

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

TEMA:

“ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTAS DE OBRAS DE CORRECCIÓN PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO DEL DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL”.

PRESENTAN

DÍAZ APARICIO, JOSÉ FRANCISCO

RIVAS TICAS, JUAN CARLOS

VELÁSQUEZ SOTO, HÉCTOR LUIS

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

DOCENTE DIRECTOR:
ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS.

CIUDAD UNIVERSITARIA ORIENTAL FEBRERO DE 2012

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

VICE-RECTORA ACADEMICA:

LIC. ANA MARÍA GLOWER DE ALVARADO

SECRETARIA GENERAL:

DRA. LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

DECANO:

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

SECRETARIO:

LIC. JORGE ALBERTO ORTÉZ HERNÁNDEZ

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

JEFE DE DEPARTAMENTO EN FUNCIONES:

LIC. CARLOS ALEXANDER DÍAZ

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

DOCENTE DIRECTOR

ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

COORDINADORA DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

ING. MILAGRO DE MARÍA ROMERO DE GARCÍA

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que de una u otra forma han colaborado con nosotros y así ahora poder ver culminado nuestro trabajo, a todas muchas gracias y de manera muy especial a:

Ing. Guillermo Moya Turcios

Un especial agradecimiento a nuestro docente director, que nos acompañó en todo momento a lo largo del desarrollo de este trabajo, gracias por sus enseñanzas, apoyo, comprensión y por su ayuda desinteresada.

Ing. Milagro de María Romero de García

Le agradecemos infinitamente por todas las orientaciones que nos ha brindado para poder realizar nuestro trabajo de graduación.

Ing. Luís Clayton Martínez

De manera muy especial le agradecemos todo su apoyo, enseñanzas y por las debidas orientaciones que nos brindó en los momentos más oportunos.

Ing. Rigoberto López

Por transmitirnos sus conocimientos que han sido de valiosa ayuda para la elaboración de este trabajo.

Además le agradecemos a todas las personas e instituciones como el SNET, OIKOS Solidaridad, la Biblioteca de Ingeniería y Arquitectura de la Facultad Central y las Alcaldías Municipales Involucradas en este trabajo que nos aportaron datos muy importantes para la realización de nuestro trabajo.

Grupo:

José Francisco Díaz Aparicio

Juan Carlos Rivas Ticas

Héctor Luís Velásquez Soto

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO: *por permitirme alcanzar un objetivo más en mi vida, porque él es quien me ha dado fuerzas cuando ya me he sentido vencido para levantarme y seguir adelante a lo largo de toda mi carrera universitaria y por su gracia he llegado a la culminación de mis estudios universitarios.*

A MI MADRE: *Rosa Angélica Aparicio Guevara; por brindarme su amor, paciencia y apoyo en todo momento de mi vida "alegrías y tristezas", por su ejemplo de sacrificio y por ser un bastión fundamental a lo largo de mi vida "MUCHAS GRACIAS MADRE."*

A MI PADRE: *Francisco Roberto Díaz Campo; por todo su apoyo incondicional y sacrificio a lo largo de toda mi carrera universitaria "MUCHAS GRACIAS PAPA."*

A MIS HERMANAS: *Glenda Marlín Díaz, Elizabeth Díaz; por su comprensión y apoyo, por brindarme su amor, paciencia en todo lo que necesite a lo largo de mi carrera y de mi vida. "LAS QUIERO MUCHO."*

A MIS HERMANOS: *Hugo Antonio Díaz, Lindomar Díaz; por todo su apoyo en todo momento de mi vida. "GRACIAS HERMANOS."*

A MIS TIOS: *Julio Cesar Aparicio, José Orlado Días Campos; por su valioso apoyo incondicional, en cualquier momento de mi carrera universitaria "GRACIAS TIOS."*

A MIS ABUELOS: *Guillermo Ramírez, Julio Cesar Aparicio, (Graciela Díaz, Edelmira Aparicio)(Q.D.D.G.); por su amor incondicional, sus consejos que de una u otra manera los he puesto en práctica, siempre los recordare y los llevare en mi corazón toda mi vida.*

A MIS PRIMOS: *Gracias por su apoyo incondicional.*

A MI NOVIA: *(Margarita Argueta) gracias por ser parte de mi vida, por su amor, comprensión y que hombro a hombro me brindo su apoyo incondicional hacia mi persona de forma desinteresado.*

A MIS MAESTROS (INSAJO, ESCUELA): *“GRACIAS”*

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE TESIS (Juan Carlos Rivas Ticas, Héctor Luis Velásquez Soto); *Por compartir todo este tiempo de la carrera y especialmente la tesis, por confiar en mí y darme esta oportunidad de compartir mis conocimientos para lograr este triunfo, que en medio de las discusiones de grupo, me comprendieron e hicieron ver y corregir mis defectos. Muchas Gracias porque antes de ser compañeros son mis amigos.*

A LOS DEMAS AMIGOS Y COMPAÑEROS QUE DE UNA U OTRA FORMA ME AYUDARON A LO LARGO DE MI CARRERA A OBTENER ESTE TRIUNFO.

“QUE DIOS NOS BENDIGA A TODO”

José Francisco Díaz Aparicio

DEDICATORIA

Dedico Este Triunfo:

A Dios Todo Poderoso por darme la vida, la sabiduría la fe e iluminarme a lo largo de mi Formación Académica para alcanzar este triunfo y por escuchar mis suplicas en los momentos más difíciles y haberme permitido alcanzar la meta que me propuse. A la santísima **Virgen María Auxiliadora** por ser mi principal intercesora.

A mis PADRES: JUAN JOSÉ RIVAS y DELMIS ESPERANZA TICAS, de quien me siento muy orgulloso de ser su hijo, por brindarme siempre su apoyo incondicional en los momentos más difíciles, por creer y confiar en mí a pesar de todas las adversidades a lo largo de mi carrera, por todo su amor y por ser un ejemplo de sacrificio para seguir adelante, les agradezco mucho.

A mis Hermanos (Jorge Alberto Rivas, Brayan Josué Rivas, Mayra Liliana Rivas) por todo su amor y cariño, y por contar con su apoyo en todo momento.

A mis Primos por el apoyo que incondicionalmente me han brindaron.

A mis Tíos y Tías: por el apoyo y confianza que me dieron en el transcurso de mi carrera.

A mis Compañeros de Tesis: José Francisco y Héctor Luis, por haber permitido formar un grupo que siempre lucho para poder salir siempre adelante porque sin ustedes no hubiese sido posible lograr este triunfo y por haber compartido sus conocimientos a lo largo de nuestro Trabajo de Graduación para que esto hoy sea un éxito.

A mi Novia: (Mayela Carolina) por ser una persona especial en mi vida, por su amor y comprensión que ha brindado hacia mi persona de forma desinteresado.

A los Docentes que con empeño y sacrificio lucharon cada día a lo largo de mi Formación Académica.

A mis demás Familiares, Amigos y Compañeros que siempre estuvieron dándome ánimo, que de uno u otra forma me ayudaron a lo largo de mi carrera con su apoyo y sus palabras de aliento que me fortalecieron de principio a fin para seguir adelante con mi objetivo. Gracias.

“Una mentalidad positiva te ayuda a triunfar. Piensa bien, para vivir mejor”

Juan Carlos Rivas Ticas

DEDICATORIA

El momento en que el ser humano culmina una meta, es cuando se detiene a hacer un recuento de todas las ayudas recibidas, de las voces de aliento, de las expresiones de amor y comprensión; es por eso que dedico este triunfo principalmente a:

A Dios Todopoderoso: Por permitirme tener esta felicidad y nunca dejarme solo en los momentos más difíciles de mi vida los cuales gracias a él logre superar.

A mi Papi: Por el apoyo y los consejos brindados a lo largo de mi vida y en la mayor parte del desarrollo de mi carrera, se que su sacrificio fue incondicional por todo eso Gracias.

A mi Mami: Por la confianza que me depositaste y los cuidados que siempre has tenido conmigo en los momentos más difíciles, eres de las personas más felices con mi triunfo y quiero dedicártelo.

A mis Hermanos: Byron Raúl y Jorge Alberto por ser también mis mejores amigos y darme palabras de aliento y consejos para seguir adelante cuando las cosas no eran fáciles les dedico todo esto de corazón y gracias por todo.

A mis Abuelos: Principalmente a Gregoria Aparicio (Q.E.P.D) ya que fue ella quien me guió y cuido desde los primeros momentos de mi vida siempre estarás dentro de mis mejores recuerdos.

A mi Novia: Carla Martínez por apoyarme cuando muchas veces me sentí solo e impulsarme a seguir adelante, gracias por toda esa comprensión hacia mi durante todo este tiempo.

A mis tíos primos y sobrinos: Por estar pendientes siempre; y especialmente mis sobrinos para inspirarlos a tomar los buenos ejemplos y triunfar en sus vidas.

A mis Amigos: Especialmente a Walter Sandoval por brindarme su valiosa amistad y apoyo.

A mis Compañeros de Tesis: José Francisco y Juan Carlos por su amistad, paciencia y su interés en avanzar en nuestros estudios proporcionando sus conocimientos a lo largo de este trabajo.

Quiero dedicar este triunfo a las personas que influyeron directamente en mi formación académica especialmente a los profesores de la escuela a los que siempre recuerdo con mucho aprecio.

Héctor Luís

INDICE

	PAG
CAPITULO I	
ANTEPROYECTO	1
1.1 INTRODUCCION.....	2
1.2 ANTECEDENTES.....	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.4 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	10
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	11
1.6 OBJETIVOS.....	14
1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	15
1.8 RESULTADOS ESPERADOS.....	17
1.9 MARCO CONCEPTUAL.....	18
1.9.1 MARCO METODOLÓGICO.....	18
1.9.2 MARCO NORMATIVO.....	21
1.9.3. MARCO HISTÓRICO.....	29
CAPITULO 2	
MARCO TEÓRICO	32
2.1 INTRODUCCION	33
2.1.1 EROSIÓN GEOLÓGICA Y ACELERADA.....	33
2.1.2 LOS AGENTES EROSIVOS.....	34
2.1.3 EROSIÓN ACELERADA.....	36
2.1.4 FORMAS ESPECIALIZADAS DE EROSIÓN.....	37
2.1.5 LA IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS TIPOS DE EROSIÓN..	43
2.1.6 FASES DEL PROCESO EROSIVO.....	44
2.2 LA FISICA DE LA LLUVIA	45
2.2.1 EL AGUA LLUVIA.....	45
2.2.2 INTENSIDAD DE LA LLUVIA.....	46
2.2.3 TAMAÑO DE LAS GOTAS.....	47
2.2.4 VELOCIDAD DE LAS GOTAS DE LLUVIA.....	48
2.3 LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA	49
2.3.1 INTRODUCCIÓN.....	49
2.3.2 EXPRESIONES DE LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA.....	50
2.3.3 IMPORTANCIA GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA DE LA EROSIVIDAD.....	51

2.3.4 IMPACTO DE LA GOTA Y ESCORRENTIA.....	52
2.3.5 EROSIÓN DE IMPACTO Y EROSIÓN DE ARRASTRE.....	55
2.3.6 LLUVIA TEMPLADA Y LLUVIA TROPICAL.....	55
2.4 EROSIÓN HÍDRICA.....	57
2.4.1 GENERALIDADES.....	57
2.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS EROSIONES.....	60
2.4.3 FACTORES FÍSICOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE EROSIÓN HÍDRICA EN SUELOS COHESIVOS.....	68
2.4.4 EROSIÓN EN CAUCES NATURALES DE LECHO COHESIVO.....	71
2.4.5 EVALUACIÓN DEL LÍMITE ENTRE FLUJOS EROSIVOS Y NO EROSIVOS.....	73
2.4.6 EROSIÓN GENERAL.....	73
2.4.7 EROSIÓN EN CANALES SOBRE LECHO COHESIVO.....	74
2.5 ERODABILIDAD DEL SUELO.....	76
2.5.1 DEFINICIÓN.....	76
2.5.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ERODABILIDAD.....	76
2.5.3 TEXTURA DEL SUELO.....	76
2.5.4 GESTIÓN DE LAS TIERRAS.....	77
2.5.5 ORGANIZACIÓN DE LOS CULTIVOS.....	79
2.5.6 RELACIÓN ENTRE CONTROL MECÁNICO Y CONTROL BIOLÓGICO.....	80
2.6 CORRECCIÓN DE TORRENTES FLUVIALES.....	83
2.6.1 INTRODUCCIÓN.....	83
2.6.2 ALTERNATIVAS FLEXIBLES PARA LA CORRECCIÓN DE TORRENTES FLUVIALES.....	84
2.7 TÉCNICAS DE CORRECCIÓN DE TORRENTES FLUVIALES.....	86
2.7.1 INTRODUCCIÓN.....	86
2.7.2 TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN EN EL CAUCE..	87
2.7.3 DEFENSA DE RIBERAS Y OBRAS TRANSVERSALES.....	87
2.7.4 ALTERNATIVAS FLEXIBLES.....	91
2.7.4.1 OBRAS FLUVIALES LONGITUDINALES.....	91
2.7.4.2 OBRAS FLUVIALES TRANSVERSALES (DIQUES)...	92
2.7.4.3 OBRAS FLUVIALES DEFLECTORAS (ESPIGONES)..	93
2.7.4.4 ESCALERAS DISIPADORAS.....	97
2.7.5 ALTERNATIVAS RÍGIDAS.....	99
2.7.5.1 OBRAS TRANSVERSALES (DIQUES DE MAMPOSTERÍA LIGADA)...	99
2.7.5.2 OBRAS LONGITUDINALES.....	105

2.8 TÉCNICAS PARA CONTROL DE EROSIÓN EN LA CUENCA.....	113
2.8.1 LA EROSIÓN DE LOS SUELOS.....	113
2.8.2 EL APARATO "A"	115
2.8.3 ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN.....	121
2.8.3.1 ZANJAS Y POZOS DE INFILTRACIÓN.....	121
2.8.3.2 MUROS DE PIEDRA AL CONTORNO.....	127
2.8.3.3 CULTIVO EN TERRAZAS NIVELADAS.....	130
2.8.3.4 BARRERAS VIVAS	131
2.8.3.5 BARRERAS MUERTAS	132
2.8.3.6 TERRAZAS INDIVIDUALES.....	133
2.8.4 CUBIERTA VEGETAL Y LA ORDENACIÓN DE LOS CULTIVOS.	134
2.8.4.1 MANUAL DE PRÁCTICAS INTEGRADAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.....	137

CAPITULO 3

DIAGNOSTICO FÍSICO DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO.....	142
3. 1 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	144
3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.	144
3.1.2 HIDROGRAFÍA.....	145
3.1.3 OROGRAFÍA.....	148
3.1.4 GEOLOGÍA.....	151
3.1.5 MORFOLOGÍA.	154
3.1.6 CLIMA.....	156
3.1.7 VEGETACIÓN.....	158
3.1.8 SUELOS.....	160
3. 2 CARACTERIZACIÓN SOCIO-ECONÓMICA.....	162
3.2.1 DIVISIÓN POLÍTICO – ADMINISTRATIVO.....	162
3.2.2 DIMENSIONES MUNICIPALES Y CANTONALES.	164
3.2.3 USO DE SUELOS Y CLASES DE TIERRAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	165
3.2.4 LUGARES CON APTITUD PARA CULTIVOS INTENSIVOS. ...	167
3.2.5 CULTIVOS RECOMENDADOS.	167
3. 3 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL.	170
3.3.1 FACTORES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO AMBIENTAL EN LA SUB-CUENCA EL TRÁNSITO.	170
3.3.2 FACTORES DEL DETERIORO AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	172

3.3.2.1 CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE E INSALUBRIDAD PÚBLICA.....	173
3.3.2.2 PROFUNDIZACIÓN DEL MANTO FREÁTICO Y DESAPARICIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA.....	174
3.3.2.3 INUNDACIONES.	176
3.3.2.4 DESAPARICIÓN DE INFRAESTRUCTURA.....	177
3.3.2.5 PÉRDIDA DE SUELO FÉRTIL.....	178
3.3.2.6 INSEGURIDAD EN LA TENENCIA DE LA TIERRA...	179
3.4. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE INTERÉS DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO.....	181
3.4.1 ANÁLISIS DE CRITERIOS DE CAMPO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS SECTORES CRÍTICOS DE EROSIÓN...	181
3.4.2 CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS DE LAS VISITAS DE CAMPO A LO LARGO DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO.....	182
3.4.2.1 ALTERACIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA.....	182
3.4.2.2 HIDROLÓGICOS.....	184
3.4.2.3 VEGETACIÓN.....	186
3.4.2.4 DETERIORO DE LA CUENCA ALTA.....	189
3.5 CAUSAS Y EFECTOS DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA QUEBRADA EL TRÁNSITO.....	192
3.6 DETERMINACIÓN DE LOS SITIOS CRÍTICOS DE INTERÉS TOMANDO COMO BASE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS VISITAS DE CAMPO.....	198
3.7 REGISTRO E INSPECCIÓN DE LAS OBRAS EXISTENTES DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO.	200
3.7.1 PROCEDIMIENTO PARA EL LLENADO DE LA FICHA TÉCNICA.....	202
 CAPITULO 4	
 PROPUESTAS DE CORRECCIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL.....	205
4.1 INTRODUCCIÓN.....	206
4.2 PROPUESTAS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL SUELO EN LA CUENCA.....	207
4.2.1 ZANJAS Y POZOS DE INFILTRACIÓN.....	208
4.2.2 MUROS DE PIEDRA AL CONTORNO.....	213
4.2.3 CULTIVO EN TERRAZAS NIVELADAS.....	215

4.2.4 BARRERAS VIVAS.....	217
4.2.5 BARRERAS MUERTAS.....	221
4.2.6 TERRAZAS INDIVIDUALES.....	223
4.2.7 CULTIVO DE LEUCAENA ASOCIADO A OTROS PASTOS...	224
4.3 PROPUESTAS DE OBRAS DE CORRECCIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO.....	228
4.3.1 TRAMO N° 1.....	229
4.3.2 TRAMO N° 2.....	239
4.3.3 TRAMO N° 3.....	257
4.4 METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE CORRECCIÓN EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO...	261
4.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL.....	261
4.4.2 ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS DE CORRECCIÓN A IMPLEMENTAR EN EL CAUCE.....	263
4.4.2.1 ASPECTOS DE DISEÑO.....	264
4.4.2.2 DIQUES DE RETENIDA DE SEDIMENTOS.....	264
4.4.2.3 MUROS LONGITUDINALES.....	268
4.4.2.4 ESPIGONES.....	269
4.4.2.5 ASPECTOS DE CONSTRUCCIÓN.....	271
4.4.2.6 ASPECTOS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA LAS OBRAS DE CORRECIÓN.....	274
 CAPITULO 5	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	277
5.1 CONCLUSIONES.....	278
5.2 RECOMENDACIONES.....	281
5.3 RESULTADOS OBTENIDOS.....	283
GLOSARIO.....	285
FUENTE DE CONSULTAS.....	290
BIBLIOGRAFIA.....	291
ANEXOS.....	295
ANEXO 1.....	296
ANEXO 2.....	361
ANEXO 3.....	363

INDICE DE FIGURAS

PAG

Figura 1-1 Alto grado de erosión sobre el lecho de la quebrada.....	4
Figura 1-2 Comunidades incomunicados por los daños producidos por la erosión hídrica en el Barrio San Juan, San Rafael Oriente. (Junio 2011).....	5
Figura 1-3 Construcción de muro gavión para protección de Puente en la intersección con la Carretera El Litoral.....	6
Figura 1-4 Tala de árboles en la parte alta de la cuenca, exponiendo el suelo al impacto directo de la lluvia. (Diciembre 2011).....	7
Figura 1-5 Profundización del lecho de la quebrada en el Barrio Santa Rosa del municipio de San Jorge. (Junio 2011).....	8
Figura 1-6 Cárcava formada por un muro de retención en el límite de los Municipios de San Rafael Oriente y El Tránsito. (Junio 2011).....	9
Figura 1-7 a) Dique Transversal (Junio 2011), b) Construcción de Bordas. (Abril 2011)....	12
Figura 1-8 Centro Escolar Caserío El Mogote, municipio de San Jorge, donde se observa que el muro gavión que servía de protección a la escuela a colapsado. (Noviembre 2011).....	12
Figura 1-9 Paso de Huracán Mitch por Centro América (1998).....	29
Figura 1-10 Calle que sirve de acceso al municipio de El Tránsito. (Marzo 2011).....	30
Figura 2-1, Representación exacta de la erosión en pedestal, donde la roca queda apoyada en su parte inferior.	37
Figura 2-2, La erosión en pináculos se presenta con frecuencia en cárcavas que se ensanchan y se encajan a la vez, imagen del Desierto de los Pináculos en Australia..	39
Figura 2-3, Cárcava formada en el Municipio de Comasagua producto de la Erosión en Galerías con el paso de la Tormenta 12-E en Octubre del año 2011.	40
Figura 2-4 Deslizamiento de suelo en la ribera de la Quebrada El Tránsito en el invierno la época invernal del año 2011.	41

Figura 2-5, Erosión en cárcavas formada en la cuenca alta de la Quebrada El Tránsito en el año 2010.	42
Figura 2-6, Gota de lluvia impactando sobre suelo desnudo.....	52
Figura 2-7, Bandejas para medir el grado de erosión bajo diferentes circunstancias.	54
Figura 2-8, Tormenta que cae en la zona alta de la cuenca de la Quebrada El Tránsito. Septiembre 2011.	56
Figura 2-9, Erosión en el cauce de la Quebrada El Tránsito, imagen captada en el año 2010.	63
Figura 2-10, Profundización de lecho de la Quebrada El Tránsito producto del tipo de suelo presente en la zona media del Municipio de San Jorge. Junio 2011.....	64
Figura 2-11, Erosión en la base del estribo de un puente que conduce hacia el Cementerio Municipal del Municipio de San Jorge. Junio 2011.	65
Figura 2-12, Erosión aguas abajo de un dique sobre La Quebrada El Tránsito en el límite entre los Municipios de San Rafael Oriente y El Tránsito. Marzo 2011.	66
Figura 2-13, Descarga de aguas negras en el Municipio de El Tránsito generando erosión en menor escala. Noviembre 2011.....	67
Figura 2-14, Cultivos de maíz y frijol con surcos orientados en la dirección contraria a la pendiente de la ladera. Noviembre 2011.....	77
Figura 2-15, Estructura gruesa de tipo Gavión Caja.	88
Figura 2-16, Estructura delgada tipo Colchón.	89
Figura 2-17, Con el colapso del talud el gavión simplemente se deforma.	90
Figura 2-18, El muro rígido con deformaciones en su base tiende a colapsar.	90
Figura 2-19, Muro longitudinal de mampostería gavionada construido sobre la Quebrada El Tránsito. Mayo 2011.	91
Figura 2-20, El gavión ofrece soluciones ante cursos continuos de agua.	92

Figura 2-21, La figura izquierda muestra un dique de gavión con recubrimiento de concreto y a la derecha un dique construido sobre la Quebrada El Tránsito con alto contenido de desechos.....	93
Figura 2-22, Espigones construidos para protección de una carretera.	94
Figura 2-23, Espigón con su extremo inclinado en dirección al curso de agua.	95
Figura 2-24, Perspectiva de un Espigón.	96
Figura 2-25, Gradas disipadoras de energía.	97
Figura 2-26, Escaleras disipadoras de energía para cambios bruscos de nivel.	98
Figura 2-27, El efecto de embalse provoca el depósito de los sedimentos en el dique.	101
Figura 2-28, La menor pendiente del aterramiento formado disminuye la velocidad del agua y su capacidad de erosión.	102
Figura 2-29, Dique de retenida de sedimentos.	103
Figura 2-30, Estabilización de un torrente mediante presas escalonadas, así como los elementos presentes en estos sistemas.	104
Figura 2-31, Muro construido en el Municipio de San Jorge para evitar el ingreso de la corriente de agua al casco urbano. Septiembre 2011....	107
Figura 2-32, Muro Longitudinal construido sobre la Quebrada El Tránsito para la defensa de las viviendas en la ribera. Septiembre 2011.....	108
Figura 2-33, Espigón de mampostería empotrado al margen del cauce.	110
Figura 2-34, Esquema de un sistema de reducción de energía.....	112
Figura 2-35, Tala de árboles en las laderas de la cuenca alta para usarlas en los cultivos. Septiembre 2011.	114
Figura 2-36, Utilización del Aparato "A" para establecer niveles en las laderas.	115
Figura 2-37, Esquematación del mecanismo de las zanjas de infiltración.	125

Figura 2-38, Zanja recién excavada al inicio de la temporada de lluvias.	126
Figura 2-39, Tres meses después con barreras sembradas.	127
Figura 2-40, Barreras formadas con rocas extraídas del mismo terreno.	128
Figura 2-41, Vista longitudinal de la barrera a base de rocas.....	129
Figura 2-42, Terrazas a diferente nivel separadas con bordas cubiertas de vegetación.	130
Figura 2-43, Plantación de Izote utilizada como Barrera Viva. Noviembre 2011.	131
Figura 2-44, Detalle de Barrera Muerta o Dique Mixto.	132
Figura 2-45, Barrera construida para retener sedimentos en los terrenos.	133
Figura 2-46, Terrazas construidas en cada planta o árbol de forma individual.....	134
Figura 2-47, Cultivo mixto a base de frijol y maíz. Noviembre 2011.....	141
Figura 3-1 Ubicación geografía de la zona en estudio.....	144
Figura 3-2 Croquis de Ubicación, zona de estudio.....	145
Figura 3-3 Ubicación de Cerros, Lomas y Montañas que comprendes los Municipios de la zona de estudio.	146
Figura 3-4 Mapa Geológico de Zona en Estudio.	152
Figura 3.5 Muestra de la Morfología Alta de la Quebrada El Tránsito. (Noviembre 2011).	154
Figura 3-6 Zonas Climáticas de la Zona en Estudio.	156
Figura 3-7. Zonas de Vida.....	158
Figura 3-8. a) Fotografía aérea de 1979, b) Imagen Satelital IRS 2002, c) Imagen Satelital Google Earth 2011; Muestras de los Cambios de la Cobertura Boscosa de la Zona.....	161
Figura 3.9 Perspectiva tridimensional de las Clases de Tierras.....	165
Figuras 3-10, Tipos de cultivos en la zona de estudio. (Noviembre 2011).....	169

Figura 3-11, Municipio de San Jorge, deposito final de material en el Barrio Concepción; que luego es transportado, el cual disminuye la capacidad hidráulica de las obras de paso. (Junio 2011).....	173
Figura 3-12, Acumulación de basura, lo cual hace aumentar el volumen de sedimentación de la quebrada. (Junio 2011).....	174
Figura 3-13, Perdida de cobertura vegetal en terrenos con pendientes que superan el 50%. (Noviembre 2011).....	175
Figura 3-14, Punto de descarga de aguas residuales del Municipio de El Tránsito sin tratamiento debido, generando problemas de contaminación. (Noviembre 2011).....	176
Figura 3-15, Daños ocasionados a un muro de protección transversal construido en el Barrio Concepción de San Jorge, para evitar el ingreso del agua a las viviendas aledañas. (Junio 2011).....	177
Figura 3-16, Perdida de terrenos fértiles producto de los derrumbes que se dan debido a la saturación del suelo en la época lluviosa en la parte alta de la Quebrada El Tránsito. (Septiembre 2011).....	178
Figura 3-17, Mapa de vulnerabilidad y distribución administrativa de la Sub-cuenca El Tránsito.....	180
Figura 3-18, Barrio Concepción del Municipio de San Jorge, en este punto se denota los efectos que ha generado la Erosión Hídrica ya que el canal natural de la quebrada ha cambiado notablemente. (Septiembre 2011).....	183
Figura 3-19, Barrio Santa Rosa del Municipio de San Jorge, obra construida en el año 2002 para disminuir los efectos de la Erosión Hídrica, en la cual se pueden observar rocas de gran tamaño que han sido arrastradas por la corriente hídrica. (Junio 2011).....	183
Figura 3-20, Escorrentía excesiva debido a la poca impermeabilización de los suelos en la parte alta de la cuenca. (Septiembre 2011).....	184
Figura 3-21, Municipio de San Rafael Oriente, punto donde el acceso de los pobladores está limitado debido a los cambio de la quebrada en su estado natural causados por la Erosión Hídrica. (Mayo 2011).....	185
Figura 3-22, Municipio de San Rafael Oriente, generación de cárcavas debido al arrastre de sedimentos por el aumento de la velocidad del agua. (Junio 2011).....	185
Figura 3-23, Zona deforestada para fines agrícolas. (Noviembre 2011).....	186
Figura 3-24, Barrio Concepción, San Jorge, vivienda construida en la ribera de la Quebrada El Tránsito. (Junio 2011).....	187

Figura 3-25, Municipio de El Tránsito, colmatamiento debido a la acumulación de sedimentos arrastrados por el paso del agua sobre la quebrada. (Mayo 2011).....	188
Figura 3-26, Cerro El Limbo Ubicado en la Parte alta de la Quebrada El Tránsito (Zona Norte del Municipio de San Jorge) donde los terrenos son utilizados para cultivos agrícolas. (Noviembre 2011).....	189
Figura 3-27, Obra de paso construido en el Municipio de San Jorge, donde la acumulación de material es notable. (Junio 2011).....	190
Figura 3-28, Muestra de deforestación en suelos de actitud vegetal. (Noviembre 2011).....	192
Figura 3-29, Ilustración de incendios forestales. (Noviembre 2011).....	193
Figura 3-30, labranza del suelo, para cultivo en el mismo sentido de la pendiente. (Noviembre 2011).....	193
Figura 3-31, Formación de cárcavas por el desprendimiento del suelo. (Noviembre 2011).....	195
Figura 3-32, Perdida de la infiltración del agua debido a la eliminación acelerada de la vegetación. (Noviembre 2011).....	196
Figura 3-33, Perdida del rendimiento de los cultivos por la falta de humedad. (Noviembre 2011).....	197
Figura 4-1, Cuenca Hidrográfica de la Quebrada El Tránsito.	208
Figura 4-2, Zanjas de ladera encontradas en la comunidad de Chambala, al Norte del Municipio de San Jorge.....	209
Figura 4-3, Zanjas de laderas recién construidas en la cuenca alta de la Quebrada El Tránsito, se observa el suelo extraído depositado hacia abajo de la zanja.....	210
Figura 4-4, La imagen izquierda muestra una zanja con poco tiempo de ser construida y a la derecha ya con cobertura vegetal que ayuda a evitar su propia erosión.....	211
Figura 4-5, A la izquierda se observa un pozo de infiltración sin mantenimiento al igual que a la derecha se tiene una zanja de ladera sin extraerle el material depositado dentro de ella.....	212
Figura 4-6, Muros de piedra construidos en pequeñas laderas para evitar la erosión y aprovechar el material que se tiene.....	213
Figura 4-7, Se aprecia como los muros de piedra a su vez forman una especie de terraza disipando la energía de la escorrentía.....	214

Figura 4-8, Terraza nivelada encontrada en el Municipio de San Rafael Oriente, en esa ladera no se tienen presentes problemas de erosión, ambas imágenes pertenecen al mismo terreno y se aprecian claramente el corte entre una terraza y otra.....	215
Figura 4-9, Terraza nivelada en las laderas del Cantón Chambala, se observa al borde de cada terraza la protección con barrera viva.....	216
Figura 4-10, En esta terraza se conformaron bordas para que el agua no erosione la siguiente terraza sino que se forme una especie de canaleta sobre la base de la borda.....	217
Figura 4-11, Se tiene de forma enumerada cada una de las plantas propuestas para ser utilizadas como barreras vivas.....	219
Figura 4-12, Filas de zacate utilizado como barrera viva en este caso Zacate Vetiver.....	220
Figura 4-13, Rocas colocadas en forma transversal a la depresión formada entre dos laderas para disipar la velocidad del flujo y retener sedimentos.....	222
Figura 4-14, Terrazas individuales de forma circular para la plantación de árboles en cada una de ellas.....	223
Figura 4-15, Follaje del árbol de Leucaena.....	225
Figura 4-16, La Leucaena crece en forma de arbusto y se combina con otros pastos.....	226
Figura 4-17, Imagen satelital en la que se aprecia el área de la cuenca y el cauce de La Quebrada El Transito a largo de los municipios que atraviesa.....	228
Figura 4-18, Vista satelital del Tramo N° 1 en estudio que comprende los Municipios de Chinameca y San Jorge.....	229
Figura 4-19, Incremento de la profundidad del lecho del cauce lo que deja en estado de vulnerabilidad a los pobladores de los márgenes de la quebrada.....	230
Figura 4-20, Se aprecia el camino que existe sobre la quebrada el cual es necesario proteger para ser utilizado por la población.....	231
Figura 4-21, Puente que conduce hacia el Cementerio Municipal de San Jorge.....	232

Figura 4-22, En la imagen anterior y en esta se aprecia el alto grado de socavación presente en los estribos del puente dejándolo propenso a colapsar.....	232
Figura 4-23, Este dique de Mampostería Gavionada ha sufrido desprendimientos de rocas producto del deterioro de la malla que lo compone.....	233
Figura 4-24, Vista hacia aguas abajo del dique, se aprecia la erosión que se tiene presente y las rocas de grandes dimensiones que son las únicas que mantienen el nivel de la base del dique.....	234
Figura 4-25, Vista lateral donde se observan ambos niveles y el alto deterioro que presenta la estructura.....	234
Figura 4-26, Esquema de ubicación de la Propuesta N° 1 en el Municipio de San Jorge.....	235
Figura 4-27, Modelo de dique a utilizar en la Propuesta N° 1, compuesto de rampas de acceso.....	236
Figura 4-28, Esquema de ubicación de la Propuesta N° 2 en el Municipio de San Jorge.....	237
Figura 4-29, Modelo de dique a utilizar en la Propuesta N° 2, se observan los disipadores de energía.....	237
Figura 4-30, Esquema de ubicación de la Propuesta N° 3 en el Municipio de San Jorge.....	238
Figura 4-31, Dique modelo a utilizar en la Propuesta N° 3.....	239
Figura 4-32, Vista satelital del Tramo N° 2 en estudio, este comprende el Municipio de San Rafael Oriente en todo su territorio.....	240
Figura 4-33, Este dique fue construido para mantener el nivel de la base del puente que se observa al fondo de la figura.....	241
Figura 4-34, Vista panorámica hacia aguas abajo del dique donde es notable el descenso de nivel del lecho de la quebrada.....	242
Figura 4-35, Vista lateral donde se puede notar la altura total del dique el mal estado en el que se encuentra.....	242
Figura 4-36, Esta obra se puede notar el mal estado ya que ha perdido gran parte de su estructura por el paso del agua.....	243
Figura 4-37, Vista hacia aguas abajo donde el lecho ha alcanzado material de mayor dureza por lo que se han formado cárcavas dificultando el paso peatonal.....	244

Figura 4-38, Al fondo se observa el camino que es protegido por esta obra, al colapsar quedaría inhabilitado el paso vehicular y peatonal hacia los caseríos de la zona.....	244
Figura 4-39, Vista panorámica hacia aguas abajo del dique construido al final de la 3ª Ca Oriente.....	245
Figura 4-40, Vista hacia el Norte desde la 4ª Ca Oriente, se aprecia la formación de cárcavas a lo largo de este tramo.....	246
Figura 4-41 Vista hacia el Sur desde el mismo punto anterior, en esa zona se propondrá un muro longitudinal debido a que en este punto existe una curva la que es necesario proteger.....	246
Figura 4-42, Vista frontal de la obra, este es el dique de mayor tamaño encontrado en el cauce de La Quebrada El Tránsito.....	247
Figura 4-43, Aguas debajo de la estructura se aprecia el alto grado de erosión debido a exceso de altura que posee la obra sin presencia de disipadores de energía.....	248
Figura 4-44, Imágenes comparativas donde se presenta el deterioro sufrido por la estructura con el paso de un invierno, la figura izquierda fue captada a inicios del año 2011 y la derecha en enero del año 2012.....	248
Figura 4-45, Esquema de ubicación de la Propuesta N° 1 en el Tramo 2.....	249
Figura 4-46, Modelo de Dique a utilizar para la Propuesta N° 1 en el Municipio de San Rafael Oriente.....	250
Figura 4-47, Ubicación de la Propuesta N° 2 en el Barrio la Merced de San Rafael Oriente.....	251
Figura 4-48, Dique modelo para la Propuesta N° 2, este dique carece de rampas de acceso.....	252
Figura 4-49, Ubicación de cada una de las obras propuestas en el Tramo N° 2 del Municipio de San Rafael Oriente.....	254
Figura 4-50, Vista esquemática de cada una de las obras propuestas en el Tramo N° 2.....	255
Figura 4-51, Ubicación de la Propuestas N° 5 en los límites de los Municipios de San Rafael Oriente y El Tránsito.....	256
Figura 4-52, Representación del dique con las propuestas de restauración ya realizadas.....	257

Figura 4-53, Imagen satelital donde se aprecia en su longitud el Tramo N° 3 que inicia en el Municipio de El Tránsito y luego pasa por el área rural de Concepción Batres.....	258
Figura 4-54, La imagen izquierda fue captada cuando era conformada la borda con un tractor de banda, a la derecha se observa luego del paso del invierno.....	259
Figura 4-55, La figura muestra el descenso del nivel en la final de la 2ª Calle Poniente del Municipio de El Tránsito.	259
Figura 4-56, Zona Sur del Municipio de El Tránsito, se tiene una altura muy baja de las márgenes de la quebrada lo que vuelve propensa la zona para desbordamientos e inundaciones.....	260
Figura 4-57, En la imagen izquierda se observa un poblador realizando prácticas de tala de arboles en una ladera, en la derecha se aprecia el resultado obtenido en esa misma ladera con dicha acción.....	261
Figura 4-58, Ambas figuras presentan la misma ladera, a la izquierda se aprecia el resultado de la quema como técnica de limpieza.....	262
Figura 4-59, Elementos que componen un dique de retenida de sedimentos.....	266
Figura 4-60, Vista lateral de un dique.....	266
Figura 4-61, Representación de una serie de presas escalonadas.....	267
Figura 4-62, Detalle de un espigón.....	270

INDICE DE TABLAS

	PAG	
TABLA 2-1	Distanciamiento entre zanjas según la pendiente de la ladera.....	123
TABLA 3-1	Hidrografía de la Zona de Estudio.....	146
TABLA 3-2	Datos característicos de la sub-cuenca en estudio....	147
TABLA 3-3	Orografía de la Zona en Estudio.....	150
TABLA 3-4	Descripción de los diferentes materiales agrupados de la Figura 3-4.....	153
TABLA 3-5	Clasificación Climática de Köppen, de la Zona de Estudio.....	157
TABLA 3-6	Especies arbóreas más importantes.....	159
TABLA 3-7	Cantones, Caseríos y Barrios de los municipios involucrados.....	163
TABLA 3-8	Áreas Municipales.....	164
TABLA 3-9	Descripción de las diferentes clases de tierras.....	166
TABLA 3-10	Clasificación de cultivos según su clase y elevación.....	168
TABLA 3-11	Ubicación de las obras a proponer.....	191

CAPITULO 1

ANTEPROYECTO

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTAS DE OBRAS DE CORRECCIÓN
PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO DEL
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.

1.1 INTRODUCCION

La Erosión Hídrica es un proceso natural, los principales impulsores son las intensas lluvias, la topografía, el porcentaje y tipo de cubierta vegetal; sin embargo, es intensificado y acelerado por las actividades humanas, tales como: técnicas de cultivo inadecuadas, los cambios en las condiciones hidrológicas, la deforestación, el abandono y marginación de las tierras así como la extracción de arena de las quebradas para ser utilizados en la construcción.

En El Salvador uno de los problemas principales relacionados a la erosión del suelo es ocasionado en las quebradas, ya que a través de los años estas han sufrido un mal manejo; debido a fenómenos naturales como el incremento de las lluvias y también a la falta de información con que cuenta la sociedad en general; estos y otros factores más se agudizan con el paso del tiempo, provocando que los efectos que ocasiona dicho problema sean de mayor repercusión, como lo es la formación de cárcavas en la parte media de la longitud de la quebrada y azolvamiento en el cauce de la quebrada en la zona más baja, por consiguiente se producen inundaciones y desbordamientos ya que su capacidad hidráulica es disminuida.

La población de los Municipios de San Jorge, San Rafael Oriente, El Tránsito, no se escapan de esta realidad ya que en la totalidad de su territorio son interceptados por la Quebrada El Tránsito es por eso que nuestro estudio está enfocado específicamente en estos municipios.

A través de los años los pobladores de los tres municipios se han visto afectados por esta problemática, con el aumento en las precipitaciones y el incremento poblacional que trae consigo un incremento en la

deforestación y mayores daños al suelo incrementados por los efectos producidos por la erosión hídrica, lo que hace necesario realizar un análisis minucioso en la quebrada a fin de establecer medidas para contrarrestar los fenómenos destructivos que se generan con mayor intensidad con la llegada del invierno y con ello establecer alguna solución y/o plantear algunas alternativas que lleven a paliar en gran medida los problemas que se han mencionado.

1.2 ANTECEDENTES

En la época lluviosa se generan una gran cantidad de problemas que afectan en gran medida el bienestar de la población que habita en los Municipios de San Jorge, San Rafael Oriente y El Tránsito del Departamento de San Miguel y Ereguayquin, Concepción Batres del departamento de Usulután; todos estos municipios sufren el deterioro de la Quebrada El Tránsito debido a los daños ocasionados por la Erosión Hídrica.



Figura 1-1 Alto grado de erosión sobre el lecho de la quebrada.

Por lo que las alcaldías de los municipios señalados anteriormente han buscado la manera de prevenir esta situación realizando diferentes obras civiles de mitigación como bordas de arena situados en las riveras de la quebrada y otras de carácter permanente como muros de retención transversales para preservar el nivel de la quebrada evitando la pérdida acelerada del suelo; sin embargo esto ha sido insuficiente para detener los efectos destructivos del fenómeno.

Los Municipios de San Jorge y San Rafael Oriente son los que se ven más afectados debido a la formación de cárcavas y la socavación de los taludes aumentando el ancho del cauce y por consiguiente la disminución del área útil de los terrenos adyacentes a la quebrada; esto va aumentando con el paso del tiempo y de manera más dramática se ha visto reflejado con la reciente época lluviosa del año 2010, debido a que sectores urbanizados y que están divididos por la quebrada han quedado por algún tiempo incomunicados por la erosión de la quebrada que ha formado cárcavas de considerable tamaño que impiden el paso vehicular ó incluso peatonal (ver figura 1-1, 1-2), unido a esto está la falta de obras de paso que faciliten el desplazamiento de los pobladores; ya que sobre la quebrada existen muchas calles que sirven de acceso hacia las comunidades aledañas; las que principalmente se han visto muy afectadas.



Figura 1-2 Comunidades incomunicados por los daños producidos por la erosión hídrica en el Barrio San Juan, San Rafael Oriente. (Junio 2011)

En el sector comprendido por el municipio de El Tránsito, en la época invernal se producen desbordamientos de la quebrada, el caso más severo se produjo con el paso del Huracán Mitch en Octubre de 1998 cuando la quebrada no logró evacuar el caudal originado por las lluvias, generando que ésta se desbordara hacia las principales calles del municipio de El Tránsito, lo que genero pérdidas económicas a los habitantes.

En el mismo orden, el estado ha invertido más de 1.7 millones¹ de dólares en concepto de reparación de puentes, obras de paso y otras estructuras únicamente por los daños ocasionados por la tormenta Ida; así mismo el puente ubicado sobre la carretera El Litoral que atraviesa dicha quebrada tuvo que ser atendida por el FOVIAL debido a que había sido socavada la subestructura del puente. (Ver Figura 1-3).



Figura 1-3 Construcción de muro gavión para protección de Puente en la intersección con la Carretera El Litoral.

¹ FOVIAL, Comunicado de Prensa Noviembre de 2010

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la falta de oportunidades laborales diferentes a la agricultura, una de las prácticas más comunes de los pobladores es la corta, quema y tala indiscriminada de árboles que se efectúa para preparar los terrenos para el cultivo, provocando la pérdida de cobertura vegetal y exponiendo la superficie del suelo al impacto directo de la lluvia, el viento y el sol, incrementando la erosión del suelo, provocando que las escorrentías penetren con más facilidad(ver figura 1.4), generando fisuras, grietas ó incluso cárcavas, exponiendo los taludes y provocando así deslizamientos de tierra y por ende el transporte de ese material hacia las zonas más bajas azolvando el cauce de la quebrada en dichos sectores.



Figura 1-4 Tala de árboles en la parte alta de la cuenca, exponiendo el suelo al impacto directo de la lluvia. (Diciembre 2011).

En la zona montañosa del municipio de San Jorge son muy comunes las prácticas antes mencionadas lo que ha aumentado la profundidad de la Quebrada El Tránsito (ver Figura 1-5) debido a que el suelo de estos lugares es transportado en la época lluviosa hacia la zona baja, este material es acumulado en la zona sur del municipio de El Tránsito y Concepción Batres facilitando el desbordamiento de la quebrada en la época lluviosa y afectando a los habitantes de este lugar por la pérdida de sus cultivos.



Figura 1-5 Profundización del lecho de la quebrada en el Barrio Santa Rosa del Municipio de San Jorge. (Junio 2011)

Con el paso de los años se han realizado una serie de obras como muros transversales y longitudinales, sin embargo algunos de ellos se han visto dañados con el pasar de los inviernos; un caso en particular es un muro que se encuentra en el límite de los Municipios de San Rafael Oriente y El Tránsito. (Ver Figura 1-6).



Figura 1-6 Cárcava formada por un muro de retención en el límite de los Municipios de San Rafael Oriente y El Tránsito. (Junio 2011).

El cual estuvo a punto de colapsar en el año 2009 por lo que se realizaron trabajos de mantenimiento debido a su gran importancia; ya que este es el que mantiene el nivel de la quebrada aguas arriba y al verse colapsado afectaría un aproximado de treinta familias. Si estas obras colapsaran, las comunidades de la zona oriente del municipio de Concepción Batres como el cantón Hacienda Nueva y Anchila que son potencialmente agrícolas se vieran diezmadas aun más que en la actualidad con la llegada del invierno, debido a que los cultivos son arrasados por las escorrentías que desbordan de la quebrada arrastrando abundante arena y volviendo infértiles los terrenos, solo con el paso de la tormenta Agatha y Alex el Ministerio de Agricultura y Ganadería contabilizó pérdidas de \$2.5 millones en concepto de cultivos de maíz y hortalizas, sembradíos que se dan en la zona en estudio y que están incluidos dentro de este monto de pérdidas.

1.4 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

La falta de información técnica sobre la Erosión Hídrica y la escasez de estudios técnicos para la realización de obras para el control de la Erosión Hídrica en la Quebrada El Tránsito hace necesario profundizar en la investigación de esta problemática para brindar una solución efectiva a la Quebrada El Tránsito.

1.5 JUSTIFICACIÓN

En El Salvador existen familias que habitan en las orillas de las quebradas, ríos y barrancas, generalmente estas zonas han sido olvidadas por las autoridades competentes, sin que se les brinde una atención especial a los problemas que representan un desafío a la ingeniería, exponiendo de esa forma a grandes peligros a quienes residen en ellas; El Salvador no ha estado exento de desastres provocados por la desatención a este tipo de situaciones, como sucedió a inicios de la década pasada en la colonia Las Colinas del municipio de Santa Tecla ó recientemente los hechos acontecidos en el municipio de Verapaz que provocó la muerte de cientos de personas y cuantiosos daños en las infraestructuras de esos sectores.

Tomando en cuenta todas estas situaciones los gobiernos municipales han gestionado la construcción de diferentes obras de carácter permanente como Diques transversales y temporales como Bordas longitudinales (Ver Figuras 1-7), Estas sin embargo, se han visto dañadas o han quedado obsoletas con el paso de la escorrentía provocada con las lluvias lo que genera incertidumbre en las comunidades sobre el colapso que puedan sufrir y volver a la problemática anterior o incrementarse, dañando así las viviendas a las orillas de la quebrada, escuelas y los accesos hacia estas. (Ver Figura 1-8)



a)

b)

Figura 1-7 a) Dique Transversal (Junio 2011), b) Construcción de Bordas. (Abril 2011)



Figura 1-8 Centro Escolar Caserío El Mogote, Municipio de San Jorge, donde se observa que el muro gavión que servía de protección a la escuela a colapsado. (Noviembre 2011)

Por todo lo anterior es importante analizar los impactos que genera la erosión hídrica en la Quebrada El Tránsito y proponer alternativas de solución, así como también evaluar las ya existentes para conocer el funcionamiento que están teniendo en relación a la problemática; principalmente por el número de habitantes que residen en el área de influencia y por el incremento ó el impacto que tiene este fenómeno con el paso del tiempo, sin que hasta el momento se formulen ó se ejecuten proyectos que alivien definitivamente la problemática.

1.6 OBJETIVOS

Objetivo General:

- ⊕ Analizar la situación actual, y elaborar propuestas de obras de corrección de la Erosión Hídrica de la Quebrada El Tránsito, del Departamento de San Miguel.

Objetivo Específicos:

- ⊕ Determinar Causas y efectos de la Erosión Hídrica en la Quebrada El Tránsito.
- ⊕ Elaborar un diagnostico físico de la Quebrada El Tránsito.
- ⊕ Realizar un registro e inspección de las obras existentes a lo largo de la Quebrada El Tránsito.
- ⊕ Establecer la metodología y aplicación de las medidas para el control de la Erosión Hídrica de la Quebrada El Tránsito.

1.7 ALCANCES Y LIMITACIONES

ALCANCES

- ⊕ En base a la teoría relacionada a la erosión hídrica se realizó un análisis a partir del cual se determinaron cuales son las causas que generan la erosión hídrica y los efectos negativos que ocasiona a la Quebrada El Tránsito.
- ⊕ Mediante el diagnostico se obtuvo una caracterización física de la zona en estudio; a partir del cual se determinaron cuáles son los puntos críticos que se tienen en la quebrada, los cuales fueron analizados con mayor interés para proponer las obras de corrección.
- ⊕ Se documentaron todas las obras existentes en la Quebrada El Tránsito para obtener el registro exacto de las obras implementadas por cada una de las municipalidades.
- ⊕ Se establecieron los tipos de obras más apropiadas a ejecutar en los puntos críticos a lo largo del cauce de la Quebrada El Tránsito.
- ⊕ Reducir el grado de vulnerabilidad que están expuestas las personas que habitan en la zona aledaña a la Quebrada El Tránsito.

LIMITACIONES

- ⊕ Existencia de pocas investigaciones locales sobre tratamiento de quebradas en relación a la erosión de las mismas.
- ⊕ En las Municipalidades involucradas en el estudio y otras instituciones relacionadas existe poca o ninguna información histórica de desastres referentes a los municipios.
- ⊕ Las obras de corrección a proponer serán únicamente en los puntos críticos de mayor interés a lo largo de la Quebrada El Tránsito.
- ⊕ Las técnicas de conservación de suelo propuestas son para la parte alta y media de cuenca, debido a que son las zonas que se encuentra más deforestada donde el relieve de los terrenos presentan mayores pendientes.
- ⊕ Existió negativa de parte de las autoridades municipales de brindar información referente a la formulación y ejecución de las obras implementadas en el cauce de la Quebrada El Tránsito.

1.8 RESULTADOS ESPERADOS

- ⊕ Se pretende marcar la pauta sobre la investigación del control de la erosión en quebradas y que de esta forma sirva de apoyo a las municipalidades para realizar futuras obras que vengan a solucionar la problemática que enfrentan los habitantes aledaños a las zonas.

- ⊕ Obtener un estudio en el que estará determinado si las obras existentes están desempeñando un buen funcionamiento hacia el control de la erosión hídrica.

- ⊕ Plasmar en un mapa cada uno de los tramos más críticos a lo largo del cauce de la quebrada El Tránsito para tener más claro en qué lugares es necesario hacer énfasis en plantear soluciones.

- ⊕ Se determinará qué tipo de obras son las que tiene mayor beneficio para su aplicación en este tipo de problema.

1.9 MARCO CONCEPTUAL

1.9.1 MARCO METODOLÓGICO

1. Análisis de Estudios Previos.

Asistidos de instituciones como el SNET, ONG y bibliotecas; se obtuvo una recopilación de estudios realizados en la zona, cuadrantes topográficos, usos del suelo, climatología, datos de precipitación y otros datos que pueden tener influencia determinante en la problemática; así también, se investigó sobre estudios similares realizados en El Salvador así como en otros países para tomarlos de base en la realización de nuestra investigación.

2. Identificación de los Sitios de Interés.

Se realizaron recorridos a lo largo de la quebrada para identificar cada una de las obras y geo-referenciarlas, de esta forma tener un registro preciso de lo que se ha construido en la quebrada, para lo cual se elaboró una ficha que incluye información de cada una de las obras que se han construido.

Con la información obtenida recopilada se logró establecer el área de estudio, que principalmente es cauce de la quebrada en toda su longitud, ya que el estudio está enfocado directamente en la quebrada y no en el estudio de la cuenca en general ya que existen estudios previos que servirán para nuestra investigación.

Cabe mencionar que los lugares visitados fueron los que brindaron mayor información posible así como otras que afectaban de manera indirecta a la zona en estudio, esto fue la base para establecer que lugares serían los que se iban estudiar para proponer soluciones.

3. Determinación de las Características Superficiales de los Sitios de Interés.

Luego de tener establecidas las zonas que se consideraron más importantes, se procedió a realizar las inspecciones las cuales consistieron más que todo en recabar información histórica, realizando interrogantes referente a sucesos históricos, la inspección también incluyo detalles visuales de las zonas más afectadas, esto sirvió para estudiar en que lugares se considera adecuado proponer algunas obras que vengan a solucionar la problemática existente.

Los aspectos a tomar en cuenta fueron los lugares donde existe una gran cantidad de población, aunque esto no limitó a incluir lugares despoblados ya que puede existir el caso que puedan estos afectar indirectamente algunos lugares más importantes.

Otro aspecto importante fue verificar la zona alta de la cuenca para indicar si existe un incremento de la deforestación y si este ha influido directamente con el proceso de erosión que se está dando en la Quebrada El Tránsito.

4. Elaboración de un Diagnóstico de la Situación de la Quebrada El Tránsito.

Esto consistió principalmente en caracterizar físicamente la quebrada para establecer como ha evolucionando el problema con el paso de los años y cuáles son los lugares donde el problema se ha visto mas agravado.

5. Evaluación de Alternativas Para el Control de la Erosión Hídrica.

Basándose en bibliografía referente a Ingeniería de Ríos y Quebradas, Diseño de Diques Transversales, así como proyectos realizados en otros países como España, Colombia, Ecuador, Chile, Argentina, etc.

Se determinaron alternativas para plantear las mejores soluciones de obras que se pueden ejecutar en la Quebrada el Tránsito que brinden una solución inmediata a la problemática de la Erosión Hídrica.

6. Investigación de Campo.

En esta etapa se verifico la situación actual en que se encuentra la quebrada en su parte alta, media y baja; además las obras que se han construido para conocer el estado en que se encuentran y obtener un registro de cada una de ellas.

7. Conclusiones y Recomendaciones

Concluida la investigación se procedió a realizar las conclusiones partiendo de los resultados que se han obtenido así como también a recomendar las diferentes alternativas que se pueden tomar en cuenta para darle solución a la problemática persistente en los municipios que se están analizando.

1.9.2 MARCO NORMATIVO

A fin de dar a conocer algunas legislaciones referentes al tema de las quebradas se presentan a continuación una serie de leyes, códigos, reglamentos, acuerdos y gestiones institucionales:

La **Constitución de El Salvador** no establece ninguna disposición relacionada específicamente con los desastres, salvo la suspensión de ciertos derechos o garantías en caso de “catástrofe, epidemia u otra calamidad”, en su artículo 29. Existen una serie de principios y derechos a partir de los cuales el legislador y la administración pública pueden regular esta situación. Entre ellos, el artículo 2 de la Constitución reconoce el derecho a la vida y a la integridad física y su necesaria defensa.

En cuanto a las leyes en El Salvador, la **Ley de la Defensa Civil**, Decreto No. 498, 1976 es la que está relacionada directamente con el tratamiento y la prevención de desastres. Esta ley crea el Sistema de Defensa Civil como parte integrante de la Defensa Nacional, y reemplazó a la Ley de Emergencia Nacional emitida el 4 de junio de 1965. Tiene como finalidad proteger y ayudar a la población para superar las consecuencias de desastres o calamidades públicas, y por eso establece el Sistema de Defensa Civil, los objetivos siguientes:

- Prevenir daños y cuando éstos ocurrieren, disminuir su magnitud.
- Ayudar a la población afectada.
- Procurar la continuidad de los servicios públicos.
- Obtener de la población afectada y de todos los sectores del país la necesaria colaboración para realizar la Defensa Civil.

Para esta ley, los desastres o calamidades públicas son consecuencia de fenómenos físicos o naturales, acciones armadas o de trastornos sociales que afectaren el orden público, el normal desarrollo de las actividades

económicas en la República o la vida, salud o patrimonio de sus habitantes.

En su estructura, el Sistema de Defensa Civil comprende el Comité Nacional de Defensa

Civil, los Comités Regionales de Defensa Civil, los Comités Departamentales de Defensa Civil y los Comités Municipales de Defensa Civil.

La Ley de Defensa Civil, se dictó en el marco de la profundización de la crisis político social del país, que desembocó en la guerra; en momentos de un auge sin precedentes de lucha social, más con propósitos "contra insurgentes" de establecer la "defensa civil" frente a los ataques de "la subversión" o el "terrorismo" que para atender los problemas por los desastres naturales.

Otra de las disposiciones vinculadas con la temática es la **Ley del Medio Ambiente**,

Decreto No. 233, aprobada en abril de 1998.

En esta ley se establece en el artículo N° 48 el tema relacionado al recurso hídrico en el cual dice que será el ministerio el encargado del manejo integrado de las cuencas hidrográficas a fin de tener una planificación y un manejo sostenible de las cuencas.

Así también, en el artículo N° 50 establece una serie de incisos en donde menciona los usos correctos que se le deben dar al suelo así como las zonas en donde es factible utilizarlas para cultivos o vivienda para evitar que se utilicen cualquier tipo de zonas de forma indiscriminada.

El **Código Penal**, Decreto No. 1030, establece que cuando una persona, natural o Jurídica, cause un desastre ambiental y su acción pueda tipificarse como delito de "contaminación ambiental" o "contaminación ambiental agravada" recibirá una pena determinada por el Código Penal, artículos 235 y 236. También está tipificado en la ley el delito de

"depredación de bosques", "depredación de fauna", "depredación de fauna protegida" y "quema de rastrojos".

Con el objeto de tener un mecanismo de contingencia en relación a desastres naturales se llevó a cabo la creación de la nueva **Ley de Prevención y Mitigación de Desastres y Protección Civil**. Esta fue presentada a la Asamblea Legislativa en Junio del 2001 por el Ministerio del Interior, actualmente llamado Ministerio de la Gobernación.

La Ley señala que no plantea sólo la atención en caso de emergencia, sino que incorpora la visión de prevención y mitigación. Además, estipula acciones como desalojos de zonas de alto riesgo, la toma de medidas preventivas a nivel local, comunal y departamental.

Asimismo, recomienda asignar un fondo de emergencia del presupuesto de la nación, fideicomisos y préstamos, entre otros aportes.

La Ley de Prevención y Mitigación de Desastres y Protección Civil es una normativa que responde a las particularidades propias de la gestión de riesgo en el país y fue aprobada el 19 de agosto de 2005 por la Asamblea Legislativa.

Ley de Urbanismo y Construcción

TIPOS DE PARCELACIONES

PARCELACIONES HABITACIONALES EN ZONAS DE RESERVAS ECOLÓGICA.

Art. 44. Las parcelas comprendidas dentro de los suelos declarados como zonas de reserva ecológica, serán de uso silvícola y cualquier otro uso estará sujeto a las disposiciones que en la materia se dicten. El uso habitacional estará condicionado a una densidad máxima de 10 habitantes por hectárea, en consecuencia el lote mínimo permitido será de 4,000 M² y sus edificaciones se deberán limitar a techar el 10% de su

área. Su infraestructura deberá realizarse conforme a lo dispuesto en el Art. 98 de este Reglamento.

DE LOS LOTES O PARCELAS

ZONAS DE PROTECCIÓN PARA ACCIDENTES NATURALES.

Art. 50. Todo accidente natural dentro de una parcelación o colindante con otra, deberá contar con una zona de protección con las excepciones reguladas en el Art. 51 de este Reglamento.

El ancho de la zona de protección se establecerá basándose en los criterios siguientes:

a) Profundidad de la quebrada.

El ancho de la zona de protección en quebrada se determinara multiplicando su profundidad por el factor 1.5 y se medirá paralela a partir de dicha orilla y a todo lo largo del terreno en la parte afectada.

La profundidad de la quebrada se medirá a partir de la orilla próxima inferior al borde inmediato superior o del borde inferior cuando el lecho se encuentre al pie de un cerro o fuerte desnivel topográfico.

El ancho de la zona de protección solamente podrá modificarse según lo dispuesto en el Art.51 de este Reglamento.

b) Estudio del área de recogimiento.

El ancho de la zona de protección de un río o de una quebrada caudalosa, deberá ser determinado por un estudio de las áreas de recogimiento o influencia de los mismos, con el cual se determinara el área hidráulica necesaria de acuerdo al caudal máximo instantáneo resultante. Este estudio deberá determinar al menos la altura máxima probable que alcanzara la corriente adyacente al terreno, el ancho de las zonas de protección y las obras de protección necesarias y con sus detalles y características correspondientes (inclinación de taludes, tipos y secciones

de muros, etc.) Dicho estudio deberá ser realizado por profesionales o empresas debidamente acreditadas.

c) Diferencia natural de nivel dentro del terreno con sus terrenos colindantes.

El ancho de las zonas de protección en cambios de nivel se determinara multiplicando la profundidad próxima al nivel inferior de la diferencia natural del nivel del terreno por el factor 1.5 y se medirá paralela a partir de dicho nivel inferior y a todo lo largo del terreno en la parte afectada.

Obras de protección para mantener y/o disminuir las zonas de protección.

Art. 51. Las zonas de protección que no cuenten con vegetación adecuada y que se presenten cambios de nivel mayores de un metro, deberán ser protegidos con obras tales como taludes engramados, estaquillados, barreras naturales, etc.

El ancho de la zona de protección original en quebradas secas, o estacionarias podrá reducirse mediante la construcción de muros o la combinación de muros y taludes cuya relación será de 1.5 horizontal por 1.0 vertical o mediante el cambio de la inclinación de los taludes, la cual podrá aumentarse mediante tratamiento especiales de los mismos, con suelo, cemento, enchapados y otros; pero tal medida deberá justificarse mediante la presentación de un estudio elaborado por un laboratorio de suelos y materiales.

Por ningún motivo se permitirá la tala de árboles dentro de las zonas de protección ni la variación de su perfil natural cuando este se encuentre cubierto de vegetación natural, con el objeto de reducir al ancho de la misma.

Normativa Mínima para la Ventanilla Única.**MARCO NORMATIVO PARA LA VENTANILLA UNICA****3. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL.**

El conjunto de normas aquí establecido se enmarca en las siguientes disposiciones legales e institucionales:

Reglamento a la Ley de Urbanismo y Construcción en lo relativo a Parcelaciones y Urbanizaciones Habitacionales del Vice-ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, las Normas Técnicas de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, Reglamentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social a

Través de la Dirección General de Salud, Ley de Protección al Patrimonio Cultural de El Salvador y su Reglamento, Ley y Reglamento del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

NOTA:

Todo aspecto no contemplado en esta normativa, será regulado por las normas y leyes ya existentes.

7.6 ZONAS DE PROTECCIÓN

Para el establecimiento de las zonas de protección de ríos y/o quebradas se tomarán medidas en forma horizontal a partir del borde superior del talud, a todo lo largo del terreno en la parte afectada; debiéndose conservar en dicha zona de protección la vegetación y el perfil natural.

Para quebradas secas se calculará en una extensión equivalente al doble de la profundidad máxima de la misma; para ríos o lagunas se establecerá una franja de 50 metros a cada lado sobre lo largo de su ribera; y para nacimientos de agua o manantiales se definirá una zona de protección mínima con un radio de 50.00 metros medidos del centro del mismo.

La norma del ancho de las zonas de protección es un requerimiento que podrá ser disminuido ante la Presentación de un estudio de las áreas de recogimiento o influencia de los ríos, quebradas o cuerpos de agua; determinándose el área hidráulica, la altura máxima probable que alcanzará la corriente de agua adyacente al terreno y las obras de protección necesarias con sus detalles y características correspondientes, así como las obras de mitigación para compensar los impactos al medio ambiente.

Las franjas de terrenos destinadas a la protección de parcelas o lotes urbanos deberán establecerse de acuerdo a la amenaza natural y antrópica que se desea mitigar:

- Para el caso de salvar diferencias de nivel mediante taludes, esta franja no podrá ser menor de una y media veces, la diferencia del nivel.
- Para plantas de tratamiento, en ningún caso podrá ser de 25 metros a la vivienda más próxima o a la línea de colindancia.
- Para establecer las franjas de protección de obras de infraestructura, deberá respetarse la normativa existente de las instituciones respectivas.

7.9.2 DISPOSICIÓN DE AGUAS GRISES.

Donde no exista factibilidad de conexión a un sistema de alcantarillado sanitario ni soluciones de fosa séptica para la disposición de excretas, todo lote deberá contar como mínimo con un sistema de manejo de aguas grises, ya sea en forma individual o colectiva (trampas de grasas, pozo de absorción), de acuerdo a las disposiciones del MSPAS, que se exigirá al constructor de la vivienda.

En el área de **Ordenanzas Municipales** existe la "**Ordenanza Para la Protección y Conservación de Ríos Y Quebradas del Municipio de San Salvador**" menciona en el artículo N° 12 sobre la tala de árboles y dice

que el interesado en la explotación de la madera en las cuencas de ríos y quebradas deberá contar con los permisos respectivos. En el artículo N° 14 también se hace mención sobre que todo propietario de inmueble cercano a ríos y quebradas deberá utilizar cierto porcentaje del terreno para el cultivo de arboles y así mantener en buen estado las cuencas.

En forma general se establece lo concerniente a las sanciones impuesta a las personas que incumplan con lo mencionado en los artículos de la Ordenanza.

En términos de manejo de quebradas la ordenanza sobre el manejo de ríos y quebradas es la que mayor relación tiene con el tema que se está tratando, esto refleja la falta de interés que existe de parte de algunas autoridades sobre el control de esta problemática por lo que se vuelve una necesidad el concientizar para que en un futuro estos problemas no se sigan repitiendo.

1.9.3. MARCO HISTÓRICO

El Huracán Mitch en 1998² (ver Figura 1-9) fue uno de los más poderosos y mortales debido a la gran cantidad de lluvias que generó, debido a la vulnerabilidad de los municipios que se están investigando provoco una gran cantidad de problemas principalmente en los Municipios de San Rafael Oriente y El Tránsito en este último se dieron los mayores daños ya que la corriente sobrepaso el límite de la quebrada e ingreso hasta el centro del municipio causando grandes pérdidas ya que arraso con gran parte del mercado.

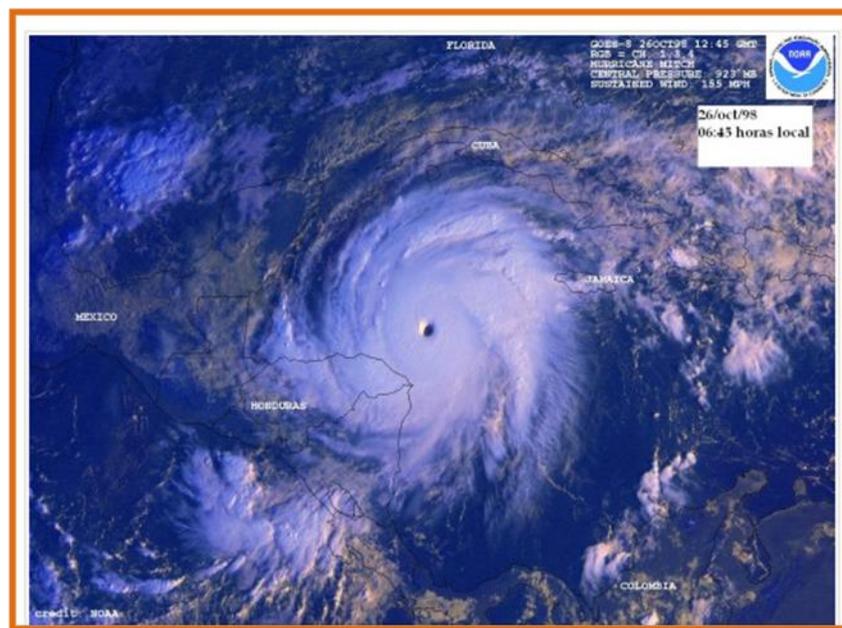


Figura 1-9 Paso de Huracán Mitch por Centro América (1998).

² Fuente: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)

En Mayo de 2005 el país fue azotado por el Huracán Adrian, aunque este no fue como se esperaba provoco la socavación en la mayoría de los terreno adyacentes a la quebrada, afecto en gran manera a los pobladores y a los automovilistas ya que el nivel de la quebrada bajo y se hizo imposible por un gran tiempo transitar por la quebrada (ver figura 1-10) ya que esta sirve también de calle en la época de verano.



**Figura 1-10 Calle que sirve de acceso al Municipio de El Tránsito.
(Marzo 2011)**

En el mes de Mayo del año 2008 un hombre y sus dos hijas murieron al ser arrastrado por la corriente de la quebrada el camión en el que viajaban; esto sucedió en el Barrio La Merced del Municipio de San Rafael Oriente después de una tormenta en la zona montañosa del Municipio de Chinameca.

Recientemente en el año 2010 con el paso de la tormenta Agatha se agudizó la problemática ya que la gran cantidad de agua que circuló por la quebrada destruyó la mayoría de las obras de retención que se habían realizado, causando que algunos cantones y caseríos del Municipio de San Rafael Oriente quedaron incomunicados: (Caserío La Isla San Benito, Caserío Los Jandres, Cantón El Llano) por la formación de cárcavas en la quebrada justo en la calle que los conduce, en el Municipio de San Jorge se destruyeron la mayoría de los muros que se habían construido para proteger las viviendas adyacentes a la quebrada, el incremento en la profundidad de la quebrada provoco que los vehículos no pudieran conducirse hacia El Tránsito ya que la vía de acceso quedo cortada por el paso de la lluvia.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTAS DE OBRAS DE CORRECCIÓN
PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO DEL
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.

2.1 INTRODUCCIÓN

La erosión es un fenómeno que está influenciado por factores físicos, biológicos, sociales y económicos, por lo que es conveniente tener un conocimiento claro de las características de la erosión en cada zona, para definir las modalidades de combatirla, mediante la ejecución de investigaciones, experimentos y ensayos.

Específicamente esta investigación abarca la primera parte en lo relacionado a la investigación de los diferentes aspectos a considerar para hacer un buen manejo de los problemas ocasionados por la erosión; en el transcurso de este capítulo se presentan las diferentes formas de erosión que existen en el planeta y las que se tienen principalmente en la Quebrada El Tránsito, conociendo estos fenómenos se explican de la misma forma las medidas a tomar para evitar esta problemática ya sea, tomándolas la cuenca o directamente en el cauce donde se tienen sectores más afectados, lo cual sirve de guía para identificar causa efectos y soluciones a aplicar para cada caso.

2.1.1 EROSIÓN GEOLÓGICA Y ACELERADA

La superficie terrestre está cambiando continuamente, con montañas que se elevan, valles que se hacen más profundos y más amplios, líneas costeras que retroceden en unos puntos y avanzan en otros. El modelo físico de la superficie terrestre que vemos hoy no es el resultado de cataclismos aislados que la esculpen, sino de cambios tan lentos que solo son perceptibles cuando se aprecian después de siglos. La erosión es uno de los aspectos de este constante proceso de cambios.

Es fundamental para la formación de suelos aluviales y rocas sedimentarias. La actividad del hombre rara vez retrasa o detiene el proceso y lo más normal es que lo acelere, generalmente nos referimos a “erosión geológica” “erosión normal” o “erosión natural” cuando resulta solo de fuerzas de la naturaleza, y la erosión acelerada cuando el proceso está influido por el hombre.

Cuando se trata de averiguar la probable intensidad de la erosión entrópica es interesante considerar la velocidad de erosión geológica. Si las condiciones topográficas o climáticas son tales que la erosión geológica es más activa de lo normal, estas mismas condiciones conducirán a una erosión acelerada particularmente severa.

2.1.2 LOS AGENTES EROSIVOS

La erosión es esencialmente un proceso de suavización o nivelación, donde el suelo y las partículas rocosas son transportados, rodados y arrastrados por la fuerza de la gravedad. Los principales agentes que intervienen en la disolución y ruptura de las partículas son el viento y el agua.

El viento por si mismo desgasta las rocas; la abrasión, incluso de rocas duras, tiene lugar mediante los granos de arena o suelo arrastrados en suspensión, en proceso similar al de chorreado con arena de las superficies metálicas antes de pintar.

El agua es probablemente el agente erosivo más importante, lluvia, barrancos y ríos arrastran lejos el suelo y las olas erosionan las orillas de los

mares y lagos; de hecho, dondequiera que el agua este en movimiento, erosiona sus contornos.

Cambios de temperatura, cuando se estudia la erosión geológica, el paso del tiempo es muy perceptible e incluso los cambios muy pequeños o increíblemente lentos son significativos después de un gran periodo de tiempo. Un ejemplo es la ruptura y el desescamado de las rocas por la variación de temperatura. Las oscilaciones rápidas entre el día y la noche afectan solo a la superficie de las rocas, mientras que los cambios debidos a variaciones más lentas entre el verano y el invierno penetran más profundamente.

Cuando los cambios de temperatura implican la formación de hielo, los efectos se ven aumentados por la expansión del agua en grietas y diaclasas. La elevación de cristales de hielo origina un progresivo desplazamiento del suelo ladera abajo.

Mecanismos Biológicos Algunos procesos erosivos actuales pueden ser originados por organismos vivos, tales como líquenes y musgos, pero el principal efecto de los seres vivos es su papel como aceleradores de otros agentes. Los animales pisotean sobre rocas o suelo y crean condiciones más favorables para que sean arrastrados por agua o viento, y en el otro extremo de la escala biológica, las lombrices y termitas remueven el suelo y aumentan la aireación y oxidación, acelerando un proceso mediante el cual las rocas resistentes se convierten en suelo erosionable.

2.1.3 EROSIÓN ACELERADA

A escala mundial las actividades no agrícolas del hombre que aceleren los procesos erosivos son apenas significativas. Excavamos montañas para extraer carbón y otros minerales, ahondamos aquí y colmatamos allí, pero estas alteraciones solo tienen lugar en una pequeña parte de la superficie terrestre. Por el contrario, la agricultura esta tan extendida que son mucho más importantes las actividades agrarias que aceleran los procesos erosivos. Y casi todas las actividades agrícolas tienden a incrementar la erosión. Cuando la vegetación se aclara y la tierra está más expuesta, hay pocos arboles que frenen el viento y la erosión eólica aumenta; hay también menos vegetación que pueda absorber la energía de la caída de la lluvia y por ello aumenta la erosión pluvial, es mayor la superficie de drenaje y los barrancos y los ríos son más potentes, y por ultimo entra mas ganado que altera las rocas y el suelo.

Por medio del arado, el hombre remueve y airea el suelo millones de veces más deprisa y eficazmente que los animales del subsuelo; de hecho, todos los procesos físicos de la naturaleza se ven acelerados, solo en casos aislados existe la posibilidad de que la erosión natural se reduzca, cuando se mejoran áreas desérticas, se irrigan regiones áridas o se produce una reforestación, aunque su importancia es infinitesimal comparada con las áreas en las que la erosión aumenta.

2.1.4 FORMAS ESPECIALIZADAS DE EROSIÓN

Erosión en Pedestal: Cuando un suelo fácilmente erosionable está protegido de la erosión por impacto por una piedra o las raíces de un árbol, quedan “pedestales” aislados coronados por el material resistente a mayor altura que el relieve circundante. La erosión del suelo se produce principalmente por impacto más que por un flujo superficial pues no hay apenas socavamiento en la base del pedestal (Figura 2.1).

Este tipo de erosión se desarrollo lentamente a lo largo de varios años y con frecuencia se halla en parcelas desnudas de tierras pastables, puede también presentarse en suelos arables que sufren una erosión excesiva durante tormentas excepcionales.



Figura 2-1, Representación exacta de la erosión en pedestal, donde la roca queda apoyada en su parte inferior **.

** Entendiendo el Tiempo de la Escala Geológica

Backbenders Gazette Mayo, 2006

Es importante diferenciar los pedestales de las banquetas de hierba que poseen frecuentemente un suelo situado por encima del suelo de alrededor.

Tales suelos elevados pueden mostrar la profundidad del suelo erosionado entre las zonas de hierba, pero es as probable que el nivel de las banquetas haya sido elevado al incorporar suelo erosionado en tramos desnudos.

Erosión en pináculos: El modelo de erosión que conduce a la formación de altos pináculos entre profundas cárcavas (Figura 2.2), se asocia normalmente con suelos difíciles altamente erosionables. Esta erosión comienza siempre con rigolas y cárcavas que excavan y retroceden rápidamente hasta que se unen y dejan pináculos aislados.

Un estrato de suelo más resistente, gravas o piedras corona a veces el pináculo, como en la erosión en pedestal. Los terrenos erosionados de esta forma están severamente socavados por el agua de escorrentía, siendo también frecuente la erosión en galerías; las condiciones físicas o químicas del suelo que originan tan severa erosión no han sido claramente definidas, pero se presenta normalmente donde existe algún desequilibrio importante, tal como sodio excesivo y completa defloculación. Los suelos expuestos a este tipo de erosión se reconocen por el hecho de que están secos y absorben agua lenta y difícilmente, pero una vez saturados carecen de cohesión y fluyen como el barro.

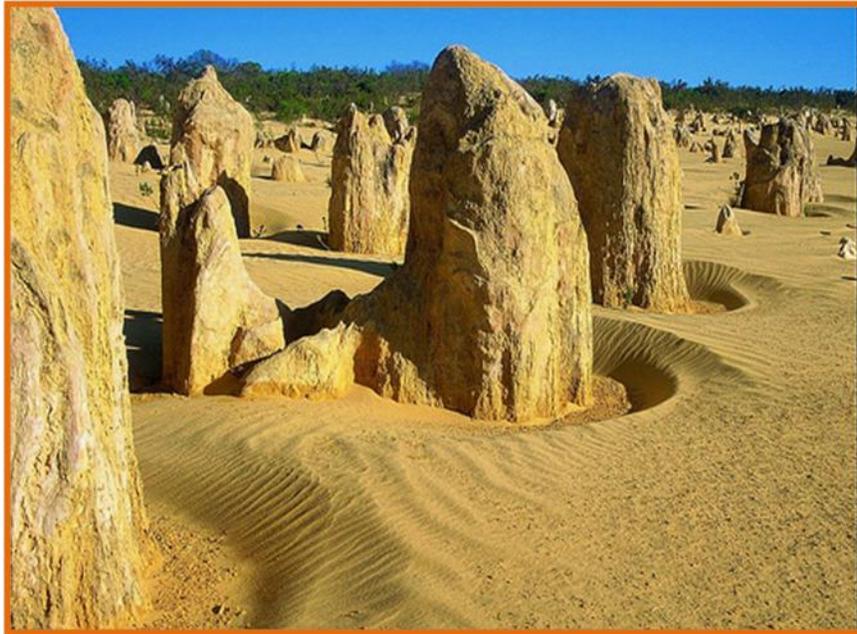


Figura 2-2, La erosión en pináculos se presenta con frecuencia en cárcavas que se ensanchan y se encajan a la vez, imagen del Desierto de los Pináculos en Australia **.

El control o cualquier restauración de las cárcavas es siempre difícil cuando aparecen los pináculos, las condiciones adversas de la humedad del suelo y de los nutrientes dificultan el establecimiento de la vegetación y el suelo está más inadaptado a estructuras de tierra, mientras que las estructuras de albañilería o cemento son fácilmente socavadas o flanqueadas.

Erosión en Galerías: La formación de galerías continuas o canales subterráneos es muy común en aquellos tipos de suelo sujetos a la erosión en pináculos, si bien se restringe completamente a tales suelos; se presenta cuando el agua superficial se infiltra a través del suelo y se desplaza hacia abajo hasta que alcanza un nivel menos permeable (Figura 2.3).

** Parque Nacional Namburg, en Australia Occidental. Los pináculos se formaron a partir de lixiviación de cal y arena, y por la lluvia.



Figura 2-3, Cárcava formada en el Municipio de Comasagua producto de la Erosión en Galerías con el paso de la Tormenta 12-E en Octubre del año 2011 ¹.

Si encuentra una salida de tal manera que el agua pueda fluir lateralmente a través del suelo por encima de la capa impermeable, entonces las partículas finas del suelo pueden ser arrastradas, ello a su vez conduce a un flujo lateral más rápido; eventualmente la totalidad de la escorrentía superficial desaparece por una galería vertical y fluye bajo tierra antes de reaparecer, probablemente en la cabecera de un cárcava. Afortunadamente la erosión en galerías se limita por lo general a los “bad lands”, de escaso valor agronómico, por lo que no se aplican medidas efectivas de control.

¹ Fuente: elsalvadornoticias.net
Octubre de 2011

Deslizamiento (slumping): Es un proceso de erosión geológica y aunque puede acelerarse en las márgenes de los barrancos (Figura 2.4), acontece sin la intervención del hombre. Adquiere gran interés en regiones de elevadas precipitaciones con suelos profundos. En tales áreas puede convertirse en el principal agente en el desarrollo de barrancos, el proceso se ha demostrado en algunos casos donde la cabecera del barranco ha retrocedido hacia la cresta e incluso más allá, donde puede haber o no caudal afluente en la cabecera del barranco.



Figura 2-4 Deslizamiento de suelo en la ribera de la Quebrada El Tránsito en el invierno la época invernal del año 2011.

Estos barrancos comienzan a menudo a partir de una escorrentía en canales, pero una vez que se han formado, la erosión puede continuar solo por deslizamiento; otros casos importantes de desplazamiento masivo son el desplome de las orillas de los ríos y la erosión costera.

Erosión en cárcavas,

Consiste en pérdidas de grandes masas (Figura 2.5) de suelo formando surcos de gran profundidad y largura trayendo como consecuencia:

1. Pérdida de suelo.
2. Cambio en el régimen térmico.
3. Pérdida en la calidad del relieve.
4. Pérdidas en la capacidad de reserva de agua.
5. El proceso se ve favorecido en sitios frágiles por presión de pastoreo y malas prácticas de manejo.



Figura 2-5, Erosión en cárcavas formada en la cuenca alta de la Quebrada El Tránsito en el año 2010.

Erosión Vertical: Otra alteración física es el lavado vertical de las partículas arcillosas finas a través de los poros de arcilla o grava, para acumularse en algún nivel inferior menos permeable del perfil. Son dos los efectos posibles: La pérdida de partículas finas en un nivel y el incremento en otro. En suelos arenosos gruesos una reducción apreciable de coloides y arcillas tienen su

origen en la erosión vertical, con la siguiente disminución de fertilidad. La acumulación de material fino es también poco deseable cuando el resultado es la formación de un nivel poco permeable tanto al agua como a las raíces.

2.1.5 LA IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS TIPOS DE EROSIÓN

Con mucha frecuencia se discute sobre forma de erosión es la más severa, lo cual es importante si un programa de conservación tiene unos recursos limitados, insuficientes para abordar la totalidad del problema erosivo y que por ello deben ser utilizados de manera selectiva. Sin embargo, no existe una respuesta única, pues depende de las razones por las que se necesita controlar la erosión.

Si la cuestión es que la producción de alimentos se ve amenazada por la erosión, entonces el problema más importante se encuentra en la erosión por impacto y en la formación de rigolas en tierras cultivables. Sin embargo, si el problema consiste en una gran cantidad de sedimentos arrastrados por los ríos hasta tal punto que reducen la capacidad de los embalses necesaria para el regadío, la fuente más importante de estos sedimentos será probablemente la erosión en cárcavas o la erosión torrencial. Ello se debe a que el suelo erosionado mediante estos procesos se desplaza rápidamente hacia el río, mientras es posible que el suelo erosionado en las tierras arables sea atrapado por la vegetación o depositado en pequeñas cubetas antes de llegar a la parte más baja del río.

La importancia de los diferentes tipos de erosión y las prioridades dadas a su control requieren un análisis sobre el cual es el problema y cuáles son los objetivos del programa de actuación.

2.1.6 FASES DEL PROCESO EROSIVO

Una situación similar se presenta cuando consideramos las relativas resistencias a la erosión de los diferentes tipos de suelo. Aquí las diferentes respuestas serían correctas según la forma de erosión considerada. Un suelo puede ser resistente a la erosión superficial pero tener un subsuelo frágil, vulnerable a la socavación lateral de los barrancos.

Todo esto, como mejor se ilustra probablemente es considerado la división clásica de los procesos erosivos propuesta por Ellison en 1947. Las tres fases básicas son erosión, transporte y sedimentación; el mismo Ellison demostró en experimentos de laboratorio que los diferentes suelos reaccionan de manera distinta en cada una de las tres fases. Por ejemplo, las partículas de arena fina son más fácilmente desprendidas que las de un suelo arcilloso, pero las partículas de arcilla son más fácilmente transportadas que las arenas. Por ellos es necesario definir la naturaleza de la erosión cuando hablamos de la mayor o menor facilidad con que se erosiona un suelo.

2.2 LA FÍSICA DE LA LLUVIA

2.2.1 EL AGUA LLUVIA

La lluvia se produce por la condensación del vapor de agua que contienen las nubes provocada por los núcleos de condensación. La lluvia es una precipitación de agua en forma de gotas. Cuando éstas alcanzan un diámetro superior a los 0,5 mm. caen a la tierra por la gravedad a una velocidad superior a los 3.0 m/s, en estos momentos se produce la lluvia.

El agua puede volver a la tierra, además, en forma de nieve o granizo. La cantidad de lluvia que cae en un lugar se mide por los "PLUVIÓMETROS". La medición se expresa en milímetros de agua y equivale al agua que se acumularía en una superficie horizontal e impermeable de 1 metro cuadrado durante el tiempo que dure la precipitación.

La lluvia, en su caída, se distribuye de forma irregular: parte se aprovechará para las plantas, parte aumentará los caudales de los ríos por medio de los barrancos y escorrentías que, a su vez aumentaran las reservas de pantanos y embalses y la mayor parte se infiltrará a través del suelo, y escurriendo por zonas de texturas más o menos porosas formará corrientes subterráneas que irán a parar o bien a depósitos naturales con paredes y fondos arcillosos y que constituirán los llamados yacimientos o pozos naturales, o acabarán desembocando en el mar.

2.2.2 INTENSIDAD DE LA LLUVIA

Existen claras pruebas de la asociación que hay entre la erosión e intensidad de lluvia; además, la intensidad es importante como parámetro potencial de la erosividad, porque es la única característica de la lluvia quien junto con la cantidad de agua caída, suele registrarse en las estaciones meteorológicas convencionales. De todos modos, en la mayoría de las estaciones meteorológicas se registran hoy en día los datos de la ocurrencia y frecuencia de las intensidades, y ningún experimento sobre erosión puede funcionar adecuadamente sin algún tipo de registrador de intensidad. Cualquier índice de erosividad basado única o principalmente en alguna función de la intensidad, tiene por tanto mayor posibilidad de aplicación que uno basado en otra característica. Un índice basado por ejemplo en la energía cinética sería sin duda, extraordinariamente útil aunque requiriese un nuevo instrumental para medir la energía cinética, pero solo se podría emplear tras la recogida de nuevos datos y por ello, es menos útil que un índice basado en la intensidad.

Las mediciones de intensidad suficientes para trabajos meteorológicos suelen obtenerse mediante pluviómetros, en los que los incrementos sucesivos de lluvia se registran como tal acumulado en un gráfico cuya velocidad depende de la frecuencia con que pueda ser cambiado, por lo general diariamente, o en zonas remotas o inaccesibles, semanal o mensualmente. La intensidad se calcula a partir de la variación en la cantidad de lluvia registrada, es decir a partir de la pendiente gráfica resultante. Esta medida indirecta es adecuada para promediar la intensidad durante periodos más bien largos, pero cuando el intervalo de tiempo es corto, el método se torna muy laborioso y pierde precisión.

Se dispone de instrumentos que registran directamente la intensidad de la lluvia, en lugar de la simple cantidad; estos instrumentos suelen emplearse en experimentos sobre erosión del suelo, pero rara vez se incluyen en el equipo de las estaciones meteorológicas ordinarias.

En los climas templados las intensidades de las lluvias rara vez exceden los 75 mm por hora, y ello tan solo en las tormentas estivales (tormentas de verano). En muchos países tropicales se registran regularmente intensidades de 150mm por hora. Un valor máximo, que se mantuvo solo unos minutos, fue registrado en África y alcanzo los 340 mm por hora.

2.2.3 TAMAÑO DE LAS GOTAS

Las primeras mediciones del tamaño de las gotas de lluvia que se tiene noticia fueron efectuadas por Lowe en 1892, quien las recogió en placas planas de pizarra que habían sido cuadrículadas, de manera que el tamaño de las gotas interceptadas pudiera medirse. Este método de calcular el tamaño de una gota a partir del tamaño de la señal que deja el impacto en algún dispositivo colector, es uno de los más populares. Una técnica consiste en tomar papel absorbente y espolvorear ligeramente su superficie con un tinte soluble en agua.

Otro método popular es el de la "bolita de harina" (Hudson, 1964). Se recoge una muestra de lluvia en un plato que contiene harina. Cada gota de lluvia forma una pequeña bolita de harina húmeda que cuando se deseca la muestra en un horno, se convierte en un glóbulo duro, fácilmente separable de la harina no aglutinada.

2.2.4 VELOCIDAD DE LAS GOTAS DE LLUVIA

Un cuerpo que cae libremente por efecto de la gravedad, irá acelerándose hasta que la resistencia del aire iguale a la atracción gravitatoria y luego continuará cayendo a la misma velocidad. Esta recibe el nombre de velocidad límite y depende del tamaño y forma del objeto. Una pluma tiene una velocidad límite muy baja, que se alcanza tras una caída de unos pocos centímetros, pero una bomba arrojada desde un avión solo alcanza su elevada velocidad límite tras una caída de varios miles de metros. La velocidad límite de las gotas de lluvia aumenta con el tamaño de estas, alcanzando el valor de unos 9.0 m por segundo para las gotas de 5.0 mm de diámetro.

2.3 LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA

2.3.1 INTRODUCCIÓN

La erosividad de la lluvia es una de las características menos abordadas; sin embargo, de su conocimiento depende en parte el futuro alimentario del hombre, ya que determina la productividad del suelo en función de las técnicas de manejo y conservación.

Las definiciones formales pueden especificarse así:

Erosividad: Es la capacidad potencial de la lluvia para provocar la erosión, es función de las características físicas de la lluvia.

Erodabilidad: Es la vulnerabilidad o susceptibilidad del suelo a la erosión. Es función, tanto de las características físicas del suelo como del tratamiento de este.

La relación entre estos dos parámetros puede también definirse así: Un valor en la escala de erosividad depende exclusivamente de las propiedades de la lluvia y en este aspecto, es independiente del suelo

Definida como la agresividad de la lluvia sobre el suelo, representa la energía con que las gotas de lluvia impactando sobre el suelo a determinada intensidad para romper los agregados superficiales en partículas de tamaño transportable; en este sentido, la precipitación constituye el agente activo del proceso de erosión, que actúa sobre el suelo o agente pasivo. Una vez que la erosión se desencadena aceleradamente por inadecuados usos y manejos, se reduce la capacidad productiva del suelo, hecho que en los últimos años ha incluido a la ampliación de la frontera agrícola.

2.3.2 EXPRESIONES DE LA EROSIVIDAD DE LA LLUVIA

La erosividad es función de la energía cinética y de la intensidad de la precipitación. La primera, relaciona el tamaño y la velocidad de caída de las gotas y la segunda relaciona la cantidad con la duración. En este sentido, la erosividad es un atributo complejo, ya que relaciona cuatro propiedades (cantidad y duración, diámetro y velocidad de las gotas de lluvia) dependiendo de la finalidad de la investigación, será meteorológico a corto plazo y climático a largo plazo.

La erosividad proporciona una explicación sobre las diferencias de las erosiones en climas templados y tropicales. En los primeros, poca proporción de las lluvias puede causar erosión (del 95% de las lluvias solo el 5%) debido a la poca cantidad de lluvia, baja intensidad y energía cinética, en comparación, una alta proporción de las lluvias en el trópico causa erosión (del 60% de las lluvias solo el 40%) dada su mayor concentración, alta intensidad y energía cinética.

Para cuantificar la erosividad, diversos investigadores han relacionado características de la lluvia con las pérdidas de suelo inducidas por ellas.

2.3.3 IMPORTANCIA GEOGRÁFICA Y CLIMÁTICA DE LA EROSIDIDAD

La importancia de determinar la magnitud de la erosividad de un lugar o de un área implica conocer el potencial erosivo de la lluvia sobre el suelo, del cual depende su uso presente y/o su modificación futura. Desde el punto de vista geográfico y climático, al estudiar la erosividad profundizamos en el conocimiento de la agresividad climática al momento de:

- ✓ Explicar y diferenciar las características de energía y su relación con la intensidad, para los diferentes tipos de precipitaciones en el tiempo y en el espacio, donde existían registros de lluvia especialmente en las áreas montañosas donde el riesgo a la erosión es mayor.
- ✓ Conocer los eventos extraordinarios, que son la base para evaluar los cálculos del trabajo hidráulico de la lluvia y guiar la conservación del suelo y el agua.
- ✓ Diferenciar áreas de acuerdo a su potencial erosivo, mediante su representación cartográfica.
- ✓ Planificar los usos adecuados en cualquier área dependiendo de su riesgo a la erosión: En zonas agrícolas, las prácticas de manejo y conservación; en zonas urbanas, la inestabilidad de las pendientes.
- ✓ Analizar la avenida de sedimentos en drenajes secundarios y principales.

2.3.4 IMPACTO DE LA GOTA Y ESCORRENTIA

La erosión del suelo es un trabajo mecánico en el sentido físico del término, según el cual, tarabajo equivalente a un gasto de energía y esta se gasta en todas las fases de la erosión; para romper los agregados del suelo(Figura 2.6), para dispersar las particluas en el aire, la turbulencia del flujo superficial, en desprender y transportar particulas de tierra, etc. Si se consideran las fuentes de energía cinética disponilbes, puede explicarse por que es tan importante la erosión de impacto en el conjunto del proceso erosivo.

Los valores exactos empleados en el cálculo no son importantes, puesto que se basan en porcentajes supuestos del flujo superficial y en velocidades tambien supuestas, pero evidentemente la diferencia en la cantidad de energía disponibe es muy grande, dominando con mucho correspondiente a la lluvia.



Figura 2-6, Gota de lluvia impactando sobre suelo desnudo*.

* Imagen captada en el laboratorio con una cámara de alta velocidad.

En relación con esto, debe indicarse que la reciente apreciación de la energía que interviene en los procesos erosivos, combinada con la relativa escasez de datos fiables, ha llevado a la proliferación de afirmaciones completamente inexactas. Es muy fácil demostrar que existe un error de dos ordenes de magnitud en aseveraciones como la siguiente: "La energía de una lluvia cuya intensidad es de 50 mm/h , sobre una superficie de menos de media hectarea, es equivalente a la de seis tractores de 40 caballos cada uno".

Otro enfoque de la parte desempeñada por la erosión de impacto y el papel de la escorrentia deriva de la idea de Ellison según la cual la erosión puede decomponerse en separación, o sea arrancamiento de las particulas sueltas del suelo, en transporte y finalmente en sedimentación de dichas particuas.

Se comprende que el principal efecto de las gotas de lluvia sea el desprender las particulas, mientras que el efecto principal de la escorrentia sea el transporte de estas particulas desprendidas. Tambien se ve claro que en condiciones de lluvia intensa sea el arrancamiento por impacto la parte mas importante. Esto se demostro en la práctica mediante una sencilla experiencia de campo (Hudson, 1957). Dos parcelas rectangulares de 27.5x1.5 m, con suelo desnudo, recibieron el mismo tratamiento superficial; sobre una de ellas se suspendieron dos capas de mosquitera que permitian el paso de la lluvia, pero que rompian las gotas mayores y que caian a mayor velocidad, en una pulverización de gotas pequeñas y lentas, el otro espacio de suelo estaba expuesto directamente a la lluvia. La pérdida de suelo en la parcela protegida, en la que se habia eliminado la erosión por impacto, quedo reducida a la centesima parte de la que experimentó el suelo desnudo.

En la figura 2.7 Se observa el experimento de laboratorio donde se tienen dos bandejas en la parte derecha se tiene una bandeja con cobertura vegetal y en la izquierda una con suelo desnudo esto sirve de parametro para observar el impacto de las gotas de lluvia y tener el valor del material que cae fuera de la bandeja en diferentes eventos *.

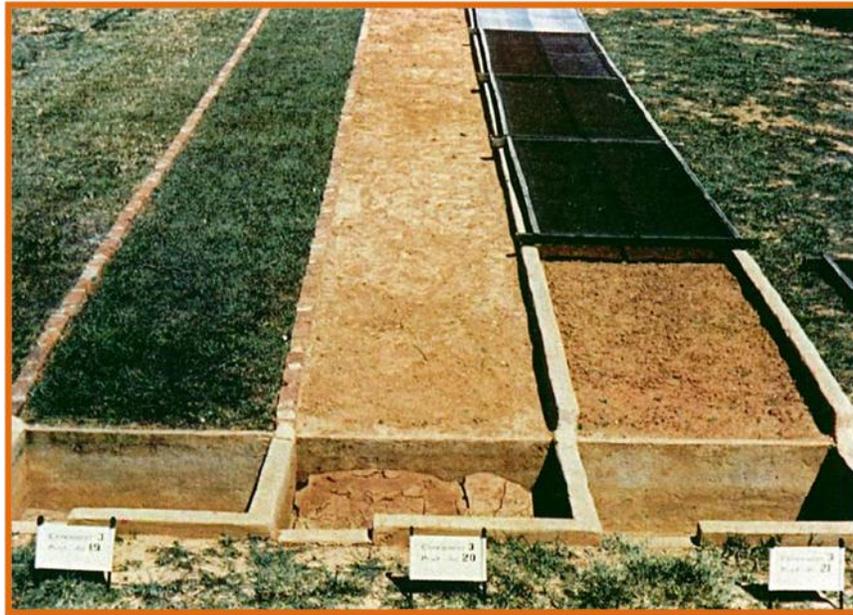


Figura 2-7, Bandejas para medir el grado de erosión bajo diferentes circunstancias.

Desde luego, existe una interacción entre erosión de impacto y escorrentía, ya que el impacto tiende a sellar la superficie del suelo y aumenta la escorrentía pero, de todos modos la erosión en condiciones naturales depende principalmente del impacto de la lluvia.

* Experimento realizado por el científico Norman Hudson en 1957

2.3.5 EROSIÓN DE IMPACTO Y EROSIÓN DE ARRASTRE

Los estudios de laboratorio suelen comparar las estimas de erosividad con la erosión real medida por la cantidad de arena dispersada por fuera de pequeños recipientes, mientras que los experimentos de campo registran la cantidad de tierra arrastrada hacia los estanques recolectores, en el borde inferior de la parcela experimental. Si se pretende que un índice de erosividad permita estimar adecuadamente la erosión, debe ser probado para ver si responde igualmente bien para las condiciones reales de campo que para las de laboratorio.

El índice fue probado de este modo en una serie de experimentos, comenzando con el caso especial de la dispersión de arena por el impacto, añadiendo sucesivamente las otras variables.

2.3.6 LLUVIA TEMPLADA Y LLUVIA TROPICAL

Probablemente , la aplicación mas importante de la medición de la erosividad es que permite una explicacion sencilla de las diferencias entre la importante erosión del suelo en las regiones tropicales y subtropicales, y la débil erosión que se da en los climas templados. Ya se indico que la lluvia que cae a intensidades bajas no es erosiva y que el nivel laminar de intensidad a partir del cual se torna erosiva es de unos 25 mm/h.

Existe una diferencia fundamental y es que en la lluvia de tipo templado alrededor del 95% del agua caída lo hace a intensidades bajas, de manera que solo el 5% puede causar erosión; mientras que en el caso de la lluvia tropical (Ver Figura 2.8), solo un 60% de la misma cae con baja intensidad, y el 40% restante contribuye a la erosión.



Figura 2-8, Tormenta que cae en la zona alta de la cuenca de la Quebrada El Tránsito. Septiembre 2011.

Existen otros dos factores adicionales que contribuyen a la diferencia. Globalmente, es probable que la cantidad total de lluvia caída sea mayor en los trópicos, de manera que una comparación entre la capacidad erosiva respectiva podría ser:

Climas templados, con un 5% de lluvia erosiva, el 5% de, pongamos, 750 mm de lluvia anual = 37.5 mm de lluvia erosiva.

Climas tropicales, con un 40% de lluvia erosiva, el 40% de, pongamos 1500 mm de lluvia anual= 600 mm de lluvia erosiva.

Otro factor es que la intensidad media de la lluvia erosiva es mayor en las lluvias tropicales.

Así pues, el poder erosivo de la lluvia tropical es 16 veces mayor que el de la lluvia templada. Los valores concretos usados en este ejemplo carecen de importancia.

2.4 EROSIÓN HÍDRICA

2.4.1 GENERALIDADES

Los procesos de erosión hídrica en suelos cohesivos, y por ende las modificaciones geomorfológicas, ocurren naturalmente, logrando un equilibrio dinámico que muchas veces se ve influenciado por las acciones antrópicas, acelerando el normal movimiento de sedimentos y en consecuencia, modificando los perfiles de escurrimiento y su configuración en planta.

Muchos de estos procesos y sus respuestas no son lineales y tienen gran variabilidad en el espacio y en el tiempo, por lo que el pronóstico de erosiones a través de métodos basados en el análisis numérico o en el análisis experimental constituye una herramienta poderosa a la hora de planificar y proyectar obras de ingeniería.

La simulación de la erosión, con la presencia de diferentes configuraciones de estructuras de suelos, es un tema en el cual se han hecho numerosas aplicaciones en las últimas décadas, lo que ha permitido mejorar soluciones y efectuar recomendaciones. Las distintas expresiones existentes para la evaluación tienen una gran componente empírica, por lo que introducen parámetros o factores que deben ser adecuados al medio en que se quiere aplicar.

Por otra parte, dichas predicciones exigen el conocimiento de un amplio número de condiciones iniciales del entorno donde se realizan los procesos erosivos, y una distribución de la cinemática.

Generalmente, la falta de información sobre el soporte fisicoquímico natural, hace que algunos aspectos del mismo, sean estimados de forma aproximada o se obtengan a partir de ensayos en laboratorio o sean transpuestos de otras realidades geográficas, la calidad de los resultados así obtenidos puede ser muy dispar. La información empírica y semi empírica existente referida a la erosión y deposición de sedimentos no cohesivos no puede ser utilizada para suelos cohesivos. Resulta necesario un nuevo abordaje dentro de la hidráulica fluvial. La principal dificultad estriba, en realidad, en que algunas de las fuerzas resistentes en suelos cohesivos son de una naturaleza totalmente diferente de la de aquellas en suelos sin cohesión, y además ni siquiera son constantes.

De todos modos, el problema de la erosión y deposición de suelos cohesivos por acción hídrica es importante desde el punto de vista de la ingeniería, porque está relacionado entre otras, con la estabilidad de canales con lechos cohesivos, con la estabilidad de las obras de drenaje superficial (puentes, alcantarillas, cunetas, etc.), con el mantenimiento de profundidades mínimas en estuarios (donde el sedimento se deposita en mayor medida) y con la vida útil de los embalses.

Para el estudio de erosiones en suelos cohesivos, el modo principal de abordar el problema, es similar al correspondiente a los suelos rocosos, es decir, determinación de las velocidades no erosivas, y con su ayuda, determinar la profundidad límite de erosión. Para suelos no cohesivos se examina el equilibrio de las partículas de suelo, que se encuentran bajo la acción del flujo, sin considerar la fuerza de adherencia. Los suelos no cohesivos, han sido estudiados con suficiente minuciosidad, no existiendo en la práctica mundial diferencias sustanciales en la evaluación o

valorización de las velocidades no erosivas, para suelos de diferentes tamaños.

Mientras no existan en el suelo *fuerzas de adherencia*, el problema se resuelve con bastante seguridad. Es mucho más complejo con los suelos cohesivos, que ostentan una serie de propiedades físicas (entre otras), que varían en función de las condiciones de su existencia. Esto hace que se complique sustancialmente, la determinación de las velocidades no erosivas para un suelo cohesivo determinado a través de una formulación teórica.

Los aspectos fundamentales para la valorización de los principales tipos de erosiones que pueden ocurrir en cursos de llanura sobre lechos cohesivos, tanto en forma natural como por acciones antrópicas más comunes, son las que el hombre desarrolla dentro de la corriente de los ríos o en la cuenca. Desde un punto de vista más amplio, se intenta realizar un aporte a la identificación de diversos parámetros y su caracterización en el proceso de erosión hídrica en suelos cohesivos, brindando en este campo de escaso desarrollo científico a nivel nacional e internacional, un soporte para futuras investigaciones y una actualización tecnológica para los ingenieros proyectistas.

2.4.2 CLASIFICACIÓN DE LAS EROSIONES

El proceso de erosión no se produce de manera aislada, es parte del conjunto de transformación erosión-sedimentación. Desde el punto de vista temporal es posible valorizar la actividad erosiva en tiempos geológicos, tiempos anuales, tiempos de eventos. Desde el punto de vista espacial, el proceso erosivo puede ser a nivel de cuenca (general) o bien a nivel de cauce (local).

De acuerdo al objetivo del estudio el investigador o proyectista deberá seleccionar o definir el escenario espacio-tiempo y los niveles de escala correspondientes. En el caso de erosiones a nivel de cauce (es decir escala local), todas las secciones y tramos de los ríos pueden estar sujetos, en mayor o menor grado a un proceso de erosión, sedimentación o bien, en equilibrio. Se considera que hay equilibrio si no varía el perfil medio del fondo y de las márgenes. Erosión si el nivel del fondo desciende, o al menos una de las márgenes se desplaza y sedimentación si el perfil del fondo se eleva o al menos una de las márgenes se desplaza hacia adentro del río.

Uno o más de los procesos mencionados pueden ocurrir en una misma sección o tramo. Así por ejemplo en las curvas de los ríos de llanura normalmente la margen cóncava o exterior de la curva se encuentra sujeta a un proceso erosivo, mientras que en la orilla convexa o interior ocurre un proceso de sedimentación. La combinación de ambos procesos induce el desplazamiento lento y continuo de las curvas de los ríos y el desarrollo y evolución de meandros.

Por otra parte, si se observa una misma sección continuamente por ejemplo en una curva, se nota que su perfil permanece casi constante en su forma, y por tanto puede decirse que el fondo está en equilibrio,

aunque dicha forma se desplace lentamente con las márgenes. Cuando se estudian tramos de ríos y se consideran períodos grandes como por ejemplo un año, se puede analizar también si el cauce, incluidas sus márgenes están en equilibrio, o bajo proceso de erosión o de sedimentación. El abordaje puede ser determinístico y/o estocástico. Los procesos antes descritos pueden ocurrir en forma natural o por acciones antrópicas, y dependen de las pendientes, de los caudales que escurren por los cauces y de los sedimentos que transportan y forman parte del conjunto de procesos erosivos y de sedimentación que tienen lugar en la corteza terrestre. Las alteraciones que una acción antrópica produce en el escurrimiento a nivel de cuenca o de cauce se traducen de inmediato en erosiones o sedimentaciones que pueden ser muy locales o abarcar grandes áreas. Resulta necesario para el análisis del proceso erosivo tener en cuenta algunos aspectos básicos hidráulicos: se denominan arrastres hidráulicos a los conjuntos de partículas sólidas transportadas por una corriente. Dichas partículas de suelo pueden desplazarse por el fondo o en el seno de la corriente, en función de la velocidad y profundidad. Las partículas se separan del fondo debido a que la corriente las recorre en forma asimétrica y tras ellas se forman zonas de desprendimiento de flujo en las que se producen movimientos turbillónarios.

Se consideran arrastres de fondo a las partículas sólidas que se mueven rozando con frecuencia el fondo y para las cuales las distancias entre los contactos sucesivos son pequeñas. Las partículas suspendidas se mueven en el seno de la corriente según trayectorias complejas y recorren distancias grandes entre los sucesivos contactos con el fondo.

Se distinguen tres tipologías de valores medios de velocidad en la corriente, las que determinan el carácter del movimiento de los sedimentos:

- 1) Velocidad de arranque (o de despegue)
- 2) Velocidad para la cual se transforma la configuración del fondo
- 3) Velocidad que provoca la suspensión de las partículas sólidas.

La velocidad de arranque (despegue), de desprendimiento o erosionante es aquella para la cual se inicia el desplazamiento de partículas aisladas. Cuando se supera la velocidad de despegue se produce *desprendimiento masivo*.

Las erosiones hídricas se han agrupado y denominado en casi todas las investigaciones a nivel mundial de la forma siguiente:

- General a nivel de cuenca.
- General en cauce.
- Transversal en cauce.
- En curvas.
- Al pie de obras civiles.
- Erosión por canalizaciones.

A continuación se describe en forma sintética algunos de los tipos de las erosiones más comunes en el campo de la ingeniería hidráulica:

A) Erosión general a nivel de cuenca:

Es el proceso de pérdida de suelo por acción hídrica, comúnmente valorizado a través de la USLE (Ecuación universal de pérdida de suelo).

B) Erosión general en cauce:

Consiste en el descenso generalizado del fondo del río o quebrada como consecuencia de una mayor capacidad de la corriente para arrastrar y transportar en suspensión al material del fondo (Ver Figura 2.9)



Figura 2-9, Erosión en el cauce de la Quebrada El Tránsito, imagen captada en el año 2010.

C) Erosión Transversal:

Se produce en todas aquellas secciones en donde se reduce el ancho del río o de la quebrada, ya sea por factores humanos o naturales (Figura 2.10). Este proceso erosivo disminuye y se detiene al irse incrementando la profundidad hasta que se cumple el principio de continuidad del líquido y del sedimento entre las secciones estrechas y las que no lo son.



Figura 2-10, Profundización de lecho de la Quebrada El Tránsito producto del tipo de suelo presente en la zona media del Municipio de San Jorge. Junio 2011.

D) Erosión en las curvas:

Consiste en un mayor incremento de la profundidad del fondo en la zona cercana a la orilla cóncava o exterior, como consecuencia de la corriente helicoidal que se forma en las curvas por la sobreelevación del agua que produce la fuerza centrífuga. No se debe a factores humanos, aunque es muy importante tener en cuenta que dicha profundidad aumenta cuando se fija y estabiliza la orilla exterior con un revestimiento o protección marginal.

E) Erosión al pie de obras:

Se conoce con este nombre a la que ocurre al pie de toda las estructuras rodeadas completamente por el flujo, sobresalgan o no de la superficie, como consecuencia de la deflexión de las líneas de corriente, la turbulencia y los vórtices provocados por la presencia del obstáculo (Figura 2.11).

F) Erosión local en estribos o erosión al pie de obras unidas a la margen:

Es la que tiene lugar al pie y en el extremo de las obras que están unidas a la orilla, por causas semejantes a las señaladas en el párrafo anterior (Figura 2.11).



Figura 2-11, Erosión en la base del estribo de un puente que conduce hacia el Cementerio Municipal del Municipio de San Jorge. Junio 2011

G) Erosión aguas abajo de presas:

Con este nombre se conoce el descenso del fondo que resulta de la interrupción del transporte de sedimentos debida a la presencia de un embalse, en que se detiene la mayor parte del sedimento que proviene de aguas arriba, siempre y cuando la corriente aguas abajo tenga capacidad de acarrear los materiales del fondo (Figura 2.12).



Figura 2-12, Erosión aguas abajo de un dique sobre La Quebrada El Tránsito en el límite entre los Municipios de San Rafael Oriente y El Tránsito. Marzo 2011.

H) Erosión local aguas abajo de obras de descargas:

Como su nombre lo indica es la que ocurre aguas abajo de las obras de descarga cuando las secciones no están recubiertas con alguna protección (Figura 2.13).



Figura 2-13, Descarga de aguas negras en el Municipio de El Tránsito generando erosión en menor escala. Noviembre 2011.

l) Erosión aguas arriba de cortes de meandros y rectificaciones:

Los fenómenos señalados incrementan la pendiente en un tramo del río, lo que produce en consecuencia, un aumento de las velocidades del flujo y del transporte de sedimentos. Como cada caudal que escurre por el río transporta una determinada cantidad de sedimentos del fondo y en el tramo con mayor pendiente el transporte se incrementa, se produce una erosión del fondo para conservar la continuidad del transporte.

2.4.3 FACTORES FÍSICOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE EROSIÓN HÍDRICA EN SUELOS COHESIVOS

Las propiedades físicas fundamentales de los suelos cohesivos *, que influyen en la resistencia de los mismos a la erosión son las siguientes:

- Peso específico.
- Porosidad (volumen de poros por unidad de volumen de suelo).
- Humedad (cantidad de agua contenida en los poros).
- Plasticidad (capacidad de variar la forma sin conformarse fisuras, conservando aquella luego de quitada la carga) y sus límites.
- Cohesión (existencia de fuerzas intermoleculares que interfieren la ruptura del conjunto).
- Ángulo de fricción interna.
- Hinchamiento (capacidad de disminuir la cohesión en el supuesto de saturarse el suelo hasta destruir su estructura).
- Heterogeneidad (existencia de capas intermedias finas de suelo, con otras cualidades, incrustaciones, etc.)
- Integridad (modificación de la estructura en su estado natural).

En cuanto a la acción hidrodinámica del flujo sobre lechos cohesivos influyen:

- Magnitud de las velocidades de las corrientes medias o de fondo.
- Nivel de pulsación de la velocidad.
- Profundidad del flujo.
- Contenidos de mezclas en el flujo (sedimentos en suspensión, sustancias químicas, etc).

* Erosión Hídrica
Nora Pouey

Se examinarán en forma sintética estas propiedades del suelo y del flujo.

1) Peso específico (densidad): Cuanto más denso es un suelo tanto más sólido es el mismo, pero existen arcillas densas con hinchamiento las cuales para el estado de saturación pierden la solidez y su resistencia a la erosión. El peso específico de los suelos cohesivos fluctúa comúnmente entre pequeños límites de 2,60 a 2,75 gr/cm³; por lo tanto no influye en la erosión.

2) Porosidad y humedad: En estado natural conservan el equilibrio establecido de las fuerzas internas. Cuanto menos es la porosidad, para igual cohesión, tanto mejor resiste el suelo a la erosión. Con la variación de la humedad se modifican la resistencia a la erosión y la plasticidad. Con el aumento de la saturación, un suelo cohesivo puede pasar del estado sólido al fluido. Se diferencia el límite de plasticidad superior cuando al rolar la muestra no se conforman fisuras, conservando la arcilla cualquier forma; el límite de plasticidad inferior, cuando disminuyen bruscamente las fuerzas de cohesión, apareciendo la fluidez. En arcillas muy plásticas existe una gran resistencia a la erosión (hasta un 30 %) y una gran resistencia elasto-plástica a la fatiga (resistencia)

Cohesión: En el análisis de las causas determinantes de la plasticidad es indispensable establecer la diferencia entre **cohesión** y **adhesión**. La adhesión es causada por la atracción de la fase líquida sobre la superficie sólida. La cohesión en un terreno húmedo es provocada por las moléculas de la fase líquida que actúa como puente o membrana entre las partículas vecinas. Tanto la cohesión como la adhesión son influenciadas por el contenido de coloides inorgánicos, resultando de esta forma correlacionada con la plasticidad.

4) El hinchamiento: Juega un gran rol en la resistencia a la erosión. Un conjunto completo de arcillas que ostentan una composición química determinada y se encuentran en estado natural, sin saturación completa y habiéndose modificado el tenor de humedad, son capaces de desmenuzarse, rompiéndose la estructura y perdiendo la adherencia, transformándose en coloide que es fácilmente erosionable por el flujo.

5) La heterogeneidad: También juega un papel importante. Cuanto mayor es la muestra o testigo, tanto mayor puede ser la heterogeneidad. La mayor resulta para el sector completo de erosión. La heterogeneidad crea erosiones diferentes en algunos sectores, lo cual crea una no uniformidad complementaria, que incrementa las pulsaciones de velocidad en el fondo. Como consecuencia, la resistencia del suelo a la erosión disminuye. Experimentos especiales realizados en el Instituto de Investigaciones

6) Alteración: Tienen sustancial significado, las condiciones de modificación del estado natural del suelo. Si en el proceso constructivo de un proyecto, la capa superior del suelo ha sido alterada, o bien hubo variación en su humedad, modificándose la presión sobre el mismo, entonces la resistencia a la erosión será menor que en el estado natural. Esto es indispensable tener en cuenta durante la experimentación con probetas o muestras para la determinación de la velocidad no erosiva. Luego de erosionada la capa con la estructura alterada, la erosión ulterior depende de cuánto las nuevas condiciones de trabajo del suelo se aproximan a aquellas naturales o iniciales.

7) Variación: En caso de desviaciones sustanciales de presión y humedad, varía la plasticidad y la cohesión. Esto debe considerarse en la determinación de las velocidades no erosivas. Quedan por considerar las condiciones de trabajo del suelo: Si se encuentra permanentemente bajo

agua o bien si se seca periódicamente. El suelo que permanece permanentemente bajo agua, es más estable a la erosión, que aquel que está sujeto a variaciones de la humedad, en tanto y en cuanto la variación de la saturación conlleva a la alteración de la estructura vincular y disminución de la cohesión. Por esta razón suelos iguales en zonas inundables se erosionan más durante una creciente, que los suelos en el lecho (para igualdad de profundidades y velocidades).

2.4.4 EROSIÓN EN CAUCES NATURALES DE LECHO COHESIVO

Uno de los problemas con los cuales hay que tomar contacto durante el diseño de obras de lechos de ríos, es el pronóstico de erosiones localizadas aguas arriba y aguas abajo de la obra hidráulica. La profundidad de la erosión localizada, está estrechamente vinculada a las particularidades hidráulicas del flujo, es decir a la *distribución de los caudales específicos*.

Además de los procesos naturales de modificación permanente de los lechos de ríos (transporte y arrastre de sedimentos), las construcciones hidráulicas: presas, canalizaciones, rectificaciones de cauces, etc.; alteran notablemente la distribución de caudales específicos. Existe gran interés en la evaluación de la resistencia a la erosión de suelos cohesivos como medio para predecir cuánto va a resistir el lecho de un cauce antes que comience el proceso de erosión.

La mayoría de los estudios realizados se hicieron, en parte, a causa de la discrepancia aparente, entre la resistencia a la erosión y los bajos índices

de plasticidad. También se debieron a la necesidad de determinar el punto crítico a partir del cual comienza la erosión en un determinado suelo cohesivo. Otro tema respecto del cual se dispone de pocos datos es el referente al efecto de la duración del flujo sobre la estabilidad de los suelos cohesivos.

Otro problema que se presenta, en especial al investigador de campo, es el de encontrar un método para correlacionar los datos de ensayos con muestras de lugares geográficamente restringidos y extender los resultados, es decir regionalizar algunos parámetros, con el objeto de poder lograr alguna normativa como en el caso de los suelos no cohesivos.

La posibilidad de establecer una relación entre la permeabilidad y la resistencia a la erosión de los suelos fue inferida como resultado de las observaciones de campo en los lugares de muestreo. Por ejemplo, a sólo una fracción de metro por debajo de la superficie sobre la cual había estado escurriendo un flujo durante algún tiempo, algunos de los suelos más densos y resistentes no habían alcanzado el nivel de humedad de saturación. Un análisis de regresión simple mostró que existe una relación inversa entre el aumento de la resistencia a la compresión no confinada y el decrecimiento de la permeabilidad.

Prácticamente en todos los casos, las observaciones realizadas por los investigadores norteamericanos, sustentaron el concepto de que los suelos de baja resistencia al corte y alta permeabilidad son fácilmente erosionables, mientras que aquellos de alta resistencia al corte y baja permeabilidad son resistentes a la erosión. Por otro lado, los de baja resistencia al corte pero baja permeabilidad pueden, por esto último, ser erosionados en pequeña medida.

2.4.5 EVALUACIÓN DEL LÍMITE ENTRE FLUJOS EROSIVOS Y NO EROSIVOS

La diferencia observada entre un tramo de curso estable o erosionable, es una determinación subjetiva que sólo puede arrojar resultados cualitativos. Las mediciones de campo de naturaleza cuantitativa, están limitadas en su exactitud por condiciones naturales altamente variables y por el entrenamiento y experiencia del observador.

Por lo tanto los cálculos de los esfuerzos a los cuales están sometidos los suelos ensayados son, de ser necesario, hechos más con el propósito de reflejar en términos simbólicos el aumento o la disminución aproximada del esfuerzo de corte, que de intentar calcular, literalmente, los esfuerzos hidráulicos de corte reales. Se cree que de este modo es posible tomar parte en la solución de problemas prácticos de campo hasta que se disponga de métodos más precisos.

2.4.6 EROSIÓN GENERAL

El conocer el descenso del nivel del fondo de un río, producido por la erosión general, es de importancia, por ejemplo, cuando se diseñan obras como puentes o cuando se desea atravesar un río con un acueducto o cualquier tubería colocada bajo el fondo. Al descender el nivel del fondo, como consecuencia de la erosión general, llegan a quedar al descubierto capas del subsuelo con otros materiales. Ello dependerá tanto de la estratigrafía del subsuelo como de la magnitud del caudal de diseño para el cual se desee obtener el probable descenso del nivel del fondo.

Si el caudal de diseño está asociado a un período de retorno bajo, por ejemplo diez a veinticinco años, es frecuente sólo encontrar un solo

material, pero cuando el período de retorno es muy alto, cien años o más, con frecuencia se descubren y erosionan estratos con material distinto al que forma el fondo inicial del cauce.

Dependiendo de la distribución de los materiales que hay en el subsuelo, se pueden distinguir dos condiciones diferentes: Homogénea y heterogénea.

La condición de distribución homogénea existe cuando la erosión se produce en un mismo y único material, mientras que la heterogénea ocurre cuando el proceso erosivo descubre dos o más capas con material distinto.

2.4.7 EROSIÓN EN CANALES SOBRE LECHO COHESIVO

El diseño de canales estables, canales que no fueran expuestos a erosiones indeseables o a deposiciones de sedimentos, ha sido siempre uno de los más importantes y complejos problemas de la ingeniería hidráulica.

El sedimento, tanto el material que conforma el lecho como el que está en suspensión, puede ser dividido en dos grupos generales:

- 1) Sin cohesión, o grueso
- 2) Cohesivo, o fino.

El primero está compuesto predominantemente por arena y grava. El segundo es esencialmente una mezcla de limo y arcilla, y posee diversos grados de cohesión. Existe una diferencia sustancial entre estos dos grupos en su interacción con las fuerzas hidrodinámicas inducidas por el flujo.

Para los sedimentos sin cohesión la principal resistencia a la erosión es provista por el peso sumergido del sedimento, esto es, por fuerzas gravíticas.

En los lechos cohesivos son las fuerzas superficiales de atracción entre las partículas de la red las que controla la resistencia a la erosión, es decir, las fuerzas electroquímicas. Estas fuerzas cohesivas están comprendidas sólo parcialmente. Sin embargo, se sabe que no son fuerzas constantes sino que dependen de la calidad del fluido y que sus propiedades de resistencia dependen del tiempo.

Las mismas fuerzas controlan también el comportamiento hidrodinámico de las suspensiones de sedimento fino. Así, los sedimentos cohesivos finos, tanto los que conforman el lecho como los que están en suspensión, se comportan de un modo más complicado que los sedimentos gruesos.

Una aproximación exacta a su comportamiento en un campo de flujo es extremadamente dificultosa. El problema del diseño de canales estables con lechos cohesivos fue abordado inicialmente de un modo empírico. Recientemente, al ser más conocidas las propiedades del suelo, se han realizado esfuerzos para progresar en la comprensión de los mecanismos de interacción entre el agua y las partículas finas, y para descubrir las propiedades hidráulicas y del suelo que gobiernan la erosión y deposición de los suelos cohesivos.

Aunque las conclusiones alcanzadas a través de las diferentes investigaciones que se han desarrollado en los capítulos precedentes de la presente tesis son aún insuficientes para realizar predicciones cuantitativas totalmente certeras, pueden ser tomadas como base para futuras investigaciones y como guía preliminar para el diseño en ingeniería.

2.5 ERODABILIDAD DEL SUELO

2.5.1 DEFINICIÓN

La Erodabilidad del suelo es su vulnerabilidad o susceptibilidad a la erosión, es decir, la inversa de la resistencia a la erosión. Un suelo con erodabilidad elevada sufrirá mas erosión que un suelo con erodabilidad baja si ambos están expuestos al mismo tipo de lluvia. La erosividad de la lluvia es una medida bastante directa de las propiedades físicas de esta, la evaluación de la erodabilidad es mucho más complicada ya que depende de numerosas variables.

2.5.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ERODABILIDAD

Dos grupos de factores influyen en la erodabilidad. Están en primer lugar las características físicas del suelo es decir, el tipo edáfico y en segundo lugar los tratamientos a que se le haya sometido. La parte relativa al tratamiento es la de mayor efecto, a su vez que la mas difícil de determinar.

2.5.3 TEXTURA DEL SUELO

Es precisamente esta proporción de cada elemento del suelo lo que se llama la textura, o dicho de otra manera, la textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo

constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición.

En geología, el término textura aplicado a las rocas, tiene sentido diferente, designa el modo en que los elementos constituyentes de la roca se agrupan en el espacio confiriéndole su conformación general.

2.5.4 GESTIÓN DE LAS TIERRAS

La magnitud de la erosión del suelo tiene lugar bajo determinadas condiciones, o no se ve influenciada solamente por el propio suelo, sino también por el tratamiento que este recibe. Un suelo puede perder digamos, 400 Toneladas por hectárea y año cuando los surcos están orientados en la dirección de la máxima pendiente, mientras que el mismo suelo, empleado en el cultivo eficiente de pasto puede perder solo unos kilogramos por hectárea (Figura 2.14). La diferencia en erosión debida a diferencias en el tratamiento de un mismo suelo es mucho mayor que la que se da en distintos suelos que reciben el mismo tratamiento.



Figura 2-14, Cultivos de maíz y frijol con surcos orientados en la dirección contraria a la pendiente de la ladera. Noviembre 2011.

De hecho, la probabilidad se ve más influida por el tratamiento del suelo que por cualquier otro factor. Por tratamiento se entiende no solamente la gestión de la tierra en sentido amplio, sino también las decisiones de detalle, acerca del tipo de cultivo concreto. La mejor gestión de la tierra puede ser definida como el uso más productivo e intensivo de que la tierra es capaz sin llegar a degradarse. Vale la pena destacar la naturaleza constructiva de este punto de vista. La política de conservación del suelo actualmente en uso debe ser positiva y estimulante, no restrictiva. No tiene sentido conservar un suelo y no aprovecharlo; la demanda debe orientarse a usar al máximo posible todos los recursos sin desperdiciarlos.

La mejor ayuda para asegurar el rendimiento del uso de la tierra es, sin duda la clasificación de capacidades agrícolas, pero en esencia consiste en recoger ante todo los datos principales del área considerada en una inspección especial. Estos datos incluyen conceptos tales como tipo de suelo, espesor, características de drenaje, pendiente, etc.; los cuales pueden tomarse o definirse fácilmente en el campo. De acuerdo con estos datos la tierra a una entre ocho clases de terreno. Estas clases reflejan el riesgo de erosión, lo que indica la combinación de prácticas que se requieren para que la tierra pueda usarse con eficacia y productividad. Este sistema fue establecido en primer lugar por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, pero se ha adoptado con éxito, a menudo con modificaciones locales, en otros países con climas tan diferentes, que no cabe duda de que puede aplicarse a cualquier lugar en que la erosión constituya un problema.

2.5.5 ORGANIZACIÓN DE LOS CULTIVOS

De la misma manera que la erosión puede modificarse ampliamente según el tratamiento que se dé a la tierra, para un determinado tratamiento pueden darse también grandes diferencias en cuanto a la erosión, según sean los cultivos concretos que se efectúen. Se encontró que la pérdida de suelo en dos parcelas experimentales adyacentes e idénticas era 15 veces mayor para una de ellas, con un cultivo de maíz mal llevado, que en la otra con un cultivo de maíz adecuadamente llevado.

Estas diferencias en la erosión son, probablemente más espectaculares en las tierras arables y con cultivos de surco, pero también se han registrado amplias diferencias en experimentos con praderas naturales, pastos sembrados, bosques de todo tipo y de hecho en cualquier tipo de vegetación. El anticuado concepto de que los cultivos pueden clasificarse en “constructores de suelo” y “consumidores de suelo”, se vio seriamente discutido hace algunos años, tan pronto como comenzaron a aplicarse los métodos científicos al abonado y la tierra ha sido refutado por los estudios recientes sobre erosión. Se ha demostrado en efecto, que el descenso de fertilidad asociado con ciertos cultivos, es debido a la erosión que estos provocan que al hecho de que la planta agote las sustancias nutritivas del suelo. Naturalmente los cultivos con plantas densamente dispuestas, como prados y pastos, tienden a cubrir y proteger mejor el suelo, y los cultivos en surco como el maíz, suministran menos protección, pero estas tendencias generales pueden ser invertidas por completo mediante un tratamiento adecuado.

Se ha demostrado mediante experimentos que un cultivo de maíz eficaz y bien organizado, puede minimizar la erosión y construir suelo, mientras que un pasto tratado inadecuadamente puede comportar un fuerte descenso

de la producción, cuando hay pérdidas importantes de suelo y de elementos nutritivos. En el fondo, la organización de los cultivos para el control de la erosión puede resumirse en la siguiente frase: "La erosión depende, no de lo que se cultiva, sino de cómo se cultiva"

2.5.6 RELACIÓN ENTRE CONTROL MECÁNICO Y CONTROL BIOLÓGICO

Las dos principales divisiones de la ordenación de la tierra y la de los cultivos, corresponden bastante bien con las dos clases de medidas de control de la erosión, las obras de protección mecánica, que implican movimiento de tierra y modelado del suelo y las medidas no mecánicas, que tienden a reducir la erosión del suelo mediante cultivos apropiados y mediante animales. Las expresiones medidas biológicas de control o medidas bionómicas de control, se emplean a veces aunque ni son completas ni apropiadas del todo.

Las obras mecánicas de protección se hallan íntimamente relacionadas con la elección del uso que va a dársele a la tierra. Por ejemplo, sucede con frecuencia que un terreno requiera la construcción de terrazas acanaladas si va a usarse para cultivos de surco, mientras que si se emplea para pastos, tales obras no necesitan. En la Clasificación de Capacidades Agrícolas* la relación entre el tratamiento de la tierra y el control mecánico es particularmente evidente, ya que las acciones recomendadas para cada tipo de tierra se refieren tanto a la protección mecánica como al sistema de cultivo.

* Norman Hudson, Conservación del Suelo

La relacione entre estos dos aspectos del control de la erosion: La proteccion mecanica y las medidas biologicas, pueden emplarse con una analogia, empleando un simil belico, diriaamos que el hombre esta en guerra y su enemigo es la erosion. El hombre esta sometido a un fuerte ataque y ha sufrido importantes perdidas en enfrentamientos previos. La accion mas urgente es levantar fuertes defensas para prevenir nuevas incursiones del enemigo; tras la proteccion de estas obras defensivas pueden trazarse planes y construirse refuerzos hasta que pueda lanzarse el contraataque destinado a eliminar al enemigo.

Las obras de proteccion mecanica son esta primera linea defensiva, absolutamente indisipable para prevenir daños posteriores. Pero una guerra no puede ganarse tan solo mediante tecnicas defensivas, y el ataque lanzado al amparo de una posicion bien defendida, emplea como armas un mejor uso de la tierra una mejor gestion de los cultivos y un laboreo con solidas bases cientificas.

Alternativamente, para emplear una metafora mas pacifica la tarea de crear una industria agricola mejorada en las naciones en desarrollo, puede compararse a la ereccion de un gran edificio. En cualquier construccion grande, la primera tarea e excavar hoyos en el suelo y verter en ellos gran cantidad de hormigon para proporcionar al edificio unos cimientos solidos. Solo cuando los cimientos son firmes podemos comenzar a construir la parte utilizable del edificio, lo que seran teindas, oficinas o viviendsa. La analogia es muy util, ya que una nueva agricultura con el aumento de produccion necesario para alimenar a millones de personas hambrientas que hay en el mundo solo puede crearse cuando se apoya en los los solidos cimientos de las obras adecuadas de proteccion mecanica.

La posición relativa de la protección mecánica y biológica es clara. Los trabajos mecánicos no son constructivos o productivos en sí mismos, pero casi siempre son necesarios, y donde se requieran deben efectuarse primero. Luego pueden aplicarse los principios de un correcto uso de la tierra y las técnicas de agronomía científica, que reducirán y controlaran la erosión al tiempo que aumentan la producción. Ambos tipos de medidas no son alternativos sino complementarios y deben utilizarse los dos, si bien cada uno de ellos sirve a un propósito distinto.

2.6 CORRECCIÓN DE TORRENTES FLUVIALES

2.6.1 INTRODUCCIÓN

La corrección de torrentes tiene por fin controlar su gran potencial destructivo, producto de la energía del flujo proveniente principalmente de la elevada pendiente de los cauces y de la presencia de materiales sólidos transportados por la corriente, los cuales, junto con el agua, pueden causar enormes daños al alcanzar las planicies aguas abajo, donde normalmente se concentran las actividades y la infraestructura humana (ciudades, carreteras, cultivos, etc.).

Cuando los cursos de agua aumentan de caudal, como consecuencia de las lluvias en su cuenca, o el deshielo, el flujo reclama su territorio invadido por el hombre, produciéndose cada vez con mayor frecuencia catástrofes que involucran pérdidas de vidas humanas y económicas cuantiosas. La memoria del agua es tal que por más que durante años no se haya manifestado, al cabo del tiempo hace presencia tratando de recobrar sus territorios.

2.6.2 ALTERNATIVAS FLEXIBLES PARA LA CORRECCIÓN DE TORRENTES FLUVIALES

Entre las alternativas flexibles para solucionar problemas de erosión en lechos de ríos así como en riberas existen diferentes tipos de gaviones que pueden ser utilizados tales como:

- Gavión Tipo Caja.
- Gavión Tipo Saco.
- Gavión Tipo Colchón.

De los cuales el más apropiado y que pueden ser utilizados para el control de la erosión de la Quebrada El Transito es el Gavión Tipo Caja. Debido a que el Gavión Tipo Saco y Colchón son efectivos para la protección de taludes y riberas.

GAVION TIPO CAJA

Los gaviones tipo caja son estructuras en forma de prisma rectangular fabricadas con malla hexagonal de doble torsión producidas con alambres de bajo contenido de carbono revestidos con recubrimiento Galfán ¹. Los gaviones son subdivididos en células por diafragmas cuya función es reforzar la estructura. Toda la red, con excepción la de los diafragmas, es reforzada en sus extremidades por alambres de diámetro mayor que el de la malla, para fortalecer los gaviones y facilitar su montaje e instalación. Los alambres que forman las mallas de los gaviones, siempre que necesario, además del revestimiento con recubrimiento zinc aluminio, también pueden ser recubiertos por una vaina continua de PVC (clorito de polivinilo).

¹ Galfan: Aleación Zinc-Aluminio

Esto confiere una mejora a la protección contra la corrosión y los torna eficientes para el uso en marinas, ambientes contaminado y/o químicamente agresivo.

Cuando los gaviones son instalados y rellenos con piedras, se convierten en elementos flexibles, armados, drenantes y aptos a ser utilizados en la construcción de las estructuras más diversas (muros de contención, diques, canalizaciones, etc.).

Características Principales:

- Los gaviones son subdivididos en celdas a través de diafragmas.
- La malla debe de tener sus bordes reforzadas con de alambres de mayor diámetro.
- En ambientes agresivos deben ser utilizados adicionalmente revestimientos en material plástico.

Fuente: Manuales Maccaferri.

2.7 TÉCNICAS DE CORRECCIÓN DE TORRENTES FLUVIALES

2.7.1 INTRODUCCIÓN

Existen una variedad de técnicas para corrección de torrentes, la mayor parte de las Cuales tienen por objetivo disminuir la erosión y evitar hasta donde sea posible la producción de sedimentos. Las técnicas para corrección de torrentes se pueden clasificar desde varios puntos de vista entre los cuales tenemos:

- A. Técnicas para control de erosión en el cauce.
- B. Técnicas para control de erosión en la cuenca.

En general, torrentes depositantes requieren de acciones en la cuenca y torrentes socavantes de acciones en el cauce. Las acciones en el cauce sirven tanto para corregir las zonas de la garganta, del cono de deyección y de canal de desagüe.

Las acciones indicadas deben ser acometidas de una manera integral en la estabilización de una determinada cuenca torrencial.

2.7.2 TÉCNICAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN EN EL CAUCE

Los torrentes en su mayoría socavantes pueden tener cuencas bien arborizadas, por lo que en estos casos los trabajos de conservación y recuperación de las mismas podrían no ser prioritarios. El problema se centra generalmente en el propio cauce del torrente, el cual requiere ser estabilizado, frenando su tendencia a la profundización y a la erosión regresiva, que avanza hacia la parte superior de la cuenca. Las técnicas más usadas se dividen en dos tipos: Defensa de Riberas y Obras Transversales.

2.7.3 DEFENSA DE RIBERAS Y OBRAS TRANSVERSALES

Por obra fluvial se entiende toda aquella estructura, construida dentro del cauce de un río, cuya finalidad sea encauzar, corregir o controlar el curso natural del agua.

Las finalidades de este tipo de obra son:

- Proteger las márgenes contra erosiones;
- Recuperar terrenos ribereños;
- Controlar el transporte de sólidos;
- Almacenar o derivar agua;
- Laminar las crecidas, etc.

Las obras fluviales pueden ser diferenciadas básicamente en dos tipos:

- Defensas ribereñas
- Obras transversales.

Las defensas ribereñas, a su vez, se dividen en dos sub-tipos, obras longitudinales y obras deflectoras.

Las obras longitudinales son generalmente usadas en las siguientes situaciones:

- Para delimitar el cauce y aprovechar los terrenos en las márgenes.
- Para proteger las orillas contra erosiones o inundaciones.
- Para recuperar terrenos ribereños.

Dependiendo de la situación local y de su finalidad, pueden ser diversificadas en estructura gruesa (Figura 2.15) y estructura delgada (Figura 2.16). La primera protege la orilla contra la erosión y actúa como contención, confiriendo estabilidad al talud natural.



Figura 2-15, Estructura gruesa de tipo Gavión Caja.

La segunda es usada para revestir la orilla, natural o artificial, ya estable, oportunamente perfilada, protegiéndola contra la erosión.



Figura 2-16, Estructura delgada tipo Colchón.

Las obras longitudinales deben interferir lo menos posible con el medio ambiente e integrarse fácilmente al mismo. Las soluciones recomendadas en estructuras flexibles son los gaviones caja, gaviones saco, colchones Reno, ya que estos se adecúan perfectamente a las necesidades técnicas, constructivas y económicas de este tipo de obras.

Las alternativas de gavión ofrecen ventajas sobre las alternativas rígidas principalmente en suelos inestables donde existen asentamientos en sus cimentaciones, por el contrario de las alternativas rígidas que sufren rupturas como se observa en la imagen captada sobre la Quebrada El Transito (Ver Figura 2.18), en cambio los gaviones siguen funcionando aun con deformaciones extremas debido a su alta flexibilidad (Figura 2.17)



Figura 2-17, Con el colapso del talud el gavión simplemente se deforma.



Figura 2-18, El muro rígido con deformaciones en su base tiende a colapsar.

2.7.4 ALTERNATIVAS FLEXIBLES

2.7.4.1 OBRAS FLUVIALES LONGITUDINALES

Son estructuras construidas paralelamente a un curso de agua, con la finalidad de corregir y controlar su flujo, lecho y márgenes, evitando erosiones, inundaciones y también recuperando áreas ribereñas (Figura 2.19).



Figura 2-19, Muro longitudinal de mampostería gavionada construido sobre la Quebrada El Tránsito. Mayo 2011.

Pueden ser clasificadas como leves, cuando protegen márgenes ya estables o pesadas, cuando es necesario contenerlas.

Los gaviones caja, colchones y geomantas, garantizan soluciones simples, económicas y de bajo impacto ambiental pues son flexibles y permeables.



Figura 2-20, El gavión ofrece soluciones ante cursos continuos de agua.

2.7.4.2 OBRAS FLUVIALES TRANSVERSALES (DIQUES)

Estas obras permiten controlar el transporte de sólidos de un curso de agua, a través de la fijación o modificación de la pendiente de su lecho.

También son utilizadas para derivación, control de caudal o también para almacenamiento de agua.

Los diques contruidos con gaviones son estructuras de funcionamiento inmediato y versátil en cuanto a su empleo, debido a su flexibilidad, permeabilidad y resistencia. Los gaviones caja representan una alternativa de excelente resultado técnico y funcional en la construcción de diques. En la sistematización de las cuencas y en el control del transporte del material de arrastre, ofrecen la ventaja de ser altamente permeables y permitir la ampliación de la estructura en etapas. También en estos casos, la piedra para el llenado de los gaviones está disponible en el propio

cauce del río, lo cual se transforma en un relevante factor económico. Cuando se desea el represamiento de agua, se puede impermeabilizar la estructura con técnicas complementarias de fácil ejecución y bajo costo.

Para evitar que el material arrastrado pueda, por efecto de la abrasión, afectar los gaviones del vertedero, los mismos deben ser protegidos con hormigón (Figura 2.21).) o con otros materiales.



Figura 2-21, La figura izquierda muestra un dique de gavión con recubrimiento de concreto y a la derecha un dique construido sobre la Quebrada El Tránsito con alto contenido de desechos*.

2.7.4.3 OBRAS FLUVIALES DEFLECTORAS (ESPIGONES)

También denominadas espigones, tienen la finalidad de direccionar el flujo de la corriente y proteger o recuperar la margen de un curso de agua.

Al existir la necesidad de dirigir o centralizar el flujo de la corriente para recuperar las márgenes de la erosión, se recurre a este tipo de estructuras deflectoras (Ver Figura 2.22).

* Comparación entre forma correcta e incorrecta de aplicar la técnica.



Figura 2-22, Espigones construidos para protección de una carretera.

Las características principales de estas obras son la facilidad y rapidez de construcción, la posibilidad de construcción en presencia de agua e flexibilidad. Las soluciones recomendadas en materiales flexibles, como los gaviones caja, gaviones saco y colchones Reno suman a las anteriores cualidades un excelente relación costo/beneficio, las estructuras en gaviones son una excelente solución para la construcción de espigones *.

Estos dispositivos son empotrados en la margen y posicionados transversalmente al flujo (Ver Figura 2.23), su funcionamiento se da a través de la formación de zonas de remanso.

*Manuales LEMAC, México.



Figura 2-23, Espigón con su extremo inclinado en dirección al curso de agua.

Los gaviones, debido a su flexibilidad, permeabilidad y versatilidad constructiva, son ideales para este tipo de estructura pues permiten su construcción en etapas y en presencia de agua, situaciones comunes en estas intervenciones.

El espigón construido con gaviones tiende a ser más pequeño que el de enrocamiento. Como la finalidad de los espigones es la de desviar la dirección del flujo ello provoca socavación a lo largo de las líneas de corriente bien definidas y como consecuencia de ello se da más profundidad al cauce, esto último es útil cuando se desea que el río sea navegable. Los espigones hechos con gaviones son semi-impermeables ya que primero desvían a la corriente antes que reducir la velocidad de la misma, además ellos tienen la suficiente capacidad de deformación en su estructura. Al acumularse limo alrededor y dentro del espigón ayuda a que se desarrolle vegetación lo cual provoca que la estructura se consolide dentro de la nueva orilla y ello ayuda en el control de la erosión.

Si el escurrimiento amenaza con llegar a la orilla donde esta empotrado el espigón se debe dar una pequeña protección marginal a ambos lados del espigón.

El espigón construido con gaviones no requiere de una excavación previa para colocarlos, sí se espera tener una socavación grande se podrá hacer una pequeña excavación que puede ser útil para minimizar el tamaño del asentamiento diferencial; también este tipo de espigón puede ser colocado directamente sobre el fondo del cauce o bien sobre una losa, esta última formada con un Gavión tipo Colchón.

No es recomendable la construcción de un solo espigón ya que ello ocasiona que se presenten remolinos que lo único que provocan son más problemas, por ello se ha encontrado que el sistema más reducido que puede usarse es el que está formado por tres espigones.

La punta del espigón debe quedar a una altura igual a la del nivel más bajo del agua y se bisela (Ver Figura 2.24), y el otro extremo, que está pegado a la orilla se recomienda que quede 30 cms por encima del nivel más alto del agua y bien anclado a la margen

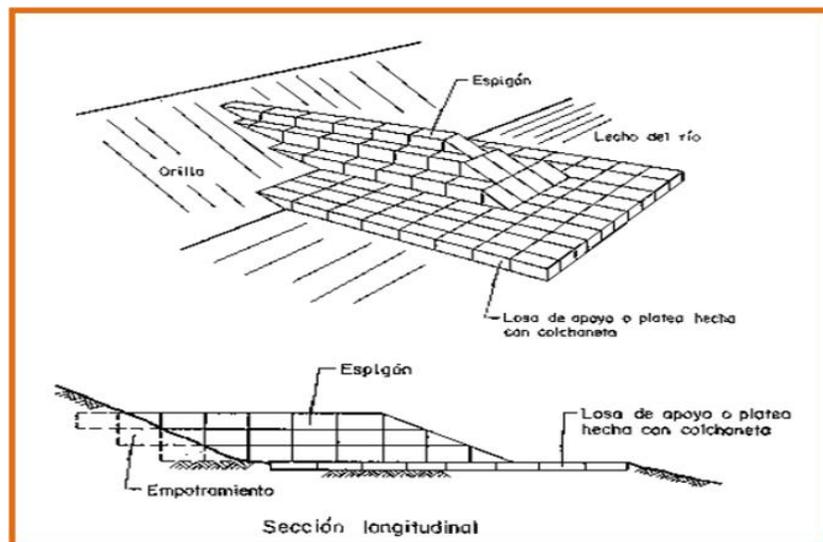


Figura 2-24, Perspectiva de un Espigón.

2.7.4.4 ESCALERAS DISIPADORAS

Cuando el agua corre por el vertedero y los canales o túneles de descarga contiene gran cantidad de energía y mucho poder destructivo debido a las altas presiones y velocidades (Ver Figura 2.25 y 2.26). Éstas pueden causar erosión en lecho del río, en el pie de la presa, o en las estructuras mismas de conducción ya sea tuberías o canales, poniendo en peligro la estabilidad de las estructuras hidráulicas. Por lo tanto se deben colocar disipadores de energía.



Figura 2-25, Gradas disipadoras de energía.

Para la selección del tipo de disipador se debe tener las siguientes consideraciones:

1. Energía de la corriente.
2. Economía y mantenimiento ya que éste eleva mucho el costo.
3. Condiciones del cauce aguas abajo (roca, suelo erodable, etc).
4. Ubicación de las vías de acceso.

5. Efecto de las subpresiones y del vapor de agua sobre las instalaciones.
6. Daños causados a la fauna y la flora por la erosión.
7. Proyectos y poblaciones aguas abajo.

Estructuras que disipan la energía de un curso de agua cuando es necesario vencer una gran diferencia de nivel en una corta distancia.



Figura 2-26, Escaleras disipadoras de energía para cambios bruscos de nivel *.

Los gaviones caja posibilitan construir escaleras disipadoras que al mismo tiempo son monolíticas y flexibles, características fundamentales para este tipo de obra.

* Guía de construcción con gavión,
Maccaferri, México

2.7.5 ALTERNATIVAS RIGIDAS

Los principios que establecen el diseño y uso de obras destinadas a la corrección y a la estabilización de cauces están dirigidos a la regulación y control, total o parcial, de los efectos que la dinámica de los caudales que circulan por los cauces producen en su contorno en forma de procesos de erosión, transporte y sedimentación de los materiales que lo forman.

Toda la sistemática de la corrección, está, pues, orientada a controlar estos procesos en el lecho y márgenes, evitando que se incorporen caudales sólidos a la corriente. Se trata, por tanto, de adoptar las medidas necesarias para que no lleguen a formarse estos caudales, o bien, si se han producido, para que queden reducidos al mínimo, por depósito o sedimentación de los materiales.

2.7.5.1 OBRAS TRANSVERSALES (DIQUES DE MAMPOSTERIA LIGADA)

En el caso de cauces marcadamente torrenciales, en los que el fenómeno aparece generalizado con un descenso progresivo de los lechos, transporte masivo de materiales, erosiones de márgenes y desestabilización de los macizos adyacentes, el tipo de estructuras que ofrece la solución más simple y efectiva son las *obras transversales* al eje del cauce, en forma de diques (Figura 2.27).

La terminología técnica forestal separa el vocablo "dique" del de "azud" o pequeña presa, para remarcar que estas estructuras transversales, los

diques, no están orientados al embalse, más o menos permanente, de caudales líquidos, sino que buscan, fundamentalmente, dar respuesta a la tipología de problemas asociados a la consolidación de laderas y lechos de torrentes, barrancos y ramblas y a la retención de caudales sólidos, fenómenos que caracterizan y dan personalidad a ciertos espacios vocacionalmente forestales.

Los diques, obras transversales al eje del cauce, son la solución más simple y efectiva para la corrección de cauces torrenciales. Los efectos de estas estructuras que cierran todo el perfil del cauce hasta la altura del vertedero son:

- Establecen un punto fijo en el lecho del cauce, controlando su descenso progresivo.
- Mientras el vaso de embalse que originan se encuentra sin aterrar, el efecto de la presa hace que las aguas embalsadas frenen la velocidad de llegada de los sedimentos, dando lugar a que se depositen los más gruesos y disminuya la proporción sólida del caudal de vertido.



Figura 2-27, El efecto de embalse provoca el depósito de los sedimentos en el dique.

- Los depósitos que se producen van formando un aterramiento que eleva el cauce hasta alcanzar la pendiente de compensación, menor que la del cauce natural. (La pendiente de compensación es la que se forma cuando la composición granulométrica de los arrastres del lecho y corriente se iguala, compensándose los volúmenes sólidos que entran y salen del aterramiento.)
- La elevación del cauce, en el entorno que comprende el aterramiento, da lugar a que el nuevo lecho, elevado y asentado sobre los acarrees retenidos, tenga secciones de mayor anchura, que provocan la circulación de caudales por perfiles de amplia base, con disminución del radio hidráulico igual, sensiblemente, a la del calado de las aguas. De ello, junto a la menor pendiente del aterramiento, se infiere una disminución de la velocidad y por consiguiente de su capacidad de arrastre y erosión (Figura 2.28).



Figura 2-28, La menor pendiente del aterramiento formado disminuye la velocidad del agua y su capacidad de erosión.

- En cuanto a la acción de este tipo de obra sobre los taludes o laderas que conforman los márgenes del cauce, la cuña de aterramiento adosada a la obra ejerce una función consolidadora, ya sea porque tal cuña sirve de apoyo fijo, no erosionable por debajo del plano del aterramiento estabilizado, ya porque el derribo propio de aquellas laderas irá paralizándose al pie de las mismas, remontándose sobre ellas hasta alcanzar el nuevo plano del terraplén natural de equilibrio, con lo que se habrá anulado sensiblemente, en el intervalo de influencia, la aportación lateral más directa de sólidos al cauce.

Dentro de la múltiple funcionalidad que desempeñan las obras transversales en la corrección de un cauce torrencial, éstas suelen

clasificarse, según la función específica para la que estén principalmente diseñados, en:

- *Diques de consolidación*, a los que responde fundamentalmente lo expuesto, y que tienen por objeto evitar los fenómenos directos de erosión en los cauces y en las laderas marginales afectadas de inestabilidad.
- *Diques de retenida*, destinados a detener la mayor cantidad posible de materiales, sólidos o líquidos, y entre los que se puede distinguir:
 - Retenida de materiales sólidos: diques cerrados y diques "semihuecos" o de retenida selectiva.
 - Retención de caudales líquidos: diques de laminación y diques de recarga de acuíferos.



Figura 2-29, Dique de retenida de sedimentos *.

* Restauración Hidrológica, Ing. Francisco Capel, Universidad de Murcia España.

Un torrente modificado mediante presas escalonadas está compuesto por los siguientes elementos que se pueden apreciar en la figura:

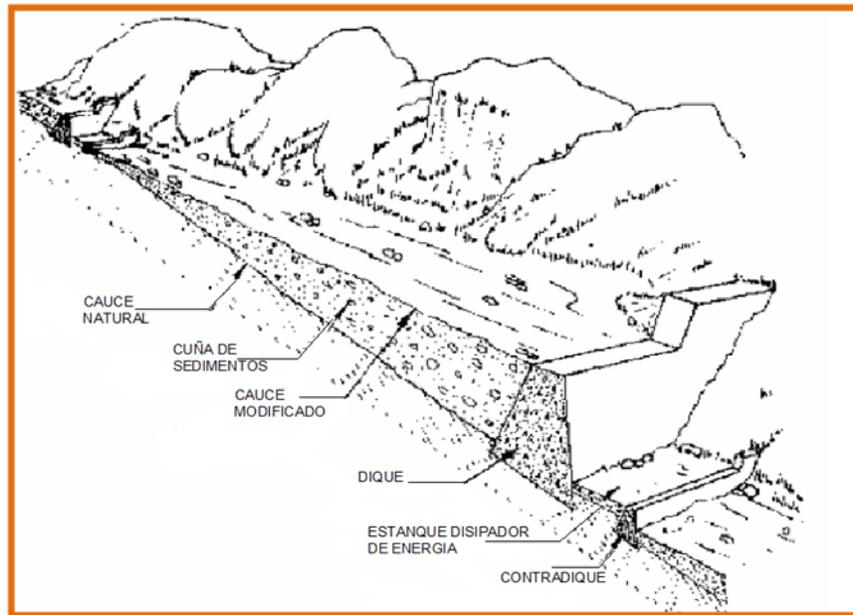


Figura 2-30, Estabilización de un torrente mediante presas escalonadas, así como los elementos presentes en estos sistemas.

2.7.5.2 OBRAS LONGITUDINALES

Así mismo, para controlar los daños que origina la presencia de fenómenos torrenciales en los cauces, pueden utilizarse las que, genéricamente y atendiendo a su posición con relación al cauce, se denominan obras longitudinales.

En general, y en cuanto al objetivo básico de eliminar la realidad del transporte sólido y sus secuelas, las obras longitudinales limitan su función a evitar la erosión y las inundaciones en las márgenes del cauce, completando la labor a cargo de las obras transversales, que impiden la erosión del lecho. La proyección, pues, de las estructuras longitudinales es más bien de defensa y salvaguarda pasiva frente al proceso torrencial, mientras que la obra transversal incide activa y decisivamente sobre el propio proceso.

Ello no quiere decir que la obra longitudinal no contribuya a aminorar el estado torrencial, pues, indudablemente, si aquélla consolida o refuerza márgenes inestables, o el pie de una ladera erosionable por laminación de las aguas, se ha eliminado una fuente de incorporación de materiales a la corriente del curso. Igualmente, en todo lo que suponga trabajos de saneamiento en terrenos muy húmedos o derivaciones hacia lechos de evacuación no erosionables, la función del diseño longitudinal es de máxima eficacia. Sin embargo, la obra longitudinal se enfoca siempre como solución de determinadas situaciones que inciden o son consecuencia del contexto torrencial y que resuelve localizados problemas, pero resultaría inviable su adopción como técnica exclusiva o, incluso, preponderante para una corrección completa del estado torrencial de un cauce.

Las obras de tipo longitudinal pueden clasificarse según el objetivo principal para el que habitualmente se emplean en los cauces torrenciales en: obras de defensa contra las erosiones laterales, de contención de deslizamientos de laderas, y de defensa contra las inundaciones.

A. MUROS DE LONGITUDINALES PARA OBRAS HIDRAULICAS

Pequeñas obras hidráulicas

Se utilizan en canales de transporte de agua, o estanques artificiales, la cantidad de agua retenida o conducida intuirá las dimensiones del muro, pero la sección es la típica de un “muro de inundación” y los materiales pueden ser de mampostería de bloques de concreto.

Grandes obras hidráulicas

Se refieren a las que retienen o transportan grandes cantidades de agua, tales como los muros verticales rompeolas, las presas, diques y los muros de inundación que se construyen a lo largo de los ríos para evitar los daños provocados por el desborde de estos. Por ser obras de gran magnitud, los materiales son diversos, pero en su mayoría están contruidos de concreto reforzado y de tierra armada en el caso de las presas.



Figura 2-31, Muro construido en el Municipio de San Jorge para evitar el ingreso de la corriente de agua al casco urbano. Septiembre 2011

Muros en control de ríos o avenidas de cauces

Actualmente se usan más los gaviones para control del flujo en los ríos, se colocan en las orillas y en el fondo en forma de colchón o de saco, previniendo la erosión y el desborde, usado en casos de emergencia. También, existe el Muro de inundación, especialmente diseñado para evitar el desborde en épocas lluviosas. El muro de borda también es usado para mantener el cauce de un río que inunda; constituido por tierra compactada maciza, colocados siguiendo la tendencia natural del río, a lo largo del cauce; es de forma trapezoidal formando un terraplén, alcanzando la altura mayor a la que tuviera el tirante en crecida máxima, incluyendo los arrastres.



Figura 2-32, Muro Longitudinal construido sobre la Quebrada El Tránsito para la defensa de las viviendas en la ribera. Septiembre 2011.

B. ESPIGONES DE MAMPOSTERIA LIGADA

Para evitar totalmente o reducir la erosión lateral que se presenta en las márgenes de los ríos, y con mayor frecuencia en las orillas exteriores de las curvas, se pueden utilizar, por ejemplo, espigones y recubrimientos marginales o muros longitudinales que se analizaron anteriormente.

Algunas diferencias entre estos tipos de obra consisten en que los recubrimientos marginales evitan por completo los corrimientos laterales de las márgenes, tanto en tramos rectos como en las curvas más forzadas, o fijan completamente las márgenes, mientras que los espigones permiten que la orilla entre ellos pueda ser ligeramente erosionada inmediatamente después de su construcción. Por otra parte, los recubrimientos marginales son más costosos y requieren mayor cuidado en su proyecto y construcción. Además, cuando falla una parte de un recubrimiento marginal puede extenderse esa falla y destruirse toda la obra, sobre todo si

la avenida tiene varios días de duración. En cambio, los espigones permiten que la obra en su conjunto continúe trabajando aunque uno o dos de los espigones hayan sido socavados en sus extremos o destruidos o separados de la margen. Por último, el costo del mantenimiento de los espigones disminuye con el tiempo.

Las principales desventajas de los espigones consisten en que disminuyen el área hidráulica y aumentan la rugosidad de las orillas. Por otra parte, ellos no se pueden utilizar en curvas con radio de curvatura muy reducido.

Los espigones son estructuras interpuestas a la corriente, uno de cuyos extremos está unido a la margen. Sirven para alejar las líneas de corriente con alta velocidad de la orilla, y evitar así que el material de la margen pueda ser transportado y ella se erosione. Además, los espigones facilitan que los sedimentos se depositen entre ellos, con lo que se logra una protección adicional de la orilla.

Datos para su diseño

Los datos necesarios para el diseño de los espigones son la topografía y batimetría del río en la zona por proteger, secciones transversales a lo largo de las orillas que serán protegidas, características hidráulicas de la corriente como son, por ejemplo, el gasto dominante y el gasto asociado a un periodo de retorno entre 50 y 100 años, la elevación de la superficie del agua correspondiente a esos gastos, así como las velocidades medias de los escurrimientos y la velocidad del flujo a lo largo de las orillas por proteger; la granulometría y peso específico de los materiales del fondo y orillas del cauce, y finalmente los materiales de construcción disponibles.

Longitud de los espigones La longitud total de un espigón, L , se divide en dos, una es la longitud de anclaje o empotramiento, L_e , y la otra la

longitud de trabajo, L_t . La primera es la que inicialmente está dentro de la margen y la segunda la que está dentro de la corriente, (Ver Figura 2.33).

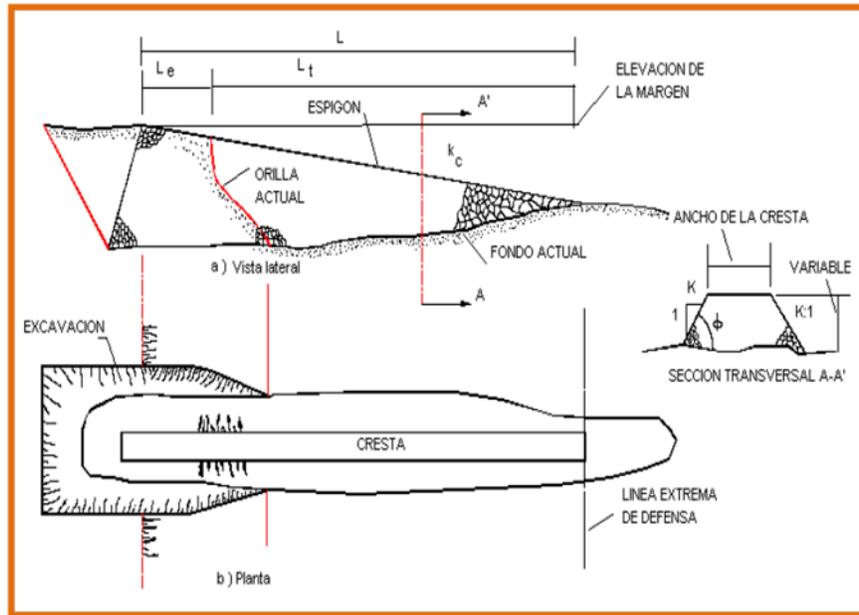


Figura 2-33, Espigón de mampostería empotrado al margen del cauce.

$$L = L_t + L_e$$

La longitud de trabajo L_t , normalmente debe estar comprendida entre los límites siguientes

$$d < L_t < B/4$$

Donde:

D: es el tirante del río asociado al gasto dominante. En los ríos de planicie d es la distancia vertical entre la elevación de la margen y la elevación del fondo del río.

Los espigones pueden construirse sin tener longitud de anclaje, es decir, sin que penetre en la margen, por tanto $L_e = 0$. La máxima longitud de

anclaje recomendada es igual a un cuarto de la longitud de trabajo, $0.25 L$; el empotramiento solo se justifica cuando no se puede permitir que falle ninguno de los espigones, ello se presenta cuando hay una población en la margen que se desea proteger. Cuando el procedimiento sea costoso es conveniente reducir la separación entre los espigones.

C. DISIPADORES DE ENERGÍA

Los disipadores de energía contruidos a base de materiales rígidos presentan cierta ventaja ya que están sometidos a un alto grado de desgaste producto del paso de agua y el transporte de sedimentos; el concreto es una alternativa eficaz ya que la resistencia al desgaste es una de sus propiedades principales por lo que este tipo de obras son de mayor durabilidad.

Los canales que se diseñan en tramos de pendiente fuerte resultan con velocidades de flujo muy altas que superan muchas veces las máximas admisibles para los materiales que se utilizan frecuentemente en su construcción.

Para controlar las velocidades en tramos de alta pendiente se pueden utilizar combinaciones de rampas y escalones, siguiendo las variaciones del terreno (Figura 2.34). Las rampas son canales cortos de pendiente fuerte, con velocidades altas y régimen supercrítico; los escalones se forman cuando se colocan caídas al final de tramos de baja pendiente, en régimen subcrítico *.

* Manuales LEMAC, México.

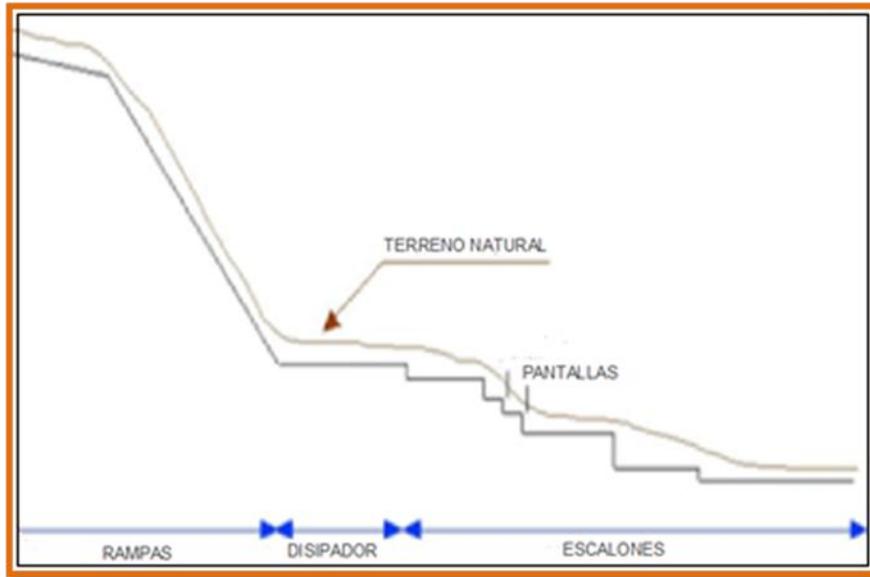


Figura 2-34, Esquema de un sistema de reducción de energía.

Los disipadores de energía son estructuras que se diseñan para generar pérdidas hidráulicas importantes en los flujos de alta velocidad. El objetivo es reducir la velocidad y pasar el flujo de régimen supercrítico a subcrítico.

Las pérdidas de energía son ocasionadas por choque contra una pantalla vertical en Disipadores de Impacto, por caídas consecutivas en Canales Escalonados, o por la formación de un resalto hidráulico.

2.8 TÉCNICAS PARA CONTROL DE EROSIÓN EN LA CUENCA

2.8.1 LA EROSIÓN DE LOS SUELOS

A veces, durante los fuertes aguaceros, observamos en muy poco tiempo la llegada de mucha agua a los terrenos. En climas áridos y desiertos, las lluvias suelen precipitarse de una manera errática y extrema- si esta gran cantidad de agua no se puede infiltrar de una manera natural a los suelos, se escapa por la superficie, llevándose la tierra suelta hacia los barrancos, ríos, presas y lagos. Este fenómeno se llama erosión de los suelos.

La erosión de los suelos se ha vuelto cada vez más común, al progresar la tala inmoderada de los bosques y la pérdida de la capa vegetal en las montañas y laderas (Ver Figura 2.35). Como consecuencia, las montañas pierden su capacidad natural de retención de agua, lo que causa la pérdida masiva de los suelos fértiles, de manantiales y flujos de agua naturales, (es decir: desertificación).

Como el agua no se puede retener más en las montañas, baja rápidamente y causa inundaciones extremas en los barrancos y en las planicies.



Figura 2-35, Tala de árboles en las laderas de la cuenca alta para usarlas en los cultivos. Septiembre 2011.

Para poder trabajar en la restauración de la erosión, debemos que analizar el terreno y desarrollarlo considerando la topografía, los contornos y las curvas de nivel- estas son líneas imaginarias, que definen puntos en el terreno que están al mismo nivel (similar a las líneas, que aparecen en las mapas topográficos). Para poder definir estas curvas de nivel en nuestro terreno, existen una variedad de herramientas.

2.8.2 EL APARATO “A”

Se puede utilizar una herramienta sencilla pero efectiva para determinar los niveles en un paisaje:

El “Aparato A”¹, consiste en dos maderas o palos del mismo largo (entre 1.5m y 2.50m), se clavan en una punta, dejando salir la punta del clavo para colgar el plomo. Un tercer travesaño se clava a la mitad de los dos palos de tal manera, que la distancia entre las dos “patas” del aparato es exactamente de uno o de dos metros (Figura 2.36).



Figura 2-36. Utilización del Aparato “A” para establecer niveles en las laderas.

Después hay que calibrar el “Aparato A”: En una superficie más o menos plana, se marcan dos puntos para colocar el aparato: En el travesaño marcamos con un lápiz la posición del plomo, después volteamos el aparato, si coincide la postura del plomo con la marca anterior, esto es el nivel, de otra manera el centro se encuentra exactamente en el medio de la primera y la segunda.

¹ Manejo de Agua en el Paisaje, Tierramor Org



El aparato "A" se puede utilizar para obtener el nivel de una ladera de la siguiente forma:

Una vez construido y nivelado el aparato A, sabemos que cuando la plomada caiga en el centro, las dos patas del aparato están a la misma altura. Entonces se puede trazar en el terreno una línea que va a dar muchas vueltas en forma de curva, pero que siempre va a estar a la misma altura, o sea, al mismo nivel. Por eso se le llama curva a nivel.



Para utilizarlo, una persona pone una pata del nivel en un punto fijo y mueve otra pata para arriba o para abajo, hasta que la plomada quede en el centro. Entonces, otra persona clava una estaca. Después, la persona que está operando el nivel mueve el aparato a la otra estaca y busca otra vez el nivel.

De la misma forma se puede utilizar para obtener el porcentaje de desnivel de una pendiente:

Este dato sirve para averiguar el grado de inclinación de una pendiente. La inclinación se mide en porcentajes de desnivel e indica los metros que baja una ladera cada 100 m medidos.

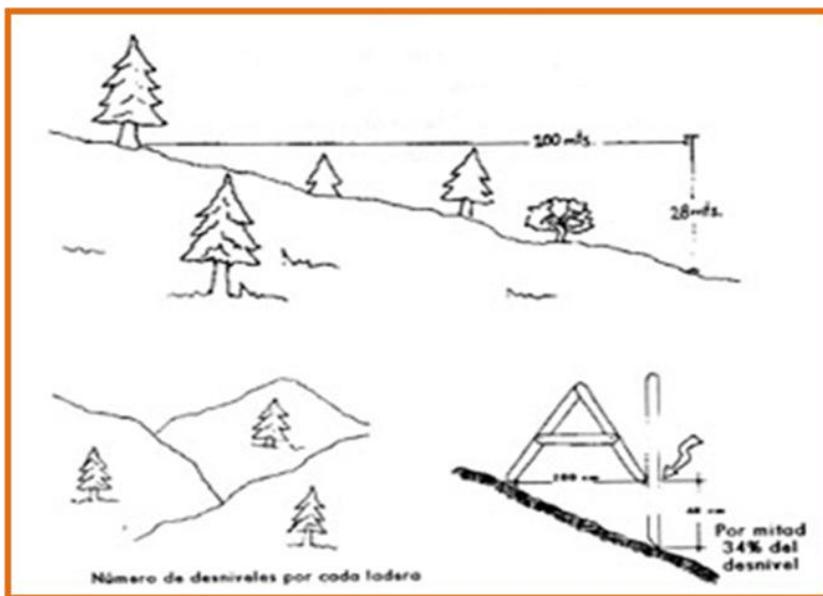
La ladera del dibujo a la derecha tiene 28% de desnivel y se lee: baja 28 metros encada 100 metros lineales. Cuando se conoce el porcentaje (%) de desnivel de una ladera, tenemos otro dato importante para saber cómo manejarlo y qué tipo de trabajo es el más adecuado. Equipo necesario:

- a) El nivel rústico o aparato A
- b) Una cinta métrica
- c) Una vara recta.

Para obtener el porcentaje de desnivel de cada punto deben seguirse los siguientes pasos, de acuerdo con la ilustración

1. Coloque una pata del aparato "A" contra la ladera.
2. Coloque la vara o un plomo pegado en la punta de la otra pata del aparato.
Levante la punta del aparato poco a poco hasta que la plomada marque el centro (nivel).

3. Marque con un lápiz el punto exacto donde llegó la punta de la pata del aparato en la vara.
4. Mida cuántos centímetros hay hasta la marca de la vara. La mitad de esta cifra será el porcentaje de desnivel. Si la distancia entre las patas del aparato es de 1 m, o sea, de 100 cm, lo medido en la vara sería de 34 cm, pero como el aparato mide 2 m, o sea, 200 cm, la medida en la vara es de 68 cm. Por eso debemos obtener la mitad. En el terreno del dibujo encontramos una pendiente de 34 %.



El terreno puede tener dos o más laderas con diferente inclinación y tamaño. En este caso, en cada ladera se hacen varias medidas del desnivel. Se recomienda tomar de cuatro a seis desniveles en diferentes partes de cada ladera, después se puede calcular un promedio de cada pendiente.

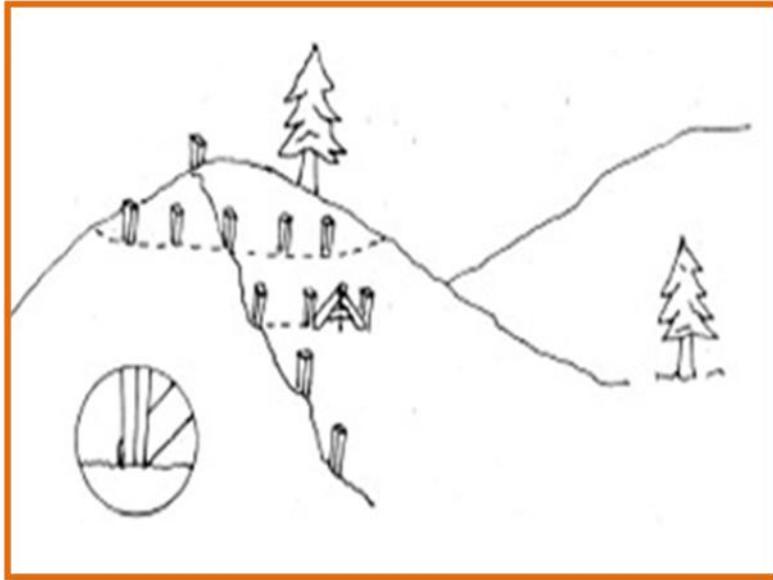
Marcar las curvas de nivel en el terreno se puede realizar de la siguiente manera:

Trazo de la línea madre:

1. Este es el primer paso para trazar las curvas de nivel sobre las se construirán las zanjas: Se preparan una cantidad de estacas de madera. La primera se siembra en la parte más alta del terreno, después se amarra a esta el extremo de una cuerda de 20 o 30 metros, la cual estiramos hacia el punto más bajo del terreno. Después se siembran estacas a una cierta distancia según la pendiente de la ladera: cuanto más pendiente tiene nuestro terreno, menos distancia hay entre cada estaca.



2. Tomando el "aparato A" a plomo, atravesamos la pendiente a la altura de las estacas que hemos puesto. Cada vuelta del marco «A» clavamos una estaca. Así determinamos los contornos.



3. Después se corrigen las estacas con la simple vista. Se puede uno colocar a un extremo de la línea y componer las que están muy salidas, ya sea subiendo o bajando unas estacas para facilitar el trabajo y las curvas sean más suaves. Tenga mucho cuidado de no mover todas las estacas. Las que pueden moverse son unas tres en una línea de diez estacas en las laderas con mucha pendiente no hay necesidad de corregir las estacas, ya que siempre las curvas quedan suaves.



2.8.3 ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE EROSIÓN

Podemos tomar una o varias de las siguientes medidas, dependiendo de la problemática, que enfrentamos en nuestros terrenos:

- Zanjas y pozos de infiltración.
- Muros de piedra al contorno
- Terrazas niveladas
- Barreras vivas o muertas
- Terrazas individuales

2.8.3.1 ZANJAS Y POZOS DE INFILTRACIÓN

Ayudan a detener agua, tierra y materia orgánica, establecer árboles y vegetación, controla la pérdida de suelos y almacena agua, donde más se necesita.

Son una manera sutil pero prometedora para recargar los mantos acuíferos, si fueran realizadas a gran escala en las montañas y laderas sin capa vegetal.

Las zanjas de infiltración solo se pueden implementar en terrenos, donde todavía queda algo de tierra o por lo menos la capa de arcilla, para poder excavar. No se pueden realizar en los terrenos totalmente erosionados hasta la capa de la roca madre.

En laderas que tengan una inclinación entre 2 y hasta 45%, se recomienda construir zanjas sobre las curvas a nivel. Cada ladera debe llevar una distancia diferente entre cada curva de nivel, de acuerdo con la pendiente e inclinación. Esto se debe a que el agua no escurre igual en todas las laderas.

Por ejemplo, en una ladera que tiene 2% de desnivel se da una distancia horizontal de 30 m entre zanjas, mientras que para una ladera con un 16% de desnivel se da solamente una distancia de 16 m.

Entre mayor sea el porcentaje de inclinación de la ladera, más rápido y mayor cantidad de agua se escurrirá. Por eso las zanjas a nivel deben estar más cerca una de otra, para que sean suficientes y puedan guardar toda el agua que se escurre.

Recuerde también que debe tomarse en cuenta la clase de suelo para decidir la distancia, porque sí una ladera es arenosa y otra es de barro, se dará menos distancia en ésta última porque absorbe menos agua que la arenosa. Además, un terreno con mucha materia orgánica también absorbe mucha agua, por lo tanto, se puede dar una distancia un poco más abierta que en un terreno de barro.

Ahora que ya conocemos estas razones, es muy útil estudiar la tabla 2-1, construida en base a la experiencia de muchos campesinos que han hecho zanjas en sus terrenos para protegerlos de la erosión.

Para laderas con una pendiente de	Distancia de las zanjas de infiltración
2 %	30 m
5 %	28 m
8 %	24 m
10 %	20 m
14 %	18 m
16 %	16 m
20 %	14 m
25 %	12 m
30 %	10 m
35 %	8 m
40 %	6 m
45 %	4 m

Tabla 2-1 Distanciamiento entre zanjas según la pendiente de la ladera.

Procedimiento para la construcción de las zanjas de infiltración:

1. Se excavan las zanjas, siguiendo la línea de los contornos. Acomodamos la tierra que sacamos en su orilla montaña abajo. En terrenos pequeños se pueden hacer a mano, pero en extensiones grandes es útil pensar en el empleo de maquinaria.
2. Las zanjas de infiltración son, como su nombre lo dice, para que se infiltre la mayor cantidad de agua posible. Su tamaño varía según el tipo de suelo, la pendiente y la cantidad de agua que hay que manejar. En laderas con mucha pendiente se excavan muchas zanjas que no tienen mucho ancho y más profundidad. En laderas con poca inclinación las zanjas pueden tener hasta varios metros de

ancho. La profundidad depende también del suelo, si es arenoso (menos) o arcilloso (más profundidad).

3. Las zanjas de infiltración generalmente se construyen con un canal de desborde para poder, durante los fuertes aguaceros, guiar el agua que no se alcanza a infiltrar, a la próxima zanja de infiltración más abajo etc.; Si hay que controlar cantidades muy grandes, podemos construir también estanques y pozos de infiltración. La idea es, que no se vaya a escapar ningún flujo de agua por la superficie del terreno, causando así erosión y pérdida de materia orgánica.
4. Conviene ahora poner el punto más alto del montículo de tierra al mismo nivel a lo largo de toda la zanja, para que el agua se pueda distribuir parejo. Solamente, donde hacemos los canales de desviación, dejamos el nivel más bajo. Así la zanja se puede llenar de agua hasta cierto punto, y cuando esté el punto de desbordarse, el agua puede ser desviado hacia la próxima zanja de infiltración. Este canal de desborde lo reforzamos con piedras y rocas, para que no se presente erosión ahí (Figura 2.37).



Figura 2-37, Esquematzación del mecanismo de las zanjas de infiltración.

5. Inmediatamente después de excavar las zanjas de infiltración se deben de plantar las superficies de la zanja: Arriba del montículo se pueden plantar especies que requieren menos humedad, como hierbas de olor y plantas medicinales, incluso flores y leguminosas mejoradores del suelo pueden ser sembrados. Montaña abajo del montículo es un muy buen lugar para sembrar árboles frutales, para que aprovechen el agua que se infiltra en la zanja (Figura 2.38).



Figura 2-38, Zanja recién excavada al inicio de la temporada de lluvias.

6. Con el tiempo y las lluvias las zanjas de infiltración se llenarán de materia orgánica y tierra de monte, dejando así camas fértiles para sembrar mas especies útiles (Figura 2.39). Eventualmente en algunos años hay que excavar mas zanjas, o puede ser que las plantas y árboles establecidos ya acabaron por completo con la erosión y los deslaves.



Figura 2-39, Tres meses después con barreras sembradas.

2.8.3.2 MUROS DE PIEDRA AL CONTORNO

Hay muchas regiones, donde los montes se erosionaron a tal grado, que ya no queda tierra donde excavar las zanjas, porque los suelos se lavaron hasta la roca madre.

En estos terrenos podemos utilizar las piedras y rocas existentes siguiendo las líneas de contorno del terreno (Ver Figura 2.40), acomodándolas en muros y montículos, que dejen pasar el agua, reduciendo su velocidad, y reteniendo sedimentos, tierra y materia orgánica.



Figura 2-40, Barreras formadas con rocas extraídas del mismo terreno.

Con el tiempo se pueden establecer pastos, arbustos y árboles pioneros, que a su vez retienen la tierra para formar terrazas.

Especies útiles para ayudar en la formación de terrazas en tierras desertificadas son, el árbol de San Andrés y el maguey. Ayuda también la siembra de leguminosas mejoradores de suelos, como el frijol, en las partes donde hay un poco de tierra, que no se deslave.



Figura 2-41, Vista longitudinal de la barrera a base de rocas.

Estos métodos funcionan mucho mejor, si mantenemos alejado el ganado de los terrenos en restauración: Los caballos, vacas, chivos y borregos sueltos en nuestros terrenos compactan la tierra, comen las plantas, y causan erosión. Si necesitamos los terrenos para el ganado, conviene controlarlos y mantenerlos concentrados en un espacio reducido con una cerca, que se cambia a otro pedazo del terreno, cuando sea necesario, dejando así tiempo, para que se pueda re-establecer la vegetación.

2.8.3.3 CULTIVO EN TERRAZAS NIVELADAS

Se dice, que en terrenos con inclinaciones mayores de 6% no se debe que practicar la agricultura sin el empleo de terrazas niveladas. La práctica de sembrar en terrazas era muy común hasta muy recientemente, cuando se retiraron en muchos lugares, porque impidieron el uso de tractores y maquinas para trabajar los campos. En pocos años, la tierra se pierde y los campos se vuelven estériles.



Figura 2-42, Terrazas a diferente nivel separadas con bordas cubiertas de vegetación.

Las terrazas en el cultivo tradicional eran formadas con muros de piedra, o bien se utilizaba el maguey y árboles como el aguacate para detener la tierra de las milpas en las laderas (Figura 2.42).

2.8.3.4 BARRERAS VIVAS

Pueden formarse de muchos diferentes tipos de plantas: En los barrancos pueden ayudar árboles como el Papaturro, el Jiote para detener el suelo de las orillas. Para la formación de terrazas se puede sembrar pastos Jaragua o plantas como: Maguey, Izote y Piña (Ver Figura 2.43).



Figura 2-43, Plantación de Izote utilizada como Barrera Viva. Noviembre 2011

2.8.3.5 BARRERAS MUERTAS

Pueden construirse de cualquier material natural, como palos, troncos, piedras, pasto seco, tierra o paja. Se fijan en la tierra con estacas hechas de palos y postes de madera. Reducen la velocidad del agua en los barrancos y los campos de cultivo. Cumplen el mismo fin que los muros de piedra, dejan pasar el agua pero retienen suelo y materia orgánica (Ver Figura 2.44 y 2.45).

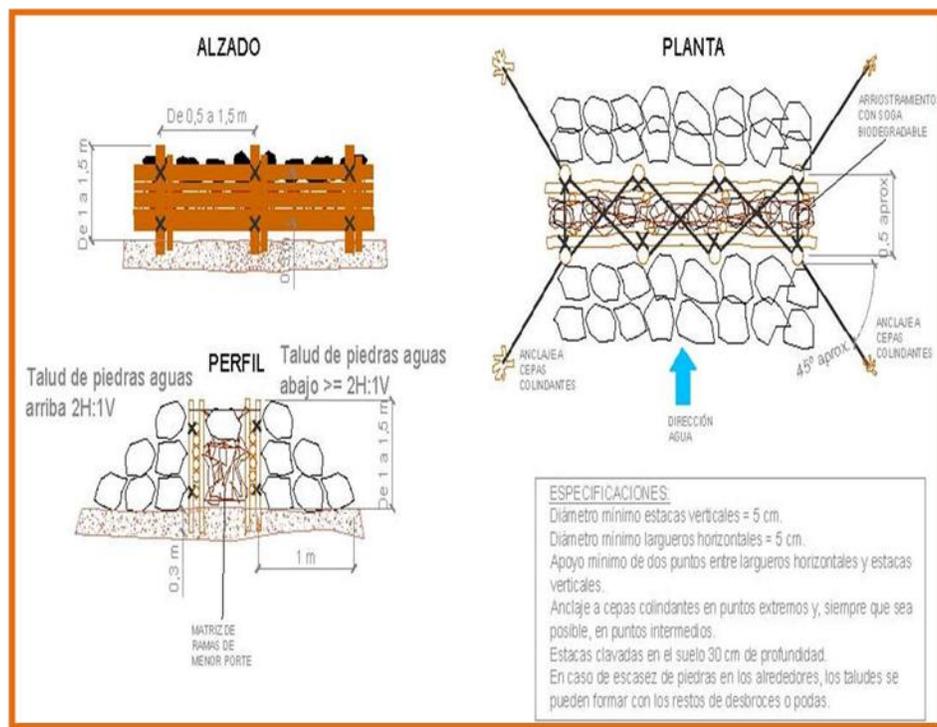


Figura 2-44, Detalle de Barrera Muerta o Dique Mixto *.

* Obras de Corrección en Cauces y Laderas

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, Gobierno de España.



Figura 2-45, Barrera construida para retener sedimentos en los terrenos.

2.8.3.6 TERRAZAS INDIVIDUALES

Si las laderas tienen una pendiente mayor de 45%, se recomienda la construcción de terrazas individuales para la siembra de árboles, cuya distancia será igual a la distancia recomendada para reforestar. Esta distancia depende de la clase de árboles que se siembren. Estas terrazas se hacen de forma circular y su diámetro depende del tamaño del árbol, que se piensa sembrar (Figura 2.44).

Normalmente se fija la tierra montaña abajo con muros de piedra y roca amontonada.



Figura 2-46, Terrazas construidas en cada planta o árbol de forma individual.

2.8.4 CUBIERTA VEGETAL Y LA ORDENACIÓN DE LOS CULTIVOS.

Al analizar la influencia de la cubierta vegetal sobre la erosión del suelo todos los estudios parecen coincidir en que es éste el factor fundamental a modificar si se pretende conseguir una eficaz protección contra los procesos erosivos. Un repaso de la importancia relativa de cada factor nos hace ver que hay algunos de difícil modificación, como la lluvia o la capacidad intrínseca de los suelos para ser erosionados.

Otros, pueden ser modificados mediante elevados costes económicos, como puede ser la pendiente, implicando un fuerte proceso de transformación física de las tierras. Sólo la cubierta vegetal se muestra

como el factor que está en la mano del hombre transformar sin grandes problemas.

La actuación del hombre sobre este mismo factor, en una dirección positiva, ser la única capaz de controlar los procesos erosivos acelerados que se ciernen sobre muchas de las tierras de nuestro país.

No obstante, en zonas de agricultura milenaria, la ordenación de los cultivos se ha realizado, buscando el máximo de beneficio económico y, normalmente, haciendo coincidir éste con un mantenimiento en el tiempo del mismo. Sólo cuando la obtención de este beneficio no ha contemplado la tierra como un bien escaso, al que es preciso cuidar para que produzca, se han producido distorsiones en relación con la pérdida de suelos. De esta forma, en siglos pasados, la existencia de una agricultura extensiva, expansiva y, a veces, itinerante, dio lugar a deforestaciones sobre las tierras que, posteriormente, eran abandonadas o, en el mejor de los casos, eran cultivadas sin la inversión de medios necesarios para el mantenimiento de la capacidad productiva inicial del suelo.

Es significativo el hecho de que, normalmente, los mayores problemas de erosión coincidan con las tierras de mayor marginación económica y cómo las zonas donde se da una agricultura más intensiva y lucrativa, coinciden con los territorios menos afectados por la erosión.

En ello intervienen, naturalmente, factores físicos, pero también es cierto que una buena inversión y una buena gestión de las tierras equivalen a un buen control de la erosión. De esta forma, y según estos planteamientos, las tierras ya afectadas por problemas graves de erosión necesitarían una actuación correctiva urgente, con modificación, incluso, de factores físicos por parte de los poderes públicos, ya que la actuación del hombre, para la

explotación económica rentable de estas zonas, nunca conllevaría unas inversiones para el mantenimiento de un recurso al que no se considera capaz de producir. En el otro extremo se sitúan las tierras a las que la evolución de las técnicas agrarias y la formas de explotación han colocado como un elemento de productividad económica lucrativa, donde la experiencia demuestra que una buena inversión y una buena agronomía deparan buenos beneficios, coincidiendo, además, con un buen control de los factores que influyen en la erosión de los suelos. Entre estos dos extremos se sitúan las tierras que sometidas a usos naturales o a una agricultura menos intensiva, padecen las situaciones más conflictivas.

En las zonas de vegetación natural es necesario su control para evitar que un cambio de orientación, en su caso, de lugar a una aceleración de procesos físicos-naturales que, dada la no justificación económica de inversión para contrarrestarlos (la economía privada no obtendría un claro beneficio en esta tarea) provoque situaciones irreversibles. En las zonas de agricultura "tradicional", donde los beneficios por la explotación de la tierra no son suficientes, más que para un mantenimiento de esta actividad, y donde las expectativas de cambios para conseguir mayores beneficios pueden dar lugar a alteraciones significativas de estos usos, es donde se pueden producir los mayores riesgos de degradación de los suelos.

En estas tierras, que podrían hacerse coincidir con las zonas de la tradicional trilogía mediterránea, es donde se precisa una mayor tarea de concienciación de los agentes productores (los agricultores) y de difusión de técnicas sencillas y no onerosas para el control de los problemas de la erosión, siendo la ordenación de los cultivos el instrumento que puede ofrecer las mayores garantías.

Sin embargo, la falta de ordenación de los usos del territorio y el sometimiento de estos a coyunturas económicas cambiantes hacen que los agentes productivos utilicen alternativas de cultivos, muchas veces, no acordes con la necesidad de conservación del recurso primario suelo.

2.8.4.1 MANUAL DE PRÁCTICAS INTEGRADAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

A. Importancia De La Cobertura Vegetal

La cobertura Vegetal es la expresión integral de la interacción entre los factores bióticos y abióticos sobre un espacio determinado, es decir es el resultado de la asociación espacio- temporal de elementos biológicos vegetales característicos, los cuales conforman unidades estructurales y funcionales.

Las plantas de cobertura nunca son sembradas con el objetivo de cosecharlas y obtener beneficio económico de ellas, por el contrario, su objetivo es llenar algún vacío en tiempo o espacio del cultivo principal, y en el cual, el suelo permanece descubierto. La importancia de las plantas de cobertura radica en que estas tienen el propósito de mejorar la fertilidad, proteger al suelo en contra de la erosión, mejorar la estructura del suelo y preservar un balance favorable entre plagas y predadores.

El empleo de la cobertura vegetal fue una parte integral de la mayoría de los sistemas agrícolas, pero conforme al paso del tiempo la agricultura se ha hecho más especializada y por ende se han introducido la utilización de fertilizantes como mecanismo para proveer una fuente de nitrógeno fácilmente disponible para la producción, y así, el empleo de plantas de cobertura ha decaído muy rápidamente.

De igual forma, hoy en día los productores agrícolas están realizando un inadecuado manejo de arvenses en sus cultivos, lo cual ha conllevado a remover completamente la cobertura vegetal, creando así suelos totalmente desnudos susceptibles a procesos degradativos y a la infertilidad, lo cual causa no solo problemas al recurso suelo ya la diversidad biológica, si no a al desarrollo sostenible de la agricultura y por ende a la economía de las familias productoras agrícolas y pecuarias.

Mediante esta actividad tendremos la posibilidad de reconocer la importancia de la cobertura vegetal para lograr un veredero desarrollo sostenible y de la misma forma logaremos identificar cuáles son las plantas que pueden ser utilizadas para cobertura vegetal.

B. La Importancia de la Rotación Agrícola

El desarrollo de la agricultura convencional ha conducido, en general, a un deterioro de la calidad del suelo y de su capacidad productiva a raíz de procesos erosivos y balances negativos de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P).

El vuelco hacia esquemas preferentemente agrícolas con menor presencia en la rotación de pasturas correctoras de las propiedades del suelo, y el predominio de cultivos oleaginosos en las secuencias agrícolas, han planteado nuevos interrogantes sobre la evolución del recurso suelo de nuestra región.

La incorporación de la siembra directa con el no laboreo del suelo y la acumulación de rastrojos en superficie, cumple un rol importantísimo en el mantenimiento de las propiedades edáficas. Sin embargo, por sí sola esta técnica no sería suficiente para lograr una agricultura sustentable y menos aún si se implementan rotaciones donde predominen cultivos que aportan

escaso volumen de rastrojos y balance negativo de la materia orgánica del suelo.

Si bien en el contexto actual existen cultivos con rentabilidad diferencial como el frijol, es necesario proyectar a largo plazo y hallar alternativas sustentables en el aspecto tecnológico-productivo. En este sentido, una tecnología de procesos de bajo costo y fuerte impacto como es la rotación de cultivos con diferentes especies (predominantemente gramíneas), deberá ser tenida en cuenta como una herramienta de suma utilidad.

La visualización del sistema de producción en un ciclo de varios años nos permitirá medir la variación productiva y económica de los factores involucrados en todo el proceso, reflejando el estado del recurso suelo y los posibles condicionantes productivos que el sistema deberá afrontar en el futuro.

C. La rotación de cultivos

Una manera de evaluar la estabilidad del sistema de producción es considerar todo el proceso productivo durante un período definido, que puede ser una frecuencia o un ciclo determinado. Ello nos permite enfocar, de una manera integral, los factores productivos involucrados en todo el proceso y medir las variaciones que ocurren a través del tiempo (productividad de los cultivos, balances de nutrientes y carbono, variación de las propiedades físicas y biológicas, evolución de la población de malezas, plagas y enfermedades, etc.).

La alternancia planificada de diferentes cultivos es una práctica comprobada para mantener la diversificación del sistema (Figura 2.45). Al

mismo tiempo permite un mejor aprovechamiento de los recursos suelo y agua mediante la capacidad diferencial que tienen las especies de explorar el suelo mejorando las propiedades físicas y químicas del mismo, estableciendo un mejor balance hídrico para los cultivos.

Otras ventajas de la rotación de cultivos son: Cortar el ciclo de malezas, plagas y enfermedades. Disminuir los riesgos climáticos y de mercado. Distribuir equilibradamente ingresos y egresos de la empresa. Lograr eficiencia la utilización de los recursos humanos, mejorar el aprovechamiento de maquinaria e instalaciones.

En Siembra Directa, a las ventajas descritas anteriormente deben agregarse un mayor nivel de cobertura con lo que se logra mejor control de erosión, y presencia de diferentes tipos de rastrojos lo cual favorece el aporte hacia las sustancias húmicas.

D. Los nutrientes

Para alcanzar altos rendimientos, los cultivos necesitan que una gran cantidad de nutrientes estén disponibles durante su ciclo. Todos los elementos esenciales se encuentran en el suelo, y una parte importante se libera a través de la mineralización de la materia orgánica.

La extracción de nutrientes producida por un cultivo es aquella que corresponde a los elementos contenidos en los granos y que salen del sistema de producción con la cosecha. Las necesidades nutricionales del cultivo son aún de mayor magnitud, ya que esta considera el total de nutrientes necesarios para la producción de toda la biomasa del cultivo (raíz, tallo, hojas, granos).



Figura 2-47, Cultivo mixto a base de frijol y maíz. Noviembre 2011.

Los niveles de extracción de un determinado nutriente son variables de acuerdo al cultivo realizado y al rendimiento alcanzado por éste, de manera que la exportación para cada secuencia puede presentar valores muy diferentes, de acuerdo a los cultivos que incluyamos en la rotación. A su vez, cuando en todos los cultivos se dispone de genética con un potencial productivo creciente, los requerimientos aumentan y el déficit de nutrientes representa un factor cada vez más limitante a la productividad.

En las últimas dos décadas, y en coincidencia con el incremento del uso agrícola de los suelos de nuestra región, se ha comprobado la respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada (P) y últimamente a la nitrogenada. En la actualidad, la mayoría de los productores de frijol y maíz fertilizan sus cultivos con P y N.

CAPITULO 3

DIAGNOSTICO FÍSICO DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTAS DE OBRAS DE CORRECCIÓN
PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO DEL
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.

DIAGNOSTICO FÍSICO DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO

Las zonas que se han seleccionado para realizar el estudio están integradas por los Municipios de Chinameca, San Jorge, San Rafael Oriente, El Tránsito; los cuales pertenecen al Departamento de San Miguel, incluidos los Municipios de Ereguayquin y Concepción Batres que pertenecen al Departamento de Usulután.

Por lo que se han hecho recorridos a lo largo de la Quebrada El Tránsito con el fin de conocer el estado actual en que se encuentra y ver la atención que han prestado las Municipalidades, ONGS, Cooperativas entre otros, para tratar de contribuir a la disminución de los problemas que se presentan con mayor frecuencia en la época invernal.

Mediante las diferentes visitas de campo que se han hecho a lo largo de la Quebrada El Tránsito y la información que nos han proporcionado los habitantes del lugar, se determinan las zonas más críticas de estudio las cuales representan un mayor interés en nuestra investigación.

3. 1 CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

La zona de estudio está ubicada en la vertiente Sur del Volcán Chaparrastique entre los departamentos de Usulután y San Miguel. Limita al sur con la Carretera del Litoral; al oeste con el límite de la Sub-cuenca “El Tránsito” (considerando a los cantones Los Encuentros y Maculís del municipio de Ereguayquín); al Norte por el límite de la Sub-cuenca “El Tránsito”; y al este por el límite municipal de San Miguel. Se considera a esta zona como un rectángulo, de 10'30" de ancho y 9'7", que parte de una longitud de $-88^{\circ} 24' 00''$ y una latitud de $13^{\circ}20'45''$, (ver figura 3-1, 3-2.)

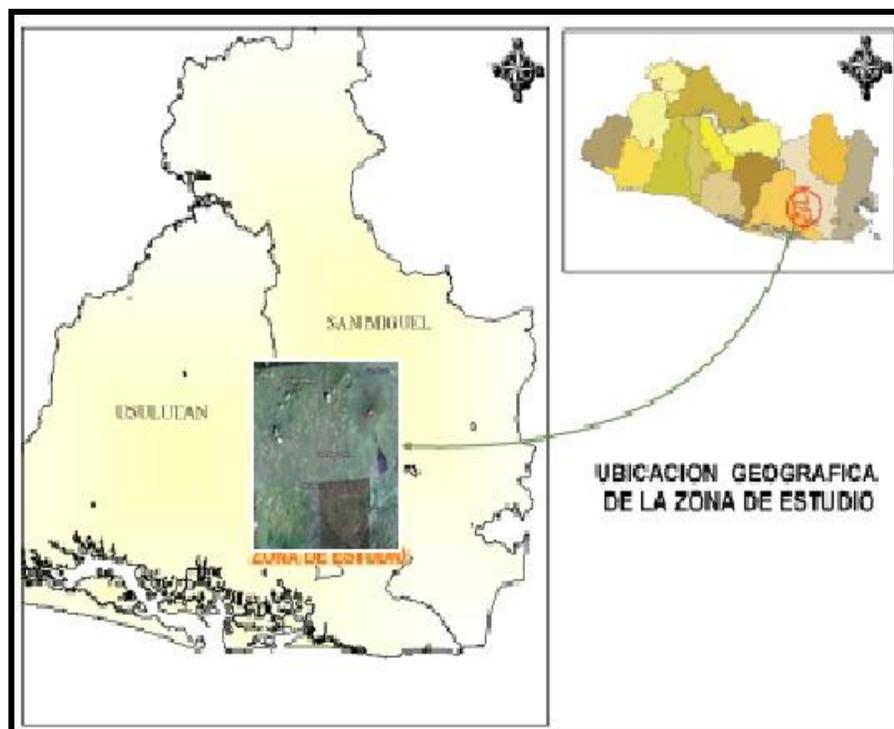


Figura 3-1 Ubicación geográfica de la zona en estudio.

Centro de Información, Documentación y Apoyo a la Investigación (CIDAI), San Salvador, 28 de febrero de 2004.

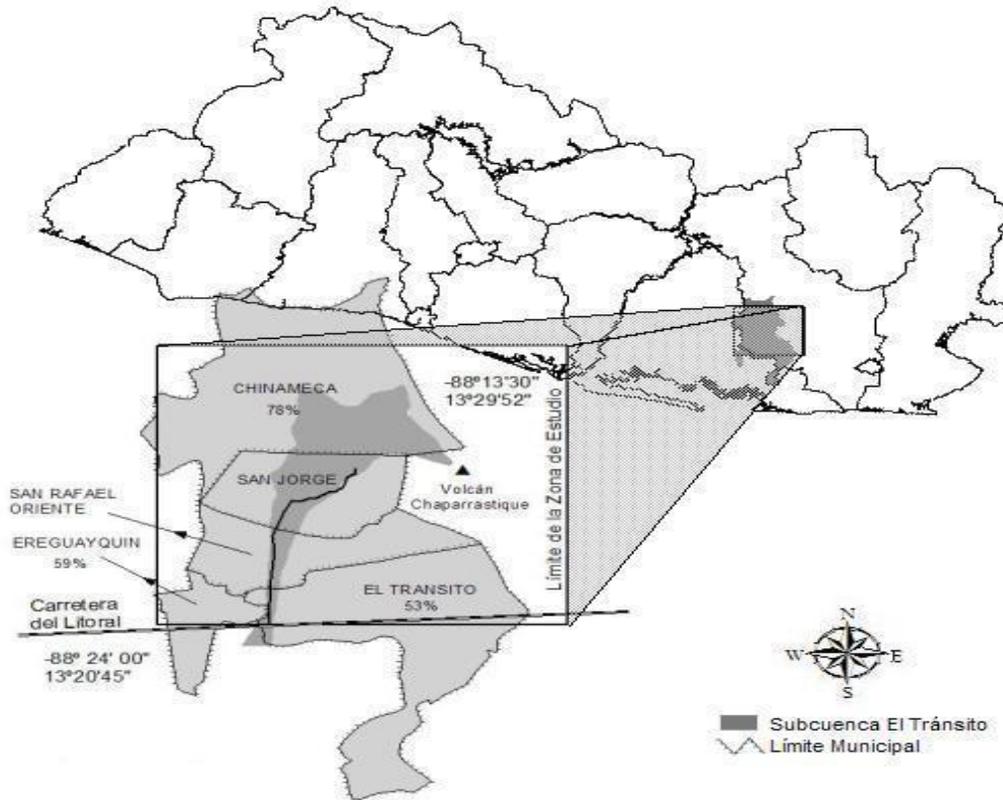


Figura 3-2 Croquis de Ubicación, zona de estudio¹.

3.1.2 HIDROGRAFÍA

Se poseen cuatro tipos de elementos hidrográficos en la zona: ríos, quebradas, zanjos y lagunas. Los ríos surgen al pie del Volcán Chaparrastique en la vertiente sur, identificados 7 de ellos en los municipios de El Tránsito y Ereguayquín. Al este del municipio de El Tránsito se encuentra una parte de la Laguna El Jocotal, considerado como sitio **Ramsar**. Los Otros Elementos hidrográficos e hidrológicos se muestran en la Tabla 3-1 y Tabla 3-2.

¹ Rehabilitación y manejo de las sub-cuenca El Tránsito y de la vertiente sur del Volcán Chaparrastique.
ISF-FINLANDIA / Solidaridad Internacional / OIKOS Solidaridad / UCA, San Salvador, Abril de 2004.

TABLA 3-1 Hidrografía de la Zona de Estudio.

1	R. Grande de San Miguel	R. El Desagüe	R. Gualchúa	R. Potrerillos
	Q. La Arenera	Q. La Palmera	Q. El Soto	Q. El Coyolito
	Q. Saravia	Q. El Clavo	Q. El Llano	Q. El Coyoil
	Q. Los Riños	Q. Piedra Pacha	Q. Salto del Rayado	Q. Nueva
	Q. Cruz Verde	Q. Seca	Q. La Piedra del Jocotillo	Q. El Duende
	Q. Agua Escondida	L. El Jocotal		
2	Q. La Quebradona	Q. Siles	Q. Los Cedros	Q. La Piedrita
	Q. La Quebradita	Q. El Gato	Q. Aguacate	Q. La Piedrona
	Q. Santa Clara	Q. El Barrancón	Q. El Manzano	Q. El Coyolito
	Q. El Playón	Q. San Jorge	Q. La Ceibita	Q. Los Riños
	Q. Los Amaya	Q. La Arenera		
3	Q. San Jorge	Q. La Piedrona	Q. Las Pilas	Q. La Joya
	Q. Limbo	Q. El Zope	Q. Callejón	Q. Batres
	Q. La Piedra	Q. de Arena	Q. Los Tirón	Q. El Roble
	Q. La Quebradona	Q. Las Moritas	Q. La Pelada	Q. La Playa
	Q. La Piedrita	Q. Las Piletas	Q. Los Pozos	Q. La Ceiba
	Q. Los Amaya			
4	Q. Joachina	Q. Aguas Tibias	Q. El Mal Paso	Q. Los Manzano
	Q. Mal de Orín	Q. Las Lajitas	Q. La Peñona	Q. El Chichipate
	Q. La Llorona	Q. La horca	Q. Los Pilonos	Q. La Quebradona
	Q. La Ceiba	Q. La Periquera	Q. Kilo Tres	Z. Chambala
	Q. El Cacao	Q. Agua Caliente	Q. Las Marías	Z. Mar y Cielo
	Q. La Florida			
5	R. Ereguayquín	R. de Batres	R. Mejicapa	Q. El Barranco
	Q. Loma de Macho	Q. El Tránsito		

1: El tránsito; 2: San Rafael Oriente; 3: San Jorge; 4: Chinameca y 5: Ereguayquín

R: río, Q: quebrada, Z: zanjón y L: Laguna

Rehabilitación y manejo de las sub-cuenca El Tránsito y de la vertiente sur del Volcán Chaparrastique.

ISF-FINLANDIA / Solidaridad Internacional / OIKOS Solidaridad / UCA, San Salvador, Abril de 2004.

TABLA 3-2. Datos característicos de la sub-cuenca en estudio.

Área total de la sub-cuenca	39.6	km ²
Longitud del cauce principal	18.0	km
Elevación máxima	2000	msnm
Elevación mínima	100	msnm
Pendiente promedio	10.53	%

Contreras, J. E., "Estudio hidrológico de caudales máximos en la Cuenca Hidrográfica de la quebrada El Tránsito", Septiembre de 2001.

3.1.3 OROGRAFÍA

Los rasgos orográficos más relevantes de la zona son los 9 cerros, 3 lomas, 3 montañas, el Volcán Chaparrástique y la laguna seca el Pacayal. De ellos el que toma mayor importancia es el volcán Chaparrastique, con 2130 msnm. La laguna seca El Pacayal es en realidad el cráter del volcán de Chinameca y posee en su parte más alta una elevación de 1100 msnm y en su fondo 845 msnm, el cráter llega a tener un diámetro de 2.4 km. Finalmente existen una serie de cerros, lomas y montañas cuya ubicación geográfica y elevación se muestran en la figura 3-3 y Tabla 3-3.

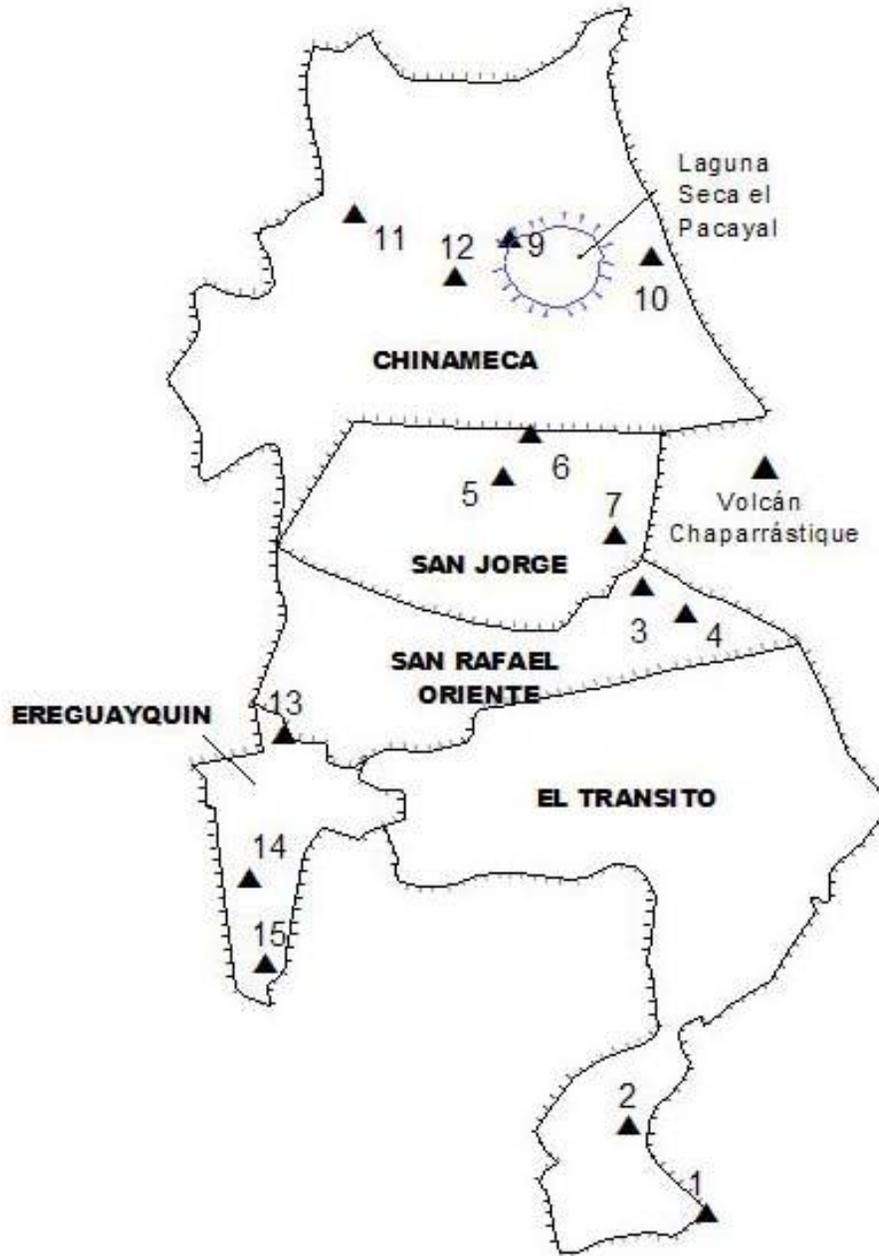


Figura 3-3 Ubicación de Cerros, Lomas y Montañas que comprendes los Municipios de la zona de estudio.

Rehabilitación y manejo de las sub-cuenca El Tránsito y de la vertiente sur del Volcán Chaparrástique.
ISF-FINLANDIA / Solidaridad Internacional / OIKOS Solidaridad / UCA, San Salvador, Abril de 2004.

TABLA 3.3 Orografía de la Zona en Estudio.

Nombre			Elevación (msnm)
1	Cerro	Azul	610.0
2	Cerro	Joya Verde	160.0
3	Montaña	Los Amaya	480.0
4	Montaña	Los Ranchos	480.0
5	Cerro	Chambala	732.0
6	Loma	Los Marín	800.0
7	Montaña	Lacayo	750.0
8	Cerro	La Güegüecha	619.0
9	Cerro	El Pacayal	1310.0
10	Cerro	Partido	1145.0
11	Cerro	El Volcancillo	985.0
12	Cerro	El Limbo	1390.0
13	Cerro	Santa Clara	281.7
14	Loma	Olga	176.1
15	Loma	Cueva Viva	128.2

Rehabilitación y manejo de las subcuencas El Tránsito y de la vertiente sur del Volcán Chaparrastique, San Salvador, Abril de 2004.

3.1.4 GEOLOGÍA

Predominan las rocas ígneas volcánicas como: lavas andesítica, basaltos, tobas, cenizas, escorias y materiales piroclásticos conformando estructuras geológicas, como se observa en el Mapa Geológico de la zona en estudio.

La geología del área de estudio, al igual que la del resto del país, está caracterizada por la presencia exclusiva de rocas volcánicas, en este caso, procedentes de erupciones de los Volcanes Chaparrastique, Pacayal y Cerro El Limbo. (Ver figura 3-4 y Tabla 3.4)

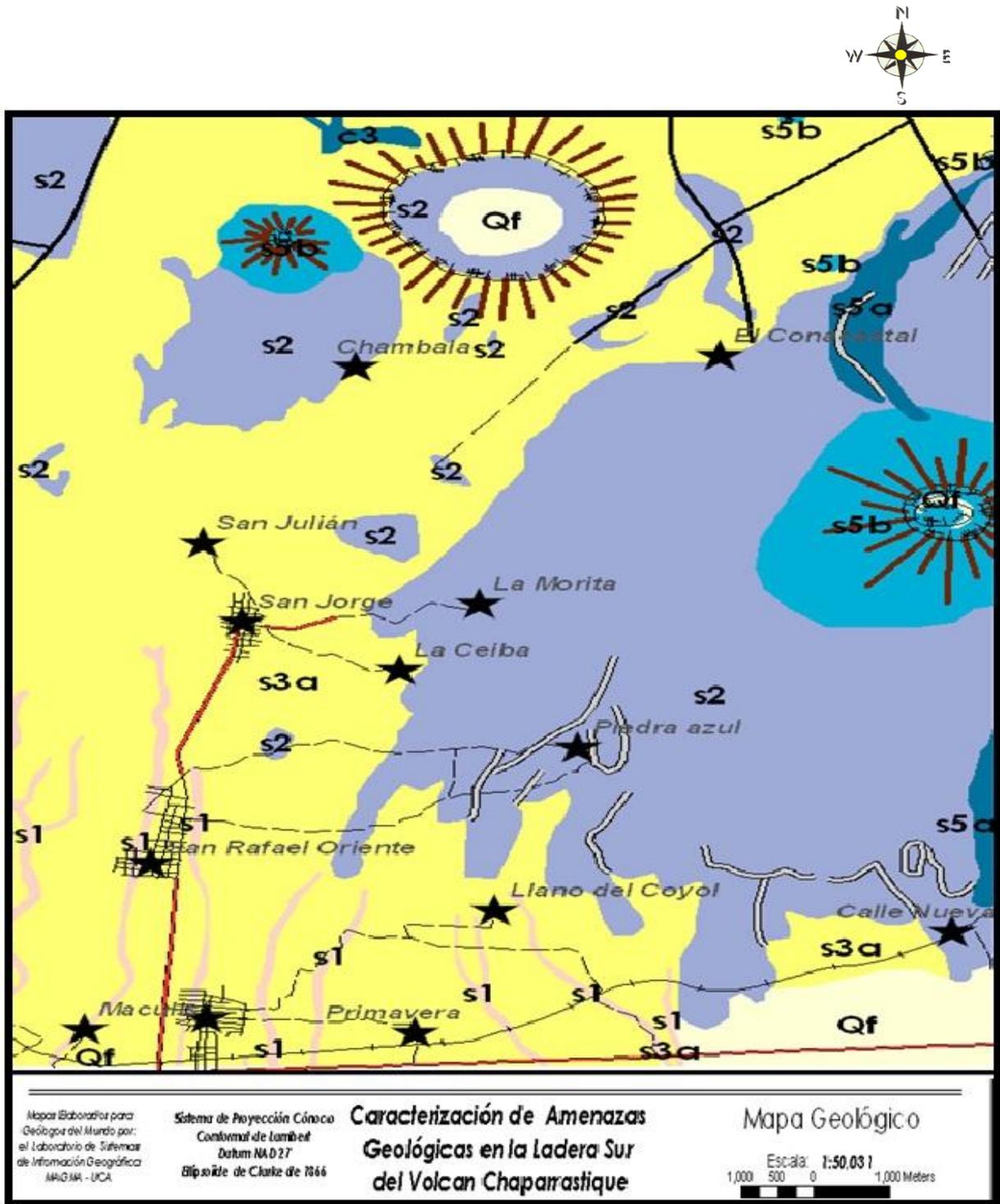


Figura 3-4 Mapa Geológico de Zona en Estudio.

FUENTE: Caracterización de amenazas en la ladera sur-occidental del volcán de San Miguel.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTAS DE OBRAS DE CORRECCIÓN PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO DEL DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.

TABLA 3.4 Descripción de los diferentes materiales agrupados de la Figura 3-4.

Marco geológico local	
s1	Wiesemann (1978) la define como una secuencia de piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, localmente efusivas básicas-intermedias.
s2	Wiesemann (1978), la describe como una secuencia de rocas volcánicas básicas intermedias, piroclastitas asociadas.
s3'a	Wiesemann et al (1978), la describen como una secuencia de piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas (tobas color café).
s5'a	Wiesermann et al (1978) la describe como una secuencia de rocas efusivas básicas intermedias. Serían basaltos o basaltoandesitas.
s5'b	Wiesermann et al (1978) lo describen como una acumulación de escorias, tobas de lapilli y Zinder.
Q'f.	Son gravas, arenas y limos de origen eluvial y coluvial. Su presencia se restringe al interior de las calderas de los volcanes de San Miguel y en la de la Laguna Seca del Pacayal. En este último caso cubre la totalidad del fondo de la misma.

FUENTE: Caracterización de amenazas en la ladera sur-occidental del volcán de San Miguel.

3.1.5 MORFOLOGÍA.

➤ MORFOLOGIA ALTA

Son formas del relieve terrestre que presentan grandes ondulaciones, por ejemplo, en nuestro estudio, el Volcán Chaparrastique, San Miguel presenta grandes diferencias de elevación, sus pendientes presentan cambios bruscos, característico de las zonas con volcanes y cerros. En la morfología alta, predominan las grandes diferencias de elevación; en ellas las laderas oscilan entre moderadas y abruptas y se unen formando algunas divisiones estrechas y formas como cuchillas y picos.



Figura 3.5 Muestra de la Morfología Alta de la Quebrada El Tránsito. (Noviembre 2011).

En nuestro país a una elevación mayor de 710 metros sobre el nivel del mar (msnm) y menor que 1910 msnm, se le puede considerar un cerro; a una elevación mayor que 1370 msnm y menor que 2125 msnm, si tiene cráter se le puede considerar un volcán. En la figura 3-5 puede apreciarse lo que es la morfología alta, esta fotografía fue tomada en la parte alta del municipio de San Jorge, el cual está dentro de la Zona en Estudio.

➤ **MORFOLOGIA BAJA**

Son las formas de relieve terrestre que presentan ondulaciones suaves y pendientes moderadas, como es el caso de la meseta central y la llanura aluvial costera de El Salvador, en ésta se puede encontrar un relieve casi horizontal, planicies con muy ligeras irregularidades a poca elevación sobre el nivel del mar. En la morfología baja, predomina el terreno suave sobre el quebrado, pero es posible encontrar en ella cañones o valles estrechos y profundos que originan grandes desniveles en el relieve, es decir, el relieve es llano o casi llano y elevado, de forma tal, que uno de sus lados se eleva abruptamente sobre la región inmediata. Estas formas de relieve se encuentran en los municipios de El Tránsito, Ereaguayquin y Concepción Batres.

3.1.6 CLIMA

Según la clasificación climática de *Köppen*, la zona de estudio está dentro de la Región Climática de los Trópicos Semihúmedos. En la figura 3-6 se muestran las zonas de acuerdo a la altitud y en la tabla 3-5 se describen a cada una de ellas.

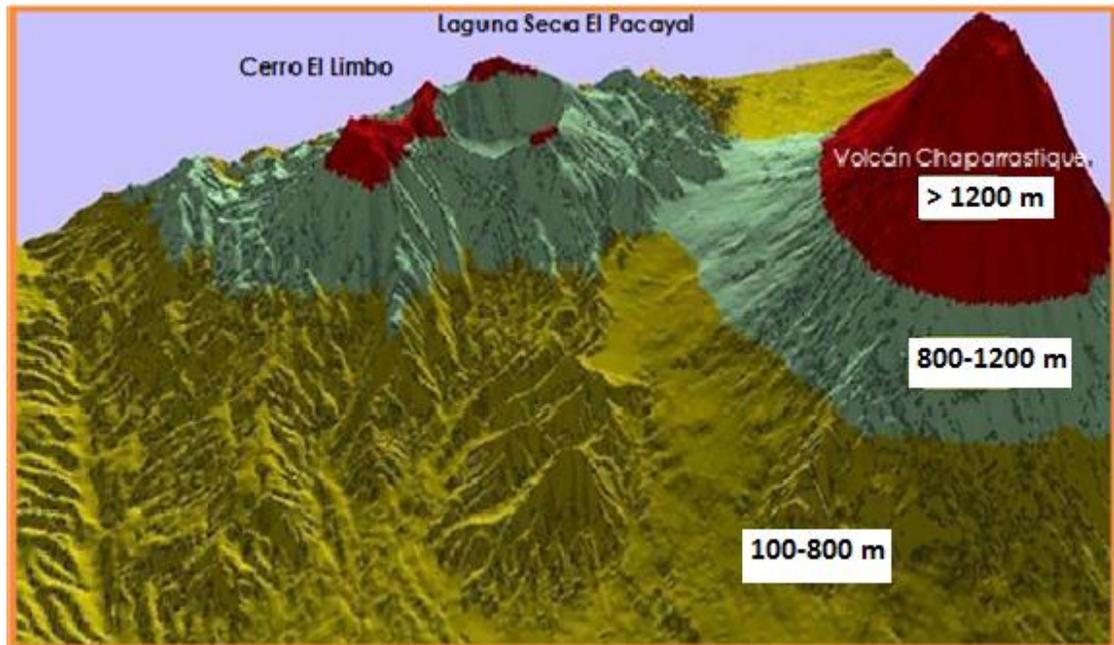


Figura 3-6 Zonas Climáticas de la Zona en Estudio.

TABLA 3-5 Clasificación Climática de Köppen, de la Zona de Estudio.

<p>Sabana tropical caliente o Tierra caliente</p> 	<p>Corresponde a la parte baja de la zona de estudio. Agrupa las zonas situadas entre los 100 y 800 m de altura sobre el nivel del mar, abarcando el área comprendida desde la carretera del Litoral hasta las faldas del volcán de San Miguel, y las de la Laguna Seca del Pacayal, hasta los 800 m de altura.</p> <p>Las temperaturas medias mensuales oscilan entre 25 y 29° C, con una precipitación media superior a los 1.400 mm.</p>
<p>Sabana tropical calurosa o Tierra templada</p> 	<p>Se trata de áreas con elevaciones entre 800 y 1200 m. Corresponde a la franja limitada por estas cotas en el volcán de San Miguel y la parte más alta de la Laguna Seca del Pacayal.</p> <p>En esta zona se registran temperaturas anuales de 19 a 21° C, siendo la precipitación media anual de 1800 mm.</p>
<p>Clima tropical de las alturas o Tierra Templada</p> 	<p>Este clima afecta a las elevaciones superiores a los 1200 m. Dentro del área de estudio correspondería a las zonas más altas del volcán de San Miguel.</p> <p>Las variaciones de temperatura son de 16 a 19° C, con escaso riesgo de heladas.</p>

Fuente: Estudio de Caracterización de Amenazas Geológicas en la Ladera Sur – Occidental del Volcán Chaparrástique (José de San Antonio GM)

3.1.7 VEGETACIÓN

La flora se distribuye en el lugar en Bosque húmedo Subtropical [bh-S] y en transición a tropical, Bosque húmedo Subtropical [bh-S(c)], Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical [bmh-MBS] y Bosque muy húmedo Subtropical [bmh-S], (ver figura 3-7). Las especies arbóreas presentes en el lugar son mostradas en la tabla 3-6, en donde se puede observar que las especies de Ojushte, Papaturo y Conacaste; existen en los cuatro municipios que conforman a la zona de estudio.

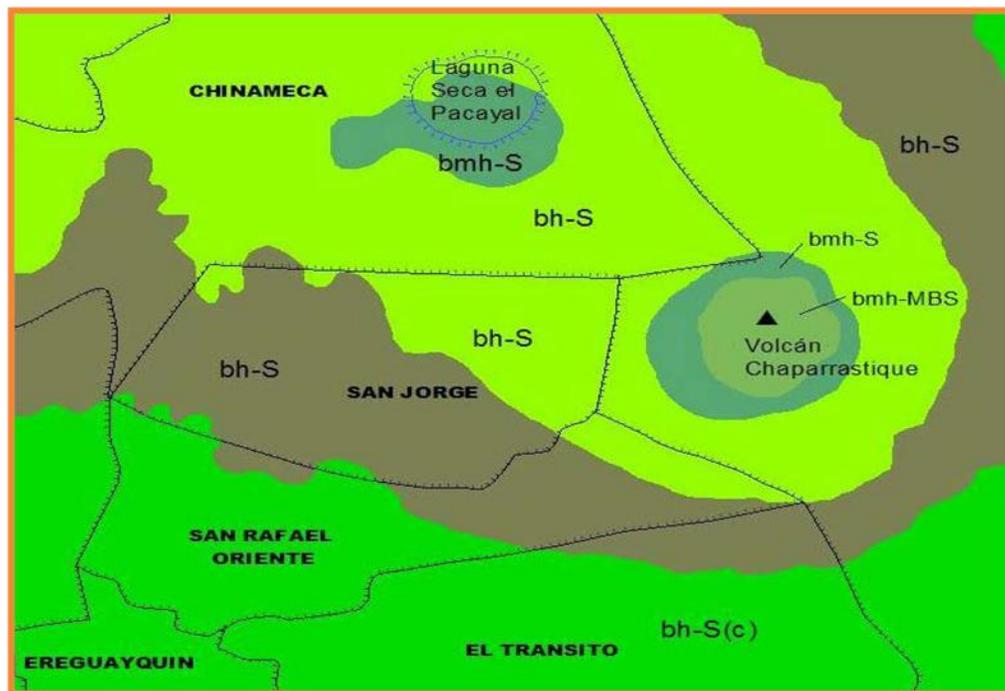


Figura 3-7. Zonas de Vida.

Fuente: Mapa de Holdridge, publicado por el MARN en el Sistema Ambiental de El Salvador.

TABLA 3-6. Especies arbóreas más importantes.

Municipio	Chinameca	San Rafael Oriente	San Jorge	El Tránsito	Total
Ojushte	*	*	*	*	4
Papaturro	*	*	*	*	4
Conacaste	*	*	*	*	4
Morro	*	*		*	3
Pepeto	*	*	*	*	4
Madrecacao	*	*	*	*	4
Nance		*		*	2
Roble		*	*		2
Volador	*			*	2
Palo Blanco	*			*	2
Cedro			*		1
Copinol			*		1
Tambor			*		1
Zopilocuavo			*		1
Capulín de monte			*		1
Níspero			*		1
Ocote				*	1
Chaparro					
Botoncillo					

3.1.8 SUELOS

La mayoría de los suelos de la zona de estudio son Andisoles (80%); le sigue en porcentaje de extensión territorial los Litosoles (17.8%), ubicados en los alrededores del volcán Chaparrastique y Chinameca; y finalmente, se tienen Latosoles arcillo rojizos en una mínima cantidad (1.2%) ubicados al este del caserío Camposanto del Cantón San Andrés de San Miguel.

En relación al uso del suelo se establece que a partir del año 1979 hasta el 2002 no existía un cambio significativo en la cobertura boscosa de la zona, pero del año 2002 al 2011 el cambio ha sido bastante notable. Esta conclusión se determinó al comparar la Imagen Satelital del año 2002 con una reciente del año 2011, ver figura 3-8. Coincidiendo con la distintas visitas de campo y la información proporcionada por habitantes del lugar.

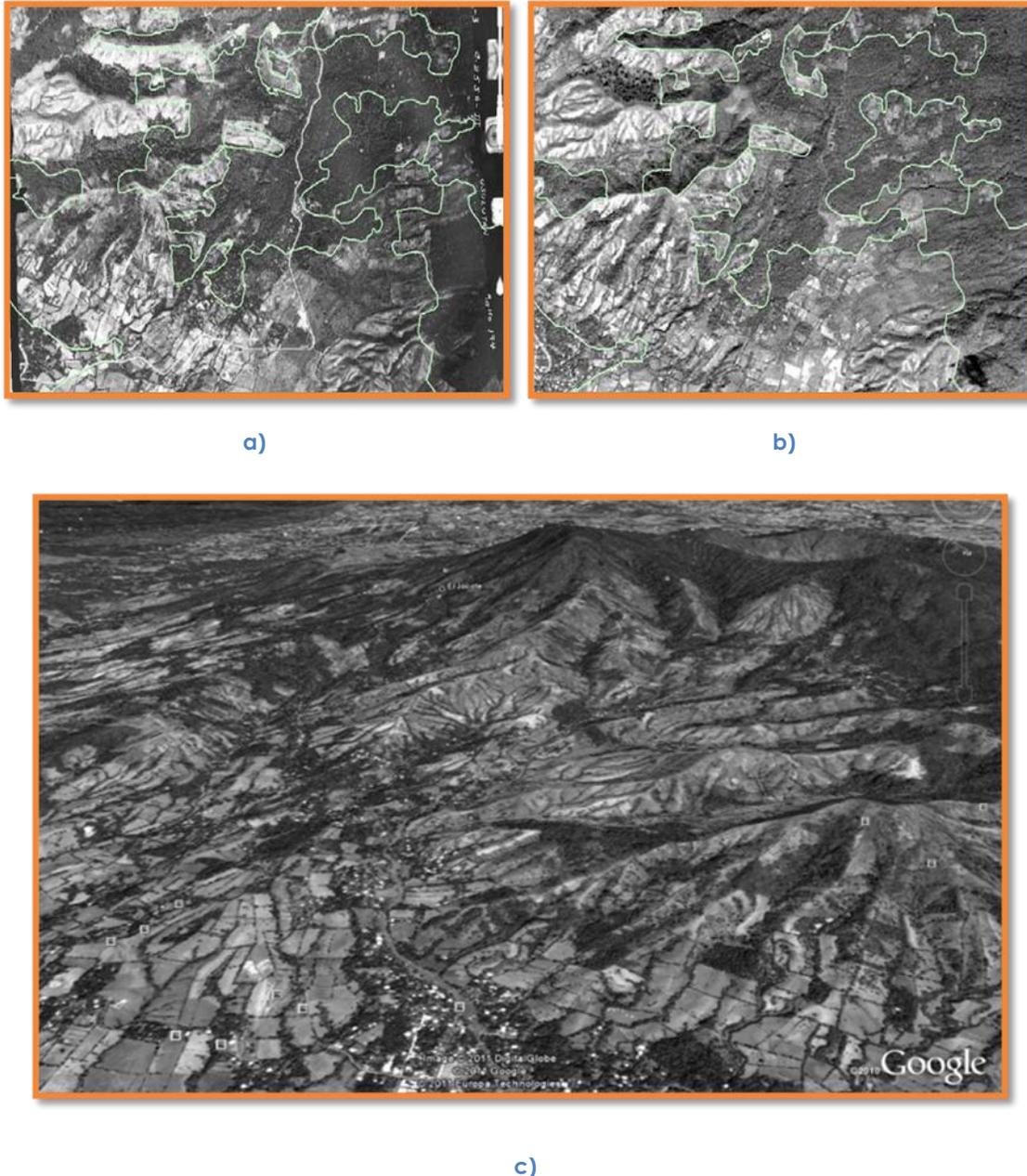


Figura 3-8. a) Fotografía aérea de 1979, b) Imagen Satelital IRS 2002, c) Imagen Satelital Google Earth 2011; Muestras de los Cambios de la Cobertura Boscosa de la Zona.

Fuente: Estudio de Caracterización de Amenazas Geológicas en la Ladera Sur – Occidental del Volcán Chaparrástique (José de San Antonio GM)

3. 2 CARACTERIZACIÓN SOCIO-ECONÓMICA

3.2.1 DIVISIÓN POLÍTICO – ADMINISTRATIVO

La zona de estudio intercepta a los municipios de: El Tránsito, San Rafael Oriente, San Jorge y Chinameca. En la tabla 3-7 se muestran los departamentos, los cantones, los caseríos y barrios que comprende la zona de estudio.

Se encuentran dentro de ellos 6 cantones y tres centros urbanos, estos son: El Conacastal, Chambala, La Ceiba, La Morita, San Julián, Piedra Azul, zona urbana de El Tránsito, zona urbana de San Rafael Oriente y zona urbana de San Jorge.

TABLA 3-7 Cantones, Caseríos y Barrios de los municipios involucrados y los cheques (×) constituyen a la zona de estudio. (Valores entre paréntesis el área en km²).

Departamento	Municipio	Cantón / Zona Urbana	Caseríos / Barrios
SAN MIGUEL	CHINAMECA	Zona Urbana (1.93)	Yusique, El Calvario, Dolores, Nueva España, San Juan y El Centro
		Boquerón (1.40)	Boquerón
		✓ Conacastal (14.78)	Conacastal y La Placita
		Copinol Primero (4.31)	Copinol Primero
		✓ Chambala (9.51)	Chambala
		El Jocote San Isidro (5.09)	El Jocote San Isidro
		Jocote Dulce (7.76)	Jocote Dulce
		La Cruz Primero (4.89)	La Cruz Primero
		La Cruz Segundo (7.46)	La Cruz Primero
		La Peña (4.52)	La Peña y El Ratón
		Las Marías (7.60)	Las Marías y El Volcancito
		Las Mesas (4.69)	Las Mesas
		Ojo de Agua (2.81)	Ojo de Agua
		Oromontique (3.91)	Oromontique
		San Antonio (1.87)	San Antonio
		San Pedro Arenales (1.72)	San Pedro Arenales
		Zaragoza (6.13)	Zaragoza, El Llano y El Llanito
		Copinol Segundo (1.61)	Copinol Segundo
		Los Planes Primero (3.27)	Los Planes Primero
	SAN JORGE	✓ Zona Urbana (1.82)	El Centro, Santa Rosa, Concepción, Nuevo París
		Candelaria (3.32)	Candelaria, Jucuarán y Chambala
		Joya de Ventura (7.38)	Joya de Ventura y El Roble
		✓ La Ceiba (9.28)	La Ceiba
		✓ La Morita (9.05)	La Morita
		✓ San Julián (6.70)	San Julián
	SAN RAFAEL ORIENTE	✓ Zona Urbana (3.56)	El Calvario, San Juan, San Benito y La Merced
		Los Zelaya (4.81)	Los Zelaya y El Macho
		✓ Piedra Azul (25.88)	Piedra Azul, Los Pocitos, La Crucita o Piedra Azul Arriba, Los Girón, La Piedrona y El Chirrión
		Rodeo de Pedrón (5.70)	Rodeo de Pedrón, Los Lizama, La Jícama y El Gato
		Santa Clara (4.28)	Santa Clara y Los Lemus
	EL TRÁNSITO	✓ Zona Urbana (3.21)	El Centro, San Carlos, Concepción, La Cruz y San Francisco
		Calle Nueva (19.99)	Calle Nueva y Calle Nueva Abajo
		Llano El Coyol (14.22)	Llano El Coyol y Piedra Pacha
		Primavera o Meangulo (11.58)	Primavera o Meangulo
		Moropala (25.62)	Moropala y Vado Marín

Rehabilitación y manejo de las sub-cuenca El Tránsito y de la vertiente sur del Volcán Chaparrastique.

ISF-FINLANDIA / Solidaridad Internacional / OIKOS Solidaridad / UCA, San Salvador, Abril de 2004.

3.2.2 DIMENSIONES MUNICIPALES Y CANTONALES.

Las extensiones territoriales de los cantones en km² son mostradas por los valores en paréntesis de la Tabla 3-7 y las áreas municipales son mostradas en la Tabla 3-8.

MUNICIPIO \ ZONA	Urbana	Rural	Total (Área Municipal)
Chinameca	1.93	93.34	95.27
San Jorge	1.82	35.73	37.55
San Rafael Oriente	3.56	39.41	42.97
El Tránsito	3.21	71.42	74.63
AREA TOTAL	10.52	239.9	250.42

TABLA 3-8 Áreas Municipales.

3.2.3 USO DE SUELOS Y CLASES DE TIERRAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

Los usos que se le puede dar a la tierra dependen del tipo de suelo, profundidad, potencial de hidrógeno (pH), elevación, pendiente, entre otras. En nuestro país esta información es representada en forma cartográfica por medio del mapa denominado "Clases de Tierras de El Salvador" (ver figura 3-9). Este tipo de cartografía divide al territorio en dos grandes grupos: las tierras adecuadas para prácticas intensivas de agricultura y las que no son adecuadas. Subdividiéndose en las siguientes clases presentes en la zona de estudio: I, II, III, IV, VI, VII y VIII. En la tabla 3-9 se presente una descripción completa de cada una de estas clases, tomada del Sistema Ambiental de El Salvador, publicado por el MARN.

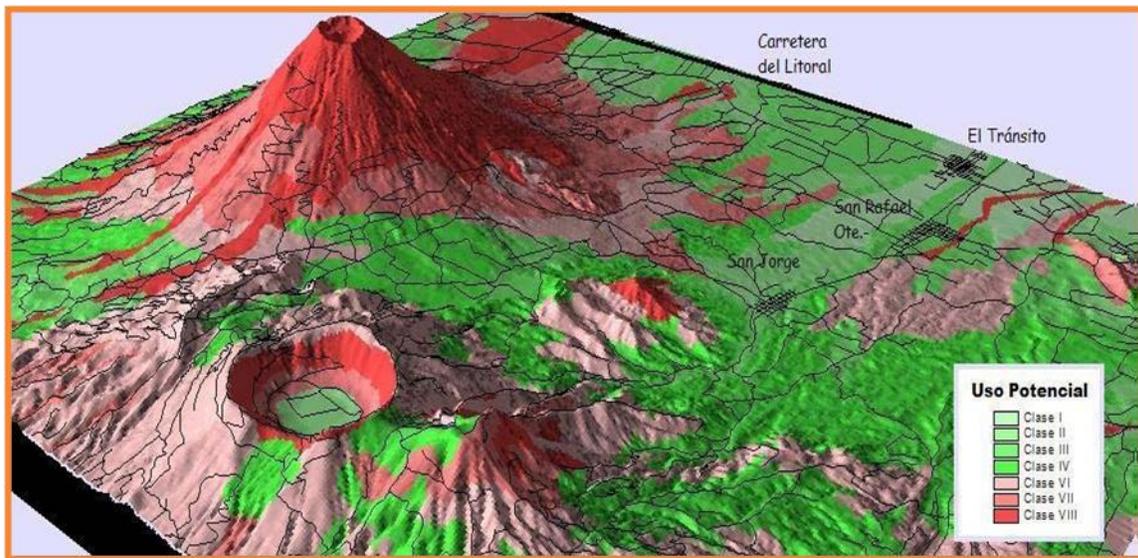


Figura 3.9 Perspectiva tridimensional de las Clases de Tierras.

Rehabilitación y manejo de las sub-cuenca El Tránsito y de la vertiente sur del Volcán Chaparrastique.

ISF-FINLANDIA / Solidaridad Internacional / OIKOS Solidaridad / UCA, San Salvador, Abril de 2004.

TABLA 3-9 Descripción de las diferentes clases de tierras.

Tierras Adecuadas para Cultivos Intensivos	
Clase I	Adecuadas, en general, para cualquier uso agronómico.
Clase II	Limitaciones de uso son pocas y son tierras que requieren prácticas cuidadosas de manejo y moderadas prácticas de conservación. Estas son fáciles de aplicar.
Clase III	Tierras que tienen algunas limitaciones para los cultivos intensivos y requieren prácticas y obras especiales de conservación, algo difíciles y costosas de aplicar.
Clase IV	Las tierras de estas clases tienen severas limitaciones que restringen la elección de plantas. Requieren cuidadosas prácticas y obras de manejo y conservación costosas de aplicar y mantener.
Tierras de Uso Limitado	
Clase VI	Las Tierras de esta clase tienen limitaciones muy severas que hacen inadecuado su uso para cultivos intensivos y lo limitan para cultivos permanentes como frutales, bosques y praderas. Se requieren usar cuidadosas medidas de conservación y manejo.
Clase VII	Tierras con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos. Restringen su uso para la vegetación permanente como bosques y praderas los cuales requieren un manejo muy cuidadoso. Estas tierras tienen limitaciones permanentes que en general son pendientes muy abruptas y suelos muy superficiales.
Clase VIII	Las tierras de esta clase están restringidas para el uso agrícola. Aptas únicamente para vegetación permanente de protección de vida silvestre o recreación.

3.2.4 LUGARES CON APTITUD PARA CULTIVOS INTENSIVOS.

Se consideran a las clases I, II, III y IV adecuadas para prácticas agronómicas intensivas y las clases VI, VII y VIII tierras de uso agrícola limitado. Al aumentar el número que representa a cada clase se dice que la tierra reduce su vocación agrícola y se incrementa la vulnerabilidad ante usos de suelos diferentes a los forestales. En la figura 3-9 se puede observar los suelos de la región adecuados para cultivos intensivos.

3.2.5 CULTIVOS RECOMENDADOS.

Las diferentes clases de suelo identificadas pueden combinarse con las elevaciones del terreno para poder establecer si un cultivo en particular es adecuado para la región. En la Tabla 3-10 se muestra una serie de cultivos recomendados en base a la clase de suelo y la altura sobre el nivel del mar.

El Tabaco es un cultivo que puede generar los mejores beneficios si es sembrado en suelos de la clase I, II o III y a una altura no mayor a 600 metros sobre el nivel del mar, en cambio el frijol puede sembrarse en estas mismas clases de tierras pero en las que su altura oscílele entre 400 y 800 metros. La zona geográfica que cumpla ambas condiciones (elevaciones entre 400 y 600 metros) podrá dedicarse al cultivo que se estime conveniente.

TABLA 3-10 Clasificación de cultivos según su clase y elevación.

Cultivo	Clase de Suelo	Altura sobre el nivel del mar	Cultivo	Clase de Suelo	Altura sobre el nivel del mar
Algodón	I-II-III	Hasta 400	Tomate (época seca)	II-VI-IV	Hasta 600
Maíz	I-II-IV	Hasta 1200	Tomate (época lluviosa)	I-II-III	Hasta 600
Maicillo	I-II-IV	Hasta 1200	Para pasto Alemán	IV-V-VI	Hasta 500
Frijol	I-II-III	400 - 800	Para pasto Pangol	II-III-IV	Hasta 800
Plátano	I-II-III	Hasta 800	Arroz (época lluviosa)	VI-V-VI	Hasta 600
Cítricos	I-II-III	Hasta 1500	Tabaco	I-II-III	Hasta 600
Caña	II-III	25 - 800	Aguacate	-II-III	200 - 800
Yuca	II-III	Hasta 600	Café	II- III-IV	400 - 1800
Kenaf	II- III- IV	Hasta 300	Marañón	II- III-IV	Hasta 800
Melón- Sandía (época seca)	II- III- IV	Hasta 400	Pino	II-III-IV	200 – 2700
Conacaste	II- III-IV	Hasta 600			

Rehabilitación y manejo de las sub-cuenca El Tránsito y de la vertiente sur del Volcán Chaparrastique.

ISF-FINLANDIA / Solidaridad Internacional / OIKOS Solidaridad / UCA, San Salvador, Abril de 2004.



a) Tabaco



b) Frijol



c) Maíz



d) Café



e) Plátano

Figuras 3-10, Tipos de cultivos en la zona de estudio. (Noviembre 2011).

Fuente: Grupo de Tesis

3. 3 CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL.

3.3.1 FACTORES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO AMBIENTAL EN LA SUB-CUENCA EL TRÁNSITO.

Por la ubicación de la Sub-cuenca de El Tránsito, al pie del volcán Chaparrastique, podemos considerarla como un sistema dinámico natural y socio-económico que genera una situación de riesgo en la que interactúan múltiples factores, regidos por diferentes eventos de carácter natural e inducidos por la mano del ser humano. Estos a su vez se pueden clasificar en frecuentes y poco frecuentes o anormales, por lo tanto podemos concluir:

- a) Las erupciones volcánicas, el flujo de lava y caída de cenizas y escorias son eventos anormales o poco frecuentes, que según datos históricos suelen darse cada 3 o 4 décadas, entrando en actividad el volcán Chaparrastique la última vez en 1976, justo hace 35 años.

- b) Los flujos de lodo o lahares y las avalanchas son eventos frecuentes, que suelen darse normalmente en la época de lluvias, ubicando como zonas vulnerables a estos eventos todos los cantones de la zona. Según estudios realizados por el Departamento de Interior de los Estados Unidos y por el Centro de Investigaciones Geotécnicas de El Salvador (CIG), los flujos de lodo se generan principalmente por las condiciones geomorfológicas del material gravilloso que se encuentra en las paredes y faldas del volcán, con estratos granulares de gran friabilidad, que en la época de lluvia constituyen un constante peligro por los derrumbes que se ocasionan.

c) Pobreza y alta densidad poblacional. Otros factores que incrementan el nivel de riesgos en la zona son la pobreza y la sobre población. El departamento de San Miguel se encuentra entre los tres departamentos más poblados de todo El Salvador, con una tasa demográfica de 194 habitantes por km², y con una situación de pobreza significativa en el área rural, sobre todo después de ocurridos el huracán Mitch en 1998 y los terremotos de enero y febrero del 2001. Esto obviamente crea un panorama en el que los pobladores de menos recursos no tienen acceso a tierras seguras y de buena fertilidad, por lo que habitan y cultivan zonas marginales o de alto riesgo, inmediatas a las quebradas y laderas empinadas de gran pendiente cercanas al volcán, con lo que elevan al máximo su exposición a los desastres. Por otra parte este panorama social genera una gran presión sobre los recursos naturales de la zona, la deforestación masiva a través de la extracción de madera primordialmente con fines energéticos, los incendios y el pastoreo, la realización de prácticas agrícolas inadecuadas y el cultivo en suelos marginales, el vertido de basuras y el uso irracional de agroquímicos, la extracción descontrolada de áridos en el cauce central y tributarios de la Sub-cuenca, constituyen las causas principales de la devastación.

d) A este panorama se suma la falta de capacidad administrativa y ejecutiva de los municipios de la zona, para poder aplicar los instrumentos de gestión y ordenamiento medio ambiental, a modo de normar y/o regular la actividad humana sobre el uso y manejo de la Sub-cuenca, especialmente en zonas críticas o de uso restringido, a modo de que haya una recuperación rápida y efectiva tras los desastres y que las medidas de mitigación y prevención se hayan podido implementar con el suficiente tiempo de anticipación. A esto se agrega la ausencia de iniciativas para impulsar planes de concertación entre las alcaldías para implementar ordenanzas municipales y de capacidad de poder abordar problemas comunes, que se enmarquen dentro de las iniciativas nacionales.

3.3.2 FACTORES DEL DETERIORO AMBIENTAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Analizando los vínculos existentes entre la actividad humana, los procesos naturales, panorama administrativo y la interdependencia entre las secciones altas y bajas de las Sub-cuenca de El Tránsito, y el escaso desarrollo en materia agrícola, ambiental y socio económica, se consideran como factores del deterioro ambiental del área de estudio las siguientes:

3.3.2.1 CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE E INSALUBRIDAD PÚBLICA.

La utilización desmesurada de agroquímicos en la agricultura y la acumulación de basura esencialmente en la quebrada El Tránsito, se constituyen en amenazas que crean un ambiente de vulnerabilidad, con posibilidades de eclosión de epidemias y la contaminación de las fuentes de agua y de los alimentos que se producen en la agricultura, así como la intoxicación de los agricultores por la utilización desmesurada de pesticidas.



Figura 3-11, Municipio de San Jorge, deposito final de material en el Barrio Concepción; que luego es transportado, el cual disminuye la capacidad hidráulica de las obras de paso. (Junio 2011).



Figura 3-12, Acumulación de basura, lo cual hace aumentar el volumen de sedimentación de la quebrada. (Junio 2011).

3.3.2.2 PROFUNDIZACIÓN DEL MANTO FREÁTICO Y DESAPARICIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA.

Fenómeno que se genera ante la pérdida acelerada de la cobertura vegetal y la realización de prácticas agrícolas en condiciones físicas en las que predominan una topografía de relieve accidentado, con pendientes que superan en algunos casos el 50%, como es el caso de la cabecera y área de influencia de la Sub-cuenca de El Tránsito, esto induce a que los niveles de infiltración / retención del agua en el suelo disminuyan, y por lo tanto se reduzca la capacidad de recarga del acuífero, generándose también una gran escorrentía superficial que desciende rápidamente hacia el cauce principal, llegándose a convertir en flujos de agua y lodo en forma de torrentes de gran energía y tamaño.

Se logró observar el problema del depósito final de aguas negras provenientes del municipio de el Transito las cuales son transportadas hacia la quebrada El Tránsito y esta a su vez hacia el Rio Grande; durante este transporte se produce infiltración en las tierras del Cantón Hacienda Nueva que es un lugar donde hay una gran cantidad de acuíferos que se ven afectados por esta problemática, todo lo anterior incrementa el porcentaje de contaminación en dicho lugar.



Figura 3-13, Perdida de cobertura vegetal en terrenos con pendientes que superan el 50%. (Noviembre 2011).



Figura 3-14, Punto de descarga de aguas residuales del Municipio de El Tránsito sin tratamiento debido, generando problemas de contaminación. (Noviembre 2011).

3.3.2.3 INUNDACIONES.

Ante la presencia de derrumbes, Lahares y los procesos erosivos inducidos en gran medida por la acción del hombre, es inminente el ingreso de grandes cantidades de sedimento al cause central "Quebrada El Tránsito", y la colmatación del mismo. Esto hace que el canal modifique su forma o cauce ante la deposición constante de sedimentos que cada torrente trae con sigo, elevándose el lecho hasta el nivel de los terrenos aledaños, con lo que la amenaza de desbordamiento e inundación cada vez es más evidente. Esto se constata tras las inundaciones que el municipio de El Tránsito ha venido sufriendo, ocasionándose daños económicos, físicos y de salud pública, constituyéndose en una constante amenaza para el municipio y sus alrededores. Por otra parte si bien se han venido implementando diques laterales (bordas) como medida preventiva,

estas han sido obras de carácter temporal, ya que la extracción de arena se realiza de forma incontrolada y por lo tanto año tras año se destruyen las bordas y deforma el lecho de la quebrada.

3.3.2.4 DESAPARICIÓN DE INFRAESTRUCTURA.

La erosión lateral y el azolvamiento en el canal de la quebrada, ocasionará con el paso del tiempo un efecto destructivo sobre casas, carreteras, escuelas, puentes, etc. que se encuentren cercanas a la quebrada, poniendo en situación de riesgo a muchas personas.



Figura 3-15, Daños ocasionados a un muro de protección transversal construido en el Barrio Concepción de San Jorge, para evitar el ingreso del agua a las viviendas aledañas. (Junio 2011).

3.3.2.5 PÉRDIDA DE SUELO FÉRTIL.

Este parece ser otro factor que determinara a mediano y largo plazo las posibilidades de sobre vivencia de la gente de escasos recursos en la zona, vemos que realmente los suelos presentan grandes restricciones en su capacidad de uso, algo que en la actualidad no se está considerando, tal y como anteriormente se ha mencionado los suelos son bastante frágiles y susceptibles al fenómeno de la erosión, por ser de origen volcánico y de escasa adherencia (andisoles). A pesar de esto se cultiva en pendientes que superan el 50% de inclinación, realizándose labores inadecuadas de preparación del suelo.



Figura 3-16 Perdida de terrenos fértiles producto de los derrumbes que se dan debido a la saturación del suelo en la época lluviosa en la parte alta de la Quebrada El Tránsito. (Septiembre 2011).

3.3.2.6 INSEGURIDAD EN LA TENENCIA DE LA TIERRA.

A la fecha existen personas que se han apoderado de tierras en zonas de la quebrada en el que el nivel de colmatación ha aumentado y que consideran ellos como zonas seguras debido a que la escorrentía ya no circula por esos puntos, este fenómeno se da en su mayoría en la zona sur del municipio de San Rafael Oriente.

Haciendo un análisis de todo esto, vemos que la situación de riesgo establece un nexo entre la pobreza, la degradación ambiental y la vulnerabilidad de la zona hacia los desastres, que se traduce en un incremento progresivo de la pobreza.

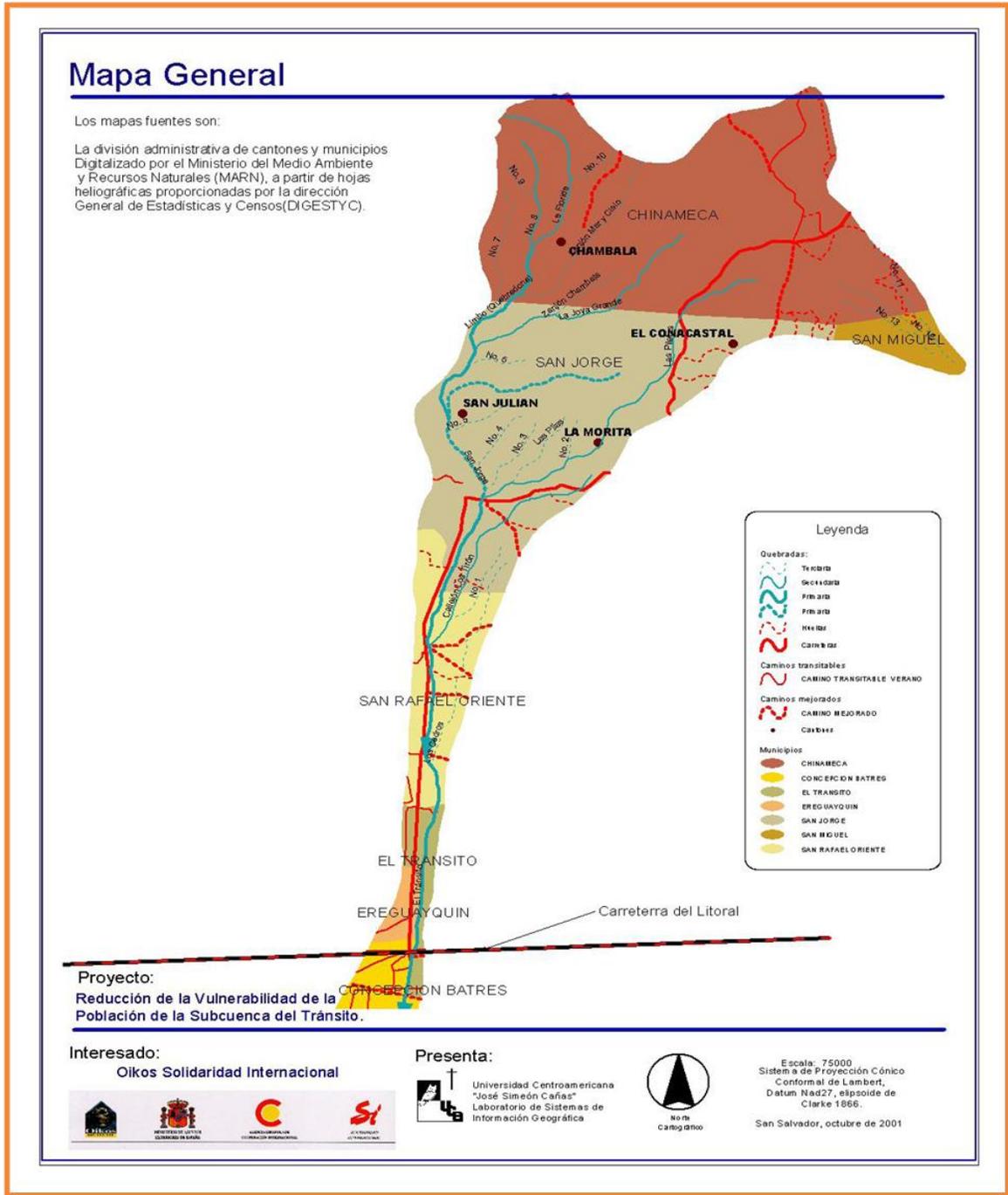


Figura 3-17 Mapa de vulnerabilidad y distribución administrativa de la Subcuenca El Tránsito.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE INTERÉS DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO.

3.4.1 ANÁLISIS DE CRITERIOS DE CAMPO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS SECTORES CRÍTICOS DE EROSIÓN.

Para nuestro estudio hemos identificado dos etapas con el fin de poder determinar los sectores de interés a proponer obras de corrección; las cuales son:

- A) La información que los habitantes aledaños a la quebrada nos puedan proporcionar, ya que ellos son los afectados por el problema de la erosión hídrica.

- B) La identificación obtenida por medio de la visitas de campo en la zonas afectadas, para determinar el lugar específico de ubicación de las obras.

3.4.2 CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS DE LAS VISITAS DE CAMPO A LO LARGO DE LA QUEBRADA EL TRANSITO.

3.4.2.1 ALTERACIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA.

Identificación: Por medio de las diferentes visitas de campo realizadas, se identifico que las zonas donde hay erosión hídrica en la quebrada, se denota que la pendiente es mayor. Es decir en la parte alta y media de la Quebrada El Tránsito, debido a que es la zona que ha sido deteriorada por la mano del hombre y fenómenos naturales. La quebrada comienza en la parte alta del volcán de Chaparrastique aproximadamente a 2130 m.s.n.m. Además que se le unen otros afluentes en el transcurso del cauce.



Figura 3-18, Barrio Concepción del Municipio de San Jorge, en este punto se denota los efectos que ha generado la Erosión Hídrica ya que el canal natural de la quebrada ha cambiado notablemente. (Septiembre 2011).



Figura 3-19, Barrio Santa Rosa del Municipio de San Jorge, obra construida en el año 2002 para disminuir los efectos de la Erosión Hídrica, en la cual se pueden observar rocas de gran tamaño que han sido arrastradas por la corriente hídrica. (Junio 2011).

3.4.2.2 HIDROLÓGICOS.

Identificación: La zona media del cauce está ubicada entre los Municipios de San Jorge y San Rafael Oriente; por lo que nos damos cuenta que al haber precipitaciones la escorrentía es excesiva debido a la impermeabilización de los suelos y a la poca infiltración y evapotranspiración del agua en la parte alta de cuenca, que disminuyen con la deforestación y el mal uso del suelo. El cual aumenta el proceso de erosión en la zona media generando cárcavas.



Figura 3-20, Escorrentía excesiva debido a la poca impermeabilización de los suelos en la parte alta de la cuenca. (Septiembre 2011).



Figura 3-21, Municipio de San Rafael Oriente, punto donde el acceso de los pobladores está limitado debido a los cambio de la quebrada en su estado natural causados por la Erosión Hídrica. (Mayo 2011).



Figura 3-22, Municipio de San Rafael Oriente, generación de cárcavas debido al arrastre de sedimentos por el aumento de la velocidad del agua. (Junio 2011).

3.4.2.3 VEGETACIÓN.

Identificación vegetal: La parte alta de la Quebrada El Tránsito se encuentra limitada de vegetación, debido a los daños provocados por la mano del hombre en el uso del suelo con fines agrícolas y la construcción de viviendas en sitios no recomendables que se están llevando a cabo y la poca conservación de las zonas de protección que se requieren por la ley que dentro de esta es recomendada la siembra de plantas y árboles.



Figura 3-23, Zona deforestada para fines agrícolas. (Noviembre 2011).

En la parte media de la quebrada encontramos zonas habitadas sin tomar en cuenta las áreas de protección necesarias para prevenir daños posteriores; también se identificaron terrenos que están siendo utilizados para fines agrícolas y la tala de árboles. Pero estos no son permanentes debido al suelo existente en la zona. También se encuentran pastizales naturales y vegetación.



Figura 3-24, Barrio Concepción, San Jorge, vivienda construida en la ribera de la Quebrada El Transito. (Junio 2011).

La parte baja de la cuenca está ubicada en el Municipio de El Tránsito, la cual presenta colmatamiento debido que todo el material que ha sido erosionado de la zona alta y media de la cuenca es depositado en este lugar lo que provoca desbordamiento de la quebrada y inundación de los terrenos agrícolas.



Figura 3-25, Municipio de El Tránsito, colmatamiento debido a la acumulación de sedimentos arrastrados por el paso del agua sobre la quebrada. (Mayo 2011).

3.4.2.4 DETERIORO DE LA CUENCA ALTA.

Identificación: En las distintas visitas realizadas en la parte alta de la Quebrada El Tránsito se observó que uno de los problemas que genera el deterioro de la cuenca es la deforestación, el mal uso del suelo y unido a estos los fenómenos naturales. También por la pendiente natural que presenta la quebrada se identificó la degradación de suelos y el arrastre de sedimentos así como basuras, ramas y otros objetos que sirven de obstáculos en las obras de paso.



Figura 3-26, Cerro El Limbo Ubicado en la Parte alta de la Quebrada El Tránsito (Zona Norte del Municipio de San Jorge) donde los terrenos son utilizados para cultivos agrícolas. (Noviembre 2011).



Figura 3-27, Obra de paso construido en el Municipio de San Jorge, donde la acumulación de material es notable. (Junio 2011).

Con los resultados obtenidos del análisis de identificación, relacionando las dos etapas mencionadas en *la sección 3.4.1 Análisis de Criterios de Campo para la Identificación de los Sectores Críticos de Erosión*. Se señala que los sectores de interés de ubicación de las obras para mitigar los efectos generados por la erosión hídrica; son los que se presentan a continuación en la Tabla 3-11.

TABLA 3.11 Ubicación de las obras a proponer.

Tramo	Sector (MUNICIPIO)	Zona
1	San Jorge	Final de 5ta. Calle Oriente, Barrio Concepción.
		Barrio Santa Rosa, contiguo al Cementerio General.
		Barrio Santa Rosa, final de 1ra Avenida Central Napoleón Vázquez Sur.
2	San Rafael Oriente	Barrio La Merced, 50m al Sur del Puente que conduce a Cantón Piedra Azul.
		Final de 21ª. Calle Oriente, Barrio La Merced.
		Final de 2ª. Calle Oriente, Barrio San Juan .
		Final de 4ta. Calle Oriente, Barrio San Juan.
3	El Tránsito	De la 10ª Calle Poniente del Barrio San Francisco hasta el Cantón Hacienda Nueva.

3.5 CAUSAS Y EFECTOS DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN LA QUEBRADA EL TRÁNSITO.

Causas:

- ✓ La eliminación de vegetación indiscriminada en suelos de aptitud forestal, ya sea por medios mecánicos, químicos o usando el fuego.



Figura 3-28, Muestra de deforestación en suelos de aptitud vegetal.

(Noviembre 2011).

- ✓ La ocurrencia reiterada de incendios forestales en un mismo lugar.
- ✓ Los cambios climáticos, los desastres naturales, contribuyen a la degradación del suelo en zonas secas y frágiles.



Figura 3-29, Ilustración de incendios forestales. (Noviembre 2011).

- ✓ La realización de cultivos en cerros o terrenos inclinados, haciendo la labranza en el mismo sentido de la pendiente.



Figura 3-30, labranza del suelo, para cultivo en el mismo sentido de la pendiente. (Noviembre 2011).

- ✓ La sobrecarga de un potrero con animales, lo que se traduce en la pérdida de su capacidad para regenerar hierba o pasto, exponiendo la capa superior del suelo a la erosión.

- ✓ Los agricultores al aflojar la capa superior del suelo para la preparación de almácigos y luego dejarlo por mucho tiempo. Esta capa superior del suelo está sometido a la erosión causada por la lluvia y el viento.

- ✓ La extracción indiscriminada de materiales para fines constructivos en la realización de obras civiles, modificando la pendiente natural del cauce.

Efectos:

- Incremento de riesgos de deslizamiento y desprendimiento del suelo.



Figura 3-31, Formación de cárcavas por el desprendimiento del suelo.

(Noviembre 2011).

- Formación de arenales y graveras en las zonas fértiles.
- ✓ La reducción de la cobertura vegetal genera desaparición de algunas especies (animales).
- ✓ Desplazamiento de población hacia ciudades, provocadas por el empobrecimiento de las zonas rurales afectadas.
- ✓ Reducción de la humedad ambiental aportada por la vegetación.



Figura 3-32, Pérdida de la infiltración del agua debido a la eliminación acelerada de la vegetación. (Noviembre 2011).

- ✓ La capa superior del suelo es el suelo fértil. La naturaleza tarda unos 100-400 años para construir un centímetro de este suelo; el cual es destruido rápidamente por las actividades humanas.

- ✓ La capa superior de la tierra contiene la mayor parte de la materia orgánica y nutriente. La pérdida de este suelo ocasiona la reducción de la fertilidad del suelo y afectan gravemente su estructura.

- ✓ La erosión del suelo disminuye la cantidad de humedad a las plantas para su crecimiento. También afecta a la actividad de los microorganismos del suelo. De este modo el deterioro de los rendimientos de los cultivos.



**Figura 3-33, Perdida del rendimiento de los cultivos por la falta de humedad.
(Noviembre 2011).**

- ✓ El suelo erosionado por el agua se depositan en el lecho de los ríos, quebradas, etc. Incrementando así su nivel y causando inundaciones. Estas inundaciones tienen efectos devastadores diversos, tales como matar a humanos, animales y dañando varios edificios.

3.6 DETERMINACIÓN DE LOS SITIOS CRÍTICOS DE INTERÉS TOMANDO COMO BASE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS VISITAS DE CAMPO.

Con la información proporcionada por habitantes de la comunidad y el registro de cada una de las obras construidas a lo largo de la Quebrada El Tránsito hemos podido determinar cada uno de los sectores identificados como críticos, debido al estado que presenta la quebrada en estos puntos a causa de la escorrentía superficial. A continuación se detallan los sectores considerados de alto riesgo.

Tramo 1.

Se considera la parte alta donde inicia la Quebrada El Tránsito, comprendida por los Municipios de San Jorge y al Norte con Chinameca. Integrada por cada uno los cantones, barrios y caseríos.

Tramo 2.

Considerado como uno de los sectores de alto riesgo de la parte media de la Quebrada El Tránsito, la cual está comprendida por el Municipio de San Rafael Oriente, y por cada uno de sus cantones, barrios y caseríos.

Tramo 3.

Sector de la parte baja de la Quebrada El Tránsito, comprendida por los Municipios de El Tránsito, Ereguayquin, y Concepción Batres (Usulután).

Estos son los sectores críticos de interés que han sido analizados para proponer así, las respectivas obras de corrección para el control de la erosión hídrica en la Quebrada El Tránsito.

3.7 REGISTRO E INSPECCIÓN DE LAS OBRAS EXISTENTES DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO. (VER ANEXO 1 Y ANEXO 2)

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA	 1/2																																				
FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS SOBRE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO																																					
GENERALIDADES																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 70%;">TIPO DE OBRA: (LONGITUDINAL O TRANSVERSAL)</td> <td style="width: 30%; text-align: right;">N°</td> </tr> <tr> <td colspan="2">UBICACIÓN:</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> RESPONSABLES: Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS </td> <td style="padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">FECHA:</td> <td style="width: 50%;">COORDENADAS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">/ /</td> <td style="text-align: center;">X: <input style="width: 50px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Y: <input style="width: 50px;" type="text"/></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="2">TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:</td> </tr> </table>		TIPO DE OBRA: (LONGITUDINAL O TRANSVERSAL)	N°	UBICACIÓN:		RESPONSABLES: Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">FECHA:</td> <td style="width: 50%;">COORDENADAS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">/ /</td> <td style="text-align: center;">X: <input style="width: 50px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Y: <input style="width: 50px;" type="text"/></td> </tr> </table>	FECHA:	COORDENADAS	/ /	X: <input style="width: 50px;" type="text"/>		Y: <input style="width: 50px;" type="text"/>	TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:																							
TIPO DE OBRA: (LONGITUDINAL O TRANSVERSAL)	N°																																				
UBICACIÓN:																																					
RESPONSABLES: Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">FECHA:</td> <td style="width: 50%;">COORDENADAS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">/ /</td> <td style="text-align: center;">X: <input style="width: 50px;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Y: <input style="width: 50px;" type="text"/></td> </tr> </table>	FECHA:	COORDENADAS	/ /	X: <input style="width: 50px;" type="text"/>		Y: <input style="width: 50px;" type="text"/>																														
FECHA:	COORDENADAS																																				
/ /	X: <input style="width: 50px;" type="text"/>																																				
	Y: <input style="width: 50px;" type="text"/>																																				
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:																																					
ASPECTOS TECNICOS																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="3">DIMENSIONES:</td> </tr> <tr> <td style="width: 45%;">ALTURA VISTA:</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">M</td> <td rowspan="3" style="width: 45%;">OTRAS:</td> </tr> <tr> <td>ANCHO DE CORONA:</td> <td style="text-align: center;">M</td> </tr> <tr> <td>LONGITUD:</td> <td style="text-align: center;">M</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="padding: 5px;">ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="height: 40px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="padding: 5px;">CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:</td> </tr> <tr> <td style="width: 45%; text-align: center;">ALTO</td> <td style="width: 10%;"></td> <td rowspan="3" style="width: 45%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MEDIO</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BAJO</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="padding: 5px;">EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:</td> </tr> <tr> <td style="width: 45%; text-align: center;">SEVERA</td> <td style="width: 10%;"></td> <td rowspan="3" style="width: 45%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MODERADA</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NO EXISTE</td> <td></td> </tr> </table>		DIMENSIONES:			ALTURA VISTA:	M	OTRAS:	ANCHO DE CORONA:	M	LONGITUD:	M	ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:						CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:			ALTO			MEDIO		BAJO		EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:			SEVERA			MODERADA		NO EXISTE	
DIMENSIONES:																																					
ALTURA VISTA:	M	OTRAS:																																			
ANCHO DE CORONA:	M																																				
LONGITUD:	M																																				
ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:																																					
CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:																																					
ALTO																																					
MEDIO																																					
BAJO																																					
EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:																																					
SEVERA																																					
MODERADA																																					
NO EXISTE																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">OBSERVACIONES:</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> </tr> </table>		OBSERVACIONES:																																			
OBSERVACIONES:																																					

3.7.1 PROCEDIMIENTO PARA EL LLENADO DE LA FICHA TECNICA.

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: Se refiere al tipo de material con que fue construida la estructura (DIQUE DE GAVIÓN, DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA, DIQUE DE MAPOSTERIA DE BLOQUE); y se fue construido LONGITUDINAL O TRANSVERSAL al cauce de la quebrada.

Nº: Corresponde al número correlativo de la inspección de las estructuras.

UBICACIÓN: Localización exacta y referenciada de la estructura al municipio que corresponde.

RESPONSABLES: Nombre completo de los encargados del levantamiento de la información.

FECHA: Día, mes y año específico en que se llevo a cabo la visita de campo para recopilación de la información.

COORDENADAS (X,Y) : Sistema de coordenadas geográficas de referencia, que utiliza las dos coordenadas angulares, latitud (Norte y Sur) y longitud (Este y Oeste) que especifica el lugar donde está ubicada la estructura.

TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: Se refiere al tiempo en que fue construida la estructura.

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES.

ALTURA VISTA: Medida de la parte superior a la inferior de la estructura aguas abajo.

ANCHO DE CORONA: Se refiere a las dimensiones del ancho superior de la estructura.

LONGITUD: es la medida desde donde inicia la estructura hasta donde finaliza.

OTROS: incluye todos los detalles que contiene la estructura que no están contemplados dentro de la ficha tales como (GRADAS DISIPADORAS DE ENERGIA, CONTRA-DIQUE, ALAS PARA ENCAUSAR EL AGUA) cada una de ellas con los dimensionamientos que han sido construidas.

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL.

Define el estado actual en que se encuentra la estructura; es decir si presenta grietas, volteo, deslizamiento, asentamiento o desprendimiento de roca en la sub-estructura. Tomando como base estos criterios se define que la estructura es inestable; y si la estructura presenta firmeza y seguridad en el espacio es estable, considerando también los criterios antes mencionados.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO.

Alta: Se refiere a que el nivel de sedimento ha alcanzado el nivel superior de la estructura

Medio: Que está en un punto medio entre dos extremos (superior e inferior de la estructura) y no es exagerado.

Bajo: Cuando el nivel de sedimento se encuentra abajo del punto medio de la estructura.

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO.

Severa: cuando toda la cimentación de la estructura se encuentra al descubierto, y por lo tanto se puede apreciar la geometría de la sub-estructura y la formación de cárcavas y profundización del lecho de la quebrada.

Moderada: Si parte de la cimentación se encuentra descubierta pero la estructura permanece estable.

No Existe: cuando la parte inferior de la estructura no se encuentra erosionada y no existe formación de cárcavas y profundización del lecho de la quebrada aguas abajo.

OBSERVACIONES: Describe la función que desempeñan cada una de las estructuras, considerando algunos detalles de geometría y aspectos técnicos que no fueron tomados en cuenta.

CAPITULO 4

PROPUESTAS DE CORRECCIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTAS DE OBRAS DE CORRECCIÓN
PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO DEL
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.

PROPUESTAS DE CORRECCIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL

4.1 INTRODUCCIÓN

En los capítulos anteriores se ha hecho una reseña de los problemas que se tienen presentes en el cauce y en la cuenca a la que pertenece la Quebrada El Tránsito por lo que se vuelve una necesidad tomar ciertas medidas puntuales para evitar el crecimiento de la problemática de la Erosión Hídrica en este lugar; en este capítulo se hará una separación entres las medidas a tomar, en primer lugar se presentaran algunas propuestas que se deben llevar a cabo en la cuenca y en segundo lugar específicamente en el cauce de la quebrada.

Las medidas llevadas a cabo en la cuenca se acoplaran a acciones que en realidad puedan ser usadas en nuestro medio, estos podrán realizarse con mano de obra local y sin el uso de herramientas sofisticadas para que estos sean una alternativa para los pobladores y ellos mismos puedan detener el deterioro que sufren sus terrenos.

Por ser de mayor magnitud las obras de corrección en el cauce se debe emplear mano de obra calificada con el fin de llevar a cabo los respectivos estudios técnicos para la implementación de este tipo de medidas; el cauce de la Quebrada El Transito ha sido dividido en tres tramos para ser descritos de mejor manera, estos comprenden en su mayoría los Municipios de San Jorge, San Rafael Oriente, El Transito y Concepción Batres; en cada uno de los tramos se detallara el tipo de medida y su respectiva ubicación.

4.2 PROPUESTAS DE CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DEL SUELO EN LA CUENCA

En diferentes países, incluido El Salvador son utilizados diferentes medidas para la conservación de los suelos, sin embargo en la cuenca que se ha estudiado, algunas de estas medidas no se utilizan o se han dejado de aplicar, por lo que se propone el uso de las siguientes técnicas para la conservación de suelo:

- Zanjas y Pozos de Infiltración.
- Muros de Piedra al Contorno.
- Cultivo en Terrazas Niveladas.
- Barreras Vivas.
- Barreras Muertas.
- Terrazas Individuales.
- Rotación de Cultivos y Asociación de Cultivos.

Debido a la problemática de la deforestación que se puede observar en la figura es necesario tomar algunas medidas que colaboren a reducir los efectos que se tienen sobre erosión, en ese sentido se proponen las siguientes medidas para ser tomadas en cuenta en la cuenca de la Quebrada El Tránsito.

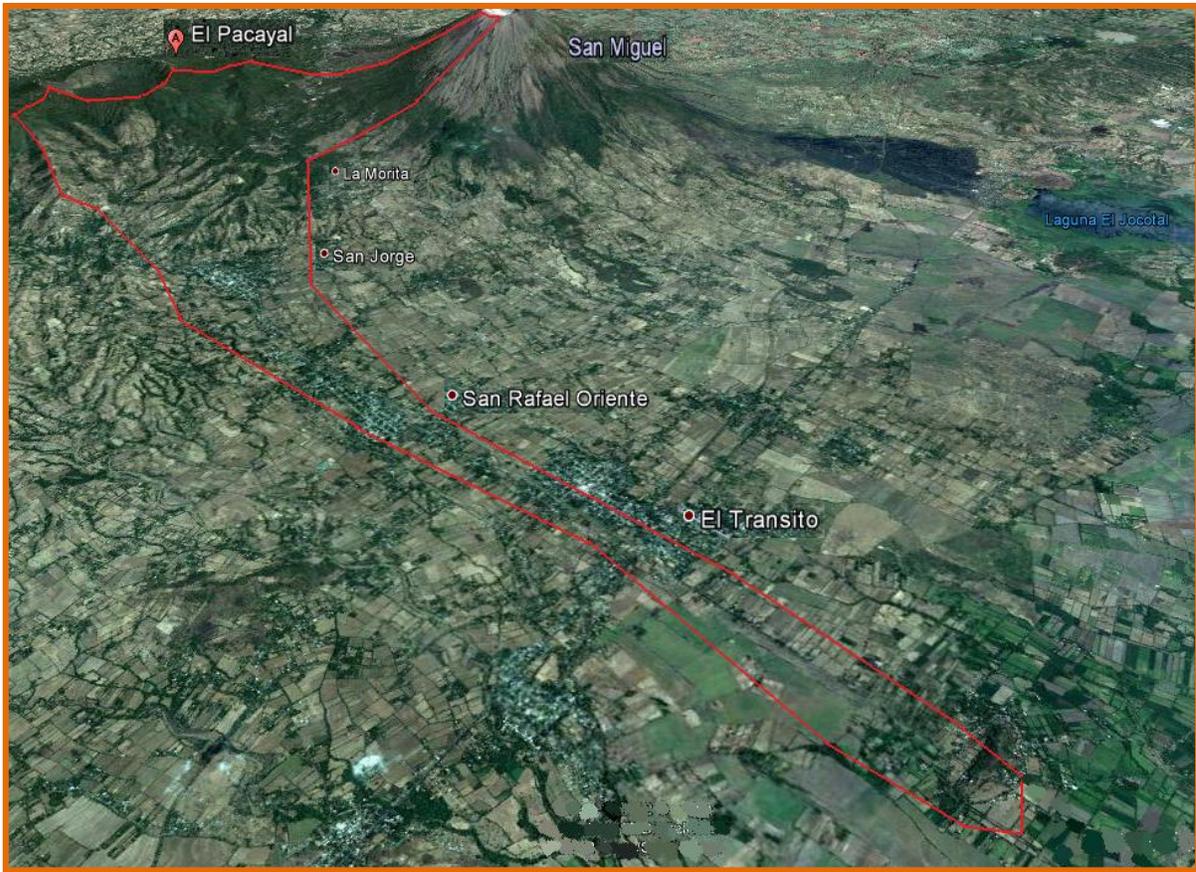


Figura 4-1, Cuenca Hidrográfica de la Quebrada El Tránsito.

4.2.1 ZANJAS Y POZOS DE INFILTRACIÓN

En la parte alta de la cuenca de la Quebrada El Tránsito se tiene presente una gran cantidad de laderas las cuales fueron descritos en los capítulos anteriores por lo que se recomienda combinar y establecer las zanjias de ladera, estas deben combinarse con otras prácticas de conservación como las barreras vivas o muertas, en terrenos con pendientes mayores a 5%, como medida para controlar la erosión del suelo.

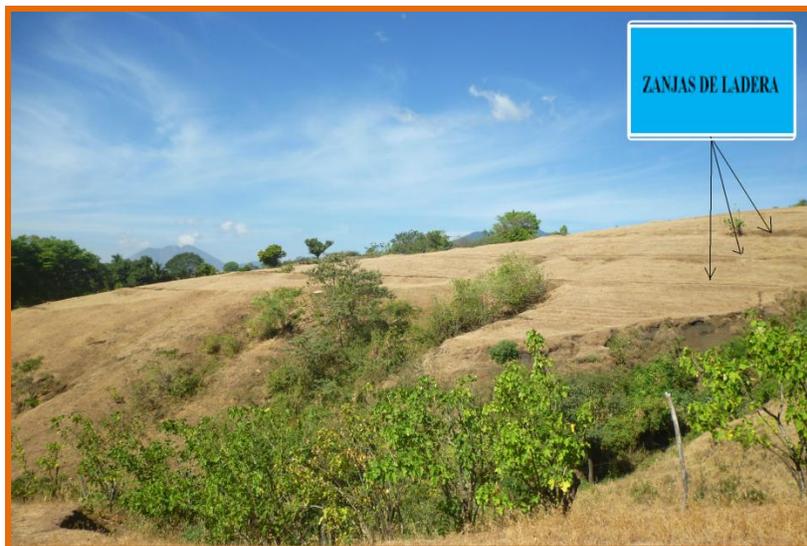


Figura 4-2, Zanjas de ladera encontradas en la comunidad de Chambala, al Norte del Municipio de San Jorge.

La combinación de estas obras ayuda a disminuir los costos ya que las zanjas de ladera requieren de una inversión inicial en mano de obra, sin embargo los beneficios de protección al terreno garantizan su uso a largo plazo.

Establecimiento

Las zanjas de ladera se construyen siguiendo las curvas de nivel o desnivel trazados en la ladera, y se trazan con ayuda del nivel "A" procedimiento que fue descrito en el Capítulo 2. Las zanjas pueden marcarse en terreno arado o sin arar, cuando se marcan en estos últimos, al momento de realizar el arado, se deben dejar sin tocar franjas de aproximadamente tres pies en el sitio por donde pasaran las zanjas. Luego, se ara a ambos lados de esas franjas. Esto permite hacer zanjas en suelos más firmes y el pasto natural queda como barrera protectora.



Figura 4-3, Zanjas de ladera recién construidas en la cuenca alta de la Quebrada El Transito, se observa el suelo extraído depositado hacia abajo de la zanja.

Las zanjas de ladera deben tener por lo menos un pie de ancho y un pie de profundidad. Deben hacerse taludes a los dos lados de la zanja para disminuir el riesgo de deslizamiento en sus bordes y reducir los costos de mantenimiento.

La distancia de una zanja a otra varía de acuerdo con el declive del terreno y la clase de suelo. A mayor pendiente la separación entre zanjas debe ser menor. También el cultivo a sembrarse puede hacer variar la distancia entre zanjas.



Figura 4-4, La imagen izquierda muestra una zanja con poco tiempo de ser construida y a la derecha ya con cobertura vegetal que ayuda a evitar su propia erosión.

Cuidados y otras consideraciones

Algunos consejos útiles para el mantenimiento de la obra son:

- ✓ Las zanjas deben limpiarse después de fuertes lluvias. Toda la tierra que se acumula en el fondo debe sacarse, y si hay algún daño se debe corregir enseguida, esto se puede aplicar para las ya existentes y de esta forma conseguir que sigan funcionando.



Figura 4-5, A la izquierda se observa un pozo de infiltración sin mantenimiento al igual que a la derecha se tiene una zanja de ladera sin extraerle el material depositado dentro de ella.

- ✓ No es necesario destruir las zanjas cuando se hace el arado del terreno para la próxima siembra.
- ✓ Es importante que las zanjas derramen las aguas en un canal protegido con vegetación o en un sitio donde no causen daños. El objetivo no es evitar la erosión en un sitio y promoverla en otro.
- ✓ Los pozos de infiltración deben distribuirse a lo largo de las zanjas en la parte inferior de la ladera, las caídas de agua hacia los pozos deben protegerse con rocas o de preferencia con obras de mampostería con el fin de evitar la erosión y el cambio de diámetro del pozo.

4.2.2 MUROS DE PIEDRA AL CONTORNO

En los terrenos donde exista gran cantidad de rocas expuestas, estas se pueden extraer y construir muros al contorno de las laderas de la misma forma que las zanjas de ladera; estos muros realizan la misma función ya que retienen el agua de forma gradual reduciendo la velocidad que es la que causa mayor daño a los terrenos por la formación de cárcavas que con el tiempo van incrementando su tamaño.



Figura 4-6, Muros de piedra contruidos en pequeñas laderas para evitar la erosión y aprovechar el material que se tiene.

Establecimiento

De la misma forma que se realiza el trazo para las zanjas de infiltración se realiza el proceso para esta alternativa, otra forma de realizarlo es con ayuda de un topógrafo estableciendo las curvas de nivel que será donde se colocaran los muros de piedra, estos muros se realizan sin que exista adherencia entre las rocas ya que van solo apoyadas entre sí para evitar complicaciones a la hora de construirlos.



Figura 4-7, Se aprecia como los muros de piedra a su vez forman una especie de terraza disipando la energía de la escorrentía.

Cuidados y otras consideraciones

Hay que tener cuidado con los animales y las lluvias fuertes, los cuales son considerados los enemigos de este tipo de barreras. Cuando los animales pisan las barreras causan daños en la estructura y a las plantas que refuerzan las barreras; por su parte, las lluvias fuertes derrumban las barreras mal construidas o débiles. El mantenimiento de la barrera muerta debe realizarse para asegurar su buen funcionamiento. Siempre hay que tener el cuidado en la parcela de reponer las piedras caídas y arreglar los derrumbes en la barrera. Además en época de lluvias se debe aumentar la altura de las barreras muertas con otra línea de piedras o asegurando los troncos para seguir reteniendo el sedimento.

Se deben establecer en pendientes de 5 a 60%. Las barreras de piedra se construyen, generalmente, a una altura de 50 centímetros y una base o ancho de 30 centímetros. Cuando se hacen del tipo cimiento, se les da una profundidad de 10 centímetros por cada 50 centímetros de altura.

4.2.3 CULTIVO EN TERRAZAS NIVELADAS

Esta propuesta se debe considerar en la parte media de la cuenca ya que resulta demasiado complicado y costoso realizar movimientos de tierra en pendientes muy altas por lo que resulta satisfactorio llevarlas a cabo en terrenos con pendientes bajas los cuales se tienen en su mayoría en la zona baja del Municipio de san Jorge y en su mayoría San Rafael Oriente.



Figura 4-8, Terraza nivelada encontrada en el Municipio de San Rafael Oriente, en esa ladera no se tienen presentes problemas de erosión, ambas imágenes pertenecen al mismo terreno y se aprecian claramente el corte entre una terraza y otra.

Establecimiento

Las terrazas se construyen a nivel o con un pequeño desnivel hacia los lados. El ancho total de la terraza se marca con estacas a lo largo de las curvas trazadas.

Todos los tipos de terrazas tienen un área de corte y un área de relleno. De la mitad hacia arriba del ancho total se excava. La tierra se excava y se riega en la parte inferior para formar el relleno. Este debe compactarse muy bien, lo que se logra pisoteando cada capa de tierra. Los límites de la excavación y del relleno son las dos curvas, que determinan el ancho total de la terraza.

La plataforma deberá tener un desnivel hacia adentro para que el exceso del agua en invierno pueda acumularse en la cuneta. La cuneta es un pequeño canal de desagüe, ubicado donde termina el talud de corte. También se recomienda darle a la plataforma un desnivel de 1 ‰ hacia los lados, para que salga el exceso de agua hacia un desagüe natural o construido.



Figura 4-9, Terraza nivelada en las laderas del Cantón Chambala, se observa al borde de cada terraza la protección con barrera viva.

El mismo tractor que se utiliza para realizar tareas agrícolas de arado puede ir dejando a la vez una especie de bordas las cuales servirán como

barreras y su base como canaleta para extraer el agua que se depositara en cada terraza, estas bordas con el tiempo crecerán arbustos los cuales le darán protección contra la erosión.



Figura 4-10, En esta terraza se conformaron bordas para que el agua no erosione la siguiente terraza sino que se forme una especie de canaleta sobre la base de la borda.

4.2.4 BARRERAS VIVAS

Se propone el uso de este método en cualquier zona de la cuenca de la Quebrada El Tránsito, ya sea en laderas o a las orillas de dicha quebrada siempre y cuando sea un área que se encuentre vulnerable a la erosión o se quiera brindar protección anticipada.

La utilización de las barreras vivas es recomendada en terrenos donde ocurre erosión, especialmente, en áreas con precipitación abundante o intensa. Puede practicarse en campos sembrados de pastos, con cultivos como el maíz, frijol, la cebolla; o en cultivos perennes, tales como los árboles frutales y las plantaciones forestales.

Esta práctica puede utilizarse en diversos tipos de terrenos; desde aquellos con muy baja inclinación, hasta los muy inclinados. En realidad las barreras vivas pueden utilizarse en terrenos ondulados, con pendientes de hasta 15%. En terrenos de mayor inclinación, la práctica debe ser complementada con otras prácticas de conservación de suelos, especialmente, con zanjas de ladera o las terrazas.

Establecimiento Selección de las especies a sembrar:

Se deben utilizar plantas de crecimiento denso que en corto tiempo formen un obstáculo al libre deslizamiento del agua, las especies de plantas de preferencia deben ser nativas de la zona.

Se pueden utilizar con éxito plantas tales como:

1. Jaragua (*hyparrhenia rufa*)
2. Izote (Yuca Elephantipes)
3. Plátano o Guineo.
4. Piña de Cerco (*Pennisetum purpureum*)



Figura 4-11, Se tiene de forma enumerada cada una de las plantas propuestas para ser utilizadas como barreras vivas.

Siembra de acuerdo a la pendiente del terreno:

Si el terreno posee una pendiente suave, la separación es más amplia; en cambio, cuando el terreno posee una pendiente fuerte, la separación entre barreras es más corta o estrecha. Así mismo, cuando se siembra una barrera viva entre especies arbóreas, es aceptable una mayor separación (un 25% más), que cuando se siembra entre cultivos como el maíz. Por ejemplo: en terrenos con cultivos con inclinaciones suaves; de hasta 10% dependiente, la distancia horizontal entre barreras puede ser de 15 metros o menos. Si la pendiente es mayor; las barreras deben estar más

juntas, a menos de 15 metros de distancia entre ellas. Por el contrario; si la pendiente es menor de 10%, las barreras pueden tener más de 15 metros de separación entre sí.

Cuidados y otras consideraciones

Los pobladores de terrenos donde se apliquen estas prácticas deben considerar que las barreras vivas requieren algunos cuidados, especialmente, el control de malezas, la resiembra de espacios dañados y en algunas ocasiones, podarlas.



Figura 4-12, Filas de zacate utilizado como barrera viva en este caso Zacate Vetiver.

Para que las barreras vivas se conviertan en una buena práctica de conservación desuelo, se recomienda:

- ✓ No utilizar especies que puede convertirse en invasoras.
- ✓ Podar las plantas utilizadas, periódicamente.
- ✓ Utilizar especies que puedan brinden otros productos, por ejemplo, forraje o pasto de corte para alimentación animal, si es este el caso

no se recomienda que los animales estén presentes dentro de los terrenos ya que dañaría la barrera.

- ✓ Si es posible se puede fertilizar las plantas que forman la barrera.

4.2.5 BARRERAS MUERTAS

Esta técnica se recomienda en los lugares donde existe la formación de cárcavas las cuales según las visitas se tienen principalmente en la cuenca alta, las barreras muertas se construyen con materiales del lugar mediante la recolección de rocas y madera, la madera es en forma de estacas y de preferencia pueden usarse de arboles que pueden recobrar vida aun en esa forma como el caso del Jote, Madre cacao y el Papaturro.

Establecimiento

Entre dos laderas o en cambios de pendientes se forman pequeñas quebradas y para evitar la erosión se buscan puntos donde se colocaran las barreras, estos realizan la misma función de los diques de mampostería; estos puntos son donde se tiene presencia de erosión se procede a la recolección de los trozos de madera los cuales se colocaran de forma vertical y en línea doble perpendicular a la pequeña quebrada finalmente se colocan rocas de forma escalonada como si fuese un dique; las rocas solo son colocadas una sobre otra sin que exista material ligante entre ellas, no es necesario dejar desagües ya que el agua fluye libremente por entre las rocas y únicamente retiene los sedimentos.



Figura 4-13, Rocas colocadas en forma transversal a la depresión formada entre dos laderas para disipar la velocidad del flujo y retener sedimentos.

Cuidado y otras recomendaciones

- ✓ Con el paso de cada invierno se deben inspeccionar las barreras para saber si se tienen alguna falla y poder repararla a tiempo.
- ✓ Los trozos de madera deben ser de arboles que puedan retoñar una vez sembrados en la barrera de preferencia los mencionados anteriormente.
- ✓ Usar rocas que no sean demasiado porosas para que la barrera posea mayor peso propio.

4.2.6 TERRAZAS INDIVIDUALES

Las terrazas individuales se deben establecer en la cuenca alta de la Quebrada El Transito que pertenece a los municipios de Chinameca y San Jorge; esta técnica consiste en formar un círculo nivelado de forma horizontal solo con cierta pendiente leve hacia la parte baja de la ladera y en ellas se siembran árboles frutales contribuyendo a la reforestación de las zonas vulnerables.



Figura 4-14, Terrazas individuales de forma circular para la plantación de árboles en cada una de ellas.

Establecimiento

Cada terraza individual tiene una plataforma circular de metro y medio de diámetro, que se compone de una parte de corte y un relleno bien compactado, con una leve pendiente hacia adentro. Para construir las terrazas individuales, primero se marca en forma de círculo, el límite del corte y del relleno alrededor de la estaca de la línea marcada. Se excava la tierra arriba de la línea central. Al final, se corta el talud, se empareja la

plataforma, se compacta el relleno y se siembra la barrera viva en el lado superior. Antes de plantar los arbolitos es conveniente aplicar el abono.

El espaciamiento entre las terrazas individuales depende de las distancias recomendadas para los árboles frutales que se cultivarán.

Por ejemplo: 9 mts para mango o aguacate; 6 mts para cítricos, ó 3 mts para café.

Cuidados y otras consideraciones

Recomendamos sembrar sobre las terrazas cultivos rentables como hortalizas o árboles frutales. El espacio entre las terrazas de base angosta se aprovecha para hacer labranza mínima y sembrar granos básicos

Para que dure la terraza es muy importante proteger los taludes con una barrera viva en la parte superior y sembrar grama o hierba baja sobre el costado de los taludes. En suelos pobres se recomienda aprovechar la capa fértil al construir la terraza. Esto se logra excavando la capa superior del suelo (10-20 cm.) donde se va a construir la obra y amontonando la tierra arriba de la terraza. Al final, se tira nuevamente la tierra fértil sobre la plataforma y se empareja bien.

4.2.7 CULTIVO DE LEUCAENA ASOCIADO A OTROS PASTOS

Esta técnica puede ser utilizada en toda la cuenca, en las zonas destinadas al pasto de ganado; esta planta es de gran ayuda para la conservación de los suelos ya que se puede cultivar casi en cualquier lugar y las raíces retienen material ya que crecen hacia abajo a la misma profundidad que la altura de la planta y la ayuda a mantenerse verde por todo el año, a la vez que su follaje sirve de forraje para el ganado estableciendo un equilibrio.



Figura 4-15, Follaje del árbol de Leucaena.

Establecimiento

- ✓ La preparación puede ser similar a la del Maíz en terrenos planos. En terrenos con laderas pueden hacerse rayas con cualquier herramienta que rompa el suelo o cepas con azadón para realizar un trasplante o siembra directa de la semilla.
- ✓ En terrenos de riego la siembra o el trasplante debe realizarse 60 días antes de las lluvias en los meses de Marzo y Abril. En terrenos de temporal se obliga la siembra después de la segunda o tercera lluvia del ciclo.
- ✓ El método de siembra para lotes compactos de corte es en surcos o hileras de 60 a 90 cm. de separación y de 5 a 8 cm entre plantas. Si el forraje se va a pastorear, se recomienda la siembra en surcos separados por 90 a 150 cm. y 4 a 10 cm. de distancia entre plantas. La siembra en asociación con pastos debe ser en franjas de 3 a 5

surcos de esta leguminosa en forma alternada con franjas iguales de un pasto.



Figura 4-16, La Leucaena crece en forma de arbusto y se combina con otros pastos

Resultados

Producción y calidad de forraje: En terrenos de riego se pueden levantar cosechas superiores a las 150 ton de forraje verde, en terrenos de temporal con periodos secos de 200 días produce alrededor de 44 ton/ha. En asociaciones con pastos, la Leucaena puede aportar 22 Ton de forraje verde en un año. La calidad de forraje alcanza valores de 20 a 27% de proteína y 60% de digestibilidad.

Producción de semilla: Los rendimientos de semilla en Leucaena de temporal son de 200 kg/ha, y llegando a producir hasta 1,390 kg en terrenos de riego y con fertilización.

Producción de leña: Algunas variedades producen gran cantidad de tallos gruesos que el ganado no consume y que pueden ser empleados como material combustible a un costo mínimo.

Producción animal: El potencial de producción se estima en ganancias diarias de peso por animal de 900 gr. de carne, soportando una carga diaria de 5.7 animales/ha. Cuando se asocia con pastos, se logran ganancias de 490 gr. diarios por animal. Los rendimientos se incrementan cuando esta leguminosa es pastoreada solo por periodos de 2 a 3 horas diarias, logrando producir ganancias de 700 gr diarios. La producción de leche se incrementa de un 13.3 a 21.3%.

4.3 PROPUESTAS DE OBRAS DE CORRECCIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO

El cauce de la Quebrada El Tránsito se extiende a lo largo de 18 km iniciando en el Municipio de Chinameca y atravesando los municipios de San Jorge, San Rafael Oriente, El Tránsito y Concepción Batres.

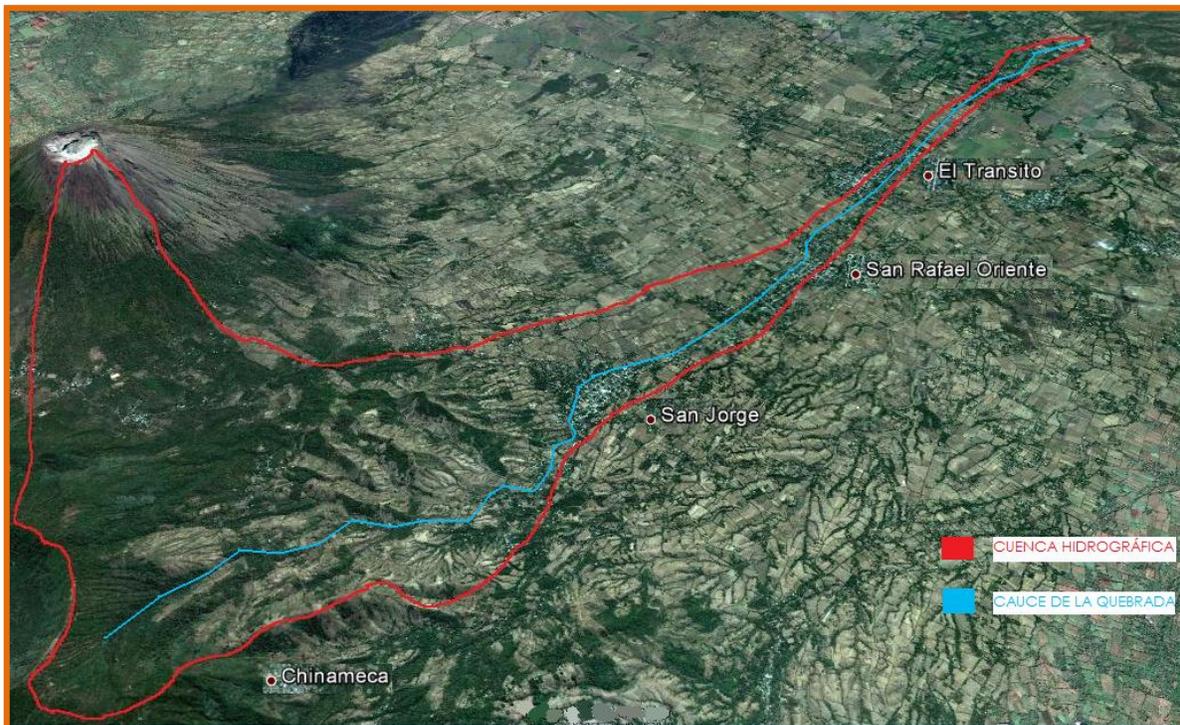


Figura 4-17, Imagen satelital en la que se aprecia el área de la cuenca y el cauce de La Quebrada El Tránsito a largo de los municipios que atraviesa.

La longitud del cauce fue dividida en tres tramos que comprenden sectores que fueron catalogados como críticos en el diagnóstico realizado en el Capítulo 3 y en los que se encontró la presencia de algunas obras de corrección del torrente que pasa por la quebrada, los cuales si bien es cierto han ayudado a la conservación del mismo se vuelven insuficientes y es necesario la construcción de algunas más que ayudaran a mantener los

niveles del lecho y evitar mayores pérdidas de terrenos aledaños a la quebrada.

Se presentaran ocho propuestas, de las cuales tres obras pertenecen al Tramo N° 1, cuatro obras al Tramo N° 2 y finalmente el Tramo N°3 que se propone la implementación de una sola medida de corrección.

4.3.1 TRAMO N° 1

El tramo N° 1 sobre la Quebrada El Tránsito tiene una longitud total de 6.8 km. este inicia en el Municipio de Chinameca y atraviesa en su totalidad el municipio de San Jorge.

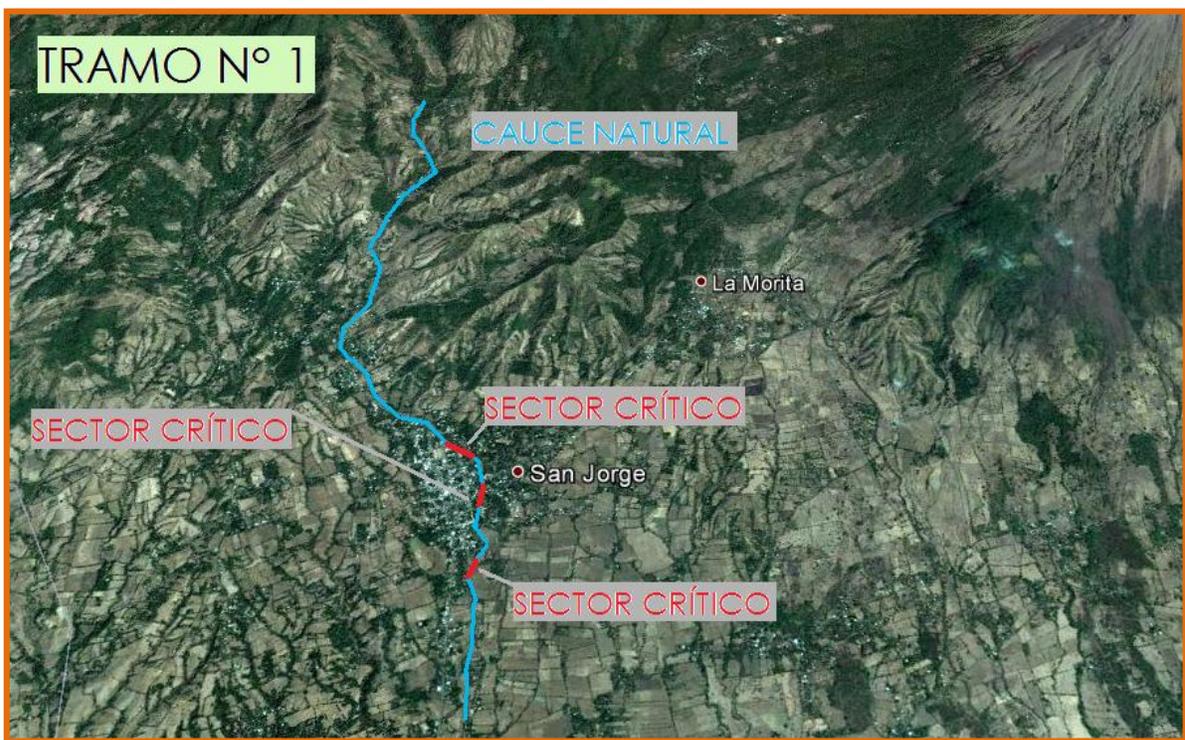


Figura 4-18, Vista satelital del Tramo N° 1 en estudio que comprende los Municipios de Chinameca y San Jorge.

Según las diferentes visitas e inspecciones realizadas a las obras existentes y al cauce, se pudo notar la grave presencia de erosión en tres puntos:

El primero: en el final de la 5ª Calle Oriente, Barrio Concepción del Municipio de San Jorge, el cual se ha visto afectado debido al colapso de un dique a base de gavión 100 metros aguas arriba de este punto, lo que ha profundizado el nivel desplazando la mayor parte de arena hasta descubrir suelo resistente. Alcanzar este tipo de suelo por el contrario de ser un beneficio se vuelve un problema mayor ya que la escorrentía superficial lo desgasta fácilmente formando sendas cárcavas que con el tiempo van incrementando su tamaño y longitud aguas arriba dejando en estado de vulnerabilidad los diques que se encuentran en ese sentido.



Figura 4-19, Incremento de la profundidad del lecho del cauce lo que deja en estado de vulnerabilidad a los pobladores de los márgenes de la quebrada.



Figura 4-20, Se aprecia el camino que existe sobre la quebrada el cual es necesario proteger para ser utilizado por la población.

El segundo: Este sector está ubicado en el Cementerio Municipal, en este punto está construido un puente que ha sufrido socavación producto del paso del agua y es inminente su colapso lo que provocaría un gasto mayor en inversión por parte de las autoridades municipales y es más factible realizar una obra adicional que eleve el nivel del lecho.

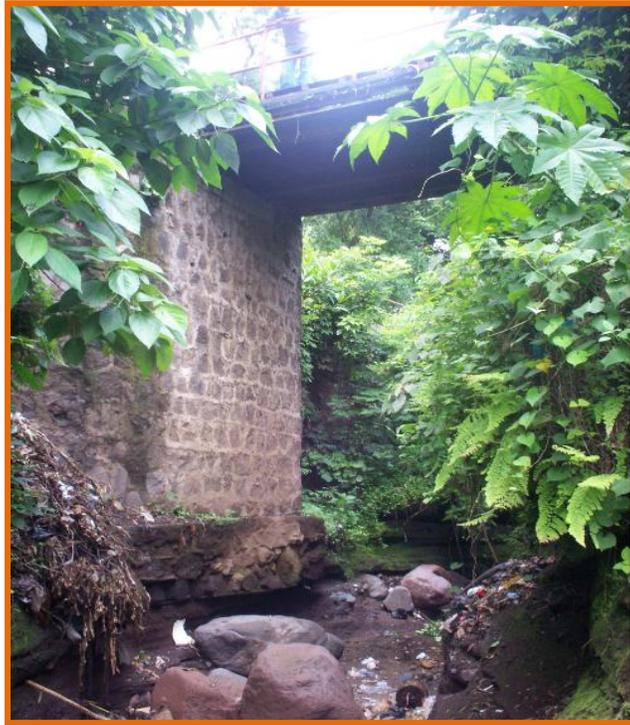


Figura 4-21, Puente que conduce hacia el Cementerio Municipal de San Jorge.



Figura 4-22, En la imagen anterior y en esta se aprecia el alto grado de socavación presente en los estribos del puente dejándolo propenso a colapsar.

El tercero: Se ubica en la final de la Avenida Central Napoleón Vásquez Sur, en este punto se construyó en el año 2002 un dique de gavión al cual no se le recubrió su parte superior con concreto lo que condujo al desgaste de esta estructura y con el paso de los inviernos fue perdiendo masa por el desprendimiento de las rocas, este punto es de gran importancia ya que es prácticamente la última obra del Tramo N° 1 y al colapsar por completo se perdería todo el nivel aguas arriba viéndose afectadas en su totalidad las obras que se encuentran en esa zona; debido a esa problemática y con los criterios establecidos se presentan las siguientes propuestas:



Figura 4-23, Este dique de Mampostería Gavionada ha sufrido desprendimientos de rocas producto del deterioro de la malla que lo compone.



Figura 4-24, Vista hacia aguas abajo del dique, se aprecia la erosión que se tiene presente y las rocas de grandes dimensiones que son las únicas que mantienen el nivel de la base del dique



Figura 4-25, Vista lateral donde se observan ambos niveles y el alto deterioro que presenta la estructura.

PROPUESTA DE CORRECCIÓN N° 1 DEL TRAMO N° 1

La primera propuesta consiste en la modificación del cauce elevando su nivel mediante la construcción de un dique de Mampostería Hidráulica, escogiendo este método ya que en el lugar se tiene la presencia de suelo firme y el dique no sufrirá deformaciones en su cimentación; las dimensiones de altura, ancho y área de vertedero dependerá de los estudios Topográficos e Hidráulicos, así también la separación entre un dique y otro la cual dependerá del perfil longitudinal del cauce.



Figura 4-26, Esquema de ubicación de la Propuesta N° 1 en el Municipio de San Jorge.

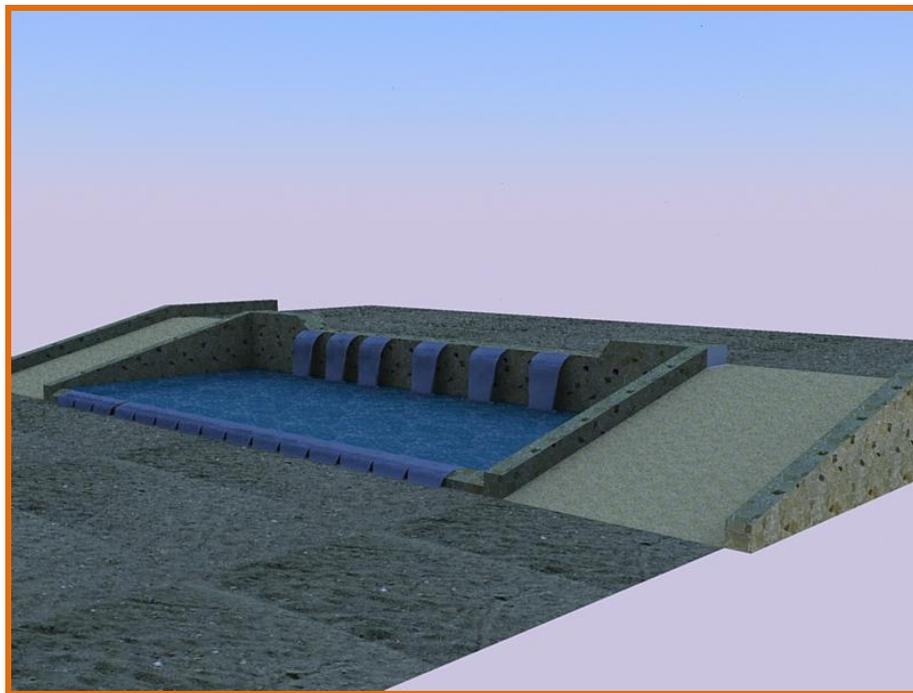


Figura 4-27, Modelo de dique a utilizar en la Propuesta N° 1, compuesto de rampas de acceso.

PROPUESTA DE CORRECCIÓN N° 2 DEL TRAMO N° 1

En la segunda propuesta se recomienda la corrección del cauce mediante un Dique, utilizando como material de construcción la mampostería hidráulica ya que según las visitas son los que han presentados mejores resultados y las condiciones de suelo permiten hacer uso de esta técnica. Con esta obra subiría el nivel del lecho aguas arriba de este punto, esta propuesta beneficiará a la población en general del Municipio de San Jorge y evitará gastos mayores en reconstrucción si colapsara el puente que se encuentra en ese punto.

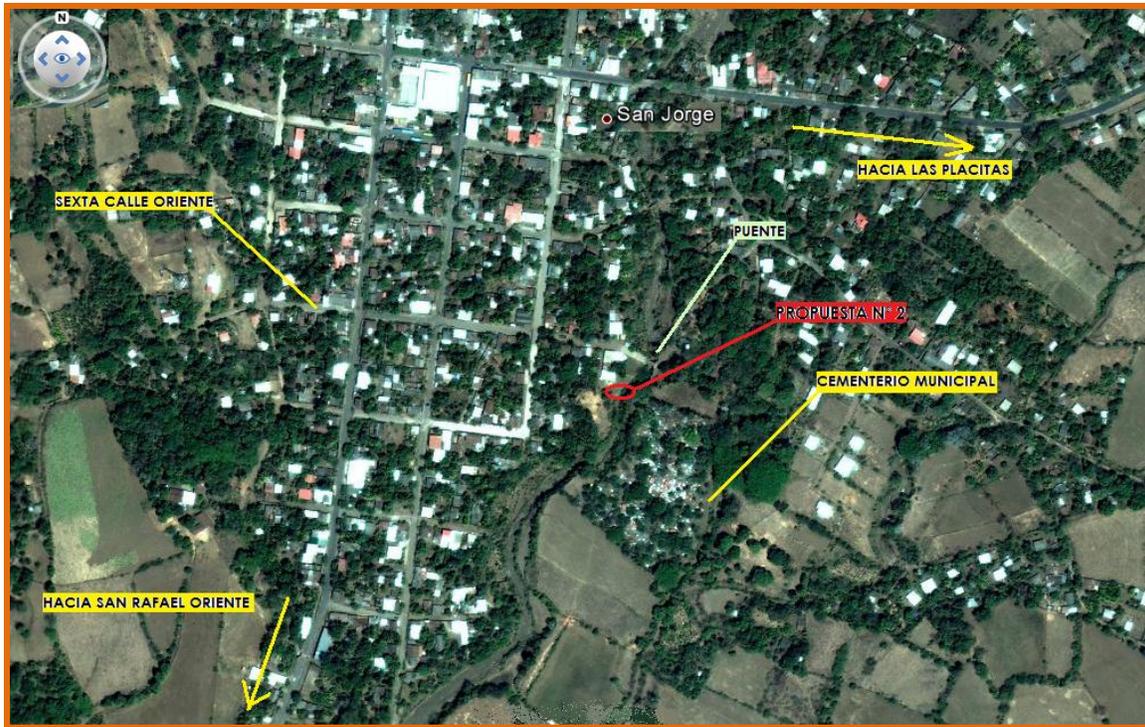


Figura 4-28, Esquema de ubicación de la Propuesta N° 2 en el Municipio de San Jorge.

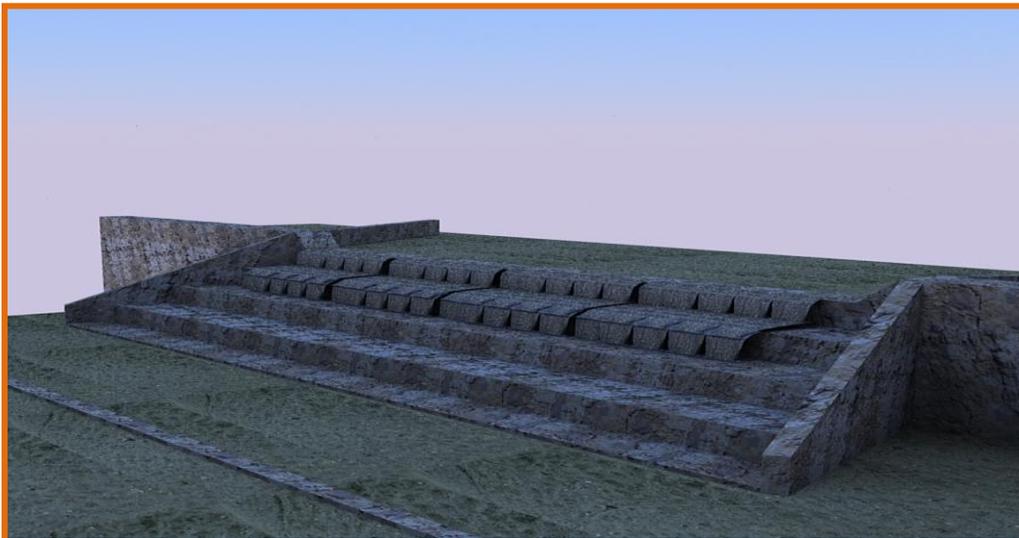


Figura 4-29, Modelo de dique a utilizar en la Propuesta N° 2, se observan los disipadores de energía.

PROPUESTA DE CORRECCIÓN N° 3 DEL TRAMO N° 1

En esta propuesta establecemos la construcción de un dique de Mampostería Hidráulica por la presencia de suelo estable en este punto; proponemos construir la obra 100 metros aguas abajo del dique ubicado al final de la Avenida Central Napoleón Vásquez Sur, es indispensable la elaboración del perfil longitudinal de esos 100 metros para determinar la altura que tendrá este dique para ayudar a subir el nivel del lecho y que la obra anterior no colapse producto de la socavación, con esto se evitará la demolición del dique existente en este punto.

Además de las recomendaciones establecidas en cada propuesta es necesario tomar en cuenta todas las recomendaciones establecidas en la metodología que se presenta en este trabajo.

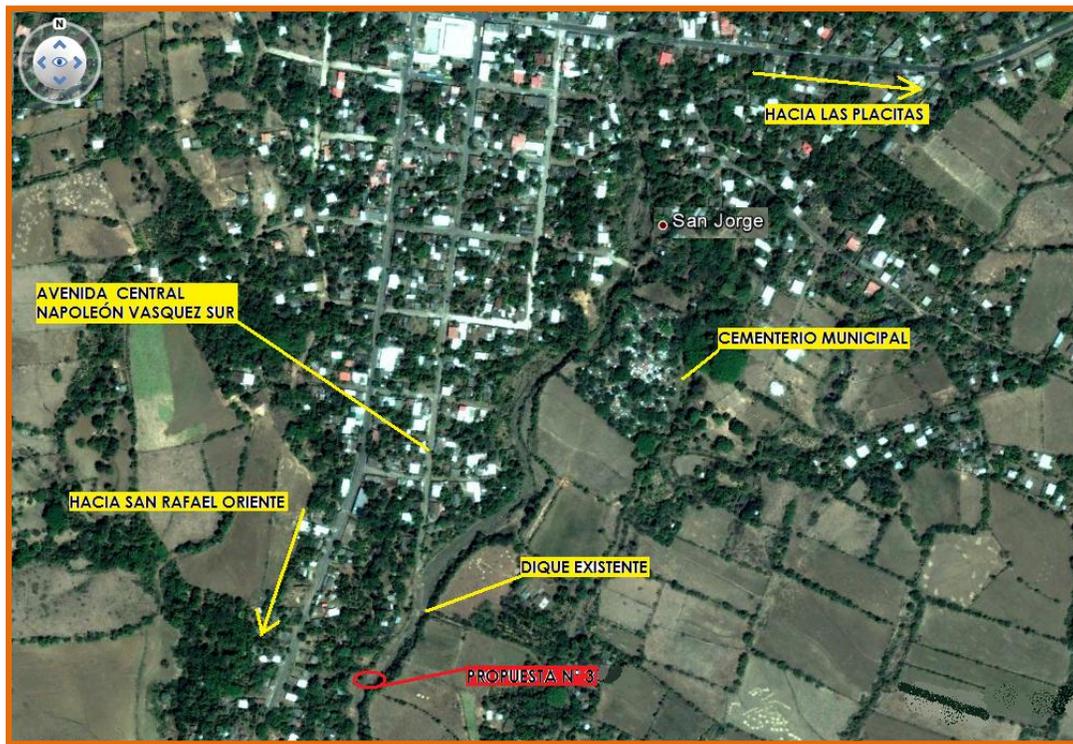


Figura 4-30, Esquema de ubicación de la Propuesta N° 3 en el Municipio de San Jorge.

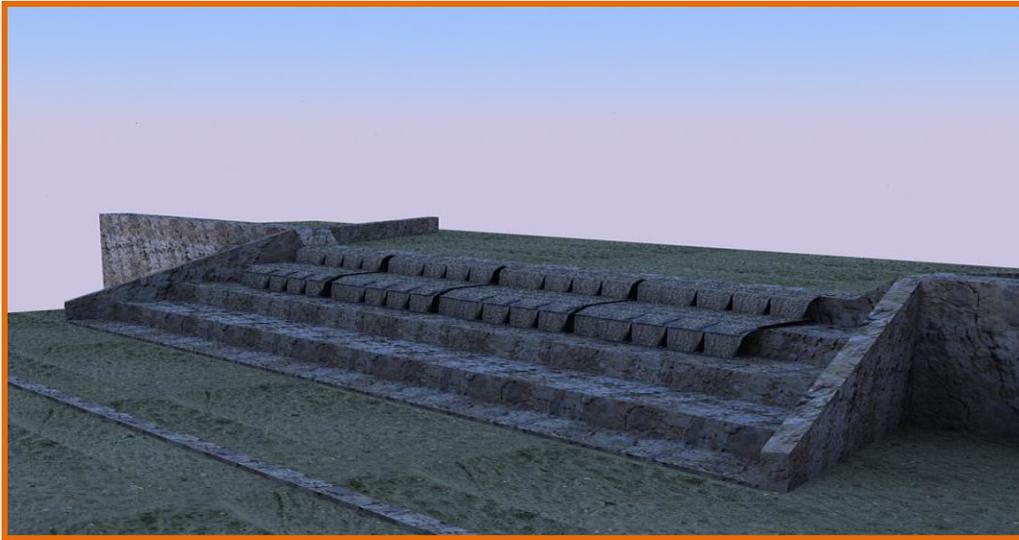


Figura 4-31, Dique modelo a utilizar en la Propuesta N° 3

4.3.2 TRAMO N° 2

Inicia en los límites territoriales entre los municipios de San Jorge y San Rafael Oriente y de los tres tramos, consideramos este como el más afectado por los efectos de la Erosión Hídrica debido a que se tiene la presencia de cárcavas en el lecho de la quebrada y pérdida de terrenos en las márgenes de la misma lo que imposibilita el paso peatonal y vehicular principalmente durante la época de invierno.



Figura 4-32, Vista satelital del Tramo N° 2 en estudio, este comprende el Municipio de San Rafael Oriente en todo su territorio.

Posee una longitud aproximada de 4.8 km y en este tramo se encontraron cinco puntos los cuales son los más afectados y perjudican directamente a los habitantes aledaños a la quebrada por lo que se vuelve necesario la implementación de algunas medidas la descripción de dichos puntos es la siguiente:

El primero: Ubicado en el Barrio La Merced 20 mts al Sur del puente sobre calle que conduce al Cantón Piedra Azul, en este punto existe un dique que fue construido para mantener el nivel de la cimentación de dicho puente el cual con el paso del tiempo y el incremento de la erosión en La Quebrada El Tránsito ha sufrido un alto grado de socavación de casi 2 mts de profundidad desde la base del dique, lo que hace necesario darle

solución ya que es un riesgo presente debido al alto flujo vehicular y peatonal en el puente.

Se estima que el daño que presenta este dique es severo y es cuestión de tiempo para que colapse y descienda el nivel afectando directamente la estabilidad estructural de la obra de paso.



Figura 4-33, Este dique fue construido para mantener el nivel de la base del puente que se observa al fondo de la figura.



Figura 4-34, Vista panorámica hacia aguas abajo del dique donde es notable el descenso de nivel del lecho de la quebrada.



Figura 4-35, Vista lateral donde se puede notar la altura total del dique el mal estado en el que se encuentra.

El segundo: En este punto al final 21ª Calle Oriente se construyó un dique debido a la erosión que se tenía en ese momento lo que afectaba el paso vehicular y de los peatones, dicho dique elevo el nivel hasta convertirse en una sector estable ante la erosión, sin embargo, aguas abajo de esa obra se produjo con el paso de los inviernos la profundización del lecho de la quebrada dejando al descubierto la base del dique y formando cárcavas convirtiéndola en una estructura inestable y con altas posibilidades de colapsar, debido a esta problemática es necesario realizar las medidas de corrección pertinentes.



Figura 4-36, Esta obra se puede notar el mal estado ya que ha perdido gran parte de su estructura por el paso del agua.



Figura 4-37, Vista hacia aguas abajo donde el lecho ha alcanzado material de mayor dureza por lo que se han formado cárcavas dificultando el paso peatonal.



Figura 4-38, Al fondo se observa el camino que es protegido por esta obra, al colapsar quedaría inhabilitado el paso vehicular y peatonal hacia los caseríos de la zona.

El tercero y cuarto: Dentro del segundo tramo existe un sector sobre la quebrada que tiene un aproximado de 615 m de longitud; en todo ese sector no se cuenta con ninguna obra de corrección, debido a esto se han formado cárcavas de gran tamaño que se vieron incrementadas con el invierno del año 2011, esto se pudo notar ya que al inicio de esta investigación la problemática si bien existía no era en tan alto grado como se tiene en el año 2012.

Al final de la 3ª Calle Oriente se encuentra un dique de grandes dimensiones que mantiene el nivel aguas arriba; sin embargo un una cárcava que se encontraba a 230 mt de distancia hacia el sur en un año se encuentra a tan solo 100 mts aguas abajo, este problema se prevé que con uno o dos inviernos mas alcanzará la estructura mencionada afectando todo el nivel hacia el norte del dique, lo que hace necesario tratar los 615 mts y realizar medidas de corrección en el cauce.



Figura 4-39, Vista panorámica hacia aguas abajo del dique construido al final de la 3ª Ca Oriente.



Figura 4-40, Vista hacia el Norte desde la 4ª Ca Oriente, se aprecia la formación de cárcavas a lo largo de este tramo.



Figura 4-41 Vista hacia el Sur desde el mismo punto anterior, en esa zona se propondrá un muro longitudinal debido a que en este punto existe una curva la que es necesario proteger.

El quinto: Este problema se tiene presente en un dique construido entre los límites de los Municipios de San Rafael Oriente y El Tránsito, esta obra en dimensiones es la más grande que se tiene presente a lo largo del cauce de La Quebrada El Tránsito y se considera como el más importante ya que es la última obra transversal de corrección de torrente que se tiene presente en la quebrada y al colapsar se tendría una reacción en cadena de todas las obras aguas arriba de este punto. Presenta daños en su base producto de la socavación ya que su contradique colapso y era el que mantenía la estabilidad de la base.



Figura 4-42, Vista frontal de la obra, este es el dique de mayor tamaño encontrado en el cauce de La Quebrada El Tránsito



Figura 4-43, Aguas debajo de la estructura se aprecia el alto grado de erosión debido a exceso de altura que posee la obra sin presencia de disipadores de energía.



Figura 4-44, Imágenes comparativas donde se presenta el deterioro sufrido por la estructura con el paso de un invierno, la figura izquierda fue captada a inicios del año 2011 y la derecha en enero del año 2012.

PROPUESTA DE CORRECCIÓN N° 1 DEL TRAMO N° 2

Para la solución del inminente colapso del dique que mantiene el nivel del puente se propone la construcción de un dique de mampostería hidráulica 50 mts aguas abajo del dique existente con una altura que eleve el nivel del lecho hasta cubrir la socavación que presenta el dique existente; se propone este material para la construcción ya que en este punto se tiene la presencia de material sólido o suelo resistente lo que convierte a este material como mejor alternativa de solución y realizar el diseño de la obra con todos los elementos respectivos que debe contener un dique para su buen funcionamiento.

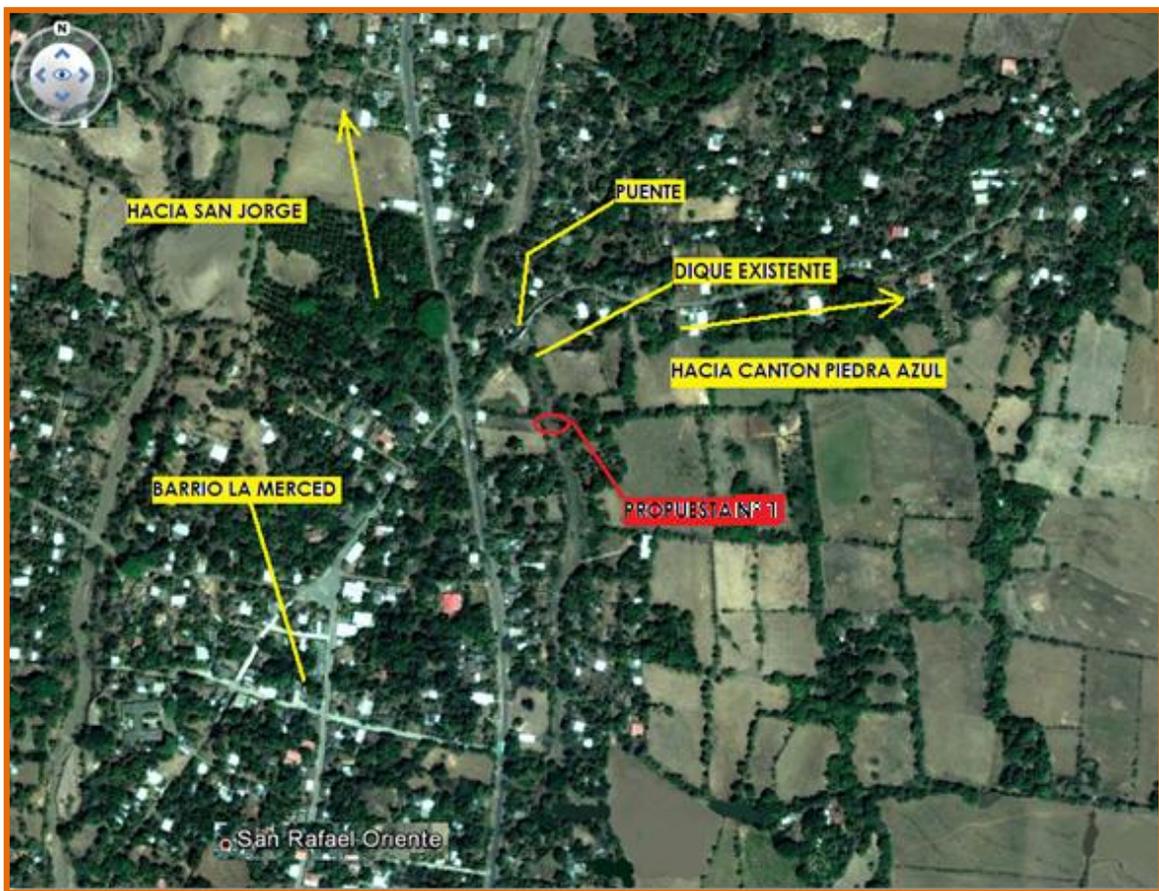


Figura 4-45, Esquema de ubicación de la Propuesta N° 1 en el Tramo 2.

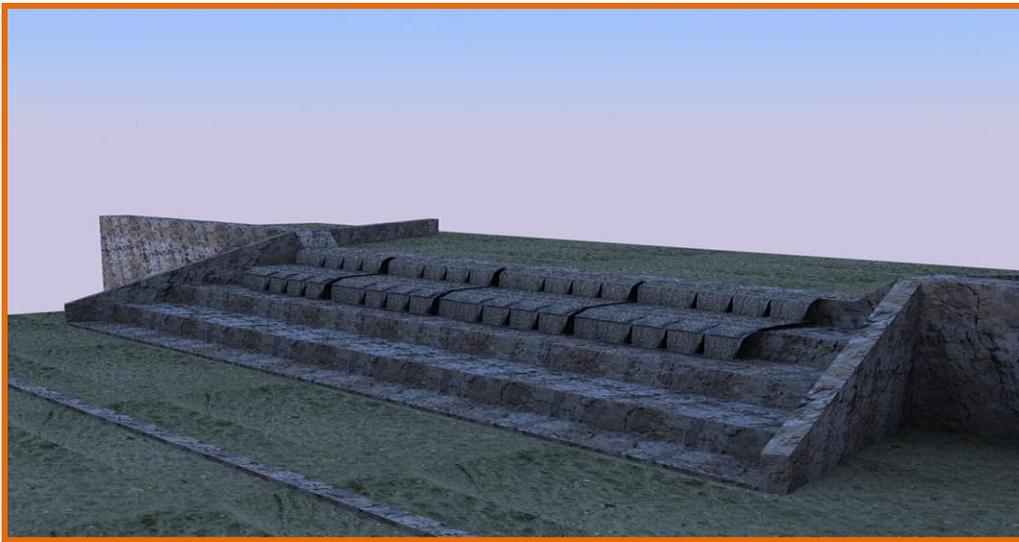


Figura 4-46, Modelo de Dique a utilizar para la Propuesta N° 1 en el Municipio de San Rafael Oriente.

PROPUESTA DE CORRECCION N° 2 DEL TRAMO N° 2

En la mayor parte de la longitud del Tramo N° 2 se presentan problemas de socavación de estructuras existentes, en este caso se propone construir un dique de mampostería hidráulica 50 mts aguas abajo con la finalidad de elevar el nivel del lecho de la quebrada y mantener la estabilidad estructural de la obra existente siempre tomando las consideraciones para el diseño y construcción de este tipo de obras de corrección de torrentes, dependerá de el encargado de la obra el realizar alguna restauración al dique ya construido.



Figura 4-47, Ubicación de la Propuesta N° 2 en el Barrio la Merced de San Rafael Oriente

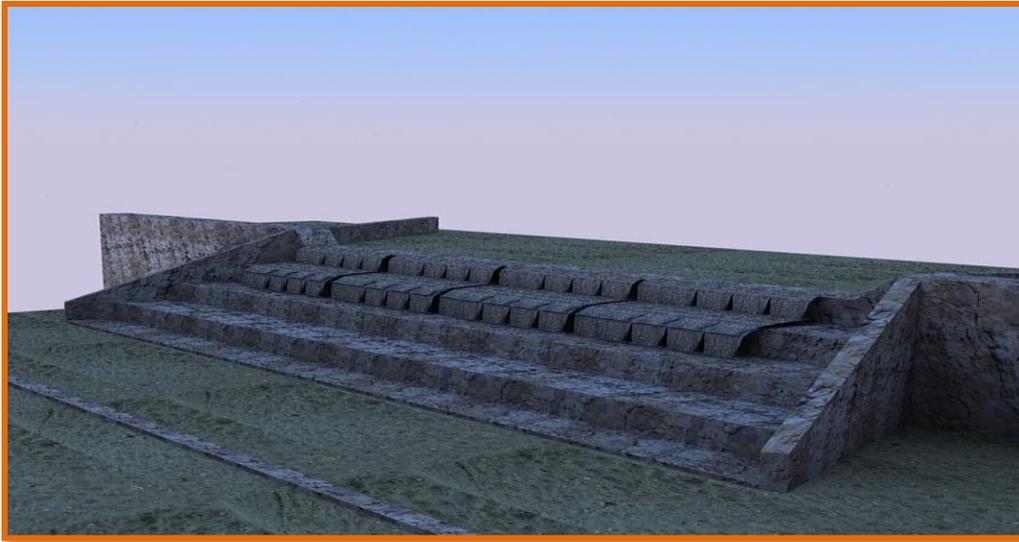


Figura 4-48, Dique modelo para la Propuesta N° 2, este dique carece de rampas de acceso.

PROPUESTA DE CORRECCIÓN N° 3 Y PROPUESTA N° 4 DEL TRAMO N° 2

Se consideraran en conjunto dos tipos de obra, primeramente 10 mts abajo de la final de la 2ª Calle Oriente la construcción de un dique de mampostería hidráulica por el tipo de suelo que se tiene presente en el lugar y 200 mts abajo de esta estructura la construcción de otro dique de mampostería hidráulica por el mismo motivo descrito anteriormente, de forma que estas dos estructuras queden distribuidas entre los 615 metros de longitud de ese tramo, es indispensable la obtención del perfil longitudinal de este tramo para determinar la altura que tendrán estos dos diques.

Para complementar estas dos obras se propone la construcción de una serie de espigones entre el dique de la 3ª Calle Oriente y el primer dique a construir al final de la 2ª donde se tiene una longitud aproximada de 210 mts; la cantidad de espigones a construir se determinara mediante cálculos presentes en la metodología, esto evitará la erosión en los márgenes de la quebrada ya que se pudo observar mediante las

inspecciones que aun con la construcción de los diques se tendría presente la erosión en la ribera, cabe mencionar que al igual que la cantidad de espigones también la longitud y el ángulo de inclinación se deberá tomar basándose en la metodología presentada en esta investigación. Se recomienda el uso de mampostería para esta obra ya que por el dique a construir aguas abajo no se tendrá presente socavación en la base de los espigones, otro factor es debido a que los espigones de gavión retendrían demasiados desechos que son depositados a lo largo de la quebrada.

Como se mencionó anteriormente para la propuesta N° 4 se recomienda construir otro dique 200 mts aguas abajo de la primer obra esto para tener un sistema de presas escalonadas y no cambiar en gran medida la pendiente de equilibrio que posee la quebrada se recomienda como material de construcción la mampostería hidráulica ya que se ha observado suelo resistente en todo el sector en análisis.

Como complemento de este dique se propone la construcción de un muro longitudinal unido al dique y aguas arriba de este en la margen poniente de la quebrada de un longitud de 70 mts usando el gavión como técnica de construcción ya que resiste de mejor manera los embates del agua ya que esta impactara directamente debido a la forma curva que se tiene en este punto, de esta forma no se tendrán fracturas por deformación. Con este muro longitudinal se evitara que el agua siga un curso recto hacia las viviendas que se tienen en ese lugar y se desviara hacia el cauce actual de la quebrada.

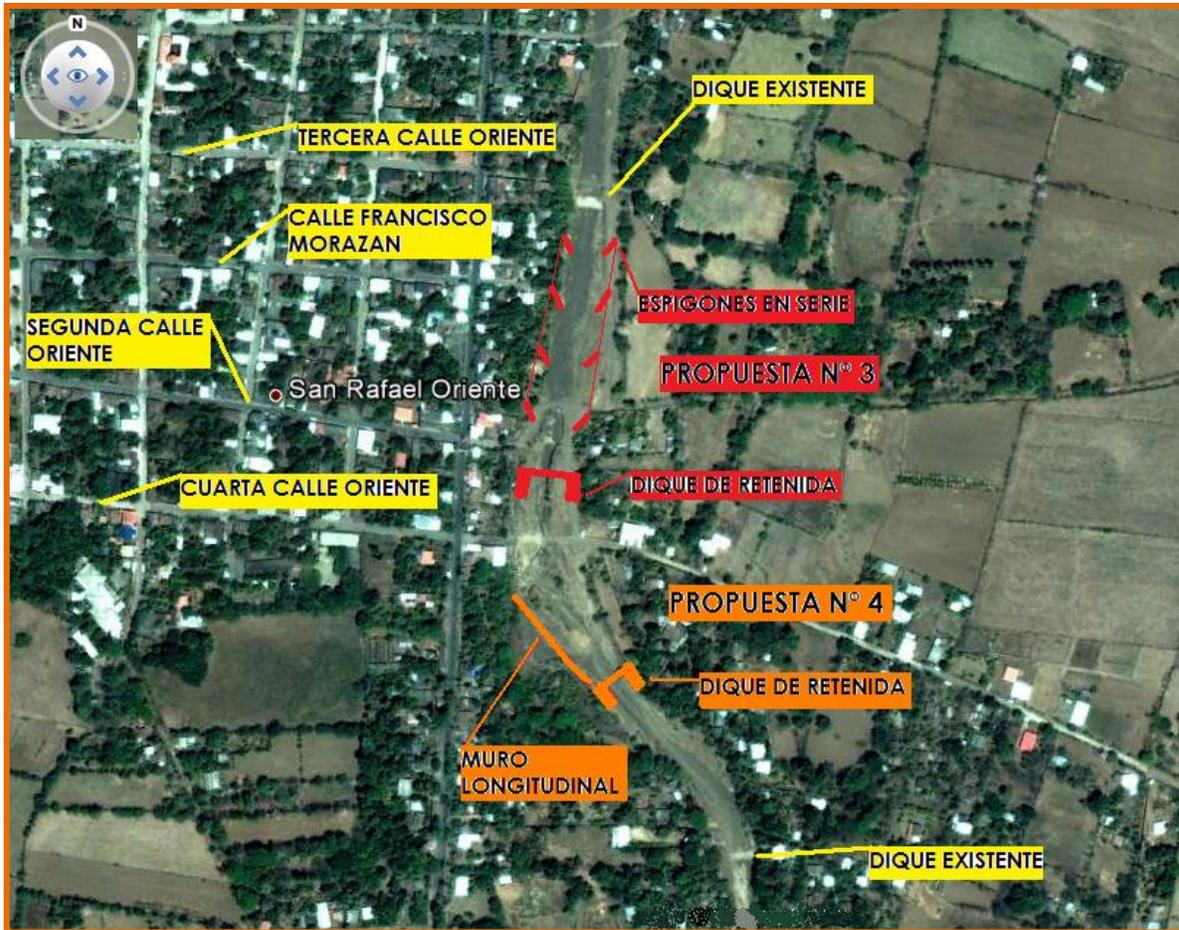


Figura 4-49, Ubicación de cada una de las obras propuestas en el Tramo N° 2 del Municipio de San Rafael Oriente

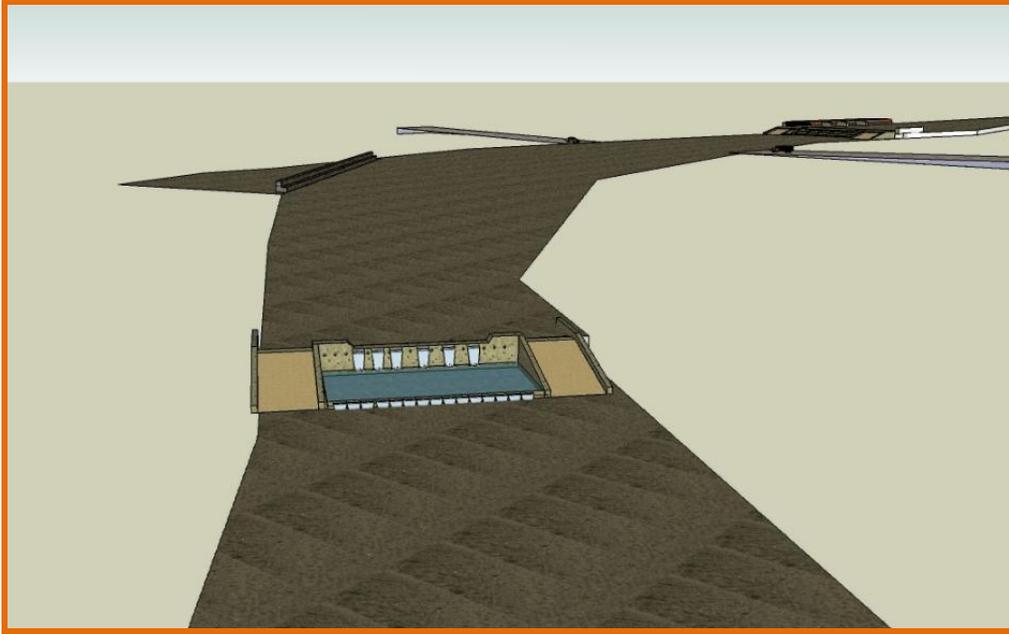


Figura 4-50, Vista esquemática de cada una de las obras propuestas en el Tramo N° 2

PROPUESTA N° 5 DEL TRAMO N° 2

Como propuesta adicional recomendamos la restauración del dique ubicado en los límites de los Municipios de San Rafael Oriente y El Tránsito ya que se pudo observar en las visitas e inspecciones que carece de elementos como alas que sirven para encauzar el agua hacia el vertedero que por consiguiente también carece de él, es necesario construirle un cuenco dissipador que es el área que queda aguas abajo del dique y arriba del contradique y sirve para evitar la erosión en su base ya que se forma una especie de recipiente donde queda agua almacenada para que la corriente impacte sobre la misma agua que luego sale pero medio del desagüe que se le deja al contradique, debido a la altura que posee este dique es necesario construirle gradas dissipadoras de energía; estas y otras consideraciones como se ha mencionado en las propuestas

anteriores deben apoyarse mediante el uso de la metodología ya establecida.

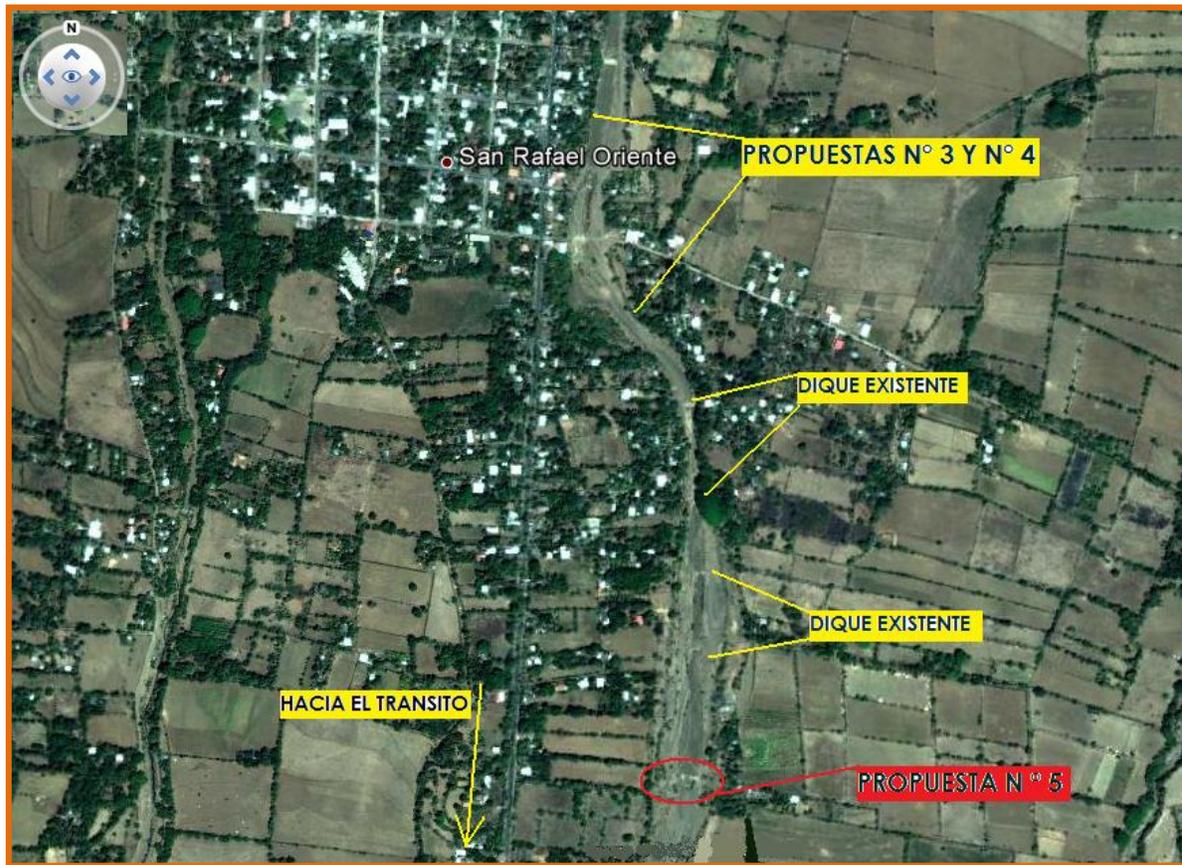


Figura 4-51, Ubicación de la Propuestas N° 5 en los límites de los Municipios de San Rafael Oriente y El Tránsito.



Figura 4-52, Representación del dique con las propuestas de restauración ya realizadas.

4.3.3 TRAMO N° 3

Este tramo en estudio posee una longitud de 3.3 km, según las visitas e inspecciones se pudo observar que no hay una gran cantidad de obras de corrección lo que se puede considerar un beneficio para la conservación del cauce; se ha podido lograr entender que las obras de corrección si bien es cierto ayudan en cierta medida a solucionar la problemática de la erosión, esta a su vez incrementa la erosión aguas abajo si no se construyen de manera escalonada.



Figura 4-53, Imagen satelital donde se aprecia en su longitud el Tramo N° 3 que inicia en el Municipio de El Tránsito y luego pasa por el área rural de Concepción Batres.

En este sector no se tiene presencia de cárcavas ya que el material erosionado en la cuenca alta es depositado ahí, debido a esto no se han construido diques ya que no sería una opción atinada, a través de los años se han realizado obras de carácter temporal como bordas utilizando la misma arena de la quebrada; basados en esta reseña se propone una sola medida que se puede llevar a cabo para mantener la estabilidad hidráulica de La Quebrada El Tránsito.



Figura 4-54, La imagen izquierda fue captada cuando era conformada la borda con un tractor de banda, a la derecha se observa luego del paso del invierno.



Figura 4-55, La figura muestra el descenso del nivel en la final de la 2ª Calle Poniente del Municipio de El Tránsito.



Figura 4-56, Zona Sur del Municipio de El Tránsito, se tiene una altura muy baja de las márgenes de la quebrada lo que vuelve propensa la zona para desbordamientos e inundaciones.

PROPUESTA N° 1 DEL TRAMO N° 3

Para mantener la pendiente natural no se proponen obras transversales ya que esto ocasionaría una problemática en cadena aguas abajo de alguna obra propuesta; debido a esto se propone únicamente continuar con la conformación de bordas a lo largo del tramo en ambos márgenes de la quebrada recomendando la siembra de barreras sobre las bordas para incrementar su periodo de vida útil haciendo uso de los métodos presentados en el ítem 4.2 relacionado a la protección del suelo.

4.4 METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE OBRAS DE CORRECCIÓN EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO

4.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO-FORESTAL

Se debe tener claro que sin políticas serias de conservación de suelos y protección de flora y fauna los problemas ambientales serán el dolor de cabeza permanente para la población y las autoridades, ya que esta problemática se está generalizando en todo el territorio nacional y se empeora principalmente en la época de invierno.

Es increíble observar los pobladores de las zonas montañosas talar un árbol únicamente para utilizarlo para una cerca o peor aun talar una ladera completa con el propósito de utilizarlo para pastar ganado o sembrar indiscriminadamente maíz ver figura 4-57, tierras que por largo tiempo fueron utilizadas para el cultivo del café que si protege de todos los problemas presentes en la actualidad.



Figura 4-57, En la imagen izquierda se observa un poblador realizando prácticas de tala de arboles en una ladera, en la derecha se aprecia el resultado obtenido en esa misma ladera con dicha acción.

Los pobladores llevan a cabo estas prácticas aun sabiendo que con esto hacen un gran daño a su propios terrenos que pierden área y fertilidad debido a los deslizamientos continuos que se dan no solo en invierno, sino que también en verano porque son suelos altamente arenosos y sin ninguna protección el sol los seca y el material se desliza hacia las partes más bajas, muchas de las veces el problema es aumentado debido a la quema indiscriminada para según ellos “limpiar” los terrenos como se observa en la figura 4-58.



Figura 4-58, Ambas figuras presentan la misma ladera, a la izquierda se aprecia el resultado de la quema como técnica de limpieza.

Si no se logra evitar esta problemática en la zona montañosa a parte de los mismos pobladores de la zona también se trasladara el problema hacia las zonas más bajas, cosa que ya se está dando y fue lo que origino llevar a cabo esta investigación, debido a que por muchos años se ha podido observar el incremento de la erosión en el cauce de la quebrada que se está estudiando, conociendo el origen del problema se ha tratado de tomar acciones que debido a falta de conocimientos acerca del diseño de obras de corrección se construyeron sin usar criterios técnicos de donde

y como construir las obras que en la actualidad se encuentran presentes en el cauce de La Quebrada El Transito; sin embargo, se ha tomado en consideración proponer algunas obras que darán solución específicamente a los problemas mayores que afectan actualmente a gran parte de la población que habita a las orillas de la quebrada.

Es necesario que para futuras decisiones acerca de construir medidas de corrección hidrológico-forestal se tomen en cuenta los respectivos criterios técnicos y no hacerlo de forma indiscriminada, por este motivo se establece en esta investigación la metodología a seguir para llevar a cabo la formulación de este tipo de proyectos y no incurrir en gastos innecesarios o que los mismos trabajos de corrección incrementen la problemática únicamente trasladándola hacia los sectores aguas abajo.

4.4.2 ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS DE CORRECCIÓN A IMPLEMENTAR EN EL CAUCE

Abarcaremos en este punto aspectos a considerar únicamente para tres tipos de obras que se han propuesto como resultado de esta investigación:

- Diques de Retenida de Sedimentos
- Muros Longitudinales
- Espigones

Cada una de las obras posee algunos elementos que son indispensables para su buen funcionamiento y para prolongar su vida útil, es necesario que cuando se desee construir este tipo de obras se tomen en cuenta lo mencionado en esta metodología.

4.4.2.1 ASPECTOS DE DISEÑO

En lo relacionado a la formulación de proyectos está implícito el aspecto de diseño de cualquier tipo de estructura, la formulación de proyectos es un punto de gran importancia ya que ahí donde se incluyen los diferentes aspectos como económicos estructurales y algunas veces el mantenimiento de las obras; se presentarán a continuación las diferentes tipos de obras que se ha recomendado implementar en el cauce y las principales recomendaciones para un adecuado diseño tomando como base los puntos establecidos por los diferentes formatos para la formulación de proyectos ya establecidos en el país.

4.4.2.2 DIQUES DE RETENIDA DE SEDIMENTOS

Antes de iniciar el proceso de construcción de un dique es necesario establecer los elementos y estudios previos para el buen funcionamiento de las estructuras que son los siguientes:

1. Elementos que Componen un Dique

Obra Vista: Es principalmente el muro transversal que compone el dique, sobre el van las alas y el vertedero y en la parte frontal los desagües, compone la mayor parte de la masa total del dique ya que es la que retiene los sedimentos arrastrados.

Alas: Estas sirven para guiar el agua hasta la parte central del dique evitando con esto que el flujo cambie de dirección y rodee la estructura lo que podría provocar el ingreso del agua a viviendas que puedan existir en las márgenes de la quebrada.

Vertedero: Este elemento va en función con las alas y es la sección en la parte del centro del dique por donde circula el agua hasta caer a la parte más baja.

Mechinales o Desagües: Cuando son presas abiertas estos son de gran tamaño y son utilizados para que circule material que no se quiere sedimentar en la presa, en el caso de las presas cerradas su función es únicamente de liberar presión hidrostática.

Gradas Disipadoras: La idea principal de los diques es reducir la energía del flujo de agua y combinado con el cuenco disipador ayudan a reducir la velocidad del flujo cuando este ingresa o pasa por cada dique, son construidas unidas a la obra vista del dique o el muro transversal.

Cuenca Disipador: Este es construido aguas abajo del dique y su función es la de formar un estanque de agua para que el flujo no erosione la estructura, y más bien la misma agua estancada disipe la energía de la corriente, está compuesto por tres muros, dos en las márgenes y uno transversal al cauce con el propósito de formar un rectángulo en forma de estanque.

Rampas de Acceso: Si la opción es que por el punto donde se construya el dique circularan vehículos se le agrega a la obra dos rampas de acceso aguas abajo de la obra a los costados la pendiente no debe ser muy pronunciada y dependerá de la altura del dique.

Los elementos mencionados ayudan a obtener un mejor funcionamiento de las estructuras de este tipo facilitando la construcción y alargando la vida útil de cada obra, la mayoría de las obras construidas sobre La Quebrada El tránsito carecen de la mayoría de de estos componentes lo que ha influido al deterioro y colapso de algunas de ellas.



Figura 4-59, Elementos que componen un dique de retenida de sedimentos.

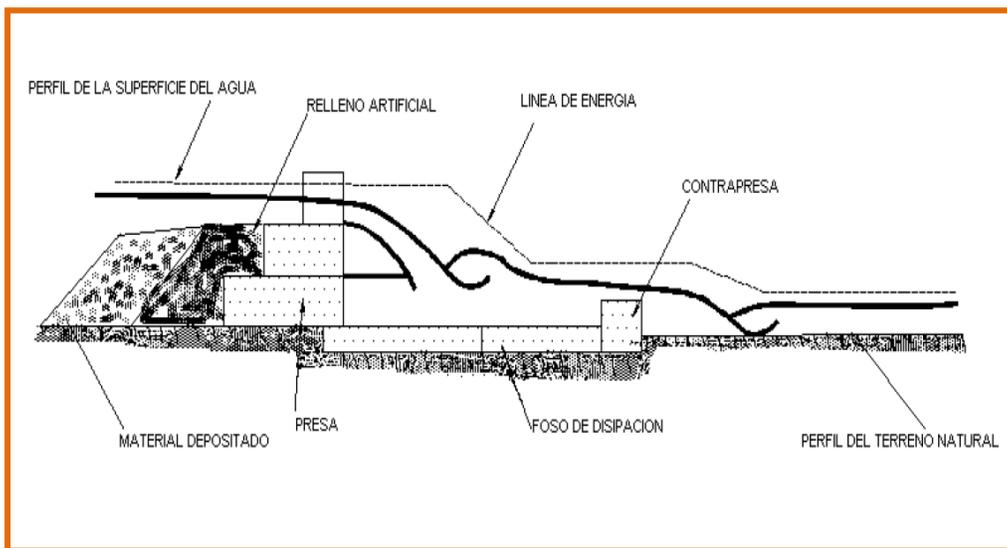


Figura 4-60, Vista lateral de un dique.

2. Estudios Técnicos

Estudio Topográfico: Si se tiene un tramo del cauce de la quebrada dañado se debe inspeccionar las obras construidas aguas arriba y aguas abajo con el fin que el levantamiento abarque todo el tramo entre estas dos estructuras.

La finalidad principal es de obtener el perfil longitudinal y tener la perspectiva más clara de donde ubicar cada obra y no hacerlo al azar, es necesario tomar la mayor parte de puntos en el centro y las márgenes de la quebrada y dejar Bancos de Marca para el replanteo de la estructura que se propondrá; el perfil obtenido dará lugar a establecer la altura que tendrá el dique manteniendo así una pendiente aceptable en el cauce de la quebrada.

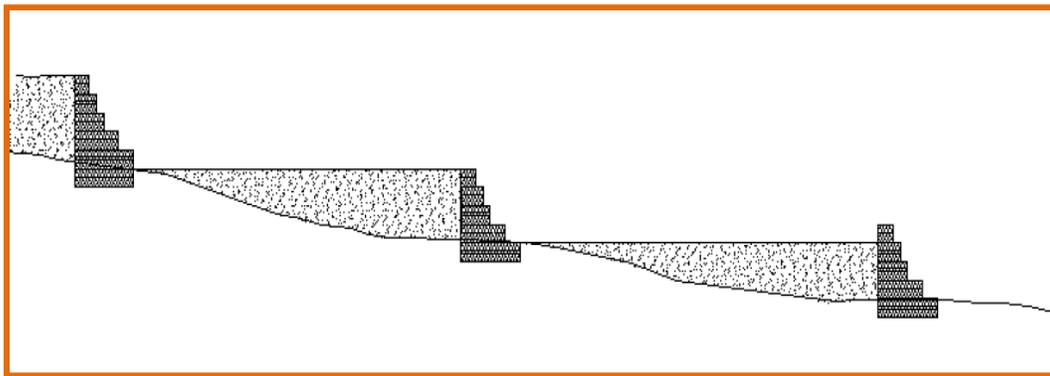


Figura 4-61, Representación de una serie de presas escalonadas.

Estudio de Suelos: Es indispensable realizarlos, y se llevan a cabo en los lugares establecidos en el estudio Topográfico, los estudios a considerar para la construcción de estas estructuras son los mismos que se utilizan para los muros de retención principalmente los ensayos de Corte Directo y Compresión Triaxial.

Estudio Hidráulico: Debe ir combinado con el Estudio Hidrológico y la utilidad es para obtener el área hidráulica con el cual se diseñara el vertedero de la misma forma que se diseña cualquier obra de paso y para periodos de retorno de 50 años, esto se hace para que el agua no sobrepase los límites del vertedero poniendo en peligro la estabilidad de la estructura principal.

Diseño Estructural: Se diseña de la misma forma que los muros de retención analizando cada elemento por separado; la obra vista o muro transversal se debe diseñar para dos etapas, primero para la etapa de colmatamiento en la cual solo soporta presión hidrostática y segundo cuando se encuentra ya colmatada que debe sumar la presión hidrostática y el empuje del suelo sedimentado.

4.4.2.3 MUROS LONGITUDINALES

Las consideraciones para la construcción de este tipo de obra no son específicas para esta problemática sino que se siguen las recomendaciones generales establecidas ampliamente en otras investigaciones, se hacen únicamente las siguientes recomendaciones:

1. **Ubicación:** Se recomienda este tipo de alternativa donde la quebrada haga un cambio brusco de dirección y el flujo tienda a continuar en línea recta específicamente en las curvas, en esos puntos se pueden construir los muros longitudinales y se tendrá una alternativa efectiva de corrección.
2. **Elección de Material:** Esto depende del suelo que se tenga en el lugar donde se requiera hacer uso de esta alternativa siguiendo las

recomendaciones establecidas en el Capítulo 2. Cuando se utiliza el Gavión como alternativa es indispensable colocar una capa de concreto en la parte superior de cada caja, este revestimiento aumentara la vida útil del muro ya que protege el alambre de la malla del gavión.

4.4.2.4 ESPIGONES

Ya se establecieron anteriormente las ventajas y desventajas del uso de Gavión o Mampostería Hidráulica, nos enfocaremos en este punto en algunas recomendaciones de diseño y construcción de estas alternativas:

Datos de Diseño: Los datos necesarios para el diseño de los espigones son la topografía y en la zona por proteger, secciones transversales a lo largo de las orillas que serán protegidas, características hidráulicas de la corriente como son, por ejemplo, las avenidas asociadas a un periodo de retorno entre 50 y 100 años, la elevación de la superficie del agua correspondiente a esas avenidas, así como las velocidades medias de los escurrimientos y la velocidad del flujo a lo largo de las orillas por proteger; la granulometría y peso específico de los materiales del fondo y orillas del cauce.

Longitud de los Espigones: La longitud total de un espigón, L , se divide en dos, una es la longitud de anclaje o empotramiento, L_e , y la otra la longitud de trabajo, L_t . La primera es la que inicialmente está dentro de la margen y la segunda la que está dentro de la corriente.

$$L = L_t + L_e$$

La longitud de trabajo L_t , normalmente debe estar comprendida entre los límites siguientes

$$D < L_t < B/4$$

Donde:

D es el tirante de la corriente.

B es el ancho medio de la superficie libre en los tramos rectos.

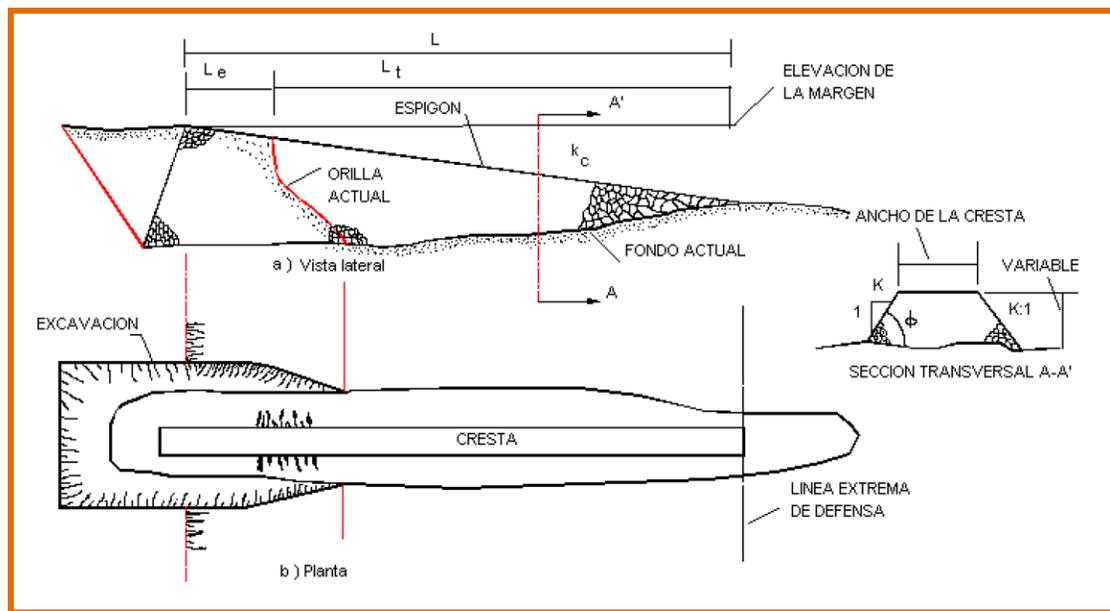


Figura 4-62, Detalle de un espigón.

Separación entre espigones: La distancia entre espigones, se mide en la orilla entre los puntos de arranque de cada uno y depende de la longitud del espigón de aguas arriba y de su orientación, así como de la configuración de la margen.

Para la separación entre espigones en un tramo recto, cuando la línea extrema de defensa y la margen son paralelos sin empotramiento en la orilla, se recomienda lo siguiente:

Ángulo	Separación, Ss
70 a 90 grados	(4.5 a 5.5)Lt
60 grados	(5 a 6) Lt

4.4.2.5 ASPECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Para la construcción de las obras de corrección de cualquier material es necesario tomar en cuenta lo establecido en los diferentes manuales relacionados a obras de mampostería llámese a estas de gavión o hidráulicas, en el documento presentado se recomendaron en su mayoría obras de mampostería hidráulica y en una minoría de gavión, para estas últimas existe mucha información referente al proceso constructivo de esta técnica sin embargo se presentaran algunas recomendaciones puntuales a considerar cuando se construyan las propuestas ya establecidas.

Con los planos obtenidos de la formulación se procede a ubicar y construir las obras en el lugar especificado en los planos siguiendo los siguientes puntos:

➤ **Trazo y Nivelación Topográfica**

El trazo deberá ejecutarse con estación total, o nivel fijo y consistirá trazar las dimensiones de la construcción de acuerdo con las medidas y niveles expresados en los planos y establecerá las referencias

planimétricas y altimétricas (bancos de marca), necesarias para plantear ejes y niveles establecidos.

➤ **Excavación**

Esto consiste en la excavación y evacuación de todo material cuya remoción no se esté efectuando bajo alguna otra actividad y que finalmente sirva para conformar la plataforma base o cimentación de la obra. Si el material que se extrae del lugar de la excavación puede ser utilizado de relleno en el área de sedimentación aguas arriba del dique.

➤ **Relleno compactado con material selecto**

Este trabajo consiste en aplicar capas compactadas que deberán ser rellenadas y compactadas en capas sucesivas de 15 cms. hasta una densidad adecuada y en este punto está incluido el suministro de la mano de obra, materiales y equipo y demás operaciones necesarias para rellenar la superficie sobre la cual se asentará el material de relleno para iniciar las obras de mampostería de los diques.

➤ **Obras de mampostería**

Para las obras de mampostería los materiales principales son la piedra y el mortero y estos deben cumplir las siguientes especificaciones:

Piedra:

La piedra puede ser canto rodado o material de cantera labrado o no labrado. La piedra debe ser dura, sana, libre de grietas u otros defectos que tiendan a reducir su resistencia a la intemperie. Las superficies de las piedras deben estar exentas de tierra, arcilla o cualquier materia extraña, que pueda obstaculizar la perfecta adherencia del mortero. Las piedras pueden ser de forma cualquiera

y sus dimensiones pueden variar la menor de 100 á 200 mm y la mayor de 200 á 300 mm. Las piedras deben ser de materiales que tengan un peso mínimo de 1,400 Kg/m³.

Mortero:

El mortero debe estar formado por una parte de cemento hidráulico y por tres partes de agregado fino, proporción en peso.

Se debe tener el cuidado en la construcción de evitar el contacto entre cada roca ya que debe haber una junta que en este caso es el mortero.

➤ Tuberías de drenaje

Se debe proveer e instalar tuberías de los diámetros y tamaños indicados en los planos en los lugares indicados y con las pendientes señaladas en los mismos planos, también se debe suministrar los materiales para unirlos; asimismo la remoción y retiro de todo material descartado que provenga de la instalación de los tubos.

Para las gradas disipadoras si están establecidas en el diseño es recomendable construir en la parte superior de cada grada una capa de concreto hidráulico con un espesor de 5 cm debido a que el concreto posee una alta resistencia al desgaste al cual estarán expuestas; otro aspecto importante a considerar es el relleno del cuenco disipador que se estableció anteriormente esto para que el agua no debilite la estructura producto de la falta de material en ese lugar.

Si el dique posee rampas de acceso a estas se les debe construir cordones a los costados para dirigir el agua hacia los costados de las rampas, sobre las superficies de las rampas debe existir también un recubrimiento de

concreto del mismo espesor descrito para las gradas disipadoras.

4.4.2.6 ASPECTOS DE MAMTENIMIENTO RUTINARIO PARA LAS OBRAS DE CORRECCIÓN

Para el adecuado funcionamiento e incremento de la vida útil es necesario tomar algunas medidas para controlar los efectos que puede ocasionar el paso del agua sobre estas estructuras entre los cuales se puede mencionar:

➤ **Supervisión periódica**

Es necesario realizar visitas a las obras que se han construido sobre el cauce por lo menos una vez al año preferentemente después del paso de los inviernos para detallar si existen daños en las estructuras o en las cimentaciones de las mismas, con esto se asegura que para la próxima época invernal las obras se encuentren en condiciones optimas de funcionamiento, la inspección se puede realizar llenando la ficha que se proporciona en los anexos de este documento de esta forma se hace un levantamiento de las características y daños que se puedan tener.

➤ **Rehabilitación de estructuras dañadas**

Si producto de la supervisión e inspección de las obras se determina que existen algunas a las que se deben realizar reparaciones se procede a ejecutarlas con las mismas recomendaciones establecidas en los "Aspectos de Construcción" relacionados a las obras de mampostería si el caso fuese daños a la estructura y obras de excavación si fuesen daños en la base de los diques o muros longitudinales.

Otro aspecto a considerar es el desgaste de la superficie superior la cual se ve expuesta a la escorrentía; es indispensable determinar si existe desgaste para aplicar otra capa superficial de esta forma se evitara el desprendimiento de rocas que afectaran de forma mayor la obra.

Cuando los daños son en la base de las estructuras se analizará si es necesaria la construcción de un contradique si el daño es grande y si es severo, la construcción de otro dique de dimensiones establecidas en los respectivos estudios.

➤ **Encauce del agua**

Si se presentan problemas debido al cambio de curso del agua y esta pasa por un costado del dique dañándolo se recomienda la construcción de alas a los extremos de los diques y unidos al margen de la quebrada con esto se evita que el agua circule por los costados y se obtiene el paso de la escorrentía por el vertedero que es el punto diseñado para este fin.

➤ **Limpieza**

Existen obras que por su geometría o los materiales utilizados retienen desechos y estos con el tiempo ocasionan problemas ya que la acumulación ayuda a retener más materiales y afecta el buen funcionamiento de este tipo de obras ya que obstruye el libre paso de la escorrentía por los vertederos.

El problema se incrementa cuando el material es gavión ya que es más propenso a retener desperdicios y por la acumulación de humedad se da el deterioro de la malla que recubre las rocas produciendo rupturas en esta y desprendimiento de toda la masa rocosa que está contenida

dentro de ella; si este es el caso se recomienda recubrir la parte superior o la que estuviese expuesta a la escorrentía con una capa de concreto hidráulico esto protege la malla y prolonga la vida útil y el buen funcionamiento de la estructura.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTAS DE OBRAS DE CORRECCIÓN
PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO DEL
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La red de drenaje del área en estudio está formada por quebradas, zanjas, lechos fluviales que transportan agua sólo en la época lluviosa; comprendida entre los meses de Mayo a Noviembre.
- La Quebrada El Tránsito presenta fuertes desniveles, los cuales llegan a tener una pendiente media del 10.53 %, por lo que tienen un fuerte potencial erosivo y de transporte, pudiendo transportar gran cantidad de sedimento en suspensión y fragmentos de rocas que pueden llegar a tener grandes dimensiones de hasta 2 m³.
- El alto grado de erosión que presenta la Quebrada El Tránsito, se debe principalmente: a la tala indiscriminada de bosques en la zona alta del Municipio de San Jorge, la fuerte pendiente de la quebrada y de las laderas que son utilizadas para fines agrícolas.
- Los usos de suelo agrícola observados en el área de estudio se pueden agrupar en cultivos estacionales (maíz, frijol, tabaco, cebolla, tomate), cultivos permanente (café); potreros o monte bajo y zona desnuda de vegetación.
- Las zonas deforestadas corresponden a la parte alta del Volcán Chaparrastique, Cerro El Limbo, Cerro de Chambala, Montaña Lacayo, Loma Las Bernales, es en estos sectores donde se observa la mayor pérdida de suelos en sus laderas.

- En el Tramo N° 1 se encuentran construidas 16 obras; de la cuales 2 son longitudinales y 14 transversales. Dentro de las que se ha podido identificar un muro gavión longitudinal, un muro de mampostería de piedra longitudinal, 2 diques gaviones transversales y 12 diques de mampostería de piedra transversal.

La mayor parte de estas obras se encuentran colmatadas, excepto las que han sido construidas de Agosto a Octubre de 2011 situadas en El Cantón San Julián, Caserío El Dólar del Municipio de San Jorge; encontrándose algunas de ellas erosionadas aguas abajo de la estructura.

- La parte media de la Quebrada El Tránsito comprendida por el Tramo N° 2 se han podido identificar 16 obras; los cuales todos son diques de mampostería de piedra transversales. En este tramo todas las obras se encuentran colmatadas; presentando algunas de ellas erosión aguas abajo de la estructura debido a que se encuentra al descubierto la cimentación de las estructuras.

Es preciso mencionar que existen muchas obras a las cuales se les debe prestar mucha importancia, porque al igual que todas desempeñan una función principal para el control de la erosión hídrica. En este tramo se encuentran algunas de ellas en estado crítico ya que el nivel de la erosión aguas abajo de la estructura a dejado al descubierto la cimentación de las mismas hasta 1.5 m, por lo que se deben de restaurar.

- En el Tramo N° 3 de la Quebrada El Tránsito se identificaron obras longitudinales que sirven para la protección de los terrenos aledaños a la quebrada y de protección al puente sobre Carretera El Litoral.

No se pudo identificar ningún tipo de obra transversal, que ayuden a mitigar la erosión hídrica. Esto se debe a que en la parte baja de la cuenca, todo el material erosionado de la zona alta y media es transportado y sedimentado en este lugar y no se presentan mayores problemas de erosión.

- Las propuestas de las obras se ha determinado en base al comportamiento que han desempeñado ante el problema de la Erosión Hídrica en El Salvador como en otros países; de esta manera se han seleccionado medidas para la conservación del suelo en la cuenca y construcción de estructuras flexibles y rígidas como (Gaviones y Muros de Mampostería de Piedra) en el cauce.

5.2 RECOMENDACIONES

- Evitar la agricultura de granos básicos en las laderas con alto porcentaje de pendiente de los Cerros Chambala, Laguna Seca del Pacayal y Cerro Lacayo.
- Coordinar de manera precisa la contribución de las Alcaldías Municipales, ONG's, Adescos y Centros Escolares a la reforestación de las zonas más vulnerables dentro de la cuenca.
- Las Municipalidades por medio de una planificación territorial deben evitar la construcción de casas en lugares de alto riesgo principalmente en las márgenes de las quebradas
- Las municipalidades afectadas a lo largo de La Quebrada El Tránsito de manera conjunta deben asumir con responsabilidad las actuaciones que se deberían realizar para evitar los problemas causados por las periódicas correntadas en la época invernal que afecta a todas ellas por igual.
- Hacer efectivas las prohibiciones de la extracción de arena en la quebrada ya que esta acción incrementa la problemática de la erosión debido a la pérdida de material y profundización del fondo de ella.
- Las municipalidades deben tomar acciones para evitar el depósito final de la basura en la quebrada, ya que causan obstrucción en el acceso de vehículos y personas, riesgos en la salud pública, y contaminan las aguas subterráneas y superficiales específicamente

en el Rio Grande de San Miguel ya que es ahí donde desemboca la Quebrada El Tránsito.

- Realizar un mantenimiento y reconstrucción de las obras ya construidas para que estas sigan colaborando a la solución de la problemática que se tiene presente.
- Para el diseño de cada una de las obras propuestas, será necesario tomar en cuenta las recomendaciones presentes en la metodología establecida en esta investigación y de esta forma obtener los datos necesarios que contribuyan a un diseño final adecuado garantizando la estabilidad y la vida útil de cada estructura construida a futuro.
- Realizar investigaciones en lo relacionado a estabilización de laderas y taludes y en el diseño de los diferentes tipos de obras propuestas en esta investigación.
- Profundizar en problemas relacionados al azolvamiento y por consiguiente los desbordamientos que se tienen presente en el Tramo N° 3 ya establecido que comprende los Municipios de El Tránsito y Concepción Batres.

5.3 RESULTADOS OBTENIDOS

- Se marcó la pauta sobre la investigación del control de la erosión en las quebradas lo que servirá de apoyo para las instituciones involucradas en la atención de esta problemática; así también servirá referencia para futuras investigaciones relacionadas a esta temática.
- Se determinaron las causas y los efectos que provoca la Erosión Hídrica sobre la cuenca y el cauce de La Quebrada El Tránsito, obteniendo como causa principal el mal manejo de las prácticas de cultivos en la zona media y alta de la cuenca.
- Se elaboró un Diagnóstico Físico de La Quebrada El Tránsito en el cual se establecieron las características de la cuenca y el cauce de la quebrada y los problemas presentes en la actualidad, lo cual sirvió como base para la elaboración de las respectivas propuestas de corrección hidrológico-forestal.
- Mediante el registro e inspección de las obras sobre La Quebrada El Tránsito se obtuvo un documento que servirá a las municipalidades para saber en qué estado se encuentran las estructuras y poner atención a las que están propensas a colapsar.
- Se elaboraron mapas donde aparece la ubicación de cada una de las obras construidas y donde deben construirse las propuestas establecidas; se elaboro también un mapa donde se establece las zonas donde deben tomarse las medidas de corrección en la cuenca que se está estudiando.

- Mediante la base teórica de esta investigación se estableció los tipos de obra y los materiales a usar para la construcción de las obras que se propusieron, recomendando la ubicación y otras consideraciones para las mismas.
- Se elaboró una metodología donde están plasmadas las recomendaciones a seguir para la construcción de obras y medidas hidrológico-forestal para facilitar a las instituciones respectivas la correcta construcción de las propuestas.
- Basados en el Diagnostico Físico de La Quebrada el Tránsito se elaboraron las propuestas y medidas de corrección hidrológico-forestal a ser implementadas por los pobladores y las instituciones involucradas en este tipo de problemáticas, llámese a estas Alcaldías, ONGs y Adescos, con lo que se vendrá a dar solución a la mayoría de factores que intervienen en aumentar los problemas presentes en la cuenca y el cauce de la quebrada.

GLOSARIO

GLOSARIO

Cuenca: Área de la superficie terrestre drenada por un único sistema fluvial. Sus límites están formados por las divisorias de aguas que la separan de zonas adyacentes pertenecientes a otras cuencas fluviales. El tamaño y forma de una cuenca viene determinado generalmente por las condiciones geológicas del terreno.

Agua Subterránea: Agua existente debajo de la superficie terrestre en una zona de saturación, donde los espacios vacíos del suelo están llenos de agua.

Agua Superficial: Agua que fluye o se almacena sobre la superficie del terreno. Es equivalente a: agua de superficie.

Erosión Hídrica: Es la manifestación de la acción de las lluvias sobre la superficie terrestre (expresada a través de cárcavas, erosión laminar, denudación y arrastre de material).

Escorrentía: Parte de la precipitación que se presenta en forma de flujo en un curso de agua. La pérdida de suelos, por lo general en terrenos inclinados y sin cobertura vegetativa es causada principalmente por la acción del agua.

Escurrimiento Superficial: Movimiento del agua desde una mayor altura a otra menor respecto del nivel de mar y que generalmente está asociado por el fenómeno de la erosión pluvial.

Evento: descripción de un fenómeno en términos de sus características, su dimensión y ubicación geográfica. Registro en el tiempo y en el espacio de un fenómeno que caracteriza una amenaza.

Humedad del suelo: Humedad contenida en la porción de suelo por encima del nivel freático, incluyendo el vapor de agua presente en los poros del suelo.

Infiltración: Es la capacidad que tiene el suelo para absorber agua en los diferentes estratos.

Permeabilidad: factor que mide la resistencia de los materiales al libre flujo del agua, y puede definir el régimen de aguas subterráneas, concentración de corrientes, etc.

Vulnerabilidad: es el factor de riesgo interno que tiene una población, infraestructura o sistema que está expuesto a una amenaza y corresponde a su disposición intrínseca de ser afectado o susceptible de sufrir daños. La probabilidad de que se produzcan daños sobre un sistema por la acción de un fenómeno natural o antrópico será mayor cuanto más sea su intensidad y la vulnerabilidad del mismo, y viceversa.

Conservación: Conjunto de actividades humanas para garantizar el uso sostenible del ambiente, incluyendo las medidas para la protección, el mantenimiento, la rehabilitación, la restauración, el manejo y el mejoramiento de los recursos naturales y ecosistemas.

Suelo: La formación de los suelos depende de un largo y complejo proceso de descomposición de las rocas, en el cual intervienen factores físicos, químicos y biológicos.

Andisoles: Suelo desarrollado en depósitos volcánicos (como ceniza volcánica, piedra pómez, carbonillas y lava) y/o piroclásticos.

Litsoles: Constituyen la etapa de formación del suelo, la capa del mismo es menor a 10 cm de espesor, predominando en ella la materia orgánica, con una fertilidad de media a alta. Se presentan en pendientes altas, lo cual impide su explotación económica.

Latosoles: Suelos propios de las regiones tropicales. Se caracteriza por la descomposición completa de la roca, acumulación de óxidos de hierro y aluminio, humus escaso y la máxima filtración de los materiales solubles hasta los estratos inferiores.

Clasificación climática de Köppen: Consiste en una clasificación climática mundial que identifica cada tipo de clima con una serie de letras que indica el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones que caracterizan dicho tipo de clima.

Clima Tropical: Estación seca invernal que aumenta a medida que nos alejamos del Ecuador. Precipitación mínima superior a 100mm.

Sitios RAMSAR: son Humedales de Importancia Internacional, representan verdaderos refugios de conservación para la flora y fauna que habita en ellos y para las poblaciones que viven a su alrededor.

Reforestación: Establecimiento de un bosque en forma natural o artificial, sobre terrenos en los que la vegetación arbórea es insuficiente o no existe.

Dique: Muro artificial hecho para contener la fuerza de las aguas y retener sedimentos en el cauce de un lecho fluvial que puede ser construido de diversos materiales principalmente de mampostería hidráulica y gavion.

Gaviones: Son elementos modulares con formas variadas, confeccionados a partir de redes metálicas en malla hexagonal de doble torsión que, llenados con piedras de granulometría adecuada y cosidos juntos, forman estructuras destinadas a la solución de problemas geotécnicos, hidráulicos y de control de erosión.

Espigones: Elementos Macizos salientes que se construye a la orilla de una quebrada, río o en la costa del mar, para defender los márgenes o modificar la corriente; estos arrancan de la orilla fluvial, a la que pueden estar empotrados o no, y penetran dentro de la misma corriente.

Estructuras Rígidas: Son aquellos muros que no sufren ninguna deformación geométrica debido a los empujes que el suelo ejerce sobre el muro y el peso propio. Estos se refieren a todos los muros construidos de concreto simple y reforzado, mampostería de piedra y de bloques, que abarcan todas las formas que estos puedan tener.

Estructuras Flexibles: Son los muros que sufren deformación, tridimensional, ante cargas impuestas, empujes de tierra, peso propio y del agua absorbida o filtrada. Son susceptibles al cambio de forma hasta retorcerse con el tiempo. (ej.: gaviones).

Estabilidad:

Función principal de los muros de equilibrar las fuerzas que actúan sobre él, tal como el peso propio y el empuje que ejerce el suelo sobre su respaldo, las sobrecargas y el peso de la humedad del suelo que pueden actuar simultáneamente u ocasionalmente.

Cimentación: Conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de las estructuras al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible.

FUENTES DE CONSULTA

BIBLIOGRAFIA

- LEY DEL MEDIO AMBIENTE.
MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.
EL SALVADOR 1998.
- LEY FORESTAL.
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA.
EL SALVADOR 2004.
- LEY DE URBANISMO Y CONSTRUCCION.
VICE-MINISTERIO DE URBANISMO Y VIVIENDA.
EL SALVADOR 2008.
- LEY DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS
El Salvador 2005
- PRINCIPIOS DE HIDRAULICA TORRENCIAL Y SU APLICACIÓN A LA
CORECCION DE TORRENTES

JOSÉ MARIA GARCIA NAJERA

INSTITUTO FORESTAL DE INVESTIGACIONES Y EXPERIENCIAS.
MADRID 1943
- ORDENANZA PARA LA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE RÍOS Y
QUEBRADAS DEL MUNICIPIO DE SAN SALVADOR.
- EROSIÓN HÍDRICA EN CURSO DE LLANURA SOBRE LECHOS
COHESIVOS.

NORA POUHEY.
UNR EDITORA
- MÉTODOS EXPERIMENTALES PARA EL SEGUIMIENTO Y ESTUDIO DE LA
EROSIÓN HÍDRICA.

JUAN DIEGO LEÓN PELÁEZ
- ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL Y MANEJO DE LA EROSIÓN EN CÁRCAVAS

JUAN DIEGO LEÓN PELÁEZ

-
- REHABILITACIÓN Y MANEJO DE LA SUBCUENCA Y DE LA VERTIENTE SUR DEL VOLCÁN CHAPARRASTIQUE.

OIKOS SOLIDARIDAD, UCA, GEÓLOGOS DEL MUNDO
ABRIL DE 2004

- MANUAL DE PRÁCTICAS INTEGRADAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (IITA)
IBADAN, NIGERIA.

- MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS PARA EL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA (USAID)

ELABORADO POR: NAIRA A. CAMACHO
ING. AGRÓNOMO, MSC.

- CONSIDERACIONES SOBRE LAS DEFENSAS FLUVIALES A BASE DE ESPIGONES

XVI CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA CIVIL AREQUIPA 2007
DR.- ING. ARTURO ROCHA FELICES

- PRESAS PARA EL CONTROL DE FLUJOS TORRENCIALES EN EL ESTADO VARGAS, VENEZUELA

JOSÉ LUIS LÓPEZ, DAVID PÉREZ HERNÁNDEZ Y CAUDEX V.
PEÑARANDA

INSTITUTO DE MECÁNICA DE FLUIDOS, DEPARTAMENTO DE
HIDROMETEOROLOGÍA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD
CENTRAL DE VENEZUELA.

- MANUAL PARA CONSERVACION DE CAUCES

LEMAC MEXICO

- MONOGRAFÍAS DEL DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL Y SUS MUNICIPIOS, CENTRO NACIONAL DE REGISTROS (CNR) 1992

-
- RESTAURACIÓN DE RÍOS Y RIBERAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES
COEDICIÓN: FUNDACIÓN CONDE DEL VALLE DE SALAZAR Y
EDICIONES MUNDI-PRENSA. ESPAÑA.

 - EROSIÓN EN CAUCES AFECTADOS POR OBRAS DE CORRECCIÓN
HIDROLÓGICA (CUENCA DEL RÍO QUÍPAR, MURCIA)

BELMONTE SERRATO, ROMERO DÍAZ Y MARTÍNEZ LLORIS
UNIVERSIDAD DE MURCIA 2005

 - MANUAL TÉCNICO MACCAFERRI.
OBRAS DE CONTENCIÓN

TESIS

- CARACTERIZACION DE MOVIMIENTOS DE LADERA Y PROPUESTAS DE
MEDIDAS DE ESTABILIZACION EN LOS CANTONES SAN ANTONIO, JOCOTE
DULCE Y BOQUERON DEL MUNICIPIO DE CHINAMECA.

EMILIA CARLENIN POSADA ESPINOZA
LIDIA IBETH VASQUEZ AREVALO
Universidad de El Salvador 2006

- ANALISIS DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL Y PROPUESTA DE OBRAS DE
MITIGACION EN LA QUEBRADA CHOQUAL, MUNICIPIO DE LA UNION.

CRUZ PACHECO, HEYNER EDENILSON
LEIVA CABALLERO, GEORGE FERNANDO
MEDINA MACHADO, ORLANDO ENRIQUE
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR 2009

-
-
- PROPUESTA DE DISEÑO DE UN PUENTE UBICADO AL FINAL DE LA SEGUNDA CALLE PONIENTE DE LA CIUDAD DE EL TRANSITO.

ALCIONET CORTEZ
JORGE VELÁSQUEZ,
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR 2006

- MANUAL DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y DISEÑO DE MUROS DE RETENCIÓN.

RICARDO ENRIQUE CORTEZ VELÁSQUEZ
JAVIER OMAR RIVERA GARCÍA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR 2004

- PROPUESTA DE DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS CAUSADAS POR LA INUNDACIÓN DEL RÍO GRANDE DE SAN MIGUEL EN EL SECTOR SUBURBANO

CONTRERAS HERRERA, BALMORE ANTONIO
MONTEPEQUE PARADA, JORGE VALENTÍN
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR 2007

LIBROS

- CONSERVACIÓN DEL SUELO
EDITORIAL REVERTÉ, S.A.
NORMAN HUDSON – 1982

- EROSIÓN Y CONSERVACIÓN DEL SUELO
EDITORIAL AEDOS, S.A.
R. P. C. MORGAN – 1997

RECURSOS ELECTRÓNICOS

- SUELOS Y AGUA. www.tierramor.org/

- CONSERVACION DE SUELOS. www.concope.gov.ec/

ANEXOS

ANEXO 1

FICHAS DE IDENTIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 1	
UBICACIÓN: CASERIO CHAMBALITA, CANTON SAN JULIAN, SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	19 / 09 / 2011	X:	571164
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	257977
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: JULIO 2011			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0,0 M	OTRAS: CONSTRUIDO CON ALAS A AMBOS LADOS CON DIMENSIONES DE (0.40m DE ANCHO POR 2.4 m DE LONGITUD) Y (0.40m DE ANCHO POR 6.0 m DE LONGITUD) PARA PODER ENCAUSAR EL AGUA HACIA EL CENTRO.
ANCHO DE CORONA:	0,40 M	
LONGITUD:	5,70 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, YA QUE NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE, NI PRESENCIA DE EROSION AGUAS ABAJO.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

SEVERA	<input type="checkbox"/>	NO SE OBSERVA EROSION AGUAS ABAJO DE DONDE ESTA UBICADA LA ESTRUCTURA YA QUE SE PRESENTA UNA APARIENCIA BASTANTE UNIFORME DEL ASENTAMIENTO DE MATERIAL ARRASTRADO.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input checked="" type="checkbox"/>	

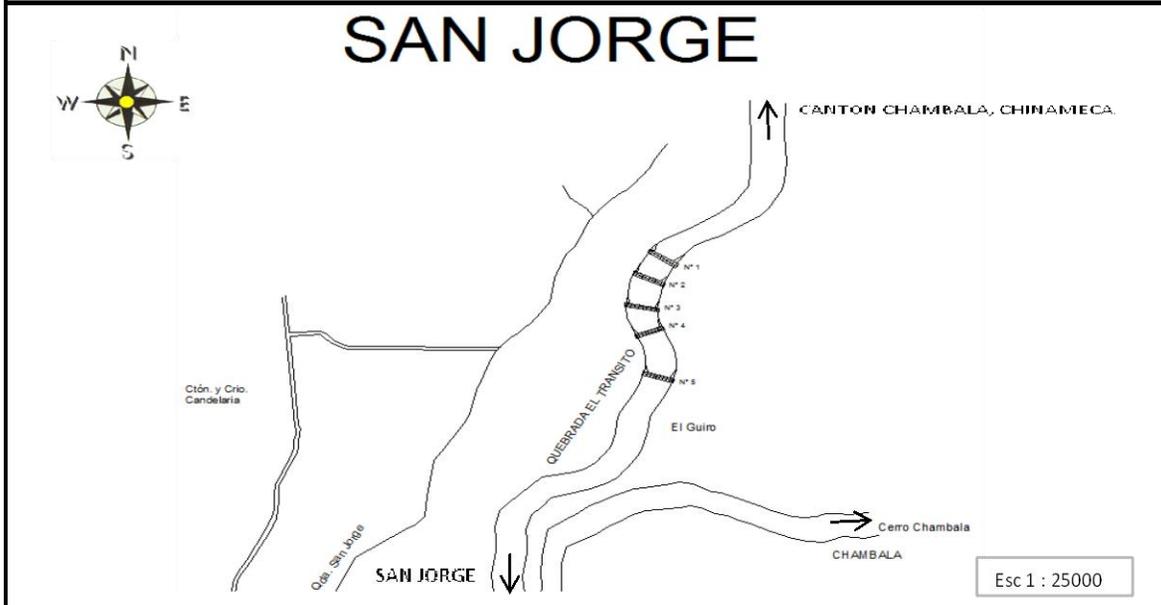
OBSERVACIONES:

- EL MURO FUE CONSTRUIDO CON UNA RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 5.70m Y UNA LONGITUD DE 6.0m.



N° 1

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Vista de Sur a Norte donde se observa presencia de viviendas al mismo nivel que el lecho de la quebrada.

Fig. 2: Se puede observar las alas para encausar el agua y el colmatamiento del dique.

Fig. 3: Imagen vista de Norte a Sur, viviendas con pérdida de terreno producto de la erosión.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 2	
UBICACIÓN: CASERIO CHAMBALITA, CANTON SAN JULIAN, SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	19/09/2011	X:	571106
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	257913
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: JULIO 2011			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.0 M	CONSTRUIDO CON ALAS A AMBOS LADOS CON DIMENSIONES DE (0.40m DE ANCHO POR 2.0 m DE LONGITUD) Y (0.40m DE ANCHO POR 7.0 m DE LONGITUD) PARA PODER ENCAUSAR EL AGUA HACIA EL CENTRO.
ANCHO DE CORONA:	0.50 M	
LONGITUD:	6.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, YA QUE NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

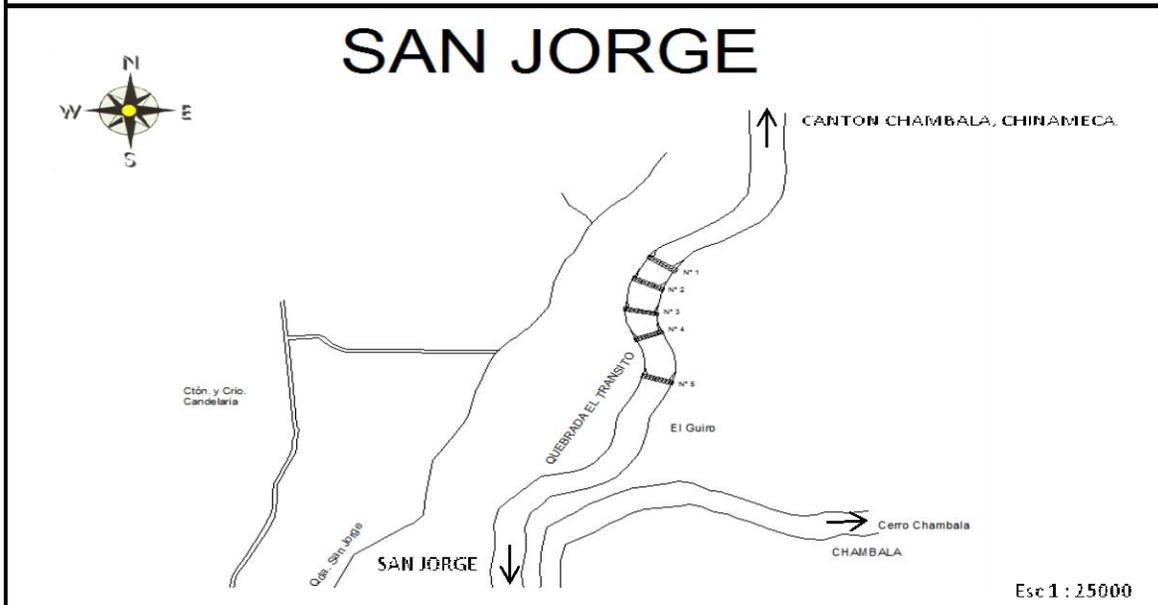
SEVERA	<input type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE LA OBRA ESTA RECIEN CONSTRUIDA EXISTE MUCHO MATERIA SUELTO QUE HA SIDO ARRASTRADO CON EL PASO DEL FLUJO DEL AGUA.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- EL MURO FUE CONSTRUIDO CON UNA RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 6.0m Y UNA LONGITUD DE 20.0m.



LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Imagen tomada de Norte a Sur se puede notar el colmatamiento del dique.

Fig. 2: El lecho de la quebrada se encuentra en buen estado para la circulación peatonal y vehicular

Fig. 3: La rampa fue construida de mampostería de piedra para el paso vehicular.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N°3	
UBICACIÓN: CASERIO CHAMBALITA, CANTON SAN JULIAN, SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	19/09/2011	X:	571056
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	257766
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: AGOSTO 2011			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.0 M	CONSTRUIDO CON ALAS A AMBOS LADOS CON DIMENSIONES DE (0.40m DE ANCHO POR 2.0 m DE LONGITUD) Y (0.40m DE ANCHO POR 7.0 m DE LONGITUD) PARA PODER ENCAUSAR EL AGUA HACIA EL CENTRO.
ANCHO DE CORONA:	0.50 M	
LONGITUD:	6.20 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, YA QUE NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

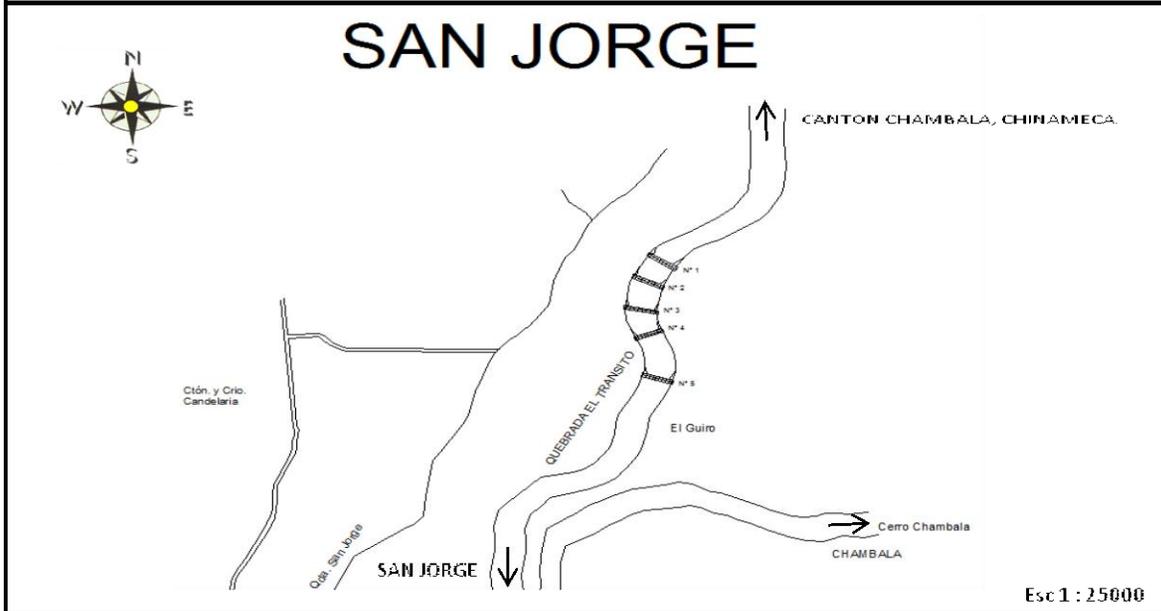
SEVERA	<input type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE LA OBRA ESTA RECIEN CONSTRUIDA EXISTE MUCHO MATERIA SUELTO QUE HA SIDO ARRASTRADO CON EL PASO DEL FLUJO DEL AGUA.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- EL MURO FUE CONSTRUIDO CON UNA RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 6.20m Y UNA LONGITUD DE 15.0m.



LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Imagen de Norte a Sur donde el nivel del suelo alcanza ya el nivel del dique.

Fig. 2: Erosion aguas abajo del dique producto del cambio de nivel del fondo de la quebrada.

Fig. 3: Paso inhabilitado producto del paso de la corriente de agua.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 4	
UBICACIÓN: CASERIO EL DÓLAR , CANTON SAN JULIAN, SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	19/09/2011	X:	571088
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	257672
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: AGOSTO 2011			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.0 M	CONSTRUIDO CON ALAS A AMBOS LADOS CON DIMENSIONES DE (0.40m DE ANCHO POR 3.10 m DE LONGITUD) Y (0.40m DE ANCHO POR 8.0 m DE LONGITUD) PARA PODER ENCAUSAR EL AGUA HACIA EL CENTRO.
ANCHO DE CORONA:	0.50 M	
LONGITUD:	6.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, YA QUE NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

SEVERA	<input type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE LA OBRA ESTA RECIEN CONSTRUIDA EXISTE MUCHO MATERIA SUELTO QUE HA SIDO ARRASTRADO CON EL PASO DEL FLUJO DEL AGUA.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

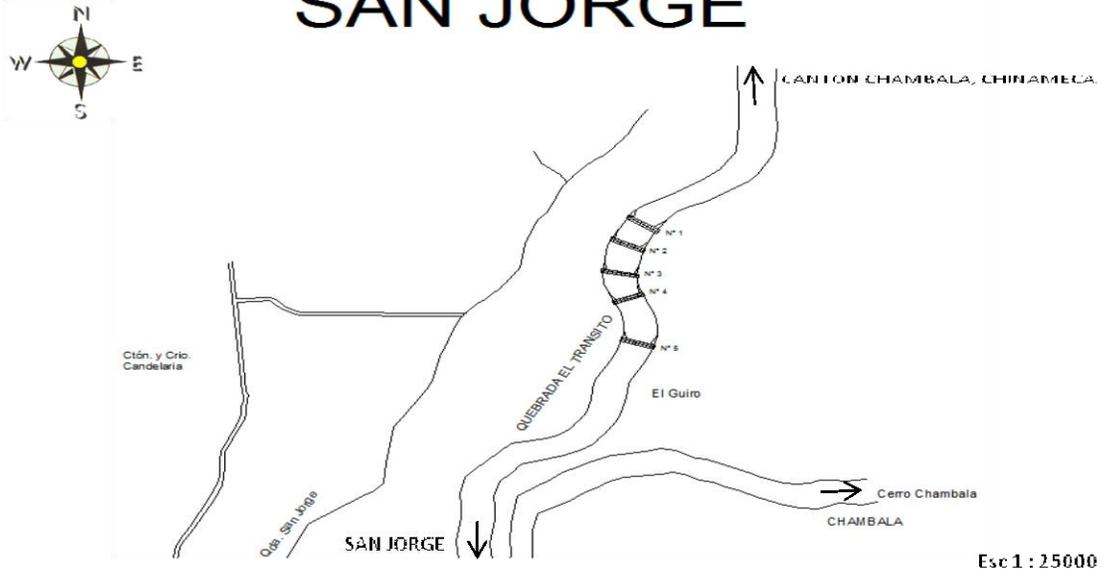
OBSERVACIONES:

- EL MURO FUE CONSTRUIDO CON UNA RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 6.0m Y UNA LONGITUD DE 12.0m.



LOCALIZACION

SAN JORGE



IMAGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Rocas arrastradas por el flujo de agua imposibilitando el transito vehicular.

Fig. 2: Como en los diques anteriores, se encuentra a su maximo nivel de colmatamiento.

Fig. 3: Imagen de Sur a Norte, el dique presenta erosion en su cimienta en el costado poniente.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 5	
UBICACIÓN: CASERIO EL DÓLAR, CANTON SAN JULIAN, SAN JORGE			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	19/09/2011	X:	571157
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	257530
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: AGOSTO 2011			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENCIONES:

ALTURA VISTA:	2.0 M	OTRAS: CONSTRUIDO CON ALAS A AMBOS LADOS CON DIMENCIONES DE (0.40m DE ANCHO POR 23.0 m DE LONGITUD) Y (0.40m DE ANCHO POR 11.0 m DE LONGITUD) PARA PODER ENCAUSAR EL AGUA HACIA EL CENTRO.
ANCHO DE CORONA:	0.50 M	
LONGITUD:	7.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, YA QUE NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE, AUN EN PROCESO DE CONSTRUCCION.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO		EL MURO NO SE HA PODIDO RRELLENAR HASTA SU NIVEL MAXIMO SUPERIOR.
MEDIO		
BAJO	✓	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

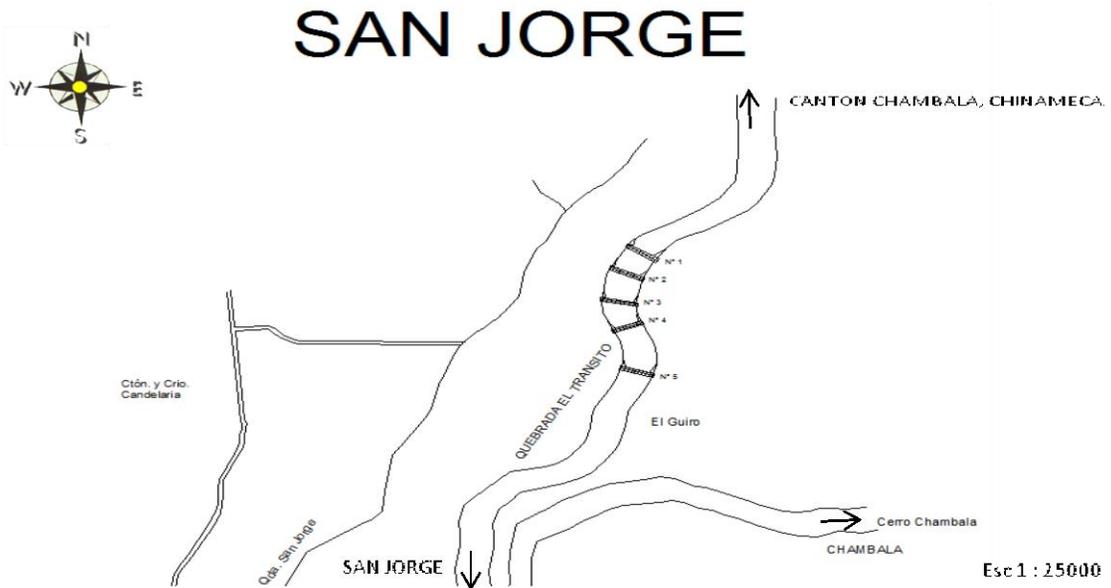
SEVERA		DEBIDO A QUE LA OBRA ESTA EN PROCESO DE CONSTRUCCION EXISTE MUCHO MATERIA SUELTO QUE HA SIDO ARRASTRADO CON EL PASO DEL FLUJO DEL AGUA.
MODERADA	✓	
NO EXISTE		

OBSERVACIONES:

- EL MURO FUE CONSTRUIDO CON UNA RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 7.0m Y UNA LONGITUD DE 20.0m.
- PARA LOGRAR REFORZAR EL MURO SE LE HAN CONSTRUIDO CONTRAFUERTE.



LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2:



Fig. 3:

Fig. 1: Vista hacia el rumbo Sur, donde se observa el proceso de colmatamiento.

Fig. 2: Proceso de construcción de la rampa para circulación vehicular por la quebrada.

Fig. 3: Erosion aguas abajo producida por la construcción del dique.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 6	
UBICACIÓN: CASERIO EL MOGOTE, BARRIO CONCEPCION, SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	19/09/2011	X:	570695
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	256143
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: AÑO 2008			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.85 M	OTRAS: LA ESTRUCTURA ESTA DISEÑADA CON UNA GRADA DISIPADORAS DE ENERGIA CON UN ANCHO DE 2.70m Y UNA LONGITUD DE 21.0m
ANCHO DE CORONA:	0.50 M	
LONGITUD:	21.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, YA QUE NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

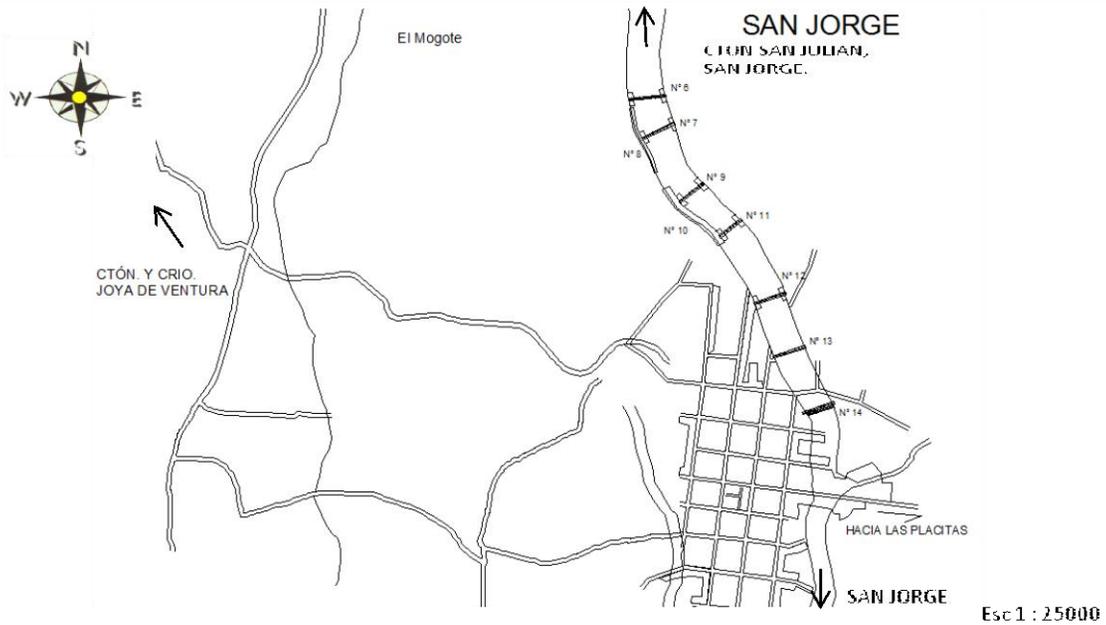
EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

SEVERA	<input type="checkbox"/>	NO SE OBSERVA EROSION AGUAS ABAJO DE DONDE ESTA UBICADA LA ESTRUCTURA, MATERIAL RELLENADO BASTANTE UNIFORME.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- EL MURO FUE CONSTRUIDO CON DOS RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 4.0m Y UNA LONGITUD DE 15.0m.
- SIRVE PARA CONSERVAR EL NIVEL DE CAMINO DE ENTRADA A CASERIO EL MOGOTE.

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Vista de Sur a Norte donde se observa el doble paso para los vehiculos.

Fig. 2: Se puede apreciar la presencia de disipador de energia.

Fig. 3: Rampa de acceso para la circulacion peatonal y vehicular.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 7	
UBICACIÓN: CASERIO EL MOGOTE, BARRIO CONCEPCION, SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	19/09/2011	X:	570732
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	256023
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: AÑO 2008			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.0 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.50 M	
LONGITUD:	12.20 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, YA QUE NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO, RECUBRIENDO TODA LA PARTE SUPERIOR DEJANDO AL DESCUBIERTO SOLO LAS RAMPAS LATERALES.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

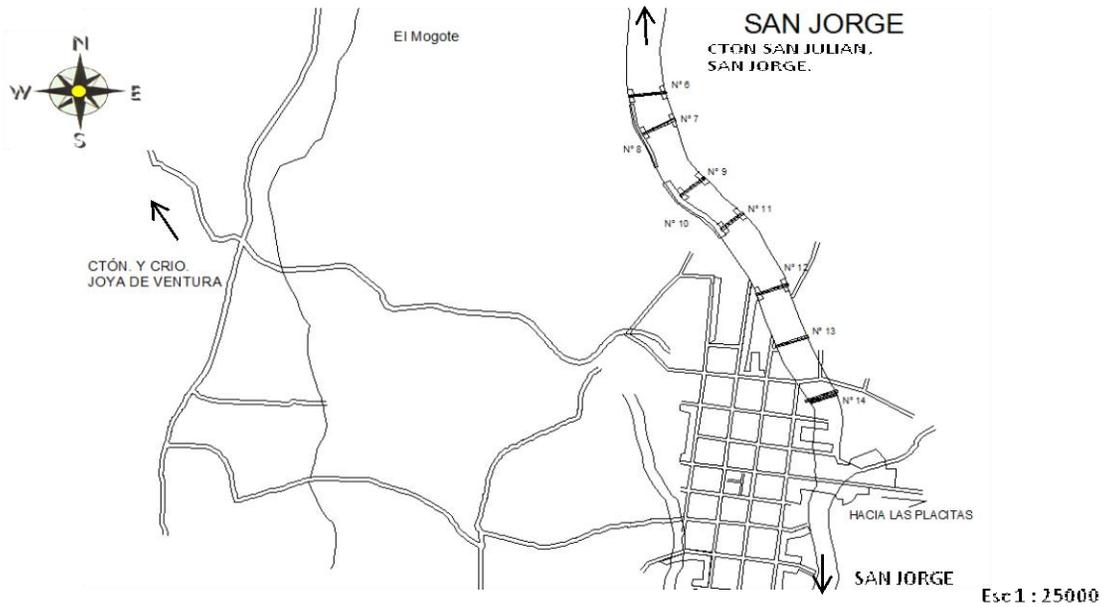
SEVERA	<input type="checkbox"/>	NO SE OBSERVA EROSION AGUAS ABAJO DE DONDE ESTA UBICADA LA ESTRUCTURA, MATERIAL RELLENADO BASTANTE UNIFORME.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- EL MURO FUE CONSTRUIDO CON DOS RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 3.0m Y UNA LONGITUD DE 7.0m.
 - MURO TRANSVERSAL QUE FUE CONSTRUIDO PARA PROTEGER EL MURO GAVION QUE SIRVE DE PROTECCION PARA EL CENTRO ESCOLAR CASERIO EL MOGOTE, SAN JORGE.

N° 7

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: El suelo ha alcanzado el mismo nivel del dique en ambos lados debido a que no existe una pendiente pronunciada.

Fig. 2: Se observa la presencia de un muro longitudinal.

Fig. 3: Rampa de acceso que quedo obsoleta debido a la subida de nivel del lecho de la quebrada.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: MURO GAVION (LONGITUDINAL)		N° 8	
UBICACIÓN: CASERIO EL MOGOTE, BARRIO CONCEPCION, SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	19/09/2011	X:	570732
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	256023
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: AÑO 2003			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	2.0 M
ANCHO DE CORONA:	1.0 M
LONGITUD:	125.0 M

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA INESTABLE, YA QUE PRESENTA UNDIMIENTO Y VOLTEO.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	
MEDIO	
BAJO	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

SEVERA		NO SE OBSERVA EROSION AGUAS ABAJO DE DONDE ESTA UBICADA LA ESTRUCTURA, MATERIAL RELLENADO BASTANTE UNIFORME.
MODERADA		
NO EXISTE	✓	

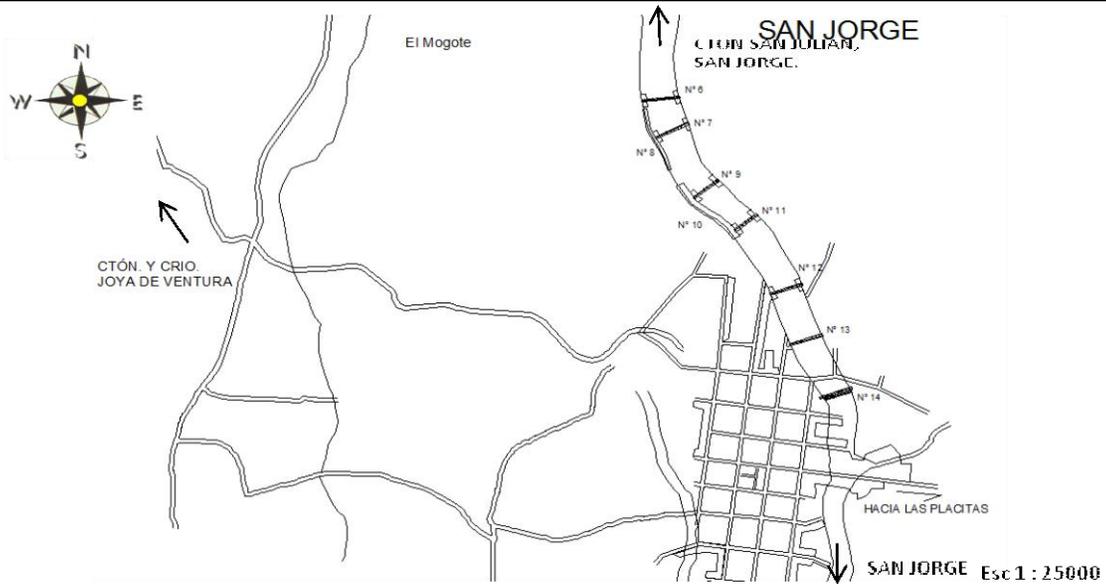
OBSERVACIONES:

- MURO LONGITUDINALL QUE FUE CONSTRUIDO PARA PROTECCION DEL CENTRO ESCOLAR CASERIO EL MOGOTE, SAN JORGE.
- EL MURO FUE CONSTRUIDO POR ONGS (OIKOS SOLIDARIDAD) CON AYUDA DE LA COMUNIDAD.



N° 8

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Muro gavión contruido para evitar el ingreso de la corriene al centro escolar.

Fig. 2: Muro con graves fallas de tipo volteo y asentamiento de sus cimientos.

Fig. 3: Cobertura vegetal en el muro, detalle tipico de los muros de este tipo.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 9	
UBICACIÓN: BARRIO CONCEPCION, SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	20/09/2011	X:	570833
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	255861
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.60 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.50 M	
LONGITUD:	11.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, YA QUE NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

SEVERA	<input type="checkbox"/>	NO SE OBSERVA EROSION AGUAS ABAJO DE DONDE ESTA UBICADA LA ESTRUCTURA, MATERIAL RELLENADO BASTANTE UNIFORME.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input checked="" type="checkbox"/>	

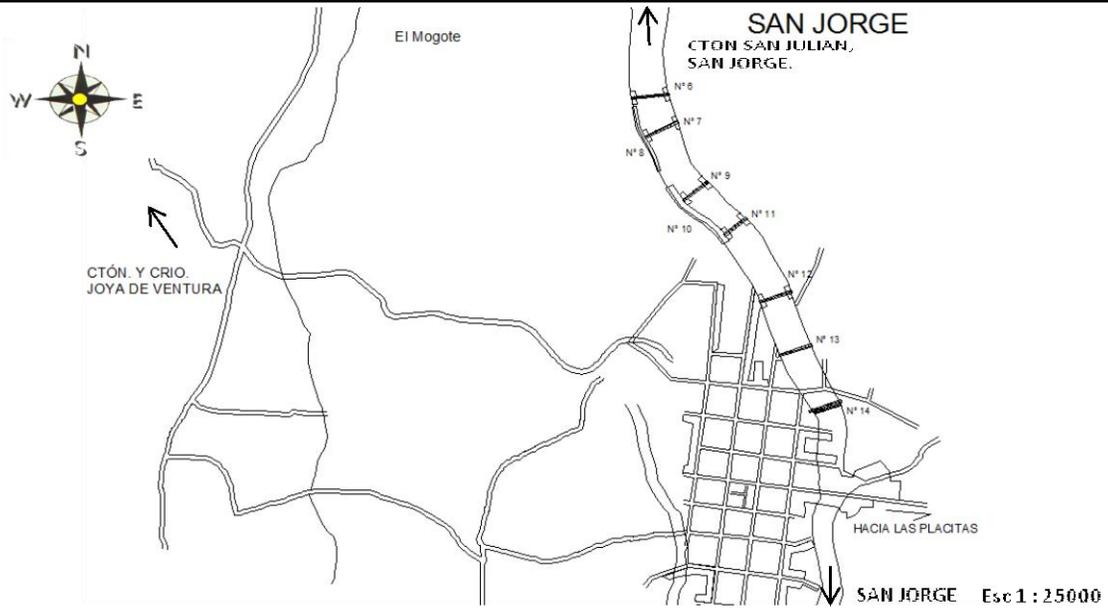
OBSERVACIONES:

- EL MURO FUE CONSTRUIDO CON DOS RAMPA LATERALES DE ACCESO CON UN ANCHO DE 3.55 m Y UNA LONGITUD DE 15.0m.
- MURO TRANSVERSAL QUE FUE CONSTRUIDO PARA PROTECCION DEL MURO LONGITUDINAL DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA.



Nº 9

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Dique con doble rampa en perfecto estado de funcionamiento.

Fig. 2: Se observa el cambio de nivel del lecho con la construcción del dique.

Fig. 3: El dique fue construido para evitar la erosión del muro longitudinal.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (LONGITUDINAL)		N° 10		
UBICACIÓN: BARRIO CONCEPCION, SAN JORGE.				
RESPONSABLES: Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS	FECHA: 20/09/2011	COORDENADAS		
		X:	570805	
	TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:		Y:	255885
			X:	571001
		Y:	255723	

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	2.40 M	
ANCHO DE CORONA:	0.40 M	
LONGITUD:	255.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA INESTABLE, YA QUE PRESENTA GRIETAS, ASENTAMIENTO NOTABLE Y VOLTEO.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO		DEBIDO A QUE LA CIMENTACION DE LA BASE DEL MUROA SIDO EROSIONADA.
MEDIO		
BAJO	✓	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

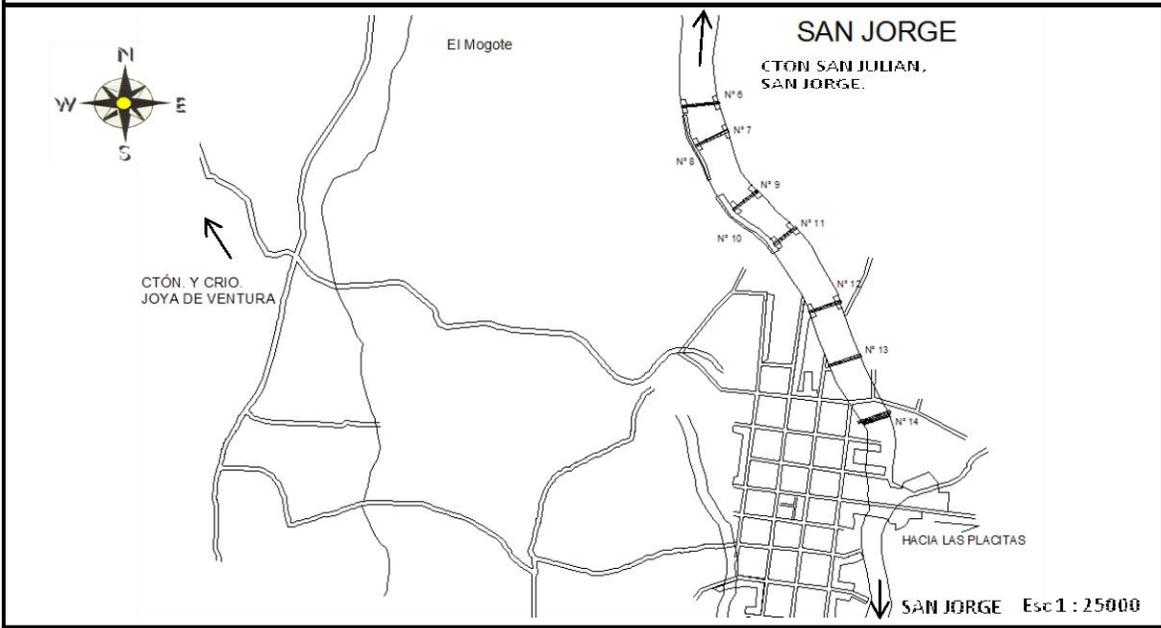
SEVERA		NO SE OBSERVA EROSION AGUAS ABAJO DE DONDE ESTA UBICADA LA ESTRUCTURA, MATERIAL RELLENADO BASTANTE UNIFORME.
MODERADA		
NO EXISTE	✓	

OBSERVACIONES:

- EXISTE EROSION EN LA CIMENTACION DE LA BASE DEL MURO DE RETENCION LONGITUDINAL.
 - DEBIDO ASU GRAN EXTENSION EL MURO LONGITUDINAL DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA FUE CONSTRUIDO PARA PREVENIR INUNDACION Y ASI MISMO DE PROTECCION DE LOS HABITANTES ALEDAÑOS, ASI COMO DEL BARRIO CONCEPCION Y DEL MUNICIPIO DE SAN JORGE.

N° 10

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Aguas arriba del dique el muro longitudinal se encuentra en buenas condiciones.

Fig. 2: El muro longitudinal fallo por asentamiento debido al bajo nivel de la quebrada en ese punto debido a la erosión.

Fig. 3: Se puede apreciar el nivel de daño que posee este muro.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 11	
UBICACIÓN: BARRIO CONCEPCION, SAN JORGE.			
RESPONSABLES: Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS	FECHA:		COORDENADAS
	20/09/2011		X: 571001
			Y: 255723
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: AÑO 2009			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:		
ALTURA VISTA:	0.40 M	OTRAS: LA ESTRUCTURA ESTA DISEÑADA CON UNA GRADA DISIPADORAS DE ENERGIA CON UN ANCHO DE 2.90m Y UNA LONGITUD DE 14.0m
ANCHO DE CORONA:	0.50 M	
LONGITUD:	14.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, YA QUE NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

SEVERA	<input type="checkbox"/>	NO SE OBSERVA EROSION AGUAS ABAJO DE DONDE ESTA UBICADA LA ESTRUCTURA, MATERIAL RELLENADO BASTANTE UNIFORME.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input checked="" type="checkbox"/>	

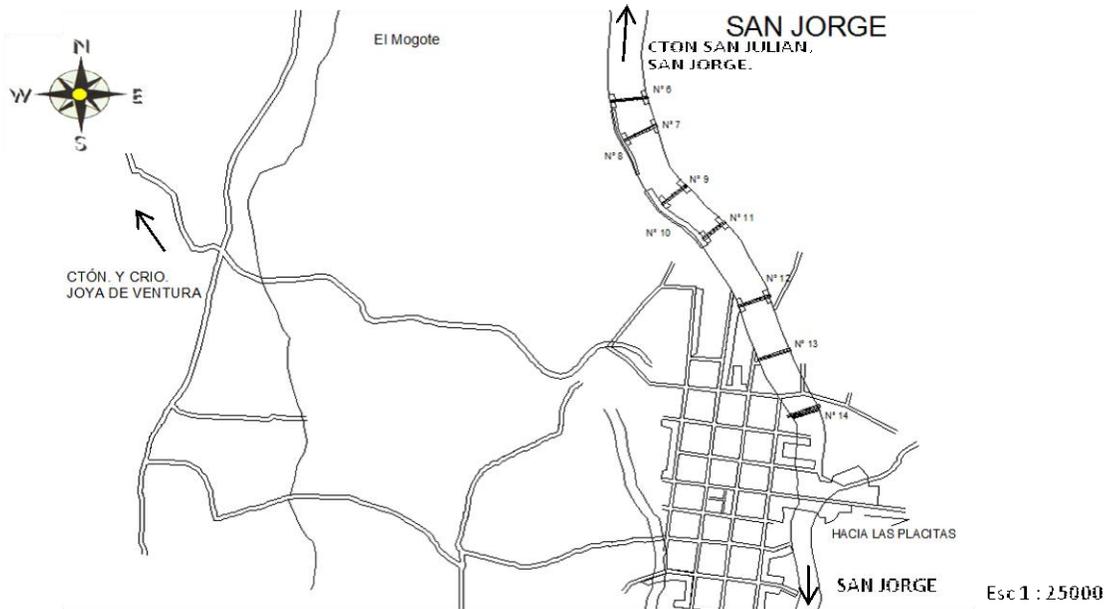
OBSERVACIONES:

- EL MURO FUE CONSTRUIDO CON DOS RAMPA LATERALES DE ACCESO CON UN (ANCHO DE 3.30 m Y UNA LONGITUD DE 14.5m) Y (ANCHO DE 3.60 m Y UNA LONGITUD DE 14.5m)
- MURO TRANSVERSAL QUE FUE CONSTRUIDO PARA PROTECCION DEL MURO LONGITUDINAL DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA.



N° 11

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: El dique se encuentra en buenas condiciones y se puede observar las rampas para acceso.

Fig. 2: Se puede notar que el dique se encuentra ubicado al final del muro longitudinal.

Fig. 3: El dique presenta un dissipador de energía.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 12	
UBICACIÓN: BARRIO CONCEPCION, SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	13/09/2011	X:	571126
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	255469
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: AÑO 2009			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	1.50 M	OTRAS: LA ESTRUCTURA ESTA DISEÑADA CON DOS GRADA DISIPADORAS DE ENERGIA CON UN ANCHO DE 2.90m Y UNA LONGITUD DE 22.0m Y UN CONTRA-DIQUE CON UN ANCHO DE 0.40m Y UNA LONGITUD DE 30.0m
ANCHO DE CORONA:	0.40 M	
LONGITUD:	22.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, YA QUE NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	DEBIDO A QUE EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

SEVERA	<input type="checkbox"/>	NO SE OBSERVA EROSION AGUAS ABAJO DE DONDE ESTA UBICADA LA ESTRUCTURA, MATERIAL RELLENADO BASTANTE UNIFORME.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input checked="" type="checkbox"/>	

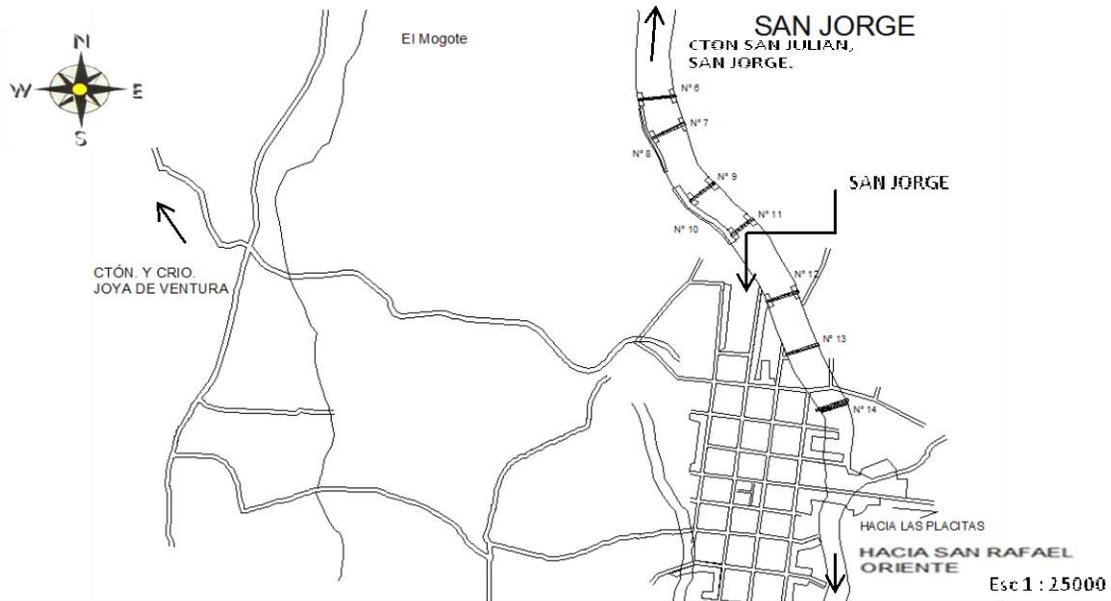
OBSERVACIONES:

- EXISTEN DOS RAMPAS DE ACCESO LATERALES CON UN ANCHO DE 3.75 m Y UNA LONGITUD DE 14.0m).
- NO POSEE DRENAJE POR LO CUAL EL AGUA SE INFILTRA POR MEDIO DE LAS ROCAS.
- SE OBSERVA DESGASTE EN EL RECUBRIMIENTO DEL MORTERO DE LAS GRADAS DISIPADORAS DE ENERGIA.



N° 12

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Existe diferencia de nivel aguas abajo del dique, sin embargo este se encuentra en excelentes condiciones.

Fig. 2: El dique posee gradas disipadoras de energía como se puede observar.

Fig. 3: Se alcanza a observar la rampa de acceso y las gradas disipadoras de energía.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 13	
UBICACIÓN: FINAL DE I RA AV NORTE, BARRIO CONCEPCION, SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	13/09/2011	X:	571085
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	255592
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: AÑO 2005			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:		
ALTURA VISTA:	1.90 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.50 M	
LONGITUD:	21.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:
CON UNA APARIENCIA INSESTABLE, DEBIDO A QUE EXISTE EROSION EN LA CIMENTACION DE LA ESTRUCTURA CON LA FACILIDAD DE QUE PUEDA OCURRIR UN VOLTEO.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:		
ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

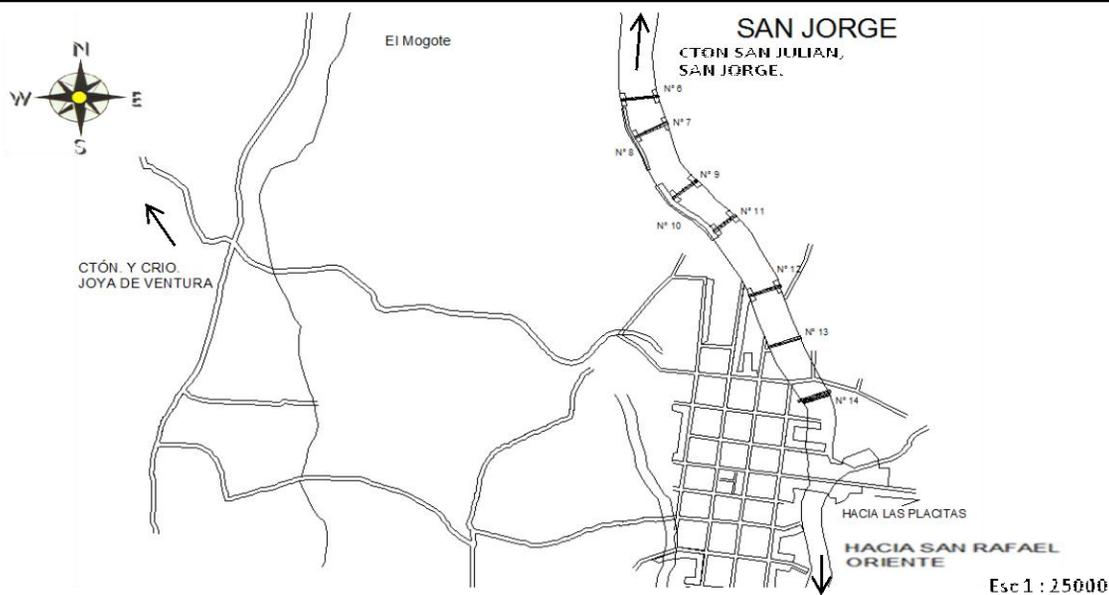
EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:		
SEVERA	<input type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE PARTE DEL MATERIA SEDIMENTADO A SIDO EROSION DEJANDO A LOS COSTADOS MATERIAL QUE PUEDE SER DERRUMBADO Y QUE CON FACILIDAD PUEDE SER ARRASTRADO POR EL FLUJO DEL AGUA.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:
- NO POSEE DRENAJE POR LO CUAL EL AGUA SE INFILTRA POR MEDIO DE LAS ROCAS. - EL MURO CARECE DE GRADAS DISIPADORAS DE ENERGIA Y CONTRADIQUE



N° 13

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: En la imagen se aprecia el grado de socavacion que tiene este dique.

Fig. 2: Al fondo se observa una calle la cual se viera afectada al colapsar este dique.

Fig. 3: Imagen captada de Norte a Sur donde se nota la diferencia de nivel en la quebrada.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE GAVIÓN (TRANSVERSAL)		N° 14	
UBICACIÓN: BARRIO CONCEPCION, SAN JORGE.			
RESPONSABLES: Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS	FECHA:		COORDENADAS
	22/09/2011		X: 571261
			Y: 255245
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: AÑO 2003			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	1.50 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	2.0 M	
LONGITUD:	40.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA INSESTABLE, SE ENCUENTRAN COLAPSADA LA PARTE CENTRAL DEL MURO GUARDA NIVEL DONDE A HABIDO DESPRENDIMIENTO DE ROCAS QUE CONTIENEN LAS CAJAS POR EL DETERIODO DE LA MALLA.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

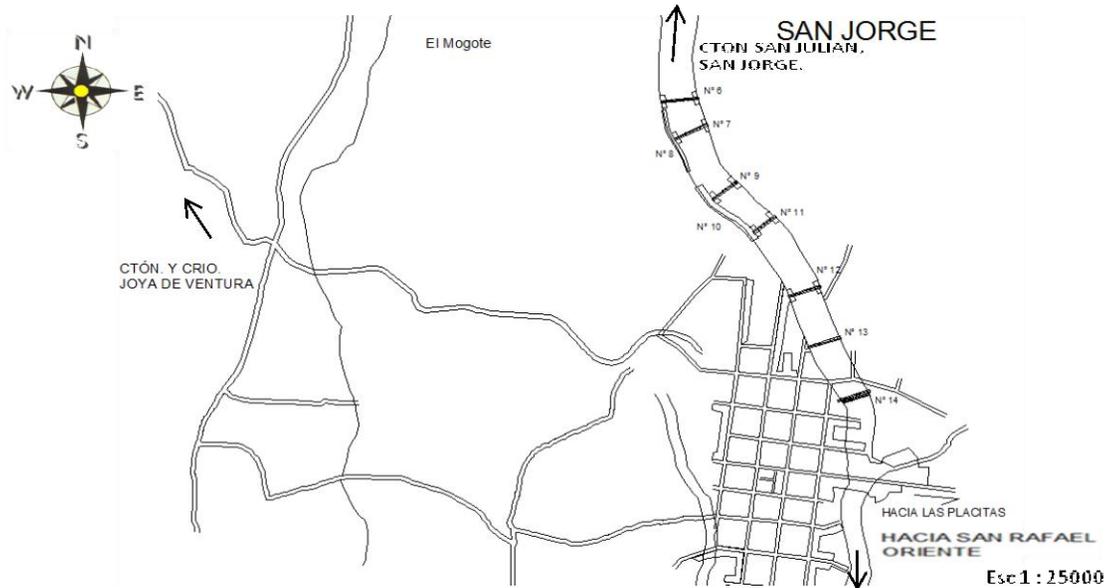
SEVERA	<input type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE PARTE DEL MATERIA SEDIMENTADO A SIDO EROSIONADO DEJANDO AL DESCUBIERTE LA BASE DEL MURO.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- EXISTE MUCHA ACUMULACION DE BASURA.
- EL MURO GUARDA NIVEL (GAVION) FUE CONSTRUIDO CON GRADAS DIDIPADORAS DE ENERGIA Y UNA RAMPA LATERAL QUE SE ENCUENTRAN COLAPSADAS.
- AUNQUE SE ENCUENTRA EN MAL ESTADO AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE ACCESO A LA 7 MA CALLE OTE.

N° 14

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Se observa el alto grado de acumulación de desechos sólidos en el gavión.

Fig. 2: El dique se encuentra colapsado en su parte central como se puede notar en la figura.

Fig. 3: En la parte izquierda de la imagen se ve una rampa de acceso q fue socavada por el paso del agua.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE GAVIÓN (TRANSVERSAL)		N° 15	
UBICACIÓN: FINAL DE 1 RA AVE SUR, BARRIO SANTA ROSA, SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	22/09/2011	X:	570968
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	254284
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION: AÑO 2003			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	2.0 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	1.0 M	
LONGITUD:	17.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA INSESTABLE, YA QUE PUEDE EXISTIR LA POSIBILIDAD QUE PUEDA COLAPSAR POR EL EROSIONAMIENTO DE LA CIMENTACION DE LA BASE DEL MURO.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

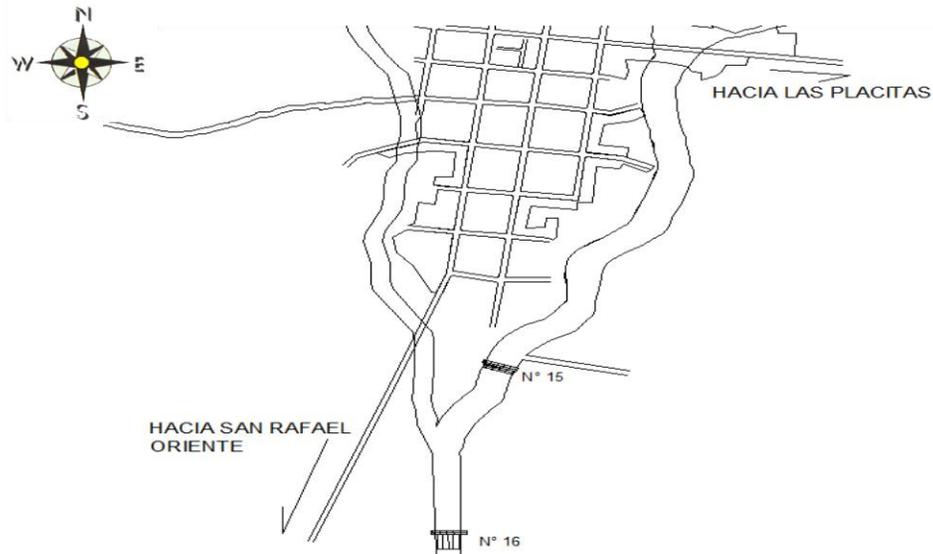
EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

SEVERA	<input checked="" type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE PARTE DEL MATERIA SEDIMENTADO A SIDO EROSIONADO DEJANDO AL DESCUBIERTE 0.80M DE LA BASE DEL MURO.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- EXISTE MUCHA ACUMULACION DE BASURA.
- AUNQUE SE ENCUENTRA EN MAL ESTADO AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE LA QUEBRADA Y EL ACCESO A LA 1 RA AVE SUR.

LOCALIZACION



Esc 1 : 250:00

IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: El gavión ha retenido desechos solidos arrastrados por la corriente.

Fig. 2: En la figura podemos observar el alto grado de socavacion que posee el gavión.

Fig. 3: Las rocas ubicadas en la parte izquierda ayudan en parte a mantener el nivel aguas abajo del mismo.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 16	
UBICACIÓN: BARRIO SANTA ROSA, SAN JORGE, COSTADO OTE DE GASOLINERA SAN JORGE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	22/09/2011	X:	570968
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	254284
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.0 M	OTRAS: CONSTRUIDO CON ALAS A AMBOS LADOS CON DIMENSIONES DE (0.40m DE ANCHO POR 7.20 m DE LONGITUD) Y (0.50m DE ANCHO POR 8.0 m DE LONGITUD) PARA PODER ENCAUSAR EL AGUA HACIA EL CENTRO.
ANCHO DE CORONA:	0.40 M	
LONGITUD:	40.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA INESTABLE, SE HA GENERADO UNA CARCAVA EN LA PARTE CENTRAL DE LA RAMPA DAÑANDO SUS COSTADOS.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

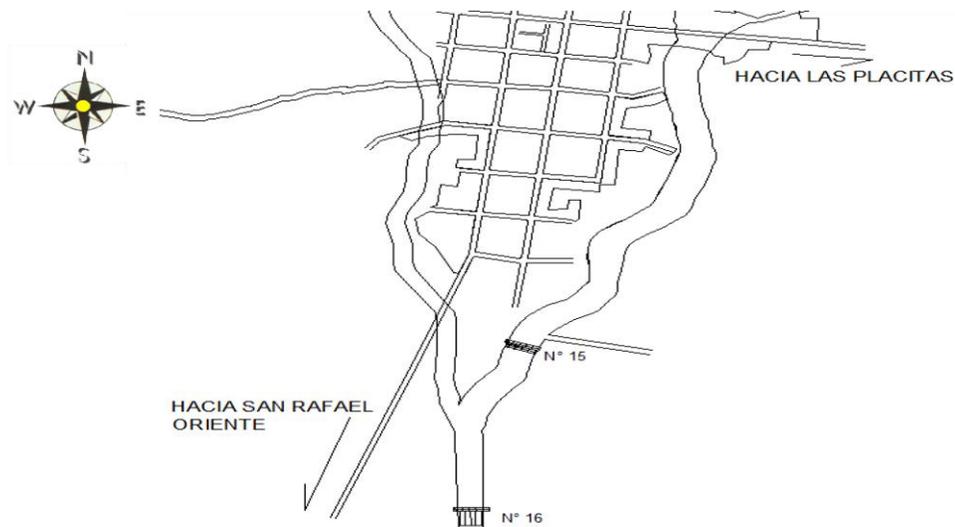
SEVERA	<input type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE LA PARTE BAJA DE LA RAMPA SE ENCUETRA EROSIONADA EN 0.5 M DEBIDO AL FLUJO DEL AGUA.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- ESTA LIMITADO EL ACCESO POR EL MAS ESTADO EN QUE SE ENCUETRA LA RAMPA.
- AUNQUE SE ENCUENTRA EN MAL ESTADO AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE LA QUEBRADA Y EL ACCESO HACIA EL PONIENTE CON LA CALLE PRINCIPAL.
- EL MURO FUE CONSTRUIDO CON UNA RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 9.50 m Y UNA LONGITUD DE 40.0m.

N° 16

LOCALIZACION



Esc 1 : 25000

IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Imagen captada de Norte a Sur y se observa el nivel de colmatamiento del dique.

Fig. 2: La rampa del dique se encuentra altamente dañada.

Fig. 3: Se observa en la parte Sur que el contra dique se encuentra socavado.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 17	
UBICACIÓN: CASERIO PIEDRAS BLANCAS ARRIBA, BARRIO LA MERCED, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	22/09/2011	X:	570569
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	253174
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	1.20 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.40 M	
LONGITUD:	14.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, NO PRESENTA GRIETAS NI ACENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

SEVERA	<input type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE LA CIMENTACION DE LA BASE DEL MURO SE ENCUENTRA EROSIONADA.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

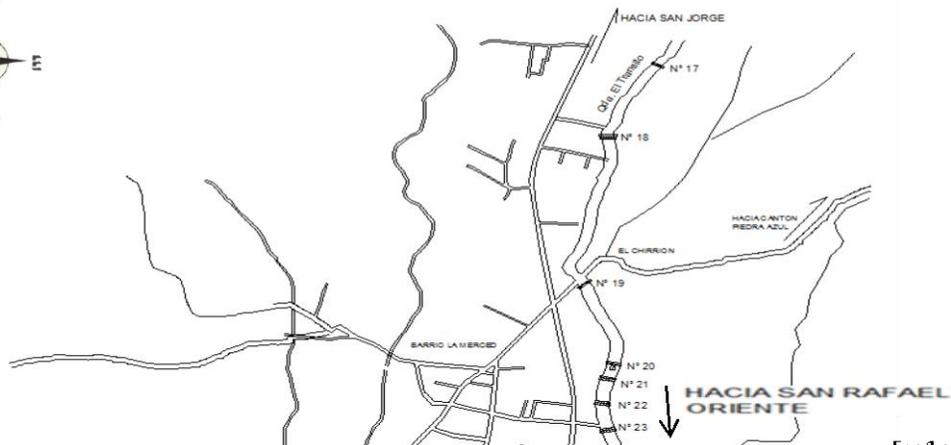
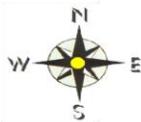
OBSERVACIONES:

- ESTA LIMITADO EL ACCESO POR LA QUEBRADA.
- CONTRA-DIQUE SE ENCUENTRA DAÑADO.



LOCALIZACION

SAN RAFAEL ORIENTE



Esc 1 : 25000

IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: En la imagen se observa la diferencia de nivel en el fondo de la quebrada donde esta el dique.

Fig. 2: Se puede observar el abundante material rocoso aguas abajo del dique.

Fig. 3: Vista panoramica hacia el costado Sur.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 18	
UBICACIÓN: CASERIO PIEDRAS BLANCAS ARRIBA, BARRIO LA MERCED, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	22/09/2011	X:	570470
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	252981
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.0 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.40 M	
LONGITUD:	36.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, NO PRESENTA GRIETAS NI ACENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	✓	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO		
BAJO		

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

SEVERA		SE OBSERVA QUE LA PARTE BAJA DE LA RAMPA SE ENCUENTRA EROSIONADA DEBIDO AL FLUJO DEL AGUA.
MODERADA	✓	
NO EXISTE		

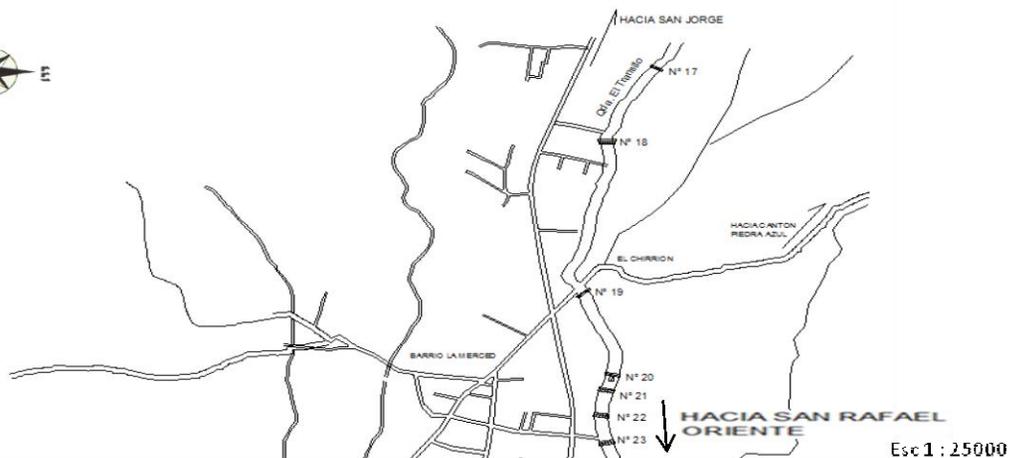
OBSERVACIONES:

- CONSTRUIDO COMO RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 36.0 M Y UNA LONGIRUD DE 6.0 M.
- ESTA LIMITADO EL ACCESO POR LA QUEBRADA POR LA ACUMALACION DE BASURA Y ROCA SUELTA.
- AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE LA QUEBRADA CON EL CAMINO QUE CONDUCE HACIA EL PONIENTE CON LA CALLE PRINCIPAL.



LOCALIZACION

SAN RAFAEL ORIENTE



IMAGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Vista hacia el costado norte donde se aprecia en su totalidad la obra construida en ese punto.

Fig. 2: Imagen captada de forma longitudinal se observa la diferencia entre niveles.

Fig. 3: Se puede notar algun grado de erosion; sin embargo, en este punto no es tan grave.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 19	
UBICACIÓN: BARRIO LA MERCED, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	22/09/2011	X:	570431
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	252486
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	1.70 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.50 M	
LONGITUD:	17.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA INESTABLE, CON POSIBILIDAD DE SUFRA VOLTEO DEBIDO A QUE SE ENCUENTRA EROSIONADA LA CIMENTACION DE LA BASE DEL MURO, YA QUE EN UN POSIBLE COLAPSO DAÑARA AL PUENTE DE ACCESO.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

SEVERA	<input checked="" type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE LA PARTE BAJA DE LA CIMENTACION DEL MURO SE ENCUETRA EROSIONADA 2.70 M.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

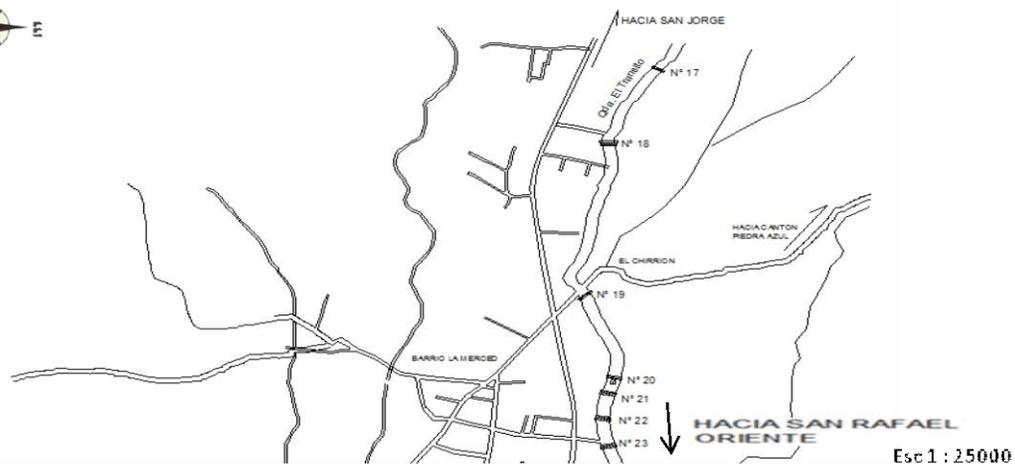
OBSERVACIONES:

- MURO QUE SIRVE PARA MANTENER PROTEGIDA LA CIMENTACION DE LAS ALAS Y LOS ESTRIBOS DEL PUENTE QUE CONUCE HACIA EL PONIENTE CON LA CALLE PRINCIPAL YAL ORIENTE CON EL CASERIO EL CHIRRION, CANTON PIEDRA AZUL.
- CARECE DE CONTRA-DIQUE
- SE ENCUENTRA LIMITADO EL ACCESO SOBRE LA QUEBRADA.

N° 19

LOCALIZACION

SAN RAFAEL ORIENTE



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Existe un gran diferencia de nivel producto de la socavacion, al fondo se observa un puente.

Fig. 2: Vista longitudinal del dique donde se puede apreciar el grado de socavacion que existe.

Fig. 3: Se puede observar la gran elevacion que existe entre un nivel y otro.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 20	
UBICACIÓN: BARRIO LA MERCED, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	26/09/2011	X:	570476
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	252253
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.80 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.30 M	
LONGITUD:	15.5 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, SOLO SE ENCUENTRA DAÑADA LA RAMPA DE ACCESO.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	✓	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO		
BAJO		

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

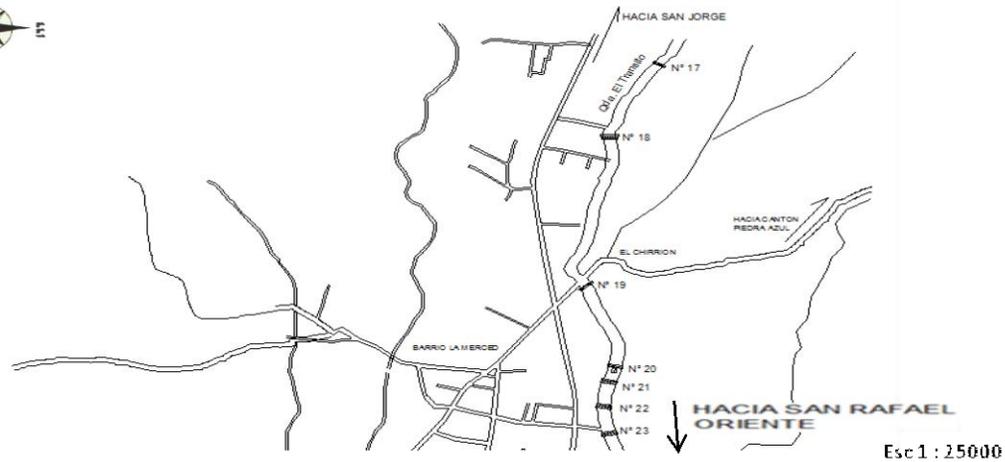
SEVERA		CON POCO SEDIMENTO QUE HA SIDO ARRASTRADO.
MODERADA	✓	
NO EXISTE		

OBSERVACIONES:

- MURO CONSTRUIDO CON UNA RAMPA DE ACCESO EN SU PARTE CENTRAL CON UN ANCHO DE 5.0 M Y UNA LONGITUD DE 5.0 M.
- SE ENCUENTRA LIMITADO EL ACCESO SOBRE LA QUEBRADA DEBIDO AL MAL ESTADO DE LA RAMPA.

LOCALIZACION

SAN RAFAEL ORIENTE



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: En este punto la quebrada reduce su cauce.

Fig. 2: La rampa se encuentra dañada en gran parte de su area.

Fig. 3: Hacia el costado Sur se puede apreciar que no hay presencia de mucha erosión.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 21	
UBICACIÓN: BARRIO LA MERCED, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	26/09/2011	X:	570458
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	252228
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.0 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.35 M	
LONGITUD:	6.50 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

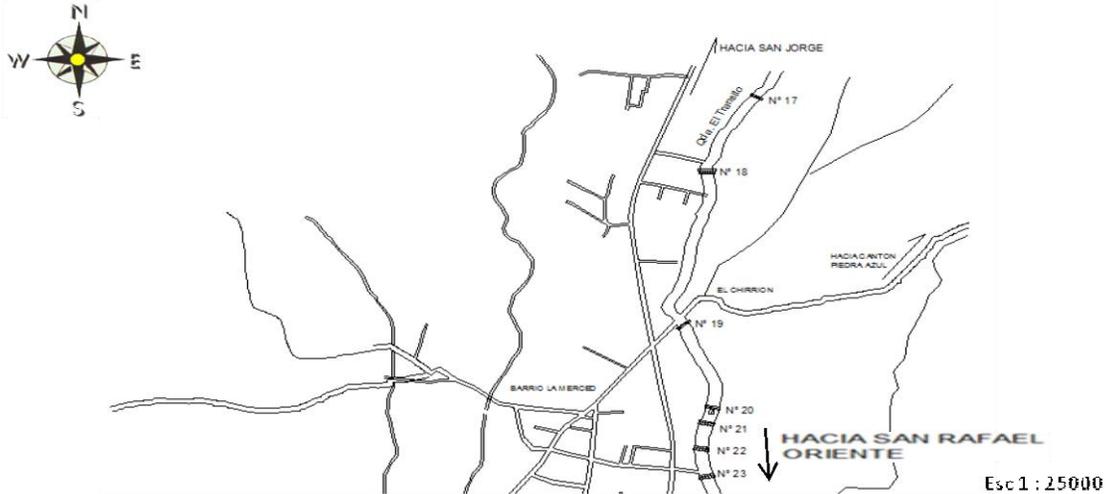
SEVERA	<input type="checkbox"/>	NO SE OBSERVA EROSION AGUAS ABAJO DE DONDE ESTA UBICADA LA ESTRUCTURA, MATERIAL RELLENADO BASTANTE UNIFORME.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- CONSTRUIDO COMO RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 6.50 M Y UNA LONGITUD DE 7.20 M.
 - SE OBSERVA DESGASTES EN EL RECUBRIMIENTO DEL MORTERO.
 - EXISTENCIA DE VIVIENDAS ALRREDEDOR, PERO EL SUELO EXISTENTE ES BASTANTE ESTABLE.

LOCALIZACION

SAN RAFAEL ORIENTE



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: En el lado derecho de la imagen se observa el descenso de nivel en la quebrada.

Fig. 2: Se puede observar el costado Sur donde es mas claro el grado de erosión.

Fig. 3: Se observa el desgaste que ha sufrido el mortero utilizado para cubrir las rocas.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 22	
UBICACIÓN: BARRIO LA MERCED, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	26/09/2011	X:	570463
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	252141
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.0 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.40 M	
LONGITUD:	7.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

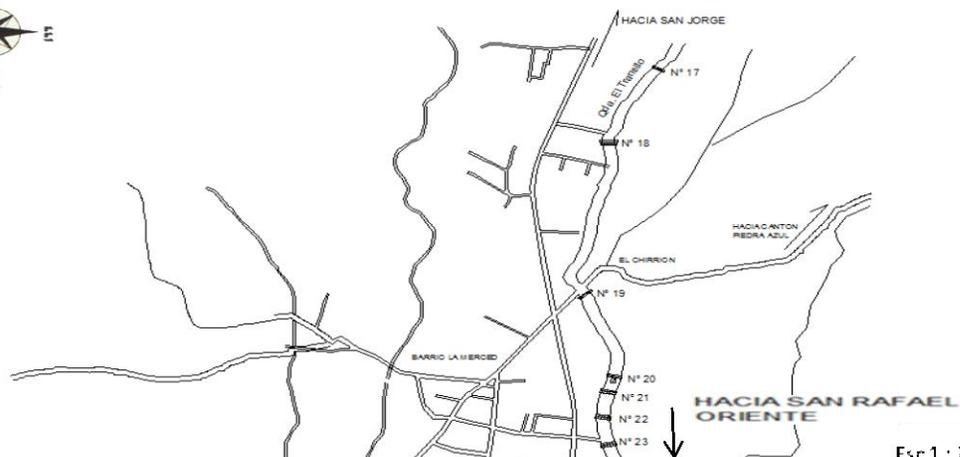
SEVERA	<input type="checkbox"/>	NO SE OBSERVA EROSION AGUAS ABAJO DE DONDE ESTA UBICADA LA ESTRUCTURA, MATERIAL RELLENADO BASTANTE UNIFORME.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- CONSTRUIDO COMO RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 7.0 M Y UNA LONGITUD DE 6.0 M.
- EXISTE EXPOSICION DE LA ROCA PRODUCTO DEL DESGASTE DEL MORTERO.

LOCALIZACION

SAN RAFAEL ORIENTE



Ese 1 : 25000

IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Dique de dimensiones moderadas debido al cauce de la quebrada en este punto.

Fig. 2: Al fondo se observa el uso para paso vehicular que se le da a la quebrada.

Fig. 3: Se puede notar la exposicion de las rocas debido a la erosion que ha sufrido.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 23	
UBICACIÓN: BARRIO LA MERCED, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	26/09/2011	X:	570460
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	252045
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	1.0 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.40 M	
LONGITUD:	15.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA INESTABLE, CON POSIBILIDAD DE SUFRA VOLTEO DEBIDO A QUE SE ENCUENTRA EROSIONADA LA CIMENTACION DE LA BASE DEL MURO.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	✓	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO		
BAJO		

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

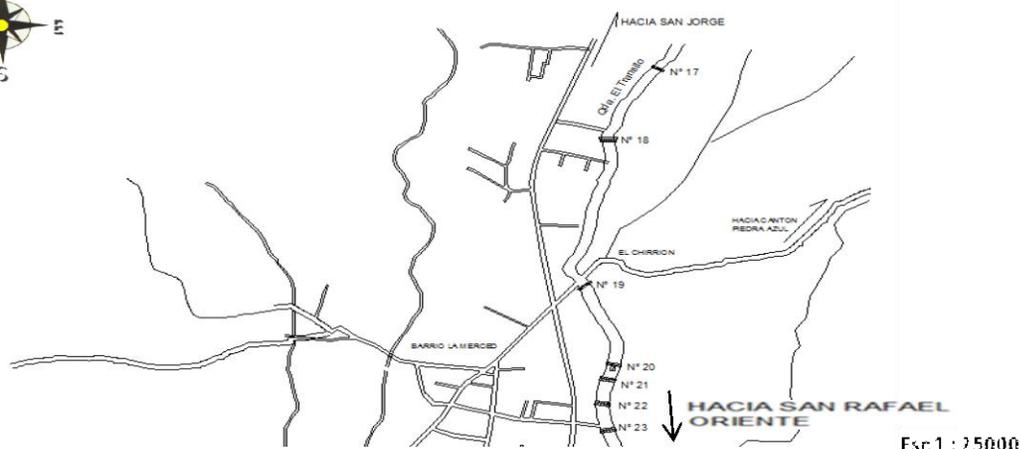
SEVERA	✓	SE OBSERVA QUE PARTE DEL MATERIA SEDIMENTADO A SIDO EROSIONADO DEJANDO AL DESCUBIERTE 1.10M DE LA BASE DEL MURO DONDE SOLO SE ENCUENTRA UN MATERIAL BASTANTE RESISTENTE.
MODERADA		
NO EXISTE		

OBSERVACIONES:

- CONSTRUIDO COMO RAMPA DE ACCESO QUE EN SU ESTADO ACTUAL SE ENCUENTRA TOTALMENTE COLAPSADA.
- NO SE POSIBILITA EL ACCESO POR LA QUEBRADA EN ESTE SITIO.

LOCALIZACION

SAN RAFAEL ORIENTE



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: El dique se encuentra parcialmente colapsado lo que impedirá el paso vehicular cuando ceda por completo.

Fig. 2: Vista de forma longitudinal, se aprecian los daños que se han producido.

Fig. 3: La erosión es evidente hacia el rumbo Sur de la quebrada.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 24	
UBICACIÓN: CASERIO PILA SECA, BARRIO SAN BENITO, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	26/09/2011	X:	570515
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	251694
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.30 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.40 M	
LONGITUD:	16.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA INSESTABLE, SE ENCUENTRA COLAPSADO DE LA PARTE CENTRAL DEL MURO.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

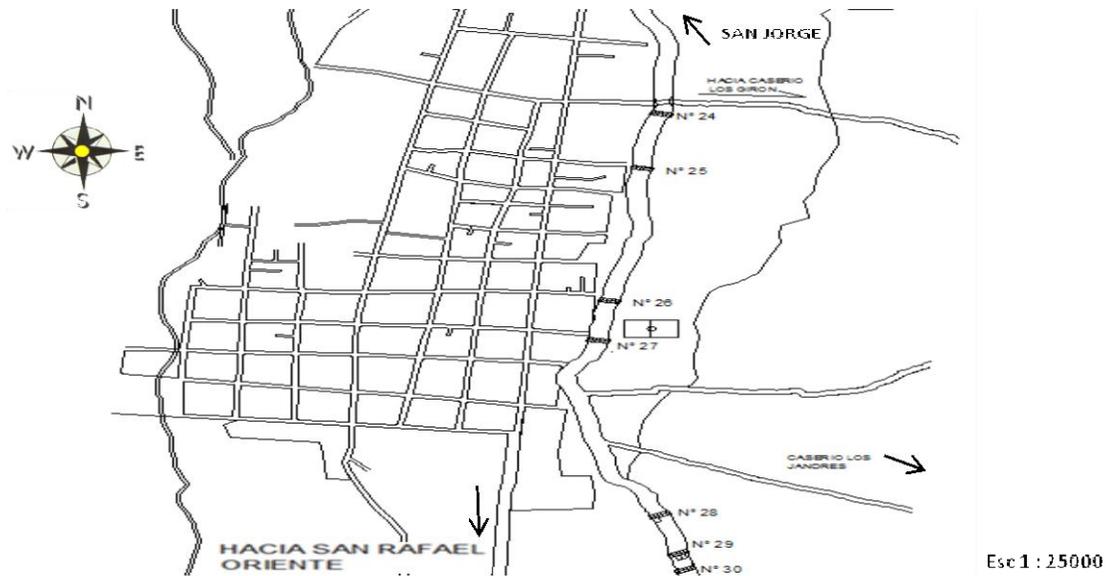
SEVERA	<input type="checkbox"/>	CON POCO SEDIMENTO QUE HA SIDO ARRASTRADO POR EL FLUJO DEL AGUA.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- ANTES DE LA CONSTRUCCION DEL PUENTE SERVIA PARA MANTENER EL NIVEL DELA QUEBRADA CON LA CALLE QUE AL PONIENTE CONECTA CON LA CALLE PRINCIPAL Y AL ORIENTE CON EL CASERIO LOS GIRON, DESPUES DE LA CONSTRUCCION DEL PUENTE SIRVE PARA PROTEGER LA CIMENTACION DE LAS BASES DEL PUENTE.

N° 24

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Dique construido para mantener el nivel de un puente.

Fig. 2: La erosión aguas abajo del dique es minima.

Fig. 3: Se aprecia que el puente no presenta erosión en sus cimientos.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 25	
UBICACIÓN: BARRIO SAN BENITO, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	26/09/2011	X:	570474
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	251526
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENCIONES:

ALTURA VISTA:	0.70 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	1.0 M	
LONGITUD:	25.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

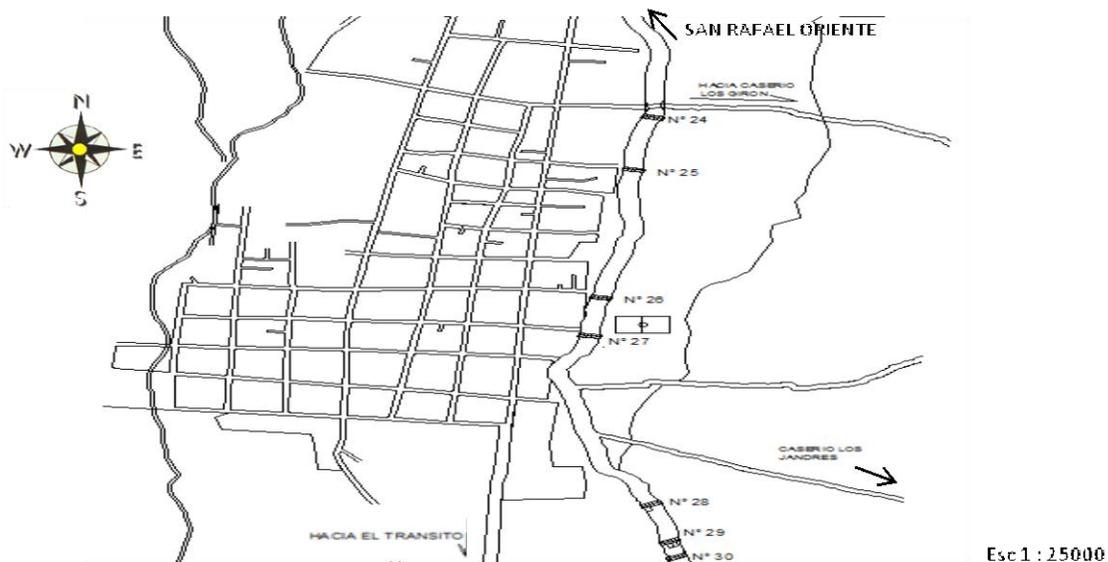
SEVERA	<input type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE PARTE DEL MATERIA SEDIMENTADO HA SIDO EROSIONADO DEJANDO AL DESCUBIERTO MATERIAL RESIDENTES.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE LA QUEBRADA PARA EL ACCESO A LAS VIVIENDAS CERCANAS.
- EXISTE EXPOSICION DE LA ROCA PRODUCTO DEL DESGASTE DEL MORTERO.

N° 25

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Dique de dimensiones moderadas, construido para mantener el nivel de un camino vecinal.

Fig. 2: Viviendas construidas en la ribera de la Quebrada El Transito.

Fig. 3: Evidente erosión aunque las viviendas aparentemente no presentan mucho riesgo.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 26	
UBICACIÓN: BARRIO SAN BENITO, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO		X:	570407
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	251135
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0,0 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0,40 M	
LONGITUD:	26,0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

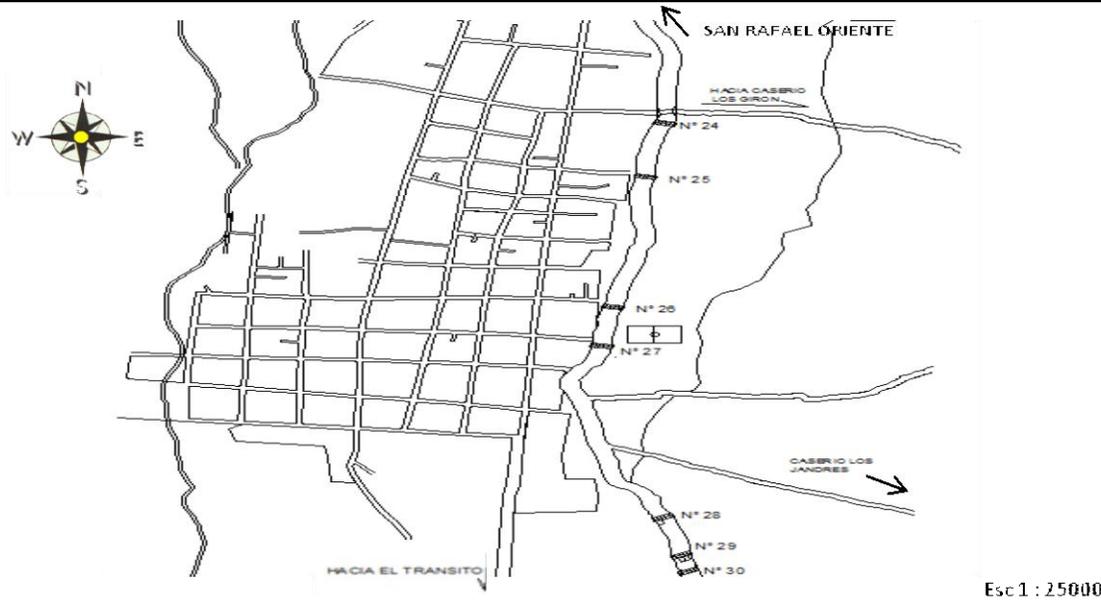
SEVERA	<input type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE PARTE DEL MATERIA SEDIMENTADO HA SIDO EROSIONADO DEJANDO AL DESCUBIERTO MATERIAL RESIDENTES.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- CONSTRUIDO COMO RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 26.0 M Y UNA LONGITUD DE 3.50 M.
- AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE LA QUEBRADA PARA EL ACCESO A LAS VIVIENDAS CERCANAS.
- UN 20% DEL MURO SE ENCUENTRA INESTABLE.
- EXISTE EXPOSICION DE LA ROCA PRODUCTO DEL DESGASTE DEL MORTERO.
- SE ENCUENTRA LIMITADO EL ACCESO SOBRE LA QUEBRADA DEBIDO A LA INCLINACION QUE POSEE LA RAMPA

N° 26

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Gran cantidad de desechos depositados por los habitantes de la zona.

Fig. 2: Viviendas que se encuentran vulnerables debido a la socavacion.

Fig. 3: Imagen captada de Sur a Norte, se aprecia la dimension que posee este dique.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 27	
UBICACIÓN: FINAL DE 3RA CALLE OTE, BARRIO SAN JUAN, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	26/09/2011	X:	570388
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	251000
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.50 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.50 M	
LONGITUD:	33.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

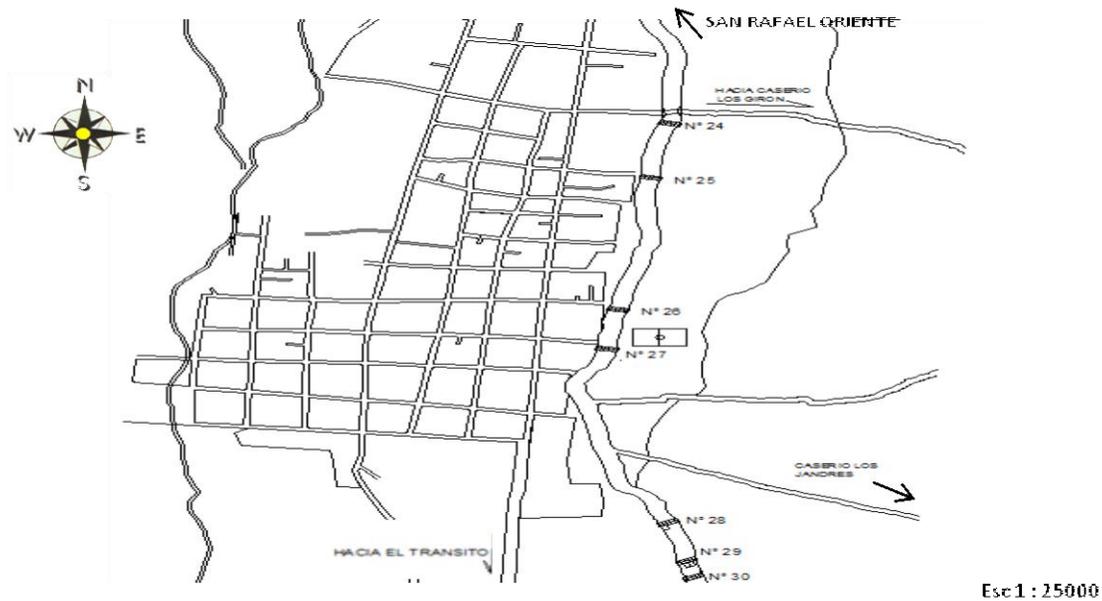
SEVERA	<input type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE PARTE DEL MATERIA SEDIMENTADO HA SIDO EROSIONADO DEJANDO AL DESCUBIERTO MATERIAL RESIDENTES.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- CONSTRUIDO COMO RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 25.0 M Y UNA LONGITUD DE 10.0 M.
- AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE LA QUEBRADA PARA EL ACCESO A LA CANCHA MUNICIPAL DEL CLUB DEPORTIVO LIBERAL I.R.
- LIMITADO EL ACCESO VEHICULAR POR LA RAMPA DEBIDO A QUE A SIDO EROSIONADA LA PARTE BAJA.

N° 27

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: El dique presenta cierto grado de socavación, también se aprecia el gran tamaño que posee.

Fig. 2: Al fondo de la imagen se presenta un gran porcentaje de erosión.

Fig. 3: Este dique fue construido con grandes dimensiones debido al tamaño de la quebrada en ese punto.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 28	
UBICACIÓN: BARRIO SAN JUAN, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	22/09/2011	X:	570533
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	250431
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.50 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.60 M	
LONGITUD:	27.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

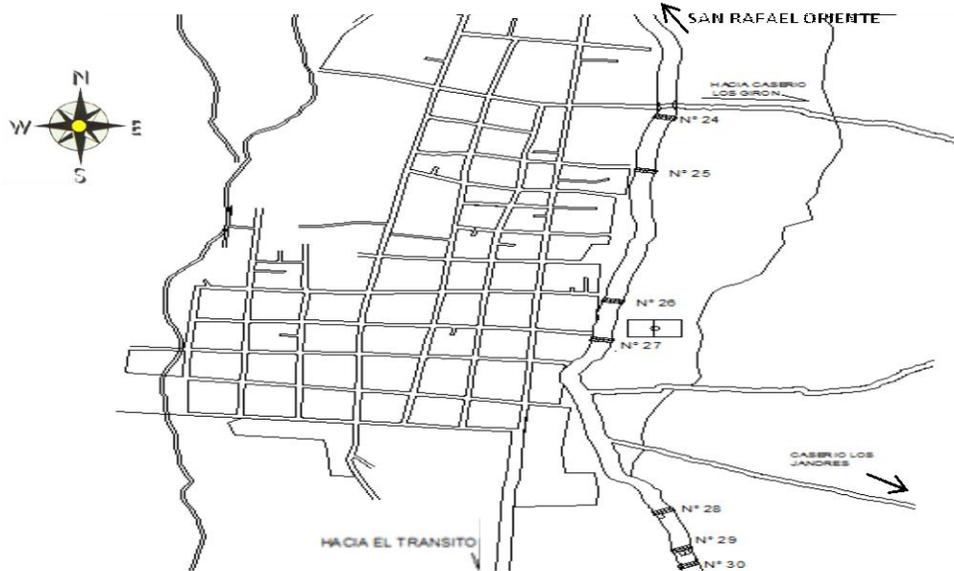
SEVERA	<input type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE PARTE DEL MATERIA SEDIMENTADO HA SIDO EROSIONADO DEJANDO AL DESCUBIERTO MATERIAL RESIDENTES.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- CONSTRUIDO COMO RAMPA DE ACCESO CON UN ANCHO DE 27.0 M Y UNA LONGITUD DE 6.20 M.
- AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE LA QUEBRADA PARA EL ACCESO A LAS VIVIENDAS CERCANAS.
- SE ENCUENTRA LIMITADO EL ACCESO SOBRE LA QUEBRADA DEBIDO A QUE PRESENTA EROSION LA PARTE BAJA DE LA RAMPA.
- CONTRA-DIQUE CONSTRUIDO 30 M ABAJO DE LA RAMPA SE ENCUENTRA COLAPSADO.

N° 28

LOCALIZACION



Ese 1 : 25000

IMAGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: A la derecha de la imagen se observa que la erosión esta exponiendo sus cimientos.

Fig. 2: Aguas debajo de este dique se tiene presencia de mucha erosión.

Fig. 3: Existe exposición de las rocas con las que fue construido.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 29	
UBICACIÓN: BARRIO SAN JUAN, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	22/09/2011	X:	570539
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	250312
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	0.0 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.60 M	
LONGITUD:	19.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

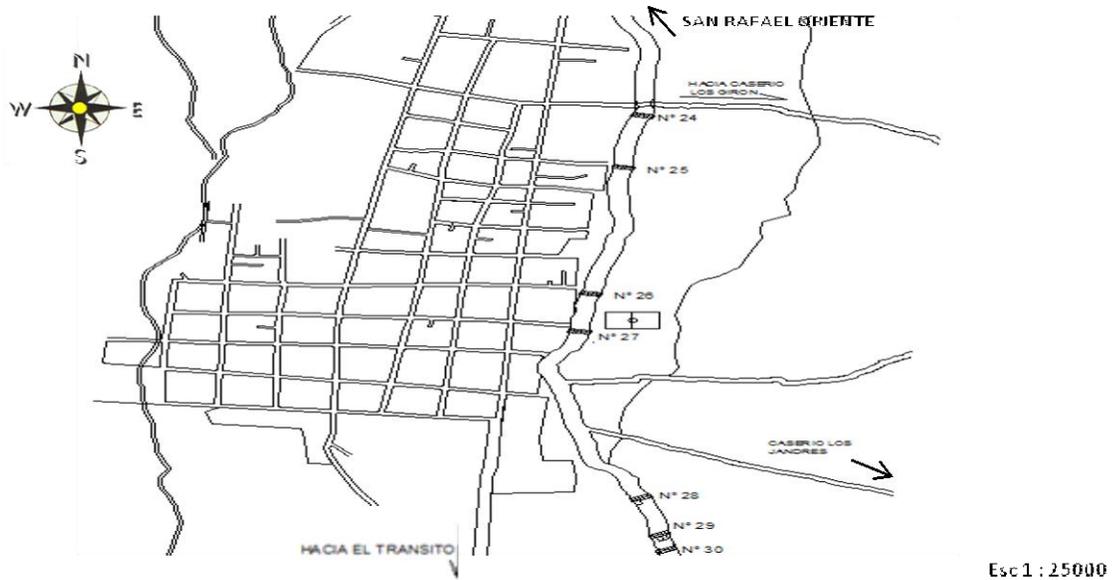
SEVERA	<input type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE PARTE DEL MATERIA SEDIMENTADO HA SIDO EROSIONADO DEJANDO AL DESCUBIERTO MATERIAL RESIDENTES.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- CONSTRUIDO CON RAMPA DE ACCESO EN EL CENTRO DEL MURO GUARDA NIVEL CON UN ANCHO DE 3.20 M Y UNA LONGITUD DE 5.50M.
- AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE LA QUEBRADA PARA EL ACCESO A LAS VIVIENDAS CERCANAS.

N° 29

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: En su parte central fue construida una rampa para el paso vehicular.

Fig. 2: En la parte derecha de la imagen se aprecia el cambio de nivel que hay en el fondo.

Fig. 3: Hay acumulación de rocas que son trasladadas por la corriente.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 30	
UBICACIÓN: BARRIO SAN JUAN, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	22/09/2011	X:	570542
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	250256
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	1.10 M	OTRAS: CONSTRUIDO CON ALAS A AMBOS LADOS CON DIMENSIONES DE (0.45 m DE ANCHO POR 4.0 m DE LONGITUD) PARA PODER ENCAUSAR EL AGUA HACIA EL CENTRO.
ANCHO DE CORONA:	0.90 M	
LONGITUD:	22.50 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

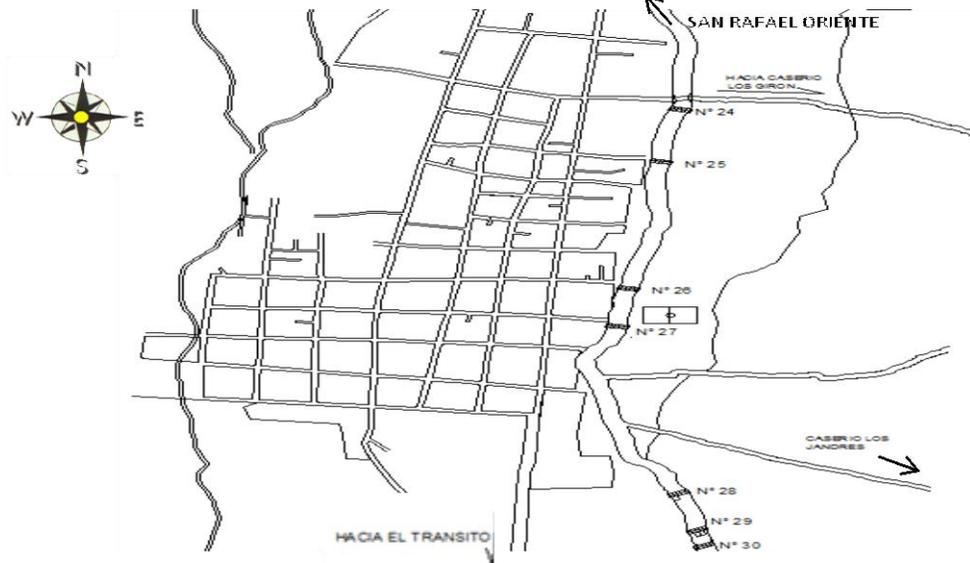
SEVERA	<input type="checkbox"/>	SE OBSERVA QUE PARTE DEL MATERIA SEDIMENTADO HA SIDO EROSIONADO.
MODERADA	<input checked="" type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- ESTE MURO NO POSEE RAMPA DE ACCESO
- AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE LA QUEBRADA PARA EL ACCESO A LAS VIVIENDAS CERCANAS.

N° 30

LOCALIZACION



Esc 1 : 25000

IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: Dique de tamaño moderado.

Fig. 2: En el costado derecho se esta presentando un alto grado de erosión.

Fig. 3: Al fondo se aprecia el acceso para el cual se contruyó el dique y asi mantener el nivel.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 31	
UBICACIÓN: CASERIO LOS MANGUITOS BARRIO SAN JUAN, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	22/09/2011	X:	570543
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	250150
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:		OTRAS: CONSTRUIDO CON ALAS A AMBOS LADOS CON DIMENSIONES DE (0.55 m DE ANCHO POR 3.40 m DE LONGITUD) PARA PODER ENCAUSAR EL AGUA HACIA EL CENTRO.
ALTURA VISTA:	0.60 M	
ANCHO DE CORONA:	1.10 M	
LONGITUD:	13.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA ESTABLE, NO PRESENTA GRIETAS NI ASENTAMIENTO NOTABLE.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	<input checked="" type="checkbox"/>	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO	<input type="checkbox"/>	
BAJO	<input type="checkbox"/>	

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

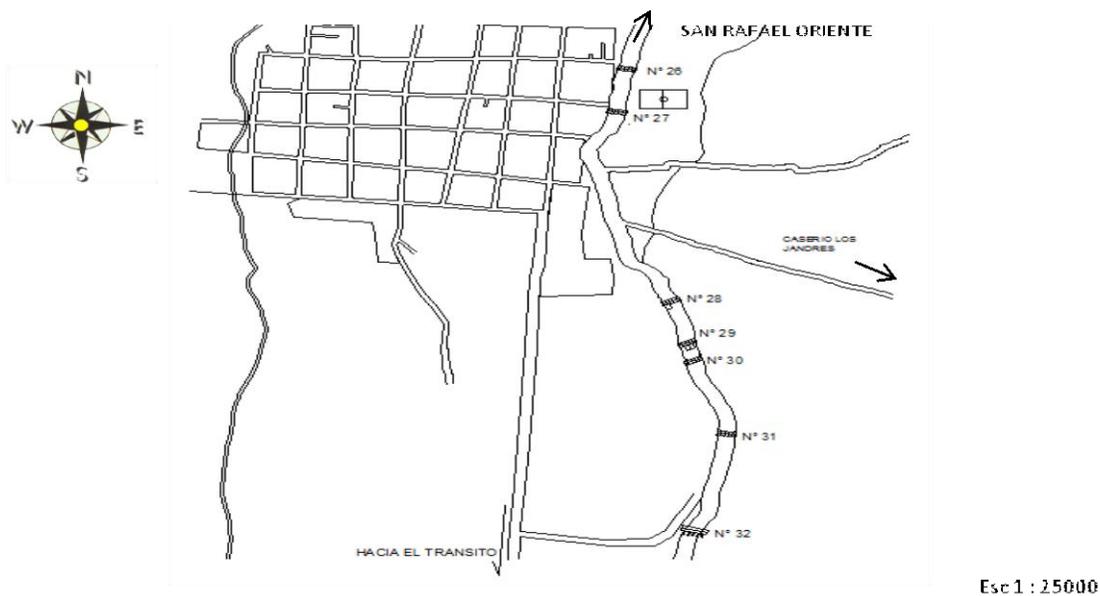
SEVERA	<input type="checkbox"/>	NO SE OBSERVA EROSION AGUAS ABAJO DE DONDE ESTA UBICADA LA ESTRUCTURA, MATERIAL RELLENADO BASTANTE UNIFORME.
MODERADA	<input type="checkbox"/>	
NO EXISTE	<input checked="" type="checkbox"/>	

OBSERVACIONES:

- ESTE MURO NO POSEE RAMPA DE ACCESO
- AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE LA QUEBRADA.
- SE ENCUENTRA LIMITADO EL ACCESO POR LA QUEBRADA.

N° 31

LOCALIZACION



IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 1: En este punto se reduce el cauce de la quebrada por eso el tamaño de la obra.

Fig. 2: Se puede notar que la obra en el centro tiene forma de vetedero.

Fig. 3: Con el paso del agua se ha profundizado la quebrada lo cual se nota a los costados.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



**FICHA TECNICA PARA LA IDENTIFICACION DE LAS OBRAS
 SOBRE LA QUEBRADA EL TRANSITO**

GENERALIDADES

TIPO DE OBRA: DIQUE DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA (TRANSVERSAL)		N° 32	
UBICACIÓN: CASERIO LOS MANGUITOS BARRIO SAN JUAN, SAN RAFAEL ORIENTE.			
RESPONSABLES:	FECHA:	COORDENADAS	
Br: DIAZ APARICIO, JOSE FRANCISCO	22/09/2011	X:	570540
Br: RIVAS TICAS, JUAN CARLOS		Y:	249809
Br: VELASQUEZ SOTO, HECTOR LUIS			
TIEMPO ESTIMADO DE CONSTRUCCION:			

ASPECTOS TECNICOS

DIMENSIONES:

ALTURA VISTA:	5.50 M	OTRAS:
ANCHO DE CORONA:	0.90 M	
LONGITUD:	40.0 M	

ESTABILIDAD ESTRUCTURAL:

CON UNA APARIENCIA INESTABLE, DEBIDO A QUE EXISTE EROSION EN LA CIMENTACION DE LA ESTRUCTURA CON LA FACILIDAD DE QUE PUEDA OCURRIR UN VOLTEO POR EL TAMAÑO QUE PRESENTA LA OBRA.

CONDICIONES DE COLMATAMIENTO:

ALTO	✓	EL SEDIMENTO ARRASTRADO SE ENCUENTRA AL MISMO NIVEL SUPERIOR DEL MURO.
MEDIO		
BAJO		

EXISTENCIA DE EROSIONABILIDAD AGUAS ABAJO:

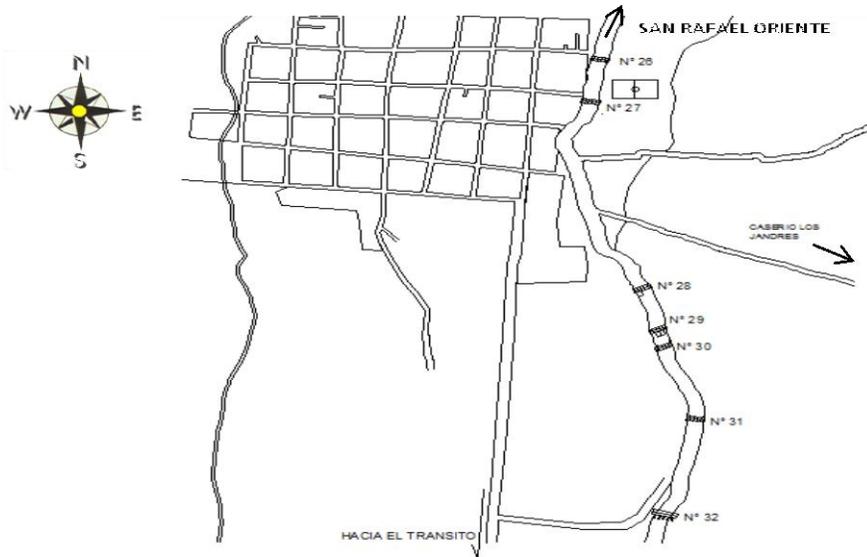
SEVERA	✓	SE OBSERVA QUE PARTE DEL MATERIA SEDIMENTADO A SIDO EROSION DEJANDO A LOS COSTADOS MATERIAL QUE PUEDE SER DERRUNBADO Y QUE CON FACILIDAD PUEDE SER ARRASTRADO POR EL FLUJO DEL AGUA.
MODERADA		
NO EXISTE		

OBSERVACIONES:

- MURO QUE SE ENCUENTRA ENTRE EL LIMITE DE LOS MUNICIPIOS, AL NORTE CON SAN RAFAEL ORIENTE Y AL SUR CON EL TRANSITO.
- ESTRUCTURA QUE PUEDE SUFRI VOLTEO DEBIDO A LA SOCABACION DE LA BASE DEL MURO Y DE LOS CONTRA-FUERTES.
- CARECE DE GRADA DISIPADORA DE ENERGIA.
- AYUDA A MANTENER EL NIVEL DE LA QUEBRADA.
- ESTE MURO NO POSEE RAMPA DE ACCESO
- SE ENCUENTRA LIMITADO EL ACCESO POR LA QUEBRADA.

N° 32

LOCALIZACION



Ese 1 : 25000

IMÁGENES



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

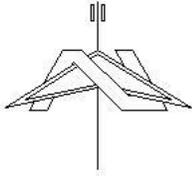
Fig. 1: El contradique se encuentra parcialmente colapsado.

Fig. 2: Presenta socavacion severa debido al colapso del contradique.

Fig. 3: Es notable la presencia de erosión aguas abajo del dique.

ANEXO 2

UBICACIÓN DE LAS OBRAS CONSTRUIDAS SOBRE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO



■ 32 OBRAS REGISTRADAS

TRAMO N° 1

■ 2 MUROS LONGITUDINALES

■ 1 MURO GAVIÓN
1 DE MAMPOSTERIA

■ 14 DIQUES

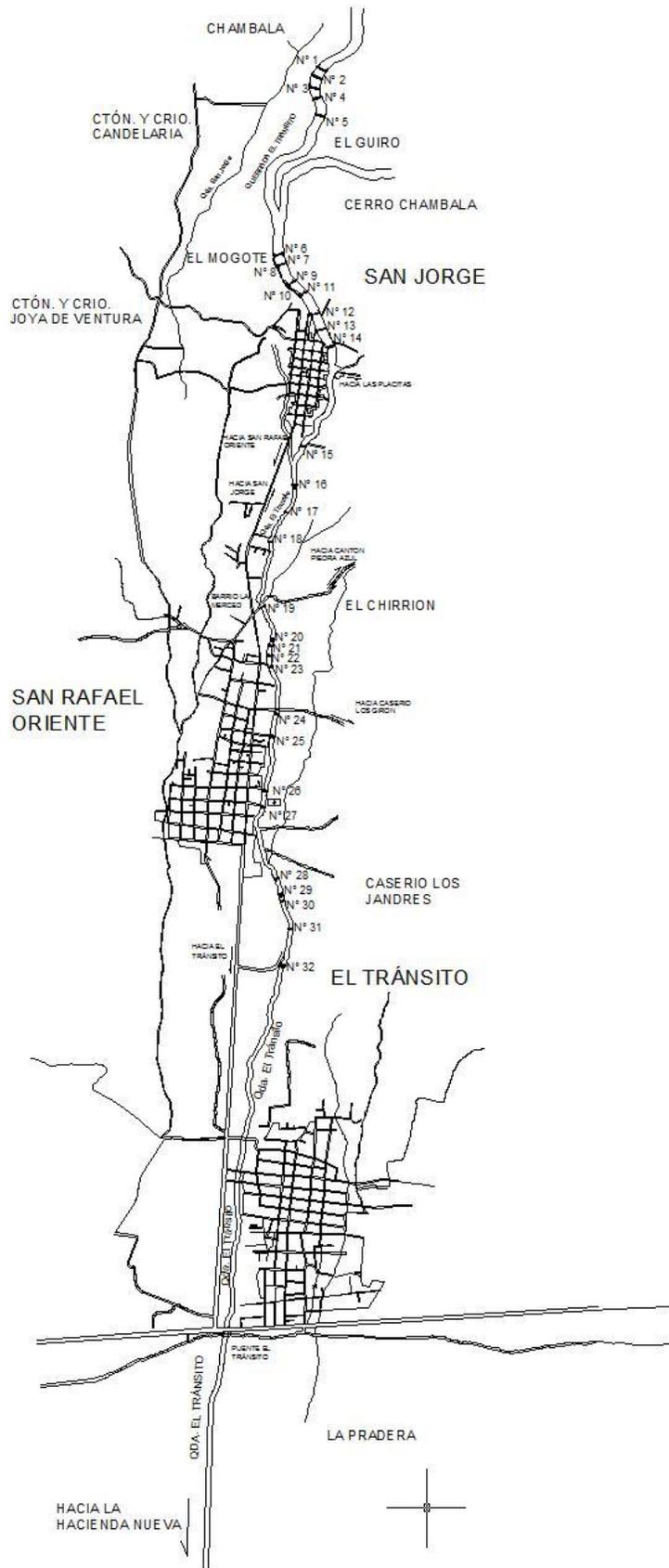
■ 2 DE GAVIÓN
12 DE MAMPOSTERIA

TRAMO N° 2

■ 16 DIQUES DE MAMPOSTERIA

TRAMO N° 3

■ SE TIENE UNICAMENTE LA PRESENCIA DE OBRAS DE PASO



CONTENIDO:

UBICACIÓN DE LAS OBRAS CONSTRUIDAS SOBRE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO

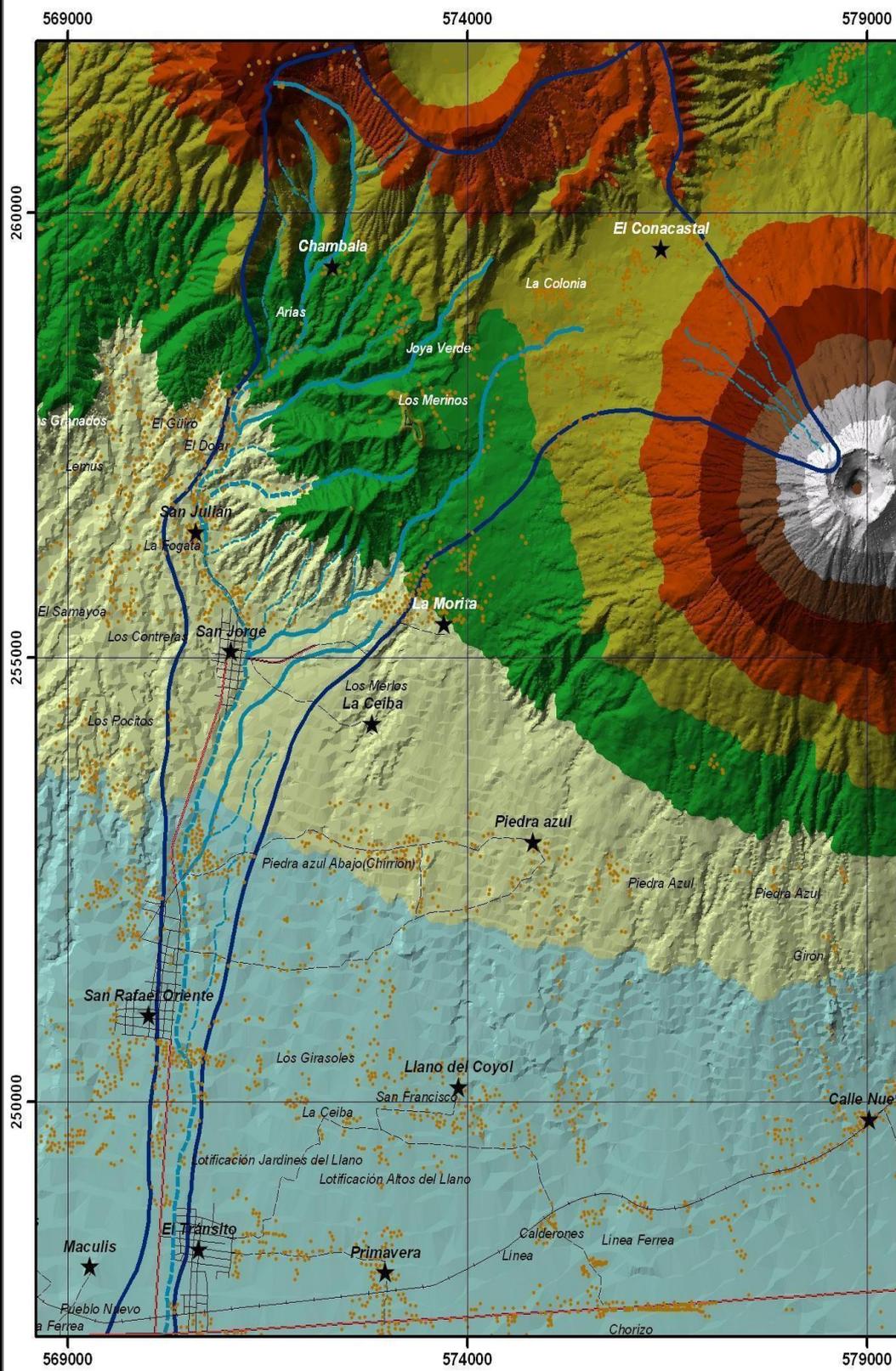
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTAS DE OBRAS DE CORRECCIÓN PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO DEL DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQ.

ANEXO 3

TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO EN LA CUENCA



VISTA PANORAMICA DE LA QUEBRADA EL TRANSITO DESDE LAS LADERAS DEL CANTON CHAMBALA



VISTA PANORAMICA DEL COSTADO PONIENTE DEL VOLCAN CHAPARRASTIQUE

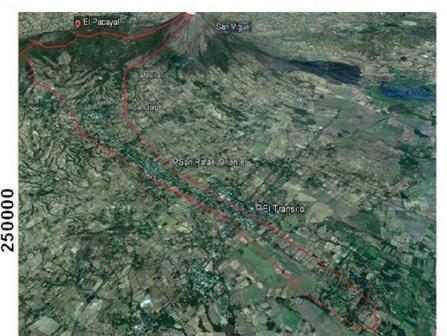


IMAGEN SATELITAL DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO

Leyenda:

CONSERVACION DEL SUELO:

- | | | | |
|--------------------------------|--|------------------------------|--|
| Zanjas y Pozos de Infiltración | | Barreras Muertas | |
| Muros de Piedra al Contorno | | Terrazas Individuales | |
| Cultivos en Terrazas Niveladas | | Cultivo de Leucaena | |
| Barreras Vivas | | ★ Centros Poblacionales (CP) | |

- | | |
|--|--------------------|
| Calles que atraviesan ciudades o pueblos | Curvas int: 100 |
| Carretera pavimentada | Cuenca El Tránsito |
| Accesos Principales a CP | 1885.00 - 2120 |
| Línea Ferrea | |

ADAPTADO DE: REHABILITACIÓN Y MANEJO DE LAS SUBCUENCAS DE EL TRÁNSITO Y DE LA VERTIENTE SUR DEL VOLCÁN CHAPARRASTIQUE

- | | |
|----------------|--------------|
| 1660.00 - 1885 | 725.00 - 960 |
| 1425.00 - 1660 | 495.00 - 725 |
| 1190.00 - 1425 | 265.00 - 495 |
| 960.00 - 1190 | 30 - 265 |

EDITADO POR:
 Br. DIAZ APARICIO, JOSÉ FRANCISCO
 Br. RIVAS TICAS, JUAN CARLOS
 Br. VELÁSQUEZ SOTO, HÉCTOR LUIS

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTAS DE OBRAS DE OBRAS DE CORRECCIÓN PARA EL CONTROL DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA QUEBRADA EL TRÁNSITO DEL DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA