

PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

PROYECTO: PARCELACIÓN RIO ONDA

**UBICACIÓN
SANTA FÉ, VERAGUAS**

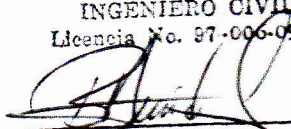
**DISEÑO HIDROLÓGICO
RÍO SANTA MARÍA Y QUEBRADA SIN NOMBRE**

**PROPIEDAD DE:
ONDA RED S.A.**

**REPRESENTANTE LEGAL:
BRETT ROBERT RAGHIANTI**

**PROFESIONAL RESPONSABLE:
ING. BRÍSPULO HERNÁNDEZ**

BRÍSPULO HERNANDEZ CASTILLA
INGENIERO CIVIL
Licencia No. 97-006-093


FIRMA:
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Santa Técnica de Ingeniería y Arquitectura

PARCELACIÓN RÍO ONDA



ESTUDIO HIDROLÓGICO



INTRODUCCIÓN

Presentamos al Ministerio de Obras Públicas, para su consideración este estudio hidrológico, para complementar el desarrollo del Proyecto de Parcelación Río Onda, dado que los cursos hídricos en estudio colindan con el citado proyecto en el sector norte y oeste, el proyecto se localiza en el sitio conocido como Santa Fe, Corregimiento de Santa Fe, Distrito de Santa Fe, Provincia de Veraguas.

El acceso al proyecto se logra por la Vía que va de la Ciudad de Santiago al Poblado de Santa Fe. Partiendo del puente elevado vehicular que intercepta la carretera panamericana con la calle decima, se toma a un costado de esta última, a aproximadamente 53 kms de esta intersección se encuentra el proyecto. (Ver localización en el Anexo 1).

El área de drenaje de la quebrada Sin Nombre (al Norte) y río Santa María que pasa por la parte oeste del proyecto, es de aproximadamente 26,177.19 has o 261.77 Kms². Se utilizará el concepto de divisoria o interfluvio y sumatorias de líneas paralelas para identificar el perímetro, así como las observaciones de campo.

El área donde se desarrollará el proyecto de Parcelación es una zona rural, donde predominan arbustos, bosques intervenidos y pastizales; la vegetación que conforma las riveras del río y de la quebrada están formadas por especies tales como, espave, higuerón, corotú, entre otros.

Se somete este proyecto a los cálculos de los caudales promedios en el área de influencia del proyecto para una crecida de un periodo de 50 años, a través de un recorrido observando en campo, más los tramos que recorre el río Santa María y la quebrada Sin Nombre; de igual forma se analizarán los volúmenes de agua durante la época de invierno en la sección observada a fin de disponer de parámetros hidráulicos sustanciales para el buen desempeño del proyecto.

PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

En el análisis para el diseño de este tipo de proyectos, específicamente, la estimación de la cantidad de agua, que en un momento dado, puede pasar por una sección hidráulica del proyecto requiere del análisis de la climatología del área donde se encuentra la cuenca en estudio, cuyos parámetros son los siguientes:

1. CLIMA:

El 85% de la provincia de Veraguas tiene un clima tropical húmedo (AMI) con precipitación anual mayor de 2,500mm, según la clasificación de Koppen; uno o más meses con precipitación menor a 60mm; con temperatura media del mes menos caluroso superior 18°C y diferencia de temperatura entre los meses más o menos cálidos menos de 5° C.

El 5% tiene un clima templado muy húmedo de altura (CFH) con lluvias copiosas todo el año y el mes más seco con lluvias mayor o igual a 60mm. La temperatura media del mes más fresco por debajo de 18°C se ubica en las partes más altas de la Cordillera y el resto (10%) tiene un clima tropical muy húmedo (AWI) con lluvias copiosas todo el año. El mes más seco superior a 60mm de lluvia y la temperatura media del mes más fresco superior a los 15°C, ocupa una franja en la costa norte atlántica de la provincia.

El clima del área de la cuenca en estudio es de tipo CFH y AMI (Ver Figura N°1 en Anexo)

2. PRECIPITACIÓN:

Las precipitaciones del área de estudio generalmente son convectivas y orográficas. En la provincia la precipitación promedio anual oscila entre los 2000 y 5000 mm anuales, siendo las zonas más secas, las del sur de la península de Las Palmas y las más húmedas en la Cordillera Central y la Costa Atlántica.

El mes con más baja precipitación es febrero, con una precipitación promedio de 16.2 mm y el más lluvioso es octubre con 610.10 mm, lo cual representan una diferencia significativa.

PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

3. Temperatura:

En el área de estudio la temperatura se caracteriza por la poca variación estacional, con una diferencia promedio de 2°C.

Las temperaturas medias más bajas de la provincia, son del orden de los 22°C en las tierras altas de la cordillera y las temperaturas medias más altas, cerca de los 27°C, en las tierras bajas.

4. HIDROGRAFÍA:

En la provincia se presentan 6 cuencas hidrográficas, de Norte a Sur son:

- ❖ Cuenca entre el río Calovébora y el río Veraguas (N° 99)
- ❖ Cuenca del río Veraguas (N° 101)
- ❖ Cuenca entre el río Tabasará y el Río San Pablo (N° 116)
- ❖ Cuenca del río San Pablo (N° 118)
- ❖ Cuenca del río San Pedro (N° 120)
- ❖ Cuenca del río Santa María (N° 132)

La cuenca del río Santa María es la mayor y más significativa

5. ANÁLISIS DE LA CUENCA HIDROGRAFICA:

La cuenca en estudio corresponde a la cuenca N° 132. Se encuentra localizada en la vertiente del Pacífico, en la provincia de Veraguas, Coclé y Herrera, entre las coordenadas 8°00' y 8°35' Latitud Norte y 80° 30' y 81°15' Longitud Oeste.

El área de drenaje de la cuenca es de 3,326 Km² hasta la desembocadura al mar y la longitud del río principal es de 168Km. La elevación media de la cuenca es de 200msnm y el punto más alto se encuentra en la cordillera central, con una elevación de 1 528 msnm.

La cuenca tiene una distribución de la precipitación no uniforme a lo largo del año, pero la distribución de los caudales es más uniforme para la parte alta de la cuenca. Esto se debe a que en la cercanía a la división

continental, en la zona de Santa Fe, la cordillera tiene depresiones que permite a los vientos húmedos del atlántico producir precipitaciones significativas en la época seca, con el consiguiente aumento del caudal de los tributarios durante este periodo. Es importante mencionar que la parte alta y media de la cuenca es la más rica en información, ya que en esta área se encuentran todas las estaciones hidrológicas.

Las condiciones de la vegetación original de la cuenca se encuentran alteradas en un grado significativo, principalmente por la deforestación para fines agrícolas o ganaderas. A pesar de la rápida regeneración de la vegetación, las condiciones de explotación del suelo hacen que extensas áreas sean deforestales para dedicarlas a fines agropecuarias. Esto aumenta el riesgo de erosión, arrastre de sólidos, deslizamientos de tierra y con ello el peligro para la población, por los altos caudales que se concentran en los cauces, producto de la menor resistencia al flujo.

La ubicación geográfica de Panamá, su tamaño, su forma, orientación y relieve, determinan la distribución temporal y espacial de la lluvia y, por ende, de los caudales, así como los rendimientos en las diferentes regiones del país.

Las características geomorfológicas, geológicas y de uso del suelo influyen en la longitud, pendiente y orientación de los cursos de agua, así como en la capacidad de retención de las cuencas.



A- ESTUDIO HIDROLÓGICO

QUEBRADA SIN NOMBRE

BRÍSPULO HERNÁNDEZ CASTILLA
INGENIERO CIVIL
Licencia No. 97-006093


FIRMA:

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Santa Técnica de Ingeniería y Arquitectura

PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

AREA DE DRENAJE:

La cuenca de la Quebrada Sin Nombre, desde su nacimiento hasta el inicio del proyecto, tiene una superficie aproximada de 163.16 hectáreas, como se muestra en el anexo N° 1

ESTIMACIÓN DE CAUDALES

Como el área de la cuenca en estudio es menor de 250 Has, utilizaremos en método racional para la estimación de caudales.

$$Q = C \cdot i \cdot A / 360$$

donde; Q = caudal en m^3/s .

$c = 0.90$, para área urbana.

$c = 0.85$, para áreas sub-urbanas,

$c = 1.00$, para áreas completamente pavimentadas

i = intensidad de precipitación en mm/hora.

A = área de drenaje en hectáreas.

Coefficiente de Escorrentía:

Se define como el porcentaje de la lluvia que aparece como escurrimiento directo. En el recorrido por la cuenca se pudo notar la presencia de bastante área verde; sin embargo, tomaremos un coeficiente de escorrentía promedio de 0.85.

Intensidad de Lluvia:

Utilizaremos ecuaciones recomendadas por el MOP para la vertiente del pacífico:

Para un período de retorno de 1 en 50 años:

$$I_{50} = 370 / (t_c + 33)$$

Donde:



Tc: Tiempo de concentración en minutos

Tiempo de concentración:

Se define como el tiempo requerido para que escurra el agua desde el punto más distante de una cuenca hasta el punto de medición de flujo o caudal. Existen varias fórmulas para calcular el tiempo de concentración, utilizaremos la ecuación de Kirpich.

$$T_c = 3.7688 \cdot (L / \sqrt{p})^{0.77}$$

Donde:

Tc: tiempo de concentración en minutos

L: Longitud de la cuenca en Kms

P: Pendiente de la cuenca en mm/mm

DATOS DE ENTRADA

C= 0.85

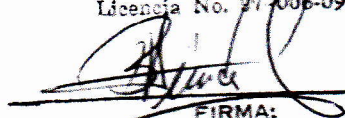
n= 0.035

K= 1.00

Estación	Estación	Longitud	Longitud	Pendiente	Tiempo de Concentración	Intensidad de Lluvia	Intensidad de Lluvia	Área	Caudal Real
		Lc	Lc		Tc	I	I	A	Qreal
					$T_c = 3.7688(L/\sqrt{p})^{0.77}$	$I = 370 / (T_c + 33)$			$Q = CIA$
		mts	Kms	m/m	min	plg/Hora	mm/hr	Has	m3/s
0+000.0	0+130.00	130.00	0.13	0.14	1.67	10.672	271.138	163.00	104.351

B- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

BRÍSPULO HERNÁNDEZ CASTILLA
INGENIERO CIVIL
Licencia No. 27-006-095


FIRMA:
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

CALCULOS HIDRÁULICOS

El análisis hidráulico para el canal lo realizaremos utilizando el método de Manning.

Ecuación de Manning.

$$Q = (C / n) * R^{2/3} * S^{1/2} A$$

donde; Q = caudal en m³/s.

C= Coeficiente (depende del sistema de unidades)

R = radio hidráulico en metros= A / P.

A = área de la sección del canal en metros.

P = perímetro mojado en metros.

n = 0.020, para canales de matacán liso y fondo de tierra.

n = 0.012, para canales de matacán repellido.

n = 0.013, para tubos de concreto; también será

Utilizado para cunetas de concreto.

A = área de drenaje en hectáreas.

C= 1.00 (sistema métrico)

Q= 104.351 m³/s

So= 0.14 m/m (Ver plano)

n = 0.035 (taludes y fondo sin revestir del cauce)

Área del Flujo = metros cuadrados

Perímetro mojado= metros

Entonces tenemos que el Radio Hidráulico:

RH= A/P metros

PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

Como puede verse esta ecuación, cuya solución requiere de un programa de computadora para resolverlo. En este caso utilizaremos una hoja electrónica en Excel **$I=f(y)$**

En donde:

I = representa la ecuación igualada a cero

$f(Y)$ = la ecuación en función de la incógnita (Y)

Introduciendo la ecuación en el programa, obtenemos que para una $B = 3.0$ metros un valor de **$Y=1.91m$**

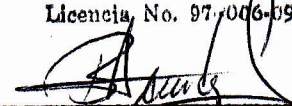
Nota:

- ❖ El caudal de retorno para un período de 50 años es $Q = 103.422 \text{ m}^3/\text{s}$
- ❖ El nivel alcanzado sobre el fondo de la quebrada para un caudal de un período de retorno de 1: 50 años es de 2.0 m
- ❖ El desnivel existente entre el fondo de la quebrada (respetando la servidumbre de 10 metros) y los niveles de terracería del proyecto muestran diferencias importantes entre el nivel máximo alcanzado por las aguas de la quebrada, para un período de retorno de 50 años, y los niveles de terracería concluyendo que el proyecto tiene muy poco nivel de riesgo a inundaciones; sin tomar en cuenta que el aporte de basura al curso hídrico puede cambiar sensiblemente el comportamiento de las variables hídricas en la sección analizada.

A- ESTUDIO HIDROLÓGICO

RÍO SANTA MARÍA

BRÍSPULO HERNÁNDEZ CASTILLA
INGENIERO CIVIL
Licencia, No. 97,006-093



FIRMA:

Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Santa Técnica de Ingeniería y Arquitectura

PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

I-ESTUDIO DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

1 Estación Hidrológica Santa Fe:

Esta estación es la número 132-0101, está ubicada en la orilla izquierda del río, aguas abajo del poblado de Santa Fe. Desde la fecha de su instalación hasta el 15 de julio de 1971, la estación limnimétrica y solo contaba con tres (3) reglas hidrométricas ubicadas en la margen derecha del río. En julio de 1971, la estación fue equipada con un limnigrafo tipo Stevens A-35, cable vía y reglas hidrométricas para leer niveles hasta 5 metros. Por razones técnicas el cero de la nueva estación se bajo 0.43cm con respecto al cero de la estación anterior.

Está localizada en un lugar llamado Las Trancas, distrito de Santa Fe, corregimiento de Santa Fe, entre las coordenadas 8° 31' Latitud Norte y 81° 04' Longitud Oeste (coordenadas UTM: Latitud 940,100 Norte, Longitud 492,600 Este. Su elevación es de 380 msnm y el área de drenaje es de 185km². Posee información desde mayo de 1957.

El caudal promedio anual es de 17.40 m³/s y el caudal máximo es de 59.30 m³/s.

2 Estación Hidrológica La Soledad:

Esta estación es la número 132-0102 está ubicada a 3km al norte del pueblo de La Soledad. Está equipada con un limnigrafo tipo Stevens A-35, cablevía y reglas hidrométricas para leer niveles hasta 6 metros. Está localizada en el corregimiento de San Juan, entre las coordenadas 8° 24' Latitud Norte y 81° 03' Longitud Oeste (coordenadas UTM: Latitud 927,750 Norte, Longitud 493,850 Este) su elevación es de 180 msnm y el área de drenaje es de 337km. Posee información desde julio de 1964.

El caudal promedio anual es de 26.30 m³/s y el caudal máximo es de 94.90 m³/s.

3 Estación Hidrológica San Francisco:

Esta estación es la número 132-0103 estuvo localizada en la margen derecha del río, aguas abajo del puente en la carretera que va de Santiago a San Francisco. En 1996 la estación fue ubicada a 1km aguas abajo. Está equipada con un linmigrafo tipo Stevens A-35 y reglas hidrométricas para leer niveles hasta 8 metros. En mayo de 1999, se instalo un equipo automático.



PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

Está localizada en el distrito de San Francisco, corregimiento de San Francisco, entre las coordenadas 8° 13' Latitud Norte y 80° 58' Longitud Oeste (coordenadas UTM: Latitud 907,600 Norte, Longitud 504,800 Este). Su elevación es de 55msnm y el área de drenaje es de 1,370 km². Posee información desde mayo de 1955.

El caudal promedio anual es de 82.10 m³/s y el caudal máximo es de 339.80 m³/s.

4 Estación Hidrológica San Juan – Alto Jorón:

Esta estación es la número 132-0203, estuvo localizada agua arriba del paso del camino de herradura que une los pueblos de Las Guías y El Higo. La estación tenía reglas hidrométricas para leer niveles hasta de 3 metros. Los registros de caudales están afectados por la regulación de los embalses de La Yeguada y El Flor. Está localizada entre las coordenadas 8° 12' Latitud Norte y 80° 51' Longitud Oeste (coordenadas UTM: Latitud 907,200 Norte, Longitud 517,250 Este). Su elevación es de 20 msnm y el área de drenaje es de 254 km². Posee información desde abril de 1958.

El caudal promedio anual es de 12.60 m³/s y el caudal máximo 52.60 m³/s.

5 Estación Hidrológica San Juan- Sitio de Desvío:

Esta estación es la número 132-0204 está ubicada 10m, aguas arriba del vertedero que desvía el río San Juan hacia la quebrada Las Lajas, tributaria de La Yeguada. Está equipada con un limnógrafo tipo Stevens A-35 y reglas hidrométricas para leer niveles hasta 3 metros. Está localizada en el distrito de Calobre, corregimiento de La Yeguada, entre las coordenadas 8° 28' Latitud Norte y 80° 51' Longitud Oeste (coordenadas UTM: Latitud 935,150 Norte, Longitud 517,300 Este). Su elevación es de 690 msnm y el área de drenaje es de 3 Km². En abril de 1967, la estación fue equipada con limnógrafo Stevens A-35. Posee información desde mayo de 1967.

6 Estación hidrológica Río Gatú – San Juan:

Esta estación es la número 132-0301. La estación se encontraba (ya no existe) a unos 700m aguas arriba del puente en la carretera que conduce de la población de San Francisco a la población de San Juan. La estación estuvo equipada con reglas hidrométricas para leer niveles hasta 4 metros. Está localizada entre las coordenadas 8° 18' Latitud Norte y 81° 01' Longitud Oeste (coordenadas UTM: Latitud 918,000 Norte, Longitud 498,400 Este). Su elevación es de 90 msnm y el área de drenaje es de 445

PARCELACIÓN RÍO ONDA - DISEÑO HIDROLÓGICO

km². En abril de 1967, la estación fue equipada con un limnógrafo Stevens A -35. Posee información desde abril de 1957.

El caudal promedio anual es de 27.40 m³/s y el caudal máximo es de 132 m³/s.

7 Estación hidrológica Río Mulabá - Santa Fe:

La estación es la número 132-1501. La estación se encontraba (ya no existe) a unos 400m aguas arriba de la confluencia con el Río Santa María. La estación estuvo equipada con reglas hidrométricas para leer niveles hasta 3 metros. Está localizada entre las coordenadas 8° 31' Latitud Norte y 81° 04' Longitud Oeste (coordenadas UTM: Latitud 942,100 Norte, Longitud 492,100 Este). Su elevación es de 295 msnm y el área de drenaje es de 83.2 Km². Posee información desde junio de 1978.

El caudal promedio anual es de 8.40 m³/s y el caudal máximo es de 20.50 m³/s.

Nota:

Las estaciones hidrológicas San Juan- alto Jorón (132-0203), Gatú- San Juan (132-0301) y Mulabá- Santa Fe (132-1501) fueron suspendidas en 1998.

II- CÁLCULO DEL CAUDAL PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 1:50 AÑOS:

Para el cálculo del caudal utilizaremos el método Regional de Crecidas Máximas, elaborado por la empresa Lavalin Internacional en 1986. Este método consiste en estimar la frecuencia de crecidas máximas que pueden ocurrir en un sitio determinado de un río. Su uso es adecuado especialmente para aquellas cuencas no controladas, ya que solo requiere conocer el área de drenaje de la cuenca hasta el sitio en estudio (punto de control) y su ubicación en el país (región o zona). Este análisis se basó fundamentalmente en la información de 55 estaciones limnográficas o de registro continuo de nivel, de las cuales 49 eran operadas por el entonces Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación (IRHE) y 6 por la Comisión del Canal de Panamá (ACP). Para elaborar el mapa de regionalización de crecidas máximas se utilizó la siguiente metodología:

- ❖ Recopilación de la información de las crecidas máximas anuales.

PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

- ❖ Revisión, extensión y relleno a nivel anual de la información de caudales máximos instantáneos.
- ❖ Determinación de las relaciones que definen la crecidas media anual y el área de la cuenca.
- ❖ Elaboración de las curvas de frecuencias adimensional generalizada.
- ❖ Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas.
- ❖ Elaboración del mapa que muestra las distancias regiones.
- ❖ Aplicación de Método “Análisis Regional de Crecidas Máximas”.
- ❖ Comparación de los resultados con otros métodos.

Aplicaremos los conceptos de este estudio para estimar el caudal máximo para una lluvia con una frecuencia de 1:50 años.

$$Q_{\text{prom}} = KA^{0.59}$$

En donde:

$Q_{\text{prom.}}$ = Caudal promedio en m^3/s .

K = Constante (depende de la región o zona)

A = Área de drenaje de la cuenca en km^2 .

$$Q_{\text{máx.}} = \text{Factor } (Q_{\text{prom.}})$$

En donde:

$Q_{\text{máx.}}$ = Caudal máximo en m^3/s

Factor = Constante (depende del periodo de retorno)

$Q_{\text{prom.}}$ = Caudal promedio en m^3/s

El área en estudio pertenece a la zona 4 (ver mapa de anexo donde se indican las zonas), por lo tanto el valor de (k) es de 27.



PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

Un estudio más reciente, realizado por ETESA, “Análisis Regional de Crecidas Máximas de Panamá” generó ecuaciones para ocho (8) regiones o zonas hidrológicamente homogéneas, para lo cual considero valores de caudales para el periodo de 1971-2006. Este estudio fue determinado en septiembre de 2008. En vista que este estudio considera información de caudal más actualizadas que el realizado en octubre de 1986, calcularemos el caudal utilizando dichas ecuaciones. El valor del factor para el periodo de retorno de 1:50 años es 2.10 (ver cuadro No.6- tabla #4 en Anexo).

1- Análisis Regional de Crecidas Máximas:

$$Q_{prom} = 25(255 \text{ km}^2)^{0.59} = 657.353 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 2.10 (657.353 \text{ m}^3/\text{s}) = 1,380.44 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{prom} = 1,380.44 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \text{ a usar (1:50 años)}$$

2- Estaciones hidrométricas:

Tomaremos la estación La Soledad por tener el área similar a la del estudio.

$$Q_{\text{cuenca}} = A_{\text{cuenca}} (Q_{\text{estación}} / A_{\text{estación}})$$


$$Q_{\text{promedio anual}} = 255(26.30 / 337) = 19.90 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{máximo}} = 255(94.90 / 337) = 71.81 \text{ m}^3/\text{s} < 1,380.44 \text{ m}^3/\text{s}$$



B- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

BRISPULO HERNANDEZ CASTILLA
INGENIERO CIVIL
Licencia No. 97-006-099


FIRMA:
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

PARCELACIÓN RÍO ONDA - DISEÑO HIDROLÓGICO

Calculo del área de la sección transversal:

Tomaremos para el cálculo, el ancho de base del río para el sector colindante con la Parcelación un promedio de 37.36m, y taludes de 1.5:1. Por lo tanto,

$$A = \frac{1}{2}(1.5Y)Y + 37.36(Y) + \frac{1}{2}(1.5Y)Y$$

$$A = 37.36Y + 1.5Y^2$$

Cálculo del Perímetro Mojado:

$$P = \sqrt{\sqrt{(1.5Y)^2 + (Y^2)} + 37.36 + \sqrt{\sqrt{(1.5Y)^2 + (Y^2)}}$$

$$P = 2\sqrt{3.25}Y + 37.36$$

$$Q = \frac{1}{n}(A/p)^{2/3} \times \sqrt{S_o} \times A$$

$n=0.035$ (taludes sin revestidos)

$Q=1,380.44\text{m}^3/\text{s}$ (1:50 años)

$$S_o = \frac{(264.71-264.12)}{340} = 0.0019 \frac{\text{m}}{\text{m}} \text{ (Ver perfil longitudinal)}$$

$$1,380.44 = \frac{1}{0.035} \left(\frac{37.36Y + 1.5Y^2}{2\sqrt{3.25}Y + 37.36} \right)^{2/3} = x\sqrt{0.0019} \times (37.36Y + 1.5Y^2)$$

Como puede verse esta ecuación, cuya solución requiere de un programa de computadora para resolverlo. En este caso utilizaremos una hoja electrónica en Excel **I=f (y)**

PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

En donde:

I= representa la ecuación igualada a cero

f(Y)= la ecuación en función de la incógnita (Y)

Introduciendo la ecuación en una hoja electrónica en Excel, obtenemos el valor de **Yn=7.25m**

B2.2- Método de Flujo Crítico

Para el cálculo de la profundidad de flujo crítico utilizaremos la siguiente ecuación:

$$Fr^2 = \frac{Q^2 \times T}{gA^3} = 1.0$$

En donde:

Fr= Numero de Froude

Q=Caudal en m³/s

T= Espejo (longitud de la superficie del agua dentro de la sección transversal en metros)

g=Aceleración debido a la gravedad (9.80m/s²)

A= Área de la sección transversal en m²

$$T = 41.31 + 1.5Y_c + 1.5Y_c$$

$$T = 41.31 + 3Y_c$$



PARCELACIÓN RÍO ONDA - DISEÑO HIDROLÓGICO

$$A = \frac{1}{2}(1.5Y_c)Y_c + 41.31(Y_c) + \frac{1}{2}(1.5Y_c)Y_c$$

$$A = 41.31Y_c + 1.5Y_c^2$$

$$\frac{1380.44^2(41.31 + 3Y_c)}{9.80 (41.31Y_c + 1.5Y_c^2)^3} = 1.0$$

Como puede verse esta es una ecuación, cuya solución requiere de un programa de computadora para resolverlo. En este caso utilizaremos la hoja en Excel, Introduciendo la ecuación en el programa obtenemos el valor de: **Yc=4.729m.**

En vista que Yn es mayor que Yc, el flujo es subcrítico. En este tipo de flujo las fuerzas de inercia gobiernan sobre las fuerzas gravitacionales. Cuando existe un flujo de este tipo en un canal, el aumento en la cantidad de energía produce una disminución de la profundidad de la lámina de agua.

Utilizaremos el valor de (Yn) para el cálculo del nivel de agua máximas extraordinarias (NAME)

NAME=E.FDO.+ Y (Nivel de agua máxima extraordinaria)

Yn=7.50 m a usar.

Se calculo para cada sección (ver planos)

Nota:

- ❖ El caudal de retorno para un período de 50 años es $Q = 1,380.44 \text{ m}^3/\text{s}$
- ❖ El nivel alcanzado sobre el fondo de la quebrada para un caudal de un período de retorno de 1: 50 años es de 7.50 m
- ❖ El desnivel existente entre el fondo del río (respetando la servidumbre de 20 metros) y los niveles de terracería del proyecto muestran diferencias importantes entre el nivel máximo alcanzado por las aguas de la quebrada, para un período de retorno de 50 años, y los niveles de terracería concluyendo que el proyecto tiene



PARCELACIÓN RÍO ONDA - DISEÑO HIDROLÓGICO

muy poco nivel de riesgo a inundaciones; sin tomar en cuenta que el aporte de basura al curso hídrico puede cambiar sensiblemente el comportamiento de las variables hídricas en la sección analizada.

PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

CONTENIDO DEL ANEXO

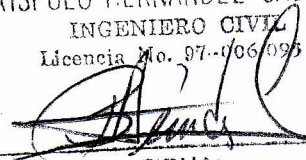
1- INFORMACIÓN HIDROLÓGICA:

- 1.1 Cuenca hidrológica del rio Santa María / **IGNTG**
- 1.2 Cuenca hidrológica de la Quebrada Sin Nombre/ **IGNTG**
- 1.3 Ecuaciones para determinar los caudales en función del área de drenaje de la cuenca y de su ubicación en el país (región o zona) / **Análisis Regional de Crecidas Máximas.**
- 1.4 Mapa de la republica de panamá donde se indican las ocho regiones o zonas hidrológicamente homogéneas / **Análisis Regional de Crecidas Máximas.**
- 1.5 Fotos de tipo de vegetación de la cuenca del Rio Santa María.

2- INFORMACIÓN HIDRÁULICA:

- 2.1 Sección transversal del cauce utilizada en el cálculo hidráulico, para la Quebrada Sin Nombre y el Río Santa María (ver planos).

BRISPULO HERNANDEZ CASTILLO
INGENIERO CIVIL
Licencia No. 97-006095


FIRMA:
Ley 15 del 26 de Enero de 1959
Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura

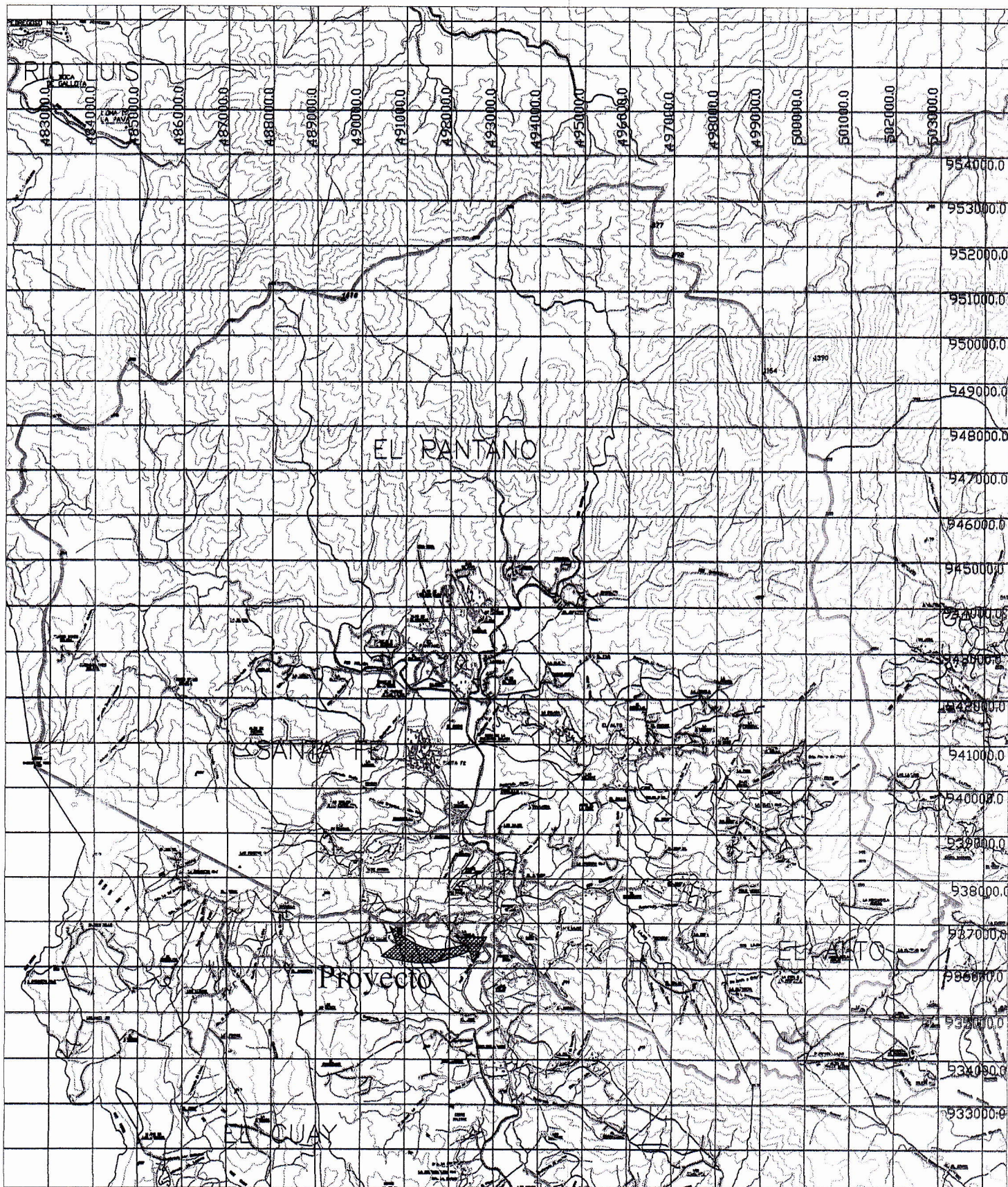
PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

ANEXOS

PARCELACIÓN RÍO ONDA – DISEÑO HIDROLÓGICO

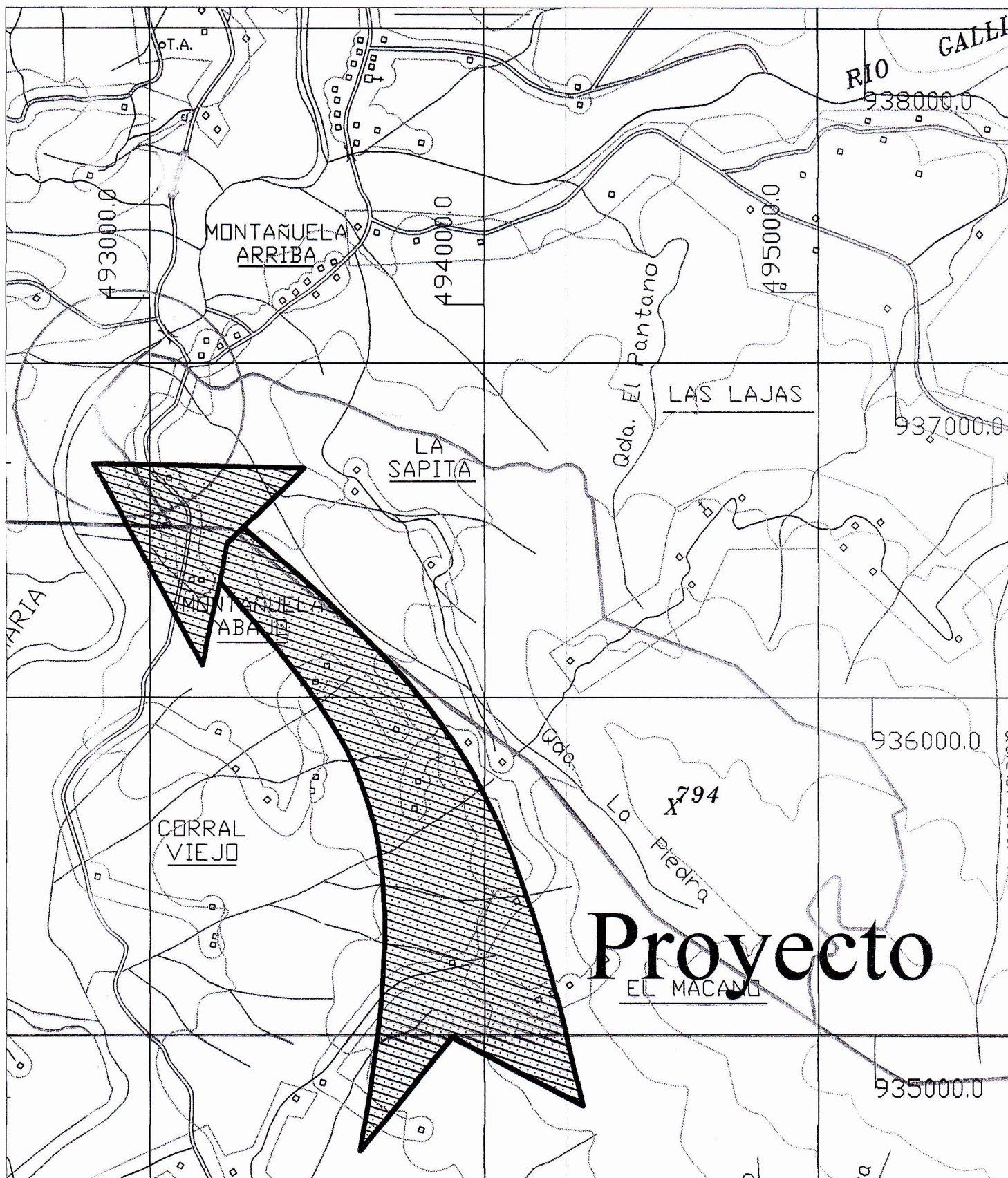
INFORMACIÓN HIDROLOGICA

ÁREA HIDRÁULICA RÍO SANTA MARÍA



ESCALA - 1:30000

ÁREA HIDRÁULICA QUEBRADA SIN NOMBRE



ESCALA - 1:4000



Cuadro 6: Factores para diferentes periodos de retorno en años

<i>Factores $Q_{m\acute{a}x}/Q_{prom.m\acute{a}x}$ para distintos $Tr.$</i>				
<i>Tr, años</i>	<i>Tabla # 1</i>	<i>Tabla # 2</i>	<i>Tabla # 3</i>	<i>Tabla # 4</i>
1.005	0.28	0.29	0.3	0.34
1.05	0.43	0.44	0.45	0.49
1.25	0.62	0.63	0.64	0.67
2	0.92	0.93	0.92	0.93
5	1.36	1.35	1.32	1.30
10	1.66	1.64	1.6	1.55
20	1.96	1.94	1.88	1.78
50	2.37	2.32	2.24	2.10
100	2.68	2.64	2.53	2.33
1.000	3.81	3.71	3.53	3.14
10.000	5.05	5.48	4.6	4.00

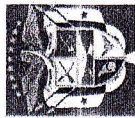
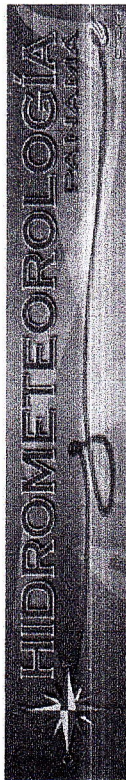
4.3 Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas y la elaboración del mapa que muestra las distintas regiones.

Para definir las regiones de crecidas máximas se agruparon los resultados de los puntos 4.1 y 4.2, es decir, las áreas con igual ecuación e igual tabla de distribución de frecuencia, dando como resultado 9 zonas. Ver Cuadro 7.

Cuadro 7

Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{m\acute{a}x} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{m\acute{a}x} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{m\acute{a}x} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{m\acute{a}x} = 14A^{0.59}$	Tabla # 2
7	4	$Q_{m\acute{a}x} = 9A^{0.59}$	Tabla # 3
8	5	$Q_{m\acute{a}x} = 4.5A^{0.59}$	Tabla # 3
9	2	$Q_{m\acute{a}x} = 25A^{0.59}$	Tabla # 3

En la Figura 73 se muestra el mapa de zonas, con las regiones hidrológicamente homogéneas que se utilizan para la evaluación de crecidas en las diferentes cuencas.



República de Panamá

Regiones Hidrológicamente Homóneas

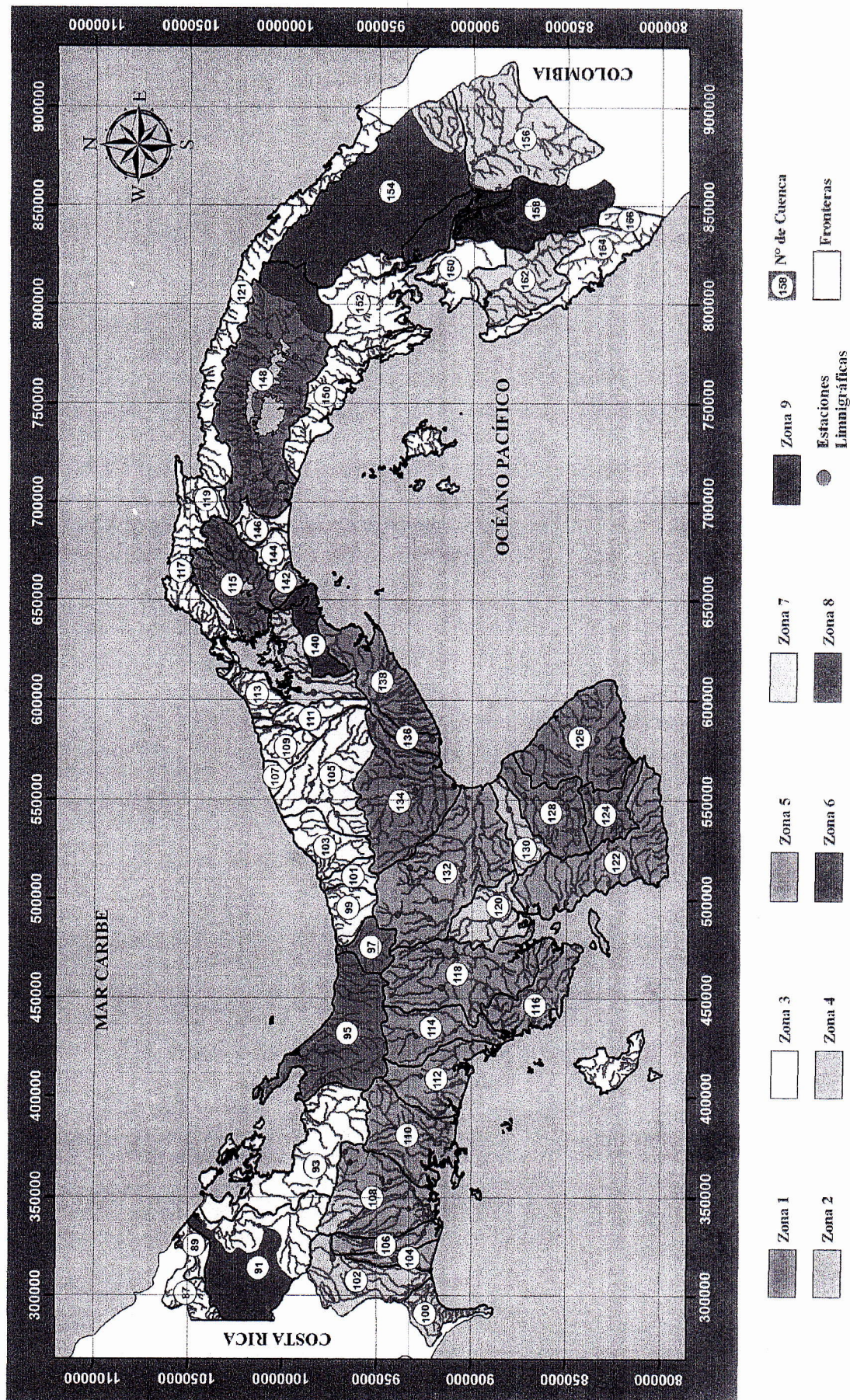
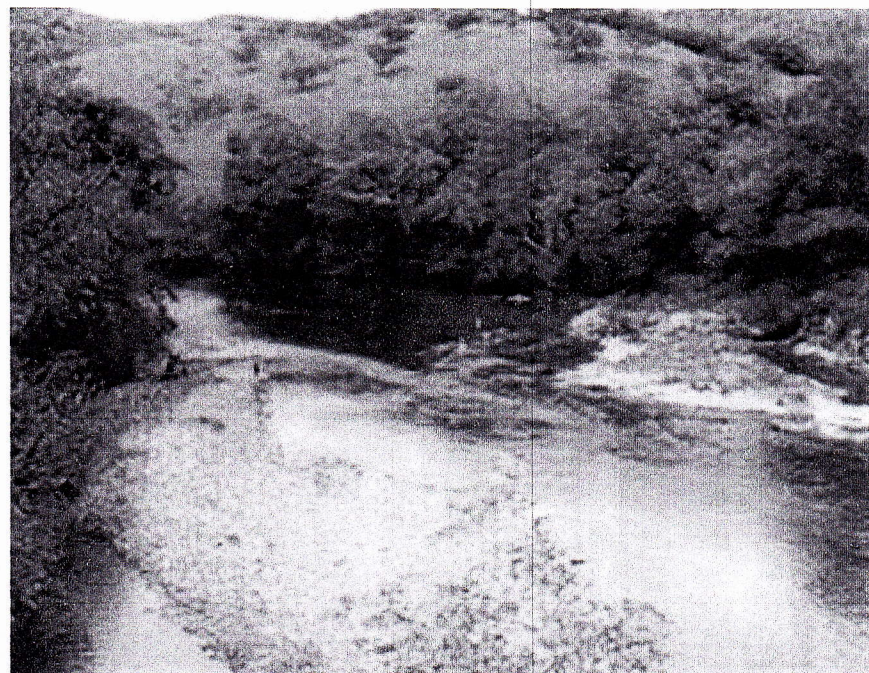


Fig. 73

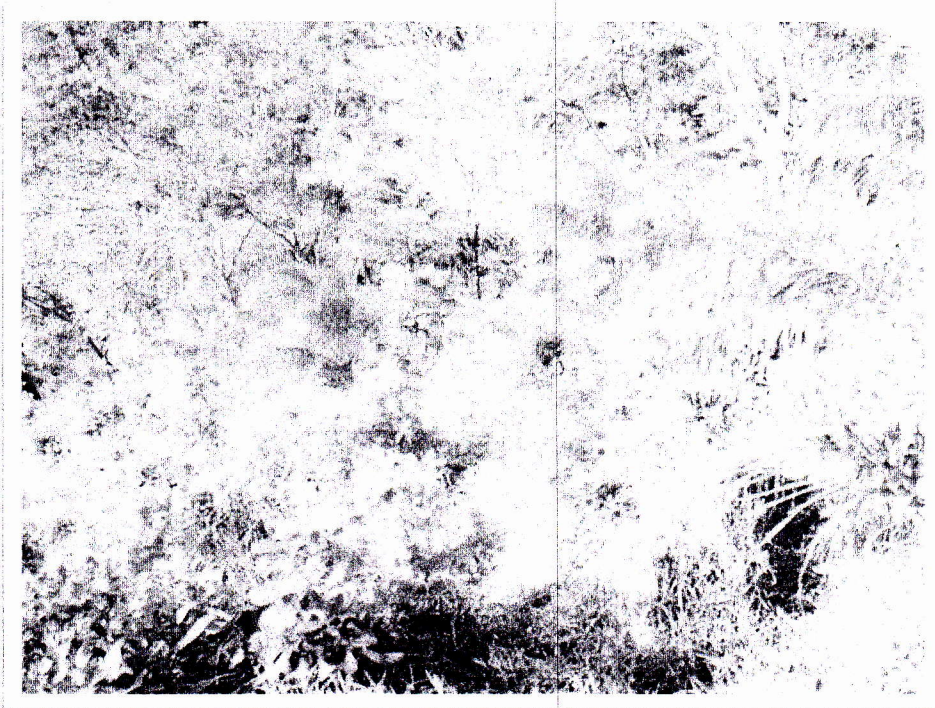
**FOTOS DE TIPO DE VEGETACIÓN DE LA CUENCA DEL RIO SANTA
MARÍA.**



Río Santa María



Vegetación en las riveras del río



Vegetación a la orilla de la Quebrada La Piedra



Vegetación existente en la Parcelación