

2021

# MEMORIA TECNICA DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

PROYECTO: CAJON PLUVIAL DEL POLIGONO DE LA FINCA  
23090

CORREGIMIENTO DE CHILIBRE, DISTRITO DE PANAMA,  
PROVINCIA DE PANAMA

PREPARADO POR: ING. FELIX ESPINOSA  
C.I. 2001-006-002

ABRIL 2021





## Ubicación del proyecto



650000



1000000

Localización regional. Escala 1:1,500,000

Escala del mapa 1:2,500

0 60 120 Metros

### UBICACIÓN

Corregimiento: Chilibre

Distrito: Panamá

Provincia: Panamá

### INFORMACIÓN REGISTRAL

Finca: 23090

Código de ubicación: 8714

Propietarios: Gregorio Abrego, Clara  
García Prieto de Abrego

Superficie: 12,000 m<sup>2</sup>

Source: Earth Maxxer, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS,  
USDA, USDA, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Sección	Página
Índice de contenidos.....	2
Índice de figuras.....	3
Índice de cuadros.....	3
I. Introducción.....	4
II. Estudio Hidrológico.....	5
1. Localización geográfica.....	6
2. Característica Morfológicas.....	7
2.1 Caracterización morfométrica de la Cuenca Hidrográfica.....	7
2.2 Determinación de la forma de la Cuenca.....	7-9
2.3 Determinación del tipo de cauce en función de su sinuosidad.....	9-11
3. Geomorfología.....	11
4. Geología.....	11-12
5. Red Climatológica.....	12
6. Temperatura.....	12
7. Evaporación.....	12
8. Precipitación.....	12-13
9. Hidrología.....	13
10. Red Hidrométrica.....	13
10.1 Cálculo de caudal utilizando el Método Racional (TR=1:50 años).....	13-17
10.2 Cálculo de caudal utilizando el Método Regional de Crecidas Máximas (TR=1:50 años).....	18-19
II. Estudio Hidráulico.....	21
1. Metodología a utilizar para determinar las dimensiones del cajón pluvial.....	22
2. Dimensionamiento del cajón pluvial.....	23-32
III. Anexo.....	33
IV. Contenido del Anexo.....	34
V. Bibliografía.....	35



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1: Localización geográfica Del cajón pluvial a construir.....	6
Figura No. 2: Meandros.....	10

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1: Valores de coeficientes de Gravelius ( $K_c$ ).....	8
Cuadro No. 2: Índices de sinuosidad.....	10
Cuadro No. 3: Estaciones Meteorológicas próximas al área de estudio.....	12
Cuadro No. 4: Valores de coeficientes de escorrentía.....	14
Cuadro No. 5: Resumen de los cálculos hidráulicos.....	20
Cuadro No. 6: Cálculo de profundidades de flujo aguas arriba del cajón pluvial.....	29
Cuadro No. 7: Cálculo de profundidades de flujo aguas abajo del cajón pluvial.....	31
Cuadro No. 8: Resumen Del cálculo de las profundidades de flujo.....	32



## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las disposiciones establecidas por el Ministerio de Obras Públicas, el cual mediante la Ley N° 35 de 30 de junio de 1978, tiene la misión de llevar a cabo los programas e implementar la política de construcción y mantenimiento de las obras públicas de la Nación, con infraestructuras tales como: carreteras, calles, puentes, y drenajes pluviales, entre otras. La empresa Artecosa. S.A. presenta a la consideración del Ministerio de Obras Públicas el Estudio Hidrológico e Hidráulico realizado para la construcción de un cajón pluvial en la quebrada a 200m de la intersección con la Carretera Boyd Rossvelt diagonal a Hogares Crea. Para lo cual se han atendido las recomendaciones indicadas en el Manual de Requisitos para Revisión de los Planos de Sistemas Pluviales. El polígono está ubicado en el corregimiento de Chilibre, Distrito de Panamá, Provincia de Panamá. Los propietarios del globo de terreno Finca No 23090; Tomo 546; Folio 526; son el Señor Gregorio Abrego ced 8-787-1076 y Clara Garcia Prieto de Abrego ced 8-453-672

## I - ESTUDIO HIDROLÓGICO



## 1. Localización Geográfica

El Proyecto Del Cajon Pluvial, se encuentra ubicado en el corregimiento de Chilibre, distrito de Panamá, provincia de Panamá. El cajón pluvial se construirá en la afuente existente sin nombre, cuyo afluente principal es la quebrada Custodia. El mismo estará ubicado en las coordenadas Punto 1 -N 1009079.57 y E 655287.96 y Punto 2- coordenadas N 1009110.79 y Punto 3- N 1009268.90 y E 655242.16 y el Punto 4 -N 1009238.43 y E 655191.04

### Ubicación del proyecto



Localización regional. Escala 1:1,500,000

Escala del mapa 1:2,500

0 60 120 Metros

#### UBICACIÓN

Corregimiento: Chilibre

Distrito: Panamá

Provincia: Panamá

#### INFORMACIÓN REGISTRAL

Finca: 23090

Código de ubicación: 8714

Propietarios: Gregorio Abrego, Clara Garcia Prieto de Abrego

Superficie: 12,000 m<sup>2</sup>

Source: Esri, Mapbox, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

## **2. Característica Morfológicas**

La Cuenca de la quebrada existente en el sitio forma parte de la Cuenca N° 115 (cercanas a las quebradas Custodia, quebrada ancha, quebrada pedernal y quebrada la furnia). Ver Cuadro de clasificación de cuencas hidrográficas en el Anexo. El polígono tiene una extensión territorial de 1.20 Ha. ó 0.012 Km<sup>2</sup>, la longitud del cauce principal es de 125 Km. La elevación máxima de la cuenca es de 160 msnm y su elevación mínima es de 47 msnm, largo de la cuenca del cauce 5.141 Km., ancho de la cuenca 0.6283 Km y area de la Cuenca 3.338 km<sup>2</sup> que equivale a 334ha con una pendiente media de 2.20 %; Tiene una forma alargada en la dirección Norte-Sur y un perímetro de 125 Km. Este tipo de cuencas son favorables, ya que tienen tiempos de concentración muy grandes e intensidades de lluvias muy pequeñas, lo que produce que el caudal pico tarde mucho tiempo de ocurrir. La longitud directa Del cauce (longitud medida desde el punto de inicio Del cauce hasta el punto de control) es de 3.701Km.

La Cuenca fue demarcada en el mosaico topográfico Del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia a escala 1: 500,000 II (Río chilibre y Rio chilibreño) - ver cuenca demarcada en el ANEXO.

### **2.1 Caracterización morfométrica de la Cuenca Hidrográfica**

La caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas es una de las herramientas más importantes en el análisis hídrico y tiene Como propósito determinar índices y parámetros que permiten conocer la respuesta hidrológica. Esta herramienta tiene gran aplicabilidad en el análisis de los diversos componentes de una Cuenca hidrográfica, analizada Como un sistema, y su relación con eventos hidroclimatológicos de condiciones regulares y extremas. Las características más relevantes a determinar, son las siguientes: forma de la Cuenca e índices relacionados, pendiente media, elevación y coeficientes asociados, sinuosidad Del cauce.

### **2.2 Determinación de la forma de la Cuenca**

La forma de la Cuenca se caracteriza con el índice o coeficiente de Gravelius (Kc). Es la relación entre el perímetro de la Cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que la cuenca. En cualquier caso, el coeficiente será mayor que la unidad. Tanto más próximo a ella, cuando la cuenca se aproxime más a la forma circular, puede alcanzar valores



Próximos a 3 en cuencas muy alargadas. Generalmente las cuencas circulares u ovaladas poseen mayor susceptibilidad a generar crecidas, ya que el tiempo de recorrido Del agua a través de Ella es mucho más corto que en cuencas alargadas o rectangulares. En otras palabras, las cuencas circulares u ovaladas tendrían menor tiempo de concentración y por ende mayor rapidez para la concentración de los flujos de aguas superficiales, contribuyendo a que los picos de crecidas Sean más súbitos en caso de lluvias concentradas o tormentas. Caso contrario ocurre con las cuencas alargadas o rectangulares, donde el tiempo de viaje es mucho más largo, de modo que los picos de crecidas son menos súbitos en caso de lluvias concentradas o tormentas. A continuación calcularemos la forma de la Cuenca con el coeficiente de Gravelius, el cual está en función Del perímetro y Del área de la Cuenca. Este coeficiente nos permitirá determinar la tendencia de las crecidas en la Cuenca. Es decir, si la Cuenca en estudio presentará Crecidas Alta, media o bajas.

$$K_c = \frac{\text{Perímetro de la Cuenca}}{\text{Perímetro De un círculo igual al área de la cuenca}}$$

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$



**Cuadro No. 1: Valores del coeficiente de Gravelius (Kc)**

Kc	Forma de la cuenca	Tendencia de crecida
1 - 1.25	De circular a ovalada	Alta
1.25 - 1.50	De ovalada a elíptica	Media
1.50 - 1.75	De elíptica a rectangular	Baja

**Fuente:** Morfología de Cuencas Hidrográficas / Universidad Politécnica de Valencia

A continuación calcularemos el coeficiente de compacidad Kc, el cual nos permitirá determinar la forma de la cuenca y la tendencia de crecida.

$$K_c = \frac{251.25}{2\sqrt{\pi(3.338)}} = 1.23$$

Con el coeficiente  $K_c$  calculado, del Cuadro No. 1, obtenemos que la forma de la cuenca de la quebrada es de circular a ovalada. Este tipo de cuencas tiene una tendencia de crecida Alta.

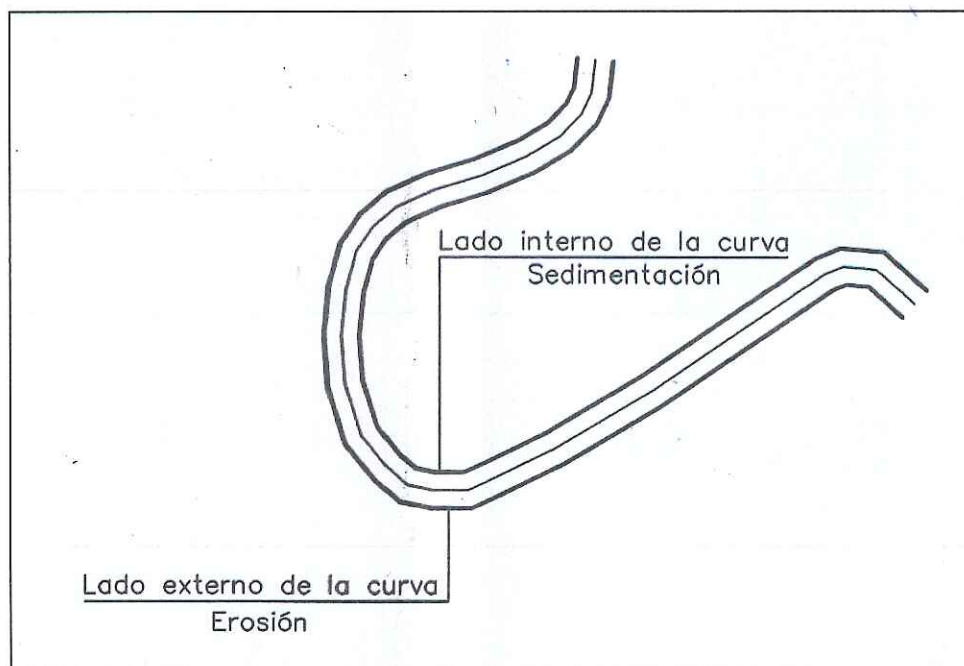
### **2.3 Determinación del tipo de cauce en función de su sinuosidad**

La sinuosidad de un río se debe básicamente a tres factores:

1) A causas estructurales, ya que se origina una alta sinuosidad cuando existe una red de fallas que modifica el alineamiento del cauce, 2) En casos donde existe un sustrato rocoso, muy resistente que se opone a la profundización del cauce y solo lo permite siguiendo el trazado de pequeñas fracturas que puedan existir y 3) En los tramos próximos a confluencias con ríos que son dominantes o en la parte baja de la cuenca donde los ríos descargan al mar. Esto se debe a que como no pueden descargar el caudal directamente debido a la carga hidráulica en la confluencia (río o mar), se produce una sinuosidad hacia aguas arriba de dicha confluencia para compensar el caudal que no pueden descargar durante el tiempo que tarde la crecida (confluencias con ríos) o hasta que el nivel de marea baje (confluencia con el mar).

En los cauces rectilíneos el caudal genera una Alta energía y por lo tanto una gran capacidad erosiva. Mientras que las Corrientes fluviales en los canales sinuosos combinan un carácter erosivo (en el lado externo de la curva) y sedimentario (en el lado interno de la curva). Esto se debe a que tienen velocidades diferentes en las orillas (la de la parte externa es mayor que la de la parte interna) – ver Figura No. 2.





**Figura No. 2: Meandros**

Para el cálculo Del índice de sinuosidad se utilizará la ecuación (Mueller, 1968):

$$I_s = \frac{\text{Longitud del cauce principal}}{\text{Longitud Directa del cauce}}$$

**Cuadro No. 2: Índices de sinuosidad**

Tipo de cauce	Índice de sinuosidad
Rectilínea	1 – 1.2
Transicional	1.2 – 1.5
Regular	1.5 – 1.7
Irregular	1.7 2.1
Sinuoso	> 2.1

**Fuente:** Sinuosidad del Cauce / Nelson José Suarez

A continuación, calcularemos el índice de sinuosidad, el cual nos permitirá determinar el Tipo de cauce.

$$I_s = \frac{5.141}{3.701} = 1.39$$

*Con el índice de sinuosidad calculado, Del Cuadro No.2, obtenemos que el cauce de la quebrada es tipo transicional.*

### **3. Geomorfología**

Utilizando la clasificación topográfica de Murphy, nos encontramos que la geomorfología del área del proyecto es de planicies, las cuales se definen como superficies continentales de suaves pendientes, relieve local menor a 100 msnm poca diferencia latitudinal y probabilidades de ser ondulados, horizontales, inclinados y escalonados. Las planicies se encuentran asentadas sobre Roca sedimentaria. Estas se elevan desde la costa hacia tierra adentro hasta una distancia aproximada de 200 m. Las misma's las encontramos bordeando las costas de la Bahía de Panamá.

### **4. Geología**

El proyecto se ejecutará en un globo de terreno paralelo a la via Boyd Roosevelt diagonal a hogares crea de chilibre perteneciente al Distrito de Panamá. Se hace patente la existencia de formaciones Del cuaternario cuya composición litológica está compuesta por conglomerados, areniscas, lutitas, tobas, areniscas no consolidadas y piedra pómez. También ayudaron los procesos químicos y físicos en la formación de las rocas sedimentarias del área las cuales son responsables de la conformación litológica Del lugar. Las rocas sedimentarias "Clasticas Terrigenas" son las más abundantes, se conforman de elementos aportados por la desintegración de rocas silicatadas más Antiguas. A Este grupo pertenecen las lutitas, areniscas y conglomerados encontrados en el área. Las lutitas son las rocas predominantes en el área, con una gran variedad de colores Como: Negro, Gris, rojo, verde, chocolate y purpura. Sus colores dependerán de la proporción Del contenido de materia orgánica y Óxidos de Hierro. Los Materiales finos como la grava, limo y arena, al cementarse con Óxido de Hierro,



Carbonatos, material limoso y sílice forman guijarros conformados por conglomerados y arenisca.

### 5. Red Climatológica

La Cuenca de la quebrada Custodia, afluente Del río chilibre, pertenece a la Cuenca N° 115 (río Chagres). Las estaciones climatológicas activas más cercanas a la misma son las que se presentan en el Cuadro No. 3.

**Cuadro No. 3: Estaciones Meteorológicas Próximas al Área de Estudio**

Nombre de la estación	Número de la cuenca	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevación (m)	Año de instalación
Agua Buena	115	09° 07'	79° 35'	125	2007

Fuente: ETESA

### 6. Temperatura

Se estima una temperatura Media Anual del Aire superficial de 28.50°C. La temperatura media máxima anual varía entre 31 y 34°C y la temperatura media mínima anual varía entre 22 y 25°C.

### 7. Evaporación

Los datos de evaporación corresponden al periodo de años (2,002-2,003). La evaporación promedio anual es 131.7 mm. El mes de más evaporación es marzo con un promedio de 242.6 mm y el mes más bajo es noviembre con 11.5 mm.

### 8. Precipitación

De acuerdo al registro de datos de los años (1994-2015) en el área de estudio se estima una precipitación media anual entre 1,200 a 1,700 mm, siendo los meses de octubre y noviembre los de mayor precipitación y los meses de febrero y marzo los de menor precipitación. Para el año de 1995, se registró la mayor precipitación con 1,838.6 mm,

luego le siguen los años de 1996 y 1998 con 1,765.3 y 1,756.9 mm respectivamente. El año de menor precipitación fue 2,002 con 1,021.5 mm. La precipitación promedio anual para el periodo de años (1994-2,015) es de 1,200 a 1,700 mm.

## **9. Hidrología**

La quebrada Custodia se ubica dentro de la zona de vida bosque muy húmedo tropical, que cuenta con una moderada precipitación pluvial y humedad relativa. Estas características, su relieve Plano y ondulado, Cabe mencionar que la quebrada custodia, del cual es un afluente importante dicha quebrada, constituye una de las principales fuentes de agua superficial en el área, ya que mantiene un caudal permanente, que es alimentado por canales naturales de caudal intermitente que recogen las aguas de lluvia que escurren dentro del área durante la época de lluvias.

## **10. Red Hidrométrica**

La Cuenca de la quebrada custodia y su afluente no tiene estaciones medidoras de caudal directamente sobre su cauce por lo que no se cuenta con registros estadísticos de la cantidad de caudal que fluye por su cauce. Para estimar los caudales de crecidas de esta quebrada se utilizarán el Método Racional y método de estimación de caudales conocido Como Análisis Regional de Crecidas Máximas.

### **10.1 Cálculo de caudales utilizando el Método Racional (TR=1:50 años):**

$$Q = CiA / 360$$

**En donde:**

- Q = Caudal máximo en m<sup>3</sup>/s
- C = Coeficiente de escorrentía
- i = Intensidad de lluvia en mm/hora
- A = Área de drenaje en Ha.

### **Las suposiciones incluidas en la Fórmula Racional son:**

1. El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad particular de lluvia ocurre si la duración de misma es igual o mayor que el tiempo de concentración es directamente proporcional a la intensidad de la lluvia.

2. El porcentaje máximo de escurrimiento para una intensidad específica de lluvia con duración igual o mayor que el tiempo de concentración
3. La frecuencia de ocurrencia Del escurrimiento máximo es la misma que la de la intensidad de la lluvia con la cual se calculó.
4. El escurrimiento máximo por área unitaria disminuye conforme aumenta el área de drenaje y la intensidad de la lluvia disminuye conforme aumenta su duración.
5. El coeficiente de escorrentía permanece constante para todas las tormentas en una Cuenca.

### **Coeficiente de escorrentía**

Se denomina escorrentía a la cantidad de agua que no es absorbida por el suelo, que en cambio se escurre por la superficie. El coeficiente de escorrentía adopta un valor que depende de la naturaleza de la superficie, de los usos del suelo y las pendientes del terreno, vegetación, permeabilidad, inclinación, humedad inicial del suelo, etc. como se muestra a continuación:

**Cuadro No. 4: Valores de coeficientes de escorrentía**

<b>Material</b>	<b>C</b>
Pavimentos de hormigón o aglomerados	0.75 a 0.95
Tratamientos superficiales	0.60 a 0.80
Firmes no revestidos	0.40 a 0.60
Bosques	0.10 a 0.20
Zonas con vegetación densa	0.05 a 0.50
Zonas con vegetación media	0.10 a 0.75
Zonas sin vegetación	0.20 a 0.80
Zonas cultivadas	0.20 a 0.40
Terreno llano, permeable y boscoso	0.15
Terreno ondulado con pasto y cultivo	0.50

**Fuente:** Manual Del Ingeniero Civil – Tercera Edición



Según esta Tabla, para el área en estudio el valor de C varía de 0.75 a 0.95 (Pavimentos de hormigón o aglomerados). Tomaremos para el estudio un valor de  $C = 0.85$  (Para diseños pluviales en áreas sub-urbanas y en rápido crecimiento – ver Manual de Requisitos de Aprobación de Planos del MOP).

### **Intensidad de lluvia**

Las curvas IDF son las que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno (Témez, 1978). Son la representación gráfica de la relación existente entre la intensidad, la duración y la frecuencia o período de retorno de la precipitación (Benitez, 2002). Para el cálculo de la intensidad de la lluvia, utilizaremos las ecuaciones de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) para la Vertiente Del Pacífico, Recomendadas por el MOP.

$$i = \frac{k}{T_c + b}$$

#### **En donde:**

$i$  = Intensidad de lluvia en pulg. /hora

$T_c$  = Tiempo de concentración en minutos

$K$  y  $b$  = Constantes (dependen Del período de retorno)

### **Tiempo de concentración**

Se define Como el tiempo que pasa desde el final de la lluvia neta hasta el final de la escorrentía directa. Representa el tiempo que tarda, en llegar al punto de control, la última gota de lluvia que cae en el extremo más alejado de la cuenca y que circula por escorrentía directa. Por lo tanto, el tiempo de concentración sería el tiempo de equilibrio o duración necesaria para que con una intensidad de escorrentía constante se alcance el caudal máximo. Existen varias fórmulas para calcular el tiempo de concentración. Utilizaremos la de Kirpich.

$$t_c = 0.0195 \left( \frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.77}$$

**En donde:**

$t_c$  = Tiempo de concentración en minutos

$L$  = Longitud de la Cuenca en metros

$P$  = Pendiente de la Cuenca en m/m

$$T_c = 0.019 \left( \frac{12500}{\sqrt{0.022}} \right)^{0.77} = 688.00 \text{ minutos}$$

$T_c = 688$  minutos a usar

Como puede verse Del cálculo, el caudal pico se daría a aproximadamente 61.00 minutos después de Haber empezado la lluvia. Lo cual es favorable, ya que en Este tipo de cuencas (alargadas), tienen tiempos de concentración muy grandes e intensidades de lluvias muy pequeñas.

### **Período de retorno ( $T_r$ )**

El período de retorno, generalmente se expresa en años y se define Como el intervalo de tiempo promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud específica. Es uno de los parámetros más significativos a considerar en el momento de dimensionar una estructura hidráulica que va a ser destinada a soportar crecidas. Para la estimación de los caudales utilizaremos períodos de retorno de 1:50 años es el que el MOP recomienda para canalizaciones y entubamientos. A continuación, presentamos la fórmula para el Cálculo de la intensidad de lluvia para el período de retorno antes indicado:

$$i = \frac{370}{t_c + 33} \text{ d. pulg./hora (1: 50 años)}$$

$$i = \frac{370}{688 + 33} \times 25.40 = 13.03 \text{ mm/hora}$$

$i = 13.03$  mm/hora a usar



$$Q = CiA / 360$$

$$Q = 0.85 \times 13.03 \times 334 / 360 = 10.28 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 11.00 \text{ m}^3/\text{s} \text{ a usar}$$

**Nota:**

*Cabe señalar que el curso de agua de la quebrada existente donde se construirá el cajón pluvial, es de tipo intermitente.*



## **10.2 Cálculo de caudales utilizando el Método Regional de Crecidas Máximas (TR=1:50 años):**

En octubre de 1986 la empresa Lavalin International presentó en su estudio de Proyectos Hidroeléctricos de Mediana Capacidad un Anexo titulado "*Análisis Regional de Crecidas Máximas*", en el mismo se establece una metodología que permite 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 sólo se 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 en la información de 55 estaciones limnigráficas 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).

En el año 2008 personal de la Gerencia de Hidrometeorología de ETESA realizan la actualización de este estudio gracias al crecimiento de los registros de crecidas a nivel nacional con más de 15 años adicionales, que en el año 1986; al mejoramiento de la precisión de la ubicación de las estaciones hidrológicas sobre todo las que están en áreas de difícil acceso; a la disponibilidad de mejores herramientas para el cálculo de las áreas de drenaje y a la disponibilidad de información cartográfica actualizada. Para elaborar el mapa de regionalización de crecidas máximas se utilizó la siguiente metodología:

- ☐ Recopilación de la información de las crecidas máximas anuales
- ☐ Revisión, extensión y relleno a nivel anual de la información de caudales máximos instantáneos.
- ☐ Determinación de las relaciones que definen la crecida media anual y el área de la Cuenca.
- ☐ Elaboración de las curvas de frecuencia adimensional generalizada
- ☐ Delimitación de las regiones hidrológicamente homogéneas
- ☐ Elaboración del mapa que muestra las distintas regiones
- ☐ Aplicación Del Método "*Análisis Regional de Crecidas Máximas*"
- ☐ Comparación de los resultados con otros métodos

$$Q \text{ prom.} = K A^{0.59}$$

**En donde:**

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

$K$  = Constante (depende de la región o zona)

$A$  = Área de drenaje de la Cuenca en  $\text{Km}^2$

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

**En donde:**

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

Factor = Constante (depende del período de retorno)

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

La Cuenca No. 115 pertenece a la región o zona 8 (ver mapa en Anexo donde se indican las zonas). Por lo tanto, el valor de ( $K$ ) es de 4.5, entonces:

$$Q \text{ prom.} = 4.5 A^{0.59} \text{ (ver Cuadro A1 – Ecuación 5 en$$

$$\text{Anexo}) \quad Q \text{ prom.} = 4.5 (3.34 \text{ Km}^2)^{0.59} = 9.166 \text{ m}^3/\text{s}$$

El factor para el período de retorno de 1:50 años es 2.24 (ver Cuadro A2 – Tabla # 1 en Anexo). Por lo tanto,

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

$$Q \text{ máx.} = 2.24 (9.166 \text{ m}^3/\text{s}) = 20.534 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q \text{ máx.} = 21.00 \text{ m}^3/\text{s} \text{ a usar}$$

**Nota:**

*Cabe señalar que el curso de agua de la quebrada existente, donde se construirá el cajón pluvial, es de tipo intermitente.*



**Cuadro No. 5: Resumen de los cálculos hidrológicos**

Orden	Parámetro	Valor
<b>INFORMACIÓN DE LA CUENCA</b>		
1	Área	334.00 Ha
2	Perímetro	5,141.00 m
3	Longitud promedio	125,000 m
4	Ancho promedio	628.00 m
5	Desnivel total	113.00 m
6	Pendiente promedio	2.20%
7	Tiempo de concentración	688 mm/hora
8	Forma	De circular a ovalada
9	Tendencia de crecida	Alta
<b>INFORMACIÓN DEL CAUCE</b>		
1	Longitud del cauce	4,614.00 m
2	Longitud directa del cauce	3,701.00 m
3	Tipo de cauce en función de la sinuosidad	Transicional
<b>CAUDALES TR = 1:50 AÑOS</b>		
1	Método Racional	11.00 m <sup>3</sup> /s
2	Método Regional de Crecidas Máximas	21.00 m <sup>3</sup> /s

**Fuente:** Elaboración propia

## II - ESTUDIO HIDRÁULICO

## **1. Metodología a utilizar para determinar las dimensiones del cajón pluvial**

Para determinar las dimensiones del cajón pluvial simple se utilizará la siguiente metodología:

En vista que los caudales obtenidos para una lluvia con una recurrencia de 1:50 años, están en el orden de 11 a 21 m<sup>3</sup>/s, para determinar el ancho del cajón pluvial, se utilizará una celda del tamaño máximo de cajón pluvial típico adoptado por el MOP, conocido como 1,008. Es decir, 1.83. Por lo tanto,

1. Calcularemos la profundidad de flujo normal utilizando la ecuación de Manning para canales abiertos, con el caudal obtenido por el Método Racional para un período de retorno de 1:50 años.
2. Calcularemos la altura mínima del cajón pluvial, utilizando el parámetro de AASHTO. Es decir,  $Y_n/H \leq 0.80$ .
3. Calcularemos la profundidad de flujo normal utilizando la ecuación de Manning para canales abiertos, con el caudal obtenido por el Método Regional de Crecidas Máximas para un período de retorno de 1:50 años.
4. Calcularemos la altura mínima del cajón pluvial, utilizando el parámetro de AASHTO. Es decir,  $Y_n/H \leq 0.80$ .
5. De las alturas de cajón calculadas, tomaremos la mayor sólo Como referencia. Este valor lo verificamos con las alturas disponibles del cajón típico para un ancho de 1.83m. Es decir, 1.22m y 1.83m. De estas dos, tomaremos la mayor para que trabaje con un gálibo más holgado debido a que por este cajón no sólo pasará agua producto de la lluvia, sino también restos vegetales en suspensión debido a la condición de vegetación de la cuenca (ver fotos en el ANEXO).
6. Calcularemos las profundidades de flujo en las secciones naturales, antes y después del cajón pluvial.



## 2. Dimensionamiento del cajón pluvial simple de una celda

### 2.1 Utilizando el caudal obtenido utilizando el Método Racional:

Para el cálculo preliminar, tomaremos un ancho de 1.83 metros

$$Q = 11.00 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (ver cálculos en página 17)}$$

$$S = 0.0078 \text{ m/m (ver perfil longitudinal)}$$

$$A = 1.83 (Y_n)$$

$$P = 1.83 + 2 (Y_n)$$

Utilizando la ecuación de Manning para canales abiertos, tenemos:

$$11 = 1/0.013 (1.83 Y_n / 1.83 + 2 Y_n)^{2/3} \times (0.0078)^{1/2} \times (1.83 Y_n)$$

Como puede verse esta es una ecuación, cuya solución requiere de un programa de computadora para resolverlo. En este caso utilizaremos el programa de Newton Raphsom:

$$I = f(y)$$

**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 el valor de  $Y_n = 0.31 \text{ m}$

$$Y_n / H = 0.80 \text{ (AASHTO)}$$

$$H = 0.31 / 0.80 = 0.39 \text{ m}$$

$$H = 0.40 \text{ m a usar (altura mínima)}$$

$$v = Q/A$$

$$v = 11 / (1.83 \times 0.31) = 19.64 \text{ m/s}$$

### **Cálculo del Número de Froude:**

El número de Froude es un adimensional. La condición crítica de escorrentía corresponde al límite entre los regímenes fluvial y torrencial. De esta forma siempre que ocurren cambios en el régimen de escorrentía, la profundidad debe pasar por su valor crítico. Este pasaje sin embargo, puede ocurrir de forma gradual o brusca, de acuerdo con el régimen de escorrentía de montante y con la singularidad que provoca la variación. El cambio de régimen supercrítico hacia el subcrítico es observada, por ejemplo en cambios en la pendiente y en salidas de las compuertas. Mediante este número el flujo se clasifica en:

1. Subcrítico ( $F < 1$ ):

Este tipo de flujo es denominado flujo lento, el nivel efectivo del agua en una sección determinada está condicionado al nivel de la sección aguas abajo ( $Y_n > Y_c$ ).

2. Supercrítico ( $F > 1$ ):

Este tipo de flujo es denominado flujo rápido, el nivel del agua efectivo en una sección determinada está condicionado al nivel de la sección aguas arriba ( $Y_n < Y_c$ ).

3. Crítico ( $F = 1$ ):

Este tipo de flujo es denominado flujo crítico ( $Y_n = Y_c$ )

$$Fr = (Q^2 T / g A^3)^{1/2}$$

**En donde:**

Fr = Número de Froude

Q = Caudal en  $m^3 / s$

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

g = Aceleración debido a la gravedad ( $9.80 m/s^2$ )

A = Área de la sección transversal en  $m^2$

$$Fr = (11^2 \times 1.83 / 9.8 (1.83 \times 0.31)^3)^{1/2} = 14.7 > 1.00 (\text{Flujo supercrítico})$$

## 2.2 Utilizando el caudal obtenido utilizando el Método Regional de Crecidas Máximas:

Para el cálculo preliminar, tomaremos un ancho de 1.83 metros

$$Q = 11.00 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (ver cálculos en página 19)}$$

$$S = 0.0078 \text{ m/m} \text{ (ver perfil longitudinal)}$$

$$A = 1.83 (Y_n)$$

$$P = 1.83 + 2 (Y_n)$$

Utilizando la ecuación de Manning para canales abiertos, tenemos:

$$11 = 1/0.013 (1.83 Y_n / 1.83 + 2 Y_n)^{2/3} \times \sqrt{0.0078} \times (1.83 Y_n)$$

Resolviendo, obtenemos el valor de  $Y_n = 0.32 \text{ m}$

$$Y_n / H = 0.80 \text{ (AASHTO)}$$

$$H = 0.32 / 0.80 = 0.40 \text{ m}$$

$H = 0.40 \text{ m}$  a usar (altura mínima)

$$v = Q/A$$

$$v = 11 / (1.83 \times 0.40) = 15.06 \text{ m/s}$$

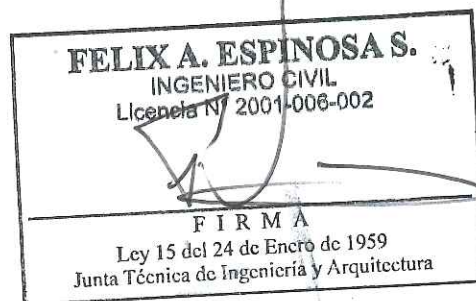
### Cálculo del Número de Froude:

$$Fr = (11^2 \times 1.83 / 9.8 (1.83 \times 0.40)^3)^{1/2} = 7.62 > 1.00 \text{ (Flujo supercrítico)}$$



**Nota:**

- En vista de que tenemos un cajon pluvial existente aguas arriba del cruce pluvial, utilizaremos para el cajón pluvial una altura de 1.83 m y construiremos un cabezal de acople ya que el cajon existente tiene dimensiones menores 1.30m x170, Esto nos permite tener un gálibo que varía de 0.31 m con una relación hidráulica  $Y_n/H$  de 16.94% (para el caudal obtenido utilizando el Método Racional) y 0.32 m con una relación hidráulica  $Y_n/H$  de 17.48% (para el caudal obtenido utilizando el Método Regional de Crecidas Máximas).
- Utilizar cajón pluvial simple de 1.83m x 1.83m (medidas internas) con pendiente longitudinal de 0.0078 m/m. Para detalles constructivos (espesores de pared, losas, refuerzo y barandas), ver Hoja 1008.
- En vista que el flujo dentro del cajón pluvial es supercrítico (flujo rápido), con la construcción de las aletas y el vertedero en la descarga, se disminuye la velocidad antes de entrar al suelo natural (ver detalle del vertedero o derramadero en la Hoja 1008).

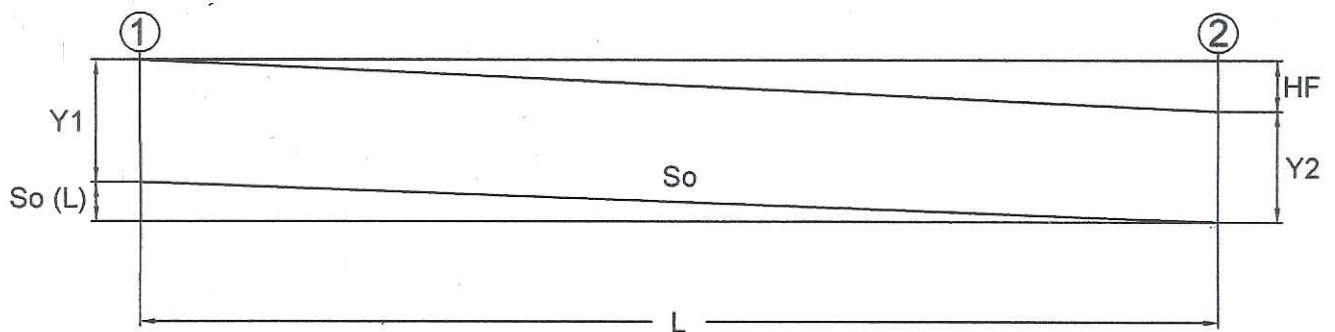


### 3. Cálculo de las profundidades de flujo aguas arriba y aguas abajo del cajón pluvial

#### 3.1 Tramo ubicado aguas arriba del cajón pluvial:

*Este tramo está afectado por el reflujo causado por el confinamiento del cauce. Por lo tanto, el cálculo hidráulico para determinar las profundidades de flujo se hará con la Ecuación de Energía de Bernoulli.*

#### Método de Energía de Bernoulli:



ESQUEMA PARA LA ECUACION DE ENERGIA

Si planteamos la ecuación de energía entre los puntos 1 y 2, resulta una ecuación general del tipo:

$$S(L) + Y1 = Y2 + HF$$

#### **Donde:**

$Y1$  = Profundidad de flujo en el punto 1

$Y2$  = Profundidad de flujo en el punto 2

$HF$  = Energía empleada en la obtención de energía de velocidad a la salida, más la pérdida por fricción y pérdidas a la entrada ( $h_v + h_f$ ).

$L$  = Longitud del tramo de cauce

$S$  = Pendiente de fondo del cauce

$$h_v = \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = \frac{2g n^2 L}{R^{4/3}} \frac{V^2}{2g}$$

$$H_F = \frac{V^2}{2g} + \frac{2g n^2 L}{R^{4/3}} \frac{V^2}{2g}$$

$$V = Q/A$$

$$R = A/P$$

$$S(L) + Y_1 = Y_2 + \frac{Q^2}{2g A^2} \left[ 1 + \frac{2g n^2 L}{(A/P)^{4/3}} \right]$$

$$S(L) + Y_1 = 0.32 + \frac{11^2}{2g A^2} \left[ 1 + \frac{2g (0.025)^2 (L)}{(A/P)^{4/3}} \right]$$

**Nota:**

*Ver resultados de los cálculos hidráulicos en el Cuadro No. 6*



**Cuadro No. 6: Cálculo de las profundidades de flujo aguas arriba del cajón pluvial**

Estación	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)	L (m)	S (m/m)	Y(m)	Caudal calculado (m <sup>3</sup> /s)
0K+000.000	31.367	21.447	29.93	0.0078	0.31	11.00
0K+065.000	12.322	14.180	0	0.0078	0.32	21.00

**Fuente:** Elaboración propia

$$S(L) + Y1 = 0.32 + \frac{11^2}{2g A^2} \left[ 1 + \frac{2g (0.025)^2 (L)}{(A/P)^{4/3}} \right]$$

Q = 11.00 m<sup>3</sup>/s (ver cálculos en página 17)

g = 9.80 m/s<sup>2</sup>

Y2 = 0.32m (profundidad de flujo dentro del cajón pluvial – ver cálculos en página 23)



### 3.2 Tramo ubicado aguas abajo del cajón pluvial:

Método de Manning:

$$Q = c / n R H^{2/3} S^{1/2} A$$

**En donde:**

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s

c = Coeficiente (para el sistema métrico el valor de c = 1.00)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (para canales sin revestimiento el valor de n = 0.025)

RH = Radio hidráulico en metros (Área / Perímetro mojado)

S = Pendiente longitudinal del cauce en m/m

A = Área de la sección transversal en m<sup>2</sup>

**Nota:**

*Ver resultados de los cálculos hidráulicos en el Cuadro No. 7*

**Cuadro No. 7: Cálculo de las profundidades de flujo aguas abajo del cajón pluvial**

Estación	Yn (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Pm (m)	S (m/m)	Caudal calculado (m <sup>3</sup> /s)
0K+155.00	0.27	19.366	14.180	0.0078	11.23
0K+158.52	0.55	22.819	25.111	0.0078	11.63
0K+173.00	1.55	21.297	20.955	0.0078	11.05
0K+188.00	0.73	20.541	19.853	0.0078	11.14

**Fuente:** Elaboración propia

$$Q = 1 / 0.025 \left( \frac{A}{P} \right)^{2/3} \times \sqrt{S} \times (A)$$

Q = 11.00 m<sup>3</sup>/s (obtenido de los cálculos hidrológicos)

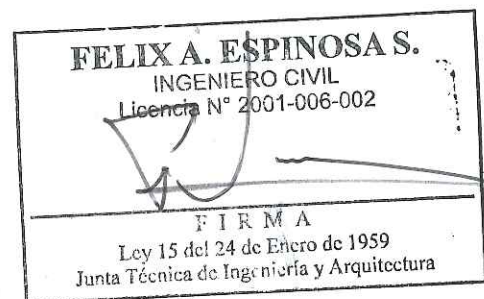




**Cuadro No. 8: Resumen del cálculo de las profundidades de flujo**

Estación	Elevación de fondo (m)	Y (m)	Nivel de Terraceria(m)	Factor de Seguridad(m)	NAME (m)	Observaciones
0K+000.00	101.00	0.32	-----	1.50	101.32	Inicio de Estudio ( cajón pluvial Existente)
0K+065.00	100.47	0.54	101.44	1.50	101.01	Fin cajón pluvial Exister
0K+076.60	99.62	0.54	101.41	1.50	100.16	Caja de Transicion
0K+080.00	99.42	1.03	101.78	1.50	100.45	Inicio del Cajon Pluvial Construir
0K+095.00	99.49	0.92	101.71	1.50	100.41	
0K+110.00	99.35	0.59	101.24	1.50	99.94	
0K+116.00	98.85	0.22	100.86	1.50	99.07	P.I. de 1.22m X 1.50m
0K+125.00	98.56	0.51	100.37	1.50	99.07	Centro de Cajon Pluvial
0K+140.00	98.08	0.91	100.29	1.50	98.99	
0K+155.00	98.35	0.27	99.92	1.50	98.62	Fin de Cajon Pluvial
0K+158.52	98.79	0.55	99.54	1.50	98.24	
0K+173.00	98.22	1.55	-----	1.50	99.77	
0K+188.00	97.86	0.73	-----	1.50	98.59	Fin de Estudio

**Fuente:** Elaboración propia



### III - ANEXO

#### **IV - CONTENIDO DE ANEXO**

1. Metodología para la clasificación de las cuencas hidrográficas / **ETESA**
2. Cuenca de la quebrada Custodia hasta El Cajon pluvial existente del proyecto / **IGNTG**
3. Mapa con las nueve (9) regiones hidrológicamente homogéneas / **ETESA**
4. Cuadros A1 y A2 / **ETESA**
5. Secciones transversales naturales con los niveles de crecida para TR= 1:50 años /  
**ELABORACIÓN PROPIA**
6. Fotos del área en estudio / **ELABORACIÓN PROPIA**
7. Planos finales / **ELABORACIÓN PROPIA**



# Subcuencas dentro de la Cuenca 115 "Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá"





Área de la subcuenca aledaña al proyecto, corregimiento de Chilibre

El proyecto se encuentra dentro de la Cuenca Hidrográfica (115) "Cuenca del Canal de Panamá", específicamente dentro de la subcuenca del Río Chilibre.

Dicha cuenca drena hacia la vertiente del Mar Caribe, posee una longitud de 125 km y tiene un área de 3,338 km<sup>2</sup>.

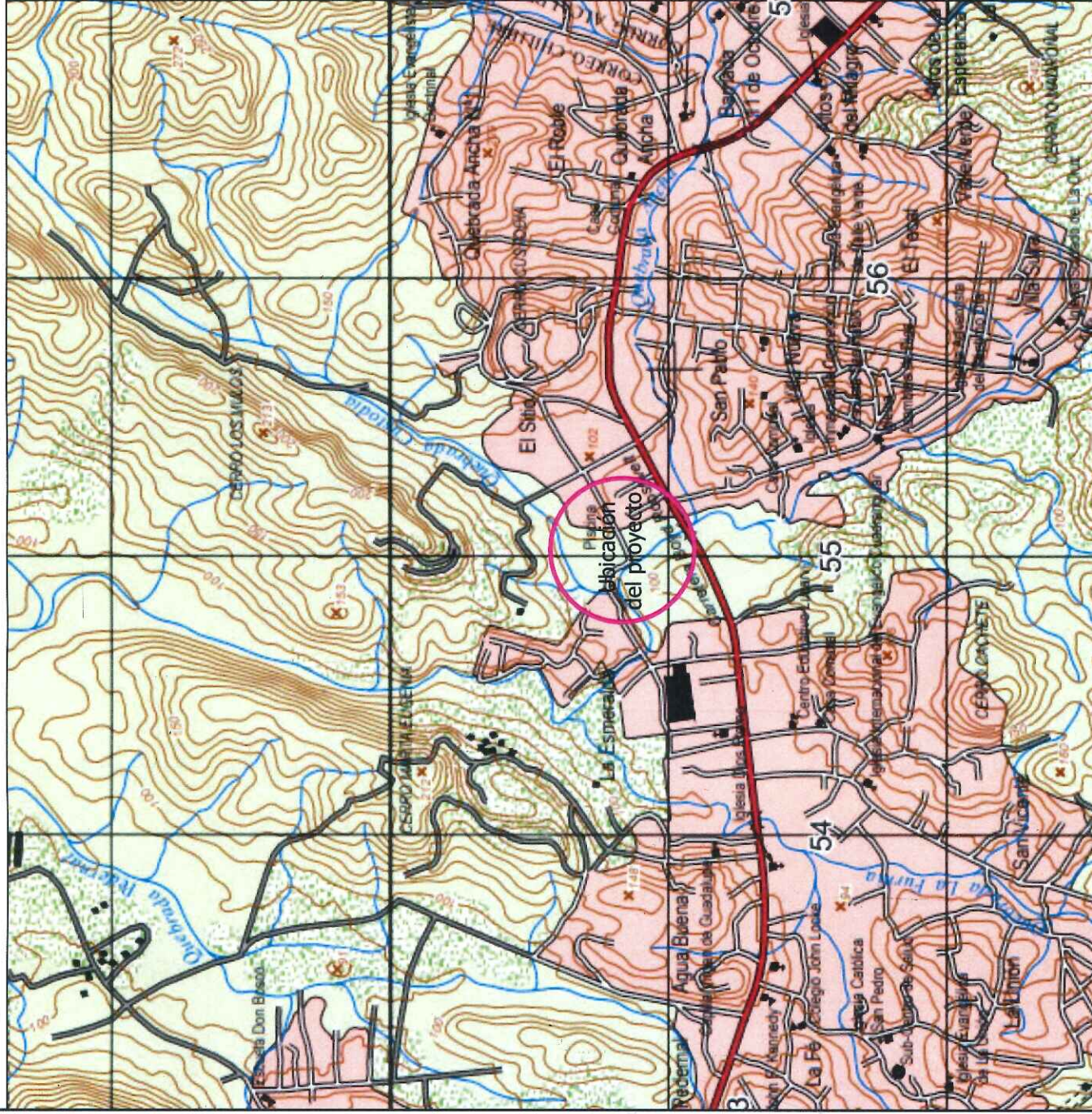
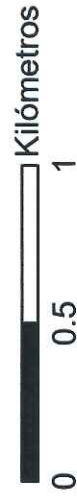
Aquí podemos encontrar el Río Chilibre, por el cual se le atribuye el nombre a esta subcuenca.

Además, hay quebradas importantes como:

- Quebrada Ancha
- Quebrada Custodia
- Quebrada Pedernal
- Quebrada La Fumina

Sistema de coordenadas UTM,  
Zona 17 Norte

Escala del mapa 1:25,000





**Cuadro A1: Ecuaciones para las 9 Regiones Hidrológicamente Homogéneas**

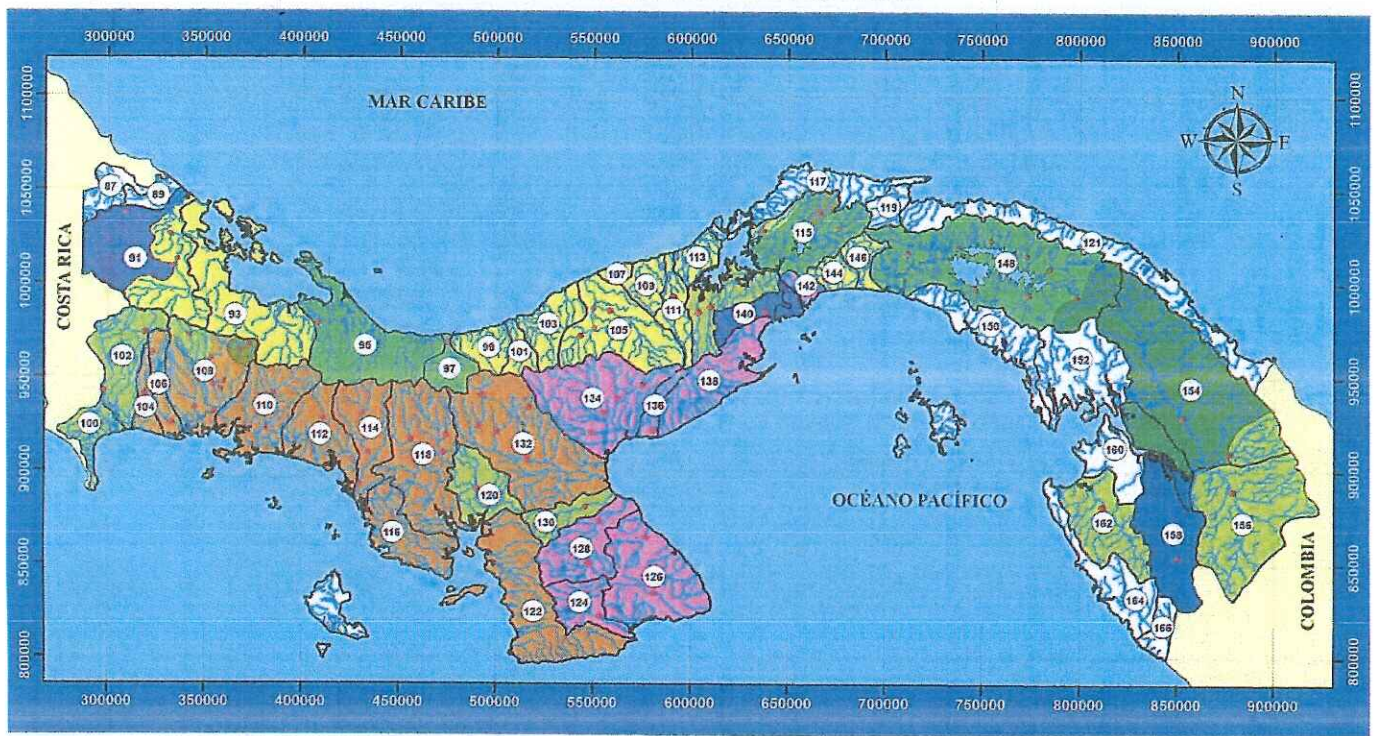
Zona	Número de ecuación	Ecuación	Distribución de frecuencia
1	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 1
2	1	$Q_{\text{máx}} = 34A^{0.59}$	Tabla # 3
3	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 1
4	2	$Q_{\text{máx}} = 25A^{0.59}$	Tabla # 4
5	3	$Q_{\text{máx}} = 14A^{0.59}$	Tabla # 1
6	3	$Q_{\text{máx}} =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

**Cuadro A2: Factores para diferentes períodos de retorno en años**

<i>Factores <math>Q_{\text{máx}}/Q_{\text{prom.máx}}</math> para distintos <math>Tr</math>.</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



**República de Panamá**  
**Regiones Hidrológicamente Homogéneas**



- |        |        |        |        |                          |              |
|--------|--------|--------|--------|--------------------------|--------------|
| Zona 1 | Zona 3 | Zona 5 | Zona 7 | Zona 9                   | Nº de Cuenca |
| Zona 2 | Zona 4 | Zona 6 | Zona 8 | Estaciones Limnigráficas | Fronteras    |

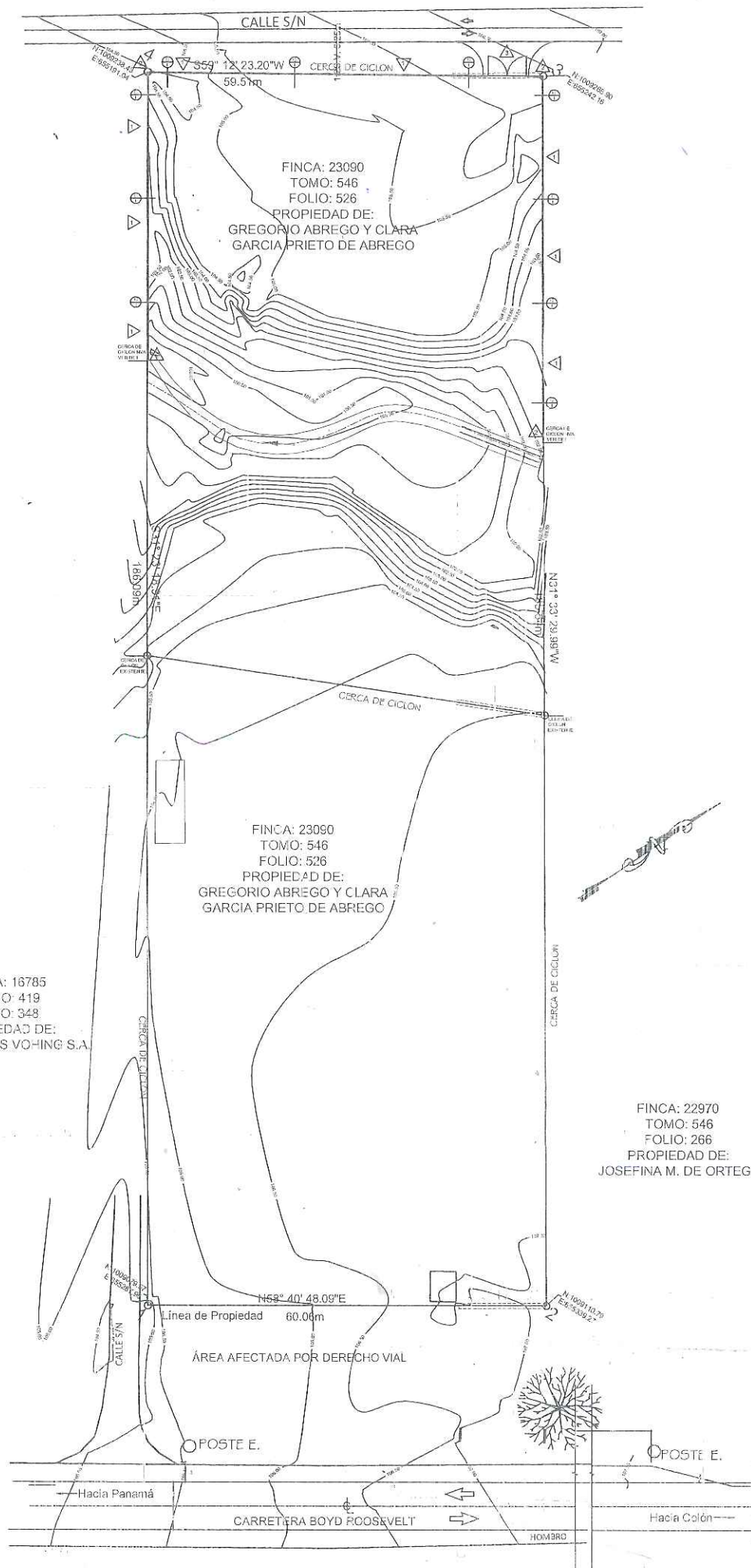
**SECCIONES TRANSVERSALES NATURALES CON LOS NIVELES DE  
CRECIDA PARA TR = 1:50 AÑOS**

FINCA: 16785  
TOMO: 419  
FOLIO: 348  
PROPIEDAD DE:  
INVERSIONES VOHING S.A.

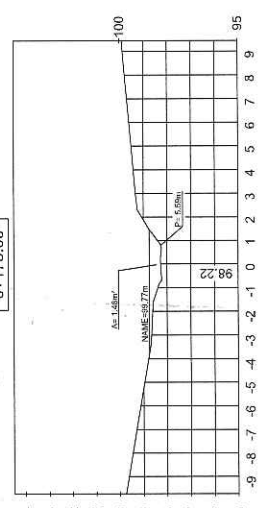
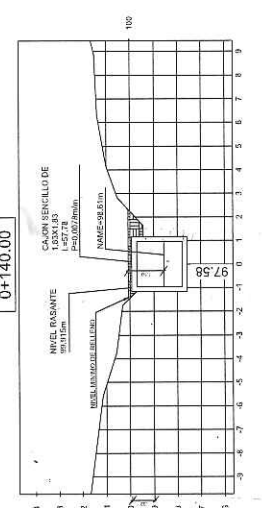
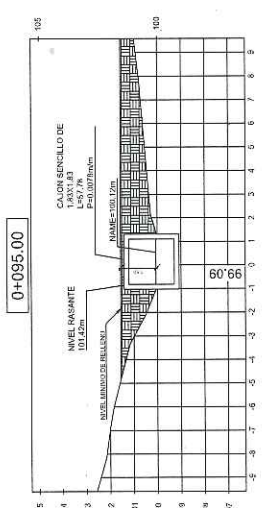
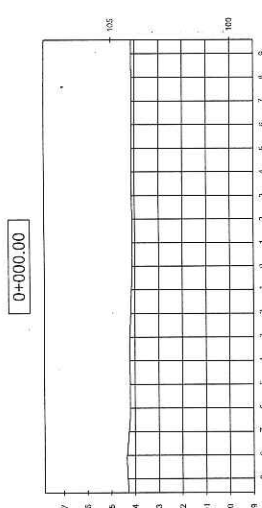
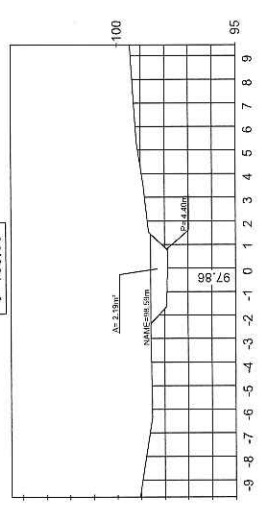
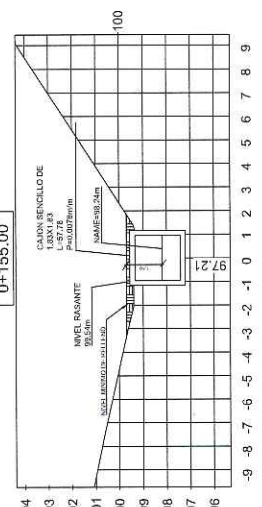
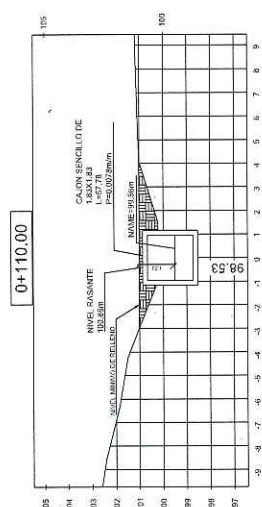
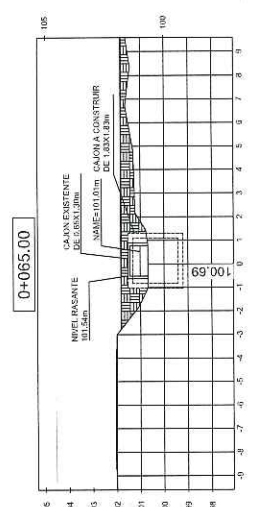
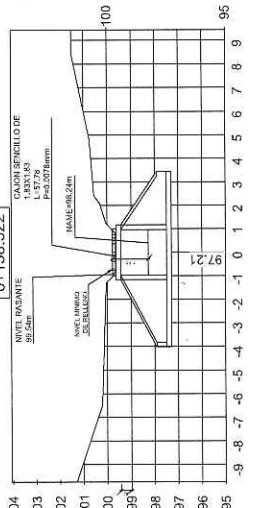
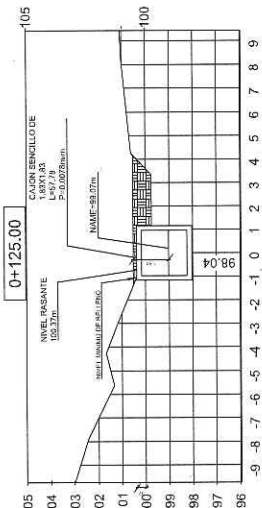
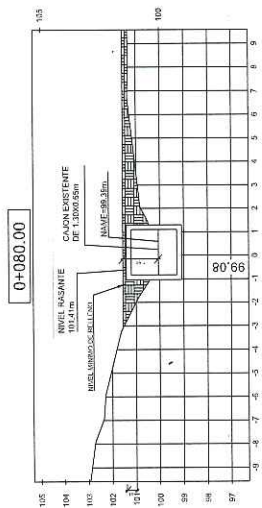
FINCA: 23090  
TOMO: 546  
FOLIO: 526  
PROPIEDAD DE:  
GREGORIO ABREGO Y CLARA  
GARCIA PRIETO DE ABREGO

FINCA: 23090  
TOMO: 546  
FOLIO: 526  
PROPIEDAD DE:  
GREGORIO ABREGO Y CLARA  
GARCIA PRIETO DE ABREGO

FINCA: 22970  
TOMO: 546  
FOLIO: 266  
PROPIEDAD DE:  
JOSEFINA M. DE ORTEGA







# SECCIONES TRANSVERSALES

125411.05



IMÁGENES DEL POLIGONO DE LA FINCA 23090 EN EL CORREGIMIENTO DE CHILIBRE





IMÁGENES DEL SITIO DONDE SE DEBERA CONSTRUIR EL CAJON PLUVIAL EN LA FINCA 23090 EN  
EL CORREGIMIENTO DE CHILIBRE

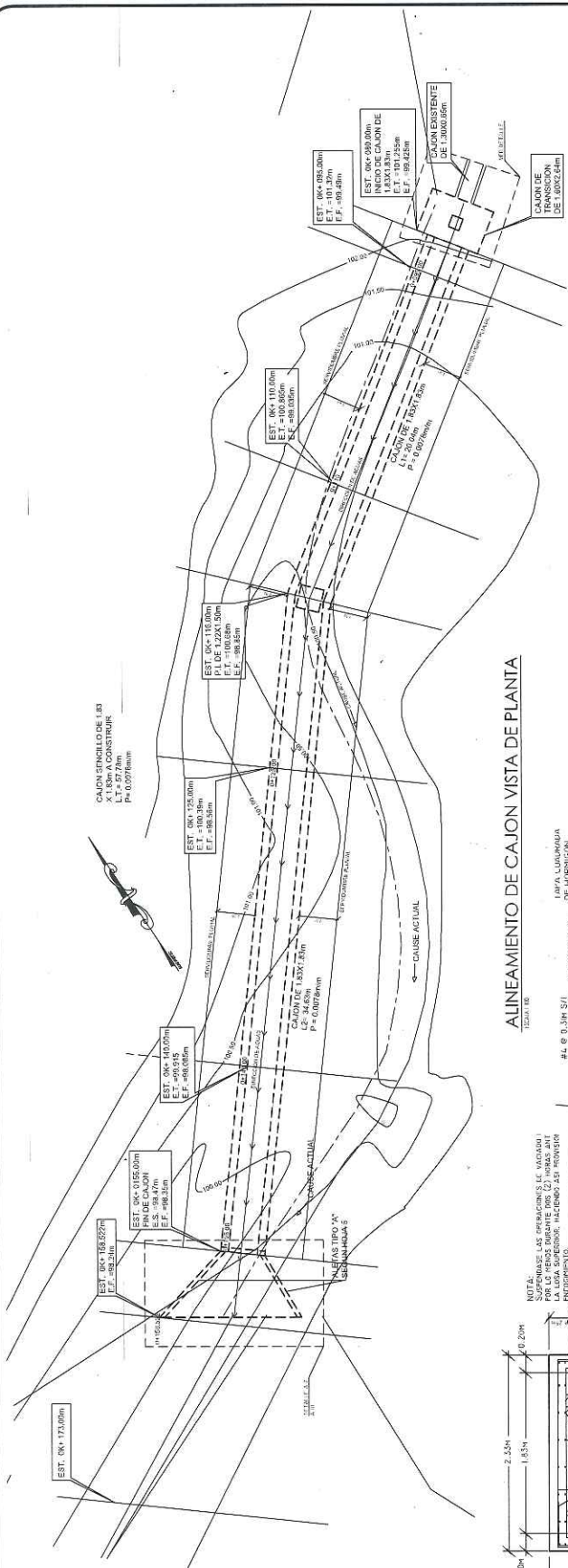




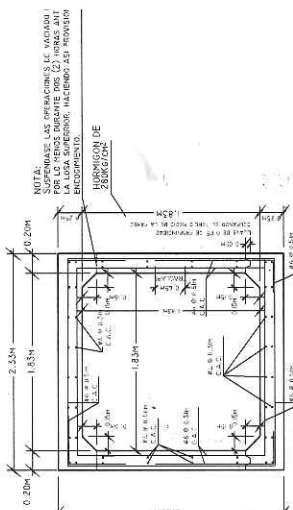
## PLANOS FINALES

TABLA DE DATOS			
ESTACION	DISTANCIA M	RUMBO	COORDENADAS
1 - 2	60.06m	N88° 40' 48.09"E	N. 1009079.57 E. 655287.96
2 - 3	185.54m	N31° 23' 29.98"W	N. 1009110.79 E. 65539.27
3 - 4	59.51m	S59° 12' 23.20"W	N. 1009268.90 E. 65542.96
4 - 1	186.09m	S31° 23' 18.91"E	N. 1009236.43 E. 655191.04
TOTAL		11107.66m <sup>2</sup>	



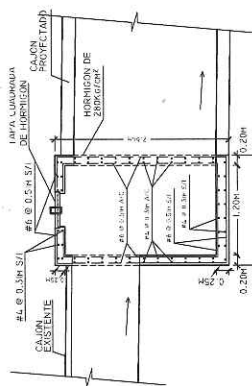


### ALINEAMIENTO DE CAJON VISTA DE PLANTA

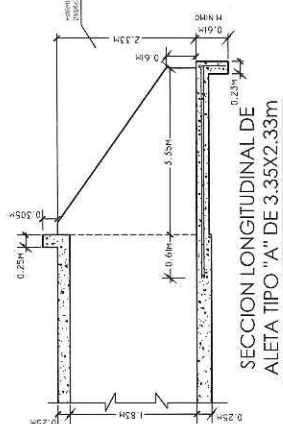


SECCION DE CAJON PLUVIAL DE 1.83 X 1.83m

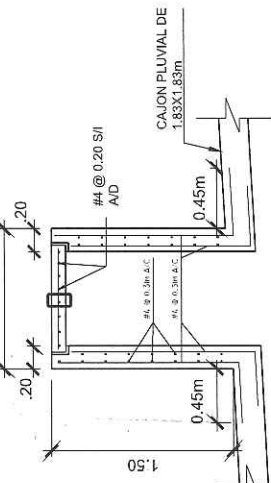
**NOTA:**  
LOS ESPESORES DE PARED Y LOSA, ASÍ COMO EL DETALLE DE REFUERZO FUE UTILIZADO DE LA HOJA 1,008 PARA EL CAJON PLUVIAL DE 1.83X1.83M PARA UN RELLENO DE 150M MINIMO.



SECCION TRANSVERSAL DE  
CAJON DE TRANSICION DE 1.60X2.64m

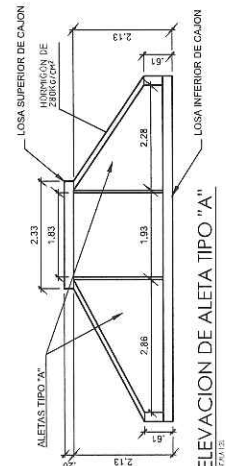


SECCION LONGITUDINAL DE  
ALETA TIPO "A" DE 3.35X2.33m



SECCION TRANSVERSAL  
DE CAJON P.I. DE 1.22X1.50m

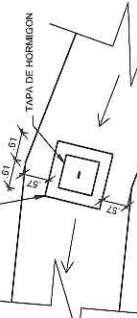
**NOTA:**  
LOS ESPESORES DE PARED Y LOSA,  
ASI COMO EL DETALLE DE REFUEZO  
FUE UTILIZADO DE LA HOJA 1,008  
PARA EL CAJON DE REGISTRO EN  
CAMBIO DE DIRECCION DE 1.22x1.50m  
PARA UN RELLENO DE 1.50m MINIMO.



ELEVACION DE ALTA TIPO "A"



PLANTA DE CAJON DE TRANSICION



PLANTA DE CAJON DE P.I. DE 1.22X1.50m

[illegible]







## **V - BIBLIOGRAFÍA**

1. Mosaicos topográficos / **Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia**
2. ETESA / **Departamento de Hidrometeorología**
3. Morfología de Cuencas Hidrográficas / **Universidad Politécnica de Valencia**
4. Sinuosidad de los cauces / **Nelsón José Suarez**
5. Manual de Requisitos de Revisión de Planos / **Ministerio de Obras Públicas**
6. Manual Del Ingeniero Civil – Tercera Edición / **Frederick S. Merritt**