

2021

**ESTUDIO HIDROLOGICO
QUEBRADA SIN NOMBRE AFLUENTE DEL
RIO BERNARDINO**

CALCULOS DE CRECIDAS

**A SOLICITUD DE
BIENES RAICES E INVERSIONES ALFA MAR,
S.A.**

**PROYECTO
DEPOSITO DE MATERIALES NUEVO
EMPERADOR, CORREGIMIENTO DE NUEVO
EMPERADOR, DISTRITO DE ARRAIJÁN**

CONTENIDO

- **INTRODUCCIÓN.**
- **OBJETIVO DEL ESTUDIO.**
- **LOCALIZACIÓN REGIONAL.**
- **PUNTO DE COORDENADA DEL CONTROL DE CRECIDAS MÁXIMAS DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE.**
- **USO ACTUAL DE LA TIERRA.**
- **CAPACIDAD AGROLOGICA DE LOS SUELOS.**
- **HIDROGEOLOGÍA.**
- **RÉGIMEN CLIMÁTICO.**
- **CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DEL AREA DONDE SE ENCUENTRA EL PUNTO DE ESTUDIO.**
- **COMPORTAMIENTO CLIMATICO DEL AREA DE ESTUDIO.**
 - **Precipitación. (expresada en milímetros)**
 - **Temporada seca.**
 - **Período de transición de la estación seca a la lluviosa.**
 - **Período lluvioso.**
 - **Almacenaje de agua en el suelo.**
 - **Análisis del veranillo de San Juan.**
- **BALANCE HIDROGEOLOGICO DEL AREA EN DONDE SE REALIZARA EL PROYECTO.**
- **CALCULO HIDRAULICO DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE.**
- **APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE CRECIDAS MAXIMAS.**

- **OBSERVACIONES**
- **RECOMENDACIONES**
- **CONCLUSIÓN.**
- **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.**
- **ANEXO**

INTRODUCCIÓN

El Estudio Hidrológico ha sido realizado a solicitud de **BIENES RAICES E INVERSIONES ALFA MAR, S.A**, registrada en (Mercantil) Folio No. **501881**, cuyo representante legal es el señor **ALCIDES AHMED MIRANDA GARCÍA**, con cédula de identidad personal **N° 4-720-2426**.

Mediante este estudio que presentamos a las autoridades competentes pretendemos en cumplimiento con la legislación que ordena los recursos hídricos. Y someter a la evaluación el análisis detallado de la Quebrada sin nombre afluente del Río Bernardino la cual considera una proyección de crecidas de 10, 50 y 100 años.

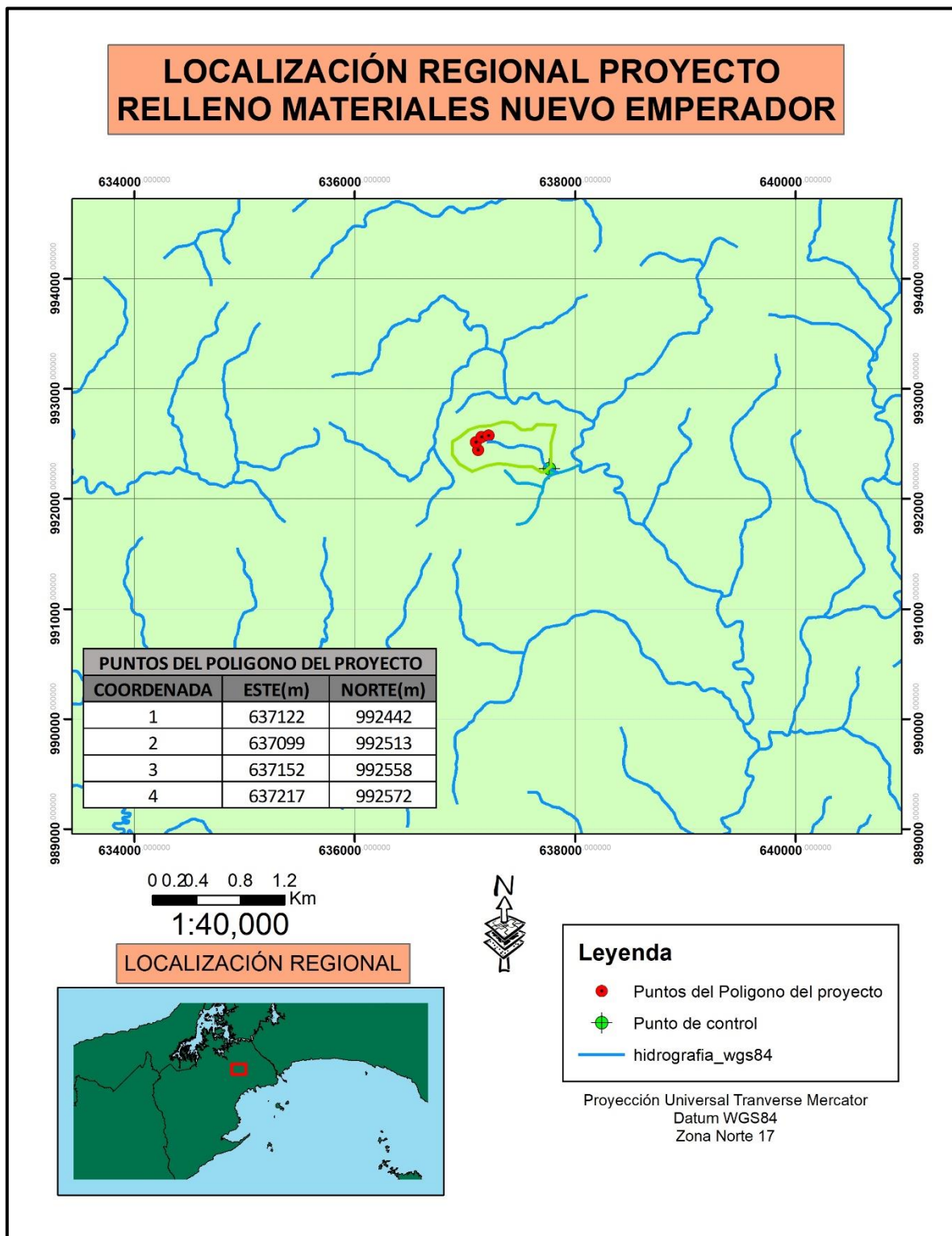
Este estudio se basa en los requisitos establecidos por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), para dar viabilidad a proyectos como los que planifica desarrollar la sociedad antes mencionada.

Se hizo un análisis de la climatología del área objeto de estudio, determinando el comportamiento del clima; en particular del régimen de lluvias de la zona y los niveles de escorrentía superficial. Así también se realizó un balance hidrogeológico para el área de la quebrada sin nombre.

OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Realizar un análisis de las crecidas máximas para la Quebrada sin nombre afluente del Río Bernardino, que permita determinar los caudales que pueden esperarse en periodos de tiempo determinados (10, 50 y 100 años), así tomar las medidas oportunas en caso de eventos extremos.

LOCALIZACION REGIONAL



Mapa N° 1.

MAPA TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE DRENAJE

MAPA TOPOGRAFICO AREA DE DRENAJE PROYECTO RELLENO DE MATERIALES NUEVO EMPERADOR



1:25,000

0 0.2 0.4 0.8 1.2
Km

GENERALES DEL AREA DE DRENAJE

Area de drenaje	32 has
Perimetro del area drenaje	2.5 km
Longitud del cauce hasta el punto de control	702 metros

Proyección Universal Transverse Mercator
Datum WGS84
Zona Norte 17

Mapa N°2. Mapa topográfico con la demarcación del área de drenaje.

Aspectos generales del área a analizar:

- ❖ Área de drenaje: 32 has
- ❖ Longitud del cauce del drenaje natural el punto de control: 702 metros
- ❖ Perímetro del área de drenaje: 2.5kilómetros

PUNTO DE COORDENADA TOMADOS PARA EL CÁLCULO DE CRECIDAS DE LA QUEBRADA SIN NOMBRE AFLUENTE DEL RÍO BERNARDINO.

Quebrada sin nombre	PUNTO DE CONTROL (Formato de Posición WGS84)		
		Coordenada ESTE	Coordenada NORTE
	P1	637768	992271

USO ACTUAL DE LA TIERRA.

Los suelos del área son arcillosos, actualmente no están siendo utilizados para ninguna actividad, actualmente son usados para potreros y bosques primarios intervenidos.

CAPACIDAD AGROLOGICA DE LOS SUELOS.

Los suelos del área en estudio son de categoría VI. No arables, con limitaciones severas aptos para bosques y tierras de reserva.

Topografía

En la región las elevaciones superan los 200 m.s.n.m, aunque predominan elevaciones entre los 100 y 150 m.s.n.m.

Geomorfología

Según mapa geológico de la Dirección de Recursos Minerales y editado por el Instituto Geográfico Tommy Guardia (escala 1: 250,000), la formación geológica que aflora en la región es la siguiente:

Formación Tucue, roca volcánica del grupo Cañazas, Volcanismo de la época de mioceno medio y superior, periodo terciario, perteneciente a la formación Tucue (TM-CAtu), conformada por Andesita/ basaltos, lavas, brechas, tobas y plugin.

Esta zona se caracteriza por afloramiento de rocas andesitas y basaltos intrusivos. Al sur muy alejada se presenta fallas normales y al oeste la falla Chame.

Los suelos que conforman el área, son suelos residuales productos de la meteorización de la roca madre, específicamente de la formación Tucue.

HIDROGEOLOGÍA

Según el mapa de hidrogeología de ETESA los acuíferos que se encuentran en la zona, son ACUIFEROS MODERADAMENTE PRODUCTIVOS ($Q=3-10\text{m}^3/\text{h}$). Son acuíferos locales restringidos a zonas fracturadas, comprenden un grupo de vulcanitas (lavas y aglomerados), las lavas son masivas y los aglomerados se encuentran compactos. Los pozos más productivos se encuentran en la zona más fracturadas. La calidad química de las aguas es generalmente buena.

REGÍMEN CLIMÁTICO

El área presenta una temporada seca de 4 a 5 meses, con un período lluvioso de 7 a 8 meses.

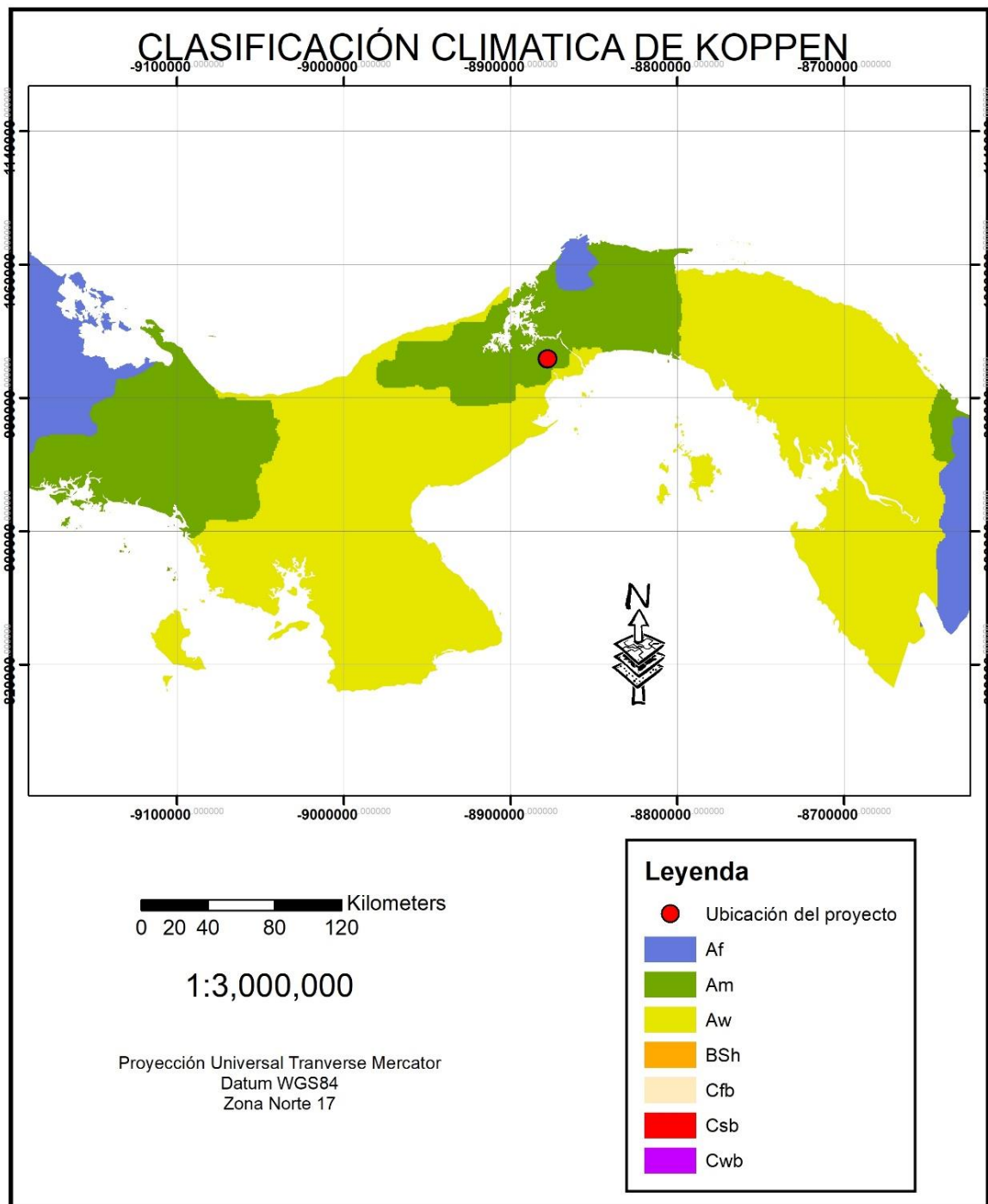
Los máximos valores de precipitación se obtienen en los meses de septiembre y octubre cuando la ITCZ (Zona de Convergencia Intertropical), se encuentra sobre nuestro país.

Para el área en estudio la precipitación es de 2000 a 2100 mm como total anual. Los excesos o escorrentía superficial se inician entre los meses de mayo y junio y se extienden hasta el mes de noviembre. El área registra un período de transición de la estación seca a la lluviosa que demora aproximadamente 52 días.

CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS DEL AREA DONDE SE ENCUENTRA EL PUNTO DE ESTUDIO.

El clima del área está determinado por la localización geográfica, la altura sobre el nivel del mar, el relieve y la extensión territorial. Para la clasificación climática se utilizó el sistema de climatólogo alemán W. koppen, teniendo en cuenta las características pluviométricas y térmicas del área de influencia.

Según esta clasificación en el área se encuentra el clima tropical de sabana (Aw), su característica es precipitaciones anuales menor de 2500 mm, estación seca prolongada (meses con lluvia menor de 60 mm), en el invierno del hemisferio norte; temperatura media del mes más fresco mayor que 18° C; diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y mes más fresco.



Mapa N°3. Clasificación climática según Koppen.

COMPORTAMIENTO CLIMATICO DEL AREA DE ESTUDIO.

Para el presente estudio se tomó en consideración los datos meteorológicos de las Estación de Nuevo Emperador, la cual es la más representativa del área, operada por la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA). La misma se encuentra localizada: **Estación Nuevo Emperador** 09° 00' N y 79° 44' O, a una altura sobre el nivel medio del mar de 150 mts. Para el estudio se consideró un período de registro de 1981 a 1999.

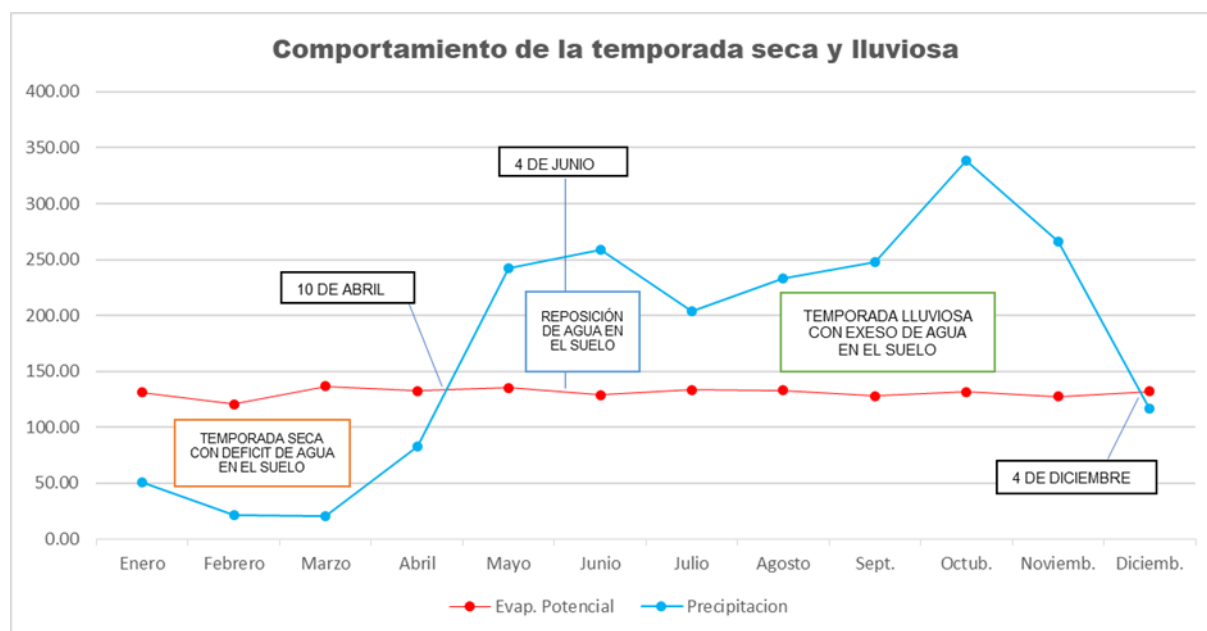
Precipitación. (expresada en milímetros)

El total anual promedio según período de registró para la Estación de Nuevo Emperador es de 2083.18 mm. Los meses más lluviosos son octubre y noviembre en donde las precipitaciones están en un rango entre 260 y 340 mm. Los meses menos lluviosos son febrero y marzo en donde las precipitaciones están por debajo de los 22.0 milímetros como total mensual.

Año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	total anual
1981	56.50	10.10	66.70	361.60	275.00	468.70	373.90	165.50	154.60	252.50	308.40	237.00	2730.50
1982	72.20	2.60	5.30	92.70	141.30	183.40	139.40	191.30	306.80	336.30	145.10	28.00	1644.40
1983	113.20	0.00	5.40	60.30	197.80	163.80	197.40	80.80	196.00	311.60	234.80	140.40	1701.50
1984	48.50	91.60	24.40	20.60	301.60	223.60	137.30	315.50	351.10	289.80	295.50	4.10	2103.60
1985	14.50	18.40	0.00	33.10	165.10	292.70	178.10	164.30	338.70	157.10	196.00	114.20	1672.20
1986	23.20	7.30	37.90	154.20	82.20	256.60	158.40	223.90	240.60	631.00	345.20	0.00	2160.50
1987	20.90	39.60	1.30	115.10	224.60	214.80	281.10	260.10	285.70	285.90	195.70	51.80	1976.60
1988	5.10	4.00	1.60	17.40	282.30	226.60	148.00	331.20	287.50	606.70	261.20	126.50	2298.10
1989	6.00	55.50	13.90	26.80	150.00	162.20	176.90	412.50	171.70	323.80	287.30	212.50	1999.10
1990	41.30	9.60	18.60	9.30	350.00	110.60	243.70	281.80	237.70	291.80	290.30	145.40	2030.10
1991	0.00	1.30	16.60	23.30	382.50	210.10	177.20	268.30	354.40	362.00	269.80	38.10	2103.60
1992	42.90	8.00	0.00	127.00	249.30	458.30	198.10	269.00	212.00	323.10	205.70	57.00	2150.40
1993	109.40	1.70	10.00	89.00	179.50	413.50	223.90	158.70	260.70	227.10	404.40	104.00	2181.90
1994	67.50	1.50	20.70	60.20	296.60	235.10	170.10	246.60	175.30	452.80	360.70	103.20	2190.30
1995	15.30	7.80	0.00	125.00	229.30	255.70	288.50	176.30	244.90	233.10	212.80	105.20	1893.90
1996	247.10	59.10	61.80	77.30	395.80	233.90	321.80	293.30	232.90	395.30	232.50	76.10	2626.90
1997	26.60	11.30	1.70	42.30	153.80	190.80	190.50	101.50	148.00	354.00	210.80	13.80	1445.10
1998	2.30	1.90	0.00	75.00	300.40	208.60	163.40	251.60	231.10	290.10	404.10	298.00	2226.50
1999	49.10	69.30	97.80	62.10	253.60	410.10	109.00	243.30	281.80	309.90	199.40	359.80	2445.20
Prom. Mensual	50.61	21.08	20.19	82.75	242.67	258.90	204.04	233.45	247.97	338.63	266.30	116.58	2083.18
Maxima	247.10	91.60	97.80	361.60	395.80	468.70	373.90	412.50	354.40	631.00	404.40	359.80	
Minima	0.00	0.00	0.00	9.30	82.20	110.60	109.00	80.80	148.00	157.10	145.10	0.00	Media Total anual

Tabla Nº1. Precipitación de la Estación Nuevo Emperador

El régimen de precipitación define claramente una temporada seca con déficit de agua en el suelo de 4 a 5 meses y una temporada lluviosa con excesos de agua en el suelo de 7 a 8 meses en algunos casos. La temporada seca se inicia en la primera década de diciembre y puede extenderse hasta la primera década de abril y tercera década del mismo mes. Luego de ello se inicia un período de transición de la estación seca a la lluvia, la cual tiene una duración de 13 días en el área de Nuevo Emperador aproximadamente.



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octub.	Noviemb.	Diciemb.	TOTAL
Evap. Potencial	131.13	120.70	136.64	132.71	135.14	128.84	133.63	133.13	127.87	131.63	127.39	132.13	1570.94
Precipitación	50.61	21.08	20.19	82.75	242.67	258.90	204.04	233.45	247.97	338.63	266.30	116.58	2083.18

Grafica Nª1. Comportamiento del Temporada seca y lluviosa.

Temporada seca.

La temporada seca está claramente definida y caracterizada por un período de 4 meses secos con déficit de agua en el suelo. Aunque se registran precipitaciones; las mismas no logran mantener el suelo a capacidad de campo, registrándose déficit de agua entre 80 y 116 mm, en febrero y marzo, mes en el cual la temporada seca se acentúa.

Período de transición de la estación seca a la lluviosa.

Durante la transición de la estación seca a la lluviosa se registra un período conocido como reposición de agua en el suelo. Este es el tiempo que necesita el suelo para volver a almacenar el agua perdida durante la estación seca. Este período dura 52 días en el área de (Nuevo Emperador y alrededores).

Para el área que nos ocupa durante las precipitaciones son de leves a moderadas, no esperándose que se registren períodos secos de más de dos días.

Período lluvioso.

El período lluvioso se caracteriza por registrar excesos de agua en el suelo a partir de mayo en el caso de Nuevo Emperador. A partir de este momento el suelo alcanza su capacidad de retención máxima, la cual es de 200 mm. Los meses que registran los mayores excesos de agua en el suelo son septiembre, octubre y noviembre.

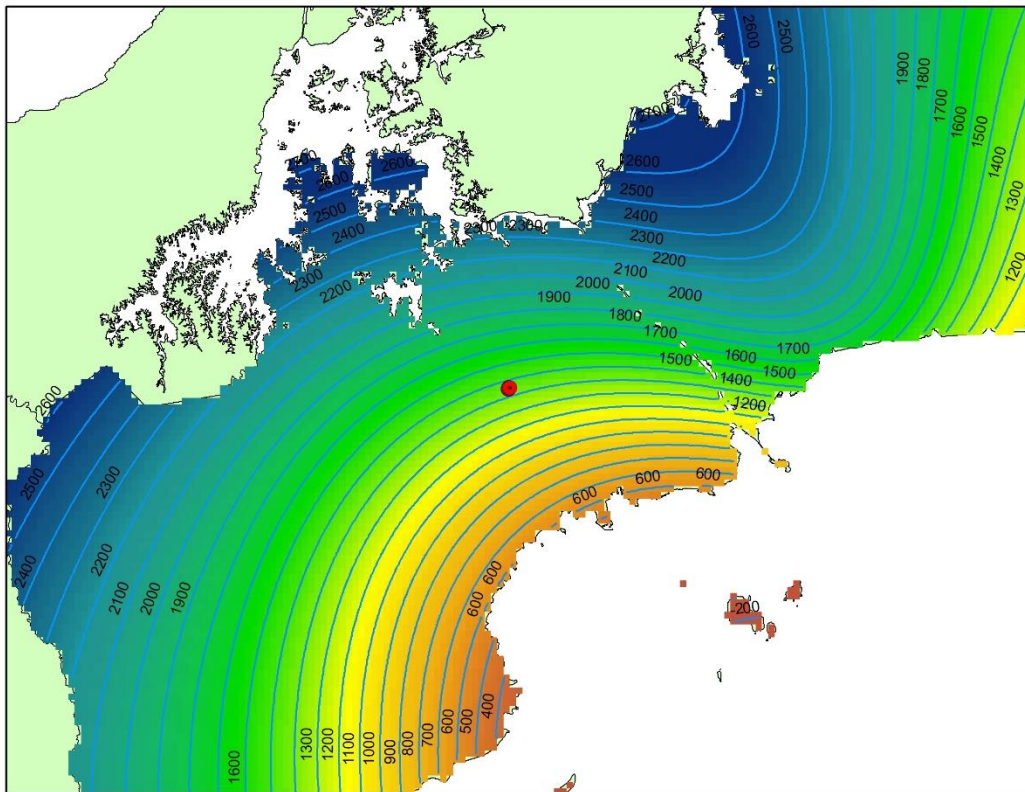
Almacenaje de agua en el suelo.

Predominan suelos arcillosos con una capacidad de retención de agua de 200 mm. A partir del 4 de junio el suelo alcanza su **capacidad de almacenamiento máximo**, en el área de Nuevo Emperador lo que da como resultado que se presenten excesos de agua o escorrentía superficial. Del mes de mayo hasta el mes de noviembre el suelo se mantiene a capacidad de campo. En diciembre se produce un período de transición similar al que se produce en abril y mayo. Este período es un período de descenso de los niveles de humedad de agua en el suelo, afectándose el almacenaje de agua existente hasta ese momento. A medida que la temporada seca se va acentuando la capacidad de almacenaje de agua en el suelo disminuye, hasta registrarse el déficit. Ya para este momento no hay agua disponible para los cultivos. Mas sin embargo si hay niveles de agua subterránea disponibles.

Veranillo de San Juan.

El Veranillo de San Juan tiene una probabilidad de ocurrencia de 49 % en el área de Nuevo Emperador y alrededores, en el mes de julio; en este caso el veranillo se inicia a partir de la primera década de julio. Puede durar de 8 a 15 días. Período durante el cual se nota una marcada disminución de la precipitación.

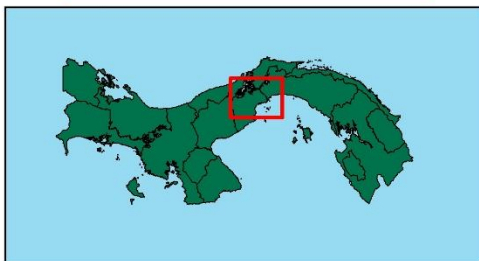
MAPA DE ISOYETAS



0 3 6 12 18 24 Kilometers
1:500,000



LOCALIZACIÓN REGIONAL



Leyenda

● Puntos del Polígono del proyecto

— Isoyetas_Pma

isoyeta

Value

High : 2742.21

Low : -589.67

Proyección Universal Transverse Mercator
Datum WGS84
Zona Norte 17

Mapa N°4. Mapa de isoyetas.

BALANCE HIDROGEOLOGICO DEL ÁREA.

Para la confección del Balance sobre el comportamiento de las aguas subterráneas en el área objeto de estudio se tomó en cuenta los siguientes elementos:

- Total, anual promedio de la precipitación, según periodo de registro de la estación meteorológica más cercana 2084 mm. (**En este caso sería la estación de Nuevo Emperador**)
- Capacidad de almacenaje de agua en el suelo 200 mm.
- Tipo de suelo arcilloso.
- Escorrentía superficial 674 mm.
- Déficit de agua en el suelo 162 mm.
- Perdidas por evapotranspiración 1572 mm.
- Área de drenaje 32 has.
-

Para la elaboración del Balance Hidrogeológico debemos tener presente que un milímetro de lluvia registrado en el pluviómetro equivale a un litro por metro cuadrado y a 10,000 litros por hectáreas. En el caso el área de drenaje es de 32 Has.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octub.	Noviemb.	Diciemb.	TOTAL
Evap. Potencial	132	121	137	133	135	129	134	133	128	132	127	132	1572
Precipitacion	51	21	20	83	243	259	204	233	248	339	266	117	2084
Precip-ETP	-82	-100	-116	-50	108	130	70	100	120	207	139	-15	
Suma de Val. Neg.	-97	-196	-313	-363								-15	
Almacenaje	104	4	0	0	108	200	200	200	200	200	200	185	
Dif. De Almacen	-81	-100	-4	0	108	92	0	0	0	0	0	-15	
Evap. Real	132	121	24	83	135	129	134	133	128	132	127	132	1410
escorrentía	0	0	0	0	0	38	70	100	120	207	139	0	674
Deficit de agua	0	0	113	50	0	0	0	0	0	0	0	0	162.19
temperatura media	26.4	26.7	27.3	27.4	27	26.6	26.7	26.6	26.4	26.3	26.3	26.4	
dia del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	

Tabla N°2. Balance Hídrico Estación Nuevo Emperador

BALANCE HIDROGEOLOGICO QUEBRADA SIN NOMBRE								
AREA = 32 Has								
DISTRITO DE ARRAIJÁN, CORREGIMIENTO DE NUEVO EMPERADOR								
AREA DE LA ZONA A EVALUAR EN m ² (Am ²)	PRECIPITACION TOTAL ANUAL EN mm (PP)	(Am ²) * (PP)	ESCORRENTIA ANUAL EN mm (Esc)	(Am ²) * (Esc)	PERDIDAS POR DEFICIT DE AGUA mm (EVAP mm)	(Am ²) * (DEFICIT mm)	RESULTADO FINAL EN LITROS (**)	RESULTADO FINAL EN METROS CUBICOS
320000	2084	666880000	674	215680000	162	51840000	399360000	399360

Cuadro No. 1. Balance Hidrogeológico

*En el área evaluada según el balance hidrogeológico se almacenara **399,360 metros cúbicos** de agua al año en los acuíferos que se encuentran en el área estudiada.*

CALCULO HIDRAÚLICO PARA LA QUEBRADA SIN NOMBRE AFLUENTE DEL RÍO BERNARDINO.

Para la elaboración de la metodología, se realizaron, entre otros aspectos:

- La correlación de la información del micro cuenca.
- Delimitación de las zonas hidrológicamente homogéneas.
- Mapa donde se identifican las diferentes regiones.
- Aplicación del Método de Análisis de Crecidas Máximas.

APLICACIÓN DEL METODO DE ANALISIS DE CRECIDAS MAXIMAS.

CALCULO DEL CAUDAL PROMEDIO.

0.58

$$Q_{prom} = K * A$$

Donde:

Q_{prom} = Caudal promedio en m^3 / seg

A = Área de drenaje de la cuenca en Km^2

K = Constante que depende de la zona (Z), hidrológicamente homogénea.

Para la Quebrada sin nombre, el área pertenece a la Zona 6 (Z 6),

Entonces: $K = 13$

A = Área de drenaje = 32 Has = $0.32 Km^2$

Entonces:

0.58

$$Q_{prom} = 13(0.32 Km^2)$$

$$Q_{prom} = 6.71 m^3 / seg \text{ (CAUDAL PROMEDIO)}$$

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO PARA PERIODO DE RETORNO DE 1:10 AÑOS, 1:50 AÑOS Y 1:100 AÑOS

$$Q_{\max} = F(Q_{\text{prom}})$$

Donde:

Q_{\max} = Caudal máximo en m^3 / seg .

F = Constante que depende del período de retorno.

Q_{prom} = Caudal promedio en m^3 / seg .

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 1:10 AÑOS:

F , de acuerdo al cuadro N°1, tabla número 1, es de 1.68 (ver anexo).

Entonces:

$$Q_{\max} = 1.68 (6.71 \text{ m}^3 / \text{seg})$$

$$Q_{\max} = 11.27 \text{ m}^3 / \text{seg} \quad \text{PARA UN Pr} = 1:10 \text{ AÑOS}$$

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 1:50 AÑOS:

Del cuadro N^a1, tenemos de la tabla número 1, que $F = 2.40$

Entonces:

$$Q_{\max} = 2.40 (6.71 \text{ m}^3 / \text{seg})$$

$$Q_{\max} = 16.10 \text{ m}^3 / \text{seg} \quad \text{PARA UN Pr} = 1:50 \text{ AÑOS}$$

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 1:100 AÑOS:

Del cuadro N^a1, tenemos que en la tabla número 1, $F = 2.75$

Entonces:

$$Q_{\max} = 2.75 (6.71 \text{ m}^3 / \text{seg})$$

$$Q_{\max} = 18.45 \text{ m}^3 / \text{seg} \quad \text{PARA UN Pr} = 1:100 \text{ AÑOS}$$

TABLA DE RESULTADOS

P. (Años)	Área de drenaje en Km ²	Qprom (m ³ /seg)	Factor F	Qmax (m ³ /seg)
1:10	0.32	6.71	1.68	11.27
1:50	0.32	6.71	2.40	16.10
1:100	0.32	6.71	2.75	18.45

Tabla N^o2.

Cálculo aproximado de la altura de inundación

Después de calcular el caudal de diseño para un periodo de retorno especificado, la última fase del trabajo consiste en calcular las áreas que resultarían inundadas con dicho caudal. Para un caudal determinado, esto dependerá fundamentalmente de la geometría del cauce.

Radio Hidráulico

El radio hidráulico (R) es la relación entre la sección y el perímetro mojado. El radio hidráulico depende de la forma del canal, pero principalmente, del tamaño.

$$R = \frac{AREA}{PERIMETRO\ MOJADO}$$

$$R = \frac{(b+zh)h}{b+2h\sqrt{1+z^2}} = \frac{(4+1.5(4))4}{4+2(4)\sqrt{1+1.5^2}} = \frac{40m^2}{18.42\ m} = 2.17\ m$$

$$\text{Radio Hidraulico} = 2.17\ metros$$

Donde:

b= ancho de la base (4 metros)

z= 1.5 proporción del talud

h= altura de la sección (4 metros)

Q = Caudal (m³ / seg)

n = Coef. De rugosidad de Manning = 0.040, de acuerdo a las indicaciones del Manual de Requisitos para aprobación de planos del MOP.

n = 0.040 para cauces con canales irregulares con vegetación y mal conservados.

Pendiente longitudinal del cauce (S), en m/m

H1 = 129 m H2 = 75 m

L = 702 m

$$S = \frac{H1 - H2}{L}$$

$$S = \frac{129 \text{ m} - 75 \text{ m}}{702 \text{ m}} = 0.07 \text{ m/m}$$

S = 0.025 m/m

Evaluación de la altura

Para evaluar la altura que alcanzará el agua, utilizamos la expresión:

Caudal = Sección * velocidad

En la que aplicando la fórmula (3) de Manning, resulta:

$$Q = \text{Sección} * \frac{1}{n} (R_3^2 \sqrt{S})$$

Despejando la sección:

$$\text{Sección} = \frac{Q}{\frac{1}{n} R_3^2 \sqrt{S}}$$

Finalmente, conociendo la sección, debemos evaluar la altura del agua.

Calculo para un caudal del cauce con un **periodo de retorno de 100 años** es de **18.45 m³/seg**, y se desea evaluar el área inundable.

Datos:

- Radio hidráulico : 2.17 m
- Coeficiente de rugosidad de Manning: 0,040
- Pendiente: 0,07 m/m
- Anchura aproximada en ese tramo: 6 metros

Aplicando la fórmula:

$$Sección = \frac{18.45 \text{ m}^3/\text{seg}}{\frac{1}{0.040} 2.17 \text{ m}_3 \sqrt{0.07 \text{ m/m}}} = 19.28 \text{ m}^2$$

Finalmente, aplicando la relación, evaluamos la altura que alcanzará la lámina de agua:

$$Altura = \frac{Sección}{Anchura}$$

$$Altura = \frac{19.28 \text{ m}^2}{6 \text{ m}} = \mathbf{3.21 \text{ metros}}$$

Cálculo de la velocidad en un canal: Fórmulas de Chézy y Manning

La fórmula de Chézy calcula la velocidad del agua en una sección de un cauce o canal. Fue desarrollada por el ingeniero francés Antoine de Chézy, y establece que:

$$V = C\sqrt{R} * S$$

Donde:

- v = velocidad media del agua (m/s)
- R = radio hidráulico (m)
- S = pendiente de la línea de agua (m/m)
- C = coeficiente de Chézy

En la fórmula de Chezy aparece un coeficiente C que se ha calculado con diversas ecuaciones. Según qué fórmula se utilice para la evaluación de C , así se denomina la expresión de Chezy. La más usual es la fórmula de Manning. En ella el coeficiente C se calcula así:

$$C = \frac{1}{n} R_6^1$$

Donde:

- C = coeficiente de Manning para aplicar en la fórmula de Chézy
- n = parámetro de rugosidad de Manning
- R = radio hidráulico, en m

Sustituyendo el valor de la C según Manning en la fórmula original de Chezy, Resulta la denominada fórmula de Manning.

$$V \left(\frac{m}{seg} \right) = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S}$$

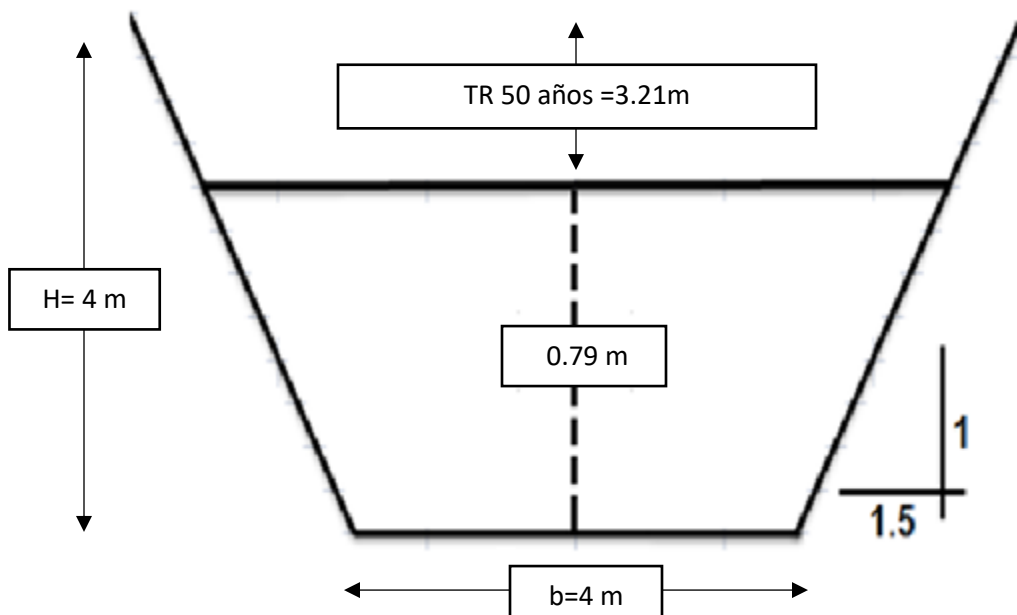
$$V \left(\frac{m}{seg} \right) = \frac{1}{0.040} 2.17 m^{\frac{2}{3}} \sqrt{0.07 m/m} = \mathbf{0.95 m/seg}$$

Velocidad media del cauce 0.95 m/seg.

SECCION TRAPEZOIDAL TRANSVERSAL

La base (b) de la Sección Trapezoidal Transversal es de 6 metros, que es el promedio del ancho de la base del cauce.

Los taludes serán en una proporción de 1.5:1



OBSERVACIONES

El caudal de retorno de 1:100 años se utilizará para hacer los diseños del sistema de colección de la escorrentía de aguas pluviales, hacia la Quebrada sin nombre afluente del Río Bernardino (en el punto de control). No se harán diseños de dragado a la quebrada por debajo del caudal **18.45 m³/seg** de este periodo de retorno para que el mismo tenga un flujo óptimo de las aguas.

El caudal del periodo de retorno de 1:100 años, se usará para obtener el nivel de terracería adecuado para la elaboración de alguna obra que deseen ejecutar. Para evitar posibles desbordamientos que se puedan dar en el sitio.

Se sugiere que se hagan limpiezas sobre los sedimentos y material vegetal que vayan a hacer vertidos hacia el cauce de la quebrada, para que no ocasione obstrucciones sobre el cauce y no se creen barreras que puedan represar la fuente hídrica.

RECOMENDACIONES.

En tal sentido se sugiere de manera responsable el fiel cumplimiento de las normas establecidas por las leyes vigentes sobre los temas en cuestión relacionados con los recursos hídricos.

Se elaboró un balance hídrico de la estación hidrométrica más cercana para saber el comportamiento de las aguas pluviales durante los meses del año, para obtener de referencia los niveles de aguas de escorrentía que se dan durante el año.

CONCLUSIÓN.

Este estudio se basa en los requisitos establecidos por el Ministerio de Obras Públicas (MOP), para dar viabilidad a obras como los que desarrollara la Sociedad **BIENES RAICES E INVERSIONES ALFA MAR, S.A.** antes mencionada, buscando con ello mejorar entre otras cosas el área de la fuente hídrica analizada.

Para tal fin se realizaron cálculos hidráulicos, en que se determinó el caudal, esperados para 10, 50 y 100 años.

Se hizo un análisis de la climatología del área objeto de estudio, determinando el comportamiento del clima; en particular del régimen de lluvias de la zona y los niveles de escorrentía superficial. Así también se realizó un balance hidrogeológico para el área que comprende la zona; con el propósito de determinar la disponibilidad de las fuentes hídricas subterráneas existentes.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.

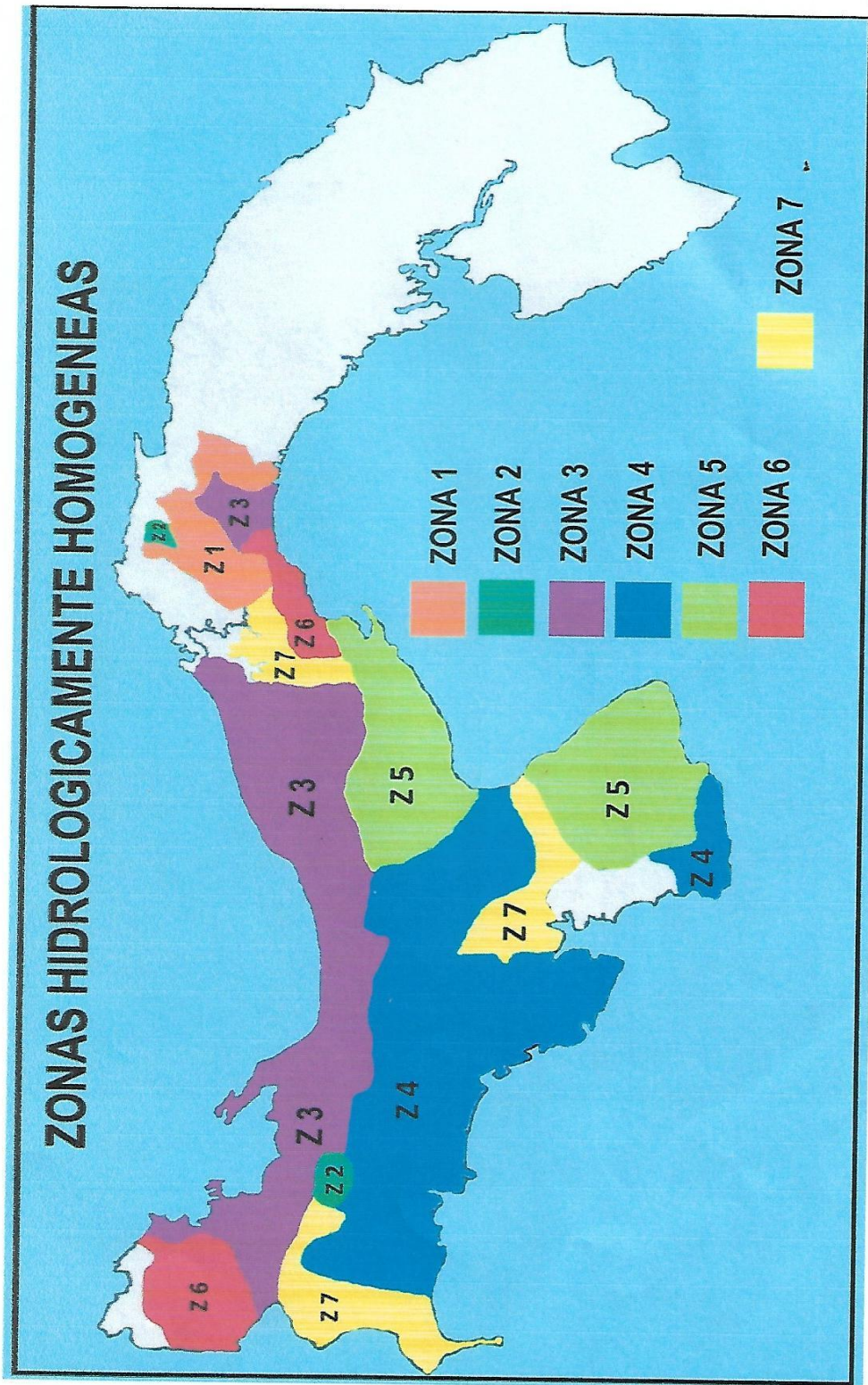
1. ATLAS NACIONAL DE LA REPUBLICA DE PANAMA (1990). PUBLICADO POR EL INSTITUO GEOGRAFICO NACIONAL TOMMY GUARDIA.
2. MAPA HIDROGEOLÓGICO DE PANAMA. PUBLICADO POR LA EMPRESA DE TRANSMISIÓN ELECRICA S.A. (1999).
3. INFORMACIÓN METEOROLOGICA DE LA ESTACIÓN NUEVO EMPERADOR, OPERADA POR HIDROMETEOROLOGÍA DE ETESA.
4. DATOS DE LA DIRECCION DE ESTADISTICA Y CENSO DE LA CONTRALORIA GENERAL DE LA REPUBLICA DE PANAMA.
5. HERRAMIENTA INFORMATICO DE SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA ARCMAP 10.3

ANEXOS

CUADRO N°1				
Indices Qmax/Qmax para distintos Tr (tiempo de retorno)				
<i>Tr</i>	<i>Tabla #1</i>	<i>Tabla #2</i>	<i>Tabla #3</i>	<i>Tabla #4</i>
2	0.92	0.93	0.95	0.93
5	1.38	1.35	1.32	1.20
10	1.68	1.62	1.57	1.45
20	2.00	1.90	1.80	1.65
25	2.10	2.00	1.90	1.75
50	2.40	2.25	2.15	1.95
100	2.75	2.55	2.40	2.10
1000	3.95	3.55	3.25	2.75
10000	5.30	4.60	4.10	3.40

ZONAS HIDROLOGICAMENTE HOMOGENEAS		
REGIONES DE CRECIDA MÁXIMAS		
Zona 1	$Q_{\text{máx}}=34 A^{0.58}$	Tabla #1
Zona 2	$Q_{\text{máx}}=34 A^{0.58}$	Tabla #3
Zona 3	$Q_{\text{máx}}=27 A^{0.58}$	Tabla #1
Zona 4	$Q_{\text{máx}}=27 A^{0.58}$	Tabla #4
Zona 5	$Q_{\text{máx}}=13 A^{0.58}$	Tabla #2
Zona 6	$Q_{\text{máx}}=13 A^{0.58}$	Tabla #1
Zona 7	$Q_{\text{máx}}=10 A^{0.58}$	Tabla #3
Ver mapa N°4 para ubicar zonas.		

Cuadro N°1.



Mapa N°3. Zonas Hidrológicamente Homogeneas.