

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



**TRABAJO DE GRADUACION**

**TEMA:**

“DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCION Y MITIGACION DE RIESGOS EN EL RIO EL PORVENIR, EN EL SITIO PUENTES CHACHOS EN EL MUNICIPIO EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA”

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

INGENIERO CIVIL

**PRESENTADO POR:**

POLANCO MAZARIEGO, FRANKLIN EDUARDO  
RIVERA HERNANDEZ, JULIAN ANTONIO  
RIVERA CALDERON, IRMA FANNY

**DOCENTE DIRECTOR:**

ING. RAUL ERNESTO MARTINEZ BERMUDEZ

**NOVIEMBRE, 2008**

**SANTA ANA EL SALVADOR CENTRO AMERICA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

ING. Y MSC. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ

VICE-RECTOR ACADEMICO

ARQ. Y MASTER MIGUEL ANGEL PEREZ RAMOS

VICE RECTOR ADMINISTRATIVO

LICDO. Y MASTER OSCAR NOE NAVARRETE

SECRETARIO GENERAL

LICDO. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

FISCAL GENERAL

DR. RENE MADECADEL PERLA JIMENEZ

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO

LICDO. JORGE MAURICIO RIVERA

VICE-DECANO

LICDO. Y MASTER ELADIO EFRAIN ZACARIAS ORTEZ

SECRETARIO DE FACULTAD

LICDO. VICTOR HUGO MERINO QUEZADA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ING. RAUL ERNESTO MARTINEZ BERMUDEZ

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

COORDINADOR GENERAL Y DOCENTE DIRECTOR:

ING. RAUL ERNESTO MARTINEZ BERMUDEZ.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso que siempre me dio fuerzas para luchar y continuar firme en el sueño de culminar la carrera.

A mis padres Juan Francisco Polanco y María Concepción Mazariego de Polanco, por darme siempre su apoyo y comprensión aun cuando el camino parecía largo, GRACIAS.

A mis hermanos Mario Alfredo y Juan Francisco por su apoyo constante y motivación a continuar el arduo trabajo para seguir adelante.

A mis compañeros de tesis Julián Antonio e Irma Fanny, por soportarme durante estos últimos meses y ser buenos compañeros, DIGAMOS ADELANTE.

A MIS SOBRINOS Mario Eduardo, María Elena, Mario Alfredo y Catherine Lissethe por estar a mi lado en todo momento.

A la familia de Julián por recibirnos con mucho cariño y darnos todo su apoyo cuando lo necesitábamos.

A los ingenieros Raúl Martínez y Max Hernández por su aportación a nuestro desarrollo profesional y al del presente trabajo de grado, así como a todo el personal del departamento de ingeniería que de una u otra forma nos ayudaron a culminar esta carrera.

Y a los demás familiares y amigos que me apoyaron y creyeron siempre en mí cuando aun faltaba mucho.

**FRANKLIIN EDUARDO POLANCO MAZARIEGO**

## **AGRADECIMIENTOS.**

Este logro se lo dedico a mi abuelo Julio Hernández (QDDG) que fue mi inspiración a lo largo de mi carrera y que sus consejos prevalecerán a lo largo de mi vida.

A mi Mamá Juana y mi mamá Ruth que fueron mi apoyo incondicional y que siempre tuvieron las palabras adecuadas en los momentos que las necesite.

A mis hermanas Dinora, Maritza y Sandra, por su amor incondicional y por estar conmigo en todo momento. Especialmente a mi hermana Dinora por creer ciegamente en mí y apoyarme en los momentos difíciles.

A mi tia Bethy por su ayuda desinteresada y aguantarme siempre, a mi tia Noemí por su amistad, a mis primos Roberto, Karen, los gordos, y mi familia completa por los momentos que hemos pasado juntos.

A mi Amor Elena Rodríguez por su amor y comprensión, y ser mi amiga fiel y darme estabilidad a mi vida y hacerme entender que los sueños se cumplen.

Un especial agradecimiento a mis compañeros de tesis Franklin Polanco y Fanny Rivera, por el excelente equipo de trabajo que hicimos en el desarrollo de Este trabajo de grado y por ser buenas personas, y tengo confianza que los retos que vienen ustedes los superaran.

A todos mis primos y hermanos en Cristo Pivi, Henry, Tavo Y Luisito por su sincera amistad y todas sus oraciones y los momentos felices que pasamos en la Banda Levítico.

A mi inspiración total, el que me mostró el milagro de vivir y apreciar lo mas sencillo de la vida como la creación mas divina y por ser mi héroe favorito por morir en la cruz del calvario por todos nosotros, aquel que me amo a pesar de todos mis defectos mi perfecto Dios Jesús.

Por que yo se los pensamientos que tengo acerca de vosotros, dice Jehová, pensamientos de paz, y no de mal, para daros el fin que esperáis (Jeremías 29:11)

**JULIAN ANTONIO RIVERA HERNANDEZ.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Ante todo le doy gracias a Dios todopoderoso por darme vida, fortaleza y permitirme alcanzar mis objetivos.

Les agradezco a mis padres Ovidio Rivera e Irma Calderón de Rivera por cuidarme, apoyarme, educarme, por darme su amor incondicional y guiarme por el camino del bien.

A mi esposo Ronald Oswaldo Rojas Jaime por estar a mi lado siempre, apoyándome y dándome fuerzas para superarme y salir adelante, también a mi hija Nathaly María que es mi mas grande inspiración para continuar y poder llegar a triunfar en la vida.

A mis hermanos Kenny, Nelly, Delsy y Melvin por estar dispuestos a ayudarme todo el tiempo, por sus consejos y por estar conmigo en las buenas y en las malas.

A mis compañeros de trabajo de Grado Julián Antonio y Franklin Eduardo por comprenderme, por darme ánimos, y por el cariño que me brindaron en todo el desarrollo de este.

A la familia de nuestro compañero Julián por habernos recibido con gusto en su hogar, por darnos mucho amor, cariño, y ayudarnos cuando lo necesitábamos.



A los ingenieros: Raúl Martínez Bermúdez y Max Hernández por habernos transmitido sus conocimientos y sus aportaciones para la elaboración de este trabajo de grado, como también para desempeñarme como profesional.

Así mismo les agradezco a las personas que trabajan en el departamento de ingeniería, a todos mis compañeros de carrera y a mis amigos por ayudarme a alcanzar una de mis metas.

A la familia de mi esposo por ayudarme en todo lo que necesitaba, por que de una u otra forma siempre me apoyaron.

A mi amiga Maritza Aguirre de De Paz por apoyarme en todo momento y estar conmigo en los tiempos más difíciles.

A todos ellos quiero decirles que los quiero mucho, que les deseo lo mejor del mundo, que sigan triunfando en la vida, por que son personas muy lindas e inteligentes que tienen la capacidad de lograr todos sus objetivos.

Que Dios los bendiga hoy, mañana y siempre....

**IRMA FANNY RIVERA CALDERON**

## INDICE

### CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN . . . . .	1
1.2 OBJETIVOS	
1.2.1 OBJETIVO GENERAL . . . . .	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICO . . . . .	2
1.3 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.3.1 ANTECEDENTES . . . . .	3
1.3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA . . . . .	7
1.4 JUSTIFICACIONES . . . . .	9
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	
1.5.1 ALCANCES . . . . .	11
1.5.2 LIMITACIONES . . . . .	12

### CAPITULO II: FUNDAMENTOS BASICOS

2.1 INTRODUCCION . . . . .	13
2.2 MARCO TEORICO DE REFERENCIA . . . . .	14
2.2.1 CONCEPTOS . . . . .	14
2.2.1.1 EL CICLO HIDROLOGICO . . . . .	14
2.2.1.2 EVAPORACION . . . . .	15
2.2.1.3 INFILTRACION . . . . .	15
2.2.1.4 TRANSPIRACION . . . . .	15
2.2.1.5 ESCORRENTIA . . . . .	16
2.2.1.6 PRECIPITACION . . . . .	16
2.2.1.6.1 MEDICION DE PRECIPITACION . . . . .	17
2.3 CUENCAS . . . . .	18
2.3.1 USO Y MANEJO DE LA CUENCA . . . . .	18
2.3.2 CARACTERISTICAS FISICAS DE UNA CUENCA . . . . .	21
2.4 DISEÑO HIDRAULICO . . . . .	23
2.4.1 CALCULO HIDRAULICO . . . . .	24

2.4.2 HIDROGRAMA UNITARIO . . . . .	25
2.5 INUNDACIONES . . . . .	27
2.5.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LAS INUNDACIONES . . . . .	28
2.5.2 DETERMINACION DE LAS CAUSAS DE LAS INUNDACIONES . . . . .	29
2.5.3 VARIABLES QUE INTERVIENE EN LAS CATASTROFES POR INUNDACIONES . . . . .	34
2.5.4 EFECTOS DE LAS INUNDACIONES . . . . .	35
2.6 ANALISIS DEL IMPACTO DE LAS CRECIDAS . . . . .	37
2.7 MEDIDAS DE PROTECCION EJECUTADAS . . . . .	38
2.8 IDENTIFICACION DE LAS ZONAS DE RIESGO . . . . .	39

### **CAPITULO III: ESTUDIO HIDROLOGICO**

3.1 INTRODUCCION . . . . .	41
3.2 GENERALIDADES DE LA CUENCA DEL RIO EL PORVENIR	
3.2.1 UBICACIÓN . . . . .	42
3.2.2 POBLACION . . . . .	43
3.2.3 ELEVACION . . . . .	43
3.2.4 CLIMA . . . . .	43
3.2.5 HIDROLOGIA . . . . .	44
3.2.6 TOPOGRAFIA . . . . .	44
3.2.7 VEGETACION . . . . .	45
3.2.8 USOS DEL SUELO . . . . .	46
3.3 CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CUENCA DEL RIO EL PORVENIR . . . . .	47
3.3.1 CALCULO DE CAUDALES . . . . .	47
3.3.1.1 CAUDAL ECOLOGICO . . . . .	47
3.3.1.2 CAUDAL EN EPOCA SECA . . . . .	47
3.3.1.3 CAUDAL EN EPOCA LLUVIOSA . . . . .	48

3.3.2 PARTE AGUAS TRAZADO EN SOFTWARE ARC VIEW	49
3.3.3 AREA DE LA CUENCA . . . . .	52
3.3.4 LONGITUD DEL CAUCE MAS LARGO . . . . .	53
3.3.5 PERIMETRO DE LA CUENCA . . . . .	54
3.3.6 DRENAJE DE LA CUENCA . . . . .	54
3.3.7 ELEVACION MEDIA . . . . .	57
3.3.8 PENDIENTE MEDIA . . . . .	58
3.3.9 FACTOR DE FORMA DE LA CUENCA . . . . .	58
3.4 DETERMINACION DEL CAUDAL MAXIMO EN EL SECTOR PUENTES CHACHOS. . . . .	60
3.4.1 METODOS PARA REALIZAR EL ESTUDIO HIDROLOGICO . . . . .	62
3.4.1.1 AFOROS EN AGUAS SUPERFICIALES . . . . .	62
3.4.1.2 METODO HIDROMETEOROLOGICO . . . . .	63
3.4.1.3 CALCULO DE LAS CURVAS IDF . . . . .	64
3.4.1.4 CALCULO DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL . . . . .	73
3.4.1.5 CALCULO DEL AREA DE INFLUENCIA . . . . .	75
3.4.1.6 TIEMPO DE CONCENTRACION . . . . .	75
3.4.1.7 PERIODO DE RETORNO . . . . .	78
3.4.1.8 METODOS DE LAS ISOCRONAS . . . . .	79
3.5 DETERMINACION DEL CAUDAL POR EL METODO HIDROGRAMA UNITARIO. . . . .	86
3.5.1 CALCULO DEL NIVEL DE AGUAS MAXIMAS EN LOS PUNTOS CRITICOS. . . . .	93
3.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCION . . . . .	102

## **CAPITULO IV: PROPUESTA DE MEDIDAS DE PROTECCION**

4.1 INTRODUCCION . . . . .	104
4.2 CONDICION ACTUAL DE LOS PUNTOS ANALIZADOS . . . . .	105
4.3 OBRAS EXISTENTES EN LA QUEBRADA AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO . . . . .	106

4.4 DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION Y PROTECCION	
A PROPONER . . . . .	107
4.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE OBRA DE MITIGACION Y PROTECCION	
4.5.1 ANALISIS PARA LA SELECCIÓN DE OBRAS DE	
MITIGACION Y PROTECCION . . . . .	145
4.6 EVALUACION HIDRAULICA EN LOS PUNTOS CRITICOS DEL	
RIO EL PORVENIR SECTOR PUENTES CHACHOS . . . . .	147
4.6.1 SELECCIÓN DE OBRAS	
DE MITIGACION Y PROTECCION . . . . .	147
4.6.2 CALCULO DE CAUDAL EXCEDENTE PARA EVITAR	
INUNDACION EN SECTOR AFECTADO . . . . .	150
4.7 PRESUPUESTO	
4.7.1 OBRAS DE MITIGACION Y PROTECCION . . . . .	159
4.7.2 COSTO TOTAL DEL PROYECTO . . . . .	172
4.8 EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DE LAS OBRAS PROPUESTAS	
4.8.1 EVALUACION RAPIDA	
UTILIZANDO PROGRAMA RIAM . . . . .	173
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1 CONCLUSIONES . . . . .	187
5.2 RECOMENDACIONES . . . . .	189
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

## 1.1 INTRODUCCION

Alrededor del planeta se dan una serie de eventos naturales que producen daños muchas veces irreparables cuando coinciden con asentamientos humanos o regiones de vital importancia para el desarrollo económico y social de una región.

El problema de las inundaciones se encuentra latente año con año en diferentes zonas del país por las características del proceso de generación de precipitaciones pluviales; por esta razón es que el hombre ha dedicado gran parte de tiempo y recursos, en el estudio, investigación y búsqueda de soluciones que se encaminen a aliviar o a minimizar los efectos propios de este problema.

El aumento de lluvias que ha sufrido El Salvador, pone en riesgo todas aquellas zonas vulnerables en todo el territorio Nacional, en donde instituciones tales como Alcaldías, ONG'S, entre otras tratan de minimizar el riesgo por medio de obras civiles en diferentes partes del país; sin embargo hay zonas en las cuales no se está realizando obras o actividades como es el caso de el río El Porvenir en el municipio de El Porvenir departamento de Santa Ana, en la cual la escorrentía superficial ha aumentado, debido a factores como el crecimiento poblacional que implica la construcción de viviendas las cuales impermeabilizan el suelo impidiendo la infiltración, este flujo sumado ya al caudal que circula en el río El porvenir, provoca inundaciones que afectan a la población aledaña a la zona.

En el presente proyecto se plantea llevarse a cabo un estudio con el propósito de diseñar obras de protección y mitigación en el Río El Porvenir, especialmente en el punto de interés ubicado en el sector puentes chachos. Todo con el fin de buscar una solución viable a la problemática existente.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Contrarrestar las inundaciones que se generan en el sector Puentes Chachos, salvaguardando la vida de la población y evitando con ello las pérdidas económicas y materiales en el municipio de El Porvenir.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Establecer las causas que generan la problemática de las inundaciones en el sector Puentes Chachos.
- Elaborar un estudio hidrológico para obtener el nivel de aguas máximas que sirva para realizar diseños de las obras civiles a implementar.
- Establecer las secciones transversales más críticas del río El Porvenir en el sector Puentes Chachos que se ven más afectadas, por las crecidas provocadas debido a las precipitaciones.
- Elaborar las obras de protección y mitigación en las zonas de interés que originan las inundaciones en el sector Puentes Chachos



## **1.2 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.3.1 ANTECEDENTES**

A través de la historia, la república de El Salvador ha soportado numerosos fenómenos naturales, que de una o de otra manera han alterado el normal desarrollo de las actividades de la población existente al grado de calificárseles como desastre.

Parte de esos fenómenos que se dan con frecuencia son las llamadas inundaciones, las que se desarrollan específicamente en la época de invierno donde lo copioso de las lluvias produce incremento en los caudales de los ríos produciendo desbordes que arrasan zonas agrícolas, destruyendo cosechas y transformando tierras fértiles en pantanos.

Este problema se viene desarrollando a lo largo de los años en sitios donde existen ríos, y cuyo cauce no es capaz de conducir el flujo durante el invierno; la zona del río El Porvenir (sector Puentes Chachos) es un ejemplo claro de inundación y los efectos que esto produce.

## **EL PORVENIR**

### **Ubicación Geográfica de El Porvenir**

El Porvenir es un municipio ubicado en el departamento de Santa Ana.

El municipio está limitado al Norte por Candelaria de la Frontera, al Sur por San Sebastián Salitrillo y Chalchuapa, al Este por Santa Ana, y al Oeste por Chalchuapa, Tiene una extensión territorial de 52.52 km<sup>2</sup>.

La cabecera del Municipio de El Porvenir, está situado en extensa planicie, a 12 Kms. al oeste de la Ciudad Santa Ana a 700 MSNM. En la actualidad el municipio El Porvenir cuenta con 10,225 habitantes<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Según censo realizado por alcaldía municipal EL Porvenir en el año 2007

El Porvenir está rodeado de dos ríos (Tres Ceibas o Porvenir, Comecayo), una quebrada (El Porvenir) y Tres Cerros (Santa Rosa Senca, Singüil, Dormido) este municipio es muy pequeño, y por ser de muy baja elevación con respecto a las poblaciones que lo rodean, lo hace muy propenso a las inundaciones. Por medio de el análisis del cuadrante topográfico de la zona, podemos constatar que el río El Porvenir (Tres Ceibas) es alimentado por el agua proveniente de muchos sectores lejanos (Cantón Comecayo, Ciudad Paraíso I y II y Altos del Paraíso) por mencionar algunos, esto debido a la ubicación geográfica del municipio El Porvenir.

## **SUCESOS RELEVANTES**

Según datos proporcionados por la alcaldía del municipio desde los tiempos de su fundación en el municipio ya se daban los problemas de inundación en la zona de estudio( Puentes Chachos); los pobladores comentan que el antiguo paso sobre el río El Porvenir lo constituían dos troncos de árbol amarrados y por el cual solamente podían pasar las personas, no fue sino hasta hace más de 60 años que se construyo el puente que da acceso al municipio, el cual no cumple completamente la función para lo cual fue diseñado, debido a que cuando se da un fenómeno extremo (en la época lluviosa), este se ve afectado considerablemente impidiendo el acceso de vehículos y personas al municipio, teniendo que esperar hasta cuatro horas después de finalizada la lluvia para poder pasar por el puente; este problema se ha visto agravado debido al desarrollo y crecimiento desordenado de la población; como es el caso de la construcción de Ciudad Paraíso la cual evacua sus aguas lluvias a la zona del río Comecayo provocando que esto aumente la escorrentía superficial, esta escorrentía extra que llega al Municipio antes se infiltraba en las zonas de cultivo donde ahora se encuentra la urbanización antes mencionada, de la misma manera el municipio de San Sebastián ha contribuido al aumento de la escorrentía superficial desviando sus aguas lluvias hacia el río El Porvenir, esto debido a la construcción de la carretera que une los municipios de San Sebastián Salitrillo y El Porvenir.

Según testimonio de los pobladores de el municipio El Porvenir en la década de los años 70'S se produjeron eventos que ocasionaron inundaciones en la zona de estudio, siendo uno de estos eventos el paso del Huracán "Fifi".

En la década de los 90'S debido al paso del Huracán "Mitch" en El Salvador también se produjeron inundaciones en el municipio El Porvenir que causaron estragos tanto a las infraestructuras existentes como también afectó grandemente la agricultura y ganadería provocando pérdidas económicas considerables.

En la última década el fenómeno más reciente que ha afectado al municipio El Porvenir, ha sido el Huracán Katrina, el cual produjo inundaciones que puso en riesgo la vida de los pobladores, inhabilitando la principal vía de acceso al municipio, como también afectó la economía y turismo del Municipio.

Aunque estos son solo por mencionar algunos de los fenómenos más importantes que han originado inundaciones en el municipio El Porvenir; pero también a mediados del invierno se dan tormentas tropicales que ocasionan temporales, los cuales provocan inundaciones en dicha zona.

## **SITUACION ACTUAL**

### **Dragado del río y limpieza**

Durante los últimos años la Alcaldía Municipal de El Porvenir en coordinación con la Unidad de Salud del municipio han llevado a cabo campañas de limpieza y dragado del Río El Porvenir (Tres Ceibas) en el sector conocido como Puentes Chachos, con la finalidad de mitigar enfermedades que pudiera ser provocadas por el estancamiento del agua y a la vez disminuir los efectos del desbordamiento del río en periodo invernal.

## **PRODUCCION AGROPECUARIA**

Los productos agrícolas más cultivados, son: granos básicos, café, plantas hortenses, patata, yuca y pastos.

Además hay crianza de ganado. Vacuno-bovino, porcino, caballar y mular, lo mismo que aves de corral.

## **INDUSTRIA Y COMERCIO**

Las industrias más importantes, son: beneficios de café, la fabricación de productos lácteos y panela. Entre las artesanías sobresale la fábrica de redes para pescar. El comercio local lo ejerce con las poblaciones vecinas de: San Sebastián Salitrillo, Candelaria de la Frontera, Santiago de la Frontera y Santa Ana. Entre los pocos establecimientos comerciales hay: bodegas, tiendas, molinos de nixtamal y otros.

## **VIAS DE COMUNICACIÓN**

El pueblo de El Porvenir, se une por carretera de tierra con la carretera Panamericana que va hacia Santa Ana y otras poblaciones (ver foto 1.1). Caminos vecinales enlazan cantones y caseríos a la cabecera municipal.



Foto 1.1 Vía de acceso al Municipio de El Porvenir.

### 1.3.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El departamento de Santa Ana se encuentra en pleno desarrollo físico, poblacional, comercial e industrial, lo que contribuye a la deforestación excesiva y la impermeabilización de los suelos, esto provoca el aumento de la escorrentía superficial. Este fenómeno ocasiona que en los sitios más bajos se generen inundaciones, como es el caso del municipio de El Porvenir, el cual debido a sus características topográficas contribuye entre otros factores a este problema.

Los sectores más afectados por el desbordamiento del río El porvenir son:

La principal vía de acceso al municipio (ver foto 1.2), las riberas en donde existen comunidades de personas que por situaciones sociales y económicas se ven obligadas a vivir en estas zonas, sectores agrícolas y ganaderos.

También la problemática radica en la carencia de obras civiles que sirvan como protección y que ayuden a minimizar los riesgos que provocan los altos caudales de agua que se generan en época lluviosa por factores como la precipitaciones (ver foto 1.3), escorrentía superficial excesiva provocada por las urbanizaciones (Ciudad Paraíso y Ciudad Real) y otros municipios topográficamente más privilegiadas que el municipio de El Porvenir que desalojan sus aguas lluvias hacia este.



Foto 1.2. Puente de acceso principal al municipio El Porvenir.



Foto 1.3. Cauce del río El Porvenir.

En forma general este fenómeno está causando pérdidas materiales, desvalorización de las zonas afectadas, pérdidas económicas (cultivos, deterioro de la vía de acceso) para los pobladores y municipalidad, bajo desarrollo industrial y urbanístico. (Ver foto 1.4).

Las inundaciones y los problemas que genera el río El Porvenir tiene un costo para la municipalidad de \$12000.00 (limpieza y dragado del río). Todo esto por la falta de un plan estratégico de desarrollo de la zona.



Foto 1.4. Actividades industriales y agrícolas afectadas.



#### 1.4 JUSTIFICACIONES.

Actualmente con las inundaciones recientes en el sector conocido como puentes chachos producidas por el rebalse del río El Porvenir (ver anexo 3.4), los habitantes del municipio se han visto seriamente afectados (cerca de 10,225 personas según censos realizados por la alcaldía en el año 2007) y se han pronunciado frente a las autoridades correspondientes (alcaldía municipal de El Porvenir) y no han encontrado una solución, a pesar de que la alcaldía destina \$12000.00 de su presupuesto anual para realizar actividades de limpieza y dragado en el cauce del río, con el fin de disminuir el impacto provocado por el desbordamiento. (Foto 1.5)



Foto 1.5. Cauce del río El Porvenir Puentes Chachos.

El aumento de las actividades comerciales, agrícolas, turísticas y habitacionales ha generado un incremento del flujo vehicular, aumentando así la necesidad de obras de protección y mitigación para evitar el desbordamiento, mejorando así el funcionamiento de la calle (cerca de 600 mts.), obras de paso existentes (ver foto 1.6) y terrenos aledaños que se ven afectados por el rebalse del río El Porvenir Puentes Chachos.



Foto 1.6. Obras de paso existentes.

Hoy en día el acceso por esta zona (puentes chachos) se ha convertido en la principal vía de comunicación al municipio de **“EL PORVENIR”**.

Otra razón sería el aspecto de seguridad ciudadana pues al mejorar las condiciones de la zona se mejoraría el tránsito vehicular y peatonal en la época de invierno.

Con la elaboración de este trabajo de graduación se tendría una base fundamental con propuestas de solución a la problemática, con lo cual se estaría salvaguardando la vida, bienes y economía de los habitantes del municipio, ya que ellos presentan una vulnerabilidad ante la amenaza que representa el desborde del río.

Por lo anteriormente expuesto se justifica la elaboración del documento: **“Diseño de Medidas de Protección y Mitigación de Riesgos en El Río El Porvenir, en El Sitio Puentes Chachos en El Municipio El Porvenir, Departamento de Santa Ana.”**



## **1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.5.1 ALCANCES**

El alcance principal consiste en realizar y proponer medidas de protección y mitigación, así como diseños óptimos y económicos que sean capaces de encausar el caudal, para evitar las inundaciones y las pérdidas materiales, debido al aislamiento a que se somete dicho municipio cuando se origina este fenómeno en la zona.

Se partirá con la investigación de la cuenca del “ Río EL Porvenir”, los dos contribuyentes principales de la cuenca son el río Tres Ceibas (El Porvenir) y el río Comecayo, los cuales descargan sus aguas en el sector conocido como puentes chachos; para determinar cuál es el área que será afectada por la precipitación de la zona (ver anexo 3.4).

Evaluación en el río Tres Ceibas y el río El porvenir para observar si es capaz de transportar el agua lluvia.

Se procederá a la ejecución del levantamiento topográfico en los puntos de interés en que ocurre el problema con el fin de obtener la planimetría, altimetría, del lugar; realización de un estudio hidrológico el cual ayudará a obtener el nivel de aguas máxima que se alcance en los puntos de estudio realizando una investigación de la cuenca aguas arriba y aguas abajo, con el propósito de determinar la magnitud necesaria de las obras civiles y obras de mitigación que minimicen el riesgo de las viviendas aledañas a “El Río El Porvenir puentes chachos”.

## 1.5.2 LIMITACIONES

- Debido que la alcaldía de El Porvenir no cuenta con ningún registro oportuno del fenómeno provocado en la época lluviosa, no se tiene ningún dato que respalde la investigación realizada.
  
- Carencia de material fotográfico, que demuestre el momento de producirse el fenómeno en época lluviosa anteriores y con el cual se perciba con claridad la magnitud del problema.
  
- Falta de información referente a la cronología de las inundaciones (indagada en periódicos, medios electrónicos y otras fuentes bibliográficas)

# **CAPITULO II**

## **FUNDAMENTOS BASICOS**

## 2.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo primario de la hidrología es el estudio de las interrelaciones entre el agua y su ambiente. Ya que la hidrología se interesa principalmente en el agua localizada cerca de la superficie del suelo, afectando particularmente a aquellos componentes del ciclo hidrológico que se presentan como: precipitación, evapotranspiración, escorrentía y agua en el suelo.

Los diferentes aspectos de estos fenómenos son estudiados en sus varias subdisciplinas.

La investigación hidrológica es importante para el desarrollo, gestión y control de los recursos del agua. Sus aplicaciones son muchas como: uso y manejo de cuencas, control de inundaciones y erosión de suelos, eliminación y tratamiento de aguas usadas, disminución de la contaminación, uso recreacional del agua, la conservación de los peces y vida silvestre, la generación hidráulica, y el diseño de estructuras hidráulicas.

Las personas alteran el ciclo del agua para sus propias necesidades. El agua es desviada temporalmente de una parte del ciclo, ya sea extrayéndola del suelo o tomándola de un río o lago. Esa agua es usada para diversas actividades en el hogar, los negocios y en las industrias; para el transporte de los desechos a través de las alcantarillas; para la irrigación de fincas; y para la producción de energía eléctrica, y esto conlleva a trastornar el ciclo hidrológico afectando grandemente a las poblaciones presentes y futuras.

## 2.2 MARCO TEORICO DE REFERENCIA

### 2.2.1 CONCEPTOS

#### 2.2.1.1 CICLO HIDROLÓGICO DEL AGUA

El agua no permanece estacionaria sobre la Tierra sino que se establece una circulación del agua entre los océanos, la atmósfera y la litosfera-biosfera de forma permanente. Es lo que se conoce como ciclo hidrológico, ver figura No 2.1.

El concepto de ciclo se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido).

Este flujo de agua se produce por dos causas principales: la energía Solar y la gravedad.



Figura No2.1: Ciclo Hidrológico<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Datos obtenidos en [www.snet.gob.sv](http://www.snet.gob.sv)

## **FASES DEL CICLO HIDROLÓGICO**

### **2.2.1.2 Evaporación**

El ciclo se inicia sobre todo en las grandes superficies líquidas (lagos, mares y océanos) donde la radiación solar favorece que continuamente se forme vapor de agua.

El vapor de agua, menos denso que el aire, asciende a capas más altas de la atmósfera, donde se enfría y se condensa formando nubes.

### **2.2.1.3 Infiltración**

Pero también una parte de la precipitación llega a penetrar la superficie del terreno a través de los poros y fisuras del suelo o las rocas, relleno de agua el medio poroso.

### **2.2.1.4 Transpiración**

La transpiración es el proceso por el cual el agua es llevada desde las raíces hasta pequeños poros que se encuentran en la cara inferior de las hojas, donde se transforma en vapor de agua y se libera a la atmósfera.

La transpiración, es esencialmente la evaporación del agua desde las hojas de las plantas. Se estima que alrededor de un 10% de la humedad de la atmósfera proviene de la transpiración de las plantas.

### **2.2.1.5 ESCORRENTIA**

#### **Escorrentía superficial**

Otra parte circula sobre la superficie y se concentra en pequeños cursos de agua, que luego se reúnen en arroyos y más tarde desembocan en los ríos.

Esta agua que circula superficialmente irá a parar a lagos o al mar, donde una parte se evaporará y otra se infiltrará en el terreno<sup>3</sup>.

#### **Escorrentía subterránea**

El agua que desciende, por gravedad-percolación y alcanza la zona saturada constituye la “recarga de agua subterránea.

El agua subterránea puede volver a la atmósfera por evapotranspiración cuando el nivel saturado queda próximo a la superficie del terreno.

Otras veces, se produce la descarga de las aguas subterráneas, la cual pasará a engrosar el caudal de los ríos, fluyendo directamente en el cauce o a través de manantiales, o descarga directamente en el mar, u otras grandes superficies de agua, cerrándose así el ciclo hidrológico.

### **2.2.1.6 Precipitación**

La precipitación es el término con el cual se denominan las formas de agua en estado líquido que caen directamente sobre la superficie terrestre. Esto incluye la lluvia, llovizna, llovizna helada, lluvia helada, granizo menudo.

La intensidad de las precipitaciones varía de un lugar a otro aunque no se encuentren a mucha distancia. A lo largo de un año también hay variaciones. Existen zonas en las que en un sólo día cae más lluvia que en otros a lo largo de todo el año.

---

<sup>3</sup> Datos obtenidos de [www.web.usal.es](http://www.web.usal.es)

### **2.2.1.6.1 La medición de la precipitación.**

Los instrumentos más frecuentemente utilizados para la medición de la lluvia y el granizo son los pluviómetros y pluviógrafos, estos últimos se utilizan para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad.

Estos instrumentos deben ser instalados en locales apropiados donde no se produzcan interferencias de edificaciones, árboles, o elementos orográficos como rocas elevadas.

La Precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación sobre una superficie plana e impermeable.

A partir de 1980 se está popularizando cada vez más la medición de la lluvia por medio de un radar meteorológico, los que generalmente están conectados directamente con modelos matemáticos, que permiten así determinar la lluvia y los caudales en tiempo real, en una determinada sección de un río<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Fuente de [www.astromia.com](http://www.astromia.com)



## 2.3 CUENCAS.

### 2.3.1 USO Y MANEJO DE LA CUENCA.

Se entiende por **cuenca hidrográfica** la porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural. Una cuenca hidrográfica se define por la sección del río al cual se hace referencia y es delimitada por las mayores elevaciones, también llamada “Parte de Aguas” .Ver figura No 2.2.

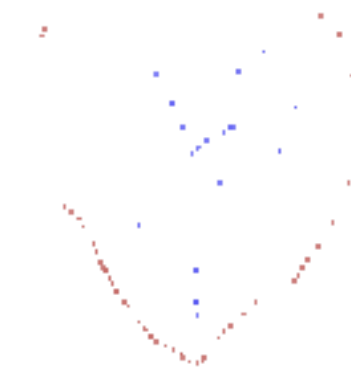


Figura No 2.2. Esquemática de una cuenca

El manejo apropiado de una cuenca hidrográfica tiende a identificar y aplicar opciones técnicas, socioeconómicas y legales, que establecen una solución a la problemática causada por el deterioro y mal uso de los recursos naturales renovables, así como también brinda beneficios a la sociedad, que se originan en una amplia gama de bienes y servicios, los que pueden ser aprovechados por la comunidad inserta en ella y mejorar la calidad de vida de su población.

## **ELEMENTOS DE UNA CUENCA**

En una cuenca identificamos los siguientes elementos:

### **a) El Río Principal**

El río principal actúa como el único colector de las aguas. A menudo la elección del río principal es arbitraria, pues se pueden seguir distintos criterios para su elección (el curso fluvial más largo, el de mayor caudal medio, el de mayor caudal máximo, el de mayor superficie de cuenca, etc.).

El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura. En el curso de un río distinguimos tres partes:

**El curso superior**, ubicado en lo más elevado del relieve, en donde la erosión de las aguas del río es vertical. Su resultado: la profundización del cauce.

**El curso medio**, en donde el río empieza a zigzaguear, ensanchando el valle.

**El curso inferior**, situado en las partes más bajas de la cuenca. Allí, el caudal del río pierde fuerza y los materiales sólidos que lleva se sedimentan, formando las llanuras aluviales o valles.

### **b) Los Afluentes**

Son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca

### **c) Divisoria de aguas**

Línea divisoria de vertientes o parte de aguas, es la línea que separa a dos o más cuencas vecinas. Es la divisoria de aguas, utilizada como límite entre dos espacios geográficos o cuencas hidrográficas.

### **d) El Relieve de la Cuenca**

El relieve de una cuenca consta de los valles principales y secundarios, con las formas de relieve mayores y menores y la red fluvial que conforma una cuenca. Está formado por las montañas y sus márgenes; por las quebradas o torrentes, valles y mesetas.

### e) Las Obras Humanas

Las obras construidas por el ser humano, también denominadas intervenciones andrógenas, que se observan en la cuenca suelen ser viviendas, ciudades, campos de cultivo, obras para riego y energía y vías de comunicación. El factor humano es siempre el causante de muchos desastres dentro de la cuenca, ya que se sobreexplota la cuenca quitándole recursos o desnudando la vegetación y trayendo inundaciones en las partes bajas.

### PARTES DE UNA CUENCA

- **Cuenca Alta:** Es la parte de la cuenca en la cual predomina el fenómeno de la socavación. Es decir que hay aportación de material terreo hacia las partes bajas de la cuenca, visiblemente se ven trazas de erosión.
- **Cuenca Media:** Es la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.
- **Cuenca Baja:** Es la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección.

### TIPOS DE CUENCAS

Existen tres tipos de cuencas:

**EXORREICAS:** Conducen sus aguas al mar o al océano. Un ejemplo es la cuenca del Río Lempa.

**ENDORREICAS:** Desembocan en lagos o lagunas, siempre dentro del continente. Por ejemplo, la cuenca del Lago de Coatepeque.

**ARREICAS:** Las aguas se evaporan o se filtran en el terreno. Los arroyos, vaguadas y cañadas pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia.

### 2.3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UNA CUENCA

Las características físicas de una cuenca son elementos que tienen una gran importancia en el comportamiento hidrológico de la misma. Dichas características físicas se clasifican en dos tipos según su impacto en el drenaje: las que condicionan el volumen de escurrimiento como el área y el tipo de suelo de la cuenca, y las que condicionan la velocidad de respuesta como el orden de corriente, la pendiente, la sección transversal, etc<sup>5</sup>.

Las principales características de una cuenca son:

**El coeficiente de forma:** da indicaciones preliminares de la onda de avenida que es capaz de generar.

**El coeficiente de ramificación:** también da indicaciones preliminares respecto al tipo de onda de avenida.

### CÁLCULO DE LA SUPERFICIE Y EL PERÍMETRO DE LA CUENCA

El área de la cuenca tiene importancia porque:

- a. Sirve de base para la determinación de otros elementos (parámetros, coeficientes, relaciones, etc.);
- b. Por lo general los caudales de escurrimiento crecen a medida que aumenta la superficie de la cuenca;
- c. El crecimiento del área actúa como un factor de compensación de modo que es más común detectar crecientes instantáneas y de respuesta inmediata en cuencas pequeñas que en las grandes cuencas.

Se pueden definir como Cuencas Pequeñas aquellas con áreas menores a 250 km<sup>2</sup>, mientras que las que poseen áreas mayores a los 2500 km<sup>2</sup>, se clasifican dentro de las Cuencas Grandes.

---

<sup>5</sup> Fuente tesis propuesta de diseño de las obras de protección contra las inundaciones en la zona del bajo Lempa, UES 1998 Delgado Sorto Cornelio.

La medición de la superficie de la cuenca se puede llevar a cabo mediante la utilización de un planímetro o, a través de la digitalización planimétrica en un sistema de diseño gráfico asistido por computadora (CAD).

### **Parámetros que caracterizan la forma de la cuenca:**

#### **ÍNDICE DE COMPACIDAD O DE GRAVELIUS**

La forma superficial de las cuencas hidrográficas tiene interés por el tiempo que tarda en llegar el agua desde los límites hasta la salida de la misma. Uno de los índices para determinar la forma es el Coeficiente de Compacidad (Gravelius) que es la relación “K” existente entre el perímetro de la cuenca “P” y el área de que tenga la misma superficie “A” que dicha cuenca:

Siendo:

A: área de un círculo, igual al área de la cuenca.

$$C_g = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Siendo:

C<sub>g</sub>: índice o coeficiente de compacidad de Gravelius.

P: perímetro de la cuenca.

El índice será mayor o igual a la unidad, de modo que cuanto más cercano ha ella se encuentre, más se aproximará su forma a la del círculo, en cuyo caso la cuenca tendrá mayores posibilidades de producir crecientes con mayores picos (Caudales). Por otra parte “C<sub>g</sub>” es un número adimensional independiente de la extensión de las cuencas. Por contrapartida, cuando “C<sub>g</sub>” se aleja más del valor unidad significa un mayor alargamiento en la forma de la cuenca.

## 2.4 DISEÑO HIDRÁULICO

Cada vez que el ingeniero se enfrenta al problema de diseñar una estructura tiene que resolver armoniosamente un compromiso entre los aspectos de eficiencia, seguridad y costo, lo que implica establecer con un razonable grado de confianza la relación entre la estructura proyectada y el medio circundante.

Los fenómenos hidráulicos, como expresión del mundo natural, son tan complejos que no es posible analizarlos y describirlos totalmente. Sólo podemos hacerlo parcialmente.

Uno de los instrumentos más poderosos de que se dispone para tratar de conocer y comprender el comportamiento del agua en la Naturaleza y su interacción con las estructuras se encuentra en la investigación mediante los modelos matemáticos y los modelos físicos. Ambos se complementan.

El primer paso del análisis es necesariamente el estudio del río en la naturaleza, esto es demasiado complejo para poderlo reproducir en un modelo matemático o físico.

En ningún diseño de podría reproducir las variaciones instantáneas del caudal, de la sección transversal, de la pendiente y de todas las características hidráulicas. En consecuencia, se fabrica un río ideal, que es el que se estudia en un diseño, físico o matemático. Para el segundo paso es necesario simplificar y esquematizar la obra proyectada.

### **2.4.1 CALCULO HIDRÁULICO**

Analiza el comportamiento hidráulico de los ríos en lo que se refiere a los caudales y niveles medios y extremos, las velocidades de flujo, las variaciones del fondo por socavación y sedimentación, la capacidad de transporte de sedimentos y la acción contra las márgenes del río.

Las corrientes de montaña tienen altas pendientes y gran capacidad de transporte de sedimentos; además, generan fenómenos importantes de socavación de fondo y de erosión contra las márgenes.

En las corrientes de planicie también existen procesos de transporte de sólidos, socavación y erosión contra las márgenes en magnitudes relativamente moderadas; sin embargo, los depósitos de sedimentos que llegan de las partes altas y los aumentos de nivel por baja velocidad del agua inciden en los desbordamientos y en la inundación de zonas aledañas.

Los objetivos de los estudios hidráulicos son el dimensionamiento del puente en lo referente a altura y luces, el encauzamiento de la corriente y la protección de estribos y pilas contra socavación y ataques de la corriente.

Por medio de la Hidrología se analiza la cuenca vertiente y se cuantifican los regímenes de Caudales, Niveles y Sedimentos del río en el tramo de influencia de la obra. Combina conocimientos de Hidrología General, Transporte de Sedimentos y Corrientes naturales, entre otros.

## 2.4.2 HIDROGRAMA UNITARIO

El método del **Hidrograma Unitario** es uno de los métodos utilizados en hidrología, para la determinación del caudal producido por una lluvia en una determinada cuenca hidrográfica.

Si fuera posible que se produjeran dos lluvias idénticas sobre una cuenca hidrográfica cuyas condiciones antes de la precipitación también fueran idénticas, sería de esperarse que los hidrogramas correspondientes a las dos lluvias también fueran iguales. Esta es la base del concepto de hidrograma unitario.

En la realidad es muy difícil que ocurran lluvias idénticas; esta pueden variar su duración; el volumen precipitado; su distribución espacial; su intensidad, la figura No 2.3 representa una gráfica que se utiliza para el cálculo del diagrama unitario.

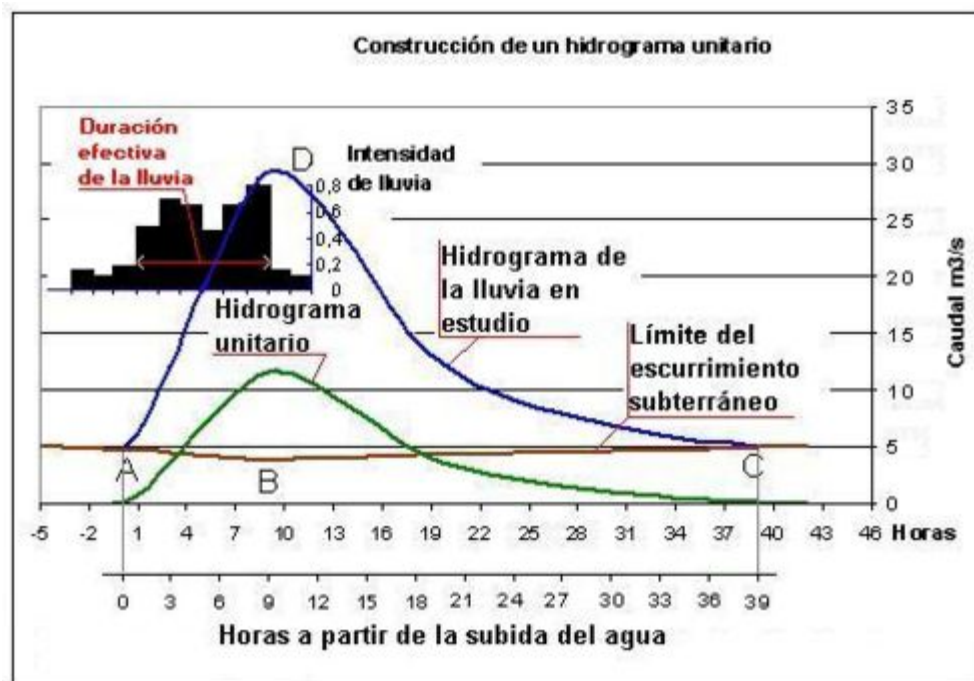


Figura No. 2.3. Hidrograma unitario



Un Hidrograma Unitario es un hidrograma ( $Q = f(t)$ ) resultante de un escurrimiento correspondiente a un volumen unitario (1 cm de lluvia por la cuenca) proveniente de una lluvia con una determinada duración y determinadas características de distribución en la cuenca hidrográfica.

Se admite que los hidrogramas de otras lluvias de duración y distribución semejantes presentarán el mismo tiempo de base, y con ordenadas de caudales proporcionales al volumen de fluido.

Se puede construir un hidrograma unitario a partir de los datos de precipitación y de caudales referentes a una lluvia de intensidad razonablemente uniforme y sin implicaciones resultantes de lluvias anteriores o posteriores.

El primer paso es el cálculo del escurrimiento superficial directo. Se calcula el volumen de fluido y se determinan las ordenadas del hidrograma unitario dividiendo las ordenadas del hidrograma directo, por la altura de escurrimiento distribuido sobre la cuenca, expresado en cm:

$$q = 2.78 \frac{A}{\Delta t}$$

El Hidrograma Unitario resultante corresponde al volumen de un centímetro de escurrimiento.

El paso final es la selección de la duración específica de una lluvia, con base en el análisis de los datos de la precipitación.

Períodos de baja intensidad de precipitación en el comienzo y al final de la lluvia deben ser despreciados, ya que no contribuyen sustancialmente al escurrimiento.

## **2.5 INUNDACIONES**

El Salvador, por su ubicación geográfica, es uno de los países con mayor exposición a la ocurrencia de eventos de origen naturales (huracanes, terremotos, sequías, deslizamiento, inundaciones), los cuales causan pérdidas y daños a la población e infraestructura, afectando el desarrollo económico y social del país.

Para enfrentar estos fenómenos, se requiere mejorar el conocimiento analizando los factores que constituyen el riesgo (amenazas y vulnerabilidades) que permitan adoptar medidas para reducir los impactos probables.

En años recientes, los daños y pérdidas por inundaciones se han incrementado en el país por diversidad de factores, como: ubicación inadecuada de las urbanizaciones, uso inapropiado del suelo en las cuencas, pérdidas de suelo e incremento de erosión por los cambios de uso de suelo y deforestación, deficiente o inexistente manejo de las cuencas, deficiencias en el planeamiento urbano y de asentamientos, cambios en la distribución temporal y espacial de las lluvias, entre otras.

Las inundaciones sufridas en El Salvador se pueden clasificar en tres tipos:

- i) En cuenca baja de ríos “grandes” donde las inundaciones ocurren debido a temporales ocasionados por eventos meteorológicos como huracanes originados en el Caribe. La lluvia es sostenida por tres a cinco días que generalmente ocurren en los meses de septiembre y octubre.
- ii) En cuencas de respuestas rápidas: Cuencas provenientes de volcanes y cordilleras que desembocan en el Océano Pacífico o en los ríos. Este tipo de inundaciones son ocasionadas por precipitaciones altamente convectivas-intensas y localizadas de dos a tres horas de duración, con ocurrencia principalmente en los meses de mayo y junio.
- iii) En cuencas urbanas, también ocasionadas por precipitaciones altamente convectivas. La problemática es generada por las deficiencias o limitaciones en el sistema de drenaje urbano, obras sin control en cauces de ríos y quebradas y exceso de desechos sólidos (basura) en las quebradas.

Este fenómeno se puede apreciar a lo largo del Río El Porvenir y de los afluentes que lo alimentan.

### **2.5.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LAS INUNDACIONES**

El Salvador es uno de los países con mayor exposición a la ocurrencia de eventos de origen natural (huracanes, terremotos, sequías, deslizamiento, inundaciones, etc.), los cuales causan pérdidas y daños a la población e infraestructura productiva, afectando el desarrollo económico y social del país.

Estos fenómenos y su impacto reafirma la necesidad de conocer y analizar los factores que constituyen el riesgo (amenazas y vulnerabilidades) que permita adoptar medidas para reducir el riesgo por amenazas naturales y poner fin al ciclo de destrucción y reconstrucción, convirtiéndolo en prevención y desarrollo

La problemática de inundaciones en áreas urbanas y rurales ha estado presente en El Salvador desde tiempos remotos. De acuerdo a lo que reportan algunas fuentes consultadas, un huracán que impactó el territorio nacional en 1934, generó 500 mm de agua en 3 días; con lo que se produjeron inundaciones y pérdidas en todo el país. Asimismo, en 1974, el Huracán Fifi produjo en el país grandes inundaciones en varias zonas del país.

En los últimos años, los desastres provocados por el Huracán Mitch (Octubre 1998), han sido los mayores que ha padecido en El Salvador.

### **RIESGOS Y DESASTRES POR FENÓMENOS NATURALES**

Por su ubicación geográfica, dinámica natural y territorial, El Salvador ha estado sometido históricamente a diferentes amenazas de origen natural, las que sumadas a los procesos sociales de transformación como deforestación, cambios de uso del suelo, modificación de los cauces naturales propician condiciones de riesgo y plantean altas posibilidades de ocurrencia de desastres.

A partir de ciertas estimaciones realizadas a diferentes eventos naturales ocurridos, se encontró que alrededor de 1,970 km<sup>2</sup> del territorio nacional se encuentra expuesta a impactos severos y moderados por inundaciones; más de 4,040 km<sup>2</sup> del territorio está expuesto a diversos tipos de deslizamientos; además,

una cantidad superior a los 10,000 km<sup>2</sup> tiene posibilidad de ser afectada por sequías de forma severa, moderada o débil.

## **2.5.2 DETERMINACION DE LAS CAUSAS DE LAS INUNDACIONES.**

Debido a la creciente importancia de los desastres, ha adquirido relevancia y actualidad el término vulnerabilidad.

Desde el punto de vista general, puede definirse como la probabilidad de que una comunidad, expuesta a una amenaza natural, según el grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político-institucional y otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. La magnitud de esos daños, a su vez, también está relacionada con el grado de vulnerabilidad.

La vulnerabilidad puede ser analizada desde diferentes perspectivas (física, social, política, tecnológica, ideológica, cultural y educativa, ambiental, institucional), aunque todas ellas, de alguna manera, están relacionadas en la realidad. Su gestación está asociada directamente con factores de orden antropológico esto es, la interacción humana con la naturaleza.

El riesgo se origina como un producto de la función que relaciona a priori la amenaza y la vulnerabilidad, y se considera intrínseco y latente dentro de la sociedad, con la salvedad de que su nivel, grado de percepción y medios para enfrentarlo, dependen de las directrices marcadas por la misma sociedad.

En definitiva, la vulnerabilidad y el riesgo están asociados a las decisiones de política que una sociedad ha adoptado a lo largo del tiempo y dependen, por tanto, del desarrollo de cada país o región.

## **IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO**

La identificación del riesgo es un área de estudio bien definida con un conocimiento importante basado en diversos métodos para la evaluación del impacto de los desastres, los peligros y la vulnerabilidad.

Las evaluaciones sistemáticas de las pérdidas, el impacto social y económico de los desastres y, particularmente, la representación gráfica de los riesgos son aspectos fundamentales para comprender dónde se deben llevar a cabo las acciones.

El análisis del riesgo de los desastres dentro de las evaluaciones de impacto ambiental todavía está por convertirse en una práctica rutinaria.

Con mayor frecuencia se define a la alerta temprana como un mecanismo para informar al público y a las autoridades sobre los riesgos inminentes y, por tanto, es esencial para lograr acciones oportunas para reducir su incidencia.

## **LA DEFORESTACIÓN.**

La pérdida de cobertura vegetal es realizada por la mano del hombre a través de la corta y quema, exponiendo la superficie del suelo al impacto directo de la lluvia, el viento y el sol acelerando el proceso de descomposición de la materia orgánica e incrementando la erosión y el deterioro del suelo donde la escorrentía penetra al suelo donde produce fisuras, grietas y las cárcavas, facilitando de esta manera los deslizamientos y hundimientos (ver figura No 2.4).



Figura No 2.4. Deforestación de bosques.

## ii) El suelo.

En la remoción en masa del suelo las características físicas del mismo tienen una incidencia de mucha importancia. De esta forma se llega a unos suelos que por sus propias características son iras o menos susceptibles a su remoción, como por ejemplo tenemos: cenizas volcánicas, deposiciones de cualquier material que arrastra el viento, sedimentos lacustres (pocos minerales activos y falta de cementación).

Dado que la mayoría de suelos que componen el territorio nacional son de origen volcánico estos suelos son propensos a las inundaciones, que dada su importante composición de ceniza volcánica "esta ceniza está sujeta al problema de la erosión, y por consiguiente, durante una estación excesivamente lluviosa, se pueden remover áreas extensas de terreno".

## **LA TOPOGRAFÍA.**

La mayoría del territorio nacional esta formado por terreno montañoso, algunos lugares presentan pendientes muy fuertes en las cuales las lluvias fácilmente remueven el suelo.

El municipio El Porvenir se caracteriza por que su topografía se presenta en una extensa planicie, en el cual convergen los afluentes de el Río Tres Ceibas y el río El Porvenir, los cuales provienen de los cerros adyacentes al municipio, y que presentan elevaciones considerables en comparación a la planicie en la cual se encuentra el Río El Porvenir, lo que lo vuelve propenso a las inundaciones.

## **MONITOREO Y PRONOSTICO**

El Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET) según su decreto de creación, es el responsable en el país de establecer los mecanismos de monitoreo de las dinámicas naturales (meteorológicas, hidrológicas y geológicas) y lo realiza por medio de sus diferentes Direcciones según la competencia de cada una de ellas:

- ✚ El Servicio Hidrológico es el responsable del monitoreo de la cantidad y calidad de aguas superficiales y subterráneas, orientado a la reducción del riesgo ante inundaciones, sequías y contaminación. La información proporcionada da los lineamientos para el ordenamiento territorial y la protección del recurso hídrico en sí mismo; así como para el monitoreo en tiempo real de las condiciones hidrológicas y la elaboración y difusión de pronósticos y de alerta temprana, con el fin de reducir las pérdidas y daños por inundación.
- ✚ El Servicio Meteorológico, realiza el monitoreo de las condiciones atmosféricas del país a través de la red de monitoreo, de imágenes por satélite y condiciones climáticas regionales, así como la elaboración y difusión de pronósticos para los SAT y riesgos por lluvias fuertes, temporales, huracanes y otros eventos meteorológicos que puedan causar daños a la población.

Además, siendo que son responsabilidades del SNET el monitoreo de eventos naturales, la investigación relativa a éstos y la gestión del riesgo, la institución dispone de un SIG, denominado Sistema de Referencia Territorial, en el que se organiza y coordina la producción de información geoespacial (Infraestructura Nacional de Datos Espaciales), así como la elaboración de mapas de referencia sobre las diversas áreas en las que trabaja SNET.

### **SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA (SAT)**

Existen SAT por:

- Tormentas tropicales y huracanes, lluvias fuertes, sequía, vientos
- Erupciones volcánicas
- Inundaciones
- Sequía y fenómenos climáticos como el fenómeno del niño.

Actualmente se tienen 5 SAT para inundaciones que se monitorean y funcionan a través del Centro de Pronóstico Hidrometeorológico y Red de monitoreo local. Los tipos de pronóstico son:

### **SISTEMAS DE PRONÓSTICO Y ALERTA TEMPRANA NIVEL-NIVEL.**

Se basa en ecuaciones de correlación entre los niveles del río en las estaciones aguas arriba, con las estaciones aguas abajo.

También se cuenta con umbrales que indican diferentes etapas de alerta con base en el nivel del río en las estaciones instaladas aguas arriba y en la posibilidad de que estos niveles generen inundaciones locales aguas abajo. Adicionalmente, se ha construido una red de monitoreo local de comunicaciones y monitoreo en las zonas susceptibles a inundaciones, con las cuales el SNET mantiene comunicación directa para verificación de pronósticos y umbrales. Estos sistemas están instalados en cuatro cuencas:

a) Río Grande de San Miguel.

b) Río Paz.



c) Río Goascorán.

d) Río Jiboa.

### **2.5.3 VARIABLES QUE INTERVIENE EN LAS CATASTROFES POR INUNDACIONES<sup>6</sup>**

#### **VULNERABILIDAD**

La vulnerabilidad económica, social y ambiental se ve reflejada en las condiciones físicas de la vivienda, la ubicación de comunidades en zonas de amenaza, las condiciones de empleo y salud y la falta de normas o controles para la construcción.

Los desastres causados por fenómenos naturales aumentan la vulnerabilidad de la población, lo que afecta en mayor grado a los sectores de la sociedad con menores niveles de ingreso y que habitaran en las zonas más frágiles.

Además, la creciente migración de la población de zonas rurales a urbanas en busca de mejores oportunidades, las vuelve propensos a residir en ambientes con mayor riesgo.

Entre los recientes fenómenos naturales de mayor impacto en el país se tienen: el fenómeno de El Niño de 1997-1998, el Huracán Mitch en 1998, la sequía del 2001, que afectó la región, así como los terremotos del 2001; todos estos fenómenos pusieron en evidencia la vulnerabilidad de la población.

Los terremotos del 2001 incrementaron la susceptibilidad a deslizamientos y derrumbes en las laderas del país, lo que sumado a las fracturas en los suelos y grietas, pone en una situación de riesgo a las personas que habitan en estos lugares.

---

<sup>6</sup> Gestión de riesgos urbanos, inundaciones urbanas en El Salvador, Fuente [www.snet.gob.sv](http://www.snet.gob.sv)

Las precipitaciones producidas por el Huracán Mitch en noviembre de 1998, provocaron el desbordamiento de ríos; en sus cuencas bajas y en áreas urbanas, afectando grandes extensiones de tierras agrícolas y ganaderas, viviendas e infraestructura vial. Este desastre afectó el 40% del territorio salvadoreño, siendo afectado el sector agrícola, la industria y comercio también sufrieron pérdidas.

En cuanto a la sequía, se ha determinado que la mayoría de los departamentos de la zona oriental están expuestos a esta amenaza, lo cual provoca pérdidas en la producción de granos básicos, producción pecuaria, reducción de ingresos y seguridad alimentaria y aumento de la vulnerabilidad económica de la población, principalmente del área rural.

#### **2.5.4 EFECTOS DE LAS INUNDACIONES**

##### **a) Destrucción de la infraestructura económica y social**

Aunque el daño ocurre por la destrucción directa durante el desastre o inmediatamente después, con graves implicaciones en el corto plazo, la reposición casi siempre ocupa períodos relativamente largos.

Ello tiene consecuencias difíciles de medir en el tejido social y en las articulaciones funcionales tanto espacial como socialmente. Los efectos de los desastres no son equitativos: suelen golpear a las poblaciones más pobres que, por definición, tienen un grado de vulnerabilidad mayor; del mismo modo, la progresiva reconstrucción suele llegar más tarde a los estratos sociales que se encuentran más aislados o tienen menos capacidad de presión. En ese lapso, la economía en su conjunto, y los sectores más afectados en particular, funcionan en condiciones anormales.

##### **b) Alteraciones ambientales**

Las pérdidas de acervo y servicios ambientales, sólo evaluadas de manera tentativa en los eventos más recientes (El Niño 1997-1998, huracanes Georges y Mitch en 1998, y Venezuela en 1999), tienen consecuencias que van más allá de

las áreas protegidas o de las reservas ecológicas y afectarán en el mediano y largo plazo a los ciclos productivos en especial los agrícolas, ganaderos, piscícolas y forestales, pero también alterarán los niveles de riesgo y requerirán modificaciones en los patrones de asentamientos humanos.

A ello se sumarán los efectos por pérdidas de servicios ambientales con consecuencias económicas mensurables. Por otra parte, el impacto ambiental de algunos fenómenos tiene carácter transnacional, ya que afecta a regiones contiguas de países diferentes.

### **c) Desequilibrios externos**

En la medida en que los desequilibrios de corto plazo causan incremento en el nivel de endeudamiento, se va constituyendo una carga adicional de servicio que altera el perfil de éste y reduce la capacidad futura de acceder a nuevos créditos o compromete los recursos de inversión que en otras circunstancias podrían aumentar la capacidad productiva o destinarse a gastos sociales en el largo plazo.

### **d) Procesos inflacionarios**

Las consecuencias inmediatas en los precios causados por alteraciones en los mercados se complican con los efectos monetarios de reconstrucción, incluso cuando se realiza con recursos donados o mediante financiamiento externo. Adicionalmente, el déficit fiscal puede generar una tendencia inflacionaria cuando las políticas fiscal y monetaria no abordan el problema potencial.

Más allá de los efectos de corto y mediano plazo, los daños a la infraestructura pueden alterar los costos de producción y desencadenar un alza de precios en el conjunto de la economía.

Por lo tanto, la reconstrucción, cuando comprende todos los sectores de la economía, puede afectar a su funcionamiento y producir un recalentamiento incompatible con metas de estabilización y ajuste estructural.

Estos procesos inflacionarios debilitan la capacidad de crecimiento e inversión y pueden deteriorar aún más el perfil de distribución del ingreso, con el consiguiente incremento de los índices de pobreza.

## **2.6 ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LAS CRECIDAS.**

El municipio de El Porvenir, por encontrarse ubicado geográficamente en una posición poco privilegiada con respecto a los municipios aledaños, se vuelve propenso a los fenómenos de inundación.

Los cuales son provocados por el incremento de caudal proveniente de las zonas aledañas, el cual se ha visto aumentado en los últimos años, debido a la gran cantidad de urbanizaciones que se han construido alrededor del municipio El Porvenir, donde la impermeabilización de los suelos han provocado un aumento de escorrentía superficial, lo que ha venido a agravar el fenómeno de inundación en el sector Puentes Chachos de el Río El Porvenir.

Los efectos que las inundaciones provocan son la devaluación de las propiedades adyacentes al sector Puentes Chachos, la incomunicación del municipio, lo que propicia las pérdidas económicas, las pérdidas de cultivos, y el riesgo de los pobladores a ser arrastrados al querer atravesar el sector inundado.

Este fenómeno se desarrolla con más frecuencia en épocas atemporadas, o cuando se desarrollan fenómenos como los huracanes.

Este problema podría minimizarse si la municipalidad actuara en coordinación con los municipios aledaños, ONG'S o cualquier institución que pudiera ayudar a dar solución a la problemática.

## **2.7 MEDIDAS DE PROTECCION EJECUTADAS.**

### **MITIGACIÓN**

La mitigación comprende las políticas y las actividades que disminuyen la vulnerabilidad de un área a los daños producidos por desastres futuros. Estas

medidas estructurales y no estructurales se toman con anterioridad a la ocurrencia del desastre.

## **MEDIDAS ESTRUCTURALES DE MITIGACIÓN**

La mitigación estructural reduce el impacto de los peligros sobre las personas y las construcciones mediante medidas de ingeniería. Algunos ejemplos de esas medidas incluyen el diseño de infraestructura, como sistemas de transporte y energía eléctrica, para soportar los daños.

Las líneas de transmisión subterráneas, por ejemplo, están protegidas contra los daños provocados por huracanes. Los diques, los embalses y la canalización son ejemplos de estructuras para mitigar las inundaciones.

Sin embargo, los proyectos estructurales de mitigación cuentan con el potencial para proveer protección a corto plazo y generar problemas a largo plazo. El depósito de sedimento en los cauces de los ríos eleva su nivel y bloquea los sistemas de los drenajes. Actualmente las inundaciones tienden a ser mayores y más destructivas que en el pasado.

### **2.8 IDENTIFICACION DE LAS ZONAS DE RIESGO**

La demostración de una metodología específica e integral para la prevención y control de inundaciones, combinando el manejo de uso de la tierra y recursos naturales con el fortalecimiento de capacidad y otras medidas de naturaleza principalmente no estructural adaptadas a la zona de estudio.

La producción de consenso entre el gobierno central y local, así como la sociedad civil, sobre una solución innovadora y más sostenible al manejo de riesgo. La generación de experiencia práctica institucional dentro del MARN, municipios y otras entidades cooperantes en la promoción de producción sostenible, el ordenamiento territorial, y el manejo compartido de recursos.

Los resultados esperados y lecciones aprendidas de la ejecución del proyecto son diseñados para apoyar la preparación de un Programa Nacional de Manejo de Áreas vulnerables a las inundaciones.

## **PREVENCIÓN Y CONTROL DE INUNDACIONES**

Este componente financiará la combinación de medidas de control y prevención que optimice el grado de protección contra inundaciones. Dentro de estas medidas se contemplarán obras menores de protección a las bordas, como son gaviones y compuertas de descarga que permitan manejar los excedentes de agua existentes en las zonas de inundaciones definidas. Como parte de los mecanismos de gestión para el manejo del riesgo, se organizarán las comunidades para dar el mantenimiento preventivo en las obras de protección y canales de drenaje.

El programa, para controlar las inundaciones, incluye actividades que tienen que ver con el mantenimiento de las obras, el monitoreo de los caudales de escorrentía superficial y que influye en el comportamiento de la zona. También se apoyará la adaptación de viviendas e infraestructura comunitaria (sistemas de agua potable y saneamiento) para que queden a prueba de inundaciones como alternativa al reasentamiento. Sin embargo, el reasentamiento voluntario efectuado a través de un proceso participativo, y de manera consistente, será una opción para las comunidades que afrontan el mayor riesgo.

Este componente incluirá medidas diseñadas para reforzar los vínculos con el manejo de recursos hídricos río arriba (por ejemplo, redes más amplias de monitoreo y ajustes en los flujos regulados) para asegurar una coordinación con actividades relacionadas apoyadas por otras instituciones

# **CAPITULO III**

## **ESTUDIO HIDROLOGICO**



### **3.1 INTRODUCCION.**

El estudio hidrológico es la base para elaborar las medidas de control en los puntos de interés donde se ve afectado por el paso de la escorrentía superficial, como es el caso de un río, donde este control es necesario para elaborar propuestas que mitiguen y prevengan riesgos que puedan poner en peligro la integridad de la población y de sus bienes.

En relación a esto, es necesario la realización de estudios hidrológicos que arrojen datos de posibles niveles de agua máximos; los cuales serán posible obtener a partir de los datos de precipitación que se obtengan de las estaciones meteorológicas que tengan influencia en la cuenca de estudio.

En el presente capítulo se realizará el estudio hidrológico de la cuenca de el Río El Porvenir, con el cual se obtendrá el caudal máximo, y en base al cual se diseñarán las obras necesarias para mitigar y prevenir las inundaciones que se ocasionan en el Río El Porvenir, específicamente en el sector Puentes Chachos, y que afecta el desarrollo del municipio El Porvenir.

### **3.2 GENERALIDADES DE LA CUENCA DEL RIO EL PORVENIR**

#### **3.2.1 UBICACIÓN**

La cuenca del Río El Porvenir se localiza al oeste de la ciudad de Santa Ana  $13^{\circ} 59'$  y  $14^{\circ} 04'$  latitud norte y los  $89^{\circ} 34'$  y  $89^{\circ} 40'$  longitud oeste, con un elevación promedio de 687 MSNM, el cual es drenado por el agua proveniente de los cerros Santa Rosa Senca, Las Delicias, los Dormidos, Singüíl, y las aguas provenientes de los sectores de Ciudad Paraíso I y II, Altos del Paraíso y cantón Comecayo ,a continuación se presenta la cuenca en la figura 3.1

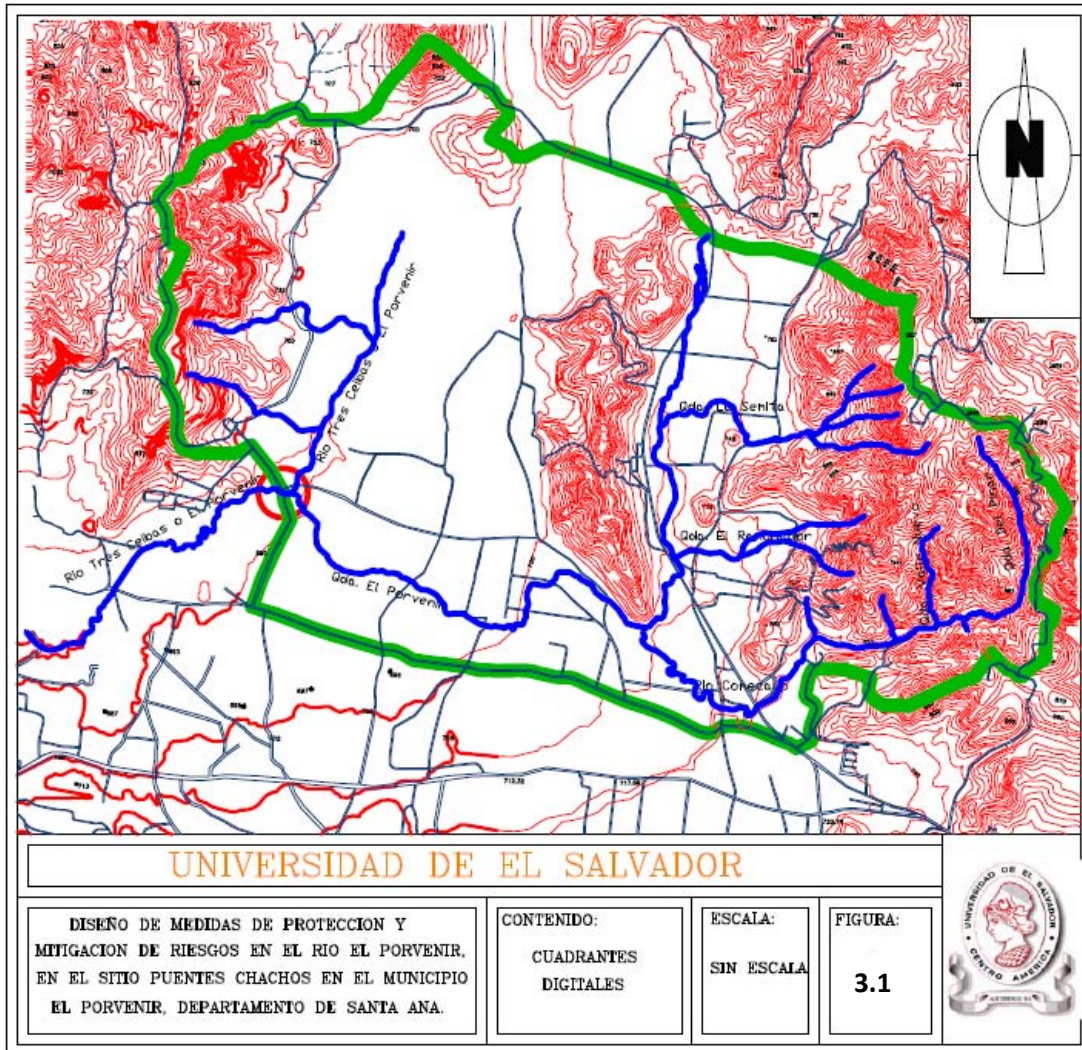


Figura 3.1 Cuenca del río El Porvenir.

### **3.2.2 POBLACION**

Las poblaciones que se encuentran afectadas por la cuenca del Río El Porvenir se encuentran<sup>7</sup>: Cantón y Caserío El Rosario, Hacienda San Rafael El Porvenir, Hacienda Omoa, Hacienda Santa Rosa, Hacienda Dos Ríos, Hacienda Amulunga, Hacienda Mi Tierra. Hacienda Las Delicias, Hacienda San Francisco, Hacienda El Amatillo, Hacienda El Porvenir, Hacienda El Follaje, Cantón y Caserío El Ranchador, Finca Santa Domitila, Finca Comecayo, Finca La Empalizada y el Municipio El Porvenir.

### **3.2.3 ELEVACIÓN**

Las elevaciones más importantes de referencia de la cuenca del Río El Porvenir son:

Elevación Máxima de la Cuenca: 1050 msnm.

Elevación Mínima de la Cuenca: 690 msnm.

### **3.2.4 CLIMA<sup>8</sup>**

La estación meteorológica del palmar se encuentra localizado en la colonia El Palmar, en las coordenadas latitud 13° 59' y longitud 89° 34', y elevación de 725 msnm, en el cantón patas heladas, la cual mantiene incidencias de control de las precipitaciones que caen en la cuenca que tiene influencia en el río El Porvenir, del Municipio de El Porvenir, el cual esta ubicado en la región occidental del país.

La región donde se ubica la cuenca del río el porvenir se zonifica climáticamente según koppen, Sapper y Lauren como sabana tropical caliente o tierra caliente (entre 0 y 800 msnm) o sabana calurosa (entre 800 y 1200 msnm), con una elevación promedio de 900 msnm.

Según la regionalización de Holdridge, la zona de estudio se clasifica como " BOSQUE HÚMEDO SUBTROPICAL " con temperatura comprendida entre los 18° y los 32° C.

---

<sup>7</sup> Según análisis de cuadrantes topográficos

<sup>8</sup>Datos obtenidos del Plan Maestro de Desarrollo Urbano de Santa Ana, PLAMADUR.

### 3.2.5 HIDROLOGIA<sup>9</sup>

El río El Porvenir se considera poco torrencial, y su cuenca se caracteriza por un drenaje dendrítico<sup>10</sup>, teniendo una red de cauces hasta de III orden, con un cauce principal de 11.71 Kms de largo, que se desplaza de este a oeste, desde la base del cerro Santa Lucia y la loma Arequipa, hacia el río Jerez.

El agua recibida por el río El Porvenir, es proveniente de muchas quebradas de invierno, y que contribuyen al aumento del caudal en la zona, y que por estar constituidos por suelos de permeabilidad lenta<sup>11</sup>, y niveles freáticos muy superficiales, ocasionan la rápida saturación de los suelos y el estancamiento de agua en los terrenos aledaños al cauce.

### 3.2.6 TOPOGRAFÍA

En la Cuenca del Río El Porvenir, se puede observar una tendencia marcada en cuanto a su topografía<sup>12</sup>, en el cual se pueden distinguir dos zonas, las cuales son (ver figura 3.2):

- a. Zona baja: la cual se encuentra entre las cotas 687 a 1000 msnm, la cual cuenta con una tendencia plana con ciertos drenajes, y por lo cual lo vuelve propenso a la sedimentación e inundación de la zona.
- b. Zona alta: localizada a partir de la cota 1000 hasta la cota 1050 msnm, la cual se convierte en la zona más quebrada y cuyas pendientes oscilan entre el 20%.

La división de estas zonas demuestra la tendencia de los sectores que provocan las inundaciones en el sitio Puentes Chachos del municipio El Porvenir.

---

<sup>9</sup> datos obtenidos de Plan Maestro de Desarrollo Urbano de Santa Ana, PLAMADUR

<sup>10</sup> Corriente principal con sus afluentes primarios y secundarios uniéndose libremente en todas direcciones.

<sup>11</sup> Según Geografía de El Salvador, tomo I, Dr. Manuel Escamilla.

<sup>12</sup> Según análisis de cuadrantes topográficos de la zona.

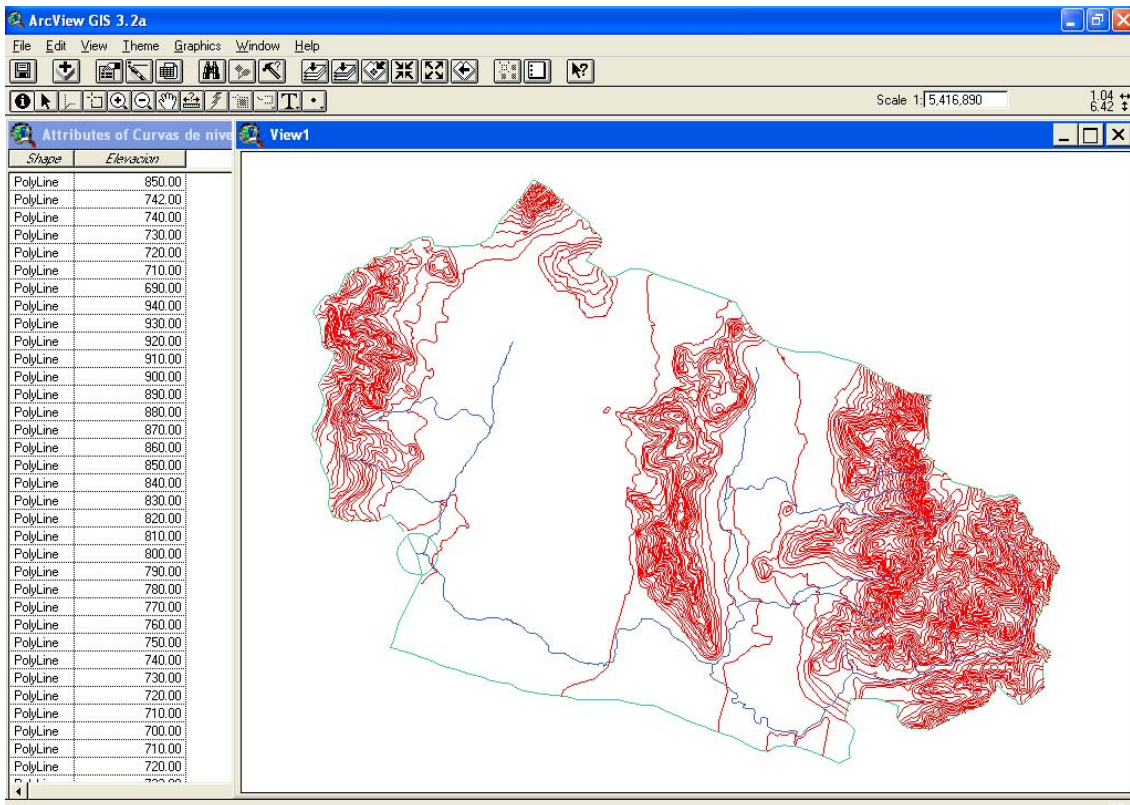


Figura 3.2 Cuenca del río El Porvenir, trazada en programa Arc View.

### 3.2.7 VEGETACION

La cuenca del Río El Porvenir esta constituida por diferentes especies arbustivas y arbóreas, en las cuales se pueden identificar algunas como:

Sauce, Ceiba, Chilamate, Mango, Chicharrón, Morro, Izcanal, Capulín, Amate, pasto, etc.

Se podría clasificar a la cuenca con un área alta boscosa – cultivada, a un área baja cultivada en un 80% de su extensión.

### 3.2.8 USOS DEL SUELO

El uso del suelo se define principalmente en las zonas bajas al cultivo de cereales, caña de azúcar, cultivos hortícolas, y pastos naturales de arbustos y matorrales propios de la ganadería. Mientras que en las zonas altas predominan el cultivo de café y granos básicos.

La clasificación de los suelos en la cuenca del río El Porvenir se encuentra constituida por:

- Formación Cuscatlan: esta formación corresponde al pleistoceno inferior y descansa sobre la formación El Bálsamo, agrupándose en tres miembros bien diferenciados y que comprenden, desde los niveles inferiores hasta el techo de la formación, los siguientes materiales: tobas líticas compactas, lavas y piroclastos descompuestos de carácter ácido y rocas efusivas de carácter básico. dicha formación aparece en la zona de estudio en pequeños afloramientos en sectores situados al oriente de la ciudad de Santa Ana.
- Formación San Salvador: esta formación es de edad pleisto - holocénica y esta área descansa en gran parte, sobre la formación El Bálsamo. Esta constituida por dos miembros claramente diferenciados, uno de carácter volcánico inferior más antiguo, y otro de carácter sedimentario y más reciente.

El miembro inferior está constituido por materiales de más antiguos a más recientes: arcillas de alta plasticidad, seguramente derivadas de la alteración de materiales volcánicos, y lavas de carácter básico (basaltos y andesitas) muy fracturadas y con intercalaciones de depósitos piroclásticos (escorias y lapilli), de carácter ácido. Estos materiales afloran en gran cantidad en todo el sector de estudio. El miembro superior de carácter sedimentario, está formado por depósitos aluviales constituidos por cantos rodados, gravas, arenas y limos que se extienden por los cursos bajos del río Tres Ceibas.

### **3.3 CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CUENCA DEL RIO EL PORVENIR**

#### **3.3.1 CALCULO DE CAUDALES**

Dependiendo del tipo de precipitación que se tenga en la zona, esta se vuelve un parámetro de suma importancia, debido a que en base a este valor se puede llegar a obtener el caudal que ha de fluir por el cauce del río.

Con estos valores se tiene un parámetro de referencia para evaluar las obras existentes, y las que habrá que desarrollar para evitar riesgos y prevenir desastres que afecten a la población

##### **3.3.1.1 CAUDAL ECOLOGICO**

Llamase caudal ecológico, a aquel caudal necesario para mantener el equilibrio necesario en el cauce del río, quebrada o depresión, y que garantice la conservación de la flora y fauna existente en los sectores adyacentes.

##### **3.3.1.2 CAUDAL EN EPOCA SECA**

El calculo de los caudales en la época seca son un parámetro de mucha importancia, el cual otorga un parámetro de referencia con respecto a la diferencia de volúmenes de agua que circulan durante las estaciones seca o lluviosa en el año, en un determinado sector a analizar, estos valores vendrán a dar un aporte de cual será la afectación que pudiera sufrir un cauce dependiendo del tipo de obra o medida a implementar, para el mejoramiento de la seguridad de la población y los bienes de los mismos, esto sin dejar a un lado el sentido de conservación de la ecología de los sitios circundantes a el lugar de estudio.

Por esta razón es necesario tener en cuenta cual es el valor del caudal mínimo o caudal ecológico que nos permita mantener el equilibrio entre vida y seguridad.

Por esta razón se prosiguió a obtener los valores de caudal a través de aforos, el cual fue medido a través del método de aforo de vertedero triangular.

Los valores obtenidos por las diferentes pruebas se procesaron a través de la fórmula para vertedero triangular<sup>13</sup>:

$$Q = 0.685h^{2.45} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Donde:

Q` = CAUDAL

H = altura que alcanza el agua en el vertedero

El valor obtenido de la ecuación 3.1 es de  $Q = 0.016 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , siendo este el valor mínimo que se podría tener para garantizar el equilibrio ecológico en la zona.

### **3.3.1.3 CAUDAL EN EPOCA LLUVIOSA**

El valor del caudal durante la época de invierno es otro parámetro de gran trascendencia para la evaluación hidráulica de los sectores en estudio, debido a que este arrojará el valor real que estará fluyendo a través de las estructuras de paso existentes, y en las cuales se podrá observar cual es el comportamiento verdadero de los afluentes, proporcionando un valor que ubicará un parámetro entre el y el que se obtenga del cálculo de aguas máximas que se obtengan del análisis de los datos de las estaciones meteorológicas que tengan influencia en el sector de la cuenca de estudio y los datos que se obtengan de los cuadrantes topográficos de la zona.

---

<sup>13</sup> Fórmula obtenida de "MANUAL DE FORMULAS DE INGENIERIA", RAFAEL GARCIA DIAZ



Siendo así que se obtuvieron valores de tiempo y distancia entre dos puntos de la zona de estudio en secuencias de cinco tomas de tiempo, en igual distancia para calcular la velocidad del agua; con este valor promediado y el del área se calcula el caudal por medio de la fórmula:

$$Q = VA \quad \text{Ecuación 3.2}$$

Donde:

Q = CAUDAL

V = VELOCIDAD DEL AGUA

A = AREA POR LA CUAL FLUYE EL AGUA

Por medio de la ecuación 3.2 se obtiene el valor del caudal que fluye por la estructura de estudio en la época de invierno con un valor de  $Q = 175.43 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

### **3.3.2 PARTE AGUAS**

La cuenca es una zona de la superficie terrestre tal que si fuera impermeable, todas las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por un sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida (ver figura 3.3). Desde el punto de vista de su salida existen fundamentalmente dos tipos de cuenca:

#### **La endorreica y la exorreica.**

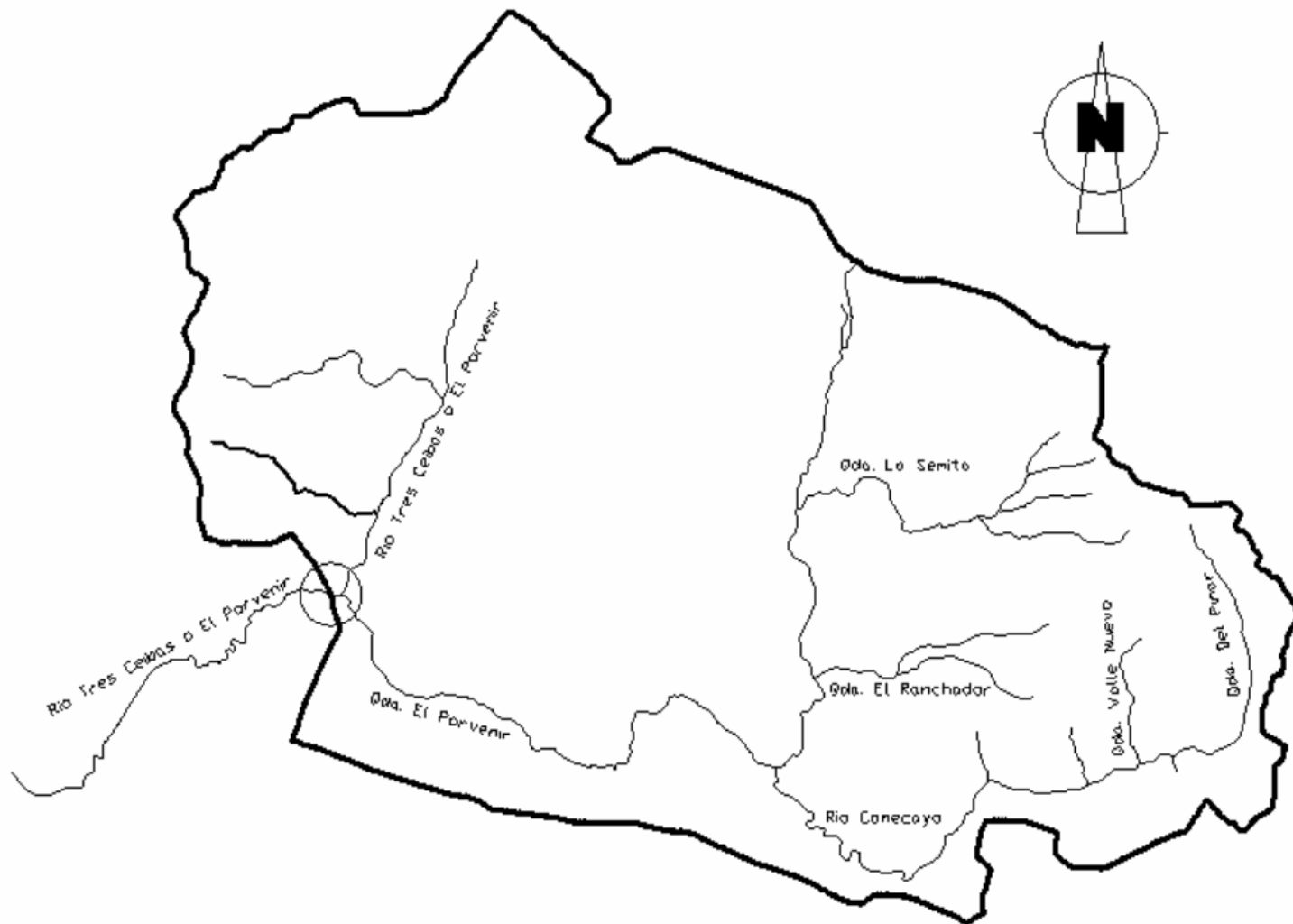
Para definir el parte-agua se hace uso de mapas topográficos mediante los cuales se puede conocer la conformación y la configuración del terreno. De acuerdo con el área de la cuenca la escala más recomendable para el trazo del parte de agua son los mostrados en la tabla 3.1:

<1000 km <sup>2</sup>	1:25000
Entre áreas de 5000 km <sup>2</sup>	1:50000
Entre áreas de 10000 km <sup>2</sup>	1:100000

Tabla 3.1. Valores de escalas recomendadas para el trazo del parte de agua a partir de las áreas de las cuencas.

Para el trazo de la divisoria topográfica de parte de agua de la cuenca del sistema hidrográfico se dan algunas recomendaciones:

1. La línea divisoria corta ortogonal a las curvas de nivel.
2. Cuando la divisoria va aumentando su altitud esta corta a la curva de nivel por su parte convexa.
3. Si cortamos el terreno por el plano normal a la divisoria, el punto de intersección con esta a de ser el punto de mayor elevación del terreno.
4. La línea divisoria nunca debe cortar a un río o afluentes.
5. Trazar con color azul todos los afluentes hasta la parte mas alejada de la cuenca o prolongar todos los afluentes.
6. Unir los puntos en forma clara tomando en consideración:
  - a. Que las curvas en la forma cóncava hacia abajo indican zonas bajas.
  - b. Que las curvas en la forma cóncava hacia arriba indican zonas altas.
7. Definir una tendencia, donde se debe tener en consideración:
  - ✚ No se deben cortar con el parte agua aun ramal del río en estudio o de cuencas vecinas.
  - ✚ El único punto que se debe cortar con el parte de aguas es el punto de interés.
  - ✚ Iniciar el trazo desde el punto de interés en ambas direcciones.
  - ✚ El parte aguas de la cuenca y cuencas vecinas deben ser bastantes similares.
  - ✚ Cuando las curvas no están bien definidas, la guía para el trazo del parte aguas son los puntos de triangulación primaria.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCION Y  
MITIGACION DE RIESGOS EN EL RIO EL PORVENIR,  
EN EL SITIO PUENTES CHACHOS EN EL MUNICIPIO  
EL PORVENIR. DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

CONTENIDO:  
**CUENCA  
HIDRAGRAFICA**

ESCALA:  
1:30000

FIGURA:  
**3.3**



### 3.3.3 AREA DE LA CUENCA

Utilizando El Programa img2.CAD se digitalizaron los Planos con escala 1:25000 y haciendo uso de Autocad 2007 se dibujo la Cuenca para luego obtener el área de 35.98 Km<sup>2</sup> (ver figura 3.4).

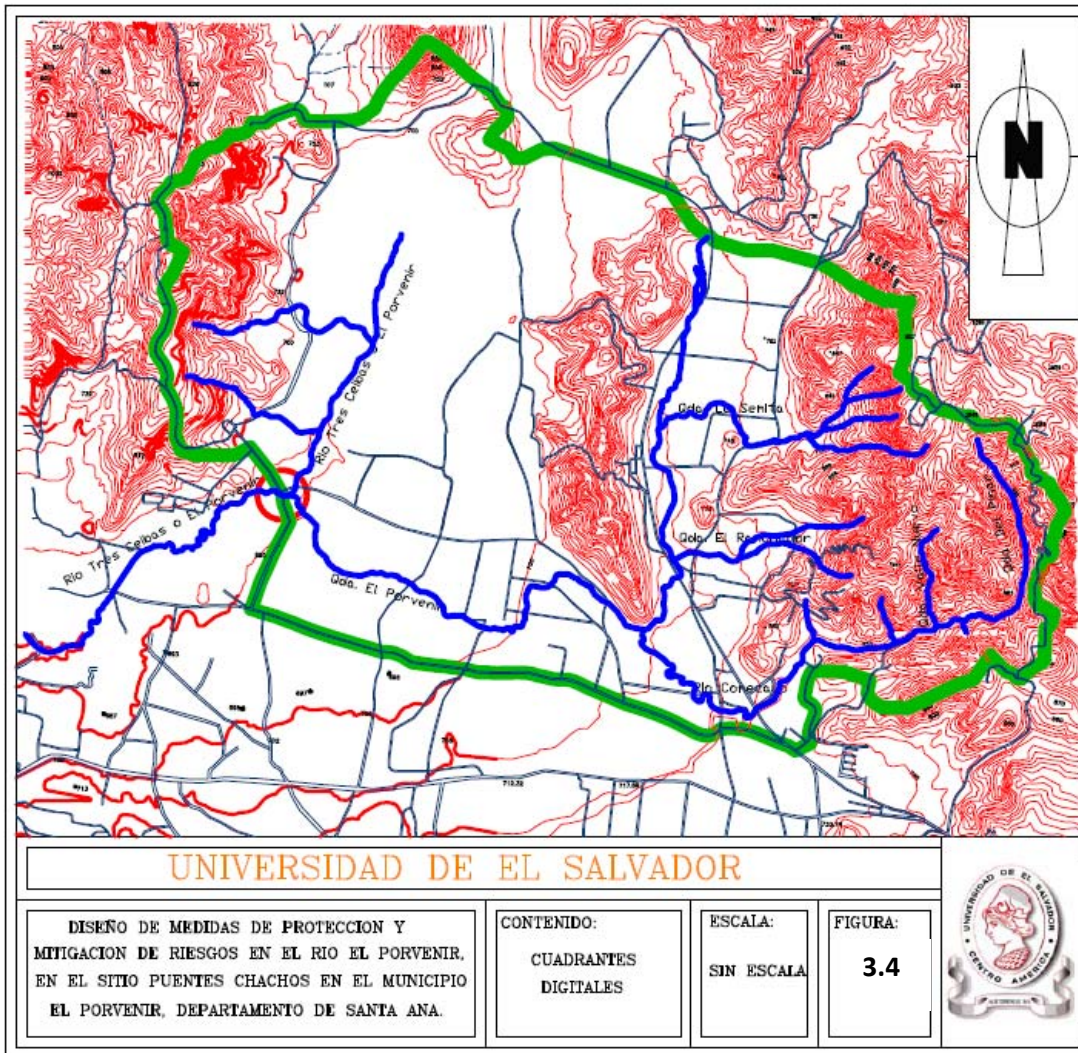


Figura 3.4. Cuenca representada en los cuadrantes topográficos de la zona en estudio

### 3.3.4 LONGITUD DEL CAUCE MÁS LARGO

Este parámetro se obtuvo por medio del programa Autocad 2007 y lo conforman el río Comecayo, el río el porvenir y la quebrada el pinar (ver figura 3.5).

Este fue de: 11.71 Km.

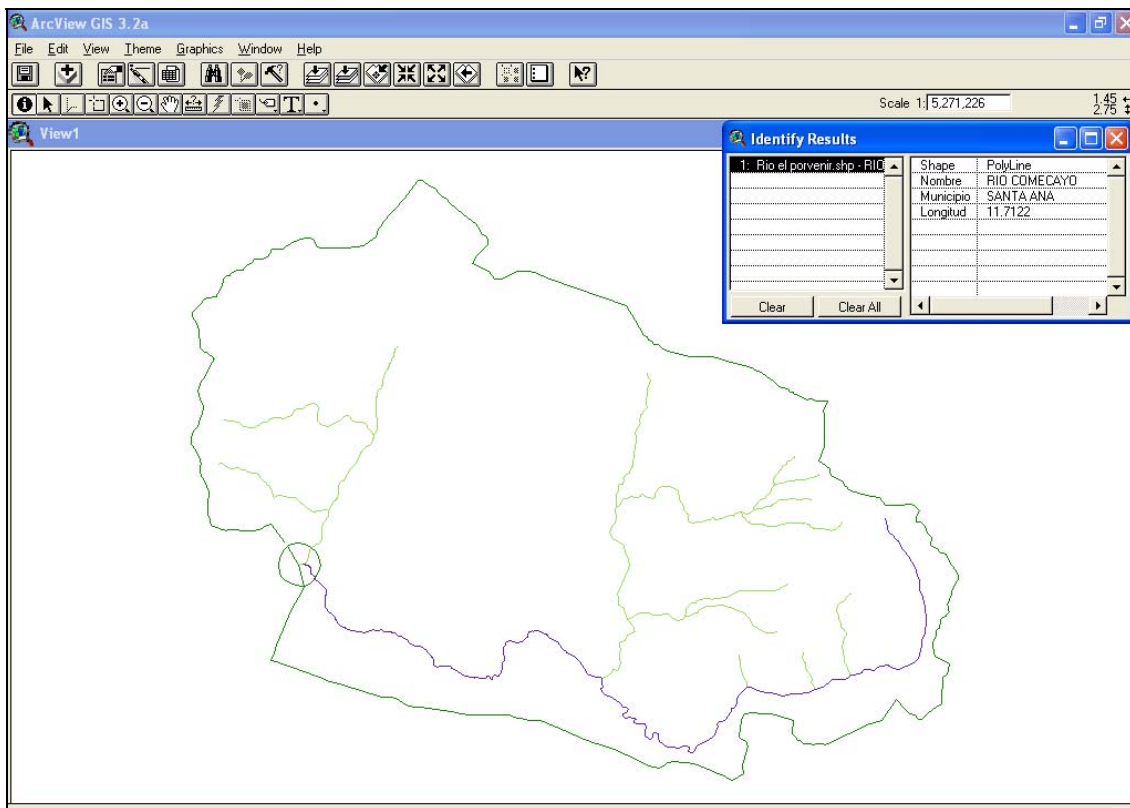


Figura 3.5. Ubicación del cauce más largo, dentro de la cuenca del río El Porvenir, trazada en programa Arc View.

### 3.3.5 PERIMETRO DE LA CUENCA

Perímetro de la cuenca: 28.4 Km. (ver figura 3.6).

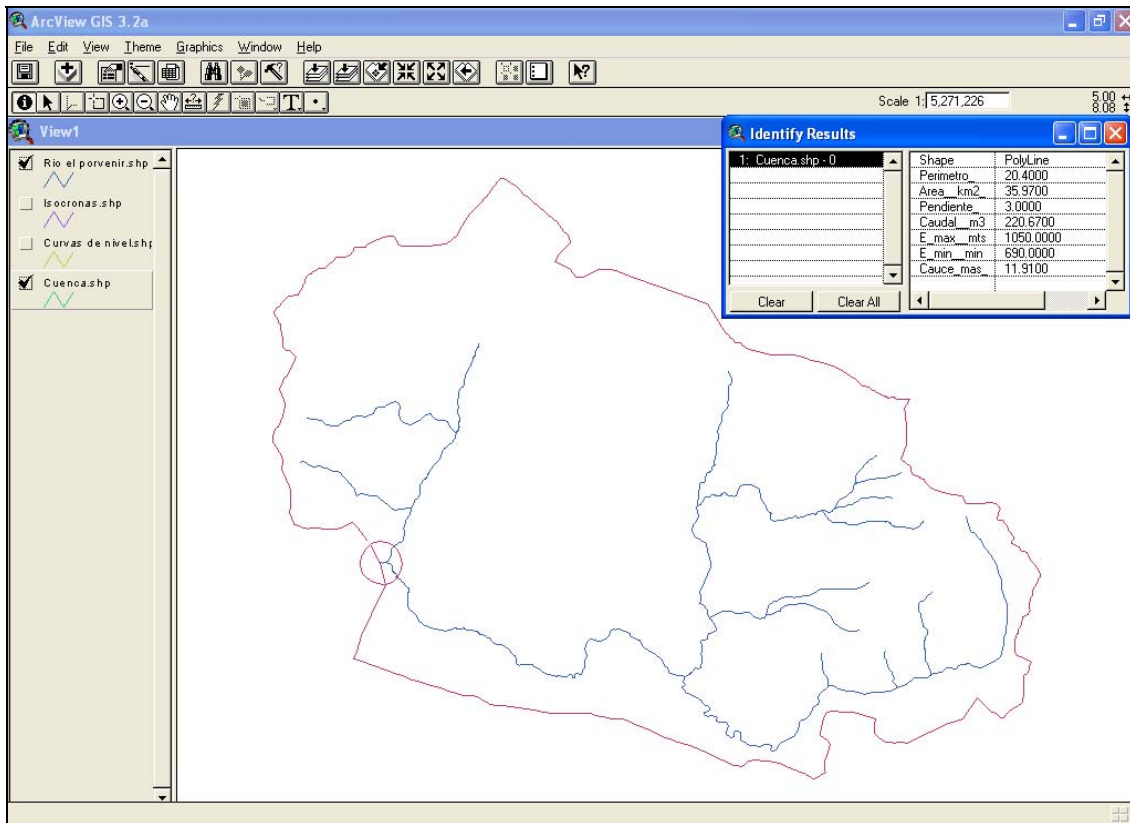


Figura 3.6. Perímetro de la cuenca del río El Porvenir, trazada en programa Arc View.

### 3.3.6 DRENAJE DE LA CUENCA

Se define como la mayor o la menor facilidad que presenta una cuenca hidrográfica para evaluar las corrientes de lluvia intensas. En la cuenca del río El porvenir se encontró solamente dos cauces de gran importancia, siendo estos el río Tres Ceibas y el río Comecayo cuyos afluentes mas largos están constituidos por quebradas que escurren durante la época lluviosa, y que durante la época seca no presentan ningún aporte que haga variar el caudal del río El Porvenir.

Evaluando el punto mas alto que delimita la cuenca y siguiendo el direccionamiento del cauce del río El Porvenir, se reconocen ramificaciones de los drenajes portantes, que son los que llegan al cauce principal (ver figura 3.7), con ángulos menores a los noventa grados y que tienen gran influencia por laderas con una inclinación moderada lo que da lugar a un diseño definido de la cuenca

### **INDICES QUE MIDEN EL SISTEMA DE DRENAJE.**

Existen indicadores con los cuales se puede calcular cual es el grado de bifurcación de una cuenca, como lo son la densidad de corriente(  $D_s$ ), que esta definida como el números de corrientes perennes intermitentes por unidad de área, y la densidad de drenaje ( $D_d$ ), definida como la longitud de corrientes por unidad de área.

$$D_s = N_s / A \quad \text{Ecuación 3.3}$$

$$D_d = L_s / A \quad \text{Ecuación 3.4}$$

#### **Donde:**

$D_s$ = densidad de corriente

$A$ = área de la cuenca.

$N_s$ = Numero de corrientes

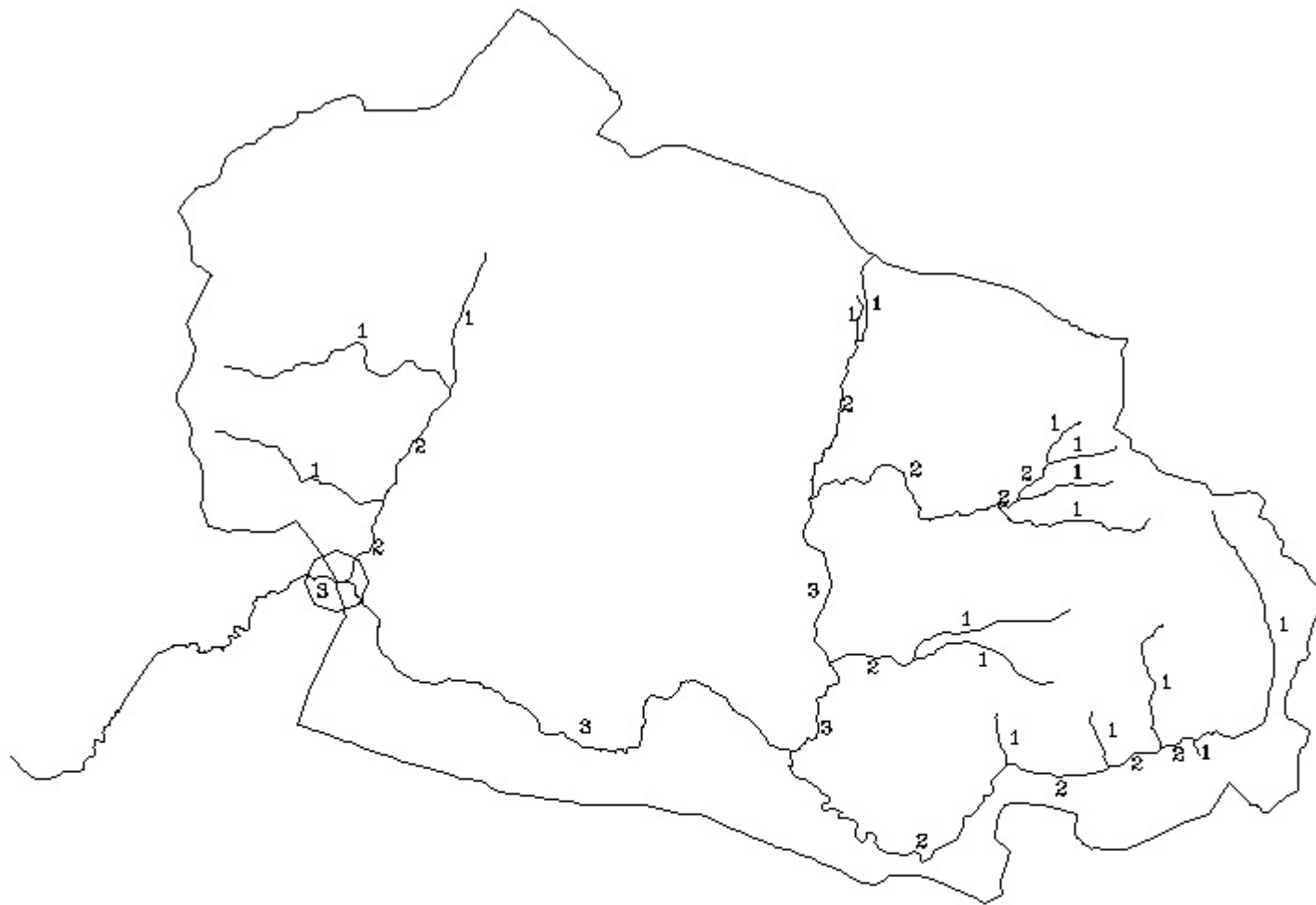
$L_s$ = Longitud de corrientes

$$D_s = 31 / 35.98 = 0.8615 \text{ Corrientes/km}^2$$

$$D_d = 11.71 / 35.98 = 0.325 \text{ Km/km}^2$$

Estos índices indican que el sistema de drenaje evacua con facilidad el agua proveniente de fuertes lluvias.





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCION Y  
MITIGACION DE RIESGOS EN EL RIO EL PORVENIR,  
EN EL SITIO PUENTES CHACHOS EN EL MUNICIPIO  
EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

ORDEN  
DE LA CUENCA

ESCALA:  
1:30000

FIGURA:  
3.7





### 3.3.7 ELEVACION MEDIA

Es la semisuma de las elevaciones máximas y mínimas (ver figura 3.8) y esta definida por la siguiente ecuación:

$$\Delta H = \frac{Elev. \max ima + Elev. \min ima}{2} \quad \text{Ecuación 3.5}$$

Al sustituir en dicha expresión matemática los valores correspondientes de la zona de estudio<sup>14</sup>

Elevación máxima= 1050 msnm

Elevación Mínima = 690 msnm

$$\Delta H = \frac{1050 + 690}{2} = 870$$

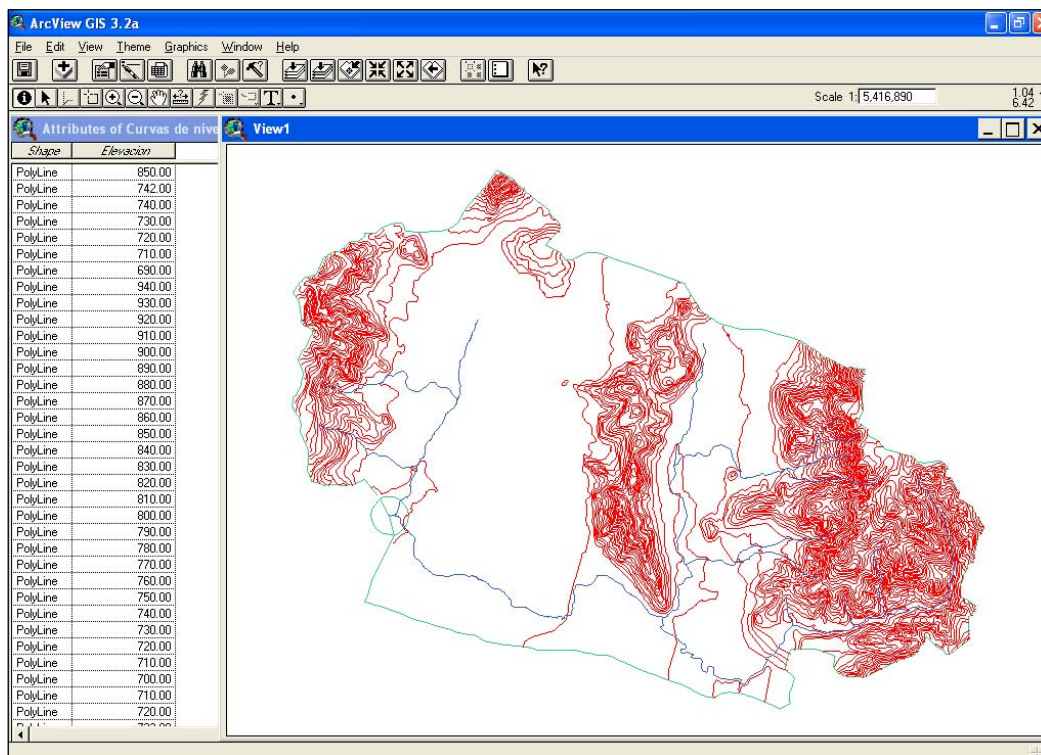


Figura 3.8. Valores de curvas de nivel para determinar la elevación media, trazadas en programa Arc View.

<sup>14</sup> Datos obtenidos del programa Arc View.

### 3.3.8 PENDIENTE MEDIA

Tiene gran importancia, pues guarda relación compleja con el grado de infiltración, superficie de escorrentía, humedad del suelo y contribución del agua subterránea a la corriente del cauce. El valor de las pendientes de la corriente controla el tiempo de concentración que es de mucha importancia para conocer las magnitudes de las crecidas.

Se calcula con la siguiente formula:

$$S = \frac{Elev. maxima - Elev. minima}{Lc} * 100 \quad \text{Ecuación 3.6}$$

Donde:

S= pendiente media.

Lc= longitud del cauce mas largo en mts.

Sustituyendo los valores de la cuenca del río el Porvenir se obtiene:

$$S = \frac{1050 - 690}{11.71 \times 10^3} * 100 = 3\%$$

### 3.3.9 FACTOR DE FORMA DE LA CUENCA

La forma de una cuenca influye sobre los escurrimientos y sobre la marcha de hidrograma resultante de una precipitación dada.- Así en una cuenca de forma alargada el agua discurre en general por un solo cauce principal, mientras que en otra forma ovalada los escurrimientos recorren cauces secundarios hasta llegar a uno principal, por lo que la duración del escurrimiento es superior.

El índice mas empleado para representar esta característica es:

**-Índice de Gravelius.** Es la que relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra, su expresión es:

$$C_g = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{Ecuación 3.7}$$

Donde:

C<sub>g</sub>= Coeficiente de gravelius.

P= Perímetro de la cuenca en Km.

A= Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

El valor que toma esta expresión es siempre mayor que la unidad y crece con la irregularidad de la forma de la cuenca, estableciéndose la siguiente clasificación (ver tabla 2)<sup>15</sup>:

<b>CG</b>	<b>FORMA</b>
1.0-1.25	REDONDA
1.25-1.50	OVALADA
1.50-1.75	OBLONDA

Tabla 3.2. Coeficientes de Gravelius para distintas formas de cuencas.

Para el caso de la cuenca del río El Porvenir se tiene:

$$C_g = 0.28 \frac{28.4}{\sqrt{35.98}} = 1.33$$

De lo anterior se establece que la cuenca en estudio es ovalada ya que C<sub>g</sub>=1.33 esta dentro del rango de 1.25 -1.50

<sup>15</sup> Guión hidrología UES. Ingeniero Raúl Martínez.

### **3.4 DETERMINACION DEL CAUDAL MAXIMO EN EL SECTOR PUENTES CHACHOS.**

Calcular el caudal máximo que afectara un determinado sector es un cálculo muy delicado, debido a que este valor es el parámetro de referencia que servirá para efectuar las obras o medidas a implementar para contrarrestar los estragos o peligros que se pudieran generar.

Es por esta razón que se vuelve necesario el calculo de aguas máximas de la corriente que fluirá por los sectores de estudios (ver figura 3.9), y que implicara cuales son los índices que se pudieran dar en las planicies de la cuenca.

Por lo cual determinar cuales son los valores de crecidas que se pudieran tener es de gran importancia para contrarrestar los efectos destructivos que ocasionan las inundaciones en las zonas de cultivo, destruyendo viviendas, deteniendo la conectividad entre las poblaciones y poniendo en riesgo la población.

Los datos de este proceso serán un indicativo para evaluar si las estructuras existentes son lo suficientemente necesarios para evacuar las corrientes, o si es necesario modificar algunos aspectos de estos, como son el libramiento mínimo y la resistencia que deben tener las sub-estructuras para no fallar ante el empuje de las aguas.

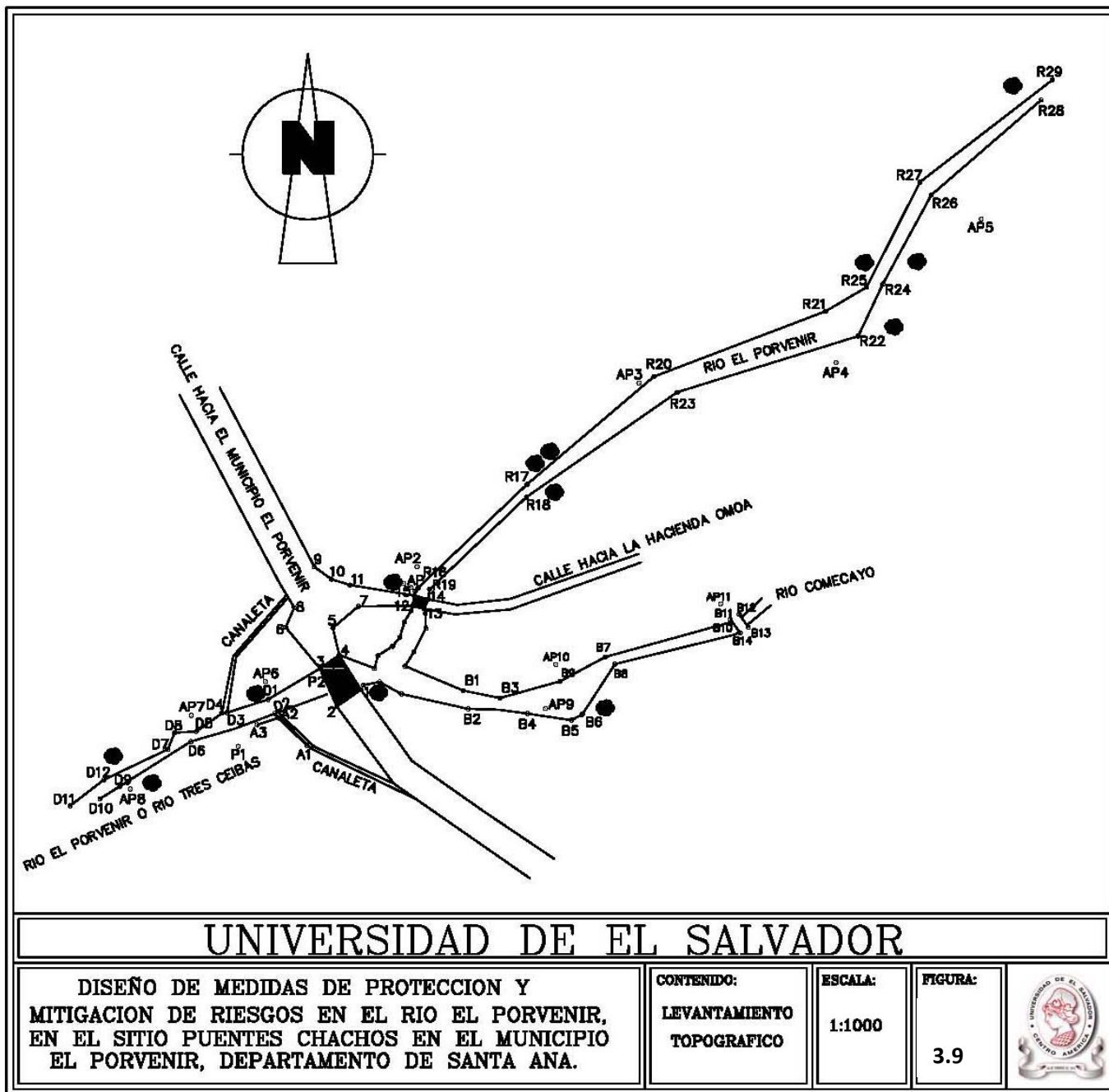


Figura 3.9. Vista en planta de los puntos de interés en la zona en estudio.

### 3.4.1 METODOS PARA REALIZAR EL ESTUDIO HIDROLOGICO<sup>16</sup>

Para la elaboración de estudios hidrológicos, existe una gran cantidad de metodologías, cuya finalidad es determinar el valor de las aguas máximas y cual es el caudal mínimo, para tener una referencia de valores que afectarán la zona en que se desarrolle el estudio.

Estos métodos pueden ser:

1. METODOS DIRECTOS: Aforos, Correlacion con otras cuencas, metodos del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos.
2. ÈMPIRICOS: Fòrmula de Fuller, Fòrmula Bùrki Ziegler, Fòrmula de Dickens, Fòrmula de Màck Màth.
3. HIDROMETEOROLICOS: Fòrmula Racional, Isocronas, Hidrograma Unitario, Hidrograma Triangular.
4. ESTADISTICOS: Ajuste de caudales máximos instanataneos

#### 3.4.1.1 AFOROS EN AGUAS SUPERFICIALES

Los aforos en aguas superficiales pueden ser desarrollados de diversas maneras, por lo cual no hay un método que se dicte como régimen a realizar, solamente es el valor a obtener el que no debe diferir de un método a otro, y este dependerá del tipo de afluente a aforar, o del tipo de instrumento que se tenga.

Para el caso de estudio del río El Porvenir, se procedió a aforar de dos formas, por medio de vertedero triangular, y a través de la toma de tiempos para calcular la velocidad que posee la corriente del río.

El método del vertedero triangular fue posible debido a que el caudal del río en época seca era tal que podía trabajarse para una corriente de agua muy baja, y que a la vez permitiera tomar datos homogéneos en cualquier parte del río. Muy al contrario en época invernal, no podía desarrollarse este método, debido a lo agresivo de la corriente, y la profundidad que alcanzaba el río, por lo que era

---

<sup>16</sup> “Hidrologia para ingenieros”. LINSLEY, RAY K.

necesario tomar otro tipo de aforo, como lo fue colocar dos puntos donde se obtuviera una distancia conocida, y entre estos puntos colocar un objeto que flotara, que permitiera el mínimo de resistencia a el desplazamiento en el agua y que pudiera ser fácilmente colocado en la superficie del río, para luego tomar el tiempo de traslado de un punto a otro; este valor servirá para la obtención de la velocidad, la cual será promediada con las demás lecturas obtenidas de la prueba, para luego introducirlo en la formula  $Q= VA$ , donde A es el área por donde fluiría la corriente del río.

#### **3.4.1.2 METODO HIDROMETEOROLOGICO**

Los métodos hidrometeorológicos son aquellos que permiten obtener los valores de aguas máximas, por medio del análisis de datos de lluvia, y algunas características físicas de la cuenca, se puede aplicar cuando se tiene con anticipación, de forma experimental o por análisis de casos similares, un conocimiento similar de la distribución de las mayores precipitaciones que se ocasionan en la cuenca, con lo cual se puede obtener las intensidades que producen los niveles de aguas máximas, así como la probabilidad de ocurrencia de este fenómeno.

Siendo así que se pueden obtener datos de intensidad para el calculo de aguas máximas a partir de datos de lluvia (usando la formula racional), datos de lluvia o avenidas reales (por medio del Hidrograma Unitario), o haciendo uso del método de las Isócronas, que no es mas que una modificación de la formula racional.

### **3.4.1.3 CALCULO DE LAS CURVAS IDF**

Para el desarrollo del calculo de las curvas IDF, debe tenerse en cuenta que es necesario conocer los datos de lluvia de una o mas estaciones que tengan influencia en la cuenca de estudio.

La estación meteorológica que tiene representación en la cuenca del el Río El Porvenir, es la estación meteorológica de El Palmar.

Los registros obtenidos de dicha estación (ver tabla 3.3) proporcionaran datos necesarios para la elaboración de las curvas intensidad – duración – frecuencia (ver grafico 1), para periodos de retorno de 5, 10,25 y 50 años, según convenga, estos datos se utilizaran para la determinación de intensidades en mm/minuto.

Las curvas que se obtengan de intensidad – duración – frecuencia, serán las que interrelaciones la intensidad de lluvia máxima absoluta, con la duración y la frecuencia de los eventos meteorológicos, que resulten de los datos obtenidos durante los últimos años de la estación meteorológica de El Palmar.



**Registro de datos<sup>17</sup>:****Estación: Santa Ana, El Palmar****Latitud: 12°58.6'****Longitud: 89°34.2'****Elevación: 725 msnm**

Tiempo de duración [min]											
	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
Año	Intensidades [mm/min]										
<b>1963</b>	2.16	1.90	1.78	1.48	1.08	0.85	0.69	0.41	0.30	0.25	0.22
<b>1964</b>	3.52	2.83	2.54	2.40	2.18	1.65	1.24	0.74	0.48	0.36	0.34
<b>1965</b>	2.78	1.99	1.67	1.43	1.11	0.85	0.67	0.47	0.36	0.27	0.23
<b>1966</b>	2.48	2.10	1.79	1.62	1.25	0.96	0.74	0.54	0.33	0.28	0.24
<b>1967</b>	2.26	2.10	1.98	1.83	1.39	1.06	0.79	0.59	0.51	0.42	0.36
<b>1968</b>	2.20	2.04	1.82	1.72	1.39	1.15	1.03	0.76	0.61	0.59	0.58
<b>1969</b>	2.64	2.32	2.15	1.93	1.59	1.24	0.98	0.73	0.59	0.54	0.37
<b>1970</b>	2.64	2.07	1.95	1.88	1.70	1.41	1.08	0.87	0.67	0.55	0.47
<b>1971</b>	2.04	1.72	1.47	1.33	1.09	0.78	0.66	0.52	0.43	0.36	0.29
<b>1972</b>	2.30	2.04	1.90	1.67	1.25	0.88	0.68	0.52	0.47	0.32	0.28
<b>1973</b>	2.30	2.10	1.90	1.68	1.30	1.02	0.81	0.60	0.47	0.40	0.35
<b>1974</b>	2.56	1.84	1.43	1.34	1.31	1.14	0.96	0.73	0.60	0.50	0.42
<b>1975</b>	2.98	2.52	1.94	1.68	1.19	0.84	0.68	0.58	0.44	0.36	0.24
<b>1976</b>	2.96	2.19	2.12	2.08	1.67	1.15	0.87	0.58	0.52	0.49	0.42
<b>1977</b>	3.54	3.51	2.62	2.16	1.48	0.99	0.85	0.57	0.43	0.34	0.29
<b>1978</b>	3.18	2.67	2.16	1.94	1.47	1.04	0.78	0.56	0.50	0.40	0.35
<b>1979</b>	3.04	2.27	1.98	1.59	1.17	1.08	0.78	0.56	0.42	0.34	0.32
<b>1980</b>	3.02	2.05	1.97	2.02	1.66	1.23	0.97	0.67	0.63	0.43	0.36
<b>1981</b>	3.04	2.90	2.16	1.97	1.54	1.15	1.00	0.79	0.72	0.60	0.51
<b>1982</b>	2.10	1.86	1.58	1.27	1.07	0.82	0.68	0.63	0.58	0.48	0.41

Tabla 3.3. Registros de lluvias estación El Palmar.

<sup>17</sup> Estación meteorológica de El Palmar.

Para la construcción de las curvas IDF se toma como referencia los datos de la estación del Palmar y se ordenan los registros en forma descendente. Luego se construye una tabla (ver tabla 3.4) que incluirá estos registros, así como la posición de los datos “m” (valor correlativo) y la frecuencia empírica que se calcula de la siguiente manera:

$$F = \frac{m}{n+1} * 100 \quad \text{Ecuación 3.8}$$

Donde:

m= posición del dato.

n= numero total de datos.

F= frecuencia empírica.

Para este caso n= 20.

También se incluye una columna con el periodo de retorno por cada frecuencia que se tiene y se calcula de la siguiente manera:

$$T_p = \frac{1}{f} \quad \text{Ecuación 3.9}$$

La tabla 3.4 muestra los resultados obtenidos:

			Tiempo de duración [min]										
			5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
$T_p = (N+1)/m$	$f = m/(n+1)$	m	Intensidades [mm/min]										
21.000	0.048	1	3.54	3.51	2.62	2.16	1.48	0.99	0.85	0.57	0.43	0.34	0.29
10.500	0.095	2	3.52	2.83	2.54	2.40	2.18	1.65	1.24	0.74	0.48	0.36	0.34
7.000	0.143	3	3.18	2.67	2.16	1.94	1.47	1.04	0.78	0.56	0.50	0.40	0.35
5.250	0.190	4	3.04	2.27	1.98	1.59	1.17	1.08	0.78	0.56	0.42	0.34	0.32
4.200	0.238	5	3.04	2.90	2.16	1.97	1.54	1.15	1.00	0.79	0.72	0.60	0.51
3.500	0.286	6	3.02	2.05	1.97	2.02	1.66	1.23	0.97	0.67	0.63	0.43	0.36
3.000	0.333	7	2.98	2.52	1.94	1.68	1.19	0.84	0.68	0.58	0.44	0.36	0.24
2.625	0.381	8	2.96	2.19	2.12	2.08	1.67	1.15	0.87	0.58	0.52	0.49	0.42
2.333	0.429	9	2.78	1.99	1.67	1.43	1.11	0.85	0.67	0.47	0.36	0.27	0.23
2.100	0.476	10	2.64	2.32	2.15	1.93	1.59	1.24	0.98	0.73	0.59	0.54	0.37
1.909	0.524	11	2.64	2.07	1.95	1.88	1.70	1.41	1.08	0.87	0.67	0.55	0.47
1.750	0.571	12	2.56	1.84	1.43	1.34	1.31	1.14	0.96	0.73	0.60	0.50	0.42
1.615	0.619	13	2.48	2.10	1.79	1.62	1.25	0.96	0.74	0.54	0.33	0.28	0.24
1.500	0.667	14	2.30	2.04	1.90	1.67	1.25	0.88	0.68	0.52	0.47	0.32	0.28
1.400	0.714	15	2.30	2.10	1.90	1.68	1.30	1.02	0.81	0.60	0.47	0.40	0.35
1.313	0.762	16	2.26	2.10	1.98	1.83	1.39	1.06	0.79	0.59	0.51	0.42	0.36
1.235	0.810	17	2.20	2.04	1.82	1.72	1.39	1.15	1.03	0.76	0.61	0.59	0.58
1.167	0.857	18	2.16	1.90	1.78	1.48	1.08	0.85	0.69	0.41	0.30	0.25	0.22
1.105	0.905	19	2.10	1.86	1.58	1.27	1.07	0.82	0.68	0.63	0.58	0.48	0.41
1.050	0.952	20	2.04	1.72	1.47	1.33	1.09	0.78	0.66	0.52	0.43	0.36	0.29

Tabla 3.4. Obtención de frecuencia y periodos de retorno.

De la tabla anterior se obtienen las desviaciones y los promedios estadísticos para cada duración de lluvia, basados en las siguientes ecuaciones:

$$(\sigma) = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \quad \text{Ecuación 3.10}$$

Donde:

$\sigma$ = desviación estándar.

$x$ = conjunto de datos para “n” años y un tiempo de duración específico.

$n$ = numero de años ó datos en estudio para un tiempo de duración.

Media Aritmética.

$$(\bar{x}) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{Ecuación 3.11}$$

$(\bar{x})$ = Media aritmética de los datos de precipitación para un tiempo de duración específico.

$n$ = Numero de años o datos en estudio para un tiempo de duración.

$X_i$ = precipitaciones para un tiempo de duración “i”.

Aplicando el procedimiento anterior para los tiempos de duración de 5 a 180 minutos de la tabla 3.4 se obtiene la tabla 3.5.

Memoria de cálculo:

Serie de intensidades	Tiempo de duración [min]										
	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
Desviación	0.46	0.44	0.30	0.30	0.28	0.22	0.16	0.12	0.11	0.11	0.10
X promedio	2.69	2.25	1.95	1.75	1.39	1.06	0.85	0.62	0.5	0.41	0.35

Tabla 3.5. Desviaciones y promedios de precipitaciones.

## Gumbel o de Valores Extremos.

Es una función de probabilidad usualmente para valores máximos aleatorios.

La formula de Gumbel es:

$$P = 1 - e^{(-e^{-b})} \quad \text{Ecuación 3.12}$$

Donde:

P= probabilidad.

e= base de los logaritmos neperianos

b= variable reducida (de Gumbel).

Periodo de retorno:

$$T_p = 1/P \quad \text{Ecuación 3.13}$$

Donde:

$T_p$ = periodo de retorno

$$b = (X - X_{\text{promedio}} + 0.45 \sigma) / (0.7797\sigma) \quad \text{Ecuación 3.14}$$

Donde:

P = Probabilidad

$t_p$  = Período de recurrencia

$X_{\text{promedio}}$  = Valor promedio de la serie estudiada

$\sigma$  = Desviación estándar de la serie estudiada

Despejando "b" de la ecuación 3.12 se obtiene:

$$b = -\ln(-\ln(1 - P)) \quad \text{Ecuación 3.15}$$

Igualando las ecuaciones 3.14 con 3.15 se obtiene la intensidad de lluvia extrema a través de la nueva ecuación 3.16 para cualquier duración de lluvia siempre y cuando se conozcan la desviación y la intensidad promedio de precipitación para esa duración:

$$X = (0.7797\sigma)^* (-\ln (-\ln (1-P))) - 0.45 \sigma + \bar{x} \quad \text{Ecuación 3.16}$$

Al evaluar la ecuación 3.16 para una duración de 5 minutos y un periodo de retorno de 5 años se tiene:

$$\sigma = 0.459 \text{ mm/min}$$

$$\bar{x} = 2.69 \text{ mm/min}$$

$$P = 1 / T_p$$

$$T_p = 5 \quad \text{años}$$

$$P = 1 / 5 = 0.20$$

$$X = (0.7797 * 0.459)^* (-\ln (-\ln (1 - 0.2))) - 0.45 * 0.459 + 2.69$$

$$X = 3.02 \text{ mm/min}$$

En base al procedimiento anterior y sustituyendo los valores de la tabla 3.5 en la ecuación 3.16 y para periodos de retorno de 5, 10 y 25 años se obtiene la tabla 3.6, que representa la intensidad de lluvia para diferentes duraciones.

Para la construcción de las curvas I.D.F. tenemos:

Tp (anos)	Frecuencia											
5	0.2	3.02	2.57	2.17	1.97	1.59	1.22	0.97	0.71	0.58	0.49	0.42
10	0.1	3.29	2.82	2.34	2.14	1.76	1.35	1.06	0.78	0.64	0.55	0.48
25	0.04	3.63	3.15	2.56	2.36	1.96	1.51	1.18	0.87	0.72	0.63	0.55

Tabla 3.6. Datos para la elaboración de las curvas intensidad –duración – frecuencia, para periodos de retorno de 5, 10, 25.

Después de tabulados los datos para todos los periodos de retorno (en este caso 5, 10 y 25 años) se procede al trazo de las curvas IDF como se muestra en el Gráfico 3.1, en donde se grafica intensidad contra duración (este gráfico fue elaborado utilizando el programa Microsoft Excel)

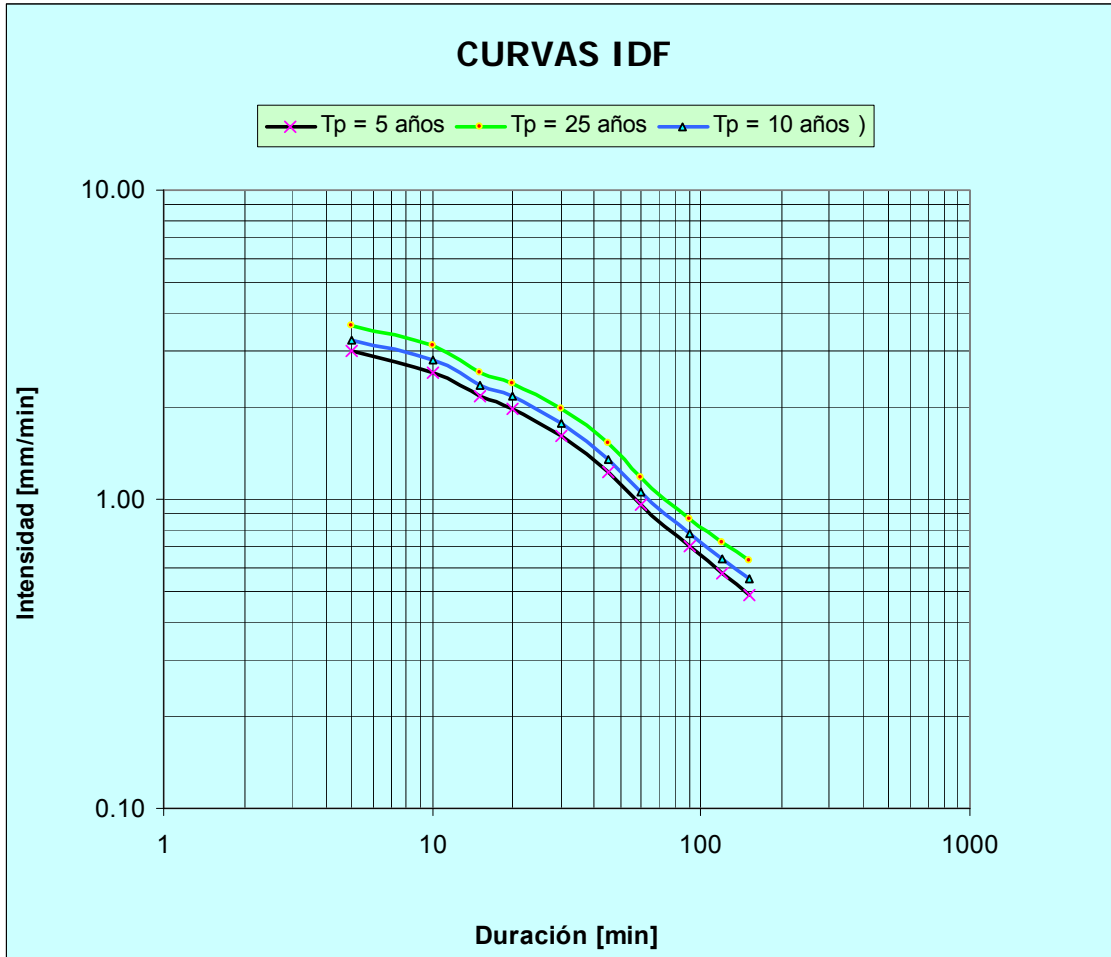


Gráfico 3.1. Curvas intensidad – duración – frecuencia, para periodo de retorno de 5,10 y 25 años.

Por medio del gráfico anterior se obtiene la intensidad de diseño haciendo uso del dato de tiempo de concentración (101.98 min.) intersectando con la curva de periodo de retorno de 25 años se obtiene:

$$I_{\text{diseño}} = 0.8 \text{ mm/min}$$



#### **3.4.1.4 CALCULO DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL**

El caudal máximo instantáneo, se encuentra directamente relacionado con los volúmenes de agua que pueda escurrir en una cuenca o subcuenca para un evento meteorológico determinado. Este volumen, puede ser calculado en términos de la relación existente entre flujo precipitado, y flujo escurrido, el cual dependiendo del tipo de suelo, de la cobertura vegetal del terreno, de la pendiente media de la cuenca o área de influencia y el grado de permeabilidad o impermeabilidad del terreno, se pueden llegar a determinar los coeficientes de escorrentía.

De esta manera se calcula el valor de “c” por medio del nomograma para el cálculo de coeficiente de escorrentía (ver gráfico 3.2), donde para suelos cuya vegetación lo constituyen en su mayoría cultivos, con pendientes del 3% y superficie semipermeable, se obtiene:

$$**C = 0.46**$$

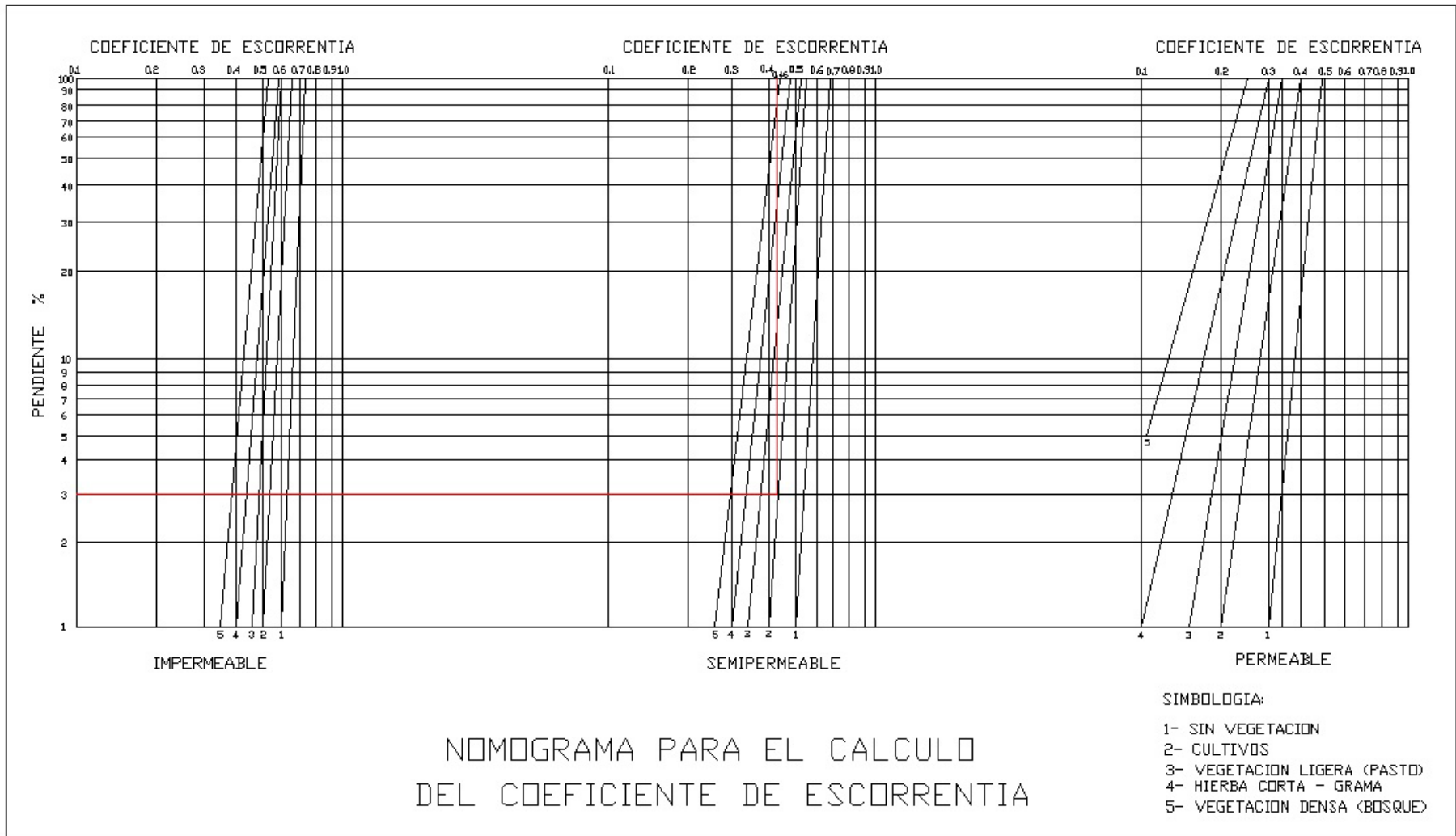


Gráfico 3.2. Nomograma para el cálculo de coeficiente de escorrentía.

### 3.4.1.5 CALCULO DEL AREA DE INFLUENCIA

Todas las cuencas se ven afectadas debido a que la escorrentía de recogimiento, ha sido modificado, en consecuencia a las características de las zonas urbanas y por el cambio de los sectores de desalojo, lo que vuelve necesario definir las direcciones superficiales de flujo, la definición de estos elementos pueden lograr la delimitación de las áreas de influencia de la cuenca, donde se toma en cuenta el criterio de drenaje de cada área específica.

### 3.4.1.6 TIEMPO DE CONCENTRACION

Es el tiempo que le toma a la lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de agua de una cuenca para llegar a una sección determinada de dicha corriente. El tiempo de concentración mide el tiempo que se necesita para que toda la cuenca contribuya con escorrentía superficial en una sección considerada, y se mide en minutos u horas.

Para el cálculo de este se hace uso de la siguiente ecuación:

$$TC = \frac{\sqrt{Ac} + 1.5L}{0.80\sqrt{\Delta H}} \quad \text{Ecuación 3.17}$$

DONDE:

TC= Tiempo de concentración en minutos.

A= Área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

L= Longitud del cauce mas largo.

ΔH= Elevación media de la cuenca en mts.

De los valores propios de la zona de estudio y sustituyendo los datos en la ecuación 3.17 se obtiene:

$$A = 35.9793$$

$$L_c = 11.71$$

$$\text{Elevación máxima} = 1050$$

$$\text{Elevación mínima} = 690$$

$$\Delta H = \frac{1050 + 690}{2} = 870$$

$$TC = \frac{\sqrt{35.98} + 1.5(11.71)}{0.80\sqrt{870}} = 60 \text{ minutos}$$

La ecuación es aplicable para tiempos de concentración mayores de 5 min.

Como  $T_c > 5$  min.

Es aplicable la fórmula racional al cálculo del caudal máximo.

Con  $T_c$  se define un rango de intensidades para un tiempo menor de 60 minutos y uno próximo mayor a este valor.

## Formula de Kirpich

El tiempo de concentración también es posible calcularla por la formula de Kirpich. Esta formula fue desarrollada a partir del SCS en siete cuencas rurales en Tennessee con canales bien definidos y pendientes bien empinadas (3 a 10%); Para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar Tc por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas. Para superficies engramadas multiplicar Tc por 2.

$$T_c = 0.01947L^{0.77} S^{-3.85} \quad \text{Ecuación 3.18}$$

Donde:

Tc= tiempo de concentración en minutos.

L= longitud del canal (o río) desde aguas arriba hasta la salida, metros.

S= pendiente de la cuenca o H/L (adimensional), donde H es la diferencia de elevación entre el punto más remoto de la cuenca y el punto de interés.

De la ecuación anterior tenemos:

$$L=11.71 \text{ km}$$

$$S=0.03$$

$$T_c = 0.01947 \cdot (11.71 \cdot 1000)^{0.77} \cdot (0.03)^{-3.85}$$

$$T_c = 101.98 \text{ minutos.}$$

### **3.4.1.7 PERIODO DE RETORNO**

Es el periodo de tiempo promedio en años, en que un determinado evento (en este caso caudal), es igualado o superado por lo menos una vez.

El período de retorno es uno de los parámetros más significativos a ser tomado en cuenta en el momento de dimensionar una obra hidráulica destinada a soportar inundaciones, como por ejemplo: el vertedero de una presa, los diques para control de inundaciones; o una obra que requiera cruzar un río o arroyo con seguridad, como por ejemplo un puente.

### **IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DEL CONCEPTO DE PERIODO DE RETORNO.**

Todas las obras de protección contra inundaciones tienen una efectividad relativa, asociada con el período de retorno para el cual se han calculado. Es frecuente creer que si se construye una obra para contención de inundaciones, ya nunca habrá inundaciones en ese lugar. En realidad, si el periodo de retorno para el cual se ha calculado la altura de las obras y la sección del río es, por ejemplo de 20 años, debe entenderse que en promedio de cada 20 años ocurrirá una inundación que sobrepase las obras, sin embargo, nadie puede asegurar que ese evento no sucederá pocos meses después de concluida esta.

Periodo de retornos generalmente aceptados<sup>18</sup>:

- ✚ Obras hidráulicas para canalización de aguas lluvia en ciudades de medianas o grandes: de 20 a 50 años.
- ✚ Obras hidráulicas para canalización de aguas lluvias en ciudades pequeñas: de 5 a 10 años.
- ✚ Puentes importantes: 100 años
- ✚ Vertederos para presas con poblaciones aguas abajo 1000 a 10000 años. Evidentemente en estos casos se trata de estimaciones basadas en procedimientos estadísticos. En algunos casos para obras hidráulicas cuya ruptura significaría un riesgo muy elevado de perdidas de vidas humanas, estos valores son corroborados también con el método de “ precipitación máxima probable”

Para este caso y el tipo de obra a diseñar se opta por un periodo de retorno de 25 años ya que no se cuenta con datos estadísticos de eventos extremos en la zona del Municipio del porvenir.

#### **3.4.1.8 METODOS DE LAS ISOCRONAS PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL.**

##### **ISOCRONA:**

Significa líneas de igual tiempo y velocidad, es decir que el método pretende aplicar y calcular el caudal en área que quedan definidas por curvas que se utilizan el mismo tiempo para recorrer un cauce.

Para poder definir las curvas isócronas es preciso conocer tanto las velocidades del agua sobre los cursos fluviales y sobre el terreno, como el tiempo de concentración de la cuenca, mientras que la velocidad media del agua varía con el caudal, y el tiempo de concentración es un concepto teórico difícil de medir en la realidad.

---

<sup>18</sup> Hidrología. Ven-Te-Show

Principios a tomar en cuenta:

- La sumatoria de los caudales parciales por isócrona es igual al caudal total.
- Cada isócrona se comporta como unidad homogénea, es decir que en cada isócrona es aplicable la ecuación racional.

La formula racional tiene condiciones que se deben cumplir:

- ✓ No es aplicable para áreas mayores de 2.5 km<sup>2</sup>.
- ✓ La ecuación es aplicable para tiempos de concentración mayores de 5 min.
- ✓ Que la capacidad hidráulica es determinante en el ajuste del caudal hidrológico.

Para la aplicación del método se debe tomar en consideración ciertos aspectos:

- El número mínimo de isócronas en que se pueden dividir la cuenca es SEIS.
- El área máxima de cada isócrona es de 2.5 km<sup>2</sup>.
- El tiempo mínimo de concentración entre cada isócrona es de 5 min.
- La suma de los caudales generados por cada isócrona, forma el caudal total de la cuenca.

Principios aplicados:

- La ley de continuidad y conservación de la masa.
- La formula racional se aplica en un área homogénea.
- La ley de la física  $d = vtc$ .



❖ Trazo de las isócronas:

1. Para conocer tentativamente el número de isócronas, se hace dividiendo el área de la cuenca entre el área máxima que puede tener una isócrona.

$$No_{\text{isocrona}} = \text{área total de la cuenca} / \text{área máxima de isócrona.} \quad \text{Ecuación 3.19}$$

2. Con el número aproximado de isócronas se calcula la distancia entre isócronas de la siguiente manera:

$$D_{\text{isocrona}} = \text{longitud del cauce mas largo} / No \text{ de isócronas.} \quad \text{Ecuación 3.20}$$

3. Luego definir la distancia entre isócrona se plotea sobre todos los cauces principales, secundarios y terciarios, iniciando el ploteo a partir del parte agua hacia el punto de interés, especialmente sobre el cauce principal, el cual deberá estar dividido en un numero de isócronas con los demás cauces secundarios y terciarios.

4. Unir por medio de curvas aquellos puntos que tienen igual distancia partiendo de la desembocadura hacia el parte – agua procurando que la línea se levante perpendicularmente.

5. Para verificar si las áreas entre isócrona no rebasan los 2.5 km<sup>2</sup> especialmente en la parte mas ancha de la cuenca se traza suavemente, inicialmente verificando aquellos que el área entre isócronas (De lo contrario reducir el área de las isócronas, aumentando el numero de ellas, y por lo que se reduce la distancia).

### ❖ **Cálculo de caudal máximo.**

Es indispensable la aplicación de la ecuación racional por cada isócrona, haciendo y tomando en consideración todos los elementos que en ella intervienen, es decir que al aplicar la fórmula racional se deberá obtener un caudal por isócrona (Ver tabla 3.7)

Generalmente el valor del coeficiente de escorrentía (C) suele ser el valor medio y puede ser representativo en una zona. Lo mismo se puede decir de la intensidad (i) la cual está definida por la estación dominante.

Se debe tomar en cuenta que la aplicación de la fórmula racional demanda un análisis dimensional dado que está en función de las unidades de caudal, así como las unidades de área e intensidad.

## MEMORIA DE CÁLCULO

No isócronas = Área de la Cuenca/Área máxima de isócronas

$$\text{No Isócronas} = (35.98\text{Km}^2)/(2.5\text{Km}^2)$$

$$\text{No Isócronas} = 15$$

Por la Forma de la cuenca se utiliza 16

Luego se trazan las isócronas (ver figura 3.10) calculando previamente la distancia entre cada isócrona por medio de la formula siguiente:

$$D_{\text{Isocrona}} = (\text{longitud del cauce mas largo}) / (\text{numero de isócronas})$$

$$D_{\text{Isocrona}} = 11.71/16 = 0.73 \text{ Km.}$$

El área entre isócronas se calcula utilizando el programa Autocad 2007.

Para calcular el caudal por isócronas se realizo por medio de la formula racional

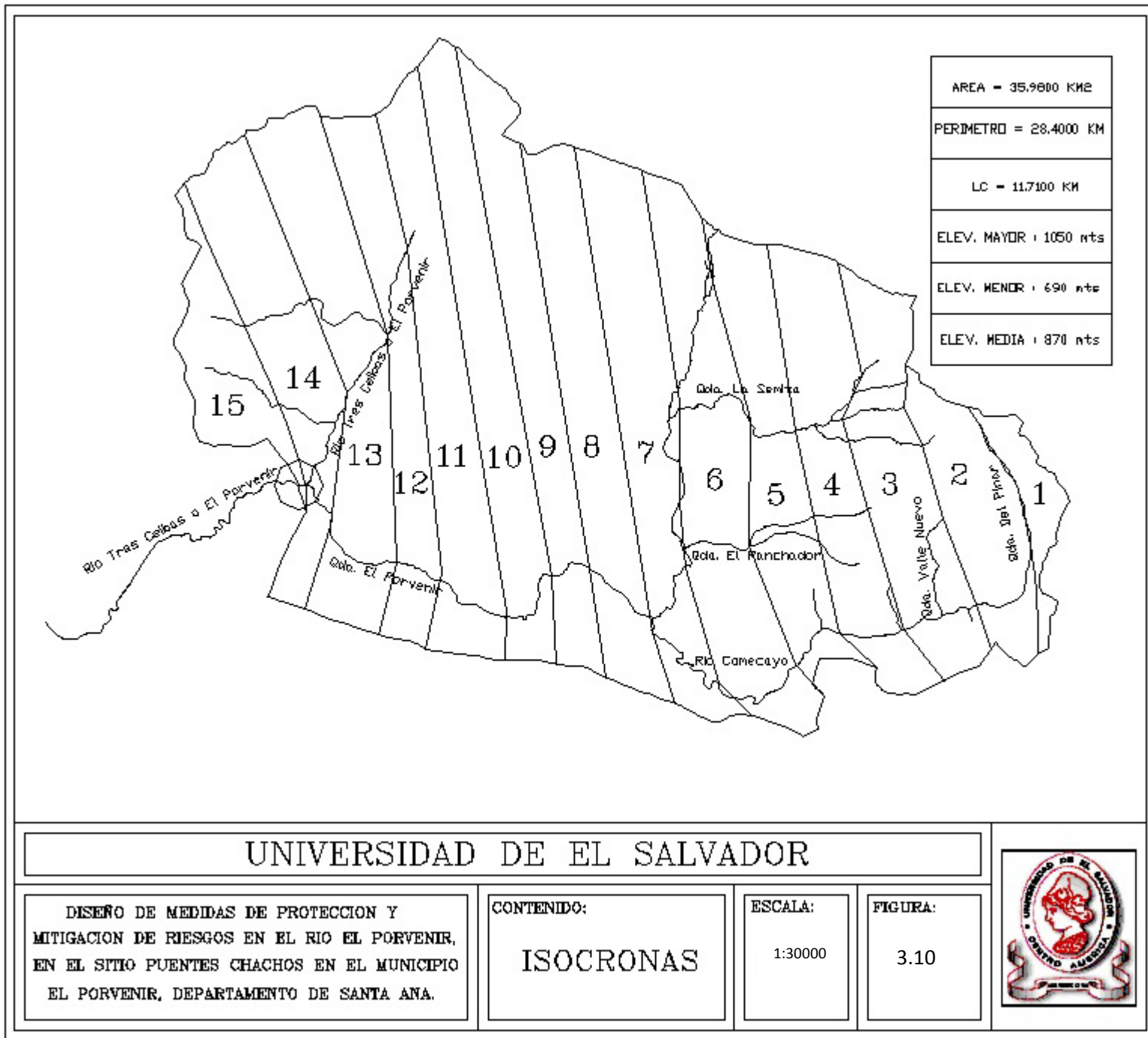
$$Q=16.667CIA. \text{ Ecuación 3.21}$$

Donde:

C=coeficiente de esorrentía de la zona de estudio.

I= intensidad de diseño (mm/min).

A= área entre isócronas (km<sup>2</sup>).



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCION Y MITIGACION DE RIESGOS EN EL RIO EL PORVENIR, EN EL SITIO PUENTES CHACHOS EN EL MUNICIPIO EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA.

CONTENIDO:  
ISOCRONAS

ESCALA:  
1:30000

FIGURA:  
3.10



La siguiente a tabla muestra el resumen de los cálculos:

ISOCRONAS	C	A(km <sup>2</sup> )	I (mm/min)	k	Q (M <sup>3</sup> /S)
1	0.46	0.6049	0.8	16.667	3.71012753
2	0.46	1.7195	0.8	16.667	10.5464776
3	0.46	2.3313	0.8	16.667	14.298926
4	0.46	2.3645	0.8	16.667	14.5025567
5	0.46	2.3145	0.8	16.667	14.1958839
6	0.46	2.1746	0.8	16.667	13.3378134
7	0.46	2.4823	0.8	16.667	15.2250778
8	0.46	2.4586	0.8	16.667	15.0797149
9	0.46	2.4975	0.8	16.667	15.3183064
10	0.46	2.5063	0.8	16.667	15.3722808
11	0.46	2.4888	0.8	16.667	15.2649453
12	0.46	2.4562	0.8	16.667	15.0649946
13	0.46	2.4619	0.8	16.667	15.0999553
14	0.46	2.4495	0.8	16.667	15.0239005
15	0.46	2.1935	0.8	16.667	13.4537357
16	0.46	2.4754	0.8	16.667	15.182757
total		35.9793		Q total	220.677453

Tabla 3.7: se muestra el caudal por isócronas aplicando la formula racional  
 $Q=16.667CIA$ .

### 3.5 DETERMINACION DEL CAUDAL POR EL METODO HIDROGRAMA UNITARIO

El método del hidrograma unitario es uno de los métodos utilizados en hidrología, para la determinación del caudal producido por una lluvia en una determinada cuenca hidrográfica.

El Hidrograma Unitario es el Hidrograma de escorrentía directa causado por una lluvia efectiva unitaria (1 cm. ó 1 mm, por ejemplo), de intensidad constante a lo largo de la duración efectiva y distribuida uniformemente sobre el área de drenaje<sup>19</sup>. Si fuera posible que se produjeran dos lluvias idénticas sobre una cuenca hidrográfica cuyas condiciones antes de la precipitación también fueran idénticas, sería de esperarse que los hidrogramas correspondientes a las dos lluvias también fueran iguales. Esta es la base del concepto de hidrograma unitario. En la realidad es muy difícil que ocurran lluvias idénticas; esta pueden variar su duración; el volumen precipitado; su distribución espacial; su intensidad.

Este método tiene en cuenta, además del área y la intensidad de la lluvia, como lo hace el método racional, la forma, pendiente y características fisiográficas de la cuenca de estudio.

---

<sup>19</sup> Según Apuntes de Clase MÉTODOS DE TRANSFORMACIÓN LLUVIA-ESCORRENTÍA Y DE PROPAGACIÓN DE CAUDALES, Prof. Leonardo S. Nanía

## HIDROGRAMA UNITARIO DE CLARK.

### MÉTODO DE LAS ISÓCRONAS

El hidrograma unitario de Clark, tiene en cuenta el recorrido a través de la cuenca a través de las curvas isócronas.

Para construir el hidrograma unitario, a partir de las curvas isócronas trazadas (ver figura 3.11) cada un cierto intervalo de tiempo, por ejemplo 1 hora (ver tabla 3.8) se dibuja un histograma área-tiempo (ver grafico 3.3). Si se aplica una lluvia efectiva instantánea de 1 cm. uniforme en toda la cuenca, el histograma área tiempo, multiplicado por 1 cm. dará el volumen que es desaguado por la cuenca al final de cada intervalo de tiempo para el cual está definido el histograma y éste será el hidrograma unitario instantáneo de la cuenca. Para transformar el área en caudales, es necesario aplicar la fórmula:

$$q = \frac{2.78A}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 3.22}$$

Donde “q” es el caudal en [m<sup>3</sup>/s·cm] cuando “A” está en [km<sup>2</sup>] y “Δt”, que es el intervalo de tiempo en función del cual está definido el histograma área-tiempo, está en [hs]. Sin embargo, también puede considerarse que el hidrograma unitario obtenido es el correspondiente a una duración igual al intervalo con que es definido el histograma área-tiempo, ya que da lo mismo que la lluvia neta unitaria caiga instantáneamente o que caiga en un tiempo inferior o igual al de definición de dicho histograma.

Para el caso de la cuenca del río El Porvenir utilizando las isócronas anteriormente calculadas se construye el hidrograma unitario de Clark;

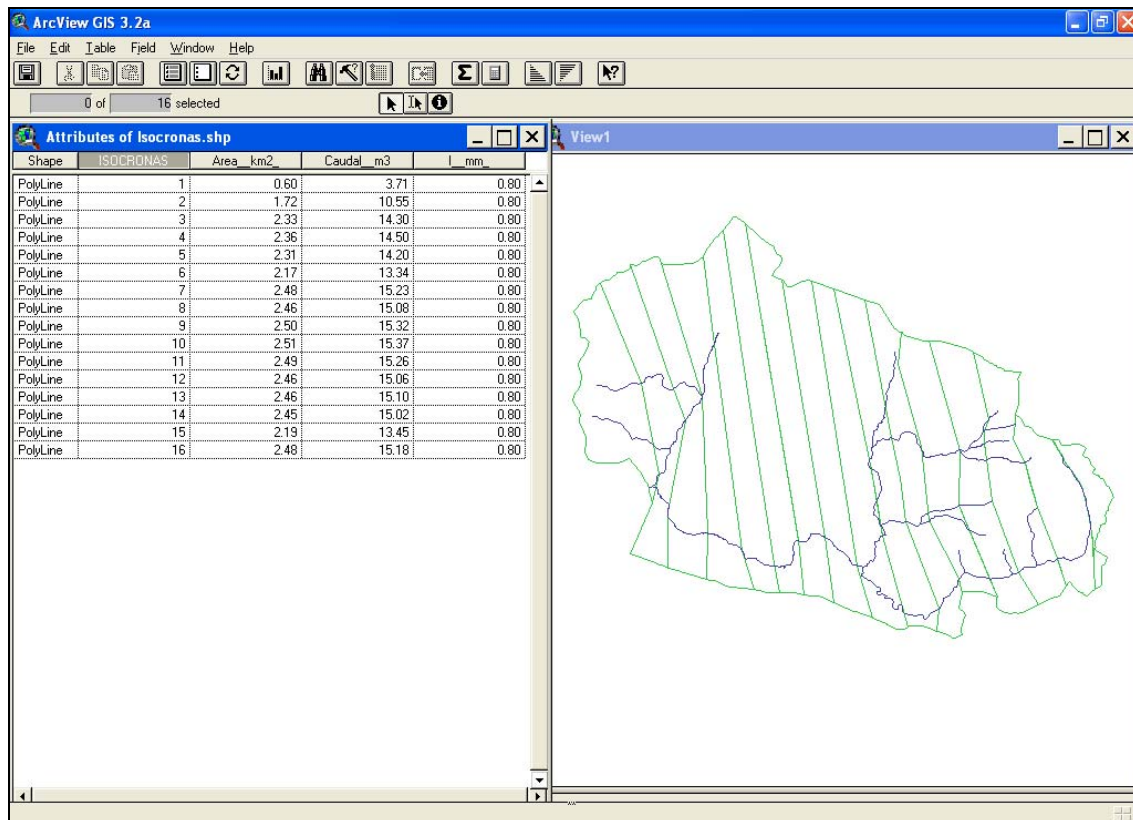


Figura 3.11. Curvas isócronas trazadas en la cuenca del río El Porvenir.



Según el método:

- 1) Se dibuja un histograma área-tiempo

TIEMPO (HRS)	AREA (KM2)
1	0.6049
2	1.7195
3	2.3313
4	2.3645
5	2.3145
6	2.1746
7	2.4823
8	2.4586
9	2.4975
10	2.5063
11	2.4888
12	2.4562
13	2.4619
14	2.4495
15	2.1935
16	2.4754

Tabla 3.8. Datos de Tiempo - Área para construcción de Histograma

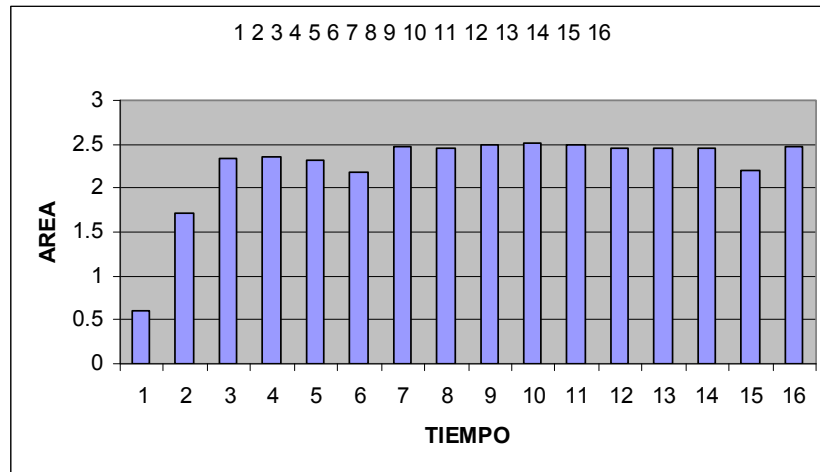


Grafico 3.3. Histograma área-tiempo

2) Se calcula el hidrograma unitario sintético de Clark utilizando la relación anterior (ver grafico 3.4).

Cada una de las ordenadas del hidrograma unitario de Clark, se calcula aplicando la relación (ver tabla 3.9):

$$q = \frac{2.78A}{\Delta t}$$

Ecuación 3.23

3) Se grafica el caudal base contra el tiempo, para una duración de ocho horas.

tiempo (h)	PORCENTAJE	AREA (KM2)	q (M3/S*CM)	VOLUMEN (M3)	Q <sub>BASE</sub>
0	0	0	0	0	0
1	1.68	0.60	1.68	6049	0.04
2	4.78	1.72	2.39	17195	0.08
3	6.48	2.33	2.16	23313	0.12
4	6.57	2.36	1.64	23645	0.16
5	6.43	2.31	1.29	23145	0.12
6	6.04	2.17	1.01	21746	0.08
7	6.90	2.48	0.99	24823	0.04
8	6.83	2.46	0.85	24586	0
9	6.94	2.50	0.77	24975	
10	6.97	2.51	0.70	25063	
11	6.92	2.49	0.63	24888	
12	6.83	2.46	0.57	24562	
13	6.84	2.46	0.53	24619	
14	6.81	2.45	0.49	24495	
15	6.10	2.19	0.41	21935	
16	6.88	2.48	0.43	24754	
17	0	0.00	0	0	
<b>TOTAL</b>		<b>35.98</b>	<b>16.53</b>	<b>359793</b>	

Tabla 3.9. Calculo del caudal para la obtención de hidrograma unitario de Clark

A cada una de las porciones de área entre isócronas, obteniendo el hidrograma unitario.

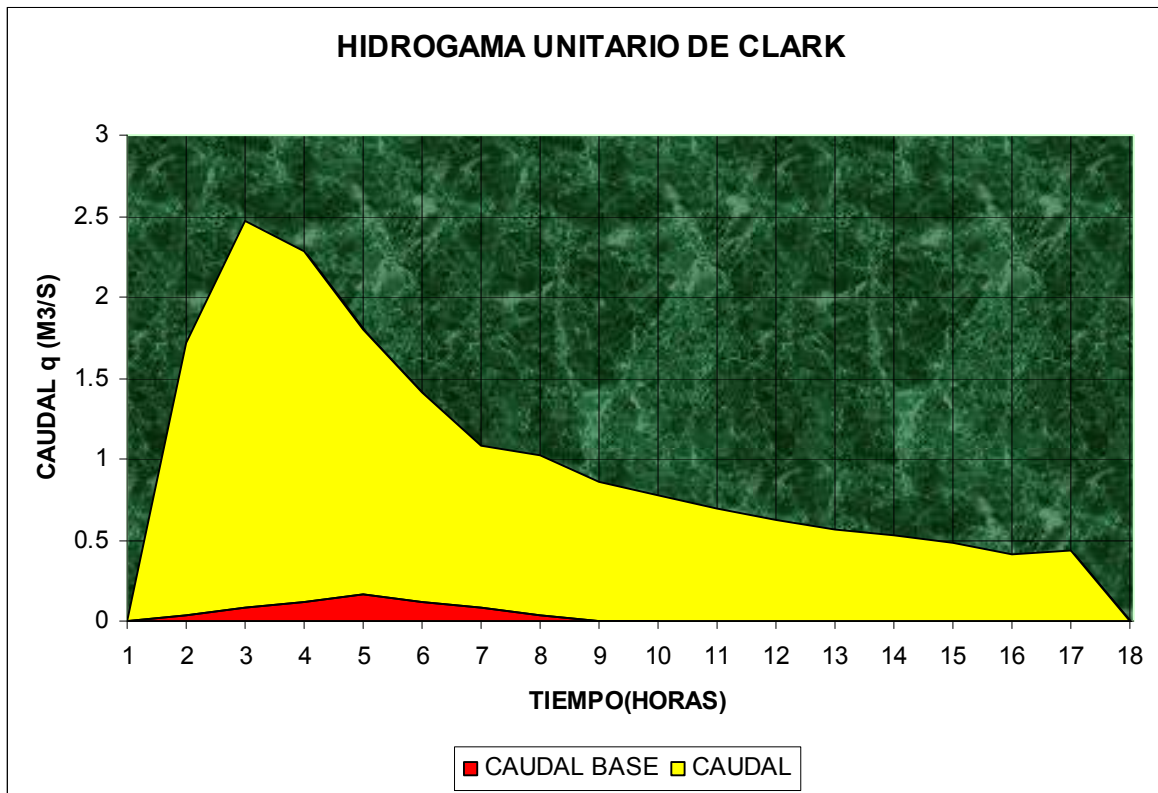


Gráfico 3.4: Hidrograma unitario de Clark de una hora de duración.

COMPROBACION:

$$Pe = \frac{Ve}{A} = \frac{6049}{0.6049} * \frac{1km^2}{10^6 m^2} * \frac{100cm}{1m} = 1cm$$

Ecuación 3.24

### 3.5.1 CALCULO DEL NIVEL DE AGUAS MAXIMAS EN LOS PUNTOS CRITICOS.

El nivel de agua máximas se caracteriza por ser una elevación no usual la que provoca la mayoría de veces desbordamientos y riesgos en la población y sus bienes. Se calcula como se detalla a continuación:

Con un periodo de retorno de 25 años, dados los siguientes valores:

elemento	valor
Q <sub>25 años</sub>	220.68 m <sup>3</sup> /s
n	0.05
s	0.03

Dando como resultado:

$$Q \cdot n / s^{0.5} = 63.7048$$

Ecuación 3.25

Datos de la sección:

x [m]	h [m]
0.00	689.45
6.91	688.06
8.91	687.91
10.91	688.03
12.91	687.90
16.91	688.33
18.90	690.38

Tabla 3.10. Datos de la sección ubicada entre las obras de paso.

De la tabla anterior se obtiene el gráfico 3.5 que muestra la sección transversal del río en estudio.

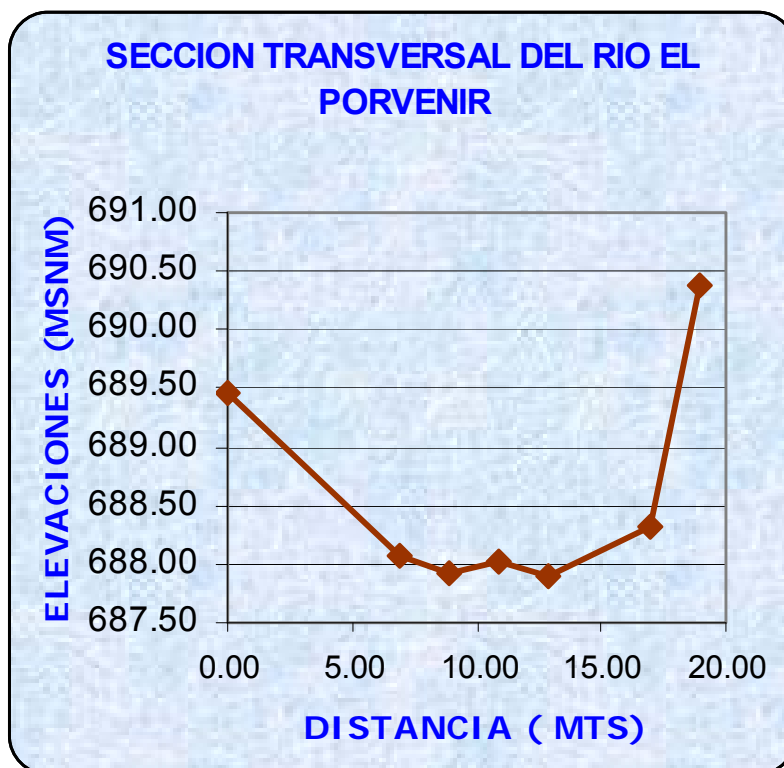


Gráfico 3.5. Sección del río El Porvenir ubicado entre las obras de paso con riesgo de desborde.

**Datos para la curva de descarga:**

h [m]	Área [m <sup>2</sup> ]	P [m]	R [m]	AR <sup>2/3</sup>
687.90	0.00	0.00	0.000	0.00
688.15	1.37	2.04	0.672	1.05
688.40	3.99	2.93	1.359	4.90
688.65	7.11	3.61	1.969	11.18
688.90	10.61	4.29	2.472	19.40
689.15	14.48	4.97	2.912	29.53
689.40	18.72	5.65	3.313	41.60
689.65	23.33	6.33	3.686	55.67
689.90	28.31	7.01	4.040	71.82
690.15	33.67	7.69	4.380	90.12
690.38	38.92	8.31	4.683	108.94

Tabla 3.11. Datos para la curva de descarga

Interpolando el valor de la ecuación 3.25 para encontrar la altura máxima buscado obteniendo el resultado en tabla 3.12:

h [m]	AR <sup>2/3</sup>
689.65	55.670
689.90	71.820
<b>689.77</b>	63.705

Tabla 3.12. Valores de Altura deseados.

Por medio de la tabla 3.12 se obtiene el grafico 3.6:

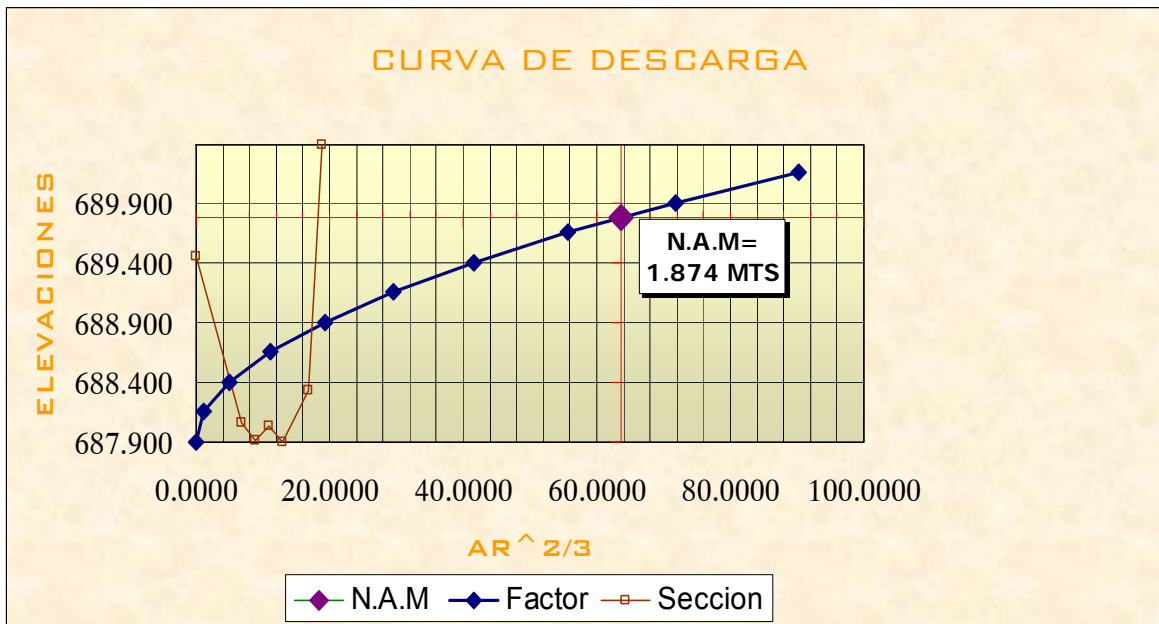


Grafico 3.6. Curva de descarga ubicada en el sector puentes cachos.

Con el gráfico 3.6 se obtuvo un N.A.M = 1.874

## SECTOR RIO EL PORVENIR.

elemento	valor
Q <sub>25 años</sub>	220.68 m <sup>3</sup> /s
n	0.05
s	0.03

Dando como resultado:

$$Q \cdot n / s^{0.5} = 63.7048$$

En la tabla 3.13 se observan los datos de la sección.

Datos de la sección:

x [m]	h [m]
0.00	690.00
0.00	687.84
3.00	687.25
6.00	687.30
9.00	687.15
12.00	687.80
12.00	690.00

Tabla 3.13. Datos de la sección transversal del puente ubicado en el río el Porvenir.

De la tabla 3.13 se obtiene el grafico 3.7.



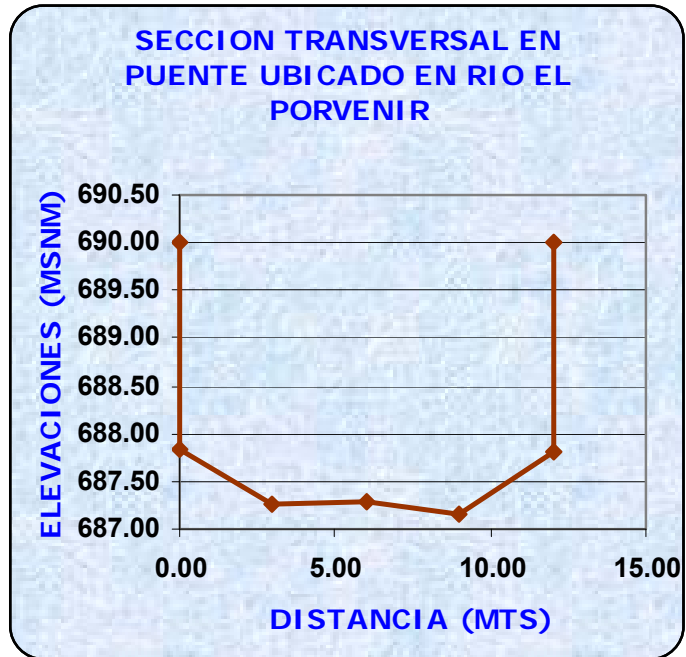


Gráfico 3.7. Sección transversal de puente ubicado en río El Porvenir

c	Área [m <sup>2</sup> ]	P [m]	R [m]	AR <sup>2/3</sup>
687.15	0	0.00	0.000	0.00
687.40	1.1043	1.08	1.020	1.12
687.65	3.33837	1.64	2.032	5.36
687.90	6.24	2.18	2.860	12.57
688.15	9.24	2.68	3.446	21.08
688.40	12.24	3.18	3.847	30.05
688.65	15.24	3.68	4.140	39.29
688.90	18.24	4.18	4.362	48.70
689.15	21.24	4.68	4.537	58.21
689.40	24.24	5.18	4.678	67.80
689.65	27.24	5.68	4.795	77.45
689.90	30.24	6.18	4.892	87.14
690.00	31.4308	6.38	4.927	91.01

Tabla 3.14. Datos para la curva de descarga

Interpolando el valor de la ecuación  $Q \cdot n / s^{0.5} = 63.7048$  para encontrar la altura máxima buscada obteniendo el resultado en tabla 3.15:

h [m]	AR <sup>2/3</sup>
689.15	58.2100
689.40	67.8000
689.293	63.7048

Tabla 3.15. Datos de la sección transversal del puente ubicado en el río el Porvenir

Por medio de la tabla 3.15 se obtiene el grafico 3.8:

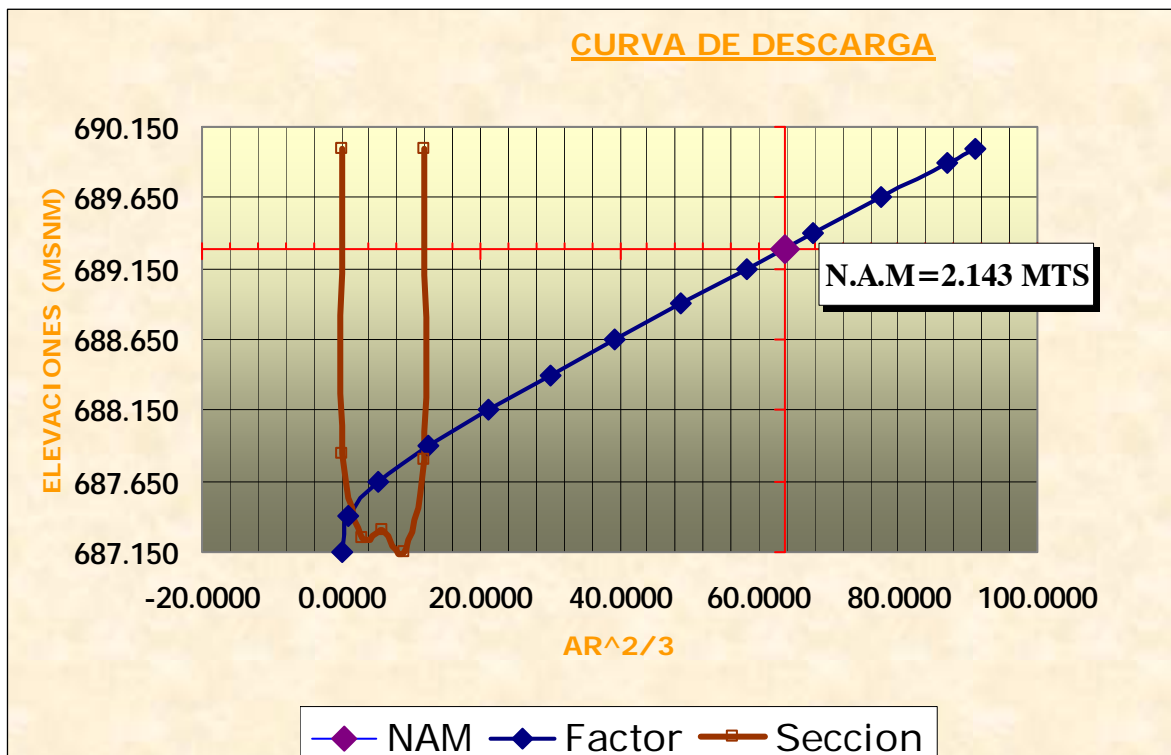


Gráfico 3.8. Curva de descarga para la determinación del nivel de aguas máximas.

Mediante el gráfico 3.8 se obtiene un N.A.M.= 2.143 mts.

## SECTOR RIO EL PORVENIR O TRES CEIBAS.

elemento	valor
Q <sub>25 años</sub>	43.54 m <sup>3</sup> /s
n	0.05
s	0.03

Dando como resultado:

$$Q \cdot n / s^{0.5} = 12.57$$

Datos de la sección se obtiene la tabla 3.16:

x [m]	h [m]
0.00	690.35
0.00	688.23
1.50	688.03
3.76	688.20
3.76	690.35

Tabla 3.16. Datos de la sección transversal del puente ubicado en el río el Porvenir o Tres Ceibas.

De la tabla 3.16 se obtiene el gráfico 3.9.

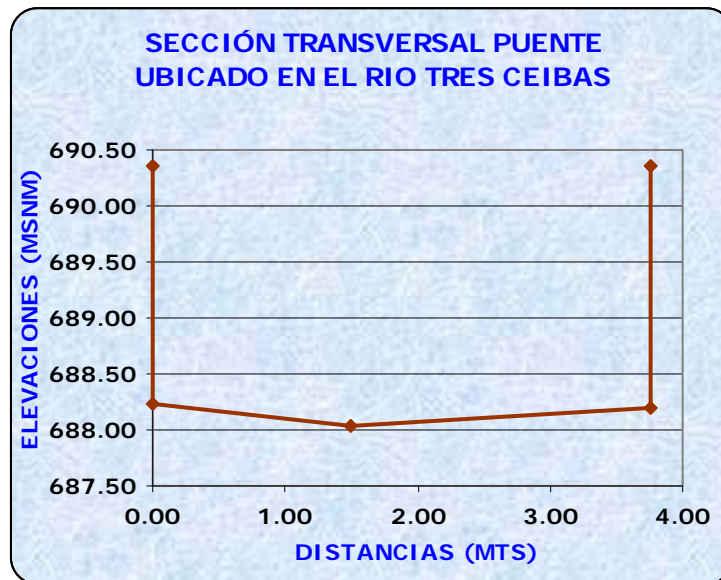


Gráfico 3.9. Sección transversal de puente ubicado en el sector del río El Porvenir o Tres Ceibas.

Datos para la curva de descarga (tabla 3.17):

<b>h [m]</b>	<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	<b>P [m]</b>	<b>R [m]</b>	<b>AR<sup>2/3</sup></b>
688.28	0.00	0.00	0.000	0.00
688.53	0.60	0.66	0.902	0.56
688.78	1.54	1.16	1.323	1.85
689.03	2.48	1.66	1.490	3.23
689.28	3.44	2.16	1.590	4.68
689.53	4.40	2.66	1.652	6.14
689.78	5.54	3.16	1.751	8.04
690.03	6.32	3.66	1.725	9.09
690.28	7.28	4.16	1.748	10.56
690.35	7.54	4.30	1.753	10.96

Tabla 3.17. Datos para la curva de descarga

Interpolando el valor de la ecuación  $Q \cdot n / s^{0.5} = 12.57$  para encontrar la altura máxima buscado obteniendo el resultado en tabla 3.18:

<b>h [m]</b>	<b>AR<sup>2/3</sup></b>
690.35	10.96
690.89	13.00
690.776	12.57

Tabla 3.18. Datos de la sección transversal del puente ubicado en el río El Porvenir.

De la tabla anterior se obtiene el grafico 3.10:

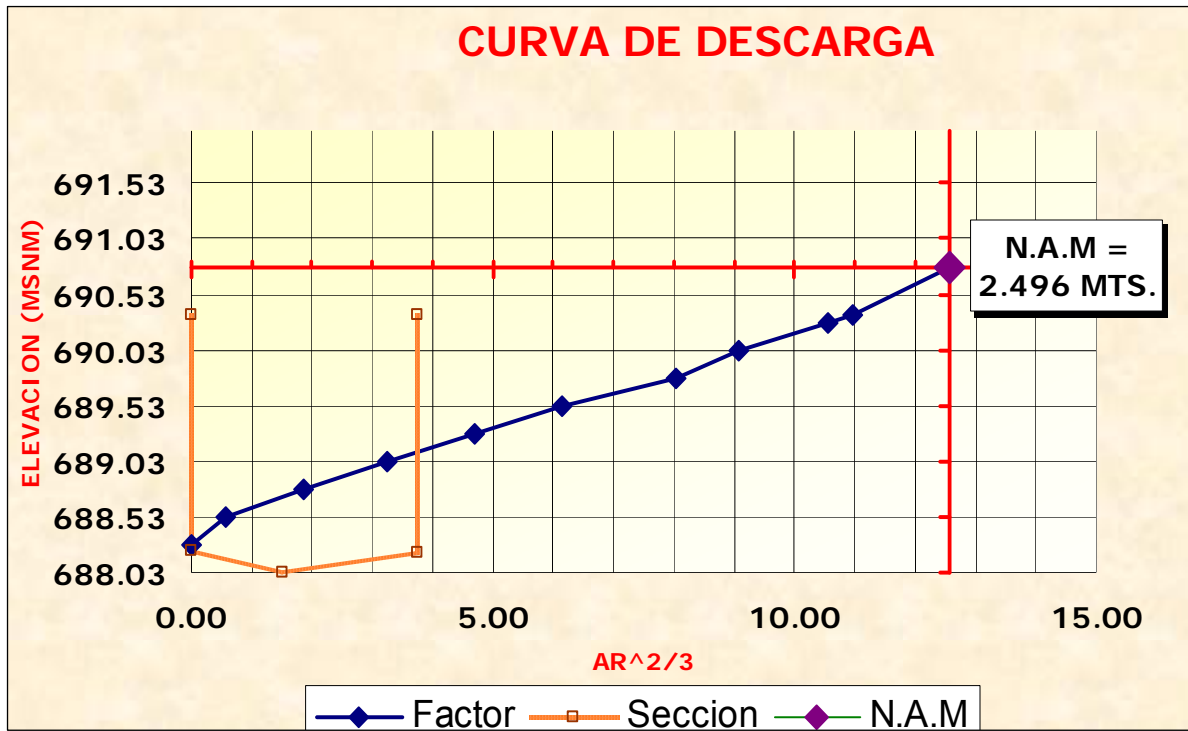


Gráfico 3.10. Curva de descarga del puente ubicado en Río Tres Ceibas sector Puentes Chachos.

Y mediante el gráfico 3.10 se obtiene un N.A.M = 2.496 mts.

### **3.6 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

Algunas alternativas a proponer para solucionar o atenuar la problemática que provocan las inundaciones en el sector “Puentes Chachos” del Municipio El Porvenir son:

- 1.** Construcción de Aletones y mejoras al puente existente en el sector “Puentes Chachos”. Se debe observar que el caudal de diseño que llegue a la estructura pueda ser desalojado sin afectar a esta, de manera que permita canalizar con obras civiles el caudal generado por la cuenca, que converge en el punto de interés.
- 2.** Ampliación del margen del río y dragado aguas arriba y aguas abajo, con la finalidad de evitar posibles inundaciones ocasionadas por las crecidas cuando se producen grandes precipitaciones, y de esta manera evitar que el agua salga de su trayectoria normal del río, para proteger los terrenos aledaños a este y no se obstruya la libre circulación por los accesos principales al municipio de El Porvenir.
- 3.** Sustitución de obra de paso sobre el río El Porvenir, para evitar se forme un cuello de botella y el agua no se desborde por los márgenes del río.

**4.** Diseñar diferentes obras civiles que tengan un periodo de diseño adecuado tales como: Muros de Contención, Gaviones y Gradadas Disipadoras a los costados del río en puntos estratégicos, donde se encuentra más propenso al desbordamiento, y se espera que dichas obras ayuden a guiar todo el caudal de forma segura, sin provocar mayor sedimentación en los ríos, sirviendo de apoyo y refuerzo a la estructura de paso mayor, en este caso el puente "Puentes Chachos".

**5.** Diseño de tuberías de desfogue: diseño de colocación de tuberías laterales a el puente sobre el río tres ceibas, que ayuden a conducir el agua que recibe dicha quebrada y que por medio de eso se pueda evitar las inundaciones en la zona.

# **CAPITULO IV**

## **PROPUESTA DE MEDIDAS DE PROTECCION**



## **CAPITULO IV: PROPUESTA DE MEDIDAS DE PROTECCION**

### **4.1 INTRODUCCION**

El desarrollo urbanístico, unido al mal uso y manejo de cuencas convierten a los municipios geográficamente menos privilegiados que se encuentran rodeados por ríos y quebradas en zonas vulnerables, muy propensas a los riesgos, como es el caso del municipio de El Porvenir, que desde hace muchos años sufre de inundaciones en el sector “Puentes Chachos”, lo que ha puesto en riesgo la vida de la población del municipio al querer trasladarse por la vía de acceso principal que es la más afectada por este fenómeno, así como el daño que provoca en los bienes de las personas que habitan en los alrededores del río El Porvenir.

En el capítulo anterior se realizó el estudio hidrológico de la cuenca del río El Porvenir, el cual es una base fundamental para el diseño integral de obras de protección y mitigación de riesgos en el sector “Puentes Chachos”.

El presente capítulo tiene como objetivo diseñar obras de protección que a su vez sean lo más funcionales posibles, y estén en armonía con el medio ambiente.

Esto se logrará combinando las técnicas de diseño y la evaluación de impacto ambiental rápida para lograr una base fundamental al momento de ejecutar las obras.

## 4.2 CONDICION ACTUAL DE LOS PUNTOS ANALIZADOS

De acuerdo a la investigación de campo, se determinaron los puntos críticos para la realización del análisis hidrológico que determino cual es el efecto de las crecientes en el sitio de estudio y que los vuelven más vulnerables a las inundaciones.

Por lo que se especificaron tres puntos de evaluación, siendo estos:

### **a) Río Tres Ceibas o El Porvenir:**

Actualmente el estado de esta río, no da abasto al caudal que recibe durante la época lluviosa, proveniente de los sectores de Santa Rosa, Senca, Singüil y el municipio El Porvenir, debido a que el ancho de la quebrada resulta ser demasiado angosta para la cantidad de agua que tiene que evacuar, así como por la cantidad de sedimentos que son arrastrados por la corriente, y que debido a la poca pendiente que presenta dicha quebrada, produce que los sedimentos se asienten en el fondo, provocando la disminución del área hidráulica de la misma, y ocasionando con ello la inundación de los terrenos aledaños.

En río Tres Ceibas o El Porvenir se puede encontrar una gran cantidad de vegetación como por ejemplo sauces, amates, mango, capulín, pastizales, cultivos entre otros.

**b) Río El Porvenir:** El río El Porvenir tiene un cauce capaz de evacuar la cantidad de agua proveniente de el río Tres Ceibas o El Porvenir y el río Comecayo que pueda propiciar cualquier tipo de tormenta, presentado un fondo irregular, con cambios de dirección brusco, pero que no son factores que originen problemas de inundación en los terrenos aledaños, debido a la poca pendiente (según pendiente media de la cuenca 3%) que este río presenta y a la profundidad de su cauce.

**c) Sector Puentes Chachos:** Este sitio de evaluación se encuentra ubicado en el tramo que une el río Tres Ceibas y el río Comecayo, lo que produce un aumento de caudal que fluye hacia el río El Porvenir.

Este sector presenta un fondo irregular, con acumulación de sedimentos, el cual es dragado una vez al año, pero que vuelve a saturar su fondo con cada tormenta que cae en la zona, reduciendo su capacidad hidráulica, y volviendo a la zona propensa a inundaciones, ya que no cuenta con estructuras de encauzamiento de aguas y que al mismo tiempo sirvan como protección.

#### **4.3 OBRAS EXISTENTES EN EL RIO AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO**

Las obras existentes en el río El Porvenir actualmente son dos y se ubican en el sector Puentes Chachos. Las dos fueron realizadas con el mismo propósito comunicar el municipio de El Porvenir con poblaciones aledañas.

La obra mas importante es la ubicada en el río El Porvenir y conecta a la población del municipio con San Sebastián Salitrillo y que a su vez es la principal vía de acceso al municipio. Este se trata de un puente construido hace mas de cincuenta años que según información proporcionada por el señor Guillermo Vizcarra edil del municipio se construyo sin la realización de ningún estudio hidrológico de la cuenca del Río El Porvenir. Por lo cual su área hidráulica no cumple su función de desalojar el caudal de la zona lo más rápido posible en eventos extremos.

La obra ubicada en el mismo sector pero en la quebrada el porvenir la constituye un puente y es parte de las zonas mas afectadas del sector en estudio, este conecta la población del porvenir con el cantón el rosario ubicado en el municipio del porvenir.

La municipalidad con el fin de mitigar la problemática realizan un dragado anual antes de la época lluviosa pero que no logra ningún beneficio al contrario contribuye a la vulnerabilidad de la zona ya que esto lo realiza sin ninguna

Planificación o análisis técnico modificando, la sección transversal de los puntos críticos aumentando el riesgo de colapso de las obras existentes y creando cuellos de botella aguas debajo en las zonas propensas a inundaciones.

Por la falta de obras físicas que mitiguen los riesgos de inundación y protejan a los pobladores se hace necesario el diseño de obras en zonas específicas en los sectores afectados y que fueron localizados según el estudio hidrológico y el análisis de campo del sector en estudio.

#### **4.4 DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACION Y PROTECCION A PROPONER**

Los muros de contención tienen gran aplicación en el área de proyectos de construcción, proyectos carreteros, mitigación de riesgos, encauzamiento de caudales, y otras áreas de la ingeniería civil.

Su utilización en el caso de encauzamiento y delimitación de cauce de un río o quebrada, es procurar que el flujo que circule a través de estos no rebase su altura de diseño, consiguiendo que el agua no cause inundaciones por desborde y sirviendo de protección a la población, al mismo tiempo evitando que el agua arrastre sedimento de los taludes adyacentes al interior del cauce.

De acuerdo a lo anterior expuesto se presenta el desarrollo del diseño de los muros de retención, que servirán para encausar el agua en el sitio Puentes Chachos y que prevendrán futuras inundaciones.

## DISEÑO ESTRUCTURAL DE MURO EN EL TRAMO DE CALLE QUE DEL MUNICIPIO EL PORVENIR CONDUCE AL CANTON EL ROSARIO

### Memoria de cálculo

Datos generales de Muro de mampostería de piedra.

Los parámetros de diseño están de acuerdo a la Norma Técnica para Diseño de Cimentaciones y Estabilidad de Taludes de El Salvador.

### Propiedades mecánicas<sup>20</sup>

Peso volumétrico del suelo

$$\gamma_s = 1.8 \text{ ton/m}^3$$

Peso volumétrico de mampostería de piedra

$$\gamma_p = 2.2 \text{ ton/m}^3$$

Capacidad de carga del suelo (ver anexo propiedades mecánicas de los suelos)

$$q_a = 28.5 \text{ ton/m}^2$$

Desplante

$$D_f = 0.45 \text{ mt}$$

Angulo de fricción<sup>21</sup>

$$\phi = 20.0^\circ$$

Angulo de Fricción entre el Muro y el relleno.

$$\delta_a = 13.33^\circ \leq 2/3\phi$$

---

<sup>20</sup> Datos obtenidos de mecánica de suelos y cimentaciones. Ing. Carlos Crespo Villalaz

<sup>21</sup> Según clasificación para arcillas, Terzagui y Peck 1948

Se calculan los efectos producidos sobre el muro basado en los coeficientes de zonificación sísmica, dependiendo de la ubicación de la zona como lo muestra la tabla 4.1

coeficientes	Zona I	Zona II
kh-max	<b>0.2</b>	<b>0</b>
kv	<b>0.1</b>	<b>0</b>

Tabla 4.1. Coeficientes de aceleración sísmica<sup>22</sup>

**Predimensionamiento del muro:**

Altura total: H = 2.55 metros

Base: B = 2.07 metros

Corona: C = 0.30 metros

En el siguiente grafico se muestran todas las dimensiones generales que tendrá el muro para el tramo comprendido en la calle del municipio El Porvenir que conduce al cantón El Rosario (ver figura 4.1)

---

<sup>22</sup> tomado de tabla 1 de norma técnica para diseño sísmico de El Salvador



**Eas = empuje activo sísmico**

$$Eas = \gamma s * H^2 * ka / 2 \quad \text{Ec. 4.3}$$

$$Kas = 4.86 \text{ ton/m}$$

**Eps = empuje pasivo sísmico**

$$Eps = \gamma s * H^2 * kp / 2 \quad \text{Ec. 4.4}$$

$$Eps = 0.31 \text{ ton/m}$$

**b) Cargas producidas por el relleno. (Efecto de empuje estático)**

**Ka = coeficiente activo de Rankine o presión activa**

$$Ka = \frac{\cos^{2(\phi-\theta)}}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta + \delta) \left[ 1 + \left[ \frac{\text{sen}(\delta + \phi) \cdot \text{sen}(\phi - \beta)}{\cos(\theta + \delta) \cdot \cos(\theta - \beta)} \right]^{1/2} \right]^2} \quad \text{Ec. 4.5}$$

$$Ka = 0.59$$

**Kp = coeficiente pasivo de Rankine o presión pasiva**

$$Kp = \frac{\cos^2(\phi + \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta - \delta) \left[ 1 - \left[ \frac{\text{sen}(\delta + \phi) \cdot \text{sen}(\phi + \beta)}{\cos(\theta - \delta) \cdot \cos(\theta - \beta)} \right]^{1/2} \right]^2} \quad \text{Ec. 4.6}$$

$$Kp = 2.89$$

**E = empuje de suelos**

$$E_{\text{activo}} = \gamma s * H^2 * ka / 2 \quad \text{Ec. 4.7}$$

$$E_{\text{activo}} = 3.45 \text{ ton/m}$$

$$\Delta Eas = 1.41$$

$$Ep = \gamma s * H^2 * kp / 2 \quad \text{Ec. 4.8}$$

$$Ep = 0.53 \text{ ton/m}$$

$$\Delta Eps = -0.22$$



Se calcularon los diferentes tipos de empujes que afectaran la estabilidad del muro, y se muestran en la tabla 4.2

Empujes totales		Comp. x	Comp. y
Ea gravedad	3.45	2.93	1.82
E activo combinado	4.86	4.13	2.56
Ep gravedad	0.53	0.52	0.12
E pasivocombinado	0.31	0.3	0.07
Ep sismo	-0.22	-0.21	-0.05
Ea sismo	1.41	1.2	0.74

Tabla 4.2. Empujes que afectan la estabilidad del muro

En la tabla 4.3 se presentan los Momentos Resistentes del muro

Fig. N°	Material	Área m <sup>2</sup>	$\gamma$ ton/m	Peso ton/m	Brazo m	MR ton-m/m
1	suelo	1.950	1.80	3.51	1.695	5.949
2	suelo	1.131	1.80	2.04	1.030	2.097
3	pedra	1.131	2.20	2.49	0.740	1.841
4	pedra	0.780	2.20	1.72	0.300	0.515
5	pedra	1.035	2.20	2.28	1.035	2.357
6	pedra	0.000	2.20	0.00	0.000	0.000
7	suelo	0.075	1.80	0.14	0.075	0.010
8	suelo	0.000	1.80	0.00	1.530	0.000
V2				2.11	1.11	2.344
V1				0.00	0.300	0.000
			$\Sigma WT=$	<b>14.27</b>	$\Sigma MR=$	<b>15.114</b>

Tabla 4.3. Momentos resistentes del muro

Se calcularon los efectos del empuje pasivo y activo del muro en las direcciones horizontal y vertical como se muestra en la tabla 4.4

<b>Eay</b>	1.82	2.07	3.767
<b>Epx</b>	0.52	0.15	0.078
<b>Easy</b>	0.74	2.07	1.532
<b>Epsx</b>	-0.21	0.30	-0.063
<b>totales resistentes=</b>		$\Sigma MR_{total}=$	<b>20.43</b>

Tabla 4.4. Empujes actuantes en el muro

Se calcularon las acciones actuantes sobre el muro como se muestra en la tabla 4.5

Eax	2.93	0.85	2.49
Easx	1.2	1.7	2.04
Ex adicional sismo	2.41	1.49	3.59
V1xs	0	1.275	0
V2xs	0.42	1.275	0.54
totales actuantes=	<b>6.96</b>	$\Sigma \mathbf{Ma_{total}}=$	<b>8.66</b>

Tabla 4.5. Acciones actuantes sobre el muro

Con los datos de las tablas se calculan las fuerzas de fricción cuando no hay sismo de la siguiente manera:

**c) Fuerzas de fricción sin sismo**

$$N = WT + E_{ay} \quad \text{Ec. 4.9}$$

$$N = 16.09$$

$$f = \mu * N \quad \text{Ec. 4.10}$$

$$f = 3.81$$

Se calcula la estabilidad del muro de la siguiente manera:

**d) Estabilidad del muro SIN SISMO**

*Deslizamiento sin sismo*

Factor de seguridad  $FS \geq 1.50$

$$FS = (E_p + f) / (\Sigma F_a) \quad \text{Ec. 4.11}$$

$$FS = 1.50 \quad \text{OK}$$

**e) Volteo sin sismo**

Factor de seguridad  $FS > 1.50$

$$FS = \Sigma MR / Ma \quad \text{Ec. 4.12}$$

$$FS = 6.26 \quad \text{OK}$$

#### **f) Hundimiento sin sismo**

$$M = \sum MR - Ma \quad \text{Ec. 4.13}$$

$$M = 16.469$$

$$Xa = M/N \quad \text{Ec. 4.14}$$

$$Xa = 1.02$$

#### **g) Condición de carga**

$$e_{max} = L/6 \quad \text{Ec. 4.15}$$

$$e_{max} = 0.35 \text{ m}$$

$$e = L/2 - Xa \quad \text{Ec. 4.16}$$

$$e = 0.02 \text{ m}$$

$$e < e_{max} \quad \text{OK}$$

La excentricidad se encuentra dentro del rango requerido, por lo que cumple con la capacidad de carga.

$$q_{max} = \sum WT/L * (1 + 6 * e/L) \quad \text{Ec. 4.17}$$

$$q_{max} = 8.23 \text{ ton/m}^2$$

$$q_a = 28.5 \text{ ton/m}^2$$

$$q_a > q_{max} \quad \text{OK}$$

Con los valores de las tablas se procedió a evaluar las acciones producidas por las fuerzas de fricción con sismo.

#### **h) Fuerzas de fricción con sismo**

$$\mu = \tan(2/3\phi) \quad \text{Ec. 4.18}$$

$$\mu = 0.237$$

$$N = WT + Eay + Easy \quad \text{Ec. 4.19}$$

$$N = 16.83$$

$$f = \mu * N \quad \text{Ec. 4.20}$$

$$f = 3.990$$

Se procede a evaluar la estabilidad del muro con sismo de la siguiente manera:

**i) Estabilidad del muro CON SISMO**

$$\text{Factor de seguridad } FS \geq 1.20$$

$$FS = (Ep + f) / (\Sigma Fa) \quad \text{Ec. 4.21}$$

$$FS = 0.65 \text{ REDIM}$$

**Volteo con sismo**

$$\text{Factor de seguridad } FS > 1.20$$

$$FS = \Sigma MR / Ma \quad \text{Ec. 4.22}$$

$$FS = 2.36 \text{ OK}$$

**j) Hundimiento con sismo**

$$M = SMR - Ma \quad \text{Ec. 4.23}$$

$$M = 11.768$$

$$Xa = M / N \quad \text{Ec. 4.24}$$

$$Xa = 0.70$$

**k) Condición de carga**

$$e_{\max} = L / 6 \quad \text{Ec. 4.25}$$

$$e_{\max} = 0.35 \text{ m}$$

$$e = L / 2 - Xa \quad \text{Ec. 4.26}$$

$$e = 0.34 \text{ m}$$

$$e < e_{\max} \text{ OK}$$

La excentricidad se encuentra dentro del tercio medio, por lo que si se cumple con la capacidad de carga.

Como la excentricidad se encuentra dentro del rango permitido, se procede a calcular el valor de la carga máxima que soportara el muro

$$q_{max} = SWT/L * (1+6*e/L) \quad Ec. 4.27$$

$$q_{max} = 16.15 \text{ ton/m}^2$$

$$q_a = 37.905 \text{ ton/m}^2$$

$q_a > q_{max}$  OK

## **DISEÑO ESTRUCTURAL DE MURO EN EL TRAMO DE CALLE QUE DEL MUNICIPIO EL PORVENIR CONDUCE AL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN SALITRILLO.**

### **MEMORIA DE CÁLCULO**

Datos generales de Muro de mampostería de piedra.

Los parámetros de diseño están de acuerdo a la Norma Técnica para Diseño de Cimentaciones y Estabilidad de Taludes de El Salvador

#### **Propiedades mecánicas<sup>23</sup> (ver anexo 2.2)**

Peso volumétrico del suelo

$$\gamma_s = 1.8 \text{ ton/m}^3$$

Peso volumétrico de mampostería de piedra

$$\gamma_p = 2.2 \text{ ton/m}^3$$

Capacidad de carga del suelo

$$q_a = 28.5 \text{ ton/m}^2$$

Desplante

$$D_f = 0.45 \text{ mt}$$

---

<sup>23</sup> Datos obtenidos de mecánica de suelos y cimentaciones. Ing. Carlos Crespo Villalaz

Angulo de fricción

$$\varnothing = 20.0^\circ$$

Angulo de Fricción entre el Muro y el relleno.

$$\delta a = 13.33^\circ \delta \leq 2/3\varnothing$$

Se calculan los efectos producidos sobre el muro basado en los coeficientes de zonificación sísmica, dependiendo de la ubicación de la zona como lo muestra la tabla 4.6

<b>coeficientes</b>	<b>Zona I</b>	<b>Zona II</b>
kh-max	<b>0.2</b>	<b>0</b>
kv	<b>0.1</b>	<b>0</b>

Tabla 4.6. Coeficientes de aceleración sísmica<sup>24</sup>

Predimensionamiento del muro

Altura total: H = 2.45 metros

Base: B = 2.03 metros

Corona: C = 0.30 metros

---

<sup>24</sup> tomado de tabla 1 de norma técnica para diseño sísmico de El Salvador



**Eas = empuje activo sísmico**

$$Eas = \gamma_s * H^2 * ka / 2 = 4.48 \text{ ton/m}$$

**Eas = empuje pasivo sísmico**

$$Eps = \gamma_s * H^2 * kp / 2 = 0.31 \text{ ton/m}$$

**b) Cargas producidas por el relleno. (Efecto de empuje estático)**

**Ka = coeficiente activo de Rankine o presión activa**

$$Ka = \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta + \delta) \left[ 1 + \left[ \frac{\sin(\delta + \phi) \cdot \sin(\phi - \beta)}{\cos(\theta + \delta) \cdot \cos(\theta - \beta)} \right]^{1/2} \right]^2} = 0.59$$

**Kp = coeficiente pasivo de Rankine o presión pasiva**

$$Kp = \frac{\cos^2(\phi + \theta)}{\cos^2 \theta \cdot \cos(\theta - \delta) \left[ 1 - \left[ \frac{\sin(\delta + \phi) \cdot \sin(\phi + \beta)}{\cos(\theta - \delta) \cdot \cos(\theta - \beta)} \right]^{1/2} \right]^2} = 2.89$$

**E = empuje de suelos**

$$E_{\text{activo}} = \gamma_s * H^2 * ka / 2 = 3.19 \text{ ton/m}$$

$$\Delta Eas = 1.29$$

$$E_p = \gamma_s * H^2 * kp / 2 = 0.53 \text{ ton/m}$$

$$\Delta Eps = -0.22$$



Se calcularon los diferentes tipos de empujes que afectaran la estabilidad del muro, y se muestran en la tabla 4.7

Empujes totales		Comp. x	Comp. y
Ea gravedad	3.19	2.71	1.68
E activo combinado	4.48	3.81	2.35
Ep gravedad	0.53	0.52	0.12
E pasivo combinado	0.31	0.3	0.07
Ep sismo	-0.22	-0.21	-0.05
Ea sismo	1.29	1.1	0.68

Tabla 4.7. Empujes que afectan la estabilidad del muro

En la tabla 4.8 se presentan los Momentos Resistentes del muro

Fig. N°	Material	Área m <sup>2</sup>	$\gamma$ ton/m	Peso ton/m	Brazo m	MR ton-m/m
1	suelo	1.875	1.80	3.38	1.655	5.586
2	suelo	1.038	1.80	1.87	1.003	1.874
3	piedra	1.038	2.20	2.28	0.727	1.659
4	piedra	0.750	2.20	1.65	0.300	0.495
5	piedra	1.015	2.20	2.23	1.015	2.266
6	piedra	0.000	2.20	0.00	0.000	0.000
7	suelo	0.075	1.80	0.14	0.075	0.010
8	suelo	0.000	1.80	0.00	1.503	0.000
V2				2.07	1.09	2.254
V1				0.00	0.300	0.000
			$\Sigma WT=$	<b>13.61</b>	$\Sigma MR=$	<b>14.144</b>

Tabla 4.8. Momentos resistentes del muro

Se calcularon los efectos del empuje pasivo y activo del muro en las direcciones horizontal y vertical como se muestra en la tabla 4.9

Eay	1.68	2.03	3.410
Epx	0.52	0.15	0.078
Easy	0.68	2.03	1.380
Epsx	-0.21	0.30	-0.063
totales resistentes=		$\Sigma MR_{total}=$	<b>18.95</b>

Tabla 4.9. Empujes actuantes en el muro

Se calcularon las acciones actuantes sobre el muro como se muestra en la tabla 4.10.

Eax	2.71	0.82	2.22
Easx	1.1	1.63	1.79
Ex adicional sismo	2.28	1.44	3.28
V1xs	0	1.225	0
V2xs	0.41	1.225	0.5
totales actuantes=	<b>6.5</b>	$\Sigma Ma_{total}$	<b>7.79</b>

Tabla 4.10. Acciones actuantes sobre el muro

Con los datos de las tablas se calculan las fuerzas de fricción cuando no hay sismo de la siguiente manera:

**c) Fuerzas de fricción sin sismo**

$$N = WT + Eay = 15.29$$

$$f = \mu * N = 3.62$$

Se calcula la estabilidad del muro de la siguiente manera

**d) Estabilidad del muro SIN SISMO**

Deslizamiento sin sismo

Factor de seguridad  $FS \geq 1.50$

$$FS = (Ep + f) / (\Sigma Fa) = 1.50 \quad \text{OK}$$

**e) Volteo sin sismo**

Factor de seguridad  $FS > 1.50$

$$FS = \Sigma MR / Ma = 6.48 \quad \text{OK}$$

**f) Hundimiento sin sismo**

$$M = \Sigma MR - Ma = 15.412$$

$$Xa = M / N = 1.01$$

### g) Condición de carga

$$e_{max} = L/6 = 0.34 \text{ m}$$

$$e = L/2 - X_a = 0.01 \text{ m}$$

$$e < e_{max} \quad \text{OK}$$

La excentricidad se encuentra dentro del rango requerido, por lo que cumple con la capacidad de carga.

Como la excentricidad cumple se procede a calcular la carga máxima que soportara el muro de la siguiente manera:

$$q_{max} = \sum WT/L * (1 + 6 * e/L) = 7.76 \text{ ton/m}^2$$

$$q_a = 28.5 \text{ ton/m}^2$$

$$q_a > q_{max} \quad \text{OK}$$

Con los valores de las tablas se procedió a evaluar las acciones producidas por las fuerzas de fricción con sismo.

### h) Fuerzas de fricción con sismo

$$\mu = \tan(2/3\phi) = 0.237$$

$$N = WT + E_{ay} + E_{asy} = 15.97$$

$$f = \mu * N = 3.790$$

Se procede a evaluar la estabilidad del muro con sismo de la siguiente manera:

### i) Estabilidad del muro CON SISMO

Factor de seguridad  $FS > 1.20$

$$FS = (E_p + f) / (\sum F_a) = 1.20 \quad \text{OK}$$

### j) Volteo con sismo

Factor de seguridad  $FS > 1.20$

$$FS = \sum MR / Ma = 2.43 \quad \text{OK}$$

### **k) Hundimiento con sismo**

$$M=SMR-Ma= 11.160$$

$$Xa=M/N= 0.70$$

### **l) Condición de carga**

$$e_{max} = L/6= 0.34 \text{ m}$$

$$e=L/2-Xa=0.32 \text{ m}$$

$$e < e_{max} \text{ OK}$$

La excentricidad se encuentra dentro del tercio medio, por lo que si se cumple con la capacidad de carga.

Como la excentricidad cumple se procede a calcular el valor de carga máxima que soportara el muro de la siguiente manera:

$$q_{max} = SWT/L * (1+6*e/L) = 15.31 \text{ ton/m}^2$$

$$q_a = 37.905 \text{ ton/m}^2$$

$$q_a > q_{max} \text{ OK}$$

## DISEÑO DE CANALETA PARA AMPLIACIÓN DE CAUCE DE RIO TRES CEIBAS O EL PORVENIR

Las dimensiones con que en la actualidad cuenta el río Tres Ceibas o El Porvenir, la torna insuficiente<sup>25</sup> para poder transportar la cantidad de agua que recorre su cauce, por lo que es necesario realizar un trabajo de ampliación de sus bordes y el dragado de su fondo, con la finalidad de aumentar su capacidad hidráulica, y evitar con ello los problemas de inundación que esta deficiencia genera.

En base a lo anterior se realiza el diseño de una canaleta, que defina cuales son las dimensiones a desarrollar en el cauce del río Tres Ceibas o El Porvenir, para lograr que el agua que por ella circula, no salga de su rumbo y se desplace sin ningún inconveniente hasta el río El Porvenir.

### DISEÑO DE CANALETA

$$Q_{25 \text{ años}} = 43.54 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Pendiente media} = 0.03$$

$$n = 0.020 \text{ canales de tierra con vegetación normal. (Anexo 2.1)}$$

Área hidráulica

Por criterios de diseño se asumirá la siguiente sección (ver figura 4.3)

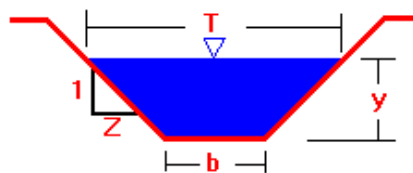


Figura 4.3. Sección triangular para cálculo de canal

<sup>25</sup> Según datos obtenidos del nivel de aguas máximas de la quebrada El Porvenir. El cual es 2.5 mts y la profundidad de la sección transversal del río anda entre 60 cm y 1.10 mts a lo largo de el río.

Donde:

A<sub>h</sub>= área hidráulica

Z= Proyección horizontal.

Y= tirante.

$$A_h = ZY^2 \quad \text{Ec. 4.28} \quad \text{Ven-te-Chow}$$

$$R_h = \frac{ZY}{Z(1+Z^2)^{\frac{1}{2}}} \quad \text{Ec. 4.29} \quad \text{Ven-te-Chow}$$

Donde:

R<sub>h</sub> = radio hidráulico.

Sustituyendo A<sub>h</sub> y R<sub>h</sub> en la ecuación de Manning con Z=0.5, y despejando “Y” se tiene:

$$Y = \left[ \frac{(5.429(Q * n))}{(S)^{\frac{1}{2}}} \right]^{\frac{3}{8}} \quad \text{Ec. 4.30}$$

$$Y = \left[ \frac{(5.429(43.54 * 0.02))}{(0.03)^{\frac{1}{2}}} \right]^{\frac{3}{8}}$$

$$Y = 3.45$$

Como:

$$A_h = ZY^2 = 0.5 * (3.45)^2$$

$$A_h = 5.95 \text{ m}^2$$

Utilizando una sección trapezoidal de A<sub>h</sub>=5.95 m<sup>2</sup>, por criterio de diseño se tiene (Ver figura 4.4)

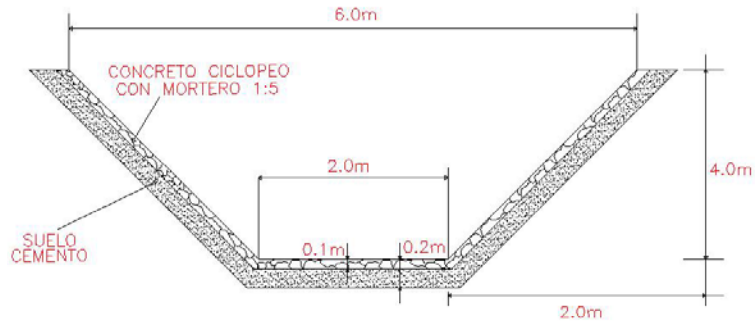


Figura 4.4. Sección trapezoidal de canaleta

Para canales abiertos la fórmula de Chezy con coeficiente de Manning, es la más utilizada por haber sido experimentada desde los canales con dimensiones pequeñas hasta los grandes canales, con resultados bastante coherentes entre el proyecto y la obra construida.

Ver comparación de resultados para este tipo de sección<sup>26</sup> en anexo n

#### LONGITUD DE CANALETA

**L = 200 m**

<sup>26</sup> En software para diseño de canales "HCANALES" desarrollado por Máximo Villon Bejar.

## DISEÑO DE BOVEDA

### SISTEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL

A = área de recogimiento 5081.00 m<sup>2</sup> (ver anexo 3.2)

Usando la formula anterior tenemos:

$$Qd = 43.53 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

Aplicando factor Geométrico "AR <sup>$\frac{2}{3}$</sup> "

Y factor Hidráulico " $\frac{nQ}{\sqrt{S}}$ "

n = Coeficiente de rugosidad de Manning 0.025 para tierra y empedrado fraguado

Q = caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg.)

S = pendiente

Datos n = 0.025 para tierra y empedrado fraguado

$$Q = 43.54 \text{ m}^3/\text{seg} =$$

$$S = 0.03 = 3\%$$

$$AR^{\frac{2}{3}} = \frac{(0.025)(43.54)}{\sqrt{0.03}} = 6.28$$

Interpolando este dato en la tabla de curvas para bóvedas corresponde a b = 420 m con las dimensiones siguientes según tabla (ver anexo 2.4 y 2.5)

$$X = 37 \text{ cms}$$

$$Z = 90 \text{ cms}$$

$$R1 = 213 \text{ cms}$$

$$R = 343 \text{ cms}$$

$$B = 216 \text{ cms}$$

$$C = 35 \text{ cms}$$

$$D = 141 \text{ cms}$$

$$E = 40 \text{ cms}$$

$$L = 89 \text{ cms}$$

$$M = 606 \text{ cms}$$





## REFUERZO HORIZONTAL

$$9 \times 4 \times 1.10 \times 2/6 = 13.2 \text{ varillas } 3/8''$$

Estribos @ 15 cms

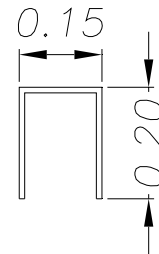
$$(9/0.15+1) \times 1.10 \times 1.10 \times 2/6 = 24.6 \text{ varillas } 1/4''$$

## GANCHOS SUJETADORES DE LAMINA A SOLERA

Acero de 3/8''

Largo =  $166 \times 2 = 9 \text{ ml @ } 30 \text{ cm}$

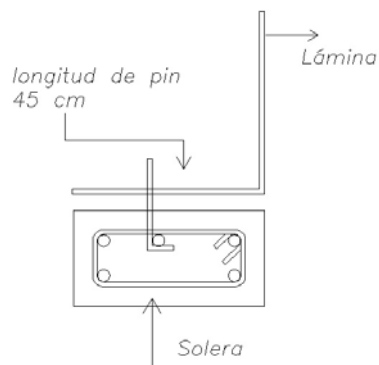
$$(9/0.30+1) \times (0.55 \times 1.10/6) = 3.13 \text{ varillas}$$



## PINES SUJETADORES DE LOSA CON HIERRO DE 3/8''

Largo  $4.5 \times 2 = 9 \text{ ml}$

$$(9/0.60+1) \times (0.45 \times 1.10/6) = 1.32 \text{ varillas } 3/8''$$



# DISEÑO DE MURO PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

## DISEÑO DE MURO

Análisis de Estabilidad de Muro

### A. PARÁMETROS DEL SUELO Y MURO

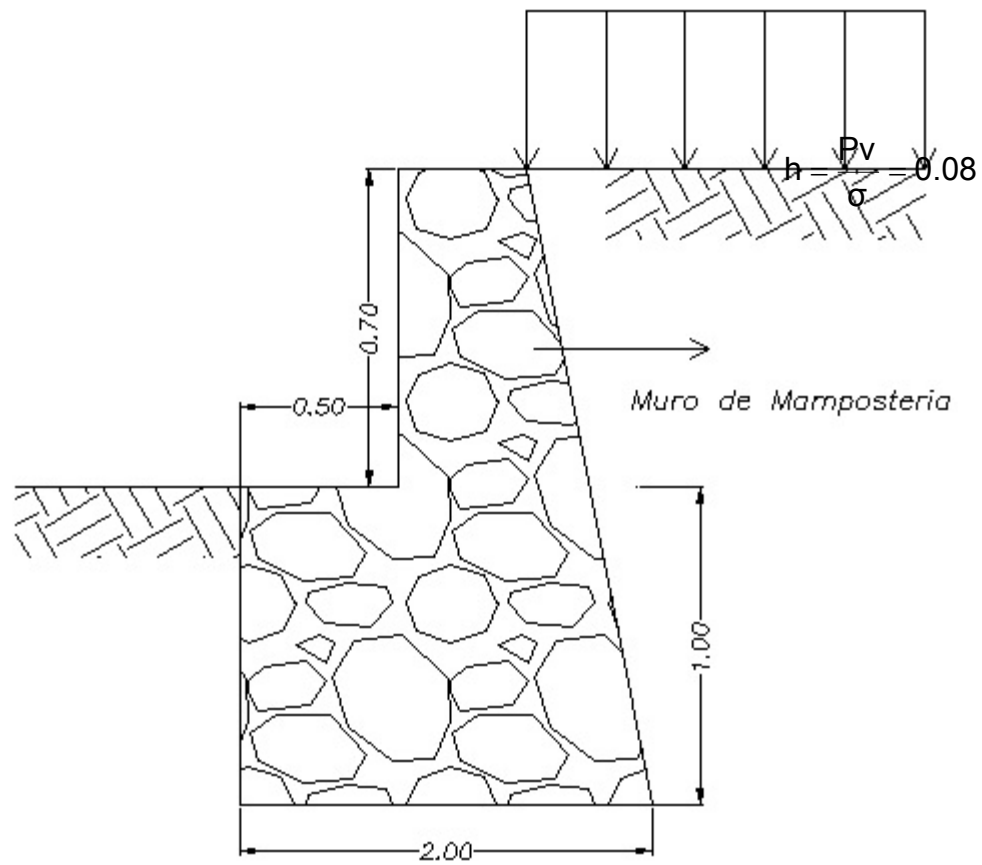


Figura 4.6 Sección del muro

Tipo de suelo: limo

Peso Volumétrico del suelo  $\gamma_s = 1.70 \text{ ton/m}^3$  (ver anexo 2.2)

Angulo de fricción interna  $\gamma_s = 30^\circ$

Cohesión  $= 0.50 \text{ ton/m}^3$

Zona sísmica  $= 1.00$

Peso del muro  $= 1.90 \text{ ton/m}^3$

## B. PRE-DIMENSIONAMIENTO

(D) Desnivel = 0.70 m

(C) Corona = 0.40 m

(Hi) Desplante = 1.00 m

(H) Altura = 1.70 m (desnivel + desplante)

(B) Base = 2.00 m

## C. EMPUJES VERTICALES

Superficie Horizontal

$$K_a = \tan^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) \text{ Ec. 4.31}$$

$$K_p = \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \text{ Ec.4.32}$$

$$K_a = \tan^2\left(45 + \frac{30^\circ}{2}\right)$$

$$K_p = \tan^2\left(45 - \frac{30^\circ}{2}\right)$$

$$K_a = 0.33$$

$$K_p = 2.99$$

$$E1 = K_a * \gamma_s * \left(\frac{H^2}{2}\right) \text{ Ec. 4.33}$$

$$E1 = 0.33 * 1.70 * \left(\frac{1.70^2}{2}\right)$$

$$E1 = 0.82$$

$$E1 = K_a * \gamma_s * H * h \text{ Ec. 4.34}$$

$$E1 = 0.33 * 1.70 * (1.70 * 0.08)$$

$$E1 = 0.076$$

$$E1 = 0.82 + 0.08 = 0.90$$

$$y = \frac{H}{3} \left( \frac{\gamma * H + 3 * \gamma * h}{\gamma * H + 2 * \gamma * h} \right) \text{ Ec.4.35}$$

$$y = \frac{1.70}{3} \left( \frac{1.70 * 1.7 + 3 * 1.70 * 0.08}{1.70 * 1.7 + 2 * 1.70 * 0.08} \right)$$

$$y = \frac{2}{3} \left( \frac{3.808}{3.672} \right)$$

$$y = 0.59 \text{ m} \approx 0.60 \text{ m}$$

$E_A = 0.90$  ton aplicada a  $y = 0.60$  m

$$E_p = \frac{1}{2} * \gamma * H_i^2 * K_p + 2 * c * H_i * \sqrt{K_p} \quad \text{Ec. 4.36}$$

$$E_p = \frac{1}{2} * 1.70 * 1.00^2 * 2.99 + 2 * 0.50 * 1.00 * \sqrt{2.99}$$

$$E_p = 2.54 + 1.72 = 4.26$$

$$\frac{H_i}{3} = 1/3 = 0.33$$

$E_p = 4.26$  ton aplicada a  $0.33$  m

$$E_{DH} = 3/8 * \gamma * H^2 * \Delta h_{\max} \quad \text{Ec. 4.37} \quad \Delta h_{\max} \text{ para zona sísmica 1} = 0.2$$

$$E_{DH} = 3/8 * 1.70 * 1.7^2 * 0.2$$

$$E_{DH} = 0.37 \text{ ton}$$

$$y = 0.6 \text{ H} = 0.60 * 2.00 = 1.02 \text{ m}$$

$$E_{DH} = 0.37 \text{ ton aplicada } 1.02 \text{ m}$$

$$\Delta h_{\max} \text{ para zona sísmica 1} = 0.1$$

$$E_{DV} = 1/2 * \gamma * (H^2) * \Delta h_{\max} \quad \text{Ec. 4.38}$$

$$E_{DV} = 1/2 * (1.70) * (1.7)^2 * (0.1)$$

$$E_{DV} = 0.14 \text{ ton}$$

$$E_{AH} = E_{DV} * K_a \quad \text{Ec. 4.39}$$

$$E_{AH} = 0.14 * 0.33 = 0.05 \text{ ton}$$

$$Y = 1/3 H = 1/3 * 1.7 = 0.57 \text{ m}$$

$$E_{AH} = 0.05 \text{ ton aplicada } 0.57 \text{ m}$$

#### D. CÁLCULOS DE LAS FUERZAS PARA UN METRO DE MURO

$W1 = 1.90 \times 0.50 \times 1.00$	$= 0.95 \text{ ton}$
$W2 = 1.90 \times 0.40 \times 1.70$	$= 1.29 \text{ ton}$
$W3 = 1.90 \times (1.7 \times 1.10) / 2$	$= 1.78 \text{ ton}$
$W4 = 1.70 \times (1.7 \times 1.10) / 2$	$= 1.59 \text{ ton}$
W cargas activas	$= 15.00 \text{ ton}$
W total	$= 20.61 \text{ ton}$

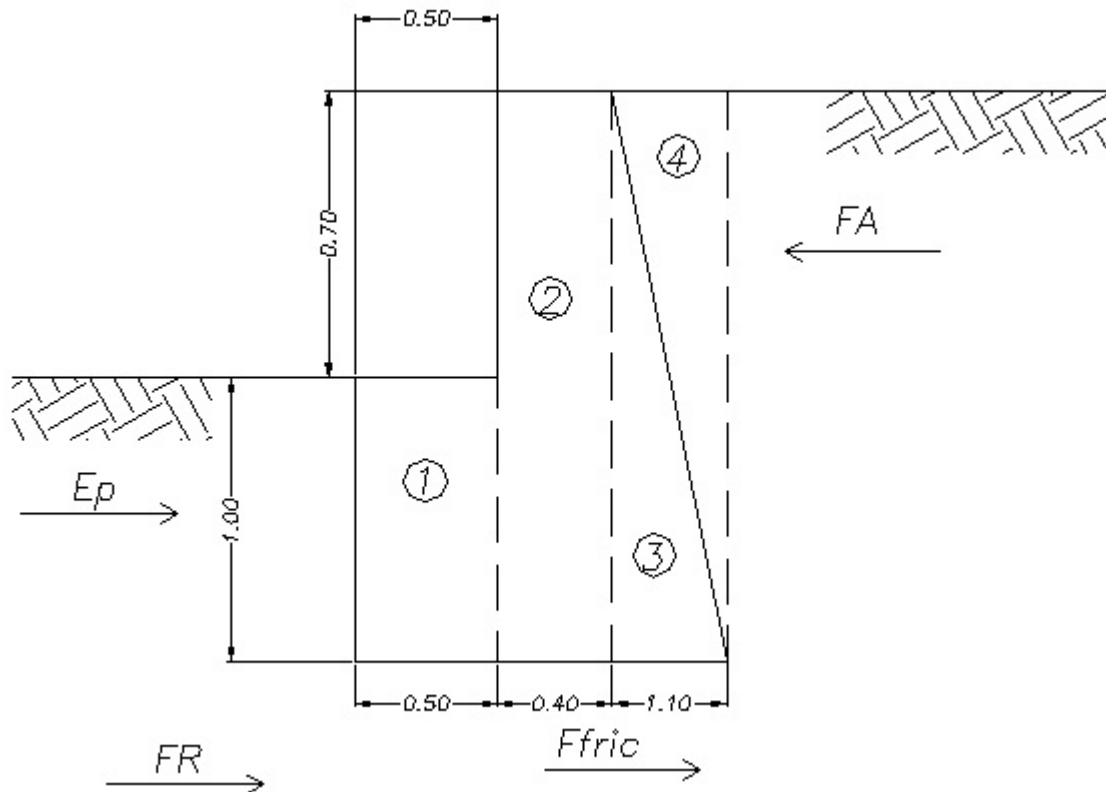


FIGURA 4.7 DIAGRAMA DE FUERZAS AL MURO.

$$F_{\text{fric}} = \Sigma F_y \tan \delta \quad \text{Ec.4.40}$$

$$\delta = 2/3 * \phi = 2/3 * (30^\circ) = 20^\circ$$

$$F_{\text{fric}} = 21.22 \tan 20^\circ$$

$$F_{\text{fric}} = 7.72 \text{ ton}$$

$$F_R = E_p + F_{\text{fric}}$$

$$F_R = 4.26 + 7.72$$

$$F_R = 11.98 \text{ ton}$$

$$F_A = E_A + E_{DH} + E_{AH}$$

$$F_A = 0.9 + 0.31 + 0.05$$

$$F_A = 1.26 \text{ ton}$$

### E. MOMENTOS ACTUANTES

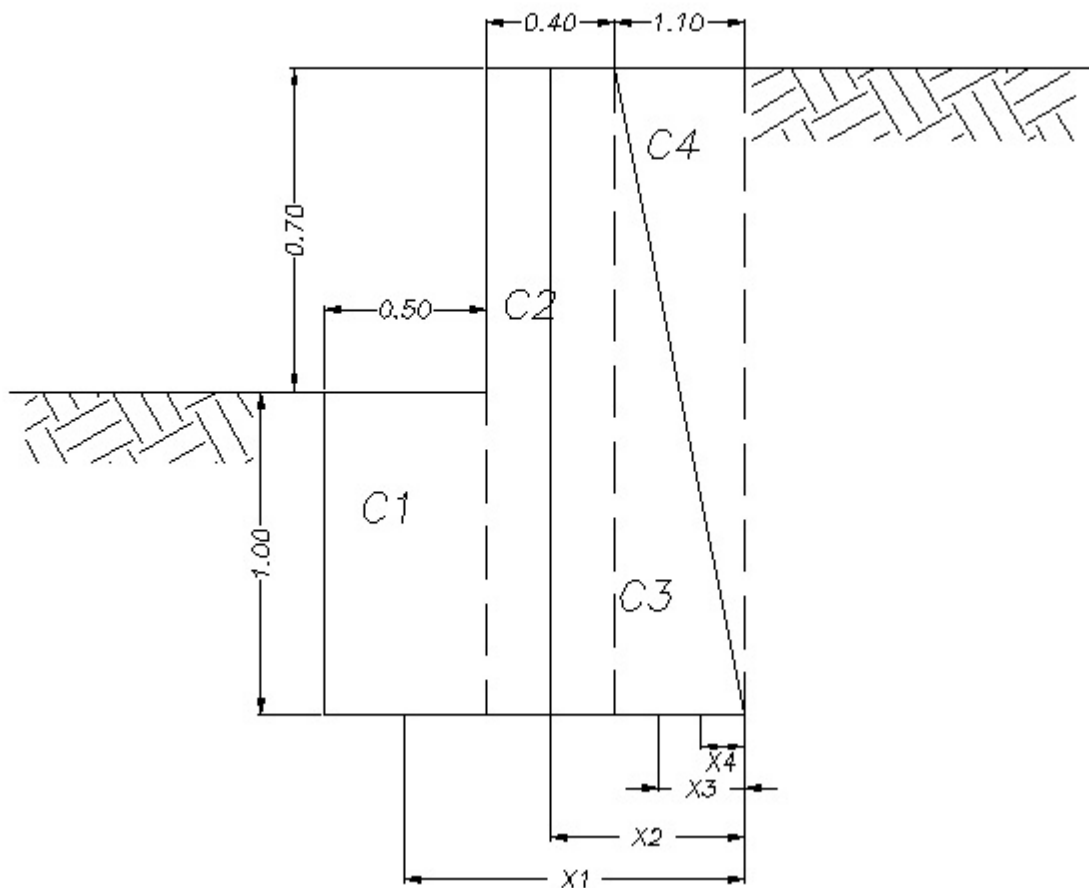


FIGURA 4.8 ESQUEMA DE CENTROIDES

$$X1 = 1.50 + 0.50/2 = 1.75 \text{ m}$$

$$X2 = 1.10 + 0.40/2 = 1.30 \text{ m}$$

$$X3 = 1.10 \cdot 2/3 = 0.73 \text{ m}$$

$$X4 = 1.10 \cdot 1/3 = 0.37 \text{ m}$$

$$MR = W1 \cdot X1 + W2 \cdot X2 + W3 \cdot X3 + W4 \cdot X4 + Ep \cdot (Hi/3) \quad \text{Ec. 4.41}$$

$$MR = (0.95 \cdot 1.75) + (1.29 \cdot 1.30) + (1.78 \cdot 0.73) + (1.59 \cdot 0.37) + (15 \cdot 0.60) + (4.26 \cdot 0.33)$$

$$MR = 1.00 + 1.68 + 1.30 + 0.59 + 9.00 + 1.41$$

$$MR = 14.98 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$MA = EA(y) + EDH(0.60H) + EAh(H/3) \quad \text{Ec. 4.42}$$

$$MA = (0.90 \cdot 0.60) + (0.37 \cdot 1.02) + (0.05 \cdot 0.57)$$

$$MA = 0.95 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

## F. SEGURIDAD DE VOLTEO

Tomando un factor de seguridad de 1.50

$$FSV = \frac{MR}{MA} = \frac{14.98}{0.95} = 15.76 > 1.50 \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

## G. SEGURIDAD DE DESLIZAMIENTO

Tomando un factor de seguridad de 1.50

$$FSV = \frac{FR}{FA} = \frac{11.98}{1.26} = 9.51 > 1.50 \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

## H. SEGURIDAD DE BASE CONTRA FALLA EN LA CAPACIDAD SOPORTANTE DEL SUELO

$$Mo = MR - MA - \left( \sum F_y \cdot \frac{B}{2} \right) \quad \text{Ec. 4.43}$$

$$Mo = 14.98 - 0.95 - \left( \frac{20.61 \cdot 2.00}{2} \right) = -6.58 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$e = \frac{Mo}{\sum F_y} = \frac{-6.58}{20.61} = 0.31$$



$$B/6 = 2.00/6=0.33$$

$$e < B/6$$

0.31 < 0.33 condición para seguridad de base del muro contra falla soportante del suelo **CUMPLE.**

## DISEÑO DE GAVIONES

Los gaviones representan una solución extremadamente válida desde el punto de vista técnico para construir muros de contención en cualquier ambiente, clima y estación.

Tales estructuras son inmediatamente eficientes, no necesitando mano de obra especializada o medios mecánicos particulares, a menudo las piedras para el relleno se encuentran en las cercanías, también se puede decir que, las estructuras en gaviones, representan una solución válida, desde el punto de vista técnico, ambiental y económico para la construcción de obras de contención, para cualquier ambiente, condición climática, y más aún en zonas de difícil acceso.

En algunas ocasiones, en ríos de caudal y pendiente estable se depositan sedimentos dentro de los poros del gavión. Esto permite la germinación de plantas de crecimiento espontáneo que originan la formación de un bloque sólido que aumenta en forma importante la vida útil del gavión.

Las principales ventajas de los gaviones son:

- Extrema flexibilidad que permite a la estructura adaptarse a los movimientos del terreno sin comprometer la estabilidad y la eficiencia.
- Alta resistencia al empuje del terreno estando calculados como estructura monolítica a gravedad.
- Elevada permeabilidad que facilita el saneamiento del terreno dejando filtrar el agua de la escarpa.

## DISEÑO DE GAVIONES EN LOS TRAMOS DE INTERSECCIÓN DEL RIO COMECAYO Y RIO TRES CEIBAS O EL PORVENIR

Se optó por colocar gaviones debido a su ensamble rápido y su incomparable eficiencia, ya que reduce tiempo de instalación y costo de mano de obra; también por su resistencia a la corrosión insuperable y alta durabilidad por la aplicación de alambre galvanizado que satisface los estándares ASTM<sup>27</sup>.

Para su diseño se utilizan diferentes tipos moldes o cajones con las dimensiones requeridas, para formar la estructura del gavión como se muestran en la figura 4.9:



Figura 4.9. Moldes para armar la estructura del Gavión.

El gavión está compuesto por mallas de alambre galvanizado llenas de cantos de roca, formando cajones unidos por amarres de alambre. Para el diseño de gaviones se deben considerar algunos aspectos importantes de este tipo de estructuras los cuales serán utilizados:

- Alambre de Amarre.
- Las Mallas Galvanizadas.
- Varilla de hierro de  $\Phi$  3/8".
- Piedra Cuarta, recomendada entre 10cm a 20cm de diámetro.

<sup>27</sup> Sistema Modular de Gaviones y Colchonetas, conforme al ASTM A974 – 97.

- Madera para hacer el molde de las Unidades de Gaviones.

Las dimensiones del gavión a diseñar son las siguientes, ver figura 4.10:

Ancho = 1 mt.

Largo = 2 mts.

Altura = 1 mt.

Y el volumen total de cada gavión será de  $2 \text{ m}^3$ .

Ya que con estas dimensiones se garantiza seguridad las cuales se utilizan para el control de inundaciones.

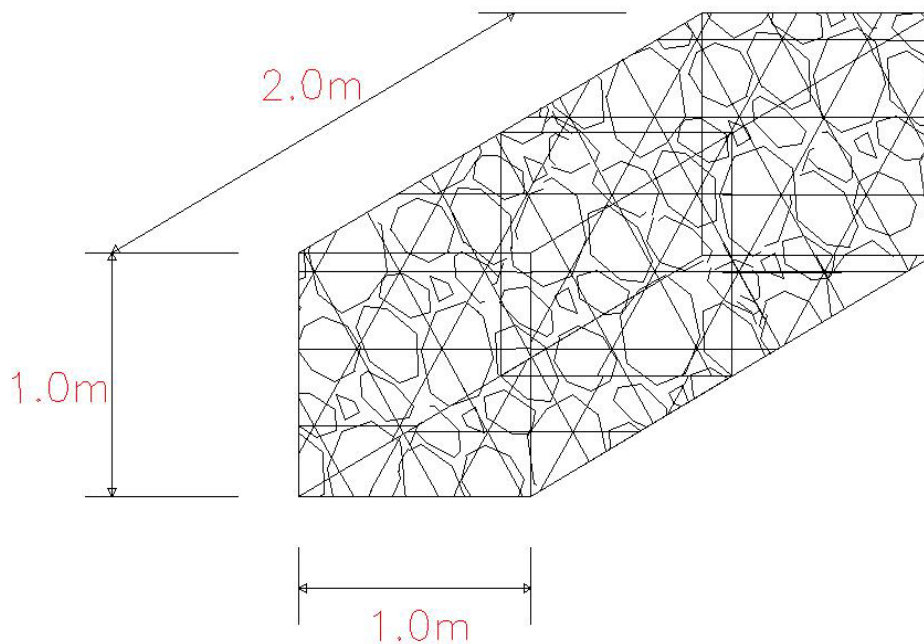


Figura 4.10. Diseño del gavión

Se debe tener especial cuidado en las uniones entre unidades de gaviones para garantizar una estructura monolítica sin que existan movimientos de unidades aisladas, es por ello que se colocan uno a lo ancho y dos a lo largo para garantizar más seguridad<sup>28</sup>, ver figura 4.14. Los muros en gaviones son estructuras muy flexibles que pueden deformarse fácilmente ante la acción de cargas, sin la necesidad que ocurra su volcamiento o deslizamiento.

<sup>28</sup> Según Datos proporcionados por el Dpto. de Proyectos, Alcaldía de Santa Ana

## VOLUMEN NECESARIO PARA CUANTIFICAR MATERIAL EN LA ELABORACIÓN DE UN GAVION DE 2 m<sup>3</sup>.

Para la obtención de los volúmenes de obra para 2 metros lineales, se realiza lo siguiente<sup>29</sup>:

$$L = 2.0M$$

$$A = 1.0m$$

$$H = 1.0m$$

El volumen total de un gavión sería:

$$V = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \text{Alto}$$

$$V = 2.0m \times 1.0m \times 1.0m$$

$$V = 2.0 \text{ m}^3$$

### PIEDRA CUARTA:

$$V = 2.0m^3 \text{ de piedra cuarta}$$

Sumándole un factor de abundamiento de 10% al volumen total:

$$2.0m + 10\% = 2.20 \text{ m}^3$$

### VARILLAS DE HIERRO: Ver figura 4.11.

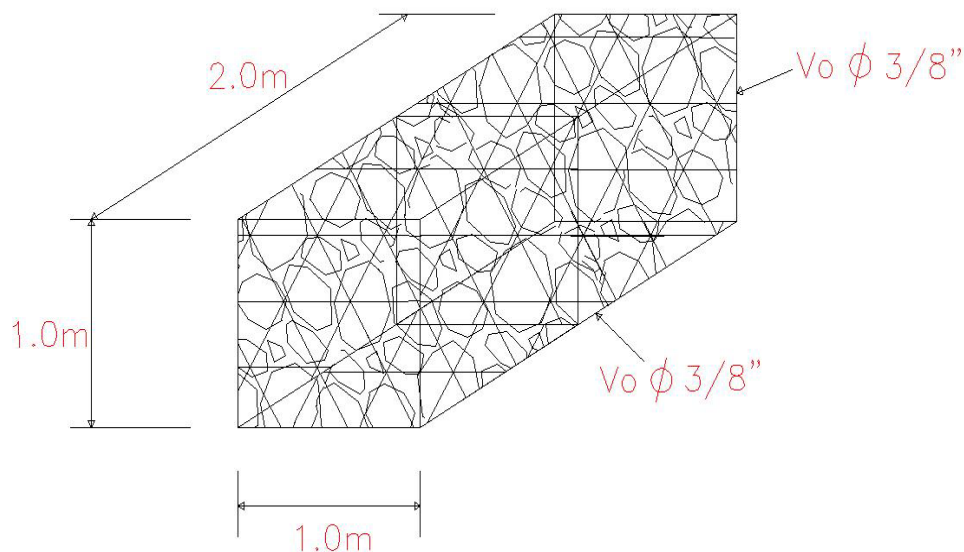


Figura 4.11. Detalle de varillas de hierro a colocar.

<sup>29</sup> Según Datos proporcionados por el Dpto. de Proyectos, Alcaldía de Santa Ana

Para obtener el número de varillas a utilizar se suman los lados y se multiplica por el número de metros:

El diámetro de la varilla que se utiliza para estas dimensiones de gavión es de  $\Phi 3/8$ ".

$$12 \text{ tramos} \times 1.0\text{m} = 12.0 \text{ m}$$

$$4 \text{ tramos} \times 2.0\text{m} = \underline{8.0 \text{ m}}$$

$$20.0 \text{ m} / 6 \text{ m} = 3.33 \text{ Varillas} = 4 \text{ Varillas de } \Phi 3/8 \text{ "}$$

#### MALLA CICLON GALVANIZADA:

Se calculan en yardas, entonces se tiene 2.5 yardas en los lados de 2.0 metros y 1.5 yardas en los lados donde se tiene 1.0 metro, y se calcula de la siguiente manera:

$$2.5 \text{ yardas} \times 4 \text{ lados} = 10 \text{ yardas}$$

$$1.5 \text{ yardas} \times 2 \text{ lados} = \underline{3 \text{ yardas}}$$

13 yardas de maya ciclón galvanizada.

#### ALAMBRE DE AMARRE:

Para la elaboración de un gavión de 2m x1m x1m, se utiliza 1 libra.

#### COSTANERA DE PINO:

Para realizar el molde de cada gavión (ver figura 4.9) se calcula:

$$3 \text{ lados} \times 4 \text{ m} = 12 \text{ ml}$$

$$2 \text{ lados} \times 2 \text{ m} = \underline{4 \text{ ml}}$$

16 metros de costanera de pino.

Tenemos  $16 \text{ ml} \times (1.19616 \text{ V} / 1\text{ml}) = 19.1386 \text{ varas} \approx 20 \text{ Varas}$  de costanera de pino para realizar el molde.

## CALCULO DEL NÚMERO TOTAL DE GAVIONES A UTILIZAR

El total de metros lineales en que se van a colocar gaviones es de 64 ml, y estarán ubicados en la zona de la intersección de los dos ríos, señalado en la figura 4.12.

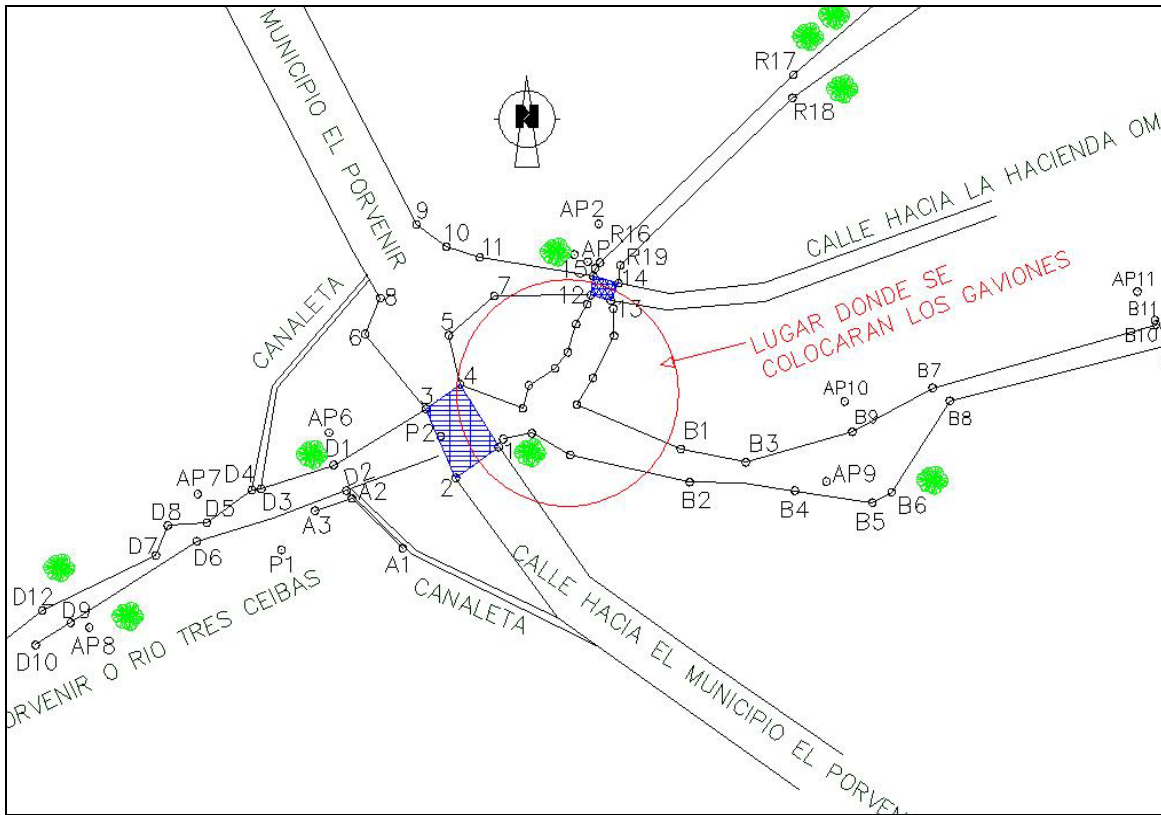


Figura 4.12. Esquema sin escala del lugar a colocar los gaviones.

Los Gaviones que se colocaran en la parte inferior, serán enterrados 0.5 metros, y se requiere una altura de 2.5 metros de muro gavión es por ello que se calculará para una altura de 3 metros y una longitud de 26 metros en la parte de intersección de los dos ríos, el costado norte que consta de 25 metros de longitud se colocara solo una línea de gaviones arriba del muro que se construirá, y en el costado sur se colocara también solo una línea de gaviones arriba del muro a construir el cual tendrá 13 metros de longitud, entonces quedará de la siguiente manera como se muestra en la figura 4.13 en la parte donde se interceptan los dos ríos:

Por tanto en 2 metros lineales se colocaran 6 gaviones, ver figura 4.13 en la intercepción de los dos ríos:

Como se tiene:

2 ml  $\longrightarrow$  6 gaviones

26 ml  $\longrightarrow$  X

$26 \text{ ml} \times (6 \text{ gaviones} / 2 \text{ ml}) = 78 \text{ Gaviones.}$

La parte del costado norte quedará así:

2 ml  $\longrightarrow$  1 gavión

25 ml  $\longrightarrow$  X

$25 \text{ ml} \times (1 \text{ gavión} / 2 \text{ ml}) = 12.5 \text{ gaviones} \Rightarrow 13 \text{ Gaviones}$

La parte del costado sur quedará así:

2 ml  $\longrightarrow$  1 gavión

13 ml  $\longrightarrow$  X

$13 \text{ ml} \times (1 \text{ gavión} / 2 \text{ ml}) = 6.5 \text{ gaviones} \Rightarrow 7 \text{ Gaviones}$

El número total de gaviones será:

Gaviones =  $78 + 13 + 7$

Gaviones = 98 Gaviones

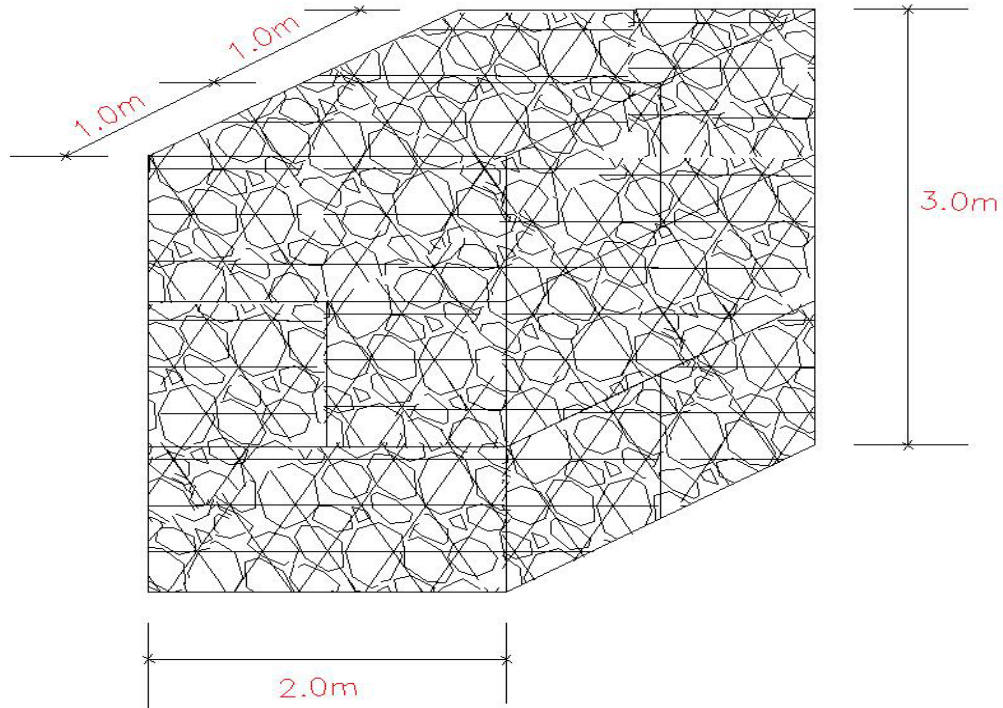


Figura 4.13. Forma de colocación de los gaviones.

Del cálculo anterior tenemos los siguientes valores para un gavión que ocupa 2 metros lineales, y estos datos se multiplican por el número de gaviones que se fabricaran:

$$\text{Piedra cuarta} = 2.20 \text{ m}^3 \times 98 \text{ gaviones} = 215.60 \text{ m}^3$$

$$\text{Costanera de pino} = 20 \text{ varas} \times 98 \text{ gaviones} = 1960 \text{ varas}$$

$$\text{Malla ciclón} = 13 \text{ yardas} \times 98 \text{ gaviones} = 1274 \text{ yardas}$$

$$\text{Clavos } 2 \frac{1}{2} \text{ "} = 2 \text{ libras} \times 98 \text{ gaviones} = 196 \text{ libras}$$

$$\text{Hierro } 3/8 \text{ "} = 4 \text{ varillas} \times 98 \text{ gaviones} = 392 \text{ varillas}$$

$$\text{Alambre de amarre} = 1 \text{ libras} \times 98 \text{ gaviones} = 98 \text{ libras}$$



## CALCULO DE DIAMETRO DE TUBERIA

Se diseñara un desagüe lateral al puente ubicado sobre el río Tres Ceibas, con la finalidad de aliviar la cantidad de agua que por el pasa, este estará constituido por la incorporación de una tubería con refuerzo de alma de acero y cubierta de polivinilo que resista la abrasión del agua y de los residuos que esta arrastre.

Para lo cual se realizara el diseño de dicha tubería, a partir de las condiciones siguientes:

Según los calculo del caudal<sup>30</sup> excedente se tiene:

De tabla 3.17 se obtuvo los siguientes datos

$$AR^{2/3} = 10.96$$

De la formula de Manning<sup>31</sup> se obtiene  $AR^{2/3} = Qn/S^{1/2}$

Donde:

$$n = 0.05$$

$$S = 0.03$$

Sustituyendo en la formula se obtiene el caudal sin exceder la capacidad del puente

$$Q_{\text{puente}} = (AR^{2/3} S^{1/2})/n$$

$$Q_{\text{puente}} = (10.96 * 0.03^{1/2})/0.05$$

$$Q_{\text{puente}} = 37.97 \text{ m}^3/\text{s}$$

---

<sup>30</sup> Este caudal se obtuvo a partir de la sección transversal del puente y de la elevación del nivel de aguas máximas calculado para esta estructura ubicada sobre el río tres ceibas.

<sup>31</sup> Ecuación 3.25

Caudal máximo en la zona<sup>32</sup>

$$Q_{\text{máximo}} = 43.54 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal para el diseño de la tubería se obtiene de la siguiente manera:

$$Q_d = Q_{\text{máximo}} - Q_{\text{puente.}}$$

$$Q_d = (43.54 - 37.97) \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_d = 5.57 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con el caudal encontrado se introduce el valor en la formula de Manning tomando en consideración el tipo de tubería (en nuestro caso usamos NOVALOC).

La formula para este caso es como sigue:

$$D = (0.02887 Q_d / S^{1/2})^{0.75}$$

$$D = ((0.02887 * 5.57) / 0.03^{1/2})^{0.75}$$

$$D = 0.95 \text{ mts} = 37.25'' = 38''$$

## **4.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE OBRA DE MITIGACION Y PROTECCION**

### **4.5.1 ANALISIS PARA LA SELECCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION Y PROTECCION**

Para la selección de la obra es necesario considerar aspectos tanto económicos, hidráulico y ambientales, pues parte de un diseño completo debe incluir al menos estos tres criterios de selección.

Estos criterios de factibilidad se detallan a continuación:

---

<sup>32</sup> datos obtenidos del estudio hidrológico en el sector del puente existente en río Tres Ceibas.

## **CRITERIOS ECONOMICOS<sup>33</sup>**

Las obras de ingeniería deben realizarse en la forma más económica posible, pero cumpliendo cabalmente con las finalidades para las cuales fueron proyectadas. Se debe entender que una obra es económica cuando los costos de construcción, conservación y operación son mínimos en relación con otras alternativas. Los profesionales de la ingeniería están obligados a considerar variantes en sus proyectos, a si como a recomendar y defender las opciones de menor costo, ya que es factible realizar obras sobre diseñadas que pudiera ser el resultado de proyectos efectuados por personas ajenas a la ingeniería o sin estudio. En resumen, la misión de un ingeniero es proyectar y construir obras con el menor costo posible y que cumplan con los objetivos para los cuales se concibieron.

## **CRITERIOS HIDRAULICOS**

En cada uno de los casos en los cuales se desee realizar la construcción de una bóveda, una estructura de paso, etc. Se deben tener en cuenta criterios hidrológicos que son de gran importancia en el diseño de estas estructuras civiles.

En las obras de ingeniería relacionadas a cuencas en las cuales se necesita dar paso a un caudal determinado o desalojarlo, se es indispensable conocer todos aquellos factores que influyen en el dimensionamiento de las obras:

1. nivel de aguas máximas
2. caudales máximos.
3. escorrentía superficial.

---

<sup>33</sup> Vías terrestres y pavimentos facultad de ingeniería, UNAM. México, 2002

## **CRITERIOS AMBIENTALES**

Tomando en consideración las exigencias de las legislaciones actuales este criterio es parte fundamental en el proceso de selección de las obras a proponer, ya que toda obra tiene un impacto con el medio ambiente alterando aspectos normales de este.

Por eso es necesario realizar un estudio previo para identificar aquellos procesos o actividades que puedan perjudicar de forma directa el medio ambiente.

## **4.6 EVALUACION HIDRAULICA EN LOS PUNTOS CRITICOS DEL RIO EL PORVENIR SECTOR PUENTES CHACHOS**

### **4.6.1 SELECCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION Y PROTECCION**

De acuerdo a los datos obtenidos por medio del estudio hidrológico y en base a los criterios de selección aplicados para este proyecto, se opto por desarrollar el diseño de las siguientes obras que sean capaces de encausar las aguas, evitando las inundaciones y facilitando el desarrollo de la zona.

### **OBRAS DE PROTECCIÓN**

- a) **Muros de mampostería de piedra:** Se construirán muros de mampostería de piedra de 2 metros de altura y 13 metros de longitud, a un costado del sitio Puentes Chachos, en el sector que une la carretera hacia San Sebastián Salitrillo y el puente sobre el río El Porvenir como se muestran en la figura 4.17 para evitar el desbordamiento en este sector, debido a que existe un tramo que permite que el agua inunde la calle incomunicando el municipio de El Porvenir con las demás poblaciones.

Así mismo se construirá un tramo de muro de mampostería de piedra en el sitio Puentes Chachos, en el tramo de la calle que une al municipio de El Porvenir con el cantón El Rosario, con una longitud de 25 metros y una altura de 2.10 metros para encausar que el agua provenientes del río Comecayo y río Tres Ceibas o El Porvenir.

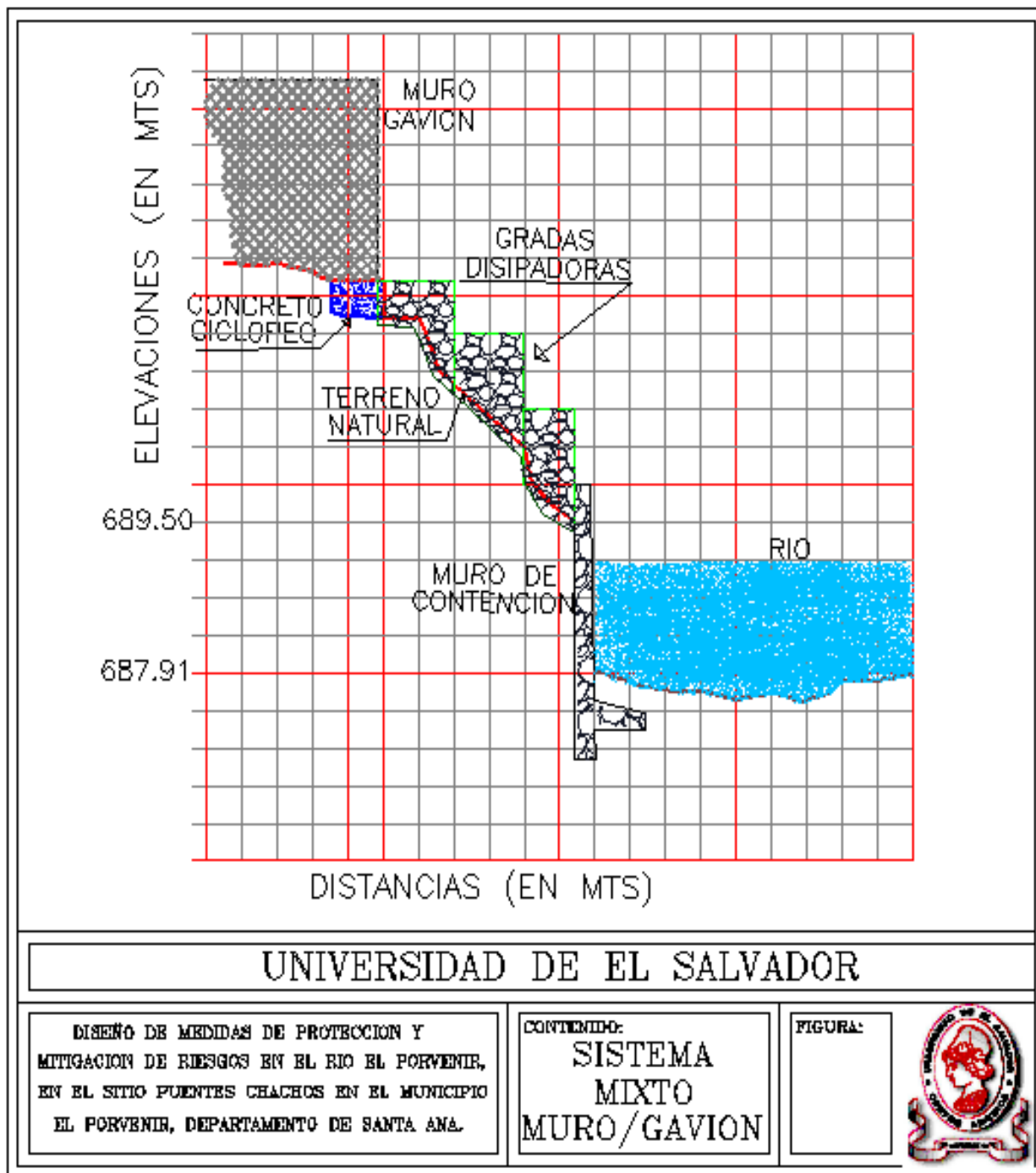


Figura 4.17. Sistema combinado de muro y gavi3n para el sector Puentes Chachos.

**b) Gaviones:** Se construirán gaviones en los sectores comprendidos en la carretera que comunica al municipio de El Porvenir con San Sebastián Salitrillo, y la calle que conduce al cantón El Rosario, para proporcionar seguridad a la población, y evitar que puedan ser arrastrados por una corriente hacia el cauce del río El Porvenir.

También se construirán gaviones en el tramo donde convergen el río Comecayo y río Tres Ceibas el Porvenir, para evitar que el flujo producido por ambos arrastre sedimentos hacia el interior del río El Porvenir y no reduzca su área hidráulica, y que al mismo tiempo sirva de protección a la población.

**c) Tubería:** se colocará una tubería de 38" de diámetro con el fin de ayudar a evacuar el caudal que recibe la obra de paso existente sobre el río Tres Ceibas o El Porvenir, debido a que actualmente el área hidráulica de esta no alcanza a evacuar el caudal que recibe procedente de los sectores de Santa Rosa Senca, Singüil y El Porvenir.

## **OBRAS DE MITIGACION DE RIESGOS**

**a) Ampliación y dragado de cauce:** se procederá a la ampliación del cauce del río Tres Ceibas o El Porvenir, aumentando 1 metro a cada lado del lecho, con la finalidad de darle mayor área hidráulica a esta y que pueda evitarse con ello la inundación de los terrenos aledaños, así mismo uniformizara el fondo del río, para poder aumentar el área hidráulica de este, y con ello aumentar su capacidad y así disminuir las inundaciones en los terrenos aledaños.

#### 4.6.2 CALCULO DE CAUDAL EXCEDENTE PARA EVITAR INUNDACION EN SECTOR AFECTADO

Con los diseños de las obras propuestas se procede a realizar el calculo del caudal excedente que se pueda obtener con las nuevas dimensiones de las secciones en estudio, donde se obtendrán los datos que reflejen si se cumple con los objetivos propuestos al desarrollar las obras de protección y mitigación en el Rió El Porvenir.

Así se obtiene los valores a partir de los siguientes datos:

En la sección del río Tres Ceibas o El Porvenir teniendo los datos iniciales

$$Q_{25 \text{ años}} = 43.54 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = 0.05$$

$$s = 0.03$$

Con los datos de la sección (ver tabla 4.12)

X(m)	H(m)
0.00	690.35
0.00	687.50
1.50	687.50
3.76	687.50
4.50	687.50
4.50	690.35

Tabla 4.12. Datos para la elaboración de la sección

Con estos valores de la tabla anterior se dibuja el perfil de la sección  
(Ver grafico 4.1)

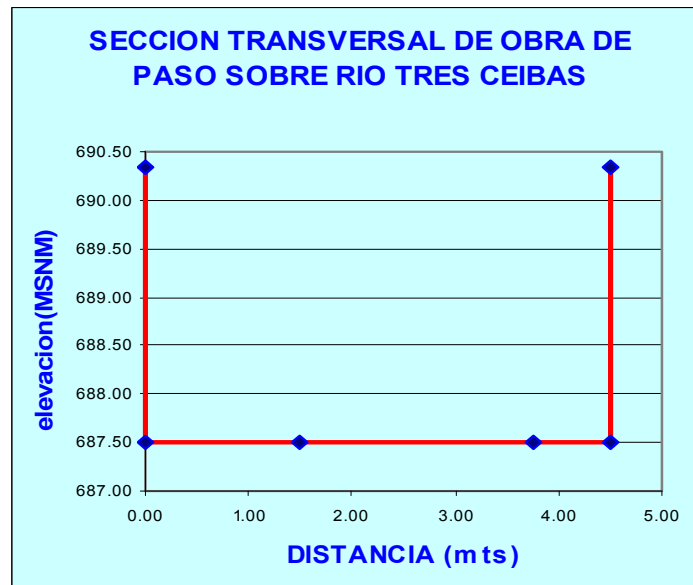


Gráfico 4.1 Sección de río Tres Ceibas o El Porvenir

Se elabora la tabla donde se presentan los datos de la curva de descarga a partir del gráfico y la tabla anterior, obteniendo la siguiente tabla

h [m]	Área [m <sup>2</sup> ]	P [m]	R [m]	AR <sup>2/3</sup>
687.50	0.00	0.00	0.000	0.00
687.75	1.13	5.00	0.225	0.42
688.00	2.25	5.50	0.409	1.24
688.25	3.38	6.00	0.563	2.30
688.50	4.50	6.50	0.692	3.52
688.75	5.63	7.00	0.804	4.86
689.00	6.75	7.50	0.900	6.29
689.25	7.88	8.00	0.984	7.79
689.50	9.00	8.50	1.059	9.35
689.75	10.13	9.00	1.126	10.96
690.00	11.25	9.50	1.184	12.59
690.25	12.38	10.00	1.238	14.27
690.35	12.83	10.20	1.258	14.95

Tabla 4.13. Datos para la curva de descarga



Y de estos datos se obtiene los valores de interpolación para un valor buscado de  $Q_n / s^{0.5} = 12.5689$  y se tiene:

h (m)	AR <sup>2/3</sup>
689.75	10.96
690.00	12.50
689.997	12.568

Tabla 4.14 Datos obtenidos para calcular el N.A.M.

Y con estos datos se tiene un valor de elevación en la curva de descarga de 689.997, lo cual cumple con las cotas de nivel de la sección, teniendo su representación grafica de la siguiente manera (ver grafico 4.2)

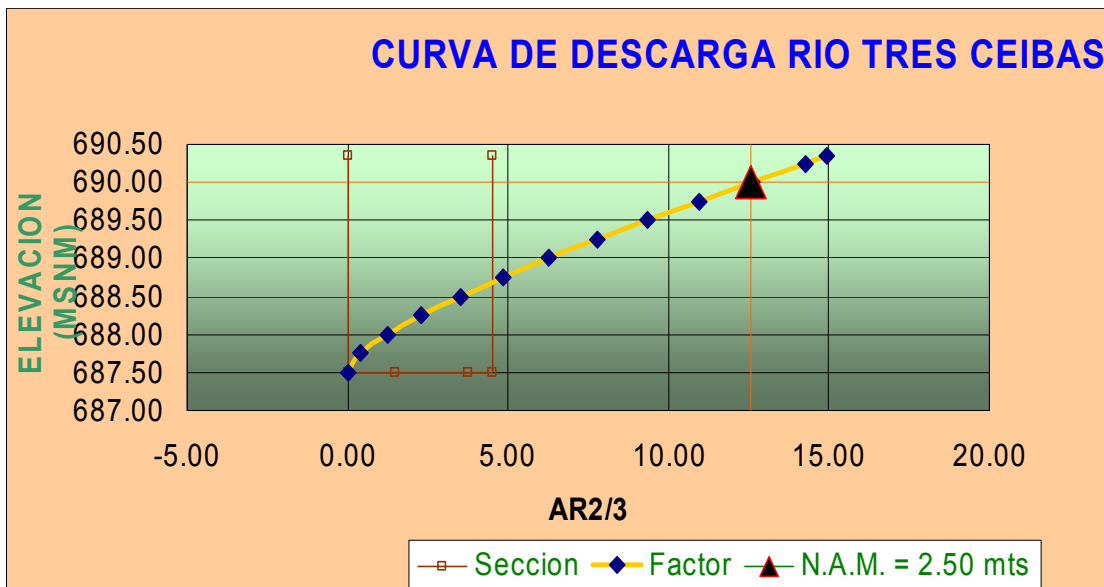


Gráfico 4.2, Perfil de sección de río Tres Ceibas o El Porvenir y curva de descarga

En este grafico se puede observar con claridad que las nuevas dimensiones que se proponen en el sector cumplen con el objetivo de evacuar el agua que circula por ella sin ocasionar inundaciones.

Para la sección donde se juntan el Río Comecayo y el río Tres Ceibas o El Porvenir se tiene los siguientes datos:

$$Q_{25 \text{ años}} = 220.68 \text{m}^3/\text{s}$$

$$n = 0.05$$

$$s = 0.03$$

Y los datos de la sección se presentan en la siguiente tabla

X(m)	H(m)
0.00	690.35
0.00	687.90
6.91	687.90
8.91	687.90
10.91	687.90
12.91	687.90
16.91	687.90
18.90	687.90
18.90	690.40

Tabla 4.15 datos para la elaboración de la sección

A partir de estos valores se obtiene la nueva sección del río ver grafico 4.3

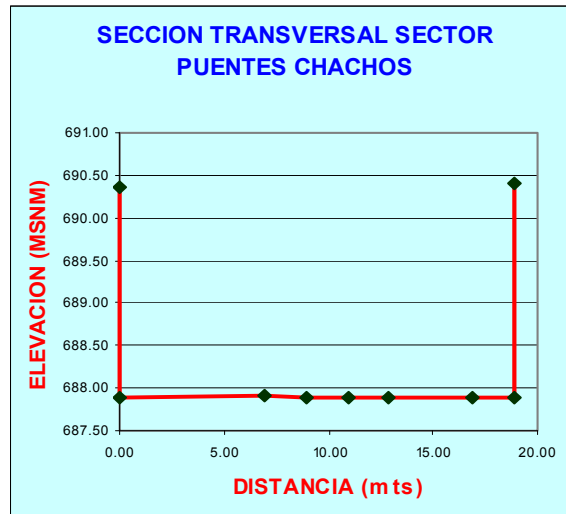


Grafico 4.3. Sección de río Comecayo y río Tres Ceibas o El Porvenir

Luego se elabora el cuadro con los datos para calcular la curva de descarga, a partir de los datos obtenidos de la tabla y grafico anteriores (ver tabla 4.16)

h [m]	Area [m <sup>2</sup> ]	P [m]	R [m]	AR <sup>2/3</sup>
687.90	0.00	0.00	0.000	0.00
688.15	4.73	20.30	0.233	1.79
688.40	9.45	20.80	0.454	5.58
688.65	14.18	21.30	0.665	10.80
688.90	18.90	21.80	0.867	17.18
689.15	23.63	22.30	1.059	24.55
689.40	28.35	22.80	1.243	32.78
689.65	33.08	23.30	1.420	41.78
689.90	37.80	23.80	1.588	51.46
690.15	42.53	24.30	1.750	61.77
690.40	47.25	24.80	1.905	72.62

Tabla 4.16 Datos de la curva de descarga

Con estos valores y con el valor de  $Q_n / s^{0.5}$  de 63.7048 obtenido a partir de los datos iniciales se tienen:

h (m)	$AR^{2/3}$
69.15	61.75
690.40	72.65
690.195	63.704

Tabla 4.17 valores obtenidos para calcular el N.A.M.

Interpolando se obtiene un valor de descarga máxima de 690.19

Se analizan los valores anteriores y se tiene el siguiente grafico:

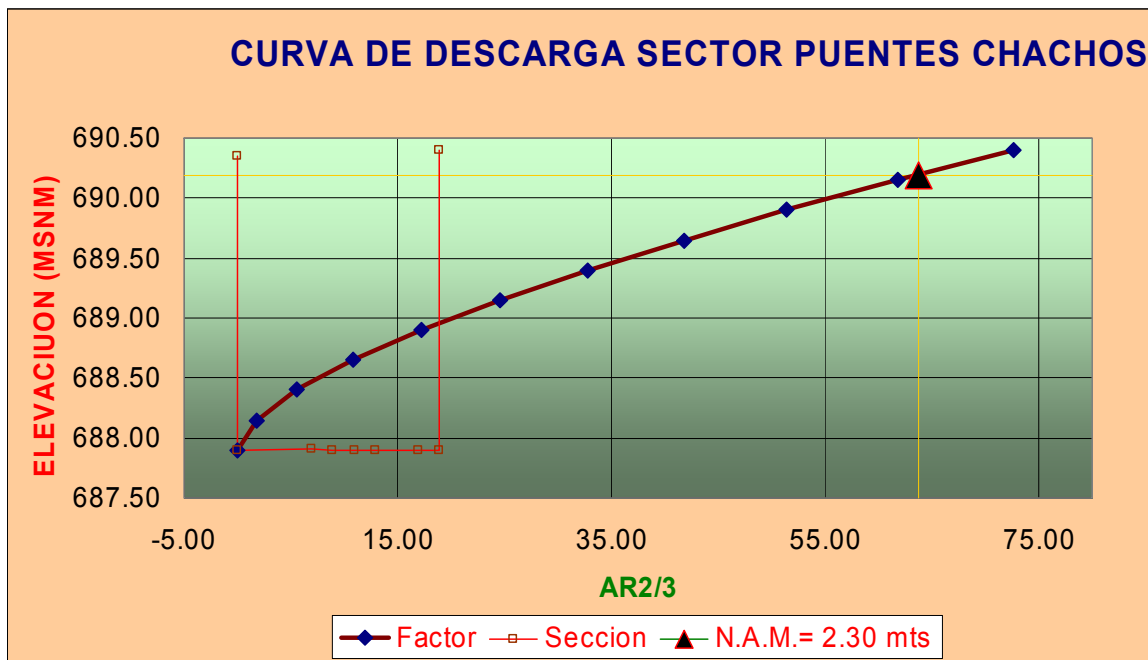


Grafico 4.4. Sección de río Tres Ceibas o El Porvenir y Río Comecayo, y Curva de Descarga

Donde se observa que la nueva sección cumple con el objetivo de evacuar el agua que circula por ella.

De la misma forma se evalúa la sección del puente sobre el Río El Porvenir, con los siguientes datos:

$$Q_{25 \text{ años}} = 220.68 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = 0.05$$

$$s = 0.03$$

Además se presentan los datos de la sección en la siguiente tabla

x [m]	h [m]
0.00	690.00
0.00	686.50
3.00	686.50
6.00	686.50
9.00	686.50
12.00	686.50
12.00	690.00

Tabla 4.18. Tabla para la elaboración de sección

Con los valores de la tabla anterior se procede a dibujar la nueva sección del Río El Porvenir (ver grafico 4.5)

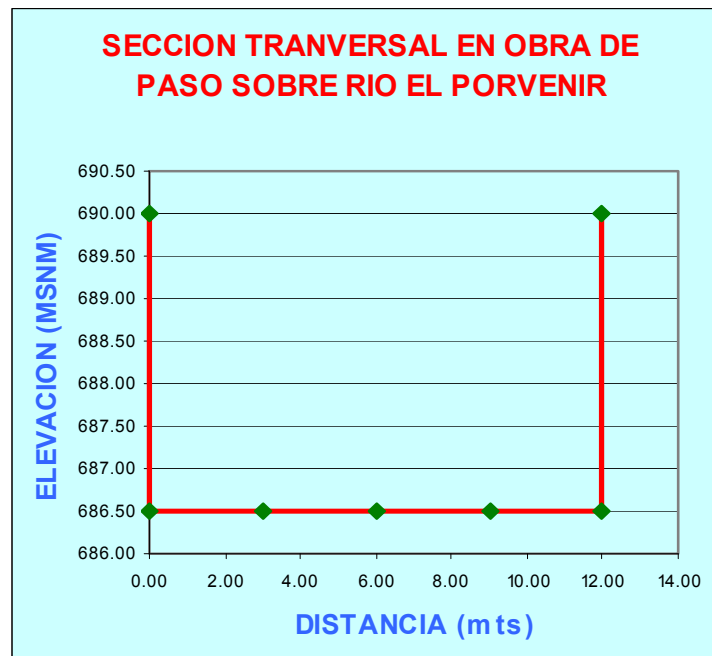


Gráfico 4.5. Sección del puente del Río El Porvenir

En base a la tabla y el grafico anterior se construye la tabla de datos para la curva de descarga (ver tabla 4.19)

h [m]	Área [m <sup>2</sup> ]	P [m]	R [m]	AR <sup>2/3</sup>
686.75	0	0.00	0.000	0.00
687.00	3	12.50	0.240	1.16
687.25	6	13.00	0.462	3.58
687.50	9	13.50	0.667	6.87
687.75	12	14.00	0.857	10.83
688.00	15	14.50	1.034	15.34
688.25	18	15.00	1.200	20.33
688.50	21	15.50	1.355	25.71
688.75	24	16.00	1.500	31.45
689.00	27	16.50	1.636	37.49
689.25	30	17.00	1.765	43.81
689.50	33	17.50	1.886	50.37
689.75	36	18.00	2.000	57.15
690.00	39	18.50	2.108	64.12

Tabla 4.19. Datos para la sección del río y curva de descarga

Con los datos iniciales se obtiene el valor de  $Q_n / s^{0.5} = 63.705$

Para este valor se tiene:

h (m)	AR <sup>2/3</sup>
689.75	57.15
690.00	64.12
689.985	63.705

Tabla 4.20 valores obtenidos para el cálculo de N.A.M.

**Interpolando estos datos se obtiene un valor de descarga máxima de 689.985**

El cual se representa en la curva de descarga como se muestra en el siguiente grafico

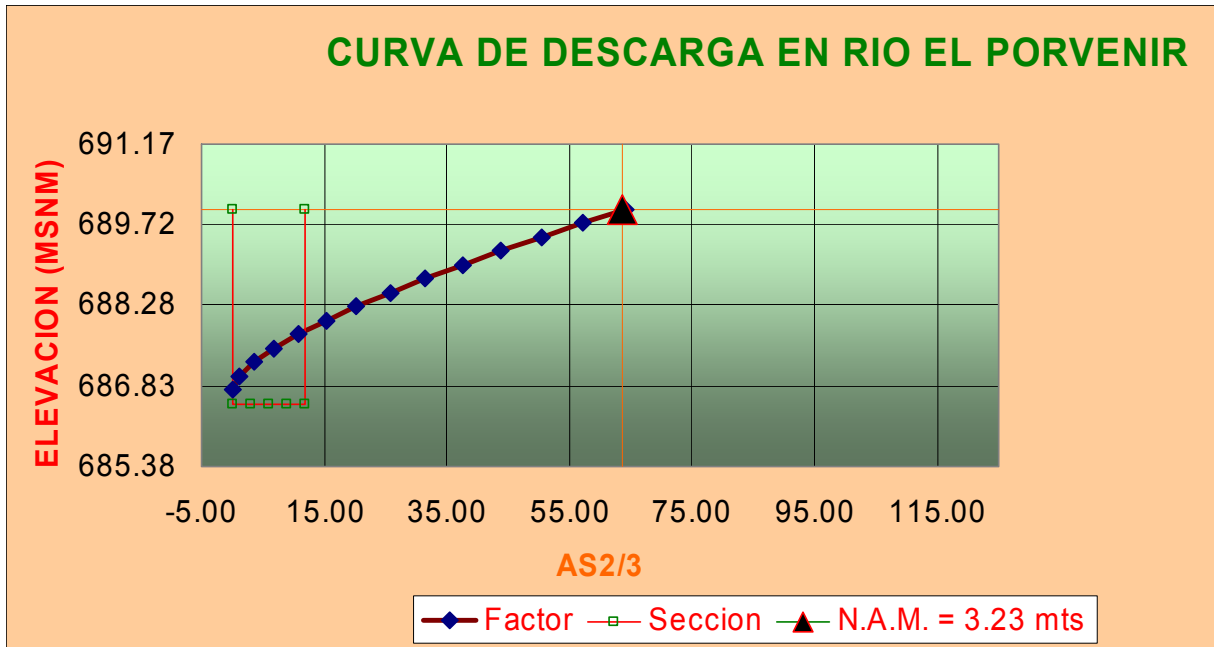


Grafico 4.6. Sección del puente del Río El Porvenir, y curva de descarga

Donde se observa que la sección cumple para evacuar el agua que recorre por ella.

## 4.8 PRESUPUESTO

### 4.8.1 OBRAS DE MITIGACION Y PROTECCION

#### 4.8.2 Costos directos unitarios

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (SIN IVA)						
PROYECTO :						
"DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL RIO EL PORVENIR, EN EL SITIO PUEBLOS CHACHOS EN EL MUNICIPIO EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA."						
PARTIDA :	OBRAS PROVISIONALES					
ACTIVIDAD	BODEGA DE 8*4 MTS					
UNIDAD DE ANALISIS:	BODEGA DE 8*4 MTS	UNIDAD	1			
<b>[A] MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL	
TABLA DE PINO DE 5 VRS		VRS.	300	\$ 1.40	\$ 420.00	
CUARTON DE PINO DE 5 VRS		C /U	36.00	\$ 6.500	\$ 234.00	
COSTANERA DE PINO DE 5 VRS		C /U	36.00	\$ 3.25	\$ 117.00	
LAMINA ACANALADA N° 26, 3*1YARDA		C /U	15.00	\$ 12.83	\$ 192.45	
LAMINA ACANALADA N° 26, 2*1YARDA		C /U	15.00	\$ 8.83	\$ 132.45	
CLAVO GALVANIZADO P/LAMINA		LB	2.00	\$ 1.30	\$ 2.60	
CLAVO DE 4 PLG		LB	10.00	\$ 0.90	\$ 9.00	
CLAVO DE 3 PLG		LB	10.00	\$ 0.90	\$ 9.00	
CLAVO DE 2 1/2 PLG		LB	6.00	\$ 0.90	\$ 5.40	
CLAVO DE 2 PLG		LB	6.00	\$ 0.90	\$ 5.40	
BISAGRA 3" *2"		C /U	5.00	\$ 0.85	\$ 4.25	
CANDADO		C /U	1.00	\$ 9.50	\$ 9.50	
PORTACANDADO		C /U	1.00	\$ 0.25	\$ 0.25	
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 1216.30</b>	
<b>[B] MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CLAUSULA	CANTIDAD	UNIDAD	JORNAL	PRESTACION	SUB TOTAL
4 AUXILIAR		3	DIA	\$ 7.81	1.90	\$ 178.07
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 178.07</b>
<b>[C] EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	SUB TOTAL	
3% DE MANO DE OBRA					\$ 5.34	
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 5.34</b>	
<b>[D] SUB CONTRATOS</b>						
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL	
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 0.00</b>	
COSTO DIRECTO = A + B + C + D					\$ 1,290.91	
PRECIO UNITARIO					\$ 1,290.91	





ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (SIN IVA)						
<b>PROYECTO :</b>						
<b>"DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL RIO EL PORVENIR, EN EL SITIO PUEBLOS CHACHOS EN EL MUNICIPIO EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA."</b>						
<b>PARTIDA :</b>		<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>		<b>Excavación de fundaciones y desalojo</b>				
<b>UNIDAD DE ANALISIS:</b>	<b>194.5</b>	<b>M3</b>		<b>UNIDA</b>	<b>M3</b>	
				<b>D</b>		
<b>[A] MATERIALES</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECI</b>	<b>O</b>	<b>SUB TOTAL</b>
DIESEL PARA CAMIONES		GLN	37.00	\$	4.10	\$ 151.70
					<b>SUB</b>	<b>\$ 151.70</b>
					<b>TOTAL</b>	
<b>[B] MANO DE OBRA</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CLAUSULA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>JORNAL</b>	<b>PREST</b>	<b>SUB TOTAL</b>
MOTORISTAS DE CAMIONES		18	VIAJES	\$ 6.50	1.90	\$ 222.30
AUXILIARES		146.0	DIA/HOMBRE	\$ 8.50	1.90	\$ 2,357.90
					<b>SUB</b>	<b>\$ 2,580.20</b>
					<b>TOTAL</b>	
<b>[C] EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>TIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COST</b>	<b>SUB TOTAL</b>
RETROEXCAVADORA (INCLUYE OPERADOR Y MANT)			4.9	HRS	\$ 68.00	\$ 333.20
CAMIONES			18	VIAJES	\$ 30.00	\$ 540.00
DEPRECIACIÓN DE HERRAMIENTA (1%)						\$ 1.52
					<b>SUB</b>	<b>\$ 874.72</b>
					<b>TOTAL</b>	
<b>[D] SUB CONTRATOS</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECI</b>	<b>O</b>	<b>SUB TOTAL</b>
TRANSPORTE DE MAQUINARIA		SG	1.00	\$	40.00	\$ 40.00
					<b>SUB</b>	<b>\$ 40.00</b>
					<b>TOTAL</b>	
		COSTO DIRECTO = A + B + C + D			\$	3,652.62
		PRECIO UNITARIO			\$	18.78



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (SIN IVA)						
PROYECTO :						
<b>"DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL RIO EL PORVENIR, EN EL SITIO PUEBLOS CHACHOS EN EL MUNICIPIO EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA."</b>						
PARTIDA :		<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				
ACTIVIDAD		Compactación con suelo cemento 20:1				
UNIDAD DE ANALISIS:	73.5	M3		UNIDAD		M3
<b>[A] MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL	
CEMENTO		BLS	137.00	\$ 6.85	\$ 938.45	
TIERRA BLANCA		M3	87.47	\$ 11.00	\$ 962.17	
AGUA		BARRILES	259	\$ 1.5	\$ 388.46	
GASOLINA		GLN	5.21	\$ 4.40	\$ 22.92	
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$2,312</b>	
<b>[B] MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CLAUSULA	CANTIDAD	UNIDAD	JORNAL	PRESTACION	SUB TOTAL
OBRERO		9.188	DIA	\$ 15.50	1.90	\$ 270.57
AUXILIAR		25.625	DIA	\$ 8.50	1.90	\$ 413.84
OPERADOR BAILARINA		6.0	DIA	\$ 8.50	1.90	\$ 96.90
AUXILIAR PARA CURADO		3.0	DIA	\$ 8.50	1.90	\$ 48.45
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 829.76</b>	
<b>[C] EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
DESCRIPCIÓN		TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	SUB TOTAL
DEPRECIACIÓN DE HERRAMIENTA (1%)						\$ 21.29
CONCRETERA			9.18	DIA	\$ 32.75	\$ 300.65
BAILARINA			5.25	DIA	\$ 28.74	\$ 150.89
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 472.83</b>	
<b>[D] SUB CONTRATOS</b>						
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL	
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 0.00</b>	
COSTO DIRECTO = A + B + C + D					\$ 3,614.59	
PRECIO UNITARIO					\$ 49.18	

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (SIN IVA)						
PROYECTO :						
<b>"DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL RIO EL PORVENIR, EN EL SITIO PUEBLOS CHACHOS EN EL MUNICIPIO EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA."</b>						
PARTIDA :		<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				
ACTIVIDAD		Compactación con suelo cemento 20:1 al 95% del proctor modificado en restitución bajo las fundaciones de muros				
UNIDAD DE ANALISIS:		73.5	M3	UNIDAD		M3
<b>[A] MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL	
CEMENTO		BLS	137.00	\$ 6.85	\$ 938.45	
TIERRA BLANCA		M3	87.47	\$ 11.00	\$ 962.17	
AGUA		barril	137.20	\$ 1.50	\$ 205.80	
GASOLINA		GLN	5.21	\$ 4.40	\$ 22.92	
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$2,129.34</b>	
<b>[B] MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CLAUSULA	CANTIDAD	UNIDAD	JORNAL	PRESTACION	SUB TOTAL
OBRERO		9.188	DIA	\$ 15.50	1.90	\$ 270.57
AUXILIAR		25.625	DIA	\$ 8.50	1.90	\$ 413.84
OPERADOR BAILARINA		6.0	DIA	\$ 7.81	1.90	\$ 89.03
AUXILIAR PARA CURADO		3.0	DIA	\$ 7.81	1.90	\$ 44.52
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 817.96</b>	
<b>[C] EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
DESCRIPCIÓN		TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	SUB TOTAL
DEPRECIACIÓN DE HERRAMIENTA (1%)						\$ 21.29
CONCRETERA			9.18	DIA	\$ 32.75	\$ 300.65
BAILARINA			5.25	DIA	\$ 28.74	\$ 150.89
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 472.83</b>	
<b>[D] SUB CONTRATOS</b>						
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL	
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 0.00</b>	
COSTO DIRECTO = A + B + C + D					\$ 3,420.13	
PRECIO UNITARIO					\$ 46.53	



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (SIN IVA)						
PROYECTO :						
<b>"DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL RIO EL PORVENIR, EN EL SITIO PUEBLOS CHACHOS EN EL MUNICIPIO EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA."</b>						
PARTIDA :		CONSTRUCCION DE GAVIONES				
ACTIVIDAD		Elaboración y Colocación de Gaviones				
UNIDAD DE ANALISIS:	95	GAVIONES			UNIDAD	GAVIONES
<b>[A] MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
PIEDRA CUARTA			M3	215.60	\$ 12.00	\$ 2587.2
COSTANER DE PINO			VARA	1,960.00	\$ 1.40	\$ 2,744.00
MALLA CICLON GALVANIZADA			YARDA	1,274.00	\$ 4.60	\$ 5,860.40
CLAVOS DE 2 1/2"			LIBRA	196.00	\$ 0.80	\$ 156.80
HIERRO Ø3/8"			QQ	29.00	\$ 65.00	\$ 1,885.00
ALAMBRE DE AMARRE			LIBRA	98.00	\$ 1.25	\$ 122.50
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$13,355.9</b>
<b>[B] MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CLAUSULA	CANTIDAD	UNIDAD	JORNAL	PRESTACION	SUB TOTAL
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 0.00</b>
<b>[C] EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
DESCRIPCIÓN		TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	SUB TOTAL
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 0.00</b>
<b>[D] SUB CONTRATOS</b>						
DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
HECHURA Y COLOCACION DE GAVIONES			GAVION	98.00	\$ 92.55	\$ 9,069.90
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 9,069.90</b>
			COSTO DIRECTO = A + B + C + D			\$ 22,425.80
			PRECIO UNITARIO			\$ 236.06

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (SIN IVA)						
PROYECTO :						
"DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL RIO EL PORVENIR, EN EL SITIO PUEBLOS CHACHOS EN EL MUNICIPIO EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA."						
PARTIDA :	MURO DE MANPOSTERIA DE PIEDRA					
ACTIVIDAD						
UNIDAD DE ANALISIS:	1	MI			UNIDAD	ML
<b>[A] MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL	
PIEDRA		M3	3.69	\$ 12.00	\$ 44.25	
CEMENTO CESSA		BLS	6.49	\$ 6.85	\$ 44.46	
ARENA		M3	0.94	\$ 17.000	\$ 16.05	
AGUA		BARRILES	1.11	\$ 1.50	\$ 1.67	
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 106.42</b>
<b>[B] MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CLAUSULA	CANTIDAD	UNIDAD	JORNAL	PRESTACION	SUB TOTAL
1 ALBAÑIL		2.0	DIA	\$ 12.50	1.90	\$ 47.50
2 AUXILIARES		2	DIA	\$ 8.50	1.9	\$ 64.60
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 112.10</b>
<b>[C] EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
DESCRIPCIÓN		TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	SUB TOTAL
3% DE MANO DE OBRA						\$ 1.42
ANDAMIO			1.0	ML	\$ 10.00	\$ 10.00
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 11.42</b>
<b>[D] SUB CONTRATOS</b>						
DESCRIPCIÓN		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL	
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 0.00</b>
					COSTO DIRECTO = A + B + C + D	
					\$ 229.94	
					PRECIO UNITARIO	
					\$ 229.94	



ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (SIN IVA)						
PROYECTO :						
"DISEÑO DE MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL RIO EL PORVENIR, EN EL SITIO PUNTES CHACHOS EN EL MUNICIPIO EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA."						
PARTIDA :		Enrocamiento				
ACTIVIDAD		colocación de roca en base para dren en muros				
UNIDAD DE ANALISIS:	38	ML			UNIDAD	ML
<b>[A] MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
piedra tipo escoria			M3	29	\$ 12.00	\$ 342.00
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 342.00</b>
<b>[B] MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CLAUSULA	CANTIDAD	UNIDAD	JORNAL	PRESTACION	SUB TOTAL
AUXILIAR		2.00	DIA	\$ 8.50	1.90	\$ 32.30
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 32.30</b>
<b>[C] EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
DESCRIPCIÓN		TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	SUB TOTAL
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 0.00</b>
<b>[D] SUB CONTRATOS</b>						
DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 0.00</b>
COSTO DIRECTO = A + B + C + D						\$ 374.30
PRECIO UNITARIO						\$ 9.85

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (SIN IVA)						
PROYECTO :						
MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL RÍO EL PORVENIR, SECTOR PUENTES CHACHOS, MUNICIPIO EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA						
PARTIDA :		TUBERIA NOVALOC DE 37"				
ACTIVIDAD		COLOCACION DE TUBERIA DE DESAGUE TIPO NOVALOC				
UNIDAD DE ANALISIS:	5	C/U			UNIDAD	C/U
<b>[A] MATERIALES</b>						
DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
TIERRA BLANCA			M3	28.25	\$ 11.00	\$ 310.75
AGUA			barril	5.50	\$ 1.500	\$ 8.25
GASOLINA			GLN	4.15	\$ 2.74	\$ 11.37
TUBO NOVALOC 37 "			C/U	5.00	\$ 157.31	\$ 786.55
CEMENTO			BLS	2.00	\$ 6.85	\$ 13.70
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 1,130.62</b>
<b>[B] MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCIÓN	CLAUSUL A	CANTIDA D	UNIDAD	JORNAL	PRESTACION	SUB TOTAL
AUXILIAR		2	DIA	\$ 8.50	1.90	\$ 32.30
OPERADOR BAILARINA		1	DIA	\$ 8.50	1.90	\$ 16.15
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 48.45</b>
<b>[C] EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
DESCRIPCIÓN		TIPO	CANTIDA D	UNIDAD	COSTO	SUB TOTAL
BAILARINA			1.25	DIA	\$ 28.74	\$ 35.93
RETROEXCAVADORA (UNCLUYE OPERADOR Y MANTENIMIENTO)			7	HRA	\$ 68.00	\$ 476.00
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 511.93</b>
<b>[D] SUB CONTRATOS</b>						
DESCRIPCIÓN			UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	SUB TOTAL
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 0.00</b>
						COSTO DIRECTO = A + B + C + D
						\$ 1,691.00
						PRECIO UNITARIO
						\$ 338.20

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (SIN IVA)						
PROYECTO :						
<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL RÍO EL PORVENIR, SECTOR PUENTEES CHACHOS, MUNICIPIO EL PORVENIR DEPARTAMENTO DE SANTA ANA</b>						
PARTIDA :		<b>MOVIMIENTO DE TIERRA</b>				
ACTIVIDAD		<b>Excavación de fundaciones y desalojo</b>				
UNIDAD DE ANÁLISIS:	<b>223</b>	<b>M3</b>			UNIDAD	<b>M3</b>
<b>[A] MATERIALES</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
DIESEL PARA CAMIONES			GLN	37.00	\$ 4.10	\$ 151.70
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 151.70</b>
<b>[B] MANO DE OBRA</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CLAUSUL A</b>	<b>CANTIDA D</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>JORNAL</b>	<b>PRESTACIO N</b>	<b>SUB TOTAL</b>
MOTORISTAS DE CAMIONES		18	VIAJES	\$ 4.50	1.90	\$ 153.90
AUXILIARES		146.0	DIA/HOMBR E	\$ 7.81	1.90	\$ 2,166.49
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 2,320.39</b>
<b>[C] EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>TIPO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
RETROEXCAVADORA (INCLUYE OPERADOR Y MANT)			4.9	HRS	\$ 68.00	\$ 333.20
CAMIONES			18	VIAJES	\$ 30.00	\$ 540.00
DEPRECIACIÓN DE HERRAMIENTA (1%)						\$ 1.52
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 874.72</b>
<b>[D] SUB CONTRATOS</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>
TRANSPORTE DE MAQUINARIA			SG	1.00	\$ 40.00	\$ 40.00
					<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 40.00</b>
					COSTO DIRECTO = A + B + C + D	
						\$ 3,392.81
					PRECIO UNITARIO	
						\$ 15.21

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (SIN IVA)						
PROYECTO : <b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS EN EL RÍO EL PORVENIR, SECTOR PUENTEES CHACHOS, MUNICIPIO EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA</b>						
PARTIDA : <b>CONCRETO 1 : 2 : 3</b>						
ACTIVIDAD <b>HECHURA Y COLOCACIÓN DE CONCRETO</b>						
UNIDAD DE ANÁLISIS:		<b>1 M3</b>		UNIDAD <b>M3</b>		
<b>[A] MATERIALES</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>	
			<b>D</b>			
CEMENTO		BLS	9.24	\$ 6.85	\$ 63.29	
ARENA		M3	0.16	\$ 17.000	\$ 2.67	
GRAVA No 2		M3	0.78	\$ 27.00	\$ 21.09	
AGUA		BARRIL	1.13	\$ 1.50	\$ 1.70	
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 88.75</b>	
<b>[B] MANO DE OBRA</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>CLAUSUL</b>	<b>CANTIDA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>JORNAL</b>	<b>PRESTACIO</b>
		<b>A</b>	<b>D</b>			<b>N</b>
HECHURA A MANO (2 AUXILIARES)			1	M3	\$ 8.50	1.90
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 32.30</b>	
<b>[C] EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>TIPO</b>	<b>CANTIDA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO</b>
				<b>D</b>		
3% M.O						\$ 0.77
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 0.77</b>	
<b>[D] SUB CONTRATOS</b>						
<b>DESCRIPCIÓN</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDA</b>	<b>PRECIO</b>	<b>SUB TOTAL</b>	
			<b>D</b>			
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 0.00</b>	
					COSTO DIRECTO = A + B + C + D	
					\$	121.82
					PRECIO UNITARIO	
					\$	121.82

#### 4.7.2 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

PARTIDA	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL.
Instalaciones provisionales	1.00	c/u	\$ 1,365.91	\$ 1,365.91
Trazo par excavación de muros	260.00	ML	\$ 0.60	\$ 156.00
Excavación con maquina para cimentación de muro	104.50	M3	\$ 17.44	\$ 1,822.48
Desalojo de material excavado	84.00	M3	\$ 18.78	\$ 1,577.52
enrocado	38.00	ML	\$ 9.85	\$ 374.30
Colocación de tubería	5	c/u	\$ 338.20	\$ 1691.00
Compactación con suelo cemento	73.50	M3	\$ 46.53	\$ 3,419.96
concreto	1.95	M3	\$ 121.82	\$ 237.55
Construcción de muro de mampostería de Piedra	28.00	ML	\$ 436.73	\$12,228.44
Aletones	2	C/U	\$ 285.52	\$ 571.04
Excavación con maquina para construcción de gaviones	64.00	M2	\$ 17.44	\$ 1,116.16
Construcción de gaviones	77.00	GAVIONES	\$ 246.80	\$19,003.60
Hechura y colocación de gaviones en la parte superior del río	18.00	GAVIONES	\$ 246.80	\$ 4,442.40
Dragado y ampliado de la quebrada El Porvenir	900.00	M3	\$ 9.70	\$ 8,730.00
Desalojo de material excavado	1125.00	M3	\$ 13.06	\$14,692.50
			TOTAL.	<b>\$71,428.86</b>

## **4.8 EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL DE LAS OBRAS PROPUESTAS**

### **4.8.1 EVALUACION RAPIDA UTILIZANDO PROGRAMA RIAM**

Uno de los métodos utilizados para evaluar rápidamente los impactos de las actividades humanas que generan cambios en el ambiente y los factores ambientales que pueden ser modificados tanto positiva como negativamente es la matriz de evaluación de impacto rápido.

Para el caso de las obras de protección y mitigación a proponer se utilizara el programa RIAM que es de fácil uso en una computadora.

El método RIAM es una herramienta para organizar, analizar y presentar los resultados integrados de una Evaluación de Impacto Ambiental; el concepto de RIAM ha sido definido por Pastakia y Jesen (1998). Los impactos de las actividades del proyecto son evaluados contra los componentes ambientales, y para componente es determinado un valor total (utilizando criterios definidos) lo que proporciona una medida del impacto esperado para ese componente.

Los criterios se presentan en dos grupos y son los siguientes:

- A. criterios que son de importancia para la evaluación, los que individualmente pueden cambiar el valor total obtenido.
- B. criterios que son de importancia para la evaluación pero que no deben ser capaces, individualmente, de cambiar el valor total obtenido.

Los valores individuales relacionados con estos dos grupos de criterios determinados por el uso de una serie de formulas sencillas, las cuales se presentan a continuación:

$$(A_1) * (A_2) = A_T$$

$$(B_1) + (B_2) + (B_3) = B_T$$

$$(A_T) * (B_T) = ES$$

Donde  $A_1$  y  $A_2$  son los valores individuales de los criterios agrupados en A;  $B_1$ ,  $B_2$ , y  $B_3$  son los valores individuales de los criterios agrupados en B; ES es el valor ambiental total para el componente evaluado.

Los criterios de evaluación del método y los componentes ambientales se presentan continuación:

## CRITERIOS DE EVALUACION

Los criterios de evaluación son mostrados en la tabla 4.12:

CATEGORIA	ESCALA	DESCRIPCION
A <sub>1</sub> : importancia de la condición	4	De importancia nacional/ De interés internacional
	3	De importancia regional/ De interés nacional
	2	De importancia a áreas inmediatas fuera de la condición local.
	1	De importancia solamente a la condición local
	0	No importante
A <sub>2</sub> : Magnitud del cambio/efecto	+3	Beneficios positivos mayores
	+2	Mejoramiento significativo en "status quo"
	0	No cambio/ "status quo"
	-1	Cambios negativos en "status quo"
	-2	Cambios negativos significativos
	-3	Cambios negativos mayores
B <sub>1</sub> : Permanencia	1	No cambio/ no aplicable
	2	temporal
	3	permanente
B:2 Reversible	1	No cambio/no aplicable
	2	Reversible
	3	Irreversible
B:3 Acumulativo	1	No cambio/no aplicable
	2	No acumulativo/ sencillo
	3	Acumulativo/sinergetico

Tabla 4.12. Criterios a evaluar para la elaboración del RIAM.



## COMPONENTES AMBIENTALES.

RIAM requiere una evaluación específica de los componentes a ser definidos a través del proceso de “scoping”, y estos componentes ambientales deberán de estar en una de cuatro categorías que se describen a continuación:

### Físico / Químico (PC)

Cubre todos los aspectos físicos y químicos del medio ambiente.

### Biológicos/ Ecológicos (BE)

Cubre todos los aspectos biológicos del medio ambiente.

### Sociológico / Cultural

Cubre todos los aspectos humanos del medio ambiente, incluyendo los aspectos culturales.

### Económico/ Operacional

Cualitativamente identifica las consecuencias económicas de los cambios ambientales, tanto temporales como permanentes.

Para utilizar el sistema de evaluación descrito, Se produce una matriz para cada fase del proyecto, creando celdas que muestran los criterios usados, en conjunto con cada componente definido. De las formulas anteriormente definidas, se calcula la puntuación ambiental o “ES” para cada componente.

Para las obras a proponer es necesario realizar la evaluación ambiental respectiva; la cual se dividirá en dos etapas del proyecto las cuales son las siguientes:

- Obras preliminares (ver anexo 5).
- Ejecución y operación de las obras.

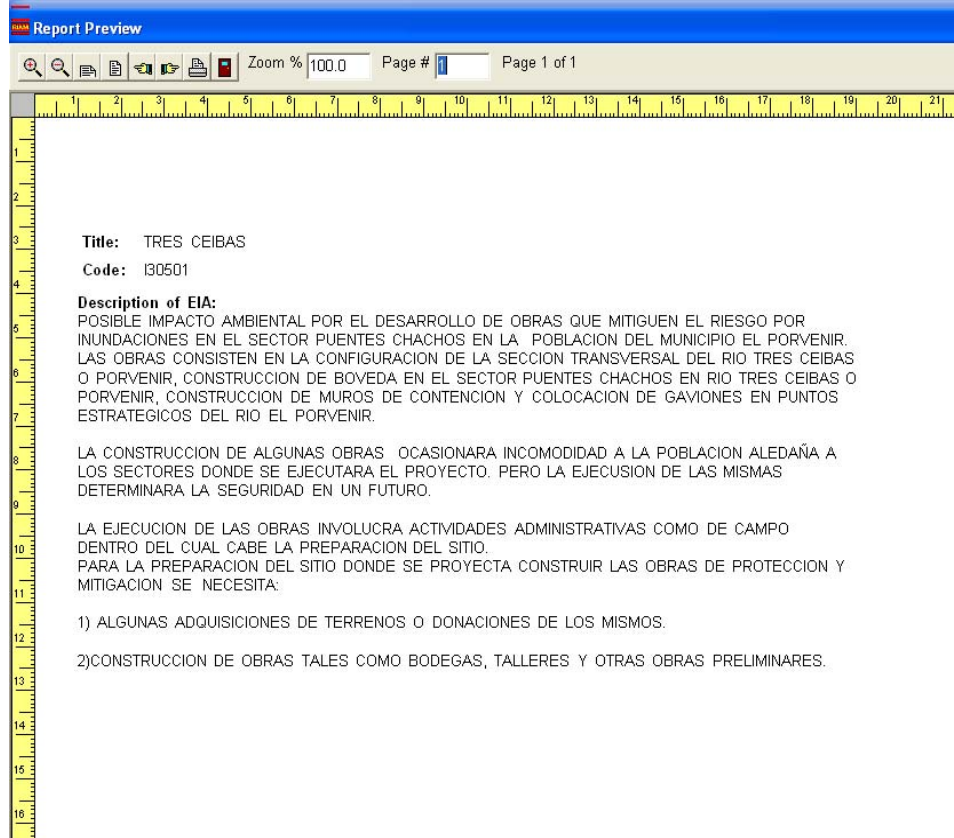
A continuación se presentan los resultados obtenidos por medio del análisis de las dos etapas del proyecto en el programa RIAM.

Los resultados obtenidos se basaron en el análisis de los componentes ambientales, considerando las posibles relaciones de los aspectos que los integran. Es por eso que como criterio de análisis se optó por relacionar dos componentes a la vez.

Por ejemplo se relaciono el componente físico químico contra el biológico ecológico, debido a que si en físico químico la actividad afecta directamente a la tierra por consiguiente este a su vez afectara de manera inequívoca a la flora, fauna y la biodiversidad.

A continuación se muestran los resultados obtenidos a través de la evolución de impacto rápida (RIAM)

## DESCRIPCION DEL PROYECTO



The image shows a screenshot of a software window titled "Report Preview". The window has a blue header bar with the title. Below the header is a toolbar with various icons for navigation and zooming. The main content area is white and contains the following text:

**Title:** TRES CEIBAS  
**Code:** I30501

**Description of EIA:**  
POSIBLE IMPACTO AMBIENTAL POR EL DESARROLLO DE OBRAS QUE MITIGUEN EL RIESGO POR INUNDACIONES EN EL SECTOR PUENTES CHACHOS EN LA POBLACION DEL MUNICIPIO EL PORVENIR. LAS OBRAS CONSISTEN EN LA CONFIGURACION DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL RIO TRES CEIBAS O PORVENIR, CONSTRUCCION DE BOVEDA EN EL SECTOR PUENTES CHACHOS EN RIO TRES CEIBAS O PORVENIR, CONSTRUCCION DE MUROS DE CONTENCION Y COLOCACION DE GAVIONES EN PUNTOS ESTRATEGICOS DEL RIO EL PORVENIR.

LA CONSTRUCCION DE ALGUNAS OBRAS OCASIONARA INCOMODIDAD A LA POBLACION ALEDAÑA A LOS SECTORES DONDE SE EJECUTARA EL PROYECTO. PERO LA EJECUCION DE LAS MISMAS DETERMINARA LA SEGURIDAD EN UN FUTURO.

LA EJECUCION DE LAS OBRAS INVOLUCRA ACTIVIDADES ADMINISTRATIVAS COMO DE CAMPO DENTRO DEL CUAL CABE LA PREPARACION DEL SITIO. PARA LA PREPARACION DEL SITIO DONDE SE PROYECTA CONSTRUIR LAS OBRAS DE PROTECCION Y MITIGACION SE NECESITA:

- 1) ALGUNAS ADQUISICIONES DE TERRENOS O DONACIONES DE LOS MISMOS.
- 2) CONSTRUCCION DE OBRAS TALES COMO BODEGAS, TALLERES Y OTRAS OBRAS PRELIMINARES.

**EJECUCION Y OPERRACION DE LAS OBRAS ASPECTO  
FISICO / QUIMICO CONTRA BIOLOGICO/ ECOLOGICO:**

**COMPONENTE FISICO/QUIMICO**

Componente	ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
PC1 EROSION	18	B	1	3	2	2	2
PC2 CALIDAD DEL AGUA	12	B	2	1	1	3	2
PC4 CALIDAD DEL AIRE	0	N	2	0	1	1	1
PC5 VEGETACION	10	B	2	1	1	2	2
PC5 TOPOGRAFIA DEL TERRENO	-18	-B	2	-1	3	3	3
PC6 GENERACION DE RUIDOS	36	D	2	3	2	2	2

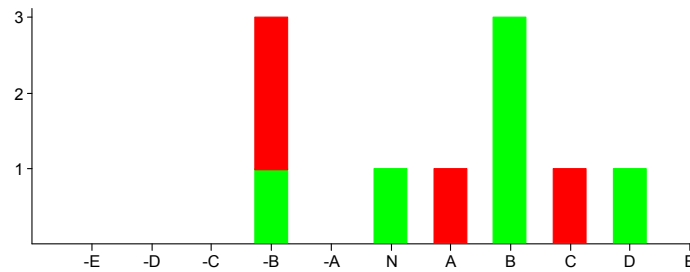
**COMPONENTE BIOLOGICO/ECOLOGICO**

Componente	ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
BE1 FLORA	5	A	1	1	1	3	1
BE2 FAUNA	-12	-B	2	-1	1	3	2
BE3 VECTORES DE ENFERMEDADES	30	C	3	2	2	2	1
BE4 BIODIVERSIDAD	-10	-B	2	-1	1	3	1

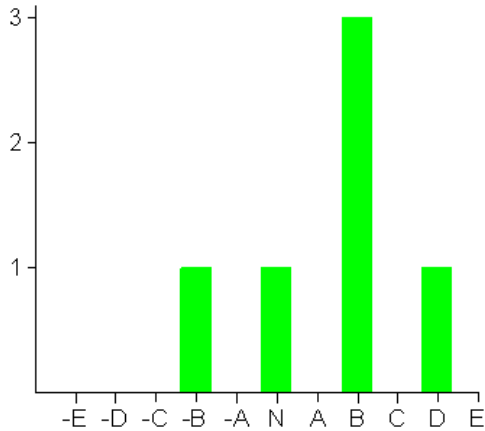
**SUMATORIA DE ESCORES**

Rango	-108	-71	-35	-18	-9	0	1	10	19	36	72
	-72	-36	-19	-10	-1	0	9	18	35	71	108
Clase	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
PC	0	0	0	1	0	1	0	3	0	1	0
BE	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0
SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	3	0	1	1	3	1	1	0

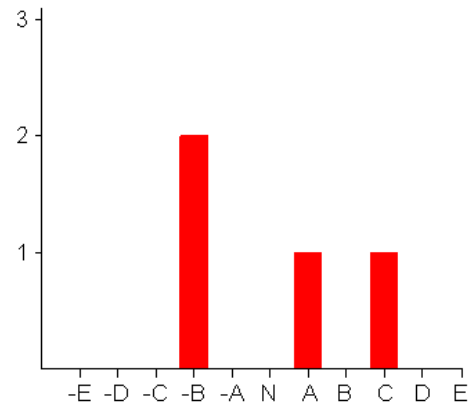
**EJECUCION Y OPERACION DE LAS OBRAS ASPECTO  
FISICO / QUIMICO CONTRA BIOLOGICO/ ECOLOGICO**



Aspecto Físico/ Químico



Aspecto Biológico /Ecológico



**EJECUCION Y OPERACION DE LAS OBRAS ASPECTO  
BIOLOGICO/ECOLOGICO CONTRA ECONOMICO/OPERACIONAL:**

COMPONENTE BIOLOGICO/ECOLOGICO (BE)

Componentes		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
BE1	FLORA	6	A	1	1	2	3	1
BE2	FAUNA	0	N	2	0	2	3	1
BE4	BIODIVERSIDAD	0	N	2	0	1	3	2
BE5	ENFERMEDADES	15	B	1	3	1	2	2

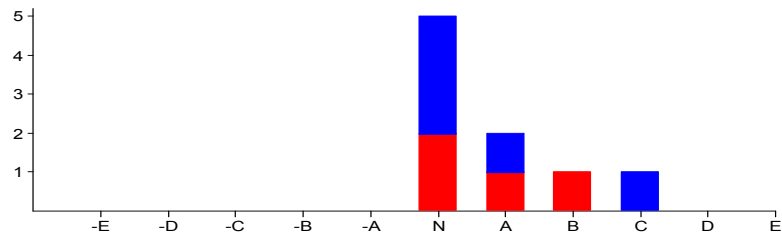
## COMPONENTE ECONOMICO/OPERACIONAL (EO)

Componentes	ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
EO1 PERDIDAS DE COSECHAS	24	C	2	2	2	2	2
EO2 PESCA	0	N	1	0	1	3	1
EO3 COSTO DE OPERACION	0	N	0	0	2	1	1
EO4 MANTENIMIENTO	0	N	0	1	3	1	1
EO5 FUNCIONABILIDAD	5	A	1	1	3	1	1

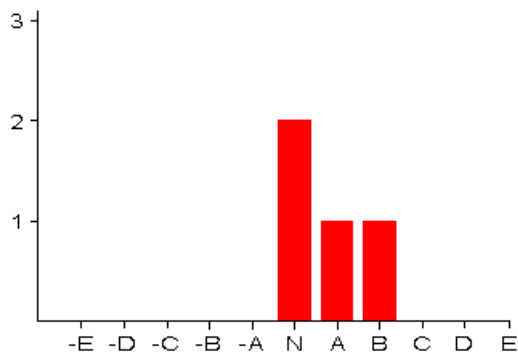
## SUMATORIA DE ESCORES

Rango	-108	-71	-35	-18	-9	0	1	10	19	36	72
	-72	-36	-19	-10	-1	0	9	18	35	71	108
Clase	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
PC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BE	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0
SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EO	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0
Total	0	0	0	0	0	5	2	1	1	0	0

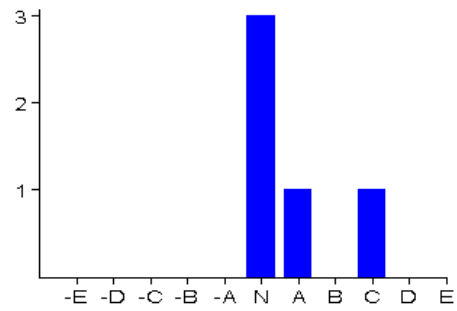
## BIOLOGICO / ECOLOGICO CONTRA ECONOMICO/OPERACIONAL



Aspecto Biológico/Ecológico



Aspecto Económico/Operacional



## EJECUCION Y OPERACION DE LAS OBRAS ASPECTO SOCIOLOGICO/CULTURAL CONTRA FISICO/QUIMICO:

### COMPONENTES FÍSICO / QUÍMICO (PC)

Componentes		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
PC1	EROSION	10	B	1	2	2	2	1
PC2	CALIDAD DEL AGUA	6	A	1	1	1	3	2
PC4	CALIDAD DEL AIRE	0	N	2	0	1	3	1
PC5	VEGETACION	0	N	1	0	2	3	2

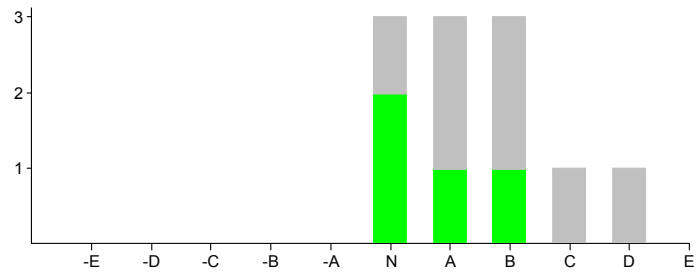
### COMPONENTES SOCIOLOGICO/CULTURAL (SC)

Componentes		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
SC1	EMPLEO	6	A	1	1	2	2	2
SC2	PERDIDAD DE VIVIENDA	12	B	1	2	2	2	2
SC3	INMIGRACION	6	A	1	2	1	1	1
SC4	EMIGRACION	0	N	2	0	1	1	1
SC5	APROVISIONAMIENTO DE AGUA	12	B	2	1	1	3	2
SC6	EMPLEO PARA LOS HABITANTES DE EL PORVENIR	30	C	2	3	2	1	2
SC7	ASPECTO PAISAJISTICO	42	D	2	3	3	2	2

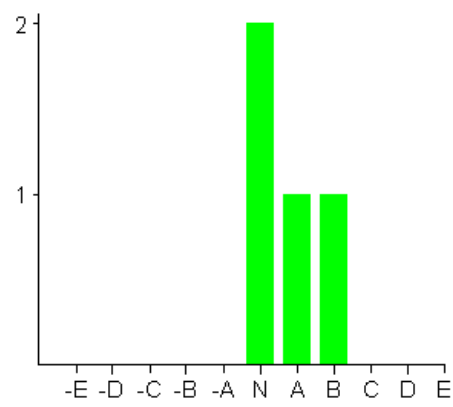
### SUMATORIA DE ESCORES

Rango	-108	-71	-35	-18	-9	0	1	10	19	36	72
	-72	-36	-19	-10	-1	0	9	18	35	71	108
Clases	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
PC	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0
BE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SC	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1	0
EO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	3	3	3	1	1	0

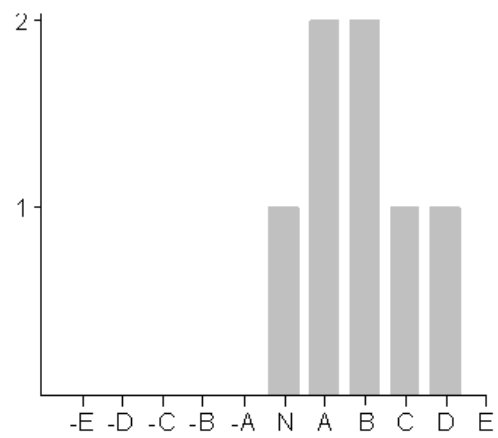
## SOCIOLOGICO/CULTURAL CONTRA FISICO/QUIMICO



**Aspecto Físico/Químico**



**Aspecto Sociológico/Cultural**





**EJECUCION Y OPERACION DE LAS OBRAS ASPECTO  
ECONOMICO/ OPERACIONAL CONTRA FISICO/QUIMICO:**

**COMPONENTES FÍSICO / QUÍMICO (PC)**

Componentes		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
PC1	EROSION	6	A	1	1	2	2	2
PC2	CALIDAD DEL AGUA	8	A	1	1	3	3	2
PC4	CALIDAD DEL AIRE	0	N	1	0	1	2	1
PC5	VEGETACION	7	A	1	1	2	3	2

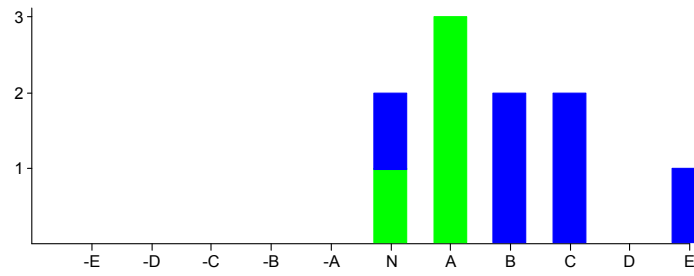
**COMPONENTES ECONÓMICO/OPERACIONAL (EO)**

Componentes		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
EO1	PERDIDAS DE COSECHAS	0	N	0	2	2	2	2
EO3	COSTO DE OPERACION	10	B	1	2	2	1	2
EO4	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	14	B	1	2	3	1	3
EO5	OPTIMO FUNCIONAMIENTO DE LA OBRA	21	C	1	3	3	1	3
EO6	ESPECULACION EN EL COSTO DE LA TIERRA.	72	E	3	3	3	2	3
EO6	ESTABILIDAD ECONOMICA DE LA ZONA	24	C	1	3	3	2	3

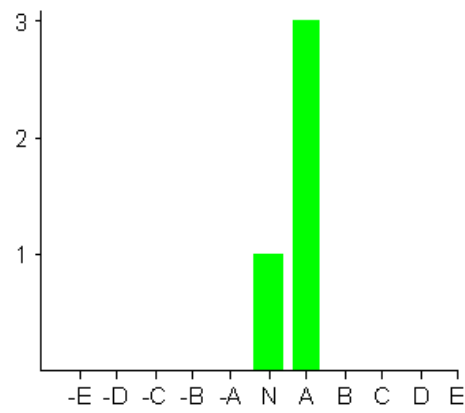
**SUMATORIA DE ESCORES**

Rango	-108	-71	-35	-18	-9	0	1	10	19	36	72
	-72	-36	-19	-10	-1	0	9	18	35	71	108
Clases	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
PC	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0
BE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EO	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	1
Total	0	0	0	0	0	2	3	2	2	0	1

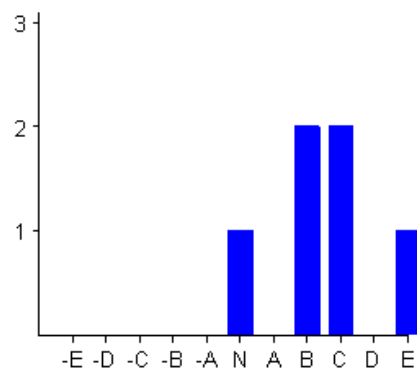
## ECONOMICO/ OPERACIONAL CONTRA FISICO/QUIMICO



Aspecto Físico/Químico

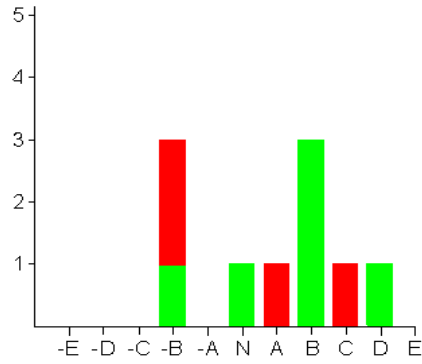


Aspecto Económico Operacional

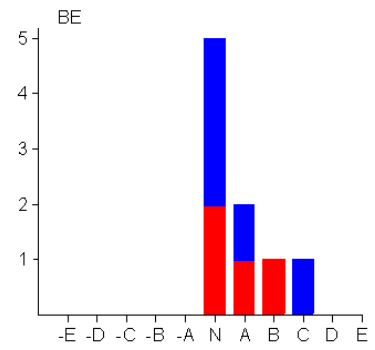


## RESUMEN DE LOS RESULTADOS GRAFICOS

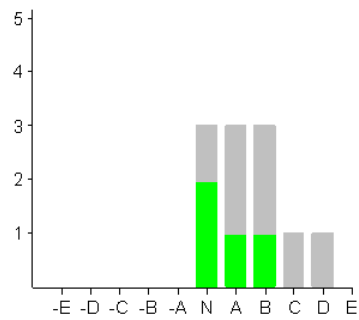
FISICO / QUIMICO CONTRA BIOLOGICO/ ECOLOGICO



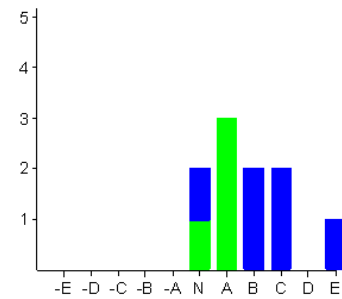
BIOLOGICO / ECOLOGICO CONTRA ECONOMICO/OPERACIONAL



SOCIOLOGICO/CULTURAL CONTRA FISICO/QUIMICO



ECONOMICO/ OPERACIONAL CONTRA FISICO/QUIMICO



# **CAPITULO V**

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo a la información de campo recolectada, y a los resultados que se obtuvieron del estudio hidrológico, se puede concluir que las inundaciones en el sector Puentes Chachos son una realidad y al mismo tiempo una amenaza para la población, por lo cual es necesario la ejecución de las obras propuestas, para que ayuden a mitigar y prevenir los riesgos producidos por las inundaciones en el sector.
- A partir de la observación de las obras que actualmente existen en el sitio de análisis, es necesario construir obras complementarias que ayuden a conducir el flujo de agua que recorre el río El Porvenir y de esta manera evitar los desbordamientos.
- La capacidad hidráulica de la obra de paso que existe en la quebrada El Porvenir, no es suficiente para encauzar el agua proveniente de los sectores de Santa Rosa Senca, Singüil y El Porvenir, lo que hace necesario la ejecución inmediata de obras que ayuden a evitar los desbordamientos.
- La limpieza y dragado que actualmente se realiza en el sector Puentes Chachos, del río El Porvenir no es constante, por lo que cada vez que cae una tormenta el agua arrastra gran cantidad de sedimentos reduciendo el cauce del río y disminuyendo su capacidad hidráulica, por lo que es otro factor que contribuye a las inundaciones.

- La sección hidráulica de la quebrada El Porvenir no es suficiente para conducir el agua que recibe, por lo que es necesario desarrollar las obras de ampliación y dragado propuestas, con el fin de evitar inundaciones en los terrenos aledaños como los que se dan actualmente, y que dañan los cultivos, ganado, vivienda y ponen en riesgo la vida de los pobladores.
- Debido a que el nivel freático en la zona se encuentra a 1.50 metros de profundidad, lo cual se verifico por sondeo de pozos, se opto por el sistema de muros de gavión en algunos para que se pueda filtrar el agua hacia el río, sin dañar las estructuras a construir.
- El resultado obtenido del estudio de Impacto Ambiental respalda la ejecución de las obras propuestas, ya que los impactos al ambiente generados por su construcción son menores en comparación con los beneficios que se tendrán al ejecutar el proyecto.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Las obras realizadas deberán contar con una supervisión periódica, para darle mantenimiento y extender así su periodo de vida útil.
- Se deberá de continuar con el programa de limpieza rutinario que actualmente ejecuta la municipalidad de El Porvenir, con la finalidad de evitar el estancamiento de sedimentos en el fondo del río, y que así no se reduzca su área hidráulica.
- Se deberá gestionar los permisos respectivos o las posibles donaciones de los terrenos en los cuales se realizara el dragado en el río Tres Ceibas. Para evitar posibles molestias por el uso de maquinaria y modificación de la sección del río Tres Ceibas, por lo que deberá de trazarse las nuevas zonas de protección para evitar que los terrenos aledaños se vean afectados por el flujo de el río, tal y como lo estipula la ley de urbanismo y construcción de El Salvador.
- Respetar los diseños originales y sus especificaciones propuestas en este trabajo de grado debido a que los diseños están basados en estudios técnicos tanto hidráulicos como ambientales y estos se deberán realizar responsablemente por la municipalidad y se deberán ejecutar lo más antes posible para salvaguardar la vida de la población.

- Se recomienda realizar esta propuesta de obras de protección y mitigación de riesgos en el sector puentes chachos antes de la realización de cualquier otra obra de desarrollo municipal en esta zona de estudio, como por ejemplo mejora de la principal vía de acceso al municipio del porvenir, mejoramiento de canaletas y caminos vecinales u otras obras ya que estas no funcionarían eficientemente en la época lluviosa.
- Realizar un sistema de enrocamiento antes de las cimentaciones con suelo cemento compactado de los muros debido a que el nivel freático en la zona de estudio es superficial.



## BIBLIOGRAFIA

- HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS  
VEN – TE - CHOW  
  
HARLA, TERCERA EDICION, 1988
  
- MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES  
ING. CARLOS CRESPO VILLALAZ  
  
LIMUSA, CUARTA EDICION, 2003
  
- HIDROLOGIA EN LA INGENIERIA  
GERMAN MONSALVE SAENZ  
  
ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, SEGUNDA EDICION, 1999
  
- TOPOGRAFIA MODERNA  
RUSELL BRINKER  
  
HARLA, SEXTA EDICION, 1982
  
- MECANICA DE SUELOS TOMO 1  
JUAREZ BADILLO  
  
LIMUSA, SEGUNDA EDICION, 2003

- DISEÑO DE CONCRETO REFORZADO  
JACK C. McCORMAK  
  
ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, QUINTA EDICION, 2005
- ESTRUCTURACION DE VIAS TERRESTRES  
FERNANADO OLIVEIRA BUSTAMANTE  
  
EDITORIAL CONTINENTAL, 1996
- HIDRAULICA GENERAL VOLUMEN 1  
GILBERO DOLTELO AVILA  
  
LIMUSA, 2002
- HIDROLOGIA PARA INGENIEROS  
LINSLAY, RAY K.  
  
HARLA, SEGUNDA EDICION, 1987
- DEFENSAS DE MARGENES Y OBRAS TRANSVERSALES  
MACCAFERRI  
  
[WWW. MACCAFERRI.COM](http://WWW.MACCAFERRI.COM)
- GAVIONES Y OTRAS SOLUCIONES EN MALLA EXAGONAL DE DOBLE  
TORSION

MACCAFERRI

- MANUAL DEL CONSTRUCTOR 2007  
COUNICACION GREMIAL, EDICION 21
  
- GUIA AUXILIAR SOBRE PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN  
EDIFICACIONES  
ING. DINORA DEL CARMEN AVENDAÑO  
  
UCA EDITORES
  
- COSTOS Y TABLAS PARA LA CONSTRUCCION SALVADOREÑA  
FEDERICO LOWY  
  
VELA IMPRESOS, SEGUNDA EDICION, 2001
  
- GEOGRAFIA DE EL SALVADOR TOMO 1  
DR. MANUEL LUIS ESCAMILLA  
  
1984
  
- PROYECTO DE MITIGACION DE RIESGOS POR INUNDACIONES EN EL  
SECTOR URBANO DE LA CIUDAD DE AHUACHAPAN  
MARTINEZ CAMPOS, OSCAR ARTURO  
  
TESIS UES, 2004

- PLANIFICACION DE OBRAS DE PROTECCION A LAS INUNDACIONES DEL BARRIO SAN JOSE, DE LA CIUDAD DE METAPAN  
CASTRO SALINAS, EDWIN  
  
TESIS UES, 2002
- DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE SOLUCION AL PROBLEMA DE DRENAJE SUPERFICIAL EN EL SECTOR SUR – OESTE DE LA CIUDAD DE SANTA ANA  
CABALLERO VEGA, NOE ABRAHAM  
  
TESIS UES, 2005
- PROYECTO DE UN CANAL DE DESCARGA DE AGUAS LLUVIAS EN EL SECTOR PONIENTE DE LA CIUDAD DE SANTA ANA  
JERONIMO POSADAS, AMADO FRANCISCO  
  
TESIS UES, 2003
- PROPUESTA DE DISEÑO DE LAS OBRAS DE PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN LA ZONA DEL BAJO LEMPA  
DELGADO SORTO, CORNELIO  
  
TESIS UES, 1995

# ANEXOS

# ANEXO 1

MEMORIA FOTOGRAFICA DE LA  
ZONA DE ESTUDIO



Foto 1. Realización de aforo en el río El Porvenir en época seca.



Foto 2. Vertedero triangular como herramienta para la obtención del caudal en época seca.





Foto 3. Río Tres Ceibas en época seca.



Foto 4. Puente localizado en el Río Tres Ceibas.





Foto 5. Obra de paso existente en el Río El Porvenir y principal vía de acceso al municipio El Porvenir.



Foto 6. Río El Porvenir en el inicio de la época lluviosa.





Foto 7. Vista panorámica de la condición del Río El Porvenir al inicio de la época lluviosa.



Foto 8. Intersección del río Tres Ceibas y el río El Porvenir en sector Puentes Chachos.



Foto 9. Condición del río El Porvenir en la época lluviosa.



Foto 10. Vulnerabilidad de la población en el sector puentes chachos



en época lluviosa



Foto 11. Zonas inundadas por el desbordamiento del el río Tres Ceibas tras el paso de la tormenta tropical ARTHUR.





Foto 12. Río Tres Ceibas a su máxima capacidad.



Foto 13. Zonas inundadas por el paso de la tormenta tropical Omar.



Foto 14. Río Tres Ceibas completamente desbordado



por el paso de la tormenta tropical Omar.



Foto 13. Zonas inundadas por el paso de la tormenta tropical Omar.



Foto 14. Río Tres Ceibas completamente desbordado

por el paso de la tormenta tropical Omar.



Foto 15. Calle hacia cantón El Rosario Municipio de El Porvenir  
Inundada por el desbordamiento del Río Tres Ceibas.

# ANEXO 2

TABLAS



## ANEXO 2.1

<b>TABLA DE VALORES DE LOS COEFICIENTES DE MANNING Y VELOCIDADES MAXIMAS PERMISIBLES</b>					
<b>Material</b>	<b>n</b>	<b>Agua limpia</b>		<b>Agua que transporta limos coloidales</b>	
		<b>V, pies/s</b>	<b>T<sub>o</sub>, lb/pie<sup>2</sup></b>	<b>V, pies/s</b>	<b>T<sub>o</sub>, lb/pie<sup>2</sup></b>
Arena fina coloidal	0.020	1.50	0.027	2.50	0.075
Marga arenosa no coloidal	0.020	1.75	0.037	2.50	0.075
Marga limosa no coloidal	0.020	2.00	0.048	3.00	0.110
Limos aluviales no coloidales	0.020	2.00	0.048	3.50	0.150
Marga firme ordinaria	0.020	2.50	0.075	3.50	0.150
Ceniza volcánica	0.020	2.50	0.075	3.50	0.150
Arcilla rígida muy coloidal	0.025	3.75	0.260	5.00	0.460
Limos aluviales coloidales	0.025	3.75	0.260	5.00	0.460
Esquistos y subsuelos de arcilla dura	0.025	6.00	0.670	6.00	0.670
Grava fina	0.020	2.50	0.075	5.00	0.320
Marga gradada a cantos rodados, no coloidales	0.030	3.75	0.380	5.00	0.660
Limos gradados a cantos rodados coloidales	0.030	4.00	0.430	5.50	0.800
Grava gruesa no coloidal	0.025	4.00	0.300	6.00	0.670
Cantos rodados y ripios de cantera	0.035	5.00	0.910	5.50	1.100

## ANEXO 2.2

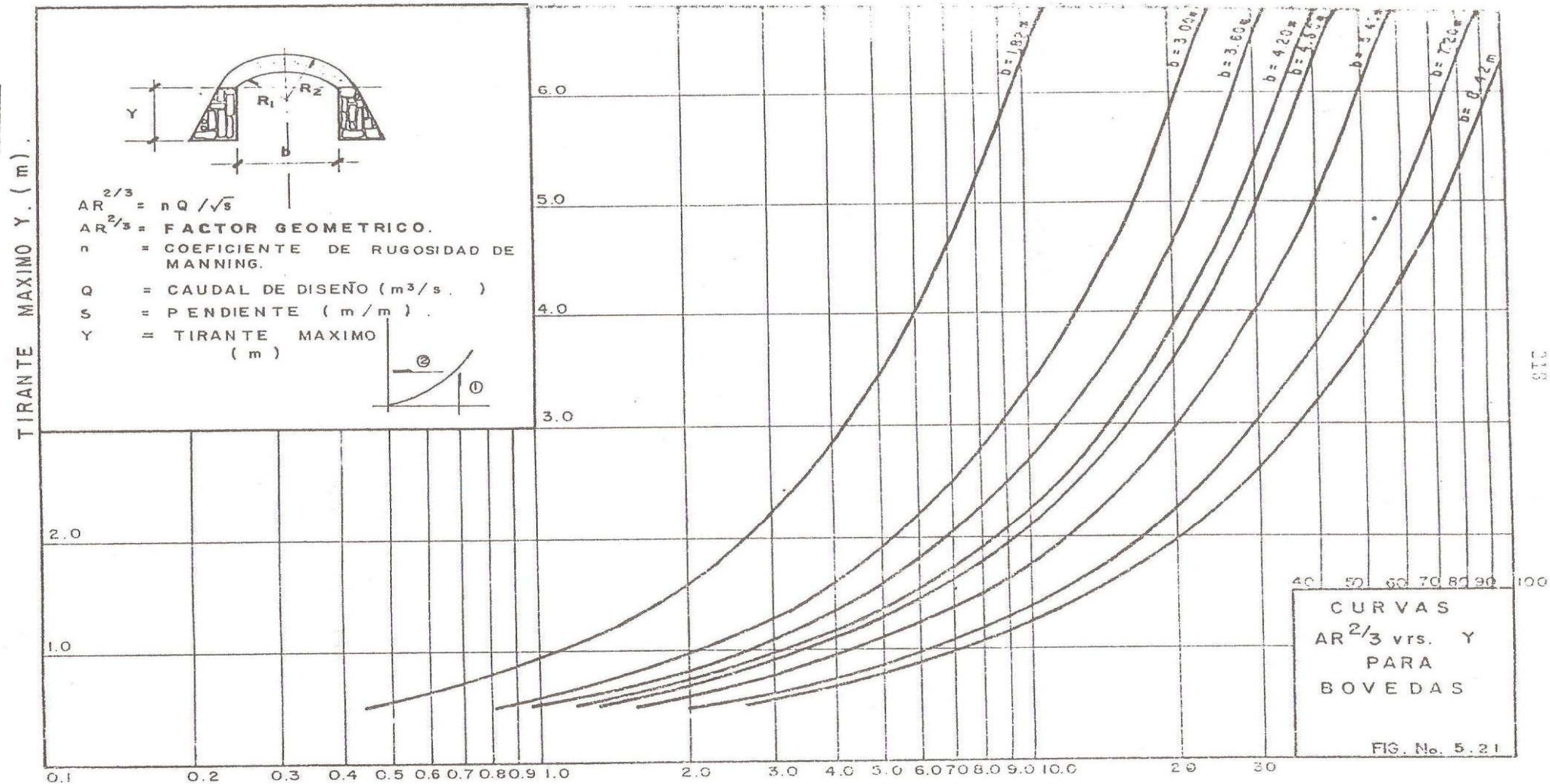
<b>Tabla de Ángulos de Fricción Interna y Pesos Específicos de Suelos</b>			
<b>Tipo de suelo</b>	<b>Densidad o consistencia</b>	<b>Angulo de fricción interna <math>\phi</math>; grados</b>	<b>Peso específico w, lb/pie<sup>3</sup></b>
Arena gruesa o arena con grava	Compacto	40	140
	Suelto	35	90
Arena media	Compacto	40	130
	Suelto	30	90
Arena limosa fina o limo arenoso	Compacto	30	130
	Suelto	25	85
Limo uniforme	Compacto	30	135
	Suelto	25	85
Arcilla - limo	Suave a mediana	20	90 - 120
Arcilla limosa	Suave a mediana	15	90 - 120
Arcilla	Suave a mediana	0 - 10	90 - 120

## ANEXO 2.3

<b>Tabla de Prueba de Penetración Estándar</b>				
<b>Compacidad relativa de la arena</b>		<b>Resistencia de la arcilla</b>		
<b>Resistencia a la penetración N (golpes/pie)</b>	<b>Compacidad relativa</b>	<b>Resistencia a la penetración N (golpes/pie)</b>	<b>Resistencia a compresión simple (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Consistencia</b>
0 - 4	Muy suelta	< 2	< 0.25	Muy blanda
04 - 10.	Suelta	2 - 4.	0.25 - 0.50	Blanda
10 - 30.	Media	4 - 8.	0.50 - 1.00	Media
30 - 50	Compacta	8 - 15.	1.00 - 2.00	Semidura
> 50	Muy compacta	15 - 30	2.00 - 4.00	Dura
		> 30	> 4.00	Rígida

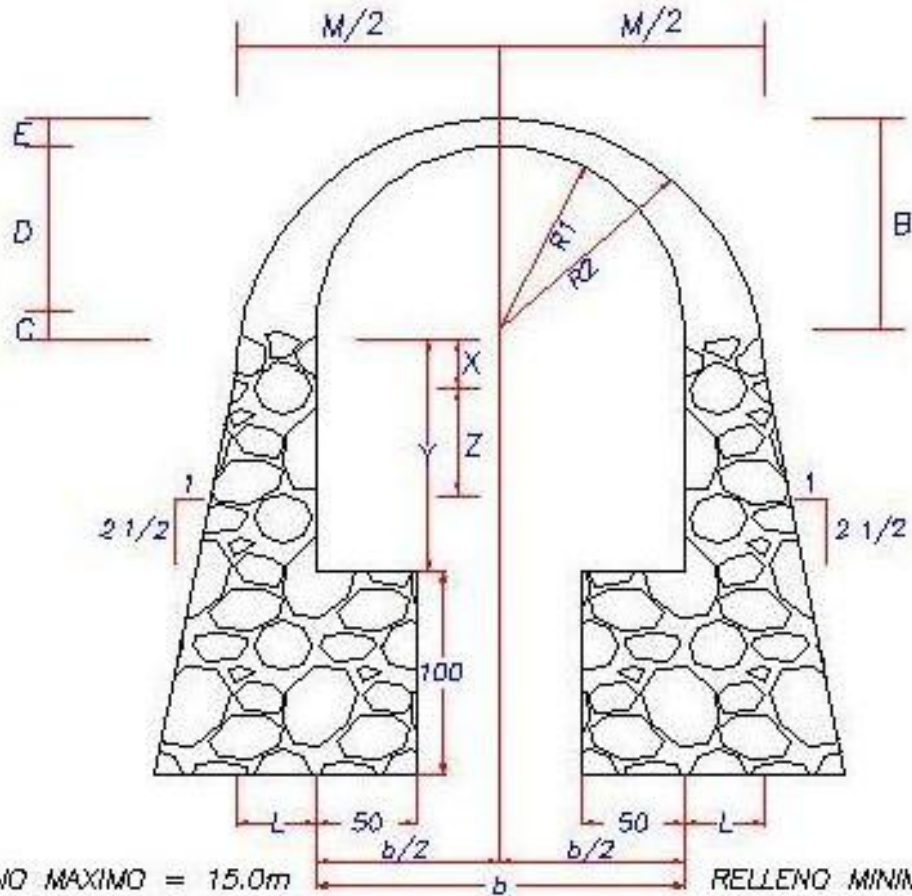
## ANEXO 2.4

### NOMOGRAMA PARA EL CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES PARA EL DISEÑO DE LA BOVEDA



## ANEXO 2.5

**TABLA PARA EL CÁLCULO DE DIMENSIONES DE LA BOVEDA**



### DIMENSIONES PARA BOVEDAS TIPO

B O V E D A S											
COTAS EN CM. PARA CADA DIAMETRO											
DIAMETRO	<i>b</i>	<i>X</i>	<i>Z</i>	<i>R1</i>	<i>R</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>L</i>	<i>M</i>
6'	182	13	30	92	147	104	14	65	25	42	270
10'	300	26	60	152	242	156	24	102	30	65	430
12'	360	32	75	183	293	186	30	122	35	79	518
14'	420	37	90	213	343	216	35	141	40	89	606
15'	450	40	100	229	369	219	39	150	40	98	646
18'	540	48	125	275	445	272	46	181	45	116	772
24'	720	50	150	366	571	371	55	261	55	146	1,016
30'	842	177	150	457	672	345	71	209	65	121	1,084

# ANEXO 3

PLANOS

# ANEXO 3.1

## CUADRANTES DIGITALES

UBICADA EN CARPETA DE ANEXO

# ANEXO 3.2

## SUBCUENCA DE RIO EL POVENIR O TRES CEIBAS

UBICADA EN CARPETA DE ANEXOS



# ANEXO 3.3

## LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

UBICADA EN CARPETA DE ANEXO

# ANEXO 3.4

## DETALLES DE ESTRUCTURAS

UBICADA EN CARPETA DE ANEXO

# ANEXO 3.5

## DETALLES DE ESTRUCTURAS

UBICADA EN CARPETA DE ANEXO

# ANEXO 3.6

## DETALLES DE ESTRUCTURAS

UBICADA EN CARPETA DE ANEXO

# ANEXO 3.7

## DETALLES DE ESTRUCTURAS

UBICADA EN CARPETA DE ANEXO

# ANEXO 3.8

## DETALLES DE ESTRUCTURAS

UBICADA EN CARPETA DE ANEXO

# ANEXO 3.9

## UBICACIÓN DE OBRAS A IMPLEMENTAR

UBICADA EN CARPETA DE ANEXO

# ANEXO 4

DOCUMENTOS TECNICOS



## **ANEXO 4.1 DOCUMENTO TECNICO AMANCO**

### **TUBERIAS FLEXIBLES**

Este tipo de tubería permite obtener deflexiones controladas sin que sufra ningún daño estructural, siendo estas de PVC, hierro fundido, aluminio y acero, así como las termoplásticas.

La integridad estructural de las tuberías termoplásticas depende en un 15% de la rigidez anular del tubo y el restante porcentaje de la interacción “tubo – suelo”. Por lo que el diseño de tuberías flexibles consiste en la transmisión de las cargas de diseño que actúan sobre el tubo, al suelo circundante; siendo el sistema de diseño flexible “suelo + tubo”, el que reporta mucha mas capacidad de carga y ventaja que la que presentan los sistemas rígidos.

Según el párrafo 17.16 de AASHTO: para toda tubería enterrada, sea Rígida o Flexible el comportamiento estructural depende de la interacción de la tubería y el suelo. Debiendo ser considerada anticipadamente el tipo de suelo y su comportamiento al usarse como medio de interacción estructural conjuntamente con las tuberías del sistema.

Según el párrafo 18.1.1 AASHTO: las tuberías plásticas enterradas, se definen como una estructura compuesta por dos tipos de materiales que juegan un papel importante para el diseño y la integridad estructural de la estructura de este sistema por flexión, que se define como “Anillo Termoplástico Cubierto por Suelo”.

Para el diseño estructural de tuberías flexibles se analizan cuatro factores críticos:

- ✓ Deflexión.
- ✓ Aplastamiento de pared o pandeo.
- ✓ Esfuerzos de tensión en la pared.
- ✓ Compresión anular de la pared.

## TUBERIAS ESTRUCTURADAS

Las tuberías estructuradas de PVC NOVALOC Y NVAFORT, soportan las cargas verticales transfiriendo la mayor parte de las cargas al suelo circundante, donde las profundidades de relleno varían desde 30 cm (12") hasta 15 mts (50')

Y que además presenta las siguientes ventajas:

- ✓ fácil manejo y transporte.
- ✓ rapidez de manejo.
- ✓ soportan el manejo normal del campo pueden ser descargadas a mano o con minicargadores.
- ✓ se pueden usar cinchos de lona o nylon para bajar al zanjo.

Se deben elaborar las zanjas con el ancho suficiente para alojar el equipo de compactación, además se deberá construir un encamado en la longitud del tubo de forma uniforme con material selecto, cuando el material del sitio se trate de lodo o arcilla, y se deberá drenar el exceso de agua.

<b>VALORES PARA ANCHOS DE ZANJA</b>		
Diámetro Interno	Diámetro Externo	Ancho de Zanja
18"	21.1"	39"
24"	28.3"	48"
30"	36.1"	66"
38"	42.3"	78"
42"	47"	83"
48"	53"	89"

\* Anchos de zanja a utilizar dependiendo del diámetro del tubo.

## ACOSTILLADO

- ✓ Un buen acostillado provee la mayor parte de resistencia y estabilidad de la tubería. una instalación pobre traerá como consecuencia una deflexión excesiva y un problema de alineamiento.
- ✓ los materiales de acostillado pueden ser clase I, II, III o material selecto.
- ✓ deben ser compactados a un mínimo de 90% Standard Proctor.

## GUIA PARA EL ACOSTILLADO

- Introducir suficiente material en las costillas del tubo para asegurar una buena compactación y soporte lateral.
- cuando las zanjas son inestables prevenir la perdida del soporte lateral controlando los derrumbes, etc.
- el acostillado debe ser en capas de 15 cm.
- los materiales controlados de baja resistencia a base de agregados son buenos relleno.

## ENCAMADO

- El material de encamado proporciona u soporte uniforme y mantiene la tubería con su pendiente y alineamientos correctos. es adecuado un encamado apisonado de 4". El encamado puede ser de material clase I o clase II, Debe ser firme y compactable.

## MATERIALES DE RELLENO

ASTM D 2321 clasifica las clases de suelo como:

- ❖ CLASE I: piedra quebrada angular, densa o abierto de gran, con pocos o ningún fino ( $1/4'' - 1\ 1/2''$ )
- ❖ CLASE II: materiales limpios, agregados de grano grueso como gravas, arenas gruesas, revueltas con arena/grava ( $1'' - 1/2''$ )
- ❖ CLASE III: materiales de grano grueso con finos mezclados, arenas limosas, arenas o gravas arcillosas. La grava o arena debe comprimirse mas del 50% del material clase III ( $1\ 1/2''$  del tamaño máximo)

- ❖ CLASE IV: materiales de grano fino como arenas o suelos finos conteniendo el 50% o mas de arcilla o limo. Suelos clasificados como clase IV a (MH o CH) que poseen de media a baja plasticidad y no son recomendados para la zona de recubrimiento. Suelos clasificados como clase IV b (MH o CH) que poseen alta plasticidad y no son recomendados como materiales de relleno.

#### CARGAS VIVAS

Las tuberías “NOVAS” están diseñadas para soportar cargas vivas H-20 = 32,000 libras por eje como carga autorizada con 30 cm (12”) de suelo relleno bien compactado.

## **4.2 TRAZO POR UNIDAD DE LONGITUD**

El contratista trazará las rasantes y dimensiones de la construcción de acuerdo con las medidas y niveles expresados en los planos y establecerá las referencias planimétricas y altimétricas (bancos de marcas), necesarias para plantear ejes y niveles establecidos por los proyectistas, cuantas veces sea necesario. El contratista será el responsable de que el trabajo terminado quede conforme con los alineamientos, niveles, pendiente, y referencias indicados en los planos o por el Supervisor.

El contratista podrá efectuar el trazo de la construcción desde el momento en que reciba el sitio donde deberá construir, pero se abstendrá de comenzar las excavaciones hasta que reciba la autorización, previa revisión y aprobación de los trazos y niveles por el Supervisor.

### **CONDICIONES**

El trazo deberá efectuarse con teodolito o con el sistema que el supervisor determine según el tipo de trabajo de que se trate.

### **FORMA DE PAGO.**

Se pagará por metro LINEAL. El costo incluye los materiales, mano de obra herramientas, equipo y todo lo necesario para dejar el trazo y nivelación completamente terminados, según lo establecido en los planos y especificaciones.

### **ANEXO 4.3 CORTE Y DESALOJO**

Bajo esta partida el Contratista ejecutará todo el trabajo de terracería necesario para que el mejoramiento se ajuste a los alineamientos, rasantes y secciones transversales a niveles de subrasantes, de acuerdo con los planos y especificaciones. Incluirá la excavación de la vía, desalojo de materiales excavados sobrantes y objetables. En este rubro se incluye también el desraizado ya sea de árboles talados o árboles en pie cuyas raíces se extiendan hacia los sitios donde pasa la calle del proyecto

El material que resulte del descapote, y que pueda ser reutilizado se colocará en otro sitio, de aquel que se deba evacuar por inservible. Estos materiales de desecho provenientes de la limpieza y descapote, deberán ser retirados del lugar de la obra, para lo cual el Contratista deberá gestionar en la municipalidad o institución correspondiente el permiso respectivo de disposición final y presentarlo a la Supervisión para su aprobación, antes del inicio del desalojo.

El propietario se reserva el derecho de retirar por su cuenta aquellos materiales que estime para sus intereses, dejando constancia a la supervisión de dicho retiro.

#### **MEDIDA**

Se medirá el número de metros cúbicos en su posición original, que han sido satisfactoriamente excavados e incorporados en la obra o dispuestos fuera de ella en el período, determinando dicha medida según el método de la sección promedio en una distancia dada, con base en las secciones transversales revisadas y aceptadas por el Contratista y el Supervisor antes de iniciar la excavación y después de haberla llevado a cabo satisfactoriamente.

## ANEXO 4.4 LAMINA PARA BOVEDA

### LIMITES DE RELLENO PARA ARCO ESTRUCTURAL MP - 152 CARGA VIVA H20 O H25

LUZ PIES	RELLENO MINIMO PULG.	RELLENO MAXIMO (PIES)				
		ESESOR DE LAMINA ESPECIFICADO (PULG.)				
		0.109	0.138	0.188	0.249	0.310
5.00	12	81	120	176	234	264
6.00		68	101	146	195	220
7.00		58	86	125	168	188
8.00		51	75	111	146	165
9.00	24	45	67	97	130	146
10.00		40	60	80	117	132
11.00		37	54	79	106	120
12.00		34	50	73	97	110
13.00		31	46	67	90	101
14.00		29	43	62	83	94
15.00		27	40	58	78	88
16.00		25	37	54	73	82
17.00	36	24	35	51	68	77
18.00		23	33	47	63	71
19.00		18	31	43	58	65
20.00			28	40	53	60
21.00			27	36	49	56
22.00			21	33	45	51
23.00				31	41	46
24.00				28	38	43
25.00	48			22	35	39
26.00	48				32	35



## **INSTRUCCIONES DE ENSAMBLAJE PARA ARCOS MP - 152**

### **Recomendaciones**

Para ensamblar de mejor forma las láminas en la unión circunferencial, se ubican tornillos cerca de la mitad de la lámina. La alineación de los agujeros de los tornillos se logra con mayor facilidad cuando estos últimos no están ajustados. El cambio de posición o movimiento se hace mejor cuando los tornillos adyacentes están apretados.

El acople final de los tornillos asegura las láminas y debe realizarse unos cuantos anillos antes de la unión.

### **Ensamblaje del Arco**

Iniciando en el extremo interior, ensamble tres o cuatro láminas sobre un solo costado. Atornille estas láminas al ángulo de anclaje. El borde sin soporte de estas láminas puede apoyarse con puntales temporales.

Después de ubicar unas cuantas láminas en un costado, comience de nuevo en el extremo interior y ubique láminas en el lado

opuesto. (Cuando el arco esté conectado al canal base, las láminas de un lado del arco deben tener la línea más baja de agujeros para los tornillos en las crestas exteriores del corrugado. Las láminas del lado opuesto deben tener la línea más baja de agujeros para los tornillos en los valles del corrugado, de otro modo las láminas no encajarán cuando se unen en la corona del Arco). Las láminas adicionales se ubican a ambos lados hasta que el primer anillo se complete. Agregue sólo las láminas laterales suficientes de manera que se cierre el tope del arco, siempre trabajando desde el extremo interior, ubicando cada lámina sobre una ondulación y usando tornillos suficientes en cada unión para mantener las láminas en posición. No ajuste las tuercas.

Después de que cierre el arco en el tope, se agregan las láminas laterales y posteriores restantes, cerrando el tope progresivamente hacia el extremo exterior. Cuando todas las láminas estén en su sitio, inserte los tornillos restantes usando pasadores y barras de palanca para alinear los agujeros. Una vez todos los tornillos estén en su posición, ajuste la tuerca.





# ANEXO 5

RIAM

ANALISIS DE OBRA PRELIMINARES

## OBRAS PROVISIONALES

### Componente físico/químico (PC)

Componentes		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
PC1	EROSION	18	B	1	3	2	2	2
PC2	CALIDAD DEL AGUA	12	B	2	1	1	3	2
PC3	VEGETACION	10	B	2	1	1	2	2

### Componentes biológico/ecológico (BE)

Componentes		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
BE1	FLORA	6	A	1	1	2	3	1
BE2	FAUNA	0	N	2	0	2	3	1
BE3	BIODIVERSIDAD	0	N	2	0	1	3	2
BE4	ENFERMEDADES	15	B	1	3	1	2	2

### Componente sociológico/cultural (SC)

Componentes		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
SC1	INMIGRACION	6	A	1	2	1	1	1
SC2	EMIGRACION	0	N	2	0	1	1	1
SC3	APROVISIONAMIENTO DE AGUA	12	B	2	1	1	3	2
SC4	EMPLEO PARA LOS HABITANTES DEL PORVENIR	30	C	2	3	2	1	2
SC5	ASPECTO PAISAJISTICO	42	D	2	3	3	2	2

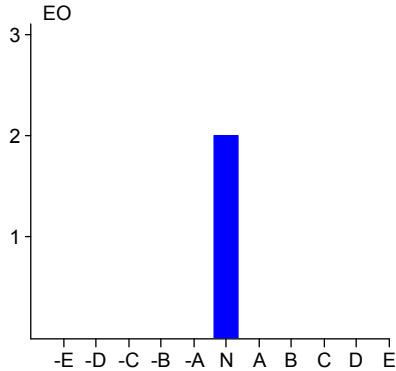
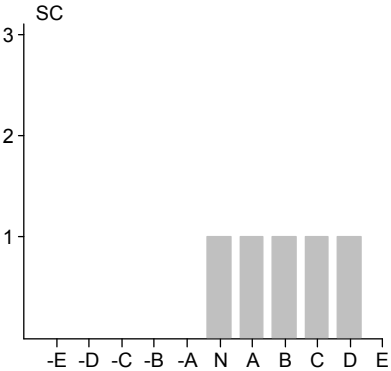
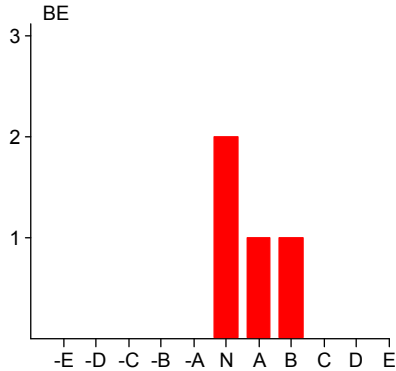
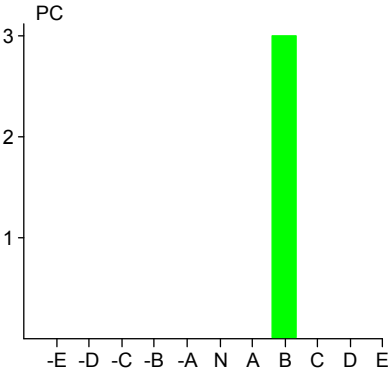
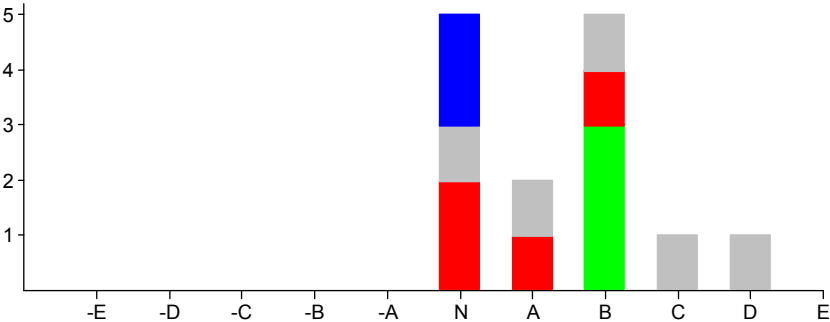
### Componente económico/operacional (EO)

Componentes		ES	RB	A1	A2	B1	B2	B3
EO1	PESCA	0	N	1	0	1	3	1
EO2	COSTO DE OPERACION	0	N	0	0	2	1	1

### Sumatorias de escores.

Rango	-108	-71	-35	-18	-9	0	1	10	19	36	72
	-72	-36	-19	-10	-1	0	9	18	35	71	108
Clases	-E	-D	-C	-B	-A	N	A	B	C	D	E
PC	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
BE	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0
SC	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
EO	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Total	0	0	0	0	0	5	2	5	1	1	0

**OBRAS PROVISIONALES**



# ANEXO 6

SOFTWARE PARA DISEÑO DE  
CANALETAS HCANALES

**Cálculo del Tirante Crítico sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular**

**Lugar:** QUEBRADA EL PORVENIR      **Proyecto:** BRAS DE MITIGACION  
**Tramo:** UENTES CHACHOS      **Revestimiento:** RUSTICO

**Datos :**

Caudal (Q)	43.54	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b)	2	m
Talud (Z)	0.5	

**Resultados :**

Tirante crítico (y)	2.8560	m	Perímetro (p)	8.3862	m
Area hidráulica (A)	9.7903	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R)	1.1674	m
Espejo de agua (T)	4.8560	m	Velocidad (v)	4.4473	m/s
Número de Froude (F)	1.0000		Energía específica (E)	3.8640	m-Kg/Kg

**EJEC** Ejecutar      **NOVED** Limpiar Pantalla      Imprimir      **MENU** Menu Principal

**Retorna al Menú principal**

Anexo 6.1 valores obtenidos del tirante critico a traves de la aplicación del programa HCANALES

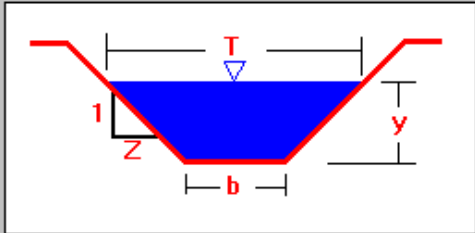
**Cálculo de tirante normal sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular**

**Lugar:** QUEBRADA EL PORVENIR      **Proyecto:** MEDIDAS DE PROTEC

**Tramo:** UENTES CHACHOS      **Revestimiento:** RUSTICO

**Datos :**

Caudal (Q)	43.54	m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b)	2	m
Talud (Z)	0.5	
Rugosidad (n)	0.02	
Pendiente (S)	0.03	m/m



**Resultados :**

Tirante normal (y)	1.8610	m	Perímetro (p)	6.1613	m
Area hidráulica (A)	5.4536	m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R)	0.8851	m
Espejo de agua (T)	3.8610	m	Velocidad (v)	7.9837	m/s
Número de Froude (F)	2.1448		Energía específica (E)	5.1097	m-Kg/Kg
Tipo de flujo	Supercrítico				

EJEC Ejecutar      NUEVO Limpiar Pantalla      Imprimir      MENU Menu Principal

Ingresar el nombre del tramo del canal

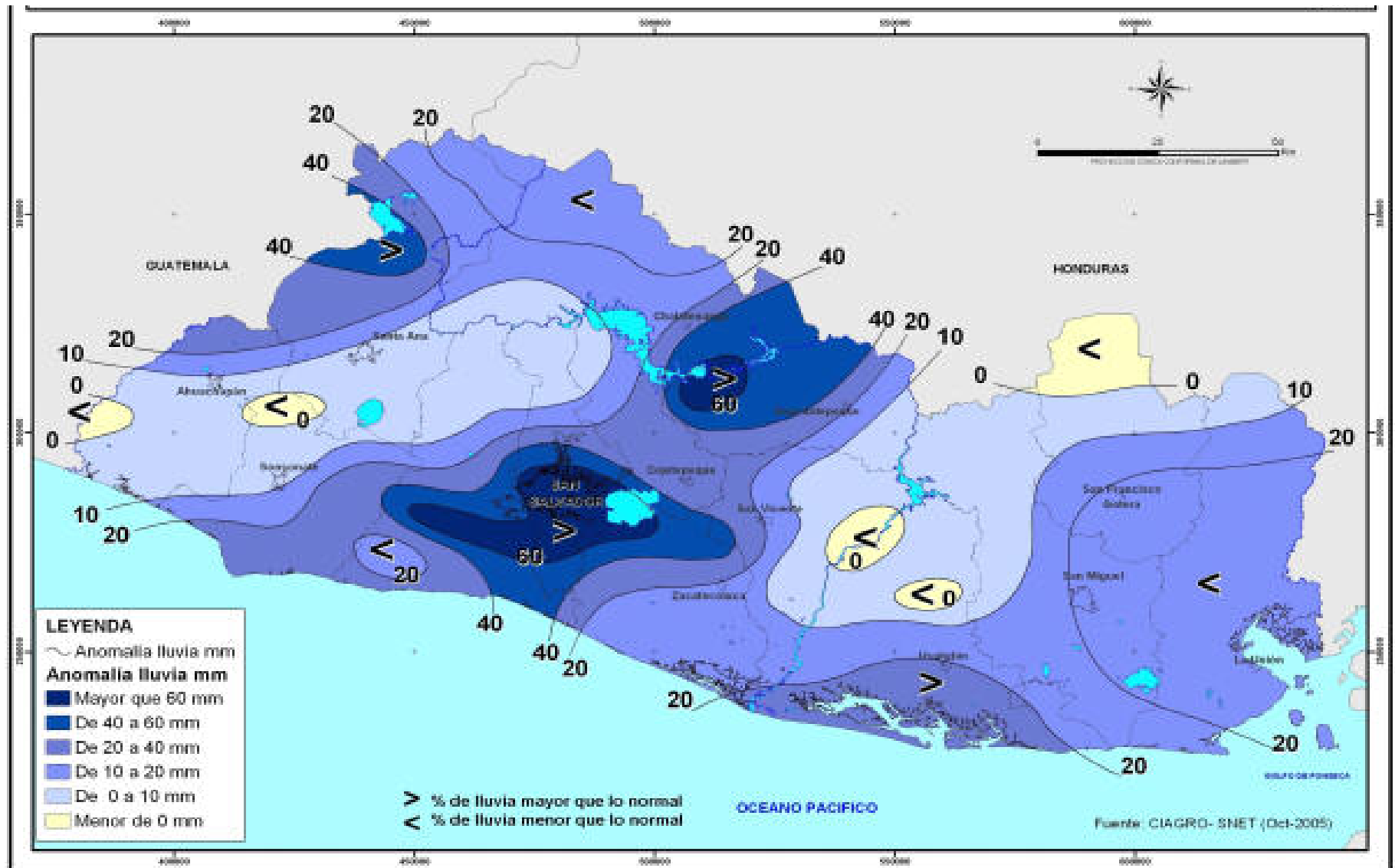
ANEXO 6.2 Valores del tirante normal obtenidos por medio del programa HCANALES

# ANEXO 7

MAPAS



## ANEXO 7.1 MAPA DE PRESIPITACIONES DEL MES DE SEPTIEMBRE DE EL SALVADOR



# ANEXO 7.2 MAPA GEOLOGICO DE EL SALVADOR

