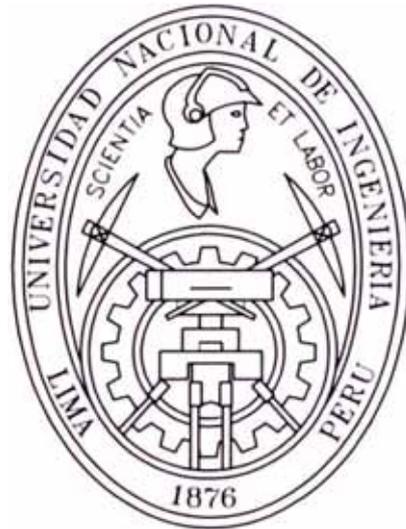


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE MULTI-CRITERIA (MCA) EN LA PLANIFICACIÓN PARA LA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN LA PARTE BAJA DEL RÍO CHILLÓN

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JESSICA CELMI CORAL

Lima – Perú

2008

ÍNDICE

RESUMEN	.....5
LISTA DE CUADROS, FIGURAS Y FOTOS	.....7
LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS	.....12
INTRODUCCIÓN	.....14

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1 Conceptos Generales	.....18
1.1.1 Fenómeno de El Niño	..... 18
1.1.1.1 Fenómeno	..... 18
1.1.1.2 Fenómeno Natural	..... 18
1.1.2 Desastre y Medidas de Mitigación	..... 22
1.1.2.1 Fases de un Desastre	..... 22
1.1.2.2 Medidas de Mitigación	..... 23
1.1.2.3 Legislación y Normas Vigentes	..... 24
1.1.3 Riesgo	..... 29
1.1.3.1 Peligro o Amenaza	..... 30
1.1.3.2 Vulnerabilidad	..... 31
1.1.4 Gestión del Riesgo para el Desarrollo	..... 32
1.1.4.1 Gestión Prospectiva	..... 32
1.1.4.2 Gestión Correctiva	..... 34
1.1.4.3 Gestión Prospectiva y Gestión Correctiva en la Reconstrucción	..... 35
1.1.5 Desarrollo Sostenible	..... 35
1.2 Estudios de Hidrología e Hidráulica	.....36
1.2.1 Proceso de Inundación	..... 36
1.2.1.1 Inundación	..... 36
1.2.1.2 Llanuras de Inundación	..... 39
1.2.1.3 Características de la Superficie del Terreno Relacionadas con Inundaciones	..... 39
1.2.2 Sistemas de Protección	..... 47
1.2.2.1 Defensas Contra Crecidas	..... 47
1.2.2.2 Bodes y Muros de Encauzamiento	..... 48
1.2.2.3 Sistema de Drenaje	..... 49

1.2.3	Análisis Hidrológico	.....50
1.2.4	Análisis Hidráulico	.....53
1.2.4.1	Flujo y Transporte	.....54
1.2.4.2	Ecuación de Energía	.....55
1.3	Planificación	.....57
1.3.1	Alcances y Objetivos de la Planificación	.....57
1.3.2	Planificación Integrada	.....59
1.3.3	Etapas de la Planificación	.....60
1.3.3.1	Proceso de Planificación en la Gestión del Riesgo de Desastres	.....61
1.3.3.2	Algunos Peligros en la Planificación	.....65
1.4	Uso de Herramientas en la Toma de Decisión	.....65
1.4.1	Análisis de Multi-criteria (MCA)	.....65
1.4.1.1	Métodos y Técnicas de un Análisis de Multi-criteria (MCA)	.....66
1.4.1.2	Proceso de un MCA	.....70
1.4.1.3	Ventajas y Desventajas de un MCA	.....78
1.4.2	Otras Herramientas	.....79
1.4.2.1	Técnicas Basadas en Criterios Monetarios	.....79

CAPITULO 2: CARACTERIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA PARTE BAJA DEL RÍO CHILLÓN ANTE UNA INUNDACIÓN

2.1	Antecedentes Históricos	.....80
2.2	Inspección de Campo	.....84

CAPITULO 3: APLICACIÓN DEL MCA - PARTE BAJA DEL CHILLÓN

3.1	Etapa I	.....94
3.1.1	Problema	.....94
3.1.2	Meta y Objetivos	.....94
3.1.3	Información Básica	.....95
3.1.3.1	Características Físicas de la Zona	.....95
3.1.3.2	Características No-físicas de la Zona	.....112

3.2	Etapa II	.....116
3.2.1	Determinar el Escenario Inicial - Mapa de Riesgo	..... 117
3.2.1.1	Evaluación de la Vulnerabilidad	.....117
3.2.1.2	Evaluación del Peligro por Inundación	..... 121
3.2.1.3	Elaboración del Mapa de Riesgo	.....133
3.2.2	Identificar las Alternativas Estratégicas	..... 141
3.2.2.1	Alternativa A	..... 141
3.2.2.2	Alternativa B	..... 142
3.2.2.3	Alternativa C	..... 143
3.2.2.4	Alternativa D	..... 144
3.2.3	Objetivos y Criterios de Evaluación	..... 146
3.3	Etapa III	..... 149
3.3.1	Proyectar y Evaluar las Alternativas Estratégicas	..... 149
3.3.2	Evaluación con la Asignación de Pesos	..... 162
3.3.3	Evaluación de la Suma Ponderada	..... 164
3.3.4	Examinar los Resultados	..... 165
3.3.5	Análisis de Sensibilidad	..... 168

CAPITULO 4: RESULTADOS

4.1	Matriz de Decisión final	.....180
4.2	Análisis de Selección	.....182
4.3	Ventajas y Desventajas de la aplicación del MCA	.....184

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES185
---------------------------------------	-----------------

BIBLIOGRAFÍA193
---------------------	-----------------

ANEXOS

Anexo A: D.S. Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres	..... 198
Anexo B: Aplicación del Análisis de Multi-criteria	..... 200
Anexo C: Censo y Catastro - Urb. San Diego	..... 206
Anexo D: Monitoreo del Río Chillón – 2004	..... 218
Anexo E: Entorno ArcView 3.2 – Script	..... 222
Anexo F: Salidas del HecRAS 3.1.1	..... 241
Anexo G: Entorno Decisión Lab 2000	..... 251
Anexo H: Planos	..... 256

RESUMEN

Este trabajo presenta la aplicación del Análisis de Multi-criterios (una herramienta para soporte de toma de decisión) en la planificación de proyectos para mitigación de desastres, enfocados para el caso de mitigación de inundaciones. Para esto se desarrolla el trabajo siguiendo el Proceso de Planificación en la Gestión del Riesgo (fase pre-desastre) que básicamente se divide en tres etapas; la primera etapa consiste en identificar el problema, definir la meta, los objetivos tentativos, y recopilar la información; la segunda etapa consiste en definir el Contexto de Decisión, esto es, determinar el Escenario Inicial (evaluar el peligro, la vulnerabilidad y el riesgo), hacer un análisis FODA, y plantear las alternativas estratégicas de solución; la tercera etapa, motivo de esta tesis, consiste en el análisis y evaluación de las alternativas estratégicas de solución aplicando el Análisis de Multi-criterios, y finalmente presentar la Matriz de Decisión Final que los planificadores pueden utilizar para elegir la posible y mejor alternativa estratégica de solución.

Zona de Estudio:

El tramo bajo del valle Chillón (Pte. Panamericana-Desembocadura) es una zona urbana que a lo largo de la historia ha sufrido las consecuencias de las inundaciones, como la inundación ocurrida en la Urb. San Diego el año 2001, donde debido a las características topográficas del lugar se generó un embalsamiento, ya que el área habitada está ubicada por debajo del lecho del río. Por esta razón y su cercanía a la ciudad se eligió esta zona de estudio, la cual está dividida en cuatro sectores.

Etapas I:

El problema identificado en la zona, es el impacto que puede generar la ocurrencia de una inundación, ya que el lugar es prácticamente urbano y por consiguiente existe un alto grado de vulnerabilidad. En la zona se encontró un alto nivel de tugurización, expansión urbana, inestabilidad del sistema de diques, un alto grado de contaminación, además de escasas áreas verdes, focos

contaminantes, y ausencia y descoordinación de los gobiernos locales; por otro lado, el estado del río se encuentra degradado en su calidad, biodiversidad y hábitat. La meta de los proyectos de mitigación de desastres es "Reducir los daños", un caso particular es "Reducir los daños por inundación en zonas urbanas"; para ello, se procede a recopilar la información básica (características físicas y no-físicas del lugar) con el fin de determinar el mapa de riesgo y sobre éste plantear las alternativas de solución.

Etapa II:

En base a la información básica, se procede a elaborar el mapa de vulnerabilidad total (V. Física y V. No-física) y el mapa de peligro, utilizando para ello el "ArcGIS 9.x", el "ArcView 3.2", el "HecRAS 3.1.1", la extensión "HECGeoRas" y dos Scripts desarrollados ("Runoff y Flood"); en base a estos dos mapas se elabora el mapa de Riesgo que representa el escenario inicial.

Se ha encontrado mayor riesgo en el sector 2 y en menor proporción en el sector 1 y 4; donde la vulnerabilidad física es crítica, sobre todo en la segunda etapa de la Urb. San Diego y en el A.H. Kuelap. El peligro se concentra en el sector 2 debido a que el río se encañona en el ex Puente Inca.

A partir del Contexto de Decisión se plantean alternativas de solución, tanto de tipo estructural como no estructural, enfocadas a reducir el riesgo existente, específicamente, reducir el grado de vulnerabilidad y adicionalmente el grado de contaminación, ya que es mucho más factible.

Etapa III:

Finalmente, de la proyección y evaluación de las alternativas dentro de un escenario inicial, y teniendo en cuenta el Contexto de Decisión, se elabora el Scorecard, un fichero de calificación o clasificación de las alternativas. El tratamiento de la calificación en el Scorecard, mediante las técnicas del MCA (Estandarización, Ponderación Global y Análisis de Sensibilidad), genera una Matriz de Solución Final, que da como mejor y posible alternativa estratégica de solución a la "Construcción y/o reforzamiento del sistema de diques".

LISTA DE CUADROS, FIGURAS Y FOTOS

CUADROS:

Cuadro N°1.1	Relación de Meganiños 1532 – 2005.	... 20
Cuadro N°1.2	Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire.	... 27
Cuadro N°1.3	Principales Peligros que ocurren en el Perú.	... 30
Cuadro N°1.4	Coeficientes de Manning para canales abiertos.	... 54
Cuadro N°1.5	Coeficientes de Velocidad.	... 55
Cuadro N°1.7	Coeficientes de contracción y expansión para flujo subcrítico.	... 56
Cuadro N°3.1	Precipitaciones máximas en 24 horas (mm).	... 100
Cuadro N°3.2	Precipitaciones de diseño para diferentes periodos de retorno (mm).	... 100
Cuadro N°3.3	Descarga mensual del Río Chillón – Estación Pte. Magdalena.	... 102
Cuadro N°3.4	Serie anual de descargas máximas en base a las descargas máximas (m ³ /s) del río Chillón - Estación Puente Magdalena.	... 102
Cuadro N°3.5	Máximos caudales, superiores a 100 m ³ /s, ocurridos en el Río Chillón - Estación Puente Magdalena.	... 103
Cuadro N°3.6	Valores de Máximas Avenidas.	... 103
Cuadro N°3.7	Cuadro de Temperaturas Anuales.	... 104
Cuadro N°3.8	Escenario de Contaminación Actual.	... 109
Cuadro N°3.9	Concentración de polvo atmosférico o contaminantes sólidos sedimentables: Noviembre y diciembre (t/km ² .mes).	... 111
Cuadro N°3.10	Concentración de polvo atmosférico y plomo por distritos: Noviembre y diciembre (t/km ² .mes).	... 111
Cuadro N°3.11	Edades de la Población.	... 113
Cuadro N°3.12	Situación Laboral (población mayor a 16 años).	... 113
Cuadro N°3.13	Distribución de los Niveles Socioeconómicos (NSE)	... 114
Cuadro N°3.14	Nivel Educativo.	... 114
Cuadro N°3.15	Organización Social.	... 115
Cuadro N°3.16	Estimación de la Vulnerabilidad Física.	... 118
Cuadro N°3.17	Estimación de la Vulnerabilidad No-Física.	... 118
Cuadro N°3.18	Estimación de la Vulnerabilidad (total).	... 119
Cuadro N°3.19	Descripción de las Zonas Críticas.	... 123
Cuadro N°3.20	Resumen de las zonas críticas por sector.	... 124
Cuadro N°3.21	Grado de Amenaza o Peligro.	... 125
Cuadro N°3.22	Área inundada y Volumen de agua por sector.	... 127
Cuadro N°3.23	Volumen de agua y volumen del Hidrograma (Tr = 100 años)	... 128

Cuadro N°3.24 Hidrograma - 2003.	131
Cuadro N°3.25 Volumen de agua y volumen del Hidrograma (2003)	132
Cuadro N°3.26 Estimación del Riesgo.	133
Cuadro N°3.27aEscenario Inicial – Riesgo Alto y Muy Alto	134
Cuadro N°3.27bEscenario Inicial – Impacto esperado (Tr = 100 años)	134
Cuadro N°3.28 “Scordcard” – Fichero de Calificación o Clasificación.	148
Cuadro N°3.29aProyección de la Alternativa A.	150
Cuadro N°3.29bAlternativa A – Riesgo Alto y Muy Alto.	151
Cuadro N°3.29cAlternativa A – Impacto esperado.	151
Cuadro N°3.30aProyección de la Alternativa B.	153
Cuadro N°3.30bAlternativa B – Riesgo Alto y Muy Alto.	154
Cuadro N°3.30cAlternativa B – Impacto esperado.	154
Cuadro N°3.31aProyección de la Alternativa C.	155
Cuadro N°3.31bAlternativa C – Riesgo Alto y Muy Alto.	156
Cuadro N°3.31cAlternativa C – Impacto esperado.	156
Cuadro N°3.32aProyección de la Alternativa D.	158
Cuadro N°3.32bAlternativa D – Riesgo Alto y Muy Alto.	159
Cuadro N°3.32cAlternativa D – Impacto esperado.	159
Cuadro N°3.33 Fichero de Calificación o Clasificación Simple.	160
Cuadro N°3.34 Fichero de Calificación o Clasificación Estandarizada.	162
Cuadro N°3.35 Pesos asignados – Análisis 1.	163
Cuadro N°3.36 Fichero de Calificación Ponderada – Análisis 1	164
Cuadro N°3.37 Pesos asignados – Análisis 2.	168
Cuadro N°3.38 Fichero de Calificación Ponderada – Análisis 2	169
Cuadro N°3.39 Pesos asignados – Análisis 3.	170
Cuadro N°3.40 Fichero de Calificación Ponderada – Análisis 3	171
Cuadro N°3.41 Pesos asignados – Análisis 4.	172
Cuadro N°3.42 Fichero de Calificación Ponderada – Análisis 4	173
Cuadro N°3.43 Asignación de pesos por Alternativa	177
Cuadro N°4.1 Matriz de Decisión Final – Análisis 1	180
Cuadro N°4.2 Matriz de Decisión Final – Análisis 2	180
Cuadro N°4.3 Matriz de Decisión Final – Análisis 3	181
Cuadro N°4.4 Matriz de Decisión Final – Análisis 4	181

FIGURAS:

Figura N°1.1 Medidas de Mitigación en todas las Fases de un Desastre.	23
Figura N°1.2 Esquema del Desarrollo Sostenible – Agenda 21.	36
Figura N°1.3 Esquema de Inundación.	37

Figura N°1.4	Esquema de la formación de las llanuras de inundación.	..... 41
Figura N°1.5	Hidrógrafos de inundaciones mostrando los efectos de la urbanización.	..... 45
Figura N°1.6	Corte transversal diagramático de un río, mostrando la relación entre niveles de inundación y llanuras de inundación.	..... 46
Figura N°1.7	Sistema de Protección con Tabla Estaca.	..... 49
Figura N°1.8	Proceso de Planificación en la Gestión de los Desastres (Nivel pre- desastre).	... 61
Figura N°1.9	Proceso de un Análisis de Multi-criterios.	... 71
Figura N°1.10	Factores condicionantes del DS (Desarrollo Sostenible)	..... 72
Figura N°1.11	Beneficios vs. Costos.	..... 77
Figura N°3.1	Cuenca del Río Chillón.	... 95
Figura N°3.2	Perfil Longitudinal del Río Chillón.	... 96
Figura N°3.3	Red Hidrometeorológica de la Cuenca del Río Chillón	... 99
Figura N°3.4	Precipitación en la cuenca Chillón – Estación Pluviométrica Lachaqui.	..... 100
Figura N°3.5	Hidrograma 2005-2006 - Estación Obrajillo.	..... 101
Figura N°3.6	Serie anual de descargas máximas.	..... 103
Figura N°3.7	Crecimiento de la Población Total de Lima Metropolitana.	..... 112
Figura N°3.8	Área afectada por inundación - Sector 1 (Tr = 100 años)	..... 125
Figura N°3.9	Área afectada por inundación - Sector 2 (Tr = 100 años)	..... 126
Figura N°3.10	Área afectada por inundación - Sector 3 (Tr = 100 años)	..... 126
Figura N°3.11	Área afectada por inundación - Sector 4 (Tr = 100 años)	..... 127
Figura N°3.12	Hidrograma generado (T=100)	... 128
Figura N°3.13	Área afectada por escurrimiento – Grado medio	... 130
Figura N°3.14	Área afectada por inundación - Año normal	... 130
Figura N°3.15	Hidrograma generado – 2003.	..... 132
Figura N°3.16	Ordenamiento de las Alternativas con respecto a la Meta – Análisis 1.	..... 165
Figura N°3.17	Costos vs. Efectividad – Análisis 1	..... 166
Figura N°3.18	Ordenamiento de las Alternativas con respecto a los Objetivos – Análisis 1.	..... 167
Figura N°3.19	Ordenamiento de las Alternativas con respecto a la meta por Análisis.	..... 174
Figura N°3.20	Ordenamiento con respecto al Objetivo 1 por Análisis	..... 175
Figura N°3.21	Ordenamiento con respecto al Objetivo 2 por Análisis	..... 175
Figura N°3.22	Ordenamiento con respecto al Objetivo 3 por Análisis	..... 175
Figura N°3.23	Ordenamiento con respecto al Objetivo 4 por Análisis	..... 176

Figura N°3.24	Ordenamiento con respecto al Objetivo 5 por Análisis	.....	176
Figura N°3.25	Sensibilidad de las alternativas en función a los criterios	.....	178
Figura N°3.26	Sensibilidad de las alternativas en función a los objetivos	.....	179

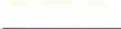
FOTOS:

Foto N°1.1	Inundación en el Norte del Perú, Piura - 1998.	.....	21
Foto N°1.2	Inundación en el Norte del Perú, Piura – 1998.	.....	21
Foto N°1.3	Inundación en Chosica - Lima, 1998.	.....	38
Foto N°1.4	Muro de gavión con malla electrosoldada – Huanuco.	.....	48
Foto N°1.5	Muro de gavión con malla electrosoldada – Tingo Maria.	.....	48
Foto N°1.6	Sistema de encauzamiento y protección con Geotubos.	.....	49
Foto N°1.7	Sistema de Protección con Geoceldas.	.....	50
Foto N°2.1	Inundación ocurrida en San Diego, 2001.	.....	83
Foto N°2.2	Inundación ocurrida en San Diego, 2001.	.....	83
Foto N°2.3	Desembocadura del Río Chillón, 2006.	.....	84
Foto N°2.4	Expansión urbana en la margen derecha del Río Chillón, 2006	.....	85
Foto N°2.5	Foco contaminante, Callao.	.....	86
Foto N°2.6	Foco contaminante, Callao.	.....	87
Foto N°2.7	Foco infeccioso debido a un relleno sanitario, Ventanilla.	.....	87
Foto N°2.8	Contaminación en los distritos de Ventanilla y Callao.	.....	88
Foto N°2.9	Sector entre el Pte. Inca y Pte. Gambeta.	.....	88
Foto N°2.10	Expansión urbana margen izquierda – San Martín de Porres, 2006.	.....	89
Foto N°2.11	Expansión urbana margen derecha – Puente Piedra, 2006.	.....	90
Foto N°2.12	Expansión urbana margen derecha – Puente Piedra, Enero del 2005.	.....	91
Foto N°2.13	Expansión urbana margen derecha – Puente Piedra, Abril del 2007.	.....	91
Foto N°2.14	Expansión urbana – Los Olivos y Puente Piedra, 2006.	.....	92
Foto N°2.15	Expansión urbana – Los Olivos y Puente Piedra, 2006.	.....	93
Foto N°2.16	A.H. Fortaleza de Kuelap – Puente Piedra, 2007.	.....	93
Foto N°3.1	Restos Arqueológicos "Puente Piedra" – Puente Piedra	.....	107
Foto N°3.2	Restos Arqueológicos "Media Luna" - Puente Piedra	.....	107
Foto N°3.3	Contaminación en los distritos de Ventanilla y Callao.	.....	108
Foto N°3.4	Contaminación en los distritos de Puente Piedra y San Martín.	.....	109
Foto N°3.5	Puente La Ensenada - Distritos de Puente Piedra y Los Olivos.	.....	110
Foto N°3.6	Distritos de Los Olivos y Puente Piedra, diciembre 2006.	.....	110
Foto N°3.7	Puente peatonal de madera, diciembre del 2006.	.....	115

Foto N°3.8	Sector 1 – A.H. Fortaleza Kuelap, Diciembre del 2006.	..... 136
Foto N°3.9	Sector 2 – Urb. San Diego, Abril de 2007.	.....137
Foto N°3.10	Sector 3 – Zona de expansión urbana, Febrero de 2007.	.....138
Foto N°3.11	Sector 4 - Desembocadura del Río Chillón, 2006.	.....139

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

SÍMBOLOS:

$ACT_{K,J}$	: Calificación actual
$Best_{K,J}$, $Worst_{K,J}$	: Mejor y peor calificación
J	: Criterio
K	: Alternativa
N	: Número de estrategias alternativas
$STD_{K,J}$	: Estandarizado
Tr	: Periodo de retorno
V_a	: Vulnerabilidad de acuerdo al nivel de acceso
V_{ae}	: Vulnerabilidad ambiental y ecológica
V_{ct}	: Vulnerabilidad científica y tecnológica
V_{edc}	: Vulnerabilidad educativa y cultural
V_f	: Volumen de agua almacenado por sector (inundado).
V_H	: Volumen calculado del Hidrograma, de la mayor honda de flujo registrado.
V_{pa}	: Vulnerabilidad política y administrativa
V_{se}	: Vulnerabilidad socio-económica
V_t	: Vulnerabilidad de acuerdo al grado de exposición
V_1	: Vulnerabilidad de acuerdo a la fragilidad de las viviendas
V_2	: Vulnerabilidad de acuerdo a la población expuesta
%V	: Porcentaje del volumen de agua almacenado en el sector, con respecto al volumen total calculado del Hidrograma (V_H).
	: Zonas críticas
	: Puente
	: Torres de alta tensión
	: Centros educativos
	: Iglesia o centro religioso
	: Centros de salud
	: Mercados
	: Centros municipales o policiales
	: Focos infecciosos
	: Límite entre distritos
	: Río Chillón
	: Límite de catastro
	: Vías secundarias

- : Vías principales
- : Catastro
- : Parques / áreas verdes

SIGLAS:

- CISMID : Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
- CPG : Calificación Ponderada Global
- DGPM : Dirección General de Programación Multianual
- DIGESA : Dirección General de Salud Ambiental
- DINAPRE : Dirección Nacional de Prevención
- DS : Desarrollo Sostenible
- EDEGEL : Empresa de Generación Eléctrica de Lima S.A.
- FEN : Fenómeno de El Niño
- FODA : Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas
- GIS : *Geographic Information System*, traducido como Sistema de Información Geográfico
- GTZ : Sociedad Alemana para la Cooperación Técnica
- IF : Ingreso familiar
- IMEFEN : Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno de El Niño
- INDECI : Instituto Nacional de Defensa Civil
- INEI : Instituto Nacional de Estadística e Informática
- NSE : Nivel socioeconómico
- MCA : *Multi-Criteria Analysis*, traducido como Análisis de Multi-criterios
- PEST : Político, económico, social y tecnológico
- PNPAD : Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres
- SAT : Sistema de Alerta Temprana
- SINADECI : Sistema Nacional de Defensa Civil
- SNGA : Sistema Nacional de Gestión Ambiental
- VA : Vulnerabilidad Alta
- VB : Vulnerabilidad Baja
- VF : Vulnerabilidad Física
- VM : Vulnerabilidad Media
- VMA : Vulnerabilidad Muy Alta
- VNF : Vulnerabilidad No-física
- VT : Vulnerabilidad Total

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Georg Wilhelm Friedrich Hegel, filósofo alemán, cita: "*La historia nos enseña que no aprendemos de ella*"; la situación actual del país puede dar cuenta de ello. El Perú está tipificado como un país con alta exposición a fenómenos naturales con potencial destructivo¹. Sólo el Fenómeno El Niño (FEN) 97-98 ocasionó daños por un valor total de alrededor de 3.500 millones de dólares que representaban algo más que el 4.5% del Producto Bruto Interno (PBI) del año 1997; asimismo, sólo los costos indirectos para obras de mitigación y prevención fueron de unos 215 millones de dólares, que se hubieran podido invertir en nuevos programas de desarrollo. Pero no sólo se tuvieron pérdidas económicas, sino también, pérdida de vidas humanas irreparables, que se incrementaron progresivamente con la aparición de enfermedades y plagas por el agua estancada y contaminada.

Los desastres son consecuencia de un desarrollo insostenible, originado básicamente por la incapacidad del hombre de asumir su rol en la Tierra. El hombre aún no entiende que la naturaleza es un elemento más como lo es él en el sistema Tierra; debe comprender que hombre y naturaleza deben interactuar y convivir en armonía, de lo contrario el sistema en busca de su equilibrio lo perjudicará. Penosamente, los factores que explican el aumento dramático de los eventos de desastres y las pérdidas económicas incluyen la urbanización rápida y pobremente controlada (en Latino América y el Caribe (LAC), la población es 76 por ciento urbana²), la creciente construcción de infraestructura municipal y productiva en zonas propensas a peligros naturales, la ocurrencia del Fenómeno El Niño, variaciones climáticas y degradación ambiental que lleva a la pérdida de servicios ecológicos (como aquellos proporcionados por bosques que protegen contra eventos de peligros naturales, falta de planificación y desconocimiento de la gestión integrada de cuencas).

1 Tyndall Centre, Inglaterra. Citado en: Diagnóstico de los elementos normativos e institucionales con relación a la gestión de riesgos en el Perú. Castro Pozo. Marzo 2004. CMRD.

2 Banco Mundial, 2003. Honduras At. A. Giance

Ya en 1978, la Dirección General de Aguas y Suelo del entonces Ministerio de Agricultura y Alimentación del Perú, a través del Boletín Técnico N°11 “*Principios para Elaborar un Plan de Protección de Cuencas*”, discutía el concepto: “*Gestión Integrada de una Cuenca*”, así como quiénes son los profesionales responsables para llevar a cabo esta tarea; al parecer, no se ha puesto en práctica correctamente. La gestión (manejo con fines de aprovechamiento y protección) de una cuenca involucra el aprovechamiento de los recursos (agua, suelo, bosques, tecnológico, recurso humano, etc.), y la protección de los mismos. La responsabilidad de realizar correctamente una gestión es de los gobiernos locales, las entidades públicas y privadas, los profesionales, y la misma población asentada en la zona. Por ese motivo quien ejecuta acciones de manejo de cuencas debe conocer como interaccionan dichos usos, como aprovecharlos y como protegerlos para conservarlos. La Gestión Integrada de una Cuenca abarca dos acciones principales: El “**aprovechamiento**”, implica la formulación de proyectos para usar los recursos y; la “**protección**”, implica proyectos de control de erosión, inundaciones, control de torrentes y otros tales como proteger el medio ambiente y los servicios ecológicos. El buen aprovechamiento combinado con una efectiva protección resulta en una buena conservación y uso sostenido de los recursos, como consecuencia un desarrollo sostenible.

La Comunidad Internacional al respecto ha manifestado su preocupación por el manejo de desastres, es así que, el Decenio Internacional para la Reducción de Desastres (Naciones Unidas, 1990-1999), impulsó un nuevo enfoque de desarrollo y priorización de la reducción de vulnerabilidades asociadas a peligros naturales. La Estrategia de Yokohama¹ plantea que la prevención, mitigación, preparación y recuperación de desastres son cuatro elementos que contribuyen y se benefician de la aplicación de políticas de desarrollo sostenible. El mandato de Ginebra (1999) establece la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres: toma de conciencia política, la conformación de redes regionales y la investigación científica. Por otro lado, el Marco de Acción de Hyogo 2005-2015 formulado en la Conferencia Mundial de Reducción de Desastres (CMRD) realizada en Kobe - Japón, en enero del 2005, propone los siguientes objetivos estratégicos:

¹ Primera Conferencia Mundial sobre Reducción de Desastres Naturales, 1994, Yokohama.

- a. La integración más efectiva de la consideración de los riesgos de desastres en las políticas, los planes y los programas de desarrollo sostenible a todo nivel.
- b. La creación y fortalecimiento de instituciones, mecanismos y medios a todo nivel, en particular a nivel de comunidad, que puedan contribuir de manera sistemática a aumentar la resiliencia.
- c. En la fase de reconstrucción de las comunidades damnificadas, la incorporación sistemática de criterios de reducción de riesgos en los programas de recuperación.

Poco se ha hecho a nivel nacional y mundial de lo que se ha venido discutiendo; es evidente que aún no se es conciente de la realidad que se viene viviendo desde hace varias décadas, lo que conduce a la Tierra a la autodestrucción.

La falta de planificación que incluya aspectos de reducción de desastres y conflictos en el proceso de toma de decisión, son causas de la inestabilidad de la sociedad con su medioambiente. Actualmente, no se toman decisiones integradas, lo que ha propiciado una crisis generalizada del agua: conflictos entre naciones, contaminación del agua subterránea, residuos industriales y desechos humanos arrojados al río. Varios países en el mundo han sufrido las consecuencias de una serie de desastres producto de las inundaciones, las sequías, los sismos, tormentas; así como desastres que atacan directamente a la salud del hombre, como las plagas, epidemias, y que muchas veces son generadas por el mismo hombre.

El Análisis de Multi-Criteria, *MCA* por sus siglas en inglés, es una herramienta de toma de decisión, permite evaluar alternativas estratégicas durante el proceso de planificación, considera parámetros cuantitativos y cualitativos, lo que la hace una herramienta acorde a los intereses de los últimos años en pro de un desarrollo sostenible. El *MCA* es dinámico y permite integrar muchas especialidades, tomando en cuenta intereses políticos, económicos, sociales, ambientales, administrativos y tecnológicos, y otros como culturales.

Este trabajo sintetiza y desarrolla, en el capítulo 1, los temas relacionados con el proceso de Planificación en la Gestión del Riesgo de Desastres (etapa pre-desastre) y la aplicación del MCA durante su desarrollo. El área de estudio es la parte baja del valle Chillón, zona urbana y propensa a inundaciones, donde se ha realizado una inspección de campo que se describe en el capítulo 2. El desarrollo de la Planificación se encuentra en el capítulo 3, y comprende: definición de la meta y los objetivos tentativos, determinación del escenario inicial a través de la evaluación del riesgo y elaboración de un contexto de decisión; luego, el planteamiento de alternativas estratégicas de solución que apunten a reducir el riesgo encontrado y definir los objetivos y criterios de evaluación; y finalmente, evaluación de la performance de las alternativas estratégicas a través del Análisis de Multi-criterios (MCA), para así, tener un soporte para la toma de decisión. Finalmente, en el capítulo 4 se presenta la Matriz de Solución Final del Análisis de Multi-criterios y la alternativa seleccionada de acuerdo al análisis realizado.

Objetivos

El presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

Objetivos generales

- Evaluar las medidas de mitigación y prevención de inundaciones en el tramo bajo del río Chillón mediante la técnica del Análisis de Multi-criterios (MCA).
- Contribuir con los conceptos relacionados a la gestión del riesgo.

Objetivos específicos

- Seleccionar la mejor alternativa para la mitigación y prevención de inundaciones en el tramo bajo del río Chillón, mediante la aplicación del Análisis de Multi-criterios (MCA).
- Mostrar la aplicación de la técnica del Análisis Multi-criterios (MCA) en la elaboración de un plan de mitigación de inundaciones.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1 Conceptos Generales

La debilidad del hombre ante el desarrollo de la naturaleza que se manifiesta con los desastres provocados por los fenómenos naturales, tiene sus raíces en las estructuras materiales y mentales; y la historia lo demuestra. A lo largo del tiempo los fundamentos del conocimiento han ido mejorando, pero a la vez, son mal utilizados. “Una investigación real es aquella que es hecha por y para la sociedad, y realmente termina cuando ésta es aplicada”; para ello, es importante la claridad de los conceptos y ser conciente de ellos. El desarrollo de la tecnología y la globalización proporcionan actualmente abundante información al alcance de todos; pero no es siempre utilizada de manera correcta, no se sabe digerirla y aplicarla, llegando a ser más bien un problema y no un beneficio en pleno siglo XXI.

A continuación, se describe algunos conceptos generales que ayudarán a entender la problemática actual del hombre en su hábitat. Así también, conceptos relacionados con la gestión de los desastres.

1.1.1 El Fenómeno de El Niño

Muchos confunden la ocurrencia del Fenómeno de El Niño como un desastre para el cual hay que estar preparado; por ello, es importante entender los siguientes conceptos y finalmente reconocer que la mayor parte de los desastres ocurridos se debe a la ignorancia e inconciencia del hombre.

1.1.1.1. Fenómeno.- es toda apariencia o manifestación, tanto del mundo material como del mundo espiritual.

1.1.1.2. Fenómeno Natural.- es una manifestación de la naturaleza, así como un fenómeno climático es una manifestación del clima, el calor del sol, el rocío, la garúa, el aguacero, los diluvios, las lluvias, las tormentas, los huracanas, los tornados, los mares, las olas, los movimientos sísmicos, y todo aquello,

beneficioso o perjudicial que encontramos como expresión del dinamismo del mundo en que vivimos. Por lo tanto, los fenómenos naturales no son estrictamente hablando buenos o malos, son expresiones de la naturaleza y caracteriza al mundo natural y a los cambios permanentes que se vive en nuestro planeta. Por sus características existen dos tipos de fenómenos:

- **Fenómeno Natural Normal:** Tienen un periodo, siguen un ciclo y con manifestaciones similares, Ej. el verano, el invierno, las mareas, las fases lunares.
- **Fenómeno Natural Extraordinario:** No tiene periodo, es esporádico y de magnitud variable, se le estudia estadísticamente. Es preciso aclarar que es relativo al tiempo y al lugar (Ej. Precipitación anual de 2000mm en Lambayeque es extraordinario, mientras que en la selva esto es normal). Tal sería el caso del Fenómeno de El Niño.

El Fenómeno de El Niño (FEN) es una complejidad meteorológica-oceanográfica, se manifiesta con un calentamiento del agua del océano a gran distancia de las costas de América del Sur, debido a la oscilación de la corriente del Pacífico del Sur, presenta fuertes lluvias en la región costera de Perú y Chile y la reducción de lluvia en África Ecuatorial y Australia; sumado a otros factores, produce alta evaporación desde la superficie del mar, lo que origina fuertes e inusitadas lluvias que a su vez generan un notable aumento de los caudales de los ríos de la costa norte peruana. Su presencia es estocástica, es decir, se presenta al azar, y está asociada a una magnitud, esto es, a sus características intrínsecas, independientemente del efecto o impacto que cause; la intensidad dependerá de cuan preparados estemos, es decir de la vulnerabilidad de cada lugar y de cada momento.

El Cuadro N°1.1 Relación de Meganiños 1531-2005, presenta la relación de Meganiños ocurridos y registrados en el Perú, según la investigación realizada por el Dr. Rocha; la frecuencia de ocurrencia de los Meganiños es estocástica, pero en base a la información registrada se ha podido determinar un periodo de ocurrencia referencial e igual a 50 años, el cual puede ser utilizado en los proyectos de desarrollo y prevención de desastres.

Cuadro N°1.1
Relación de Meganiños 1532 - 2005

Año	Intervalo	Daño
1578	142	Fuertes lluvias en Lambayeque durante 40 días. Desborde de ríos. Copiosas lluvias en Ferreñafe, Túcume, Íllimo, Pacora, Jayanca, Cinto, Chiclayo, Chicama, Chocope, Trujillo y Zaña. Destrucción de canales. Epidemias. Gran daño a la agricultura. Plaga de langostas.
1720	8	Destrucción de Zaña. Copiosas lluvias en Trujillo, Piura y Paita. Desborde de ríos. Enormes daños económicos a la agricultura, especialmente en Lambayeque.
1728	63	Lluvias en Piura (hubo relámpagos y truenos), Paita, Zaña (12 días de lluvias), Chocope, Trujillo (40 días de lluvias continuas, corrieron ríos de agua por las calles). Desborde de río. Reubicación de Sechura. Ruina económica de la agricultura, especialmente en Lambayeque.
1791	37	Fuertes lluvias en Piura, Paita, Lambayeque y Chiclayo y en otros lugares de la costa norte. Daños a la agricultura en Lambayeque.
1828	50	Importantes lluvias entre Trujillo y Piura (14 días). Tempestades. Desbordes de ríos. Formación de un río en Sechura.
1878	13	Fuertes lluvias en la costa norte. Grandes daños en el departamento de Lambayeque.
1891	34	2000 muertos, 50 000 damnificados. Torrenciales lluvias en toda la costa norte. En Piura, Trujillo y Chiclayo llovió 2 meses. Chimbote, Casma y Supe quedaron en ruinas. Desbordes del río Rimac.
1925	58	Fortísimas lluvias en todo el norte. Desborde de ríos. Aumento de la temperatura del mar y del ambiente. Lluvias hasta Pisco. Grandes daños económicos.
1983	15	Fuertes y largas precipitaciones en toda la costa norte. Llovió durante 7 meses en Piura y tumbes. (2 500 mm en Piura). Interrupción de carreteras. Fuertes pérdidas en la pesquería. Caída importante en el PBI.
1998	¿?	Grandes lluvias en todo el norte. Fuertes descargas de los ríos. Cuantiosas pérdidas. Cayeron 58 puentes. Plaga de langostas. Grandes pérdidas económicas.
Intervalo promedio	46.7 años	

Fuente: Arturo Rocha, "Fenómeno de El Niño", Enero 2006.

Foto N°1.1

Inundación en el norte del Perú, Piura 1998



Fuente: SENAMHI, 2006

Foto N°1.2

Inundación en el norte del Perú, Piura - 1998



Fuente: Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES, 2006

1.1.2 Desastre y Medidas de Mitigación

Un desastre es una situación o proceso que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, causa alteraciones intensas en las condiciones normales de funcionamiento de la comunidad, representada por la pérdida de la vida y salud de la población, y la destrucción o pérdida de bienes colectivos y daños severos en el ambiente; muchas veces éstos daños exceden la capacidad de recuperación, requiriendo de una respuesta inmediata de las autoridades y de la población.

“Una de las características de los desastres es que casi siempre se le trata como una emergencia, como algo extraordinario y transitorio, que no ha ocurrido nunca y que lo más probable es que no vuelva a repetirse; grave error por el que hemos tenido que pagar un precio muy alto”. (A. Rocha, “Fenómeno de El Niño”, Enero 2006.)

El desastre ocurre como consecuencia del impacto de un **peligro-amenaza** sobre una unidad social con determinadas condiciones de **vulnerabilidad**. Los desastres pueden ocurrir por causas asociadas a **peligros naturales** que pueden ser agravadas por otras de origen **antropogénico**, es decir, causas creadas por el ser humano en su intervención sobre la naturaleza para generar desarrollo (sobre pastoreo, deforestación, alteración de los lechos fluviales, agricultura no tecnificada en laderas, expansión urbana e infraestructura desordenadas, inadecuada utilización del espacio y otros).

1.1.2.1. Fases de un Desastre

La ocurrencia de un desastre es cíclico, y presenta tres fases: pre-desastre, durante el desastre y post-desastre.

- **Pre-desastre**, periodo *antes* de la ocurrencia de un desastre, y donde se debe trabajar la prevención a través de la estimación del riesgo y la reducción del riesgo.

- **Durante el desastre**, periodo *durante* la ocurrencia de la misma, incluye la atención propiamente dicha y la rehabilitación.
- **Post-desastre**, periodo *después* de la ocurrencia de un desastre, se recoge información para un trabajo de prevención futuro. En esta fase también se realizan trabajos de reconstrucción de las zonas afectadas.

Figura N°1.1

Medidas de Mitigación en todas las Fases de un Desastre



Fuente: Elaboración propia, en base a la bibliografía revisada.

1.1.2.2. Medidas de Mitigación

La mitigación es una intervención, una medida o una acción destinada a modificar determinada circunstancia, promueve una mejor organización y percepción de los peligros naturales por la comunidad. Se basa en la idea que el impacto de un desastre puede ser reducido cuando su ocurrencia ha sido prevista. Las medidas de mitigación buscan quebrar el ciclo de destrucción innecesaria que ocurre cuando en la etapa de reconstrucción se repiten patrones de asentamiento y construcción erróneos. Después de un desastre se crea una oportunidad única para reconstruir de forma tal de prevenir o disminuir futuros desastres; mitigar es reducir el impacto provocado por un desastre, mientras que prevenir es evitar el mismo. Cada lugar requiere de un análisis específico de los potenciales peligros, vulnerabilidades y capacidades para proponer medidas de

mitigación; un ejemplo es el estudio en la zona de San Diego o la parte baja del valle Chillón, una zona urbana más que agrícola. Existen dos tipos de Medidas de Mitigación:

- a. **Medidas Estructurales de Mitigación.**-Son medidas que apuntan a reforzar, mejorar y reparar la parte física de la zona que fue o puede ser afectada por un determinado desastre. Algunos ejemplos:
 - Construcción de instalaciones y obras de protección
 - Implementación de medidas de seguridad.
 - Inclusión de estándares de diseño y/o material para estructuras nuevas.
 - Reforzamiento de estructuras existentes.

- b. **Medidas No-Estructurales de Mitigación.**-Son medidas que apuntan directamente a reforzar, mejorar y reparar la parte no-física de la zona que puede ser afectada por un determinado desastre. Tiene que ver con las leyes, la organización, la parte administrativa, la conciencia, conocimiento y educación con referente a la forma de afrontar los desastres. Algunos ejemplos:
 - Limitar el uso de los terrenos.
 - Implementación de incentivos tributarios.
 - Implementación de un sistema de normas urbanas.
 - Capacitación para afrontar los desastres.

1.1.2.3. Legislación y Normas Vigentes

- a. **Ley 19338 – Sistema de Defensa Civil.**- A través de esta ley, se crea el Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI), como parte integrante de la Defensa Nacional, con la finalidad de proteger a la población, teniendo en cuenta que la defensa civil se planifica y se ejecuta en **época de paz**, debe contar con una estructura básica capaz de adaptarse a las diversas soluciones, en forma concreta en cualquier caso. Son objetivos del Sistema Nacional de Defensa Civil:
 - Prevenir daños, evitándolos o disminuyendo su magnitud.

- Proporcionar ayuda y encauzar a la población para superar las circunstancias del desastre o calamidad.
- Asegurar la rehabilitación de la población afectada en caso de desastres o calamidades de toda índole, cualquiera sea su origen.
- Concienciar a la población en el rol de la Defensa Civil y su participación en ella; y asegurar, además, en cualquier caso, las condiciones que permitan el desenvolvimiento interrumpido de las actividades del país

El SINADECI está constituido jerárquicamente por:

- El Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI.
- Las Direcciones Regionales de Defensa Civil.
- Los Comités Regionales, Sub-Regionales, Provinciales y Distritales de Defensa Civil.
- Las Oficinas de Defensa Civil Regionales y Sub-Regionales.
- Las Oficinas de Defensa Civil Sectoriales, Institucionales y de las Empresas del Estado.
- Las Oficinas de Defensa Civil de los Gobiernos Locales.

- b. Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres (PNPAD).**- La política es optimizar la gestión de desastres a nivel nacional, incorporar el concepto de prevención en el proceso de desarrollo y lograr un sistema integrado, ordenado, eficiente y descentralizado con participación de las autoridades y población en general, eliminando o reduciendo las pérdidas de vidas, bienes materiales y ambientales, y por ende el impacto socio-económico. Ver Anexo A, decreto supremo de la aprobación del "Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres", antecedentes y objetivos.

El objetivo general del PNPAD es evitar y/o mitigar la pérdida de vidas, de bienes materiales y el deterioro del medio ambiente, que como consecuencia de la manifestación de los peligros naturales y/o antrópicos en cualquier ámbito del territorio nacional, pueda convertirse en emergencia o desastre, atentando contra el desarrollo sostenible del Perú.

Planeamiento de defensa civil:

- Plan de prevención y atención de desastres (reducir daños y prepararse para la rehabilitación)
- Plan de operaciones de emergencia (simulaciones y simulacros)
- Plan de contingencia
- Plan de seguridad en defensa civil.

Para alcanzar estos objetivos en el Perú se han propuesto seis estrategias generales a nivel nacional, regional y local:

1. Fomentar la estimación de riesgos a consecuencias de los peligros naturales y antrópicos.
2. Impulsar las actividades de prevención y reducción de riesgos.
3. Fomentar la incorporación del concepto de prevención en la planificación del desarrollo.
4. Fomentar el fortalecimiento institucional.
5. Fomentar la participación comunitaria en la prevención de desastres.
6. Optimizar la respuesta a las emergencias y desastres.

c. Ley 28245 – Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental

(SNGA).- El SNGA constituye el mecanismo para desarrollar, implementar, revisar y corregir la política ambiental nacional, regional y local; además, para guiar la gestión de la calidad ambiental, el aprovechamiento sostenible y conservación de los recursos naturales, y el bienestar de su población. Está integrado por un conjunto organizado de entidades públicas, privadas y de la sociedad civil que asumen diversas responsabilidades y niveles de participación, entre otros, en los siguientes aspectos:

- La conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales;
- La reducción, mitigación y prevención de los impactos ambientales negativos generados por las múltiples actividades humanas;
- La obtención de niveles ambientalmente apropiados de gestión productiva y ocupación del territorio;

- El logro de una calidad de vida adecuada para el pleno desarrollo humano.

El Sistema Regional y Local de Gestión Ambiental es parte componente del SNGA.

Cuadro N°1.2
Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire

Contaminantes	Periodo	Valor (Ug/m3)	Formato	Método de Análisis
Dióxido de Azufre	Anual	80	Media aritmética anual	Fluorescencia UV
	24 horas	365	NE más de 1 vez al año	
PM-10	Anual	50	3	Separación Inercia/filtración
	24 horas	150		
Monóxido de Carbono	8 horas	10 000	Promedio móvil	Infrarrojo no dispersivo
	1 hora	30 000	NE más de 1 vez al año	
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Promedio aritmético anual	
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 vez al año	Fotometría UV
Plomo	Anual	0.5	Promedio aritmético mensual	Método para PM ₁₀
	Mensual	1.5	NE más de 4 veces/año	
Sulfuro de hidrógeno	24 horas		Pendiente	Fluorescencia UV

NE: No exceder

Ug/m3: Microgramos de contaminante por metro cúbico de aire.

Fuente: Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima y Callao (PISA L-C), 2005-2010; Ministerio de Vivienda; World Wide Web. Noviembre, 2004.

- d. Ley 28551 – Establece la obligación de elaborar un plan de contingencia.-** Establece la obligación de elaborar y presentar planes de contingencia, la cual está sujeta a los objetivos y principios del “Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres”; están obligados todas las personas naturales y jurídicas de derecho privado o público que conducen y/o administran empresas, instalaciones, edificaciones y recintos. El plan será elaborado siguiendo la guía propuesta por INDECI y la aprobación el SINADECI y la autoridad competente a la actividad que realiza la entidad. Pero además, el SINADECI es la autoridad competente para fiscalizar el cumplimiento del plan. Es responsabilidad de las entidades capacitar a su personal para el cumplimiento correcto del plan de contingencia elaborado, así como realizar un simulacro del mismo.

e. Lineamientos Organización y Funciones Generales para la Formulación y Ejecución del Programa de Obras de Prevención de Desastres - 05 de Abril del 2006.- Las obras de prevención deben ser priorizadas en zonas de alto riesgo, no deben proteger propiedad privada; para ello, solicitar a la dirección regional de INDECI información referente a la vulnerabilidad de dichas zonas. Considerar la participación de la población u organización beneficiada, consolidar y mejorar las condiciones de seguridad y en lo posible optimizar los recursos económicos y mecánicos. El plan debe ser estructurado para ser ejecutado de manera ágil y coordinado con las instituciones en concordancia con la prontitud que requiera, ajustadas al tiempo de estiaje si fuera el caso de una inundación.

El INDECI está a cargo de coordinar el programa nacional. El desarrollo de las obras para la prevención de desastres se desarrolla a nivel de región, el cual está a cargo del "Comité de defensa regional". El presidente de la región es quien preside las obras de prevención. La responsabilidad de los órganos es la siguiente:

- 1. Dirección nacional de prevención.-**Coordina con las comisiones de obras de prevención nacional, regional o local, así como con instituciones comprometidas en ello. Proporciona los lineamientos y coordina la asistencia técnica para la ejecución de dichas obras, y hace un seguimiento de ello para asegurar su ejecución. Gestiona el financiamiento de los recursos necesarios para la realización de las obras de prevención.
- 2. Dirección regional de defensa civil.-**Coordina e informa a la dirección general lo concerniente a la asistencia técnica y lineamientos en la formulación, ejecución y seguimiento de las obras de prevención a nivel regional. Identifica las cuencas vulnerables. Evalúa los programas de prevención de desastres desde la óptica de defensa civil y consolidarlo a nivel regional. Efectúa seguimiento permanentemente de los programas a nivel regional. Convoca a reunión para evaluar los avances logrados.
- 3. Comisión de obras de prevención del comité regional de defensa civil.-** Tiene como función formular, aprobar y ejecutar en forma concertada

los programas de obras de prevención a nivel departamental. Gestionar ante los sectores competentes el financiamiento de las obras de prevención que no puedan ser asumidas por las entidades ejecutoras miembros de la comisión. Promover la incorporación de las obras de prevención dentro del plan anual de obras a nivel regional.

4. Instituciones participantes en el programa de obras de prevención.- Brindar información técnica presupuestal, coordinar con la dirección regional de INDECI el informe de la vulnerabilidad de la zona donde se proyectan las obras. Ejecutar las obras teniendo en cuenta los lineamientos proporcionado por INDECI y realizar un seguimiento y supervisar de las obras.

El INDECI ha elaborado un "*Manual Básico para la Estimación del Riesgo*", publicado en julio del 2006 a través de la Dirección Nacional de Prevención (DINAPRE). A continuación se presenta algunas indicaciones para elaborar el informe de la estimación de riesgo teniendo en cuenta tres etapas:

- I. Planeamiento y organización.** El gobierno regional con apoyo de la gerencia de defensa civil deberá elaborar el programa de estimación de riesgo, necesarios en el ámbito de su jurisdicción, en coordinación con los gobiernos locales (provincias y distritos).
- II. Trabajo de Campo.-** Coordinación y reconocimiento de la zona, identificación y características del peligro, identificación y características de las vulnerabilidades, consolidar el informe preliminar.
- III. Trabajo de gabinete.-** Procesamiento y sistematización de la información de campo y elaboración del informe final.

1.1.3 Riesgo

El riesgo es la probabilidad que la unidad social o sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia del impacto de un peligro. El riesgo está en función de una amenaza o peligro y de condiciones de vulnerabilidad de una unidad social. Estos dos factores del riesgo son dependientes entre sí, no

existe peligro sin vulnerabilidad y viceversa. El riesgo se caracteriza principalmente por ser dinámico y cambiante, de acuerdo con las variaciones que sufren sus dos componentes (peligro y vulnerabilidad) en el tiempo, en el territorio, en el ambiente y en la sociedad.

RIESGO = AMENAZA X VULNERABILIDAD

1.1.3.1. Peligro o Amenaza

El peligro, también llamado amenaza, es la probabilidad de ocurrencia de un **evento de origen natural, socio-natural o antropogénico** que por su magnitud y características puede causar daño. El nivel de peligro depende de la intensidad, localización, área de impacto, duración y periodo de recurrencia del evento. Es preciso tener muy claro que el peligro o amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un evento y no el evento en sí mismo.

Cuadro N°1.3

Principales Peligros que ocurren en el Perú

De origen natural		De origen antropogénico	
Geotectónico	Meteorológico	Socio-naturales	Tecnológicos
- Sismo	- Inundación	- Inundaciones	- Contaminación ambiental
- Tsunami	- Heladas	(relacionadas a	- Incendios urbano, industrial
- Actividad volcánica	- Sequías	deforestación de	- Incendios forestales
- Deslizamiento de tierra	- Lluvias fuertes	cuencas por	- Explosiones
- Aluvión (huayco)	- Granizadas	acumulación de	- Derrames de sustancias tóxicas
- Derrumbe	- Nevada	desechos domésticos, industriales y otros en	- Fuga de gases
- Alud	- Oleajes anómalos	los cauces)	- Subversión
- Erosión fluvial en laderas	- Vientos fuertes	- Deslizamientos (en áreas de fuertes pendientes o con deforestación)	
		- Huaycos	
		- Desertificación	
		- Salinización de suelos	
		- Epidemias y plagas	

Fuente: Elaboración propia, en base la bibliografía revisada.

Tipos de Peligro:

- a. **Natural:** Asociado a fenómenos meteorológicos, geotectónicos, biológicos de carácter extremo o fuera de lo normal.
- b. **Socio-natural:** Corresponde a una inadecuada relación hombre-naturaleza, está relacionado con procesos de degradación ambiental o de intervención humana sobre los ecosistemas. Se expresa en el aumento de la frecuencia y severidad de los fenómenos naturales o puede dar origen a peligros naturales donde no existían antes y puede reducir los efectos de mitigación de los ecosistemas naturales.
- c. **Tecnológico o antropogénico:** Está relacionado a procesos de modernización, industrialización, desequilibrio industrial o la importación, manejo, manipulación de desechos o productos tóxicos. Todo cambio tecnológico, así como la introducción de tecnologías nuevas o temporales, puede jugar un papel importante en el aumento o disminución de otros peligros.

1.1.3.2. Vulnerabilidad

La Vulnerabilidad es la susceptibilidad de una unidad social (familias, comunidad, sociedad), estructura física o actividad económica que la sustentan, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. La vulnerabilidad es resultado de los propios procesos del desarrollo no sostenible. Tres son los factores, que ante la ocurrencia o posible ocurrencia de un desastre, explican la vulnerabilidad:

- a. **Grado de exposición.-** Tiene que ver con las decisiones y prácticas que ubican a una unidad social cerca de zonas de influencia de un fenómeno natural peligroso. La vulnerabilidad surge por las condiciones inseguras que representa la exposición, respecto a un peligro que actúa como elemento activador del desastre.
- b. **Fragilidad.-** Referida al nivel de resistencia y protección frente al impacto de un peligro-amenaza, es decir las condiciones de desventaja o debilidad

relativa de una unidad social por las condiciones socioeconómicas, tiene que ver con la infraestructura.

- c. **Resiliencia.**- Este término se refiere al *nivel de asimilación o la capacidad de recuperación* que puede tener una unidad social frente al impacto de un peligro-amenaza. Se expresa en limitaciones de acceso o adaptabilidad de la unidad social y su incapacidad o deficiencia en absorber el impacto de un desastre. Está relacionado con las condiciones económicas, administrativas y políticas, y el grado de organización de la población.

1.1.4 Gestión del Riesgo para el Desarrollo¹

Es un concepto nuevo que ha evolucionado en los últimos años. Se define como el proceso que adoptan las políticas, estrategias y prácticas orientadas a reducir los riesgos asociados a los peligros o minimizar sus efectos. Implica intervenciones en los procesos de planeamiento del desarrollo de las sociedades para reducir las causas que generan sus vulnerabilidades. En relación a la gestión del riesgo se considera la gestión prospectiva y gestión correctiva:

1.1.4.1. Gestión Prospectiva

Es el proceso a través del cual se adoptan con anticipación medidas o acciones en la planificación del desarrollo, que promueven la no-generación de nuevas vulnerabilidades o peligros. La gestión prospectiva se desarrolla en función del riesgo "aún no existente", que podría crearse en la ejecución de futuras iniciativas de inversión y desarrollo. Se concreta a través de regulaciones, inversiones públicas o privadas, planes de desarrollo o planes de ordenamiento territorial. Hacer prospección implica analizar el riesgo futuro para la propia inversión y para terceros, y definir el nivel de riesgo aceptable; el cual obedece a decisiones colectivas y consensuadas sobre los niveles y formas de riesgo que se pueden asumir en un periodo determinado.

Controlar el riesgo futuro implica normar y controlar nuevas decisiones de

¹DGPM-MEF, "Conceptos Asociados a la Gestión del Riesgo de Desastre en la Planificación e Inversión para el Desarrollo", con apoyo del Programa de Desarrollo Rural Sostenible de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), Junio del 2006.

desarrollo, de manera que no se realicen inversiones que generen nuevos riesgos; en este sentido, esta actividad es más barata que invertir en disminuir el riesgo ya creado.

▪ **Mecanismos de control del riesgo futuro¹:**

1. Introducción de normatividad y metodologías que garanticen tener en cuenta la gestión del riesgo, con la misma ponderación que otros aspectos, en todo proyecto de inversión.
2. Creación de normativa sobre el uso del suelo urbano y rural, factible y realista en términos de su implementación. Para esto son claves los planes de ordenamiento territorial.
3. Búsqueda de usos productivos alternativos para terrenos peligrosos.
4. Impulso a la normativa sobre el uso de materiales y métodos de construcción, sistemas constructivos accesibles y seguros.
5. Fortalecimiento de los niveles de gobierno, locales y comunitarios, capacitación técnica y administrativa sensible a la realidad.
6. Procesos continuos de capacitación de amplios sectores de la sociedad que inciden en la creación del riesgo, y en la sensibilización y conciencia sobre el mismo.
7. Fortalecimiento de las opciones para que los que sufren el riesgo demanden legalmente a los que lo provoquen.
8. Instrumentación de esquemas de uso de los ecosistemas y recursos naturales en general. Conservación y regeneración de cuencas hidrográficas.
9. Reforma de los currículos escolares ; universitarios de manera tal que consideren de forma holística la problemática del riesgo en la sociedad.
10. Fomento de una cultura global de seguridad o una cultura de gestión continúa del riesgo.
11. Creación o fortalecimiento de incentivos económicos para la reducción del riesgo, por ejemplo: primas de seguros.

¹DGPM-MEF, "Conceptos Asociados a la Gestión del Riesgo de Desastre en la Planificación e Inversión para el Desarrollo", con apoyo del Programa de Desarrollo Rural Sostenible de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), Junio del 2006.

Cabe destacar que muchas acciones de gestión prospectiva no se realizan con el propósito expreso de gestionar el riesgo, sino que tienen que ver con decisiones u opciones en el marco de procesos de desarrollo. Así es como la gestión del riesgo se considera en el planeamiento de desarrollo nacional.

1.1.4.2. Gestión Correctiva¹

Es el proceso a través del cual se adoptan con anticipación medidas o acciones en la planificación del desarrollo, que promueven la reducción de la vulnerabilidad existente, esto es la reducción del riesgo: la reubicación de comunidades en riesgo, la reconstrucción o adaptación de edificaciones vulnerables, la recuperación de cuencas degradadas, la construcción de diques, la limpieza de canales y alcantarillas, la canalización de ríos, el dragado continuo de ríos y reservorios y otras; así como acciones de capacitación, crear conciencia, promover la participación y concertación. Para realizar gestión correctiva se podría intervenir:

- Elaborando mapas de peligros.
- A partir de los mapas de peligros, realizando un inventario de elementos en riesgo permitirá determinar la distribución espacial de estructuras y poblaciones expuestas a los diferentes peligros.
- Evaluación de vulnerabilidad de las estructuras a daños, a partir de información de eventos anteriores.
- Evaluación del riesgo: en este caso los planificadores y expertos en peligros en el espacio respectivo (local, regional) deberán identificar el riesgo aproximado y ofrecer consejos técnicos para las decisiones políticas en relación con niveles aceptables del riesgo y costos para reducirlo.
- Implementación de medidas correctivas: zonificación para uso de tierras, restricción de construcciones en áreas vulnerables, estabilización de terrenos inestables, reforzamiento de estructuras existentes, aplicación de métodos de construcción sismorresistente, establecimiento de sistemas de alerta y distribución de pérdidas.

¹DGPM-MEF, "Conceptos Asociados a la Gestión del Riesgo de Desastre en la Planificación e Inversión para el Desarrollo", con apoyo del Programa de Desarrollo Rural Sostenible de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), Junio del 2006.

1.1.4.3. La Gestión Prospectiva y la Gestión Correctiva en la Reconstrucción

La fase que sigue a un desastre favorece la implementación de la Gestión del Riesgo, porque posibilita intervenir sobre los factores de vulnerabilidad que condicionaron el desastre. Asimismo, la memoria reciente sobre la ocurrencia del desastre sensibiliza a las instituciones y a la población y favorece la incorporación de la Gestión Prospectiva y la Gestión Correctiva.

La reconstrucción comprende diversas medidas para restablecer de manera permanente y sostenible el funcionamiento de una unidad social (familia, comunidad, sociedad) afectada por la ocurrencia de un desastre. Las medidas pueden ser de carácter estructural y no estructural, tales como:

- Reconstrucción de infraestructura con diseños adecuados: carreteras, puentes, edificaciones, sistemas de riego, sistemas de agua, etc.
- Reubicación, remodelación o acondicionamiento de asentamientos humanos.
- Desarrollo y fortalecimiento de capacidades en planificación del desarrollo, incorporando la Gestión del Riesgo.
- Introducción de nuevas normas regulatorias o normas técnicas para la ocupación del espacio y para la construcción de infraestructura.

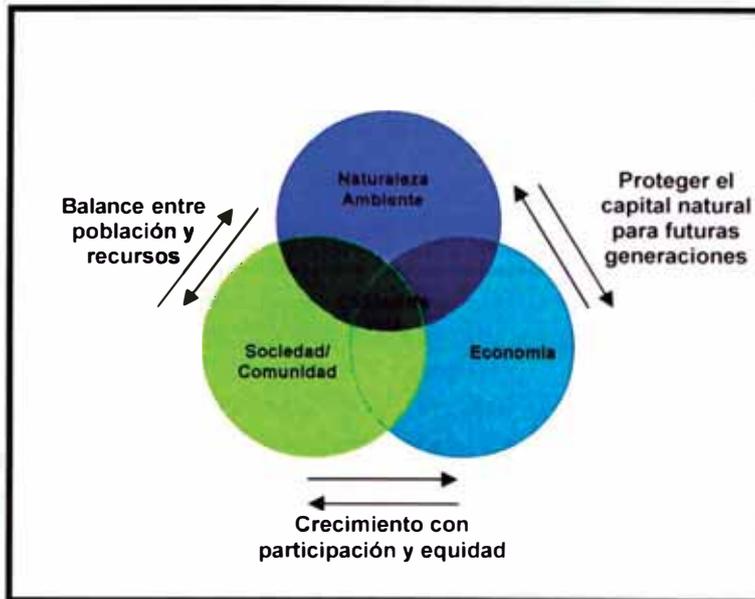
1.1.5 Desarrollo Sostenible

Tres son los factores que dominan el desarrollo del hombre, éstos son Naturaleza, Sociedad y Economía, las cuales deben interactuar teniendo en cuenta un balance entre la población y sus recursos, una participación equitativa de la población en el desarrollo económico, y conservando el capital natural para futuras generaciones, con el fin de alcanzar un "desarrollo sostenible real", el cual se ve reflejado en la calidad de vida del hombre, que además perdura en el tiempo, conservando la vitalidad y la diversidad de la Tierra. Ver Figura N°1.2.

1. DGPM-MEF, "Conceptos Asociados a la Gestión del Riesgo de Desastre en la Planificación e Inversión para el Desarrollo", con apoyo del Programa de Desarrollo Rural Sostenible de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), Junio del 2006.

Figura N°1.2

Esquema del Desarrollo Sostenible – Agenda 21



Fuente: Agenda 21. D.S.: Desarrollo Sostenible. Traducido.

1.2 Estudios de Hidrología e Hidráulica

1.2.1 Proceso de Inundación

Está relacionada con los antecedentes sobre la naturaleza de las inundaciones y sus características al manifestarse en el tiempo y en diferentes lugares.

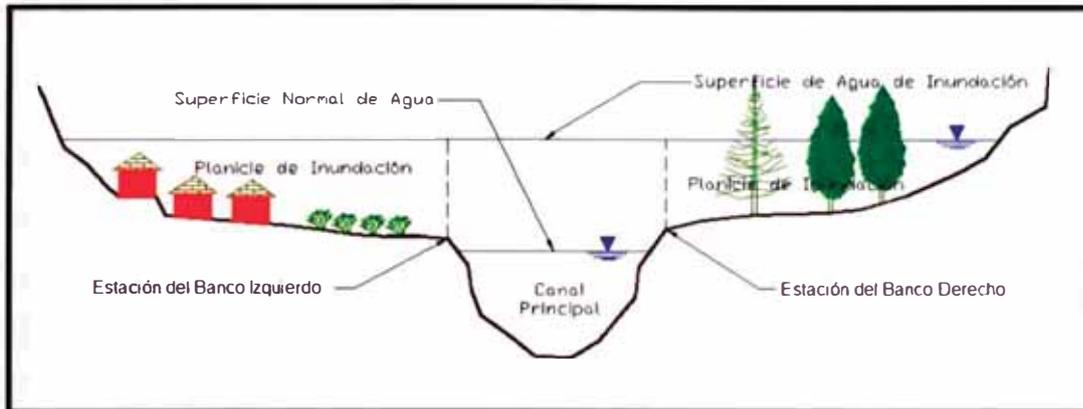
1.2.1.1. Inundación

Es un fenómeno natural, un evento recurrente que se produce en las corrientes de agua como resultado de lluvias intensas o continuas que, al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces, desbordan e inundan llanuras de inundación, en general, aquellos terrenos aledaños a los cursos de agua. Está asociada con:

- Las precipitaciones pluviales continuas y abundantes en cuencas húmedas.
- La influencia de las características y condiciones del suelo (capacidad de infiltración, humedad, cubierta vegetal)
- La influencia de la geomorfología de una cuenca (morfología).

- Los volúmenes de descarga que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga y conducción de los ríos.
- Los súbitos aumentos del nivel de aguas en áreas adyacentes del suelo y la capacidad de carga o conducción de los ríos.

Figura N°1.3
Esquema de Inundación



Fuente: Elaboración propia, en base a la bibliografía revisada, 2006.

Se diferencian tres tipos principales de inundaciones: terrestres o fluviales, costeras o marinas y lagunares.

A. Inundaciones de Tipo Terrestres o Fluviales

A la vez este tipo de inundación se puede subdividir de acuerdo con el régimen de los cauces en: lenta o de tipo aluvial, súbita o de tipo torrencial y encharcamiento.

- Inundación de Tipo Aluvial (inundación lenta).**- Se produce cuando hay lluvias persistentes y generalizadas dentro de una gran cuenca, generando un incremento paulatino del caudal hasta superar la capacidad máxima de almacenamiento; se produce entonces el desborde y la inundación de las áreas planas aledañas al cauce principal. Las crecientes así producidas son inicialmente lentas y tienen una gran duración.
- Inundación de Tipo Torrencial (inundación súbita).**- Producida en ríos de montaña y originada por lluvias intensas. El área de la cuenca

aportante es reducida y tiene fuertes pendientes. El aumento del caudal se produce cuando la cuenca recibe la acción de las tormentas durante determinadas épocas del año, por lo que las crecientes suelen ser repentinas y de corta duración. Estas inundaciones son generalmente las que causan los mayores estragos en la población por ser intempestivas.

- c. **Encharcamiento.**- Fenómeno a causa de la saturación del suelo producidas por lluvias normales, caracterizado por la presencia de láminas delgadas de agua sobre la superficie del suelo en pequeñas extensiones y por lo general, presente en zonas moderadamente onduladas a planas. Puede durar desde pocas horas hasta algunos días.

Foto N°1.3

Inundación en Chosica - Lima, 1998



Fuente: Centro de Estudios y Prevención de Desastres – PREDES, 2006.

B. Inundaciones de Tipo Costeras o Marinas

Las olas ciclónicas son un crecimiento anormal del nivel del mar asociado con huracanes y otras tormentas marítimas, son causadas por fuertes vientos de la costa y/o por celdas de muy baja presión y tormentas oceánicas. El nivel de las aguas está controlado por los vientos, la presión atmosférica, las mareas astronómicas existentes, las olas y el mar de fondo, la topografía de la

costa y la batimetría y la proximidad de la tormenta a la costa. Generalmente, las destrucciones causadas por olas ciclónicas se pueden atribuir a:

- El impacto de las olas y de los objetos asociados con el pasaje del frente de la ola;
- Las fuerzas hidrostáticas/dinámicas y los efectos de las bombas de carga de agua. Los daños más significativos resultan a menudo del impacto directo de las olas sobre las estructuras fijas. Los impactos indirectos causan inundaciones y socavamiento de infraestructuras tales como autopistas y vías de ferrocarril.
- La inundación de los deltas y otras zonas costeras bajas está exacerbada por la influencia de las mareas, las olas de tormenta y por el frecuente movimiento en los ríos.

C. Inundaciones de Tipo Lagunares

Las inundaciones de este tipo son originadas por un desborde de las lagunas, debido a que la capacidad de ésta es colmada por el exceso de lluvias.

1.2.1.2. Llanuras de Inundación

Las llanuras de inundación son áreas sobre el terreno adyacentes a ríos o riachuelos, relativamente plana, sujetos a inundaciones recurrentes en épocas de crecidas. Debido a su naturaleza siempre cambiante, las llanuras de inundación y otras áreas inundables deben ser examinadas para precisar la manera en que pueden afectar o ser afectadas por el desarrollo.

1.2.1.3. Características de la Superficie del Terreno Relacionadas con Inundaciones

La planificación para un desarrollo real, sostenible, debe tener en cuenta las siguientes características de superficie, relacionadas con las inundaciones:

- Topografía o pendiente del terreno, especialmente su horizontalidad.
- Geomorfología, tipo y calidad de suelos, especialmente material de base de depósitos fluviales no consolidados.
- Hidrología y la extensión de las inundaciones recurrente.

A. Naturaleza cambiante de las llanuras de inundación

Las llanuras de inundación no son estáticas ni estables, están compuestas de sedimentos no consolidados, se erosionan rápidamente durante inundaciones y crecidas de agua, o pueden ser el lugar donde se depositen nuevos estratos de lodo, arena y limo. En tal virtud, el río puede cambiar de curso e ir de un lado de la llanura de inundación al otro, es un comportamiento dinámico, a su vez es modificada periódicamente por las inundaciones. El ancho de una llanura de inundación está en función del caudal del río, velocidad de la tasa erosionante, la pendiente del canal, y la dureza de la pared del canal. Las llanuras de inundación no son usuales en las partes altas, las paredes del valle frecuentemente muestran roca firme sin cobertura.

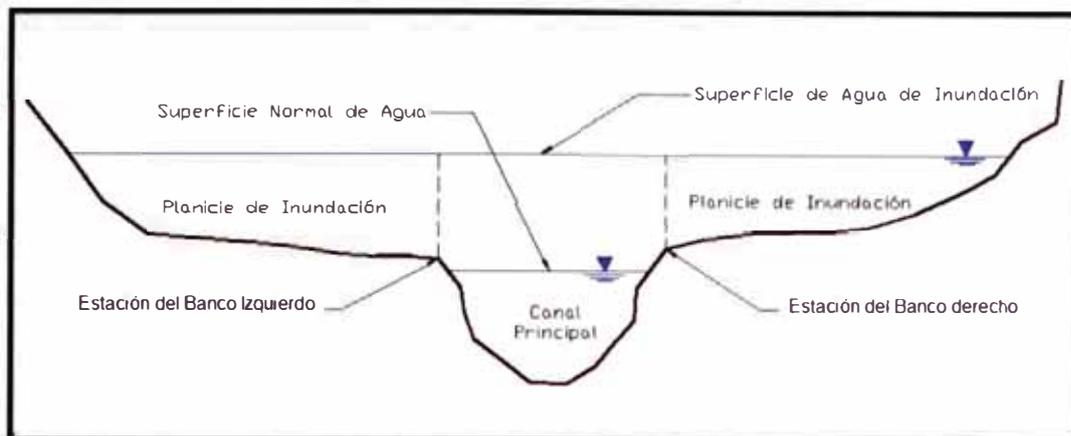
En ríos moderadamente pequeños, la llanura de inundación usualmente se encuentra sólo en el interior de la curva de un meandro, pero la ubicación de la llanura de inundación se alterna de lado a lado a medida que el río fluye en meandros de un lado del valle a otro. Los ríos más grandes, particularmente aquellos con lecho de poca pendiente, desarrollan amplias llanuras de inundación. A medida que estas llanuras se desarrollan, la migración de un lado a otro del canal del río produce lagos semilunares (meandro abandonado), desprendimientos, diques, ciénagas, desconectados del canal actual. Si el río acarrea sedimentos algo gruesos, éstos tienden a ser depositados a lo largo de la ribera del canal como un dique natural. Esto puede resultar en la formación de un canal colgado donde el fondo del canal continuamente aumenta de elevación hasta un punto tal que podría ser más alta que la topografía circundante. Esta condición puede resultar en la elevación de la superficie del agua, considerablemente más alta que la superficie del terreno adyacente a estos diques, lo cual representa un potencial de inundación, mucho mayor que una situación típica de un corte transversal tipo-U de la llanura de inundación.

La movilidad del canal puede ser una característica importante cuando se trata de definir el potencial de la llanura de inundación. Pero en áreas con densa vegetación y suelos consolidados, la movilidad no es un gran problema; en las áreas donde la vegetación es escasa y los suelos son gruesos y erosionables, la cartografía de la llanura de planificación debe incluir la anticipación de la

posibilidad de migración del canal además de la configuración existente del canal.

Figura N°1.4

Esquema de la formación de las llanuras de Inundación



Fuente: Elaboración propia, en base a la bibliografía revisada, 2006.

Una inundación importante en una región húmeda es menos probable que cause el aumento del ancho del canal y la destrucción de la llanura de inundación, porque la vegetación inhibe la erosión. Sin embargo, la inundación puede cortar canales secundarios a lo largo de una llanura de inundación y depositar arena y grava sobre grandes áreas particularmente aquellas dedicadas a la producción agrícola.

Las terrazas a lo largo de un canal se pueden confundir con una llanura de inundación. En realidad algunas terrazas pueden haber sido los bordes de llanuras de inundación antes de nuevas erosiones o de actividades tectónicas. Una terraza normalmente se puede distinguir de una planicie de inundación activa por el tipo de vegetación y el material presente en superficie.

Los eventos naturales tales como deslizamientos de tierra, caída de ceniza volcánica, lahares y deslizamiento de derrubios pueden aumentar la cantidad de sedimentos a ser transportados por el río. Los sedimentos de estos eventos pueden ser depositados tanto en el lecho del río como en la llanura de inundación. Esto puede resultar a que el canal se llene de derrubios y se reduzca su capacidad para el agua. La reducción de capacidad del canal,

aunque puede ser temporal, puede dar lugar a inundaciones más frecuentes de la llanura de inundación y contribuir a su modificación.

B. Frecuencia de Inundaciones

Generalmente, sólo se considera las inundaciones anuales para el análisis de probabilidades y el intervalo de recurrencia. La inundación anual normalmente es considerada como el evento más importante cada año. La inundación de 10 años ($T_r = 10$ años), por ejemplo, es la descarga que excederá un determinado volumen, esto es una probabilidad del 10% de ocurrir cada año.

Las llanuras de inundación de algunos ríos, sin embargo, son frecuentemente inundadas, a intervalos de 10 años a más. Se han propuesto varias razones para explicar esto. En algunos climas un número de años de intensa actividad de inundaciones es seguido por muchos años durante los cuales ocurren muy pocas inundaciones. La llanura de inundación se puede desarrollar y ser ocupada durante los años con menor actividad de inundaciones. Como resultado, este desarrollo está sujeto al riesgo de inundaciones a medida que se cumple el ciclo de inundaciones. Las actividades de desarrollo, particularmente de silvicultura y producción intensiva de cultivos, pueden variar drásticamente las condiciones de descarga incrementando así el caudal de los ríos durante los ciclos normales de precipitación y aumento del riesgo de inundación.

C. Duración de Inundaciones

El tiempo durante el cual una llanura de inundación permanece inundada, depende del caudal del río, la pendiente del canal, y las características climáticas. Si bien trata de ríos pequeños, las inundaciones inducidas por la precipitación generalmente duran sólo entre horas y unos pocos días, pero en el caso de ríos grandes la descarga de la inundación puede exceder la capacidad del canal, durante un mes o más. La duración de una inundación causada por tormentas tropicales o deshielos puede cubrir una llanura varias veces durante un mismo mes.

El agua en una llanura de inundación generalmente vuelve al canal por drenaje a medida que la corriente disminuye. En las amplias llanuras de inundación en los grandes ríos, bordeadas por diques naturales, el agua puede drenar muy lentamente, causando que la inundación local, o embalse, dure varios meses. Eventualmente, el agua se desplazará río abajo, o desaparecerá por medio de infiltración en el suelo y evapotranspiración. Donde los canales están colgados debido a una repetida deposición de sedimentos, las aguas de inundación puede que nunca regresen por drenaje al canal, dado que el fondo de ese canal está a mayor elevación que la llanura de inundación circundante.

D. Efectos de las prácticas de desarrollo sobre las inundaciones y llanuras de inundación y el rol de la mitigación

El hombre ha sido atraído desde épocas muy remotas por las llanuras de inundación; primero, debido al rico suelo aluvial, luego por la necesidad de acceso a fuentes de agua, transporte fluvial y desarrollo de energía y, más tarde, como lugar relegado por la urbanización, particularmente para familias de bajos ingresos. La manera cómo se usa y desarrolla la tierra puede cambiar el riesgo resultante a inundaciones; mientras que algunas actividades se pueden diseñar para mitigar los efectos de las inundaciones, muchas de las prácticas actuales y estructurales existentes, han aumentado los riesgos sin quererlo.

En climas húmedos, donde las llanuras de inundación son desarrolladas como zonas agrícolas, ante la ocurrencia de una inundación importante, una parte del río es transportada por dicha llanura; partes de las llanuras de inundación son erosionadas y otras son depositadas por sedimentos que transporta el río.

Las acequias de drenaje, así como otras vías para el transporte del agua, pueden alterar la descarga a las llanuras y la capacidad del canal para transportar dicha descarga. Los efectos de las prácticas agrícolas dependen de la geología, el tipo de suelo, la vegetación, las prácticas locales de manejo de agua. Como consecuencia, es necesaria la selección de los cultivos de tal manera que éstas resistan las inundaciones cortas y de poco volumen, durante

una estación respectiva; y aprovechar otros cultivos menos resistentes en épocas donde no ocurren inundaciones.

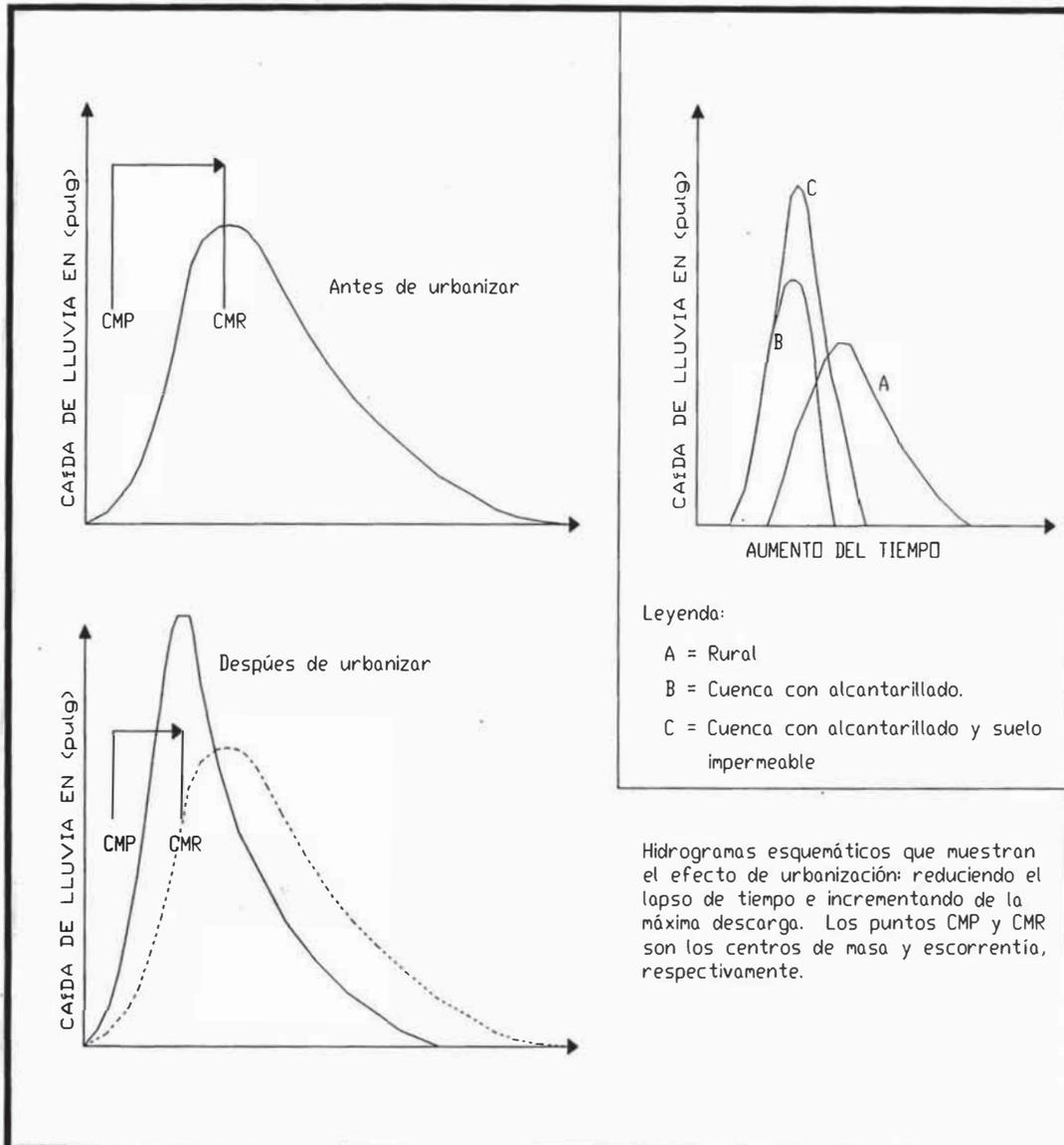
La vegetación de bosques en general aumenta la precipitación y evaporación mientras que absorbe la humedad y reduce el volumen de escurrimiento. Las prácticas de tala de árboles, reduce la vegetación, con ello la capacidad de absorber la humedad, aumentando el volumen de escurrimiento. Al igual que la tala, el pastoreo de pestizales y áreas para ganadería, desminuye la cobertura de vegetación, y expone el suelo a erosión.

Las grandes presas afectan los canales de los ríos tanto aguas arriba como aguas debajo de la presa y del reservorio. La evaporación aumenta debido a la mayor extensión en área del espejo de agua del reservorio, y este proceso tiende a degradar la calidad del agua. El reservorio actúa como una trampa para los sedimentos, y por otro lado, la geometría del canal aguas debajo se altera para adaptarse al cambio en la carga de sedimentos. Finalmente, se producirá una degradación, erosionando el canal del río en grandes magnitudes, aguas debajo. Las grandes presas también pueden aumentar la recarga del agua subterránea, elevar el nivel de la capa freática y aún inducir la descarga de aguas subterráneas a canales adyacentes, modificando así los volúmenes de descarga de los ríos. Una catastrófica falla de una presa produce una rápida pérdida de agua del reservorio e, instantáneamente cambios severos y dramáticos aguas abajo.

La urbanización de una llanura de inundación o de áreas adyacentes y la correspondiente construcción, aumenta la descarga y la tasa de descarga, pues se reduce la extensión del área de los terrenos de superficie disponible para absorber la lluvia, y canalizar el flujo a alcantarillados y vías de drenaje mucho más rápidamente. Los cambios en la descarga se muestran en la Figura N°1.5, donde el tiempo de descarga se reduce y aumenta la tasa de descarga. Los rellenos artificiales en la llanura de inundación reducen la capacidad del canal de inundación y pueden elevar la altura de la inundación. Así el riesgo a inundación aumenta, como se ve en la Figura N°1.6

Figura N°1.5

Hidrógrafos de inundaciones mostrando los efectos de la urbanización.



Fuente: CISMID, Memorias "Curso Internacional sobre mitigación de desastres, usos de información de peligros naturales en la preparación de proyectos de inversión" Tomo I, 1992.

En resumen, las dinámicas de la llanura de inundación son consideraciones básicas a ser incorporadas en un estudio de planificación integrada para el desarrollo. Es esencial reconocer que los cambios causados por el desarrollo pueden y han de afectar las llanuras de inundación de muchas maneras. Una revisión temprana de la información disponible sobre el riesgo a inundaciones y la programación de evaluaciones complementarias del peligro de inundaciones son actividades prudentes que permiten al planificador prever y evaluar los problemas potenciales relacionados con la hidráulica del río y la

1.2.2 Sistemas de Protección¹

Actualmente, los sistemas de protección contra inundación son diversos. Se les puede clasificar en función al material y diseño estructural; como son, diseños de defensas contra crecidas, diseños de bordes y muros, así mismo diseño de sistemas de drenaje.

En su mayoría, los materiales empleados son típicos de la zona, para reducir al mínimo los costos. La piedra se emplea en demasía para escolleras, empedrados y pavimentación; además de materiales inertes, se emplea vegetación en abundancia, dependiendo del tipo de suelo. En zonas donde es difícil encontrar piedras, se usa concreto en piezas pre-moldeadas, cubos de 1 m de lado, intercalando cartón al apisonar. Para el revestimiento de taludes con césped de siembra se revisten con tepes. Además se emplea el hierro en forma de fila metálica.

Los empedrados con espesores de 0.30 m a 0.60 m, sirve para proteger contra la erosión; es recomendable no dejar juntas en la dirección de la corriente. Los empedrados pueden construirse por debajo de 0.30 m del nivel de estiaje y considerando el grado de erosión del lecho. Mayormente se utilizan enrocados para proteger el cauce de las ramas, pero su desventaja es la reducción de la sección del río lo que genera una erosión del lecho del río.

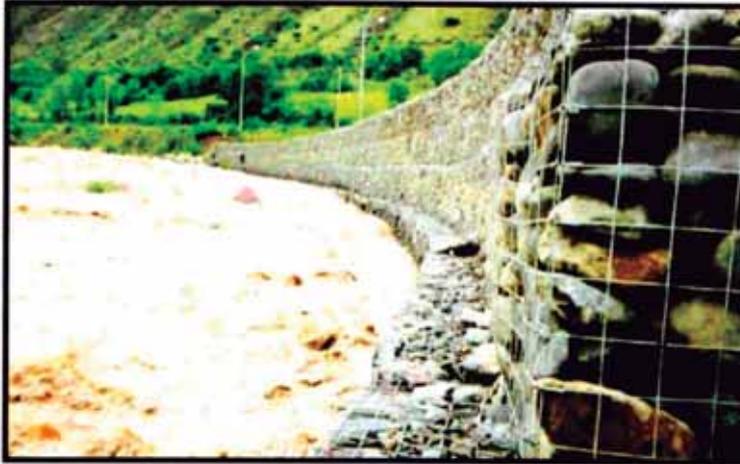
1.2.2.1. Defensas Contra Crecidas

Las obras como defensas contra crecidas son básicamente: diques, muros de contención y presas que, además permiten almacenar agua. Actualmente, existen los gaviones que funcionan como muros de contención, son muy económicos y recomendable en zonas donde abunda la piedra; los diques de tierra estabilizados con vegetación; los enrocados muy usados en zonas de sierra; muros armados con bolsas de concreto, éstos últimos no han dado muy buenos resultados debido a la erosión del agua.

¹Tesis de Grado: Protección contra inundaciones en zonas urbanas-Caso San Diego. J. C. Osorio Benites. FIC-UNI, 1997.

Foto N°1.4

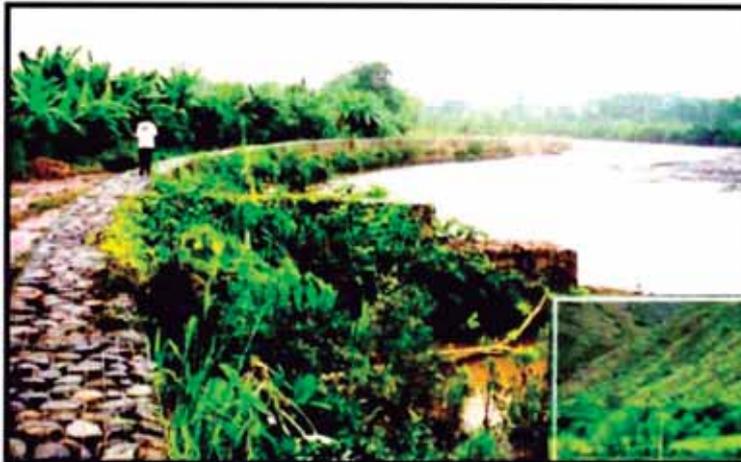
Muro de gavión con malla electrosoldada - Huanuco



Fuente: ANDEX - Bioingeniería de Suelos al Servicio de su Proyecto, 2006.

Foto N°1.5

Muro de gavión con malla electrosoldada – Tingo Maria



Fuente: ANDEX - Bioingeniería de Suelos al Servicio de su Proyecto, 2006.

1.2.2.2. Bordes y Muros de Encauzamiento

Son esencialmente presas longitudinales erguidas toscamente en dirección paralela al río. Este tipo de diseño es considerado en zonas erosionables, como son las curvas y las bifurcaciones.

Foto N°1.6

Sistema de encauzamiento y protección con Geotubos



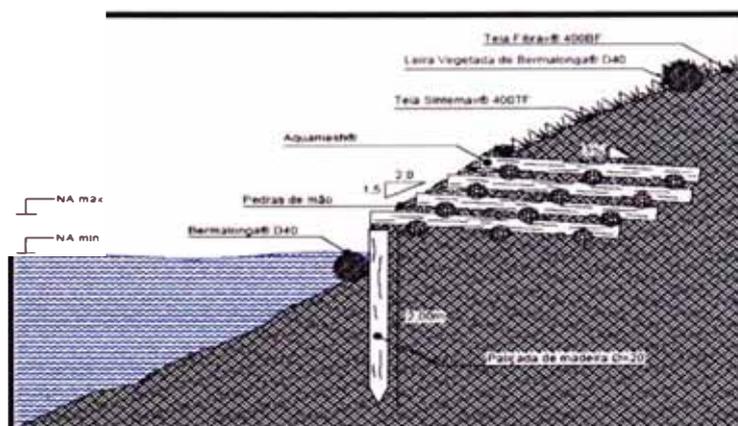
Fuente: ANDEX - Bioingeniería de Suelos al Servicio de su Proyecto, 2006.

1.2.2.3. Sistema de Drenajes

El sistema de drenaje en zonas urbanas con alto riesgo a la ocurrencia de un desastre de origen natural es considerablemente importante. Las cuencas peladas y azotadas por la expansión urbana han incrementado la vulnerabilidad ante una inundación debido a las precipitaciones. En zonas áridas, la filtración de agua superficial es crítica, provocando un almacenamiento superficial, generando así una inundación; este tipo de diseño permite eliminar el agua superficial y conducirlo a una poza de almacenamiento o al río, también permite captar el agua infiltrada en el terreno.

Figura N°1.7

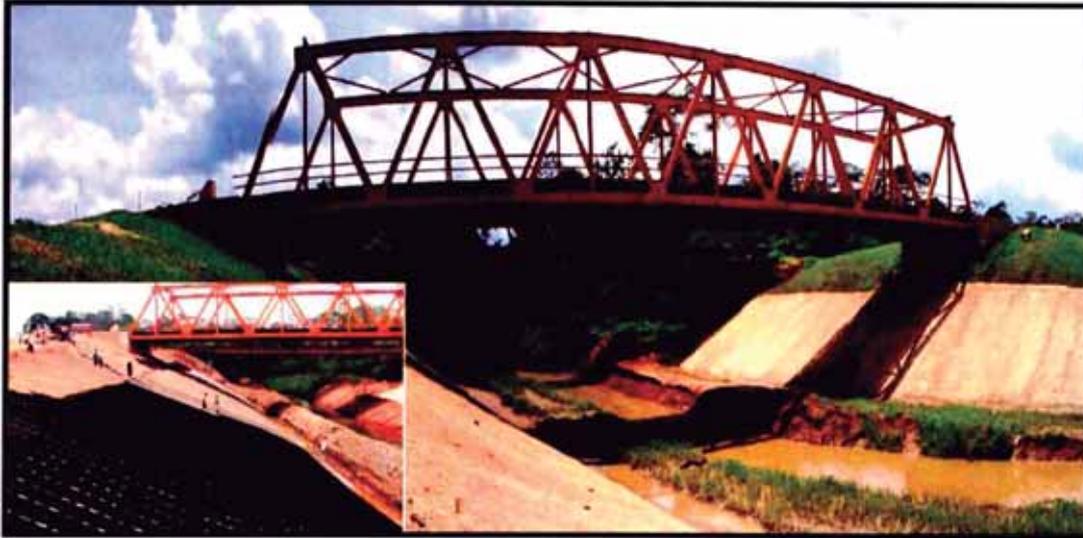
Sistema de Protección con Tabla Estaca



Fuente: ANDEX - Bioingeniería de Suelos al Servicio de su Proyecto, 2006.

Foto N°1.7

Sistema de Protección con Geoceldas



Fuente: ANDEX - Bioingeniería de Suelos al Servicio de su Proyecto, 2006.

1.2.3 Análisis Hidrológico

Los procesos hidrológicos varían en el espacio y en el tiempo, y tienen un carácter aleatorio o probabilístico. La precipitación es la fuerza motriz de la fase terrestre del ciclo hidrológico, y la naturaleza aleatoria de la precipitación hace que la predicción de los procesos hidrológicos resultantes (por ejemplo, flujo superficial, evaporación, caudal) para un tiempo futuro, siempre esté sujeta a un grado de incertidumbre en comparación al comportamiento de otros fenómenos; por ello, es importante que las mediciones hidrológicas (información base) sean observaciones realizadas muy cerca de la zona de estudio.

Durante un proceso hidrológico a veces, se presenta eventos extremos, tales como tormentas severas, crecientes y sequías. La magnitud de un evento extremo está inversamente relacionada con su frecuencia de ocurrencia, es decir, eventos muy severos que ocurren con menor frecuencia que eventos más moderados. El objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica es relacionar la magnitud de eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad; para este caso particular, determinar las máximas avenidas que provocan inundaciones.

El análisis hidrológico de la zona de estudio fue realizado en una tesis¹, y consiste en un análisis estadístico de Máximas Avenidas del Río Chillón. Las distribuciones de probabilidad utilizadas son:

- Distribución de Gumbel o Valor Extremo Tipo I
- Distribución de Log Normal
- Distribución de Log Person Tipo III

Se ha encontrado que las distribuciones pueden expresarse en la forma:

$$Y = Y_m + K * \sigma_y \text{ ----- (1.1)}$$

Donde:

Y: caudal con una probabilidad dada

Y_m : media de la serie de caudales pico

σ_y : desviación estándar de la serie

K: un factor de frecuencia definido por cada distribución. Es una función del nivel de probabilidad asignado a Y.

Procedimiento:

- Se ordena los valores de mayor a menor, sin importar el año de ocurrencia.
- Luego es necesario asignar a cada valor una probabilidad de excedencia. Esta probabilidad de excedencia o frecuencia (P) que se asigna a cada valor de la serie, es lo que se conoce como posición de trazado. Su inversa es el período de retorno (T). De todas las fórmulas existentes, la de mayor aceptación es la de Weibull:

$$P = \frac{m}{N + 1} \text{ ----- (1.2)}$$

Donde:

N: Número total de valores de la muestra.

m: Número de orden de los valores ordenados de mayor a menor.

¹ "Zonificación de áreas inundables utilizando sistemas de información geográfica. Aplicación al tramo final del río Chillón". Daly Grace Palomino Cuya. Tesis para optar el Título de Ingeniería Civil; UNI – FIC; Lima, 2004.

- Se calcula la media aritmética de los valores de caudales pico, así como la desviación estándar.
- Se halla los valores de Y_m y σ_m , del número de datos disponibles.
- Se halla los valores de "K", para distintas probabilidades.
- Se halla los caudales de avenida contra tiempo de retorno.

Prueba de Bondad de Ajuste

Se entiende por bondad de ajuste, a la asimilación de datos observados de una variable, a una función matemática previamente establecida y reconocida. A través de ésta es posible interpolar y extrapolar información; en otras palabras, predecir el comportamiento de la variable en estudio (Pizarro et, 1986). Las pruebas de bondad de ajuste estadístico más utilizadas son:

- Chi – cuadrado (X^2), medida de la discrepancia entre las frecuencias observadas (f_o) y las frecuencias calculadas (f_c) por medio de una distribución teórica.
- Smirnov – Kolmogorov, considera la desviación de la función de distribución de probabilidades de la muestra $P_{(x)}$ de la función de probabilidades teóricas, escogida $P_{o(x)}$.

Para elegir la distribución que más se ajusta a los datos, se utilizó la prueba de ajuste de Kolmogorov – Smirnov, cuyo procedimiento se resume a continuación:

- Se calcula la probabilidad empírica o experimental $P_{(x)}$ de los datos, para esto se usa la fórmula de Weibull. Ver ec. 1.2.
- Luego se calcula la probabilidad teórica $F_{(x)}$ característica de cada distribución
- Se calcula la máxima diferencia resultante Δ_{max} .

$$\Delta = \max |F_{(x_i)} - P_{(x_i)}| \text{----- (1.3)}$$

Donde:

Δ : estadístico de Kolmogorov-Smirnov.

$F_{(x_i)}$: probabilidad de distribución de ajuste o teórica.

$P_{(x_i)}$: probabilidad experimental o empírica de los datos denominada también frecuencia acumulada.

- El estadístico Δ se calcula en función a la probabilidad de ajuste teórica y la probabilidad experimental o empírica de los datos.
- Se compara el valor Δ , con el valor crítico Δ_o tomado de tablas, luego:
 - $\Delta < \Delta_o$, entonces el ajuste es bueno, al nivel de significancia ajustado.
 - $\Delta \geq \Delta_o$, entonces el ajuste no es bueno, al nivel de significancia ajustado.

De esa manera se determina si la muestra se ajusta o no, con un nivel de significancia adecuado, a la aplicación de un método determinado.

1.2.4 Análisis Hidráulico

El análisis hidráulico describe el comportamiento del río, proporciona niveles de agua, velocidad y energía en las secciones transversales a lo largo del río, que con determinadas características morfológicas, topográficas, hidrológicas e incluso ambientales, muestra un comportamiento dinámico. El flujo en canales abiertos está clasificado basado en el tiempo (permanente y no-permanente), en el espacio (uniforme y variado) y régimen (subcrítico, supercrítico y mixto).

El modelo HecRAS 3.1.1 es un software desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (*U.S. Army Corps of Engineers*), con esta herramienta se puede realizar el análisis hidráulico. El modelo HecRAS 3.1.1 se basa en la determinación y/o descripción de tres aspectos básicos, clasificación del tipo de flujo, transporte de sedimentos y la ecuación de la energía. Esta herramienta de análisis, tiene además, la ventaja de incluir elementos al sistema, como diques, puentes, acueductos, terraplenes, bloques, y otros.

Para este caso, se determinará los niveles de agua en las secciones de control, definidas en el tramo bajo del Valle Chillón, y verificando así las zonas críticas identificadas durante la inspección de campo.

1.2.4.1. Flujo y Transporte

Para flujos permanentes, se considera una descarga constante en toda la capacidad del canal, esto es:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2 \quad \text{----- (1.4)}$$

Donde:

Q : Caudal (m³/seg)

V_n : Velocidad media en la sección transversal "n" (m/seg)

A_n : Área de la sección transversal "n"

Para canales abiertos, la ecuación de Momentum es usada en la forma de la ecuación de Manning:

$$Q = K \sqrt{S_f} \quad \text{----- (1.5)} \quad K = \frac{1}{n} AR^{2/3} \quad \text{----- (1.6)}$$

Donde:

K : Transporte (m^{5/3})

S_f : Pendiente de fricción promedio entre secciones transversales.

n : Coeficiente de rugosidad de Manning.

A : Área de la sección transversal.

R : Radio hidráulico.

Cuadro N°1.4

Coeficientes de Manning para canales abiertos

Tipo de Canal	Valor
Concreto pulido	0.012 – 0.013
Concreto frotachado	0.013 – 0.016
Grava firme	0.02
Cauce natural	0.033
Cauces montañosos	0.04 – 0.05

Fuente: Ven Te-Chow - Hidráulica de Canales Abiertos.

El transporte total de una sección transversal es la sumatoria del transporte obtenido de cada sub-división de la sección transversal (terrazza izquierda, canal principal y terraza derecha), aplicando la ecuación 1.6. Con el flujo y el

La variación de la energía entre dos secciones transversales consecutivas es la pérdida de carga:

$$H_2 = H_1 + h_L \quad \text{----- (1.9)}$$

Donde:

H_1 : Energía en la sección transversal 1 (m)

H_2 : Energía en la sección transversal 2 (m)

h_L : Pérdida de energía (m)

La energía perdida entre las dos secciones transversales es la suma de la pérdida por fricción y la pérdida por contracción/expansión; la primera causada por el esfuerzo cortante de la fricción del agua y el fondo del canal, y la segunda, cuando hay expansión/contracción del canal o por presencia de remolinos.

Las pérdidas se expresan de la siguiente manera:

$$h_s = LS_f \quad \text{----- (1.10)} \quad h_o = C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad \text{----- (1.11)}$$

Donde:

h_s : Pérdida por fricción (m)

L : Distancia entre las secciones transversales (m)

h_o : Pérdida por contracción/expansión (m)

C : Coeficiente de contracción/expansión

Cuadro N°1.7

Coeficientes de contracción y expansión para flujo subcrítico

Tipo de transición	Contracción	Expansión
Ninguna	0.0	0.0
Gradual	0.1	0.3
Típica de un puente	0.3	0.5
Abrupta	0.6	0.8

Fuente: Manual de Referencia Hidráulica – HecRAS 3.1.1, 2002.

1.3 Planificación

1.3.1 Alcances y Objetivos de la Planificación

Un país es un sistema conformado por sus centros poblados, sus órganos gubernamentales, sus instituciones públicas y privadas, su población y sus recursos existentes en general. Cada uno de los elementos del sistema “país” deben interactuar de manera coordinada para evitar un conflicto, una crisis o un desastre, al igual que a nivel departamental, regional, provincial, distrital y en las localidades. Para que cada región alcance un desarrollo sostenible, debe tener un plan cuidadosamente elaborado y compatible con un Plan Nacional de Desarrollo, una planificación con objetivos a corto, mediano y largo plazo, que además tome en cuenta la gestión del riesgo, el desarrollo tecnológico y los cambios previstos en el tiempo (clima, recurso, industria, etc.).

La planificación es un conjunto de criterios ordenados con el propósito de obtener resultados positivos y satisfactorios, permite tener en cuenta aspectos que quizá puedan obviarse durante la ejecución de los proyectos. La planificación se define como la consideración ordenada de un proyecto, desde la declaración original de objetivos a través de la evaluación de alternativas hasta la decisión final, incluye todo el trabajo asociado con el diseño de un proyecto, excepto el diseño detallado estructural de ingeniería. La planificación de cualquier proyecto, pequeño o grande, permite realizar un análisis ordenado de su funcionamiento, así mismo, de los efectos que tendrá; esto es importante para encontrar un equilibrio entre la calidad y los costos, para que finalmente se puedan tomar las decisiones más idóneas a las necesidades del país y de las naciones en general. Es necesaria una planificación para evitar conflictos entre naciones, una política gubernamental deficiente, desastres de origen natural o antropogénico, obras y servicios de mala calidad, y en general, una crisis a nivel mundial.

Pero además, la planificación es importante en toda actividad humana, ya que ello determina su desarrollo; pero se le ha ido restando importancia, debido a que cada vez se tiene “menos tiempo”, un fenómeno que ha venido con la globalización.

La planificación tiene por objetivos:

- La calidad de los resultados, ya sea de un producto final, un servicio o una actividad.
- Orden durante el desarrollo de un proyecto.
- Supervisar los objetivos a corto, mediano y largo plazo, así como el cumplimiento de los mismos.
- Considerar todas las alternativas posibles para alcanzar los objetivos. Un esquema de planificación consciente, tomará en cuenta alternativas que quizá puedan ser obviadas.
- Desarrollar el proyecto con efectividad y eficacia.
- Obtener ganancias equitativas en todo nivel, teniendo en cuenta el concepto de desarrollo sostenible.
- La Participación dinámica de cada uno de los involucrados directos o indirectos durante la elaboración y ejecución del proyecto.
- Generar diferentes escenarios y realizar un análisis cíclico, en función al tiempo, el lugar y la información base.
- Reducir gastos innecesarios durante el desarrollo del proyecto, y quizá, luego de la ejecución.
- Eliminar el tiempo que toma corregir los conflictos generados por no llevar a cabo una previa planificación integral.
- Eliminar tiempos muertos durante la ejecución de los proyectos.
- Disminuir los posibles errores durante la elaboración y ejecución del proyecto.

- Evitar conflictos entre las diferentes disciplinas e interesados del proyecto.

1.3.2 Planificación Integrada

Una planificación integrada toma en cuenta todas las disciplinas que puedan contribuir al buen desarrollo del proyecto. Los sectores de trabajo están vinculados entre sí y tienen en cuenta las implicancias que generan cada una de ellas. Para que una planificación sea integrada debe tomar en cuenta el concepto de desarrollo sostenible, integrar el aspecto social, ambiental, técnico y económico; generar un balance entre la población y los recursos existentes (económicos, naturales, tecnológicos, etc.), un crecimiento con participación y equidad, con protección del capital natural para las futuras generaciones.

El proceso de planificación integrada para la gestión del riesgo de desastres (fase pre-desastre), enfocado a la mitigación de inundaciones en zonas urbanas, considera la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad no-física del lugar. Durante la gestión *Correctiva* del riesgo, los profesionales de distintas disciplinas evalúan los recursos aprovechables (naturales, humano, económico, tecnológico, etc.), las características físicas del lugar (condición de viviendas, vías de comunicación, topografía, hidrología y otros), características no-físicas (nivel socio-económico, cultural, educativo, organización y participación ciudadana y gubernamental); y todo los factores que determinan la vulnerabilidad (la susceptibilidad de la población), materia de diferentes disciplinas profesionales, para así determinar la capacidad de respuesta ante la ocurrencia de un desastre. Por otro lado, no descartar la posibilidad de aprovechar una debilidad y/o una amenaza para generar una oportunidad.

El estudio y la evaluación de cada disciplina ayuda a elaborar un plan integral, con participación y equidad, encontrando en el camino posibles problemas y/o debilidades que una de ellas puede generar a la otra; en la etapa de planificación se estructura el trabajo global con participación de todos los interesados

1.3.3 Etapas de la Planificación

La planificación, independientemente del escenario, cuenta con tres etapas bien definidas:

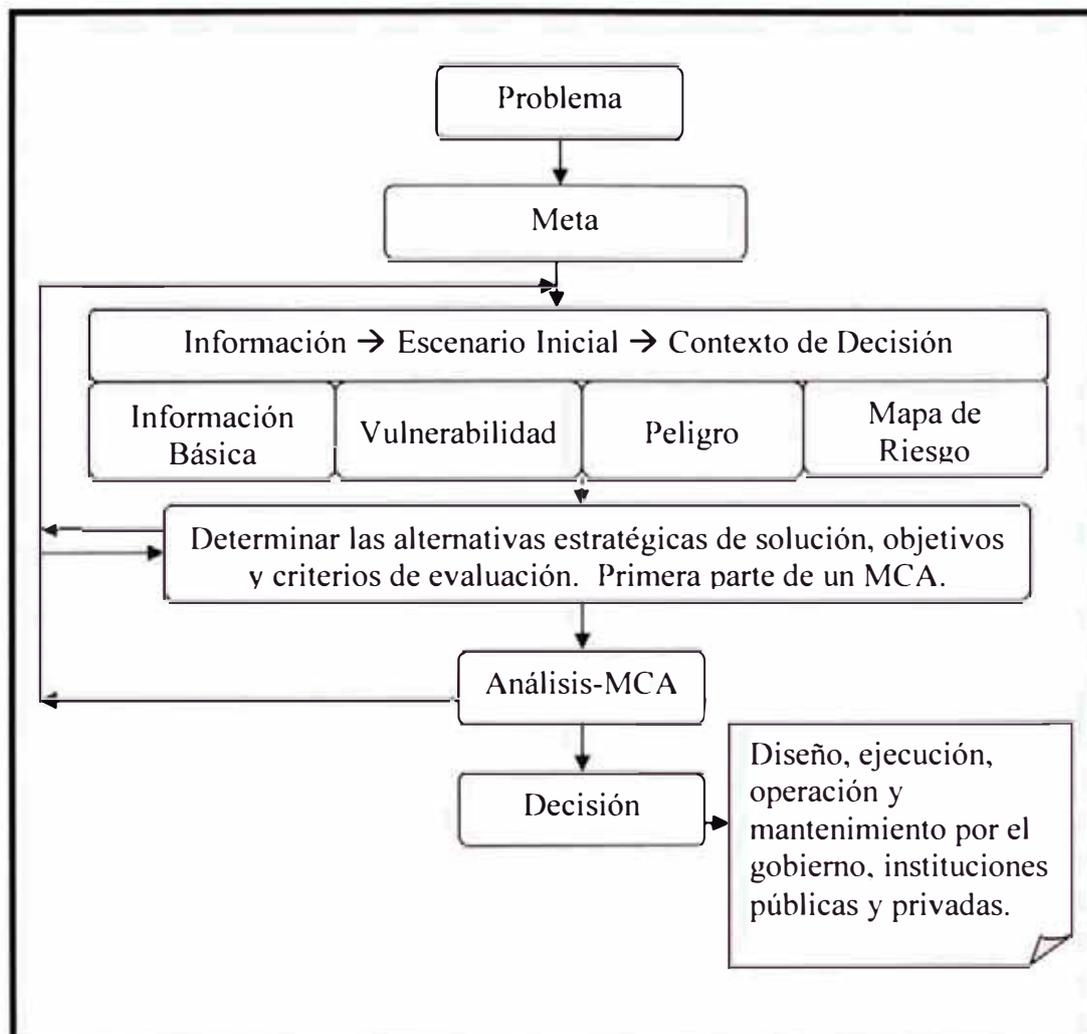
- Etapa I: Definir la meta y objetivos tentativos, ya sea para aprovechar una oportunidad o solucionar un problema; y recopilación de la información básica.
- Etapa II: Definir un escenario inicial (actual); y plantear las alternativas estratégicas de solución, los objetivos finales y los criterios de evaluación.
- Etapa III: Proyectar, analizar y evaluar las alternativas estratégicas (aplicación del MCA), toma de decisión y ejecución de la alternativa elegida.

Dichas etapas están definidas para proyectos de desarrollo, gestión del riesgo y en general para cualquier actividad y/o escenario. En la Etapa I se identifica el problema o la oportunidad, para darle solución o aprovecharla respectivamente, o quizá ambas cosas, teniendo en cuenta que en ocasiones un problema puede llegar a ser una oportunidad. Luego se define la meta y los objetivos tentativos y se procede a la recopilación de información existente. Con dicha información, en la Etapa II, se procede a elaborar un escenario inicial (actual), que ayudará a definir las posibles alternativas estratégicas de solución que apunten a la meta o a solucionar el problema, luego se determina los objetivos y criterios de evaluación. En la Etapa III, dichas alternativas serán evaluadas y analizadas para determinar la posible mejor alternativa de solución, mediante una herramienta de soporte de toma de decisión, como es el Análisis de Multi-criterios. Finalmente, se establece el contexto de ejecución de la alternativa elegida, quedando en manos de los responsables, ya sean instituciones, entes gubernamentales, asociaciones, universidades, gobiernos regionales, ONGs y la población involucrada de manera directa e indirecta, ejecutar el proyecto.

A continuación se presenta un esquema resumen del proceso de planificación en la Gestión del Riesgo de Desastres (en la fase pre-desastre, revisar ítem 1.1.2 Desastre y Medidas de Mitigación). La Figura N°1.8 muestra

las tres etapas de la planificación adaptado al tema de este trabajo, en este caso, la “Gestión del Riesgo de Desastres” en la fase pre-desastre.

Figura N°1.8
Diagrama del Proceso de Planificación en la Gestión del Riesgo de Desastres (Fase pre-desastre)



Fuente: Adaptado. Hufschmidt Maynard y Kindler Janusz, "Approaches to Integrated Water Resources Management in Humid Tropical and Arid and Semiarid Zones in Development Countries", UNESCO, Paris, 1991.

1.3.3.1. Proceso de Planificación en la Gestión del Riesgo de Desastres

El proceso de planificación cuenta con tres etapas para cualquier escenario durante la Gestión del Riesgo de Desastres (**fase pre-desastre**), de tipo Correctivo, ya sea para mitigar y/o prevenir los daños debido a la ocurrencia de un evento en una zona vulnerable.

A. Etapa I

Identificación del Problema.- Se realiza en función a los antecedentes, a la investigación realizada, a los acontecimientos históricos y a la inspección de la zona. Durante la planificación en la Gestión del Riesgo (fase pre-desastre), el principal problema es el posible daño o impacto de los desastres muchas veces incontrolables, generados por la ocurrencia de algún fenómeno de origen natural o antropogénico (inundación, sismos, huaycos, incendios, epidemias) sobre una estructura vulnerable. Por ejemplo, la manifestación de un fenómeno natural extraordinario, como es el caso del Fenómeno El Niño, ocasiona inundaciones, sequías, y otros fenómenos naturales que sumado al alto grado de vulnerabilidad de las zonas urbanas, ocasiona un desastre, una crisis generalizada y recurrente.

Meta y Objetivos Tentativos.- Una vez identificado el problema, se determina cuál será la meta y los objetivos tentativos por alcanzar. Estos estarán en función a la gravedad del problema, a sus causas y consecuencias, y deben seguir un Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres, dentro de un Plan Nacional de Desarrollo Sostenible.

Durante la planificación la meta debe ser reducir los daños, ya sea por inundación, sismos, huaycos, sequías, heladas, incendios, epidemias, etc. Entre los principales objetivos tentativos y visibles al inicio de un análisis, se tiene reducir el área de influencia de la amenaza y aumentar la capacidad de respuesta. Según el Marco Teórico descrito, la disminución de la vulnerabilidad aumenta la capacidad de repuesta, y con ello se reduce el impacto y el riesgo.

Información.- La recopilación de la información es de suma importancia, de ella depende definir bien el escenario inicial en donde se realizará el análisis. La información básica comprende antecedentes históricos de los desastres ocurridos en la zona, características no físicas y físicas propias del lugar. En general, la información a recopilar es la siguiente:

- **Características no físicas de la zona:** el nivel de organización, administración y operación de la zona, legislación, normas vigentes a nivel local, regional o nacional; esto ayudará a determinar los

deberes, las obligaciones y las atribuciones de las autoridades, profesionales y población en general. También las características sociales, económicas, culturales, religiosas, educativas, y otros; con esta información se determina el grado de vulnerabilidad no física de la zona, pero además ayuda a definir las alternativas de solución y/o medidas de mitigación de tipo no estructurales.

- **Características físicas de la zona:** la topografía, la geología y geotécnica, la ecología, el clima, la temperatura, el suelo, la hidrología, el comportamiento hidráulico, y los recursos con los que cuenta (recursos naturales (flora y fauna), económicos, tecnológicos, etc.); con esta información se determina el grado de vulnerabilidad física de la zona, pero además ayuda a definir las alternativas de solución y/o medidas de mitigación de tipo estructural.

B. Etapa II

Determinar el Escenario Inicial.- En base a la información recopilada, se determina el mapa de vulnerabilidad total (vulnerabilidad física y no-física) y el mapa de amenaza o peligro; si se requiere mayor información se puede regresar a la etapa I para complementar la información necesaria; luego, traslapando ambos mapas se obtiene el mapa de riesgo del escenario inicial del análisis. Finalmente, se define el Contexto de Decisión del escenario inicial, teniendo en cuenta los recursos existentes, los participantes directos e indirectos de la problemática y el mapa de riesgo.

Determinar las Alternativas Estratégicas de Solución.- Una vez elaborado el escenario inicial, se procede a plantear las alternativas estratégicas de solución que apunten a reducir el riesgo; éstas pueden ser medidas estructurales o no estructurales, enmarcados en un trabajo integrado con participación de los involucrados directos e indirectos y de los diferentes especialistas; revisar ítem 1.1.2.2 Medidas de Mitigación. En esta etapa también, si se requiere, se puede regresar a la etapa I para complementar la información necesaria.

Determinar los Objetivos Finales y Criterios de Evaluación.- Los objetivos finales se determinan en función a la meta, a los objetivos tentativos planteados en la Etapa I, a las alternativas estratégicas planteadas durante esta etapa y a la información obtenida de la inspección de campo de la zona; finalmente, los criterios de evaluación se definen a partir del tipo de estrategia y objetivos ya definidos. Revisar ítem 1.4.1.2 Proceso de un MCA, paso 3. Si durante este proceso se encuentra que se requiere mayor información se vuelve a la etapa I para complementar la información necesaria.

C. Etapa III

Análisis.- Se procede a evaluar las alternativas estratégicas de solución, es recomendable el uso de una herramienta de soporte, en este caso se propone hacerlo mediante el Análisis de Multi-criterios (MCA) como soporte de toma de decisión, descrito en el ítem 1.4; para ello se requiere proyectar las alternativas propuestas y evaluar su comportamiento dentro del escenario inicial obtenido en la etapa II. De acuerdo al diagrama de la Fig. N°1.8, el proceso es cíclico y si es necesario se vuelve a plantear el escenario inicial para realizar nuevamente el análisis. Finalmente se procede a la selección de la mejor y posible alternativa estratégica de solución.

Decisión.- El paso final queda en manos de los que tienen la potestad de decidir y poner en ejecución el plan para la mitigación de inundaciones, ellos son: los gobiernos locales, las empresas privadas y públicas, las instituciones que velan por la seguridad y el desarrollo del país, las ONGs, las asociaciones y/o la población en general, teniendo en cuenta además, el proceso constructivo, de operación y el mantenimiento de las medidas estructurales y/o no estructurales de mitigación.

Para tomar la decisión, ésta se tomará mejor si se tiene la información procesada, presentada en forma sistematizada, en este caso el MCA ayuda a lograr esto, muestra el comportamiento de todas las alternativas para diferentes intereses políticos, técnicos, económicos, social, etc.

1.3.3.2. Algunos Peligros en la Planificación

Durante el proceso de la planificación es importante reconocer los posibles peligros que pueden causar el fracaso del proyecto; en cada etapa de la planificación, ya que cada una de ellas es un escenario diferente.

La recopilación de información, la inspección de campo y los antecedentes históricos, son de suma importancia; un mal trabajo puede generar un panorama erróneo de la zona, y con ello plantear objetivos irrealistas e inalcanzables. El equipo de trabajo debe ser multidisciplinario, comunicativo y dinámico. Por otro lado, sin un adecuado inventario de los recursos existentes de la zona, se puede plantear alternativas estratégicas irrealizables, lo que trae como consecuencia pérdida de tiempo y un trabajo fantasma.

Otro peligro que suele presentarse durante la etapa de evaluación de las alternativas, es la parcialidad de los evaluadores; esto puede generar la disconformidad del resto de los evaluadores y/o involucrados, principalmente de aquellos que participan de manera indirecta en la evaluación. La equidad y la inclusión de género son factores que se deben tener en cuenta a la hora de evaluar las posibles alternativas estratégicas de solución.

La aprobación y ejecución del proyecto depende de la evaluación preliminar, aunque se corra el riesgo que dicho proyecto quede descartado, y sea finalmente desaprobado; esto puede ocurrir si no se ha planteado bien el panorama, la meta, los objetivos y las alternativas, teniendo en cuenta los recursos disponibles (económicos, naturales, tecnológicos, etc.), así como la eficacia y efectividad del mismo.

1.4 Uso de Herramientas en la Toma de Decisión

1.4.1 Análisis de Multi-criteria (MCA)

Multi-Criteria Analysis (MCA), traducido como Análisis de Multi-criteria, es una herramienta de análisis que establece técnicas para inventariar, clasificar, analizar y estructurar convenientemente la información disponible, relacionada con estrategias alternativas en el planeamiento de un proyecto; permite

categorizar las alternativas estratégicas con respecto a su comportamiento integral a través de criterios de evaluación, y finalmente, presenta un panorama general, muy eficaz en el proceso de la toma de decisión.

Esta metodología de análisis permite representar los efectos de las estrategias evaluadas, ya sean éstos, parámetros cualitativos y/o cuantitativos; permite realizar no sólo comparaciones en términos monetarias, sino sociales y de otros tipos, reflejando muy bien la naturaleza del criterio involucrado en el comportamiento de las estrategias. Además se toma en cuenta aspectos y prioridades políticas, no como una alternativa en la toma de decisión, sino más bien, como una herramienta en este proceso de toma de decisión.

1.4.1.1. Métodos y Técnicas de un Análisis de Multi-criteria (MCA)

Existen muchos métodos diferentes y técnicas de *MCA*, abarcan distintas formas de análisis y, muestran una notable diferencia con los análisis costo-beneficio. Casi todos los métodos *MCA* usan técnicas de evaluación para expresar el rendimiento y/o comportamiento de las alternativas estratégicas en cuadros o figuras ilustrativas, identifica la alternativa más preferida, reduce una lista de alternativas a una más pequeña, lo que permite realizar un análisis detallado, o simplemente reconocer la alternativa menos aceptable.

El Análisis Multi-criteria de decisión (*MCDA*) es una forma de *MCA*, muy aplicada en el sector de organización pública y privada del Reino Unido. Este tipo de análisis presenta un enfoque particular con una serie de técnicas, su objetivo es obtener un orden general de las alternativas estratégicas, desde la más preferida a la menos preferida; las alternativas se diferencian por el progreso de algunos objetivos, y ninguna alternativa será obviamente la mejor en alcanzar todos los objetivos. Por otro lado, es usualmente evidente la aparición de algunos conflictos (***trade off***) entre los objetivos; por ejemplo, las alternativas que son más beneficiosas son además usualmente las más costosas. Los costos y los beneficios son típicamente conflictivos, pero además, los beneficios a corto plazo comparados con los de a largo plazo y los riesgos, pueden ser mayores, y por otra parte, existen las alternativas más beneficiosas.

La utilización de los métodos y técnicas de MCA están en aumento debido a las siguientes razones:

- Existen muchos tipos de decisiones las cuales deben ajustarse a determinadas circunstancias de un MCA.
- El tiempo disponible para emprender un análisis puede variar.
- La cantidad o naturaleza de la información disponible para el desarrollo del análisis puede variar.
- La habilidad analítica de estas herramientas de toma de decisión puede variar.
- Los requerimientos administrativos y la cultura de las organizaciones varía.
- Los escenarios varían con el tiempo, el lugar, la cultura y otros factores.
- Las disciplinas que vienen aplicando esta metodología de análisis son cada vez más.

Se debe tener en cuenta algunos criterios a la hora de seleccionar una técnica de un MCA:

- Consistencia interna y una solidez lógica
- Transparencia
- Facilidad de aplicación
- Requerimientos informativos no inconsistentes con la importancia del propósito considerado.
- Tiempo realista y capacidad de requerimientos de los recursos para el proceso de análisis.
- Capacidad de proveer un entrenamiento oral.
- Disponibilidad de un software donde se requiera.

Los métodos y técnicas ampliamente aplicados en el desarrollo de un Análisis Multi-criteria son:

- Estandarización
- Suma Ponderada
- Comparación Pair-wise (usando la concordancia y la discordancia).

A. Estandarización

Es una técnica que permite homogenizar la unidad de medida de los resultados de cada una de las estrategias con respecto a un criterio. Inicialmente, las calificaciones y/o resultados obtenidos durante el desarrollo de las estrategias con respecto a los objetivos y a los criterios, presentan unidades monetarias, métricas, ordinales, cardinales, etc.; esto hace difícil la comparación del comportamiento de una estrategia con respecto a otra, por lo que la estandarización es una técnica que posibilita esta comparación y hace el análisis más valioso por la amplitud de sus elementos comparativos.

Normalmente la calificación estandarizada está reducida a un número entre 0 y 1, y a veces a un número entre -1 y +1; por ejemplo, en una comparación de las calificaciones entre las estrategias, la posible mejor estrategia se determina en función a la más alta de las calificaciones estandarizadas con respecto a un criterio en particular.

Existen muchas formas de estandarización. Los más comunes son:

- La calificación actual de la estrategia es expresada como una fracción de la mejor calificación de la estrategia con respecto a un criterio en particular. Entonces, la mejor calificación de la estrategia alcanzará uno, es decir una calificación igual a uno. La calificación estandarización de una estrategia no esta influenciada por las calificaciones de otras estrategias.

$$STD_{K,J} = \frac{ACT_{K,J}}{Best_{(1..N),J}} \text{ ---- (1.12)*} \quad \text{Donde:}$$

N: Número de estrategias
alternativas

K: Alternativa; J: Criterio

STD_{K,J}: Estandarizado

ACT_{K,J}: Calificación actual.

Best_{K,J}, Worst_{K,J}: Mejor y peor calificación (valor Alto)

*El cociente se invierte en caso que la mejor o peor calificación sea un valor Bajo.

- Las calificaciones están divididas por la suma de todas las calificaciones. La calificación estandarizada suma uno.

$$STD_{K,J} = \frac{ACT_{K,J}}{\sum_{K=1}^N ACT_{K,J}} \quad \text{----- (1.13)}$$

- La diferencia entre la calificación actual de una estrategia y la peor calificación de las estrategias, dividida por la diferencia entre la mejor y la peor calificación de las estrategias consideradas, con respecto a un criterio. La estrategia está calificada relativamente a la escala de todas las calificaciones consideradas. La mejor estrategia tiene una calificación estandarizada de uno y la peor estrategia tiene la calificación estandarizada de cero.

$$STD_{K,J} = \frac{ACT_{K,J} - Worst_{(1...N),J}}{Best_{(1...N),J} - Worst_{(1...N),J}} \quad \text{----- (1.14)}$$

B. Suma Ponderada

Es un método ampliamente aplicado, permite obtener resultados globales y ponderados por estrategia. Luego de la estandarización, se suma los resultados y se obtiene un valor por estrategia. Para reflejar las preferencias de los involucrados y la importancia de un criterio con respecto a otros criterios, se asigna un peso a cada criterio, y éste factor es multiplicado con los valores estandarizados; finalmente, se suma los nuevos resultados por estrategia. La suma es además llamada "Función Utilidad" para la alternativa K (1...N) con respecto a todos los criterios (1...M):

$$U_K = Y_1 x STD_{K,1} + \dots + Y_J x STD_{K,J} + \dots + Y_M x STD_{K,M} = \sum_{J=1}^M Y_J x STD_{K,J} \quad \text{----- (1.15)}$$

Con:

U_K : La Función Utilidad de la estrategia alternativa K.

Y_J : El coeficiente de peso para el criterio J, donde J va de 1 a M.

$STD_{K,J}$: La calificación estandarizada de la alternativa K para el criterio J.

M: El número de criterios.

La estrategia con la suma más alta de calificación (valor más alto de la función utilidad) es considerada como la mejor estrategia por los coeficientes de pesos dados y el método de estandarización elegido.

C. Comparación Pair-wise (Concordancia y discordancia)

Es un método que determina indirectamente las calificaciones y/o resultados estandarizados de las alternativas. Cada estrategia alternativa es comparada con todas las otras alternativas estratégicas, para cada criterio. Este análisis se puede realizar de manera cualitativa y cuantitativa; aunque, muchos encargados en toma de decisión prefieren realizarlo en términos cualitativos: una estrategia tiene por calificación “mejor” o “mucho mejor” que la otra estrategia con respecto a un cierto criterio.

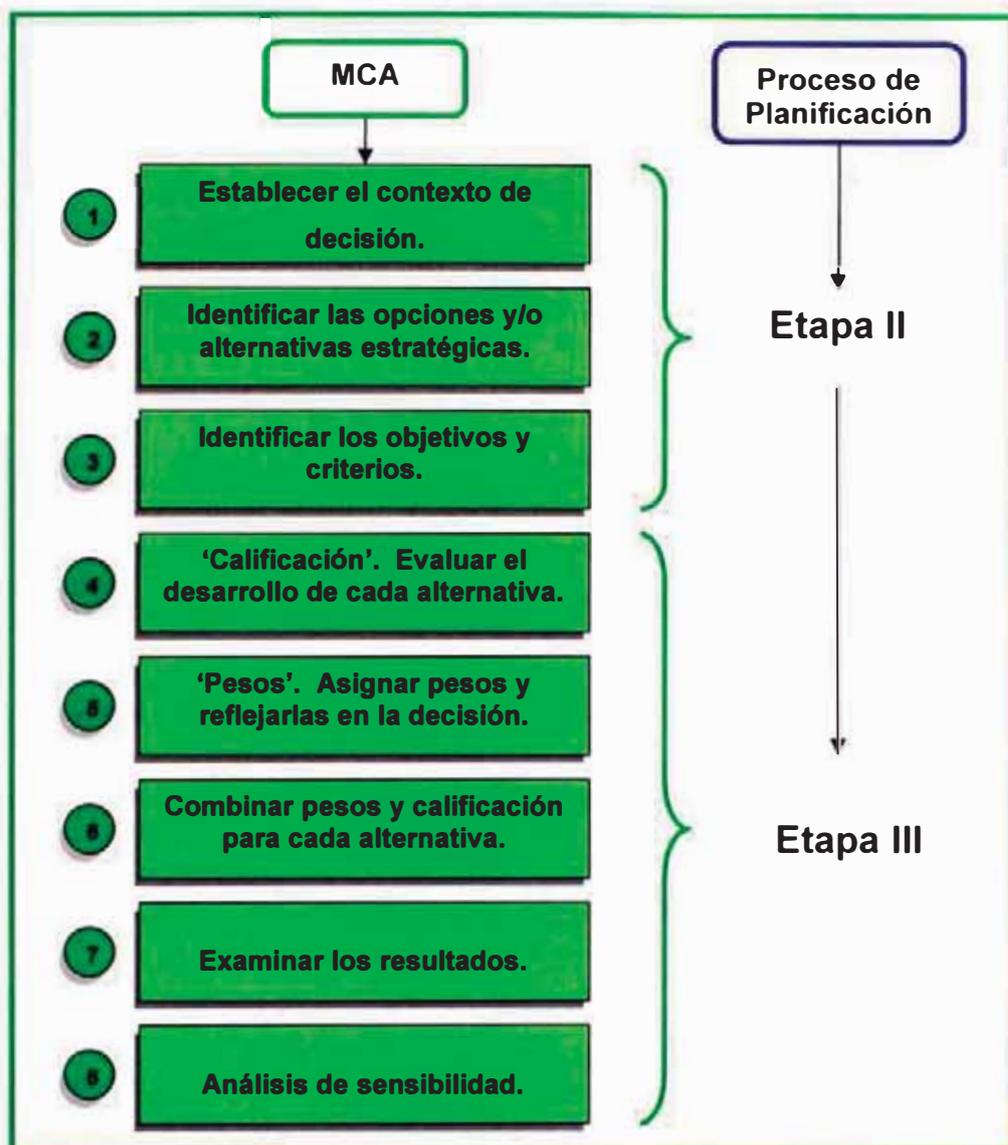
La ventaja de la comparación Pair-wise, son las opiniones vertidas por los que toman decisiones, ya que están mejor definidas. Este método además sirve para definir los pesos para cada criterio; aquí es cuando el método permite tener una apreciación global de la elección, especialmente cuando hay muchos criterios. El método ayuda a definir mejor la elección de los criterios.

Los métodos de Concordancia y Discordancia son aplicaciones del método de comparación Pair-wise, se traduce en términos decisivos cuantitativos. Los métodos están basados sobre los métodos ELECTRE (**E**limination **E**t **C**hoix **T**raduissant la **R**ealité, Benayoum and Roy et al., 1996); su objetivo es seleccionar las alternativas que respondan muy bien a la mayoría de criterios, y no falle drásticamente con respecto a uno o más criterio. Los resultados están expresados por el índice de concordancia y/o discordancia.

1.4.1.2. Proceso de un MCA

Un MCA puede ser usado ya sea “retrospectivamente”, al evaluar asuntos para el cual los recursos han sido ya ubicados, o “prospectivamente”, al evaluar cosas que están a nivel de propuestas. No es necesario distinguir estos dos usos, aunque en la práctica el enfoque se entenderá diferente. El Análisis de Multi-criteria en el proceso de planificación para la toma de decisión comprende ocho pasos; ver Figura N°1.9.

Figura N°1.9
Proceso de un Análisis de Multi-criteria



Fuente: Adaptado de "DTLR multi-criteria analysis manual", NERA (National Economic Research Associates), 2004.

Durante el desarrollo de cada paso se genera dos retos importantes; uno de ellos es asegurar la consistencia lógica de los pesos y los resultados determinados; el otro reto, en algunos casos, es afrontar correctamente el enorme problema social debido a la diferencia de valor entre los criterios, manejados por diferentes contribuyentes.

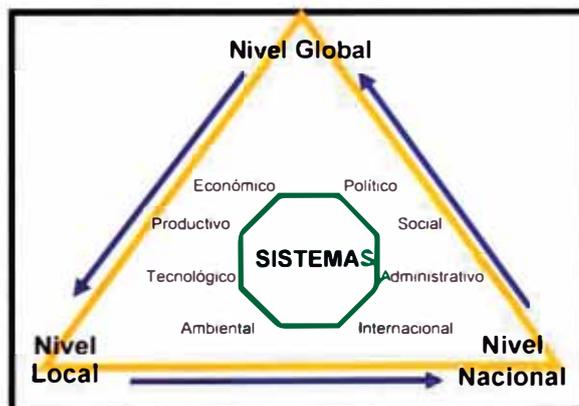
La toma de decisión debe seguir una secuencia como la descrita en la Figura N°1.9, y evalúa los resultados en la práctica teniendo en cuenta también

las decisiones pasadas; puede ser aplicado en el desarrollo de un plan político, un plan con fines de desarrollo, un programa o un proyecto en general.

Los primeros pasos del MCA tiene por objetivo conocer a fondo a lo que nos vamos a enfrentar, establecer las reglas de análisis, conocer a detalle el entorno, ordenar la información y establecer los principales agentes participativos; bastante parecido a un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas). Esto comprende los tres primeros pasos.

Paso 1: Establecer el contexto de decisión.- Implica establecer un conocimiento claro y compartido del contexto de decisión, un panorama completo de la estructura administrativa, política, técnica, económica, ambiental y social que encierra la decisión a ser tomada, para evitar un conflicto entre los participantes activos y pasivos. La Figura N°1.10 "Factores condicionantes del Desarrollo Sostenible (DS), describe gráficamente las consideraciones antes mencionadas para establecer el contexto de decisión.

Figura N°1.10
Factores condicionantes del DS (Desarrollo Sostenible)



Fuente: Adaptado. Informe Brundlant, Negrão Cavalcanti, 2000.

Es importante tener clara la meta del análisis para evitar un conflicto entre los participantes activos y pasivos. Se debe plantear las siguientes preguntas: ¿Cuál es la meta de un Análisis de Multi-criterias en el proceso de la toma de decisión? Asumir un problema y que se le pueda brindar un análisis adecuado; esto no quiere decir que el propósito es arreglar el

problema a través del análisis, ya que conforme el análisis progresa, aparecerán nuevos elementos y a veces surgirá hasta nuevos problemas, lo que puede significar posiblemente un cambio o un desvío de los objetivos.

Así mismo, se determina los encargados de la toma de decisión, los participantes directos e indirectos en el análisis ("*key players*" y "*stakeholders*") y al moderador del análisis ("*facilitator workshop*"). Los "*key players*" son elegidos para representar las perspectivas del análisis, ellos contribuyen de manera significativa en el análisis, muchas veces representan a un "*stakeholder*"; éstos últimos posiblemente realizarán inversiones financieras como consecuencia de la decisión, ellos velan los intereses de su organización afectados por la decisión. ¿Cuándo y cómo los "*stakeholders*" y los "*key players*" contribuyen en el análisis? En la parte social del diseño. ¿De qué forma es aplicado el análisis y cómo será implementado? Este es un aspecto técnico. Los aspectos sociales y técnicos del sistema son considerados a la vez durante un análisis para asegurar el alcance de los objetivos. Finalmente, el "*facilitated workshop*", no tiene intereses en común con los "*key player*", él será un moderador, un guía imparcial, se encarga de crear y organizar sesiones para intercambiar información entre los participantes de las diferentes áreas y cuidar que todos sean escuchados, entender la orientación del grupo más allá de refutar o rechazar algún argumento, y es sensible con los efectos del proceso.

Es importante responder las siguientes preguntas: ¿Cuál es la situación actual? ¿Cuáles son las metas que serán alcanzadas? ¿Podría una estructura diferente hacer mucho más fácil el alcance de los objetivos? ¿Qué fortalezas pueden ser movilizadas para alcanzar las metas? ¿Qué debilidades puede impedir el progreso? ¿Qué oportunidades existe ahora y puede aparecer luego para facilitar el progreso? ¿Qué amenazas puede crear obstáculos? Un análisis FODA es realmente útil en el desarrollo de las alternativas latentes durante el paso 1, esto es, buscando las fortalezas, las debilidades, las oportunidades y las amenazas. Los participantes podrán generar alternativas elaboradas sobre las fortalezas, para remediar

las debilidades, aprovechar las oportunidades y minimizar las amenazas, sin olvidar las alternativas que intentan alcanzar las metas.

Otro aspecto del contexto de decisión tiene que ver con el ambiente político, económico, social y tecnológico (PEST), en el cual el análisis estará conducido. Los elementos del PEST y lo que se puede desarrollar en el futuro dentro del análisis de un escenario, estimula a los “*key players*” a desarrollar alternativas y considerar objetivos posiblemente ignorados.

Paso2: Identificar las opciones y/o alternativas estratégicas.- El siguiente paso es identificar las alternativas estratégicas, teniendo en cuenta de manera integral los factores del DS en los diferentes sectores, y contribuir en alcanzar la meta. A veces, el problema es la enorme lista de alternativas, y debe ser evaluada mediante las técnicas del MCA para obtener una lista de alternativas estratégicas depurada. Las alternativas potencialmente sensibles luego necesitarán ser desarrolladas al detalle, con un diseño político o a través de pequeños proyectos investigados individualmente.

Predefinir las alternativas al inicio no quiere decir que éstas serán las definitivas. Muchas aplicaciones realizadas han demostrado que las alternativas son un producto del pensamiento humano, y por lo tanto son susceptibles a las influencias de los prejuicios. Es lo que ocurre comúnmente al desarrollar algunas alternativas en situaciones de amenaza; por ejemplo, cuando la mejor opción es afrontar y aprovechar las oportunidades. Un error común es probar y analizar sólo una alternativa, bajo la suposición que no hay más alternativas; siempre hay más alternativas en el presente, y se le debe hacer un análisis propio a esas también.

Las alternativas pueden ser definidas en función a la información recopilada y a los recursos existentes; sin embargo, existen alternativas que dependen del financiamiento económico, y son hechas para generar mayor ingreso económico. Pero estas sólo son viables y financiadas si mantienen un enfoque claro de los objetivos, y el ingreso económico que se desea obtener. Todo los casos, ya sean alternativas dadas para ser

desarrolladas, la conducción del Análisis para la toma de decisión debe estar abierta a la posibilidad de modificar las alternativas o agregar otras, conforme el análisis progresa.

Paso3: Identificar los objetivos y criterios.- Las buenas decisiones necesitan objetivos claros. Estos deben ser específicos, cuantificables, acordados, realistas y dependientes del tiempo. Es a veces útil clasificar los objetivos de acuerdo a su nivel entre objetivos últimos, intermedios e inmediatos. Por otro lado, para establecer los objetivos y criterios se necesita definir dos cosas: los encargados de la toma de decisión (con el objetivo de establecer los objetivos) y además la gente que puede ser afectada por la decisión.

Los criterios son específicos y permite medir a los objetivos, tienen un nivel inferior a los objetivos; éstos últimos tienen el nivel de padres, ya que de ellos provienen los criterios. Los criterios expresan las diferentes maneras con que las alternativas manifiestan su desarrollo, pueden ser cuantificados no sólo a través de unidades monetarias, sino además por otras unidades de medida que expresan parámetros cuantitativos y cualitativos. Si las alternativas están previamente definidas, un modo de identificar un criterio es preguntarse: cómo las alternativas difieren entre sí de manera considerable; esto es llamado '*bottom - up*', analizar hacia un nivel superior. Una investigación '*top-down*' es preguntar por el objetivo, propósito, misión u objetivos globales que serán logrados.

Paso4: Analizar las alternativas estratégicas.- El análisis de las alternativas estratégicas en un escenario establecido, se da a través del modelamiento de dichas alternativas, con el fin de evaluar su desarrollo. Las formas más comunes de análisis de las alternativas a nivel de gobierno son: el análisis financiero, el análisis costo-efectividad y, en algunas áreas, el análisis costo-beneficio, mayormente relacionado con valor monetario; el Análisis Multi-criterios tiene otro enfoque, abarca otros parámetros que se han venido ignorando en muchos análisis.

Un análisis simple sólo requiere elaborar una matriz de desarrollo, un "*Scorecard*"; el resultado del análisis de un sistema, por ejemplo, el

comportamiento de la estrategia con respecto a un criterio, es representado en una ficha de calificación o clasificación, llamado "cuadro de efectos del proyecto, cuadro de impactos, cuadro de evaluaciones, cuadro de resultados, cuadro de efectividad", o simplemente llamado "*Scorecard*".

Paso5: Asignar pesos a cada uno de los criterios.- Esto permite reflejar la importancia relativa de los criterios en la decisión; para ello es importante la participación de todo los involucrados en el problema. Las escalas de preferencia aún no pueden combinarse debido a las variadas preferencias en unidades de medida. Por ejemplo, las escalas *Fahrenheit* y *Celsius* incluyen segmentos de 0 a 100 dentro de 180°F y 100°C, pero las últimas cubren un rango mayor de temperatura porque un grado Celsius representa en cambio nueve-quinto más de temperatura que un grado Fahrenheit.

El peso en un criterio refleja el rango de diferencia entre las alternativas, y qué tanto esa diferencia puede ser un obstáculo. Los pesos se representan numéricamente, de manera consistente, teniendo en cuenta la relación entre la proporción y su valoración; por ejemplo 100 y 0 u otros números.

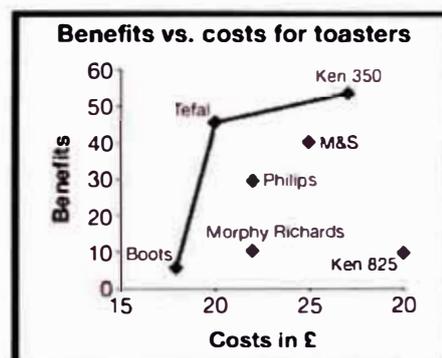
La definición de los pesos es fundamental para la eficacia del Análisis de Multi-criteria en el proceso de toma decisión. Comúnmente estos pesos se generan de la percepción de la gente involucrada en el problema; es recomendable realizar una reunión para tratar este tema, sus desventajas, compararlas y llegar a un acuerdo. Si no hay un acuerdo, entonces podría ser mejor tomar dos o más escenarios. Aun cuando no se llega a un acuerdo, el conocimiento explícito de los escenarios con diferentes pesos y sus consecuencias facilitan la búsqueda extensa para el compromiso aceptable.

Paso6: Suma ponderada.- Es un método que permite combinar los pesos y/o la calificación para cada alternativa y obtener un valor global. Se multiplica las calificaciones con los pesos (las preferencias establecidas) y luego, sumando estos resultados en cada nivel de la jerarquía, se obtiene

un valor global y ponderado. El Anexo B presenta un ejemplo de esta aplicación.

Paso 7: Examinar los resultados.- La selección y/o ordenamiento de las alternativas está en función a la calificación global ponderada; esto indica cuánto mejor está una alternativa con respecto a otra. Por ejemplo, si las calificaciones totales para las alternativas A, B y C son 20, 60 y 80, la diferencia en la intensidad global de preferencia entre A y B es dos veces tan grande que entre B y C. Otra forma de examinar es por ejemplo la mostrada en la Figura N°1.11; en la parte superior del gráfico se encuentran las alternativas más rentables, éstas 'dominan' a las alternativas ubicadas al inferior del gráfico, porque son más beneficiosas y menos costosas.

Figura N°1.11
Beneficios vs. Costos



Fuente: NERA (National Economic Research Associates), "DTL multi-criteria analysis manual", 2004.

Los resultados de un Análisis de Multi-criteria en el proceso de toma de decisión necesitan ser interpretados antes de que se tomen las decisiones. En estas reuniones de trabajo, los participantes tienen la tarea de examinar el resultado del MCA, probando la validez de los resultados, analizando los posibles impactos en las organizaciones, y formulando nuevas propuestas para continuar con el análisis.

Paso 8: Análisis de Sensibilidad.- El análisis de sensibilidad examina hasta que punto lo trivial de lo estipulado o discordancias entre las personas, afectan los resultados finales. Es muy útil sobretodo para la

apreciación de esquemas o proyectos de interés general, debido a la elección de pesos que pueden ser contenciosas.

El paso final en el proceso de la toma de decisión es la selección actual de la alternativa u opción. Se necesita ver este paso por separado. La decisión final puede a veces ser tomada por alcaldes, por ministros, dependiendo del contexto político.

1.4.1.3. Ventajas y desventajas de un MCA

Se puede llevar a cabo muchos análisis para entender mejor los problemas asociados al proceso de toma de decisión. Estos análisis se facilitan con la ayuda de programas de cómputo, diseñados para ejecutar un MCA en el proceso de toma de decisión; además, se obtienen gráficos y cuadros ilustrativos que permite a los usuarios establecer rápidamente ventajas y desventajas para cada alternativa, compararlas y señalar dónde podrían mejorar las alternativas.

Es recomendable y muy útil, comparar las alternativas cuando el comportamiento de una de ellas está regido a una norma estándar, ya que se identifica diferencias muy notables en las calificaciones de las preferencias, entre cada par de alternativas y sobre un criterio importante; lo que ayuda en el proceso de desarrollo y a mejorar las alternativas. Por otro lado, la comparación entre las alternativas con la mejor calificación en los beneficios y la menor en costos, es también muy útil. A continuación, algunas otras ventajas:

- Es abierta y explícita
- La selección de objetivos y criterios por el equipo encargado de la toma de decisión, está abierta a un análisis y es posible cambiarla si la consideran inapropiada.
- El desarrollo de las alternativas puede ser subcontratado por expertos, esto es, no es necesario que el equipo que toma las decisiones tenga esa responsabilidad.
- Provee un importante aporte en la comunicación, ya sea dentro del equipo encargado de la toma de decisión o entre este equipo y la comunidad involucrada.

1.4.2 Otras Herramientas

1.4.2.1. Técnicas basadas en criterios monetarios

Existen muchas técnicas de soporte para toma de la decisión, las cuales básicamente están basadas en el valor monetario de los impactos de las alternativas; además, pueden ser incluidas dentro del Análisis de Multi-criterio (MCA), ya sea como un criterio de evaluación o un criterio de selección.

A. Análisis Financiero

Se emplea para comparar dos o más proyectos, y para determinar la viabilidad de la inversión de un solo proyecto. Determina la tasa de rentabilidad financiera que ha de generar el proyecto; calcula las utilidades, pérdidas o ambos que se estiman obtener en el futuro, a valores actualizados.

B. Análisis Costo-Efectividad

Cuando existe más de una alternativa, se elige alcanzar un objetivo específico, un objetivo propio que no puede ser valuado; en este caso, es usado un análisis de costo-eficiencia, para evaluar la manera del menor costo en el alcance de los objetivos (se toma en cuenta las diferencias de la calidad).

El análisis costo – efectividad debe incluir oportunidad de costos no efectivo, así como el uso de cualidades propias del equipo que se deja, los cuales podrían por otro lado darle otro uso. Esto además incluye costos externos, si es posible valorarlos en términos monetarios.

C. Análisis Costo-Beneficio

El análisis costo-beneficio necesita valorar los impactos esperados de una alternativa en términos monetarios. En la práctica es difícil evaluar los costos y los beneficios de las alternativas en términos monetarios, muchas veces no se toma en cuenta la calidad ambiental, la calidad del aire local, los cambios del clima, la calidad del agua, la diversidad, el terreno, etc.

CAPÍTULO II

CARACTERIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA PARTE BAJA DEL RÍO CHILLÓN ANTE UNA INUNDACIÓN

CAPITULO 2: CARACTERIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE LA PARTE BAJA DEL RÍO CHILLÓN ANTE UNA INUNDACIÓN

2.1 Antecedentes Históricos

Las inundaciones son fenómenos naturales recurrentes, frecuente en cuencas hidrográficas del territorio peruano debido a las características inherentes de éstas; la frecuencia de estos fenómenos y el incremento de la vulnerabilidad han incrementado drásticamente los daños generados producto de inundaciones a lo largo de la historia.

Los desastres causados por las inundaciones ocurren básicamente por el grado de vulnerabilidad existente, consecuencia de un proceso de desarrollo no sostenible; prueba de ello son, el fenómeno demográfico (crecimiento desordenado de ciudades), la aguda contaminación ambiental (ríos con desechos), la escasez de recursos económicos (inadecuada infraestructura), técnicos y naturales; en resumen, una penosa calidad de vida de la población.

En el valle Bajo del Río Chillón, comprendido entre los 450 y 0 m.s.n.m. aguas abajo de la Hacienda Caballero y la desembocadura, han ocurrido numerosas inundaciones, generando enormes daños a la población y muchas pérdidas económicas. A continuación se reseña las inundaciones históricas ocurridas:

- Año 1891, los desbordes del Río Chillón provocados por El Niño, destruyeron el puente (hoy Puente Panamericana) sobre el cual se asentaba la línea férrea Lima – Ancón que venía operando desde 1870. La circulación quedó interrumpida por quince días siendo luego rehabilitada.
- Año 1925, nuevamente el fenómeno de El Niño provocó daños similares a los que ocurrieron el año 1891. Las casas hacienda que todavía se

encuentran en el valle inferior se encuentran protegidas del desborde del río, debido a su distante emplazamiento (Punchauca y Caballero).

- El 15 de Enero de 1970, debido a las intensas precipitaciones pluviales en la región de la serranía y a las excepcionales lluvias costeñas, aumentó el caudal del río; por otro lado, la incapacidad del cauce para soportar tal creciente, dio lugar al desborde del río Chillón que inundó gran parte de las tierras de cultivo y las viviendas del sector Chillón Bajo, causando gran alarma entre los pobladores.

Las características de este fenómeno se describen a continuación: A 300 m de distancia, aguas abajo del Puente Chillón, el río desbordó por su margen derecha, abriendo un nuevo cauce de un ancho aproximadamente de 200 a 300 metros, que erosionó y destruyó la carretera (hoy Panamericana Norte); inundó la mayor parte de las tierras de cultivo, la localización de Chillón Bajo y las viviendas. Las aguas alcanzaron una altura de 1.20 m, formando en los terrenos de cultivo masas fangosas o lodos que duraron algún tiempo en secarse. A consecuencia del desborde los habitantes de la zona tuvieron que abandonar sus viviendas y pernoctar en los cerros circundantes.

En el tramo comprendido entre el Puente Chillón y el Puente Inca, el río se encañona y forma una curva que dificulta la libre circulación de las aguas del río; pasando el puente, el río nuevamente se extiende y origina inundaciones en las Haciendas Chuquitanta y Culebras¹.

- Año 1998, las inundaciones afectaron a la población agrícola asentada sobre las planicies de inundación del río, destruyendo sus viviendas y cultivos; estos pobladores tuvieron que buscar refugio en las casas haciendas existentes. Este mismo año, las inundaciones por desborde afectaron la Zona de Chuquitanta y San Martín de Porres, ya que en esta zona no existe defensas ribereñas adecuadas, el caudal de avenida fue de $70 \text{ m}^3 / \text{seg}$, con un periodo de retorno de 10 años. El área afectada fue aproximadamente 20 ha, quedando dañados cultivos y viviendas rurales.

¹Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Chillón, INGEMMET, Lima, 1979.

- El 15 de Marzo del 2001, el sector afectado por las inundaciones fue la urbanización San Diego, comprendida entre el Puente Panamericana y el Puente Inca. Según se registró, en horas de la madrugada, el Río Chillón presentó un caudal aproximado de 40 – 60 m³/seg., el agua se desbordó por la margen izquierda a la altura del parque Virgen de Guadalupe, esto ocurrió por falla de las defensas ribereñas. Aparentemente, los caudales que causan desborde son menores ahora, debido a la “sedimentación” que ha ocurrido con las avenidas. La zona urbana, ubicada en zona de planicie, se encuentra por debajo del nivel del lecho del río, característica topográfica que facilitó el ingreso de las aguas a la zona urbana, y provocó un embalsamiento que originó la inundación permanente de un gran sector de viviendas. La intervención de la mano del hombre en el río, por la necesidad de desarrollar viviendas y agricultura, han ido estrechando el ancho natural del río. Estas alteraciones han producido importantes cambios morfológicos en el río, tales como la degradación, erosión de grandes proporciones del lecho del río a lo largo del tiempo, de ahí la diferencia de nivel entre la zona urbana y el lecho del río.

Este desastre afectó a la población asentada en la llanura de inundación, 1949 pobladores y 388 de las 2887 viviendas de la zona, innumerables pérdidas materiales. Según testimonio de los pobladores que vivieron esa tragedia, el agua alcanzó alturas de hasta cuatro metros. Muchas viviendas fueron afectadas estructuralmente; actualmente, muchas de esas viviendas se encuentran corroídas por la humedad y llena de hongos, otras han sido abandonadas, y las pistas están maltrechas. Este desastre dejó como consecuencia muchas epidemias que hasta el día de hoy sufre la población, muestra de ello son niños y adultos que adolecen de males respiratorios como asma y problemas de la piel.

Es preciso enfatizar que el desborde del río Chillón ocurrió justamente por las débiles defensas ribereñas y por la falta de limpieza del cauce, sumado a la débil cimentación de las torres de alta tensión ubicadas en la margen izquierda.

Foto N°2.1
Inundación ocurrida en San Diego, 2001



Fuente: Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno de El Niño (IMEFEN).

Foto N°2.2
Inundación ocurrida en San Diego, 2001



Fuente: Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno de El Niño (IMEFEN).

2.2 Inspección de Campo

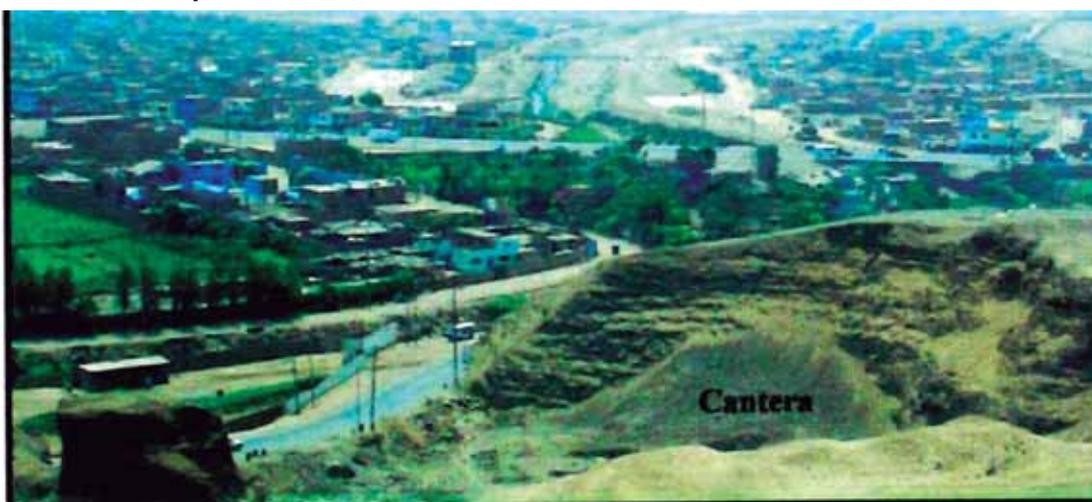
Actualmente, la parte baja de la cuenca del Río Chillón está conformada por los distritos de El Callao y Ventanilla (provincia constitucional del Callao), San Martín de Porres, Puente Piedra, Los Olivos y Comas (provincia de Lima), es enteramente zona urbana y alberga una población de nivel C (popular), D (pobre) y E (muy pobre). La expansión urbana ha ido creciendo sin una previa planificación lo que ha ido incrementando la vulnerabilidad, es decir la susceptibilidad ante un peligro de origen natural o antropogénico.

En la zona de la desembocadura se encuentran los asentamientos humanos Alfredo Villac y Márquez (margen izquierda) y Víctor Raúl Haya de la Torre (margen derecha), pertenecientes a los distritos del Callao y Ventanilla respectivamente, se encuentran en zona de planicie. Las viviendas en dicha zona son en su mayoría de material noble, con un pequeño sector de viviendas hechas de madera. La vulnerabilidad aumenta en el área debido a la inestabilidad de los diques que está conformado por material apilado.

Foto N°2.3

Desembocadura del Río Chillón, 2006

A. H. Márquez

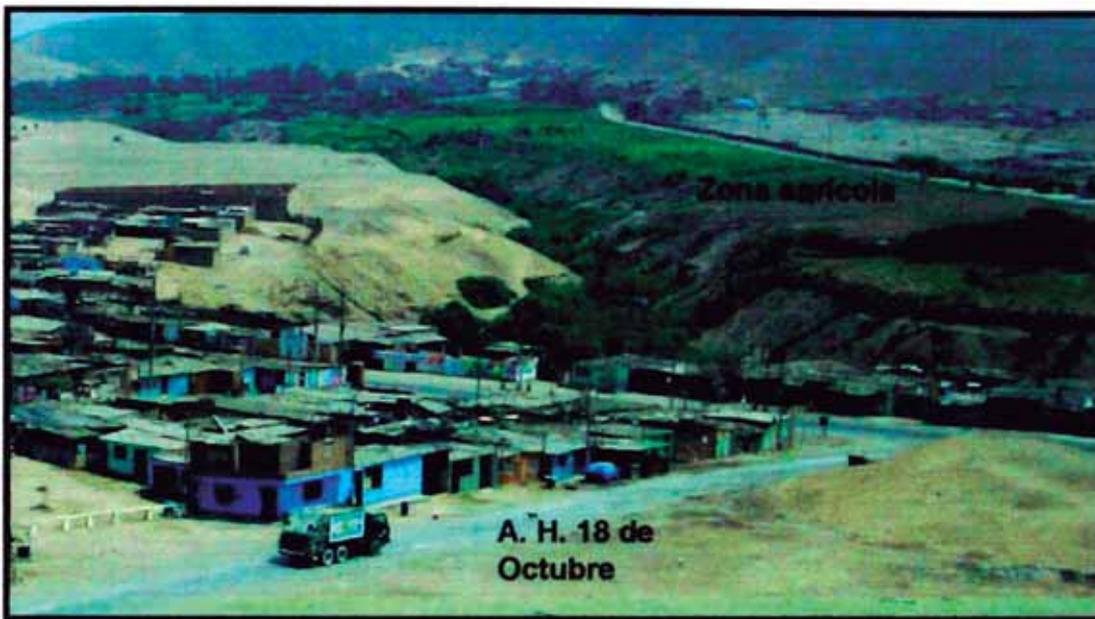


Se aprecia la desembocadura del río Chillón, y los asentamientos humanos Víctor Raúl Haya de la Torre (margen derecha), Alfredo Villac y Márquez (margen izquierda), y el puente Chillón (Gambeta).

Se ha observado mayor expansión urbana en los distritos de Ventanilla y el Callao, prueba de ello son los asentamientos humanos ubicados en ambas márgenes del Río Chillón. A diferencia de la zona de San Diego en el distrito de San Martín de Porres, el nivel del terreno se encuentra muy por encima del lecho del río, cuya profundidad alcanza hasta diez metros; pero, por otro lado, las viviendas se encuentran muy cercanas al río, generando una situación también riesgosa.

Foto N°2.4

Expansión urbana en la margen derecha del Río Chillón, 2006



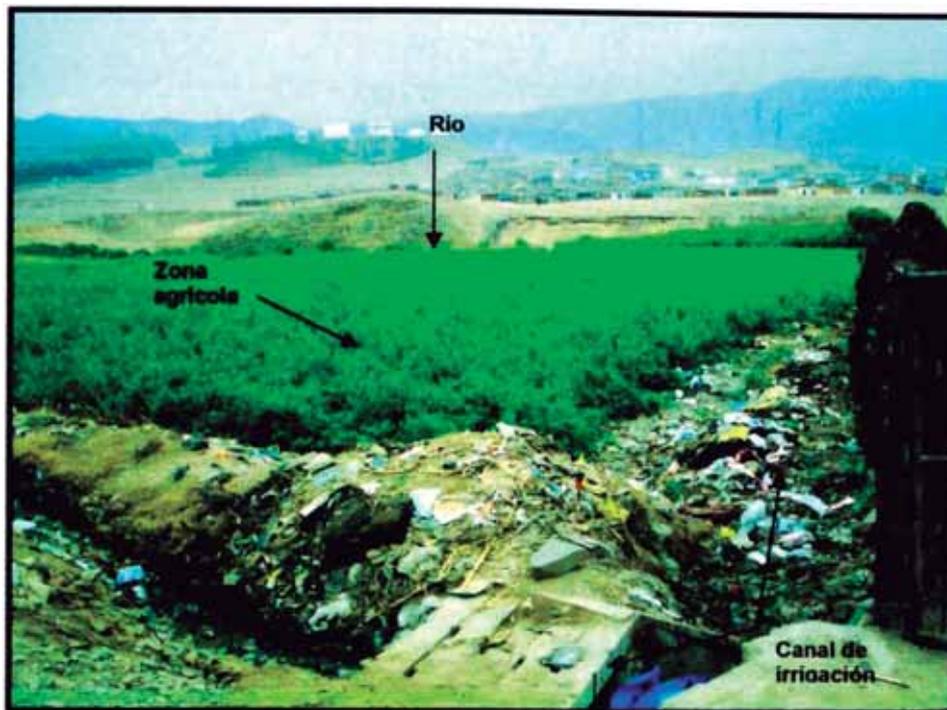
Se aprecia los asentamientos humanos 18 de Octubre y Virgen de las Mercedes, asentada en la margen derecha del río Chillón, distrito de Ventanilla.

Así mismo, se han desarrollado pequeñas áreas agrícolas (Huertas del Paraíso) en la margen izquierda, las que se abastecen de agua a través de un canal colector que se inicia aguas arriba; lamentablemente, el agua captada se encuentra bastante contaminada y la calidad empeora aún más a lo largo del canal, debido a que los pobladores arrojan gran cantidad de basura y desechos cloacales; las cosechas son usadas como parte del autoconsumo de la población y para uso comercial. Este es un foco infeccioso que genera una cadena de contaminación, dañando directamente la salud de la población y, haciéndola vulnerable ante una inundación.

Ver Anexo D Monitoreo del Río Chillón, se presenta resultados de la calidad del agua.

Foto N°2.5

Foco contaminante, Callao



Se observa el canal de irrigación colmatado de basura, cerca del río Chillón. Enero del 2007.

Callao y Ventanilla son quizá los distritos con mayor grado de contaminación, no sólo por la basura arrojada al río Chillón, sino también, debido a los focos infecciosos y a las fábricas que operan muy cerca de la zona. Uno de estos focos infecciosos es el relleno sanitario que recoge los desechos de casi todo Lima, está ubicado muy cerca del asentamiento humano 18 de Octubre y la asociación Virgen María, en la margen derecha del río, distrito de Ventanilla; hace más de 10 años, según comentan los pobladores del lugar, muchos niños y adultos trabajaban reciclando basura, y muchas personas adquirieron enfermedades incurables, y la evaluación realizada por el Ministerio de Salud y entes internacionales a favor del medio ambiente, se encontró al 90% de las personas infectadas con TBC.

En caso de desastre, los daños a la salud de la población serían de consideración, generándose epidemias, enfermedades crónicas y hasta incurables.

Foto N°2.6
Foco contaminante, Callao



Se observa gran cantidad de basura arrojada al río Chillón. Enero del 2007.

Foto N°2.7
Foco infeccioso debido a un relleno sanitario, Ventanilla.

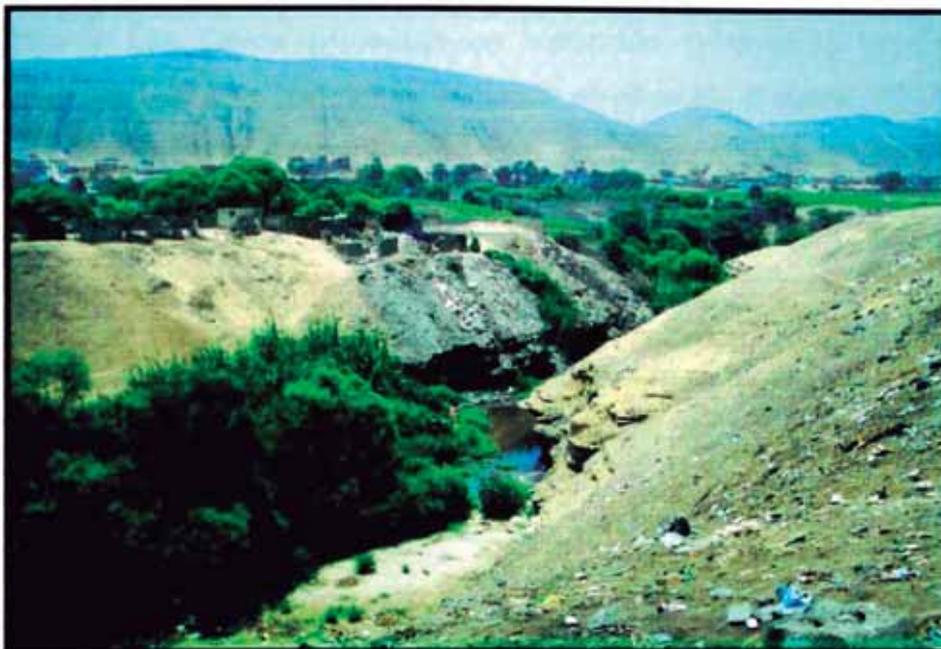


Se puede observar el relleno sanitario ubicado muy cerca del Asentamiento Humano 18 de Octubre y la Asociación Virgen María, un foco infeccioso que empeoraría los daños ante la ocurrencia de una inundación. Diciembre del 2006.

El sector entre el puente Gambeta y el ex puente Inca, distritos de Ventanilla, Puente Piedra y San Martín de Porres, se encuentra en proceso de expansión urbana, existen pequeñas asentamientos humanos asentados en el lugar, áreas desérticas, y pequeñas zonas agrícolas. En el lugar se requiere de un ordenamiento territorial para no generar nuevos escenarios vulnerables.

Foto N°2.8

Contaminación en los distritos de Ventanilla y Callao



Se observa la coloración oscura del agua contaminada y, los desechos sólidos arrojados desde ambos márgenes del río. Noviembre del 2006

Foto N°2.9

Sector entre el Pte. Inca y Pte. Gambeta.

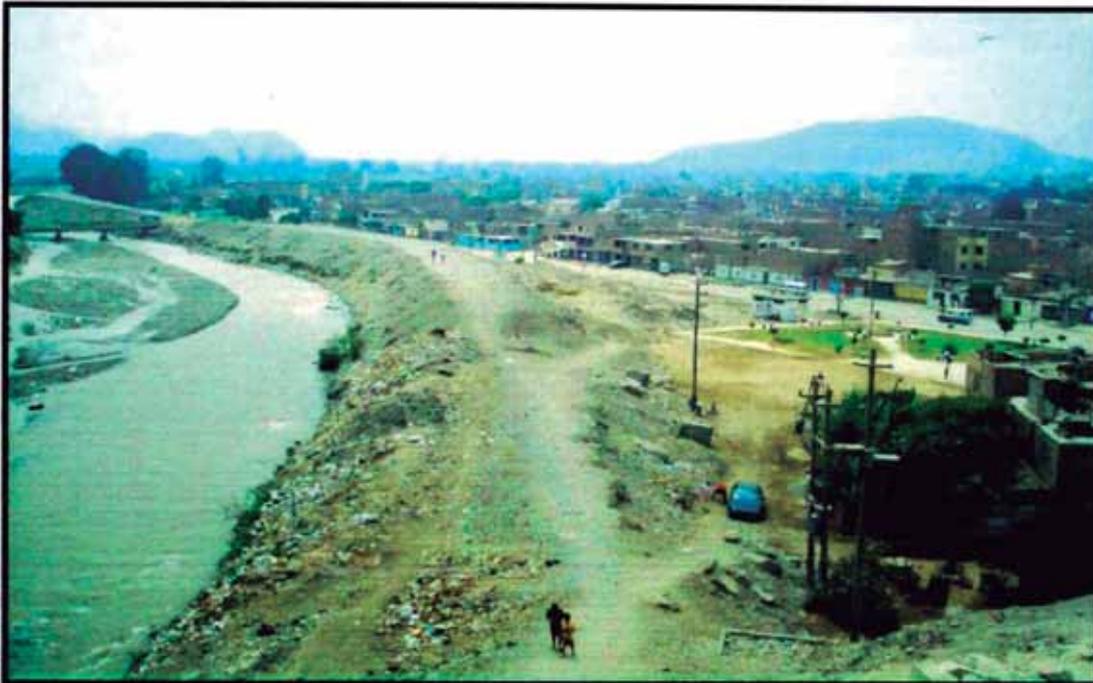


Asentamientos Humanos en proceso de expansión, una vía adyacente al río, dique conformado por material de desmonte; factores que pueden generar una situación vulnerable.

Los distritos de San Martín de Porres y Comas se encuentran más poblados, debido a la constante migración de provincianos y a la actividad económica que se desarrolla en el lugar. Los distritos de Puente Piedra, Ventanilla y Los Olivos presentan un acelerado crecimiento urbano; los asentamientos humanos han ido aumentando en situación precaria, ubicándose en zonas de alto riesgo a peligros naturales; un ejemplo son los grupos urbanos asentados en la zona de planicie, en ambas márgenes del río Chillón.

Foto N°2.10

Expansión urbana margen izquierda – San Martín de Porres, 2006



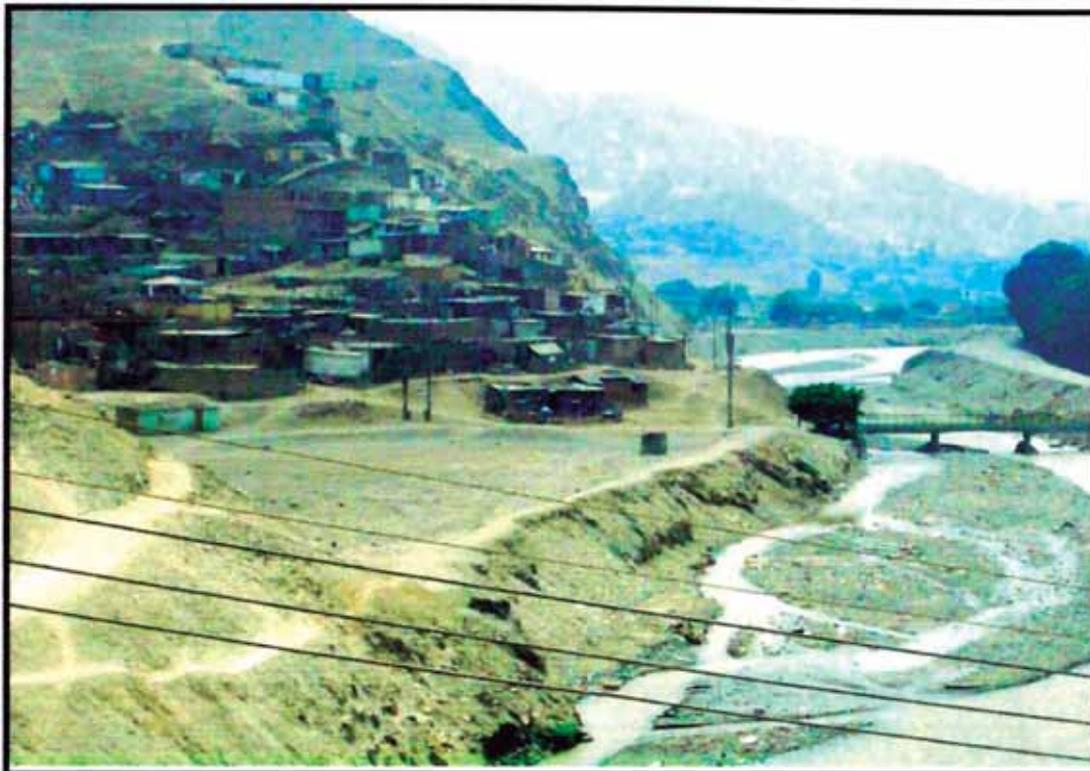
Se puede apreciar en la margen izquierda del río Chillón, la urbanización San Diego – distrito de San Martín. El nivel del lecho del río está por encima del nivel del terreno de la zona urbana. Así mismo, se aprecia las torres de energía eléctrica muy cercana al río, situación que incrementa la vulnerabilidad de la zona.

En la margen derecha del río Chillón, a la altura del puente Nueva Esperanza, se ubica el asentamiento humano Nueva Esperanza y otras localidades conforme se avanza aguas arriba. Teniendo en cuenta la topografía, la vulnerabilidad es mínima en dicha zona, pero existen otros factores que la hacen vulnerable, estos son: escasos recursos económicos, falta de servicios básicos, escasos medios de comunicación y ausentismo del gobierno local. En caso de desastre debido a una inundación, parte de los pobladores del distrito de Puente Piedra pueden quedar totalmente incomunicados. Esto mismo ocurrió el

año 2001, luego de la inundación ocurrida en San Diego, los pobladores de la margen derecha quedaron totalmente incomunicados al colapsar el único puente que existía en la zona. Ver Foto N°2.11.

Foto N°2.11

Expansión urbana margen derecha – Puente Piedra, 2006



Se puede apreciar el asentamiento humano Nueva Esperanza, margen derecha del río Chillón; así como el Puente Nueva Esperanza.

El sector entre el puente ex puente Inca y La Ensenada, se encuentra la urbanización San Diego, Asociación Las Flores de San Diego, el asentamiento humano Nueva Esperanza, la localidad Chillón y la Asociación Valle Chillón. Las viviendas en esta zona son en su mayoría de material noble, con algunas viviendas de madera y en malas condiciones. La población de la urbanización San Diego sufrió las consecuencias de inundaciones pasadas, sus viviendas se encuentran dañadas, abandonadas y las vías están en mal estado.

Ver Anexo C, Censo y Catastro de la Urb. San Diego, se ha encontrado muchas viviendas abandonadas y algunas en precaria situación.

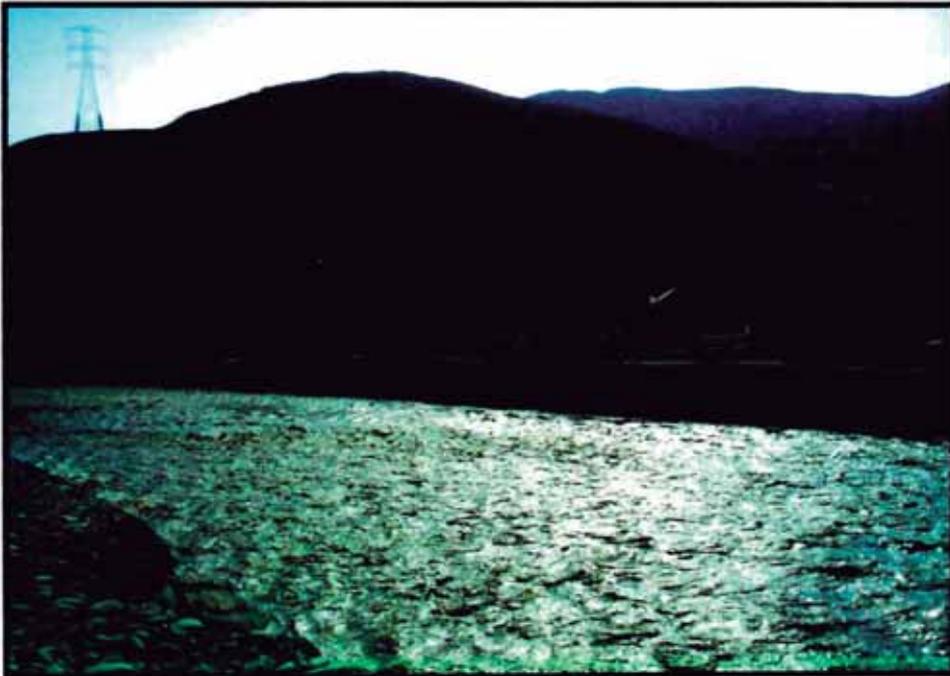
Foto N°2.12

Expansión urbana margen derecha – Puente Piedra, Enero del 2005



Foto N°2.13

Expansión urbana margen derecha – Puente Piedra, Abril de 2007



Se aprecia el aumento del nivel del cauce, y con ello se llevo el puente que se aprecia en la Foto N°2.12. Abril del 2007.

El sector entre el puente La Ensenada y el puente La Panamericana, muestra claramente la actitud de la población y de las autoridades locales de los distritos correspondientes; Los Olivos se encuentra mucho más organizado, no arrojan basura al río, y sus calles son mucho más limpias; mientras que en el distrito de Puente Piedra, la población arroja gran cantidad de desechos sólidos al río, también se observan viviendas precarias completamente cercanas al cauce, con un alto riesgo de colapsar en caso aumente el nivel de agua.

Las viviendas del distrito de Puente Piedra son en su mayoría de material noble de condición regular, el número promedio de pisos es dos, con algunas viviendas de madera muy cercanas al cauce del río. La población ha padecido la falta de servicios básicos por muchos años, recientemente se les ha instalado agua y desagüe; ello demuestra la ausencia de las autoridades en dicha zona, así como la condición económica de la población.

Foto N°2.14

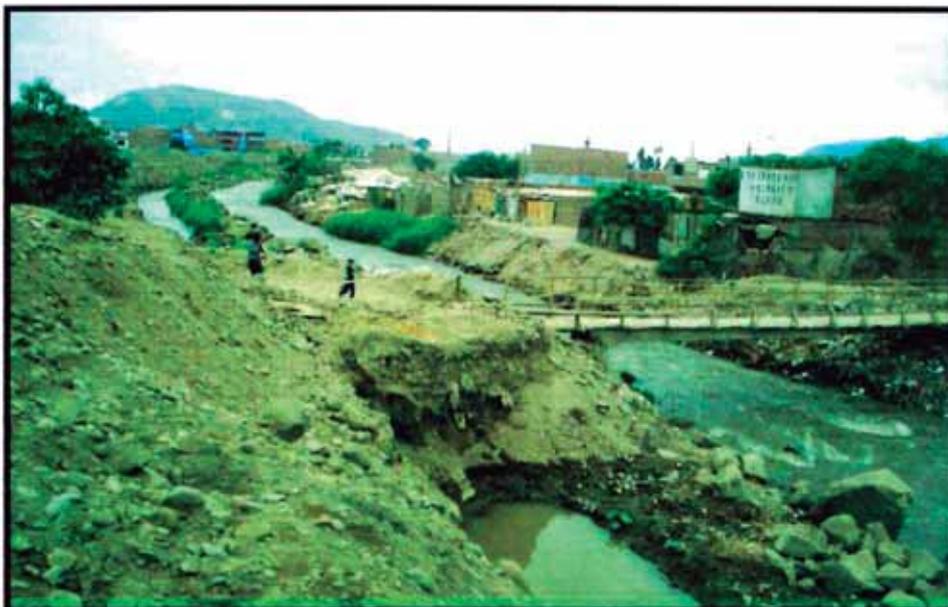
Expansión urbana – Los Olivos y Puente Piedra, 2006



Se aprecia basura sólo para el lado del distrito de Puente Piedra. Foto sacada desde el puente Acobamba, de aguas arriba hacia aguas abajo.

Foto N°2.15

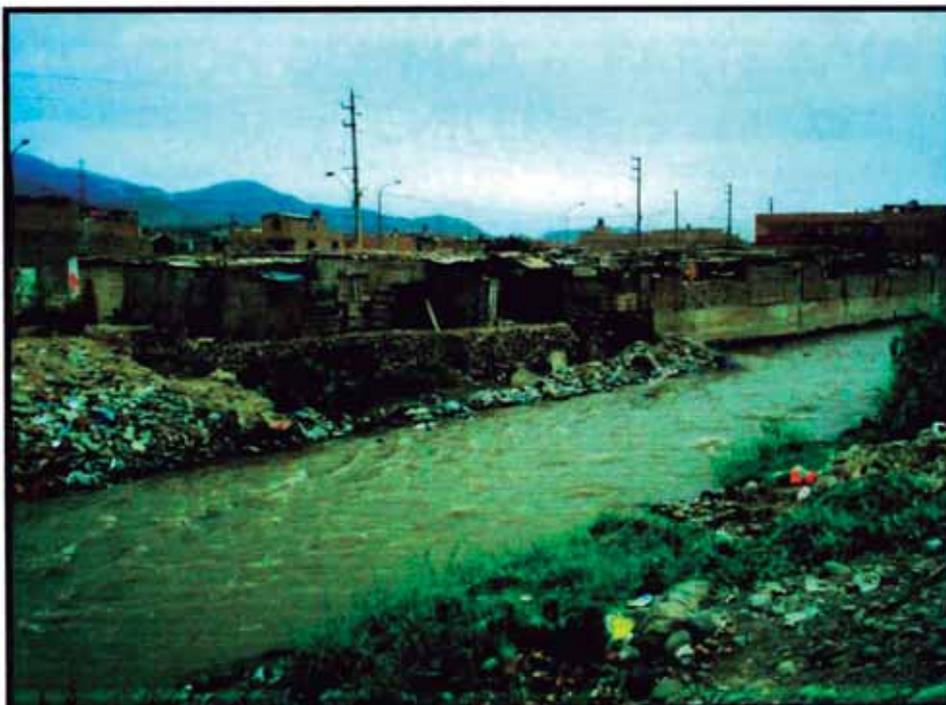
Expansión urbana – Los Olivos y Puente Piedra, 2006



Se puede apreciar la expansión urbana en Los Olivos (margen izquierda) y en Puente Piedra (margen derecha), foto tomada de aguas arriba hacia aguas abajo.

Foto N°2.16

A.H. Fortaleza de Kuelap – Puente Piedra, 2007



Se puede apreciar que la expansión urbana ha llegado al borde del cauce, viviendas en malas condiciones y precarias.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DEL MCA – PARTE BAJA DEL CHILLÓN

CAPITULO 3: APLICACIÓN DEL MCA - PARTE BAJA DEL CHILLÓN

El presente capítulo se desarrolla siguiendo las etapas de Planificación en la Gestión del Riesgo (Fase pre-desastre), descrita en el ítem *1.3.3 Etapas de la Planificación*.

3.1 Etapa I

La etapa I consta en identificar el problema, determinar la meta y objetivos tentativos, y recopilar la información básica.

3.1.1 Problema

Para este caso el problema identificado es la propensa “inundación de zonas urbanas” en el tramo bajo del Río Chillón. El capítulo 2 describe con mayor detalle la problemática del lugar y las inundaciones históricas ocurridas en diferentes épocas (1891, 1925, 1970, 1998 y 2001).

3.1.2 Meta y Objetivos

Se plantea como meta “Reducir los daños por inundación en la zona urbana del tramo bajo del Río Chillón”. Para alcanzar esta meta se plantea los siguientes objetivos preliminares: reducir la extensión del área propensa a inundación y proteger a la población. Para ello, se requiere reducir la vulnerabilidad de la zona, esto es, mejorar la condición de vida (la calidad de vida del hombre) de la población asentada en la parte baja de la cuenca, y con ello, aumentar la capacidad de respuesta de la población ante la ocurrencia de un desastre, teniendo en cuenta además, el concepto de desarrollo sostenible durante la planificación y la aplicación del Análisis de Multi-criterios (una herramienta de análisis que ayuda a los gobiernos locales y/o planificadores en el proceso de toma de decisión).

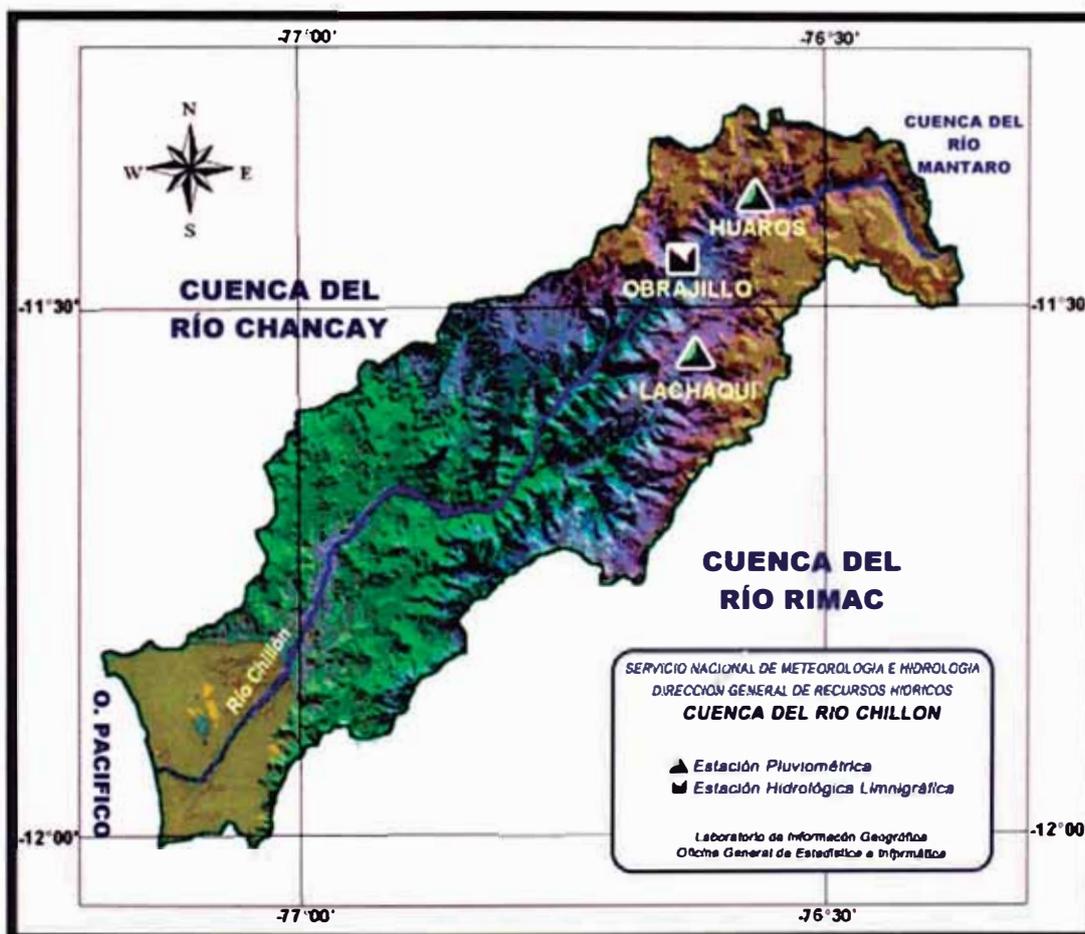
3.1.3 Información Básica

3.1.1.1. Características Físicas de la Zona

Ubicación:

La cuenca del Río Chillón se encuentra ubicada en el departamento de Lima, limita por el norte con la cuenca del río Chancay-Huaral; por el Este, con la cuenca del río Mantaro; por el Sur con la cuenca del río Rimac y por el Oeste con el Océano Pacífico.

Figura N°3.1
Cuenca del Río Chillón



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, 2006

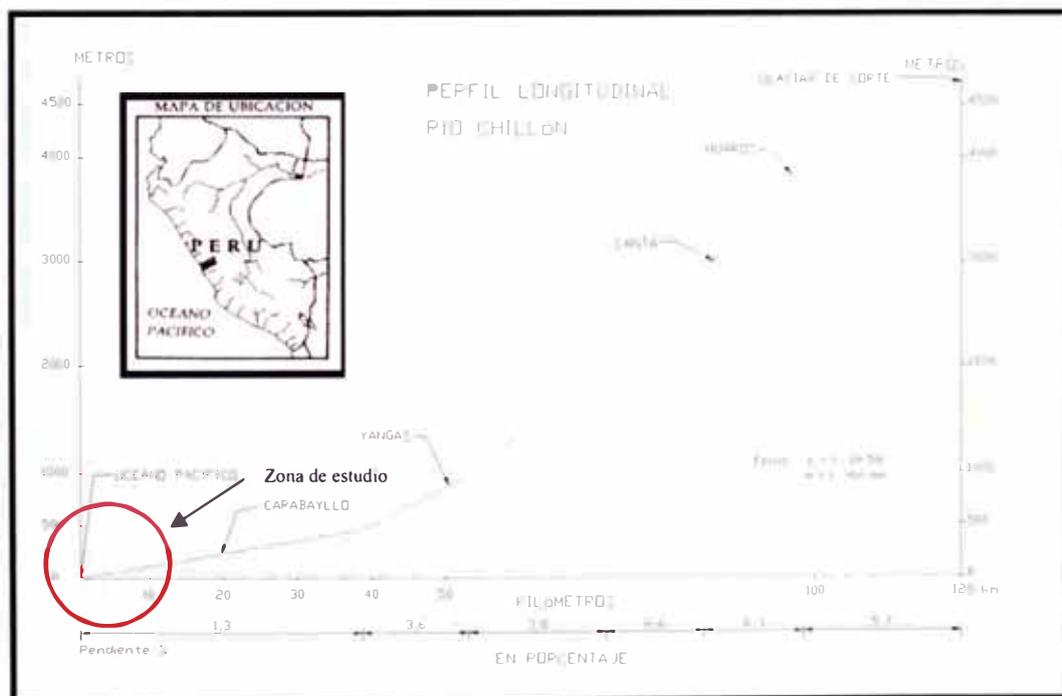
Concentrando el análisis para la Mitigación de Inundaciones en la parte baja del Río Chillón, entre el Pte. Panamericana hasta la desembocadura en el

mar, consta de aproximadamente 12 km a lo largo del río; el área de estudio es una zona básicamente urbana, y está conformado por los distritos de Comas, Los Olivos, Puente Piedra, San Martín de Porres, Ventanilla y El Callao, ver Plano de Ubicación P-IB-01.

Topografía

La Topografía de la Cuenca del Río Chillón ha ido cambiando debido a la intervención del hombre en su deseo de ganar más espacio al río para un desarrollo urbano y agrícola; ello se puede apreciar en la parte baja del valle, donde los cerros y las planicies del río son ocupados básicamente por viviendas y áreas agrícolas. El relieve general de la parte baja de la cuenca es ligeramente plana en comparación a la zona alta, su nivel inferior de cumbres está a 85 m.s.n.m., la pendiente promedio del río en el tramo bajo es 0.023 y el ancho del río varía de 30 m a 200 m aproximadamente, la planicie se extiende hasta 500 metros por ambos márgenes del río, quizá con mayor extensión años atrás debido a los cambios morfológicos que ha sufrido el valle. Ver plano P-IB-02.

Figura N°3.2
Perfil Longitudinal del Río Chillón



Fuente: Apuntes del Ing. Roberto Campaña - Imefen.

Por otro lado, se tiene el sistema de diques, estructura que no forma parte de la topografía natural, su altura varía de 1.0 m a 5.0 m, su ancho inferior de 1.5 m a 10 m, su ancho superior de 0.5 m a 3.0 m.

Geología y Geotecnia

De acuerdo a los estudios geológicos y geotécnicos realizados por CIDIAG, se considera que la cuenca tuvo una ubicación inicial longitudinal a la actual Cordillera de los Andes, depositándose en él sedimento de procedencia marina y continental. Posteriormente estos fueron modificándose por efectos tectónicos y erosivos. De la deformación de estos sedimentos se produjo un segundo sistema de cordilleras que es el sistema actual. Las rocas existentes en la zona de estudio son:

- Sedimentarias: calizas, limonitas, lodositas, lutitas, arcillas y conglomerados.
- Intrusitas: granitos, granodioritas, dioritas y lenolitas.
- Volcánicas: tufos, derrames, aglomerados, andesitas, basaltos, reolitos y cenizas.
- Metamórficas: cuarcitas, pizarras, esquistos, filitas y mármoles.

La mineralización está representada principalmente por especies minerales de plomo, plata, cobre y antimonio. Existen también depósitos no metálicos de calizas, yesos y materiales de construcción; actualmente, algunos usados como canteras.

El sistema de diques está conformado en mayor proporción, por material acarreado por el río que se deposita en el lecho, arena lavada con grava, es decir con poca presencia de finos, esto hace que el sistema de diques se encuentre permeable y poco compacto. La granulometría del lecho presenta un $D_m = 73\text{mm}$, $D_{50} = 76\text{mm}$ y $D_{90} = 155\text{mm}^1$; y la zona comprendida entre el ex. Pte. Inca y el Pte. Gambeta, está conformado por material de relleno (basura y desmonte de construcción), lo que hace que el sistema de diques se encuentre completamente inestable.

¹ "Defensas Ribereñas en el Río Chillón. Tramo Pte. Panamericana – Pte. Inca". Ing. Eduardo Huacoto Díaz; Tesis para optar el Título de Ingeniería Civil; UNI – FIC; Lima.

Hidrología

El Río Chillón se origina en las lagunas de Chuchón y Chonta a 4 850 m.s.n.m., se alimenta de las precipitaciones que caen en las partes altas de su cuenca colectora y de los deshielos del nevado La Viuda; el Chillón presenta una descarga anual promedio de 6.9 m³/s, tiene un recorrido de 130 km, un área de drenaje de 2303 km², y una pendiente media de 4.1%. La cuenca húmeda posee una superficie de 1040 km², es decir el 42% del área contribuye al escurrimiento superficial. Desde su curso superior hasta la localidad de Canta, el río Chillón tiene una pendiente de 6% y desde aquí hasta la localidad de Santa Rosa de Quives, una pendiente de 5%; a partir de esta localidad, donde el valle empieza a abrirse, la pendiente disminuye a 2%. En su recorrido recibe el aporte de varios ríos y quebradas, siendo los más importantes: Olivar, Trapiche, Socos, Toraracra, Hurimayo, Huancho, Yamecoto y Acocancha, por la margen derecha; y Culebras y Arahúay por la margen izquierda. En la época de estiaje es abastecido por los aportes regulables de las lagunas de Chuchón, Leóncocha y Azulcocha.

Las aguas empleadas para satisfacer las necesidades del valle del Río Chillón, se clasifican de acuerdo a su procedencia en cuatro tipos:

- Agua superficial: de escurrimiento natural, proveniente de la cuenca del río.
- Agua superficial de régimen regulado; proveniente de los embalses de las lagunas.
- Agua subterránea extraída mediante bombeo de pozos ubicados en la llanura aluvial del valle.
- Agua subterránea que aflora espontáneamente en puquios y drenes, utilizado en el riego del valle.

Se cuenta con la siguiente fuente de información hidrometeorológica:

Estaciones Pluviométricas:

- Arahúay
- Lachaqui
- Pte. Magdalena
- Canta
- Huamantanga
- Huaros
- Pariacancha

Estaciones Hidrométricas:

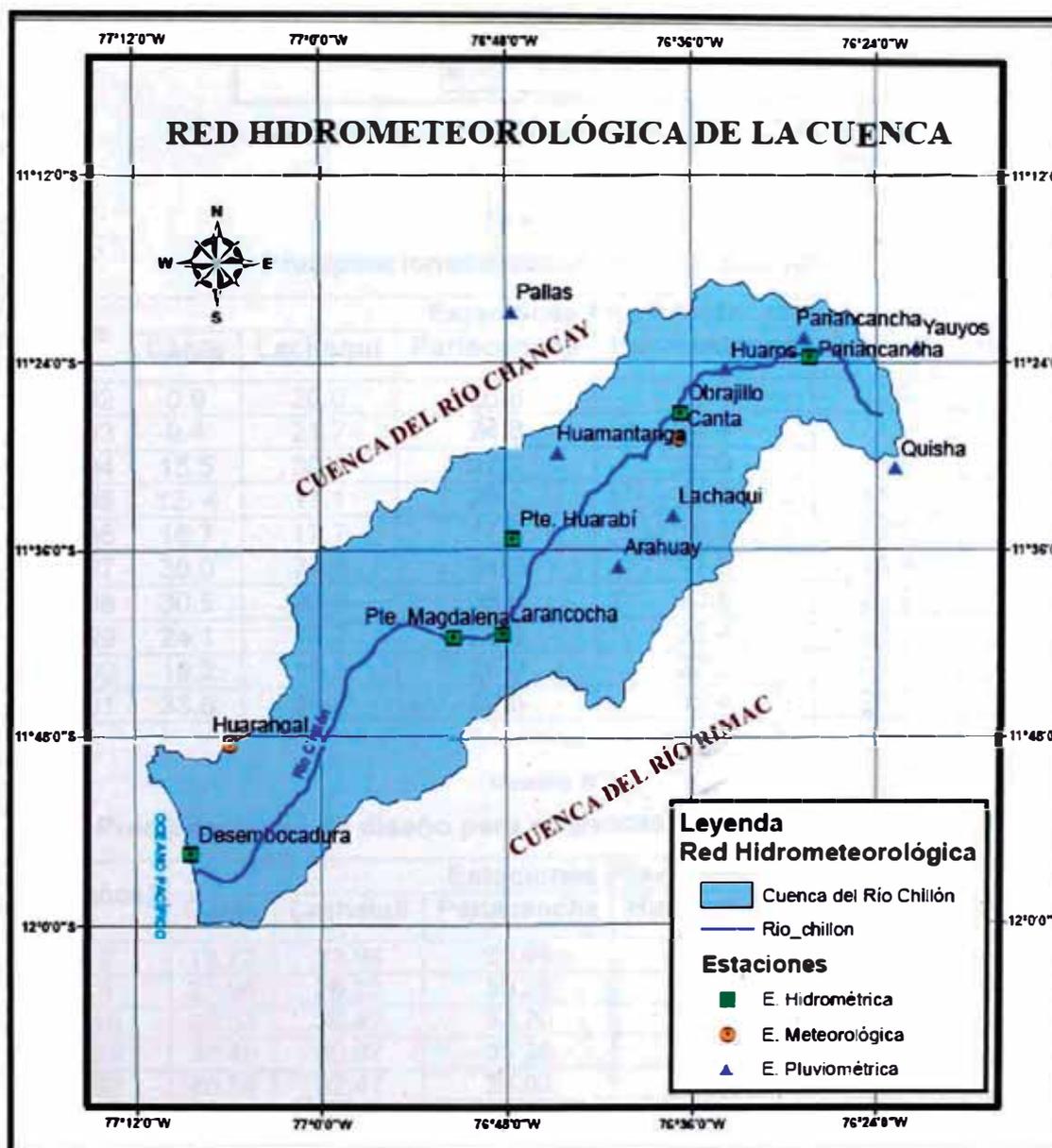
- Larancocha
- Obrajillo
- Pariancancha
- Pte. Huarabí
- Pte. Magdalena
- Desembocadura

Estaciones Meteorológicas:

- Canta
- Huarangal

Figura N°3.3

Red Hidrometeorológica de la Cuenca del Río Chillón

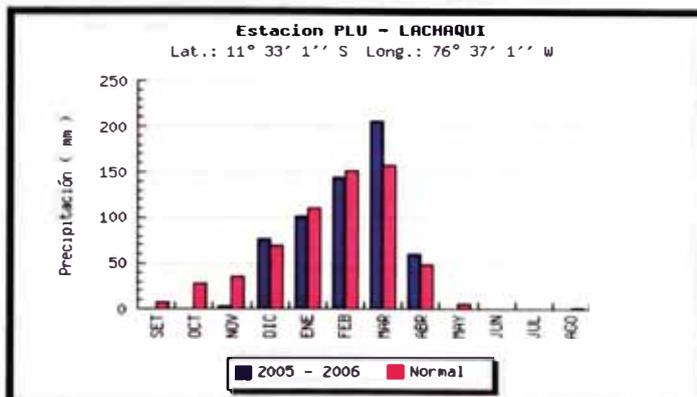


Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), 2006

A continuación se presenta la información hidrológica disponible:

Figura N°3.4

Precipitación en la cuenca Chillón – Estación Pluviométrica Lachaqui



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), 2006

Cuadro N°3.1

Precipitaciones máximas en 24 horas (mm)¹

Año	Estaciones Pluviométricas					
	Canta	Lachaqui	Pariacancha	Huamantanga	Arahuay	Huaros
1992	0.9	20.0	26.8	19.4	12.0	11.7
1993	9.4	21.7	24.8	22.8	27.0	21.0
1994	15.5	30.9	27.7	22.0	16.5	26.4
1995	12.4	17.1	29.2	29.6	11.4	25.0
1996	16.7	17.7	17.7	19.5	18.5	23.6
1997	30.0	24.8	24.2	17.8	25.4	20.9
1998	30.5	26.8	38.0	33.6	30.2	20.5
1999	24.1	14.7	20.9	25.4	23.8	23.0
2000	19.2	19.5	25.0	27.5	31.7	22.3
2001	33.5	26.2	22.6	19.4	21.5	24.4

Cuadro N°3.2

Precipitaciones de diseño para diferentes periodos de retorno (mm)²

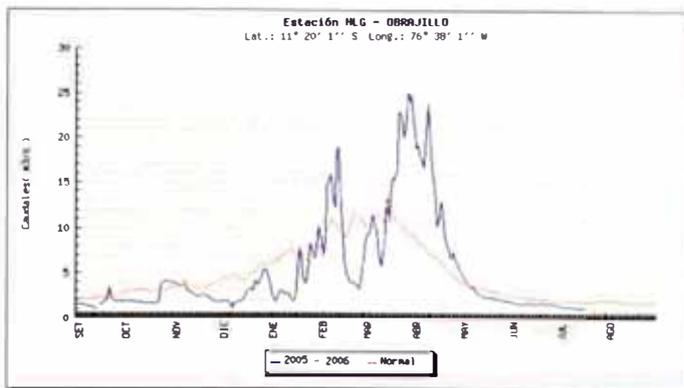
T(años)	Estaciones Pluviométricas					
	Canta	Lachaqui	Pariacancha	Huamantanga	Arahuay	Huaros
2	19.22	21.94	25.69	23.70	21.80	22.51
5	27.96	26.23	30.29	28.07	27.79	26.10
10	32.53	28.47	32.70	30.36	30.92	27.98
25	37.40	30.87	35.26	32.80	34.26	29.98
50	40.55	32.41	36.92	34.38	36.42	31.27
100	43.38	33.80	38.41	35.80	38.36	32.43

Nota: En base al Cuadro N° 3.1.

¹*Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones – Aplicación en el Río Chillón. Giancarlo Moccetti Rojas. Tesis para optar el Título de Ingeniería Civil; IMEFEN; Lima, 2007.

²Idem.

Figura N°3.5
Hidrograma 2005-2006 - Estación Obrajillo

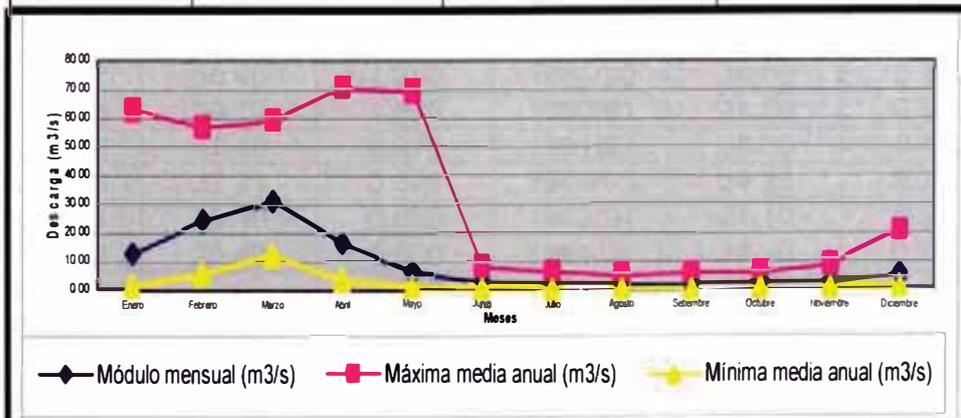


Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, 2006

El cuadro N°3.3 presenta la descarga mensual del Río Chillón; se observa que el caudal se incrementa los primeros meses del año.

Cuadro N°3.3
Descarga mensual del Río Chillón – Estación Pte. Magdalena

Meses	Módulo mensual (m³/s)	Máxima media anual (m³/s)	Mínima media anual (m³/s)
Enero	12.96	62.84	1.71
Febrero	24.18	57.25	5.91
Marzo	30.84	59.18	12.34
Abril	16.13	70.57	3.81
Mayo	6.31	69.6	1.47
Junio	3.07	8.43	0.85
Julio	2.52	6.72	0.51
Agosto	1.83	5.29	0.54
Setiembre	1.70	6.34	0.65
Octubre	1.92	6.13	0.69
Noviembre	2.46	8.83	0.81
Diciembre	4.95	29.30	4.30



Fuente: Inventario y Evaluación de los Recursos Marcapomacocha.

A continuación la serie anual de descargas máximas (1919-1998), con la cual se determinan caudales máximos para diferentes periodos de retorno.

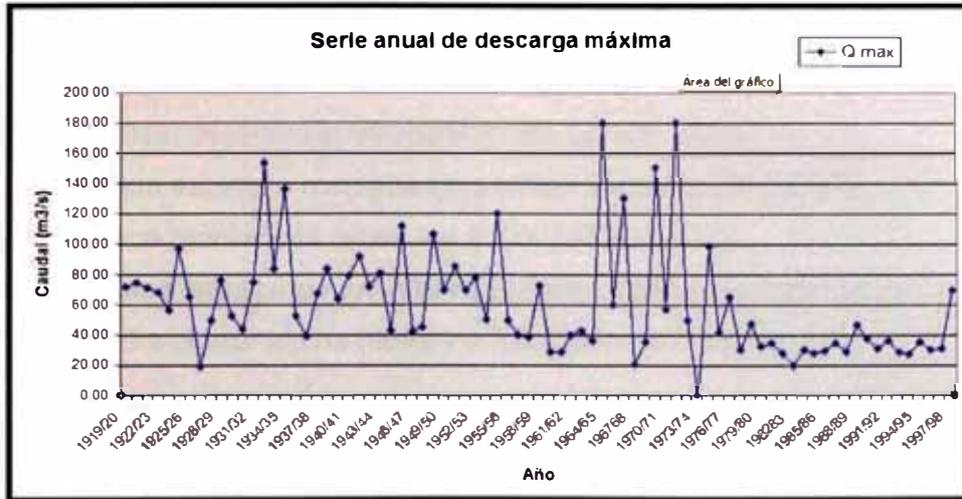
Cuadro N°3.4

**Serie anual de descargas máximas en base a las descargas máximas (m³/s)
del río Chillón - Estación Puente Magdalena**

Año	Q máx	Q mín	Año	Q máx	Q mín
1919/20	72.00	1.520	1946/47	42.45	0.600
1920/21	75.00	0.925	1947/48	45.00	0.499
1921/22	71.00	0.800	1948/49	107.00	1.200
1922/23	68.00	1.600	1949/50	70.00	0.850
1923/24	56.00	1.320	1950/51	85.00	1.364
1924/25	96.80	0.950	1951/52	70.00	1.200
1925/26	65.10	1.580	1952/53	78.00	1.200
1926/27	19.00	1.850	1953/54	50.70	1.280
1927/28	50.00	1.350	1954/55	120.00	1.520
1928/29	76.50	1.580	1955/56	49.50	0.900
1929/30	52.60	1.100	1956/57	40.20	0.390
1930/31	43.60	1.340	1957/58	38.56	0.650
1931/32	75.00	1.100	1958/59	72.33	1.255
1932/33	153.70	1.100	1959/60	28.53	0.300
1933/34	83.70	1.100	1960/61	28.80	0.698
1934/35	136.20	1.096	1961/62	40.00	0.579
1935/36	52.40	1.020	1962/63	42.84	0.475
1936/37	39.30	1.000	1963/64	36.00	0.420
1937/38	67.20	0.605	1964/65	180.13	0.498
1938/39	83.70	0.740	1965/66	60.28	0.204
1939/40	63.70	0.820	1966/67	130.31	0.256
1940/41	79.35	0.940	1967/68	20.42	0.413
1941/42	91.85	1.100	1968/69	35.24	0.352
1942/43	71.52	1.000	1969/70	150.18	0.352
1943/44	81.09	1.600	1970/71	56.90	0.765
1944/45	43.25	0.700	1971/72	180.00	0.765
1945/46	112.00	0.900	1972/73	49.60	1.400
1973/74	s/d	1.352	1986/87	35.00	0.500
1974/75	98.52	1.500	1987/88	29.00	0.450
1975/76	42.50	1.390	1988/89	47.00	1.000
1976/77	65.45	1.280	1989/90	38.00	0.360
1977/78	30.10	1.000	1990/91	31.00	0.500
1978/79	47.48	0.970	1991/92	36.00	0.400
1979/80	32.71	0.395	1992/93	29.20	0.250
1980/81	35.10	0.600	1993/94	27.10	0.300
1981/82	28.40	0.500	1994/95	35.20	0.240
1982/83	20.00	1.100	1995/96	30.30	1.100
1983/84	30.30	0.400	1996/97	31.20	0.300
1984/85	28.00	2.040	1997/98	70.00	0.700
1985/86	30.00	0.700			

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI.

Figura N°3.6
Serie anual de descargas máximas



Fuente: Elaboración propia en función al cuadro 3.4.

Cuadro N°3.5
Máximos caudales, superiores a 100 m³/s,
ocurridos en el Río Chillón - Estación Puente Magdalena

Año	Qmax (m³/s)
1933	153.70
1935	136.20
1946	112.00
1949	107.00
1955	120.00
1965	180.13
1967	130.31
1970	150.18
1972	180.00

Fuente: Ministerio de Agricultura – Dirección de Agua

Cuadro N°3.6
Valores de Máximas Avenidas¹

Periodo de Retorno	Máximo Caudal (m³/s)
2	56
5	90
10	113
50	162
100	183
500	231

Nota: Se ha verificado los valores resultantes en función al Cuadro N°3 4, utilizando la teoría de análisis hidrológico.

¹ "Zonificación de áreas inundables utilizando sistemas de información geográfica. Aplicación al tramo final del río Chillón".

Daly Grace Palomino Cuya. Tesis para optar el Título de Ingeniería Civil; UNI – FIC; Lima, 2004

Ecología

En la cuenca se presenta seis zonas ecológicas importantes:

- Desierto subtropical (entre los 0 a 800 msnm).
- Matorral desértico subtropical (entre los 800 y 2200 msnm).
- Estepa espinoso montaña baja (entre 2200 y 3100 msnm).
- Estepa montañosa (entre los 3100 y 3800 msnm).
- Páramo subalpino muy húmedo (desde 3800 y los 4800 msnm).
- Tundra pluvial alpina (entre los 4800 a los 5000 msnm).

La zona de estudio pertenece al piso bajo (entre 0 y 1000 msnm), nace en la deyección del río y acaba donde se entronca con el paso intermedio de la cuenca. En este piso se percibe claramente los espacios urbanos, peri-urbanos y rurales, presenta una formación ecológica desierto subtropical.

Clima y temperatura

Presenta un clima árido a semi-cálido. La temperatura varía a través del año de acuerdo a la altitud de la parte baja, alcanza un promedio anual de 18.5°C; en verano 28°C y en la estación invernal 14°C.

En la cordillera se presentan temperaturas de hasta 0°C; pero no es un factor limitante para las actividades agrarias, las heladas sólo permiten el crecimiento de pastos naturales en las partes altas.

Cuadro N°3.7

Cuadro de Temperaturas Anuales

Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	Lugar Referencial
0 a 450	16	Trapiche
580 a 2450	18	Zapán
2780 a 3500	15	Canta
3500 a 3800	10 – 0	Cullhuay
3800 a 4430	1.3	La Viuda

Fuente: La cuenca del río Chillón, Diagnóstico para un Plan Integral de Desarrollo – CIDIAG, Capítulo 1, Pág. 59.

Suelos

Por su naturaleza son aluviales en las áreas del valle, coluviales en las áreas de quebrada, aluvio-coluviales y eólicos en las pampas, y residuales en las laderas y montañas. El área del valle presenta los mejores suelos de la cuenca, correspondiendo la mayor parte de ellos a la serie Chillón de origen Aluvial, la que presenta suelos de textura que va de franco a franco arcilloso arenoso, ligeramente alcalina, fertilidad media a alta, buen drenaje y salinidad baja; esta es una cualidad que la hace ideal para la agricultura.

El recurso suelo presenta los siguientes problemas principales:

- Disminución de la capacidad reproductiva debido al mal manejo del agua y a la falta de sistemas de drenaje eficientes, esto ocasiona aumento de la salinidad y/o empantamiento de los suelos.
- Se observa problemas de salinidad en el 17% de los suelos de la cuenca. No se realizan trabajos para evitar la salinidad, la erosión del suelo en las riberas de los ríos.
- Cada vez es menos la capacidad arbustiva que protege las riberas.

Recursos Existentes en la Cuenca del Río Chillón

Los recursos existentes son de orden natural, histórico y cultural; y todavía no han sido lo suficientemente valorados, ya que existen zonas arqueológicas abandonadas y espacios ecológicos no protegidos. Los diferentes pisos ecológicos, que van desde el desierto subtropical (entre 0 y 800 m.s.n.m.) hasta la tundra pluvial alpina (entre los 4 800 y 5 000 m.s.n.m.), da una idea de los recursos variados y disponibles para una alternativa sostenible de desarrollo; a los que habría que adicionar su riqueza hídrica, tangible en las lagunas de las partes altas y deshielos de la Cordillera.

La provincia de Canta destaca por su actividad agrícola, pecuaria y ganadera, sin subestimar el potencial minero de la cuenca (oro, plata y plomo), canteras de yeso, arena y granito en Huamantanga; lamentablemente inexplorados por falta de inversión. Otra de las actividades prometedoras es la crianza de truchas. Las partes altas y bajas de la cuenca constituyen, por sus

características geográficas, riqueza cultural, histórica y por sus cambios ecológicos, verdaderas reservas de desarrollo turístico.

Por otro lado, el potencial del recurso hídrico es parcialmente aprovechado en actividades agrícolas, así como, para fines energético, piscícola y de apoyo a actividades industriales. La demanda de agua para uso agrícola es atendida principalmente por las aguas superficiales del río Chillón, complementadas con aguas del sub suelo; desgraciadamente el río se encuentra contaminado en la parte baja, haciendo escasa o nula la reproducción de flora y fauna en la zona.

El río Chillón deriva para la agricultura un volumen promedio anual de 125'149,000 m³, que equivale aproximadamente al 44% de una disponibilidad media anual de 248'800,000 m³.¹ Esto demuestra que el agua superficial sigue teniendo una incidencia importante en el proceso de producción agrícola principalmente del sector bajo o valle; zona que ha sufrido la reducción de más del 50% de su superficie agrícola en los últimos años por causa de la expansión urbana, experimenta también las demandas de ese mismo mercado urbano que le exige la producción de alimentos y agua potable, lo que motiva una intensificación en el uso del suelo y, por ende, una mayor demanda de agua.

“La oferta de agua del río Chillón para la actual cédula de cultivo teóricamente es suficiente. Sin embargo en la práctica el riego se torna un serio problema por la baja eficiencia que llega al 25%”². El problema del agua está pues en el uso y administración deficiente que no permite un manejo sostenido y uso equitativo del recurso.

El uso energético del agua en la cuenca del Chillón se limita a la atención de 3 pequeñas centrales hidroeléctricas (San Miguel, Huaros y Yaso) a cargo de EDEGEL.

Cerca a la desembocadura, distritos de Ventanilla y Puente Piedra, se ubican zonas de restos arqueológicos que pueden ser aprovechados como recurso turístico.

¹Plan de Desarrollo Urbano Participativo de Comas – 2010. M. Comas, 2006.

²Idem.

Foto N°3.1

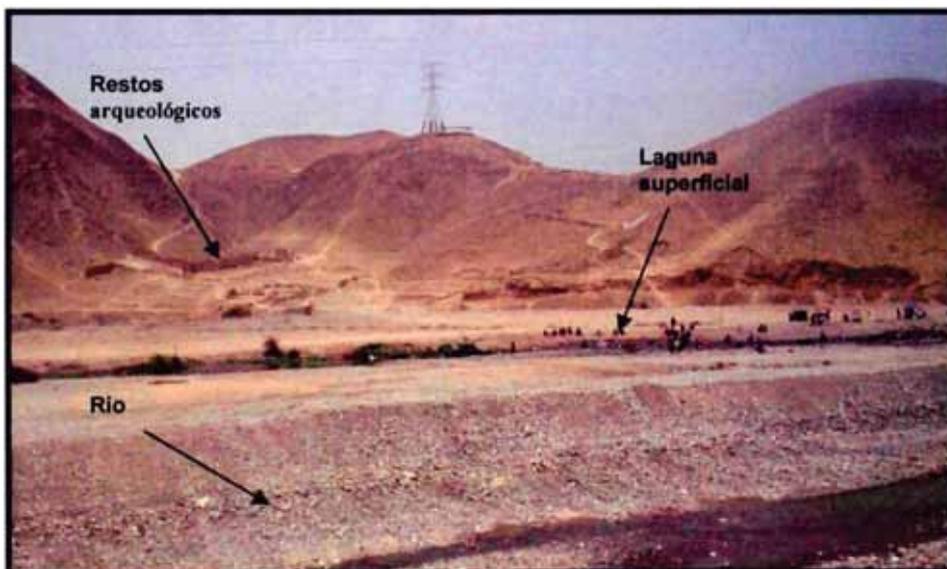
Restos Arqueológicos “Puente Piedra” – Puente Piedra



Fuente: Apuntes del Ing. Campaña – Imefen, 2005

Foto N°3.2

Restos Arqueológicos “Media Luna” - Puente Piedra



Fuente: Sacado en febrero de 2007.

Impacto Ambiental

La contaminación viene aumentando drásticamente con el crecimiento poblacional, y como consecuencia, también los desechos sólidos y aguas servidas arrojados al río. El grado de contaminación a lo largo de la cuenca varía en función a la actividad humana, a la configuración geográfica del área, a los procesos biológicos y a la intensidad del flujo.

De acuerdo a la inspección de campo a lo largo del Río Chillón en la zona baja, se ha podido determinado que Ventanilla y Callao son quizá los distritos más contaminados. Las zonas urbanas carecen de áreas verdes, se respira aire contaminado y con mucho polvo en suspensión, existe muy cerca un relleno sanitario, pero además, el río transporta agua bastante contaminada que descarga en el Océano Pacífico.

Foto N°3.3

Contaminación en los distritos de Ventanilla y Callao



Se aprecia los desechos sólidos arrojados al río y un canal de agua servida; se observa también, la coloración oscura del agua contaminada. Diciembre del 2006.

A continuación se presenta el Cuadro N°3.8 Escenario de Contaminación Actual que resume los principales focos contaminantes identificados y el grado de contaminación en la parte baja del Río Chillón (zona urbana).

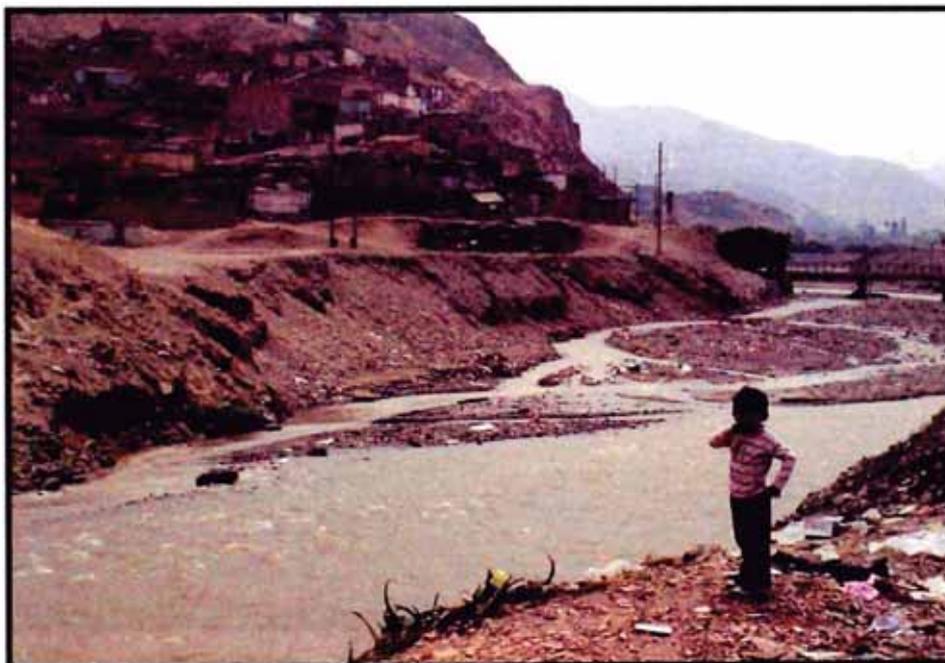
Cuadro N°3.8
Escenario de Contaminación Actual

Distrito	Presencia de basura	Color del río	Olor del río	Polvo en suspensión	Fuentes de contaminación
<i>Ventanilla</i>	Bastante	Marrón oscuro	Muy Malo	Bastante	Relleno sanitario, cantera
<i>Callao</i>	Bastante	Marrón oscuro	Muy Malo	Bastante	Desagües de viviendas, canal contaminado, chatarrera, chanchería
<i>Puente Piedra</i>	A lo largo del río y en el lecho	Marrón	Malo	Bastante	Concentración de basura
<i>San Martín de Porres</i>	A lo largo del río y en el lecho	Marrón	Malo	Regular	Basura en lecho, desagües
<i>Los Olivos</i>	Muy Escaso	Marrón	Malo	Poco	Basura en lecho

Elaboración propia, 2007.

Foto N°3.4

Contaminación en los distritos de Puente Piedra y San Martín



Vista desde aguas abajo hacia aguas arriba. Diciembre de 2006.

Foto N°3.5

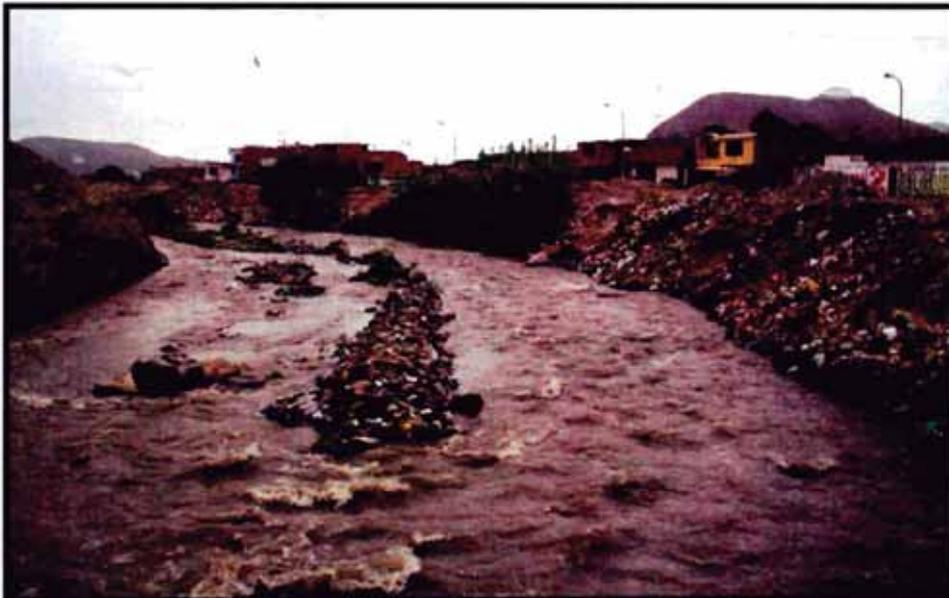
Puente La Ensenada - Distritos de Puente Piedra y Los Olivos



Se observa el río con basura. Diciembre de 2006.

Foto N°3.6

Distritos de Los Olivos y Puente Piedra, diciembre 2006



Se observa el dique con basura, lado del distrito de Puente Piedra. Diciembre de 2006.

El Plan Integral de Saneamiento del Ambiente, describe el grado de contaminación de Lima y Callao, resultado de una evaluación durante los meses de noviembre y diciembre del año 2006. Según el informe, una de las

principales zonas o áreas críticas es la cuenca del Río Chillón, señala que el primer centro se extiende hacia la jurisdicción de los distritos de Independencia, Comas, Carabayllo, Puente Piedra, Ancón, Sta. Rosa, Ventanilla, Los Olivos y San Martín de Porres, cuyo núcleo se encuentra en el distrito de Puente Piedra, con una máxima concentración de polvo atmosférico o contaminante sólidos sedimentables, igual a 30.9 t/km².mes. Ver Cuadro N°3.9.

Cuadro N°3.9

Concentración de polvo atmosférico o contaminantes sólidos sedimentables: Noviembre y Diciembre (t/km².mes)

Conc. t/km ² .mes	N° Est.	% Est. Sobrepasa Nivel de Ref.	Cono Norte	X t/km ² .mes	Máx. t/km ² .mes	Min. t/km ² .mes
Noviembre	37	78	28.6	11.4	31.4	2.3
			Pte. Piedra		Lurigancho	Chorrillos
Diciembre	"	73	30.9	10.6	30.9	1.3
			Pte. Piedra		Pte. Piedra	Lince

Fuente: Plan Integral de Saneamiento Ambiental, 2006.

Nota: Limite referencial es 5.0 t/km².

Cuadro N°3.10

Concentración de polvo atmosférico y plomo por distritos: Noviembre y Diciembre (t/km².mes)

Distrito	Mes	Polvo atmosférico
		Máx. (t/km ² .mes)
Puente Piedra	Nov.	28.9
	Dic.	30.9
Los Olivos	Nov.	9.0
	Dic.	8.5
San Martín de Porres	Nov.	10.0
	Dic.	10.5
Callao	Nov.	5.0
	Dic.	4.5

Fuente: Plan Integral de Saneamiento Ambiental (PISA), 2006.

Nota: Limite referencial es 5.0 t/km².

Más del 80% sobrepasa el valor referencial permisible que se indica.

Por otro lado, el monitoreo del Río Chillón realizado por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), muestra altos niveles de plomo y coniformes totales y una alta demanda bioquímica de oxígeno; esta situación se presenta sobre todo en el tramo urbano, zona de estudio del presente trabajo (Pte. Panamericana – Desembocadura). Ver anexo A, plano P-IB-04 Estaciones de Monitoreo.

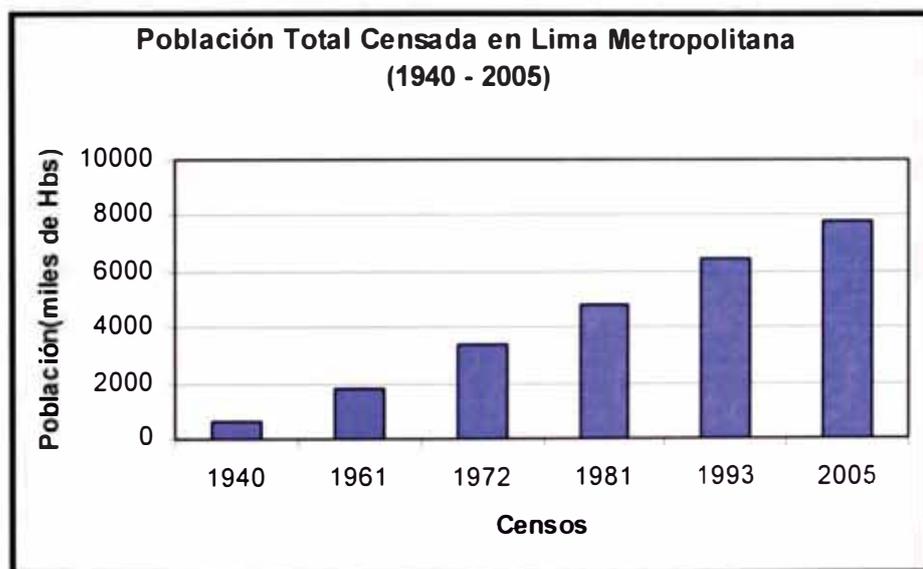
3.1.1.2. Características No-físicas de la Zona

Aspectos Socioeconómicos¹

En general, los aspectos socioeconómicos describen la población por edad y por género, etc., ingresos y actividades de producción. El crecimiento acelerado y desordenado de la población en la *zona norte* de Lima (Comas, Los Olivos, Puente Piedra y San Martín de Porres) y El *Callao* (Callao y Ventanilla), se debe a la migración de peruanos de diferentes partes del país a la capital; un problema social que se acentuó a partir de la década de los 80 (más del 60% de los habitantes provienen del interior del país). Este proceso de crecimiento ha dado como resultado asentamientos consolidados y no consolidados que testimonian la alta desigualdad social.

Figura N°3.7

Crecimiento de la Población Total de Lima Metropolitana



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI. Elaborado.

La zona norte se caracteriza por tener una población procedente básicamente del norte del país, especialmente de Ancash, Cajamarca, La Libertad, y Piura, fue el primer cono en formarse, y por lo mismo el primero en desarrollarse económica y socialmente.

¹EIA Redes Secundarias de las obras de Redes de Distribución en Lima y Callao. FNLC, Gas de Camisea para Lima y Callao.

La mayor parte de la población de esta zona se encuentra entre los 16 y 24 años, por lo que se trata de una población predominantemente joven.

Cuadro N°3.11
Edades de la Población

Rango de edades:	0 – 8	9 – 15	16 -24	25 – 34	35 – 44	45 – 54	54 a más
Lima Norte	18%	14%	21%	17%	12%	8%	10%
Callao	0 – 8	9 – 15	16 -24	25 – 34	35 – 44	45 – 54	54 a más
	19%	14%	20%	18%	13%	8%	9%

Fuente: Apoyo Opinión y Mercado S.A.

Los “chalacos” (pobladores del Callao) quienes casi exclusivamente son personas de origen costeño, especialmente de Ancash (del puerto de Chimbote), de la Libertad y de Piura; sobre todo en la zona de Ventanilla, la cual también surgió a partir de invasiones de terreno como los conos de Lima.

Cuadro N°3.12
Situación Laboral (población mayor a 16 años).

Actividad	Zona Norte	Callao
Trabaja	52%	42%
Se dedica a su casa	22%	19%
Estudia	11%	18%
Desempleado	10%	15%
Jubilado	2%	5%
Vive de sus rentas	2%	1%
Eventual	1%	0%

Fuente: Arellano, 2004.

Lima Norte es una de las zonas con mayor concentración de establecimientos de venta de alimentos y bebidas, representa un 24.6% de todo Lima; siendo San Martín de Porres uno de los distritos con mayor cantidad de líneas telefónicas debido a su desarrollo económico. Asimismo, es una de las zonas con menor presencia de nivel socioeconómico (NSE) A. Cabe mencionar que la clasificación de niveles socioeconómicos está en función al grado de instrucción, ocupación, ingreso familiar, comodidades, tenencias, servicios y salud; así tenemos nivel A (alto o medio alto, con ingreso familiar (IF) igual a US \$3 534), B (medio bajo, con IF = US \$ 838), C (medio popular, con IF = US \$ 408), D (pobre, con IF = US \$ 248) y E (muy pobre, con IF = US \$ 171).

Cuadro N°3.13
Distribución de los Niveles Socioeconómicos (NSE)

Nivel	Alto (A) (IF = US \$ 534)	Medio (B) (IF = US \$ 838)	Popular (C) (IF = US \$ 408)	Pobre (D) (IF = US \$ 248)	Muy pobre (E) (IF = US \$ 171)
Lima Norte	0.0%	7.5%	40.2%	38.8%	13.5%
Callao	0.3%	12.7%	30.3%	30.4%	26.3%

Fuente: Apoyo Opinión y Mercado S.A. IF: Ingreso económico por familia.

Aspecto Cultural y Educativo

Según la información de Arellano (2004), el nivel educativo de la zona norte de Lima, es inferior al del Callao. El Cuadro N°3.14 presenta los niveles de Educación por zonas dentro del área de estudio.

Cuadro N°3.14
Nivel Educativo

Zona	Zona Norte	Callao
Ningún Nivel Educativo	1%	0%
Primaria Incompleta	5%	2%
Primaria Completa	6%	10%
Secundaria Incompleta	18%	15%
Secundaria Completa	39%	33%
Superior No Universitaria	17%	20%
Superior Universitaria Incompleta	6%	10%
Superior Universitaria Completa	4%	8%
Maestría	2%	2%
Doctorado	2%	0%

Fuente: Arellano, 2004.

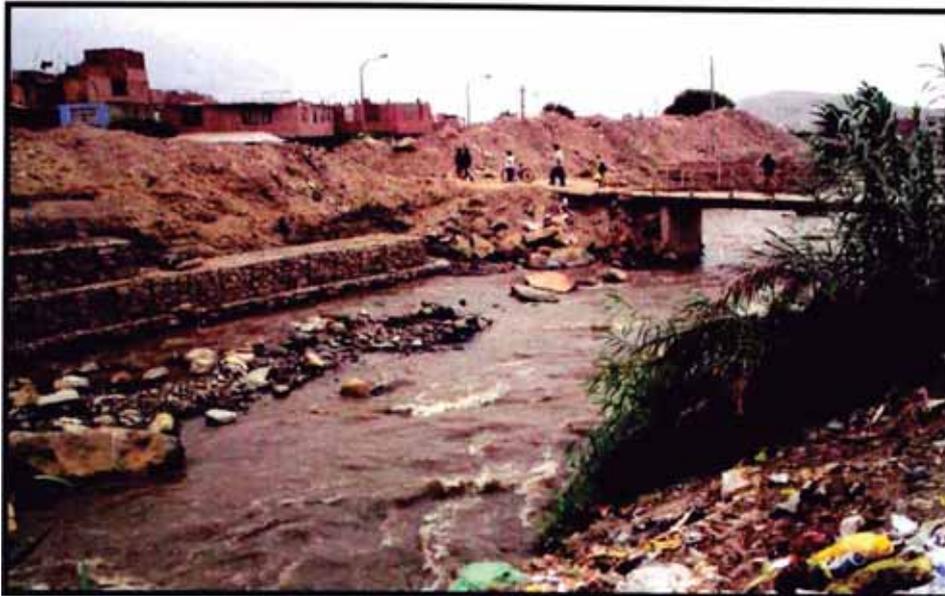
Aspectos Institucionales y Legales

a. Nivel de organización, administración y operación institucional

Las autoridades gubernamentales locales no cuentan con un plan integral de prevención y atención de desastres, tampoco existe coordinación entre las autoridades de los diferentes distritos involucrados. Las oficinas de Defensa Civil de los diferentes distritos, desconocen la existencia del Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres, y presentan problemas financieros y de organización. Según la versión y opinión de la población, durante la inspección de campo, existe ausentismo de parte de las autoridades.

Foto N°3.7

Puente peatonal de madera, Diciembre del 2006



Por otro lado, la única aproximación cuantitativa a las organizaciones sociales fue elaborada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), a partir de una Encuesta Nacional de Municipalidades realizada en 1994. Dicha encuesta permite conocer la cantidad de organizaciones sociales por distrito (Cuadro N°3.15); por ejemplo, Lima Norte es la zona capitalina con mayor tendencia a la asociatividad, mientras que la zona con menor tendencia a la asociatividad es el Callao.

**Cuadro N°3.15
Organización Social**

Distritos	Club de madres		Comité de Vaso de Leche		Comedor Popular	
	Total	Beneficiarios	Total	Beneficiarios	Total	Beneficiarios
Comas	400	14000	93	152746	200	7000
Los Olivos	112	3360	206	1030	83	8000
Puente Piedra	25	8800	177	24200	4	1350
San Martín de Porres	103	12360	160	8000	130	17550
Callao	---	---	465	72075	---	---
Ventanilla	45	1800	189	20036	70	10500

Fuente: INEI - Encuesta Nacional de Municipalidades, Abril 1994.

La asociatividad tiene que ver con los altos niveles de pobreza y con las redes de paisanaje y parentesco de los migrantes y sus descendientes en un contexto de crisis estructural. Bajo ciertas condiciones (deficiente comunicación

con la comunidad y presencia de dirigentes oportunistas), la ejecución de las estrategias pueden fracasar. Los bajos niveles de asociatividad indican una vulnerabilidad no física en El Callao.

b. Aspecto Legal

Existen leyes y normas actualmente vigentes, además de un Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres, pero se ha verificado la falta de compromiso de parte de los gobiernos locales; no existe un trabajo integrado de las autoridades competentes en materia de prevención dentro de un plan de desarrollo sostenible. Muchos desconocen las normas y las leyes establecidas por el gobierno central en cooperación con el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). La población asentada en zonas de peligro no es conciente del riesgo que corre al encontrarse sobre la planicie (zona en riesgo), y si lo son, la necesidad económica les obliga a permanecer en dicho lugar.

No existe ningún proyecto ni documento que desarrolle la política de ordenamiento territorial de las zonas ya habitadas, a pesar que el Plan Nacional para la Prevención y Atención de los Desastres establece que los gobiernos locales están a cargo del ordenamiento territorial de la zona correspondiente a su jurisdicción. Si bien no es novedad la ignorancia de las leyes y normas, se ha demostrado una vez más que no se las considera. Algunas instituciones públicas y empresas involucradas en el tema son:

- Gobiernos local, regional y nacional; ministerios.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA)
- Dirección General Seguridad Ambiental (DIGESA)
- Servicio de agua potable y alcantarillado (Sedapal)

3.2 Etapa II

En la etapa II se determina el contexto de decisión del Análisis de Multi-criterios que comprende: identificación del escenario inicial (mapa de riesgo, recursos existentes) y plantear las alternativas estratégicas de solución, objetivos y criterios de evaluación.

3.2.1 Determinar el Escenario Inicial – Mapa de Riesgo

La identificación del escenario inicial comprende la elaboración del mapa riesgo (vulnerabilidad y amenaza), e identificar los recursos existentes en la zona de estudio.

3.2.1.1. Evaluación de la Vulnerabilidad

Para elaborar el mapa de riesgo, primero se debe determinar la vulnerabilidad de la zona de estudio, teniendo en cuenta el ítem 3.1.3 *Información Básica*, la inspección de campo realizada en diferentes épocas del año (enero-julio del 2005, julio-diciembre del 2006 y enero-abril del 2007) descrito en el capítulo 2, y el censo y catastro realizado a 14 manzanas de la Urb. San Diego, ubicada en el distrito de San Martín de Porres, ver Anexo C.

El grado de vulnerabilidad se asigna en función a los Cuadro N°3.16 y N°3.17 que se elaboraron en base a la bibliografía revisada; el primer cuadro muestra el nivel de Vulnerabilidad Física para las variables: grado de exposición al peligro de la infraestructura, viviendas y población, acceso a centros de concentración masiva, fragilidad de viviendas y densidad poblacional expuesta. El Cuadro N°3.17 muestra el nivel de Vulnerabilidad No-física para las variables: susceptibilidad ambiental, ecológico, educativa, cultural, socio económico, político administrativo y científico tecnológico.

La unidad de medida de la vulnerabilidad es el porcentaje y está en función a las características y/o descripción de susceptibilidad de la zona de estudio. El nivel de vulnerabilidad en porcentaje, se le asigna a cada manzana, de cada localidad y en cada distrito de la zona de estudio, de acuerdo a la información básica procesada; lo que permite generar una base de datos de vulnerabilidad dentro del entorno ArcGIS 9.x, la cual se representa gráficamente en los planos P-V-01, 02 y 03.

A continuación se presenta los Cuadros N°3.16 y N°3.17, Estimación de la Vulnerabilidad Física en la cuenca baja del Río Chillón y Estimación de la Vulnerabilidad No-Física en la cuenca baja del Río Chillón.

Cuadro N°3.16

Estimación de la Vulnerabilidad Física en la cuenca baja del Río Chillón

Variable	Nivel de Vulnerabilidad			
	VB (Vulnerabilidad Baja)	VM (Vulnerabilidad Media)	VA (Vulnerabilidad Alta)	VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)
	< 25%	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Grado de exposición (viviendas e infraestructura)	Localidades lejos del río (>400 m y/o en colinas).	Localidades cerca al río (entre 200 m a 400 m y/o en colinas o roca)	Localidades cerca al río (entre 200 m a 400 m y/o por debajo del nivel de lecho del río)	Localidades muy cerca al río (entre 0 a 200 m y/o por debajo del nivel de lecho del río)
Acceso y lugares de concentración	Más de una vía principal, con centros de salud, etc.	Vía principal, secundaria y puente, pocos centros de salud, etc.	Sólo un puente, escasos medios de comunicación.	Sólo caminos y trochas.
Fragilidad de Viviendas	Concreto, buena condición.	Concreto, condición regular	Concreto y madera, condición regular	Madera, mala condición
Población expuesta	0 niños < 6años y 0 ancianos.	23 a 50 niños < 6años y 0 a 23 ancianos.	50 a 70 niños < 6años y 23 a 40 ancianos.	70 a 85 niños < 6años y 23 a 40 ancianos.

Fuente: Elaboración propia, adaptado en base a la Información básica. Referencia (DINAPRE-INDECI, "Manual Básico para la Estimación de Riesgo", Julio de 2006).

Los accesos y lugares de concentración indican la capacidad de respuesta de una zona ante un desastre.

Cuadro N°3.17

Estimación de la Vulnerabilidad No-Física de la cuenca baja del Río Chillón

Variable	Nivel de Vulnerabilidad			
	VB	VM	VA	VMA
	< 25%	26 a 50 %	51 a 75 %	76 a 100 %
Vulnerabilidad ambiental y ecológica	SC debajo del valor referencial, áreas verdes.	SC en el límite del valor referencial, con áreas verdes.	SC encima del valor referencial, poca presencia de áreas verdes.	Alto contenido SC, focos contaminantes, sin presencia de áreas verdes.
Vulnerabilidad educativa y cultural	Población capacitada en temas de desastre.	Mayoría de la población capacitada en temas de desastre.	Población escasamente preparada y capacitada.	Población no está capacitada, actitud fatalista y desconocimiento
Vulnerabilidad socio-económica	Mucha actividad económica, población sin pobreza	Actividad económica, menor % de pobreza.	Poca actividad económica, alto % de pobreza.	Casi nula actividad económica, población con pobreza total.
Vulnerabilidad política administrativa	Total participación y autonomía local, permanente coordinación población-autoridad.	Participación mayoritaria, autonomía parcial y coordinación esporádica.	Participación minoritaria, escasa autonomía y coordinación población-autoridad.	No hay participación ciudadana, autonomía local, ni coordinación entre población-autoridad.
Vulnerabilidad científica y tecnológica	Estudio total, con equipos y población informada.	Mayor estudio, población informada, con instrumentación.	Existen pocos estudios, escasos instrumentos.	No existen estudios, población sin instrumentos.

Fuente: Elaboración propia, adaptado en base a la Información básica. Referencia (DINAPRE-INDECI, "Manual Básico para la Estimación de Riesgo", Julio de 2006)

SC: Sólidos Contaminantes (Limite referencial 5 t/km³).

El Cuadro N°3.18 Estimación de la Vulnerabilidad (total), presenta una descripción del nivel de vulnerabilidad total:

Cuadro N°3.18
Estimación de la Vulnerabilidad (total)

Estrato/Nivel	Descripción/Característica	Valor
VB (Vulnerabilidad Baja)	Viviendas asentadas en zonas seguras, con material noble o sismo resistente, en buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso medio y alto, con estudios y cultura de prevención, con cobertura de servicios básicos, con buen nivel de organización, participación total y articulación entre las instituciones organizaciones existentes.	< de 25%
VM (Vulnerabilidad Media)	Viviendas asentadas en suelo de calidad intermedia, con aceleraciones sísmicas moderadas. Inundaciones muy esporádicas, con bajo tirante y velocidad. Con material noble, en regular y buen estado de conservación, población con un nivel de ingreso económico medio, cultura de prevención en desarrollo, con cobertura parcial de los servicios básicos, con facilidad de acceso para atención de emergencias. Población organizada, con participación de la mayoría, medianamente relacionados e integración parcial entre las instituciones y organizaciones.	De 26% a 50%
VA (Vulnerabilidad Alta)	Viviendas asentadas en zonas donde se esperan altas aceleraciones sísmicas por sus características geotécnicas, con material precario, en mal y regular estado de construcción, con procesos de hacinamiento y tugurización en marcha. Población con escasos recursos económicos, sin conocimientos y cultura de prevención, cobertura parcial de servicios básicos, accesibilidad limitada para atención de emergencia, así como una escasa organización, mínima participación, débil relación y una baja integración entre las instituciones y organizaciones existentes.	De 51 % a 75%
VMA (Vulnerabilidad Muy Alta)	Viviendas asentadas en zonas de suelos con alta probabilidad de ocurrencia de licuación generalizada o suelos colapsables en grandes proporciones, de material es precarios en mal estado de construcción, con procesos acelerados de hacinamiento y tugurización. Población de escasos recursos económicos, sin cultura de prevención, inexistencia de servicios básicos y accesibilidad limitada para atención de emergencias, así como una nula organización, participación y relación entre las instituciones y organizaciones existentes.	De 76% a 100%

Fuente: DINAPRE-INDECI, "Manual Básico para la Estimación de Riesgo", Julio de 2006.

La vulnerabilidad total se calcula utilizando el Cuadro N°3.18 Estimación de la Vulnerabilidad total, o se puede determinar como en este caso, a través del promedio de la vulnerabilidad física y no-física (Referencia: DINAPRE-INDECI, “Manual Básico para la Estimación de Riesgo”, Julio de 2006.), como se desarrolla a continuación:

Vulnerabilidad Física:

Para determinar la Vulnerabilidad Física (VF) de la zona de estudio, se ha utilizado un promedio ponderado de las variables descritas en el Cuadro N°3.16 (población, grado de exposición (ubicación topográfica), acceso a la atención en caso de desastre, fragilidad de las viviendas, estructuras vulnerables y grado de resiliencia), donde se le da un peso a V_t y V_1 ya que se considera que la topografía y la fragilidad de las viviendas determinan la susceptibilidad inicial, real y evidente de esta zona en particular; por ejemplo, se ha encontrado viviendas en zonas hondonadas muy cerca al cauce, viviendas pegadas al río, viviendas alejadas al río y en colinas.

$$VF = \frac{V_t * 3 + V_a + V_1 * 2 + V_2}{7} \dots\dots (3.1)$$

Donde:

- V_t : Vulnerabilidad de acuerdo al grado de exposición.
- V_a : Vulnerabilidad de acuerdo al nivel de acceso.
- V_1 : Vulnerabilidad de acuerdo a la fragilidad de las viviendas.
- V_2 : Vulnerabilidad de acuerdo a la población expuesta.

Vulnerabilidad No-física:

Para determinar la Vulnerabilidad No-física (VNF) de la zona de estudio se ha utilizado un promedio aritmético de las variables de vulnerabilidad no-física descritas en el Cuadro N°3.17.

$$VNF = \frac{V_{ae} + V_{edc} + V_{ve} + V_{pa} + V_{ct}}{5} \dots\dots (3.2)$$

Donde:

- V_{ae} : Vulnerabilidad ambiental y ecológica.
 V_{edc} : Vulnerabilidad educativa y cultural.
 V_{se} : Vulnerabilidad socio-económica.
 V_{pa} : Vulnerabilidad política y administrativa.
 V_{ct} : Vulnerabilidad científica y tecnológica.

Vulnerabilidad Total:

Se ha determinado mediante la siguiente expresión:

$$V_T = \frac{VF + VNF}{2} \dots (3.3) \quad \text{Donde:} \quad \begin{array}{l} VT: \text{Vulnerabilidad Total} \\ VF: \text{Vulnerabilidad Física} \\ VNF: \text{Vulnerabilidad No Física} \end{array}$$

Como resultado se obtiene el mapa de Vulnerabilidad Física (P-V-01), el mapa de Vulnerabilidad No-física (P-V-02) y finalmente el mapa de Vulnerabilidad Total (P-V-03) de la zona de estudio.

3.2.1.2. Evaluación del Peligro por Inundación

Para evaluar el peligro por inundación es necesario determinar los niveles de agua y zonificar la inundación del tramo bajo del Río Chillón; sin embargo actualmente, no existe en nuestro país una ley que defina un criterio cuantitativo para demarcar los límites del área intangible de un río; por ello, se ha revisado la legislación extranjera para adecuarla a nuestra realidad. La Agencia Federal de Manejo de Emergencias de los Estados Unidos de América (FEMA, siglas en inglés), determina para las zonas pobladas un área de peligro especial de inundación, y lo define como el espacio de territorio en la llanura de inundación, comúnmente sujeto a 1% o más de probabilidad de inundación, esto es, para un periodo de retorno de 100 años; dicha determinación se ha considerado para esta aplicación, ya que está basado en consideraciones científicas e ingenieriles.

La evaluación del Peligro por inundación se ha realizado siguiendo tres etapas: determinación de zonas críticas, determinación de zonas afectadas para un periodo de 100 años y determinación de zonas afectadas para evento de menor magnitud.

Determinación de Zonas Críticas:

Para determinar las zonas críticas a lo largo del tramo bajo del Río Chillón, se realizó una inspección de campo del área de estudio, identificándose zonas topográficamente vulnerables y tramos del río con profundidades pequeñas. También, se identificó sectores del sistema de dique de tierra disturbado, discontinuo y con pequeñas dimensiones geométricas como para soportar el nivel de agua que pasa por el río; así mismo, sectores donde las viviendas están cercanas al cauce del río, y estructuras en peligro como puentes y torres de alta tensión. Teniendo en cuenta estos criterios, se identificó 10 zonas críticas (ver planos P-P-01 y P-P-02), los mismos que se muestran en el Cuadro N°3.19.

Cuadro N°3.19

Descripción de las Zonas Críticas

Sector	Zona de falla	Descripción
Sector 1	Z_crítica_1	Se ubica cerca al puente Panamericana; no existen diques en la MD, los diques de la MI se encuentran removidos o alterados.
	Z_crítica_2	El dique ha sido alterado, abierto; el terreno en la MI es ligeramente hondonado, y está por debajo del nivel del lecho.
	Z_crítica_3	Pte. Los Sauces (de madera), aguas abajo y en la margen derecha se encuentra el A.H Fortaleza de Kuelap, ubicado sobre el límite del cauce. Las viviendas en el lugar son precarias y no existen diques.
	Z_crítica_4	En el puente La Ensenada, el terreno en ambos márgenes del río se encuentra al nivel del límite del cauce, no existen diques y la profundidad del lecho es de 1 a 2 metros. Cerca del lugar se ha encontrado filtraciones de agua.
Sector 2	Z_crítica_5	Aguas abajo del puente la Ensenada, primera etapa de la Urb. San Diego, el lecho del río se encuentra por encima del nivel del terreno, 0.5 a 1.0 m. Existe una torre de alta tensión en lugar de un dique, la cual está protegida del río por un muro de concreto.
	Z_crítica_6	A la altura de la manzana F de la Urb. San Diego, el dique ha sido removido o alterado, se encuentra inestable; en Abril del 2007 ocurrieron filtraciones que felizmente no causaron mayores daños.
Sector 2	Z_crítica_7	Las filtraciones que ocurrieron en Abril del 2007 se extendieron hasta esta zona, generando pequeños pozos de agua al pie del dique. Aguas abajo, en la margen izquierda del río, la zona es hondonada; en el lugar ocurrió un embalsamiento de agua el año 2001, provocado por la falla del dique aguas arriba.
Sector 3	Z_crítica_8	Si bien el río en la zona tiene un ancho aumenta de 50 a 200 metros, el dique en el lugar tiene una altura de 1.5 metros, y muy cerca se encuentran torres de alta tensión y chancherías. Aguas arriba existe gran cantidad de material de relleno y escombros en el dique.
	Z_crítica_9	A partir de esta zona la profundidad del lecho vuelve a disminuir de 10 a 4 metros aprox.; además, existe una carretera y algunas viviendas pegadas al río.
Sector 4	Z_crítica_10	Los diques en la zona están conformados por material de relleno; se aprecia la erosión del lecho del río en ambos márgenes

Fuente: Elaboración propia, 2007. (MD: Margen derecha, MI: Margen izquierda).

Determinación de zonas afectadas para avenida de Tr=100 años

Para este caso se ha tenido en cuenta lo determinado por el FEMA, esto es, determinar los niveles de agua y zonificar la inundación del tramo bajo del río Chillón para un periodo de retorno de 100 años; para ello, se verificó la ubicación y altura de los diques, y se tuvo en cuenta las zonas críticas identificadas, luego se realizó la evaluación hidráulica haciendo uso del modelo Hec-RAS 3.1.1.

La evaluación del comportamiento hidráulico del tramo bajo del río Chillón en el modelo HecRAS 3.1.1, permite determinar el nivel de agua alcanzado en diferentes secciones de control, y obtener la línea de inundación. Para ello, se está considerando un flujo permanente y mixto, una pendiente promedio igual a 0.023 y un caudal de 183 m³/s (Tr = 100 años), la dimensión y ubicación aproximada del sistema de diques ha sido verificado durante la inspección de campo realizada. El Cuadro N° 3.20 muestra las diez zonas críticas por sector, teniendo en cuenta la evaluación hidráulica y la inspección de campo:

Cuadro N°3.20
Resumen de las zonas críticas por sector.

Sector	Zona de falla	Sección del río	Elevación mín. del canal (msnm)	Elevación de la superficie de agua (msnm)	Altura de agua (m)
1	Z crítica 1	10203.8	170.13	172.41	2.28
	Z crítica 2	9737.76	160	162	2.00
	Z crítica 3	8159.35	142.5	145.01	2.51
	Z crítica 4	7628.67	137.37	137.84	0.39
2	Z crítica 5	7467.96	135.74	137.76	0.76
	Z crítica 6	6198.22	119.83	121	1.17
	Z crítica 7	5985.1	116.42	118.05	1.63
3	Z crítica 8	3425.37	87.5	88.93	1.43
	Z crítica 9	1344.23	71.75	73.87	2.12
4	Z crítica 10	664.924	62.5	63.71	1.21

Fuente: Elaboración propia, en función a la Inspección de Campo y a la Evaluación Hidráulica; se utilizó como información base una topografía 1:10000.

Para zonificar el área en peligro para una avenida de un periodo de retorno de 100 años, se utilizó la extensión HECGeoRas 3.1, una interfase entre el modelo HECRAS 3.1.1 y el GIS; esta extensión se encarga de crear los archivos "shapefile" (stream.shp, banks.shp, flowpath.shp, xscutlines.shp) necesarios para el análisis hidráulico, y exportarlos al HecRAS 3.1.1, luego también, importar la

línea de inundación hallada en el modelo HecRAS 3.1.1, para el análisis y obtención del mapa de Peligro: Plano P-P-06, cuyo procedimiento se describe en el Anexo D.

El grado de Amenaza o Peligro está en función a la profundidad de agua de la zona inundada. Las áreas afectadas por escurrimiento, ya sea por falla en el dique o desborde del río, presentan un grado de peligro medio; si ocurre un embalsamiento y/o inundación se incrementa el nivel de agua, aumentado el grado de amenaza, según se muestra en el Cuadro N°3.21.

Cuadro N°3.21
Grado de Amenaza o Peligro

Profundidad de inundación (m)	Grado de Amenaza
$H = 0.00$	Bajo
$0.00 < H < 0.50$	Medio
$0.50 < H < 1.00$	Alto
$H > 1.00$	Muy Alto

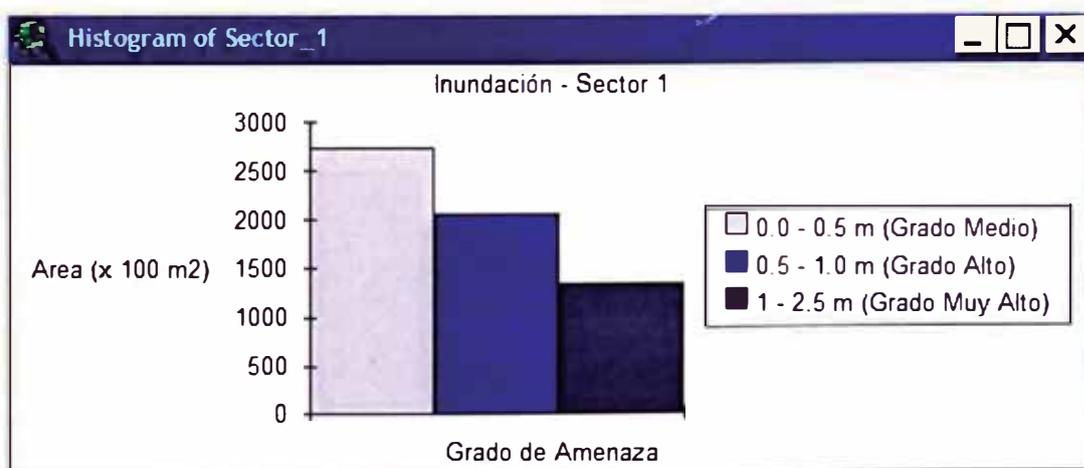
Fuente: Elaboración propia, 2006.

A continuación las áreas afectadas por inundación, para una avenida de 100 años, en cada sector de la zona de estudio:

Sector 1: Pte. Panamericana – Pte. La Ensenada

Presenta mayor área inundada con grado medio de amenaza, según se muestra en la figura N°3.8. Ver plano P-P-06 (Mapa de Peligro).

Figura N°3.8
Área afectada por inundación - Sector 1 (Tr = 100 años)

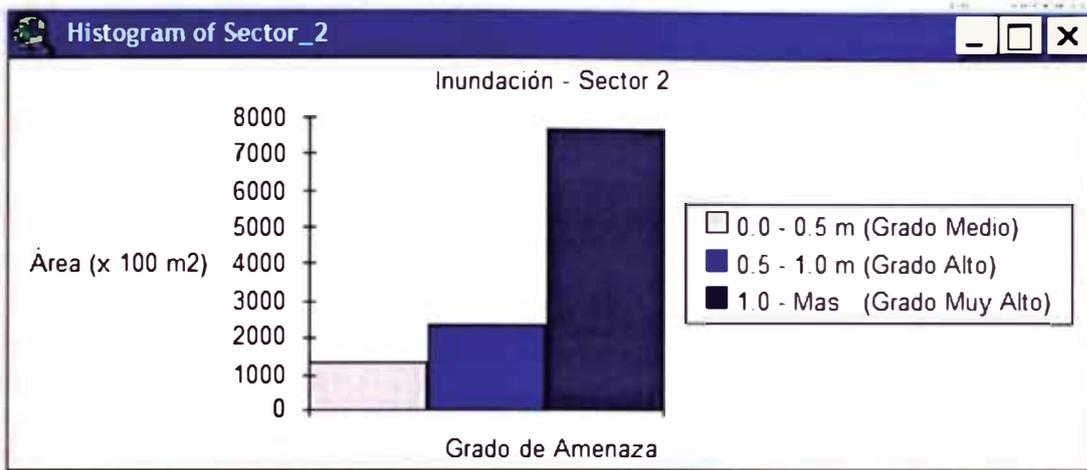


Fuente: Elaboración propia, ver plano P-P-06.

Sector 2: Pte. La Ensenada - Ex Pte. Inca

En este sector existe una hondonada, por lo que presenta mayor área inundación con grado muy alto de amenaza, según se muestra en la figura N°3.9. Ver plano P-P-06 (Mapa de Peligro).

Figura N°3.9
Área afectada por inundación - Sector 2 (Tr = 100 años)

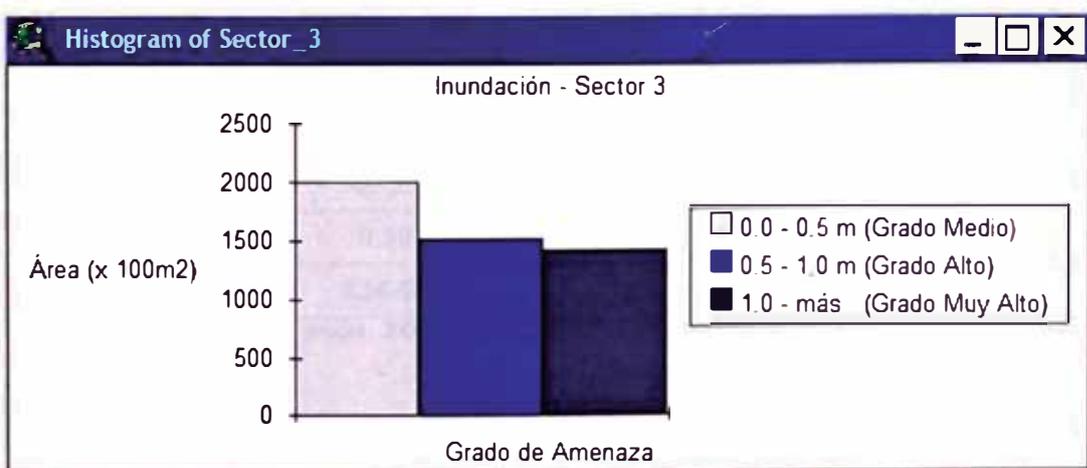


Fuente: Elaboración propia, ver plano P-P-06.

Sector 3: Ex Pte. Inca – Pte. Gambeta

En este sector la planicie es relativamente llana, por lo que presenta mayor área de inundación con grado medio, según se muestra en la Figura N°3.10. Ver plano P-P-06 (Mapa de Peligro).

Figura N°3.10
Área afectada por inundación - Sector 3 (Tr = 100 años)



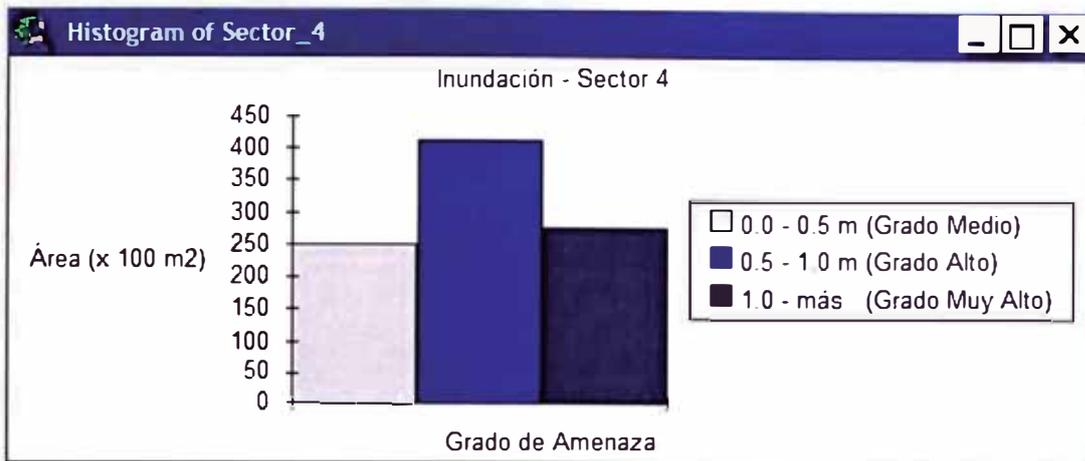
Fuente: Elaboración propia, ver plano P-P-06.

Sector 4: Pte. Gambeta – Desembocadura

Este sector presenta mayor área con grado de amenaza alto, según la Figura N°3.11, ver plano P-P-06 (Mapa de Peligro).

Figura N°3.11

Área afectada por inundación - Sector 4 (Tr = 100 años)



Fuente: Elaboración propia, ver plano P-P-06.

Según el plano de amenaza obtenido, el sector 2 presenta mayor extensión de área inundada (ver plano P-P-06); el cual se extiende por ambos extremos del río, debido a que en el ex puente Inca, el río se encañona y forma una curva que dificulta la circulación libre de las aguas del Río Chillón. El Cuadro N°3.22 muestra el área inundada y el volumen de agua por sector.

Cuadro N°3.22

Área Inundada y volumen de agua por sector

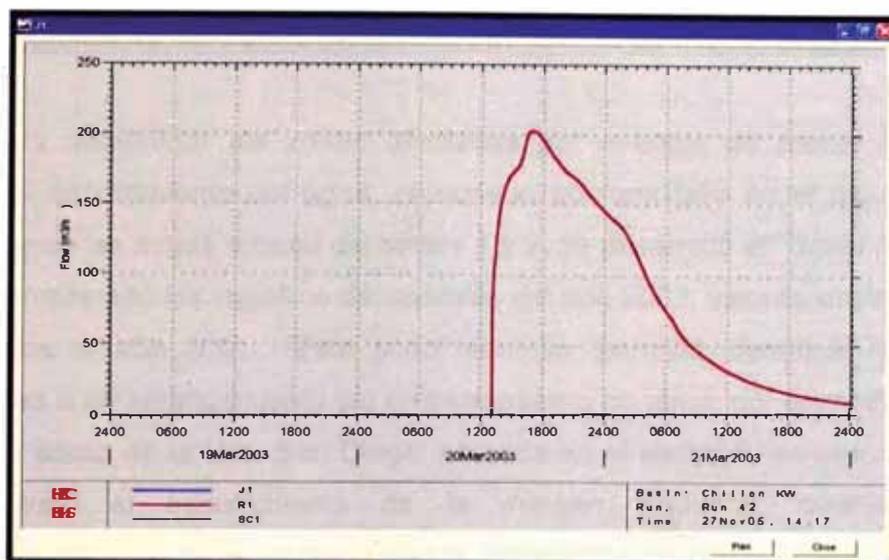
Sector	Planicie (ha)	Área Urbana (ha)	Volumen (m ³)
Sector 1:	61.47	25.68	422 858.1
Sector 2:	114.28	88.46	1 781 506.9
Sector 3:	49.39	6.15	421 792.3
Sector 4:	9.39	1.50	74 952.5
Total:	234.53	121.79	2 701 109.8

Fuente: Elaboración propia, 2007. A partir de los mapas de peligro.

Análisis de Hidrograma

Se ha calculado el volumen del Hidrograma para una avenida de periodo de retorno (T_r) de 100 años con el objetivo de realizar una comparación entre el volumen almacenado en cada sector y el volumen obtenido del Hidrograma.

Figura N°3.12
Hidrograma generado ($T_r=100$ años)



Fuente: "Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones aplicación en el Río Chillón". Giancarlo Moccetti Rojas. Tesis para optar el Título de Ingeniería Civil; IMEFEN - UNI; Lima, 2007.

El cuadro N°3.23 muestra el volumen de agua por sector y la comparación con respecto al volumen obtenido del Hidrograma para un periodo de retorno de 100 años. Se observa que el volumen de agua es inferior al del Hidrograma, esto demuestra que la zonificación obtenida es lógica y conservadora, debido a que el volumen no supera la mayor honda de flujo registrado por el Hidrograma.

Cuadro N°3.23

Volumen de agua y volumen del Hidrograma ($T_r=100$ años)

Volumen del Hidrograma (V_H)	Tr (100 años)	
	9' 677 869.56 m ³	
SECTOR	V_f (m ³)	%V
Sector 1	422,858.1	4.4
Sector 2	1'781,506.9	18.4
Sector 3	421,792.3	4.4
Sector 4	74,952.5	0.8
Total	2'701,109.72	27.9

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

- V_H : Volumen calculado del Hidrograma, de la mayor honda de flujo registrado.
- V_f : Volumen de agua almacenado por sector (inundado).
- $\%V$: Porcentaje del volumen de agua almacenado en el sector con respecto al volumen total calculado del Hidrograma (V_H).

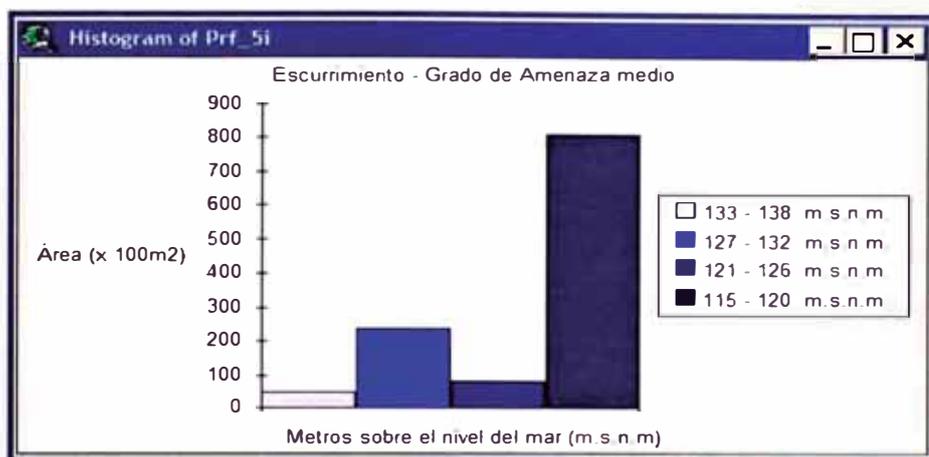
Determinación de las zonas afectadas por evento de menor magnitud

Para determinar las zonas afectadas por eventos de menor magnitud debido al escurrimiento del agua, provocado por una falla en el dique y/o un desborde en las zonas críticas del sector 1 y 2, se desarrolló el “*Script Runoff*”; y se ha considerado los registros de caudales del año 2003, valores similares a los registrados el año 2001. Este *script* además, permitió identificar las zonas propensas a un estancamiento y/o embalsamiento de agua; por ejemplo, la zona segunda etapa de la Urb. San Diego, ubicada en el sector 2, es una zona que recibe todo el escurrimiento de la margen izquierda, ocurriendo un embalsamiento; esto mismo ocurrió en la inundación del 2001, donde el nivel de agua de la zona (2^{da} etapa de la Urb. San Diego) inundada alcanzó 4 metros de altura (según referencia de la población). Para modelar el embalsamiento del agua en dicho sector, provocado por el escurrimiento del agua desde diferentes zonas críticas, se ha desarrollado el “*Script Flood*” dentro del entorno del ArcView 3.2.; este *script* permite calcular el volumen de agua y el espejo de agua alcanzado en la zona de San Diego, Sector 2. Los datos de entrada son las coordenadas de un punto de referencia y la altura máxima de agua alcanzado, con lo cual se logra zonificar la inundación y obtener el volumen de agua almacenado; el procedimiento con mayor detalle de esta aplicación se encuentra en el Anexo D, donde además se presenta la codificación de los *scripts* desarrollados.

Los planos P-P-03, P-P-04 y P-P-05 presentan el área afectada por escurrimiento en el sector 1 y 2 y la inundación producto de un embalsamiento en San Diego (similar a lo ocurrido el año 2001). La figura N°3.13 muestra que

el área más afectado por escurrimiento se encuentra entre 115 a 120 m.s.n.m., en la Urb. San Diego, donde ocurriera la inundación el año 2001.

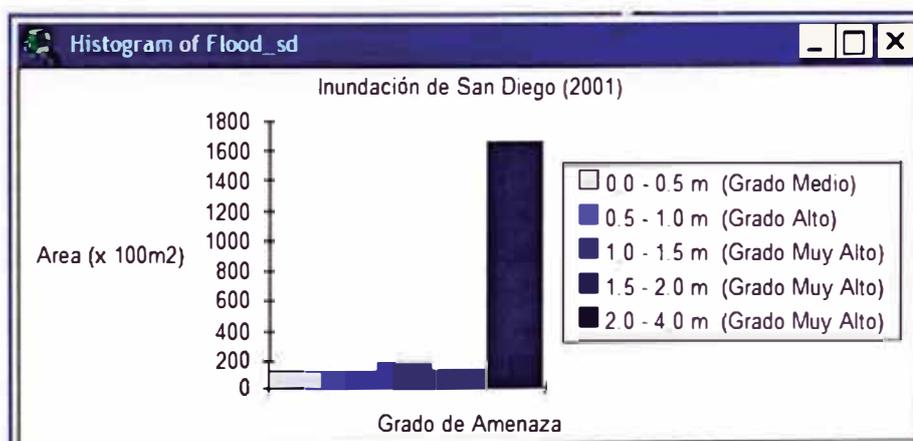
Figura N°3.13
Área afectada por escurrimiento – Grado medio
(Sector 2: margen izquierdo)



Fuente: Elaboración propia, ver plano P-P-04.

A continuación, la Figura N°3.14 muestra el área inundada de acuerdo al grado de amenaza; resultado del modelamiento de la inundación del año 2001, para un caudal entre 40 y 60 m³/s (valores pico para un evento de menor magnitud). El volumen de agua almacenado en la zona de San Diego es 630 207.00m³, y se observa mayor área con grado de amenaza muy alto, ellos debido a la hondonada en la zona.

Figura N°3.14
Área afectada por inundación, año normal (Sector 2: San Diego)



Fuente: Elaboración propia, ver plano P-P-05.

Análisis de Hidrograma

Se ha calculado el volumen del Hidrograma para un evento de menor magnitud, con el objetivo de realizar una comparación entre el volumen almacenado luego del modelamiento de la inundación del año 2001 y el volumen obtenido del Hidrograma.

Es preciso remarcar que la época de crecida de cada año se da entre los meses de diciembre y abril, donde los valores de caudal varían de 20 a 60m³/s, lo que puede dañar al dique de tierra existente en la zona de estudio, generándose fisuras o filtraciones de agua. A continuación se presenta el registro de caudales del día 9 y 10 de marzo del 2003 (periodo de retorno aproximadamente de 2 años), valores similares a los registrados el año 2001:

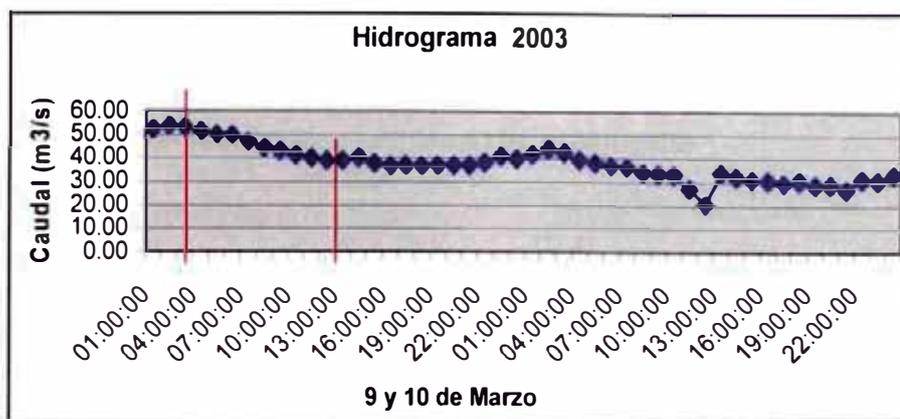
Cuadro N°3.24
Hidrograma - 2003

Día	Hora (*)	Caudal (m3/s)	Día	Hora (*)	Caudal (m3/s)
9 de Marzo	01:00:00	52.30	10 de Marzo	01:00:00	41.69
9 de Marzo	02:00:00	53.82	10 de Marzo	02:00:00	43.89
9 de Marzo	03:00:00	53.23	10 de Marzo	03:00:00	42.42
9 de Marzo	04:00:00	51.46	10 de Marzo	04:00:00	39.64
9 de Marzo	05:00:00	50.29	10 de Marzo	05:00:00	38.23
9 de Marzo	06:00:00	49.79	10 de Marzo	06:00:00	36.77
9 de Marzo	07:00:00	46.96	10 de Marzo	07:00:00	36.26
9 de Marzo	08:00:00	44.23	10 de Marzo	08:00:00	33.73
9 de Marzo	09:00:00	43.06	10 de Marzo	09:00:00	33.29
9 de Marzo	10:00:00	41.22	10 de Marzo	10:00:00	32.87
9 de Marzo	11:00:00	40.12	10 de Marzo	11:00:00	27.28
9 de Marzo	12:00:00	38.95	10 de Marzo	12:00:00	20.44
9 de Marzo	13:00:00	38.98	10 de Marzo	13:00:00	33.79
9 de Marzo	14:00:00	40.00	10 de Marzo	14:00:00	32.13
9 de Marzo	15:00:00	37.81	10 de Marzo	15:00:00	30.75
9 de Marzo	16:00:00	36.79	10 de Marzo	16:00:00	30.46
9 de Marzo	17:00:00	37.04	10 de Marzo	17:00:00	29.33
9 de Marzo	18:00:00	36.85	10 de Marzo	18:00:00	30.36
9 de Marzo	19:00:00	36.99	10 de Marzo	19:00:00	28.74
9 de Marzo	20:00:00	37.17	10 de Marzo	20:00:00	28.81
9 de Marzo	21:00:00	37.05	10 de Marzo	21:00:00	26.83
9 de Marzo	22:00:00	38.15	10 de Marzo	22:00:00	31.10
9 de Marzo	23:00:00	40.97	10 de Marzo	23:00:00	30.60
9 de Marzo	00:00:00	39.92	10 de Marzo	00:00:00	33.13

Fuente: INRENA – Instituto Nacional de Recursos Naturales - 2003

A continuación se presenta el Hidrograma generado con el registro de caudales del día 9 y 10 de marzo del 2003:

Figura N°3.15
Hidrograma generado - 2003



Fuente: Elaboración propia, en función al Cuadro No 3.24, 2007.

El cuadro N°3.25 muestra el volumen del Hidrograma (2003) durante diez horas, dentro del intervalo de valores picos; se muestra también, el volumen de agua almacenado en la zona de San Diego y el tiempo aproximado que tomaría en inundarse la zona mencionada. Se observa que el volumen almacenado es inferior al calculado a partir del Hidrograma.

Cuadro N°3.25

Volumen de agua y volumen del Hidrograma (2003)

Hidrograma	V_H (m ³)	V_f (m ³)	% V	t(horas)
Año 2003	1' 680, 480.00	630, 207.00	37.5%	3.8

Fuente: Elaboración propia.

Donde: V_H : Volumen calculado del Hidrograma 2003, para 10 horas.
 Volumen de agua de la zona inundada (San Diego, año 2001)
 $\%V$: V_f/V_H
 t: Tiempo aproximado que tomaría en inundarse la zona mencionada.

3.2.1.3. Elaboración del Mapa de Riesgo

Finalmente, se obtiene el Mapa de Riesgo traslapando el Mapa de Vulnerabilidad y el Mapa de Peligro en cada sector. Es preciso resaltar que la zonificación de las áreas en peligro se realizó con el modelamiento del tramo bajo del Río Chillón para un periodo de retorno de 100 años, teniendo en cuenta además las diez diferentes zonas críticas identificadas en campo. El criterio analítico o ecuación matemática empleado es el siguiente:

$$R = P \times V \dots (3.4)$$

Donde: R: Riesgo, P: Peligro o amenaza y V: Vulnerabilidad Total

El criterio descriptivo se basa en la matriz de doble entrada, Peligro vs. Vulnerabilidad Total, Cuadro N°3.26.

Cuadro N°3.26
Estimación del Riesgo

Peligro \ Vulnerabilidad	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Alto	Alto
Alto	Muy Alto	Alto	Medio	Medio
Medio	Alto	Medio	Medio	Bajo
Bajo	Alto	Medio	Bajo	Bajo

Fuente: Adaptado. INDECI; Manual Básico Para la Estimación del Riesgo, 2006.

El mapa de riesgo (P-R-01) representa el escenario inicial de los cuatro sectores, el riesgo existente ante la ocurrencia de inundación en el tramo bajo del Valle Chillón, zona urbana. El Cuadro N°3.27a muestra la data exportada desde el ArcGis 9.x; se observa que son 16 las localidades posiblemente afectadas debido a que presentan un riesgo Alto o Muy Alto. Es preciso remarcar que la estimación del riesgo se da por manzana, en cada localidad y distrito, dentro de la zona de estudio. Por otro lado, el Cuadro N°3.27b presenta el impacto esperado dentro del escenario inicial.

A continuación se muestra los cuadros mencionados arriba:

Cuadro N°3.27a Escenario Inicial - Riesgo Alto y Muy Alto
Localidades afectadas con riesgo Alto o Muy Alto identificadas en el Escenario Inicial dentro del Mapa de Riesgo.

Sector	N°	Localidad	Distrito	Cnt_Locali	Sum_N_lote (Und)	Sum_Area (m²)	Max_M_vivi	Max_C_vivi	Sum_Hab-M6	Sum_M6-Hab-M50	Sum_Hab-M50	Sum_Pob_1	Max_Vulne	Max_Amenaz	Max_Riesgo
Sector_1	1	A. H. Fortaleza Kuelap	Puente Piedra	1	48	7783.00	Adobe	Regular	9	34	2	45	Alta	Alto	MAIto
	2	Asc. Chillón	Puente Piedra	20	617	82390.00	Concreto	Regular	99	356	26	481	Alta	MAIto	MAIto
	3	Asc. Fovimar	Puente Piedra	5	149	22952.00	Concreto	Regular	27	98	6	131	Alta	MAIto	MAIto
	4	Asc. Los Sauces	Puente Piedra	17	334	75639.00	Madera	Regular	93	330	22	445	Alta	MAIto	MAIto
	5	Coop. La Enseñada	Puente Piedra	7	184	41828.00	Concreto	Regular	54	180	11	245	Alta	MAIto	MAIto
	6	Urb. Pro.	Los Olivos	Puente Piedra	5	177	26566.00	Concreto	Regular	141	676	65	672	Alta	MAIto	MAIto
Sector_2	7	A. H. Nueva Esperanza	Puente Piedra	6	39	5847.00	Madera	Mala	12	26	3	41	Alta	MAIto	MAIto
	8	Asc. San Diego las Flores	San Martín de Porres	5	33	4930.00	Concreto	Mala	27	110	11	148	Alta	MAIto	MAIto
	9	Asc. Valle Chillón	Puente Piedra	9	318	47998.00	Concreto	Regular	60	208	11	279	Alta	MAIto	MAIto
	10	Lo. Chillón	Puente Piedra	16	3146	473817.00	Concreto	Regular	429	1523	99	2051	Alta	MAIto	MAIto
Sector_3	11	Urb. La Floresta de Pro	Los Olivos	3	253	37995.00	Concreto	Regular	198	878	91	1167	Alta	MAIto	MAIto
	12	Urb. San Diego	San Martín de Porres	62	2472	314031.00	Concreto	Regular	1095	7707	811	10213	Media	MAIto	MAIto
	13	Asc. Parque Porcino	Ventaniella	7	358	53863.00	Madera	Regular	81	272	16	369	Alta	Bajo	MAIto
Sector_4	14	A. H. Marquez	Callao	4	51	7679.00	Concreto	Regular	63	93	10	166	Alta	MAIto	MAIto
	15	A. H. Victor Raul Haya de la Torre	Ventaniella	1	10	1526.00	Concreto	Regular	3	8	0	11	Alta	Alto	MAIto
	16	A. H. Alfredo Villac C.	Callao	13	90	13443.00	Madera	Mala	135	164	21	320	Alta	Alto	MAIto
	Suma:				181	8279	1217907.0			3126	12603	1205	16934		Medio	MAIto
						122 ha									

Cuadro N°3.27b
Escenario Inicial - Impacto esperado (Tr = 100 años)
Riesgo Alto y Muy Alto

Elemento Impactado	Escenario Inicial	
	Indicador	4 sectores
1.1 Extensión del área urbana inundada	ha	122
1.2 Tirante de agua	m	3.8
2.1 Población total afectada	U	16934
2.2 Población afectada (ancianos)	U	1205
2.3 Población afectada (niños)	U	3126
3.1 Viviendas afectadas	U	8279
3.2 Colegios, c. salud, mercados u otros	U	14
3.3 Defensas ribereñas	km	7.5
3.4 Torres de alta tensión	U	10
3.5 Carretera	km	4.6
3.6 Puentes	U	7
3.7 Parques	U	19
4.1 Calidad del agua del río	Clase	Muy malo
4.2 Focos contaminantes	U	9
5.1 Población capacitada	%	1.0
5.2 Colegios e instituciones capacitados	%	1.0
5.3 Aceptación	Clase	

Leyenda:

Cnt_Locali Número de manzanas afectadas por localidad
 Sum_N_lotes Número de lotes por localidad
 Sum_Area Suma del área urbana afectada por localidad
 Max_M_vivi Material de viviendas
 Max_C_vivi Condición de las viviendas
 Sum_Hab-M6 Habitantes menores de 6 años
 Sum_M6-Hab-M50 Habitantes mayores de 6 años y menores de 50
 Sum_Hab-M50 Habitantes mayores de 50 años
 Sum_Pob_1 Población afectada por localidad
 Max_Vulne Vulnerabilidad total
 Max_Amenaz Amenaza
 Max_Riesgo Riesgo

Nota
 Los cuadros han sido elaborados en función a la base de datos generado en el ArcGIS 9 x

A continuación se resume el contexto de decisión por cada sector:

Sector 1: Comprende desde el puente Panamericana hasta el puente La Ensenada; la margen derecha pertenece al distrito de Puente Piedra y la margen izquierda al distrito de Los Olivos. Las principales comunidades posiblemente afectadas ante una inundación, además del tanque de agua ubicado cerca del Pte. Panamericana y los puentes Acobamba y La Ensenada, son:

A. H. Fortaleza Kuelap	Asc. Los Sauces
Asc. Chillón	Coop. La Ensenada
Asc. Fovimar	Urb. Pro

La diferencia entre la vulnerabilidad no-física de ambos distritos es evidente; la población asentada en la margen derecha (Pte. Piedra) es de nivel socioeconómico inferior a la población de la margen izquierda (Los Olivos), y falta presencia de las autoridades locales, sobre todo en el distrito de Pte. Piedra; esto se traduce en la calidad de las viviendas, falta de limpieza de las calles, el comercio ambulatorio desordenado, mal estado de las pistas y veredas, pobre calidad del ambiente y la actividad económica en general.

Actualmente, en el distrito de Los Olivos se lleva a cabo la ejecución de un proyecto ecológico que comprende además de la construcción de una alameda, la construcción de 2.4 km de muro de contención (muro de gaviones) de 4m de alto, ubicado aguas abajo del puente panamericana, margen izquierda del río Chillón. La inversión asciende a 3 millones 300 mil nuevos soles, los cuales fueron asumidos por el fondo Ítalo peruano (90%) y el municipio (10%). Mientras que en la margen derecha (distrito de Pte. Piedra) no se considera ningún tipo de trabajo de prevención ante una probable inundación, siendo esa zona la de mayor riesgo.

La precaria situación socio-económica de la población del distrito de Puente Piedra es la principal debilidad de la zona. Un ejemplo es el A. H. La Fortaleza de Kuelap ubicado muy pegado al río, zona altamente riesgosa; y por otro lado, las viviendas en el lugar son de adobe y de techos rústicos.

Foto N°3.8

Sector 1 – A.H. Fortaleza Kuelap, Diciembre del 2006



Sector 2: Comprende desde el puente La Ensenada hasta el ex-puente Inca; las localidades asentadas en ambos márgenes son: Urb. San Diego (margen izquierda), Loc. Chillón, A.H. Señor de los Milagros y A.H. Nueva Esperanza (margen derecha), distritos de San Martín de Porres y Puente Piedra respectivamente.

La segunda etapa de la Urb. San Diego presenta mayor riesgo a una inundación debido a las características topográficas de la zona; en el lugar la cota del lecho del río se encuentra por encima de la cota del terreno, esto debido al fenómeno de agradación como consecuencia de los cambios geomorfológicos que sufre el río. Por otro lado, el sistema de diques del sector está conformado por material apilado, el cual se encuentra inestable, sólo un pequeño tramo del dique ha sido estabilizado con la construcción de un muro de mampostería, esto por iniciativa de la población aledaña.

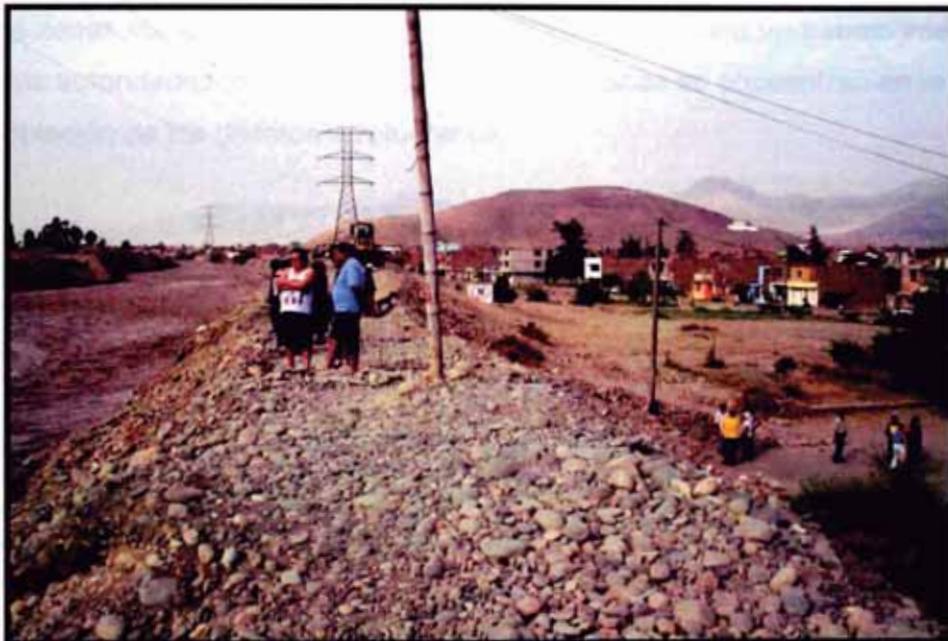
Si bien las comunidades del distrito Puente Piedra presentan una vulnerabilidad física menor desde el punto de vista topográfico, poseen un alto grado de vulnerabilidad no-física ante la ocurrencia de una inundación, ya que se

vería básicamente incomunicada e impedidos de los servicios básicos; los daños no serían físicos pero sí psicológicos y de salubridad.

Además, se ha podido identificar puntos específicos del sector con alto riesgo, torres de alta tensión ubicados en el muro de contención, adyacente al río y a las viviendas y con una débil cimentación. La necesidad en este sector es básicamente: reforzar y/o construir el sistema de diques a lo largo de la zona, reforzar la cimentación del las torres de alta tensión, educar a la población en temas de prevención y mantener limpio el río; realizar un trabajo integrado entre las autoridades de ambos distritos, organizaciones gubernamentales y no-gubernamentales y la población.

Foto N°3.9

Sector 2 – Urb. San Diego, Abril de 2007



Sector 3: Comprende desde el ex-puente Inca (actualmente retirado) hasta el puente Gambeta. Este sector ha sido recientemente poblado por pequeños asentamientos humanos y áreas agrícolas, las que se han ubicado en zona de planicie, en los distritos de Puente Piedra, Ventanilla y El Callao. Durante el recorrido se observó que la profundidad del río hace a este sector menos riesgoso, aunque el muro de contención al inicio del tramo está conformado por material de relleno. Presenta una vulnerabilidad no-física alta por el grado de

contaminación, el nivel socio-económico y la ausencia casi total de las autoridades locales.

Muy cerca de la zona agrícola “Huertas del Paraíso” se encuentra una estación de bombeo de agua, torres de alta tensión y un criadero de chanchos (foco de contaminación); esto empeora la situación de riesgo ante una posible inundación, ya que los daños serían básicamente de salubridad para la población aledaña, y la seguridad se vería perjudicada debido a las torres de alta tensión que pueden provocar incendios y cortos circuitos.

Este sector presenta enormes áreas libres, zonas arqueológicas y una especie de laguna natural formada por agua subterránea que aflora a la superficie. Aquí se necesita plantear un ordenamiento territorial, antes que éste sea ocupado por completo y sin ningún tipo de planificación, y evitar generar nuevas zonas vulnerables ante una inundación. Se requiere un trabajo integrado entre las autoridades locales, EDEGEL (cuyas oficinas se encuentran en la zona) y la población de los distritos involucrados.

Foto N°3.10

Sector 3 – Zona de expansión urbana, Febrero de 2007



Cerca al puente Gambeta, la profundidad del río vuelve a disminuir (fenómeno de agradación), pero la contaminación es aún peor. Muy cerca de la

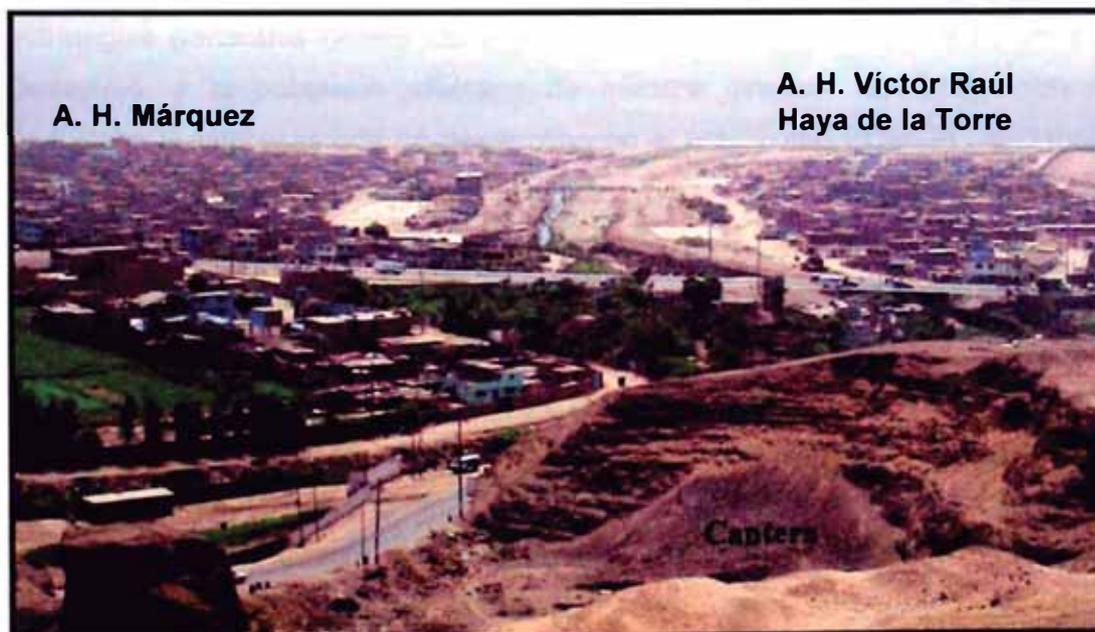
zona se encuentra el relleno sanitario que recoge gran cantidad de desechos sólidos de Lima, haciendo al lugar más vulnerable desde el punto de vista ambiental, social, económico y administrativo. También se ha podido apreciar gran cantidad de polvo en el ambiente, sin mencionar la vulnerabilidad física de las viviendas, en su mayoría de madera y esteras.

Sector 4: Comprende desde el puente Gambeta hasta la desembocadura al mar. En la margen derecha (distrito de Ventanilla) se encuentran el A.H. Víctor Raúl Haya de la Torre y las oficinas del Ministerio de Agricultura-SENASA; en la margen izquierda (distrito del Callao) se encuentra el A.H. Villac C. y el A.H. Márquez. La zona se caracteriza por ser altamente peligrosa, el ambiente contaminado, las pistas y veredas están en pésimo estado, las áreas verdes son escasas, la zona presenta un alto grado de vulnerabilidad física y no-física. Por otro lado, el dique a lo largo del río en ambas márgenes está conformado por material apilado, totalmente inestable ya que no ha sido compactado, en donde además, se aprecia la erosión causada por la corriente de agua.

Las viviendas en este sector son básicamente de concreto, excepto las viviendas del A.H. Villac C., básicamente de estera y madera, ubicadas muy pegadas al río.

Foto N°3.11

Sector 4 - Desembocadura del Río Chillón, 2006



Contexto general: La parte baja de la cuenca del Río Chillón es una zona urbana propensa a sufrir inundaciones por desborde del río; los primeros meses de cada año el nivel del agua aumenta, alarmando a la población asentada en ambas márgenes del río. Este tramo del Chillón presenta una pendiente promedio de 0.023, haciendo que la zona de planicie sea más extensa y por ende propensa a inundación; por otro lado, su suelo tiene cualidades ideales para la agricultura, una fortaleza que puede ser aprovechada, teniendo en cuenta que la vegetación reduce la erosión, evita ampliar la zona de planicie y es un recurso para el desarrollo económico.

El objetivo del proyecto es reducir y/o mitigar los posibles daños causados por una inundación en el tramo bajo del valle Chillón, durante la etapa pre-desastre, ello a través de la estimación del riesgo y planteando alternativas de solución en función a lo estimado; esto es, una gestión del riesgo de tipo correctivo, enfocado en el desarrollo sostenible, es decir, aumentar la calidad de vida, y así, aumentar la capacidad de respuesta ante un desastre, lo que implica reducir la vulnerabilidad (física y no-física) del lugar.

En el escenario inicial se identificaron los siguientes participantes directos e indirectos: los “*key players*” (gobiernos locales de los distritos: Callao, Ventanilla, Puente Piedra, San Martín, Los Olivos) involucrados, instituciones responsables en el tema como INDECI, INRENA, MINAG y otros como se indica en las estrategias generales dentro del Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres, y la población afectada de manera directa), los “*stakeholders*” (industrias y empresas que se desarrollan en el área como EDEGEL, Sedapal, minas, fábricas), y finalmente el “*facilitade workshop*” (un representante de la región a la que pertenece la zona de estudio, en este caso de La Región Lima). Los “*key players*” tienen como fin el bienestar y la seguridad de la población ante una inundación, mejorar la calidad de vida, así como, el desarrollo económico de los distritos; por otro lado, el objetivo principal de los “*stakeholder*” es proteger los intereses económicos de su empresa, pero éstos pueden ser representados por un “*key player*”; y el “*facilitade workshop*”, como representante de la región Lima, deberá ser imparcial y buscar el bienestar del conjunto, en este caso de la parte baja del valle Chillón, zona urbana que forma parte de la región Lima.

3.2.2 Identificar las Alternativas Estratégicas

Luego de definir el contexto de decisión, el cual se resume en el escenario inicial a través del Mapa de Riesgo, se procede a determinar las alternativas estratégicas de solución y armar la matriz de decisión o ficha de calificación (Scorecard). Ver cuadro 3.28.

Las alternativas planteadas se formularon en base al escenario inicial y a las investigaciones realizadas en el Instituto para la Mitigación de los Efectos del Fenómeno El Niño (IMEFEN) como: “Medidas de Atenuación del caudal aguas arriba del Río Chillón” y “Zonificación de áreas inundables en el tramo bajo del Chillón”. Las alternativas estratégicas planteadas consideran aspectos técnicos, socio-económicos y políticos, y están enfocadas a reducir el grado de vulnerabilidad de la zona (vulnerabilidad física y vulnerabilidad no-física), y así, alcanzar la meta de “Reducir los daños por inundación en una zona urbana”. Dichas alternativas son:

- A. Atenuación de caudales aguas arriba del tramo urbano.
- B. Implementar un Sistema de Alerta Temprana contra Inundaciones y capacitar a la población en el monitoreo del mismo.
- C. Construir y/o reforzar las defensas ribereñas o sistemas de diques con participación de la población.
- D. Implementar un Sistema de Normas Urbanas y educar a la población en temas de desastres.

3.2.2.1. Alternativa A: Atenuación de caudales aguas arriba del tramo urbano.

La primera alternativa estratégica de solución es una medida de tipo estructural, plantea la atenuación de caudales picos aguas arriba del tramo urbano, mediante el almacenamiento temporal del agua en pozas laterales ubicadas en la planicie izquierda del río Chillón. Las pozas se activarían solamente en avenidas extraordinarias, captando 60 m³/s como máximo caudal, almacenándose temporalmente en las pozas laterales ubicadas en la planicie.

Aguas abajo, se plantea cubrir los diques mediante vegetación para mejorar el aspecto exterior y el ambiente de los alrededores del río, lo que ayudará a reducir el polvo que se genera en la zona, a su vez, reducir la vulnerabilidad ecológica y ambiental, mejorando la calidad, el hábitat y la biodiversidad del río. Para ello, se plantea un trabajo integrado de las autoridades de los distritos de Ventanilla, Callao, Puente Piedra, San Martín de Porres y Los Olivos, profesionales y población involucrada. Además, se propone abastecer de agua y desagüe a la población asentada aguas arriba, como una forma de valor agregado para hacer a esta alternativa autosuficiente. Para ejecutar esta alternativa se plantea lo siguiente:

1. Construcción de una bocatoma
2. Adecuación de estanques de almacenamiento temporal.
3. Programa de limpieza y vegetación de las riberas del río Chillón en el tramo urbano (ambos márgenes).
4. Abastecimiento de servicios básicos a la población asentada aguas arriba (Valor agregado).

3.2.2.2. Alternativa B: Implementar un Sistema de Alerta Temprana contra Inundaciones y capacitar a la población en el monitoreo del mismo.

La segunda alternativa estratégica es una medida de tipo no estructural, plantea la implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) contra Inundaciones en el río Chillón, con participación directa de la población, esto es, capacitar a la población asentada aguas arriba del tramo urbano del valle Chillón en el monitoreo del SAT, mantener una comunicación constante entre la población asentada aguas arriba y aguas abajo, y finalmente desarrollar un Plan de Emergencia en caso ocurra un desastre.

La comunicación constante entre la población de la parte baja y parte alta del río Chillón permitirá ganar tiempo, en caso se pronostique un desastre debido a una inundación, para tomar las precauciones necesarias, poner en buen recaudo a la población, y así reducir la población expuesta; pero es casi inevitable los daños a la infraestructura (viviendas, parques, torres, puentes,

carreteras y centros de servicio público) construida sobre la planicie, zona de alto riesgo. Para ejecutar esta alternativa se plantea lo siguiente:

1. Organización comunitaria de la población asentada en el tramo urbano del valle Chillón, al igual que la comunidad asentada aguas arriba, encargada del monitoreo del SAT, para dar la alerta en caso de emergencia.
2. Reconocimiento de la cuenca del Chillón; evaluación de la vulnerabilidad, peligro y riesgo de la zona, con el fin de ubicar puntos estratégicos de control, y realizar el plan de emergencia y contingencia.
3. Estudio hidrológico; medición de la lluvia y el nivel de agua en el río. Determinar la ubicación de los pluviómetros y la medición hidrométrica en la cuenca del Chillón.
4. Poner en funcionamiento el sistema; lectura y registro, transmisión de datos, procesamiento y análisis de datos, análisis hidrológico, y determinar los niveles de alerta, previamente con una capacitación a los encargados del monitoreo.
5. Evaluación de la situación; difusión de la alerta y plan de emergencia.

3.2.2.3. Alternativa C: Construir y/o reforzar las defensas ribereñas o sistemas de diques con participación de la población.

La tercera alternativa estratégica de solución combina medidas de tipo estructural y no estructural, propone construir y/o reforzar el sistema de diques actual; existen varios métodos para esto: con cobertura vegetal, compactación del dique de tierra, construcción de diques con enrocado y mortero; o la construcción de defensas ribereñas como el sistema de gaviones; el método dependerá del material disponible y del criterio de ingeniería que se plantee luego de una evaluación estructural del actual sistema de diques.

Actualmente, las defensas ribereñas de la parte baja del Chillón se encuentran totalmente vulnerables, debido a que han sido construidos de manera no técnica. Aguas abajo del Pte. La Ensenada se ha construido un muro

de mampostería, pero es preciso continuar con el trabajo de reforzamiento o protección a lo largo del río, ya que aún existen zonas totalmente inestables.

Para esta aplicación se está considerando un sistema de diques de tierra técnicamente construido, reforzado con gaviones, pero evitando en la medida que sea posible, reducir el cauce natural del río, ya que actualmente la planicie está ocupada con viviendas, pero además, dejando también, áreas verdes entre el río y el casco urbano.

Paralelamente a la construcción y/o reforzamiento de la defensa ribereña, se plantea capacitar a la población, asentada en el tramo urbano del valle Chillón, en temas de desastre ante una inundación, y reducir el grado de contaminación, aspectos vulnerables que se presentan en casi todo los sectores.

Además, se plantea aprovechar las fortalezas de cada distrito (las áreas verdes, los espacios libres, las zonas arqueológicas, actividad económica), para generar un valor agregado por alternativa y hacerla autosuficiente, pero, sin alterar la morfología y la planicie de inundación del río Chillón, sobre todo la planicie aún no ocupada con viviendas, ya que un cambio en el mismo puede generar cambios geomorfológicos que a la larga se pueden convertir en amenazas. Para ejecutar esta alternativa se plantea lo siguiente:

1. Evaluación estructural del sistema de diques actual.
2. Construir y/o reforzar el sistema de diques en toda la zona urbana.
3. Programa de participación y capacitación de la población en temas de desastre.

3.2.2.4. Alternativa D: Implementar un Sistema de Normas Urbanas y educar a la población en temas de desastres.

La cuarta alternativa estratégica de solución es una medida de tipo netamente no estructural, propone elaborar normas de ordenamiento territorial de áreas que aún no han sido habitadas como el distrito de Puente Piedra que corresponde al sector 3, y áreas con alto riesgo como el Asentamiento Kuelap correspondiente al sector 1. Esta alternativa tiene por objetivo identificar áreas

con alto riesgo ante una inundación y reubicar a la población asentada en el lugar; pero sobre todo, elaborar un plan de ordenamiento territorial de las áreas aún deshabitadas y definir claramente la zona habitable, para evitar así, generar nuevas zonas vulnerables. Además, se plantea implementar un sistema de capacitación y orientación en temas de desastres de origen meteorológico, dirigido a la población de modo masivo, organizado y guiado por las autoridades de cada distrito, coordinando con los dirigentes de cada localidad, colegios y grupos de organización de la zona.

El sistema de normas urbanas está enfocado a reducir la formación de posibles escenarios en riesgo, evitar generar situaciones vulnerables y generadores de peligro, definir los límites del aprovechamiento de los recursos dentro de una cuenca, y evitar generar conflictos entre el hombre y la naturaleza. Por otro lado, la capacitación y orientación en temas de desastres, dirigido a la población de manera directa, aumenta la capacidad de respuesta ante un desastre, a través de planes de contingencia y de respuesta elaborados por los gobiernos locales, dirigentes de cada comunidad y población ya capacitados en temas de desastres y que forman parte del tramo urbano del valle Chillón con alto riesgo a una inundación. El sistema de normas urbanas está basado en:

1. Ordenamiento territorial de áreas habitadas y deshabitadas; cuya responsabilidad compete a los gobiernos locales de los distritos del Callao, Ventanilla, Puente Piedra, San Martín de Porres y Los Olivos.
2. Comprometer a la población del tramo urbano del valle Chillón, mantener limpio los alrededores del río.
3. Establecer límites de aprovechamiento de recursos en la cuenca del Río Chillón; responsabilidad del gobierno regional de Lima.
4. Incluir a nivel local durante el proceso de desarrollo económico el concepto de desarrollo sostenible, para mejorar la calidad de vida y con ello aumentar la capacidad de respuesta ante un desastre; esto es, poner en práctica el concepto de desarrollo sostenible en los proyectos ejecutados por los distritos de la zona de estudio.

➤ *Mayor calidad de vida -> menor vulnerabilidad -> mayor capacidad de respuesta -> menor impacto ante la posible ocurrencia de un desastre.*

3.2.3 Objetivos y Criterios de Evaluación

El siguiente paso del Análisis de Multi-criterios durante el proceso de planificación en la gestión del riesgo (fase pre-desastre), es identificar los objetivos y los criterios de evaluación de las alternativas planteadas.

En todo proyecto de mitigación de desastres los objetivos son: Reducir la extensión de áreas inundables, reducir los daños a la población (cuidar su integridad física) y proteger la infraestructura existente. Pero luego de la inspección de campo y analizando el escenario inicial, se encuentra que existe un alto grado de vulnerabilidad no-física (contaminación, deficiencia organizativa y poca presencia del gobierno local); lo que conlleva a plantear otros objetivos más para mitigar los daños por inundación en la zona urbana, en este caso en la parte baja del valle Chillón.

La meta se representa en el alcance de cinco objetivos, y éstos a su vez en diecisiete criterios, que permiten evaluar el comportamiento de las alternativas dentro de un escenario inicial. Para este caso en particular el escenario inicial es “Mapa de Riesgo” elaborado de la zona de estudio. Estos objetivos son:

1. Reducir áreas inundables (zonas urbanas de la parte baja del valle Chillón).
2. Reducir daños a la población asentada en la parte baja del valle Chillón (asegurar la integridad física de la población)
3. Reducir daños en la infraestructura:
 - Lugares de concentración masiva (mercados, centros de estudio, centros de salud, centro policial, municipio, etc.)
 - Vías de comunicación (puentes, carretera, línea telefónica, etc.)
 - Servicios básicos (torres de alta tensión, agua, etc.)
 - Lugares de recreación (parques, zonas arqueológicas, etc.)
4. Reducir el grado de contaminación (existente y/o generado por la inundación); es preciso remarcar que cuanto mayor sea el grado de contaminación existente, mayor será la contaminación luego de una inundación, y con ello mayores los daños.

5. Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural ante una inundación (nivel de organización, mayor información, participación gubernamental, mayor comunicación población-gobierno local).

Los criterios permiten medir el cumplimiento de los objetivos planteados, medir el alcance y desempeño de los objetivos, y como consecuencia de la meta. Por ejemplo, para medir el cumplimiento del objetivo uno "Reducir áreas inundables", se cuantifica la extensión de áreas inundables luego de proyectar cada una de las alternativas en la zona de estudio, y determinar cuánto se logra reducir el área propensa a inundación. Así mismo, cuanto mayor sea el nivel de agua en la zona, mayor será el área propensa a inundación.

Para medir el objetivo dos "Reducir daños a la población", se cuantifica la población expuesta y más vulnerable, en este caso la cantidad de personas, niños y ancianos. El objetivo tres "Reducir daños en la infraestructura", se mide a través del número de viviendas afectadas, centros de concentración masiva, defensas ribereñas, carretera, número de puentes, parques y zonas arqueológicas afectadas, etc.; cuanto menor sea la infraestructura afectada, el alcance del objetivo será mayor. El objetivo cuatro "Reducir el grado de contaminación" se mide con el número de focos contaminantes y la mejora en la calidad del agua del río, cuánto más se logre reducir la contaminación existente del agua y la concentración de polvo atmosférico, se logrará reducir la contaminación existente y la que se puede originar luego de una inundación. Finalmente, el objetivo cinco "Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural ante una inundación", se mide a través del número o porcentaje de población capacitada, colegios e instituciones capacitados en temas de desastre, el nivel de organización y participación de la población, instituciones y gobiernos locales, y la aceptación de las alternativas estratégicas por la población.

Mediante el Análisis de Multi-criteria, también se evalúa el grado de contaminación a lo largo del río Chillón; para este caso no se cuenta con valores exactos, por lo tanto se ha utilizado un rango de medición cualitativo, de acuerdo a la inspección de campo y la información recopilada. Una de las bondades del MCA es la evaluación en simultáneo de criterios cualitativos y cuantitativos.

No se incluyó el criterio “Pérdidas Económicas” debido a que se han evaluado los daños en general, lo que representa una pérdida económica de manera indirecta; pero es preciso remarcar que este criterio puede ser considerado como uno más en la evaluación. Tampoco se ha considerado el criterio “Costo o presupuesto para ejecutar la alternativa” debido a que este criterio no está relacionado con el alcance de la meta, que para este caso es “Reducir daños”. A continuación se presenta el “Scorecard”:

Cuadro N°3.28
“Scorecard” – Fichero de Calificación o Clasificación

Meta: Mitigar los daños por inundación en una zona urbana							
Objetivos	Criterios		Indicador	Alternativas			
				A	B	C	D
1.-Reducir Áreas Inundables	1.1	Extensión de área urbana en riesgo	ha				
	1.2	Tirante de agua	m				
2.-Reducir daños a la población	2.1	Población total afectada	U				
	2.2	Población afectada (ancianos)					
	2.3	Población afectada (niños)	U				
3.-Reducir daños en la infraestructura	3.1	Viviendas afectadas	U				
	3.2	Colegios, c. salud, mercados u otros	U				
	3.3	Defensas ribereñas	km				
	3.4	Torres de alta tensión	und				
	3.5	Carretera	km				
	3.6	Puentes	U				
4.-Reducir el grado de contaminación	3.7	Parques	U				
	4.1	Calidad del río	Clase				
5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural ante un desastre.	4.2	Focos contaminantes	U				
	5.1	Población capacitada	%				
	5.2	Colegios e instituciones capacitados	%				
	5.3	Aceptación	Clase				

Fuente: Elaboración propia, 2006.

El Cuadro N°3.28 presenta el “Scorecard” del análisis, en éste se muestra la meta, los objetivos, los criterios de evaluación y las alternativas estratégicas de solución; inicialmente cada criterio presenta un indicador, una unidad de medida que cuantifica el cumplimiento de los objetivos. No todos los objetivos se subdividen en la misma cantidad de criterios, esto dependerá del escenario (el

tiempo, el lugar y los recursos existentes) y el contexto de decisión. El Scorecard se actualiza y se puede optimizar durante el proceso de evaluación, ya que es dinámico y fácil de manejar.

3.3 Etapa III

Es la etapa del análisis y consta de tres pasos: proyectar y evaluar el comportamiento de las alternativas estratégicas, en función a los criterios de evaluación dentro de un escenario inicial; evaluar las alternativas luego de asignar pesos a cada criterio, según lo establezcan los key players, stakeholders y facilitade workshop en una previa reunión; y finalmente, obtener el resultado general y ponderado por estrategia. Para este análisis en particular, se ha determinado pesos según criterios propios de modo que se pueda aplicar el Análisis de Multi-criteria.

3.3.1 Proyectar y Evaluar las Alternativas Estratégicas

Alternativa A: Atenuación de caudales aguas arriba del tramo urbano.

Para proyectar y evaluar la alternativa A, se ha realizado el análisis hidráulico del río Chillón (Pte. Panamericana - desembocadura) reduciendo el caudal de 183 m³/s a 120 m³/s, para un periodo de retorno de 100 años (propuesta del IMEFEN¹).

Luego del análisis, se observó que el comportamiento hidráulico no presenta grandes variaciones con respecto al análisis hidráulico inicial, con lo cual se determinó que la amenaza es prácticamente la misma del escenario inicial.

Por otro lado, se plantea cubrir con vegetación el talud exterior del sistema de diques del tramo urbano, con participación de la población aledaña, lo que ayudará a mejorar el aspecto exterior y el ambiente de la zona. El Cuadro N°3.29 muestra la proyección y el impacto de la alternativa A.

¹ "Atenuación de caudales aguas arriba del tramo urbano del Río Chillón". Zuly Rodríguez Palomino. Tesis para optar el Título de Ingeniería Civil; IMEFEN – UNI; Lima, 2006.

Cuadro N°3.29a Proyección de la Alternativa A
Atenuación de caudales aguas arriba del tramo urbano.

Variable de Riesgo		Escenario Inicial	Con la Alternativa A*	Descripción
Vulnerabilidad Física	Vt	100	No cambia	El grado de exposición es el mismo.
	Va	80	No cambia	No se mejora el acceso ni centros de concentración masiva, necesarios en caso de desastres.
	V1	90	No cambia	Igual fragilidad de viviendas
	V2	80	No cambia	La población expuesta es la misma.
	Vae	100	80% (ligera mejora)	El programa de limpieza y vegetación permite mejorar ligeramente el aspecto exterior del río, reduce el polvo y los focos contaminantes de los alrededores; para ello es importante el compromiso de parte de la población para recobrar las áreas verdes de los alrededores del río.
	Veoc	80	No cambia	No se considera capacitación en temas de desastre.
Vulnerabilidad No-física	Vse	80	No cambia	Mejora económica por la actividad agrícola, pero no en la zona de estudio.
	Vpa	70	No cambia	Participación política, más no en la zona de estudio.
	Vct	60	50% (ligera mejora)	Implementación de una alternativa técnica.
Amenaza o Peligro			100	Se logra reducir el caudal de 183 a 120 m ³ /seg, pero se observa que los niveles de agua no presentan grandes variaciones con respecto al análisis hidráulico inicial.
Riesgo	Vulnerabilidad Total			

Nota: Caso más crítico: Riesgo Muy Alto.

Calificación en función al Cuadro N°3.15 y Cuadro N°3.16.

* Ver Cuadros N°3.29b y N°3.29c
Ver plano P-A-1

Cuadro N°3.29b Alternativa A - Riesgo Alto y Muy Alto
Atenuación de caudales aguas arriba del tramo urbano.

Sector	N°	Localidad	Distrito	Crit_Locall	Sum_N lotes (U)	Sum_Area (m2)	Sum_Hab<M6	Sum_M6<Hab<M50	Sum_Hab>M50	Sum_Pob_1	Max_Amenaz	Max_Vuine	R_A1
Sector_1	1	A. H. Fortaleza Kuelap	Puente Piedra	1	48	7783.0	9	34	2	45	Alto	Alto	MAIto
	2	Asc. Chillón	Puente Piedra	18	583	77927.0	93	336	24	453	Malto	Malta	MAIto
	3	Asc. Fovimar	Puente Piedra	5	149	22552.0	27	98	6	131	Malto	Alta	MAIto
	4	Asc. Los Sauces	Puente Piedra	17	334	75639.0	93	330	22	445	Malto	Malta	MAIto
	5	Coop. La Enseñada	Puente Piedra	7	184	41828.0	54	180	11	245	Malto	Malta	MAIto
	6	Urb. Pro	Los Olivos	5	177	26586.0	141	616	65	822	Alto	Alta	Alto
Sector_2	7	A. H. Nueva Esperanza	Puente Piedra	6	39	5847.0	12	26	3	41	Malto	Malta	MAIto
	8	Asc. San Diego las Flores	San Martín de Porres	5	33	4930.0	27	110	11	148	Malto	Malta	MAIto
	9	Asc. Valle Chillón	Puente Piedra	9	318	47968.0	60	208	11	279	Malto	Alta	MAIto
	10	Lo. Chillón	Puente Piedra	16	3146	473817.0	429	1523	99	2051	Malto	Alta	MAIto
Sector_3	11	Urb. La Floresta de Pro	Los Olivos	3	253	37995.0	198	878	91	1167	Alto	Alta	Alto
	12	Urb. San Diego	San Martín de Porres	62	2472	314031.0	1695	7707	811	10213	Malto	Media	MAIto
Sector_4	13	Asc. Parque Porcino	Ventaniña	7	358	53863.0	81	272	16	369	Bajo	Malta	MAIto
	14	A. H. Marquez	Callao	4	51	7679.0	63	93	10	166	Malto	Alta	Alto
Sector_4	15	A. H. Victor Raul Haya de la Torre	Ventaniña	3	34	5136.0	9	26	2	37	Bajo	Malta	Alto
	16	A. H. Alfredo Villac C.	Callao	13	90	13443.0	135	164	21	320	Medio	Malta	MAIto
Suma:				181	8269	1217064.0	3126	12601	1205	16932			

*Área de las manzanas en riesgo (m2).

Fuente: Elaborado. Base de datos procesado en el ArcGIS

Cuadro N°3.29c Alternativa A - Impacto esperado

Criterios	Escenario Inicial		Alternativa A	
	Indicador	Calificación	Calificación	Descripción
1.1 Extensión del área urbana inundada	ha	122	122	Base de datos ArcGIS
1.2 Tirante de agua	m	3.8	3.8	Base de datos ArcGIS
2.1 Población total afectada	U	16934	16932	Base de datos ArcGIS
2.2 Población afectada (ancianos)	U	1205	1205	Base de datos ArcGIS
2.3 Población afectada (niños)	U	3126	3126	Base de datos ArcGIS
3.1 Viviendas afectadas	U	8279	8269	Base de datos ArcGIS
3.2 Colegios, c. salud, mercados u otros	U	14	14	No cambia (mapa de riesgo)
3.3 Defensas ribereñas	km	7.5	7.5	No cambia (mapa de riesgo)
3.4 Torres de alta tensión	U	10	10	No cambia (mapa de riesgo)
3.5 Carretera	km	4.6	4.6	No cambia (mapa de riesgo)
3.6 Puentes	U	7	7	No cambia (mapa de riesgo)
3.7 Parques	U	19	19	No cambia (mapa de riesgo)
4.1 Calidad del agua del río	Clase	Muy malo	Regular	Asumido
4.2 Focos contaminantes	U	9	6	Asumido
5.1 Población capacitada	%	10	25	Asumido
5.2 Colegios e instituciones capacitados	%	10	10	No cambia
5.3 Aceptación	Clase	-	Media	Información de Campo

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Leyenda:

Crit_Locall : N° manzanas afectadas por localidad
 Sum_N lotes : Número de lotes por localidad.
 Sum_Area : Suma del área urbana por localidad
 Sum_Hab<M6 : Habitantes menores de 6 años.
 Sum_M6<Hab>M50 : Habitantes > de 6 años y < de 50.
 Sum_Pob_1 : Población afectada por localidad
 Max_Amenaz : Amenaza
 Max_Vuine : Vulnerabilidad total
 R_A1 : Riesgo con la Alternativa 1

Nota

Los cuadros han sido elaborados en función a la base de datos generado en el ArcGIS 9.x.

Alternativa B: Implementación un Sistema de Alerta Temprana contra Inundaciones y capacitar a la población en el monitoreo del mismo.

Para proyectar y evaluar la alternativa B se ha realizado un análisis cualitativo; con lo cual se concluye que dicha alternativa logra poner en buen recaudo aproximadamente al 90% de la población en riesgo (referencias: profesionales de GTZ), esto es, se logra reducir la vulnerabilidad V2. Pero, la población estará poco preparada y capacitada en temas de desastre, ya que la capacitación se concentra sólo en los dirigentes y/o comisión de apoyo a cargo del monitoreo del SAT, por lo que la vulnerabilidad educativa y cultural (V_{edc}) obtiene sólo una ligera mejora; por ello, es necesario elaborar un plan de emergencia de acuerdo al nivel de alerta en caso de inundación y así tener a población preparada.

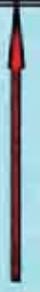
La implementación de un SAT en el valle Chillón logra mejorar el nivel de instrumentación y conocimiento de la zona, esto es, la vulnerabilidad científica y tecnológica disminuye. El Cuadro N°3.30 muestra la proyección y el impacto de la alternativa B.

Alternativa C: Reforzar y/o construir las defensas ribereñas o sistemas de diques con participación de la población.

Para proyectar y evaluar la alternativa C, se ha realizado un análisis hidráulico del río Chillón (tramo urbano) en el modelo HecRas 3.1.1, modificando la altura de las defensas ribereñas a 4 m y/o 5 m. Esta alternativa permite mejorar la capacidad de respuesta física de la zona urbana en riesgo, su objetivo es mejorar el sistema de diques y/o muros de contención; además, considerar la participación directa de la población durante la construcción y/o reforzamiento de las defensas ribereñas, paralelamente a ello desarrollar una capacitación en temas de desastre; y así, lograr involucrar a la población en la problemática y hacerla participe de la solución.

No se encontraron áreas en peligro luego de realizar el análisis hidráulico, pero se encontró altos niveles de agua en el sector 2, específicamente en la zona de la segunda etapa de San Diego (margen izquierda) y A.H.

**Cuadro N°3.30a Proyección de la Alternativa B
Implementar un Sistema de Alerta Temprana contra Inundaciones y capacitar a la población para el monitoreo.**

Variable de Riesgo		Escenario Inicial	Con la Alternativa B*	Descripción
Riesgo	Vulnerabilidad Física	Vt Grado de exposición	No cambia	El grado de exposición es el mismo.
		Va Acceso	50 (mejora)	Se desarrolló un Plan de Emergencia.
	V1 Fragilidad de Viviendas	No cambia	Igual fragilidad de viviendas	
	V2 Población expuesta	25 (mejora)	Se logra poner en buen recaudo por lo menos al 90% de la población expuesta. Ver cuadro N°3.30b. Porcentaje esumido por referencias.	
	Vae Vulnerabilidad ambiental y ecológica	No cambia	No hay mejora.	
Vulnerabilidad Total	Vedc Vulnerabilidad educativa y cultural	80	60 (ligera mejora)	La capacitación se concentra mayormente en dirigentes y/o comisión de apoyo a cargo del SAT. Respuesta asumida en función a la estructura de funcionamiento del SAT, teniendo en cuenta la zona de estudio.
	Vse Vulnerabilidad socio-económica	80	No cambia	No hay mejora.
	Vpa Vulnerabilidad política administrativa	70	60 (ligera mejora)	Participación ciudadana minoritaria, sólo dirigentes, pero con escasa coordinación entre las autoridades locales. Según antecedentes.
Amenaza o Peligro	Vct Vulnerabilidad científica y tecnológica	60	40 (mejora)	Una mejora debido a la implementación de una alternativa técnica como es el SAT.
			100	No cambia	Similar al escenario inicial.

Note: Caso más crítico: Riesgo Muy Alto.

Calificación en función al Cuadro N°3.15 y Cuadro N°3.16.

* Ver Cuadros N°3.30b y N°3.30c
Ver plano P-A-2.

Cuadro N°3.30b Alternativa B - Riesgo Alto y Muy Alto
Implementar un Sistema de Alerta Temprana contra Inundaciones y capacitar a la población para el monitoreo.

Sector	N°	Localidad	Distrito	Cnt_Local	Sum_N_lotes (u)	Sum_Area (m2)	Sum_Hab<M6	Sum_M6<H-ab-M50	Sum_Hab-M50	Sum_Pob_1	Max_Amenaz	Max_Vulne	R_A2
Sector_1	1	A. H. Fortaleza Kuelap	Puente Piedra	1	48	7783.0	9	34	2	45	Alto	MAIta	MAIto
	2	Asc. Chillón	Puente Piedra	20	617	82390.0	99	356	26	481	Alto	MAIta	MAIto
	3	Asc. Fovimar	Puente Piedra	5	149	22552.0	27	98	6	131	MAIto	AlIa	AlIto
	4	Asc. Los Sauces	Puente Piedra	17	334	75639.0	93	330	22	445	MAIto	MAIta	MAIto
	5	Coop. La Enseñada	Puente Piedra	7	184	41828.0	54	180	11	245	Medio	AlIa	AlIto
	6	Urb. Pro	Los Olivos	5	177	26586.0	141	616	65	822	Medio	MAIta	MAIto
Sector_2	9	A. H. Nueva Esperanza	Puente Piedra	6	39	5847.0	12	26	3	41	MAIto	MAIta	MAIto
	10	Asc. San Diego las Flores	San Martín de Porres	5	33	4930.0	27	110	11	148	MAIto	MAIta	MAIto
	11	Asc. Valle Chillón	Puente Piedra	9	318	47998.0	60	208	11	279	MAIto	AlIa	AlIto
	12	Lo. Chillón	Puente Piedra	16	3146	473817.0	429	1523	99	2051	MAIto	AlIa	MAIto
Sector_3	13	Urb. La Floresta de Pro	Los Olivos	3	253	37995.0	198	878	91	1167	Medio	AlIa	AlIto
	14	Urb. San Diego	San Martín de Porres	62	2472	314031.0	1695	7707	811	10213	Medio	AlIa	MAIto
Sector_4	15	Asc. Parque Porcino	Ventaniella	7	358	53863.0	81	272	16	369	Bajo	MAIta	MAIto
	17	A. H. Alfredo Villac C.	Callao	13	90	13443.0	135	164	21	320	Medio	MAIta	MAIto
Sector_4	18	A. H. Marquez	Callao	4	51	7679.0	63	93	10	166	Medio	MAIta	MAIto
	18	A. H. Victor Raul Haya de la Torre	Ventaniella	1	10	1526.0	3	8	0	11	Bajo	MAIta	AlIto
				Suma:	8279	1217907.0	3126	12603	1206	16934			
						122 ha	313	1260	121	1693			

*Área de las manzanas en riesgo (m2).

**Se logra poner en buen recaudo al 90% de la población, esto es sólo se llena el 10% de la población expuesta. Dicho porcentaje fue asumido en base a referencias de profesionales de GTZ (*http://www.gz-ural.org.pe)

Fuente: Elaborado. Base de datos procesado en el ArcGIS

Cuadro N°3.30c Alternativa B- Impacto esperado

Criterios	Escenario Inicial		Alternativa B	
	Indicador	Calificación	Calificación	Descripción
1.1 Extensión del área urbana inundada	ha	122	122	Base de datos ArcGIS
1.2 Tirante de agua	m	3.8	3.8	Base de datos ArcGIS
2.1 Población total afectada	U	16934	1693	Base de datos ArcGIS
2.2 Población afectada (ancianos)	U	1205	121	Base de datos ArcGIS
2.3 Población afectada (niños)	U	3126	313	Base de datos ArcGIS
3.1 Viviendas afectadas	U	8279	8279	Base de datos ArcGIS
3.2 Colegios c. salud, mercados u otros	U	14	14	No cambia (mapa de riesgo)
3.3 Detensas ribereñas	km	7.5	7.5	No cambia (mapa de riesgo)
3.4 Torres de alta tensión	U	10	10	No cambia (mapa de riesgo)
3.5 Carretera	km	4.6	4.6	No cambia (mapa de riesgo)
3.6 Puentes	U	7	7	No cambia (mapa de riesgo)
3.7 Parques	U	19	19	No cambia (mapa de riesgo)
4.1 Calidad del agua del río	Clase	Muy malo	Malo	Asumido
4.2 Focos contaminantes	U	9	9	Asumido
5.1 Población capacitada	%	10	25	Asumido
5.2 Colegios e instituciones capacitados	%	10	50	Asumido
5.3 Aceptación	Clase		Alta	Información de Campo

Fuente: Elaboración propia, 2007

Leyenda:

Cnt_Local : N° manzanas afectadas por localidad
 Sum_N_lotes : Número de lotes por localidad
 Sum_Area : Suma del área urbana por localidad
 Sum_Hab<M6 : Habitantes menores de 6 años
 Sum_M6<H-ab-M50 : Habitantes > de 6 años y < de 50
 Sum_Hab-M50 : Habitantes > de 50 años
 Sum_Pob_1 : Población afectada por localidad
 Max_Amenaz : Amenaza
 Max_Vulne : Vulnerabilidad total
 R_A1 : Riesgo con la Alternativa 1

Nota
 Los cuadros han sido elaborados en función a la base de datos generado en el ArcGIS 9.x.

Cuadro N°3.31a Proyección de la Alternativa C
Reforzar y/o construir las defensas ribereñas o sistemas de diques con participación de la población.

Variable de Riesgo		Escenario Inicial	Con la Alternativa C*	Descripción
Vulnerabilidad Física	Vr	100	No cambia	El grado de exposición es el mismo.
	Va	80	No cambia	No se mejora el acceso ni centros de concentración masiva, tan importante en casos de desastre.
	V1	90	No cambia	Igual fragilidad de viviendas.
	V2	80	No cambia	La población expuesta es la misma, las viviendas siguen en el mismo lugar.
Vulnerabilidad No-física	Vae	100	30 (mejora)	Áreas verdes entre el río y el área urbana, sobre todo en zonas aún no habitadas; para mejorar el aspecto exterior del río, se tiene la participación de la población para cubrir con vegetación las defensas ribereñas, y evitar así además, la generación de polvo.
	Vedc	80	40 (mejora)	Con la participación directa de la población en la construcción del sistema de diques, y paralelamente ejecutar los programas educativos en temas de desastre, lo que alcanza mayor cobertura.
	Vse	80	40 (mejora)	Se considera un valor agregado en el sistema de diques, esto es, considerar áreas turísticas y ecológicas, una forma de desarrollo económico que involucre la participación directa de la población.
	V;sa	70	60 (ligera mejora)	Participación de los gobiernos locales en temas de desarrollo económico.
Amenaza o Peligro	Vct	60	40 (ligera mejora)	Construcción de las defensas ribereñas de manera técnica.
		100	Cambia	Se realizó el análisis hidráulico modificando el sistema de diques (de 4 m a 5 m de altura) a lo largo del tramo bajo del río Chillón; y se encontró que en el sector 2 donde el río se encañona, el dique puede fallar y como consecuencia generar una inundación en dicho sector. Ver plano P-P-05. El grado de amenaza fluctúa de alto a muy alto (> 50) pero sólo en el sector 2.
Riesgo				

Nota: Caso más crítico: Riesgo Muy Alto.

Calificación en función al Cuadro N°3.15 y Cuadro N°3.16.

* Ver Cuadros N°3.31b y N°3.31c
 Ver plano P-A-3.

Cuadro N°3.31b Alternativa C - Riesgo Alto y Muy Alto
Construir y/o reforzar las defensas ribereñas y/o sistema de diques con participación de la población.

Sector	N°	Localidad	Distrito	Cnt_Locall	Sum N lotes (U)	Sum Area (m2)	Sum_Hab<M6	Sum_M6<Hab<M60	Sum_Hab>M60	Sum_Pob_1	Max_Amenaz	Max_Vulne	R_A3
Sector_2	1	A. H. Nueva Esperanza	Puente Piedra	4	11	1688.0	6	8	1	15	MAIto	Alta	Alto
	2	Asc. San Diego las Flores	San Martín de Porres	4	26	3941.0	21	88	9	118	MAIto	Alta	MAIto
	3	Lo. Chillón	Puente Piedra	2	61	9177.0	12	40	3	55	Alto	Alta	Alto
	4	Urb. San Diego	San Martín de Porres	19	753	91329.0	514	2244	230	2988	MAIto	Media	MAIto
Suma:				29	851	106135.0	553	2380	243	3176			

*Área de las manzanas en riesgo (m2).

Fuente: Elaborado: Base de datos procesado en el ArcGIS

Cuadro N°3.31c Alternativa C- Impacto esperado

Criterios	Escenario Inicial		Alternativa C	
	Indicador	Calificación	Calificación	Descripción
1.1 Extensión del área urbana inundada	ha	122	11	Base de datos ArcGIS
1.2 Tirante de agua	m	3.8	3.8	Base de datos ArcGIS
2.1 Población total afectada	U	16934	3176	Base de datos ArcGIS
2.2 Población afectada (ancianos)	U	1205	243	Base de datos ArcGIS
2.3 Población afectada (niños)	U	3126	553	Base de datos ArcGIS
3.1 Viviendas afectadas	U	8279	851	Base de datos ArcGIS
3.2 Colegios, c. salud, mercados u otros	U	14	5	Mapa de riesgo
3.3 Defensas ribereñas	km	7.5	3.5	Mapa de riesgo
3.4 Torres de alta tensión	U	10	1	Mapa de riesgo
3.5 Carretera	km	4.6	3.5	Mapa de riesgo
3.6 Puentes	U	7	2	Mapa de riesgo
3.7 Parques	U	19	4	Mapa de riesgo
4.1 Calidad del agua del río	Clase	Muy malo	Bueno	Asumido
4.2 Focos contaminantes	U	9	1	Asumido
5.1 Población capacitada	%	10	75	Asumido
5.2 Colegios e instituciones capacitados	%	10	10	Asumido
5.3 Aceptación	Clase	-	Muy alta	Información de Campo.

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Leyenda:

- Cnt_Locall :N° manzanas afectadas por localidad
- Sum_N lotes :Número de lotes por localidad.
- Sum_Area :Suma del área urbana por localidad.
- Sum_Hab<M6 :Habitantes menores de 6 años
- Sum_M6<Hab<M50 :Habitantes > de 6 años y < de 50.
- Sum_Hab>M50 :Habitantes > de 50 años
- Sum_Pob_1 :Población afectada por localidad
- Max_Amenaz :Amenaza
- Max_Vulne :Vulnerabilidad total
- R_A1 :Riesgo con la Alternativa 1

Nota:

Los cuadros han sido elaborados en función a la base de datos generado en el ArcGIS 9 x.

Nueva Esperanza (margen derecha), lo que induce a pronosticar una probable falla del dique en el sector (ver planos P-P-3,4 y 5). Los altos niveles de agua en la zona se deben a que el río se encañona en el expediente Inca, aumentando los niveles de agua.

Paralelamente a la construcción y o reforzamiento del sistema de diques, se considera cubrir las defensas ribereñas (talud exterior) con vegetación, dejar áreas libres entre el río y la zona urbana, sobre todo en áreas aún no habitadas; además, tener en cuenta un valor agregado en los proyectos para cada distrito (zonas turísticas y arqueológicas). El Cuadro N°3.31 muestra la proyección y el impacto de la alternativa C.

Alternativa D: Implementar un Sistema de Normas Urbanas y capacitar a la población en temas de desastre.

Para proyectar y evaluar la alternativa D se ha realizado un análisis cualitativo. Esta alternativa está enfocada a reducir la vulnerabilidad educativa y cultural (V_{edc}), y desarrollar normas de ordenamiento territorial, enfocadas a la no generación de nuevas vulnerabilidades. Incentivar el desarrollo sostenible con participación ciudadana y coordinación entre las autoridades gubernamentales de los gobiernos locales del tramo urbano de la parte baja del valle Chillón permite reducir la vulnerabilidad política administrativa (V_{pa}). El Cuadro N°3.32 muestra la proyección y el impacto de la alternativa D.

Luego de proyectar y evaluar cada una de las alternativas se obtiene un nuevo escenario de vulnerabilidad y/o amenaza, y con ello un nuevo mapa de riesgo por cada alternativa. Los Cuadros N°3.29c, N°3.30c, N°3.31c y N°3.32c muestran el impacto esperado a partir de estos nuevos mapas de riesgo; los valores del impacto representan la calificación que cada alternativa obtiene, las que son colocadas en el *Scorecard*.

A continuación los cuadros mencionados y el Cuadro N°3.33 Fichero de Calificación o Clasificación, también llamado "**Scorecard**", que muestra la calificación obtenida por cada alternativa.

**Cuadro N°3.32a Proyección de la Alternativa D
Implementar un Sistema de Normas Urbanas y educar a la población en temas de desastre.**

Variable de Riesgo		Escenario Inicial	Con la Alternativa D*	Descripción	
Riesgo	Vulnerabilidad Física	Vt	70 (Mejora)	Aplicación de normas urbanas para reubicar a las viviendas en riesgo y reducir el grado de exposición ante un peligro.	
		Va	No cambia	No hay mejora.	
	Vulnerabilidad Total	V1	80 (Ligera Mejora)	Las normas urbanas tiene por objetivo reducir la fragilidad de viviendas futuras y existentes.	
		V2	No cambia	La población expuesta es la misma.	
	Vulnerabilidad No-física	Vae	40 (Mejora)	Ordenamiento territorial y control de la no generación de focos contaminantes.	
		Vedc	25 (Mejora)	Capacitación a casi el 100% de la población expuesta a una inundación en temas de prevención y atención de desastres.	
		Vse	No cambia	No hay mejora.	
		Vpa	25 (Mejora)	Participación directa de los gobiernos locales a través de las normas, administración y cumplimiento de éstas.	
	Amenaza o Peligro	Vct	60	No cambia	No hay mejora.
				100	Similar al escenario inicial.

Nota: Caso más crítico: Riesgo Muy Alto.
Calificación en función al Cuadro N°3.15 y Cuadro N°3.16.

* Ver Cuadros N°3.32b y N°3.32c
Ver plano P-A-4.

Cuadro N°3.32b Alternativa D - Riesgo Alto y Muy Alto
Implementar un Sistema de Normas Urbanas y educar a la población en temas de desastre.

Sector	N°	Localidad	Districto	Cnt_Locall	Sum N lotes (U)	Sum Area (m2)	Sum_Hab<M6	Sum_M6<Hab<M60	Sum_Hab>M60	Sum_Pob_1	Max_Amenaz	Max_Vulne	R_A4			
Sector_1	1	Asc. Chillón	Puente Piedra	22	672	89821.0	108	388	28	524	MAIto	Alta	MAIto			
	2	Asc. Fovimar	Puente Piedra	6	185	27925.0	27	98	6	131	MAIto	Alta	MAIto			
	3	Asc. Los Sauces	Puente Piedra	16	307	69458.0	84	304	20	408	MAIto	Alta	MAIto			
	4	Coop. La Ensenada	Puente Piedra	6	153	34832.0	45	150	9	204	MAIto	Alta	MAIto			
	5	Urb. Pro	Los Olivos	5	177	26586.0	141	616	65	822	Alto	Alta	Alto			
Sector_2	6	A. H. Nueva Esperanza	Puente Piedra	6	39	5947.0	12	26	3	41	MAIto	Alta	MAIto			
	7	Asc. Valle Chillón	Puente Piedra	9	318	47998.0	60	208	11	279	MAIto	Alta	MAIto			
	8	Asc. San Diego las Flores	San Martín de Porres	5	33	4930.0	27	110	11	148	MAIto	Alta	MAIto			
	9	Lo. Chillón	Puente Piedra	16	3146	473817.0	429	1523	99	2051	MAIto	Alta	MAIto			
Sector_3	1	Urb. La Floresta de Pro	Los Olivos	3	253	37995.0	198	878	91	1167	MAIto	Alta	MAIto			
	11	Urb. San Diego	San Martín de Porres	62	2472	314031.0	1695	7707	811	10213	MAIto	Alta	MAIto			
	12	Asc. Parque Porcino	Ventanilla	1	113	17089.0	27	86	5	118	Alto	Alta	Alto			
Sector_4	13	A. H. Marquez	Callao	4	51	7679.0	63	93	10	166	MAIto	Alta	MAIto			
	14	A. H. Victor Raul Haya de la Torre	Ventanilla	1	10	1526.0	3	8	0	11	Alto	Alta	Alto			
Suma:										162	7929	1159534.0	2919	12195	1169	16283
												116 ha				

*Área de las manzanas en riesgo (m2)

Fuente: Elaborado. Base de datos procesado en el ArcGIS.

Cuadro N°3.32c Alternativa D- Impacto esperado

Criterios	Escenario Inicial		Alternativa D	
	Indicador	Calificación	Calificación	Descripción
1.1 Extensión del área urbana inundada	ha	122	116	Base de datos ArcGIS
1.2 Triante de agua	m	3.8	3.8	Base de datos ArcGIS
2.1 Población total afectada	U	16934	16283	Base de datos ArcGIS
2.2 Población afectada (ancianos)	U	1205	1169	Base de datos ArcGIS
2.3 Población afectada (niños)	U	3126	2919	Base de datos ArcGIS
3.1 Viviendas afectadas	U	8279	7929	Base de datos ArcGIS
3.2 Colegios, c. salud, mercados u otros	U	14	14	No cambia (mapa de riesgo)
3.3 Defensas ribereñas	km	7.5	7.5	No cambia (mapa de riesgo)
3.4 Torres de alta tensión	U	10	10	No cambia (mapa de riesgo)
3.5 Carretera	km	4.6	4.6	No cambia (mapa de riesgo)
3.6 Puentes	U	7	7	No cambia (mapa de riesgo)
3.7 Parques	U	19	19	No cambia (mapa de riesgo)
4.1 Calidad del agua del río	Clase	Muy malo	Bueno	Asumido
4.2 Focos contaminantes	und	9	1	Asumido
5.1 Población capacitada	%	10	100	Asumido
5.2 Colegios e instituciones capacitadas	%	10	100	Asumido
5.3 Aceptación	Clase	-	Muy alta	Información de Campo

Fuente: Elaboración propia, 2007

Leyenda:

- Cnt_Locall: N° manzanas afectadas por localidad
- Sum_N_lotes: Numero de lotes por localidad
- Sum_Area: Suma del área urbana por localidad
- Sum_Hab<M6: Habitantes menores de 6 años
- Sum_M6<Hab<M50: Habitantes > de 6 años y < de 50
- Sum_Hab>M50: Habitantes > de 50 años
- Sum_Pob_1: Población afectada por localidad
- Max_Vulne: Amenaza
- Max_Amenaz: Vulnerabilidad total.
- R_A1: Riesgo con la Alternativa 1

Nota:

Los cuadros han sido elaborados en función a la base de datos generado en el ArcGIS 9.x.

Cuadro N°3.33
Fichero de Calificación o Clasificación Simple

Meta: Reducir daños por inundación en la zona urbana								
Objetivos	Criterios		Ind.	Alternativas				
				A	B	C	D	Valor mejor
1.-Reducir áreas inundables	1.1	Extensión de área urbana en riesgo	ha	122	122	11	116	Bajo
	1.2	Tirante de agua	m	4	4	4	4	Bajo
2.-Reducir daños a la población	2.1	Población total afectada	U	16932	1693	3176	16283	Bajo
	2.2	Población afectada (ancianos)	U	1205	121	243	1169	Bajo
	2.3	Población afectada (niños)	U	3126	313	553	2919	Bajo
3.-Reducir daños en la infraestructura	3.1	Viviendas afectadas	U	8269	8279	851	7929	Bajo
	3.2	Colegios, c. salud, mercados u otros	U	14	14	5	14	Bajo
	3.3	Defensas ribereñas	km	7.5	7.5	3.5	7.5	Bajo
	3.4	Torres de alta tensión	U	10	10	1	10	Bajo
	3.5	Carretera	km	5	5	4	5	Bajo
	3.6	Puentes	U	7	7	2	7	Bajo
	3.7	Parques	U	19	19	4	19	Bajo
4.-Reducir grado de contaminación	4.1	Calidad del río	Clase	Regular	Malo	Bueno	Bueno	Alto
	4.2	Focos contaminantes	U	6	9	1	1	Bajo
5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural ante un desastre.	5.1	Población capacitada	%	25	25	75	100	Alto
	5.2	Colegios e instituciones capacitados	%	10	50	10	100	Alto
	5.3	Aceptación	Clase	Media	Alta	Muy alta	Muy alta	Alto

Fuente: Elaboración propia, 2007.

- **Estandarización.-** El proceso de estandarización permite homogenizar la unidad de medida de los resultados de cada una de las estrategias con respecto a un criterio, y se logra eliminar el indicador de medida. El ítem 1.4.1.1 Métodos y Técnicas de un MCA del capítulo 1 describe el proceso de estandarización; por ejemplo, aplicando la ecuación (3.5):

$$STD_{K,j} = \frac{ACT_{K,j}}{Best_{(1..N),j}} \text{ ---- (3.5)}$$

y teniendo en cuenta el valor mejor que se muestra en el Cuadro N°3.33, se tiene:

N = 4 (Número de alternativas)

K = Alternativa A

J = Criterio 1.1 “Extensión de área urbana en riesgo”

$ACT_{K,J} = 122$ (Calificación actual de la alternativa A para el criterio 1.1)

$Best_{K,J} = 11$ (La mejor calificación de las cuatro alternativas para el criterio 1.1; en este caso es la calificación alcanzada por la alternativa C, es el valor más bajo, por lo tanto la ecuación se invierte)

$STD_{K,J} = 11 / 122 = 0.09$; finalmente, la calificación estandarizada ($STD_{K,J}$) de la alternativa A para el criterio 1.1 es 0.09.

Otro ejemplo:

K = Alternativa B

J = Criterio 2.1 “Población total afectada”

$ACT_{K,J} = 1693$ (Calificación actual de la alternativa B para el criterio 2.1)

$Best_{K,J} = 1693$ (La mejor calificación de las cuatro alternativas para el criterio 2.1; en este caso es la calificación alcanzada por la misma alternativa “B”, es el valor más bajo, por lo tanto la ecuación se invierte.)

$STD_{K,J} = 1693 / 1693 = 1.00$; finalmente, la calificación estandarizada ($STD_{K,J}$) de la alternativa B para el criterio 2.1 es 1.00 (mejor puntaje).

Los criterios 4.1 y 5.3 poseen un indicador de medida de tipo cualitativo, por lo que se debe definir la escala de valor del indicador.

Criterio 4.1

Malo	: 25
Regular	: 50
Bueno	: 75
Muy bueno	: 100

Criterio 5.3

Baja	: 25
Medía	: 50
Alta	: 75
Muy alta	: 100

Aplicando la técnica de estandarización:

K = Alternativa B

J = Criterio 4.1 “Calidad del río” $ACT_{K,J} = \text{Malo}$ $Best_{K,J} = \text{Bueno}$

La mejor calificación es el valor más alto de las calificaciones “Alto”.

$STD_{K,J} = 25 / 75 = 0.33$; finalmente, la calificación estandarizada ($STD_{K,J}$) de la alternativa B para el criterio 4.1 es 0.33.

A continuación el Cuadro N°3.34 “**Scorecard**” con la calificación obtenida por cada alternativa luego de la estandarización:

Cuadro N°3.34
Fichero de Calificación o Clasificación “Estandarizada”

Meta: Mitigar daños por inundación en zona urbana						
Objetivos	Criterios		Alternativas			
			A	B	C	D
1.-Reducir áreas inundables	1.1	Extensión de área urbana en riesgo	0.09	0.09	1.00	0.09
	1.2	Tirante de agua	1.00	1.00	1.00	1.00
2.-Reducir daños a la población	2.1	Población total afectada	0.10	1.00	0.53	0.10
	2.2	Población afectada (ancianos)	0.10	1.00	0.50	0.10
	2.3	Población afectada (niños)	0.10	1.00	0.57	0.11
3.-Reducir daños en la infraestructura	3.1	Viviendas afectadas	0.10	0.10	1.00	0.11
	3.2	Colegios, c. salud, mercados u otros	0.36	0.36	1.00	0.36
	3.3	Defensas ribereñas	0.47	0.47	1.00	0.47
	3.4	Torres de alta tensión	0.10	0.10	1.00	0.10
	3.5	Carretera	0.76	0.76	1.00	0.76
	3.6	Puentes	0.29	0.29	1.00	0.29
	3.7	Parques	0.21	0.21	1.00	0.21
4.-Reducir grado de contaminación	4.1	Calidad del agua del río	0.67	0.33	1.00	1.00
	4.2	Focos contaminantes	0.17	0.11	1.00	1.00
5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural ante un desastre	5.1	Población capacitada	0.25	0.25	0.75	1.00
	5.2	Colegios e instituciones capacitados	0.10	0.50	0.10	1.00
	5.3	Aceptación	0.25	0.75	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia, 2007.

3.3.2 Evaluación con la Asignación de Pesos

El proceso de asignación de pesos se realiza luego de una reunión entre todo los *key players*, teniendo en cuenta el contexto de decisión y la posición de los alcaldes, representante de INDECI y otras instituciones, ingenieros, y población en general, así como la del gobierno regional.

Análisis 1: Para este caso, los pesos asignados en el primer nivel considera de gran importancia proteger la vida de la población en riesgo, en segundo plano están los daños a la infraestructura, y tercero el grado de contaminación y la capacidad de respuesta cultural y educativa.

Los pesos del segundo nivel representan la importancia de cada criterio en el análisis. Por ejemplo, en el objetivo 2 “Reducir daños a la población”, la población con mayor vulnerabilidad son los niños y los ancianos, por ello se le asigna mayor peso, como se indica en el Cuadro N°3.34; en el objetivo 3, las viviendas, los centros de servicio público y los medios de comunicación son de gran importancia, debido a que son lugares de concentración masiva, y además necesarios durante una emergencia. Por otro lado, es preciso resaltar que los daños a los servicios básicos y a los medios de comunicación, afecta indirectamente a la población asentada en una zona con menor riesgo, impidiendo el comportamiento normal de ésta. El Cuadro N°3.35 muestra la asignación de pesos para un primer análisis.

Cuadro N°3.35
Pesos asignados – Análisis 1

Meta	Objetivos	Pesos en el nivel1	Contrib. a la meta en %	Criterio	Pesos en el nivel 2	Contrib. a la meta en %	
	1.Reducir áreas inundables	3	30%	Extensión de área urbana en riesgo	1	15.00 %	
				Tirante de agua	1	15.00 %	
	2.Reducir daños a la población	3	30%	Población total afectada	2	6.67 %	
				Población afectada (ancianos)	3	10.00 %	
				Población afectada (niños)	4	13.33 %	
	3.Reducir daños en la infraestructura	2	20%	Viviendas afectadas	3	5.00 %	
				Colegios, c. salud, mercados u otros	2	3.33 %	
				Defensas ribereñas	1	1.67 %	
				Torres de alta tensión	1	1.67 %	
				Carretera	2	3.33 %	
				Puentes	2	3.33 %	
				Parques	1	1.67 %	
	4.Reducir grado de contaminación.	1	10%	Calidad del agua del río	1	5.00 %	
				Focos contaminantes	1	5.00 %	
	5.Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural ante un desastre.	1	10%	Población capacitada	2	5.00 %	
				Colegios e instituciones capacitados	1	2.50 %	
				Aceptación	1	2.50 %	
	Suma de pesos:		10	100%	Suma de pesos	29	100%

Fuente: Elaboración propia, 2007.

3.3.3 Suma Ponderada

La calificación estandarizada multiplicado por la contribución del segundo nivel, representa la calificación ponderada; la suma de ésta calificación por alternativa representa la Suma Ponderada, este resultado refleja la prioridad y clasificación de cada alternativa estratégica en el análisis. A continuación se muestra el fichero de calificación ponderada con los pesos asignados (Cuadro N° 3.35) para el **Análisis 1**:

Cuadro N°3.36
Fichero de Calificación Ponderada – Análisis 1

Objetivos	Criterios		Alternativas			
			A	B	C	D
1.-Reducir Áreas Inundables	1.1	Extensión de área urbana en riesgo	0.013	0.013	0.150	0.014
	1.2	Tirante de agua	0.150	0.150	0.150	0.150
2.-Reducir daños a la población	2.1	Población total afectada	0.007	0.067	0.036	0.007
	2.2	Población afectada (ancianos)	0.010	0.100	0.050	0.010
	2.3	Población afectada (niños)	0.013	0.133	0.075	0.014
3.-Reducir daños en la infraestructura	3.1	Viviendas afectadas	0.005	0.005	0.050	0.005
	3.2	Colegios, c. salud, mercados u otros	0.012	0.012	0.033	0.012
	3.3	Defensas ribereñas	0.008	0.008	0.017	0.008
	3.4	Torres de alta tensión	0.002	0.002	0.017	0.002
	3.5	Carretera	0.025	0.025	0.033	0.025
	3.6	Puentes	0.010	0.010	0.033	0.010
	3.7	Parques	0.004	0.004	0.017	0.004
4.-Reducir grado de contaminación	4.1	Calidad del agua del río	0.033	0.017	0.050	0.050
	4.2	Focos contaminantes	0.008	0.006	0.050	0.050
5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y c.	5.1	Población capacitada	0.013	0.013	0.038	0.050
	5.2	Colegios e instituciones capacitados	0.003	0.013	0.003	0.025
	5.3	Aceptación	0.006	0.019	0.025	0.025
(Simple) Suma de calificación:			0.321	0.594	0.826	0.461
Calificación ponderadas global para los objetivos:						
Mitigar daños por inundación en zonas urbanas	1.-Reducir Áreas Inundables		0.163	0.163	0.300	0.164
	2.-Reducir daños a la población		0.030	0.300	0.161	0.032
	3.-Reducir daños en la infraestructura		0.065	0.065	0.200	0.065
	4.-Reducir grado de contaminación		0.042	0.022	0.100	0.100
	5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural.		0.021	0.044	0.065	0.100
Suma ponderada de las calificaciones con respecto a la meta:			0.321	0.594	0.826	0.461

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Ver Anexo F, aplicación de un software para soporte de toma de decisión.

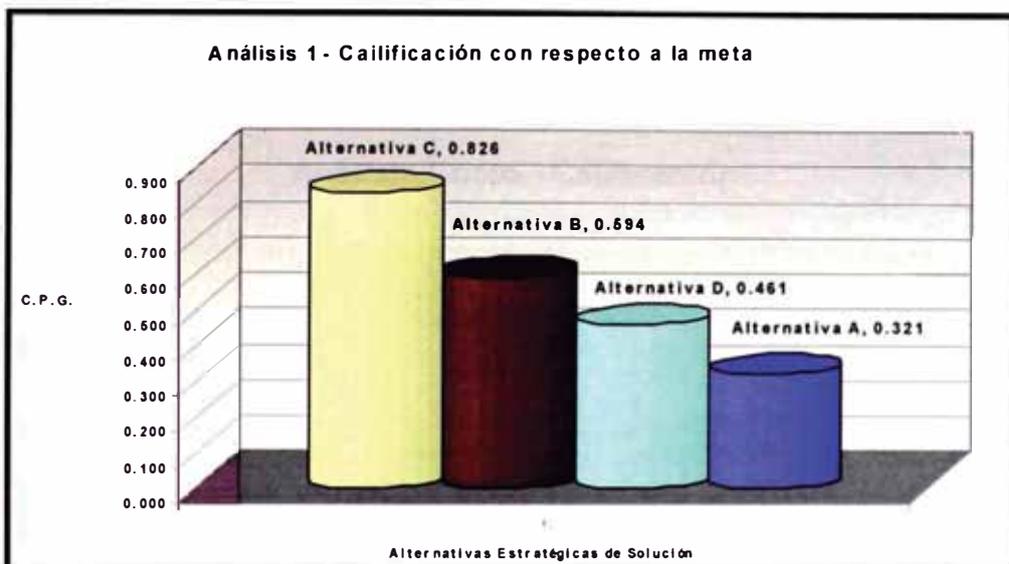
3.3.4 Examinar los Resultados

El paso final de la etapa 3 consiste en verificar si los resultados son coherentes y determinar si es necesario iniciar nuevamente el análisis. Se analiza las calificaciones de las alternativas para poder comparar y escoger la mejor.

Teniendo en cuenta la asignación de pesos para el primer análisis, el ordenamiento y/o selección de las alternativas estratégicas en función a la suma ponderada, es el siguiente:

Figura N°3.16

Ordenamiento de las Alternativas con respecto a la meta – Análisis 1



Alternativas:

Alternativa C	Construir y/o reforzar las defensas ribereñas.
Alternativa B	Implementar un Sistema de Alerta Temprana.
Alternativa D	Implementar un Sistema de Normas Urbanas.
Alternativa A	Atenuar el flujo aguas arriba.

Fuente: Elaboración propia, 2007.

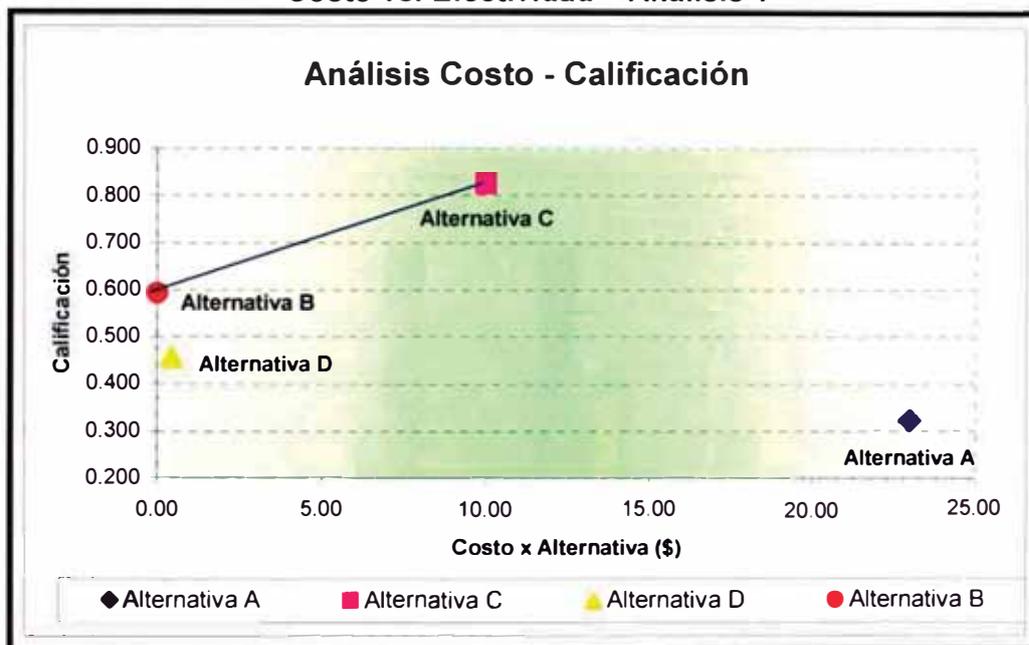
Nota: C. P. G.: Calificación Ponderada Global

La Figura N°3.16 muestra que la alternativa C tiene mejor calificación con respecto a las demás alternativas, en segundo lugar está la alternativa B, en tercer lugar la alternativa D y en última posición la alternativa A. Se observa que la alternativa C es 2.5 veces mejor que la alternativa A, 1.8 veces mejor que la alternativa D y 1.4 veces mejor que la alternativa B.

Otra forma de examinar los resultados es a través de una comparación de costos y efectividad de cada alternativa; en este caso, se hará una comparación de costos versus calificación obtenida del MCA, a manera de complementar el análisis de resultados, para ello se está tomando un costo referencial para cada alternativa, en función a la información recabada y a la bibliografía revisada. En la Figura N°3.17, se observa la curva que toma las alternativas más eficaces y menos costosas, en este caso las alternativas B y C.

- Alternativa A: 23 millones de dólares (Referencia: CESEL S.A.)
- Alternativa B: 22 mil dólares¹
- Alternativa C: 10 millones de dólares²
- Alternativa D: 450 mil dólares (Referencia: ITDG, GTZ)

Figura N°3.17
Costo vs. Efectividad – Análisis 1



Fuente: Elaboración propia, 2007.

Para visualizar el comportamiento de las alternativas estratégicas con respecto al alcance de los objetivos se ha elaborado la Figura N°3.18. Donde se observa que las alternativas A, B y D tienen igual calificación en los objetivos 1 "Reducir áreas inundables" y 3 "Reducir daños en la infraestructura", y la

¹ "Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones – Aplicación en el Río Chillón. Giancarlo Moccetti Rojas. Tesis para optar el Título de Ingeniería Civil; IMEFEN; Lima, 2007.

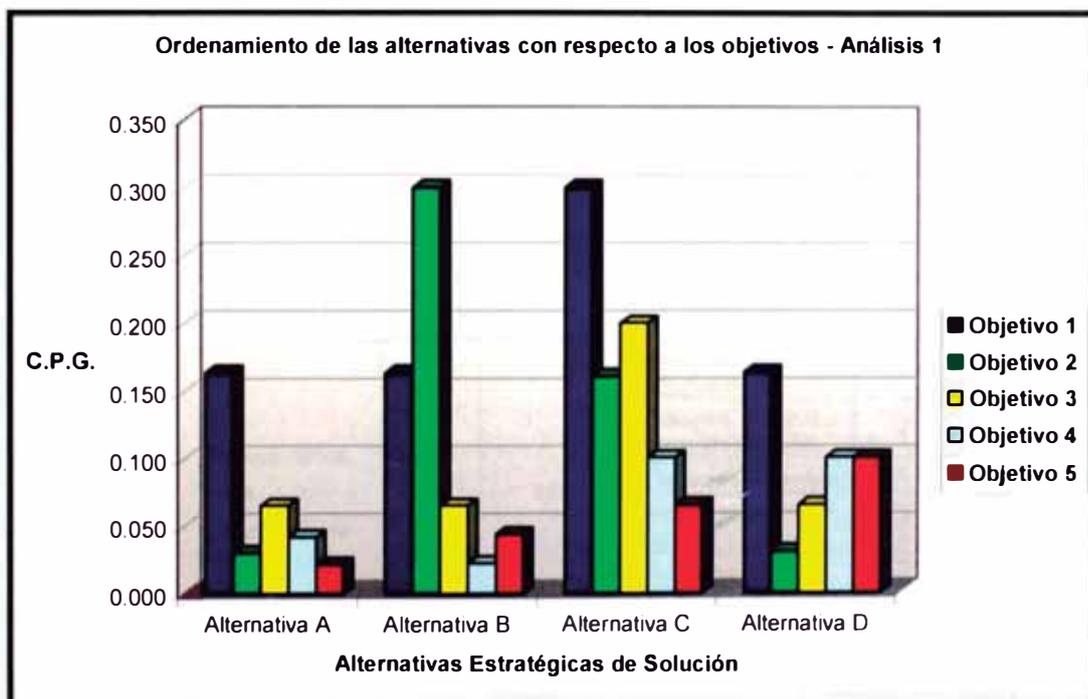
² <http://www.munilosolivos.gob.pe/> Municipalidad de Los Olivos. Proyecto de Defensa Ribereña (2km).

alternativa C una considerable mejor calificación en estos mismos objetivos; lo cual indica que la suma ponderada global está influenciada por estos dos objetivos.

La alternativa C (Construir y/o reforzar las defensas ribereñas con participación de la población) obtiene mejor puntaje en casi todos los criterios de evaluación, pero sobre todo una marcada diferencia con respecto a la calificación de las otras alternativas, según se puede observar en el Cuadro N° 3.33; esto debido a que la construcción y/o reforzamiento de las defensas ribereñas y con participación de la población, está enfocado directamente a reducir la vulnerabilidad física, y por otro lado, se logra reducir la vulnerabilidad no física de la parte baja del Chillón, considerando que la zona de estudio presenta alta vulnerabilidad en estos dos aspectos.

Figura N°3.18

Ordenamiento de las Alternativas con respecto a los objetivos – Análisis 1



Objetivos:

Objetivo 1	Reducir Áreas Inundables.
Objetivo 2	Reducir daños a la población.
Objetivo 3	Reducir daños en la infraestructura.
Objetivo 4	Reducir grado de contaminación.
Objetivo 5	Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural.

Fuente: Elaboración propia, 2007.

3.3.5 Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad examina hasta qué punto afectan las discordancias entre las personas, o lo trivial de lo encontrado en los resultados finales, para apreciar la influencia de los pesos y elegir una ponderación adecuada. A continuación se plantea tres nuevos análisis más de ponderación:

Análisis 2: Para este análisis de ponderación se considera a los objetivos con igual importancia, por lo que en el primer nivel se asigna un peso igual a 1; pero en el segundo nivel, los criterios permanecen con los pesos asignados en el primer análisis. El Cuadro N°3.37 muestra la asignación de pesos considerado para el segundo análisis.

Cuadro N°3.37
Pesos asignados – Análisis 2

Meta	Objetivos	Pesos en el nivel1	Contrib. a la meta en %	Criterio	Pesos en el nivel 2	Contrib. a la meta en %	
	1. Reducir áreas inundables	1	20%	Extensión de áreas inundables	1	10.00 %	
				Nivel de agua	1	10.00 %	
	2. Reducir daños a la población	1	20%	Población total afectada	2	4.44 %	
				Población afectada (ancianos)	3	6.67 %	
				Población afectada (niños)	4	8.89 %	
	3. Reducir daños en la infraestructura	1	20%	Viviendas afectadas	3	5.00 %	
				Colegios, c. salud, mercados u otros	2	3.33 %	
				Defensas ribereñas	1	1.67 %	
				Torres de alta tensión	1	1.67 %	
				Carretera	2	3.33 %	
				Puentes	2	3.33 %	
				Parques	1	1.67 %	
	4. Reducir grado de contaminación.	1	20%	Calidad del agua del río	1	10.00 %	
				Focos contaminantes	1	10.00 %	
	5. Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural.	1	20%	Población capacitada	2	10.00 %	
				Colegios e instituciones capacitados	1	5.00 %	
				Aceptación	1	5.00 %	
	Suma de pesos:		5	100%	Suma de pesos	29	100%

Fuente: Elaboración propia, 2007.

A continuación se presenta la calificación ponderada con los pesos asignados para el análisis 2 en el Cuadro 3.37:

Cuadro N°3.38
Fichero de Calificación Ponderada – Análisis 2

Objetivos	Criterios		Alternativas			
			A	B	C	D
1.-Reducir Áreas Inundables	1.1	Extensión de áreas inundables	0.009	0.009	0.100	0.009
	1.2	Nivel de agua	0.100	0.100	0.100	0.100
2.-Reducir daños a la población	2.1	Población total afectada	0.004	0.044	0.024	0.005
	2.2	Población afectada (ancianos)	0.007	0.067	0.033	0.007
	2.3	Población afectada (niños)	0.009	0.089	0.050	0.010
3.-Reducir daños en la infraestructura	3.1	Viviendas afectadas	0.005	0.005	0.050	0.005
	3.2	Colegios, c. salud, mercados u otros	0.012	0.012	0.033	0.012
	3.3	Defensas ribereñas	0.008	0.008	0.017	0.008
	3.4	Torres de alta tensión	0.002	0.002	0.017	0.002
	3.5	Carretera	0.025	0.025	0.033	0.025
	3.6	Puentes	0.010	0.010	0.033	0.010
	3.7	Parques	0.004	0.004	0.017	0.004
4.-Reducir grado de contaminación	4.1	Calidad del agua del río	0.067	0.033	0.100	0.100
	4.2	Focos contaminantes	0.017	0.011	0.100	0.100
5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y c.	5.1	Población capacitada	0.025	0.025	0.075	0.100
	5.2	Colegios e instituciones capacitados	0.005	0.025	0.005	0.050
	5.3	Aceptación	0.013	0.038	0.050	0.050
(Simple) Suma de calificación:			0.319	0.506	0.837	0.595
Calificación ponderadas global para los objetivos:						
Mitigar daños por inundación en zonas urbanas	1.-Reducir Áreas Inundables		0.109	0.109	0.200	0.109
	2.-Reducir daños a la población		0.020	0.200	0.107	0.021
	3.-Reducir daños en la infraestructura		0.065	0.065	0.200	0.065
	4.-Reducir grado de contaminación		0.083	0.044	0.200	0.200
	5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural.		0.043	0.088	0.130	0.200
Suma ponderada de las calificaciones con respecto a la meta:			0.319	0.506	0.837	0.595

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Según el Cuadro N°3.38, la alternativa C obtiene una mejor calificación ponderada, en segundo lugar está la alternativa D, a diferencia del análisis 1 donde el segundo lugar lo tenía la alternativa B. El análisis 2 está influenciado principalmente por la calificación de cada criterio; en este caso, implementar un Sistema de Normas Urbanas y capacitar a la población en temas de desastre reduce el grado de contaminación y la vulnerabilidad no física.

Análisis 3: Para este análisis de ponderación se considera todos los criterios con igual importancia, por lo que en el segundo nivel se asigna un peso igual a 1; pero en el primer nivel, los objetivos permanecen con los pesos asignados en el primer análisis, dando mayor prioridad a los tres primeros objetivos. El cuadro N°3.39 describe la asignación de pesos considerado para un tercer análisis.

Cuadro N°3.39
Pesos asignados – Análisis 3

Meta	Objetivos	Pesos en el nivel 1	Contrib. a la meta en %	Criterio	Pesos en el nivel 2	Contrib. a la meta en %
	1. Reducir áreas inundables	3	30%	Extensión de áreas inundables	1	15.00 %
				Nivel de agua	1	15.00 %
	2. Reducir daños a la población	3	30%	Población total afectada	1	10.00 %
				Población afectada (ancianos)	1	10.00 %
				Población afectada (niños)	1	10.00 %
	3. Reducir daños en la infraestructura	2	20%	Viviendas afectadas	1	2.86 %
				Colegios, c. salud, mercados u otros	1	2.86 %
				Defensas ribereñas	1	2.86 %
				Torres de alta tensión	1	2.86 %
				Carretera	1	2.86 %
				Puentes	1	2.86 %
				Parques	1	2.86 %
	4. Reducir grado de contaminación.	1	10%	Calidad del agua del río	1	5.00 %
				Focos contaminantes	1	5.00 %
	5. Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural.	1	10%	Población capacitada	1	3.33 %
				Colegios e instituciones capacitados	1	3.33 %
				Aceptación	1	3.33 %
Suma de pesos:		10	100%	Suma de pesos	17	100%

Fuente: Elaboración propia, 2007

A continuación se presenta la calificación ponderada con los pesos asignados para el análisis 3 en el Cuadro 3.39, donde la alternativa C obtiene una mejor calificación ponderada, en segundo lugar está la alternativa B, similar al resultado del análisis 1.

Cuadro N°3.40
Fichero de Calificación Ponderada – Análisis 3

Objetivos	Criterios		Alternativas			
			A	B	C	D
1.-Reducir Áreas Inundables	1.1	Extensión de áreas inundables	0.013	0.013	0.150	0.014
	1.2	Nivel de agua	0.150	0.150	0.150	0.150
2.-Reducir daños a la población	2.1	Población total afectada	0.010	0.100	0.053	0.010
	2.2	Población afectada (ancianos)	0.010	0.100	0.050	0.010
	2.3	Población afectada (niños)	0.010	0.100	0.057	0.011
3.-Reducir daños en la infraestructura	3.1	Viviendas afectadas	0.003	0.003	0.029	0.003
	3.2	Colegios, c. salud, mercados u otros	0.010	0.010	0.029	0.010
	3.3	Defensas ribereñas	0.013	0.013	0.029	0.013
	3.4	Torres de alta tensión	0.003	0.003	0.029	0.003
	3.5	Carretera	0.022	0.022	0.029	0.022
	3.6	Puentes	0.008	0.008	0.029	0.008
	3.7	Parques	0.006	0.006	0.029	0.006
4.-Reducir grado de contaminación	4.1	Calidad del agua del río	0.033	0.017	0.050	0.050
	4.2	Focos contaminantes	0.008	0.006	0.050	0.050
5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y c.	5.1	Población capacitada	0.008	0.008	0.025	0.033
	5.2	Colegios e instituciones capacitados	0.003	0.017	0.003	0.033
	5.3	Aceptación	0.008	0.025	0.033	0.033
(Simple) Suma de calificación:			0.320	0.601	0.821	0.461
Calificación ponderadas global para los objetivos:						
Mitigar daños por inundación en zonas urbanas	1.-Reducir Áreas Inundables		0.163	0.163	0.300	0.164
	2.-Reducir daños a la población		0.030	0.300	0.159	0.031
	3.-Reducir daños en la infraestructura		0.065	0.065	0.200	0.065
	4.-Reducir grado de contaminación		0.042	0.022	0.100	0.100
	5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural.		0.020	0.050	0.062	0.100
Suma ponderada de las calificaciones con respecto a la meta:			0.320	0.601	0.821	0.461

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Análisis 4: En un análisis se debe tomar en cuenta las distintas visiones que tienen los profesionales de diferentes disciplinas, sobre todo a la hora de asignar pesos a los objetivos y criterios, sino, se convierte en un análisis parcializado. Por ejemplo, un profesional y/o institución involucrado con la salud, tiene por objetivo asegurar la salud de la población en riesgo y reducir los gastos en esta materia, por lo que concentrará su atención en el objetivo 4; pero, un sociólogo o humanista concentrará más su atención en el objetivo 2 “Reducir daños a la población”, esto es salvar vidas y/o asegurar la integridad de la población (niños y ancianos); otro ejemplo es un profesional de ingeniería, quien

concentrará su atención en desarrollar una alternativa técnicamente eficiente, para mejorar la capacidad de respuesta física de la zona. El Cuadro N°4.41 presenta un caso particular, en donde la atención se concentra en el objetivo cinco “Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural ante un desastre”, este es el caso de algunas organizaciones dedicadas a la capacitación en temas de desastres, que consideran primordial elaborar simulacros, planes de emergencia y contingencia; es decir, buscan que la población en riesgo esté preparada para reducir lo daños. Este es un caso de análisis parcializado.

Cuadro N°3.41
Pesos asignados – Análisis 4

Meta	Objetivos	Pesos en el nivel1	Contrib. a la meta en %	Criterio	Pesos en el nivel 2	Contrib. a la meta en %
	1. Reducir áreas inundables	1	11%	Extensión de áreas inundables	1	5.5 %
				Nivel de agua	1	5.5 %
	2. Reducir daños a la población	1	11%	Población total afectada	1	3.70 %
				Población afectada (ancianos)	1	3.70 %
				Población afectada (niños)	1	3.70 %
	3. Reducir daños en la infraestructura	1	11%	Viviendas afectadas	1	1.59 %
				Colegios, c. salud, mercados u otros	1	1.59 %
				Defensas ribereñas	1	1.59 %
				Torres de alta tensión	1	1.59 %
				Carretera	1	1.59 %
				Puentes	1	1.59 %
				Parques	1	1.59 %
	4. Reducir grado de contaminación.	1	11%	Calidad del agua del río	1	5.56 %
				Focos contaminantes	1	5.56 %
	5. Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural.	5	56%	Población capacitada	1	18.52 %
				Colegios e instituciones capacitados	1	18.52 %
				Aceptación	1	18.52 %
Suma de pesos:		9	100%	Suma de pesos	17	100%

Fuente: Elaboración propia, 2007

A continuación se presenta la calificación ponderada con los pesos asignados para el análisis 4 en el Cuadro 3.41:

Cuadro N°3.42
Fichero de Calificación Ponderada – Análisis 4

Objetivos	Criterios		Alternativas			
			A	B	C	D
1.-Reducir Áreas Inundables	1.1	Extensión de áreas inundables	0.005	0.005	0.056	0.005
	1.2	Nivel de agua	0.056	0.056	0.056	0.056
2.-Reducir daños a la población	2.1	Población total afectada	0.004	0.037	0.020	0.004
	2.2	Población afectada (ancianos)	0.004	0.037	0.018	0.004
	2.3	Población afectada (niños)	0.004	0.037	0.021	0.004
3.-Reducir daños en la infraestructura	3.1	Viviendas afectadas	0.002	0.002	0.016	0.002
	3.2	Colegios, c. salud, mercados u otros	0.006	0.006	0.016	0.006
	3.3	Defensas ribereñas	0.007	0.007	0.016	0.007
	3.4	Torres de alta tensión	0.002	0.002	0.016	0.002
	3.5	Carretera	0.012	0.012	0.016	0.012
	3.6	Puentes	0.005	0.005	0.016	0.005
	3.7	Parques	0.003	0.003	0.016	0.003
4.-Reducir grado de contaminación	4.1	Calidad del agua del río	0.037	0.019	0.056	0.056
	4.2	Focos contaminantes	0.009	0.006	0.056	0.056
5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y c.	5.1	Población capacitada	0.046	0.046	0.139	0.185
	5.2	Colegios e instituciones capacitados	0.019	0.093	0.019	0.185
	5.3	Aceptación	0.046	0.139	0.185	0.185
(Simple) Suma de calificación:			0.265	0.510	0.735	0.775
Calificación ponderadas global para los objetivos:						
Mitigar daños por inundación en zonas urbanas	1.-Reducir Áreas Inundables		0.060	0.060	0.111	0.061
	2.-Reducir daños a la población		0.011	0.111	0.059	0.011
	3.-Reducir daños en la infraestructura		0.036	0.036	0.111	0.036
	4.-Reducir grado de contaminación		0.046	0.025	0.111	0.111
	5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural.		0.111	0.278	0.343	0.556
Suma ponderada de las calificaciones con respecto a la meta:			0.265	0.510	0.735	0.775

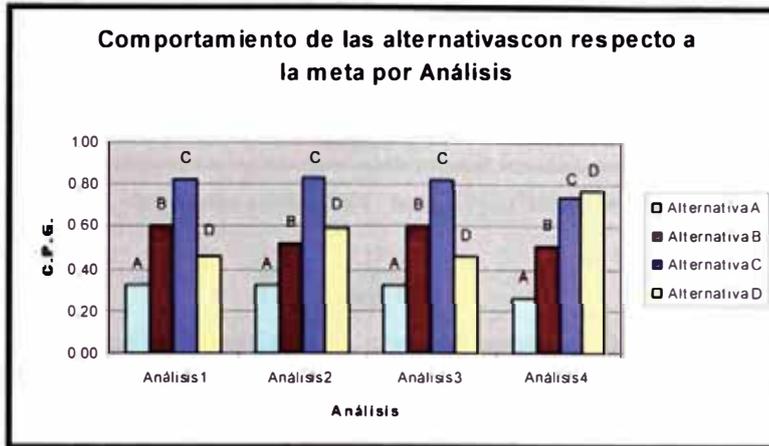
Fuente: Elaboración propia, 2007.

Según el Cuadro N°3.42, la alternativa D obtiene una mejor calificación ponderada, en segundo lugar está la alternativa C; el objetivo cinco representa el 56% de contribución a la meta, por lo que la alternativa que obtenga mayor calificación en dicho objetivo tomará la delantera, en este caso "La implementación de normas urbanas y capacitar a la población en temas de desastre", alternativa D.

Para comparar el comportamiento de las alternativas en función a los cuatro análisis, se muestra la Figura N°3.19 y Figura N°3.20 a 3.24, donde se aprecia el ordenamiento y/o selección de las alternativas estratégicas en función a la suma ponderada y a los objetivos:

Figura N°3.19

Ordenamiento de las Alternativas con respecto a la meta por Análisis



Análisis 1		Análisis 2		Análisis 3		Análisis 4	
Alternativa	C.P.G.	Alternativa	C.P.G.	Alternativa	C.P.G.	Alternativa	C.P.G.
C	0.826	C	0.837	C	0.821	D	0.775
B	0.594	D	0.595	B	0.601	C	0.735
D	0.461	B	0.506	D	0.461	B	0.510
A	0.321	A	0.319	A	0.320	A	0.265

Fuente: Elaboración propia, 2007.

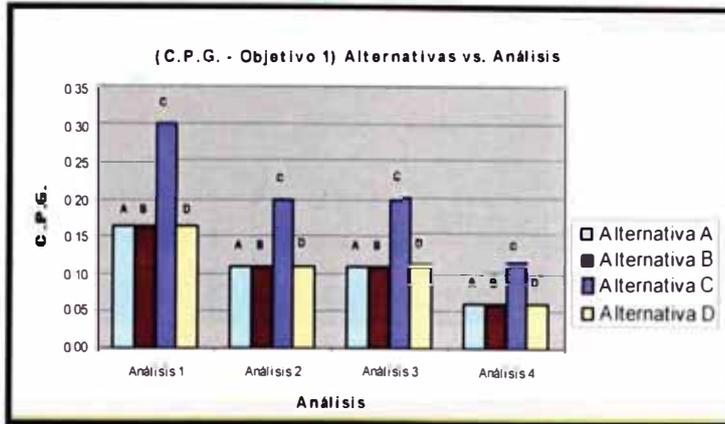
Nota: CPG: Calificación Ponderada Global

La Figura N°3.19 muestra que la alternativa "C" tiene mejor calificación en el análisis 1 (con pesos en el primer y segundo nivel), en el análisis 2 (con pesos sólo en el segundo nivel) y en el análisis 3 (con pesos sólo en el primer nivel); por otro lado, la alternativa "B" ocupa el segundo lugar en el análisis 1 y 3, mientras que la alternativa "D" ocupa el tercer lugar. En el análisis 4 la mejor calificación la tiene la alternativa "D", esto debido a la ponderación concentrada en el objetivo 5.

Se puede observar que las alternativas "B" y "D" son sensibles a la ponderación, ya sea en el primer o segundo nivel. Justamente, es lo que ocurre en el análisis 2 y 3, donde se observa que la posición de estas dos alternativas se modifica y se hace visible la disputa del segundo lugar dentro del ordenamiento con respecto a la meta.

Figura N°3.20

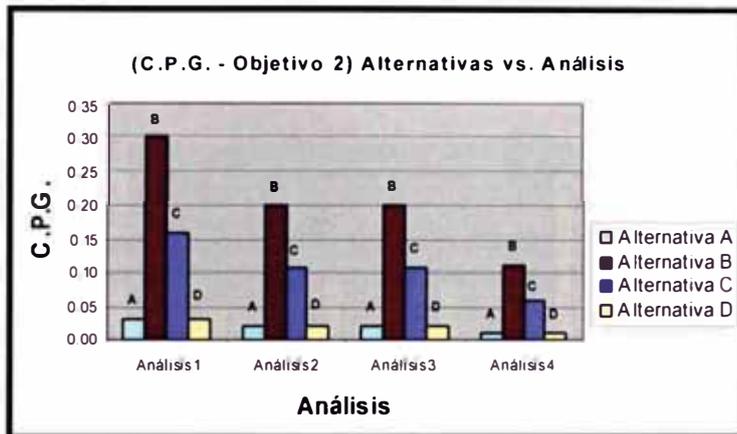
Ordenamiento de las Alternativas con respecto al Objetivo 1 por Análisis



Fuente: Elaboración propia, 2007. Nota: CPG: Calificación Ponderada Global

Figura N°3.21

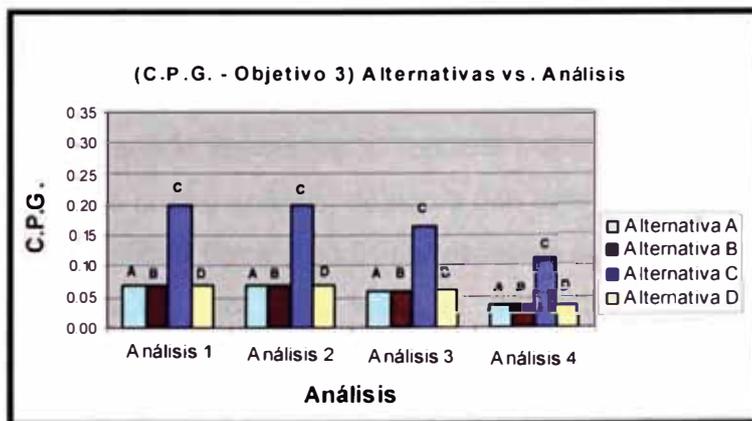
Ordenamiento de las Alternativas con respecto al Objetivo 2 por Análisis



Fuente: Elaboración propia, 2007. Nota: CPG: Calificación Ponderada Global

Figura N°3.22

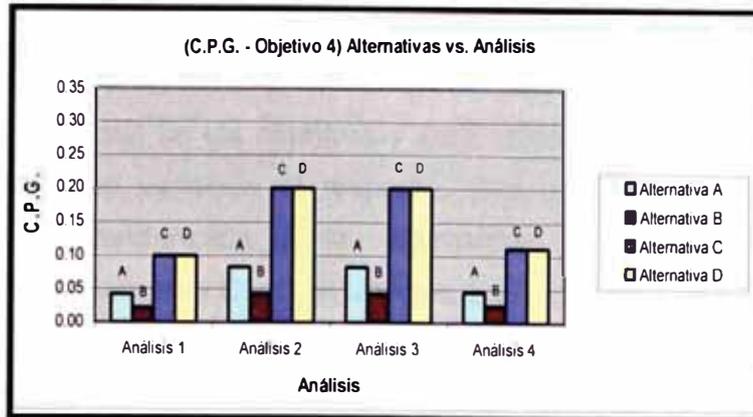
Ordenamiento de las Alternativas con respecto al Objetivo 3 por Análisis



Fuente: Elaboración propia, 2007. Nota: CPG: Calificación Ponderada Global

Figura N°3.23

Ordenamiento de las Alternativas con respecto al Objetivo 4 por Análisis

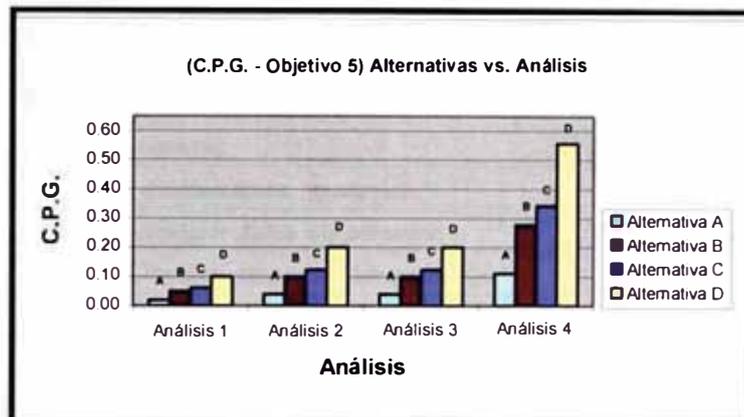


Fuente: Elaboración propia, 2007.

Nota: CPG: Calificación Ponderada Global

Figura N°3.24

Ordenamiento de las Alternativas con respecto al Objetivo 5 por Análisis



Fuente: Elaboración propia, 2007.

Nota: CPG: Calificación Ponderada Global

La Figura N°3.20 – N°3.24 muestra el comportamiento de las alternativas estratégicas con respecto al alcance de los objetivos, y se puede apreciar cuál de las alternativas tiene mejor alcance para cada uno de los objetivos. De los gráficos se observa que la alternativa “C” obtiene mejor calificación en casi todos los objetivos para los cuatro análisis, debido a que esta alternativa está enfocada a reducir la vulnerabilidad física y no física, aspectos que son evaluados con los criterios de evaluación; por otro lado, la alternativa “D” presenta mejor calificación en el objetivo 5, y es porque dicha alternativa está enfocada sólo a reducir la vulnerabilidad no física que es evaluado por el objetivo 5; finalmente, la alternativa “B” alcanza mejor puntaje en el objetivo 2 en los cuatro análisis, y es

porque esta alternativa está orientada alertar a la población en caso de inundación y lograr ponerla en buen recaudo.

En cuanto al ordenamiento de las alternativas, en función a la calificación obtenida en cada uno de los objetivos y para todos los análisis, es similar; no existe una evidente variación al respecto, esto puede ser debido a que la calificación no estandarizada de las alternativas es similar, excepto por la calificación de la alternativa C y B en los objetivos 2 y 3.

El Cuadro N°3.43 presenta la asignación de pesos por alternativa en función a la factibilidad, es decir, se asigna un peso de 4 a la alternativa más factible a corto plazo, y un peso de 1 a la alternativa factible a largo plazo, así se obtiene un nuevo ordenamiento de alternativas, donde la mejor opción es la alternativa B.

Cuadro N°3.43
Asignación de pesos por Alternativa

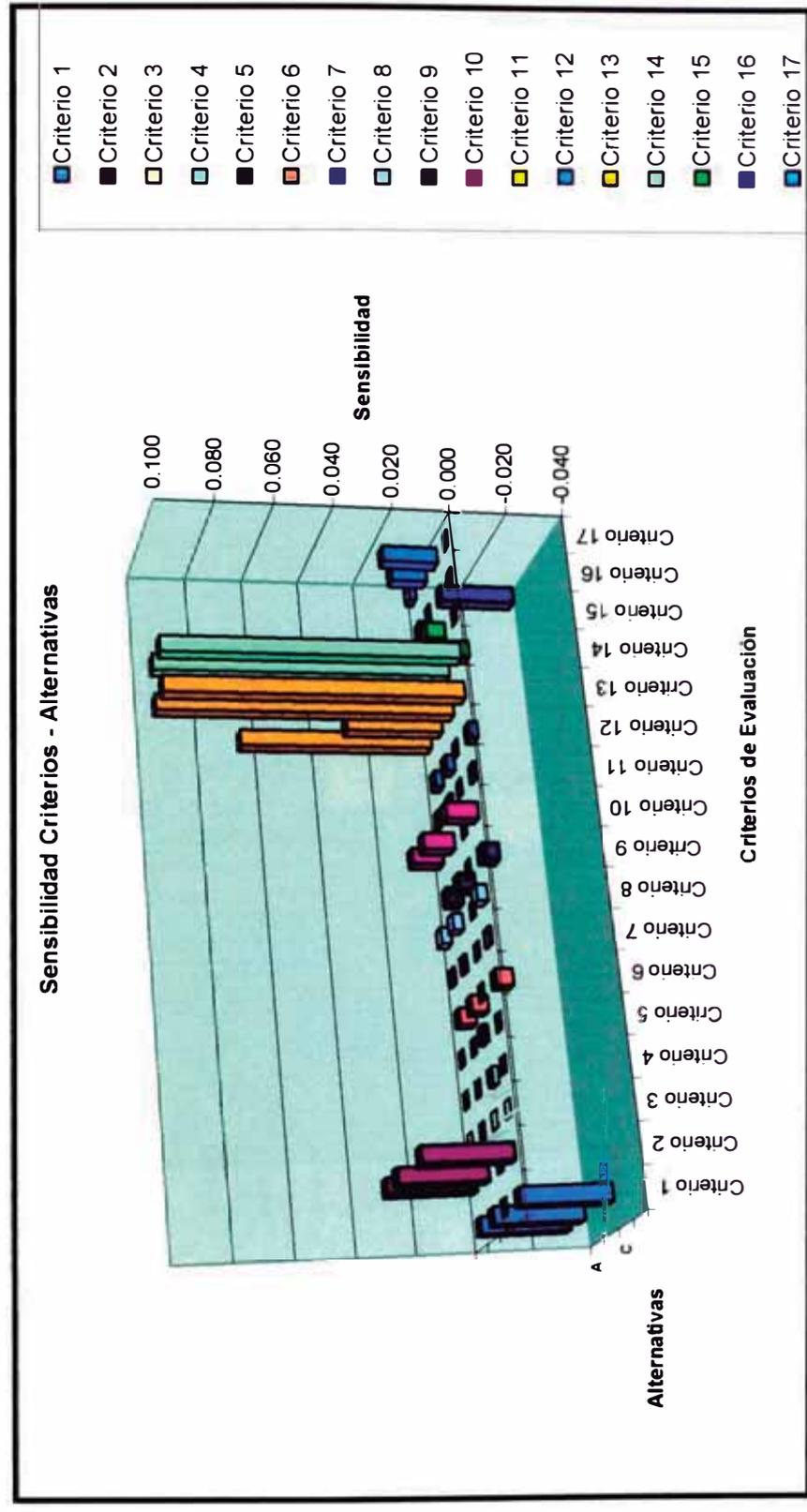
Meta	Objetivos:	A	B	C	D
Mitigar daños por inundación en zonas urbanas	1.-Reducir Áreas Inundables	0.163	0.163	0.300	0.164
	2.-Reducir daños a la población	0.030	0.300	0.161	0.032
	3.-Reducir daños en la infraestructura	0.069	0.065	0.200	0.065
	4.-Reducir grado de contaminación	0.042	0.022	0.100	0.100
	5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural	0.021	0.044	0.065	0.100
Suma ponderada de las calificaciones con respecto a la meta:		0.321	0.594	0.826	0.461
Pesos para las alternativas		1	4	2	3
Suma ponderada de alternativas:		0.321	2.376	1.652	1.383

Fuente: Elaboración para el análisis 1, 2007.

Para analizar la sensibilidad de la suma ponderada de las alternativas en función a los criterios de evaluación, se ha dado un peso igual a todos los objetivos y criterios, y se ha ido variando los pesos de cada criterio obteniendo diferentes sumas ponderadas para cada alternativa. Finalmente, se observa que las alternativas A, B y D son sensibles positivamente a los criterios 2, 10, 13 y 14, mientras que negativamente a los criterios 1 y 16, debido al rango de calificación y al puntaje obtenido por cada alternativa en cada criterio; y mayor influencia de los criterios de evaluación 13 y 14 en la suma ponderada de toda las alternativas, un aspecto que se debe tener en cuenta durante el análisis.

La Figura N°3.25 muestra la sensibilidad de las alternativas en función a los 17 criterios de evaluación del Análisis Multi-criterios.

Figura N°3.25
Sensibilidad de las alternativas en función a los criterios.

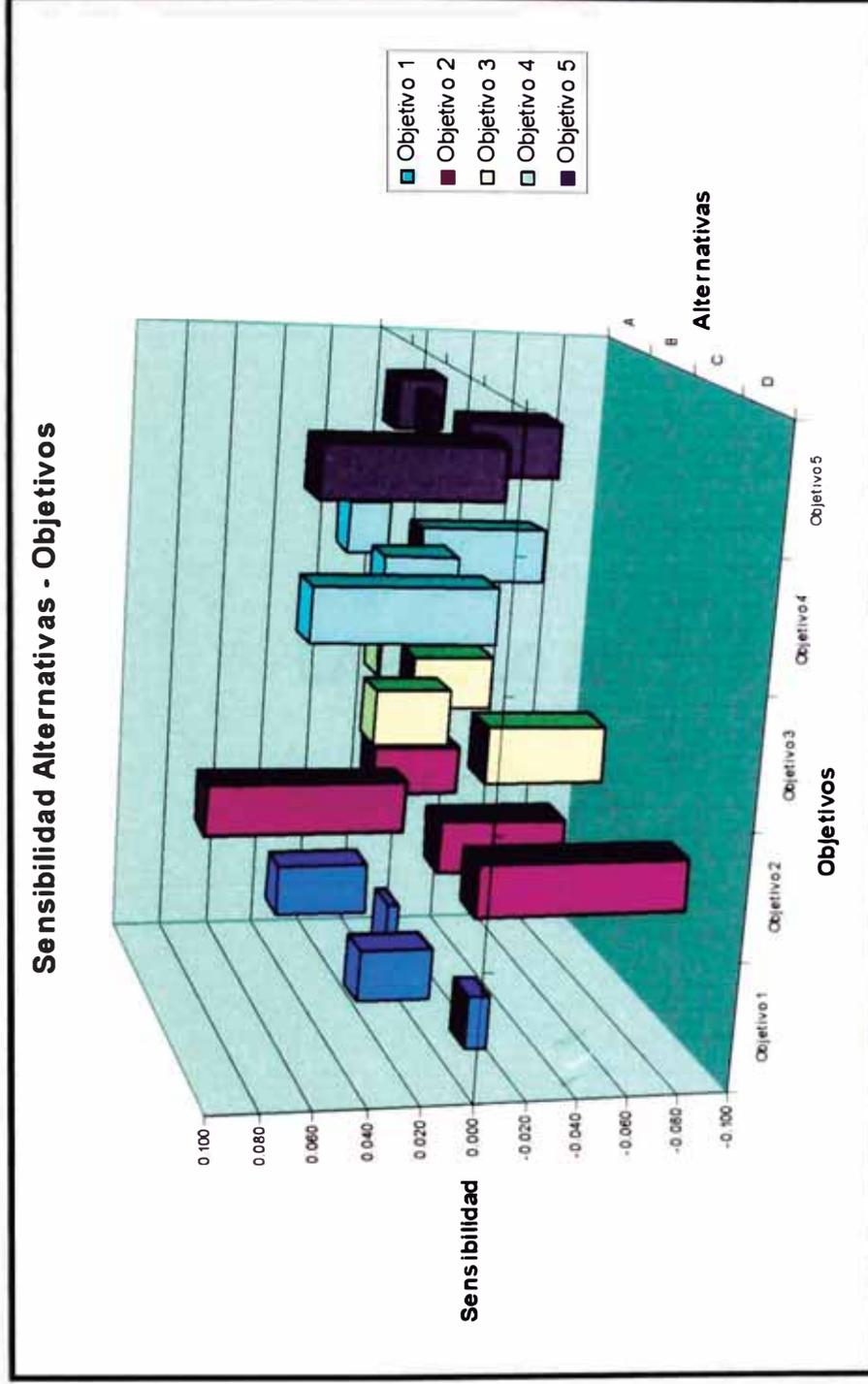


Fuente: Elaboración propia, 2007.

La Figura N°3.26 muestra la sensibilidad de las alternativas en función a los 5 objetivos del Análisis Multi-criterios (MCA).

Figura N°3.26

Sensibilidad de las alternativas en función a los objetivos



Fuente: Elaboración propia, 2007.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

CAPITULO 4: RESULTADOS

4.1 Matriz de Decisión Final

Los resultados del análisis se resumen en la Matriz de Decisión Final, donde se muestra el puntaje de cada una de las alternativas en función a los objetivos y la suma ponderada de las calificaciones con respecto a la meta. A continuación, las Matrices de Decisión Final o también llamado matriz de solución resultante, de los cuatro análisis realizados. Cabe mencionar que los análisis varían por la ponderación asignada en el segundo y/o primer nivel de contribución a la meta:

Cuadro N°4.1
Matriz de Decisión Final – Análisis 1

Meta	Objetivos:	A	B	C	D
Mitigar daños por inundación en zonas urbanas	1.-Reducir Áreas Inundables	0.163	0.163	0.300	0.164
	2.-Reducir daños a la población	0.030	0.300	0.161	0.032
	3.-Reducir daños en la infraestructura	0.065	0.065	0.200	0.065
	4.-Reducir grado de contaminación	0.042	0.022	0.100	0.100
	5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural	0.021	0.044	0.065	0.100
Suma ponderada de las calificaciones con respecto a la meta:		0.321	0.594	0.826	0.461

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Cuadro N°4.2
Matriz de Decisión Final – Análisis 2

Meta	Objetivos:	A	B	C	D
Mitigar daños por inundación en zonas urbanas	1.-Reducir Áreas Inundables	0.109	0.109	0.200	0.109
	2.-Reducir daños a la población	0.020	0.200	0.107	0.021
	3.-Reducir daños en la infraestructura	0.065	0.065	0.200	0.065
	4.-Reducir grado de contaminación	0.083	0.044	0.200	0.200
	5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural	0.043	0.088	0.130	0.200
Suma ponderada de las calificaciones con respecto a la meta:		0.319	0.506	0.837	0.595

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Cuadro N°4.3
Matriz de Decisión Final – Análisis 3

Meta	Objetivos:	A	B	C	D
Mitigar daños por inundación en zonas urbanas	1.-Reducir Áreas Inundables	0.163	0.163	0.300	0.164
	2.-Reducir daños a la población	0.030	0.300	0.159	0.031
	3.-Reducir daños en la infraestructura	0.065	0.065	0.200	0.065
	4.-Reducir grado de contaminación	0.042	0.022	0.100	0.100
	5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural	0.020	0.050	0.062	0.100
Suma ponderada de las calificaciones con respecto a la meta:		0.320	0.601	0.821	0.461

Fuente: Elaboración propia, 2007.

Cuadro N°4.4
Matriz de Decisión Final – Análisis 4

Meta	Objetivos:	A	B	C	D
Mitigar daños por inundación en zonas urbanas	1.-Reducir Áreas Inundables	0.060	0.060	0.111	0.061
	2.-Reducir daños a la población	0.011	0.111	0.059	0.011
	3.-Reducir daños en la infraestructura	0.036	0.036	0.111	0.036
	4.-Reducir grado de contaminación	0.046	0.025	0.111	0.111
	5.-Aumentar la capacidad de respuesta educativa y cultural	0.111	0.278	0.343	0.556
Suma ponderada de las calificaciones con respecto a la meta:		0.265	0.510	0.735	0.775

Fuente: Elaboración propia, 2007.

La meta para todo proyecto de mitigación de desastres, es reducir los posibles daños provocados por un fenómeno natural o antropogénico; para este caso en particular, reducir los daños provocados por una inundación, lo que se plantea con los cuatro primeros objetivos del análisis 1, esto es, la contribución de cada uno de los objetivos a la meta es similar. Es preciso recordar que reducir es sinónimo de mitigar, y no prevenir, que es más bien evitar el desastre.

Para llevar a cabo este trabajo se ha intentado realizar una evaluación imparcial, teniendo en cuanto la visión que puedan tener diferentes profesionales, y finalmente, se ha elegido sólo una de las propuestas de análisis, en función al análisis de sensibilidad, al comportamiento de las alternativas y a los criterios propios asumidos.

Según el análisis de sensibilidad descrito en el capítulo 3, el ordenamiento de las alternativas en casi todos los análisis es similar, aunque la suma ponderada difiere en los cuatro análisis. Por otro lado, es preciso remarcar que

el análisis 1 se ha desarrollado asumiendo una participación multidisciplinaria, es decir, respondiendo a la posición que puede tomar un sociólogo, un especialista en medio ambiente, líderes, políticos, ingenieros y población en general ante la problemática descrita; esta posición se ha tenido en cuenta sobre todo a la hora de establecer la ponderación en los dos niveles del análisis, y hacer de ésta imparcial. Por ello, se ha decidido elegir la Matriz de Decisión Final del análisis 1 (Cuadro N°4.1).

De la Matriz de Decisión Final del análisis 1, la mejor posible alternativa estratégica de solución es la alternativa C (Construir y/o reforzar el sistema de diques o defensas ribereñas con participación de la población); su calificación con respecto a la meta es la mejor en comparación a las otras alternativas, debido a que esta alternativa está enfocada en reducir la vulnerabilidad física y no física, a pesar que la alternativa D obtiene mejor puntaje en los objetivos cuatro y cinco, y la alternativa B un considerable puntaje en el objetivo dos. Es decir, la alternativa C obtiene mejor alcance de la meta, reduce el riesgo existente en mayor porcentaje. Este resultado no fue previsto al inicio del análisis, se obtiene al complementar las alternativas con otras actividades durante el MCA, como hacer participe a la población en alcanzar la meta, etc.

4.2 Análisis de Selección

El análisis de selección de la mejor y posible alternativa estratégica de solución se realiza en la Matriz de Decisión Final (Cuadro N°4.1, ponderación del análisis 1), esto es, en función a la suma ponderada con respecto a la meta de cada alternativa y a los costos. La ponderación del análisis 1 refleja el interés de todo los keyplayers, a través de los pesos de contribución a la meta asignados en el nivel 1 y 2, al igual que con las alternativas de solución planteadas.

La Figura N°3.17 “Costo vs. Efectividad” del capítulo 3, indica a la alternativa A como la más costosa y a la alternativa B como la menos costosa. Según el análisis Costo versus Efectividad, la alternativa C es la opción más efectiva y menos costosa; refleja mejor el interés de toda los keyplayers, y obtiene mayor proximidad a la meta, debido a que la construcción y/o reforzamiento de las defensas ribereñas con participación de la población está

enfocado a reducir la vulnerabilidad física y no física de la parte baja del Chillón, dos aspectos de gran importancia para este escenario.

Una segunda opción de selección es la alternativa B (Implementación de un Sistema de Alerta Temprana contra inundaciones y capacitar a la población en el monitoreo del mismo), una medida de tipo estructural y técnico, enfocado básicamente a reducir la vulnerabilidad física; esta alternativa alcanza un buen puntaje después de la alternativa C, y un mejor alcance de los dos primeros objetivos.

Este resultado no fue esperado. Al inicio cada alternativa apuntaba a reducir la vulnerabilidad existente en la zona de estudio, no se tenía una eficiencia exacta de cada una de ellas; luego del Análisis de Multi-criterios, se ha podido apreciar con más claridad la alternativa más eficiente. Se puede determinar la posible mejor alternativa estratégica de solución, relacionando el análisis de sensibilidad; por ejemplo, la alternativa A tiene como fin reducir el caudal aguas arriba del tramo urbano y con ello se alcanza el objetivo 1, esto se aprecia en el análisis de sensibilidad, donde se puede demostrar que la alternativa A es sensible positivamente a la ponderación del objetivo 1, al igual que la alternativa C; por lo tanto, la alternativa más sensible positivamente a la ponderación, de la mayor cantidad de objetivos y criterios de evaluación, es la que mejor alcanza la meta, y la que finalmente debe ser elegida.

De las Figuras N°3.25 y N°3.26, se puede apreciar que la alternativa C es mucho más sensible positivamente a la mayor cantidad de objetivos, al igual que en los criterios 13 "Calidad de agua del río", 14 "Focos contaminantes", 15 "Población capacitada" y 17 "Aceptación de la alternativa". Este comportamiento se debe básicamente al rango de calificación de una alternativa con respecto a otra; aquella con mejor calificación será más sensible a un determinado criterio y por consiguiente al objetivo del cual proviene dicho criterio.

Aquellas alternativas que alcancen una calificación pequeña o grande, ya sea el caso de mejor calificación, en comparación a las otras alternativas, presentan una sensibilidad a un determinado criterio de evaluación nula o positiva; por ejemplo, la alternativa C presenta una sensibilidad nula a la

ponderación del criterio 1, mientras que las otras alternativas presentan una sensibilidad negativa. Esto mismo sucede en varios criterios de evaluación, lo que demuestra la marcada influencia de la alternativa C con respecto a las demás, ya que tiene mayor influencia sobre el escenario inicial.

4.3 Ventajas y desventajas de la aplicación del MCA en la parte baja del Chillón

Ventajas:

- Es un análisis ordenado, equilibrado y dinámico en espacio y tiempo.
- Es un análisis muy fácil de emplear.
- Permite comparar criterios cuantitativos y cualitativos.
- Permite tener un extenso panorama del problema y/u oportunidad.
- Puede ser incluido dentro de una planificación integrada.
- En el proceso de toma de decisión participan todo los involucrados (directos e indirectos), es un análisis integrado.
- Permite la participación de las autoridades de todos los niveles, llegando hasta el último escalón.
- Considerar un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) durante el MCA, permite hacer de las debilidades y amenazas encontradas una oportunidad para generar un valor agregado, y evaluarlas.
- Permite evaluar todas las alternativas propuestas, las cuales se van descartando durante el proceso de análisis.
- Ayuda a sistematizar la información.

Desventajas:

- Es una metodología de análisis desconocida en el medio y en nuestro país.
- Muchas veces se requiere de información recabada sólo de campo, lo que implica un mayor trabajo.
- Durante el análisis no se incluye la incertidumbre de la información.
- El análisis puede paralizarse si no se tiene el control debido durante la ponderación de los objetivos y criterios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

Generales

- Los principales factores que generan los desastres son dos: el impacto de un peligro o amenaza de origen natural, muchas veces agravado por el hombre; y una unidad social con una determinada condición de vulnerabilidad; esto es, un escenario en riesgo, consecuencia de un desarrollo insostenible.
- Una apropiada combinación de medidas de tipo estructural y no estructural para mitigación de desastres, logrará reducir la vulnerabilidad física y no física; al tomar en cuenta ambos tipos de medidas se fortalecerá el logro de la meta de reducir posibles daños en zonas urbanas.
- El concepto de peligro o amenaza es diferente a la de riesgo; el primero se define como la probabilidad de ocurrencia de un evento de origen natural o antropogénico que impactará sobre una unidad social vulnerable; mientras que el segundo es la probabilidad de ocurrencia del impacto sobre una unidad social, este parámetro es variable en tiempo y lugar, y está asociado a la vulnerabilidad y la amenaza existente.

De la Metodología

- El proceso de planificación para la gestión del riesgo de desastres (fase pre-desastre), aplicando el Análisis de Multi-criterios (MCA), está basado en tres etapas: Etapa I, definir la meta y los objetivos y recopilar la información básica necesaria; Etapa II, determinar el escenario inicial a través de la estimación del riesgo, y plantear alternativas estratégicas de solución; Etapa III, proyectar y evaluar las alternativas estratégicas de solución mediante el MCA.

- El Análisis de Multi-criterios es una herramienta que permite crear una plataforma de análisis, para sistematizar la información y definir el escenario inicial y el contexto de decisión, es útil para planificadores, líderes políticos y quienes tienen el poder de tomar decisiones; esta herramienta permite representar los efectos de las estrategias evaluadas, ya sean éstos, parámetros cualitativos y/o cuantitativos, es así que, permite realizar comparaciones no sólo en unidades monetarias sino físicas y/o sociales, reflejando muy bien la naturaleza de los criterios involucrados en el comportamiento de cada alternativa estratégica de solución.
- La utilización de los métodos y técnicas del Análisis Multi-criterios (MCA) están en aumento debido a que existen muchos tipos de decisiones, múltiples escenarios que varían con el tiempo, el lugar, la cultura y otros factores, y además, debido a que las disciplinas que vienen aplicando esta metodología de análisis son cada vez más, no sólo dentro del ámbito de la ingeniería de proyectos.
- El proceso de estandarización de un MCA es un paso imprescindible para comparar el comportamiento cuantitativo y cualitativo de las alternativas propuestas; así también, es importante asegurar la consistencia lógica de los pesos de ponderación y el resultado dentro del análisis.
- Ha quedado comprobado que el uso del Sistema de Información Geográfica (GIS) bajo la plataforma del ArcGis es una herramienta muy útil para la aplicación del MCA en la planificación para la mitigación de inundaciones al representar de forma gráfica el escenario inicial del análisis (representado en el mapa de riesgo), debido a que puede almacenar información gráfica, cualitativa y cuantitativa de forma integrada; por ejemplo, la proyección y evaluación de alternativas estratégicas de solución mediante esta herramienta (GIS), ha permitido identificar dónde y en cuánto se reduce el grado de vulnerabilidad, peligro y riesgo del escenario inicial, lo que se puede apreciar haciendo una comparación del mapa de riesgo obtenido en la etapa II (escenario inicial) con el mapa de riesgo proyectado en la etapa III (escenario por alternativa) durante el proceso de planificación de la gestión del riesgo de desastres (pre-desastre).

De la Aplicación en la Parte Baja del Río Chillón

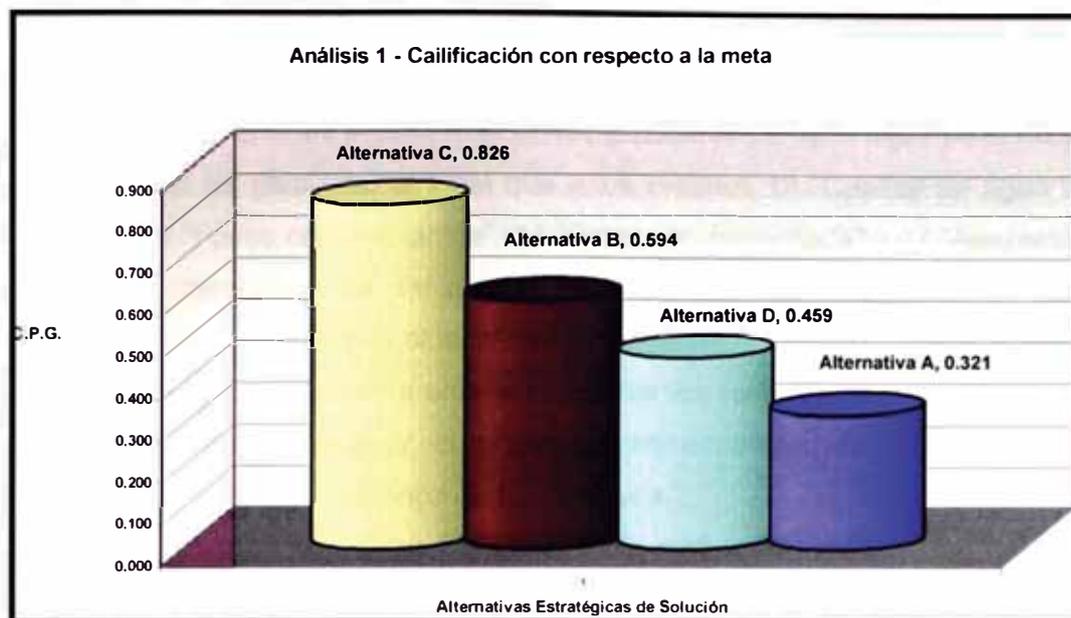
- Según los antecedentes históricos, el valle del río Chillón ha sufrido por lo menos seis inundaciones durante los años 1891 y 2001, y es probable que se repita esta situación.
- La parte baja del valle Chillón presenta una marcada diferencia de vulnerabilidad física y no física por distrito; es así que Puente Piedra, Ventanilla y El Callao tienen un muy alto grado de vulnerabilidad no física, debido al nivel de contaminación y al bajo nivel de organización gubernamental y comunal; por otro lado, un sector del distrito de San Martín de Porres presenta un alto a muy alto grado de vulnerabilidad física, debido a las características topográficas del lugar, donde las zonas urbanas se encuentran por debajo del nivel del lecho del río y las defensas ribereñas se encuentran en mal estado; así mismo, el asentamiento Fortaleza de Kuelap, la cooperativa La Ensenada y la asociación Los Sauces del distrito de Puente Piedra, poseen una vulnerabilidad física muy alta, debido a las características físicas del lugar. Esto se puede apreciar en los mapas de vulnerabilidad física y no física.
- Se ha estimado que el 72% del área de estudio presentan una vulnerabilidad total alta a muy alta, esto representa además el 51% de la población susceptible ante la ocurrencia de una inundación; siendo el asentamiento humano Fortaleza de Kuelap del distrito de Puente Piedra, parte de la asociación Parque Porcino y el asentamiento Victor Raúl Haya de la Torre del distrito de Ventanilla, los más críticos.
- De la evaluación del peligro por inundación, se han identificado 10 zonas críticas, debido a la posibilidad de un desborde del río Chillón en caso aumente el caudal de un año normal u ocurra una avenida extraordinaria.
- El sector 2 de la zona de estudio presenta un alto grado de peligro por inundación (cuando $Q_{TR=100} = 183 \text{ m}^3/\text{s}$), esto se debe principalmente a las características físicas y la morfología del río en la zona. A continuación, un

cuadro resumen del área inundada y el volumen del agua almacenado en cada sector:

Sector	Planicie (ha)	Area Urbana (ha)	Volumen (m ³)
<i>Sector I:</i>	61.47	25.68	422 858.10
<i>Sector II:</i>	114.28	88.46	1 781 506.90
<i>Sector III:</i>	49.39	6.15	421 792.30
<i>Sector IV:</i>	9.39	1.50	74 952.50
Total:	234.53	121.79	2 701 109.80

- Según el mapa de peligro o amenaza, las profundidades de inundación podrían alcanzar hasta 3.8 m (cuando $Q_{TR=100} = 183 \text{ m}^3/\text{s}$); pero, teniendo en cuenta las características topográficas de la zona de San Diego - segunda etapa, en el sector 2 (forma de vaso), y la distribución de las viviendas que se comportarían como paredes del vaso, podrían dar origen a un almacenamiento de agua con profundidades de hasta más de 4.0 metros, según la evaluación y los antecedentes del lugar.
- La zona más afectada debido a una inundación por un evento de menor magnitud (caudales en épocas de crecida de cada año), es el sector 2.
- El riesgo con grado muy alto ante la ocurrencia de una inundación, se concentra en el distrito de Puente Piedra y San Martín de Porres, según el mapa de riesgo estimado.
- La alternativa C logra reducir el área de estudio en riesgo alto a muy alto estimado del escenario inicial en un 91%, lo que se puede apreciar en el mapa de riesgo de la alternativa C; esto indica que dicha alternativa tiene mayor alcance de la meta en el Análisis de Multi-criterios.
- La evaluación de las alternativas aquí planteadas mediante el Análisis de Multi-criterios, determina como mejor alternativa estratégica de solución a la alternativa C "Reforzar y/o construir las defensas ribereñas con

participación de la población”, según la calificación ponderada global con respecto a la meta que se presenta a continuación:



- El análisis de sensibilidad con respecto a los objetivos y criterios de evaluación, ha permitido determinar el grado de influencia, ya sea positivo, negativo o neutro, de cada uno de ellos en la calificación ponderada global de cada alternativa; esto se debe tener en cuenta durante la asignación de pesos, en un segundo análisis, bajo otro escenario y quizá con otra visión del planificador del momento, con el fin de evitar una parcialidad durante la evaluación de las alternativas de solución.
- Las alternativas A, B y D son sensibles positivamente a los criterios 2, 10, 13 y 14 (criterios relacionados directamente con el estado de las defensas ribereñas) debido a que estas alternativas comprenden medidas que no afectan directamente y considerablemente a las defensas ribereñas, por lo que al incrementar la ponderación de estos criterios, la nueva calificación ponderada global aumenta para estas alternativas. Al mismo tiempo, estas alternativas son sensibles negativamente a los criterios 1 y 6 (criterios relacionados directamente con la vulnerabilidad física, el grado de exposición), esto debido a que dichas alternativas son medidas que tienen un mayor componente no estructural.

- Los criterios 13 y 14 (criterios relacionado con el grado de contaminación existente) son los más influyentes en todas las alternativas, debido a que todas las alternativas tienen un componente que apunta a mitigar el grado de contaminación, pero la alternativa C y D más que las alternativas A y B.
- La alternativa C es mucho más sensible positivamente al logro de la mayor cantidad de objetivos, al igual que a los criterios 13 "Calidad de agua del río", 14 "Focos contaminantes", 15 "Población capacitada" y 17 "Aceptación de la alternativa"; de ahí que el mejor puntaje fue alcanzado por dicha alternativa, ya que ésta alcanzó mejor calificación inicial en dichos criterios, y por otro lado, presente ambos componentes (estructural y no estructural) que apuntan a reducir el grado de vulnerabilidad no física y física, representado en el alcance de los objetivos.

RECOMENDACIONES:

- Aplicar herramientas para soporte de toma de decisiones, como el Análisis de Multi-criterias, ya que ayudan a sistematizar la "información básica" necesaria durante el proceso de toma de decisión; teniendo en cuenta que una de las principales características de un sistema es su carácter dinámico y cambiante, éste existe simultáneamente como configuraciones en el espacio y como desarrollos en el tiempo, son al mismo tiempo estructuras y procesos, y estructuras en procesos. El Análisis Multi-criterias (MCA) puede ser una metodología de análisis adecuada a las exigencias de las principales características de un sistema político, gubernamental, social, etc.
- Se debe tender a una participación multidisciplinaria de los *keyplayers* y/o profesionales que se encuentren involucrados en la problemática planteada, quienes a su vez tendrían una misma meta: "Reducir daños por inundación", para esto, es recomendable que el escenario del análisis elegido luego del análisis de sensibilidad, sea aquel que presente pesos en el nivel uno (para los objetivos) y en el nivel dos (para los criterios de evaluación) representativos de las aspiraciones de los *keyplayers*.

- Reducir la vulnerabilidad (física y no-física) y sus causas, previniendo la generación de nuevas vulnerabilidades, ya que es remoto pensar en controlar a la naturaleza.
- Incorporar la gestión del riesgo de desastres en los proyectos y programas de desarrollo económico de los gobiernos locales y regionales.
- Ejecutar proyectos de prevención y mitigación de desastres a nivel de cuenca, ya que las inundaciones están asociadas a la intensidad de las lluvias, básicamente aguas arriba del río Chillón, llamada cuenca húmeda; pero en la parte baja, específicamente en la zona urbana, el peligro a una inundación está sujeto a la magnitud del caudal, caudales máximos para diferentes periodos de retorno.
- Durante la planificación integrada, tener en cuenta el ordenamiento territorial en función al fenómeno demográfico, la prevención de los desastres y la gestión integrada de los recursos (humano, natural, tecnológico, económico, etc.) existentes en cada región, para así, alcanzar un desarrollo sostenible real.
- Implementar el Análisis Multi-criteria (MCA) en el proceso de planificación de la gestión del riesgo de desastres, con el fin de poder evaluar todas las alternativas estratégicas de solución posibles.
- Tener en cuenta la frecuencia de ocurrencia de los Meganiños (50 años), determinado por el Dr. Arturo Rocha, durante el proceso de planificación del territorio nacional; dando igual importancia a los objetivos a largo, mediano y corto plazo.
- Habilitar plataformas de diálogo para superar las diferencias entre los diferentes involucrados (aparentemente irreconciliables) en la gestión del riesgo de desastres, en la gestión integral de recursos, y la población en general, aplicando el Análisis Multi-criteria (MCA).

- Es recomendable reducir, no sólo la vulnerabilidad física, sino también, la vulnerabilidad no-física, a través de medidas estructurales y no-estructurales, mediante programas de capacitación y concientización para aumentar la capacidad de respuesta de la población asentada en la parte baja del valle Chillón ante un desastre.
- Es recomendable que las municipalidades mantengan las planicies de inundación como área verde o zona de recreación, sobre todo, aquellas que se encuentran entre el río Chillón y las viviendas; esta es una medida que se debe considerar sobre todo en terrenos aún no habitados y en zonas con alto riesgo de inundación.
- Implementar plataformas que permitan mantener una constante comunicación y actividad en temas de desarrollo sostenible y prevención de desastres entre las universidades y las autoridades gubernamentales de la zona de estudio.
- El Perú es uno de los países con alto riesgo a diferentes desastres y con múltiples escenarios vulnerables, debido a la debilidad en sus procesos de toma de decisión; es por ello que, se requiere implementar el uso de herramientas para soporte de toma de decisión y desarrollar una cultura de prevención de desastres en el hogar, en los colegios y en las universidades.
- Financiar obras de prevención dentro de un plan de desarrollo sostenible, en lugar de destinar gran cantidad de dinero a las obras de emergencia.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

- Autor : Charles Yoe, Ph.D, U.S. Army Institute for Water Resources
Libro : Trade-Off Analysis Planning and Procedures Guidebook
Editorial : Task Order #20, US, April 2002
- Autor : CISMID
Libro : Memorias "Curso internacional sobre mitigación de desastres, uso de información de peligros naturales en la preparación de proyectos de inversión". Tomo I.
Editorial : Editorial Continental. S.A., 1998, 1992.
- Autor : J.C. Heun, (R. Koudstaal)
Libro : Water Resources Planning - A Framework for Analysis
Editorial : IHE – Lecture Note. Delft – Netherlands, 2000
- Autor : Hufschmidt Maynard y Kindler Janusz
Libro : "Approaches to Integrated Water Resources Management in Humid Tropical and Arid and Semiarid Zones in Development Countries"
Editorial : UNESCO, Paris, 1991
- Autor : Otto J. Helweg
Libro : Recursos Hidráulicos - Planeación y Administración
Editorial : Limusa S.A. de C. V. Grupo Noriega, México D. F., 1997
- Autor : Ray E. Linsley - Joseph B. Franzini
Libro : Ingeniería de los Recursos Hidráulicos
Editorial : Editorial Continental. S.A., 1964

- Autor : Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays
Libro : Hidrología Aplicada, y Hidráulica de Canales Abiertos
Editorial : Edición N°1, Martha Edna Suárez R., Colombia, 1999

ARTÍCULOS Y MANUALES

- Autor : Centro de Información y Desarrollo Integral de Autogestión
(Perú) – CIDIAG
Artículo : Diagnóstico para un Plan Integral de Desarrollo. Cuenca del Río
Chillón.
Publicación: World Wide Web. Noviembre, 2004
- Autor : Dirección General de Aguas y Suelos
Boletín : Manejo y Conservación de Aguas y Suelos “Principios para la
elaboración de un plan de protección de cuencas”
Publicación: Ministerio de Agricultura y Alimentación, Lima, 1978
- Autor : Dirección General de Programación Multianual – DGPM
Artículo : Conceptos Asociados a la Gestión del Riesgo de Desastres en la
Planificación e Inversión para el Desarrollo
Publicación: Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), Lima, Junio – 2006
- Autor : Dirección Nacional de Prevención – DINAPRE
Manual : Manual Básico para la Estimación del Riesgo
Publicación: Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, Lima, 2006
- Autor : Dr. Arturo Rocha
Artículos : Fenómeno El Niño
Publicación: 1^{er} Congreso Internacional de Hidráulica, Hidrología,
Saneamiento y Medio Ambiente, IGC, Lima, 2006
- Autor : Hidrologic Engineering Center
Manual : HEC-Geo Ras, An extension for support of HEC-RAS using ArcView
Publicación: US Army Corps of Engineers, U.S., April 2000

- Autor : Hidrologic Engineering Center
Manual : Manual de Referencia Hidráulica – HecRAS 3.1.1
Publicación: US Army Corps of Engineers, U.S., 2002
- Autor : Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)
Artículo : Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Chillón
Publicación: INGEMMET, Lima, 1979
- Autor : Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)
Artículo : Encuesta Nacional de Municipalidades.
Publicación: INEI, Lima, 1994
- Autor : Instituto para la Mitigación de los efectos del Fenómeno El Niño
Artículo : Informe de la Inundación en la zona de San Diego – Río Chillón
Publicación: IMEFEN – CISMID, Lima, 2000
- Autor : Kevin Remington – Campus GIS Coordinator
Manual : Customized: A Introduction to Avenue
Publicación: ArcView Short Course Series - University of South Carolina,
U.S., 1998.
- Autor : LA RED (Red de Estudios Sociales) y ITDG (Intermediate
Technology Development Group) – Copilado, Andrew Maskey
Boletín : LA RED “Los Desastres no son Naturales”
Editorial : Tercer Mundo, 1993
- Autor : Ministerio de Vivienda
Artículo : Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima y Callao
(PISA L-C), 2005-2010
Publicación: World Wide Web. Noviembre, 2004.
- Autor : Municipalidad de Comas
Artículo : EIA Redes Secundarias de las Obras de Distribución en Lima y
Callao – Gas de Camisea para Lima y Callao
Publicación: World Wide Web, Lima, 2006

- Autor : Negrão Cavalcanti
Artículo : Desarrollo Sostenible. Informe Brundlant
Publicación: World Wide Web, Luz Maria Nieto Caraveo, Mexico, 2000
- Autor : NERA (Nacional Economic Research Associates)
Manual : *DTLR multi-criteria analysis manual*
Publicación: World Wide Web, 2004
- Autor : Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Manual : Manual para el Diseño e Implementación de un Sistema de
Alerta Temprana de Inundaciones en Cuencas Menores
Publicación: Organización de Los Estados Americanos – OEA, 2001
- Autor : UNMSA-Municipalidad de Comas
Artículo : Plan de Desarrollo Participativo de Comas – 2010
Publicación: Municipalidad de Comas, Lima, 2006
- Autor : Sonia Carretero Antón, Nieves Lantada Zarzosa
Manual : Programando con Avenue
Publicación: World Wide Web

TESIS

- Autor: Daly Grace Palomino Cuya
Tema : “Zonificación de áreas inundables utilizando sistemas de
información geográfica. Aplicación al tramo final del río Chillón”
Tesis para optar el Título de Ingeniería Civil; UNI – FIC, Lima, 2004
- Autor : Eduardo Huacoto Días
Tema : “Defensas Ribereñas en el Río Chillón. Tramo Pte.
Panamericana – Pte. Inca”
Tesis para optar el Título de Ingeniería civil; FIC - UNI, Lima, 2003

- Autor : Juan Carlos Osorio Benites
Tema : “Protección contra inundaciones en zonas urbanas – caso de la Urb. San Diego”
Tesis para optar el Título de Ingeniería civil; UNI – FIC, Lima, 2004
- Autor : Giancarlo Moccetti Rojas
Tema : “Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones – Aplicación en el Río Chillón”
Tesis para optar el Título de Ingeniería civil; IMEFEN - UNI, Lima, 2007
- Autor : Susana Haji Shironoshito
Tema : “Planteamiento de control de inundaciones”
Tesis para optar el Título de Ingeniería Civil; UNI – FIC, Lima, 1992
- Autor : Zuly Rodríguez Palomino
Tema : “Atenuación de caudales aguas arriba del tramo urbano del Río Chillón”
Tesis para optar el Título de Ingeniería civil; IMEFEN - UNI, Lima, 2006

INFORMACIÓN ELECTRÓNICA Y OTROS

- www.oas.org/usde
- www.eird.org
- www.unisdr.org
- www.crid.or.cr
- <http://ofi.mef.gob.pe/webportal/>
- www.itdg.org
- www.pcm.org.pe
- www.hec.usace.army.mil
- www.inei.org.pe
- www.inrena.org.pe (2003)
- www.senamhi.org.pe (2006)
- <http://www.itdg.org.pe>
- <http://www.gtz-rural.org.pe>
- <http://www.munilosolivos.gob.pe/>
- Apuntes del Ing. Campaña – IMEFEN, 2005.
- Inventario y Evaluación de los Recursos Marcapomacocha.
- Ministerio de Agricultura – Dirección de Agua
- CESEL Ingenieros S.A., 2008. Base de Datos.