

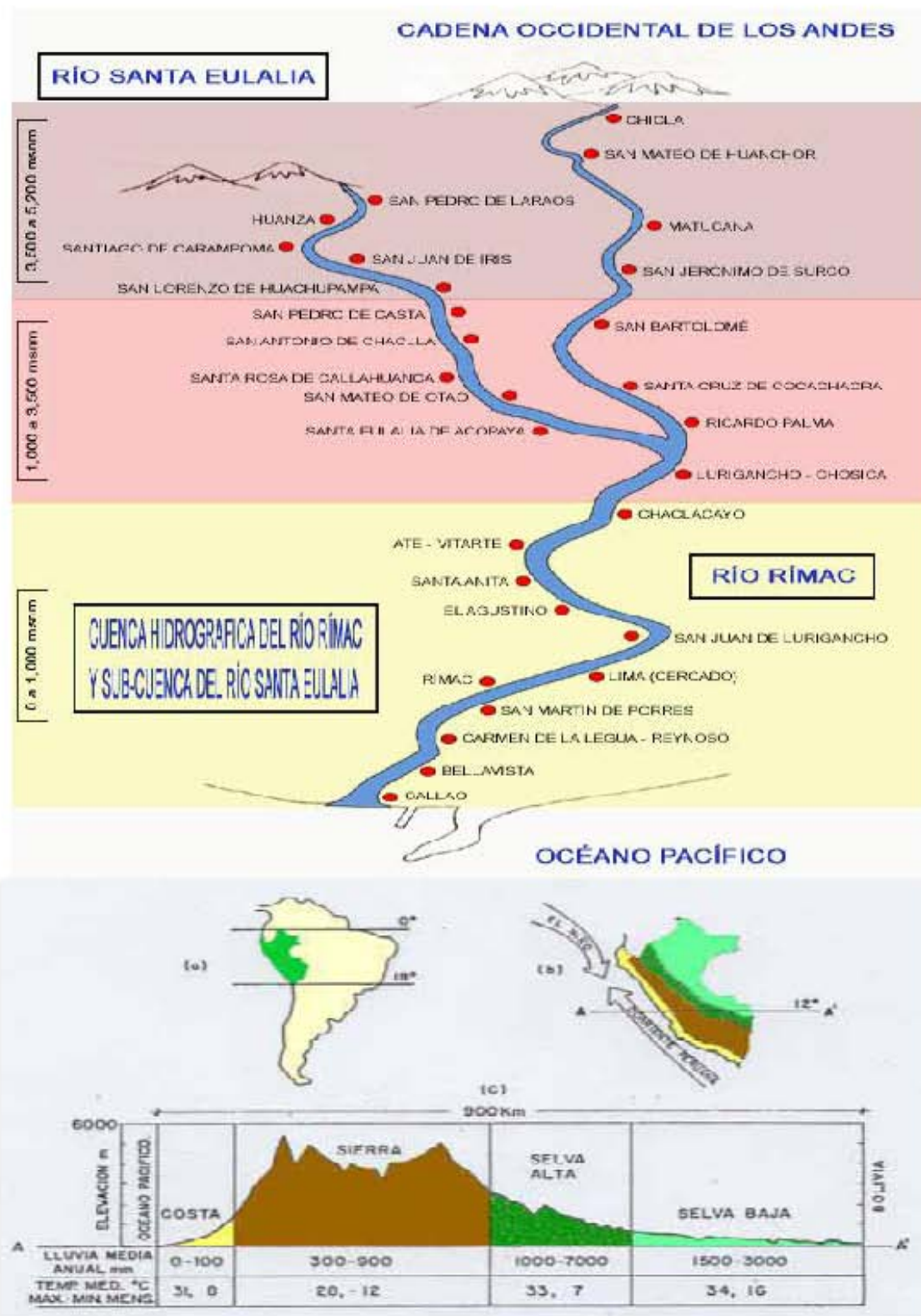


En la 0 podemos observar cómo se divide claramente el río Rímac en dos subcuencas que tributan su caudal desde la parte este y alta: la correspondiente a la subcuenca del río Santa Eulalia y la que corresponde a la parte alta del Rímac.

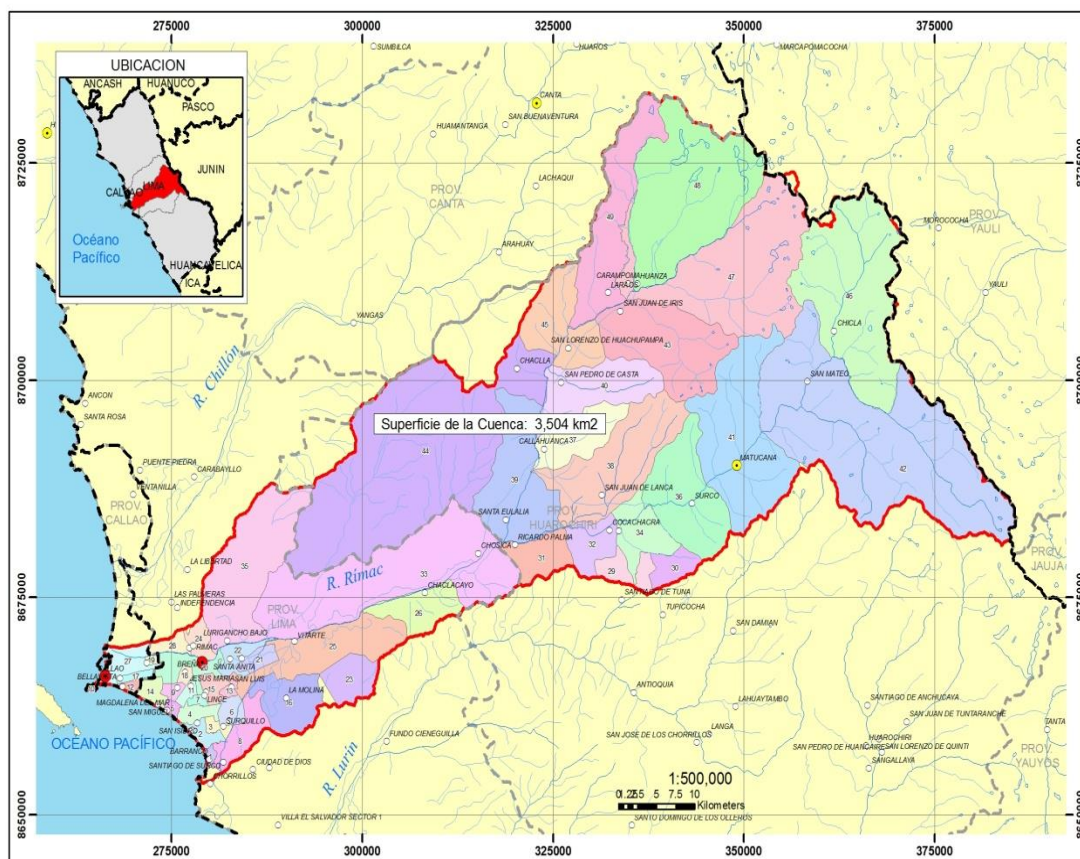
Así mismo en la parte alta de la cuenca se ubican varias concesiones mineras, las cuales contaminan el río en su cabecera, lo cual impide a las partes medias y bajas

recuperar su capacidad de asimilación y degradación de los residuos sólidos y vertimientos líquidos que por décadas lo han contaminado de manera acumulativa.

Figura 24: Subcuencas que Alimentan Al Río Rímac



Mapa N° 9: Distritos de la Cuenca del Río Rímac



V. 1 .2.Aspectos Físicos

Geología

La ubicación geológica de la cuenca del Río Rímac, se extiende longitudinal a la Cordillera de Los Andes, depositándose en ella sedimentos marinos y continentales, que fueron modificados por efectos tectónicos como consecuencia del emplazamiento del Batolito de la Costa y por las fuerzas tectónicas, dando como resultado el levantamiento de la Cordillera de Los Andes y la existencia de grandes estructuras geológicas como fallas, pliegues, etc.

Estas cadenas de montañas resultantes, fueron erosionadas antes que se depositaran en las capas rojas y conglomerados terciarios, así como de las lavas y los piro clastos terciarios – cuaternarios, habiéndose alcanzado por procesos de relleno y asentamiento la nivelación casi completa de la región. De esta deformación de sedimentos se produjo un segundo sistema de cordilleras, que es el paisaje actual. (Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Asuntos Ambientales. Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del Río Rímac. 1997).

Entre los procesos morfo dinámicos de la cuenca se encuentran los huaicos, inundaciones, deslizamientos, derrumbes o desprendimientos, reptación y procesos de escorrentía laminar. (Fuente: MINAM - Consultoría Para La Sistematización y Análisis de Información sobre Fuentes Contaminantes, Identificación de Puntos y Protocolo de Monitoreo, en La Cuenca del río Rímac. 2009)

Geografía

Para esta parte del estudio se ha tomado en cuenta la clasificación propuesta por Pulgar Vidal. Según la altitud de las regiones naturales se ha determinado para esta cuenca el porcentaje aproximado del área que pertenece a cada región: Costa o Chala, Yunga, Quechua, Suni, Jalca o Puna y Janca o Cordillera. Ver cuadro 1.

Cuadro N° 14: Porcentaje del Área de la Cuenca por Región Natural

Región Natural	Altitud (msnm)	Área de la cuenca (%)
Chala	0 a 500	11,40
Yunga	500 a 2 500	28,98
Quechua	2 500 a 3 500	11,33
Suni	3 500 a 4 100	7,65
Jalca	4 100 a 4 800	38,63
Janca	sobre 4 800	2,01

Fuente: MINAM/DGIIA – 2010

Javier Pulgar Vidal. "Análisis Geográfico sobre las Ocho Regiones Naturales". 1962.

Hidrografía

El curso principal es el río Rímac que nace en la laguna Quillacocha (Río Blanco), luego toma la denominación de Rímac hasta desembocar en el Océano Pacífico. Ver cuadro 16.

Cuadro N° 15: Características físicas del río Rímac

Nombre del Río	Características Físicas				Área de la Cuenca (Km ²)
	Longitud (Km)	Caudal Promedio Anual (m ³ /seg)	Volumen Promedio Anual (MMC*)	Pendiente Promedio (%)	
Rímac	147,44	26,6	838,78	3,83	3 503,94

* Millones de metros cúbicos.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua - 2009

El río Rímac presenta dos subcuencas importantes, la del río Santa Eulalia y la del río San Mateo, al que también se le llama río Rímac. La confluencia de ambos ríos se produce cerca de la localidad de Chosica.

El río Santa Eulalia recibe el aporte de numerosos ríos y quebradas a ambos márgenes, siendo las más importantes Pillihua, Yana y Potoga, por la margen izquierda y Sacsá, Pacococha y Carpa, por la margen derecha.

El río San Mateo recibe también el aporte de numerosas quebradas, siendo la más importante río Blanco y Parac por la margen izquierda y Condorsuni por la margen derecha. Aguas debajo de la confluencia, existe una sola quebrada importante la de Jicamarca. (ONERN – 1975)

Hidrología

Subcuencas en el río Rímac

A. Cuenca Seca

La cumbre de los cerros denominada cuenca seca debido a que sólo esporádicamente ocurren precipitaciones, va de 2 200 a 1 200 msnm salvo las nacientes de la quebrada seca de Jicamarca que bordea los 3 400 msnm.

La cuenca seca propia del río Rímac, entre Chosica y el mar tiene una extensión de 467.2 km² y una longitud del curso de agua de 56.9 km. Se puede distinguir tres tramos bien definidos en este curso de agua:

- El primero entre Chosica y el ingreso de la Quebrada Jicamarca, tienen 21.5 km de longitud, con una pendiente de 2.4% y baja de los 966 a los 450 msnm.
- El segundo tramo, desde el ingreso de quebrada Jicamarca hasta la zona de La Menacho (ingreso del río Rímac a la ciudad de Lima), tiene 17.9 Km de longitud, con una pendiente de 1.4% y baja de los 450 a los 195 msnm.
- El tercer tramo, desde La Menacho hasta la desembocadura del río Rímac en el mar, va por la zona urbana de la ciudad de Lima y tiene 17.5 km., de longitud, con una pendiente de 1.1% y baja de 195 a 0.0 msnm.

La quebrada seca de Jicamarca tiene una extensión de 428 km² y una longitud de cauce de 34.7 km. Se puede distinguir dos subcuencas, denominadas. Quebrada Seca y Quebrada Huaicoloro. La Quebrada Seca tiene una longitud de 29.3 km y una pendiente de 7.2%. La quebrada Huaicoloro tiene una longitud de 23.2 km con una pendiente de 10.7% bajando en sus últimos 16 km a 4.4%. El tramo final de la quebrada seca Jicamarca, entre la unión de las quebradas secas, Huaicoloro y el río Rímac, es de 7.5 Km de longitud con una pendiente de 0.7%.

B. Cuenca Húmeda

La cuenca húmeda del río Rímac donde caen precipitaciones significativas, va desde las estribaciones occidentales de la Cordillera de los Andes hasta Chosica tiene una extensión de 2 237.2 km² y muestra dos subcuencas principales, la del río Santa Eulalia, con una extensión de 1 097.7 km² y la del río Alto Rímac o San Mateo, con 1 139.5 km² de extensión. Estas subcuencas tienen, a su vez, subcuencas secundarias: dos en Santa Eulalia y dos en el Alto Rímac o San Mateo.

La subcuenca principal de Santa Eulalia tiene una extensión de 1 097.7 km², con una longitud de cauce de 69 km. Se puede distinguir dos subcuencas secundarias: Macachaca y Sacsa.

- La subcuenca Macachaca, tiene una extensión de 328 km² y una longitud de cauce de 24,5 km, con una pendiente de 4.9% que baja de los 4 850 a los 3 400 msnm.
- La subcuenca Sacsa, tiene una extensión de 155,7 km² y una longitud de cauce de 24,5 km con una pendiente 4.9% que baja de los 4 600 a los 3 400 msnm.

El tramo inferior del río Santa Eulalia, aguas debajo de la unión de los ríos Macachaca y del Río Sacsa, tiene una extensión de 614.0 km² una longitud de cauce de 39.5 km con una pendiente de 6.2% que baja de los 3 400 a 966 msnm.

- La subcuenca principal del Alto Rímac tiene una extensión de 1 139.5 km², con una longitud de cauce de 59.8 km tiene una pendiente de 6.5% que baja de los 4 850 a 966 msnm. Tiene dos subcuencas secundarias laterales: el río Blanco y la quebrada Parac.
- La subcuenca del río Blanco, es lateral a la subcuenca del Alto Rímac y tiene una extensión de 193.7 km², con una longitud de cauce de 33 km, con una pendiente de 3.3% que baja de 4 750 a 3 650 msnm.
- La subcuenca de la quebrada Parac, es también lateral a la subcuenca del Alto Rímac y paralela a la subcuenca del río Blanco. Tiene una extensión de 141.1 km² y una longitud de cauce de 20 km, con una pendiente de 7.5%, que baja de los 4 650 hasta los 3 200 msnm.

C.- Orden del Curso de Agua, según Horton

La clasificación de corrientes de agua más utilizada actualmente es la de Horton-Strahler, (Horton, R. y Strahler, A., 1945), la cual las clasifica según el siguiente procedimiento:

- Los cauces que se originan en una fuente u origen son definidos como corrientes de primer orden.
- Cuando las corrientes de orden X se unen, se crea una corriente de orden X + 1.
- Cuando dos corrientes de diferente orden convergen, el segmento de corriente inmediatamente aguas abajo se toma como la continuación de la corriente de mayor orden.
- El orden de la cuenca es el de la corriente de mayor orden.

En el cuadro siguiente se muestra la clasificación de cursos de agua de la cuenca del río Rímac, según Horton:

Cuadro N° 16: Orden del curso del agua del río Rímac (según Horton-Strahler)

N° Orden	Cursos de Agua
2 ^{do} orden	<ul style="list-style-type: none"> • Curso superior del río Rímac y el del río Blanco. • Curso de agua del río Macachaca y el río Sacsa.
3 ^{er} orden	<ul style="list-style-type: none"> • Curso de agua de la subcuenca Alto Rímac, desde Cachay (punto de unión del río San Mateo Alto y el río Blanco). • Curso de agua de la subcuenca Santa Eulalia.
4 ^{to} orden	<ul style="list-style-type: none"> • Curso de agua del río Rímac desde Chosica (punto de unión de Santa Eulalia y el Rímac), hasta el mar.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Asuntos Ambientales. Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del Río Rímac. 1997.

D.- Densidad de Drenaje

Toda la cuenca del río Rímac tiene una baja densidad de drenaje. La cuenca húmeda tiene 0.46 km/km² y la cuenca integral del río Rímac, tiene una densidad de drenaje de 0.5 km/km².

E.- Descarga en la Cuenca del Río Rímac

La descarga máxima en 24 horas, ocurrida en el río Rímac y registrada en la estación de Chosica asciende a 385 m³/seg (año 1941) y sólo repetida en otra oportunidad con 380 m³/seg (año 1955).

Usos de Agua, Transferencias y Retiros

El caudal de estiaje del Río Rímac, entre los meses de Mayo y Diciembre es suministrado por el complejo de lagunas y represas existentes, con fines de generación de energía, tanto en la cuenca propia del río Rímac, como en la subcuenca vecina de Marcapomacocha, que es transvasada hacia el río Santa Eulalia, afluente del río Rímac.

El caudal de estiaje mensual fluctúa entre 16.90 m³/seg y 18.19 m³/seg entre Junio y Noviembre, de los cuales aproximadamente 5m³/seg proceden del transvase de Marcapomacocha.

Para suplir el déficit existente en el aporte de aguas superficiales se ha proyectado la derivación de las aguas de la cuenca alta del río Mantaro y el represamiento (ya

concluido) del río Yuracmayo. (Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Asuntos Ambientales. Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del Río Rímac. 1997)

Climatología y Meteorología

Precipitación pluvial

Para la zona en estudio, en promedio, la precipitación pluvial varía desde escasos milímetros para costa, hasta un estimado de 1 000 mm para la cordillera, en los orígenes de la cuenca del río Rímac.

Temperatura

Se observa que la temperatura experimenta una oscilación que fluctúa desde el tipo semicálido, que en promedio se estima 18,6°C, para la zona de costa a temperatura tipo polar en los nevados que llega incluso a menos de 0°C., es por ello que entre estos límites se dan una gama de variaciones que tipifican térmicamente a cada uno de los pisos altitudinales dentro de la cuenca.

Humedad Relativa

La humedad relativa para la franja próxima al litoral, dentro de la zona de estudio toma un valor de hasta 83%, el cual es afectado por la cercanía del Océano Pacífico. Mientras que para la zona de 2 200 a 3 100 msnm alcanza niveles de 62%.

Hora del sol

La parte baja de la cuenca del río Rímac presenta en general promedios bajos debido principalmente a una estrecha relación con la nubosidad que actúa como un colchón de intercepción a las horas solares, que al acentuarse en el invierno, determina registros de menos horas de sol.

En términos generales la estimación anual promedio, oscila de 6 a 7 horas diarias en verano y de una hora en invierno.

Nubosidad

La ocurrencia de la nubosidad se le vincula al proceso de inversión térmica que tiene lugar en la costa y su efecto a saturar de humedad la atmosfera. Las observaciones que se tienen para la costa en promedio anual es que alcanza 6/8, valor considerado alto porque cubre el 75% del cielo y su variación es regularmente estable (2/8), es decir el cielo se halla siempre parcialmente cubierto.

Para la sierra baja los valores, son de 4/8 en promedio siendo los meses veraniegos (setiembre - abril) los más nublados cuyos valores llegan a 6/8, y para los meses invernales (mayo a octubre) los mas despejados con un promedio de 3/8.

Presión atmosférica

La observación que se tiene de este elemento es que presenta una relación inversa a la altitud siendo menor cuando ésta es mayor. La variación de nivel de presiones anuales, va disminuyendo a medida que se alejan del litoral costero.

Evaporación

Va en estrecha relación con la temperatura, ya que la intensidad de esta última depende de la mayor o menor radiación calórica del suelo la cual se manifiesta a través de la evaporación de la humedad retenida. A la temperatura se le debe la marcha opuesta de los regímenes de evaporación.

Vientos

Los más significativos que se presentan en la cuenca, son los vientos del sur para el sector costa, que tiene una velocidad media de 11.9km/h. Que de acuerdo a la escala Beaufort se le cataloga como: “brisa débil”.

Dichos vientos se dan con mayor intensidad en los meses de setiembre a marzo.

Mientras que en la sierra baja (Matucana), la velocidad promedio registrada es de 15.6 km/h con dirección predominantemente sur – oeste, clasificado como “brisa débil”.

Suelos y capacidad de uso mayor

Suelos

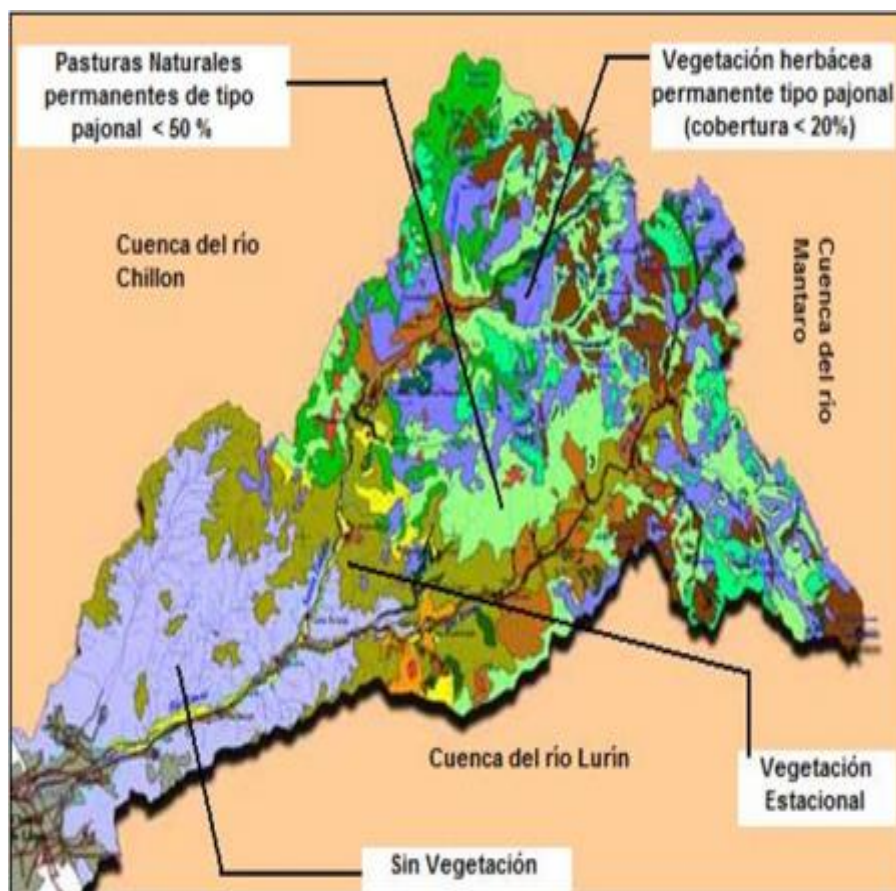
Los paisajes que presentan la cuenca del Valle Rímac están relacionados con los grupos de suelos que con sus características fisiográficas en lo que respecta a lo aluvial, se puede afirmar que comprende a aquellos suelos que se derivan de los depósitos fluviales del Río Rímac y sus tributarios, tales como terrazas bajas e intermedias, así como de la llanura aluvial del amplio radio. Estas pueden tipificarse, subdividiéndose en sub-paisajes de valle encajonado y en el de la llanura aluvial.^[1](Ver cuadro 4 y figura 3).

**Cuadro N° 17: Paisajes y Suelos Dominantes
en el Valle del Rímac**

Paisajes	Sub - paisajes	Unidad Fisiográfica	Suelos Incluidos
Aluvial	Valle encajonado	Terrazas no inundables	Rímac Vitarte Ceres Avesa Avesa ligeramente inclinado
		Llano de inundación	Ribereño seco Nieveria
		Cauces	Lecho de río
	Llanura aluvial	Llano de Sedimentación	Rímac Rímac moderadamente drenado Rímac imperfectamente drenado Rímac Salino Granados Canto Grande Santa Rosa Aeropuerto Bocanegra Antrópico
		Llano de inundación	Ribereño Seco Nieveria
		Cauces	Lecho de río

Fuente: ONERN. *Inventario y Evaluación de los Recursos Naturales de la Zona del Proyecto Marcapomacocha*. 1975

Mapa N° 10: Uso actual de la tierra



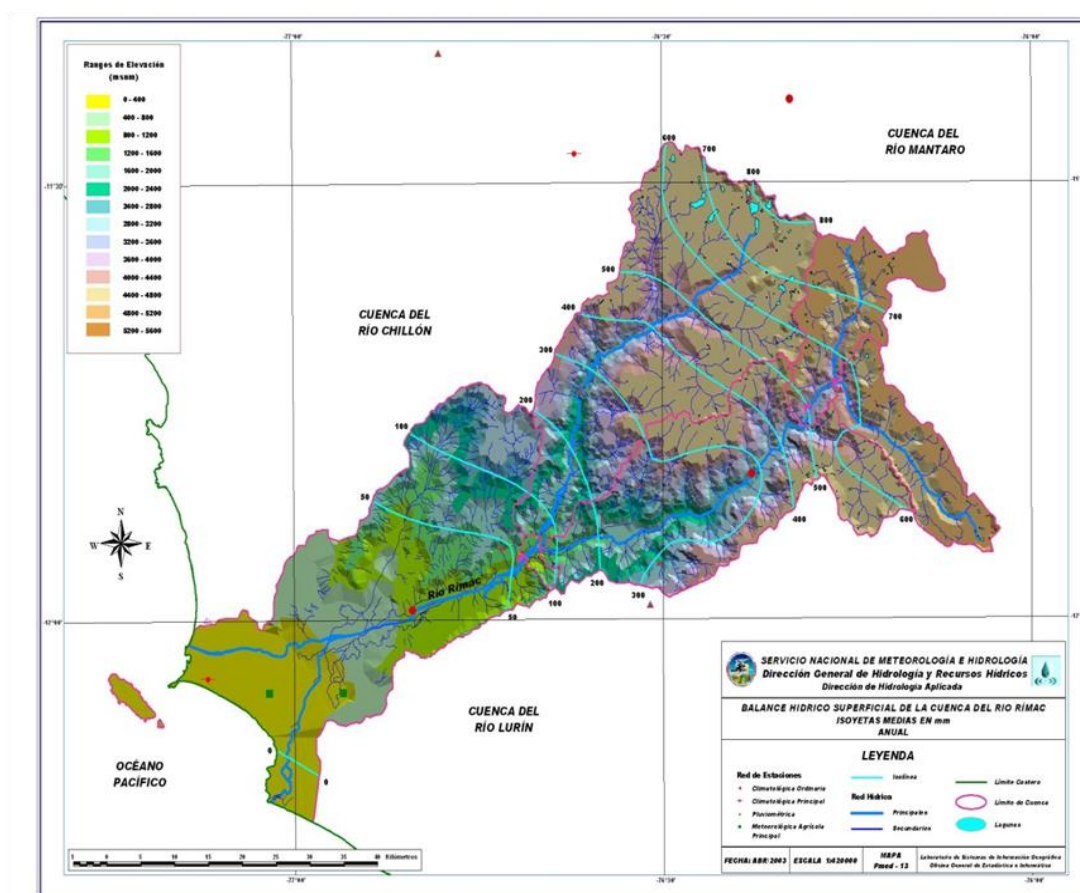
Fuente: Instituto Nacional de Desarrollo – INADE.

Uso de la Tierra

El uso de la tierra agrícola física neta es de 9 000 ha. y durante el año está orientada a dos tipos de cultivos:

- Aquellos que ocupan un área permanente 1 630 ha representadas por frutales, algodón, flores y pastos permanentes.
- Los de corto período vegetativo o transitorio que ocupan el área física de rotación 7 370 ha representados por hortalizas, menestras, maíz, tubérculos, etc.

Mapa N° 11: Mapa de Isoyetas



El mapa precedente nos sirve para sectorizar la cuenca de acuerdo a sus niveles de precipitación, sin embargo, este mapa se completa, si se tiene en cuenta el clima y las zonas de vida, según la clasificación de las zonas de humedad, que observamos en el cuadro de abajo:

Cuadro N° 18: Zonas De Humedad De La Cuenca Del Rimac

ZONAS DE HUMEDAD	PRECIPITACIÓN mm/año	TEMPERATURA (°C)	AREA (ha)	(%)
I Aridas	125-250	12-24	31.277,56	10,08%
II Semi-Aridas	125-250	6-12	54.957,52	17,72%
III Sub -Húmedas	250-500	6-18	34.693,67	11,19%
IV Húmedas	500-1000	6-12	32.483,86	10,47%
V Muy Húmedas	500-1001	5-6	48.346,33	15,59%
VI Super Húmedas	500-1002	1,5-3	62.837,96	20,26%
VII Nival			37.079,55	2,73%
TOTAL			301.676,45	88,04%

(*) De acuerdo a esta clasificación el total del área de la cuenca estudiada por la fuente es de 310141.82 Has. Fuente: Autoridad Nacional del Agua – ANA

Las zonas de humedad son macro espacios homogéneos definidos por su régimen de humedad. En la cuenca del río Rimac, cuyas características ambientales son generalmente secas, el régimen de humedad es un factor fundamental que influye directamente sobre las actividades humanas y la forma de ocupación del territorio.

V. 1 .3. Aspectos Sociales

Población Total

En la cuenca del Rímac se incluyen los 28 distritos que son adyacentes al río Rímac y a la carretera central, los conformada por los distritos del Callao, Bellavista, Carmen de la Legua, San Martín de Porres, Lima Cercado, San Juan de Lurigancho, Rímac, El Agustino, Santa Anita, Ate Vitarte, Chaclacayo, Lurigancho –Chosica, Ricardo Palma, Santa Cruz de Cocachacra, San Bartolomé, San Jerónimo de Surco, Matucana, San Mateo de Huanchor, Chicla, Santa Eulalia de Acopaya, San Mateo de Otoa, Santa Rosa de Callahuanca, San Antonio de Chacla, San Pedro de Casta, San Lorenzo de Huachupampa, Santiago de Carapoma, San Juan de Iris, San Pedro de Laraos, Huanza.

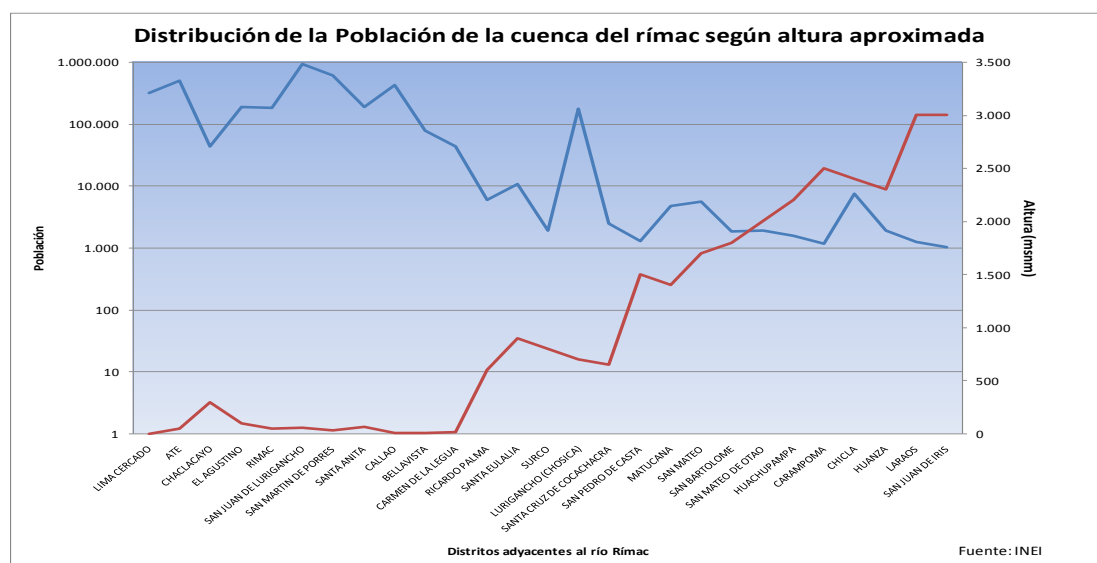
La población total ubicada en estos distritos de acuerdo a los resultados del censo de población y vivienda del 2007 asciende a 3.697.849 habitantes, esta población representa el 42% de la población total del departamento de Lima, teniendo una tasa de crecimiento poblacional de 1.77% en el período del 2001 al 2007.

Cuadro N° 19: Población de la cuenca del Rímac, 2007

DISTRITO	POBLACIÓN	DISTRITO	POBLACIÓN
LIMA	342.476	SURCO	1.923
ATE	379.443	LURIGANCHO (CHOSICA)	138.549
CHACLACAYO	41.085	SANTA CRUZ DE COCACHACRA	2.384
EL AGUSTINO	177.946	SAN PEDRO DE CASTA	1.288
RIMAC	195.851	MATUCANA	5.515
SAN JUAN DE LURIGANCHO	770.525	SAN MATEO	5.608
SAN MARTIN DE PORRES	499.835	SAN BARTOLOME	1.449
SANTA ANITA	157.523	SAN MATEO DE OTAO	2.108
CALLAO	394.510	HUACHUPAMPA	902
BELLAVISTA	72.170	CARAMPOMA	779
CARMEN DE LA LEGUA	39.778	CHICLA	7.064
PROVINCIA HUAROCHIRÍ	184.822	HUANZA	1.323
RICARDO PALMA	5.534	LARAOS	688
SANTA EULALIA	9.111	SAN JUAN DE IRIS	597
TOTAL CUENCA		3.440.786	

Fuente: INEI, Censo de Población y Vivienda, 2007

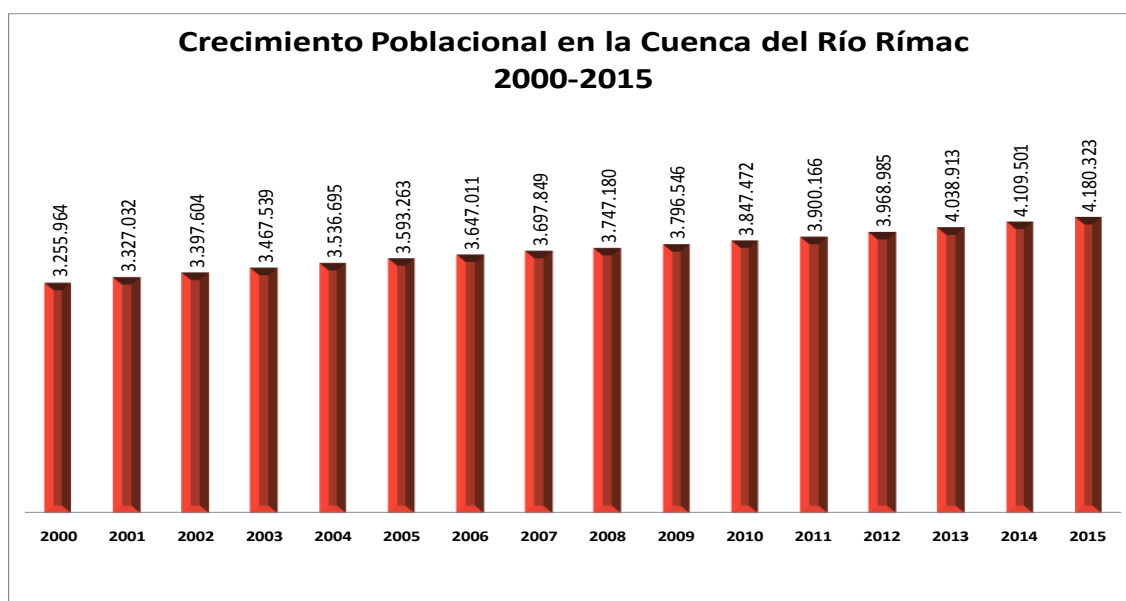
Gráfico N° 11: Distribución de la Población de la cuenca del Rímac según altura aproximada



Crecimiento poblacional

Como se puede observar en el siguiente gráfico, se tiene un crecimiento poblacional año a año ocasionado probablemente por los casos de nacimiento mayores a los de defunción y por las migraciones que se dan de la sierra a la costa, especialmente a los distritos de Lima metropolitana.

Gráfico N° 12: Crecimiento Poblacional en la Cuenca del Río Rímac



Fuente: INEI, Población estimada al 30 de junio, por años calendario y sexo según departamento, provincia y distrito, 2000-2002. Censo de Población y Vivienda, 2007

Indicadores sociales

De acuerdo al Informe sobre Desarrollo Humano / Perú 2009 del PNUD el Índice de Desarrollo Humano de la Cuenca del río Rímac es de 0,6911 ubicándolo en el tercer puesto en el ranking a nivel de cuencas; la esperanza de vida al nacer es de 75,90 años, ocupando el puesto 9 en el ranking a nivel de cuencas. En cuanto al ingreso familiar per cápita en la cuenca es de 593,45 nuevos soles mensuales. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. Informe sobre el Desarrollo Humano del Perú. 2009).

Cuadro N° 20: IDH a nivel de la cuenca del río Rímac -2007

Índice de Desarrollo Humano		Esperanza de vida al nacer		Alfabetismo		Escolaridad		Logro Educativo		Ingreso familiar per cápita	
IDH	Ranking	años	ranking	%	ranking	%	ranki ng	%	rank ing	N.S. mes	Ra nki ng
0,6911	3	75,90	9	98,42	3	95,45	7	89,51	30	593,45	3

Fuente: Informe sobre el Desarrollo Humano del Perú, PNUD – 2009

Viviendas con Agua Potable

La cuenca del Rímac incluye 29 distritos en los que se sitúan 680054 viviendas de las cuales 639242 (94%) tienen servicio de agua potable y 40812 (6%) no tienen servicio de agua potable.

Cuadro N° 21: Viviendas con servicios de agua potable 2007

N°	Distritos	Tiene servicio de agua potable	No tiene servicio de agua potable	Total de viviendas
1	Callao	77373	2001	79374
2	Bellavista	16189	166	16355
3	Carmen de la Legua	8441	85	8526
4	San Martín de Porres	105889	2854	108743
5	Lima Cercado	71537	1895	73432
6	San Juan de Lurigancho	145060	20048	165108
7	Rímac	37359	1637	38996
8	El Agustino	33750	1118	34868
9	Santa Anita	37807	779	38586
10	Ate Vitarte	75531	5093	80624
11	Chaclacayo	7711	517	8228
12	Lurigancho -Chosica	14645	3887	18532
13	Ricardo Palma	994	45	1039
14	Santa Cruz de Cocachacra	517	16	533
15	San Bartolomé	316	24	340
16	San Jerónimo de Surco	237	24	261
17	Matucana	874	82	956
18	San Mateo de Huanchor	839	84	923
19	Chicla	764	154	918
20	Santa Eulalia de Acopaya	1739	68	1807
21	San Mateo de Otoa	272	58	330
22	Santa Rosa de Callahuanca	263	12	275
23	San Antonio de Chaclla	87	6	93
24	San Pedro de Casta	331	8	339
25	San Lorenzo de Huachupampa	192	7	199
26	Santiago de Carapoma	241	7	248
27	San Juan de Iris	7	11	18
28	San Pedro de Laraos	9	.-.	9
29	Huanza	268	126	394

Fuente: INEI, Censo de Población y Vivienda, 2007

Viviendas con Alcantarillado

De las 680,054 viviendas localizadas en la zona de estudio, se tiene que 596,901 viviendas cuentan con servicios higiénicos dentro de la vivienda, 33,074 no tienen servicios higiénicos y 50079 tiene servicios fuera de la vivienda, pozos ciegos, o pozos sépticos.

Cuadro N° 22: Servicio de alcantarillado

Distritos	Tiene servicios higiénicos dentro de la vivienda	No tiene servicio higiénicos
Callao	72997	2562
Bellavista	15207	58
Carmen de la Legua	7858	22
San Martín de Porres	99161	1401
Lima Cercado	63237	1554
San Juan de Lurigancho	140090	10306
Rímac	34240	1562
El Agustino	32247	737
Santa Anita	34359	391
Ate Vitarte	70029	7181
Chaclacayo	7724	265
Lurigancho -Chosica	14817	2662
Ricardo Palma	858	107
Santa Cruz de Cocachacra	330	67
San Bartolomé	122	211
San Jerónimo de Surco	199	164
Matucana	691	357
San Mateo de Huanchor	466	334
Chicla	417	215
Santa Eulalia de Acopaya	1238	502
San Mateo de Otoa	29	343
Santa Rosa de Callahuanca	199	69
San Antonio de Chaclla	0	585
San Pedro de Casta	16	316
San Lorenzo de Huachupampa	225	295
Santiago de Carampoma	25	216
San Juan de Iris	7	139
San Pedro de Laraos	6	224
Huanza	107	229

Fuente: INEI, Censo de Población y Vivienda, 2007

V. 1 .4. Aspectos Económicos

En el departamento de Lima, específicamente en Lima y Callao, se da una gran concentración de los servicios y funciones administrativas, financieros, comunicaciones, servicios portuarios y culturales; de decisiones gubernamentales como privadas, desarrollo industrial sea de bienes de consumo, intermedios y de capital se hallan localizados mayormente en esta parte del país.

Población Económicamente Activa

La población económicamente activa de Lima Metropolitana y Callao, ascendió a 4.5 millones de habitantes en el 2007, de los cuales 4.2 millones corresponden a la PEA ocupada.

Cuadro N° 23: Población Económicamente Activa en Lima Metropolitana

Lima Metropolitana 1/	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Total PEA	3.779	3.832	4.063	4.110	4.022	4.302	4.588	4.722	4.785	4.942
- PEA Ocupada	3.449	3.437	3.749	3.760	3.682	3.996	4.280	4.405	4.495	4.662

1/ Provincia de Lima y Provincia constitucional del Callao.

La población total ubicada en los distritos que abarca de Cuenca del río Rímac, de acuerdo a los resultados del censo de población y vivienda del 2007 asciende a 3596214 habitantes, de los cuales 1 525 195 (42.41%) corresponde a la población económicamente activa.

En la estructura del empleo en Lima, es de destacar que tanto los servicios como el comercio ocupan un importante 45.9% y 26.1% respectivamente, ambas actividades muy dependientes del transporte y de la conectividad de las ciudad de Lima con el resto del país a través de la carretera central.

Cuadro N° 24: Características del Empleo en Lima Metropolitana

Lima Metropolitana: Características del empleo según rama 2004 y 2009

Ramas de actividad económica	Ocupados		Ingreso laboral mensual promedio 1/ (Órdenes mil)	
	2004	2009	2004	2009
Total absoluto	3 479 936	4 344 849	1 166	1 341
Total relativo	100.0	100.0		
Industria 2/	1.1	1.2	1 851	2 804
Industria	15.7	10.9	1 139	1 378
Bienes de consumo	11.7	11.6	1 011	1 229
Bienes intermedios y de capital	4.0	9.3	1 438	1 693
Construcción	8.9	9.3	1 077	1 368
Comercio	26.1	23.7	916	1 088
Al por mayor	3.1	4.4	1 772	2 078
Al por menor	23.0	19.4	799	847
Servicios	48.9	46.6	1 492	1 689
Electricidad, gas y agua	0.3	0.6	3 817	2 871
Transporte, almacenamiento, y comunicaciones	10.2	10.7	1 110	1 329
Servicios a empresas	6.8	6.6	1 046	2 189
Comunitarios y sociales	14.0	16.6	1 896	1 601
Restaurantes y hoteles	6.3	6.2	977	919
Servicios personales	7.3	4.3	825	704
Hogares	6.3	6.6	692	672

Cuadro N° 25: Población Económicamente Activa

Distritos	Población Económicamente Activa
Callao	169190
Bellavista	30345
Carmen de la Legua	17387
San Martín de Porres	243329
Lima Cercado	128007
San Juan de Lurigancho	384582
Rímac	73610
El Agustino	78624
Santa Anita	83203
Ate Vitarte	204753
Chaclacayo	17137
Lurigancho –Chosica	70307
Ricardo Palma	2257
Santa Cruz de Cocachacra	1040
San Bartolomé	786
San Jerónimo de Surco	954
Matucana	1807
San Mateo de Huanchor	2092
Chicla	3947
Santa Eulalia de Acopaya	4417
San Mateo de Otao	865
Santa Rosa de Callahuanca	1002
San Antonio de Chaclla	1939
San Pedro de Casta	569
San Lorenzo de Huachupampa	702
Santiago de Carampoma	549
San Juan de Iris	422
San Pedro de Laraos	614
Huanza	759

Fuente: INEI, Censo de Población y Vivienda, 2007

Actividades agrícolas

Estudios realizados sobre Uso de la Tierra del Valle Rímac han determinado que de las 37 330 has consideradas como aprovechables se emplearon solamente 9 000 has en la agricultura en 1970, mientras que en 1980 solo se utilizó 5 084 has. De ellas sobresale el área que se dedica al cultivo de maíz, como maíz chala o maíz grano, cuya representación porcentual alcanza un 35.2% del área físicamente cultivable.

Actividad minera

La actividad minera es una de las principales actividades de la estructura económica del Perú.

La actividad minero-metalúrgica en la cuenca del Río Rímac se sitúa principalmente en las provincias de Huarochirí y Lima, siendo los distritos de Chicla, San Mateo, Matucana, Surco, Huanza y Carampoma los de mayor concentración de labores.

Los centros mineros más destacados de la zona se encuentran ubicados en Casapalca, Tamboraque, Millontingo, Pacococa, Colqui, Venturosa, Caridad, Lichicocha y Cocachacra.

En la cuenca hay empresas mineras cuya actividad está paralizada, entre las cuales podemos mencionar a la C.M. Huampar S.A., C.M. Millotingo S.A. y S.M. Pacococha S.A. También existen varias bocaminas y depósitos de relaves que no están operativos.

En el cuadro siguiente se muestra las actividades minero-metalúrgicas que se desarrollan en la cuenca en estudio.

Cuadro N° 26: Actividades Minero-Metalúrgicas Desarrollados en la Cuenca del Río Rímac

Actividad Minera	Cantidad
Minas en operación	7
Minas Abandonadas	20
Plantas de Concentración	7
Refinería	1
Explotación no metálica	9
PAMAS registradas en DGAA	7

Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Asuntos Ambientales. Evaluación Ambiental Territorial de la Cuenca del Río

Actividad Industrial

El desarrollo de las diversas actividades en la capital, hace que generalmente el desarrollo del Perú sea de “tipo centralista”, en Lima encontramos un alto grado de concentración industrial con respecto a otras regiones.

V.2. Análisis de Probabilidades de las Amenazas de Huaicos.(PASO N° 2):

Aunque el título completo sería el análisis de las probabilidades de lluvias extremas que causen huaicos, que a su vez causen interrupciones del tránsito de transportes.

Para el análisis de la información de la precipitación acumulada, el primer desafío es determinar el nivel de precipitación acumulada de mayor riesgo para causar interrupciones o deterioro de la carretera y de los puentes en el área de estudio.

Considerando además que parte de la precipitación acumulada se absorbe por el suelo y no se acumula en la superficie (además de las características geomorfológicas, depende de la cobertura vegetal y la cantidad de radiación y días de sol), se parte de la información registrada de las 13 estaciones meteorológicas alrededor de la cuenca del Rímac, en diferentes períodos de tiempo y a una altitud que van desde los 500 msnm a los 4500 msnm, en la parte occidental de los andes, de cara a la ciudad de Lima.

Esta elección se debe a que no obstante la parte oriental de los andes recibe la mayor cantidad de precipitación, el lado oriental es económicamente más importante por el flujo del transporte de carga y pasajeros que van a la ciudad de Lima, y por la dinámica de la población y de las inversiones públicas del estado.

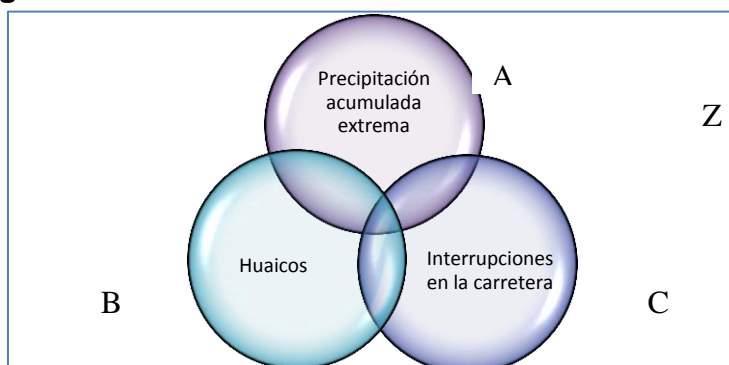
Además partimos de la consideración que las variables hidrológicas, tales como la precipitación, son consideradas como variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidos (Díaz, 2010); por tanto la probabilidad conjunta está dada por la ecuación:

$$P(A \cap B \cap C) = P(A)P(B)P(C)$$

En donde la probabilidad de A es la precipitación acumulada extrema; número de lluvias acumuladas/mes por cada año del período de estudio. La probabilidad de B son los huaicos; número de huaicos al mes por cada año del período de estudio. Y la probabilidad de C viene a ser el número de interrupciones del tránsito al mes por cada año del período de estudio. Z es el universo de días de tránsito con y sin interrupciones por cada mes del año.

En nuestro caso la probabilidad que la precipitación acumulada derive en la ocurrencia de huaicos, y estas deriven en interrupciones de la carretera puede ser graficado en la siguiente figura:

Figura 25: Eventos relacionados en forma simultánea



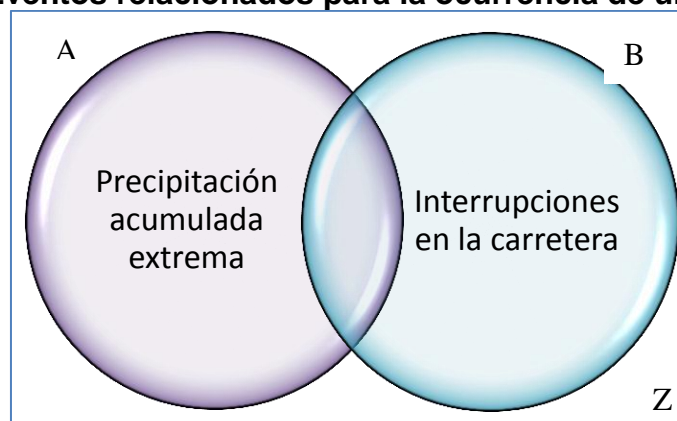
Teniendo en claro que existe precipitación acumulada que no activan huaicos, y que no todos los huaicos producen interrupciones en la carretera, debemos considerar que

existen un número mayor de huaicos que se deslizan hacia las zonas bajas –muchas veces desembocan en el río- que no producen emergencias, y que el poder destructivo de éstas (la energía cinética de su masa) son absorbidas o anuladas por el estado físico, químico y biológico del ambiente, es decir el estado de la calidad ambiental de su superficie.

Pero debido a que no existe un registro del número de huaicos en el ámbito de estudio se tratará de relacionar el número de interrupciones de la carretera como el evento que amenaza el servicio de esta y no necesariamente el huaico como amenaza. No obstante los eventos, aunque independientes son desencadenantes uno del otro, en el sentido que interesa la precipitación acumulada que originen o activen los huaicos, y de estos aquellos que interrumpan la carretera.

Por tanto el diagrama de *Venn* queda reducido a la siguiente forma:

Figura 26: Eventos relacionados para la ocurrencia de un huaico



Las interrupciones en la carretera (asumidas que todas son ocasionadas por huaicos, y que estos son ocasionados por precipitación acumulada), vendrían a ser la variable a correlacionar con la precipitación acumulada más probable que se relacione con ella, de tal forma que se determine el nivel de precipitación acumulada que tenga la más alta correlación con la incidencia de interrupciones.

$$P(A \cap B) = P(A)P(B)$$

Debemos considerar que la mayor parte de las interrupciones de la carretera, reportada por el Ministerio de transportes se deben a huaicos y deslizamientos de rocas, debido a que los demás tipos de interrupciones (conflictos sociales, choques, actividades culturales, mantenimientos de la carretera etc.), son de corto período y no son considerados como interrupciones, debido a que generalmente son eventos que tienen alternativas al flujo normal del tránsito.

Sin embargo si los eventos son condicionales, es decir la ocurrencia de interrupciones de la carretera (evento B) sujeto a que primero ocurra la amenaza de huaico, pero como esta se estima a partir de la ocurrencia de precipitación acumulada extrema (evento A), la probabilidad que se dé una interrupción en la carretera sujeta a que haya una precipitación acumulada extrema estaría determinada por la siguiente ecuación:

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

$P(B/A)$ = Probabilidad de B sujeto a que ocurra A (Probabilidad de que haya interrupción en la carretera sujeto a que haya antes lluvia acumulada extrema)

$n(A \cap B)$ = Número de resultados de la ocurrencia de A y B: Número de Precipitación que causen interrupciones.

$n(A)$ = Número de resultados de la ocurrencia de A: precipitación acumulada extrema.

Entonces, el primer paso será analizar las precipitaciones por cada estación meteorológica y determinar la función de densidad empírica, luego de ello determinamos los valores de precipitación acumulada que más se correlacionan con las interrupciones de la carretera, para determinar cuáles son los niveles de mayor precipitación acumulada que interrumpen la carretera y que pueden deteriorar la calidad de su servicio.

Cuadro N° 27: Estadísticas de las precipitaciones pluviales en la cuenca del río Rímac

N°	ESTACION	UBICACIÓN			PERÍODO DE LAS ESTADÍSTICAS	PROV	DISTRITO
		LONG.	LAT.	ALT.			
1	ÑAÑA	76° 50'20.8	11° 59'19.7	566,00	1964-2011	LIMA	LURIGANCHO
2	CHOSICA	76° 43'1	11° 55'1	850,00	1947-1955	LIMA	LURIGANCHO
3	SANTA EULALIA	76° 40'1.4	11° 55'5.9	982,00	1963-2011	HUAROCHIRI	SANTA EULALIA
4	AUTISHA	76° 36'41	11° 44'18.2	2.314,00	1980-2011	HUAROCHIRI	SAN ANTONIO
5	MATUCANA	76° 22'41.8	11° 50'21.8	2.479,00	1964-2011	HUAROCHIRI	MATUCANA
6	CANCHACALLA	76° 31'53.9	11° 50'42.3	2.554,00	1987-2011	HUAROCHIRI	SAN MATEO DE OTAO
7	SHEQUE	76° 29'56.3	11° 40'.8	3.214,00	1987-2011	HUAROCHIRI	HUANZA
8	CARAMPOMA	76° 30'56	11° 39'19.1	3.489,00	1965-2011	HUAROCHIRI	CARAMPOMA
9	RIO BLANCO	76° 15'33	11° 44'5.3	3.550,00	1985-2011	HUAROCHIRI	CHICLA
10	SAN JOSE DE PARAC	76° 15'30.2	11° 48'2.9	3.866,00	1965-2011	HUAROCHIRI	SAN MATEO
11	TINGO	76° 29'1	11° 37'1	4.200,00	1995-2011	HUAROCHIRI	HUANZA
12	CASAPALCA	76° 14'1.3	11° 38'53.5	4.214,00	1987-2011	HUAROCHIRI	CHICLA
13	MILLOC	76° 21'1	11° 34'17.6	4.398,00	1986-2011	HUAROCHIRI	CARAMPOMA

Fuente: SENAMHI

Se analizarán las estadísticas utilizando algoritmos sencillos (del Excel)⁴⁷ para determinar las frecuencias por cada nivel de precipitación acumulada (desde 5mm hasta 40mm) en cada estación meteorológica y se correlacionará con la variable del tránsito restringido, para determinar el rango de precipitación acumulada que da el mayor nivel de correlación.

Debe de tomarse en cuenta que las tres primeras estaciones meteorológicas que se encuentran a una altura menor a los 1000 msnm, reflejan precipitaciones no significativas, debido a que la mayoría de los meses la precipitación es inferior al 1 mm y por tanto son registrados como ceros. En algunos cortos períodos de tiempo no se tienen datos, y además se asume que las trece estaciones meteorológicas con las que

⁴⁷ El algoritmo, consiste en acumular las veces en que la precipitación diaria acumulada es igual o mayor a cierto nivel de precipitación, los rangos establecidos fueron desde 5 mm hasta los 40mm de lluvia.

cuenta el SENAMHI son representativas de los pisos altitudinales en las que están ubicadas, teniéndose las limitaciones respecto de la información de indicadores físicas tales como la evapotranspiración debido a la falta de estadísticas sobre la radiación y días de sol. Los resultados nos arrojan el siguiente cuadro:

Cuadro N° 28: Correlación entre el tránsito restringido y las lluvias acumuladas

CORRELACIÓN ENTRE TRANSITO RESTRINGIDO Y LLUVIAS ACUMULADAS MENSUALES - A NIVEL DE 40 mm													
CORRELACIÓN	ÑAÑA	CHOSICA	SANTA EULALIA	AUTISHA	MATUCANA	CANCHACAL LA	SHEQUE	CARAMPOMA	RIO BLANCO	SAN JOSE DE PARAC	TINGO	CASAPALCA	MILLOC
COEF. DE CORRELACIÓN	-	-	-	0,23	0,45	0,44	0,33	0,59	0,31	0,49	0,25	0,28	0,40
COEF. R2	-	-	-	0,05	0,20	0,19	0,11	0,35	0,09	0,24	0,06	0,08	0,16
COEF DE ASIMETRÍA	3,92	3,92	3,92	3,78	3,85	3,66	3,42	3,42	2,95	2,93	2,38	2,56	2,09

CORRELACIÓN ENTRE TRANSITO RESTRINGIDO Y LLUVIAS ACUMULADAS MENSUALES - A NIVEL DE 35 mm													
CORRELACIÓN	ÑAÑA	CHOSICA	SANTA EULALIA	AUTISHA	MATUCANA	CANCHACAL LA	SHEQUE	CARAMPOMA	RIO BLANCO	SAN JOSE DE PARAC	TINGO	CASAPALCA	MILLOC
COEF. DE CORRELACIÓN	-	-	-	0,25	0,42	0,45	0,38	0,66	0,38	0,52	0,33	0,32	0,41
COEF. R2	-	-	-	0,06	0,17	0,20	0,14	0,43	0,14	0,27	0,11	0,10	0,17
COEF DE ASIMETRÍA	3,92	3,92	3,92	3,76	3,82	3,60	3,31	3,23	2,78	2,67	2,17	2,45	1,96

CORRELACIÓN ENTRE TRANSITO RESTRINGIDO Y LLUVIAS ACUMULADAS MENSUALES - A NIVEL DE 30 mm													
CORRELACIÓN	ÑAÑA	CHOSICA	SANTA EULALIA	AUTISHA	MATUCANA	CANCHACAL LA	SHEQUE	CARAMPOMA	RIO BLANCO	SAN JOSE DE PARAC	TINGO	CASAPALCA	MILLOC
COEF. DE CORRELACIÓN	-	-	-	0,33	0,47	0,45	0,41	0,71	0,43	0,50	0,37	0,34	0,43
COEF. R2	-	-	-	0,11	0,22	0,20	0,17	0,50	0,18	0,25	0,14	0,12	0,18
COEF DE ASIMETRÍA	3,92	3,92	3,92	3,72	3,79	3,56	3,26	3,04	2,60	2,40	2,04	2,31	1,84

CORRELACIÓN ENTRE TRANSITO RESTRINGIDO Y LLUVIAS ACUMULADAS MENSUALES - A NIVEL DE 25 mm													
CORRELACIÓN	ÑAÑA	CHOSICA	SANTA EULALIA	AUTISHA	MATUCANA	CANCHACAL LA	SHEQUE	CARAMPOMA	RIO BLANCO	SAN JOSE DE PARAC	TINGO	CASAPALCA	MILLOC
COEF. DE CORRELACIÓN	-	-	-	0,32	0,44	0,41	0,39	0,72	0,48	0,53	0,39	0,36	0,47
COEF. R2	-	-	-	0,10	0,19	0,17	0,16	0,52	0,23	0,28	0,15	0,13	0,22
COEF DE ASIMETRÍA	3,92	3,92	3,92	3,65	3,75	3,52	3,14	2,86	2,34	2,10	1,87	2,12	1,69

CORRELACIÓN ENTRE TRANSITO RESTRINGIDO Y LLUVIAS ACUMULADAS MENSUALES - A NIVEL DE 20 mm													
CORRELACIÓN	ÑAÑA	CHOSICA	SANTA EULALIA	AUTISHA	MATUCANA	CANCHACAL LA	SHEQUE	CARAMPOMA	RIO BLANCO	SAN JOSE DE PARAC	TINGO	CASAPALCA	MILLOC
COEF. DE CORRELACIÓN	-	-	-	0,47	0,47	0,44	0,43	0,74	0,50	0,56	0,40	0,36	0,51
COEF. R2	-	-	-	0,22	0,22	0,19	0,19	0,54	0,25	0,32	0,16	0,13	0,26
COEF DE ASIMETRÍA	3,92	3,92	3,92	3,58	3,67	3,45	2,98	2,61	2,10	1,88	1,72	1,95	1,55

CORRELACIÓN ENTRE TRANSITO RESTRINGIDO Y LLUVIAS ACUMULADAS MENSUALES - A NIVEL DE 15 mm													
CORRELACIÓN	ÑAÑA	CHOSICA	SANTA EULALIA	AUTISHA	MATUCANA	CANCHACAL LA	SHEQUE	CARAMPOMA	RIO BLANCO	SAN JOSE DE PARAC	TINGO	CASAPALCA	MILLOC
COEF. DE CORRELACIÓN	-	-	-	0,47	0,54	0,52	0,52	0,72	0,54	0,57	0,44	0,42	0,54
COEF. R2	-	-	-	0,22	0,29	0,27	0,27	0,51	0,29	0,33	0,20	0,18	0,29
COEF DE ASIMETRÍA	3,92	3,92	3,92	3,39	3,43	3,31	2,74	2,39	1,85	1,70	1,56	1,69	1,45

CORRELACIÓN ENTRE TRANSITO RESTRINGIDO Y LLUVIAS ACUMULADAS MENSUALES - A NIVEL DE 10 mm													
CORRELACIÓN	ÑAÑA	CHOSICA	SANTA EULALIA	AUTISHA	MATUCANA	CANCHACAL LA	SHEQUE	CARAMPOMA	RIO BLANCO	SAN JOSE DE PARAC	TINGO	CASAPALCA	MILLOC
COEF. DE CORRELACIÓN	-	-	-	0,58	0,57	0,61	0,52	0,69	0,52	0,54	0,45	0,45	0,57
COEF. R2	-	-	-	0,33	0,33	0,37	0,27	0,48	0,27	0,30	0,20	0,20	0,33
COEF DE ASIMETRÍA	3,92	3,92	3,92	3,18	3,06	2,93	2,50	2,11	1,64	1,49	1,44	1,54	1,30

CORRELACIÓN ENTRE TRANSITO RESTRINGIDO Y LLUVIAS ACUMULADAS MENSUALES - A NIVEL DE 5 mm													
CORRELACIÓN	ÑAÑA	CHOSICA	SANTA EULALIA	AUTISHA	MATUCANA	CANCHACAL LA	SHEQUE	CARAMPOMA	RIO BLANCO	SAN JOSE DE PARAC	TINGO	CASAPALCA	MILLOC
COEF. DE CORRELACIÓN	-	-	-	0,60	0,58	0,61	0,54	0,68	0,53	0,53	0,49	0,46	0,54
COEF. R2	-	-	-	0,36	0,33	0,38	0,29	0,46	0,28	0,29	0,24	0,22	0,29
COEF DE ASIMETRÍA	3,92	3,92	3,92	2,80	2,52	2,54	2,20	1,84	1,41	1,28	1,30	1,39	1,13

Elaboración el autor.

Resumiendo el cuadro anterior podemos darnos cuenta que existen niveles de precipitación acumulada que tienen los mayores niveles de correlación.

Cuadro N° 29: Coeficientes de correlación encontrada entre el tránsito restringido y la precipitación acumulada

ESTADÍSTICO	ÑAÑA	CHOSICA	SANTA EULALIA	AUTISHA	MATUCANA	CANCHACAL LA	SHEQUE	CARAMPOMA	RIO BLANCO	SAN JOSE DE PARAC	TINGO	CASAPALCA	MILLOC
COEF. DE CORRELACIÓN	-	-	-	0,60	0,58	0,61	0,54	0,74	0,54	0,57	0,49	0,46	0,57
COEF. R2	-	-	-	0,36	0,33	0,38	0,29	0,54	0,29	0,33	0,24	0,22	0,33
COEF DE ASIMETRÍA	3,92	3,92	3,92	3,78	3,85	3,66	3,42	3,42	2,95	2,93	2,38	2,56	2,09
Precipitación acumulada				5	5	5 y 10	5	20	15	15 y 20	5	5 y 10	10

Elaboración el autor.

Esto significa en cuanto al coeficiente de correlación, la mayor relación encontrada entre el tránsito restringido o interrumpido y los diferentes niveles de precipitación acumulada es para el nivel de precipitación de 20 mm con 0.74, sin embargo debe de considerarse otras variables ya que depende del nivel de altura el que de cómo resultado un nivel de precipitación diferente. No obstante este estadístico es válido – como se verá más adelante- debido a que la mayor cantidad de variables físicas y ambientales, o de ocupación del territorio las podemos encontrar a esa altura.

En cuanto al coeficiente de correlación R2, se identificó que el mayor nivel fue de 0.54, para la misma estación meteorológica de Carampoma, con lo cual se explica que la proporción de la varianza del tránsito restringido depende de la varianza de las lluvias acumuladas.

Finalmente, el coeficiente de asimetría nos indica que la asimetría de una distribución respecto de su media, es menor 2.09 en el nivel más alto de las estaciones meteorológicas, con lo cual se infiere que las precipitaciones acumuladas cercanas al nivel de 4500 msnm son más estables, probablemente debido a que esta depende fundamentalmente de variables físicas y no de variables de origen antrópica que es más inestable.

El cuadro siguiente muestra el número de veces en cada mes en que la precipitación acumulada diaria (de 24 horas continuas) es igual o supera los 20 mm (La prueba se realizó en cada rango desde 5mm hasta los 40mm por cada estación meteorológica).

Cuadro N° 30: Frecuencia de las lluvias acumuladas mensuales mayores a 20 mm por cada estación meteorológica

		N° DE LLUVIAS ACUMULADAS MENSUALES >20mm (Período 1998-2011)										
MES/AÑO	TRANSITO RESTRINGIDO	AUTISHA	MATUCANA	CANCHACALLA	SHEQUE	CARAMPO MA	RIO BLANCO	SAN JOSE DE PARAC	TINGO	CASAPALCA	MILLOC	
2008	ENE	3	5	2	16	7	11	12	11	0	10	18
	FEB	11	8	10	4	12	13	9	16	19	14	18
	MAR	3	3	0	2	2	1	3	7	7	7	7
	ABR	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3
	MAY	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	JUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	JUL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SEP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OCT	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	2
	NOV	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	DIC	0	0	1	0	1	7	6	6	7	8	10
2009	ENE	22	5	4	7	6	11	12	17	12	12	14
	FEB	15	6	6	3	23	15	25	15	15	11	23
	MAR	31	3	4	9	11	12	10	12	12	7	19
	ABR	27	0	0	0	2	5	7	8	5	8	13
	MAY	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	JUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	JUL	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SEP	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	OCT	0	0	0	0	3	4	2	4	5	8	11
	NOV	0	0	0	0	9	4	11	13	16	15	18
	DIC	0	0	2	0	3	1	8	8	18	17	14
2010	ENE	1	0	0	0	3	0	17	14	19	27	25
	FEB	0	2	3	0	5	0	8	11	10	16	14
	MAR	4	0	3	0	3	10	12	11	18	20	12
	ABR	0	0	0	0	0	0	2	2	6	7	5
	MAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	JUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	JUL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGO	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SEP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OCT	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	2
	NOV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	8
	DIC	0	0	0	1	9	7	17	20	21	19	21
2011	ENE	27	2	1	1	0	20	14	19	18	25	17
	FEB	7	9	0	0	0	1	11	11	19	0	15
	MAR	6	0	0	0	0	8	13	18	15	0	14
	ABR	0	0	1	0	0	2	9	9	15	0	8
	MAY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	JUN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	JUL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	AGO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SEP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	OCT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NOV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DIC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Del tránsito restringido: Ministerio de Transportes. De la precipitación pluvial: SENAMHI.
Elaboración el autor.

Una vez conocido el mayor nivel de correlación, para lluvias acumuladas mayores a los 20 mm, veremos cuál es la distribución de probabilidades de esta.

La probabilidad mensual se ha calculado como el número de veces que la precipitación iguala o supera los 20 mm en el período de 31 días, para los meses de enero a diciembre, excepto el mes de febrero que se ha calculado para 28 días.

Cuadro N° 31: Probabilidad mensual de la frecuencia de lluvias acumuladas > 20mm (en base a las series anuales)

N°	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	PROBABILIDAD MENSUAL											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	ESTACIÓN DE ÑAÑA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	ESTACIÓN DE CHOSICA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	ESTACIÓN DE SANTA EULALIA	0,00	0,01	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	ESTACIÓN DE AUTISHA	0,03	0,15	0,08	0,00	-	-	-	-	-	-	-	0,01
5	ESTACIÓN DE MATUCANA	0,06	0,11	0,13	0,01	-	-	-	-	0,00	-	0,00	0,03
6	ESTACIÓN DE CANCHACALLA	0,09	0,14	0,18	0,03	-	-	-	-	-	-	0,00	0,04
7	ESTACIÓN DE SHEQUE	0,19	0,27	0,33	0,06	0,01	-	-	-	0,00	0,02	0,04	0,13
8	ESTACIÓN DE CARAMPOMA	0,14	0,20	0,18	0,03	-	-	-	0,00	0,00	0,01	0,04	0,08
9	ESTACIÓN DE RIO BLANCO	0,19	0,28	0,24	0,04	-	-	-	-	0,00	0,02	0,06	0,17
10	ESTACIÓN DE SAN JOSÉ DE PARAC	0,27	0,34	0,32	0,04	0,00	-	-	-	0,00	0,04	0,06	0,19
11	ESTACIÓN DE TINGO	0,28	0,46	0,46	0,18	0,01	-	-	-	0,03	0,07	0,10	0,32
12	ESTACIÓN DE CASAPALCA	0,33	0,28	0,32	0,07	0,01	-	-	0,00	0,01	0,07	0,09	0,19
13	ESTACIÓN DE MILOC	0,42	0,38	0,35	0,10	0,01	0,00	-	0,01	0,03	0,10	0,15	0,28

Elaboración el autor.

Para nuestros cálculos significa que el 74% del número de interrupciones del tránsito se deben a lluvias acumulada, es decir al niveles superiores de precipitación en el orden de los 20mm. Si reemplazamos en la ecuación:

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

Tendremos:

$$P(B/A) = \frac{\text{Coef. Corr. de tránsito restringido y lluvias acum.} \times N^{\circ} \text{Lluvias acumuladas}}{N^{\circ} \text{Lluvias acumuladas}}$$

Y hallaremos el siguiente cuadro:

Cuadro N° 32: Coeficientes de correlación entre lluvias acumuladas y tránsito restringido

ESTADÍSTICO	ÑAÑA	CHOSICA	SANTA EULALIA	AUTISHA	MATUCANA	CANCHACALLA	SHEQUE	CARAMPOMA	RIO BLANCO	SAN JOSE DE PARAC	TINGO	CASAPALCA	MILLOC
COEF. DE CORRELACIÓN	-	-	-	0,60	0,58	0,61	0,54	0,74	0,54	0,57	0,49	0,46	0,57

Elaboración el autor.

Que viene hacer el mismo cuadro N° 34 del que se extraen los coeficientes de correlación. Por tanto:

$$P(B/A) = n(A \cap B)/n(A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} = \text{Correlación entre tránsito restringido y lluvias acumuladas}$$

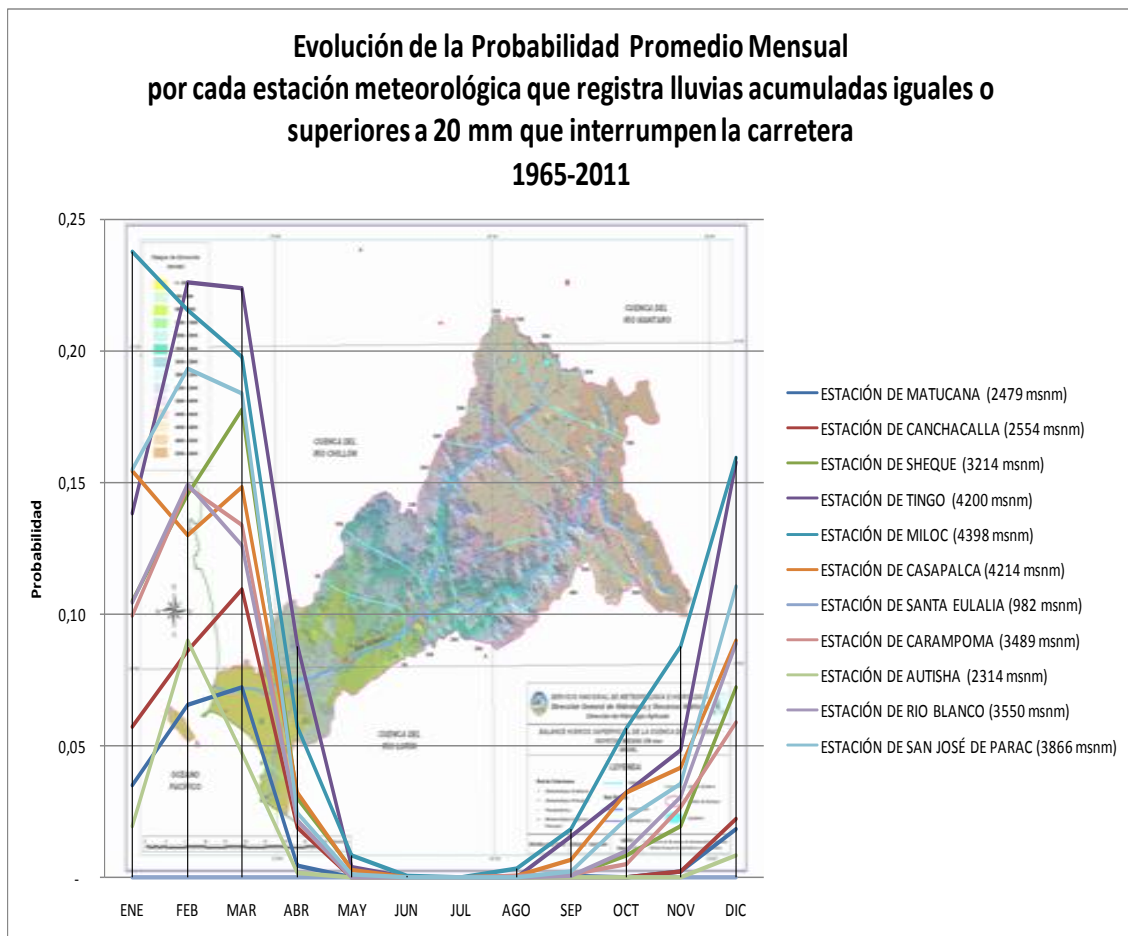
Además como sabemos la probabilidad de las lluvias acumuladas, podemos multiplicarlas por los coeficientes de correlación y obtendremos la probabilidad de que las lluvias acumuladas mayores a 20 mm afecten o interrumpan la carretera.

Cuadro N° 33: Probabilidad de las lluvias acumuladas interrumpan la carretera

N°	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	PROBABILIDAD MENSUAL DE LA FRECUENCIA DE LLUVIAS ACUMULADAS > 20MM QUE INTERRUMPEN LA CARRETERA											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	ESTACIÓN DE ÑAÑA (566 msnm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	ESTACIÓN DE CHOSICA (850 msnm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	ESTACIÓN DE SANTA EULALIA (982 msnm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	ESTACIÓN DE AUTISHA (2314 msnm)	0,02	0,09	0,05	0,00	-	-	-	-	-	-	-	0,01
5	ESTACIÓN DE MATUCANA (2479 msnm)	0,03	0,07	0,07	0,00	-	-	-	-	0,00	-	0,00	0,02
6	ESTACIÓN DE CANCHACALLA (2554 msnm)	0,06	0,09	0,11	0,02	-	-	-	-	-	-	0,00	0,02
7	ESTACIÓN DE SHEQUE (3214 msnm)	0,10	0,15	0,18	0,03	0,00	-	-	-	0,00	0,01	0,02	0,07
8	ESTACIÓN DE CARAMPOMA (3489 msnm)	0,10	0,15	0,13	0,02	-	-	-	0,00	0,00	0,01	0,03	0,06
9	ESTACIÓN DE RIO BLANCO (3550 msnm)	0,10	0,15	0,13	0,02	-	-	-	-	0,00	0,01	0,03	0,09
10	ESTACIÓN DE SAN JOSÉ DE PARAC (3866 msnm)	0,15	0,19	0,18	0,02	0,00	-	-	-	0,00	0,02	0,04	0,11
11	ESTACIÓN DE TINGO (4200 msnm)	0,14	0,23	0,22	0,09	0,00	-	-	-	0,02	0,03	0,05	0,16
12	ESTACIÓN DE CASAPALCA (4214 msnm)	0,15	0,13	0,15	0,03	0,00	-	-	0,00	0,01	0,03	0,04	0,09
13	ESTACIÓN DE MILOC (4398 msnm)	0,24	0,22	0,20	0,06	0,01	0,00	-	0,00	0,02	0,06	0,09	0,16

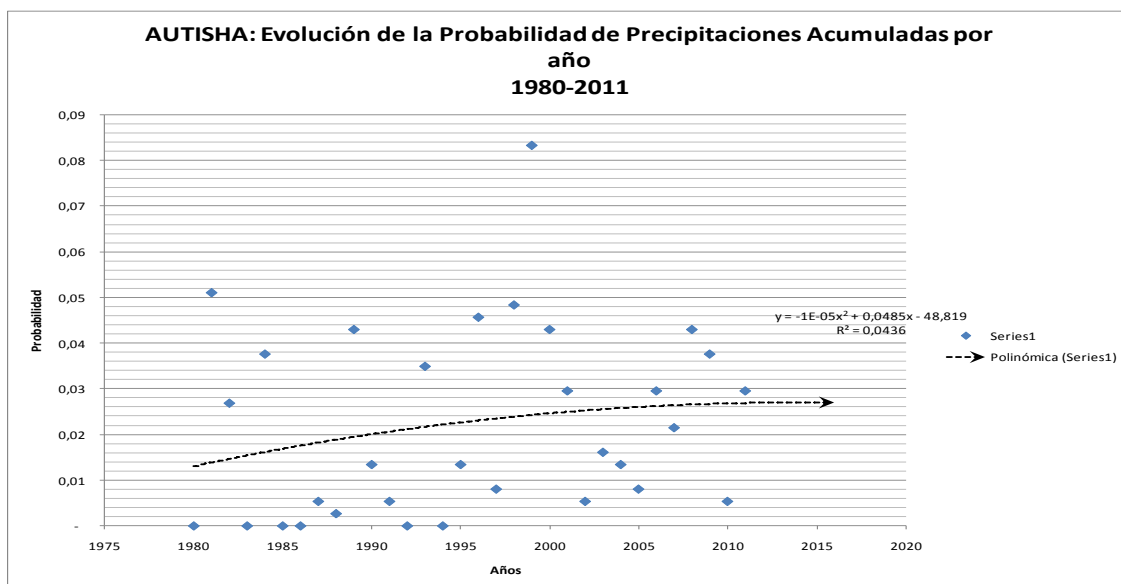
De otro lado para conocer la evolución de estas probabilidades a lo largo del año y por cada estación meteorológica, tomamos los promedios mensuales de la precipitación acumulada para saber la línea de tendencia anual y estacional que obtuvimos en el 0 y así podemos observar la siguiente gráfica:

Gráfico N° 13: Evolución de la probabilidad de lluvias ≥ 20 mm



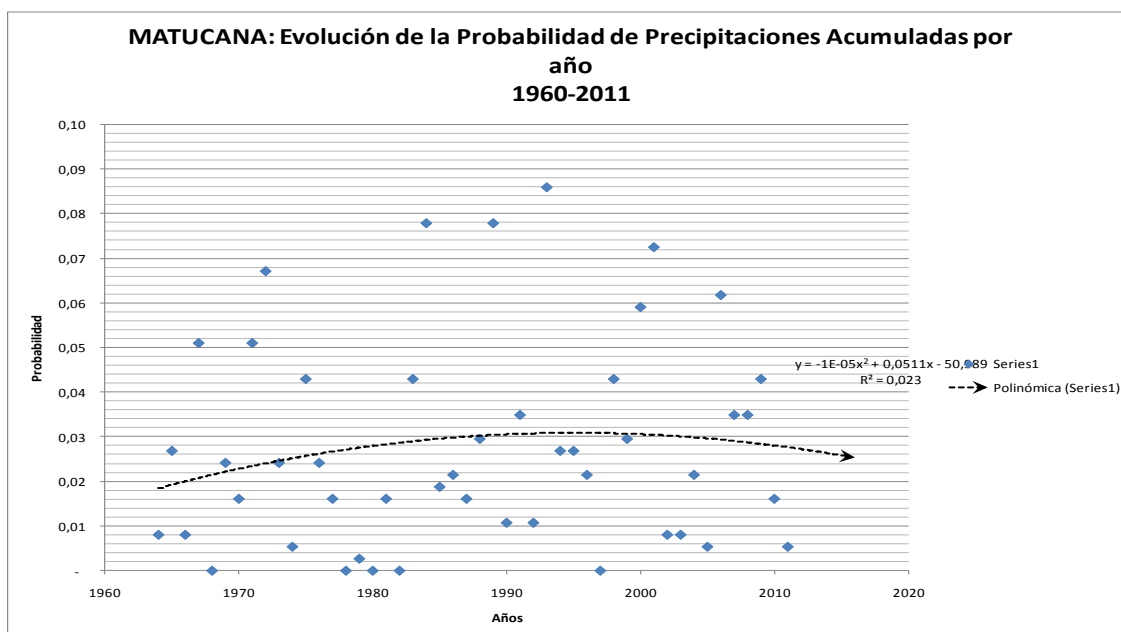
La cual nos muestra el carácter estacional de las lluvias y la relación que existe de éstas con la altura. Podemos observar que para el nivel de precipitación acumulada de 20 mm la precipitación aumenta en los 4 meses de verano comprendidos entre diciembre y marzo, aumentando las lluvias en relación a las estaciones meteorológicas más altas. Debido a que en las estaciones meteorológicas que están por debajo de los 1000 msnm, registran precipitaciones insignificantes (menores a 1 mm), se realiza el análisis de las estaciones superiores en altura, tal como sigue a continuación:

Gráfico N° 14: Estación Meteorológica Autisha



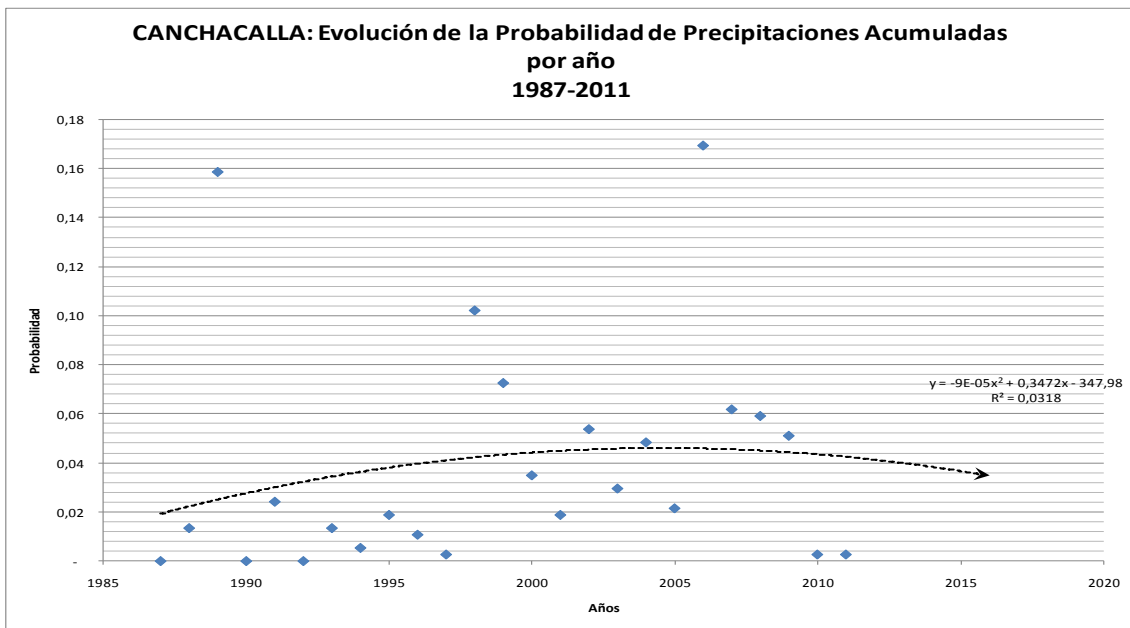
Autisha estación ubicada a 2314 msnm en el distrito San Antonio, en la provincia de Huarochirí, en este gráfico representa la frecuencia de las precipitaciones diarias sucesivas durante cada año de 365 días, la evolución de esta frecuencia nos indica si esta aumenta, disminuye o permanece constante. En este caso el gráfico nos indica que hay una ligera pendiente de elevación, que indica que habría un ligero aumento de la frecuencia de lluvias diarias sucesivas que superan los 20mm en forma acumulada.

Gráfico N° 15: Estación Meteorológica Matucana



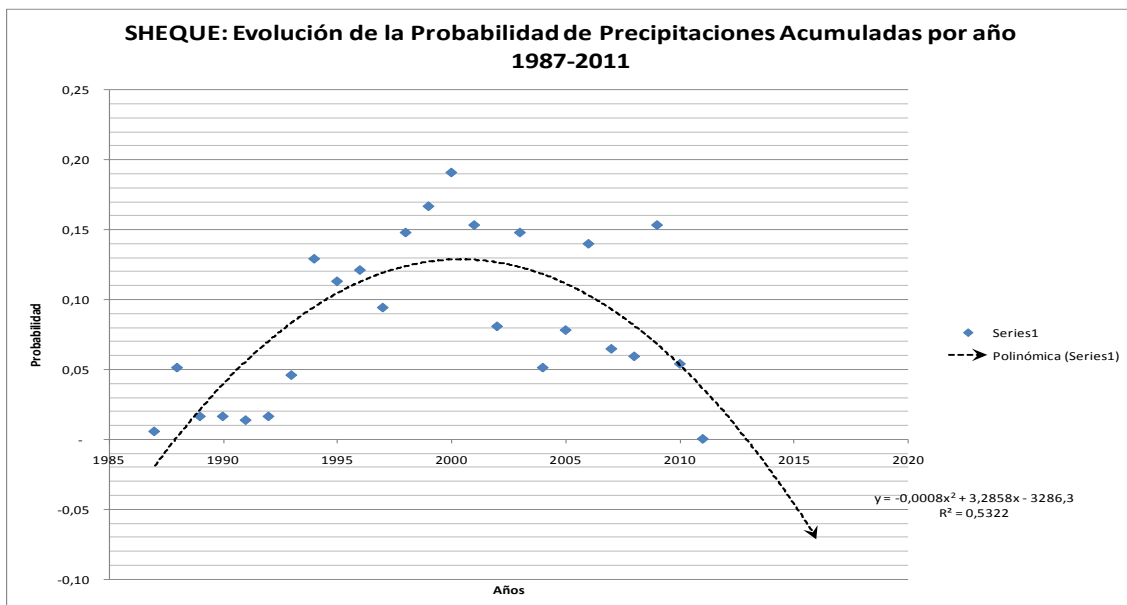
Esta estación ubicada a 2479 msnm en el distrito Matucana, en la provincia de Huarochirí, en este gráfico al igual que el anterior representa la frecuencia de las precipitaciones diarias sucesivas durante cada año de 365 días, al observarlo nos indica que está disminuyendo la frecuencia de lluvias diarias sucesivas que superan los 20mm en forma acumulada.

Gráfico N° 16: Estación Meteorológica Canchacalla



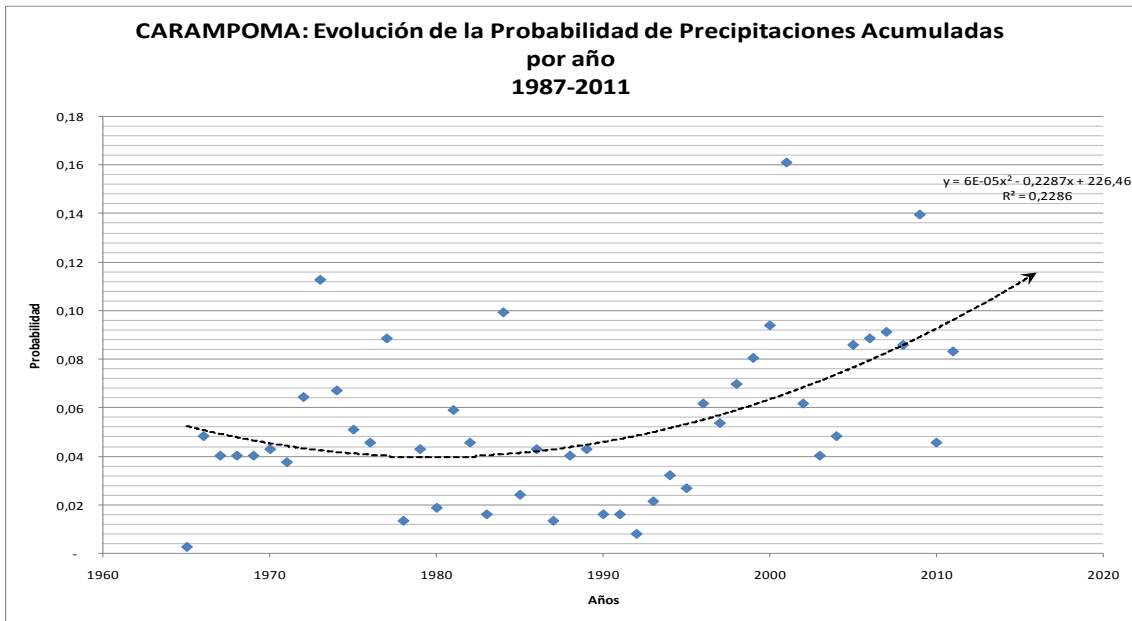
Esta estación de Canchacalla, ubicada a 2554 msnm en el distrito de San Mateo de Otao, en la provincia de Huarochirí, muestra un gráfico el cual nos indica que está disminuyendo la frecuencia de lluvias diarias sucesivas que superan los 20mm en forma acumulada.

Gráfico N° 17: Estación Meteorológica Sheque



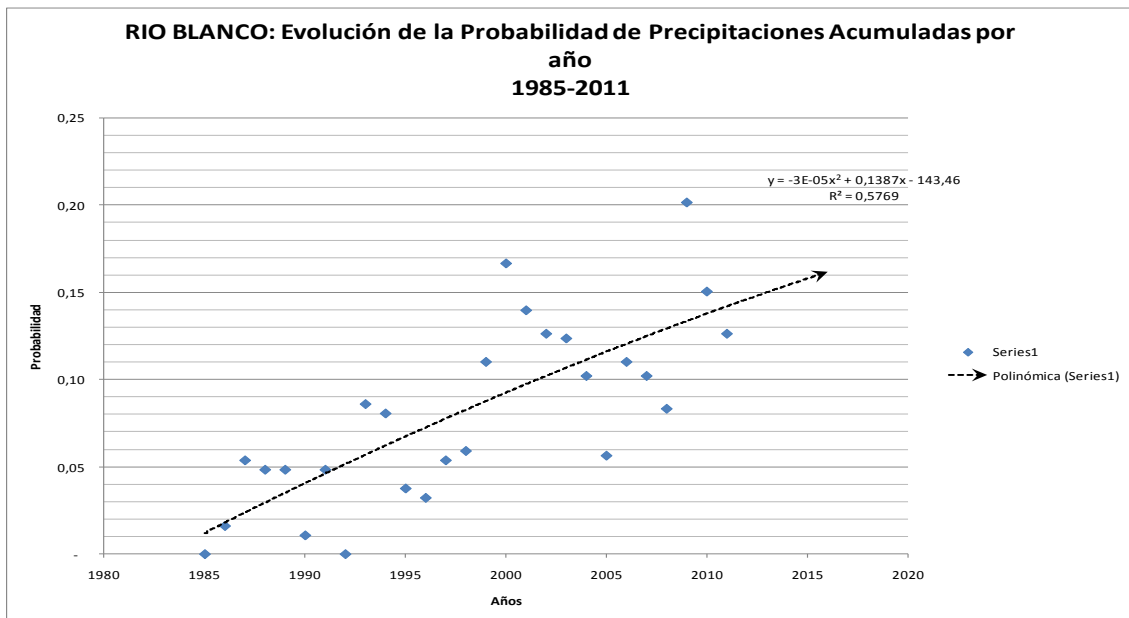
Esta estación ubicada a 3214 msnm en el distrito de Huanza, en la provincia de Huarochirí este gráfico nos indica que está disminuyendo la frecuencia de lluvias diarias sucesivas que superan los 20mm en forma acumulada de una forma extrema.

Gráfico N° 18: Estación Meteorológica Carampoma



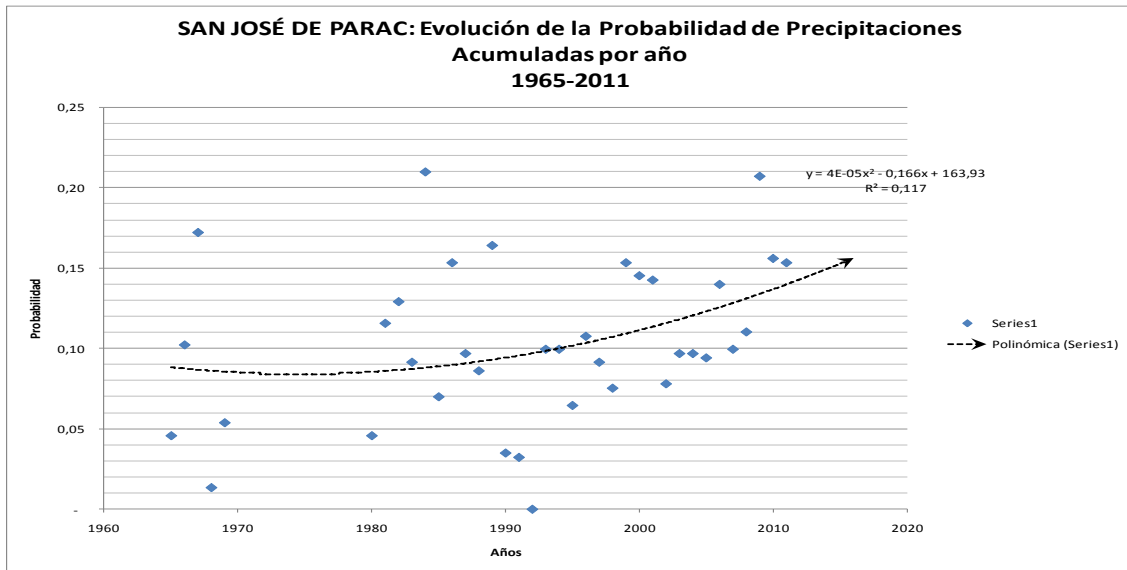
Esta estación ubicada a 3489 msnm en el distrito de Carampoma, en la provincia de Huarochirí este gráfico nos indica que esta la frecuencia de lluvias diarias sucesivas que superan los 20mm en forma acumulada está aumentando en forma significativa.

Gráfico N° 19: Estación Meteorológica Río Blanco



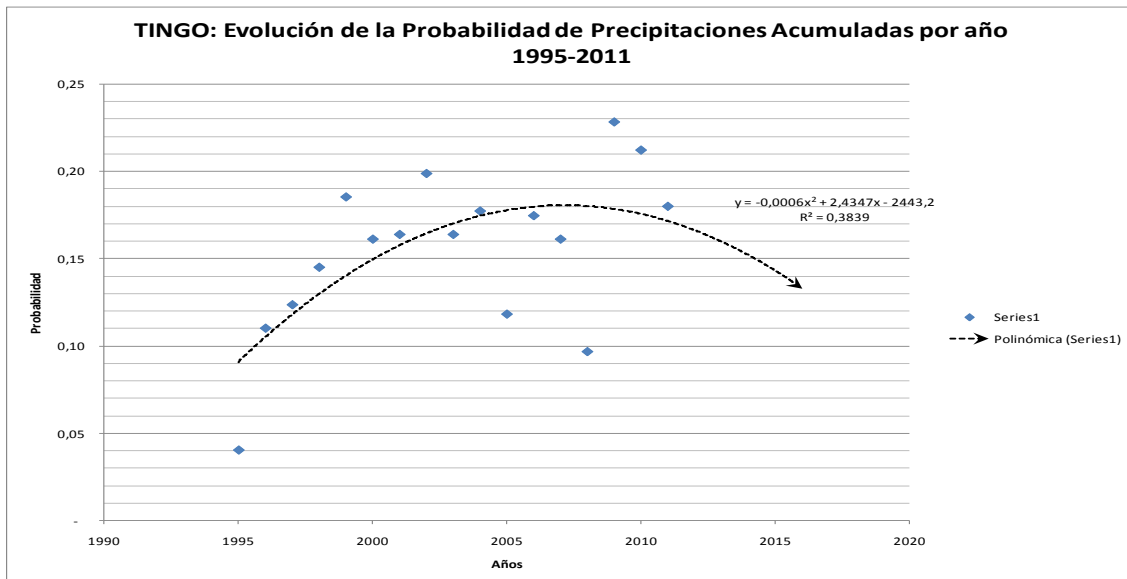
Esta estación ubicada a 3550 msnm en el distrito de Chicla, en la provincia de Huarochirí este gráfico nos indica que esta la frecuencia de lluvias diarias sucesivas que superan los 20mm en forma acumulada está aumentando en forma significativa.

Gráfico N° 20: Estación Meteorológica San José de Parac



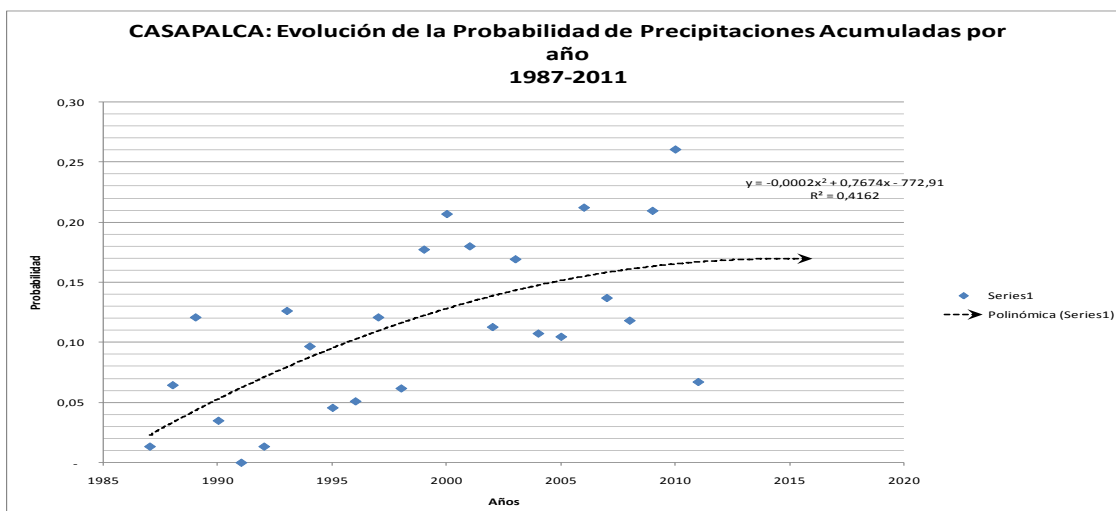
Esta estación ubicada a 3866 msnm en el distrito de San Mateo, en la provincia de Huarochirí este gráfico nos indica que está aumentando la frecuencia de lluvias diarias sucesivas que superan los 20mm en forma acumulada.

Gráfico N° 21: Estación Meteorológica Tingo



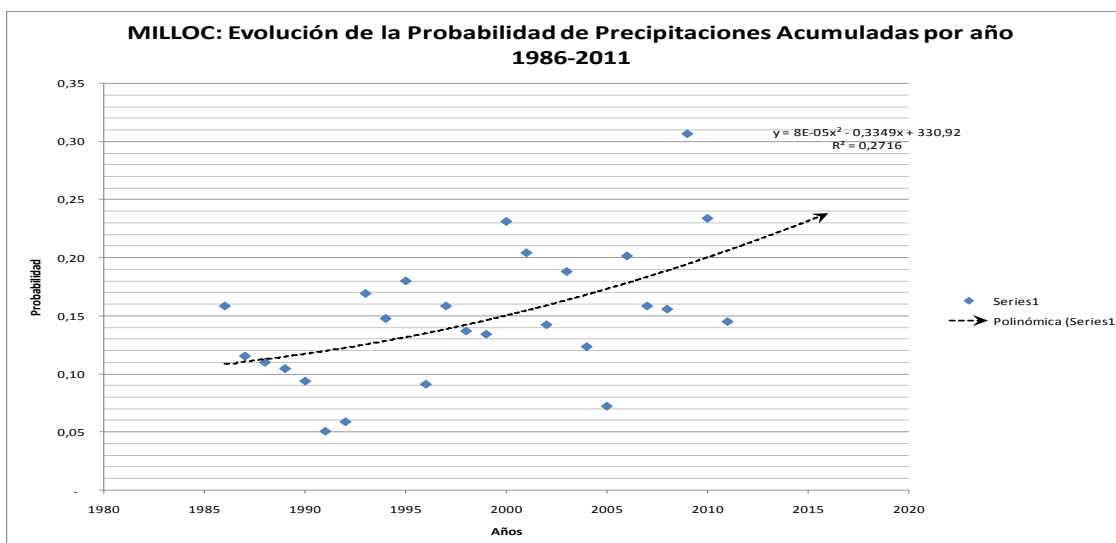
Esta estación ubicada a 4200 msnm en el distrito de Huanza, en la provincia de Huarochirí este gráfico nos indica que está aumentando la frecuencia de lluvias diarias sucesivas que superan los 20mm en forma acumulada.

Gráfico N° 22: Estación Meteorológica Casapalca



Esta estación ubicada a 4214 msnm en el distrito de Casapalca, en la provincia de Huarochirí este gráfico nos indica que está aumentando la frecuencia de lluvias diarias sucesivas que superan los 20mm en forma acumulada.

Gráfico N° 23: Estación Meteorológica Milloc



Esta estación ubicada a 4398 msnm en el distrito de Caranpoma, en la provincia de Huarochirí este gráfico nos indica que está aumentando en forma significativa la frecuencia de lluvias diarias sucesivas que superan los 20mm en forma acumulada.

En conclusión los gráficos precedentes nos han mostrado que para el nivel de precipitación diaria acumulada de 20 mm, la parte baja de la cuenca por debajo de los 3000 msnm, viene presentando una disminución en su frecuencia, con evidencia estadística del registro de 4 estaciones, y si consideramos a las 3 estaciones por debajo de los 1000 msnm, serían 7 las estaciones que registran un descenso significativo en el nivel de precipitación acumulada diaria, lo cual nos indica que la capacidad de acumular agua está disminuyendo.

De otro lado con el registro de 6 estaciones meteorológicas, a partir de los 3500 msnm las precipitaciones diarias acumuladas que superan los 20 mm vienen aumentando.

Esto nos indica que la probabilidad de huaico e interrupción ocasionada, sólo por el factor de precipitación acumulada está aumentando en la parte más elevada de la cuenca. Comprendiendo que también existen otros factores que contribuyen al desenlace de un huaico.

Cuadro N° 34: Resumen de probabilidades por estación meteorológica

N°	ESTACION	UBICACIÓN	DISTRITO	TENDENCIA DE LAPRECIPITACIÓN	PROBABILIDAD PROMEDIO POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA			
		ALT.(msnm)			DIC	ENE	FEB	MAR
1	NANA	566	LURIGANCHO	NO SIGNIFICATIVA	-	-	-	-
2	CHOSICA	850	LURIGANCHO		-	-	-	-
3	SANTA EULALIA	982	SANTA EULALIA		-	0,0102	0,0102	0,0079
4	AUTISHA	2.314	SAN ANTONIO	DISMINUYE	0,0141	0,0323	0,1496	0,0786
5	MATUCANA	2.479	MATUCANA		0,0316	0,0605	0,1138	0,1257
6	CANCHACALLA	2.554	SAN MATEO DE OTAO		0,0361	0,0929	0,1400	0,1781
7	SHEQUE	3.214	HUANZA		0,1329	0,1935	0,2686	0,3277
8	CAMPOMA	3.489	CAMPOMA	AUMENTA	0,0796	0,1352	0,2014	0,1819
9	RIO BLANCO	3.550	CHICLA		0,1661	0,1947	0,2791	0,2354
10	SAN JOSE DE PARAC	3.866	SAN MATEO		0,1935	0,2711	0,3378	0,3217
11	TINGO	4.200	HUANZA		0,3226	0,2827	0,4622	0,4573
12	CASAPALCA	4.214	CHICLA		0,1935	0,3329	0,2800	0,3200
13	MILLOC	4.398	CAMPOMA		0,2792	0,4156	0,3764	0,3462

La probabilidad promedio mensual en los meses de más lluvias en la cuenca del río Rímac está representada por el cuadro precedente, en el podemos observar 3 grupos bien diferenciados respecto de su nivel promedio de probabilidad de acumular lluvias por más de 20 mm. Vemos que en las tres primeras estaciones que están por debajo de los 1000 msnm no hay lluvias significativas, a partir de los 2500 a los 3200 msnm la información de 4 estaciones meteorológicas nos indica que la probabilidad está disminuyendo, es decir hay menor probabilidad de que aumenten las precipitaciones mayores a los 20mm, finalmente a partir de los 3500 msnm la probabilidad aumenta, registrándose esta en 6 de las 13 estaciones meteorológicas alrededor de la cuenca del río Rímac.

Finalmente, se estima la probabilidad de precipitación mayor a 20 mm en cada estación, basándose en esta frecuencia, se divide esta por la cantidad de días al año, y obtenemos el siguiente cuadro:

Cuadro N° 35: Probabilidad de precipitación ≥ 20 mm promedio anual

PROBABILIDAD DE PRECIPITACIÓN MAYOR A 20MM POR ESTACIÓN EN BASE AL PROMEDIO ANUAL													
AÑO\Nº ESTACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1985	-	-	-	-	0,0188			0,0242	-	0,0699			
1986	-	-	-	-	0,0215			0,0430	0,0161	0,1532			0,1586
1987	-	-	-	0,0054	0,0161	-	0,0054	0,0134	0,0538	0,0968		0,0134	0,1156
1988	-	-	-	0,0027	0,0296	0,0134	0,0511	0,0403	0,0484	0,0860		0,0645	0,1102
1989	-	-	-	0,0430	0,0780	0,1586	0,0161	0,0430	0,0484	0,1640		0,1210	0,1048
1990	-	-	0,0027	0,0134	0,0108	-	0,0161	0,0161	0,0108	0,0349		0,0349	0,0941
1991	-	-	-	0,0054	0,0349	0,0242	0,0134	0,0161	0,0484	0,0323		-	0,0511
1992	-	-	-	-	0,0108	-	0,0161	0,0081	-	-		0,0134	0,0591
1993	-	-	-	0,0349	0,0860	0,0134	0,0457	0,0215	0,0860	0,0995		0,1263	0,1694
1994	-	-	-	-	0,0269	0,0054	0,1290	0,0323	0,0806	0,0995		0,0968	0,1478
1995	-	-	-	0,0134	0,0269	0,0188	0,1129	0,0269	0,0376	0,0645	0,0403	0,0457	0,1801
1996	-	-	-	0,0457	0,0215	0,0108	0,1210	0,0618	0,0323	0,1075	0,1102	0,0511	0,0914
1997	-	-	-	0,0081	-	0,0027	0,0941	0,0538	0,0538	0,0914	0,1237	0,1210	0,1586
1998	-	-	-	0,0484	0,0430	0,1022	0,1478	0,0699	0,0591	0,0753	0,1452	0,0618	0,1371
1999	-	-	-	0,0833	0,0296	0,0726	0,1667	0,0806	0,1102	0,1532	0,1855	0,1774	0,1344
2000	-	-	0,0027	0,0430	0,0591	0,0349	0,1909	0,0941	0,1667	0,1452	0,1613	0,2070	0,2312
2001	-	-	-	0,0296	0,0726	0,0188	0,1532	0,1613	0,1398	0,1425	0,1640	0,1801	0,2043
2002	-	-	0,0054	0,0054	0,0081	0,0538	0,0806	0,0618	0,1263	0,0780	0,1989	0,1129	0,1425
2003	-	-	-	0,0161	0,0081	0,0296	0,1478	0,0403	0,1237	0,0968	0,1640	0,1694	0,1882
2004	-	-	-	0,0134	0,0215	0,0484	0,0511	0,0484	0,1022	0,0968	0,1774	0,1075	0,1237
2005	-	-	-	0,0081	0,0054	0,0215	0,0780	0,0860	0,0565	0,0941	0,1183	0,1048	0,0726
2006	-	-	-	0,0296	0,0618	0,1694	0,1398	0,0887	0,1102	0,1398	0,1747	0,2124	0,2016
2007	-	-	-	0,0215	0,0349	0,0618	0,0645	0,0914	0,1022	0,0995	0,1613	0,1371	0,1586
2008	-	-	-	0,0430	0,0349	0,0591	0,0591	0,0860	0,0833	0,1102	0,0968	0,1183	0,1559
2009	-	-	-	0,0376	0,0430	0,0511	0,1532	0,1398	0,2016	0,2070	0,2285	0,2097	0,3065
2010	-	-	-	0,0054	0,0161	0,0027	0,0538	0,0457	0,1505	0,1559	0,2124	0,2608	0,2339
2011	-	-	-	0,0296	0,0054	0,0027	-	0,0833	0,1263	0,1532	0,1801	0,0672	0,1452

En la parte alta de la cuenca, son más frecuentes las amenazas, sin embargo en la parte baja es más vulnerable la población (debido a que hay más exposición de la población), se debe de recordar que el bien en estudio son puentes y carreteras, entonces la vulnerabilidad de este bien público está medido por su nivel de exposición al efecto del huaico, es decir estará relacionada con la distancia (cantidad de puntos por tramo y distancia a la carretera y área de la micro cuenca que es activada por las lluvias acumuladas).

V.3 Análisis de Vulnerabilidad de La Carretera (PASO N° 3)

Medición de la vulnerabilidad del sector transportes en la cuenca del Rímac:

Los tres elementos que vamos analizar y que afectan la vulnerabilidad de los puentes y carreteras de manera directa son:

- Exposición, medido por la distancia entre el área de influencia del huaico, zona de drenaje (desde el punto de vista geológico) y la carretera. (medidos como vulnerabilidad física y ambiental)
- Fragilidad, expresado en porcentaje o fracción del estado del puente y carretera.(vulnerabilidad estructural)
- Y la resiliencia, medido por el grado de organización de las organizaciones y autoridades relacionadas al sector transportes, a cargo de rehabilitar el tránsito. (se determina a partir de las vulnerabilidades social, económica y política).

La interpretación de la medición de las vulnerabilidades está inspirada en la definición “la vulnerabilidad esta expresado en el grado de daño esperado (por ejemplo el costo de reparar dividido entre el costo de reemplazar) dándose en una escala de 0 a 1, - 0 es sin daño y 1 pérdida total - como una función de la intensidad de la amenaza” UNDRO (1991) p.79.

Adicionalmente es de resaltar que las vulnerabilidades son contracara de la resiliencia, es el otro lado de la vulnerabilidad, es decir tal como lo define el IPCC (2001) p.89 “La resiliencia es el otro lado de la vulnerabilidad –un sistema o población resiliente no es sensible a la variabilidad y cambio del clima y tiene capacidad para adaptarse”. Es importante señalar esto debido a que toda la interpretación de la vulnerabilidad y el posterior cálculo del riesgo, se basa en el hecho de que tanto la vulnerabilidad como la resiliencia de un sistema o población son complementarios y su expresión es la unidad. Si un sistema o población tiene una vulnerabilidad estimada en porcentaje p%, la resiliencia estará interpretada una estimación de 1-p%.

Como se verá más adelante esta interpretación ayudará mucho al calcular la vulnerabilidad directa, la cual está relacionada con las vulnerabilidades física, ambiental y estructural, cada una de ellas con su respectivo nivel de resiliencia. De la misma forma al estimar la vulnerabilidad indirecta: social, económica y política, estaremos también calculando su nivel de resiliencia.

Finalmente, se debe tener atención en que esta división de vulnerabilidad directa respecto de la indirecta, hace hincapié en dos momentos fundamentales de una emergencia o desastre, el momento 0 (inmediatamente o durante el la ocurrencia del desastre) relacionado a la vulnerabilidad directa y el momento 1 (posterior al desastre), relacionado a la vulnerabilidad indirecta.

Cuadro N° 36: Selección de las variables para medir la vulnerabilidad de la carretera Lima-La Oroya

TIPO DE VULNERABILIDAD	INDICADOR	FUENTE	MUESTRA
FISICA	distancia + pendiente promedio	GOOGLE EARTH PRO	30 ptos. Críticos
AMBIENTAL	IDH +degradación ambiental	MINAM	28 distritos
ESTRUCTURAL	Inventario estructural	MTC	28 distritos
INSTITUCIONAL	cuestionario	MTC	28 distritos
ECONÓMICA (DIRECTA)	Inversiones de la carretera	Banco de Proyectos + MTC	6 tramos
ECONÓMICA (INDIRECTA)	Valor directo e indirecto de la carretera	MTC+MML+SNIP+PEAJES	28 distritos
SOCIAL	Pobreza Monetaria, Necesidades básicas insatisfechas	INEI+ENAHO	28 distritos

Estimación de la Vulnerabilidad Física (Localización)

La vulnerabilidad física es el tipo de vulnerabilidad relacionada directamente con que la amenaza se convierta en un siniestro, y esta explicada por el grado de exposición que tiene el bien amenazado respecto de la amenaza y depende de la localización del bien amenazado respecto de la amenaza.

En el caso de la ocurrencia de interrupciones en la carretera a causa de Huaicos, estos tienen que ver con la cercanía que hay desde el desborde de la masa de lodo hasta la carretera, interrumpiéndola. La forma de calcular esta distancia, se ha realizado a través de la medición del desembalse de la cuenca vertiente de 8 a 10 km², que generalmente son cárcavas y están relacionadas fuertemente con la pendiente.

Se ha tomado empíricamente (desde las imágenes del *Google Earth Pro*), alrededor de 47 puntos críticos, de los cuales se ha descartado 17 debido a que presentan proyectos de canalización de los huaicos y deslizamientos, así como de una amplia zona de amortiguamiento, definiéndose 30 puntos críticos, con los cuales se han medido la pendiente promedio y la distancia.

Esta forma de estimar la vulnerabilidad física se base en las investigaciones de Aruquipa, 1992; y las de Guillen y Santander, 1989, quienes indican que no se requieren condiciones climáticas extraordinarias, sobre todo de precipitación, para la formación de huaicos. Así por ejemplo, los huaicos de 1987 en las quebradas de quirio y pedregal, y la de cashahuacra, se originaron con precipitaciones de 9 a 10 mm durante 1 hora, mientras que la precipitación media máxima en la cuenca del Rímac es de 7 mm, según su investigación, mientras que para la presente investigación esta es de 6.2mm, en el período de 1964 al 2010 (estación matucana). Se han tomado los puntos críticos que al pie de la pendiente, es posible que desemboque un deslizamiento de lodo y piedras, y desde allí se han tomado las distancias que hay hasta la carretera central.

Cuadro N° 37: Puntos críticos de la carretera central

Tramos de la carretera (km)	KM DE LA CARRETERA	% DE LA DISTANCIA CUBIERTA (KM)	Nº de pto críticos	Distancia del final del huayco a la carretera (metros)	Pendiente Promedio (grados)	A (pendiente/pendiente máxima)	B (Distanc/ Dist Máx)	C (1/B)	D (Ax C)	INDICE DE VULNERABILIDAD RELATIVA	PROMEDIO POR TRAMO
Callao-Chosica	50,00	26%	3	1.250,00	30,00	0,40	0,81	1,24	0,50	2%	3%
				800,00	33,00	0,44	0,52	1,94	0,85	3%	
				825,00	30,00	0,40	0,53	1,88	0,75	3%	
Chosica-San Jerónimo de Surco	30,00	16%	4	655,00	31,00	0,41	0,42	2,37	0,98	4%	6%
				481,00	45,00	0,60	0,31	3,22	1,93	8%	
				1.551,00	44,00	0,59	1,00	1,00	0,59	2%	
				356,00	50,00	0,67	0,23	4,36	2,90	12%	
San Jeronimo de Surco-Matucana	8,00	4%	9	54,00	65,00	0,87	0,03	28,72	24,89	100%	27%
				124,00	75,00	1,00	0,08	12,51	12,51	50%	
				138,00	28,00	0,37	0,09	11,24	4,20	17%	
				189,33	33,00	0,44	0,12	8,19	3,60	14%	
				231,33	38,00	0,51	0,15	6,70	3,40	14%	
				273,33	43,00	0,57	0,18	5,67	3,25	13%	
				315,33	48,00	0,64	0,20	4,92	3,15	13%	
				357,33	53,00	0,71	0,23	4,34	3,07	12%	
Matucana - San Mateo	15,00	8%	8	441,33	63,00	0,84	0,28	3,51	2,95	12%	7%
				483,33	68,00	0,91	0,31	3,21	2,91	12%	
				525,33	30,00	0,40	0,34	2,95	1,18	5%	
				567,33	25,00	0,33	0,37	2,73	0,91	4%	
				609,33	45,00	0,60	0,39	2,55	1,53	6%	
				651,33	51,00	0,68	0,42	2,38	1,62	7%	
				693,33	56,00	0,75	0,45	2,24	1,67	7%	
San Mateo - Casapalca	30,00	16%	4	735,33	44,00	0,59	0,47	2,11	1,24	5%	3%
				777,33	58,00	0,77	0,50	2,00	1,54	6%	
				750,00	21,00	0,28	0,48	2,07	0,58	2%	
				861,33	22,00	0,29	0,56	1,80	0,53	2%	
Casapalca-La Oroya	60,00	31%	2	903,33	35,00	0,47	0,58	1,72	0,80	3%	5%
				945,33	65,00	0,87	0,61	1,64	1,42	6%	
				987,33	55,00	0,73	0,64	1,57	1,15	5%	
	193,00	100%	30		1.342,00	17,89	11,56	0,09	1,55	6%	

Fuente: En base a estimaciones a través del *Google Earth Pro*. Elaboración el autor

Este 0, refleja 30 puntos críticos que se han tomado desde las imágenes del *Google Earth Pro*, y se han tomado las distancias del cono de deyección a la carretera y la pendiente promedio.

Para determinar el índice de vulnerabilidad relativa al valor máximo de la pendiente de la cuenca, se dividió cada una de las pendientes promedio entre la pendiente promedio máxima, la cual se ubica en el Distrito de Matucana, la cual cuenta con una pendiente promedio de 75°. De la misma forma se realizó esta división entre la distancia entre cada punto crítico y la carretera y se dividió cada uno entre la distancia máxima, a esta relación se le tomo la inversa debido a que la menor distancia refleja mayor vulnerabilidad.

$$\text{Índice de vulnerabilidad relativa} = \frac{\text{Pendiente Promedio}}{\text{Pendiente Máxima}} \times \frac{\text{Distancia Máxima}}{\text{Distancia}}$$

A mayor pendiente mayor vulnerabilidad

A menor distancia mayor vulnerabilidad

Resumiendo en un cuadro, la vulnerabilidad determinada por la exposición de la carretera a los huacos, tendríamos por cada tramo de la carretera:

Cuadro N° 38: Vulnerabilidad Física

VULNERABILIDAD FÍSICA	
TRAMOS DE LA CARRETERA	VULNERABILIDAD FÍSICA
TRAMO N° 1	2,81%
TRAMO N° 2	6,43%
TRAMO N° 3	27,26%
TRAMO N° 4	7,03%
TRAMO N° 5	3,47%
TRAMO N° 6	5,17%
PROMEDIO	8,70%

El tramo 3 tiene la mayor vulnerabilidad debido a que tiene la menor distancia, 54 metros desde el punto del posible desborde de la cuenca-vertiente hasta la carretera y 65° grados de pendiente en promedio, con esta distancia y pendiente se toma como referencia para determinar la vulnerabilidad de los demás puntos críticos.

INTERPRETACIÓN	<p>En promedio una vulnerabilidad física baja respecto al resto de los tramos, es decir que en el área comprendida alrededor de sus 193 km, tiene un grado de vulnerabilidad del 8,7% frente a los huaycos debido a su nivel de exposición por su cercanía a la carretera, o debido a la pendiente pronunciada de los cerros cercanos o a una combinación de ambos factores.</p>
-----------------------	--

De la misma forma se interpretará los demás niveles de vulnerabilidad, el cual al observar el Cuadro N° 38, se nota que los menores niveles de vulnerabilidad física lo tienen el tramo N° 1, debido a que no presentan montañas o cerros cercanos a la carretera, ya que presenta una morfología plana, propia del valle de Lima cercana a la desembocadura del río Rímac hacia el mar. Se tratan de zonas áridas y semiáridas que representan 27.8% del área de la cuenca. Sin embargo esta área puede presentar altos riesgos por amenazas de desborde del río, sobre todo en los distritos cercanos al mar, en la Provincia del Callao.

Mientras que la zona de mayor vulnerabilidad corresponde al tramo N° 3, el cual además representa una zona húmeda, propicia a que los factores de alta pendiente y cercanía a la carretera, lo hagan más vulnerable a los deslizamientos y huaycos.

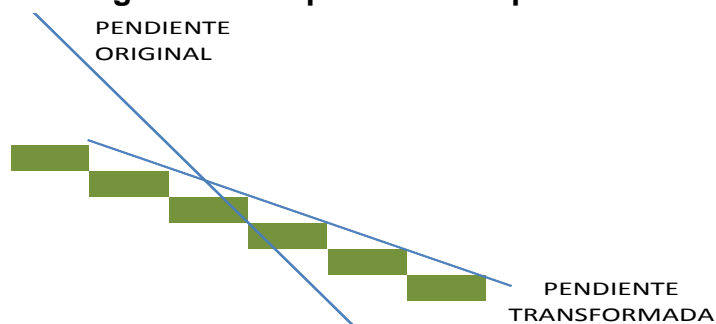
Medidas de adaptación frente a la vulnerabilidad física

Las dos variables principales para determinar la vulnerabilidad física fueron la distancia y la pendiente promedio de las áreas comprendidas alrededor de los puntos críticos identificados.

Es decir que tanto la cercanía del huaico a la carretera como la pendiente son trascendentes para el cálculo de la intensidad del huaico y sólo medidas de ingeniería podrían modificar la orientación del huaico –y así poder desviarlos- o disminuir su intensidad frenándolo a través de gaviones o contención física. Otra medida importante y recomendada frecuentemente en el manejo de cuencas, son los sistemas de andenes, los cuales disminuyen la erosión natural a causa de los factores físicos del ambiente como viento, calor, lluvias, frío, etc. Y contribuyen como mejoradores de la captación de agua, además de ampliar las zonas de uso agrícola.

A esta medida se puede añadir el incentivo a proyectos de conservación y reforestación, en las partes altas de la cuenca, en donde además se pueden realizar proyectos de cultivos de hongos y caracoles, los cuales encuentran su hábitat natural en zonas de alta humedad, zonas que regularmente son utilizados por los ganaderos de caprinos y vacunos por los pastos naturales que hay, disminuyendo la capacidad del suelo de retener agua y facilitando el desencadenamiento de huaicos. Disminuir la pendiente a través de andenería.

Figura 27: Adaptación de la pendiente



Finalmente, es recomendable los proyectos de captación o de cosecha de agua, en donde se mejora o recupera la capacidad del ambiente de recolectar agua y sobre todo de darle un camino de absorción y escape a los excedentes de la acumulación de agua, producto del exceso de lluvias, humedad y de las condiciones geológicas y ambientales de la cuenca.

Estimación de la Vulnerabilidad Ambiental

La vulnerabilidad ambiental está determinada por la diferencia entre las Has globales consumidas por la población y la Biocapacidad de los ecosistemas de cada distrito. Como observamos en el 0, en donde se determina la huella ecológica per cápita. Debido a que esta solo se logró calcular para el departamento de Lima, hacemos el supuesto que todos los distritos del departamento tienen la misma huella ecológica. A partir de allí y sabiendo que existe déficit respecto de la Biocapacidad de Lima, este déficit se prorratea en proporción a la población, tal como se puede apreciar en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 39: Vulnerabilidad Ambiental según Biocapacidad

TRAMOS DE LA CARRETERA	POBLACIÓN 2007 (*)	IDH PERCÁPITA	IDH (has Globales)	DEFICIT RESPECTO DE LA BIOCAPACIDAD
TRAMO N° 1	3.472.791	1,9089	6.629.322	-6.892.513
TRAMO N° 2	192.939	1,9089	368.307	
TRAMO N° 3	3.733	1,9089	7.126	
TRAMO N° 4	10.219	1,9089	19.507	
TRAMO N° 5	5.349	1,9089	10.211	
TRAMO N° 6	12.818	1,9089	24.469	
TOT	3.697.849			

(*) Debido a que el IDH se calculó en dicho año

Otra forma que podría calcularse es multiplicando a este déficit por la cantidad de residuos sólidos no controlados de los distritos comprendidos en cada tramo (ver 0), sabiendo que la cantidad de residuos sólidos no controlados es de alrededor de 125 kg por persona el único factor para prorratear el déficit de la Biocapacidad respecto del consumo –medido por la huella ecológica- sería también la cantidad de la población de los distritos en cada tramo. Este procedimiento nos daría el siguiente cuadro:

Cuadro N° 40: Estimación de la Vulnerabilidad ambiental a través del déficit de la Biocapacidad

TRAMOS DE LA CARRETERA	POBLACIÓN 2007 (*)	IDH PERCÁPITA	IDH (has Globales)	DEFICIT RESPECTO DE LA BIOCAPACIDAD	DIFERENCIA EN HAS	% DEL DÉFICIT DE LA BIOCAPACIDAD	DISPOSICIÓN NO CONTROLADA DE RRSS (**)
TRAMO N° 1	3.472.791	1,9089	6.629.322	-6.892.513	-6.473.021	93,91%	433.569,83
TRAMO N° 2	192.939	1,9089	368.307		-359.624	5,22%	24.087,98
TRAMO N° 3	3.733	1,9089	7.126		-6.958	0,10%	466,06
TRAMO N° 4	10.219	1,9089	19.507		-19.047	0,28%	1.275,82
TRAMO N° 5	5.349	1,9089	10.211		-9.970	0,14%	667,81
TRAMO N° 6	12.818	1,9089	24.469		-23.892	0,35%	1.600,30
TOT	3.697.849					100%	461.667,79

(*) Debido a que el IDH se calculó en dicho año

(**) Estimados en proporción a la disposición no controlada percápita de RRSS multiplicado por la población de cada distrito

Se puede interpretar que la vulnerabilidad ambiental está relacionada con la calidad del ambiente y con la cantidad de la demanda humana que se hace de los ecosistemas de la cuenca del río Rímac poniéndola en relación con la capacidad

ecológica de esta de regenerar sus recursos. Esta vulnerabilidad representa el déficit del ambiente necesarios para que se mantenga la producción (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para generar los recursos necesarios y además para asimilar los residuos producidos por cada población.

Es de resaltar que la contaminación de los ríos con desechos orgánicos o inorgánicos (basura) alrededor del puente, puede generar microclimas corrosivos que deterioran el puente. Esta basura contribuye a la colmatación del cauce, o debajo del puente, alrededor de estribos y/o pilares, expuesta a las crecientes, que afectan la capacidad funcional y estructural del puente. Puede haber canales de desagüe que crucen bajo el puente o que viertan sus aguas en zonas cercanas, los cuales al ser contaminados con residuos sólidos contribuyen a la obstrucción al libre escurrimiento hidráulico.

En resumen la vulnerabilidad ambiental expresada por el déficit de huella ecológica respecto de la Biocapacidad, estaría representado por el siguiente cuadro:

Cuadro N° 41: Vulnerabilidad Ambiental

VULNERABILIDAD AMBIENTAL	
TRAMOS DE LA CARRETERA	VULNERABILIDAD AMBIENTAL
TRAMO N° 1	93,91%
TRAMO N° 2	5,22%
TRAMO N° 3	0,10%
TRAMO N° 4	0,28%
TRAMO N° 5	0,14%
TRAMO N° 6	0,35%
PROMEDIO	16,7%

INTERPRETACIÓN

En promedio a lo largo de toda la carretera, existe un déficit de la biocapacidad del orden del 16,7%, lo que significa que tiene una vulnerabilidad ambiental elevada. Es decir que sus 193 km, se encuentran altamente expuestos a las amenazas de huaycos debido a su deterioro ambiental, expresado como el déficit de la calidad del ambiente de sostener la demanda de la población por recursos naturales.

La menor vulnerabilidad de la cuenca la tiene el tramo 3, la cual no obstante de corresponder a una zona de alta humedad, propicia para la formación de huaicos, no tiene tanto deterioro ambiental debido a su escasa población, lo cual se traduce en un bajo nivel de producción de residuos sólidos no tratados y en un bajo déficit de huella ecológica. Lo contrario sucede con el tramo N° 1, en donde se ubica la mayor cantidad de la población de Lima, y por ende es en donde se encuentra mayor la vulnerabilidad ambiental.

Es importante resaltar que esta vulnerabilidad ambiental se refiere al deterioro ambiental que condiciona la recurrencia o aparición de huaicos que ponen en riesgo el flujo normal del transporte de pasajeros y de carga, por tanto no representa la vulnerabilidad de otros tipos de bienes o de la calidad de vida expresada en salud e incluso la vida misma (tal como podría ocurrir si se tomará en cuenta que en la parte alta de la cuenca, correspondiente a los tramos 4, 5 y 6 se encuentran 20 minas abandonas, con sus relaves no tratados y el deterioro ambiental alrededor de su ubicación, sin embargo se debe añadir que en la mayoría de los casos también están alejados de la carretera).

Medidas de adaptación frente a la vulnerabilidad ambiental

Debido a las dos principales variables analizadas para calcular la vulnerabilidad ambiental tienen que ver con el consumo y la disposición de los desperdicios, las medidas de adaptación tienen que verse a partir de combatir las condiciones de la vulnerabilidad que lo generan.

Una primera medida es el sistema integral de residuos sólidos, la cual debe basarse desde el inicio con el consumo y disposición de los residuos sólidos a nivel domiciliario, para que al determinarse el monto en toneladas de RRSS de cada distrito, el costo de su disposición y tratamiento sea incorporado en el impuesto predial. Esta medida sinceraría los costos reales del tratamiento de los RRSS y se vería reflejado en el sistema de cobros de la basura. La cual sólo está incorporando los costos del recojo de la basura y nos los de su tratamiento y disposición final.

Una segunda medida son las áreas de protección o buffer de protección (justo en donde se posicionan las casas y negocios alrededor de la carretera). Las cuales constituyen las áreas naturales por donde pasa el huaico (debido a sus características geológicas y morfológicas). Constituyen un freno de los huaicos y menguan la intensidad y su capacidad destructiva.

Otra medida de adaptación sería la mayor inversión en proyectos ambientales distritales y regionales en la cuenca, proyectos ambientales como la captación de agua con neblineros en las zonas bajas de la cuenca (en donde escasea el agua) y drenaje a través de mini reservorios de agua en la parte alta (en donde abunda el agua), así como introducir en los criterios de evaluación de los proyectos SNIP, el criterio de impacto y sostenibilidad ambiental como obligatorios para aprobar los proyectos, los cuales son actualmente no obligatorios (ver anexo N° 10).

Finalmente, y debido a que se ha tenido poca consideración, en el diseño y en la localización de las vías, sobre los efectos que estas podrían generar en la interrupción de los flujos naturales de escorrentía, estas no se diseñan considerando adecuadamente los sistemas de drenaje.

Por ello la determinación de áreas de drenaje natural de las lluvias. Así como zonas de protección deberían ser declaradas como zonas intangibles por cada gobierno distrital, de tal forma que sirvan a la cuenca en su servicio ambiental de absorción y drenaje del exceso de agua que discurren en su superficie.

Estimación de la Vulnerabilidad Estructural

La vulnerabilidad estructural viene hacer el inventario del estado de las vías según su nivel de calidad de la infraestructura al servicio del transporte, y de acuerdo a los criterios de los inventarios del Ministerio de Transportes y comunicaciones. Este inventario, categoriza desde muy baja hasta muy alta, la afectación de las vías de carácter nacional, tal como lo es la carretera central.

Cuadro N° 42: Vulnerabilidad Física según estado de las vías de transporte

ZONA	% DE LA DISTANCIA CUBIERTA (KM)	Tramos de la carretera (km)	Nº de pto críticos	TIPO DE VIAS AFECTADAS SEGÚN NIVEL DE VULNERABILIDAD					
				Muy Baja	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta	TOTAL
ÑAÑA Y CHOSICA	26%	Callao-Chosica	53	34,00%	19,00%	21,00%	11,00%	15,00%	100,00%
SANTA EULALIA	16%	Chosica-San Jerónimo de Surco	14	16,00%	36,00%	25,00%	9,00%	14,00%	100,00%
AUTISHA+MATUCANA+CANCHACALLA	4%	San Jeronimo de Surco-Matucana	9	43,00%	33,00%	15,00%	6,50%	2,50%	100,00%
SHEQUE+CAMPOMA+RIO BLANCO	8%	Matucana - San Mateo	11	15,00%	38,00%	41,00%	2,50%	3,50%	100,00%
SAN JOSE DE PARAC+TINGO	16%	San Mateo - Casapalca	8	27,00%	45,00%	19,50%	4,00%	4,50%	100,00%
CASAPALCA+MILOC	31%	Casapalca-La Oroya	3	41,00%	22,20%	26,00%	5,80%	5,00%	100,00%

A partir del cuadro precedente, se observa la vulnerabilidad de cada tramo, considerando que son vulnerables, aquellos tramos que presentan una vulnerabilidad alta a muy alta.

Estos criterios se construyen a partir de la evaluación técnica del estado de los diferentes tipos de vías que hay y se han proyectado para el análisis de la cuenca a través de los 6 tramos, la fuente original ha sido realizado a través de la evaluación del total de vías asfaltadas, vías afirmadas y trochas que dispone y administra la autoridad nacional del transporte del MTC, a la cual se le suma la evaluación del estado de los puentes (ver figura N°28). Siendo los siguientes parámetros de evaluación técnica los que se han considerado en esta evaluación:

- Elementos extraños al entorno.
- Elementos extraños en el puente
- Deterioros en miembros de concreto (accesibles)
- Deterioros en miembros de acero

- Deterioros en barandas
- Disfuncionalidad de juntas de dilatación
- Obstrucción al libre escurrimiento hidráulico
- Inoperancia de drenajes
- Deterioros en conexiones
- Disfuncionalidad o deterioros en superficie de desgaste

Lo crítico de la gestión para determinar la vulnerabilidad estructural, es que esta se deja en manos de los contratistas privados a quienes se les ordena adoptar políticas de conservación en puentes en un plazo inmediato, estableciendo su propio sistema de monitoreo que le permita realizar alertas tempranas de posibles deficiencias en los puentes y obras de arte, basado en las propiedades físicas aparentes, determinación de pautas que le servirán para realizar las políticas de intervención que correspondan (cuando la política le corresponde al estado).

Siendo ellos parte y jurado de la evaluación porque una alerta temprana los estimulará a presentar situaciones en los que ellos puedan nuevamente ofertar sus servicios, mientras que una mala evaluación será posible en aquellas situaciones en donde su interés decae en un nuevo contrato de servicio.

El MTC le da al Contratista de algún tramo de la carretera la responsabilidad de la adecuada inspección y evaluación de los componentes de los puentes así como del planeamiento, programación y ejecución del servicio de conservación por niveles de servicio.

Cuadro N° 43: Estimación de la Vulnerabilidad Estructural

ZONA	% DE LA DISTANCIA CUBIERTA (KM)	Tramos de la carretera (km)	Nº de pto críticos	TIPO DE VIAS AFECTADAS SEGÚN NIVEL DE		
				Alta	Muy Alta	TOT
ÑAÑA Y CHOSICA	25,9%	Callao-Chosica	53	11,00%	15,00%	26,00%
SANTA EULALIA	15,5%	Chosica-San Jerónimo de Surco	14	9,00%	14,00%	23,00%
AUTISHA+MATUCANA+CANCHACALLA	4,1%	San Jeronimo de Surco-Matucana	9	6,50%	2,50%	9,00%
SHEQUE+CARAMPOMA+RIO BLANCO	7,8%	Matucana - San Mateo	11	2,50%	3,50%	6,00%
SAN JOSE DE PARAC+TINGO	15,5%	San Mateo - Casapalca	8	4,00%	4,50%	8,50%
CASAPALCA+MILOC	31,1%	Casapalca-La Oroya	3	5,80%	5,00%	10,80%

Podemos observar que las vías afectadas en su estructura, se encuentran en el recorrido desde El Callao hasta Chosica, sin embargo, a pesar del estado de las vías esta categoría pierde relevancia, debido a que las amenazas más recurrentes en este tramo no son los huaicos, sino los desbordes de los ríos.

En la figura N° 33 podemos observar algunas de los tipos de falla identificadas desde el mantenimiento rutinario, siendo las más peligrosas las estructurales, sin embargo la acumulación de residuos sólidos, intensifica el deterioro de las obras complementarias de los puentes y de la carretera, haciendo más vulnerable este tipo de obra.

Cuadro N° 44: Vulnerabilidad Estructural

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	
TRAMOS DE LA CARRETERA	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL
TRAMO N° 1	26,00%
TRAMO N° 2	23,00%
TRAMO N° 3	9,00%
TRAMO N° 4	6,00%
TRAMO N° 5	8,50%
TRAMO N° 6	10,80%
PROMEDIO	13,88%

INTERPRETACIÓN	<p>En promedio el 14% de la infraestructura de la carretera tiene vulnerabilidad estructural significativa, es decir que encuentran expuestos a las amenazas de huaycos debido al deterioro de la infraestructura de sus carreteras y puentes, expresado como el déficit de la calidad de su construcción o normal desgaste por el uso frecuente y por la insuficiencia del gasto en su mantenimiento rutinario, periódico o de emergencia.</p>
-----------------------	---

De la misma forma se puede interpretar la vulnerabilidad para los demás tramos de la carretera, observando que en la medida que una asciende por la carretera, en los tramos 2, 3, 4 y 5 la vulnerabilidad estructural disminuye, mientras que en el último tramo aumenta un poco, esto podría deberse a que el acceso al tránsito disminuye en la medida que se asciende, identificándose el tramo 6 como importante debido a que desde allí se permite el acceso a diferentes departamentos (Junín, Huánuco, Pasco), y es muy significativo el tránsito de camiones.

Es pertinente resaltar que el deterioro de las vías, además de su normal depreciación a través del tiempo, también se debe a que el parque automotor ha aumentado, el tráfico de carga y pasajeros también (ver Gráficos N° 8, 9 y 10), y los proyectos de infraestructura vial se realizan como proyectos de inversión pública a un ciclo del proyecto de 10 años, haciéndose difícil la prospección de estas variables y descuidando la previsión financiera para su mantenimiento rutinarios y periódico.

De otro lado la vulnerabilidad estructural, también está asociado a la vulnerabilidad física, ambiental y social, ya que la ubicación de la carretera se realiza, modificando el talud y las avenidas naturales de los huacos, además de los factores recurrentes de erosión natural se suman a los de la ocupación del territorio con viviendas y negocios, que van paralelo a la carretera (debido a su fácil acceso y a que tienen un mercado

asegurado). Muchas de estas viviendas terminan resultando en centros poblados rurales que ofrecen diferentes servicios al transportista, desde alojamientos hasta alimentación, deteriorando la infraestructura de los puentes que se convierten en zonas de botaderos o vertederos de residuos no tratados, además de ensuciar las canaletas de desagüe de los ríos y acequias.

Medidas de adaptación frente a la vulnerabilidad estructural

La única medida de adaptación de la vulnerabilidad estructural es el incremento del gasto en mantenimiento rutinario y periódico de las carreteras. Como forma de prevención del desgaste natural de las vías debido a su uso diario.

Así como el desarrollo de un sistema de información abierto, en el que se dé cuenta del nivel de gasto y del estado de cada tramo de la carretera, a fin de complementar la inversión o gasto (según sea el caso) entre el Gobierno nacional, Regional y Local con la autoridad del sector transportes.

Considerando además que el proceso de descentralización ya se ha iniciado, a través de la Ley de Bases de la Descentralización LEY N° 27783, dictada en el año 2001, y con ella la descentralización tiene como finalidad el desarrollo integral, armónico y sostenible del país, mediante la separación de competencias y funciones, y el equilibrado ejercicio del poder por los tres niveles de gobierno, en beneficio de la población.

Es importante señalar que debido a que las vías nacionales son de competencia del estado, este asume el gasto de su mantenimiento a través de la licitación pública de contratistas, sin embargo el cumplimiento de Ley y reglamento general de tránsito está a cargo de la Policía Nacional y el ordenamiento del tránsito a cargo del gobierno local. Se ve a diario como muchas de las señalizaciones y obras complementarias alrededor de puentes y carreteras están descuidadas (y a veces interrumpidas) por otras obras de los gobiernos locales, sobre todo aquellas cercanas a la ciudad o la parte urbano de su distrito.

Un ejemplo de ello es la disposición de residuos sólidos, por los desagües y canaletas de la carretera, por donde los mismos gobiernos distritales usan para “deshacerse” de sus desmontes y basura. Por ello una medida de adaptación sería la planificación de actividades y metas conjuntas entre la autoridad sectorial y la distrital, debido a que aún la implementación real de la descentralización no identifica instrumentos para el cumplimiento de la ley y su reglamento, así como la participación y transparencia de la sociedad civil del cumplimiento de las obras ganadas por los contratistas que han ganado la licitación de la conservación de cada tramo de la carretera.

Finalmente, una mejor fiscalización de la supervisión de la ejecuciones de las licitaciones ganadas para obras de rehabilitación y mejoramiento, debido a que esta se viene realizando con presiones e intereses de políticos, los cuales son subalternos al interés público y al cumplimientos de las normas técnicas de la normativa general de infraestructura vial.

Figura 28: Fallas detectadas en el Mantenimiento rutinario de la carretera central

Fallas detectadas en las revisiones del mantenimiento rutinario



Podemos observar que a lo largo de la carretera central, hay diferentes tipos de vulnerabilidad estructural, aunque a simple vista sólo se puede apreciar los puentes en su parte inferior y superior, en relación a su deterioro debido a malas prácticas de localización de negocios cercanos e inadecuada disposición de los RRSS que obstruye al libre escurrimiento hidráulico, además de crear un microclima que favorece el deterioro del puente también se han identificado fallas estructurales y mecánicas respecto al flujo de tránsito del transporte de carga.

Estimación de la Vulnerabilidad Institucional

La estimación de la vulnerabilidad institucional o falta de resiliencia, está relacionada con las capacidades de la población y sus autoridades de prevenir y atender las emergencias cuando éstas ocurran. Se divide en tres componentes, el primero tiene que ver con la disponibilidad y manejo de instrumentos de gestión del territorio, el segundo con la disponibilidad de recursos financieros para atender las interrupciones, tanto desde los distritos como del Gobierno regional. El tercero, está referido a la capacidad de organización de la población o sociedad civil para prevenir o mitigar las emergencias. Estos tres componentes se han estimado a partir de 3 cuestionarios, que podemos verlos en el Anexo N° 14.

Cuadro N° 45: Vulnerabilidad Institucional según encuesta a distritos de la cuenca del Rímac

TRAMO DE LA CARRETERA	Nº	DISTRITO	INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO					FINANCIAMIENTO PARA LA PREVENCIÓN					ORGANIZACIÓN DE LA POBLACIÓN PARA PREVENIR, MITIGAR Y ATENDER EMERGENCIAS				
			May. Baja	Baja	Moderada	Alta	May. Alta	May. Baja	Baja	Moderada	Alta	May. Alta	May. Baja	Baja	Moderada	Alta	May. Alta
TRAMO N° 1	1	LIMA			X			X						X			
	2	ATE		X				X							X		
	3	CHACLACAYO		X				X						X		X	
	4	EL AGUSTINO		X					X					X			
	6	RIMAC			X				X					X			
	7	SAN JUAN DE LURIGANCHO		X					X					X			
	8	SAN MARTIN DE PORRES		X					X				X				
	9	SANTA ANITA	X					X						X			
	10	CALLAO				X					X					X	
	11	BELLAVISTA				X					X					X	
	12	CARMEN DE LA LEGUA				X					X					X	
	TRAMO N° 2	13	RICARDO PALMA			X			X						X		
14		SANTA EULALIA		X				X						X			
15		SURCO		X				X						X			
16		LURIGANCHO (CHOSICA)		X				X						X			
TRAMO N° 3	17	SANTA CRUZ DE COCACHACRA			X			X						X			
	18	SAN PEDRO DE CASTA	X					X						X			
TRAMO N° 4	19	MATUCANA	X					X					X				
	20	SAN MATEO	X						X				X				
TRAMO N° 5	21	SAN BARTOLOME			X			X					X				
	22	SAN MATEO DE OTAO	X						X				X				
	23	HUACHUPAMPA		X				X					X				
TRAMO N° 6	24	CARAMPOMA		X				X					X				
	25	CHICLA	X					X					X				
	26	HUANZA	X						X				X				
	27	LARAOS		X					X				X				
	28	SAN JUAN DE IRIS	X					X					X				
TOTAL CUENCA DEL RIMAC			8	11	5	3	0	6	10	8	3	0	10	7	6	4	0
(%)			29%	39%	18%	11%	0%	21%	36%	29%	11%	0%	36%	25%	21%	14%	0%

A partir del cuadro precedente, se cuentan los distritos por cada tipo de instrumentos de gestión, financiamiento y organización de la población, dando el siguiente cuadro:

Cuadro N° 46: Niveles de la vulnerabilidad Institucional por tramos de la carretera central

TRAMO	Nº de distritos	Desde-Hasta	INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO				FINANCIAMIENTO PARA LA PREVENCIÓN				ORGANIZACIÓN DE LA POBLACIÓN PARA PREVENIR, MITIGAR Y ATENDER EMERGENCIAS						
			Muy Baja	Baja	Mod erad	Alta	Muy Alta	Muy Baja	Baja	Mod erad	Alta	Muy Alta	Muy Baja	Baja	Mod erad	Alta	Muy Alta
TRAMO N° 1	12	Callao-Chosica	1	5	2	3	-	-	3	5	3	-	-	1	6	4	-
TRAMO N° 2	4	Chosica-San Jerónimo de Surco	-	3	1	-	-	-	4	-	-	-	-	4	-	-	-
TRAMO N° 3	2	San Jeronimo de Surco-Matucana	1	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	2	-	-	-
TRAMO N° 4	2	Matucana - San Mateo	2	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2	-	-	-	-
TRAMO N° 5	3	San Mateo - Casapalca	1	1	1	-	-	2	-	1	-	-	3	-	-	-	-
TRAMO N° 6	5	Casapalca-La Oroya	3	2	-	-	-	3	1	1	-	-	5	-	-	-	-

Finalmente, se considera vulnerable en cada uno de los tres niveles que tienen de bajo a muy bajo en sus capacidades de gestión, financiamiento y organización. Luego se pondera en base al número de distritos que hay en cada tramo de la carretera. A continuación se resume en el siguiente cuadro, la estimación de la vulnerabilidad institucional:

Cuadro N° 47: Estimación de la vulnerabilidad Institucional

TRAMO	Nº de distritos	INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DEL TERRITORIO	FINANCIAMIENTO PARA LA PREVENCIÓN	ORGANIZACIÓN DE LA POBLACIÓN	PROMEDIO
TRAMO N° 1	12	50%	25%	8%	27,78%
TRAMO N° 2	4	75%	0%	50%	41,67%
TRAMO N° 3	2	50%	50%	0%	33,33%
TRAMO N° 4	2	50%	50%	50%	50,00%
TRAMO N° 5	3	67%	67%	67%	66,67%
TRAMO N° 6	5	40%	60%	80%	60,00%

Cuadro N° 48: Vulnerabilidad Institucional

TRAMO	VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL
TRAMO N° 1	27,78%
TRAMO N° 2	41,67%
TRAMO N° 3	33,33%
TRAMO N° 4	50,00%
TRAMO N° 5	66,67%
TRAMO N° 6	60,00%
PROMEDIO	46,57%

INTERPRETACIÓN

En promedio todos los tramos de la carretera tienen una alta vulnerabilidad institucional del orden del 47%, la cual representa un promedio bajo en sus capacidades de hacer frente a las amenazas de huaycos debido a la falta de instrumentos de gestión, financiamiento y organización de sus autoridades municipales.

Esta interpretación de la vulnerabilidad también se puede realizar para los demás tramos, identificándose que desde el tramo N° 2 al tramo N° 6 hay una alta vulnerabilidad, ya que superan el 50% y se aproximan al 100%. Esto refleja una seria incapacidad institucional de prepararse para las amenazas recurrentes como es en el caso de los huaycos, ya que siendo un fenómeno estacional, que ocurren durante 4 meses en cada año no hay previsión de contar con gestión, organización y financiamiento de la población de sus distritos.

La causa de que exista esta condición y que se repita en cada período de la alcaldía (cada 3 años) se debe a que las situaciones de emergencia (con su respectiva declaratoria de emergencia por parte del INDECI), se convierte en una gran oportunidad de conseguir fondos inmediatos para la reconstrucción, además de ser políticamente rentable construir o reconstruir nuevas obras, frente a aumentar los gastos en previsión, organización e instrumentos de gestión, porque estos últimos no son tan visibles como las obras.²⁵

Es importante señalar que a pesar que el Perú ha logrado importantes avances en sus instrumentos jurídicos tales como la Ley del SINAGERD, que desde el año 2011 cuenta con la Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres -

²⁵La Ley del Sinagerd contempla que la atención por emergencias y daños por desastres se deben tipificar en cinco niveles: 1,2 y 3 comprende aquellas situaciones que son atendidas por los gobiernos locales o regionales con sus propios recursos; 4 Comprende aquellos niveles de impacto que superen la capacidad del Gobierno Regional y por ello Interviene el Gobierno Nacional; y 5 Cuando la magnitud del desastre afecten la vida del país y supere o puedan superar la capacidad de respuesta del país.

SINAGERD N° 29664 Publicado el 19 de febrero del 2011 y su Reglamento Publicado el 26 de Mayo del 2011.

Tal como se señaló en la página 52, sobre el nivel de institucionalidad, este es un avance muy importante en la dirección de construir desde la sociedad civil y el estado, una estructura que además de atender las emergencias, pueda estar en la capacidad de prevenirlas y de revalorar el capital social en relación con la creación de institucionalidad²⁶, tal como lo señala (Rello, 2001), al resaltar la importancia de las instituciones las cuales radican en que constituyen el sistema de incentivos para los agentes económicos y sociales y un conjunto de normas que representan restricciones para dichos agentes. Por ello el análisis de la vulnerabilidad institucional constituye una parte importante de la evaluación de riesgos ya que las instituciones además de prevenir las amenazas, pueden disminuirlas a través de prácticas de desarrollo sostenible coherentes con la seguridad de la infraestructura vial.

Sin embargo aunque existan el sistema institucional tal como es interpretado por las autoridades, es decir sólo a través de las leyes, falta una distancia enorme para empoderar a los Gobiernos Locales (municipalidades) en su Gestión del Riesgo, sobre todo cuando son estos los que están generando nuevas condiciones de vulnerabilidad y son los más cercanos a atender las emergencias.

Medidas de adaptación frente a la vulnerabilidad institucional

Considerando que existe una alta vulnerabilidad institucional en los distritos de la cuenca media y alta del Rímac. Y que tanto las capacidades de gestión, organización y recursos financieros son escasos en esos distritos, lo que se propone para adaptar esas capacidades frente a su alta vulnerabilidad, es la creación de un fondo del SINAGERD, para que se pueda apalancar a través de proyectos de fortalecimiento de capacidades un sistema con instrumentos de fácil interpretación (tal como contar con el *Google Earth*²⁷ a nivel de cada distrito), para que las alianzas con las universidades, puedan realizarse estudios de Riesgo, que permitan alimentar al sistema e interconectarlo con el sistema nacional, para que realmente pueda haber una gestión a través de indicadores objetivamente verificables. Tanto aquellos indicadores de medición física del estado del ambiente a cargo del SENAMHI como aquellos que apoyan a la gestión pública a prevenir desastres, tales como el manejo integrado de RRSS, el pago por producción de basura, el gasto en mantenimiento preventivo, la formulación de proyectos ambientales SNIP, la declaración de zonas de intangibilidad como protección a la infraestructura pública, etc.

Por otro lado una fuente para este fondo, serían la recaudación por multas ante la infracción de delitos ambientales, como la contaminación a través de relaves mineros (la cuenca tiene 20 minas de las cuales 7 están operativas y 13 constituyen pasivos ambientales de alto riesgo para la contaminación del río), los vertimientos de aguas no tratadas del sector industrial y los residuos sólidos domiciliarios dispuestos en los ríos.

Estimación de la Vulnerabilidad Económica

²⁶ De acuerdo con el neoinstitucionalismo económico, corriente que ha introducido este tema crucial en la teoría económica y en el análisis de la sociedad, las instituciones son las normas y reglas, formales e informales, que regulan el comportamiento de los individuos y organizaciones de una sociedad. Su importancia radica en el hecho de que establecen las reglas del juego entre los agentes económicos y sociales y los incentivos y restricciones que determinan el comportamiento de agentes y organizaciones.

²⁷ El *Google Earth Pro*, se convierte en un software potente considerando que es una herramienta de fácil interpretación y de fácil replica, con potencial de implementarse en cada uno de los 1834 distritos del Perú, considerando que Lima tiene 171 distritos y la cuenca del Rímac 28 distritos. A la fecha sólo requiere una licencia de US\$ 400.00 y cada Municipalidad podrá realizar estudios de Vulnerabilidad Ge referenciados.

La estimación de la vulnerabilidad económica, está determinada por las pérdidas económicas resultados de la interrupción de la carretera a causa de huaicos.

Esta estimación está determinada por dos tipos de vulnerabilidades, la vulnerabilidad económica directa y la vulnerabilidad económica indirecta:

$$\text{Vulnerabilidad Económica} = VED + VEI$$

$$VED = \frac{\text{Pérdidas directas}}{\text{Costo de construcción de las vías}}$$

$$VEI = \frac{\text{Disminución de la Productividad de las vías}}{\text{Costo de Construcción de las vías}}$$

Vulnerabilidad Económica Directa

$$VED = \frac{\text{Pérdidas directas}}{\text{Costo de construcción de las vías}}$$

La vulnerabilidad económica directa hace referencia a las pérdidas inmediatas que sufre la carretera central y sus puentes debido al deterioro que tienen a causa de los huaicos o por el normal desgaste debido al transporte. Estas pérdidas se manifiestan a través del gasto en mantenimiento periódico y rutinario, así como los gastos en atender las emergencias.

Debido a que la carretera central desde el Callao hasta la Oroya, es una vía de carácter nacional, la inversión y mantenimiento están a cargo del Gobierno central, a través del MTC y su entidad de control que es Provías Nacional, la información determinante para estimar las pérdidas del valor de la inversión, sería la depreciación, la cual equivale a la ejecución del gasto público para su mantenimiento o atención de las emergencias, información que se puede encontrar en las estadísticas de la inversión pública a cargo del Ministerio de Economía y Finanzas.

Para tener una idea del costo del estado en mantener las carreteras y puentes podemos observar el 0 a continuación para entender como el gobierno nacional aumenta estos gastos con la finalidad de mantener operativas las carreteras de índole nacional en todo el Perú.

Podemos observar que la planificación y las reservas de fondos a nivel nacional se incrementan, mientras que la ejecución del gasto a nivel de Lima, es un tanto errática, debido a que las emergencias más recurrentes que afectan la carretera tienen que afrontar las amenazas de los huaicos y la erosión y desbordes del río Rímac, algo poco predecible para el estado, no obstante que estos fenómenos ocurren todos los veranos y actualmente son cada vez más frecuentes y con mayor intensidad.

Cuadro N° 49: Gastos Del Gobierno Nacional En Conservación, Emergencia A Nivel Del Departamento De Lima

1999-2011

AÑO	GASTOS EN CONSERVACION DE CARRETERAS LIMA S/.	GASTOS DE EMERGENCIA DE CARRETERAS LIMA S/.	GASTOS EN CONSERVACION DE CARRETERAS A NIVEL NACIONALS/.
1999	1.740.087	159.653	79.433.459
2000	896.276	175.914	104.772.211
2001	1.099.648	159.653	96.761.004
2002	645.366	7.967	48.064.736
2003	1.297.994	96.112	148.840.688
2004	1.411.099	500.781	207.737.133
2005	3.575.642	253.943	172.219.432
2006	2.942.517	535.320	219.176.047
2007	2.108.851	194.384	460.202.827
2008	2.102.383	297.571	547.438.523
2009	1.980.553	289.475	939.930.408
2010	244.156	35.176	1.533.972.134
2011			1.651.382.208
PROMEDIO	1.670.381	225.496	477.686.985

Fuente: MEF

Consulta Amigable (Mensual)

Consulta de Ejecución del Gasto

Fecha de la Consulta: 16-marzo-2011

Gráfico N° 24: Gastos de Conservación de Carretera a nivel nacional



Podemos observar en el 0, como los gastos en conservación a nivel nacional van aumentando debido al incremento de las inversiones en la red vial nacional que aumentan la longitud de la red vial y debido al aumento del parque vehicular (ver), y a los años que tienen las vías desde su construcción.

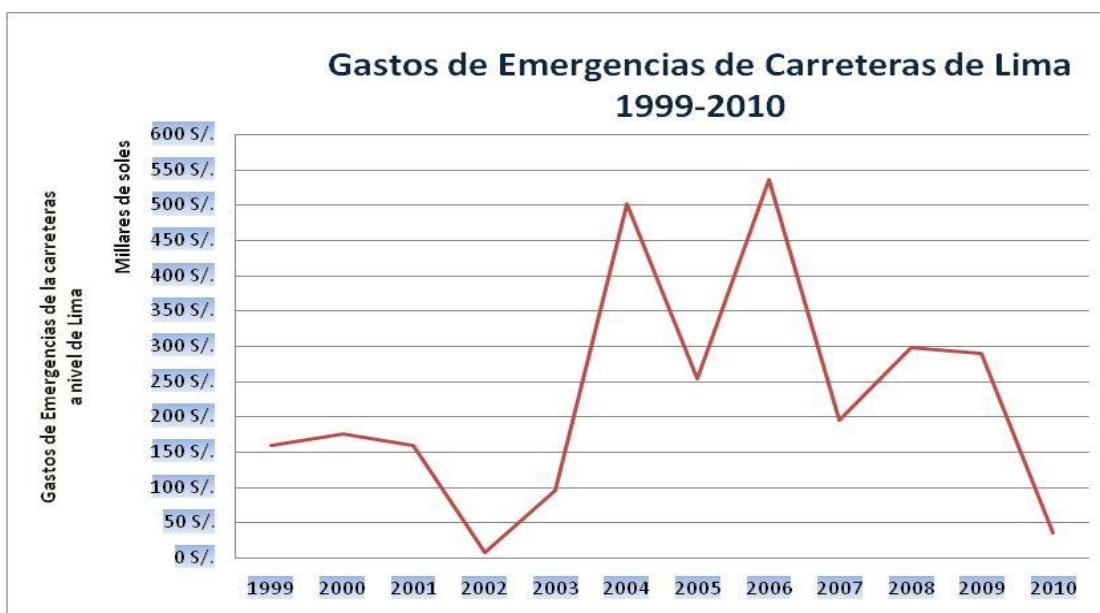
Mientras los gastos en conservación y los gastos de emergencias en la carretera central, del departamento de Lima, muestran una ejecución del gasto bastante poco predecible, debido a que la planificación de la conservación, no obstante de hacerse las reservas financieras para afrontar el gasto, son planificadas obedeciendo una cada 5 años (cada período de gobierno) mientras que el ciclo de vida de las carreteras son superiores a los 20 años. De otro lado el sistema de contrataciones del estado, al sector privado para que a través de licitaciones puedan hacerse cargo de las operaciones de mantenimiento, deja con escaso control de intervención al estado y obedece a contratos de licitación que van de 1 a 2 años como máximo.

Esta situación deja al estado sin elementos de juicio para planificar la conservación de la carretera a través del servicio de mantenimiento, no obstante que existen inspectores que evalúan el estado de las pistas, se ha identificado que existen incentivos al sector privado para participar más a los proyectos de inversión pública en rehabilitación o reconstrucción que hacerse cargo del mantenimiento periódico o rutinario de la carretera.

Gráfico N° 25: Gastos de Conservación de Carretera a nivel de Lima



Fuente: Consulta amigable de la ejecución del gasto presupuestal MEF.

Gráfico N° 26: Gastos de Emergencia a nivel de Lima

Fuente: Consulta amigable de la ejecución del gasto presupuestal MEF.

Sin embargo a nivel de Lima, se muestra un nivel del gasto muy errático, en la atención de emergencias, los cuales son comprensibles porque el estado hace las reservas de fondos en forma estacional, pero no anual, debido a que antes del 2002 no existían las partidas presupuestales, además recién se estaba implementando el SNIP como sistema de control de la eficiencia del gasto público.

De otro lado para estimar el cálculo de la inversión, este se basa en los costos unitarios.

Cuadro N° 50: Parámetros de los costos de mantenimiento de la carretera

Los Costos aproximados a nivel de asfaltado, son los siguientes:

1.- Mantenimiento Periódico de carreteras y Puentes:	
- Carreteras	\$ 150,000/Km.
- Puentes	\$ 5,000/m.
2.- Rehabilitación y Mejoramiento de carreteras y Puentes:	
- Carreteras	\$ 1'200,000/Km.
- Puentes	\$ 35,000/m.
3.- Construcción de carreteras y Puentes:	
- Carreteras	\$ 1'800,000/Km.
- Puentes	\$ 150,000/m.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Provias Nacional

Cuadro N° 51: Estimación del valor de cada tramo de la vía Callao-La Oroya

(Millones de soles)

Nº TRAMOS	Tramos de la carretera (km)	Distancia de cada tramo (km)	Valor de Cada Tramo (A)	Nº de Puentes	Valor de los Puentes (B)	Valor Total de la Vía (C) = (A)+(B)
1	Callao-Chosica	50	247,50	24	20.779,69	21.027,19
2	Chosica-San Jerónimo de Surco	30	148,50	8	10.518,75	10.667,25
3	San Jeronimo de Surco-Matucana	8	39,60	4	4.950,00	4.989,60
4	Matucana - San Mateo	15	74,25	4	6.600,00	6.674,25
5	San Mateo - Casapalca	30	148,50	-	1.650,00	1.798,50
6	Casapalca-La Oroya	60	297,00	-	1.237,50	1.534,50
	TOT	193	955	40	45.736	46.691

Elaboración Propia

Finalmente, la estimación de la vulnerabilidad económica directa estaría determinada por la suma de los gastos en mantenimiento real (de acuerdo a la ejecución presupuestal) y los gastos de emergencia, divididos ambos entre el valor total de la vía:

Cuadro N° 52: Estimación de la vulnerabilidad económica directa

Tramos de la carretera (km)	Valor Total de la Vía (C) = (A)+(B)	Gasto Anual Promedio del Mantenimiento Real (GAM)	Gastos Anual Promedio de Emergencia (GAE)	Gasto Promedio Total (GAM+GAE) (D)	Vulnerabilidad Económica Directa: (D)/(C)
Callao-Chosica	21.027,19	0,43	0,06	0,49	0,0023%
Chosica-San Jerónimo de Surco	10.667,25	0,26	0,04	0,29	0,0028%
San Jeronimo de Surco-Matucana	4.989,60	0,07	0,01	0,08	0,0016%
Matucana - San Mateo	6.674,25	0,13	0,02	0,15	0,0022%
San Mateo - Casapalca	1.798,50	0,27	0,04	0,31	0,0172%
Casapalca-La Oroya	1.534,50	0,52	0,07	0,59	0,0384%
TOT	46.691	1,68	0,23	1,91	0,0645%

Elaboración Propia

En este cuadro observamos que la mayor vulnerabilidad económica directa está determinada en el tramo 6, la cual se puede interpretar como el porcentaje del valor de la carretera que es afectada por su estado de mantenimiento periódico y rutinario y su estado de atención a las emergencias que tiene por interrupción en la carretera.

Vulnerabilidad Económica Indirecta

$$VEI = \frac{\text{Disminución de la Productividad de las vías}}{\text{Costo de Construcción de las vías}}$$

Productividad de las vías en función a el valor de los servicios de transporte de carga estimado a partir de la estimación del valor de la pérdida de los productos perecederos a causa de la interrupción de las vías, los peajes no cobrados, y el tiempo de trabajo interrumpido.

Estimación del valor de la pérdida de los productos perecederos

El primer paso es calcular el valor de las pérdidas ocasionadas por los productos (perecederos en su mayoría) que son transportados por la carretera central. El estimador de esta variable se eligió al número de camiones que ingresa al mercado mayorista de Lima procedentes de la carretera central y que pasan por el peaje de evitamiento²⁸.

Cuadro N° 53: Ingresos de camiones al mercado mayorista de Lima

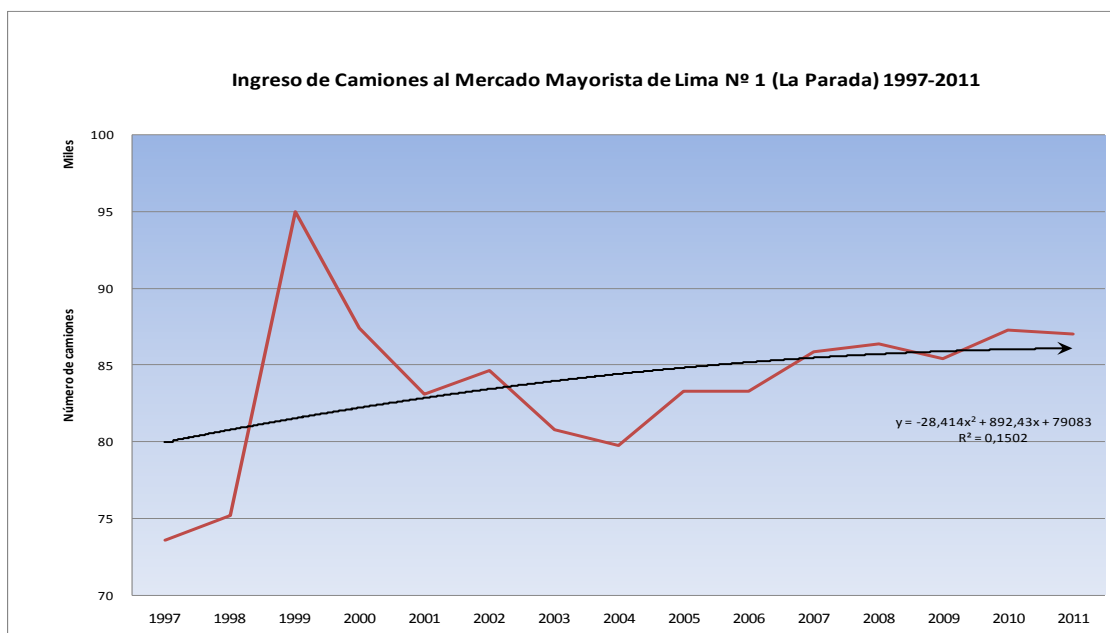
Ingreso de Camiones al Mercado Mayorista de Lima													
AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT
1997	6618	6217	6952	6630	6578	6082	6124	5849	5272	5596	5542	6132	73.592
1998	6323	5974	6533	6230	5918	5359	5619	5361	5910	6807	6911	8253	75.198
1999	8115	7681	8922	8562	8650	8199	8236	7625	7187	7432	6841	7533	94.983
2000	7438	7313	8247	7926	7836	7257	6915	6973	6312	6859	6856	7489	87.421
2001	6873	6580	7747	7315	7050	6748	6892	6638	6235	6638	6845	7561	83.122
2002	7331	7042	8120	7487	7367	6797	6950	6790	6176	6695	6751	7150	84.656
2003	6747	6347	7069	7003	7185	6723	6939	6885	6164	6582	6441	6718	80.803
2004	6769	6346	7265	6979	6786	6363	6563	6392	6181	6768	6424	6905	79.741
2005	7089	6865	7589	7502	6984	6614	6844	6641	6462	6596	6963	7169	83.318
2006	7091	6555	7485	7358	7110	6781	6817	6707	6560	6867	6655	7305	83.291
2007	7007	6915	7984	7218	7290	6924	6856	6932	6615	8020	6878	7232	85.871
2008	7121	7340	8160	7869	7626	6840	7158	7009	6449	6966	6729	7129	86.396
2009	7421	7017	8264	7898	7849	7173	7236	7131	6772	7306	6181	5138	85.386
2010	7059	7435	8259	7820	7495	6892	6810	6457	6699	7446	7267	7651	87.290
2011	7390	7513	8160	7963	7551	7328	7444	6475	6148	6645	6898	7518	87.033
PROMEDIO	7092,8	6876	7783,7	7450,7	7285	6805,3	6893,5	6657,7	6342,8	6881,5	6678,8	7125,5	83.873

Fuente: Empresa de Mercados Mayoristas de LIMA – EMMSA

Podemos observar en el gráfico siguiente que hay un incremento del ingreso de camiones procedentes de la carretera central que van al mercado mayorista de Lima, el cual refleja el cada vez más creciente movimiento comercial de Lima respecto de los departamentos que une la carretera.

Es importante añadir que a través de la carretera central ingresan (y salen) al año en Lima, en promedio más de 4.5 millones de camiones de los cuales 55 mil camiones de los 83 mil que en promedio ingresan cada año, vienen de la carretera central. Estos camiones ingresan cargados de productos alimenticios perecibles al mercado mayorista.

²⁸ Evitamiento, es el peaje el cual es el único acceso a la carretera central desde Lima Metropolitana

Gráfico N° 27: Ingresos de camiones al mercado mayorista de Lima

La ecuación de la línea de tendencia refleja el 15% de la varianza de la curva de ingreso de camiones puede atribuirse a la varianza del tiempo.

Cuadro N° 54: Peajes cobrados de camiones que ingresan al mercado mayorista de Lima

AÑO	Evitamiento			
	Total circulación		% que ingresa al MM	
	Ligero	Pesado	Ligero	Pesado
2003	18.227.745	2.738.916	63,78%	62,04%
2004	18.853.516	3.004.307	64,01%	62,27%
2005	20.047.627	3.467.747	65,58%	64,67%
2006	21.887.186	4.101.220	65,92%	65,99%
2007	24.978.373	4.893.993	67,30%	68,16%
2008	29.787.407	5.885.628	67,12%	67,39%
2009	32.431.144	6.119.803	67,29%	67,63%
2010	35.449.834	7.279.474	66,89%	68,02%
promedio	25.207.854	4.686.386	65,99%	65,77%

Fuente: Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima S.A. (EMAPE S.A.).
Elaboración en base a las estadísticas del INEI: LIMA METROPOLITANA: TRÁFICO VEHICULAR MENSUAL REGISTRADO POR CENTRO DE RECAUDACIÓN Y GARITAS, 2004 - 2010

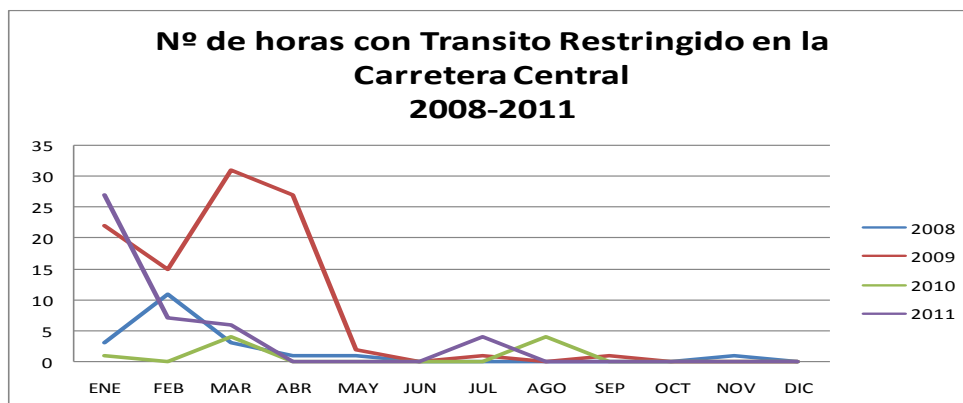
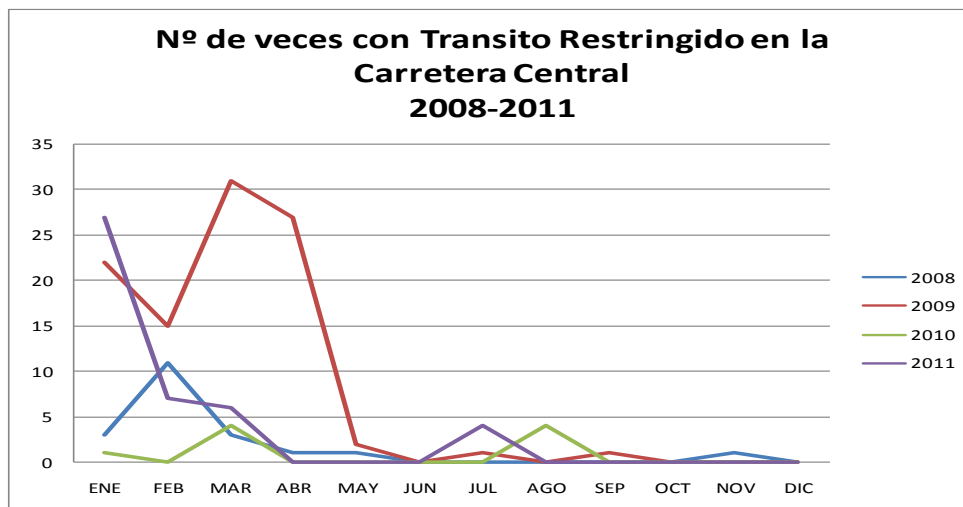
El cálculo se ha estimado a partir de los 83 mil camiones que ingresan al mercado mayorista en promedio (ver 0, el 65,77% corresponden a camiones pesados que transitan desde la carretera central, debido a que tienen que pasar por la garita del control de peaje de evitamiento. Por tanto el número promedio de camiones que pasarían anualmente sería de 65,77% x 83873 = 55 164 camiones.)

Entrevistando a los camioneros del mercado mayorista de Lima, afirman que el valor de cada camión que carga productos perecederos tales como hortalizas, maíz, papa, forraje (alfalfa, chala, etc.) en el mercado mayorista es de alrededor de 15 mil soles cada uno y que cada día que la carretera es interrumpida o restringida, su mercadería en promedio (alimentos de pan llevar) se deterioran a razón de 1/5 cada día.

Cuadro N° 55: Horas con tráfico restringido

AÑO	Nº DE INTERRUPCIONES	HORAS CON TRÁFICO RESTRINGIDO
1999	55	990
2000	60	1080
2001	45	810
2002	39	702
2003	38	684
2004	29	522
2005	31	558
2006	29	522
2007	41	738
2008	20	360
2009	99	1782
2010	9	162
2011	44	792
PROMEDIO	41,46	746

Fuente: Ministerio de Transportes

Gráfico N° 28: Tránsito restringido en la carretera central

Fuente: Ministerio de Transportes.

De esta forma podemos calcular el valor de la pérdida de los productos perecederos:

Cuadro N° 56: Estimación del valor perdido de los productos perecederos

AÑO	Nº DE INTERRUPCIONES	HORAS CON TRÁFICO RESTRINGIDO	Nº de Camiones	COSTO X HORA (S/.)	Valor de la pérdida de los productos perecederos (S/.)
1999	55	990	62.470	2,16	21.180.039
2000	60	1080	57.497	2,48	21.265.970
2001	45	810	54.669	2,56	15.165.149
2002	39	702	55.678	2,56	13.385.683
2003	38	684	53.144	2,65	12.448.851
2004	29	522	52.446	2,88	9.375.574
2005	31	558	54.798	2,88	10.471.737
2006	29	522	54.781	3,13	9.792.966
2007	41	738	56.477	3,17	14.274.094
2008	20	360	56.823	3,44	7.005.543
2009	99	1782	56.158	3,44	34.272.047
2010	9	162	57.411	3,45	3.185.115
2011	44	792	57.242	3,90	15.525.830
PROMEDIO	41,46	746	56.123	2,98	14.411.431

(*) Actualizado a Julio 2012

Fuente: Las interrupciones están basadas en el Reporte de emergencias de la red vial nacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC.

El costo por hora esta basado en la remuneración mínima vital mensual del INEI

El número de camiones es registrado por la Empresa de Mercados Mayoristas de Lima EMMSA

Estimación del tiempo de trabajo interrumpido

El valor de las horas hombre pérdidas se estima a partir del 0, de donde se saca el promedio de los vehículos ligeros que circulan por evitamiento y este se multiplica por el valor del salario mínimo vital, convertido en horas y este por las horas de interrupción del Cuadro 56..

Cuadro N° 57: Estimación del valor de las horas hombre perdidas por las interrupciones de tránsito

AÑO	Nº DE INTERRUPCIONES	HORAS CON TRÁFICO RESTRINGIDO	COSTO X HORA (S/.)	Valor de las horas hombre pérdidas (S/.)
1999	55	990	2,16	24.571.183
2000	60	1080	2,48	30.887.175
2001	45	810	2,56	23.891.348
2002	39	702	2,56	20.705.835
2003	38	684	2,65	20.899.354
2004	29	522	2,88	17.274.286
2005	31	558	2,88	18.465.616
2006	29	522	3,13	18.776.398
2007	41	738	3,17	26.944.131
2008	20	360	3,44	14.244.164
2009	99	1782	3,44	70.508.612
2010	9	162	3,45	6.439.010
2011	44	792	3,90	35.515.449
PROMEDIO	41,46	746	2,98	25.317.120

(*) Actualizado a Julio 2012

Fuente: Las interrupciones están basadas en el Reporte de emergencias de la red vial nacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC.

El costo por hora esta basado en la remuneración mínima vital mensual del INEI. El número de camiones es registrado por la Empresa de Mercados Mayoristas de Lima EMMSA

Este cálculo se basa en que recorren al año en promedio en la carretera central 25 millones de autos ligeros, tal como hemos podido observar al ver 0.

Estimación del peaje no cobrado

A partir de la información de la recaudación del peaje del año 2010 y suponiendo que en los años anteriores este se ha desempeñado al mismo ritmo como circularon los autos por evitamiento según el 0 calculamos el monto promedio del peaje perdido. Con esta información y la que podemos obtener de los cuadros precedentes podemos calcular lo siguiente:

Cuadro N° 58: Registro del cobro de Peaje

Lugar del Puesto de Peaje	Cobro de Peaje : Año 2010												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT
Plaza: Ramiro Priale - Evitamiento	1.566.087	1.571.042	1.784.084	1.659.753	1.702.102	1.650.441	1.755.259	1.783.252	1.775.152	1.831.494	1.737.660	1.855.909	20.672.235
Plaza: Entrada - Evitamiento	3.475.288	3.383.904	3.801.391	3.648.504	3.854.937	3.754.472	3.872.706	3.905.265	3.899.159	4.014.774	3.992.175	4.022.317	45.624.892
Centro de Peaje: Evitamiento	11.545.138	11.295.797	12.789.506	12.083.952	12.038.872	12.292.318	12.618.593	12.719.389	12.863.164	13.015.872	12.874.755	13.810.515	149.947.871
Plaza: Salida - Evitamiento	940.510	928.190	1.041.360	980.798	1.018.890	981.054	1.028.790	1.030.370	1.018.810	1.059.330	1.037.190	1.109.100	12.174.392
Plaza: El Pino - Evitamiento	394.148	383.928	429.833	395.232	418.411	401.477	384.014	380.565	373.303	373.893	355.081	362.022	4.651.907
Plaza: Separadora Industrial - Evitamiento	202.934	188.927	243.627	238.719	253.129	252.185	284.337	293.162	304.610	301.985	319.038	333.166	3.215.819
TOT	18.124.105	17.751.788	20.089.801	19.006.958	19.286.341	19.331.947	19.943.699	20.112.003	20.234.198	20.597.348	20.315.899	21.493.029	236.287.116

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
%CREC PBI	3,30%	2,67%	1,82%	2,16%	3,06%	4,89%	8,30%	6,71%	8,04%	
Estimación del peaje en función al crec PBI	158.680.331	163.911.903	168.289.534	171.357.592	175.064.919	180.427.152	189.244.285	204.955.604	218.712.348	236.287.116

Cuadro N° 59: Estimación del peaje perdido

AÑO	Nº DE INTERRUPCIONES	HORAS CON TRÁFICO RESTRINGIDO	Monto del Peaje Pérdido (S/.)	Total Pérdida (millones de S/.)
1999	55	990	14.960.572	61
2000	60	1080	16.802.179	69
2001	45	810	12.628.714	52
2002	39	702	11.494.339	46
2003	38	684	11.651.212	45
2004	29	522	9.334.231	36
2005	31	558	10.659.136	40
2006	29	522	10.743.290	39
2007	41	738	16.535.811	58
2008	20	360	8.853.617	30
2009	99	1782	44.198.066	149
2010	9	162	4.369.693	14
2011	44	792	14.173.390	65
PROMEDIO	41,46	746	14.338.789	54,07

Fuente MTC Peajes de Evitamiento. Elaboración Propia.

Así determinada esta hace referencia a la disminución de la productividad de la vía en cuanto a su capacidad de dar servicios y de generar ingresos, tanto al comercio, como al trabajo y a los ingresos del estado por el peaje.

Cuadro N° 60: Integrando el total de la vulnerabilidad económica indirecta

AÑO	MENSUAL S/.	POR HORA S/.	Nº DE INTERRUPCIONES	HORAS CON TRÁFICO RESTRINGIDO	Nº de Camiones	COSTO X HORA (S/.)	Valor de la pérdida de los productos perecederos (S/.)	Valor de las horas hombre pérdidas (S/.)	Monto del Peaje Pérdido (S/.)	Total Pérdida (millones de S/.)
1999	345	2,16	55	990	62.470	2,16	21.180.039	24.571.183	14.960.572	61
2000	398	2,48	60	1080	57.497	2,48	21.265.970	30.887.175	16.802.179	69
2001	410	2,56	45	810	54.669	2,56	15.165.149	23.891.348	12.628.714	52
2002	410	2,56	39	702	55.678	2,56	13.385.683	20.705.835	11.494.339	46
2003	425	2,65	38	684	53.144	2,65	12.448.851	20.899.354	11.651.212	45
2004	460	2,88	29	522	52.446	2,88	9.375.574	17.274.286	9.334.231	36
2005	460	2,88	31	558	54.798	2,88	10.471.737	18.465.616	10.659.136	40
2006	500	3,13	29	522	54.781	3,13	9.792.966	18.776.398	10.743.290	39
2007	508	3,17	41	738	56.477	3,17	14.274.094	26.944.131	16.535.811	58
2008	550	3,44	20	360	56.823	3,44	7.005.543	14.244.164	8.853.617	30
2009	550	3,44	99	1782	56.158	3,44	34.272.047	70.508.612	44.198.066	149
2010	553	3,45	9	162	57.411	3,45	3.185.115	6.439.010	4.369.693	14
2011	623	3,90	44	792	57.242	3,90	15.525.830	35.515.449	14.173.390	65
PROMEDIO			41,46	746	56.123	2,98	14.411.431	25.317.120	14.338.789	54,07

(*) Actualizado a Julio 2012

Fuente: Las interrupciones están basadas en el Reporte de emergencias de la red vial nacional del Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC.

El costo por hora esta basado en la remuneración mínima vital mensual del INEI. El número de camiones es registrado por la Empresa de Mercados Mayoristas de Lima EMMSA

Cuadro N° 61: Vulnerabilidad Económica Indirecta

VULNERABILIDAD ECONÓMICA INDIRECTA	Promedio (Millones de S/.)
VALOR DE LOS PRODUCTOS PERECEDEROS PERDIDOS	14,41
VALOR DE HORAS/HOMBRE PERDIDAS	25,32
VALOR DEL PEAJE PERDIDO (*)	14,34
TOT	54,07

Vulnerabilidad Económica Total = VED +VEI

Cuadro N° 62: Estimación de la Vulnerabilidad Económica Total

Estimación del valor y gasto de Mantenimiento y Emergencia por tramo de la carretera de Lima en millones de soles									
N° TRAMOS	Tramos de la carretera (km)	Valor Total de la Vía (C) = (A)+(B)	Valor Anual del Mantenimiento Ideal	Gasto Anual Promedio del Mantenimiento Real (GAM)	Gastos Anual Promedio de Emergencia (GAE)	Gasto Promedio Total (GAM+GAE) (D)	Vulnerabilidad Económica Directa: (D)/(C)	Vulnerabilidad Económica Indirecta:	Vulnerabilidad Económica Total
1	Callao-Chosica	21.027,19	20,96	0,43	0,06	0,49	0,0023%	0,07%	0,07%
2	Chosica-San Jerónimo de Surco	10.667,25	12,49	0,26	0,04	0,29	0,0028%	0,08%	0,08%
3	San Jeronimo de Surco-Matucana	4.989,60	3,36	0,07	0,01	0,08	0,0016%	0,04%	0,05%
4	Matucana - San Mateo	6.674,25	6,24	0,13	0,02	0,15	0,0022%	0,06%	0,07%
5	San Mateo - Casapalca	1.798,50	12,38	0,27	0,04	0,31	0,0172%	0,49%	0,51%
6	Casapalca-La Oroya	1.534,50	24,75	0,52	0,07	0,59	0,0384%	1,10%	1,13%
	TOT	46.691	80,16	1,68	0,23	1,91	0,0645%		1,9030%

Medidas de adaptación frente a la vulnerabilidad económica

Debido a que se ha descompuesto la vulnerabilidad económica directa e indirecta, las medidas de adaptación serían las siguientes:

Para adaptarse a la interrupción del tránsito durante la ocurrencia de la emergencia y después de esta:

Implementación de sistemas de información radial que alerten y permitan tomar decisiones de transitar o no por la carretera central, ya que esta situación se agrava por el hecho que además de las horas pérdidas de los usuarios de la vía, tienen que asumir el costo del peaje pagado (calculado como peaje dejado de cobrar) debido a que en la realidad al no existir un sistema de alerta los conductores de los vehículos ingresan a la carretera central sin ser alertado, teniendo que pagar el peaje además del tiempo de la interrupción de la vía.

Respecto de las pérdidas ocasionadas en el transporte de carga de mercancías, estas deberían de estar aseguradas, con la finalidad de trasladar el riesgo al sector privado, sabiendo que ya existe un fondo de los recursos públicos destinados a atender emergencias parte de ellos podrían ser utilizados como fondos de garantía que hagan atractivo que el sector privado se involucre en los seguros de alimentos perecibles. Esto podría estudiarse a través de la información que maneja EMSA y el sistema de peajes.

Para completar la inversión pública en infraestructura vial, la mejor adaptación de los puentes y carreteras es la inversión ambiental, de tal forma que la calidad del ambiente en la zona circundante a la carretera atenúe la intensidad del impacto y permita al sistema (ambiental y de la obra de ingeniería del puente o carretera) ser resiliente.

Estimación de la Vulnerabilidad Social

La vulnerabilidad social es un tipo de vulnerabilidad indirecta, por cuanto la interrupción de la carretera interrumpe el normal desarrollo de los medios de vida principales, los cuales se realizan a través del transporte, pero cuyas consecuencias no son inmediatas en el tiempo.

La población más vulnerable al ser afectadas son las que se encuentran en condición de pobreza monetaria²⁹, esto se debe a que las interrupciones en la carretera ocasionados por Huaicos, se traducen en interrupciones en los ingresos generados

²⁹ Se define como la insuficiencia de recursos monetarios para adquirir una canasta de consumo mínima aceptable socialmente. Para ello se elige un indicador de bienestar (gasto per cápita) y parámetros de lo socialmente aceptado (líneas de pobreza total para el caso de consumo total y línea de pobreza extrema para el caso de alimentos):

- Se dice que un hogar es pobre cuando su gasto per cápita es inferior a una Línea de Pobreza (LPt).
- Se dice que un hogar es pobre extremo cuando su gasto per cápita es inferior a una Línea de Pobreza Extrema (LPex).

La tasa de pobreza monetaria es comúnmente el indicador que hace referencia al nivel de vida de la población, esta refleja la capacidad de un hogar para afrontar las exigencias mínimas para vivir; en este sentido el indicador que se utiliza es el gasto per cápita del hogar.

por sus actividades y por tanto en interrupciones o disminución en su nivel de gasto. De acuerdo a la encuesta nacional de hogares del INEI, la pobreza monetaria es concebida como aquella que cubre los gastos diarios del consumo de alimentos en US\$2.00 por día por habitante.

Debido a que la ENAHO, hace una categorización territorial, según sea costa, sierra o selva y si dentro de cada una de ellas es urbana o rural. De esta manera podemos categorizar por cada tramo de la carretera en función a las categorías de la ENAHO, tal como podemos observar a continuación:

Cuadro N° 63: Población en situación de Pobreza

POBLACIÓN EN SITUACIÓN DE POBREZA, SEGÚN AMBITO GEOGRÁFICO 2001-2010									
TRAMOS DE LA CARRETERA	EQUIVALENCIA SEGÚN ENAHO	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	PROMEDIO
TRAMO N° 1	LIMA METROPOLITANA	30,93%	32,55%	24,15%	18,46%	17,67%	14,11%	12,75%	21,52%
TRAMO N° 2	COSTA RURAL	51,20%	50,00%	49,00%	38,10%	34,80%	40,60%	34,80%	42,64%
TRAMO N° 3	SIERRA URBANA	44,80%	44,40%	40,20%	36,30%	33,50%	31,30%	27,30%	36,83%
TRAMO N° 4	SIERRA RURAL	75,80%	77,30%	76,50%	73,30%	68,80%	65,60%	61,20%	71,21%
TRAMO N° 5	SIERRA RURAL	75,80%	77,30%	76,50%	73,30%	68,80%	65,60%	61,20%	71,21%
TRAMO N° 6	SIERRA RURAL	75,80%	77,30%	76,50%	73,30%	68,80%	65,60%	61,20%	71,21%

Fuente: INEI-Encuesta Nacional de hogares anual 2001-2010

De acuerdo a su situación de pobreza, la población más vulnerable se encuentra en los tramos 4, 5 y 6, correspondientes a los distritos de la provincia de Huarochirí, ubicado en las zonas más elevadas de Lima, y distantes de Lima Metropolitana, debido a que un nivel de pobreza del 61,2% en el 2010, frente al tramo 3 que tiene un nivel de pobreza del 27,3% correspondiente a la categoría de sierra rural. Los tramos menos vulnerables son el 1 y 2, los cuales corresponden a Lima Metropolitana con 12.75% y a la costa rural con 34,8% respectivamente.

No obstante que desde el 2001 al 2009 la pobreza ha ido disminuyendo a una tasa promedio de 1.54%, aún esta población en condiciones de pobreza urbana de Lima, constituyen una fuerza social importante por las condiciones de vulnerabilidad que tienen debido a la forma desordenada de ocupación del territorio, y debido también al fácil acceso a los recursos naturales cercanos (agua de río y laderas de cerros para vivienda y negocios).

Esta situación se torna fundamental debido a que la ocupación del territorio, sobre todo aquellos que son ricos en recursos naturales, y de acceso a capitales naturales, y humanos (como en el caso de la cercanía a la carretera) determinan la forma en que las familias establecen sus estrategias de vida, modificando el paisaje y la disponibilidad y calidad de sus recursos naturales (Leonith Hinojosa y Karl Hennerman, 1998).

A manera de ejemplo, la ocupación del territorio de estos centros poblados, se hacen en las faldas de los cerros, en la cercanía de los ríos y de la carretera, debido a que sus medios de vida principales ofrecen más oportunidades a los beneficios del trabajo debido a la conectividad que les ofrece la carretera y por la cercanía de los servicios del estado, es que conciben un nivel tolerable de riesgo, de vivir condiciones de vulnerabilidad física.

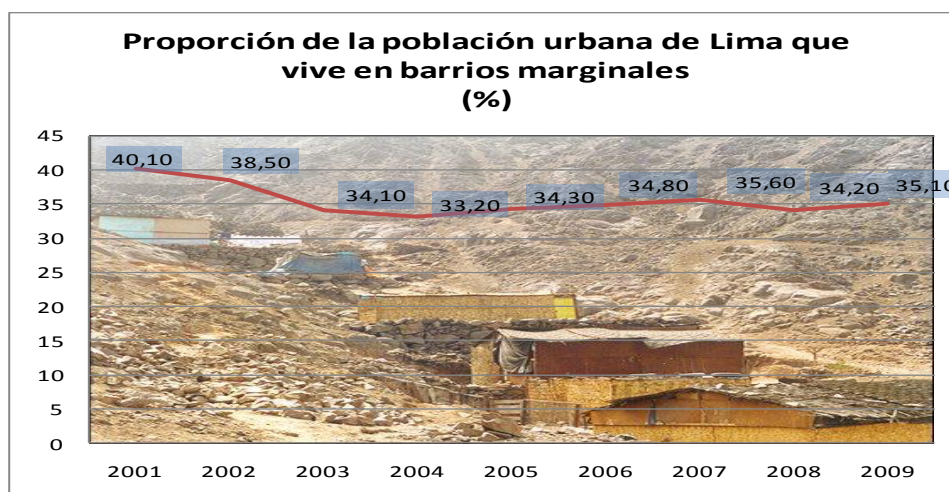
Otro factor importante lo constituye la cercanía a los ríos, ya que de esta manera tienen acceso al agua, aunque sabemos que no es de calidad, sin embargo les permite la disponibilidad de este recurso con el mínimo nivel de inversión, ya que las tareas domésticas como lavado de ropa, utensilios de cocina, e incluso "aseo" lo realizan sin necesidad que dispongan de cañerías de extracción del agua. De otro lado esta escasez aparente de agua potable, la superan con la compra de agua en tanques cisternas, con ello complementan sus requerimientos básicos sin necesidad de incluirse en los servicios formales del estado.

Tal como lo afirmó Wilches-Chaux Op. Cit., compilado por (Maskrey, 1993) al señalar a Cuny (Cuny, 1983), (Davis, 1980) y (Wijkman A. and Timberlake L., 1985), quienes aportan ejemplos que demuestran cómo los sectores económicamente más deprimidos de la humanidad son, por esa misma razón, los más vulnerables frente a los riesgos naturales. Wijkman y Timberlake presentan cuadros que prueban la existencia de una relación inversamente proporcional entre la mortalidad y el ingreso en casos de desastre.

Es decir que, en los países con mayor ingreso real per cápita, el número de víctimas que dejan los desastres es mucho menor que en los países con un bajo ingreso por habitante. Lo mismo puede afirmarse frente al ingreso por sectores socio- económicos al interior de los países. Así mismo, demuestran que en las últimas décadas el número de desastres ha aumentado considerablemente en el mundo y, consecuentemente, el número de víctimas humanas producto de los mismos. Sobre este sustento, se puede afirmar que hay mayor vulnerabilidad de la población pobre frente a los efectos de amenazas que deterioren su economía y supervivencia, tales como retrasar su salida de las condiciones de pobreza y tornarse en un círculo vicioso generacional.

Otro aporte lo encontramos en la afirmación de (García, 2005), partiendo de que la vulnerabilidad no se determina por "fenómenos peligrosos", sino por ciertos procesos sociales, económicos y políticos, los más vulnerables serán los países más pobres y dependientes, las regiones más desfavorecidas, los habitantes de la tierra con menos recursos. Esta situación desfavorable es resultado de la evolución histórica de procesos multilineales sociales y económicos que, aunados a las condiciones físicas y meteorológicas específicas, provocan la mayor vulnerabilidad de estas sociedades.

Gráfico N° 29: Proporción de la población urbana que vive en barrios marginales



Fuente de información: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI

En el gráfico se observa como casas construidas de esteras y madera son ubicadas en las zonas de desagüe de los Huaucos y escorrentías, esta situación lamentablemente se repite en los centros poblados rurales, entre otras razones debido a que esos terrenos no tienen ningún costo, están cercanos a las carreteras y cercanos a sus medios de vida principales (comercio, transporte, agricultura, etc.).

Si se toma en cuenta como factor de vulnerabilidad a la población que tiene al menos una necesidad básica insatisfecha, podríamos analizar el siguiente cuadro para considerarlo en el análisis de vulnerabilidades sociales:

Cuadro N° 64: Necesidad Básica insatisfecha

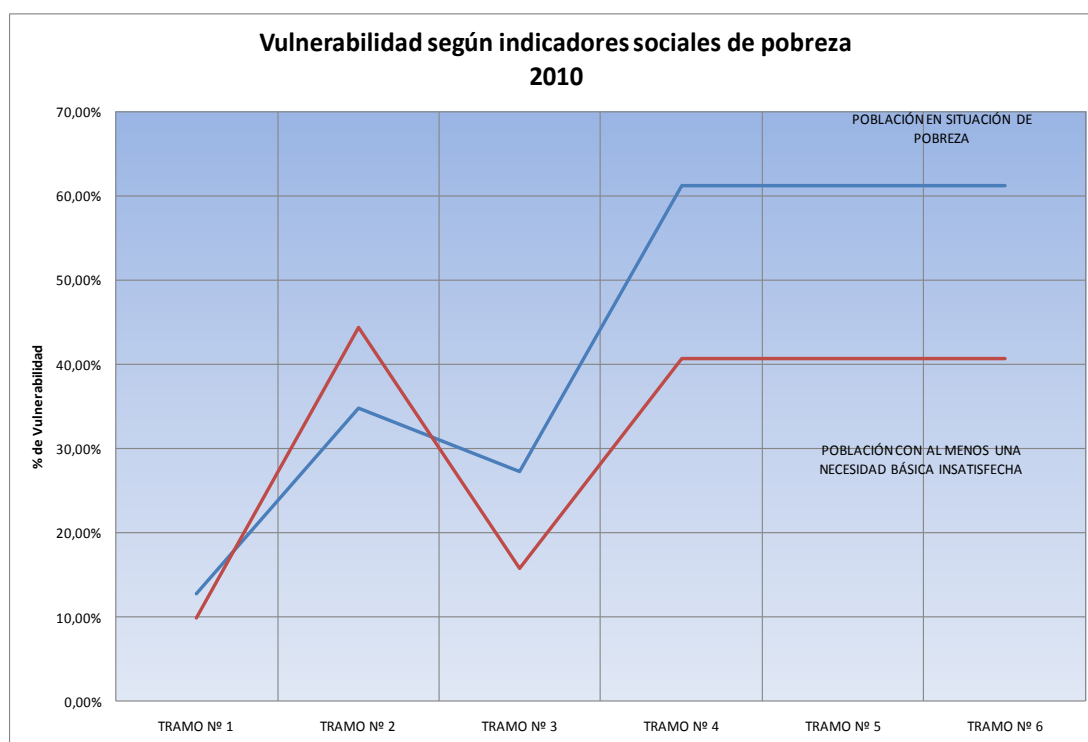
POBLACIÓN CON AL MENOS UNA NECESIDAD BÁSICA INSATISFECHA SEGÚN ÁMBITOS GEOGRÁFICOS, 2001 - 2010

TRAMOS DE LA CARRETERA	EQUIVALENCIA SEGÚN ENAHO	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	PROMEDIO
TRAMO N° 1	LIMA METROPOLITANA	15,34%	17,58%	13,81%	11,79%	12,85%	12,14%	9,85%	13,34%
TRAMO N° 2	COSTA RURAL	55,70%	55,54%	50,59%	47,92%	46,99%	46,25%	44,33%	49,61%
TRAMO N° 3	SIERRA URBANA	26,74%	22,86%	22,16%	22,76%	20,71%	19,83%	15,69%	21,54%
TRAMO N° 4	SIERRA RURAL	63,87%	65,93%	61,06%	57,26%	49,85%	43,48%	40,57%	54,58%
TRAMO N° 5	SIERRA RURAL	63,87%	65,93%	61,06%	57,26%	49,85%	43,48%	40,57%	54,58%
TRAMO N° 6	SIERRA RURAL	63,87%	65,93%	61,06%	57,26%	49,85%	43,48%	40,57%	54,58%

Fuente: INEI-Encuesta Nacional de hogares anual 2001-2010

Como podemos observar en el cuadro precedente, la población con al menos una necesidad básica insatisfecha³⁰, representa el 13.34% para Lima metropolitana, siendo el menor grado de vulnerabilidad social debido a que la mayor cantidad de acceso a los servicios básicos se encuentran allí. Mientras que para los distritos más alejados como son los de costa rural y sierra urbana, este indicador aumenta en 49.61% y 21.54% respectivamente, lo cual demuestra el cada vez menor acceso de los servicios y condiciones básicas de vivienda. Finalmente, para los distritos comprendidos en la sierra rural, estos se hallan en los tramos 4, 5 y 6, los cuales sin poder diferenciarlos tienen el mayor nivel de vulnerabilidad con 54.58%.

Gráfico N° 30: Vulnerabilidad según indicadores sociales de pobreza



En el gráfico precedente podemos ver que ambas líneas son semejantes, eso nos indica que cualquiera de estos indicadores pueden graficarnos la vulnerabilidad social. Para nuestro análisis incorporamos los niveles de pobreza monetaria, debido a que no obstante el indicador de necesidades básicas insatisfechas es semejante en su desempeño en cada tramo respecto de la población en situación de pobreza monetaria, este último engloba la situación del poblador respecto a su dependencia con sus ingresos, y la carretera como medio facilitador de seguir trabajando y mantener sus ingresos, se convierte en clave para correlacionarlo.

³⁰

La cual podría ser una de las siguientes: Población en viviendas con características físicas inadecuadas; Población en viviendas con hacinamiento; Población en viviendas sin servicios higiénicos; Población en hogares con niños que no asisten a la escuela; Población en hogares con alta dependencia económica.

Cuadro N° 65: Ingresos de la población en situación de pobreza

TRAMOS DE LA CARRETERA	EQUIVALENCIA SEGÚN ENAHO	POBLACIÓN EN SITUACIÓN DE POBREZA	POBLACIÓN CON AL MENOS UNA NECESIDAD BÁSICA INSATISFECHA	INGRESO PROMEDIO REAL PER CÁPITA MENSUAL (*)	GASTO PROMEDIO REAL PER CÁPITA MENSUAL (*)
TRAMO N° 1	LIMA METROPOLITANA	21,52%	13,34%	S/. 671,53	S/. 681,14
TRAMO N° 2	COSTA RURAL	42,64%	49,61%	S/. 302,81	S/. 308,03
TRAMO N° 3	SIERRA URBANA	36,83%	21,54%	S/. 463,35	S/. 474,21
TRAMO N° 4	SIERRA RURAL	71,21%	54,58%	S/. 178,41	S/. 181,62
TRAMO N° 5	SIERRA RURAL	71,21%	54,58%	S/. 178,41	S/. 181,62
TRAMO N° 6	SIERRA RURAL	71,21%	54,58%	S/. 178,41	S/. 181,62

(*) (Nuevos soles constantes base=2001 a precios de Lima Metropolitana)

VULNERABILIDAD SOCIAL

TRAMOS DE LA CARRETERA	VULNERABILIDAD ASOCIAL
TRAMO N° 1	13,34%
TRAMO N° 2	49,61%
TRAMO N° 3	21,54%
TRAMO N° 4	54,58%
TRAMO N° 5	54,58%
TRAMO N° 6	54,58%
PROMEDIO	41,37%

INTERPRETACIÓN

En promedio el 52% de la población que habita en el territorio en donde se ubica la carretera central tiene vulnerabilidad social elevada, es decir que la población de los distritos comprendidos alrededor de este tramo, se encuentran expuestos a la pobreza monetaria, condición por la cual sus pobladores son vulnerables a la interrupción de la carretera que a su vez interrumpen el normal desempeño de sus actividades económicas generadoras de ingresos.

Finalmente, el hecho que la población pobre se ubique en zonas de alto riesgo de amenazas naturales, no es de extrañar ya que el beneficio es sustancial. La gente no solo se ubica en zonas de alto riesgo natural, recurrente, sino que sobrevive allí, se asienta y prospera (Burton I y Kates R., 1986). También fue señalado por el Profesor Smith, al resaltar lo siguiente: "...la población pone de manifiesto su querencia a residir en zonas de riesgo, porque si es verdad que están expuestos al peligro, también obtienen beneficios económicos y sociales..." (Smith, 1992).

Medidas de adaptación frente a la vulnerabilidad social

Al responder a la pregunta de ¿cómo los pobres pueden adaptarse al aumento del riesgo debido al aumento de las frecuencias e intensidad de la precipitación pluvial?, debemos de reflexionar sobre las condiciones subyacentes de su vulnerabilidad social en su calidad de pobres.

Si las condiciones de pobreza monetaria como expresión de su condición de pobreza estructural (es decir de exclusión a las oportunidades del desarrollo, tales como satisfacción de necesidades básicas e inclusión a la demanda laboral) se mantienen, es poco lo que se puede hacer. Sin embargo frente a situaciones de interrupción de la carretera ocasionada por Huaicos, se propone lo siguiente:

Que en situaciones de mantenimiento rutinario como de emergencias, la mano de obra sea local, tanto para las operaciones de mantenimiento rutinario, periódico o de reconstrucción o rehabilitación. Sabiendo que el nivel de ingresos los hace más vulnerables.

Que parte de los peajes, sea para cubrir un seguro contra interrupciones del tránsito ocasionados por deterioro de la carretera y activados por lluvias, este seguro podría ser del tipo paramétrico, en donde se active cada vez que haya precipitaciones continuas iguales o mayores a los 20 mm y serviría como fondo para las inversiones en prevención con la posibilidad de estudiar mejor la conveniencia de si serían socialmente rentables para la atención a los desastres.

De la misma forma que trasladar el riesgo al sector privado, a través del sistema de peajes que ya existe, otra medida asociada a la descrita en el análisis de la vulnerabilidad ambiental para la determinación de áreas de drenaje natural de las lluvias y zonas de protección declaradas como zonas intangibles por cada gobierno distrital, debería darse empleo para el cuidado de estas zonas, y la mano de obra de estos asentamientos humanos se convierten en fundamentales para mejorar sus oportunidades de ingresos y empleo.

Finalmente, la aplicación de prohibiciones y multas para las empresas que suministren servicios de energía eléctrica y agua y desagüe para los centros poblados que se instalen en las zonas de protección, ya que con el transcurrir de los años, el desorden urbano hará muy costoso e insostenible la inversión pública, ya que generará nuevas condiciones de vulnerabilidad con su crecimiento poblacional y forma de ocupación del territorio.

El incentivo a proyectos de desarrollo urbano sostenibles, con subsidio del estado, ya que se convierte en una necesidad pública la concentración de los servicios del estado y la priorización de la inversión pública en condiciones de seguridad ambiental, económica e institucional³¹.

³¹ El Programa de Ciudades Sostenibles (PCS) es una iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD -con el aporte económico del Ministerio Británico para el Desarrollo Internacional (DFID, U.K.) y con la participación especializada de consultores peruanos- ha elaborado el Manual para el Desarrollo de Ciudades Sostenibles, que, desde 1998, se desarrolla en el Perú, enfocándose en la seguridad física. En contraste la presente investigación se concentra en la seguridad ambiental, representado por los indicadores de Biocapacidad y de Huella Ecológica.

V.4 Análisis de Riesgo (PASO N° 4)

En este capítulo, el riesgo es entendido como la probabilidad de daño, pérdidas económicas o interrupción del servicio que da la carretera que va paralela a la cuenca del río Rímac, como resultado de la exposición ante las amenazas de huaicos, en un determinado período. El período de estimación de la probabilidad es a partir de datos de ocurrencia de precipitación pluvial desde el año 1965 al año 2011, mientras que la estimación de las vulnerabilidades se ha realizado con datos desde 1998 al 2011. Esta forma de entender el riesgo está basado en las investigaciones de (Crichton, 1999) y de (Coburn, A. et al, 1994); (UN/ISDR, 2004).

La identificación de las variables responde a la interpretación conceptual de la amenaza y de la vulnerabilidad y a la disponibilidad de la información estadística

$$\text{Riesgo} = f(\text{Amenazas} \times \text{Vulnerabilidad}) \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Amenazas} = f(\text{Probabilidad de Ocurrencias de lluvias extremas}) \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Vulnerabilidad} = f(\text{Exposición de la carretera a lluvias extremas, Fragilidad, Resiliencia}) \dots \dots (3)$$

$$\text{Exposición} = \text{Distancia en los deptos críticos; (A través de Google Earth pro)} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{Fragilidad} = f(\text{ciclo de vida de la carretera o \% de días de mantenimiento}); \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{Resiliencia} = f(\text{complemento de la vulnerabilidad}) \dots \dots \dots (6)$$

$$\text{Riesgo} = \frac{\text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}}{\text{Capacidad de Resiliencia}} \dots \dots \dots (7)$$

Los valores que pueden obtenerse son:

Para las Amenazas	→	van de: 0 a 1
Para la vulnerabilidad	→	van de: 0% a 100%
Para la resiliencia	→	van de: 0% a 100%
Para el riesgo	→	van de: 0% a 100%

La relación es directamente proporcional entre el riesgo y la vulnerabilidad, e inversamente proporcional entre el riesgo y la capacidad de resiliencia.

La capacidad de resiliencia es interpretada como: 1-vulnerabilidad

No se han medido las relaciones entre los diferentes tipos de vulnerabilidades, no obstante se conoce que los efectos de estas pueden incrementar el riesgo en diferentes niveles a lo largo del tiempo y que un tipo de vulnerabilidad puede desencadenar en otros tipos.

Finalmente, debido a que las vulnerabilidades están expresadas en porcentaje y no teniendo un parámetro con las cuales poder compararse, se interpretará cada nivel de riesgo en su propia naturaleza, es decir cada uno de los riesgos sólo podrá compararse con otro nivel de riesgo de la misma naturaleza (por ejemplo el riesgo ambiental de un tramo de la carretera sólo podrá compararse con el riesgo ambiental de otro tramo de la carretera o con el mismo a lo largo del tiempo).

Sin embargo podemos establecer las siguientes relaciones e interpretación en cuanto:

Riesgo - Amenaza:	Si la amenaza aumenta el riesgo aumenta
Riesgo - Vulnerabilidad:	Si la vulnerabilidad aumenta el riesgo aumenta
Riesgo - Resiliencia:	Si la resiliencia aumenta, el riesgo disminuye
Vulnerabilidad - Resiliencia:	Si la vulnerabilidad aumenta la resiliencia disminuye. (Vulnerabilidad + Resiliencia = 100%).

Así descrito las relaciones de los componentes del riesgo, los valores del riesgo por cada sector serían:

Cuadro N° 66: Clasificación del riesgo

Tipo de Riesgo	Color	Rango porcentual (%)	
Desconocido		0	10
Muy bajo		11	20
Bajo		21	30
Medio a bajo		31	40
Medio		41	50
Medio elevado		51	60
Elevado		61	70
Muy Elevado		71	80
Importante		81	90
Extremo		91	100

Fuente EIRD 2009. Elaboración: El autor

Esta clasificación podrá utilizarse cuando se integren todos los tipos de riesgos en uno sólo, es decir el riesgo total según la vulnerabilidad total (ver 0). Sin embargo es útil para clasificar el riesgo en cada sector, debido a que nos da grados de riesgo a nivel porcentual y permite su clasificación según su tipo de riesgo que va desde el riesgo desconocido al riesgo extremo.

Cuadro N° 67: Resultado de la probabilidad de amenaza de Huaicos que interrumpen la carretera central

TRAMOS	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	DIC	ENE	FEB	MAR	PROBABILIDAD PROMEDIO POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA			
						DIC	ENE	FEB	MAR
N° 1	ÑAÑA	-	-	-	-	-	-	-	-
	CHOSICA	-	-	-	-	-	-	-	-
N° 2	SANTA EULALIA	-	0,0102	0,0102	0,0079	-	0,0102041	0,0102041	0,0078999
N° 3	AUTISHA	0,0141	0,0323	0,1496	0,0786	0,0272760	0,0618817	0,1344643	0,1274552
	MATUCANA	0,0316	0,0605	0,1138	0,1257				
	CANCHACALLA	0,0361	0,0929	0,1400	0,1781				
N° 4	SHEQUE	0,1329	0,1935	0,2686	0,3277	0,1261961	0,1745003	0,2496799	0,2483290
	CARAMPOMA	0,0796	0,1352	0,2014	0,1819				
	RIO BLANCO	0,1661	0,1947	0,2791	0,2354				
N° 5	SAN JOSE DE PARAC	0,1935	0,2711	0,3378	0,3217	0,2580645	0,2769373	0,4000114	0,3895072
	TINGO	0,3226	0,2827	0,4622	0,4573				
N° 6	CASAPALCA	0,1935	0,3329	0,2800	0,3200	0,2363524	0,3742680	0,3281868	0,3330769
	MILLOC	0,2792	0,4156	0,3764	0,3462				
	PROMEDIO	0,1115	0,1555	0,2015	0,1985				

Como se observa en el 0, se ha calculado la probabilidad promedio de las lluvias que sean iguales o mayores a los 20 mm, por cada estación y durante los meses en que llueve en Lima, aunque en forma bastante diferenciada en función a la altura.

De las 13 estaciones meteorológicas, las cuales responden a un nivel de altura cada una de ellas, se han sectorizado de acuerdo a su ubicación en la carretera, a fin de poder continuar con el análisis de vulnerabilidades a nivel de los distritos que limitan con el río Rímac y con los sectores de la carretera.

Al calcular las vulnerabilidades, todas se han medido en porcentajes, esta forma de medirlos nos ha permitido comprender en cada una de ellas, el grado de afectación que podrían tener ante amenazas de huacos que interrumpen la carretera.

Cuadro N° 68: Resultado de la medición de los componentes del Riesgo

TRAMOS	ESTACIÓN METEOROLÓGICA	EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD	FALTA DE RESILIENCIA		
		VULNERABILIDAD FÍSICA	VULNERABILIDAD AMBIENTAL	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	VULNERABILIDAD ECONÓMICA	VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL	VULNERABILIDAD SOCIAL
N° 1	ÑAÑA	2,81%	93,91%	26,00%	3,89%	27,78%	21,52%
	CHOSICA						
N° 2	SANTA EULALIA	6,43%	5,22%	23,00%	4,61%	41,67%	42,64%
N° 3	AUTISHA	27,26%	0,10%	9,00%	2,63%	33,33%	36,83%
	MATUCANA						
	CANCHACALLA						
N° 4	SHEQUE	7,03%	0,28%	6,00%	3,68%	50,00%	71,21%
	CARAMPOMA						
	RIO BLANCO						
N° 5	SAN JOSE DE PARAC TINGO	3,47%	0,14%	8,50%	27,30%	66,67%	71,21%
N° 6	CASAPALCA	5,17%	0,35%	10,80%	64,03%	60,00%	71,21%
	MILLOC						
	PROMEDIO	8,70%	16,67%	13,88%	17,69%	46,57%	52,44%

Es importante señalar que la forma de entender la vulnerabilidad y diferenciarla conceptualmente de aquella que expresa la exposición del bien amenazado respecto de la amenaza, con la vulnerabilidad que expresa el grado de resistencia a los efectos de esta –fragilidad-.

De la misma forma las otras vulnerabilidades que se refieren a la ausencia de resiliencia o un nivel bajo de esta de esta, debido a que la recuperación de los efectos de los huacos estaría determinada por las capacidades de recuperación de los aspectos económicos, institucionales y sociales, las cuales permiten medir la capacidad de reconstrucción de la carretera y puentes afectados y el nivel de recuperación los servicios que dan (peajes, horas de trabajo, valor de las mercancías).

En el Cuadro N° 68, podemos observar que la estimación del riesgo depende de cada tipo de vulnerabilidad y de la probabilidad de las lluvias acumuladas registradas por cada estación meteorológica.

La vulnerabilidad que se ha estimado primero es aquella relacionada con la exposición del bien amenazado, es decir aquella que depende de la cercanía de la amenaza al bien amenazado y de las condiciones que ayudan a que se active la amenaza, como si estas determinantes fueran por sí solas suficientes para causar las interrupciones en la carretera, como si fuera un evento que una vez activado fuera inexorable.

Tanto la vulnerabilidad física como la ambiental determinan la activación de la amenaza y son las primeras condicionantes de la intensidad del evento, pero no son suficientes para determinar los efectos en los puentes y carreteras. Sólo cuando esta activación sea sumada a las condiciones de fragilidad de la estructura de la construcción, las cuales obedecen al cumplimiento de los requisitos técnicos al momento de la inversión y su deterioro o nivel de conservación, dependen del uso que se les da, así como del mantenimiento.

La vulnerabilidad física es determinante porque encausa el huaico hacia la carretera, a la velocidad que determina la pendiente y la cercanía, mientras que la vulnerabilidad ambiental se pone en evidencia porque el huaco al no encontrar un desfogue natural de su fuerza, busca el camino más corto o con menos obstáculos hacia el río, y en este camino se lleva de encuentro los puentes y la carretera que encuentra, interrumpiendo su paso.

A partir de allí la vulnerabilidad estructural se pone en evidencia ya que la fragilidad o fortaleza de la construcción (no hecha para resistir una violenta venida de lodo y piedras, sino construida para soportar camiones de carga y pasajeros, se pone a prueba al recibir al huaico.

Los demás tipos de vulnerabilidades se ponen en evidencia, con el tiempo ya que luego de la interrupción y aunque no de manera inmediata, se manifiesta la vulnerabilidad económica, al interrumpir los servicios económicos de la infraestructura de transportes. La vulnerabilidad social también se pone en evidencia debido a que afectará a todos los usuarios de la carretera, pero más aquellos cuyos ingresos y condiciones sociales son más precarias y dependientes de los servicios del transporte.

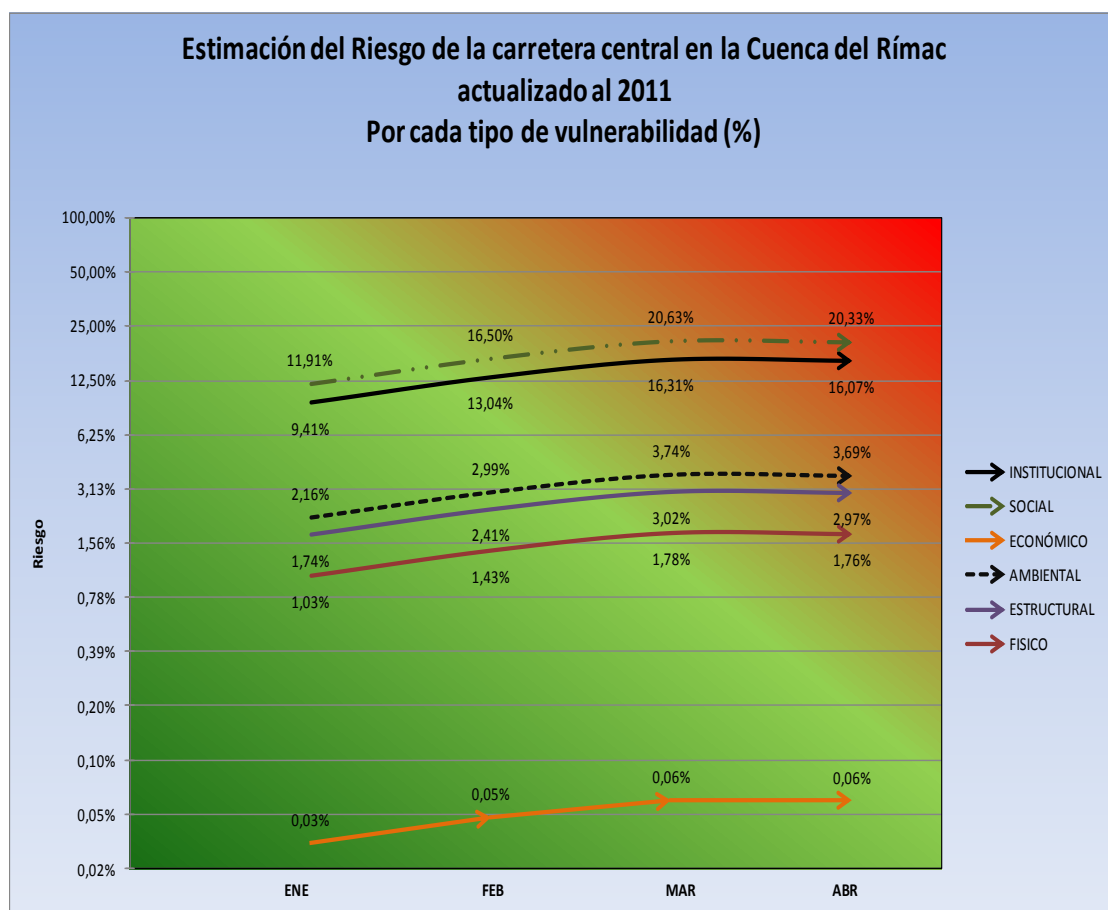
Finalmente, la vulnerabilidad institucional se pondrá de manifiesto, cuando luego de ocurrida la emergencia, la velocidad de recuperación de la infraestructura y la forma de solucionar las interrupciones o restricciones del transporte dependan de las capacidades de financiamiento, organización y habilidades de gestión para volver a la vida "normal" de la población afectada y de sus instituciones.

Cuadro N° 69: Estimación del riesgo de huacos que afectan la carretera por tramo y mes

TRAMOS	ESTIMACIÓN DEL RIESGO FÍSICO				ESTIMACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL				ESTIMACIÓN DEL RIESGO ESTRUCTURAL				ESTIMACIÓN DEL RIESGO ECONÓMICO				ESTIMACIÓN DEL RIESGO INSTITUCIONAL				ESTIMACIÓN DEL RIESGO SOCIAL			
	DIC	ENE	FEB	MAR	DIC	ENE	FEB	MAR	DIC	ENE	FEB	MAR	DIC	ENE	FEB	MAR	DIC	ENE	FEB	MAR	DIC	ENE	FEB	MAR
Nº 1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Nº 2	0,00%	0,07%	0,07%	0,05%	0,00%	0,06%	0,06%	0,04%	0,00%	0,30%	0,30%	0,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,73%	0,73%	0,56%	0,00%	0,76%	0,76%	0,59%
Nº 3	1,02%	2,32%	5,04%	4,78%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,27%	0,61%	1,33%	1,26%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	1,36%	3,09%	6,72%	6,37%	1,59%	3,61%	7,84%	7,43%
Nº 4	0,95%	1,32%	1,89%	1,88%	0,03%	0,05%	0,07%	0,07%	0,81%	1,11%	1,59%	1,59%	0,01%	0,01%	0,02%	0,02%	12,62%	17,45%	24,97%	24,83%	31,22%	43,17%	61,77%	61,44%
Nº 5	0,93%	0,99%	1,44%	1,40%	0,04%	0,04%	0,06%	0,06%	2,40%	2,57%	3,72%	3,62%	0,13%	0,14%	0,20%	0,19%	51,61%	55,39%	80,00%	77,90%	63,84%	68,51%	98,96%	96,36%
Nº 6	1,29%	2,04%	1,79%	1,82%	0,08%	0,13%	0,11%	0,12%	2,86%	4,53%	3,97%	4,03%	0,27%	0,43%	0,38%	0,38%	35,45%	56,14%	49,23%	49,96%	58,47%	92,59%	81,19%	82,40%
	1,03%	1,43%	1,78%	1,76%	2,16%	2,99%	3,74%	3,69%	1,74%	2,41%	3,02%	2,97%	0,03%	0,05%	0,06%	0,06%	9,41%	13,04%	16,31%	16,07%	11,91%	16,50%	20,63%	20,33%

El 0, refleja el cálculo entre la probabilidad de la amenaza y los diferentes grados de las vulnerabilidades analizadas. No obstante que cada tipo de riesgo debe de calcularse consigo mismo, ya que no obstante pueda tener el componente de la amenaza la cual alcanza los diferentes tipos de vulnerabilidades, también está sujeto a los indicadores que permitieron medir la vulnerabilidad, la cual difiera por la diferente naturaleza en que cada una de ellas está estructurada.

Gráfico N° 31: Estimación del Riesgo por tipo de vulnerabilidad



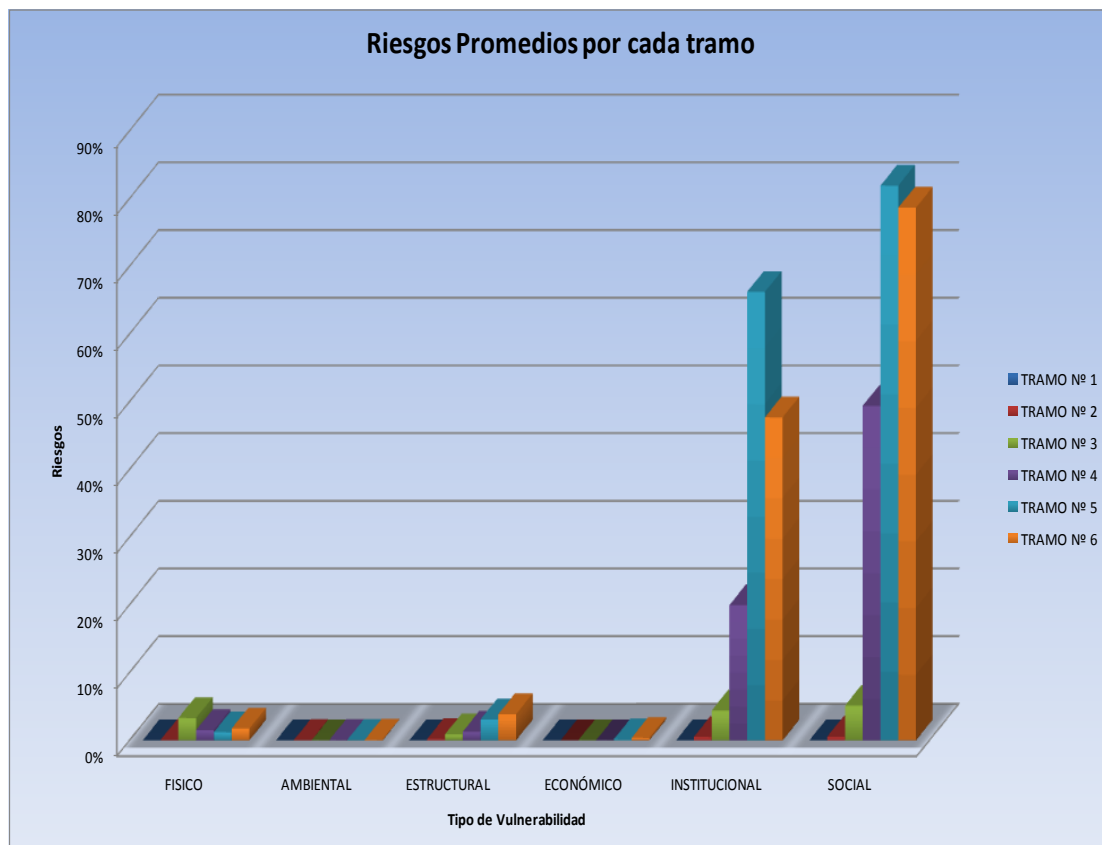
La estimación del riesgo, resultado de la aplicación de la fórmula 7 de la página 154, nos da diferentes grados de riesgo los cuales están expresados en porcentaje, debido a que la vulnerabilidad y la probabilidad se ha calculado de la misma expresión porcentual.

Como podemos observar en el 0, hay diferentes niveles de riesgo en los meses en los que es temporada de lluvias en la cuenca del Rímac, cada riesgo se analizará más adelante por separado, este gráfico nos indica que el mayor grado de riesgo que se ha calculado es el riesgo respecto de la vulnerabilidad social, mientras que el menor grado de riesgo es el económico. Esta situación nos da podría dirigir hacia una mala interpretación, debido a que cada grado de riesgo debe de compararse cuando se trata del análisis de una misma vulnerabilidad. Sin embargo, y debido a que la comparación no se debería realizar debido a que se utilizan diferentes indicadores de vulnerabilidad, por ejemplo para el riesgo social el indicador es pobreza monetaria y ante los mismos niveles de probabilidad de la amenaza de lluvias extremas, los riesgos son diferentes debido a que hay diferentes grados de vulnerabilidad.

Al integrar el riesgo de cada mes en un solo riesgo promedio, nos damos cuenta que los tramos con mayor grado de riesgo están ubicados en las partes altas de la cuenca del Rímac, siendo los tramos 4, 5 y 6 los que tienen mayores niveles de riesgos, concentrados en los aspectos institucionales y sociales.

Esto significa que el riesgo es más elevado en los tramos mencionados, debido a que reflejan el alto grado de vulnerabilidad sobre todo social e institucional, pero veremos de manera desagregada cada nivel de riesgo según el tipo de vulnerabilidad.

Gráfico N° 32: Riesgos promedio por cada Tramo



Medición del Riesgo Físico

En el análisis del riesgo físico el componente de vulnerabilidad es el que más influye en su medición, debido a que este se descompone en la pendiente y en la distancia del desembalse de la cuenca vertiente a la carretera o puente.

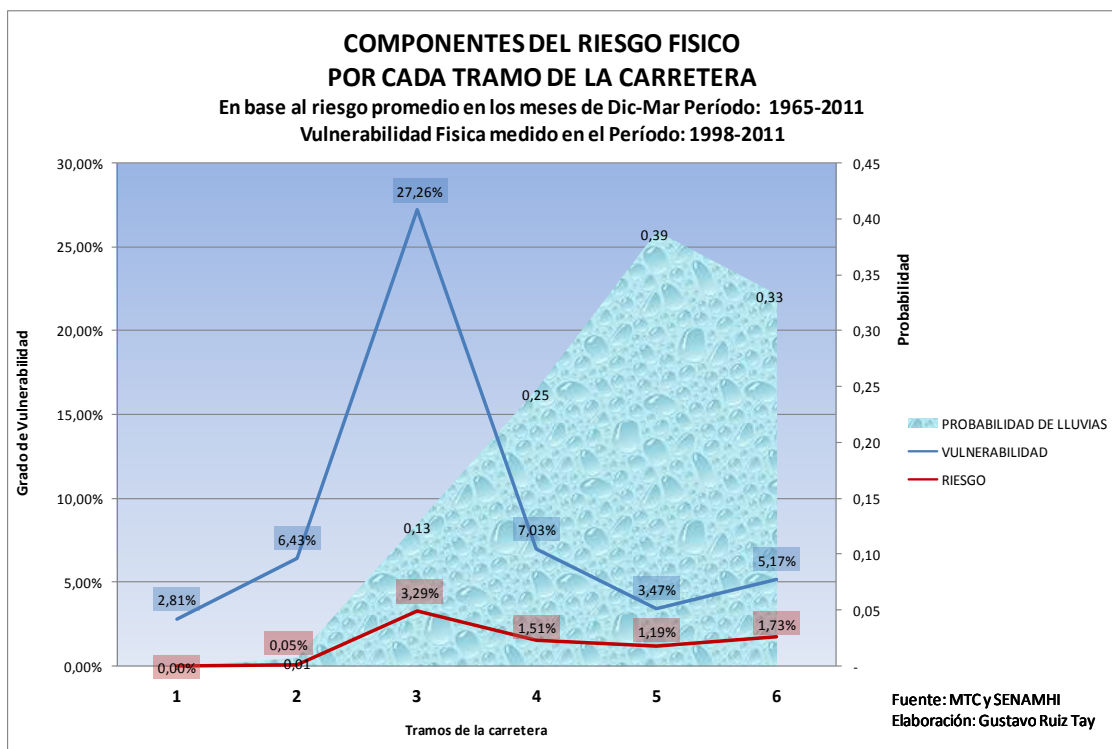
Así determinada la relación es que a mayor pendiente mayor vulnerabilidad y a menor distancia mayor vulnerabilidad, tal como se señaló en el análisis de vulnerabilidad. Como se recordará la vulnerabilidad física esta explicada por el grado de exposición que tiene el bien amenazado respecto de la amenaza del huaico y depende de la localización de la carretera respecto de la amenaza.

De esta forma al calcularlo, se ha identificado que el riesgo físico mayor es el encontrado en el tramo 3 de la carretera, debido a que a partir de allí la pendiente promedio es mayor y la distancia menor, respecto a los otros tramos de la carretera y además es a partir de este tramo en donde la precipitación aumenta en forma frecuente y su acumulación en condiciones de alta humedad (ver 0) son los que hacen más riesgoso la interrupción de la carretera.

Los dos primeros tramos no tienen relevancia debido a que el valle se alarga en esta zona y no hay cerros con pendientes elevadas, sino lomas costeras áridas.

En los tramos 4, 5 y 6 la cantidad de puntos críticos analizados han sido de 8, 4 y 2 teniendo un nivel de riesgo importante a lo largo de la carretera debido a que la precipitación aumenta y contribuye al mayor riesgo el hecho de la cercanía a la carretera y el grado de pendiente de los puntos críticos identificados.

Gráfico N° 33: Componentes del riesgo físico



En el 0, podemos observar como el riesgo está más influenciado por la vulnerabilidad que por la probabilidad de las lluvias, debido a que el riesgo capta el grado de exposición y la pendiente tal como se mencionó líneas arriba. Es importante añadir que estas variables físicas son poco alterables, entonces las condiciones de vulnerabilidad se establecen al momento de realizar la inversión pública al localizar la carretera y los puentes en las zonas geográficas cuyas condiciones son determinantes y fijan el nivel de riesgo.

Este aspecto de las inversiones es de vital importancia, porque las inversiones públicas en infraestructura vial se realizan con estudios técnicos de oferta y demanda de servicios proyectados a 20 años, siendo la dinámica de ocupación del territorio muy difícil de planificar, y en la formulación de los proyectos generalmente resaltan las bondades del proyecto en cuanto a los beneficios sociales y económicos que traerá a la sociedad, sin sopesar los aspectos ambientales que pueden reflejar el deterioro del ambiente (que soporta la carretera y el puente) subestimando su prospectiva, al momento de identificar y formular el proyecto. Situación a la cual se suma el hecho que al evaluar el proyecto, el cumplimiento de los aspectos de impacto ambiental no es de carácter obligatorio en su mayoría ya que sólo una pregunta de las 4 que hay debe de considerarse en la evaluación. (Ver Anexo N° 10).

Medición del Riesgo Ambiental

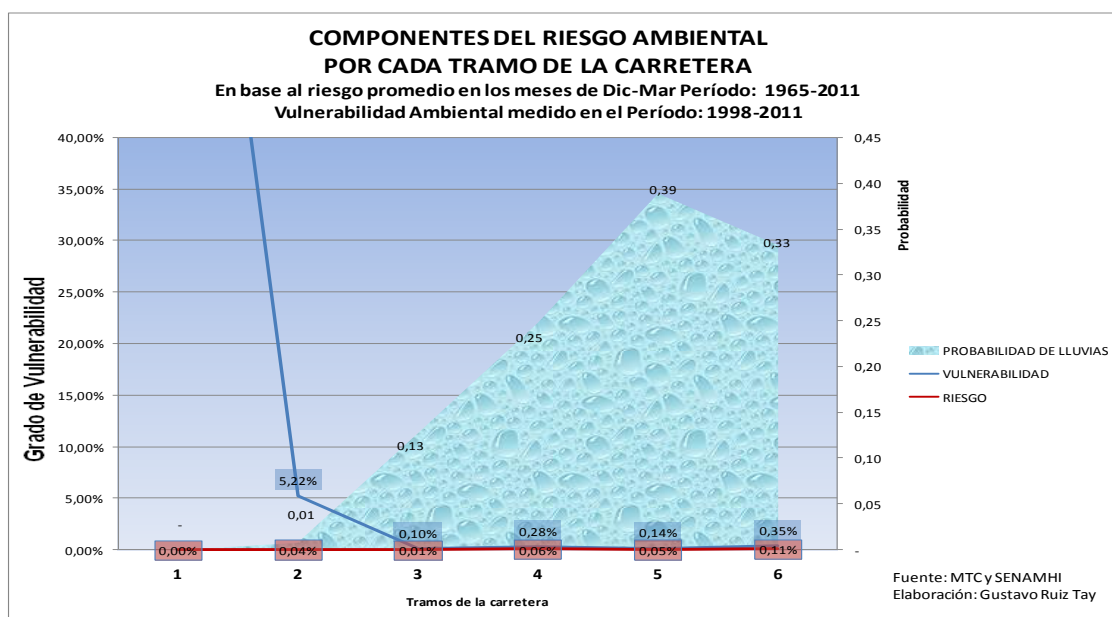
El riesgo ambiental está medido por la probabilidad de lluvias que ocasionan huaicos que interrumpen la carretera y la vulnerabilidad ambiental que a su vez se mide por el índice de la huella ecológica respecto de la Biocapacidad de su territorio.

Sabiendo que la probabilidad de la precipitación aumenta en la medida que la cuenca es más elevada, el riesgo estaría determinado fundamentalmente por la cantidad de la población, la cual se concentra en los tramos más bajos de la carretera.

Otras amenazas no evaluadas en el presente estudio, tales como inundaciones o incremento de enfermedades por contaminación serían catastróficas sí las lluvias se activaran en la parte baja de la cuenca.

Debido a que la amenaza principal que se ha evaluado son huaicos activados por precipitación acumulada mayor o igual a 20 mm, el riesgo se concentra en la parte alta debido a la mayor probabilidad a mayor altura. Así, el nivel de riesgo ambiental es más alto en el tramo 6, debido a que además de tener un alto nivel de precipitación, el déficit de la huella ecológica también es alto.

Gráfico N° 34: Componentes del riesgo ambiental



Como podemos observar el 0, la mayor vulnerabilidad se encuentra en la zona más concentrada de la población que se ubican en los distritos de los 2 primeros tramos de la carretera, sin embargo el riesgo es cero, debido a que no existen las condiciones físicas (no hay cerros con alta pendiente) ni climáticas (no hay lluvias significativas) que pudieran activar los huaicos.

En la medida que ascendemos por siguientes tramos, observamos que la vulnerabilidad ambiental disminuye, debido a que los centros poblados se alejan a la ciudad, no obstante no se refleja la concentración de la población alrededor de la carretera, con los mismos patrones de alta densidad que en la ciudad, sin embargo la amenaza de lluvia aumenta debido a que probabilidad de la precipitación aumenta.

Esta situación la capta el nivel de riesgo que aumenta en la medida que aumenta la amenaza, no obstante la vulnerabilidad ambiental disminuye (porque hay menor población en la medida que se sube a las poblaciones de los distritos más altos alrededor de la cuenca).

Medición del Riesgo Estructural

El riesgo estructural está basado en la fragilidad de las construcciones, las cuales a su vez captan el estado de la calidad de las vías y de sus estructuras, al asignar una de las cinco categorías de vulnerabilidad que va de muy baja a una muy alta de cada tramo de la carretera así, no obstante que la vulnerabilidad de las vías disminuye en las partes altas de la carretera, el mayor riesgo se explica por el mayor nivel de la precipitación pluvial.

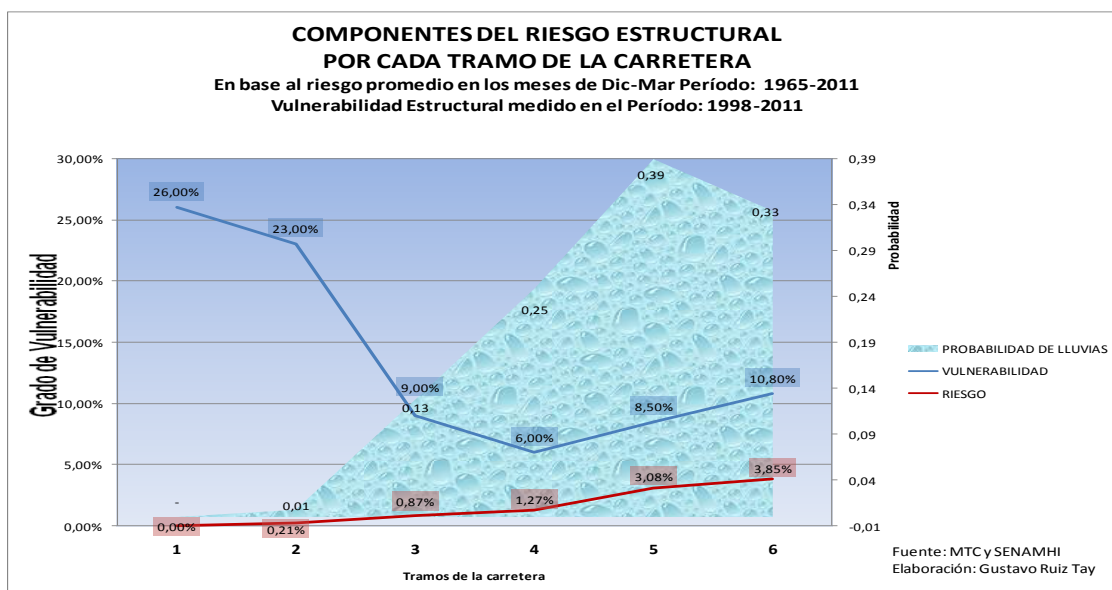
Se recordará que la vulnerabilidad considerada para el análisis son aquellas de categoría alta y muy alta, las cuales se sumaron al momento de realizar el análisis de vulnerabilidad del MTC (ver 0 y 0).

Se debe añadir que de la misma forma que se han realizado los anteriores aspectos del riesgo, no se ha analizado aquellos relacionados a la salud y vida de las personas debido a que el bien analizado es la infraestructura vial, por tanto los aspectos relacionados a la seguridad vial, tránsito, ubicación y mantenimiento de la infraestructura complementaria al tránsito (puentes peatonales, ordenamiento del tránsito, señalización y ocupación del la carretera no se han analizado).

El aspecto más relevante en la calidad de la infraestructura en el tiempo depende del gasto en el mantenimiento (rutinario, periódico y de emergencia) así como en la ubicación respecto del ambiente y la morfología del terreno, a la hora de planificar la inversión.

Otros aspectos relacionados con el nivel de riesgo estructural obedecen a las relaciones complejas entre los diferentes niveles de vulnerabilidad, las cuales multiplican el efecto de la amenaza de huaicos.

Gráfico N° 35: Componentes del riesgo estructural



Podemos observar en el gráfico anterior que la vulnerabilidad de las estructuras de la carretera disminuye, debido a que habiendo mayor inversión en la parte baja de la cuenca (siendo alta en los tramos 1 y 2) en la medida que se sube por la cuenca, la carretera tiene una infraestructura mejor cuidada, sin embargo el riesgo es cada vez más alto debido al incremento de la amenaza de lluvias acumuladas.

Esta situación obliga que en los tramos más altos de la carretera se protejan mejor la inversión de la infraestructura, a través de un adecuado mantenimiento periódico y rutinario, y uno preventivo relacionado con la erosión de las fallas y cortes verticales del talud respecto de la carretera.

Finalmente, es relevante para el cuidado de la estructura vial, el control de los desmontes y residuos sólidos arrojados alrededor de los puentes o cercanos a la carretera, ya que esta situación, lamentablemente repetida a lo largo de la carretera, es consecuencia de cómo la sociedad interpreta los bienes públicos, incluso aquellos tan elementales como la quema de basura y arrojado de desmontes en las mismas puertas de su propia casa (es decir es bien privado desde la puerta de la casa y bien público todo aquello fuera de la casa y que por tanto debe de ser responsabilidad del estado).

Medición del Riesgo Institucional

El riesgo institucional pasa de ser cero en el tramo 1, el cual a pesar de ser uno de los tramos de la carretera más largos, con 50 km, es cero debido a que la probabilidad de lluvias acumuladas no alcanzan un nivel significativo, además las características geológicas de la cuenca y de los cerros a su alrededor no tienen las condiciones de pendiente para provocar huaicos.

Sin embargo este bajo nivel de riesgo no refleja otras amenazas que si pueden ocurrir, incluso por efecto de la precipitación en las zonas altas que derivan en el río, y esto se debe a que las amenazas que presentan son desbordes del río en la parte baja. Es de resaltar también que estas amenazas que no se han evaluado en el presente estudio tienen más incidencia en los centros poblados asentados alrededor del río, sobre todo en la parte del Callao, en donde la altura del río se acerca al nivel del mar.

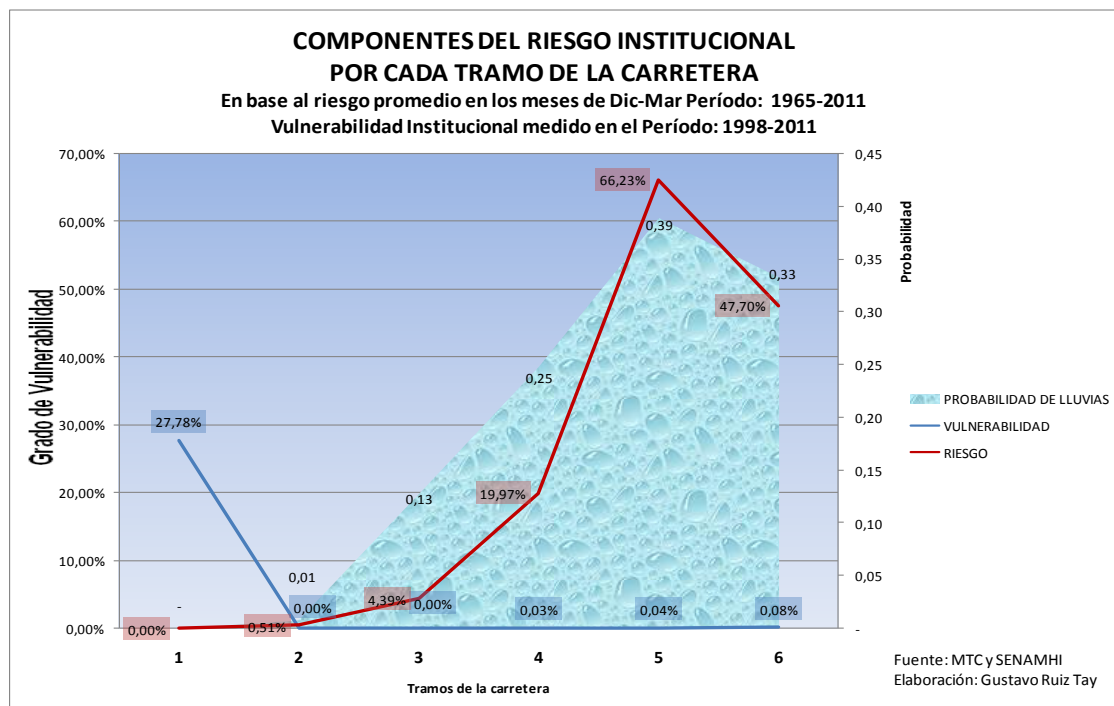
A partir del tramo 2, el riesgo se incrementa, debido a dos razones muy fuertes: la primera se debe a que la precipitación aumenta a nivel que aumenta la altitud, y la falta de institucionalidad expresada en capacidades de gestión, organización y financiamiento son más escasas en la medida que la carretera se aleja de la ciudad, de Lima Metropolitana. Esta situación se debe a que a pesar que el proceso de descentralización del estado ha comenzado, la falta de capacidades en las municipalidades reflejan una preocupación por obras de infraestructura local, más que por inversión en adaptación y prevención antes riesgos locales.

De otro lado se debe de tener en cuenta que el bien amenazado es la carretera central que como vía de importancia nacional está a cargo de Provías Nacional, ente de escala nacional, por tanto las municipalidades descuidan sus capacidades en la gestión del riesgo a pesar que son los que están inmediatamente afectados por ellos.

El tramo 5 tiene el más alto grado de riesgo, debido al alto grado de vulnerabilidad institucional (66.67%) y a que en este tramo se registra los mayores niveles de precipitación acumulada (la probabilidad promedio llega a 0.4 en el mes de febrero).

Finalmente en el tramo 6, también refleja un alto nivel de riesgo, pero menor al tramo anterior, esto se debe a que el grado de vulnerabilidad no obstante ser alto, es menor que en el tramo anterior (60%) y a que el promedio de la probabilidad de la precipitación alcanza 0.37 en el mes de enero.

Gráfico N° 36: Componentes del riesgo institucional



Medición del Riesgo Económico

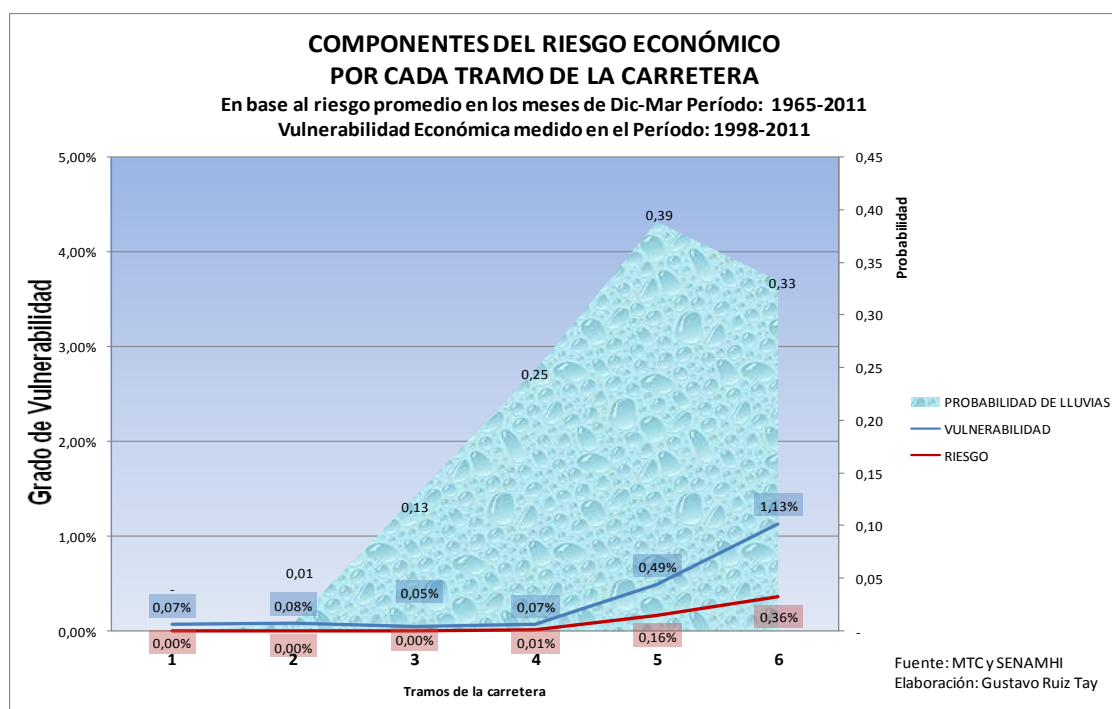
A diferencia del riesgo social, en el cual se analiza a la situación de pobreza respecto a cada tramo de la carretera, el riesgo económico nos mide la probabilidad de que un huaico interrumpa la carretera y afecte parte del valor del capital invertido (vulnerabilidad directa) y del valor del servicio de la carretera (vulnerabilidad indirecta).

Así identificamos que en los tramos del 1 al 4 el riesgo es el menor de los seis tramos, debido principalmente a la baja precipitación, no obstante concentrar el 93% de la inversión pública en puentes y carretera. Mientras que en los tramos 5 y 6 el riesgo es mayor debido a que aumenta la precipitación y aumenta la longitud del tamaño de la carretera, el cual es un factor importante al momento de prorratear el gasto en mantenimiento y en emergencia realizado en toda la carretera.

En este gráfico podemos observar que tanto la vulnerabilidad como la probabilidad de lluvias acumuladas influyen en la estimación del riesgo económico.

Como se evidencia con la data de la probabilidad de lluvias, los tramos más altos de la carretera a partir del tercer tramo al sexto, aumentan su nivel de la probabilidad de lluvias, sin embargo sólo es a partir del tramo cuatro aumenta el riesgo debido al aumento proporcional del grado de vulnerabilidad..

Gráfico N° 37: Componentes del riesgo económico



Medición del Riesgo Social

Este riesgo basado en la vulnerabilidad social la cual se mide por el indicador de pobreza monetaria, y el incremento de lluvias a medida que se sube en altura, refleja un bajo grado de riesgo social para las poblaciones que se ubican en la parte baja de la cuenca, debido a que además de no sufrir de huaicos, tienen una conectividad mayor con el resto del país, mientras que en la parte alta de la cuenca –sobre todo en la medida que el valle se acorta y estrecha transversalmente- se concentran la mayoría de pobres de Lima, en los distritos cuya dependencia de la carretera central es mucho mayor y sobre cuyo territorio hay mayor precipitación de lluvias. La situación de pobreza, intensifica su grado de vulnerabilidad y esto lo capta el indicador de riesgo social.

En el tramo 1 no hay riesgo debido a que la precipitación es nula. En el tramo 2, el riesgo se incrementa debido a que la pobreza se incrementa, en la medida que nos alejamos del área metropolitana de Lima, en el tramo 3 el riesgo se multiplica debido a que comienza el tramo en donde se une la precipitación con la altura y las características geológicas que identifican gran cantidad de puntos críticos de huaicos, a partir del tramo 4 hasta el tramo 6, el riesgo crece hasta 81,92% debido a que en la parte alta tiene la mayor cantidad de distritos con población pobre y los tramos de la carretera sufren la mayor intensidad de la precipitación acumulada.

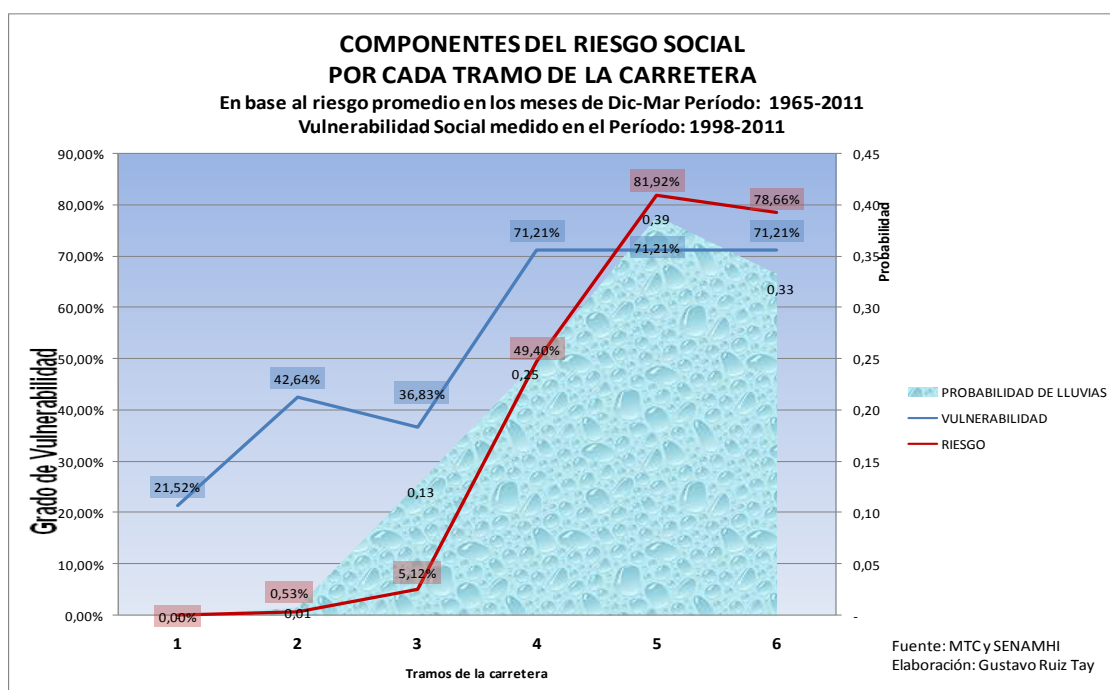
Finalmente, el riesgo social también refleja que tanto la vulnerabilidad y la probabilidad de la amenaza de lluvias acumuladas que provocan huaicos y luego interrupciones en la carretera, refleja la mayor dependencia de la carretera por mejorar sus ingresos, por tanto la estrategia de ocupación del territorio –tal como se mencionó en el análisis de vulnerabilidad social- se repetirá a lo largo de la carretera, como respuesta a las preferencias reveladas de la población frente a otros tipos de riesgo o a niveles mayores del mismo tipo. En nuestro caso los ingresos de las poblaciones que viven

alrededor de la carretera se asemejan a los ingresos de Lima Metropolitana (tramo 1), por ello están dispuestos a aceptar otros tipos de riesgo por disminuir el riesgo social.

Además el riesgo es visto como algo no voluntario sobre lo cual no se tiene control, sobre la fuente y administración de la fuente de los riesgos. Así concebido por la mayor parte de la sociedad que vive alrededor de la carretera, el desastre una vez sucedido, se convierte en un destino determinado por Dios o la Naturaleza, quienes como castigo ante algún comportamiento no adecuado en la espiritualidad del pueblo, aceptan con resignación el desenlace y los efectos del desastre.

Una de las expresiones culturales de la sociedad es sacar a recorrer las calles a un santo (en el caso de Lima, es emblemático la procesión religiosa del Señor de Los Milagros), a fin de amenguar la intensidad de los desastres, generalmente sismos. Este acto de fe, se convierte en fe ciega cuando determinan la responsabilidad del desastre a un hecho en la cual la sociedad no tiene dominio ni control.

Gráfico N° 38: Componentes del riesgo social



En el 0, podemos observar que tanto las amenazas como la vulnerabilidad social aumentan en la medida que uno sube por la carretera y se adentra a la cuenca. El riesgo que es captado en esta situación, refleja y se intensifica en la medida que capta la vulnerabilidad de la población pobre y se agrava cuando esta depende de los servicios que da la carretera.

El principal resultado del análisis de riesgo es el desarrollo y aplicación de la metodología, la cual muestra la composición del riesgo tal como fue concebida en sus dos principales componentes: La evaluación de la amenaza, a través del análisis de probabilidad de las lluvias acumuladas que interrumpen la carretera, y el análisis de las vulnerabilidades.

VI. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de estimar las vulnerabilidades asociadas a las lluvias que causan huaicos y estas a su vez causan interrupciones en la carretera central, podemos observar y distinguir la vulnerabilidad directa de la indirecta. Esta diferencia se realiza fundamentalmente porque la primera se concentra el riesgo basado en la vulnerabilidad de efectos inmediatos, lo cuales demandan acciones rápidas del estado, y afectan la economía en su nivel de gasto.

Podemos observar que las vulnerabilidades directas promedio son menores en su medida respecto de las vulnerabilidades indirectas, esto nos indica que la mayor fuente del riesgo vendría de la vulnerabilidad indirecta asociada a la falta de resiliencia, cuya base es la organización del estado en sus aspectos económicos, sociales e institucionales.

Cuadro N° 70: Resultados de la estimación de la estructura de la vulnerabilidad

VULNERABILIDAD						
TRAMOS	VULNERABILIDAD DIRECTA			VULNERABILIDAD INDIRECTA		
	EXPOSICIÓN		FRAGILIDAD	FALTA DE RESILIENCIA		
	FISICA	AMBIENTAL	ESTRUCTURAL	ECONÓMICA	INSTITUCIONAL	SOCIAL
1	2,81%	93,91%	26,00%	0,07%	27,78%	21,52%
2	6,43%	5,22%	23,00%	0,08%	41,67%	42,64%
3	27,26%	0,10%	9,00%	0,05%	33,33%	36,83%
4	7,03%	0,28%	6,00%	0,07%	50,00%	71,21%
5	3,47%	0,14%	8,50%	0,51%	66,67%	71,21%
6	5,17%	0,35%	10,80%	1,13%	60,00%	71,21%
PROMEDIO	8,70%	16,67%	13,88%	0,32%	46,57%	52,44%

En el Cuadro N° 70, podemos observar la mayor vulnerabilidad se encuentra en los aspectos institucionales y sociales, debido a que la capacidad del estado para reaccionar a interrupciones en la carretera se base en su capacidad nacional y no local, que es donde se produce el fenómeno (huaico a nivel local) y agravándose la situación al trasladar el trabajo del mantenimiento periódico y rutinario a través de concesiones de tramos de la carretera, a empresas del sector privado.

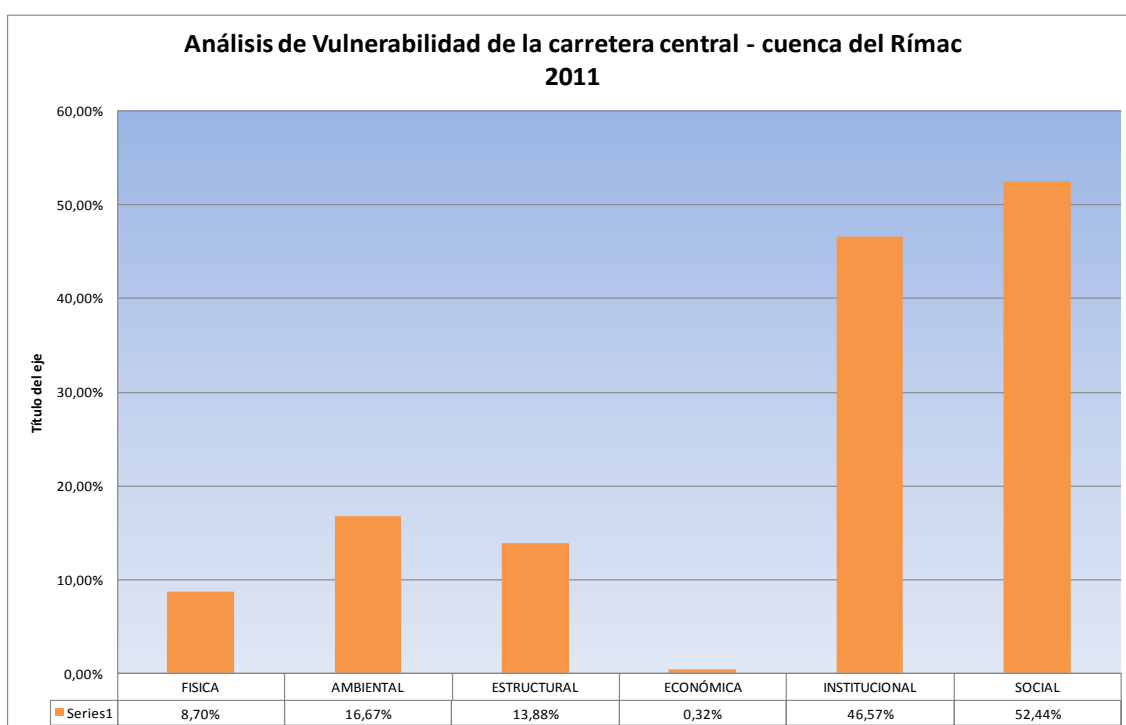
De otro lado respecto a la vulnerabilidad social, este alto grado de vulnerabilidad, se basa en que las poblaciones mientras más alejadas del área urbana, su dependencia de la carretera es mayor, debido a que esta permite la conectividad de sus servicios tanto de proveedores como de acceso a los mercados de consumo y de servicios. Situación que se agrava por la forma de ocupación del territorio que se desarrolló alrededor de la carretera, y a lo largo de esta y del río Rímac, agravando el deterioro ambiental e incrementando la vulnerabilidad económica.

Respecto de esta última, esta se incrementa debido a que las poblaciones pobres tienen una alta dependencia de la conectividad de sus medios de vida a través de la carretera, ya que los ingresos monetarios se obtienen a través del transporte de carga y pasajeros (mercaderías y servicios) a pesar que tienen necesidades básicas insatisfechas (falta de agua y desagüe sobre todo) la estrategia de ocupar el territorio

lo más cerca de la carretera y del río –tal como se explicó en el análisis de la vulnerabilidad social- se convierte en una decisión económicamente racional.

Vemos que la vulnerabilidad económica es bastante baja respecto al resto de los demás tipos de vulnerabilidades, esto se debe a que sólo en el caso de la estimación de la vulnerabilidad económica, esta se encuentra estructurada como un coeficiente comprendido entre los gastos de mantenimiento, pérdidas, horas hombre pérdidas, y el monto de peaje perdido frente al alto nivel de la inversión en infraestructura vial (más de 30 mil millones y con un crecimiento anual del orden del 4%), reflejando por ello un coeficiente bajo respecto a los demás tipos de vulnerabilidades. Esto nos indica que debe de interpretarse este índice de vulnerabilidad cada una de ellas por separado, en cada una de sus respectivos sectores.

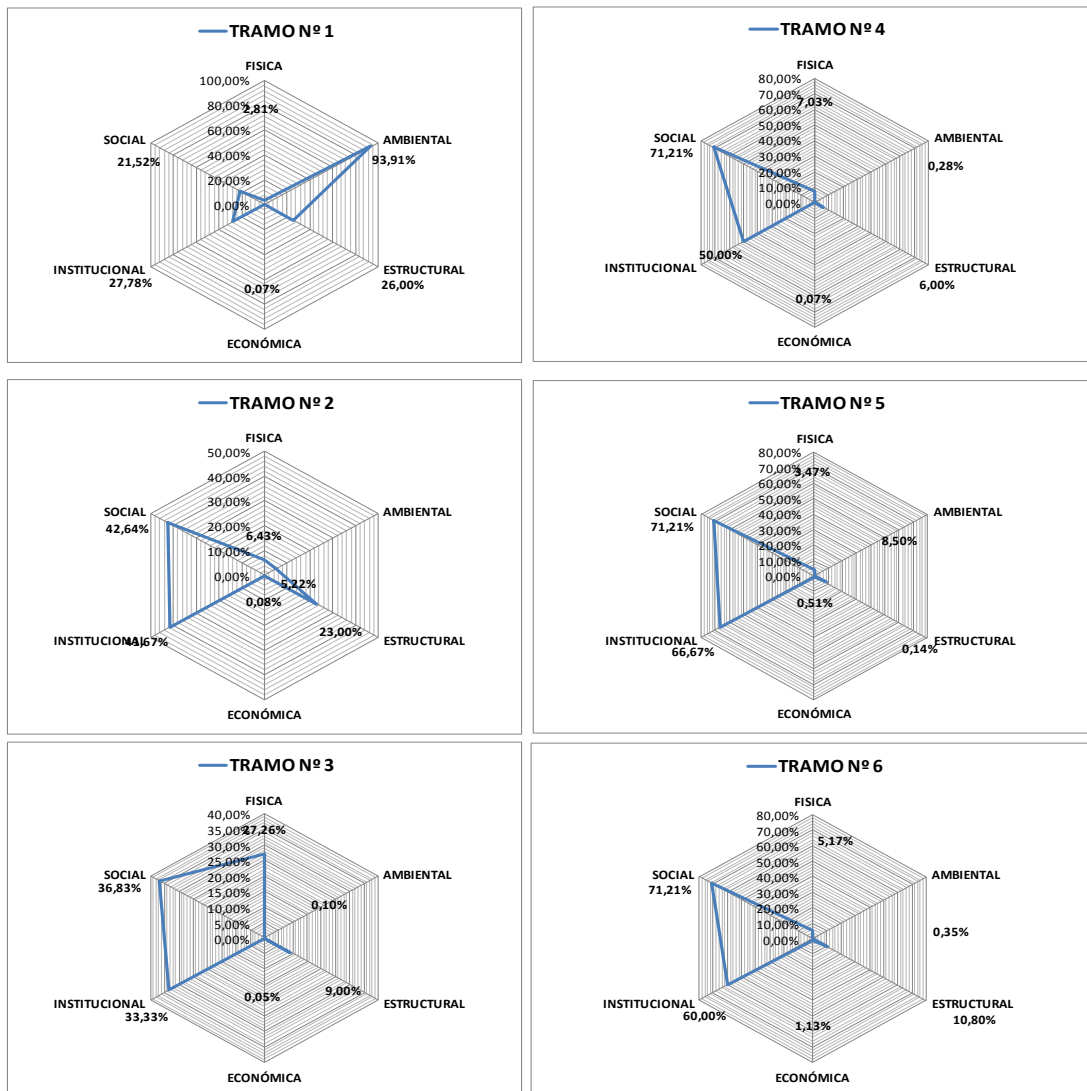
Gráfico N° 39: Análisis de la vulnerabilidad en la carretera central



Sin embargo, siendo la vulnerabilidad baja respecto de las demás vulnerabilidades, esta forma de medir la vulnerabilidad capta, el hecho que en todos los eventos relacionados a interrumpir la carretera que reflejen el valor perdido -de los bienes percederos, peajes, horas hombre y el valor del mantenimiento-, son muy inferiores al nivel de inversión (valor de la carretera) y por tanto su coeficiente sale tan bajo.

Finalmente, podemos observar también que los grados de vulnerabilidad física (determinado por la geología, estructura del suelo, pendiente y cobertura vegetal), así como la ambiental la cual está determinada por la densidad poblacional y la estructural que depende del cumplimiento de las normas de construcciones de infraestructura vial y su respectivo mantenimiento, no obstante de ser determinantes al calcular la intensidad de la amenaza, son menos importantes que las vulnerabilidades indirectas, las cuales son fundamentales a la hora de calcular el riesgo y la recuperación de la sociedad y de la economía basada en la inversión y servicio de la carretera, como se verá más adelante.

Gráfico N° 40: Gráficos de Estimación de la Vulnerabilidades por cada tramo de la carretera central



Para el tramo N° 1 la vulnerabilidad estaría determinada por el deterioro ambiental, debido a la concentración de la población en la parte baja de la cuenca del Rímac (lo que es Lima Metropolitana), mientras que en la medida que se asciende por los andes de oeste a este del río Rímac, los aspectos sociales e institucionales se vuelven más importantes porque estos reflejan la condición de vulnerabilidad alta de los distritos pobres en donde la carretera central releva una mayor importancia.

Finalmente a partir de los tramos 5 y 6 también la vulnerabilidad económica se torna relevante, debido a que los medios de vida tradicionales (agricultura) se transformaron en servicios, derivados de su acceso y uso de la carretera como medio principal para conseguir ingresos y acceder al mercado.

Sobre el análisis de las amenazas

1. No obstante sabiendo que el nivel de precipitación aumenta en la medida que aumenta la altura de la carretera, 0.74 es el mayor grado de correlación encontrado entre el tránsito restringido o interrumpido y los diferentes niveles de precipitación acumulada y corresponde para el nivel de precipitación de 20 mm, esto significa que la mayor amenaza la encontramos en este nivel de precipitación acumulada, correspondiente al tramo número 4.
2. En base al análisis de las probabilidades de 13 estaciones meteorológicas de la carretera, la tendencia de la precipitación acumulada en los tramos 1 y 2 es poco significativa, mientras que en los tramos 3 y parte del 4 disminuye y en los tramos 4, 5 y 6 aumenta, esto obedece al comportamiento del clima de largo plazo, a la ubicación geográfica de la carretera respecto de los Andes y a la morfología de la carretera en cada piso altitudinal.
3. De otro lado, cabe resaltar que las precipitaciones acumuladas cercanas al nivel de 4500 msnm son más estables, probablemente debido a que esta depende fundamentalmente de variables físicas y no de variables de origen antrópica que es más inestable.
4. En los lugares en donde las amenazas de huaicos son más recurrentes, están caracterizados por una degradación ambiental ocasionada por el cambio de uso del suelo y por la deforestación a lo largo de la carretera, sin embargo estos fenómenos son activados por las condiciones físicas de los cerros respecto de la carretera (distancia y pendiente).
5. Las mayores amenazas de lluvias acumuladas que provocan huaicos que interrumpen la carretera, se ubican en los tramos más elevados de ésta (donde hay menor población), mientras que la menor cantidad de amenazas ocurre en los tramos de menor altura, cercanos a la costa, no obstante estos tienen mayor déficit de la Biocapacidad, debido a la concentración de la población.
6. La cuenca del Rímac ha excedido la explotación de su Biocapacidad y vive de los servicios de la cuenca del Mantaro. La degradación ambiental es un factor que multiplica los efectos desastrosos de las amenazas naturales.
7. Finalmente, respecto del análisis de las amenazas, podemos concluir que las amenazas de lluvias acumuladas que activan huaicos tienen un comportamiento estacional muy marcado y concentrado en 4 meses al año, siendo fáciles de predecir a través de la información registrada en el SENAMHI.

Sobre el análisis de las Vulnerabilidades

1. La forma de estructurar la vulnerabilidad y descomponerlas en vulnerabilidades directas e indirectas, y en exposición, fragilidad y falta de resiliencia permite estimar su valor a través de la medición de sus componentes (físicos, ambientales, estructurales, económico, institucional y social) si embargo las complejas interacciones entre éstas y sus efectos combinados hacen difícil su posterior medición en un solo indicador de riesgo.
2. Los mayores grados de vulnerabilidad directa lo encontramos en los tramos más bajos de la carretera, los cuales a su vez tienen la mayor concentración de la población, mientras que los mayores grados de vulnerabilidad indirecta se encuentran en los tramos más altos de la carretera, donde los distritos son los menos poblados.
3. Del análisis de las vulnerabilidades directas, la vulnerabilidad física es determinante en la interrupción de la carretera, encontrándose en el tramo 3 la más elevada respecto de los demás tramos expuestos a los huaicos, con 27.26% correspondiente a tan sólo 8 km de la carretera, en donde en promedio, hay una distancia de 231 metros de distancia entre el huaico y la carretera y sus cerros tienen 49° de pendiente. Es importante añadir que gracias al Google Earth Pro, se pudo estimar estos parámetros.
4. Respecto a la vulnerabilidad estructural, esta es más alta en el tramo 1, desde el Callao a Chosica, en donde el 26% tiene una vulnerabilidad en su estructura que va de alta a muy alta, reflejando también que la mayor inversión de la infraestructura vial se encuentra en este tramo de la carretera por tener la mayor distancia respecto de los demás tramos (cuenta con 50 km).
5. Casi la totalidad de la vulnerabilidad ambiental se concentra en el tramo 1, con 93.9%, lo cual refleja la alta relación que existe entre calidad del ambiente y nivel de población. Siendo el mayor déficit de la Biocapacidad de la Cuenca. Sin embargo ello no disminuye el potencial de la vulnerabilidad ambiental de los tramos más elevados, sobre todo aquellos que sin tener una alta producción de residuos sólidos no controlados, son depositarios de la basura de los distritos de las partes bajas de la cuenca. Se añade que el 35% de la población de Lima vive en Barrios Marginales y contribuye a la degradación ambiental.
6. La vulnerabilidad social refleja que la pobreza está relacionada con el grado de acceso a la carretera, como oportunidad de mejorar sus ingresos, es decir dependen más de su vínculo con la ciudad de Lima (Metropolitana) que con sus centros poblados.
7. Las curvas de vulnerabilidad económica nos permite conocer la evolución de la vulnerabilidad económica en el tiempo, la cual ha ido incrementándose, no obstante su valor absoluto es mucho menor frente a otros tipos de vulnerabilidad.
8. Finalmente, calculamos la vulnerabilidad institucional que en promedio es de 46%, la cual refleja en todos sus tramos altos niveles de vulnerabilidad, constatando que a nivel de los gobiernos locales aún no se han adaptado a las amenazas producidas por el cambio climático, reflejado en la falta de capacidades e instrumentos de gestión.

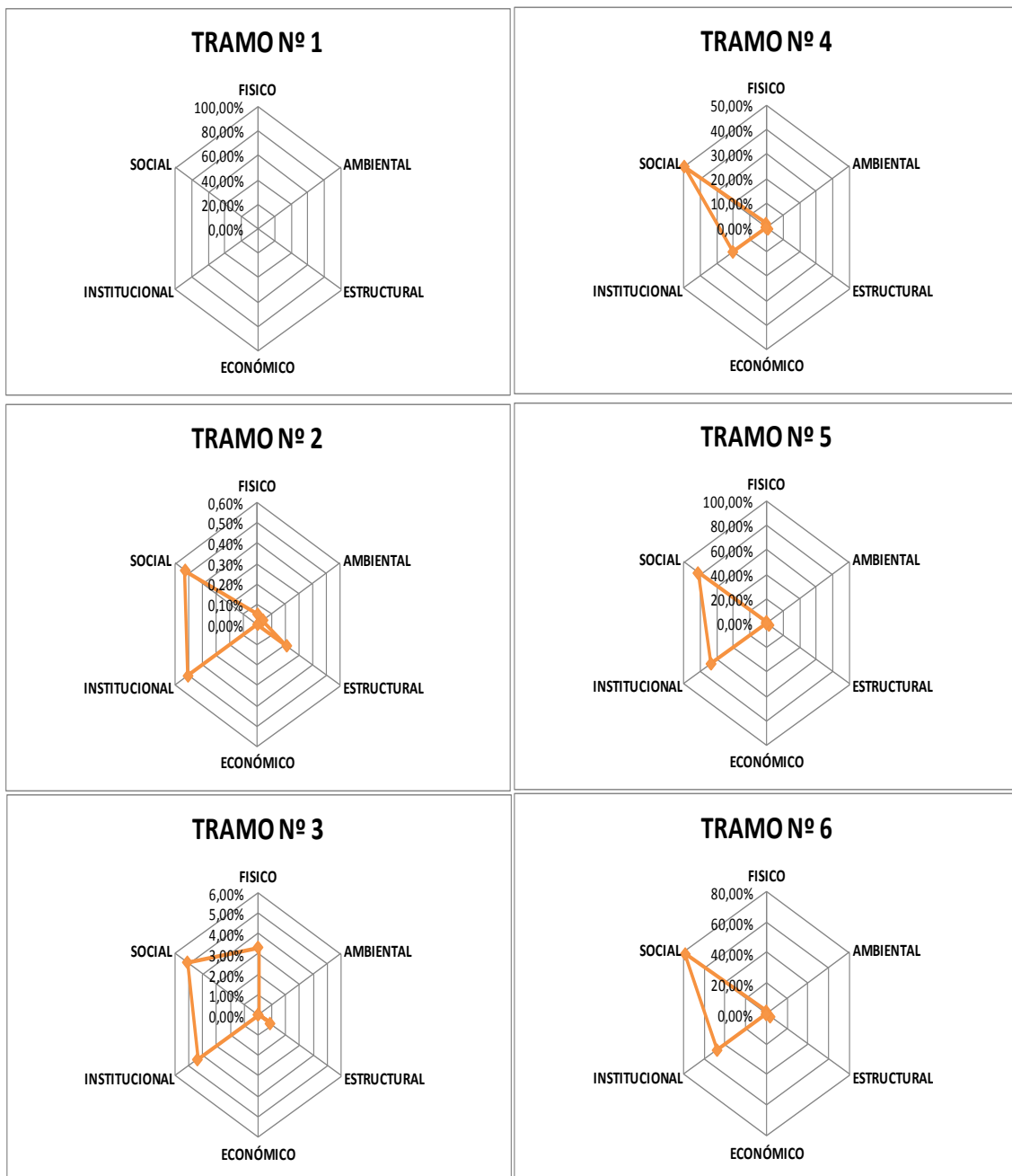
Sobre el análisis de Riesgo

1. Para todos los tramos evaluados, se puede concluir que la mayor fuente del riesgo se encuentra en los diferentes grados de vulnerabilidad, más que en la probabilidad de lluvias extremas, sin embargo la combinación de ambas potencia un mayor riesgo para que ocurra la interrupción de la carretera.
2. Los mayores niveles de riesgo promedio de toda la carretera se han calculado en los aspectos relacionados a la vulnerabilidad social e institucional, con niveles de 52.44% y 46.57% que en la clasificación del IRD, son identificados como riesgos medios elevados y se ha identificado para los tramos 4,5 y 6, los cuales presentan los niveles de mayor riesgo, debido a su alto grado de vulnerabilidad y a la mayor probabilidad de lluvias que ocasionan huacos.
3. Asimismo la vulnerabilidad social captada en el riesgo, descansa en el hecho que la mayor población expuesta está ubicada en donde hay pobreza, y es justamente en la búsqueda de aliviar la pobreza la estrategia de las familias es ocupar el territorio a lo largo de la carretera para tener acceso a mejores oportunidades.
4. De la misma forma ocurre con los altos niveles de riesgo relacionados a la vulnerabilidad institucional, ya que las municipalidades no ejecutan ni ordenan la ocupación del territorio y carecen de instrumentos de gestión para hacerlos y para recuperarse de una emergencia o desastre.
5. Respecto a los mayores niveles de riesgo directo, por cada tramo se han calculado de manera diferenciada según el tipo de vulnerabilidad, así se han calculado el mayor riesgo relacionado a la vulnerabilidad física para el tramo 3, con 27.26% de riesgo, en la vulnerabilidad ambiental para el tramo 1, con 93.91%, en la vulnerabilidad estructural en los tramos 1 y 2, con 26% y 23% respectivamente. Esta situación se podría deber a que la concentración de la población es mayor en los primeros tramos de la carretera respecto de la concentración de la población en los tramos más altos de la carretera.
6. Respecto a los mayores niveles de riesgo indirecto, por cada tramo se han calculado de manera diferenciada según el tipo de vulnerabilidad, así se han calculado el mayor riesgo relacionado a la vulnerabilidad económica para los tramos 5 y 6, con 27.3% y 64.03% de riesgo respectivamente, en la vulnerabilidad institucional para los tramos 5 y 6, con 66.67% y 60% respectivamente y, en la vulnerabilidad social en los tramos 4,5 y 6, con 71% y 21% para los tres tramos.
7. Estos niveles encontrados nos indican que a diferentes niveles de ocupación del territorio y su relación respecto al nivel de afectación de la calidad del ambiente, el riesgo capta de forma diferenciada los diferentes aspectos de la vulnerabilidad.
8. Los mayores niveles calculados de riesgo, en todos los tramos, se relacionan a la vulnerabilidad social e institucional y los menores niveles de riesgo se relacionan a la vulnerabilidad económica.
9. Esta situación en lo que respecta a la vulnerabilidad económica podría deberse a que el bien amenazado es una carretera, la cual es homogénea como tipo de bien, en toda su trayectoria y a que cada tramo sólo expresa una fracción de todo su valor. Esto significa en la realidad que la afectación económica en sus

componentes de pérdida del valor de las mercaderías, horas pérdidas, gastos de mantenimiento y peajes no cobrados afectan poco el valor de la carretera.

- Finalmente, respecto de la metodología esta permite captar los componentes más significativos del riesgo, y la forma diferenciada de cómo los diferentes tipos de la vulnerabilidad se trasladan en diferentes niveles de riesgo y ponen en evidencia el bajo nivel de preparación de las municipalidades en su capacidad de respuesta y recuperación de un evento catastrófico o de una emergencia y el alto nivel de la vulnerabilidad de la población pobre.

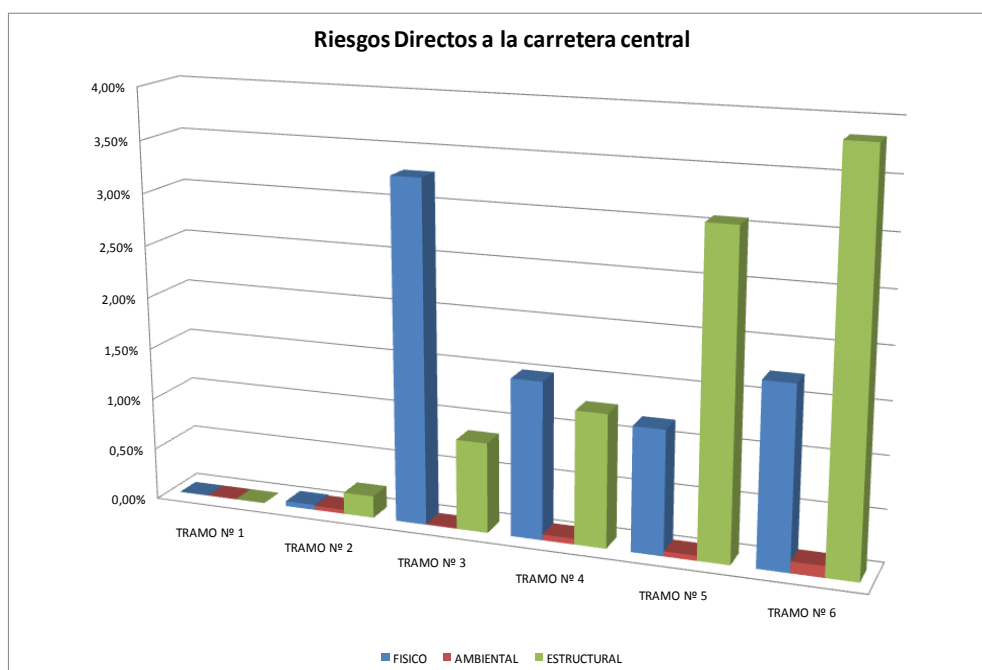
Gráfico N° 41: Estimación Del Riesgo Por Cada Tramo De La Carretera Central



En estos gráficos podemos observar que a excepción del tramo 1, el riesgo más prevalente es el que está relacionado con la vulnerabilidad social e institucional. Esta situación se refleja para todos los tramos no sólo porque los desastres no son naturales, tal como lo afirma Andrew Maskrey y Alan Lavell Op.cit, sino también porque gran parte de ellos está en manos de la sociedad y de la forma cómo conciben su desarrollo.

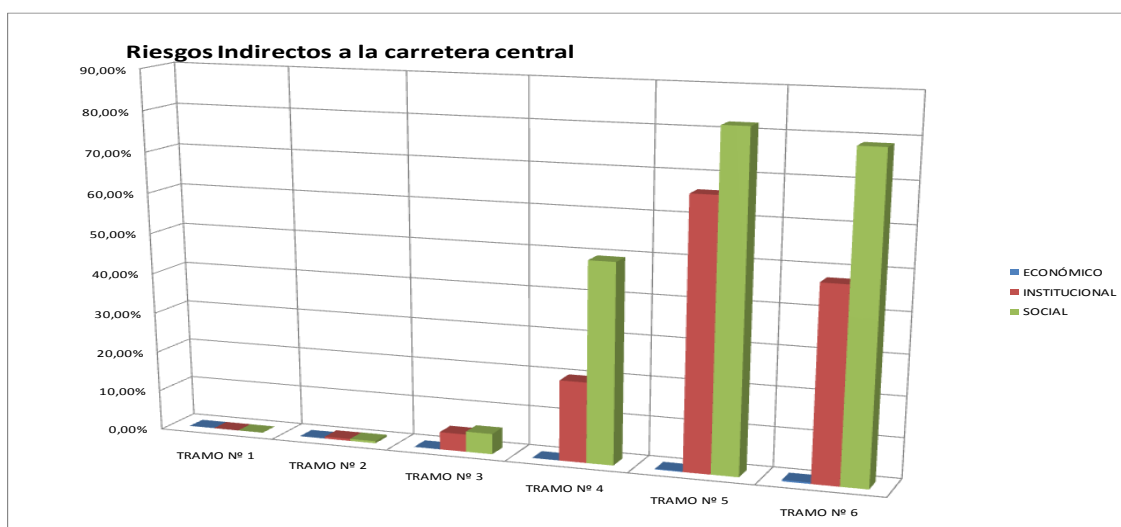
Este reconocimiento es fundamental para la comprensión del riesgo, y por lo tanto del desastre, entenderlo como producto de procesos de construcción social, determinados por los modos existentes e históricos del desarrollo social y económico nos permite alcanzar una manera más completa de ubicar y comprender el riesgo.

Gráfico N° 42: Riesgos Directos por tramo



En este gráfico podemos observar como los tramos de mayor riesgo directo, aquellos riesgos que como se recordará dependen más de la vulnerabilidad de la naturaleza física o de la localización, ambiental y de la fragilidad o fortaleza de su estructura, se encuentran a partir del tramo 3 de la carretera, con significativos niveles en los aspectos físicos y estructurales.

Gráfico N° 43: Riesgos Indirectos por tramo

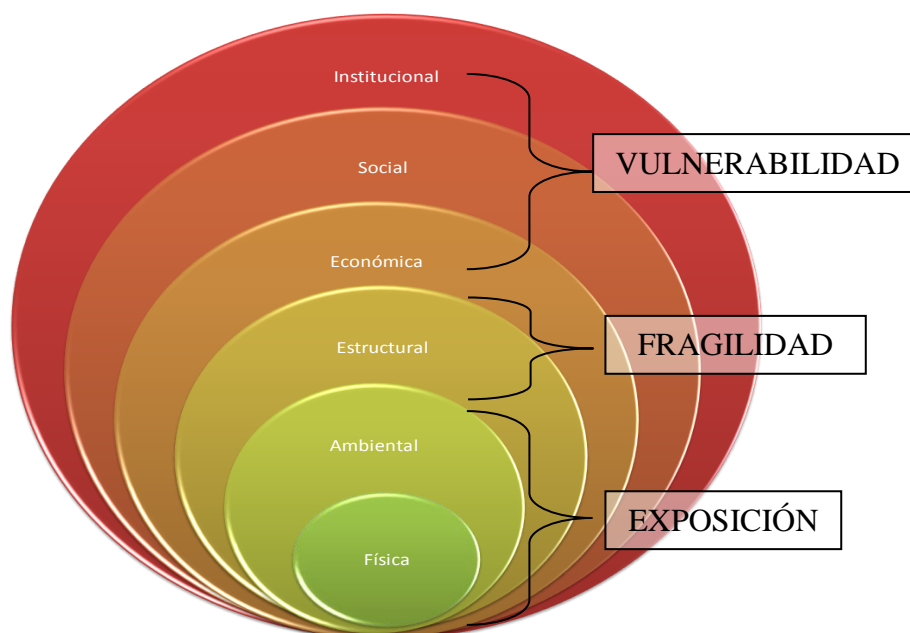


En el Gráfico, el riesgo indirecto se concentra en la vulnerabilidad social e institucional más que en la económica, esto se debe a que la vulnerabilidad económica incide mucho el nivel alto de la inversión en infraestructura, respecto de los gastos en mantenimiento preventivo y de emergencia realizado para atender o prevenir interrupciones de la carretera, mientras que los aspectos sociales e institucionales muestran lo poco resiliente que es la sociedad y sus instituciones para recuperarse por sí mismas de los efectos de las interrupciones en la carretera y de otras emergencia mayores.

El efecto del riesgo responde al efecto combinado de las vulnerabilidades, las cuales a su vez reflejan un sistema complejo de relaciones, considerando además que el riesgo como una combinación de vulnerabilidades y niveles de probabilidad que evoluciona en el tiempo.

El nivel de relacionamiento de los diferentes tipos de riesgos se basa en entender los niveles de relacionamiento entre las vulnerabilidades, si bien estas relaciones no se han estimado, a nivel conceptual se propone una aproximación, sobre todo cuando las vulnerabilidades se pueden entender en la medida de su evolución en el tiempo y en la medida que requieren de una comprensión inter y transdisciplinar, debido a la complejidad de sus procesos internos y a sus múltiples relaciones.

Figura 29: Relaciones de las vulnerabilidades en el tiempo (antes de un desastre)



De la misma forma, los riesgos son activados por un fenómeno natural, el cual no pasaría de ser estudiado desde los campos de las ciencias naturales, sin embargo cuando se activa pone en evidencia varios tipos de vulnerabilidades y su dimensión sobrepasa la disciplina que originalmente la estudia para trascender hacia otros campos del conocimiento.

Así, las lluvias que son estudiadas por el SENMHI y el IGP, activan los Huaicos en ciertas condiciones geológicas y biológicas del entorno en donde caen, activan las vulnerabilidades físicas (estudiadas por el MTC) y ambientales (estudiadas por el MINAM), para transferirlos nuevamente hacia la activación o puesta en evidencia de las demás vulnerabilidades: estructural, cuando llega el huaico y pone a prueba la fragilidad o fortaleza de la infraestructura.

Pero, esto no acaba allí, (la bola sigue girando y descendiendo) y se activan las denominadas vulnerabilidades indirectas, referidas a la sociedad y a su economía.

Por tanto el riesgo inicialmente físico y ambiental, se transforma y multiplica en riesgos estructurales, económicos, sociales e institucionales y sus efectos alimentan nuevamente las condiciones iniciales del siguiente desenlace (la bola de nieve inicial)

Es importante ver en perspectiva que en la medida que la inversión en infraestructura estimule las bases de un mayor crecimiento de la economía, en la misma medida la institucionalidad o el capital social en los términos del profesor Rello (*Ibíd.*), deben fortalecerse porque si no los nuevos proyectos de infraestructura crearan nuevas condiciones de vulnerabilidad.

Considerando además que se ha avanzado en la ingeniería de las estructuras y en el diseño geométrico de las carreteras, sin embargo la prospectiva de las dinámicas de ocupación del territorio no se han realizado considerando la debilidad de las instituciones para mantener el orden territorial al momento en que se inicia la ocupación del territorio para fines residenciales, industriales y comerciales.

De otro lado, cuando se concentran los esfuerzos de la sociedad y de sus autoridades en ser más resiliente respecto de un desastre, se resigna la medida de mitigación a realizar infraestructuras más fuertes y sociedades más protegidas en términos financieros (seguros, fondos de riesgo, etc.), pero se deja a la sociedad seguir produciendo nuevas condiciones de vulnerabilidad.

La sociedad estimula la ocupación del territorio por los beneficios económicos y sociales, e inhibe sus temores a las amenazas ambientales, e incluso conociéndolas, las subestima.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones del Objetivo General

Se ha logrado alcanzar el objetivo general de la presente investigación, se ha medido el riesgo de la amenaza de huaico que afectan a la infraestructura vial a lo largo de la cuenca del río Rímac y esta medición se ha logrado a través de la separación del riesgo en sus componentes principales: amenaza, vulnerabilidad y resiliencia. A través de la metodología de análisis de riesgos, se apoya al estado peruano en la toma de decisiones ante Amenazas naturales para disminuir las pérdidas por desastres naturales y mejorar la institucionalidad en la Gestión de Riesgos.

Esta conclusión se basa en el uso práctico de la metodología, con la cual se ha estimado la probabilidad de la amenaza de huaico y las principales tipos de vulnerabilidades que afectan a la infraestructura vial. Si bien muchos de los componentes son complejos y obligan el manejo de la información estadística y de datos relevantes de diferentes tipos de ciencias, tiene bondades sobre su aplicación para las amenazas activadas por lluvias y que afectan a otros tipos de bienes públicos.

Con el desarrollo de la presente metodología se ha logrado descomponer los factores determinantes del riesgo y su medición permite servir a la toma de decisiones de los organismos del estado, porque ayuda a la comprensión de los conceptos y al manejo utilitario de la información relevante sobre la gestión de los riesgos de huaicos que amenazan la carretera central.

Sin embargo, la probabilidad de riesgo se ha calculado para cada piso o tramo de la carretera, los diferentes tipos de riesgos dependen de los diferentes tipos de vulnerabilidades y éstas no se pueden sumarse o combinarse, sino analizarse por separado.

Finalmente, se puede concluir que el riesgo de interrupción de la carretera es alto para los tramos 3 y 4, y el mayor riesgo se debe a los estados de vulnerabilidad social e institucional, los cuales a su vez, son revelados cuando se activan las amenazas de huaico debido al nivel de degradación ambiental de las laderas, puestos en evidencia al calcular la vulnerabilidad física y ambiental.

Conclusiones de los Objetivos Específicos

Del Objetivo Específico 1:

1. A través de los resultados 1 al 3 del análisis de las amenazas, se pudo comprender cuál es la naturaleza de la amenaza, la cual se debe al estado de degradación ambiental de las laderas de los cerros cercanos a la carretera, los cuales actúan como los receptores de las lluvias, que a su vez, a partir de los 20 mm en forma acumulada activan la energía destructiva del huaico al precipitarse hacia la carretera o puente que interrumpe su paso. Siendo los principales factores desencadenantes de los huaicos, además de la degradación ambiental, la distancia y la pendiente de los cerros cercanos a la carretera.
2. A través de los resultados 4 y 5 del análisis de las amenazas, se ha logrado diferenciar los niveles de precipitación en cada tramo de la carretera, estimando así los diferentes grados de probabilidad de la amenaza para cada tramo. Estando la mayor amenaza en los tramos más altos de la carretera. Estas condiciones se hacen más recurrentes en los lugares donde existe mayor degradación ambiental.
3. Tal como se ha mencionado en los resultados 5 y 6, no obstante de contar con información que evidencia que toda la cuenca ha excedido su Biocapacidad, no se ha podido diferenciar los tramos en los que se tenga un solo indicador de degradación ambiental, sin embargo todos los indicadores coinciden en una relación directa entre mayor concentración de la población y degradación ambiental.

Hipótesis 1: Se ha comprobado la hipótesis que la comprensión de los condicionantes de la naturaleza y activación de las amenazas de huaicos que interrumpen la carretera central (origen de la amenaza), permite realizar la medición de las mismas (medición de las lluvias a través de las estaciones meteorológicas, la geomorfología y el estado del ambiente en las laderas) permitiendo orientar a los organismos del estado, la toma de decisiones de gestión de riesgo.

Del Objetivo Específico 2:

4. A través de los resultados 1 y 2, del análisis de vulnerabilidad, se evidencia que se ha podido desagregar la estructura del riesgo, identificando sus componentes principales de probabilidad de la amenaza de lluvias, vulnerabilidad y resiliencia. Con lo cual se ha identificado cada tipo de vulnerabilidad en cada tramo de la carretera y se ha podido calcular su medida.
5. De la misma forma el resultado 2 del análisis de vulnerabilidades muestra como a través de la descomposición del riesgo se ha podido diferenciar el riesgo directo del riesgo indirecto, facilitando la comprensión de las posibles causas de cada tipo y las medidas necesarias del estado para atacar a cada tipo de vulnerabilidad según el ámbito de su competencia.

Hipótesis 2: Se ha podido evidenciar que los componentes principales del riesgo de la amenaza de huaicos en la cuenca del río Rímac se pueden diferenciar por separado.

Del Objetivo Específico 3:

6. De acuerdo a los resultados 2 y 3 del análisis de vulnerabilidades, la vulnerabilidad directa (física, ambiental y estructural) cuyas principales variables de medición corresponden más a las ciencias naturales, presentan bajos niveles en relación a su contribución al riesgo. Esto se debe a que en los niveles más altos de la vulnerabilidad directa, -sobre todo en el grado de la vulnerabilidad ambiental- la probabilidad del huaico es muy baja, ya que obedece a condicionantes geográficos y morfológicos de la cuenca del río Rímac, en donde la probabilidad de lluvias es muy baja. Sin embargo, la presente investigación no estudia otros tipos de amenazas (como los desbordes del río).
7. De acuerdo a los resultados 3, 4 y 5 del análisis de vulnerabilidad, los niveles más altos de vulnerabilidad contribuyen a elevar el riesgo. Es así que la vulnerabilidad física más alta se encuentra en el tramo 3, mientras que la vulnerabilidad estructural más alta se ubica en los tramos 1 y 2 y la vulnerabilidad ambiental más alta se encuentra en el tramo 1, en donde la amenaza prácticamente no existe.
8. De acuerdo a los resultados 3 del análisis de vulnerabilidad, debido a que la amenaza prácticamente no existe en los tramos más bajos de la carretera, la vulnerabilidad directa contribuye poco en la medida del riesgo de los huaicos que afectan la carretera central, teniendo sólo una significativa contribución al riesgo en el tramo 3 y en lo que respecta a la vulnerabilidad física, debido a que en esta zona, que corresponde a San Jerónimo a Matucana (1000 msnm a 2500 msnm), la cuenca del Rímac se estrecha y la carretera está cerca a las laderas con alta pendiente (que en su mayor punto llega a 75°) y tiene un nivel de probabilidad del 58% de que hayan lluvias que ocasionen huaicos y que interrumpan la carretera.

Hipótesis 3: Se ha podido probar que la vulnerabilidad directa (física, ambiental y estructural) en diferentes tramos de la carretera central pueden cuantificarse de manera eficiente y objetiva a través de indicadores que muestren el estado del ambiente y el grado de exposición y de las condiciones en que se encuentra la infraestructura de transportes antes que ocurra la amenaza de Huaicos.

Del Objetivo Específico 4:

9. De acuerdo a los resultados 6, 7 y 8 del análisis de vulnerabilidad la vulnerabilidad indirecta (institucional, económica y social) contribuyen en alto grado al nivel de riesgo estimado, sobre todo la vulnerabilidad institucional y social.
10. La vulnerabilidad económica contribuye muy poco al nivel de riesgo calculado, en cambio la vulnerabilidad social e institucional reflejan una alta contribución al riesgo, debido a que sus valores en cada tramo sobre todos en aquellos en donde la probabilidad de lluvias es mayor, son altos.

Así tenemos que la vulnerabilidad institucional tiene un grado de 46.57% el cual nos indica que en promedio la población que vive alrededor de la carretera y que está representada por sus autoridades municipales, no está preparada para hacer frente a los desastres activados por lluvias, sobre todo aquellos que interrumpen la carretera y que revelan su bajo nivel de preparación en términos de gestión del territorio, financiamiento y organización para hacer frente a estas amenazas. Esta situación refleja que falta una distancia enorme para empoderar a los Gobiernos Locales (municipalidades) en su Gestión del Riesgo, sobre todo cuando son estos los que están generando nuevas condiciones de vulnerabilidad y son los más cercanos a atender las emergencias.

2. En tanto que la vulnerabilidad social también es muy alta, con un nivel del 52% contribuyendo mucho al nivel de riesgo. Esta situación refleja que la pobreza está relacionada con el grado de acceso a la carretera, como oportunidad de mejorar sus ingresos, es decir dependen más de su vínculo con la ciudad de Lima (Metropolitana) que con sus centros poblados. Se concluye que existe un elevado riesgo social de los servicios de transporte de persona y carga de la carretera cuando este es interrumpido por la acción de los huaicos.
3. Finalmente, el riesgo social alto captado en una vulnerabilidad alta, descansa en el hecho que la mayor población expuesta está ubicada en donde hay pobreza, y es justamente en la búsqueda de aliviar la pobreza la estrategia de las familias son ocupar el territorio a lo largo de la carretera para tener acceso a mejores oportunidades.

Hipótesis 4: Se ha podido probar que la vulnerabilidad indirecta (económica, social e institucional) en diferentes tramos de la carretera central, se revela a través de la evaluación de las pérdidas, condiciones de pobreza y deficiencias en la gestión institucional del riesgo después que ocurre la amenaza de Huaicos.

Del Objetivo Específico 5:

1. A través de los resultados del análisis de vulnerabilidad, esta metodología, ha permitido revelar las condiciones de alta vulnerabilidad institucional, con lo cual se pone de manifiesto que los gobiernos locales alrededor de la carretera central, aún no han comprendido la naturaleza de los riesgos ni sus componentes y no saben cómo tomar medidas de adaptación y gestión del riesgo. La información disponible y la forma de medirla y analizarla contribuyen a mejorar las decisiones del estado nacional y obligan a los gobiernos locales a utilizar sus recursos en mejorar su ordenamiento territorial.
2. La forma de medir el riesgo en la metodología propuesta, ha facilitado la comprensión del riesgo a nivel conceptual ya que la desagrega en partes medibles y verificables a través de los indicadores.
3. La metodología ha logrado desarrollar indicadores para calcular la vulnerabilidad física, a través del Google Earth, con lo cual se ha podido instrumentalizar su medición al alcance de los Gobiernos Locales.

Hipótesis 5: A través del desarrollo y ejercicio de la metodología aplicada en esta investigación, se ha podido evidenciar su validez para su aplicación en los gobiernos locales ya que dispone de instrumentos de análisis espacial y de indicadores de cuantificación que permiten mejorar el ordenamiento territorial a nivel de los gobiernos locales en el entorno de la cuenca del río Rímac y maneja información que está a su alcance, ya que actualmente las propias municipalidades producen la información o están en capacidad de hacerlo.

Recomendaciones

1. Se recomienda determinar las medidas de adaptación a nivel de los gobiernos locales que deben desarrollar frente a la precipitación de lluvias acumuladas iguales o superiores a 20 mm.
2. La presente metodología sirve de modelo para comprender los componentes del riesgo y aproxima a una mejor comprensión de las relaciones de las vulnerabilidades en el tiempo y entre ellas,
3. Se recomienda a los Gobiernos Locales la implementación de herramientas de fácil interpretación geográfica como el *Google Earth Pro* para la determinación de las vulnerabilidades de otros tipos de amenazas y para otro tipo de bienes afectados y con ello mejorar su grado de preparación en Gestión de Riesgos que disminuyen su grado de vulnerabilidad institucional.
4. Respecto de la vulnerabilidad directa, plantear al SINAGERD estudios que permitan incorporar indicadores de alerta temprana, o monitorear los condicionantes que multiplican las condiciones de vulnerabilidad directa (física, ambiental y estructural).
5. Financiar las estaciones meteorológicas incorporándolas al sistema del SINAGERD.
6. Finalmente, en lo que respecta a la vulnerabilidad institucional, social y económica se recomienda complementar la investigación de comprensión de la estructura y medición del riesgo con medidas de adaptación e instrumentos de política públicas que permitan instrumentalizar mejoras en la capacidad de los gobiernos locales en su ordenamiento territorial, desincentivando toda forma de ocupación del territorio que degrada al ambiente y exponga a la sociedad a condiciones de pobreza.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Alier Martínez** La economía ecológica como ecología humana [Libro]. - 1998.
- Anderson J** Embracing Uncertainty: Interface of Bayesian Statistics and cognitive psychology. Conservation Ecology. [Libro]. - 1988.
- Banco Mundial** Análisis Ambiental del Perú: Retos para un Desarrollo Sostenible. Mayo 2007. [Libro]. - 2007.
- Barret, G y Odum, E** Fundamentos de Ecología [Libro]. - 2006.
- Birkman Joern.** Measuring Vulnerability to Natural Hazards: towards disaster resilient societies [Libro]. - Boon : [s.n.], 2007.
- Birkman** Measuring Vulnerability to natural hazards [Libro]. - [s.l.] : United Nations University, 2006.
- Bollin C. et al** Measuring Vulnerability to Natural Hazards: towards disaster resilient societies [Libro]. - 2003.
- Burton I y Kates R.** The perception of natural hazards in resources management [Libro]. - 1986.
- CAN** La Guía Técnica para Interpretación y Aplicación del Análisis de Amenazas y Riesgos [Libro]. - 2008.
- Cannon T. et al** Vulnerability Analysis and Natural Disaster [Libro]. - 1994.
- Cardona** 4. BID (2009). Aplicación del Sistema de Indicadores de Riesgo de Desastre y de Gestión de Riesgos 2005 – 2007. Cardona et al. [Libro]. - 2005.
- Cardona** Informe de Actividades Fase I, de Programa de Información e Indicadores de Gestión de Riesgos. Componente II, Indicadores para la gestión de Riesgos. <http://idea.manizales.unal.edu.co>. [Libro]. - 2003.
- Carpintero Oscar** El metabolismo de la Economía Española [Libro]. - 2005.
- Carreño et al** Metodología para la evaluación del desempeño de la Gestión del riesgo, Monografías CIMNE, Barcelona: Universidad Técnica de Cataluña. [Libro]. - 2004.
- Carreño et al** Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su Gestión en Centros Urbanos: Acciones ex Ante y Ex Post, Doctoral Thesis, Barcelona. Universidad Técnica de Cataluña [Libro]. - 2006.
- CMRRD** Análisis de las Vulnerabilidades Socioeconómicas y Culturales del Perú. Lima [Libro]. - 2004.
- Coburn, A. et al** Disaster Mitigation [Conferencia]. - 1994.
- CONCYTEC** Vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático y medidas de adaptación en la cuenca del río Mantaro. Lima: IGP–CONAM, 2005 [Libro]. - 2005.
- CONCYTEC** Vulnerabilidad y Adaptación al cambio Climático en el Perú. [Libro]. - 2009.
- Crichton D.** The Risk Triangle [Libro]. - London : [s.n.], 1999.
- Cuny F.** Disasters and Development [Publicación periódica]. - New York : Oxford University Press, 1983.
- Davis I.** Arquitectura de Emergencia [Publicación periódica]. - Barcelona : [s.n.], 1980.
- Diaz Abelardo** ESTADÍSTICA Y PROBABILIDAD EN LA HIDROLOGIA [Libro]. - LIMA : ASAMBLEA NACIONAL DE RECTORES, 2010.
- Ehrlich y Holdren** Impact of Population Growth [Libro]. - 1971.
- Ferradas P.** Las aguas del cielo y de la tierra. Impacto del Fenómeno El Niño en el Perú, Enfoque y Experiencias Locales [Libro]. - Lima : [s.n.], 2000.
- Freundenburg W.R.** Perceived risk, real risk: perceived science and the art of probabilistic risk assessment. Science 242: 44-49. [Libro]. - 1988.

- García V.** Vulnerabilidad social, riesgo y desastres. [Publicación periódica]. - [s.l.] : Desacatos 2005 (19), 2005. - Printed ISSN: 1405-9274.
- Garret Hardin** Leyes de Ecología [Libro]. - 1993.
- Garrett Hardin** The Tragedy of Commons [Libro]. - 1968.
- Griffin R.L.** The precautionary approach and phytosanitary measures [Libro]. - 2000.
- Holdridge L.R.** Determination of world plant formations from simple climatic data. Science 105: 367–368. [Publicación periódica]. - [s.l.] : Science, 1947.
- Holling S.c.** RESILIENCE AND STABILITY OF ECOLOGICAL SYSTEMS [Libro]. - Vancouver : [s.n.], 1973.
- Horton, R. y Strahler, A.** Method for Stream order [Publicación periódica]. - 1945.
- IPCC** Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático [Libro]. - 2012.
- IPCC** United Nations [Libro]. - 2001.
- Jimenez L.** Desarrollo Sostenible. [Libro]. - Madrid : [s.n.], 2000.
- kamiche** Guía Metodológica para la Incorporación del Análisis de Riesgos asociado a peligros naturales [Libro]. - 2005.
- Kappeli Auberson** The science and intricacy of environmental safety evaluations. Trends and Biotechnology 15:342-349 [Libro]. - 1987.
- Krutilla John** The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods [Libro]. - 1967.
- Lavell A.** Desempacando la adaptación al cambio climático y la gestión del riesgo: Buscando las relaciones y diferencias: Una crítica y construcción conceptual y epistemológica [Libro]. - 2010.
- Leonith Hinojosa y Karl Hennerman** La dimensión ambiental de las dinámicas territoriales rurales en contexto de expansión de industrias extractivas [Publicación periódica]. - 1998.
- Maskrey** Los desastres no son Naturales [Publicación periódica]. - 1993.
- Mosquera, Gemay et al** ZONIFICACIÓN DEL PELIGRO DE REMOCIÓN EN MASA EN LAS ZONAS URBANAS SEGÚN MÉTODO DE ANÁLISIS MORA Y VAHRSON: ESTUDIO DE CASO [Publicación periódica]. - 2001.
- Murra John** Economía Vertical Andina [Libro]. - 1965.
- Murra John** La organización económica del Estado inca [Libro]. - 1978.
- Odum E.y Barrett G** Environment Power and Society [Libro]. - 1971.
- Ortiz Abaunza. et al** Determinación de lluvias críticas que activan deslizamientos empleando redes neuronales [Libro]. - 1996.
- Pearce, D. y Turner K.** Economics of Natural Resources and the Environment [Libro]. - 1990.
- Pearce, D. y Turner, K.** Economics of natural resources and environment [Libro]. - 1990.
- Peterson Christopher** Character Strengths and Virtues : A Handbook and Classification [Libro]. - 2000.
- Podolinsky xxx** [Libro]. - 1880.
- Programa Regional para la Gestión del Riesgo en América Central** LA GESTIÓN LOCAL DEL RIESGO [Libro]. - Guatemala : PNUD, 2003.
- Rajesh Kumar Singha, H.R., et al** Ecological Indicators: An overview of sustainability assessment methodologies [Publicación periódica]. - [s.l.] : ELSEVIER, 2009. - Vol. 9.
- Rees J.** Natural resources: allocation, economics and policy [Libro]. - London : [s.n.], 1990.

- Rees W.** Ecological footprints and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out [Libro]. - 1992.
- Rello F.** Instituciones y pobreza rurales en Centroamérica, CEPAL [Libro]. - México : [s.n.], 2001.
- Saldivar Americo** Las Aguas de la Ira: Economía y Cultura del Agua. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F [Libro]. - 2007.
- Shrader-Frechette y McCoy** Method in ecology, strategies for conservation. Cambridge university press [Libro]. - 1993.
- Simmons, C. et al** two approaches: a component-based model of ecological footprints [Publicación periódica]. - Liverpool John Moores University, Liverpool : Ecological economics, 2000. - Vol. 32.
- Smith K.** Environmental Hazards. Assessing Risk & Reducing Disaster, Routledge, London & New York, 324 pp. [Publicación periódica]. - London & New York : [s.n.], 1992.
- Smithson** Ignorance and Uncertainty: Emergency Paradigms [Libro]. - 1989.
- Stern** Stern Review (2006). The economics of the climate change. 2006. UK [Libro]. - London : [s.n.], 2006.
- UN/ISDR** International Strategy for Disaster Reduction [Libro]. - Geneva : UN Publications, 2004.
- Villagran de León** La Naturaleza de los Riesgos, Un Enfoque Conceptual [Libro]. - 2001.
- Wijkman A. and Timberlake L.** Natural disasters: Acts of God or acts of man [Publicación periódica]. - London and Washington, DC : International Institute for Environment and Development , 1985. - ISBN 0905347544 .
- Wilches-Chaux** Vulnerabilidad Global [Libro]. - 1989.

Otras fuentes:

1. CAN Comunidad Andina de Naciones (2005). Proyecto "Prevención de Desastres en la Comunidad Andina UE / CAN. Recuperado el 5/04/2005. <http://www.comunidadandina.org/prevencion/proyecto.htm>
2. CMRRD – La comisión Multisectorial para la Reducción de los Riesgos de Desastres Mapas de peligros ambientales. Lima.
3. CISMID - Centro de Investigaciones sísmicas y mitigación de desastres. Estudios de vulnerabilidad sísmica de la ciudad de Lima por el fenómeno del niño (1997-1998).
4. CEPAL <http://www.eclac.org/>
5. The united nation for disaster risk reduction. <http://www.unisdr.org/>
6. Ecological Footprint and President of Global Footprint Network, an international sustainability think-tank. http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/our_team/
7. Estrategia Internacional para la reducción de desastres. www.eird.org/index-esp.html

8. Fundación Nueva Cultura del Agua (2004), Manifiesto fundacional, Zaragoza. Disponible: <http://www.unizar.es/fnca/presentacion1.php>.
9. GTZ (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) (2001) working concept Disaster Risk management, Eschborn: GTZ.&Proyecto Seguros para la adaptación al cambio climatic. www.seguros.riesgoycambioclimatico.org
10. INDECI - Ciudades sostenibles www.indeci.gob.pe
11. Instituto Geofísico del Perú <http://www.igp.gob.pe>
12. Instituto Geográfico Nacional <http://www.ignperu.gob.pe>
13. INRENA - Instituto Nacional de Recursos Naturales www.inrena.gob.pe
14. Ministerio de Economía y Finanzas. www.mef.gob.pe
15. Ministerio de Agricultura www.minag.gob.pe
16. Ministerio del Ambiente www.minam.gob.pe
17. SENAMHI Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –
18. <http://www.senamhi.gob.pe>
19. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. <http://idea.unalmzl.edu.co/>.
20. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA DE COLOMBIA/ Cuadernos de Desarrollo Rural. <http://cdr.javeriana.edu.co/?idcategoria=1375&download=Y>

A N E X O S

Anexo Nº 1.

Risk Analysis: Guide to Principles and methods for analyzing health and environmental risk. John Cahrssen and Vincent T. Covello

Estimación del Riesgo y Percepción del Riesgo

La gente percibe el riesgo de forma diferente, dependiendo de la naturaleza del riesgo y de su propia experiencia, los investigadores de diferentes campos de la psicología y de la psicología social, análisis de las decisiones y otras disciplinas han identificado varias cualidades o dimensiones del riesgo que influyen en la percepción del riesgo:

Alguna gente juzga el riesgo de un peligro por la probabilidad de perder su capacidad de ganarse la vida mientras que otros lo relacionan con sus efectos de daño, es decir a quien afecta y que tanto fue afectado en su salud o en sus vidas. Además el riesgo es visto como algo no voluntario sobre lo cual no se tiene control, sobre la fuente y administración de la fuente de los riesgos.

Otras percepciones del riesgo también están influenciadas por los beneficios de aceptar los riesgos y también por la justicia, equidad en la distribución de los beneficios.

Estas diferencias entre la percepción del riesgo y la estimación del riesgo, tienen consecuencias para el diagnóstico, administración y comunicación del riesgo.

Anexo Nº 2.

Encuentros y Diferencias entre la Gestión del Riesgo de Desastre y la Adaptación al Cambio Climático. Allan Lavell

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y LA RED

(El contenido de este documento está basado esencialmente en consideraciones vertidas en Lavell, 2010 y Lavell 2010^a)

(...)

Esta nueva postulación o posición ni niega ni elimina la necesidad de mejorar el estado de preparación y respuesta a los desastres, pero, ahora, el problema de desastre como tal se ubica en un contexto de mayor amplitud y significación girando en el marco de la existencia de un “continuo de riesgo” donde el riesgo está en constante cambio y transformación, con expresiones y momentos distintos, de los cuales el desastre es solamente uno- el momento de actualización del riesgo preexistente, su transformación de lo latente a lo material y actual. Por otra parte, el cambio de paradigma ha sido acompañada por un reconocimiento fundamental de que el riesgo, y por lo tanto el desastre, es producto en gran parte de procesos de construcción social, determinados por y derivando en buena parte de los modos existentes e históricos del desarrollo social y económico. Esto significa que la comprensión del riesgo y la gestión del riesgo de desastre como tal no se pueden alcanzar sin el establecimiento de una relación, integral y holística con los procesos y el planeamiento sectorial, territorial, social y ambiental del desarrollo. Un aspecto esencial de esta visión de la gestión del riesgo es la importancia que debe ser asignado a la reducción y control de los llamados “impulsores o conductores del riesgo” (risk drivers en inglés)-la degradación ambiental, los medios de vida vulnerables, el mal uso y ordenamiento del territorio, la falta de adecuada gobernabilidad y gobernanza urbana y local etc. (ver ISDR, 2009). Al introducir tales consideraciones en la definición y práctica de la gestión del riesgo se amplía enormemente aquella visión del llamado “manejo de desastres” que concentraba en la respuesta y la alerta temprana, junto a algunas medidas de prevención o mitigación estructurales.

Esencialmente, al ocuparse de las causas y de las condiciones de estrés asociadas con las anomalías o los “extremos” o eventos “no rutinarios” que tipifican la variabilidad climática normal (los huracanes, los tornados, sequía, etc.) y los procesos hidro-meteorológicos asociados (derrumbamientos, remoción en masa, inundaciones etc.), la gestión de riesgo del desastre, considerada como proceso social, incluye (éste es igualmente aplicable a las amenazas no climáticas).

Anexo N° 3.

Escenarios de emisiones de GEI entre 2000 y 2100 (en ausencia de políticas climáticas adicionales), y proyección de las temperaturas en superficie

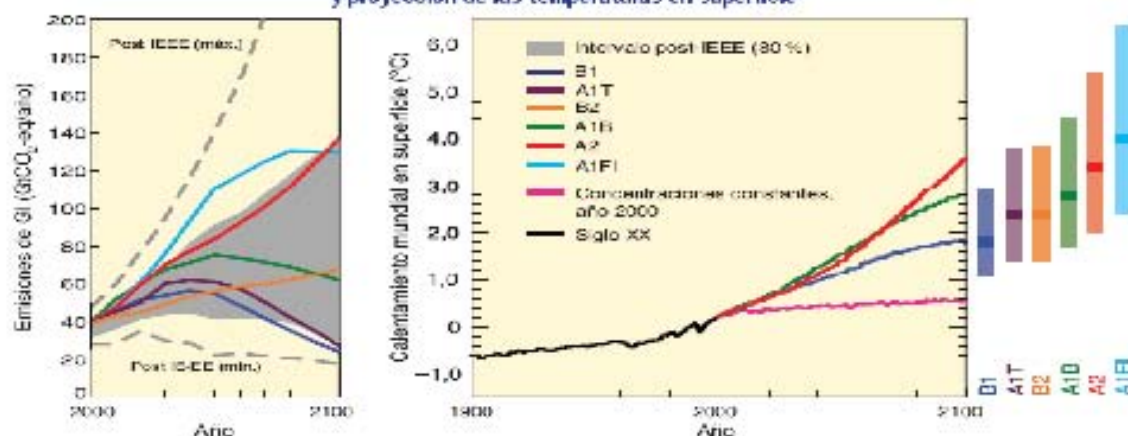


Figura 3.15. Cálculos de emisiones y proyecciones mundiales de GEI (CO₂-eq) en ausencia de políticas climáticas, con escenarios ilustrativos de emisiones (líneas de color) desde 2000, el período 80 de escenarios ilustrativos publicados desde el IPCC (para A1FI) (línea discontinua en gris) y los límites de incertidumbre en los límites de los escenarios post-IEEE. Los escenarios ilustrativos muestran un grupo CO₂, CH₄, N₂O y F-gases caracterizado por líneas continuas representan promedios mundiales multimedios del calentamiento en superficie para los escenarios A2, A1B y B1, representados como contribución de las simulaciones del siglo XXI. Estos promedios reflejan también las emisiones de GEI y aerosoles de cada contribuyente y se basan en los escenarios A2, A1B y B1 correspondientes al escenario de MOCGOC en 2000. Los escenarios de MOCGOC en 2000 son los escenarios de contribuciones constantes en los valores del año 2000. Las barras de la derecha indican la estimación óptima (línea continua dentro de cada barra) y el intervalo probable (sombra) para los escenarios ilustrativos de A1FI en el período 2000-2099, usando las temperaturas promedio de la superficie 1960-1999 (Figura 3.1, Figura 3.2).

* Los escenarios de emisiones IECE están explicados en el Recuadro Escenarios IECE del presente Informe. Estos escenarios no contemplan políticas climáticas adicionales a las ya existentes; estudios más recientes difieren con respecto a la inclusión de la inclusión de la CMGOC y del Protocolo de Kyoto.

* Las trayectorias de emisión de los escenarios de mitigación se abordan en la Sección 5.

Tabla 3.1.1. Proyecciones del promedio mundial del calentamiento en superficie y del aumento del nivel del mar al final del siglo XXI (Tabla 3.1)

Caso	Cambio de temperatura (°C en 2090-2099 respecto de 1980-1999) ± z		Aumento del nivel del mar (m en 2090-2099 respecto de 1980-1999)
	Estimación óptima	Intervalo probable	Intervalo obtenido a partir de modelos, excluido los cambios dinámicos rápidos futuros del flujo de hielo
Concentraciones constantes en los niveles del año 2000*	0,0	0,0-0,9	No disponible
Escenario B1	1,6	1,1-2,9	0,18-0,38
Escenario A1T	2,4	1,4-3,8	0,20-0,45
Escenario B2	2,4	1,4-3,8	0,20-0,43
Escenario A1B	2,6	1,7-4,4	0,21-0,48
Escenario A2	3,4	2,0-5,4	0,23-0,51
Escenario A1FI	4,0	2,4-6,4	0,26-0,59

Notas:

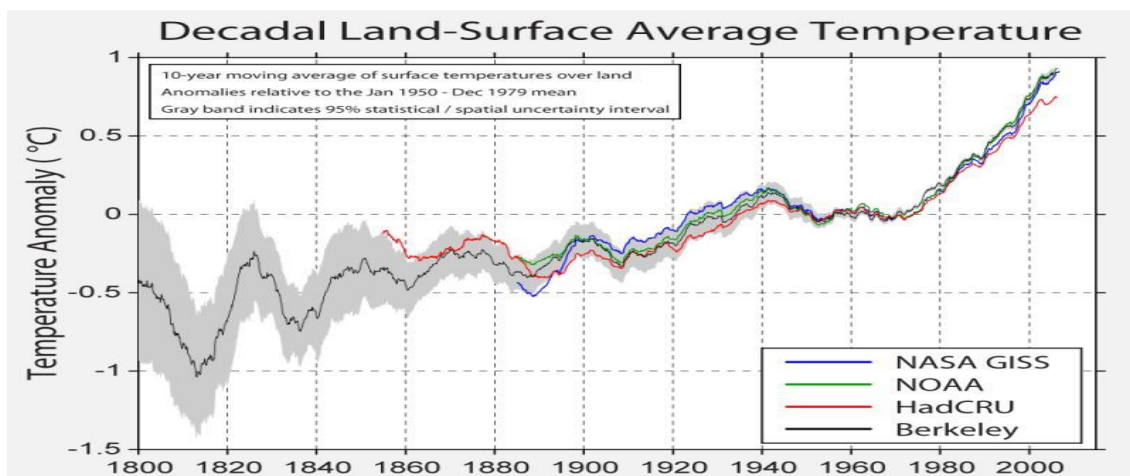
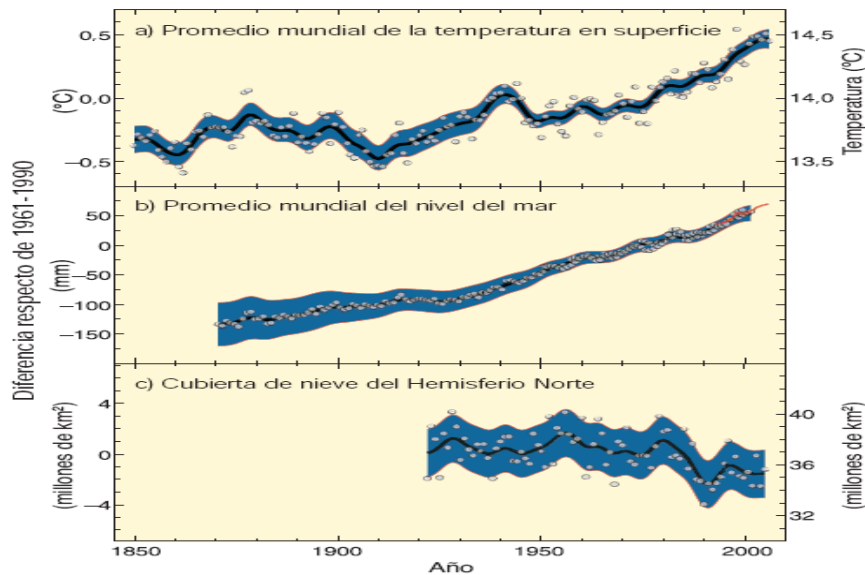
- Los valores de temperatura son estimaciones óptimas evaluadas, y los intervalos de incertidumbre probables se han obtenido de una jerarquía de modelos de complejidad variable y de imitaciones observacionales.
- La composición constante en valores del año 2000 se ha obtenido de modelos de circulación general atmósfera-oceano (MOCGOC) únicamente.
- Todos los escenarios precedentemente indicados son seis escenarios ilustrativos IECE. Las concentraciones aproximadas de dióxido de carbono equivalente correspondientes al forzamiento radiativo calculado por efecto de los GEI y aerosoles antropogénicos en 2100 (véase la pág. 823 del TIF) para los escenarios ilustrativos B1, A1T, B2, A1B, A2 y A1FI del IPCC son 600, 700, 800, 850, 1250 y 1550 ppm, respectivamente.
- Los cambios de temperatura están expresados en términos de diferencias respecto del período 1980-1999. Para expresar el cambio respecto del período 1950-1999 hay que añadir 0,5°C.

Anexo N° 4.

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como se desprende ya del aumento observado del promedio mundial de temperatura del aire y del océano, de la fusión generalizada de nieves y hielos, y del aumento del promedio mundial del nivel del mar.

De los doce últimos años (1995-2006), once figuran entre los doce años más cálidos de los registros instrumentales de la temperatura mundial en superficie (desde 1850). La tendencia lineal a cien años (1906-2005), que es de 0,74 [entre 0,56 y 0,92°C, es más acentuada que la indicada en el TIE, que era de 0,6 [entre 0,4 y 0,8 °C (1901-2000) (Figura 1.1). Entre 1956 y 2005, el calentamiento lineal (0,13 [entre 0,10 y 0,16 °C por decenio) ha sido casi el doble del experimentado en los cien años transcurridos desde 1906 hasta 2005. Este aumento de temperatura está distribuido por todo el planeta, y es mayor en latitudes septentrionales altas (Figura 1.2). En la región ártica, el promedio de las temperaturas ha aumentado a un ritmo que duplica casi el promedio mundial de los últimos cien años. Las regiones terrestres se han calentado más aprisa que los océanos (Figuras 1.2 y 2.5). Las observaciones efectuadas desde 1961 indican que, en promedio, la temperatura del océano mundial ha aumentado hasta en profundidades de 3000 m como mínimo, habiendo absorbido los océanos más del 80% del calor incorporado al sistema climático. Nuevos análisis de las temperaturas observadas desde globos y satélites en la troposfera inferior y media arrojan unas tasas de calentamiento similares a las observadas en la temperatura superficial.

Cambios de la temperatura, del nivel del mar y de la cubierta de nieve en el Hemisferio Norte



Anexo N° 5.

MAPAS DE PELIGROS (AMENAZAS) EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC

El Sistema Computarizado de Administración de Puentes ha definido por cada componente los niveles de deterioro categorizados por la severidad del daño, en rangos que permitirán definir los niveles de servicio que se desea controlar, lo que permitirá determinar la condición de cada componente a medir. El SCAP ha establecido los límites de los grados de severidad de daños por elementos del puente del 1 al 4, las categorías extremas:

“0 : muy buena” y “5 : pésima” no están consideradas en el presente anexo, conforme el siguiente cuadro de la metodología SCAP:

CALIFICAC.	CONDICION	RANGO CONDICION	DESCRIPCION DE LA CONDICION
0	MUY BUENA	0.00 - 0.99	No se observa problemas
1	BUENA	1.00 - 1.99	Hay problemas menores. Algunos elementos muestran deterioro sin importancia
2	REGULAR	2.00 - 2.99	Los elementos primarios están en buen estado, pero algunos secundarios muestran deterioro, algo de pérdida de sección, grietas, descascaramiento y socavación.
3	MALA	3.00 - 3.99	La pérdida de sección, deterioro o socavación afectan seriamente a los elementos estructurales primarios. Hay posibilidad de fracturas locales, pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero.
4	MUY MALA	4.00 - 4.99	Avanzado deterioro de los elementos estructurales primarios. Grietas de fatiga en acero o grietas de corte de concreto La socavación compromete la estabilidad de la infraestructura Conviene cerrar al puente al menos que este monitoreado
5	PESIMA	5.00 - 5.99	Gran deterioro o pérdida de sección presente en elementos estructurales críticos Desplazamientos horizontales o verticales afectan la estabilidad de la estructura El puente se cierra al tráfico pero con acciones correctivas se puede restablecer el tránsito de unidades ligeras

Anexo N° 6.

Tipos de Amenazas por fenómenos de Remoción de Masas

TIPO	ANTES	DESPUÉS
1 IMPACTO POR CAÍDA DE MASAS DE ROCA		
2 IMPACTO POR CAÍDA DE BLOQUES INDIVIDUALES		
3 IMPACTO POR DESLIZAMIENTOS (ROTACIONALES / TRASLACIONALES)		
4 IMPACTO POR FALLA EN UN TALUD DE CORTE		
5 IMPACTO POR DEFORMACIÓN DIFERENCIAL DEL TERRENO /MOVIMIENTO LENTO		
6 IMPACTO POR REPTAMIENTO DE MASAS PROFUNDAS		
7 IMPACTO (HUAICO) POR FLUJO DE DETRITOS / LODO		

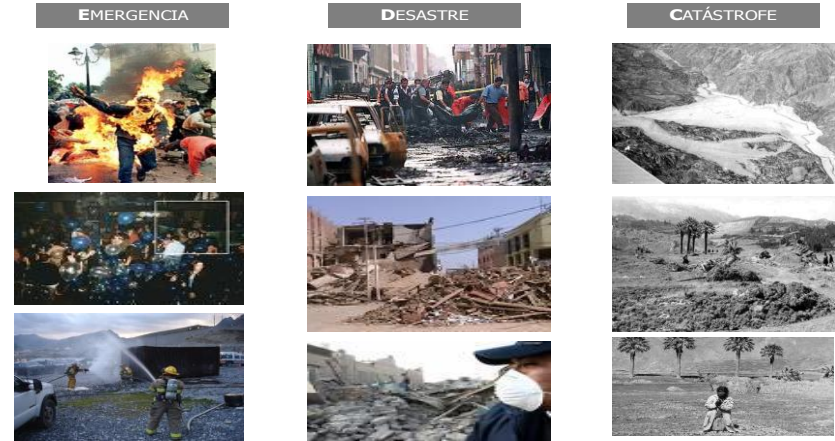
Fuente: Tomado de Evaluación del Riesgo por fenómenos de remoción en masa". Guía Metodológica. 2001. Colombia. Ojeda Moncayo, Jacobo et al

Anexo N° 7.

Nº	UNIDAD	EMPRESA	PROVINCIA	DISTRITO	LATITUD	LONGITUD	INVERSION
1	AMERICANA	COMPAÑIA MINERA CASAPALCA S.A.	HUAROCHIRI	CHICLA	-11.6668	-76.2078	AMPLIACION
2	CASAPALCA	EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.	HUAROCHIRI	CHICLA	-11.6503	-76.2353	AMPLIACION
3	ROSAURA	PERUBAR S.A.	HUAROCHIRI	CHICLA	-11.6815	-76.2595	AMPLIACION
4	CHINCHAN	COMPAÑIA MINERA SAN JUAN (PERU) S.A.	HUAROCHIRI	CHICLA	-11.6094	-76.2366	OPERACION
5	TICLIO	VOLCAN COMPAÑIA MINERA S.A.A.	HUAROCHIRI	CHICLA	-11.6072	-76.1896	OPERACION
6	TAMBO DE VISO	ESPERADA S.A.C.	HUAROCHIRI	SAN MATEO	-11.8212	-76.3021	EXPLORACION
7	INVICTA	INVICTA MINING CORP S.A.C.	HUAURA	PACCHO	-11.0291	-77.0104	EXPLORACION
8	REFINERIA DE CAJAMARQUILLA	VOTORANTIM METAIS - CAJAMARQUILLA S.A.	LIMA	LURIGANCHO	-11.9641	-76.8816	AMPLIACION
9	UCHUCCHACUA	COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	OYON	OYON	-10.6201	-76.6868	OPERACION
10	COCHAQUILLO	EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.	OYON	OYON	-10.7979	-76.6297	EXPLORACION
11	FORTUNA	COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	OYON	OYON	-10.7185	-76.8954	EXPLORACION
12	MALLAY	COMPAÑIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.	OYON	OYON	-10.6829	-76.8570	EXPLORACION
13	SANTA ESTE	EMPRESA MINERA LOS QUENUALES S.A.	OYON	OYON	-10.8017	-76.7150	EXPLORACION
14	SAN VALENTIN	COMPAÑIA MINERA SAN VALENTIN S.A.	YAUYOS	LARAOS	-12.4082	-75.6835	AMPLIACION
15	YAUICOCHA	SOCIEDAD MINERA CORONA S.A.	YAUYOS	ALIS	-12.3082	-75.7021	OPERACION
16	YAUYINAZO	COMPAÑIA MINERA LOS CHUNCHOS S.A.C.	YAUYOS	MIRAFLORES	-12.3154	-75.8453	OPERACION
17	AZULCOCHA OESTE	AZULCOCHAMINING S.A.	YAUYOS	TOMAS	-12.0663	-75.7258	EXPLORACION
18	LISCAY	GEOLOGIX (PERU) S.A.	YAUYOS	AZANGARO	-13.0281	-75.8161	EXPLORACION
19	TAURIPAMPA	VALE EXPLORATION PERU S.A.C.	YAUYOS	TAURIPAMPA	-12.5884	-76.1950	EXPLORACION

Anexo Nº 8.

FOTOS POR NIVELES DE INTENSIDAD DEL PELIGRO



Fuente: INDECI

DIFERENCIAS ENTRE EMERGENCIA, DESASTRE Y CATASTROFE

EMERGENCIA	DESASTRE	CATÁSTROFE
Sólo un <u>lugar localizado</u> o alguna parte puntual de la comunidad es golpeado.	Sólo algunos <u>vecindarios o partes de la comunidad</u> son terriblemente golpeados.	<u>Toda o casi toda</u> la comunidad es afectada, y un número de localidades cercanas estarán igualmente agobiadas.
Se aplica a situaciones en las que mueren entre <u>≥ 1 y < de 10 personas</u>	Cuando la cifra de fallecidos o víctimas en riesgo inminente de muerte se calcula <u>entre 10 y 100 000</u>	Para cualquier cantidad <u>superior al 100 000</u> (cien mil)".
Organizaciones de Respuesta <u>operan</u> indemne posibilitando su trabajo. Supone una ruptura de la normalidad de un sistema, pero no excede la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.	Organizaciones de Respuesta <u>pueden</u> ser golpeados, pero en general, sobrevive la mayoría con poco o ningún daño.	Organizaciones de Respuesta <u>no operan</u> ya que, con frecuencia, no tienen sitio desde el cual operar por encontrarse completamente destruido.
Existe capacidad general para proveer los servicios habituales de respuesta en todo el periodo de tiempo que dura la situación de emergencia.	Existe capacidad para proveer los servicios habituales de respuesta, pero <u>en una escala diminuta</u> y debe soportarse durante periodos de tiempo relativamente cortos.	Existe incapacidad, inmediatamente después del impacto y dentro del periodo de recuperación, de asumir sus funciones formales y de organización.
Los establecimientos de servicios <u>públicos y la infraestructura básica</u> en general continúan <u>funcionando normalmente</u> ; además de no afectar al orden biológico y motivacional de cada sujeto.	<u>No se da</u> ruptura masiva (procesos sociales, estructura social e interacciones primarias y secundarias) <u>de la vida comunitaria</u> , aunque vecindarios particulares puedan ser devastados.	Los establecimientos de servicios <u>públicos cierran totalmente</u> , y la infraestructura vital gravemente desorganizada, resulta en interrupciones o falta de electricidad, agua, servicios de correo o de teléfono, etc.,
Todos los grupos y personas <u>gozan de</u> su independencia y libertad de acción normal, excepto los afectados del área impactada.	Todos los grupos y personas <u>pierden</u> algo de su independencia y libertad de acción normal. Es decir, se vuelven más directamente dependiente y responsable con los demás.	Todos los grupos y personas pierden su independencia y libertad de acción normal, si es que existen sobrevivientes.

FUENTE: INDECI

Anexo N° 9.

PARQUE VEHICULAR ESTIMADO, SEGUN DEPARTAMENTO O REGION: 2001 - 2010

DEPARTAMENTO	2001	2002 R/	2003 R/	2004 R/	2005 R/	2006 R/	2007 R/	2008 R/	2009	2010
TOTAL	1.209.006	1.248.512	1.342.288	1.361.403	1.440.017	1.473.530	1.534.303	1.640.970	1.732.834	1.849.690
AMAZONAS	1.590	1.801	1.900	1.975	2.020	2.103	2.168	2.218	2.292	2.390
ANCASH	18.980	19.065	19.055	19.293	19.382	19.757	20.354	21.001	21.309	22.086
APURIMAC	2.946	3.167	3.608	3.730	3.816	3.879	3.916	3.934	3.973	3.969
AREQUIPA	72.885	76.267	78.162	78.858	79.544	81.293	84.829	91.674	98.270	106.521
AYACUCHO	3.770	3.804	3.832	3.882	3.919	3.969	4.153	5.404	5.572	5.716
CAJAMARCA	7.368	7.905	8.365	8.882	9.501	10.256	11.255	12.383	13.563	15.107
CUZCO	32.412	33.603	34.993	35.342	35.705	36.204	37.592	39.688	42.175	45.090
HUANCAVELICA	911	1.028	1.036	1.043	1.061	1.080	1.103	1.216	1.291	1.319
HUANUCO	10.818	10.795	11.088	10.968	10.886	10.836	10.892	11.255	11.382	11.864
ICA	21.837	22.290	22.614	22.692	22.753	22.834	23.170	25.498	25.691	26.135
JUNIN	42.553	43.272	43.488	43.468	43.648	44.454	46.091	47.769	49.404	51.094
LA LIBERTAD	40.119	41.312	98.217	97.590	153.777	152.847	153.251	155.411	156.646	158.672
LAMBAYEQUE	36.245	37.266	37.739	37.967	38.263	38.744	39.930	41.920	43.689	45.881
LIMA Y CALLAO	802.748	829.214	851.360	866.881	885.636	912.763	957.368	1.036.850	1.106.444	1.195.353
LORETO	5.510	5.477	5.413	5.336	5.286	5.215	5.154	5.132	5.089	5.089
MADRE DE DIOS	630	695	806	823	819	827	870	913	941	986
MOQUEGUA	8.258	8.697	9.004	9.417	9.622	10.394	11.418	12.202	12.692	13.348
PASCO	3.822	4.048	4.383	4.772	5.232	5.514	6.075	6.807	7.187	7.351
PIURA	29.844	30.851	31.391	31.731	31.734	31.828	32.314	33.497	34.650	36.367
PUNO	23.340	24.304	25.135	25.642	25.874	26.452	28.062	29.889	31.645	34.169
SAN MARTIN	4.837	4.846	10.384	10.277	10.156	10.033	9.969	9.917	9.977	10.151
TACNA	28.557	29.688	29.959	30.549	31.119	32.011	33.944	35.911	38.457	40.465
TUMBES	2.842	2.934	2.954	2.958	3.009	3.025	3.042	3.040	3.054	3.086
UCAYALI	6.184	6.183	7.402	7.327	7.255	7.212	7.383	7.441	7.441	7.481

R/ : Cifras revisadas, reajustadas por haberse detectado mayor incremento de inscripciones vehiculares a partir del año 2002.

Fuente: SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE LOS REGISTROS PUBLICOS - SUNARP.

Elaboración: OGPP - OFICINA DE ESTADISTICA

tasa de crecimiento	3,30%	2,67%	1,82%	2,16%	3,06%	4,89%	8,30%	6,71%	8,04%
---------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

LONGITUD DE LA RED VIAL, SEGÚN SISTEMA DE CARRETERA, 2003 - 2010

(Kilómetros)

Sistema de carretera	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Total	78 396	78 396	78 506	79 506	80 325	81 787	124 826	125 045
Nacional	16 857	16 857	16 857	17 857	23 838	23 903	24 500	23 596
Departamental	14 251	14 251	14 251	14 251	14 437	19 695	24 391	25 775
Vecinal	47 288	47 288	47 398	47 398	42 050	38 189	75 935	75 674

Nota: La serie correspondiente al periodo 2003-2008 de red vial, ha sido elaborada según el clasificador de rutas del país, aprobado según D.S. N° 009-95-MTC; a partir del año 2009 se incluye 40 800 Km en la Red Vecinal, no registrados en el clasificador vigente, que está en proceso de regularización, se oficializará en cuanto se concluya los inventarios viales en ejecución.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Oficina de Estadísticas.

Anexo Nº 10.

3.11	Impacto ambiental	1	¿Se han identificado los probables impactos positivos y/o negativos del proyecto en el medioambiente?	
		2	¿El estudio de impacto ambiental ha sido aprobado por la Autoridad Ambiental competente?	
		2	¿Se han previsto medidas de prevención, corrección, mitigación y/o monitoreo de los impactos ambientales del proyecto?	
		2	¿El costo de las medidas ambientales se encuentra incluido en el presupuesto del proyecto?	
Categoría de Criterios	Nº Criterios	Porcentaje de Cumplimiento Mínimo	Nº Criterios Cumplidos	Porcentaje de Cumplimiento del PIP
OBLIGATORIOS	47	100%	0	0%
COMPLEMENTARIOS	39		0	0%
	86		0	0%

De las 86 preguntas que se evalúan en cada proyecto de inversión pública, hay 39 preguntas que son de índole complementaria, dentro de las cuales están las preguntas de impacto ambiental, las cuales constan de 4 preguntas, de las cuales sólo una es de carácter obligatorio (la pintada de color naranja). Las demás no son obligatorias para que se declare viable un proyecto de inversión pública, subestimándose los aspectos ambientales a la hora de formular los proyectos del sistema SNIP.

Por tanto se debe estimular la mayor formulación de proyectos ambientales a escala local, considerando además que la Ley Orgánica de Municipalidades es clara cuando dice en su artículo V lo siguiente:

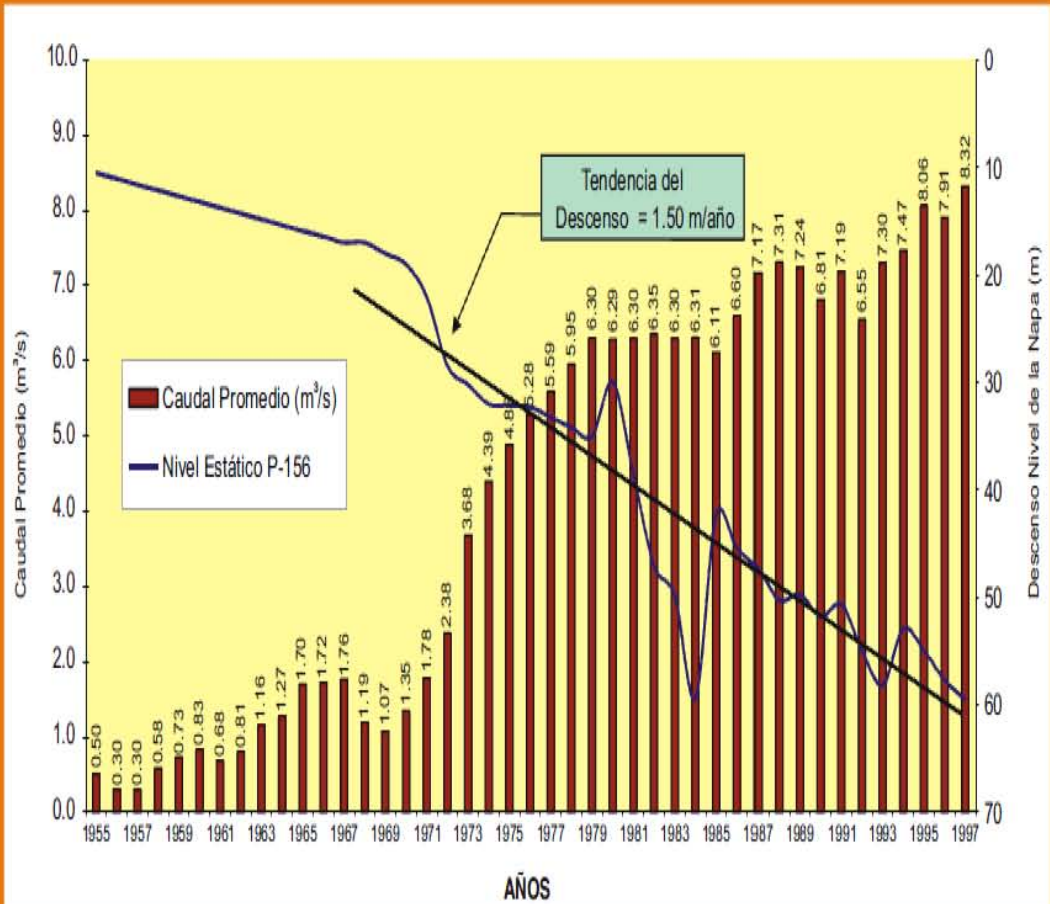
ARTÍCULO V.- ESTADO DEMOCRÁTICO, DESCENTRALIZADO Y DESCONCENTRADO

La estructura, organización y funciones específicas de los gobiernos locales se cimientan en una visión de Estado democrático, unitario, descentralizado y desconcentrado, con la finalidad de lograr el desarrollo sostenible del país.

En el marco del proceso de descentralización y conforme al criterio de subsidiariedad, el gobierno más cercano a la población es el más idóneo para ejercer la competencia o función; por consiguiente el gobierno nacional no debe asumir competencias que pueden ser cumplidas más eficientemente por los gobiernos regionales, y éstos, a su vez, no deben hacer aquello que puede ser ejecutado por los gobiernos locales.

Anexo Nº 11.

Gráfico 3.2.1: Evolución de la explotación de las aguas subterráneas con pozos de SEDAPAL y variación del nivel de la napa en un pozo representativo: 1955 - 1997

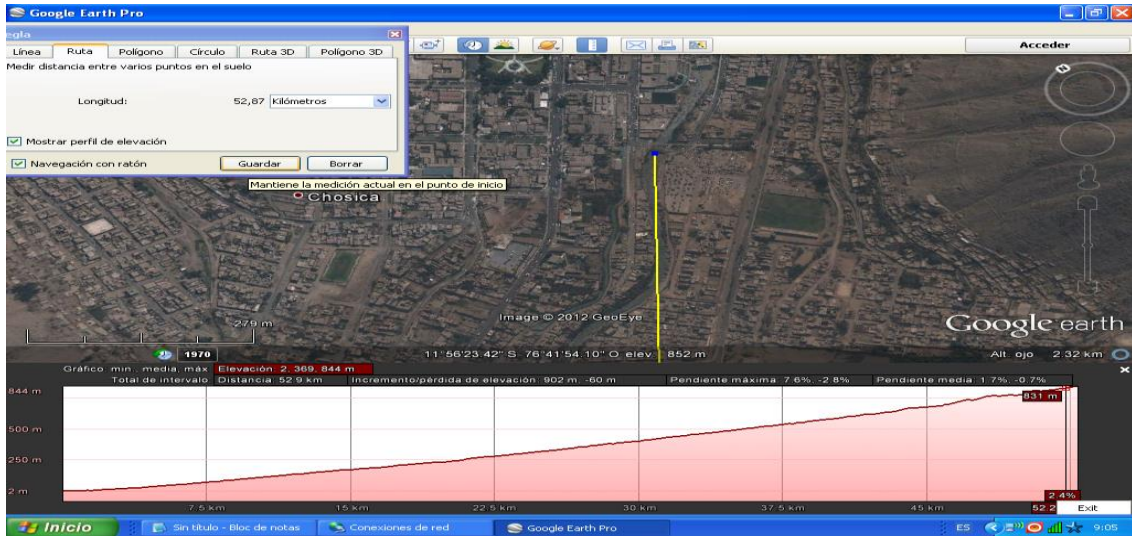


EXLOTACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS A TRAVES DE POZOS DE SEDAPAL Y PARTICULARES EN LOS ACUIFEROS RIMAC-CHILLON Y LURIN EN 1997

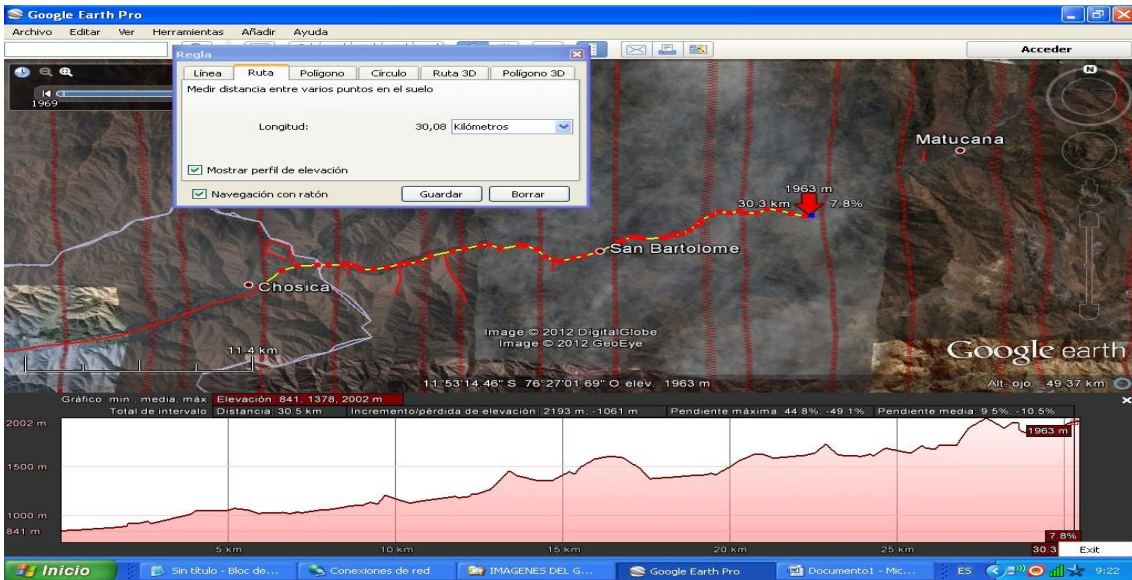
FUENTES	RIMAC - CHILLON	LURIN	TOTAL
Pozos SEDAPAL	8.10	0.22	8.32
Galerías Filtrantes SEDAPAL	0.12	--	0.12
Pozos Particulares	4.18	0.15	4.33
TOTAL	12.4	0.37	12.77

Fuente: SEDAPAL, 2005.

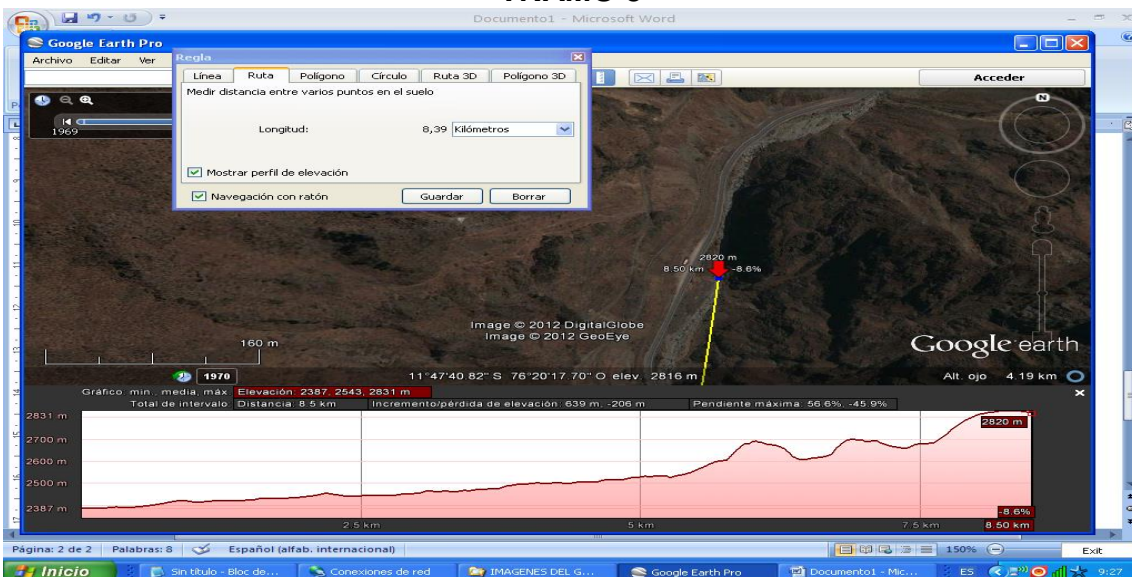
Anexo Nº 12. Cortes verticales de cada tramo de la carretera central TRAMO Nº 1



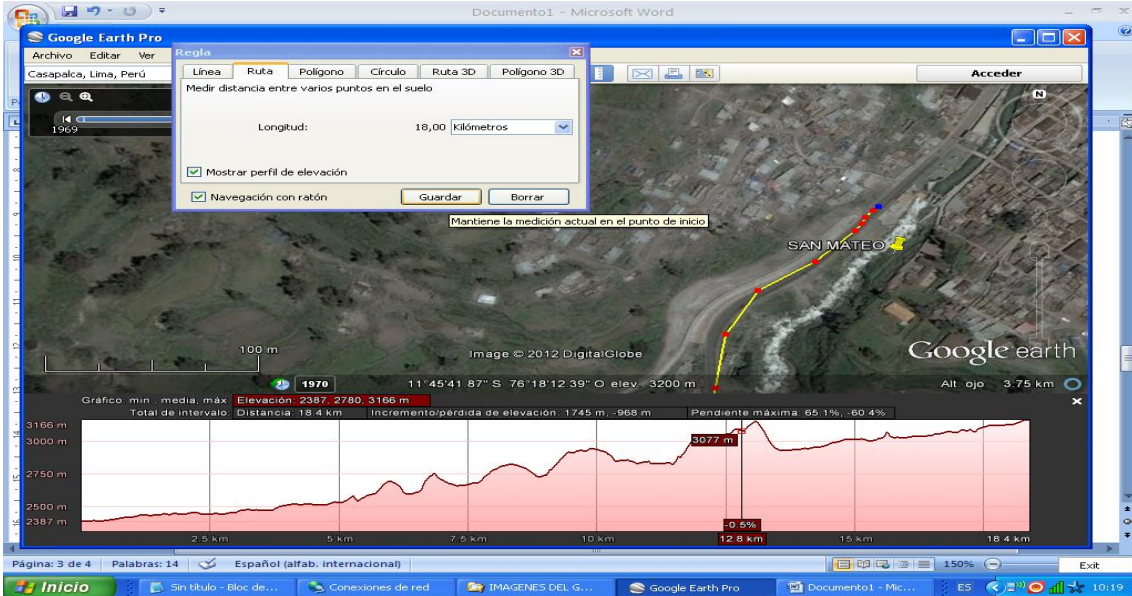
TRAMO Nº 2



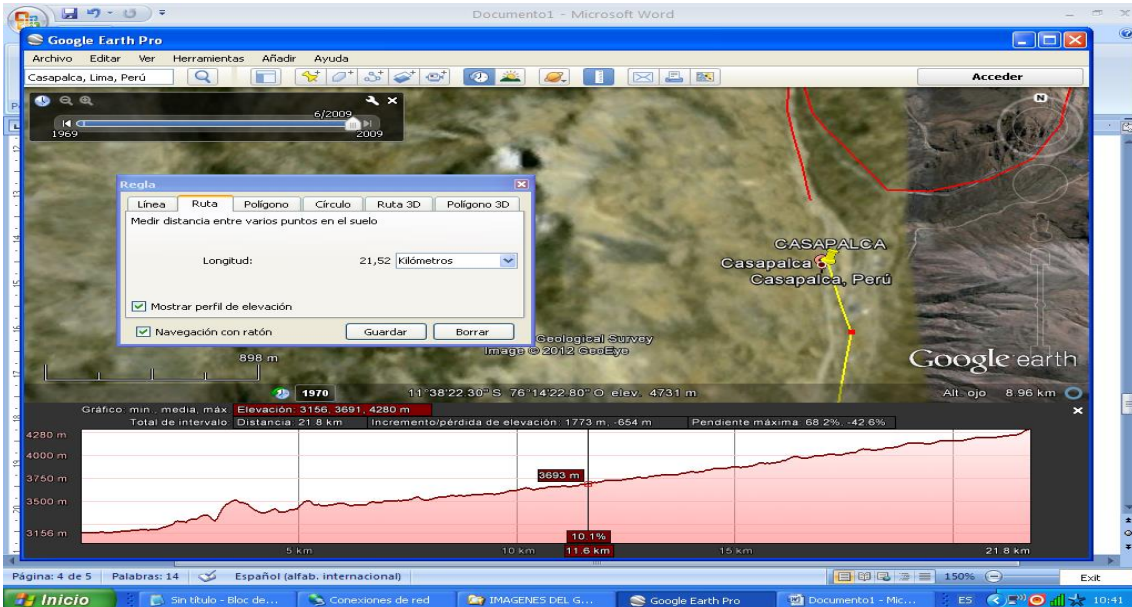
TRAMO 3



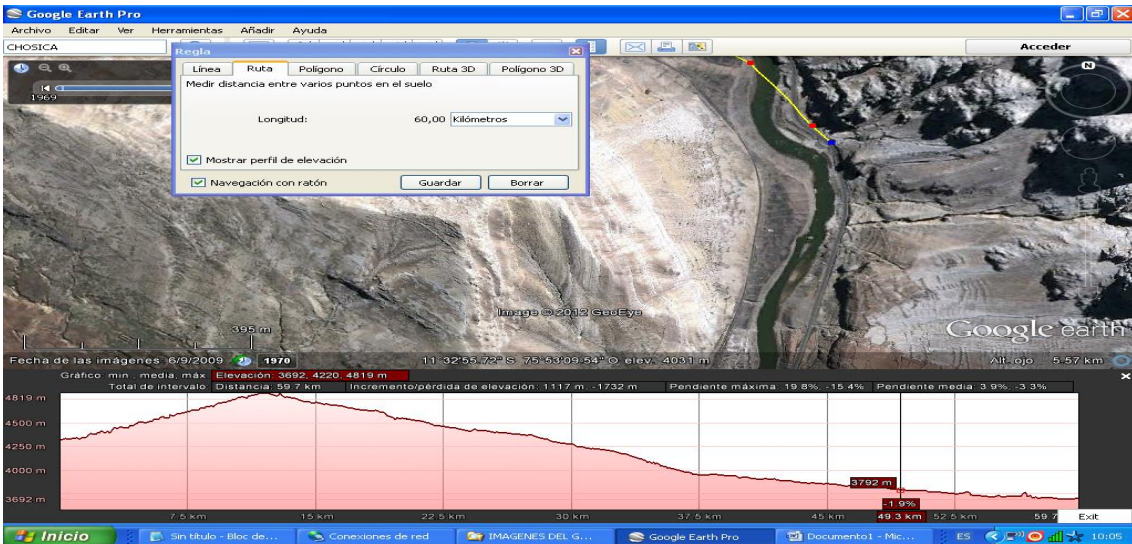
TRAMO 4



TRAMO 5

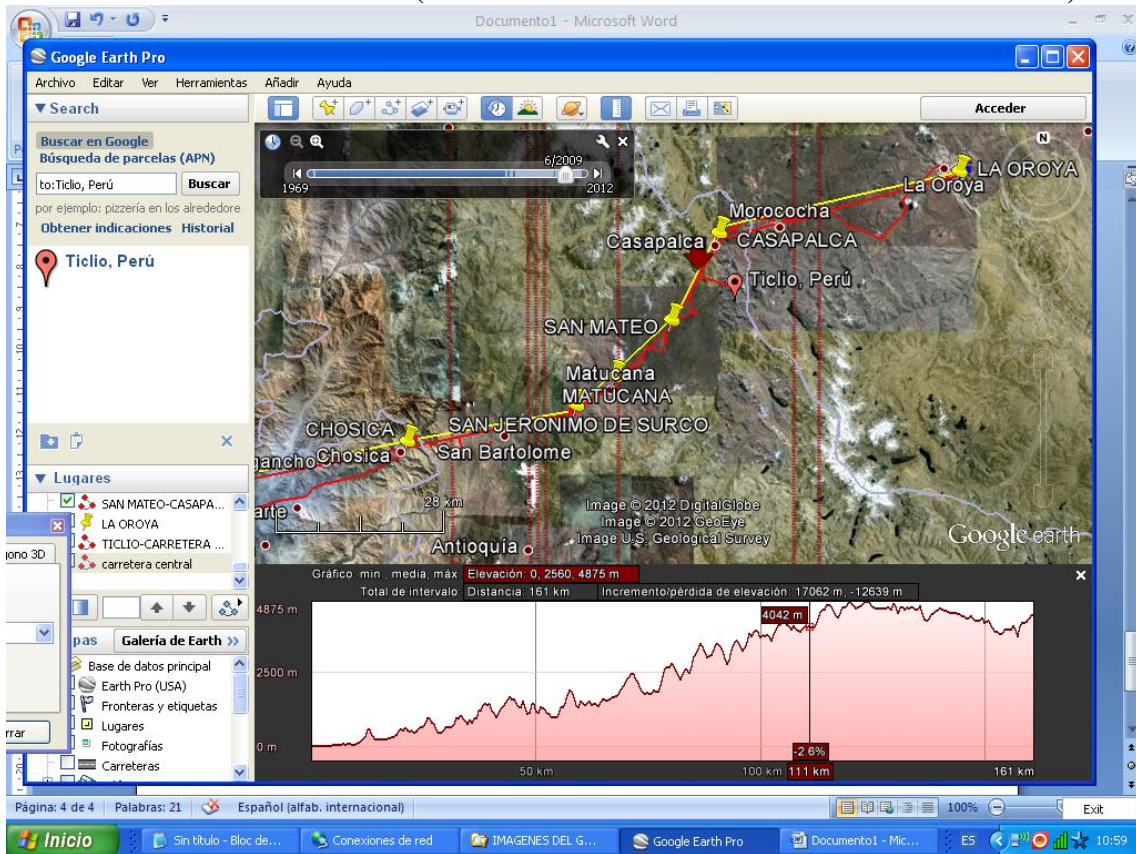


TRAMO 6

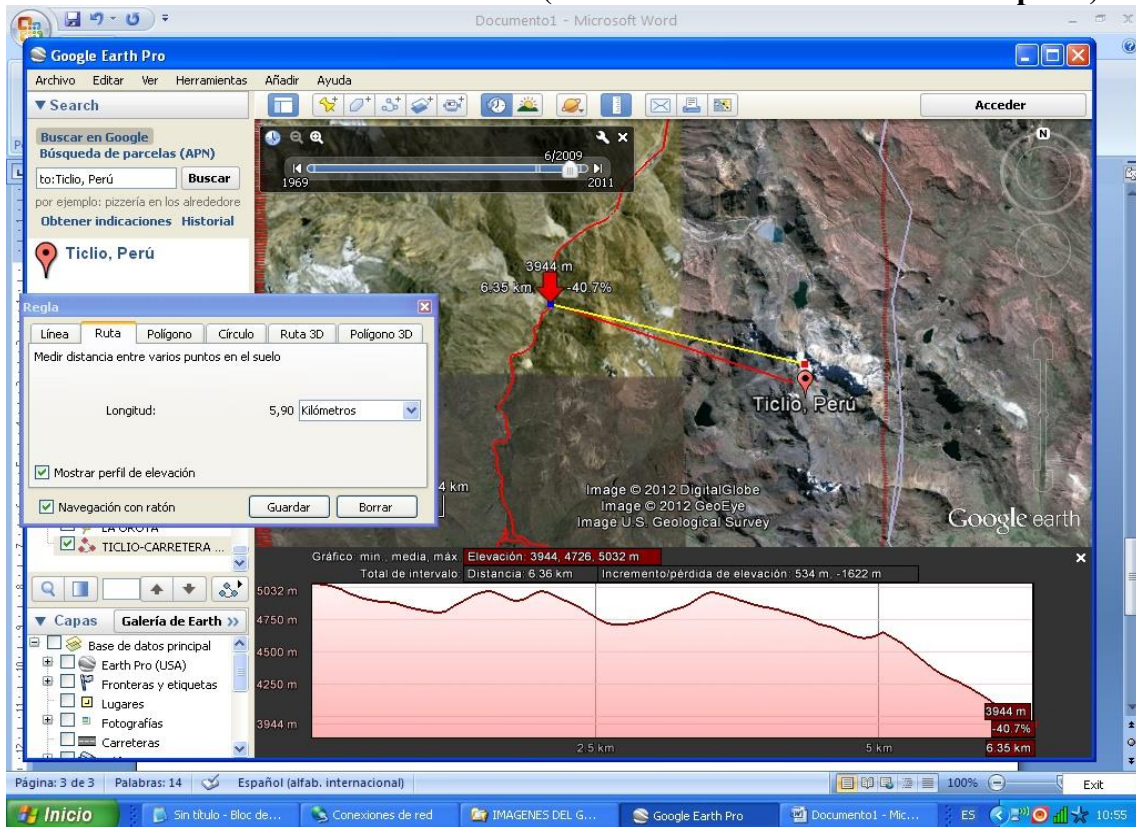


Anexo N° 13.

Toda la carretera central (con la flecha en la carretera a la altura de ticlio)



TICLIO-CARRETERA CENTRAL (dentro del tramo San Mateo-Casapalca)



CUESTIONARIO N° 2

Capacidad de previsión del financiamiento

Analizar el presupuesto municipal asignado en los tres últimos años para la ejecución de medidas de prevención y mitigación de tipo estructural y no estructural.									
Asignación de presupuesto municipal para la ejecución de medidas de prevención	SI	NO	DESCRIPCION	Monto Asignado	% ejecutado	Fuente	Beneficiarios	Responsables de ejecución	Logros alcanzados
2010									
2009									
2008									
Asignación de presupuesto municipal para la ejecución de medidas de mitigación	SI	NO	ACTIVIDAD /PROYECTO/ PROGRAMA	Monto Asignado	% ejecutado	Fuente	Beneficiarios	Responsables de ejecución	Logros alcanzados
2010									
2009									
2008									
Asignación presupuestos participativos	SI	NO	PROYECTO PRIORIZADO	Monto Asignado	% del PP total asignado	Fuente	Beneficiarios	Responsables de ejecución	Logros alcanzados
2010									
2009									
2008									

CUESTIONARIO N°3

Capacidad de organización de la sociedad civil

Analizar organización de la población para prevenir y mitigar riesgo de desastre, así como la organización para atender y dar respuesta a desastres.

ORGANIZACIÓN	SI	NO	NORMA DE APROBACION	INSTANCIA RESPONSABLE DE LA IMPLEMENTACIÓN	FECHA DE APROBACION	VIGENCIA	OBSERVACIONES
Equipo técnico del PP							
Comité ambiental distrital							
Comité técnico para prevención y atención de desastres							
Equipo técnico para implementación del PDU							
Mesas de concertación							
Brigadas de defensa civil							
Brigadas ecológicas.							
Grupo técnico de protección al medio ambiente.							
Delimitación de sectores y/o zonas para administración territorial							
Otros							

Fuente: Ministerio de Transportes y comunicaciones.