JUSTIFICACION DE PAVIMENTACION PARA ACCESO AL HOSPITAL CENTRAL DE YALVE SANGA

REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS POR NIVELES DE SERVICIOS (C.Re.Ma.)

RUTA Nº 9 Y ACCESOS - ACCESO A HOSPITAL YALVE SANGA; LOTE 8

PROG. 0+000 a PROG. 5+500

LONGITUD: 5,5 KM

OCTUBRE 2021

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 3

1.1. INTRODUCCIÓN 3
1.2. OBJETO 3

2. ALCANCE DE LA PAVIMENTACION AL HOSPITAL CENTRAL DE YALVE SANGA..... 4

3. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CONSIDERADAS. 5

3.1. ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO _ YALVEN SANGA 5
3.1. ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS PROPUESTAS 5
3.2. ANÁLISIS DE CONDICIÓN DE APOYO 6
3.3. RESUMEN DE ESTRUCTURAS PROPUESTAS 7

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

La presente justificación referente a la necesidad de pavimentar el tramo entre la Ruta 9_Transchaco y Hospital Central ubicado en la comunidad de Yalve Sanga se da en el marco de las obras de rehabilitación y mantenimiento del Tramo 4 - Lote 8 de la Ruta PY09 y Accesos del llamado MOPC ID Nº 368.798 *"LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL DE EMPRESAS CONSTUCTORAS PARA OBRAS DE HABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA RUTA Nº 9 Y ACCESOS, TRAMO 4: LOTE 8. ACCESOS A LAS LOCALIDADES DE LOMA PLATA, FILADELFIA, NEULAND Y LINEA 1"*. Específicamente, se desarrolla la propuesta de pavimentación a ejecutar en el subtramo denominado Acceso al Hospital Central Yalve Sanga, desde el km 0 hasta el km 5,5, ubicado en el Chaco Central. Referencialmente se muestra su ubicación respecto con su intersección con la Ruta PY09 en el km 428.

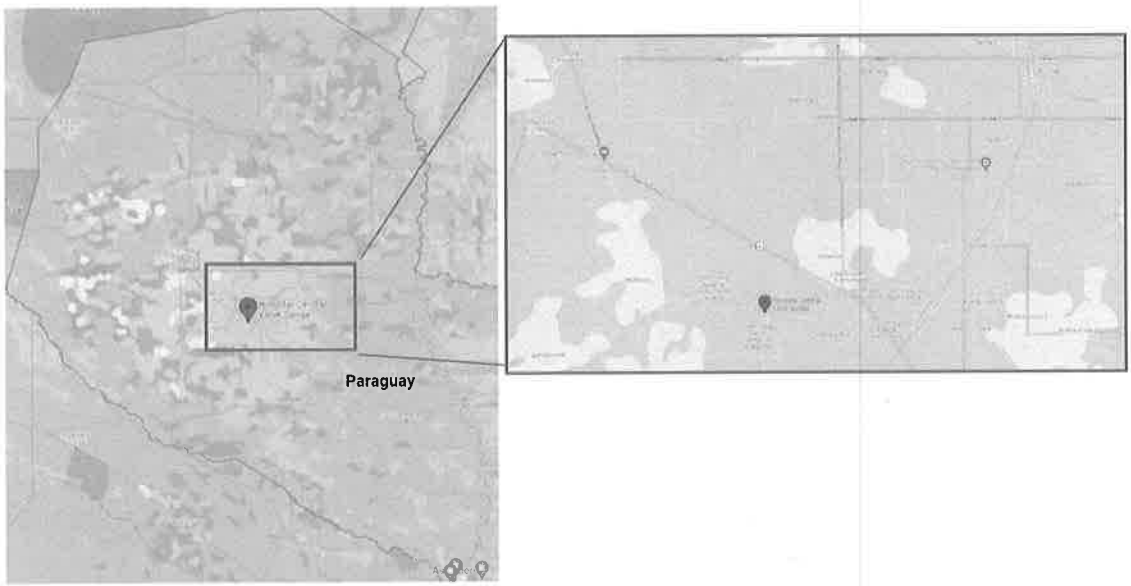


Figura 1 – Ubicación referencial del Hospital Central de Yalve Sanga respecto a la Ruta 9.

El pedido de pavimentación fue instruido por el MOPC mediante ORDEN DE SERVICIO remitida en Nota UEP BID DV Nº1058/2021 de fecha 09/09/2021.

1.2. OBJETO

Esta Contratista presenta la justificación para la ejecución de obras de pavimentación según lo requerido en la ORDEN DE EJECUCION según la nota presentada por UEP BID – DV y que serán incluido en el Convenio Modificatorio una vez aprobada. La propuesta de pavimentación incluye las estructuras de pavimento, cantidades, documentación gráfica y justificación técnica para consideración de la Fiscalización y del MOPC.

Ing. Ezequiel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

2. ALCANCE DE LA PAVIMENTACION AL HOSPITAL CENTRAL DE YALVE SANGA

La estructura de pavimento propuesta pretende cubrir los requerimientos mínimos para una pavimentación según la Normativa Técnica vigente, Manual de Carreteras del Paraguay y a su vez reconocer las condiciones de implantación y materiales según los tramos vecinos.

Se realiza esta aclaración considerando el tramo de Acceso al Hospital Central de Yalve Sanga debe ser abordaje social, a diferencia de los otros tramos que son considerados para un transporte productivo o paso de camiones como dimensionante del pavimento. Este tramo pretende cubrir la necesidad o servicio de camino de todo tiempo, brindando transitabilidad y accesibilidad permanente principalmente al Hospital, por lo que la justificación espesores y materiales considera únicamente los requerimientos mínimos exigidos en el manual y contexto de implantación, no siendo necesario conteo de cargas o determinación de ejes equivalente. Respecto a los espesores mínimo de pavimentación se presenta parte de lo mencionado por el Manual de Carreteras del Paraguay 2019_Pagina 488 Unidad 3. Adoptando 5 cm en Carpeta y 15 cm en la Base granular.

Tabla 3.2_14. LIMITACIONES A LOS ESPESORES DE LAS CAPAS ESTRUCTURALES

CAPA	Espesor (mm)
Cada capa asfáltica individual, mín.	50 (*)
Capa granular no tratada, mín.	15

(*) Para las capas con mezclas convencionales dependiendo del clima y condiciones de la zona el espesor podrá ser 10 mm menor al indicado en la Tabla.

Figura 2 – Espesores mínimos considerados según MCPy 2019.

Para la propuesta se han tenido en cuenta subtramos y correspondencia con las condiciones de implantación dado que el camino de tierra existente dispone de ancho suficiente y sectores con alteo aceptables respecto al tipo de material. Los subtramos son los siguientes:

Tabla 1: Subtramos considerado en Acceso a Hospital Central de Yalve SAnga

PAVIMENTACIÓN ACCESO AL HOSPITAL CENTRAL DE YALVE SANGA			5,5km
Inicio	**Fin**	**Longitud (m)**	**Consideración**
0+000	3+500	3.500	con necesidad de altero de terraplén en aproximadamente 40 cm
3+500	5+500	2.000	sector semiurbano y urbano dentro de la comunidad condición con material existente apto para estabilizar, no pudiéndose alterar la rasante y suelos existente para apoyo de CRB ≥ 10%

La subtramificación obedece a condiciones actual del camino existente, así como consideraciones de del sector urbano en la cual no se puede alterar la rasante o modificar las condiciones de escurrimiento superficial y lateral de aguas.

Jose Fiacchi Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

3. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO CONSIDERADAS.

3.1. Estructuras de pavimento _ YALVEN SANGA

Atendiendo que la estructura de pavimento propuesta el cual debe cumplir con los requerimientos mínimos del Manual de Carreteras del Paraguay Versión 2019, se hace muestra el siguiente análisis:

3.1. Análisis de Estructuras Propuestas

a. Paquete en Zona Rural (km 0 al km 3,5)

A continuación, se asignan capas y aportes estructurales de las capas de pavimento para obtener el Numero Estructural de la estructura para la zona rural:

ESTRUCTURA PROPUESTA	CALZADA (Tramo 0+000 al 3+500)			
Capas		Espesor (cm)	Coef. de Aporte	Aporte
5 [redacted]	Carpeta Asfaltica	5	0,170	0,85
15	Base Granular CBR≥100%	15	0,055	0,82
18	Suelo Cemento 20kg/cm2	18	0,051	0,92
Subrasante CBR 10%	cm Total:	38	SN = 2,60	
APOYO 8.000 psi --> CBR ≥ = 6% (combinacion de CBR 10 % y 3%)				

Figura 3 – Estructura de pavimento de licitación en zona urbana de la 0+000 a 3+500 con su aporte estructural por capa.

b. Paquete en Zona Urbana (km 3,5 al km 5,5)

ESTRUCTURA ACTUAL	CALZADA (Tramo3+500 al 5+500)			
Capas		Espesor (cm)	Coef. de Aporte	Aporte
5 [redacted]	Carpeta Asfaltica	5	0,170	0,85
15	Base Granular CBR≥100%	15	0,055	0,82
16	Suelo Cemento 20kg/cm2	16	0,051	0,82
Subrasante	cm Total:	36	SN = 2,49	
APOYO 8.000 psi --> CBR ≥ = 6% (combinacion de CBR 10 % y 3%)				

Figura 4 – Estructura de pavimento de licitación en zona urbana de la 3+500 a 5+500 con su aporte estructural por capa..

El valor de SN obtenido debe considerar las condiciones de apoyo o fundación, el cual se da la combinación un suelo de suelo CBR 10% y un suelo CBR 3%, siendo ambos insumos introducidos en la metodología AASHTO para obtener el número de Ejes Equivalentes que se muestra a continuación:

Ing. Ezequiel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

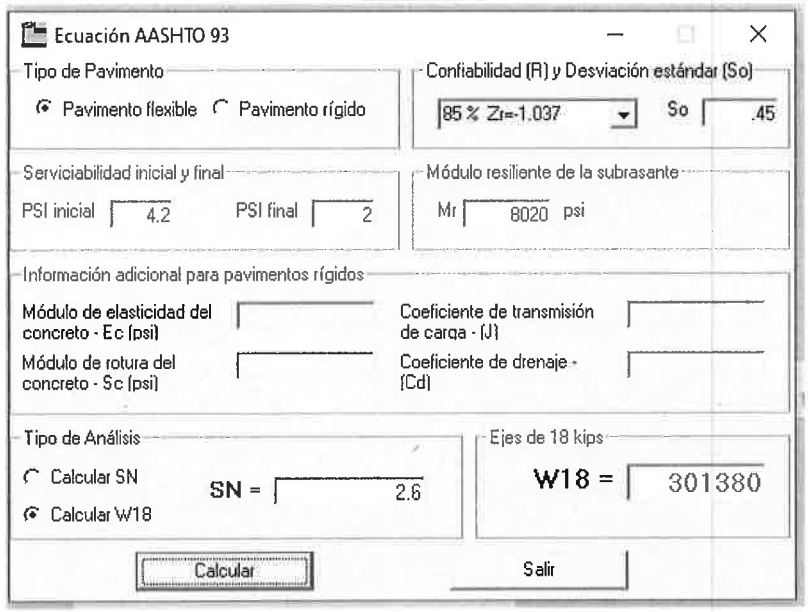


Figura 5 – – Calculo de EEq (W18) en zona urbana según estructura de licitación.

Si bien se omite el cálculo verificación capa por capa (no considerado en el referencial), los valores obtenidos de EEq 300.000 ejes equivalentes se obtiene para definir la vida de diseño prevista para el pavimento. Se debe considerar además que el tramo rural si bien tendrá mayor cantidad de camiones a diferencia del tramo urbano con mayor presencia de vehículos livianos, el dimensionamiento obedece a un pavimento con espesores mínimo instruidos por la Normativa. Bajo estas consideraciones se realizan las propuestas de estructura de pavimento, cuyos espesores se muestran en la Figura 3(rural) y 4(urbano) y con mayores detalles se muestran en la documentación gráfica, específicamente en las secciones tipo.

3.2. Análisis de Condición de Apoyo

Los cálculos y verificación se muestran a continuación.

Calculo del apoyo de las estructuras

Para el apoyo se ha estimado los valores de Mr (módulo de la subrasante) del apoyo de dos capas de suelo, una con CBR 10% obtenidos de muestras de campo por la contratista y a modo conservador se considera que la misma apoya sobre un suelo de CBR 3%, estas consideraciones mencionadas en los cuadros anteriores se obtuvieron de las recomendaciones del Manual de Carreteras según los siguientes cálculos. Los resultados de CBR se muestran en el Anexo a este documento.

Para el apoyo de la estructura propuesta se muestra el cálculo:

SITUACIÓN DE APOYO					
Capa	Espesor	CBR (%)	Módulo (MPa)	Relación 1/F	Módulo Combinado (MPa)
Apoyo s/Laboratorio Rovella=CBR10_76MPa	0,30	10,0	76,8	0,627	56,6
Terraplén	-	3,0	35,5		

Donde 56,6 MPa equivalen a aproximadamente 8.020 psi.

Ing. Manuel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

Específicamente la ecuación utilizada para la determinación del módulo combinado es la siguiente:

$$M_{Rd} = F \cdot MR_0$$

Ecuación 2 – Módulo Resiliente de Subrasante

$$1/F = \frac{0.125}{\left[0.0156 + h^2\left(\frac{M_{R1}}{M_{R0}}\right)^{2/3}\right]^{1/2}}\left(1 - \frac{M_{R0}}{M_{R1}}\right) + \frac{M_{R0}}{M_{R1}}$$

Ecuación 3 – Factor "F"

Donde:

M_{Rd} = módulo resiliente de diseño (MPa)

F = factor "F"

M_{R0} = módulo resiliente de la subrasante o capa de orden 0 (Mpa)

M_{R1} = módulo resiliente de la capa de orden 1

H = espesor de la capa de orden 1 (m)

Figura 6 – Ecuación para determinación del Módulo de la condición de apoyo de estructuras pavimentos propuestas.

Respecto a la condición de apoyo, el equipo de laboratorio de la contratista ha muestreado y ensayado suelo del camino existe, obteniéndose valores de capacidad soporte mayores a 10%, pero a objeto de cálculo se considera 10%. De igual manera, en los sondeos realizados en material muestreado se encontraba en camada de al menos 20 a 30 cm, siendo esto combinado con un suelo regular a malo como condición de fundación. Es sabido que en la parte rural se realizara alteo de terraplén en alturas variables, en promedio 40 cm, y en la zona rural un alteo promedio de 20 cm. Ambos comentarios son favorables para la estructura de pavimento a construir.

El resumen de valores, clasificación y capacidad soporte se muestra en el siguiente cuadro:

METRICA INGENIERÍA

Fecha: 18-09-2021

Resumen	
A-4	100,0%
Total:	100,0%

Obra: Acceso a Hospital Central Yalvezanga - Longitud: 5,5 km

Planilla de Resumen Ensayos de Laboratorio

Descripción	Ubicación	Lado	Pasante Tamiz 200 (%)	L.L.	L.P.	I.P.	I.G.	Clasif.	Proctor		CBR_12 golpes (%)	CBR_25 golpes (%)	CBR_56 golpes (%)
									Dens. Sec Máx. (gr/cm³)	Hum. Opt. (%)			
Suelo Existente zona urbana	0+000	Ascendente	55,10 %	20,1	13,3	6,8	4	A-4	1.908	11,79	6,7	13,4	21,5
A 100 m del eje	2+300	Descendente	60,30 %	22,1	13,3	8,8	5	A-4	1.836	13,38	5,8	12,2	18,8

Figura 7 – Resumen de Ensayos de Laboratorio _Material Suelo

En el anexo Planillas de laboratorio se muestran los detalles de los ensayos.

3.3. Resumen de Estructuras propuestas

En la siguiente tabla se muestran un resumen da las estructuras de pavimentos propuestas. Las mismas se muestran en detalle en lo referente a geometría en la documentación gráfica anexo a este informe.

Ing. Raquel Rastar
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

ROVELLA

PROPUESTA DE PAVIMENTACION
TRAMO ACCESO AL HOSPITAL CENTRAL YALVE SANGA; LOTE 8

Estructuras de Pavimento de Acceso al Hospital Yalve Sanga

Tramo 0+000 al 3+500

Paquete Estructural	Espesor (cm)
Carpeta de concreto asfaltico con polímeros	5
Base Granular Estabilizada CBR ≥100%	15
SubBase de Suelo Cemento_ 20 kg/cm2	18
Terraplén a ejecutar_CBR 10%	20-40

Tramo 3+500 al 5+500

Paquete Estructural	Espesor (cm)
Carpeta de concreto asfaltico con polímeros	5
Base Granular Estabilizada CBR ≥100%	15
SubBase de Suelo Cemento_ 20 kg/cm2	16
Terraplén a ejecutar_CBR 10%	20

Figura 8 – Resumen de Paquetes estructurales para los subtramos de 5,5km en Yalven Sanga.

Ing. Eduardo Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

Acceso a Hospital – Comunidad Yalve Sanga

Loma Plata, Boquerón

Informe Final

Noviembre 2021

Ing. MSc. Alberto Grissetti

Registro Profesional M.O.P.C. N° 2224

Contenido

1 INTRODUCCIÓN. 2
1.1 Consideraciones de diseño. 2
2 METODOLOGÍA EMPLEADA 2
3 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA ESTUDIADA Y DELIMITACIÓN DE CUENCAS 5
3.1 Cálculo de la Infiltración 9
4 CÁLCULO DE CAUDALES 11
4.1 Hidrograma Unitario Triangular de la SCS. 12
4.2 Tiempo de Concentración. 15
4.3 Tiempo de Retorno y Precipitación de Diseño. 16
4.4 Caudales por subcuencas. 19
5 DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS 20
5.1 Alcantarillas Propuestas 22
6 Verificación de Caudales con Hy8 23
7 ANEXOS 24
7.1 Cálculo de caudales 24
7.2 Verificación con Hy8 26

Ing. Raphael Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

1 INTRODUCCIÓN.

Este estudio tiene como objetivo la revisión de las condiciones de drenaje del trazado y el dimensionamiento de las obras que se requieran conforme a los cálculos determinados.

El estudio se realizó siguiendo los criterios y recomendaciones del Manual de Carreteras del Paraguay (MCP - MOPC, 2011, y su actualización del 2019). Como también los criterios definidos en el Manual de Drenagem de Rodovias, DNIT (2006).

1.1 Consideraciones de diseño.

Las consideraciones de diseño a ser utilizadas en el presente estudio son:

Determinación de las posibles áreas o zonas de aporte, denominadas cuencas, utilizando técnicas de generación de lluvias sintéticas, y de transformación de lluvia-caudal, obtención de los caudales puntuales máximos, y/o los hidrogramas de crecida del área de aporte, según el requerimiento de cada cuenca. A partir de un procesamiento previo de determinación de las variables y parámetros fisiográficos del área de aporte, y de las lluvias de diseño con la desagregación de las mismas, así también, la determinación y adopción de los diferentes tiempos de recurrencia, establecidos en el Manual de Carreteras del Paraguay.

Los valores de caudales obtenidos, se utilizaron para verificación de las obras de desagüe transversal (ODT) a incorporar al proyecto y construcción en andamiento. La metodología de verificación y de distribución de los caudales calculados, depende de varios factores que tienen en cuenta, la pendiente longitudinal de la vía en estudio, y la ocurrencia o existencia de cauces definidos en la zona, los cuales hacen prevalecer los escurrimientos encauzados sobre los escurrimientos laminares, que es característico de estas zonas de llanuras.

La verificación hidráulica de cada alcantarilla se realiza aplicando la ecuación de Manning, bajo diferentes condiciones de funcionamiento, tal como está explicada en el MCP-2011 o en el MCP-2019. Cuando la alcantarilla entra en carga en la entrada para funcionar, o cuando es solicitada de dicha forma, y también cuando la misma es considerada funcionando como canal, bajo condiciones de muy bajas pendientes de operación. El resultado de todo lo expuesto, dará una tabla de ODTs con sus dimensiones y requerimientos hidráulicos.

2 METODOLOGÍA EMPLEADA

Para la verificación de las obras de proyecto se realizaron trabajos en donde se presta particular atención a la geomorfología del terreno, estado de las obras, rastros de socavación o colmatación, inundación, etc. Se describe brevemente los datos y actividades desarrolladas.

Ing. Raguiel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfiari
Representante Legal

Datos utilizados.

- Relevamiento de obras en terreno
- Cartografía base y datos básicos
- Modelo Digital de Elevación (DEM), del ALOS PALSAR, de origen japonés con resolución espacial de 12.50m x 12.50m.
- Curvas de nivel de las ortofotocartas, cada 10m. Escala 1:25000
- Imágenes satelitales de Google Earth georreferenciadas.
- Curva IDF desarrollada por la Facultad de Ingeniería de la UNA / DINAC y actualizada al año 2009 por Cuevas-Rolón, para la selección de la intensidad de precipitación.
- Clasificación de Uso y Tipo de Suelo. Tipo de suelo determinado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Y el Mapa de tipo de Suelo del Climate Change Initiave (Iniciativa de Cambio Climàtico) de la European Space Agency (Agencia Espacial Europea).

Actividades Realizadas;

- Preparación de la cartografía base del área de estudio.
- Delimitación de cuencas, a partir del DEM superpuesto con curvas de nivel cada 10 m y verificadas con ortofotocartas y visitas a campo. Determinación de parámetros fisiográficos (superficie, pendientes por segmentos de tramo, coeficientes de forma, etc.)
- Definición del uso y tipo de suelo: Los mapas de uso de suelo se elaboraron en base a información digital disponible, citado anteriormente. El tipo de suelo fue asociado a su capacidad de drenaje.
- Cálculo del tiempo de concentración y definición de la precipitación de diseño.
- Cálculo de caudales para TR 50 para alcantarillas y puentes por el Método de Hidrograma Unitario Triangular.
- Dimensionamiento hidráulico de las alcantarillas en el programa HY8, desarrollado por la US FHWA, verificando caudal máximo, velocidad máxima, relación y/D dentro del rango admisible.

A continuación, se detalla el proceso del método de transformación de precipitación – caudal utilizado para este estudio.

Ing. Ezequiel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

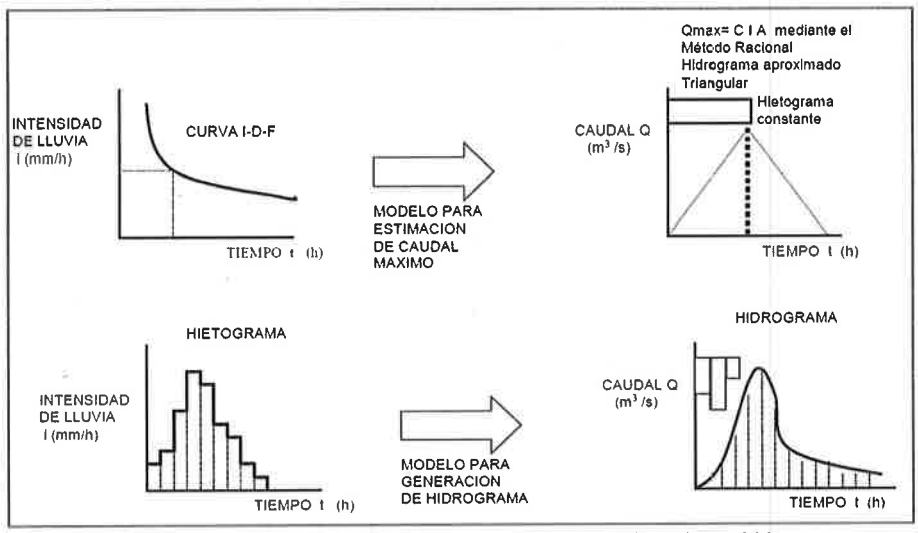


Figura: 1. Modelos lluvia – Caudal, para generación de caudal máximo e hidrogramas.

Los softwares específicos para el trabajo con imágenes satelitales es el Q-gis y en algunos casos el Arc-GIS. Para la determinación del HUT – hidrograma unitario triangular - se utilizó una planilla de elaboración propia, mediante la cual se pueden dar diferentes tipos de condicionamiento al cálculo hidrológico y al resultado del mismo.

La misma tiene diferentes capacidades para calcular mediante diferentes fórmulas del Tc – tiempo de concentración—y adoptar la que mejor es aplicable a la zona en estudio, el Chaco Central de la Región Occidental del Paraguay. Además de ello, esta planilla permite definir y elegir un factor de corrección de pico o PRF, por sus siglas en inglés, el cual es un factor que corrige o atenúa más allá de los cálculos originales con que fueron concebidas las fórmulas generales que se utilizan normalmente para calcular y generar un HUT.

Se explica la fórmula del Tc utilizada, la misma, no figura en el MCP-2011-2019, es una formula desarrollada en Canadá mediante estudios de diferentes cuencas y que poseen una alta calibración de la misma, el tiempo que se obtiene con ellas es superior a las demás fórmulas de Tc. A excepción de la Fórmula del T LAG desarrollada por USSCS, que de aplicarse la misma, debe ser corregida para obtener el Tc correspondiente. El concepto es diferente a la interpretación del Tc de cálculo.

Con relación a la recurrencia (TR) o tiempo de recurrencia, estos están tabulados, en los MCP-2011-2019-y son de aplicación normal en Paraguay, según el criterio de aplicación del Hidrólogo.

Ing. Reginal Ramos
Representante Legal

Salvador Oscar Giulino Alfieri
Representante Legal

3 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA ESTUDIADA Y DELIMITACIÓN DE CUENCAS

Ubicación del proyecto: La zona de estudio se encuentra en el distrito de Loma Plata del departamento de Boquerón en la Región Occidental (figura 2).

Coordenadas de Inicio del tramo, PK 0+000.

- X: 203,975.212 m E.
- Y: 7,502,713.060 m S

Coordenadas de Fin del tramo PK 6+020.

- X: 202,668.719 m E
- Y: 7,497,975.929 m S

Datum: UTM ZONA 21 K - SUR, WGS 84

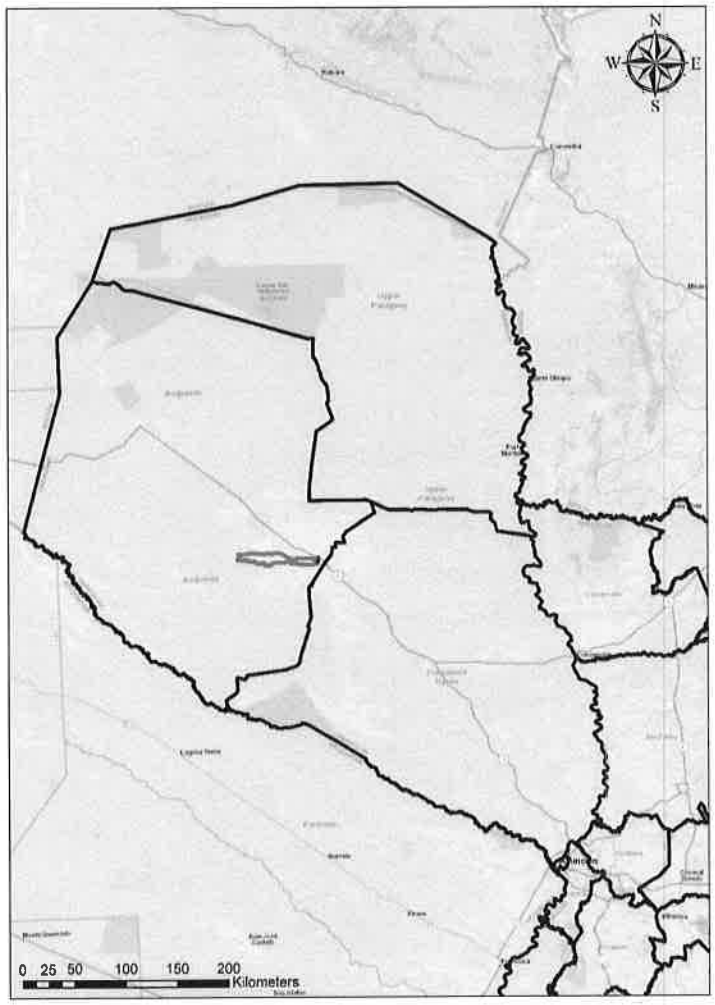


Figura: 2. Ubicación del proyecto.

Ing. Miguel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

Características del terreno:

La cuenca forma parte del Chaco húmedo, que se diferencia del resto del Chaco por su mayor pluviosidad, lo que genera mayor cantidad de cursos fluviales y humedales, por lo tanto, una flora y fauna distinta a la de otras regiones chaqueñas más secas.

Pendiente media en la zona de estudio: 0.035 % (0.00035 m/m = 35 cm/KM).

Delimitación de cuencas:

En primer lugar, se procede a la delimitación de la cuenca. Para ello, a partir del Modelo de Elevación (DEM) se han generado curvas de nivel con una equidistancia de 10 m que servirán como base para el geoprocesamiento.

Una vez determinadas las cuencas han sido verificadas con las curvas de nivel de las Ortofotocartas y modificadas en caso de ser necesario.

En la siguiente figura se muestra las subcuencas delimitadas en color rojo y los cauces en color azul. La gama de colores representa el desnivel en el terreno según el modelo de elevación utilizado para este estudio.

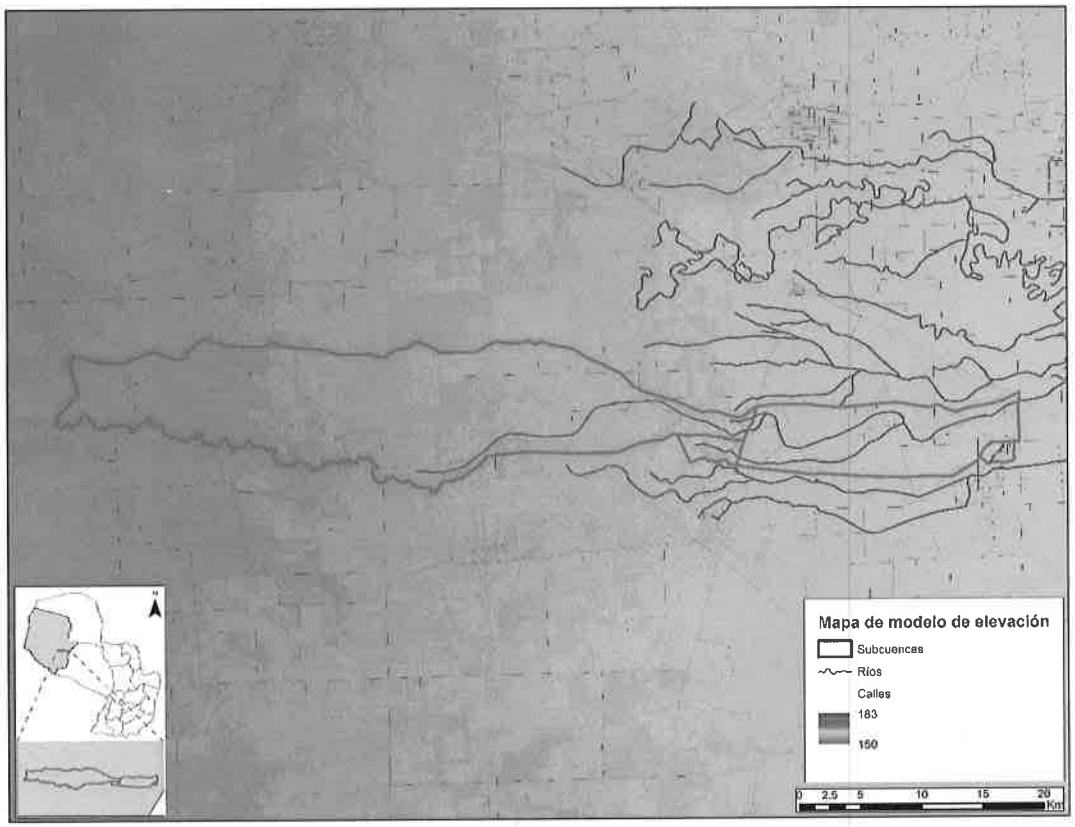


Figura: 2. Cuencas delimitadas y Modelo Digital de Elevación-DEM.

Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

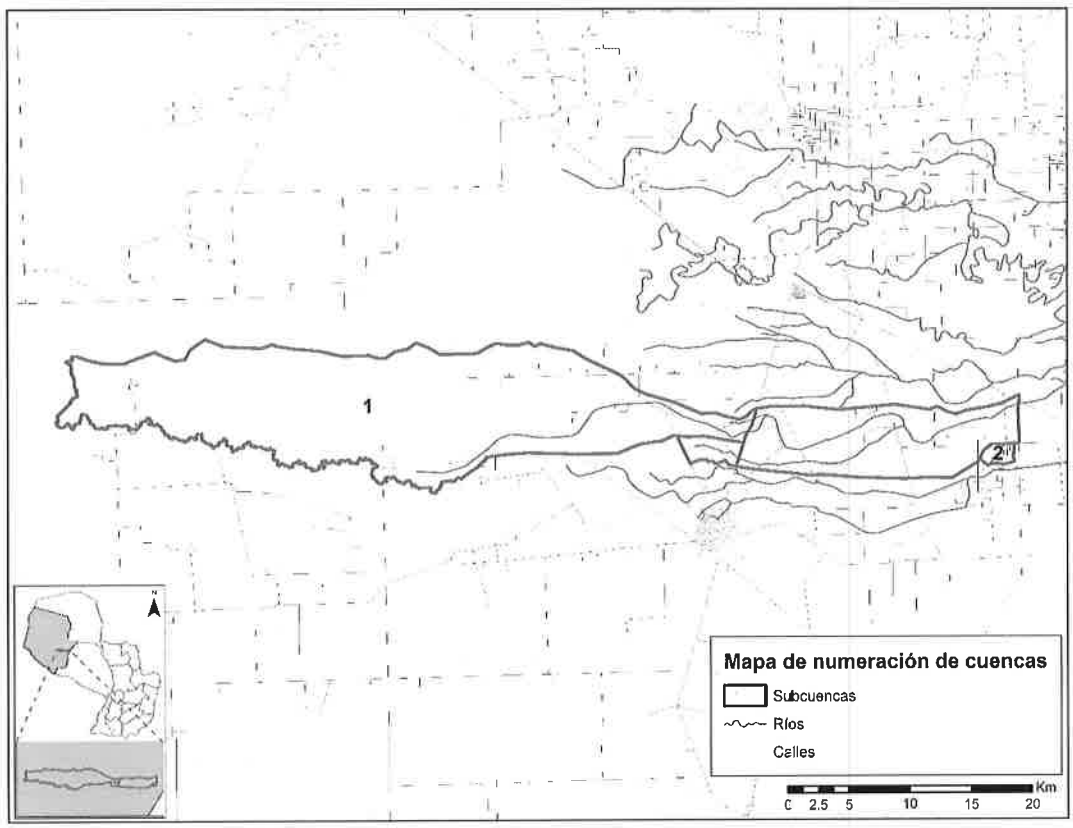


Figura: 3. Cuencas delimitadas y flujo superficial

En el caso de humedales y esteros no se realiza una delimitación convencional ya que el comportamiento de estos cuerpos de agua es variable; además, la información topográfica no es adecuada para representar las pendientes en sitios relativamente llanos. Por este motivo, en zonas de humedales se toma como objetivo principal el de identificar los sitios por donde el agua escurre, y asegurar la continuidad del escurrimiento a ambos lados de los terraplenes. Luego se delimita "una zona de influencia" aproximada para estimar la dimensión de la obra. En estos casos, es más importante tener varias obras pequeñas que pocas obras grandes, de manera a mantener el patrón laminar de escurrimiento propio de zonas llanas.

Para llevar a cabo el cálculo de caudales, ya sea mediante simulación hidrológica o Método Racional, se deben obtener datos y parámetros para lograr una representación correcta del sistema, algunos de los cuales son: capacidad de infiltración, pendiente promedio, porcentaje impermeable, longitud de escurrimiento superficial, tiempo de concentración, etc.

Estos parámetros se determinan a través de la topografía, utilizando el DEM descargado de ALOS-PALSAR, se determinan las líneas de flujo (dirección en que se mueve el agua). Una vez obtenidas estas líneas se procede a calcular la longitud y pendiente de las mismas.

Se ha comprobado el escurrimiento, determinándose la superficie de la cuenca y las condiciones de escurrimiento. Además, se verificaron las cotas y el trazado con los datos de los relevamientos.

Manuel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

Las imágenes satelitales se utilizaron para determinar el uso del suelo dentro de la cuenca. En la siguiente figura se observa una imagen satelital georreferenciada de las cuencas (rojo). En color azul se muestran las líneas de flujo en el área. Las alcantarillas están representadas por el punto negro.

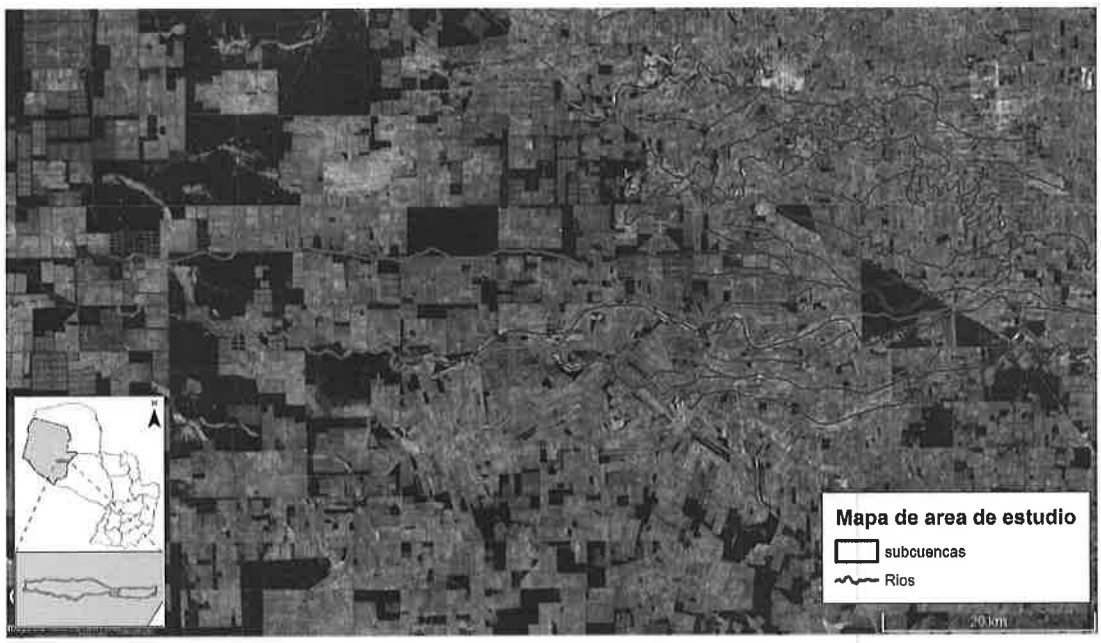


Figura: 4. Imagen satelital de las macrocuencas.

En la siguiente tabla se presentan las áreas totales para las dos cuencas delimitadas. Luego, se calcularon los caudales en estas cuencas para distribuirlas uniformemente dentro del área de derrame de las cuencas, característico en las planicies del Chaco. Con esto se realiza un balance de caudales para determinar la capacidad que deben tener las alcantarillas proyectadas.

Tabla: 1. Área por subcuencas.

SUBCUENCA	ÁREA (HA)
1	53,300
2	400,83

Ing. Emmuel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

3.1 Cálculo de la Infiltración

El cálculo de la infiltración es necesario para determinar la precipitación efectiva, es decir, la precipitación causante de escorrentía superficial. Uno de los métodos más utilizados, y que se aplica en este estudio, es el Método de Abstracciones o Número de Curva del SCS, debido a la cantidad de información empírica que se ha generado para el mismo.

El Método del Número de Curva (CN) fue desarrollado por el Servicio de Conservación de los Recursos Naturales (NRCS por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. El método consiste en asignar un CN promedio para toda una subcuenca, en función de su tipo y uso de suelo.

Con respecto al tipo de suelo, se utilizó la información disponible en la FAO de tipo de suelo a nivel mundial, indicando los grupos hidrológicos asociados a dicho tipo de suelo, representando la capacidad de drenaje e infiltración. Los principales tipos se detallan a continuación.

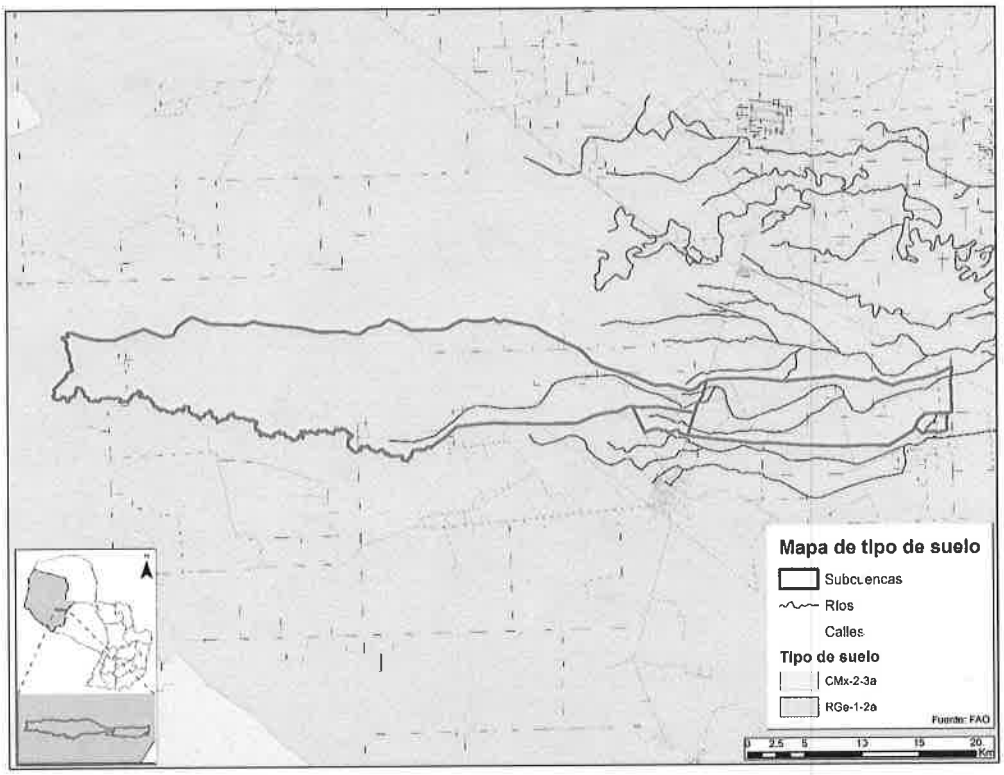


Tabla 2 Clasificación del Tipo de Suelo Según la Fao.

El Mapa de Uso de Suelo utilizado corresponde al Land Cover (Cobertura del suelo) del Climate Change Initiave (Iniciativa de Cambio Climático) de la European Space Agency (Agencia Espacial Europea). Que contiene una clasificación del uso de suelo con 300 mts de precisión, que es aplicable para nuestra zona de estudio, por el tamaño de la cuenca y por ser agroganadera. Como se puede ver en la Figura: 5. Mapa de Uso de Suelo de las Cuencas en estudio.

Ing. Ezequiel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

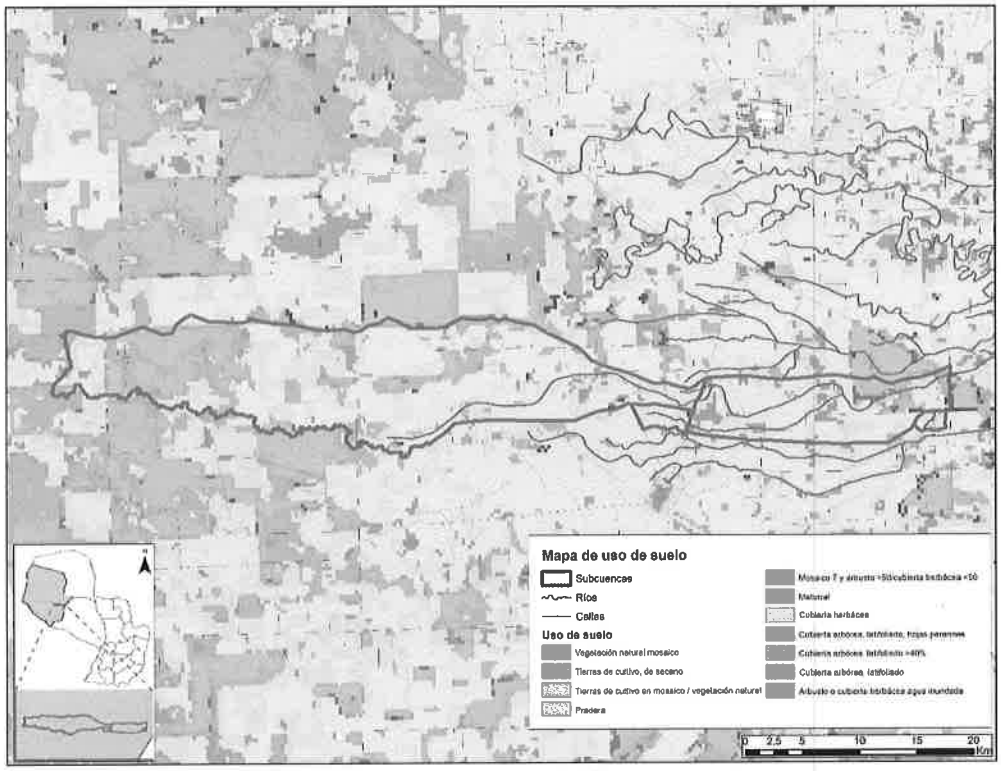


Figura: 5. Mapa de Uso de Suelo de las Cuencas en estudio.

Cada uso de suelo, posee un valor diferente de CN, dependiendo del tipo de suelo. Los valores utilizados en este estudio son mostrados a continuación.

Tabla 3: Valores de CN.

Aprovechamiento del suelo y su cubierta	Método de cultivo	Infiltración	Grupo hidrológico del suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	H	-	77	86	91	94
Cultivo en hilera	H	Buena	67	78	85	89
Cultivo en hilera	N	Mala	70	79	84	88
Cultivo en hilera	N	Buena	65	75	82	86
Cereales	H	Mala	65	76	84	88
Cereales	H	Buena	63	75	83	87
Legumbres tupidas	H	Mala	66	77	85	89
Legumbres tupidas	H	Buena	58	72	81	85
Pradera o pastizal	N	Regular	25	59	75	83
Pradera o pastizal	N	Buena	6	35	70	79
Bosques	-	Mala	45	66	77	83
Bosques	-	Buena	25	55	70	77
Caminos revestidos	-	-	72	82	87	89
Caminos pavimentados	-	-	72	84	90	92

Estos valores han sido estimados a partir de los valores presentados en el libro de Hidrología Aplicada (Ven te Chow, 1994).

Ing. Ezequiel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

Habiendo realizado un cruzamiento digital del uso de suelo y del tipo de suelo y considerando los porcentajes de cada clase en cada tipo, se ha realizado una ponderación de los valores de CN, determinando valores representativos para cada cuenca. Los cuales se encuentran en el rango comprendido entre los valores marcados en la Tabla 3: Valores de CN. Más arriba. Dicho valores adoptados se encuentra en la Planilla de Elaboración Propia adjuntado en el Anexo.

El cálculo para el CN ponderado sobre la cuenca total se obtiene de la siguiente relación:

$$CN_{pond} = \frac{\sum(CN_i A_i)}{\sum Area}$$

Donde, el numerador corresponde a la sumatoria del producto de cada subcuenca por su CN y el denominador al área total de la cuenca.

4 CÁLCULO DE CAUDALES

En el presente capítulo se describe brevemente la metodología empleada para el cálculo de los caudales generados en la cuenca para su posterior estudio hidráulico y dimensionamiento de obras necesarias.

Para el presente informe se utilizó el método del Hidrograma Unitario Triangular (HUT) de la SCS. En donde el volumen de escorrentía es representado mediante el Número de Curva de la SCS.

Además del Número de Curva, otro parámetro de gran importancia para estimar hidrogramas de diseño que representen correctamente los efectos de atenuación que se pueden dar en terrenos con ciertas características como la baja pendiente y el grado de impermeabilización es el Factor de Pico. En la siguiente tabla se muestran valores típicos asociados a cuencas con distintas características.

Tabla 4: Factor Pico Recomendados

DESCRIPCIÓN GENERAL	***FACTOR DE PICO***
Áreas Urbanas; Pendentes Pronunciadas	575
Valor Típico del SCS	484
Urbano/Rural Mixto	400
Rural, Colinas	300
Rural, Pendientes Leves	200
Rural, Muy Plano	100

El factor de pico (PRF) es definido en función la pendiente de la cuenca.

4.1 Hidrograma Unitario Triangular de la SCS.

El método fue desarrollado por el U.S. Soil Conservation Service (S.C.S.), y es utilizado para el estudio de las cuencas hidrográficas con áreas mayores a 2 km^2. Representa la comparación gráfica de los gastos de escurrimiento contra el tiempo necesario para que estos se presenten.
La teoría del Hidrograma Unitario Triangular se sustenta en las siguientes propiedades:

- La precipitación efectiva se distribuye uniformemente en el tiempo o periodo de duración específica.
- La precipitación efectiva se distribuye uniformemente en toda el área de la cuenca de drenaje.

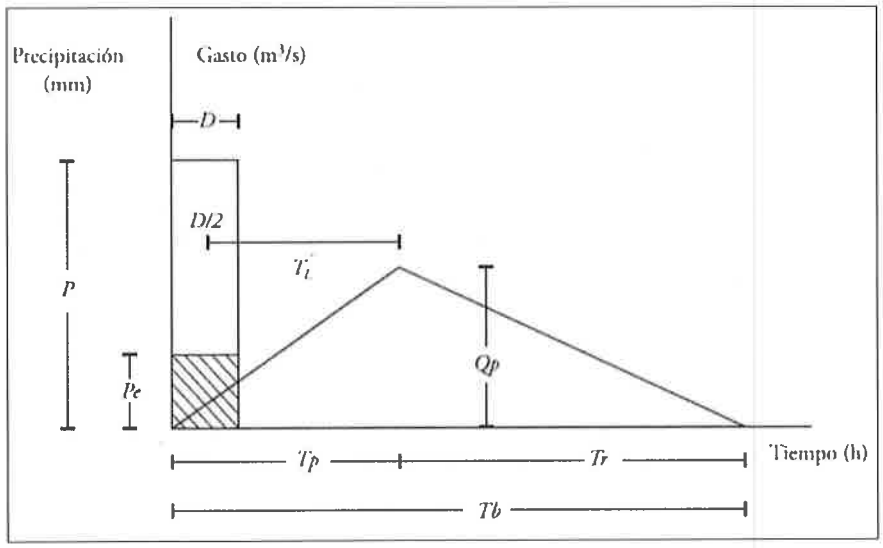


Figura 6: Esquema de cálculo del SCS HUT.

Procedimiento de cálculo para la determinación del caudal máximo

$$Q_P = PRF\frac{A}{T_p}$$

- Qp : caudal pico del hidrograma unitario, en m3/s/mm.
- A : área de la cuenca, en Km2.
- Tp : tiempo de ocurrencia del caudal pico, en horas.

En donde se cumple lo siguiente,

$$T_P = \frac{D}{2} + T_l$$

$$T_l = 0.6t_c \qquad Tr = XT_p \qquad D = \frac{t_c}{12} \qquad T_b = T_P + T_r$$

Siendo

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

Ing. Crystal Romano
Representante Legal

- D: tiempo de duración de la precipitación efectiva, en horas.
- tc : tiempo de concentración, en horas.
- Tl : tiempo de retardo, medido desde el centro de gravedad del hietograma de precipitación efectiva hasta el pico del hidrograma de escurrimiento, en horas.
- Tr : tiempo de recesión, medido desde el pico del hidrograma hasta su finalización, en horas.
- Tp : tiempo al pico, en horas.
- Tb : tiempo base del hidrograma triangular, en horas.
-

Factor Pico del Hidrograma (PRF)

El Factor pico del hidrograma representa el efecto amortiguador de la ola de inundación y el almacenamiento en la cuenca. Silveira (2015) en su artículo Fator de Pico para Hidrogramas Unitários Sintéticos Triangulares, estableció parámetros y valores para calcular el PRF en cuencas donde no se cuentan con datos, dado la morfología de la cuenca.

Donde:

$$PRF = f\beta$$

f es un factor de conversión donde f = 645 es el factor para el PRF en unidades inglesas y f = 2,78 es para el PRF en unidades métricas. El coeficiente **β** se encuentra en función de **x,** conocido como el factor de recesión del hidrograma y representa la relación entre la recesión y la hora pico. La relación entre los mismos es dada por la siguiente fórmula:

$$\beta = \frac{2}{(1+x)}$$

En la tabla 4 se encuentran los valores de factores de recesión sugeridos por Wanielista, Kersten e Eaglin (1997) utilizados en este estudio.

Tabla: 5. Factores de pico y de recesión sugeridos por Wanielista, Kersten e Eaglin (1997) y β respectivamente.

CUENCA	PRF	X	B
URBANA	575	1.25	0.89
TÍPICAS DEL SCS	484	1.67	0.75
URBANO/RURAL MEZCLADO	400	2.25	0.62
RURAL DE PENDIENTE ALTA	300	3.33	0.46
RURAL DE PENDIENTE MEDIA	200	5.5	0.31
RURAL DE BAJA PENDIENTE	100	12	0.15

Ing. Ezequiel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

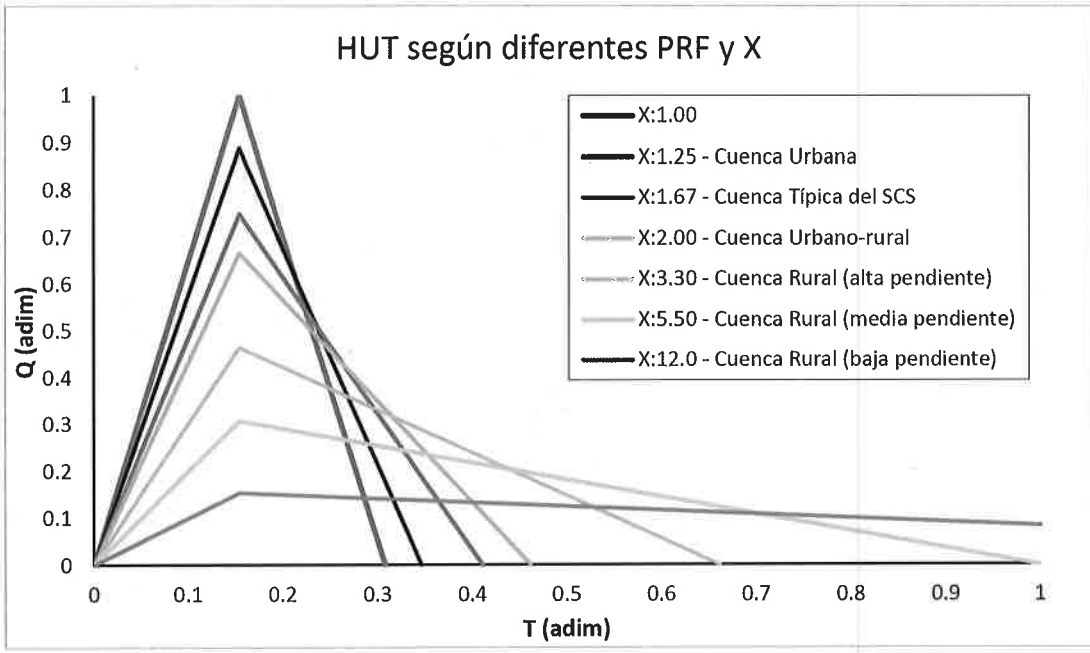


Figura: 7. SCS HUT para cada PRF.

Precipitación efectiva

Es la parte de la lluvia total resultante de descontar las pérdidas por escorrentía superficial, percolación profunda y evaporación de la lluvia interceptada por el follaje o que puede aprovechar la vegetación para suplir sus demandas. La lluvia neta o precipitación efectiva a partir de:

$$Pe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \qquad CN = \frac{25400}{254 + S}$$

- P: precipitación real total, en cm. Obtenida de las curvas IDF.
- S: máxima retención potencial.
- CN: Número de Curva

El valor de S se deduce del número de la curva de escurrimiento (CN – Curve Number), calculado en función del manejo del cultivo, de las propiedades y condiciones hidrológicas de infiltración del suelo. El valor de CN puede variar entre 0 y 100, siendo CN = 0 cuando no hay escurrimiento (S adopta valores muy grandes o infinito), y CN = 100 (cuando el volumen del escurrimiento es igual al de la precipitación, luego S toma el valor cero).

Conocidas las precipitaciones efectivas para cada intervalo Δt definido, se procede al cálculo de los caudales de proyecto mediante el "álgebra de los Hidrogramas", o sea, multiplicando las precipitaciones efectivas por las ordenadas del Hidrograma unitario, reiteradas a intervalos de tiempo iguales al intervalo unitario considerado.

Los valores de las descargas del Hidrograma de proyecto, por tanto, serán dados por:

$$Qi = \Delta Pe1\text{-}0 \,.\, q1 + \Delta Pe2\text{-}1 \,.\, q2 + \Delta Pe3\text{-}2 \,.\, q3 + \ldots \Delta Pei\text{-}n.\ qi$$

El caudal de proyecto de la cuenca corresponderá al valor máximo de las combinaciones obtenidas en las descargas del Hidrograma de proyecto.

FUENTE:

- SCS - Soil Conservation Service. *A Method for Estimating Volume and Rate of Runoff in Small Watersheds*. Washington, D.C.: U.S.N Department of Agriculture, 1973. (SCS-TP 149).
- SCS - Soil Conservation Service. *National engineering handbook*. Washington D.C.: U.S. Department of Agriculture, 1972. sec. 4.

4.2 Tiempo de Concentración.

La duración del evento de precipitación se debe seleccionar en base al tiempo de concentración (Tc) de la cuenca.

El tiempo de concentración de una cuenca se encuentra en función de la pendiente media, la longitud del cauce, la forma de la cuenca, la cobertura del suelo y en menor escala de otros parámetros fisiográficos. Existen diversas ecuaciones o metodologías para la determinación del Tc, la mayoría de los cuales fueron desarrollados de manera empírica para cuencas específicas; por esto se recomienda tomar esta variable con cuidado, utilizar más de una metodología, y en caso de existir información adicional, ajustar los Tc de forma a obtener caudales que coincidan con la realidad.

Por definición el Tc es el tiempo que tarda en llegar el agua desde el punto hidráulicamente más alejado de la cuenca. Aplicando este concepto, al hacer que la duración de la lluvia hipotética sea igual al tiempo de concentración, se asegura que toda la cuenca se encuentra generando escorrentía que aporta al caudal de diseño utilizado para la verificación de las alcantarillas y puentes.

Para calcular el tiempo de concentración se utilizó primeramente la fórmula de Watt & Chow expresada a continuación. Esta fórmula de Tc genera tiempos mayores debido al retardo que sufre el agua dentro de la cuenca antes de llegar a las alcantarillas.

$$Tc = 7.68 \frac{\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.79}}{60}$$

Siendo Tc el tiempo de concentración (min), L la longitud del curso de agua (km) y S la pendiente en m/m.

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

Ing. Leonel Romano
Representante Legal

Sin embargo, se considera también la fórmula de la onda cinemática debido a la superficie considerable que comprende cada cuenca. En este caso por ser cuencas muy grandes, se utilizó finalmente la fórmula de la Onda Cinemática, la cual produce aún mayores tiempos de concentración.

Las cuencas en el Chaco son muy extensas, y de baja pendiente, por lo que el agua fluye muy lentamente, disipándose los caudales máximos.

$$Tc = 7 \times \left(\frac{n \times L}{Sa}\right)^{0.6} \times i^{-0.4}$$

Siendo Tc el tiempo de concentración (min), L la longitud del cauce principal (m), Sa la pendiente de la cuenca (m/m); n el coeficiente de Manning e I: la intensidad de la lluvia en mm/hr.

4.3 Tiempo de Retorno y Precipitación de Diseño.

A los efectos de elegir el tiempo de recurrencia para calcular los caudales de proyecto, se ha seguido las pautas que figuran en el Manual de Carreteras del Paraguay del MOPC. Los períodos de recurrencia – TR - adoptados fueron los siguientes el que corresponde a ´´Obras de Puentes y Estructuras Afines´´:

Tabla: 6. TR según el Manual de Carreteras MOPC.

TIPO DE OBRA	TIPO DE RUTA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS		VIDA ÚTIL SUPUESTA (N: AÑOS)	RIESGO DE FALLA (%)	
		Diseño	Verificación		Diseño	Verificación
ESTRUCTURAS ESPECIALES (1)	RVP	200	300	50	22	15
PUENTES (2)	α	200	300	50	22	15
	β	100	150	50	40	28
ALCANTARILLAS ($S>1.75M^2$) O $H_{TERRAP.}$ ≥ 10 M. Y ESTRUCTURAS ENTERRADAS. (3)	α	100	150	50	40	28
	β	50	100	30	45	26
ALCANTARILLAS ($S>1.75M^2$). (4)	α	50	100	50	64	40
	β	25	50	30	71	45
DEFENSAS DE RIBERAS. (5)	α	100	-	20	18	-
	β	100	-	20	18	-

Donde;

S: es la sección útil de la alcantarilla;

RVP: Red Vial Primaria;

α: Autopistas y Multicarriles;

β: Caminos y Carreteras Primarias;

(1): Estructuras Especiales;

(2): En el caso de Puentes, el cálculo de caudales en crecida está destinado a calcular la socavación en las fundaciones de las pilas. Iguales periodos de retorno se emplearán para el cálculo de socavaciones en puentes;

(3): Las Alcantarillas de Drenaje constituidas bajo terraplenes de altura mayores o iguales a 10 m. deben diseñarse para estos Periodos de Retorno, cualquiera que sea su sección. En esta misma categoría se clasificarán las estructuras proyectadas bajo el nivel del terreno natural circundante, destinadas al cruce desnivelado de dos vías;

(4): Para la etapa de diseño de puentes y defensas de ribera, la revancha mínima asociada a la cota de aguas máximas para el período de retorno de diseño debe ser de 1.0 m;

(5): Para la verificación hidráulica de Puentes se considerará que la revancha asociada a la cota de aguas máximas para el período de retorno de verificación puede reducirse a 0,30 m.

El tiempo de retorno de una precipitación viene relacionado con la probabilidad de un evento y el riesgo de inundación que ello puede conllevar. Para la selección del tiempo de recurrencia, para las alcantarillas de menor porte ($S < 1.75m^2$) se adopta un tiempo de recurrencia (TR) de 50 años para el diseño, para puentes, se utiliza un TR de 100 años tal como está establecido.

Se adoptó un TR igual a 50 años para el dimensionamiento de las alcantarillas propuestas.

Para el cálculo de caudales, se requiere introducir una intensidad de diseño, y para determinar la misma se utilizó una curva IDF. La expresión para calcular las intensidades en cada estación, responde a la fórmula siguiente:

$$I = \frac{c\,TR^n}{(tc + d)^m}$$

En donde I es la intensidad expresada en mm/h; tc es el tiempo de concentración en minutos; TR es el tiempo de retorno en años; c, d, m, n son coeficientes determinados empíricamente.

Debido a la cercanía geográfica de la zona de estudio de la ciudad de Mariscal Estigarribia, se optó por utilizar las curvas IDF de esta ciudad. En la siguiente figura se presentan los polígonos de Thiessen, de lo cual se infiere que las cuencas se encuentran dentro del área regida por las lluvias de Mariscal Estigarribia, dentro del Chaco Húmedo.

Se observa también que algunas cuencas se encuentran afectadas por la IDF de Concepción, sin embargo, se optó por la de Mariscal Estigarribia debido a que el área afectada es similar y porque claramente, el comportamiento meteorológico en las cuencas se adecua más a los resultados que se obtendrían con las lluvias de Mariscal Estigarribia.

Ing. Ezequiel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

Para la simulación se toma los valores de intensidades mayores, y son calculados con la curva IDF de Mariscal Estigarribia tal como sigue.

Tabla 7: Parámetros para la Curva IDF

PARÁMETROS	MCAL ESTIGARRIBIA
C	6926.2
N	0.2337
M	1.1195
D	43

Fuente: Cuevas-Rolón (2009)

Los coeficientes c, d, m y n aunque son determinados empíricamente están relacionados a la estación pluviométrica de donde obtuvieron la curva IDF.

Por lo tanto, la expresión anterior se reduce a la siguiente fórmula:

$$I = \frac{6926.24\, Tr^{0.23371}}{(tc + 43)^{1.11948}}$$ Para Mcal. Estigarribia

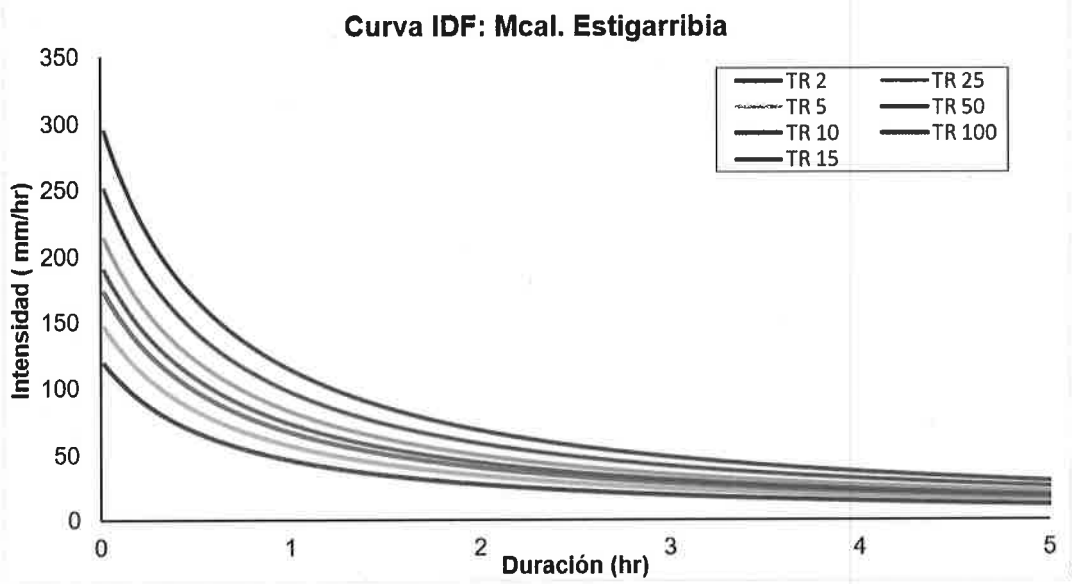


Figura 8: Curva IDF – Mcal. Estigarribia.

Ing. Raúl Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

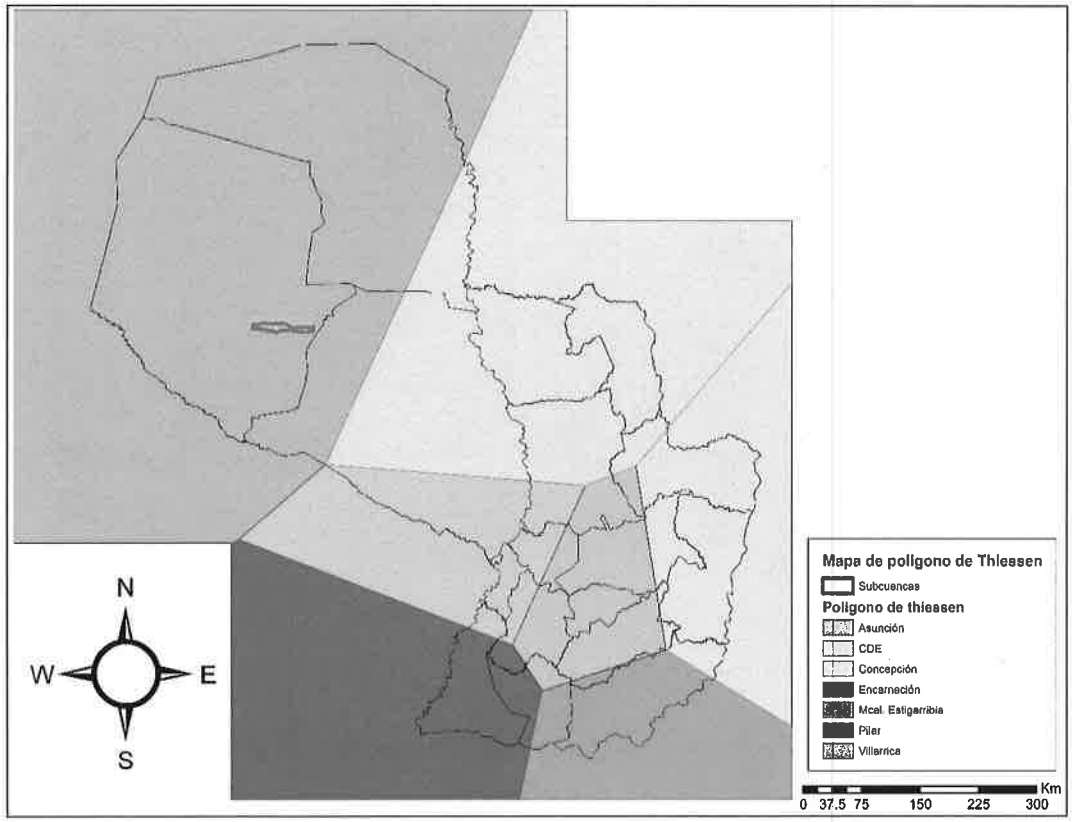


Figura 9: Polígono Thiessen de la zona del proyecto.

4.4 Caudales por subcuencas.

Toda el área de aporte del trazado ha sido dividida en las cuencas detalladas. Luego, el caudal ha sido distribuido para cada una de las alcantarillas que se proyectan dentro del área de influencia de cada cuenca.

A continuación, se presentan los caudales calculados que desaguan por cada una de las alcantarillas y puentes. Se indican las progresivas correspondientes por donde descarga cada subcuenca. Los resultados se presentan en forma tabular.

En anexos, se adjuntan las planillas de cálculo del HUT para cada cuenca de estudio.

Tabla 8: Caudales Calculados.

ID	Prog.	Cuenca	Q TR 50	Tipo
1	0+020	1	12.7	EXISTENTE
2	0+100			Nueva
3	0+150			Nueva
4	1+140			Nueva
5	2+180			Nueva
6	3+520	2	2.3	Nueva
7	3+520 Este			Nueva
8	4+505			Nueva
9	4+750			Nueva
10	4+750 Oeste			Nueva

5 DIMENSIONAMIENTO DE OBRAS

El diseño de las alcantarillas se realiza considerando los caudales obtenidos en el capítulo anterior. Existen diversos métodos para el dimensionamiento de alcantarillas, y cada uno depende de las características del sitio de emplazamiento. Para el presente proyecto se utiliza como base la metodología descrita en el Manual de Drenagem de Rodovias, del Departamento de Transporte, Brasil (DNIT). En el mismo, se mencionan las posibles situaciones de diseño:

a. Como canal

1. Régimen supercrítico
2. Régimen subcrítico

b. Como vertedero u orificio

Si la topografía del sitio de emplazamiento, es favorable, se puede adoptar el diseño como canal en régimen supercrítico. Esto es posible porque se tiene un relieve pronunciado, con pendientes iguales o superiores a la pendiente mínima requerida para esta situación (pendiente crítica). Para situaciones muy particulares, como el caso donde el cauce es muy pronunciado y profundo en relación a la rasante a ser adoptada, la alcantarilla puede ser diseñada como orificio, permitiendo a la misma trabajar sumergida y con carga hidráulica. Se tiene especial consideración a las Especificaciones Técnicas Generales para el Diseño de Puentes y Drenajes (Diseño de Obras Viales, Módulo III-B, MOPC).

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

Ing. Ezequiel Romano
Representante Legal

Así también, en los casos especiales en que el relieve es escaso (zonas bajas, humedales, etc.), el diseño se realiza asumiendo un régimen subcrítico, el cual tiene un procedimiento de cálculo distinto, y requiere obras de arte de dimensiones mayores para un mismo caudal. El procedimiento de cálculo para esta situación se detalla en el manual del DNIT. Además de las recomendaciones citadas, se utilizan los siguientes criterios de diseño:

- Diámetro mínimo: En el caso de que la diferencia de nivel entre el terreno natural y la rasante de la carretera sea adecuada, se recomienda un diámetro mínimo de 1000 mm.
- Cota de fondo: La base de la alcantarilla ("invert") deberá ser ubicada levemente por debajo del terreno natural.
- Condiciones de control de entrada / salida: Todas las alcantarillas deberán ser evaluadas también para condiciones de control de salida.

Para el pre-dimensionamiento de las alcantarillas, se utiliza la metodología del DNIT. Se asume que tanto la entrada como la salida no se encuentran sumergidas, de manera a que el flujo podría considerarse como canal en lugar de orificio.

Se adopta una pendiente longitudinal de 0.050 m/m para las alcantarillas. Para todas las secciones contractuales, la pendiente longitudinal es menor a la pendiente crítica de las secciones. Por ende, el flujo dentro de la alcantarilla será en régimen subcrítico.

Utilizando las ecuaciones de flujo uniforme para régimen subcrítico se confecciona la tabla que utiliza los parámetros descritos en la Figura 12, dicha tabla queda anexada a este informe.

Se adopta una relación y/H entre 0.50 y 0.75 para alcantarillas menores y para alcantarillas de gran porte y/H=0.70. Nótese que la altura crítica de una sección puede aproximarse a 2/3 (0.67) de la carga hidráulica total. De manera que, si se asume que la carga hidráulica total en la entrada coincide con la altura total de la alcantarilla, un nivel de agua de 0.70 o 0.75, está por encima de la altura crítica, confirmando que la alcantarilla trabaja en régimen subcrítico.

Se asume además que la capacidad del canal de aguas abajo es mayor a la capacidad de las alcantarillas. A continuación, las siguientes tablas resumen las capacidades de las alcantarillas. Estos valores deben satisfacer la siguiente condición:

$$Q_{cuenca} \leq Q_{Alcantarilla}$$

A continuación, para cada conjunto de alcantarillas de acuerdo a la cuenca que corresponden, se muestra la planilla de alcantarillas propuestas con sus respectivas capacidades. En las cuales se cumple la condición antes mencionada. Se anexa al presente documento la planilla de cálculo de las ODTs, con los detalles del cálculo de la capacidad de las mismas.

Ing. Samuel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

5.1 Alcantarillas Propuestas

En la siguiente tabla se presentan las alcantarillas propuestas.

Tabla 9: Alcantarillas Propuestas.

ID	Prog.	Obra Propuesta	Cantidad	Base (m)	Altura H (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Cota Entrada	Cota Salida	Sentido
1	0+020	ATS	1.0	1.0	1.0	14	0.01	129.20	129.13	D-I
2	0+100	ACS	1.0	1.0	1.0	15	0.01	128.90	128.83	D-I
3	0+150	ACC	4.0	1.0	1.0	15	0.01	128.70	128.63	D-I
4	1+140	ACS	1.0	1.0	1.0	15	0.01	128.80	128.73	D-I
5	2+180	ACT	3.0	1.0	1.0	15	0.01	127.50	127.43	D-I
6	3+520	ATS	1.0	1.0	1.0	15	0.01	127.70	127.63	I-D
7	3+520 Este	ATS	1.0	1.0	1.0	15	0.01	127.05	126.98	I-D
8	4+505	ATS	1.0	1.0	1.0	15	0.01	128.20	128.13	I-D
9	4+750	ATS	1.0	1.0	1.0	15	0.01	128.20	128.13	I-D
10	4+750 Oeste	ATS	1.0	1.0	1.0	15	0.01	128.17	128.10	I-D

En la tabla siguiente, se presenta la relación de las obras propuestas en contraste al caudal generado por cada cuenca respectiva.

Tabla 10: Capacidad de alcantarillas

ID	Prog.	Cuenca	Q TR 50	Obra Propuesta	Capacidad ODT [m³/s]	Capacidad Total [m³/s]
1	0+020	1	12.7	ATS Ø=1.00m	1.26	14.17
2	0+100			ACS 1X1.00X1.00m	1.44	
3	0+150			ACC 4X1.00X1.00m	5.74	
4	1+140			ACS 1X1.00X1.00m	1.44	
5	2+180			ACT 3X1.00X1.00m	4.31	
6	3+520	2	2.3	ATS Ø=1.00m	1.21	6.07
7	3+520 Este			ATS Ø=1.00m	1.21	
8	4+505			ATS Ø=1.00m	1.21	
9	4+750			ATS Ø=1.00m	1.21	
10	4+750 Oeste			ATS Ø=1.00m	1.21	

Ing. Ezequiel Romano
Representante Legal

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

Finalmente, la siguiente tabla presentan los resultados hidráulicos de las alcantarillas.

Tabla 11: Resultados Hidráulicos de las alcantarillas.

Prog.	Obra Propuesta	Qc [m³/s]	y/H [-]	V [m/s]	Q unit [m³/s]	$K_eV^2/2g$ [m]	He [m]	Cota He	CotaSAP-Cota He (>0.30)	Tapada Min (>0.55)
0+020	ATS Ø=1.00m	1.42	**0.75**	1.99	1.26	0.32	1.07	130.27	0.60	0.61
0+100	ACS 1X1.00X1.00m	1.60	**0.75**	1.91	1.44	0.28	1.03	130.35	1.05	1.02
0+150	ACC 4X1.00X1.00m	1.60	**0.75**	1.91	1.44	0.27	1.02	130.14	1.33	1.29
1+140	ACS 1X1.00X1.00m	1.60	**0.75**	1.91	1.44	0.28	1.03	129.85	0.64	0.61
2+180	ACT 3X1.00X1.00m	1.60	**0.75**	1.91	1.44	0.28	1.03	128.95	1.32	1.29
3+520	ATS Ø=1.00m	1.42	**0.75**	1.92	1.21	0.30	1.05	128.77	0.63	0.62
3+520 Este	ATS Ø=1.00m	1.42	**0.75**	1.92	1.21	0.30	1.05	128.12	0.65	0.64
4+505	ATS Ø=1.00m	1.42	**0.75**	1.92	1.21	0.30	1.05	129.27	0.63	0.63
4+750	ATS Ø=1.00m	1.42	**0.75**	1.92	1.21	0.30	1.05	129.24	0.59	0.58
4+750 Oeste	ATS Ø=1.00m	1.42	**0.75**	1.92	1.21	0.30	1.05	129.24	0.62	0.61

6 Verificación de Caudales con Hy8

Para la Verificación del funcionamiento de las Alcantarillas se utilizó el Programa Hy8. Este es un programa de Análisis Hidráulico. El HY-8 automatiza los cálculos hidráulicos de las alcantarillas utilizando una serie de características esenciales que facilitan el análisis y el diseño de las alcantarillas. (Department of Transportation. Federal Highway Administration , 2017). Ayuda en el análisis y el diseño de alcantarillas. Se compone de cuatro módulos: uno de análisis de alcantarillas; dos módulos de generación y tránsito de hidrogramas y un cuarto módulo para el diseño de estructuras de disipación de energía. Para este caso se utilizó el modelo de análisis de alcantarilla

Los resultados para cada alcantarilla se presentan en los anexos.

Es mi informe,

Ing. Alberto Grissetti, MSc.
Hidrología e Hidráulica
Reg. Prof. M.O.P.C. N° 2224

Ing. Gabriel Romano
Representante Legal

7 ANEXOS

7.1 Cálculo de caudales

Cálculo de Caudal de Diseño — Q: 12.7 m3/s

Tramo: | Prog: | Arroyo:

Características de la Cuenca		
Área (A):	53,300	ha
Área (A):	533	km²
Longitud (L):	82000	m
Pendiente (i):	0.035	%
Desnivel (dh):	28.7	m
SCS Curve Number:	84	
Almacenam. (S):	48.4	mm
Porcentaje retenc.:	20%	
Abstracc. Inic. (Ia):	9.7	mm

Tiempo de Concentración y Factor Pico (SCS)				
Fórmula:	ONDA CINEMATICA		β calculado:	0.22
Tc:	13575.1	min	X calculado:	8.11
Tc:	226.25	hs	X adoptado:	12.00
			1+X:	13.00
Δt:	1131.3	min		
Δt Adop.	1131.3	min	PRF (Inglés):	99.2
tp:	8145.0	min	PRF (SI):	0.43
Tp:	8710.7	min		
Tr:	104528.0	min	Vol. hasta el pico:	7.7%
Tb:	113238.7	min	qp: 1.57	m³/s/cm

IDF, TR		
TR:	50	años
IDF:	Mcal. Estigarribia	
c:	6926.24	
n:	0.23371	
d:	43.00	
m:	1.11948	

MÉTODO DE LAS ABSTRACCIONES (SCS)

Distribución temporal de la precitació: Bloques Alternos

Cálculo de la Precipitación Efectiva

Intervalo (min)	PInc (mm)	Pacum (mm)	S (mm)	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe Acum (mm)	Pe Inc (mm)	Pe Inc (cm)
0.0	0.00	0.00	48.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1131.3	0.99	0.99	48.38	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00
2262.5	1.28	2.27	48.38	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00
3393.8	1.78	4.05	48.38	4.05	0.00	0.00	0.00	0.00
4525.0	2.83	6.87	48.38	6.87	0.00	0.00	0.00	0.00
5656.3	6.22	13.09	48.38	9.68	3.19	0.22	0.22	0.02
6787.5	103.19	116.28	48.38	9.68	33.28	73.32	73.10	7.31
7918.8	3.94	120.22	48.38	9.68	33.65	76.89	3.56	0.36
9050.0	2.19	122.40	48.38	9.68	33.85	78.87	1.99	0.20
10181.3	1.49	123.89	48.38	9.68	33.99	80.23	1.36	0.14
11312.6	1.12	125.01	48.38	9.68	34.08	81.25	1.02	0.10
12443.8	0.89	125.90	48.38	9.68	34.16	82.06	0.81	0.08
13575.1	0.81	126.71	48.38	9.68	34.23	82.80	0.74	0.07

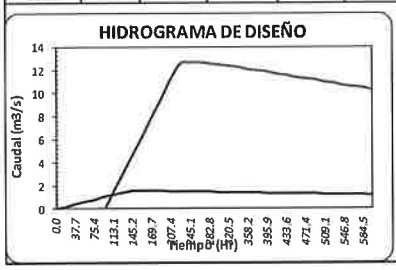
K SCS	0.87
K Españ.	0.82
K Fhruling	0.85
K In.Cv.Eng	0.93
K comb. IDF	1.00
k POND	0.87

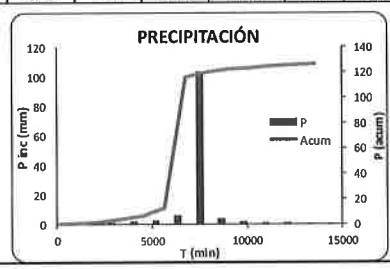
Precipitación Incremental

Intervalo (min)	Intensidad (mm/h)	P acum (mm)	P inc (mm)
0.0	0.0	0.0	0.0
1131.3	6.3	103.2	103.2
2262.5	3.0	97.0	6.2
3393.8	1.9	93.0	3.9
4525.0	1.4	90.2	2.8
5656.3	1.1	88.0	2.2
6787.5	0.9	86.2	1.8
7918.8	0.7	84.8	1.5
9050.0	0.6	83.5	1.3
10181.3	0.6	82.4	1.1
11312.6	0.5	81.4	1.0
12443.8	0.4	80.5	0.9
13575.1	0.4	79.7	0.8

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Intervalo (hr)	qi	P inc (cm) 0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	7.31	0.36	0.20	0.14	0.10	0.08	0.07	Q tot (m3/s)
0.0	0.00													0.0
18.9	0.20													0.0
37.7	0.41													0.0
56.6	0.61													0.0
75.4	0.82													0.0
94.3	1.02					0.00								0.0
113.1	1.22					0.01	1.49							1.5
132.0	1.43					0.01	2.98	0.07						3.1
145.2	1.57					0.02	4.47	0.15	0.04					4.7
150.8	1.56					0.02	5.96	0.22	0.08	0.03				6.3
169.7	1.55					0.03	7.45	0.29	0.12	0.06	0.02			8.0
188.5	1.53					0.03	8.94	0.36	0.16	0.08	0.04	0.02		9.6
207.4	1.51					0.04	10.43	0.44	0.20	0.11	0.06	0.03	0.02	11.3
226.3	1.50					0.04	11.47	0.51	0.24	0.14	0.08	0.05	0.03	12.6
245.1	1.48					0.03	11.43	0.56	0.28	0.17	0.10	0.07	0.05	12.7
264.0	1.46					0.03	11.31	0.56	0.31	0.19	0.12	0.08	0.06	12.7
282.8	1.45					0.03	11.18	0.55	0.31	0.21	0.15	0.10	0.08	12.6
301.7	1.43					0.03	11.06	0.55	0.31	0.21	0.16	0.12	0.09	12.5
320.5	1.41					0.03	10.94	0.54	0.30	0.21	0.16	0.13	0.11	12.4
339.4	1.39					0.03	10.81	0.53	0.30	0.21	0.16	0.13	0.12	12.3
358.2	1.38					0.03	10.69	0.53	0.30	0.21	0.16	0.13	0.12	12.1
377.1	1.36					0.03	10.56	0.52	0.29	0.20	0.15	0.12	0.11	12.0
395.9	1.34					0.03	10.44	0.52	0.29	0.20	0.15	0.12	0.11	11.9
414.8	1.33					0.03	10.31	0.51	0.29	0.20	0.15	0.12	0.11	11.7
433.6	1.31					0.03	10.19	0.50	0.28	0.20	0.15	0.12	0.11	11.6
452.5	1.29					0.03	10.07	0.50	0.28	0.19	0.15	0.12	0.11	11.4
471.4	1.28					0.03	9.94	0.49	0.28	0.19	0.15	0.12	0.11	11.3
490.2	1.26					0.03	9.82	0.48	0.27	0.19	0.14	0.12	0.11	11.2
509.1	1.24					0.03	9.69	0.48	0.27	0.19	0.14	0.11	0.11	11.0
527.9	1.22					0.03	9.57	0.47	0.27	0.18	0.14	0.11	0.10	10.9
546.8	1.21					0.03	9.45	0.47	0.26	0.18	0.14	0.11	0.10	10.7
565.6	1.19					0.03	9.32	0.46	0.26	0.18	0.14	0.11	0.10	10.6
584.5	1.17					0.03	9.20	0.45	0.26	0.18	0.14	0.11	0.10	10.5
603.3	1.16					0.03	9.07	0.45	0.25	0.18	0.13	0.11	0.10	10.3





I max:	6	mm/hr
P acum:	126.7	mm
P max:	103.2	mm

Q Max:	12.7	m³/s
TR:	50	años

Avda. Fernando de la Mora 3335 – Asunción – Paraguay
Cel: 0981 331 717
ingenieria@grissetti.com.py

Salvador Oscar Gulino Alfieri
Representante Legal

Ing. Gabriel Romano
Representante Legal