### 4.2.5 ESTUDIO DE PUENTES

El estudio para fundaciones de obras de arte especiales, particularmente puentes, fue efectuado para determinar con seguridad la presión admisible en terreno, tipo y profundidad de las fundaciones más indicadas técnicamente.

Para el diseño de puentes, se realizaron estudios geotécnicos para determinar la estabilidad de la estructura para el tipo de fundación diseñado y el tipo de suelo de fundación. Se determinó en todo caso: la capacidad portante del suelo de fundación, la determinación de los asentamientos diferenciales originados por la estructura construida y la influencia de la transmisión de cargas de la nueva estructura a obras de arte vecinas.

En base a este estudio se determinó el tipo de fundación que se diseñará y el sistema constructivo a ejecutarse. Si la fundación óptima concebida de este estudio resultara pilotes u otros que transmitan carga a profundidad, se determinará el diámetro, número, ubicación, profundidad, capacidad de carga, separación entre sí de estas estructuras, también se considerará el tipo de perforación y el sistema constructivo.

El estudio Geotécnico para puentes se presenta en el Anexo a este documento.



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

44 (CUARENTA Y CUATRO).

## 4.3 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

El presente capitulo corresponde al desarrollo de los Estudios Hidrológicos del Contrato de Obras de Pavimentación Tipo Asfáltico y Empedrado de Tramos de Caminos Vecinales en el Departamento Central – Lote 2, a cargo del Consorcio Iniciativas-MACH de acuerdo a los Términos de Referencia del Contrato SG Ministro No. 429/2018.

Con el objetivo de dimensionar correctamente las obras de drenaje de la traza, en correspondencia con los caudales de proyecto, fueron realizados los Estudios Hidrológicos, buscando identificar el régimen pluviométrico y la naturaleza de las precipitaciones más intensas de la región, habiendo consecuentemente establecido las características de escurrimiento superficial de las cuencas hidrográficas interceptadas por la traza.

Para la elaboración de los Estudios Hidrológicos fue desarrollada la siguiente metodología:

a. Preparación de cartografía del área de estudio:
   - Incorporación de planos de topografía sobre mapa base del área, el cual consiste en datos de Estadísticas y Censo (DGEEC) y ortofotocartas escala 1:25.000 con datos de elevación digital (DEM, SRTM con grilla de 90 m).
   - Identificación de puntos críticos en relevamiento topográfico, como ser: coordenadas y cotas de alcantarillas existentes, puntos de divisoria de aguas, zonas altas y bajas, de cambio de pendiente; límites de calles y progresivas.
b. Cálculo de caudales para cada obra (alcantarillas y cunetas). En las cuencas menores a 2 km² se calcula el caudal mediante el Método Racional, mientras que para las cuencas superiores a 2 km² se utiliza el Método del Hidrograma Unitario del SCS.

Se utilizan las curvas IDF de la estación meteorológica de Asunción, desarrollada por la Facultad de Ingeniería de la UNA/DINAC actualizada al año 2009 por *Cuevas-Rolón*, para la selección de la intensidad de precipitación. La elección de la estación meteorológica, se debe a la cercanía con el sitio de emplazamiento del proyecto.

### 4.3.1 PERIODOS DE RECURRENCIA.

La "Frecuencia" de lluvia es el número de veces que una precipitación de cierta magnitud es igualada o excedida en un determinado número de años.

El Intervalo de recurrencia o Tiempo de retorno (TR) es una expresión numérica de la frecuencia y es el máximo tiempo medio que transcurre entre dos eventos que igualan o sobrepasan un valor dado.

Al decir que una intensidad de lluvia tiene una frecuencia de N años, no significa que la misma ocurrirá necesariamente una vez cada N años si no que, por término medio, la misma acontecerá una vez cada N años inclusive dentro de un mismo año.

Los períodos de recurrencia para el cálculo de los caudales de proyecto fueron establecidos en función a la importancia relativa de cada tipo de obra a dimensionar.

Para la verificación hidráulica de las diferentes estructuras se han asignado los valores señalados en el Manual de Carreteras del Paraguay:

| TIPO DE OBRA | TR |
|---|---|
| Obras de Drenajes Superficiales | 5 años |
| Alcantarillas de Hormigón | 25 años |
| Puentes de Hormigón Armado | 100 años |



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

431 (CUARENTA Y TRES.)

### 4.3.2 ESTUDIOS DE CUENCAS.

La determinación de los caudales a cada una de las obras de drenaje del proyecto requiere la correcta delimitación de las cuencas de aporte. La delimitación de cuencas se realiza sobre curvas de nivel generadas a partir de grillas de elevación digital; actualmente se dispone de varias fuentes, entre las que se citan el Modelo de Elevación Digital Global ASTER (ASTER GDEM), con celdas de 30 x 30 m, y la Base de Datos de Elevación Digital SRTM, con celdas de 90 m. Si bien los datos de ASTER GDEM poseen mayor resolución, las curvas de nivel generadas a partir de los datos SRTM presentan mayor coherencia, y resulta más fácil llevar a cabo las tareas de delimitación de cuencas.

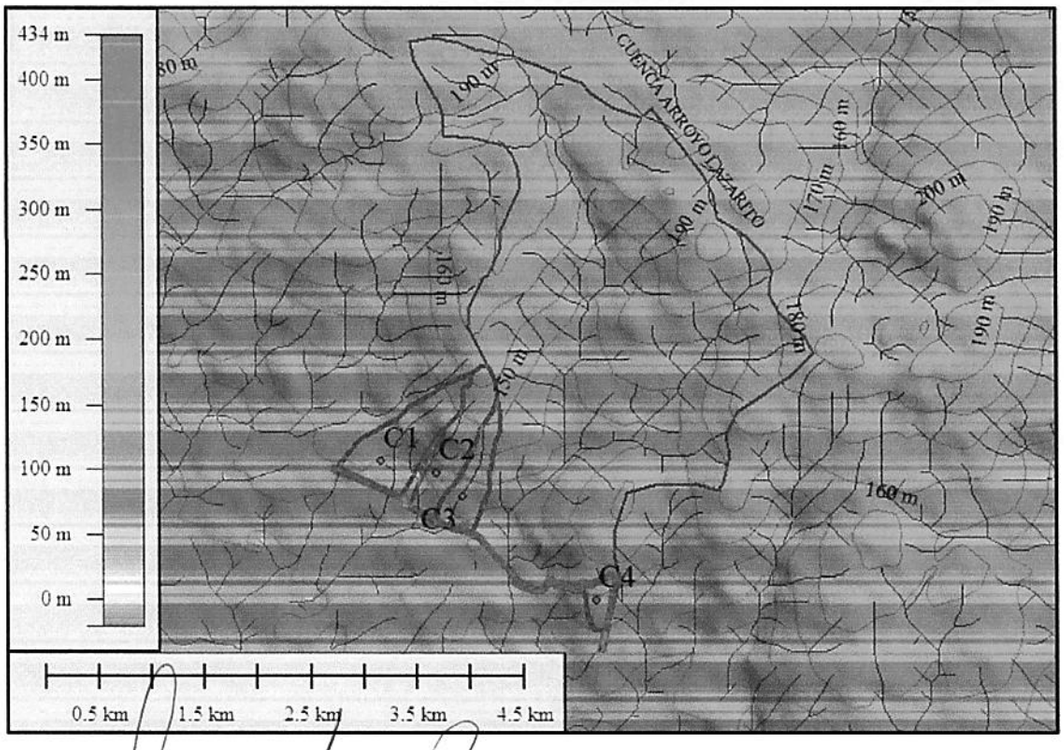
Las herramientas de hidro-informática disponibles en los Sistemas de Información Geográfico actuales permiten llevar a cabo delimitaciones automáticas de cuencas; sin embargo, esto no es recomendable para el caso de proyectos viales, ya que en muchas ocasiones se debe incorporar la experiencia y el juicio del ingeniero para optimizar las obras.

### 4.3.3 ESCORRENTÍA.

La escorrentía consiste en el proceso de transformación de lluvia a caudal. En este proceso, los principales elementos a considerar son aquellos relacionados con la forma y dimensión de la cuenca (pendiente, área, longitud, forma, Tiempo de Concentración), la cobertura y uso del suelo en la Cuenca.

El cálculo de caudales para cuencas con superficies menores a 2,0 km$^2$ se ha realizado con el Método Racional, mientras que los caudales para cuencas con superficie mayor a 2,0 km$^2$ se llevó a cabo mediante la técnica del Hidrograma Unitario.

En ambos casos, tanto para el Método Racional como para el Hidrograma Unitario, se requiere calcular el parámetro Tc (Tiempo de Concentración). Este parámetro se calcula mediante la Ecuación del DNOS (Dirección de Obras Sanitarias del Estado, Brasil), el cual se explica con suficiente detalle en el Manual de Hidrología Básica del DNIT (Departamento de Infraestructura y Transporte, Brasil). Los parámetros para el cálculo del Tc, tal como área de la cuenca, pendiente, longitud del escurrimiento superficial, se obtienen mediante operaciones con SIG sobre el modelo de elevación digital utilizado (SRTM).






CONSORCIO INICIATIVAS MACH

42 ( CUARENTA Y DOS).

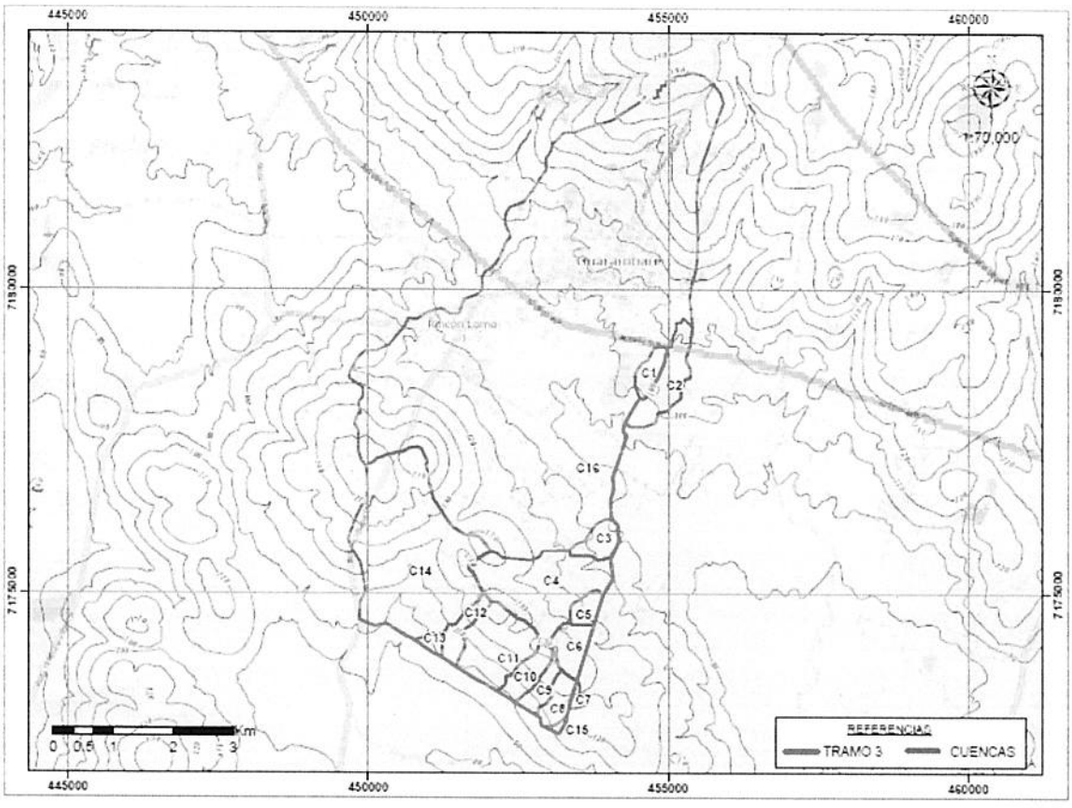



Fig.: Imagen de las cuencas estudiadas en el tramo T1

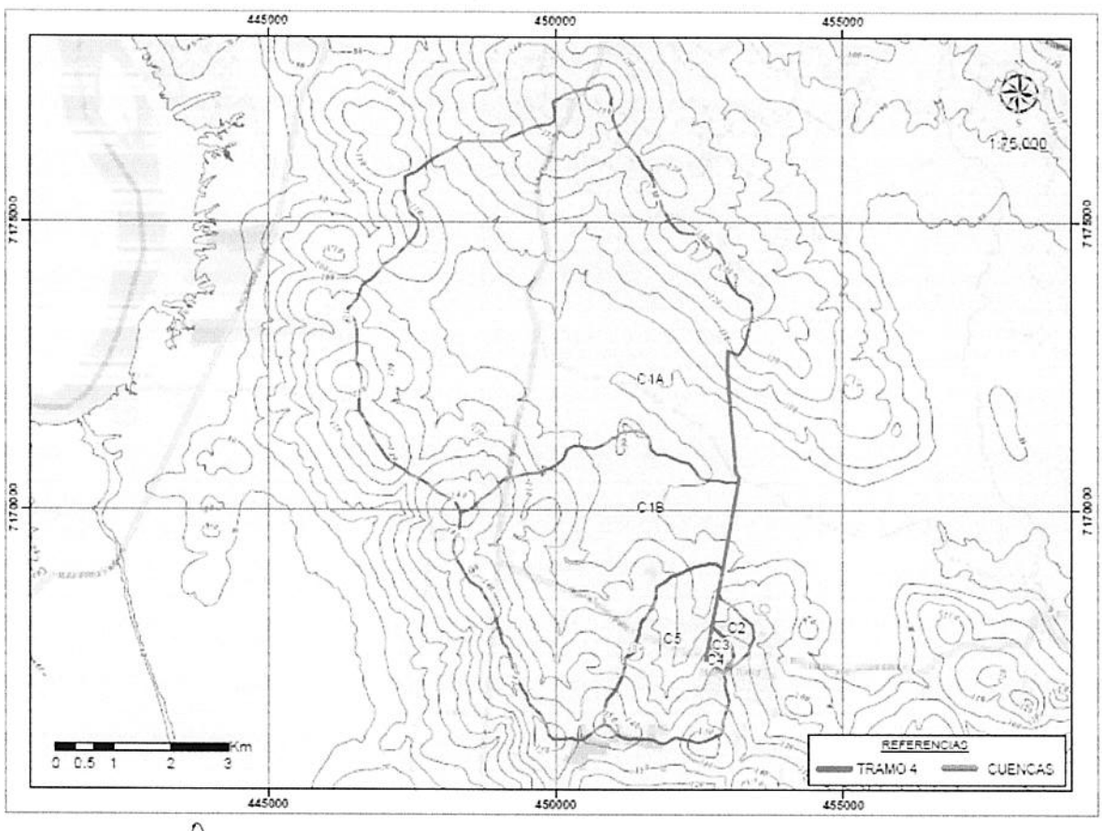



Fig.: Imagen de las cuencas estudiadas en el tramo T1.1



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

41 (cuarenta y uno)

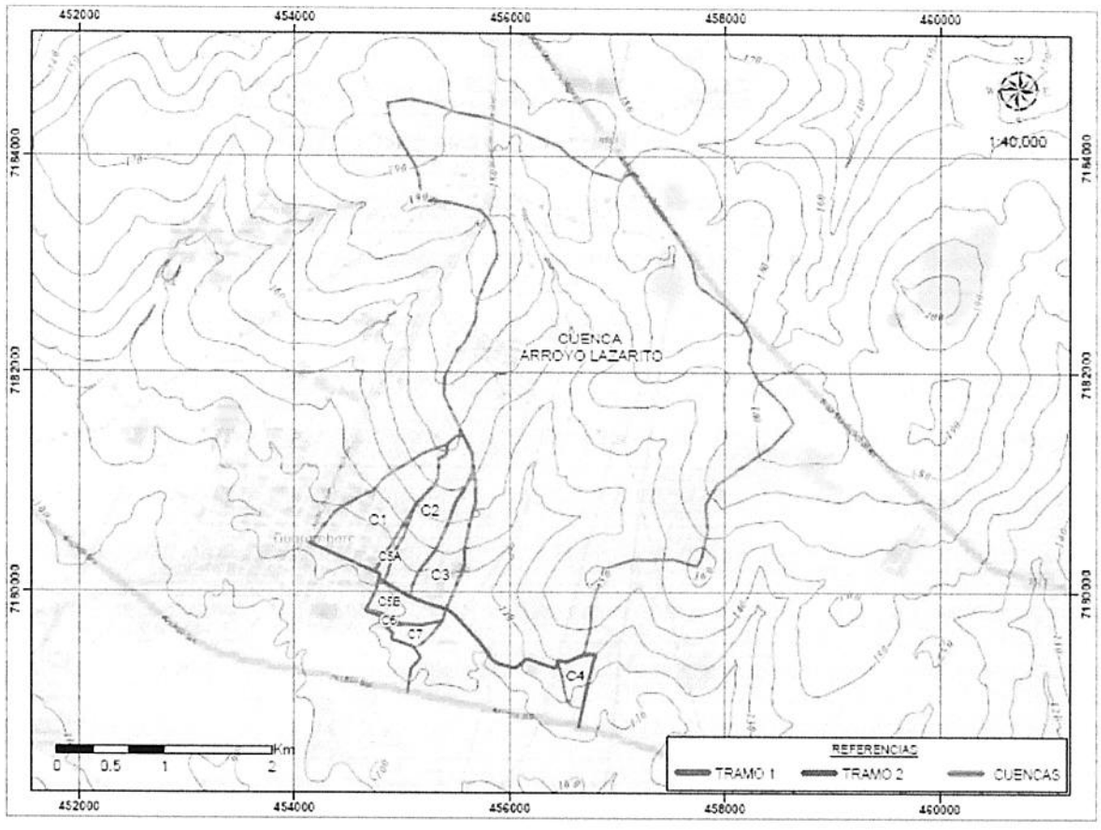



Fig.: Imagen de las cuencas estudiadas en el tramo T2 y T3

#### 4.3.3.1 Tiempo de Concentración.

El tiempo de concentración Tc, también conocido como tiempo de equilibrio de la cuenca, es un parámetro necesario para la determinación del caudal. Para las cuencas pequeñas, cuyos caudales se calculan con el Método Racional, el Tc se utiliza para la selección de la intensidad máxima de precipitación. En el caso de cuencas mayores en los que el caudal se calcula mediante el Hidrograma Unitario, el Tc es un parámetro que determina la forma del hidrograma, y se lo utiliza para la construcción de un hidrograma sintético.

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 desarrolladas de manera empírica para cuencas específicas; por esto se recomienda tomar esta variable con cuidado, y en caso de existir información adicional, ajustar los Tc de forma a obtener caudales que coincidan con la realidad.

Para este estudio se utiliza la ecuación de DNOS, explicado en el manual del DNIT (Manual de Hidrología Básica para Estructuras de Drenaje, del Ministerio de Infraestructura y Transportes, Brasil):



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

40 ( CUARENTA ).

**Fórmula do DNOS**

$$T_c = \frac{10}{K} \cdot \frac{A^{0,3} \cdot L^{0,2}}{I^{0,4}}$$

sendo, $T_c$ = tempo de concentração, em minutos,

A = área da bacia, em ha;

L = comprimento do curso d'água, em m;

I = declividade, em %; e

K = depende das características da bacia, conforme descrito em seguida:

- Terreno areno-argiloso, coberto de vegetação intensa, elevada absorção ..... K=2,0
- Terreno comum, coberto de vegetação, absorção apreciável ..... K=3,0
- Terreno argiloso, coberto de vegetação, absorção média ..... K=4,0
- Terreno argiloso de vegetação média, pouca absorção ..... K=4,5
- Terreno com rocha, escassa vegetação, baixa absorção..... K=5,0
- Terreno rochoso, vegetação rala, reduzida absorção ..... K=5,5

Para condições médias, com K= 4,0, resultou, na média, uma velocidade de 4,9 km/h para bacias pequenas e 5,7 km/h para bacias maiores, portanto aceitável para qualquer tamanho de bacia.

Fig.: Cálculo del Tiempo de Concentración mediante fórmula de DNOS (del DNIT).

#### 4.3.3.1.1 Coeficiente de almacenamiento.

El coeficiente de almacenamiento es un índice del almacenamiento temporal del exceso de precipitación en la cuenca, mientras el agua va drenando al punto de salida de la misma. El Manual de Referencias Técnicas del HEC-HMS (Año 2000) establece en su capítulo 6, que en vista a que este parámetro tiene unidades de tiempo, físicamente tiene solamente un significado cualitativo.

En vista al sentido cualitativo de este parámetro expresado en horas, el almacenamiento temporal de la cuenca dependerá del tipo de cuenca en consideración, la pendiente, el tipo de suelo y los indicios de almacenamiento que se puedan observar en imágenes satelitales. Existen diversas fórmulas empíricas desarrolladas por distintos autores, que buscan explicar el fenómeno del almacenamiento temporal en cuencas. Para el presente estudio, se utiliza el criterio de (Russel et al., 1979) que establece una sencilla relación entre el Coeficiente de Almacenamiento y el Tiempo de Concentración: $Ca = \alpha \times Tc$

Donde:

Ca: coeficiente de almacenamiento.

Tc: tiempo de concentración.

α: factor que depende de ciertas características de la cuenca

| TIPO DE CUENCA | α |
|---|---|
| En general | 0.8 ~ 1.2 |
| Urbana | 1.1 ~ 2.1 |
| Natural | 1.5 ~ 2.8 |
| Montañosa | 8 ~ 12 |

Para el presente estudio, se utiliza el valor $\alpha$=1,0.



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

39 (TREINTA y NUEVE).

#### 4.3.3.2 Determinación de los coeficientes para cálculo de infiltración (C y CN).

El escurrimiento se genera a partir de la porción de precipitación que no infiltra en el suelo. La capacidad de infiltración del suelo depende del tipo de suelo y la cobertura sobre el mismo (uso del suelo). En el caso del Método Racional, este proceso se describe mediante el Coeficiente de Escorrentía o de Escurrimiento, comúnmente conocido como *C*.

En el caso del Hidrograma Sintético, como el Hidrograma Unitario de Clark, por ejemplo, se utiliza al Número de Curva para representar la capacidad de infiltración o escurrimiento del suelo. En el presente apartado se realizan los cálculos para determinar ambos coeficientes.

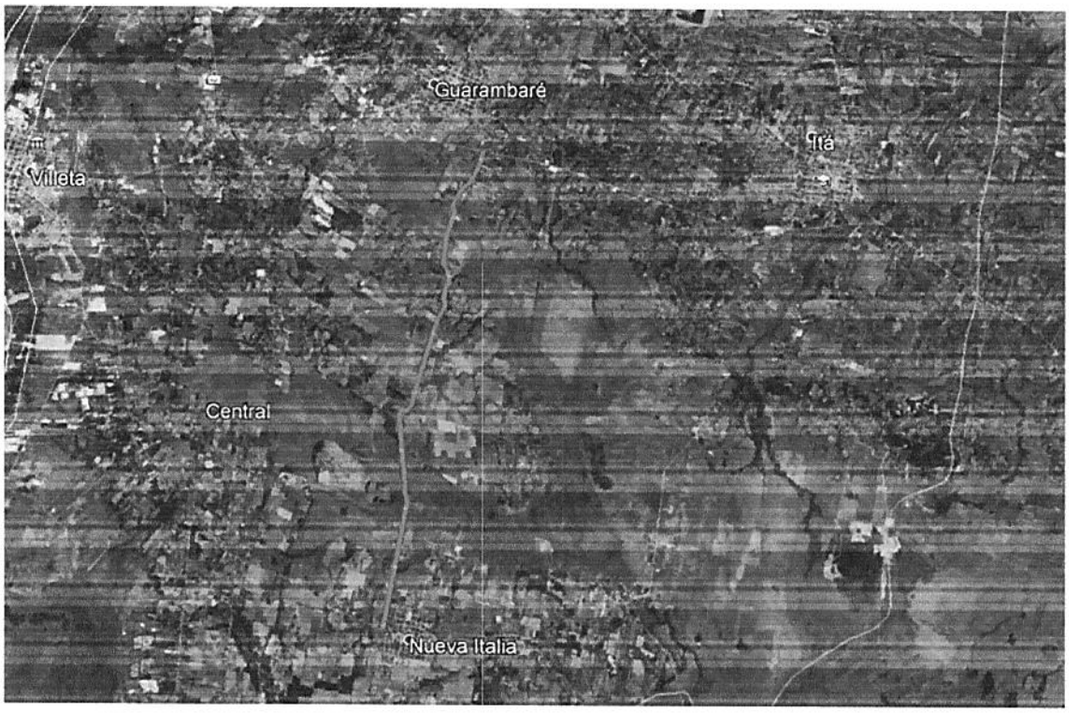



Fig.: Mapa de uso de suelo, correspondiente al tramo T1.

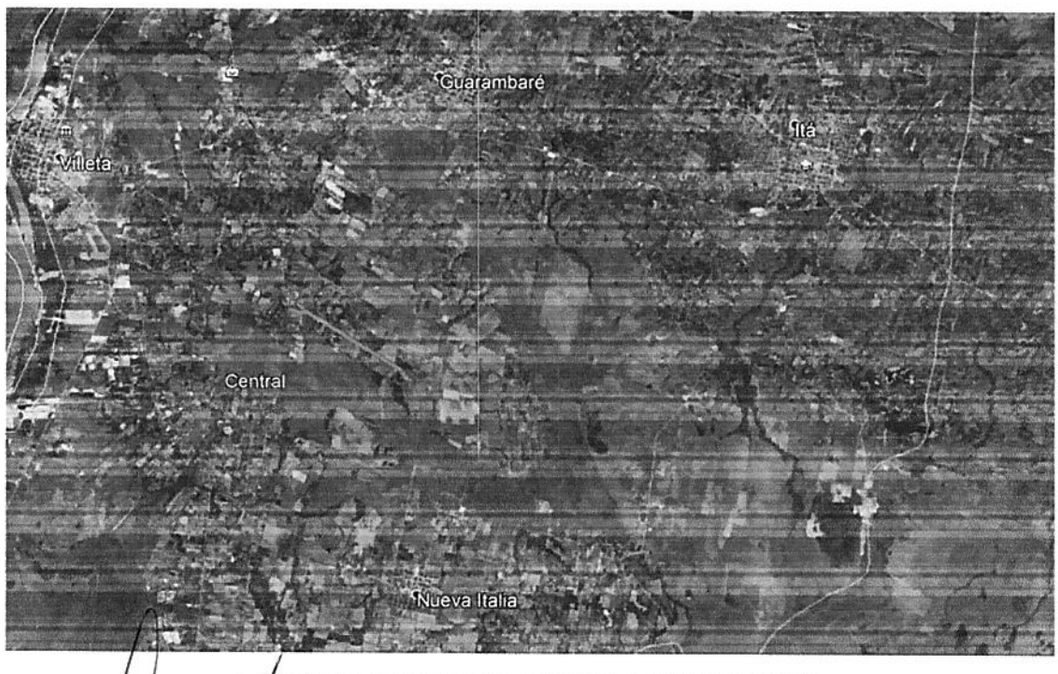



Fig.: Mapa de uso de suelo, correspondiente al tramo T2.



38 ( TREINTA y OCHO).

CONSORCIO INICIATIVAS MACH

Fig.: Mapa de uso de suelo, correspondiente al tramo T3A y T3B.

#### 4.3.3.2.1 Metodología empleada para el cálculo de C.

En el Método Racional, el Coeficiente C representa la porción (o proporción) de la lluvia que escurre hasta el cauce, y como tal, su valor se encuentra entre 0 (infiltración completa, nada de escurrimiento) y 1 (escurrimiento completo, nada de infiltración). Este coeficiente se encuentra tabulado para áreas urbanas donde se conoce bien el estado de las superficies, tal como asfalto, veredas, techos, etc. Para el área rural, se recomienda utilizar la metodología propuesta por el Manual de Carreteras del Paraguay (MCP); esta metodología asigna pesos a factores que inciden en el escurrimiento, tal como el relieve, tipo de cobertura, infiltración, almacenamiento, etc. Para el presente estudio, se calcula el valor de C para el área de estudio utilizando los valores de la siguiente tabla:

CONSORCIO INICIATIVAS MACH



37 (TREINTA y SIETE).

L 1284.4
GEJL

*Tabla: Determinación del Coeficiente de Escorrentía en base a factores*

| TABLA 2_3 b | COEFICIENTES DE ESCORRENTIA (C) PARA T = 10 AÑOS | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Factor** | **Extremo** | **Alto** | **Normal** | **Bajo** |
| Relieve | 0,28-0,35 Escarpado con pendientes mayores que 30% | 0,20-0,28 Cerros con pendientes entre 10 y 30% | 0,14-0,20 Con cerros y pendientes entre 5 y 10% | 0,08-0,14 Relativamente plano con pendientes menores al 5% |
| Infiltración | 0,12-0,16 Suelo rocoso, o arcilloso con capacidad de infiltración despreciable | 0,08-0,12 Suelos arcillosos o limosos con baja capacidad de infiltración, mal drenados | Normales, bien drenados, textura mediana, limos arenosos, suelos arenosos | 0,04-0,06 Suelos profundos de arena u otros suelos bien drenados con alta capacidad de infiltración |
| Cobertura Vegetal | 0,12-0,16 Cobertura escasa, terreno sin vegetación o escasa cobertura | 0,08-0,12 Poca vegetación, terrenos cultivados o naturales, menos del 20% del área con buena cobertura | 0,06-0,08 Regular a buena;50% del área con praderas o bosques, no más del 50% cultivado | 0,04-0,06 Buena a excelente; 90% del área con praderas, bosques o cobertura equivalente |
| Almacenamiento Superficial | 0,10-0,12 Despreciable, pocas depresiones superficiales, sin zonas húmedas | 0,08-0,10 Baja, sistema de cauces superficiales pequeños bien definidos, sin zonas | 0,06-0,08 Normal; posibilidad de almacenamiento buena, zonas húmedas, pantanos, lagunas y lagos | 0,04-0,06 Capacidad alta, sistema hidrográfico poco definido, buenas planicies de inundación o gran cantidad de zonas húmedas, lagunas o pantanos. |
| Si T > 10 años Amplificar Resultado por: T = 25 ; C x 1,10 T = 50 ; C x 1,20 T = 100 ; C x 1,25 | | | | |

Tabla: Calculo del coeficiente de escorrentía para el tramo de estudio.

| Característica de la cuenca | Valor | Descripción |
|---|---|---|
| Relieve ($C_r$)= | 0.12 | Pendiente media de 5% o inferior |
| Infiltración ($C_i$)= | 0.06 | Normales, suelos bien drenados |
| Cobertura Vegetal ($C_v$)= | 0.07 | Vegetación normal a buena. Se tiene más del 50% de la superficie con cobertura vegetal. |
| Almacenamiento Sup. ($C_s$)= | 0.08 | Almacenamiento elevado debido a prácticas conservacionistas |
| **Coeficiente de escurrimiento (C)=** | **0.33** | |
| **TR= 25 años; C x 1,10** | **0.36** | |

#### 4.3.3.2.2 Metodología empleada para el cálculo de Número de Curva (CN).

- Determinación del área de estudio: el límite corresponde a las cuencas ubicadas a lo largo del tramo en estudio.
- Determinación de los usos de suelo presentes en el área de estudio: para este estudio se tomaron las imágenes satelitales de Google Earth disponibles en internet. Estas imágenes se geo-referencian al área de estudio por partes, de forma a mantener una resolución apropiada a los fines del estudio, y luego se crea un mosaico para toda el área. Para el presente estudio se realizó una inspección visual en el que se determinaron los usos de suelo presentes en el área.
- Determinación de los tipos de suelos existentes en el área de estudio: Para ello se utiliza el mapa de taxonomía de suelos desarrollado en el Proyecto de Racionalización y Uso de Suelo de la Región Oriental – PRUT.
- Según la metodología del Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de los Estados Unidos (NRCS), la característica más importante del suelo a los efectos de generación de escorrentía es la textura.



36 (TREINTA y SEIS).

CONSORCIO INICIATIVAS MACH

El mapa digital de taxonomía de suelos realizado bajo el proyecto PRUT (Programa de Racionalización y Uso de la Tierra) presenta una columna en su tabla de atributos que indica la capacidad de drenaje. Cada una de estas se corresponde bien con los principales tipos de suelos definidos en la metodología, los cuales se describen a continuación:

- **Grupo A:** Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento y limos agregados.
- **Grupo B**: Suelos poco profundos depositados por el viento y marga arenosa.
- **Grupo C:** Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.
- **Grupo D:** Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

° Cruce de tipo y uso de suelo. Se cruzan la información de tipo y uso de suelo para la obtención de velocidades tabuladas.

#### 4.3.3.2.3 Cálculo del CN para computar las abstracciones en HEC HMS.

La utilización de herramientas SIG permite obtener un valor de CN ponderado para cada cuenca, al interceptar polígonos de tipo de suelo con los de uso del suelo, tal como se muestra en la siguiente Tabla y figura:

Tabla: Número de curva ponderado (CN), para las cuencas en estudio por el Método del HUT.

| Tramo | Cuenca | CN Calculado |
|---|---|---|
| Tramo 1 | C4 | 69 |
| | C14 | 69 |
| Tramo 2 | C1A | 65 |
| | C1B | 65 |
| | C5 | 60 |
| Tramo 3A y Tramo 3B | ---- | |

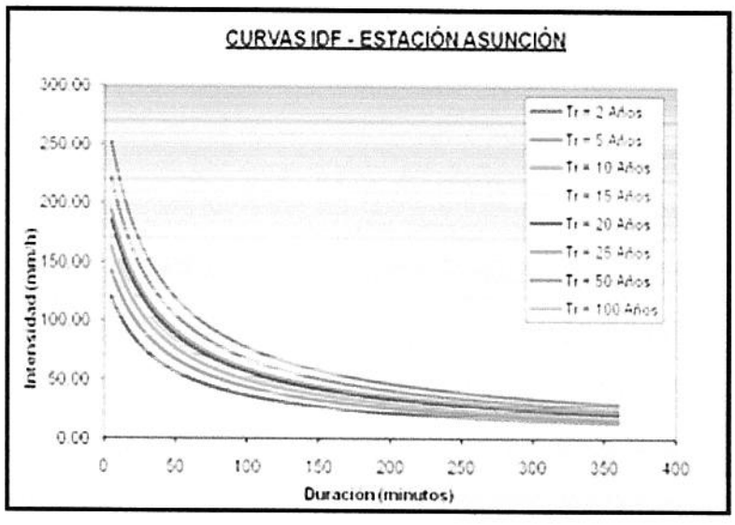
### 4.3.4 PRECIPITACIÓN

La precipitación se calcula utilizando la Curva Intensidad Duración Frecuencia (IDF) desarrollada por los Ing. Cuevas – Rolón (FIUNA, 2009). Para el caso de las cuencas en las que se aplica el Método Racional, se utiliza directamente la intensidad de precipitación de la Curva IDF, tomando como parámetros una duración D igual al Tiempo de Concentración Tc de la cuenca, y una frecuencia que corresponde al Periodo de Retorno seleccionado.



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

35 (TREINTA Y CINCO).




$$i\ (mm/h) = \frac{(2.251{,}92)(T_r)^{0.19036}}{(t+28)^{0.87631}}$$

Fig.: Curvas IDF de Asunción (Cuevas, Rolón - 2009)

En el caso de las cuencas con superficie mayor a 2 km$^2$, donde se aplica el Hidrograma Unitario, se debe contar con una tormenta con distribución temporal. La precipitación se construye a partir de los valores obtenidos de las mismas Curvas IDF, pero se debe construir una "tormenta sintética"; es decir, se deben generar valores para duración de 10, 20, 30, 60, 120,... etc minutos, con los cuales se construye un hietograma de precipitación utilizando la metodología propuesta por el NRCS (Servicio de Conservación de los Recursos Naturales, USA), conocido como Distribución SCS Tipo II. Esta distribución es importante porque asume que el periodo de mayor intensidad ocurre en el centro (temporal) de la tormenta, una vez que el suelo esté saturado y la capacidad de infiltración sea menor.

### 4.3.5 CÁLCULO DE CAUDALES.

Se calculan por separado los caudales para las cuencas menores a 2 km$^2$ mediante el Método Racional. Y por HEC-HMS para aquellas cuencas mayores.

Una vez calculados los principales parámetros requeridos para el Método Racional, se procede al cálculo de Caudales mediante la Ecuación Q = 0,278 x C.i.A,

Donde:

C = Coeficiente de Escurrimiento.
i = Intensidad de Precipitación, de la Curva IDF, donde D = Tc, F = 1/25 años o 1/50 años según sea el caso (mm/hr).
A = área de la cuenca (km$^2$).

Existen alcantarillas cuyas áreas de cuenca son muy pequeñas (acumulación local de paso de un lado al otro), las cuáles se analizan, utilizando una obra de diámetro mínimo.

A continuación se presentan los caudales determinados mediante método racional y los resultados de la modelación en HEC-HMS.



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

34 (TREINTA Y CUATRO).

**Tramos 1 y 2 en sector de Nueva Italia**

| Metodología para Cuencas < 2,00km² - Método Racional | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Intensidad de Precipitación y Caudal calculadas con Curva IDF de Asunción | | | | | | | | | |
| Cuenca | Area | Long | Desniv | Coef. Esc | $T_c$ | $T_R$ | I | Q Verif | Q Acum |
| Nº | (Km²) | (m) | (m) | | (min) | (Años) | (mm/h) | (m3/s) | (m3/s) |
| **TRAMO T1** | **De PROG. 0 + 000 a PROG. 10+828,87** | | | | | | | | |
| C1 | 0.2480 | 952.00 | 10.89 | 0.36 | 21.43 | 25 | 136.20 | **3.378** | |
| C2 | 0.7708 | 2157.00 | 23.79 | 0.36 | 40.81 | 25 | 101.94 | **7.858** | |
| C3 | 0.3310 | 1013.00 | 22.80 | 0.36 | 17.33 | 25 | 146.96 | **4.864** | |
| C4 | 2.0682 | 2548.00 | 31.60 | Ver Hidrograma Unitario Triangular | | | | **12.502** | |
| C5 | 0.2219 | 632.00 | 15.60 | 0.36 | 11.63 | 25 | 165.32 | **3.668** | |
| C6 | 0.4342 | 875.00 | 14.00 | 0.36 | 17.65 | 25 | 146.04 | **6.342** | |
| C7 | 0.0625 | 296.00 | 6.00 | 0.36 | 7.00 | 25 | 184.35 | 1.153 | |
| C8 | 0.3321 | 989.64 | 23.75 | 0.36 | 16.60 | 25 | 149.04 | 4.950 | **6.103** |
| C9 | 0.2752 | 1043.27 | 31.30 | 0.36 | 15.87 | 25 | 151.23 | **4.162** | |
| C10 | 0.3852 | 1047.00 | 36.66 | 0.36 | 14.99 | 25 | 153.93 | **5.930** | |
| C11 | 1.2242 | 1563.00 | 37.77 | 0.36 | 23.54 | 25 | 131.30 | **16.074** | |
| C12 | 0.3290 | 1201.00 | 28.50 | 0.36 | 19.35 | 25 | 141.42 | 4.653 | |
| C13 | 0.1018 | 369.00 | 3.50 | 0.36 | 11.10 | 25 | 167.26 | 1.703 | **6.356** |
| C14 | 4.6586 | 3814.00 | 64.80 | Ver Hidrograma Unitario Triangular | | | | **26.358** | |
| C15 | 0.0358 | 384.00 | 13.30 | 0.36 | 6.95 | 25 | 184.54 | **0.661** | |
| **TRAMO T2** | **De PROG. 0 + 000 a PROG. 3+715** | | | | | | | | |
| 1 | 33.5171 | 12408.00 | 82.10 | Ver Hidrograma Unitario Triangular | | | | **137.386** | |
| 1 | 14.7790 | 7163.00 | 87.00 | Ver Hidrograma Unitario Triangular | | | | **89.272** | |
| 2 | 0.4580 | 1561.40 | 34.50 | 0.36 | 24.35 | 25 | 129.53 | 5.933 | |
| 3 | 0.1533 | 684.84 | 22.40 | 0.36 | 11.10 | 25 | 167.28 | 2.564 | |
| 4 | 0.0832 | 443.00 | 18.00 | 0.36 | 7.30 | 25 | 182.95 | 1.522 | |
| 5 | 4.4613 | 3940.60 | 68.00 | Ver Hidrograma Unitario Triangular | | | | **15.376** | **25.396** |



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

33( TREINTA Y TRES).

Planilla de Cálculo de Caudales los Tramos componentes del Lote 2

**Tramos 3A y 3B en sector de Guarambaré**

| Metodología para Cuencas < 2,00km² - Método Racional | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Intensidad de Precipitación y Caudal calculadas con Curva IDF de Asunción | | | | | | | | |
| Cuenca | Area | Long | Desniv | Coef. Esc | $T_c$ | $T_R$ | I | Q Verif |
| Nº | (Km²) | (m) | (m) | | (min) | (Años) | (mm/h) | (m3/s) |
| **TRAMO T2** | **De PROG. 0 + 000 a PROG. 3+849,28** | | | | | | | |
| C1 | 0.5733 | 1393.00 | 42.00 | 0.60 | 19.79 | 25 | 140.31 | **13.405** |
| C2 | 0.4376 | 1424.00 | 47.00 | 0.45 | 19.43 | 25 | 141.22 | **7.725** |
| C3 | 0.3045 | 1272.00 | 38.00 | 0.36 | 18.51 | 25 | 143.66 | **4.375** |
| C4 | 0.1084 | 512.00 | 13.00 | 0.36 | 9.78 | 25 | 172.38 | **1.868** |
| C5A | 0.0445 | 713.50 | 23.00 | 0.60 | 11.52 | 25 | 165.71 | **1.228** |
| **TRAMO T3** | **De PROG. 0 + 000 a PROG. 1+431,07** | | | | | | | |
| C5B | 0.1613 | 758.00 | 5.00 | 0.45 | 22.23 | 25 | 134.30 | **2.707** |
| C5 total (C2 + C3 + C5A + C5B) | | | | | | | | **14.80** |
| C6 | 0.0167 | 360.00 | 6.30 | 0.36 | 8.61 | 25 | 177.22 | **0.296** |
| C7 | 0.0683 | 521.70 | 6.55 | 0.36 | 13.01 | 25 | 160.41 | **1.096** |



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

32 (TREINTA y DOS).

### 4.3.5.1 Tramo 1: Typychaty – Zanja Pyta – Valle Po'i – Nueva Italia

## HIDROGRAMA HUT-T3-C4

**Obra: Nva Italia - Tramo 3**
**Cuenca Nº 4**

**PARÁMETROS DE LA CUENCA**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A ($km^2$): | | 2.07 | | | | ΔH (m) : | | 31.60 | | | |
| L (m) : | | 2548 | | | | I (%) : | | 1.24 | | | |

**PARÁMETROS DEL HUT**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tc (hs) : | | 0.74 | | | | tb (hs) : | | 1.38 | | | |
| tp (hs) : | | 0.52 | | | | Δt (hs) : | | 0.15 | | | |
| tr (hs) : | | 0.86 | | | | qp (m3/s) : | | 8.32 | | | |

**PRECIPITACIÓN EFECTIVA**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Numero de Curva: | | CN = | 69 | | | | | | | | |
| Tiempo de Retorno: | | TR = | 25 | | | | | | | | |

| Δt (hs) | i (mm/h) | P (cm) | P' (cm) | Pe (cm) | ΔPe (cm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.15 | 176.11 | 2.60 | 2.60 | 0.01 | 0.01 |
| 0.30 | 145.80 | 4.31 | 4.31 | 0.31 | 0.30 |
| 0.44 | 124.83 | 5.54 | 5.54 | 0.72 | 0.42 |
| 0.59 | 109.40 | 6.47 | 6.47 | 1.12 | 0.40 |
| 0.74 | 97.56 | 7.21 | 7.21 | 1.49 | 0.36 |
| 0.89 | 88.16 | 7.82 | 7.82 | 1.81 | 0.32 |
| 1.03 | 80.50 | 8.33 | 8.33 | 2.09 | 0.29 |
| 1.18 | 74.14 | 8.77 | 8.77 | 2.35 | 0.26 |
| 1.33 | 68.77 | 9.15 | 9.15 | 2.58 | 0.23 |

## HIDROGRAMA DEL PROYECTO

**CALCULO DEL CAUDAL**

| Δt (hs) | qi (m3/s) | 0.01 | 0.30 | 0.42 | 0.40 | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | Q (m3/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.0 | 0.0 | | | | | | | | | 0.00 |
| 0.15 | 2.4 | 0.0 | 0.0 | | | | | | | | 0.02 |
| 0.30 | 4.8 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | | | | | | | 0.75 |
| 0.44 | 7.1 | 0.1 | 1.4 | 1.0 | 0.0 | | | | | | 2.46 |
| 0.59 | 7.6 | 0.1 | 2.1 | 2.0 | 1.0 | 0.0 | | | | | 5.12 |
| 0.74 | 6.2 | 0.1 | 2.3 | 3.0 | 1.9 | 0.9 | 0.0 | | | | 8.05 |
| 0.89 | 4.8 | 0.0 | 1.8 | 3.2 | 2.9 | 1.7 | 0.8 | 0.0 | | | 10.40 |
| 1.03 | 3.3 | 0.0 | 1.4 | 2.6 | 3.1 | 2.6 | 1.5 | 0.7 | 0.0 | | 11.87 |
| 1.18 | 1.9 | 0.0 | 1.0 | 2.0 | 2.5 | 2.8 | 2.3 | 1.4 | 0.6 | 0.0 | 12.50 |
| 1.33 | 0.5 | 0.0 | 0.6 | 1.4 | 1.9 | 2.2 | 2.5 | 2.0 | 1.2 | 0.5 | 12.37 |

Fig.: Hidrograma Unitario Triangular de la Cuenca Nro 4 – Tramo 1.



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

31 (TREINTA Y UNO).

# HIDROGRAMA HUT-T3-C14

**Obra: Nva Italia - Tramo 3**
**Cuenca Nº 14**

## PARÁMETROS DE LA CUENCA

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A ($km^2$): | | 4.66 | | | | ΔH (m) : | | 64.80 | | | |
| L (m) : | | 3814 | | | | I (%) : | | 1.70 | | | |

## PARÁMETROS DEL HUT

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tc (hs) : | | 0.89 | | | | tb (hs) : | | 1.67 | | | |
| tp (hs) : | | 0.63 | | | | Δt (hs) : | | 0.18 | | | |
| tr (hs) : | | 1.04 | | | | qp (m3/s) : | | 15.50 | | | |

## PRECIPITACIÓN EFECTIVA

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Numero de Curva: | | CN = | 69 | | | | | | | | |
| Tiempo de Retorno: | | TR = | 25 | | | | | | | | |

| Δt (hs) | i (mm/h) | P (cm) | P' (cm) | Pe (cm) | ΔPe (cm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.18 | 168.72 | 3.01 | 3.01 | 0.04 | 0.04 |
| 0.36 | 136.20 | 4.87 | 4.87 | 0.48 | 0.43 |
| 0.54 | 114.68 | 6.15 | 6.15 | 0.98 | 0.50 |
| 0.71 | 99.33 | 7.10 | 7.10 | 1.43 | 0.45 |
| 0.89 | 87.80 | 7.84 | 7.84 | 1.82 | 0.39 |
| 1.07 | 78.80 | 8.45 | 8.45 | 2.16 | 0.34 |
| 1.25 | 71.57 | 8.95 | 8.95 | 2.46 | 0.30 |
| 1.43 | 65.62 | 9.38 | 9.38 | 2.72 | 0.26 |
| 1.61 | 60.64 | 9.75 | 9.75 | 2.95 | 0.23 |

## HIDROGRAMA DEL PROYECTO

### CALCULO DEL CAUDAL

| Δt (hs) | qi (m3/s) | 0.04 | 0.43 | 0.50 | 0.45 | 0.39 | 0.34 | 0.30 | 0.26 | 0.23 | Q (m3/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.0 | 0.0 | | | | | | | | | 0.00 |
| 0.18 | 4.4 | 0.2 | 0.0 | | | | | | | | 0.20 |
| 0.36 | 8.9 | 0.4 | 1.9 | 0.0 | | | | | | | 2.31 |
| 0.54 | 13.3 | 0.6 | 3.8 | 2.2 | 0.0 | | | | | | 6.63 |
| 0.71 | 14.2 | 0.6 | 5.7 | 4.4 | 2.0 | 0.0 | | | | | 12.80 |
| 0.89 | 11.5 | 0.5 | 6.1 | 6.6 | 4.0 | 1.7 | 0.0 | | | | 19.02 |
| 1.07 | 8.9 | 0.4 | 5.0 | 7.1 | 6.0 | 3.5 | 1.5 | 0.0 | | | 23.45 |
| 1.25 | 6.2 | 0.3 | 3.8 | 5.8 | 6.4 | 5.2 | 3.0 | 1.3 | 0.0 | | 25.82 |
| 1.43 | 3.6 | 0.2 | 2.7 | 4.4 | 5.2 | 5.6 | 4.5 | 2.6 | 1.2 | 0.0 | 26.36 |
| 1.61 | 0.9 | 0.0 | 1.5 | 3.1 | 4.0 | 4.5 | 4.8 | 3.9 | 2.3 | 1.0 | 25.34 |

Fig.: Hidrograma Unitario Triangular de la Cuenca Nro 14 – Tramo 1.



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

30 (TRIENTA).

### 4.3.5.2 Tramo 2: Ramal Nueva Italia – Zanja Pyta

## HIDROGRAMA HUT-T4-C1A

**Obra: Nva Italia - Tramo 4**
**Cuenca Nº 1A**

**PARÁMETROS DE LA CUENCA**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A ($km^2$): | | 33.52 | | | | ΔH (m) : | | 82.10 | | |
| L (m) : | | 12408 | | | | I (%) : | | 0.66 | | |

**PARÁMETROS DEL HUT**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tc (hs) : | | 3.18 | | | | tb (hs) : | | 5.95 | | |
| tp (hs) : | | 2.23 | | | | Δt (hs) : | | 0.64 | | |
| tr (hs) : | | 3.72 | | | | qp (m3/s) : | | 31.27 | | |

**PRECIPITACIÓN EFECTIVA**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Numero de Curva: | | CN = | 65 | | | | | | | |
| Tiempo de Retorno: | | TR = | 100 | | | | | | | |

| Δt (hs) | i (mm/h) | P (cm) | P' (cm) | Pe (cm) | ΔPe (cm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.64 | 137.26 | 8.74 | 8.63 | 1.78 | 1.78 |
| 1.27 | 92.07 | 11.73 | 11.58 | 3.47 | 1.70 |
| 1.91 | 70.06 | 13.39 | 13.22 | 4.55 | 1.07 |
| 2.55 | 56.90 | 14.50 | 14.31 | 5.31 | 0.76 |
| 3.18 | 48.10 | 15.32 | 15.12 | 5.89 | 0.58 |
| 3.82 | 41.78 | 15.97 | 15.76 | 6.36 | 0.47 |
| 4.46 | 37.01 | 16.50 | 16.29 | 6.75 | 0.39 |
| 5.10 | 33.26 | 16.95 | 16.73 | 7.08 | 0.33 |
| 5.73 | 30.25 | 17.34 | 17.12 | 7.37 | 0.29 |

## HIDROGRAMA DEL PROYECTO

**CALCULO DEL CAUDAL**

| Δt (hs) | qi (m3/s) | 1.78 | 1.70 | 1.07 | 0.76 | 0.58 | 0.47 | 0.39 | 0.33 | 0.29 | Q (m3/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.0 | 0.0 | | | | | | | | | 0.00 |
| 0.64 | 8.9 | 15.9 | 0.0 | | | | | | | | 15.87 |
| 1.27 | 17.9 | 31.7 | 15.2 | 0.0 | | | | | | | 46.90 |
| 1.91 | 26.8 | 47.6 | 30.3 | 9.6 | 0.0 | | | | | | 87.53 |
| 2.55 | 28.6 | 50.8 | 45.5 | 19.2 | 6.8 | 0.0 | | | | | 122.27 |
| 3.18 | 23.2 | 41.3 | 48.5 | 28.8 | 13.6 | 5.2 | 0.0 | | | | 137.39 |
| 3.82 | 17.9 | 31.8 | 39.5 | 30.7 | 20.4 | 10.4 | 4.2 | 0.0 | | | 136.89 |
| 4.46 | 12.5 | 22.3 | 30.4 | 25.0 | 21.7 | 15.6 | 8.4 | 3.5 | 0.0 | | 126.78 |
| 5.10 | 7.2 | 12.8 | 21.3 | 19.2 | 17.7 | 16.6 | 12.5 | 7.0 | 3.0 | 0.0 | 110.08 |
| 5.73 | 1.8 | 3.3 | 12.2 | 13.5 | 13.6 | 13.5 | 13.4 | 10.5 | 6.0 | 2.6 | 88.51 |

Fig.: Hidrograma Unitario Triangular de la Cuenca Nro 1A – Tramo 1.1.



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

29 (VEINTINUEVE)

# HIDROGRAMA HUT-T4-C1B

**Obra: Nva Italia - Tramo 4**
**Cuenca Nº 1B**

## PARÁMETROS DE LA CUENCA

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A ($km^2$): | | 14.78 | | | | ΔH (m) : | | 87.00 | | |
| L (m) : | | 7163 | | | | I (%) : | | 1.21 | | |

## PARÁMETROS DEL HUT

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tc (hs) : | | 1.65 | | | | tb (hs) : | | 3.09 | | |
| tp (hs) : | | 1.16 | | | | Δt (hs) : | | 0.33 | | |
| tr (hs) : | | 1.93 | | | | qp (m3/s) : | | 26.60 | | |

## PRECIPITACIÓN EFECTIVA

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Numero de Curva: | | CN = | 65 | | | | | | | |
| Tiempo de Retorno: | | TR = | 100 | | | | | | | |

| Δt (hs) | i (mm/h) | P (cm) | P' (cm) | Pe (cm) | ΔPe (cm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.33 | 182.58 | 6.03 | 6.03 | 0.64 | 0.64 |
| 0.66 | 134.74 | 8.90 | 8.90 | 1.92 | 1.28 |
| 0.99 | 107.58 | 10.66 | 10.66 | 2.91 | 0.99 |
| 1.32 | 89.95 | 11.88 | 11.88 | 3.67 | 0.76 |
| 1.65 | 77.53 | 12.80 | 12.80 | 4.27 | 0.60 |
| 1.98 | 68.28 | 13.53 | 13.53 | 4.76 | 0.49 |
| 2.31 | 61.12 | 14.13 | 14.13 | 5.18 | 0.42 |
| 2.64 | 55.39 | 14.63 | 14.63 | 5.54 | 0.36 |
| 2.97 | 50.70 | 15.07 | 15.07 | 5.85 | 0.31 |

## HIDROGRAMA DEL PROYECTO

### CALCULO DEL CAUDAL

| Δt (hs) | qi (m3/s) | 0.64 | 1.28 | 0.99 | 0.76 | 0.60 | 0.49 | 0.42 | 0.36 | 0.31 | Q (m3/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.0 | 0.0 | | | | | | | | | 0.00 |
| 0.33 | 7.6 | 4.9 | 0.0 | | | | | | | | 4.86 |
| 0.66 | 15.2 | 9.7 | 9.7 | 0.0 | | | | | | | 19.41 |
| 0.99 | 22.8 | 14.6 | 19.4 | 7.5 | 0.0 | | | | | | 41.49 |
| 1.32 | 24.3 | 15.6 | 29.1 | 15.1 | 5.8 | 0.0 | | | | | 65.46 |
| 1.65 | 19.8 | 12.6 | 31.0 | 22.6 | 11.5 | 4.6 | 0.0 | | | | 82.37 |
| 1.98 | 15.2 | 9.7 | 25.2 | 24.1 | 17.3 | 9.2 | 3.8 | 0.0 | | | 89.27 |
| 2.31 | 10.7 | 6.8 | 19.4 | 19.6 | 18.5 | 13.7 | 7.5 | 3.2 | 0.0 | | 88.70 |
| 2.64 | 6.1 | 3.9 | 13.6 | 15.1 | 15.0 | 14.7 | 11.3 | 6.3 | 2.7 | 0.0 | 82.57 |
| 2.97 | 1.6 | 1.0 | 7.8 | 10.6 | 11.6 | 11.9 | 12.0 | 9.5 | 5.4 | 2.4 | 72.16 |

Fig.: Hidrograma Unitario Triangular de la Cuenca Nro 1B – Tramo 1.1.



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

28 (VEINTIOCHO)

# HIDROGRAMA HUT-T4-C5

**Obra: Nva Italia - Tramo 4**
**Cuenca Nº 5**

## PARÁMETROS DE LA CUENCA

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A ($km^2$): | | 4.46 | | | | ΔH (m) : | | 68.00 | | |
| L (m) : | | 3941 | | | | I (%) : | | 1.73 | | |

## PARÁMETROS DEL HUT

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tc (hs) : | | 0.91 | | | | tb (hs) : | | 1.70 | | |
| tp (hs) : | | 0.64 | | | | Δt (hs) : | | 0.18 | | |
| tr (hs) : | | 1.06 | | | | qp (m3/s) : | | 14.56 | | |

## PRECIPITACIÓN EFECTIVA

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Numero de Curva: | | CN = | 60 | | | | | | | |
| Tiempo de Retorno: | | TR = | 25 | | | | | | | |

| Δt (hs) | i (mm/h) | P (cm) | P' (cm) | Pe (cm) | ΔPe (cm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.18 | 167.93 | 3.06 | 3.06 | 0.01 | 0.01 |
| 0.36 | 135.20 | 4.92 | 4.92 | 0.13 | 0.12 |
| 0.55 | 113.65 | 6.21 | 6.21 | 0.40 | 0.28 |
| 0.73 | 98.32 | 7.16 | 7.16 | 0.69 | 0.29 |
| 0.91 | 86.83 | 7.91 | 7.91 | 0.95 | 0.26 |
| 1.09 | 77.88 | 8.51 | 8.51 | 1.19 | 0.24 |
| 1.27 | 70.69 | 9.01 | 9.01 | 1.40 | 0.21 |
| 1.46 | 64.79 | 9.44 | 9.44 | 1.59 | 0.19 |
| 1.64 | 59.86 | 9.81 | 9.81 | 1.77 | 0.17 |

## HIDROGRAMA DEL PROYECTO

### CALCULO DEL CAUDAL

| Δt (hs) | qi (m3/s) | 0.01 | 0.12 | 0.28 | 0.29 | 0.26 | 0.24 | 0.21 | 0.19 | 0.17 | Q (m3/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 0.0 | 0.0 | | | | | | | | | 0.00 |
| 0.18 | 4.2 | 0.0 | 0.0 | | | | | | | | 0.03 |
| 0.36 | 8.3 | 0.1 | 0.5 | 0.0 | | | | | | | 0.56 |
| 0.55 | 12.5 | 0.1 | 1.0 | 1.1 | 0.0 | | | | | | 2.24 |
| 0.73 | 13.3 | 0.1 | 1.5 | 2.3 | 1.2 | 0.0 | | | | | 5.08 |
| 0.91 | 10.8 | 0.1 | 1.6 | 3.4 | 2.4 | 1.1 | 0.0 | | | | 8.59 |
| 1.09 | 8.3 | 0.1 | 1.3 | 3.7 | 3.6 | 2.2 | 1.0 | 0.0 | | | 11.77 |
| 1.27 | 5.8 | 0.0 | 1.0 | 3.0 | 3.8 | 3.3 | 2.0 | 0.9 | 0.0 | | 13.98 |
| 1.46 | 3.4 | 0.0 | 0.7 | 2.3 | 3.1 | 3.5 | 3.0 | 1.8 | 0.8 | 0.0 | 15.15 |
| 1.64 | 0.9 | 0.0 | 0.4 | 1.6 | 2.4 | 2.9 | 3.2 | 2.7 | 1.6 | 0.7 | 15.38 |

Fig.: Hidrograma Unitario Triangular de la Cuenca Nro 5 – Tramo 1.1.



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

27 (VEINTISIETE).

# 5 DISEÑO DE OBRAS DE ARTE

Comprende el diseño de alcantarillas, drenaje superficial, y drenaje subterráneo, con base en los caudales obtenidos, la topografía, y las características de las obras proyectadas propuestas (forma, dimensiones y materiales).

La vida de la carretera está íntimamente ligada a un buen sistema de drenaje, motivo por el cual, se verificó que, en todos los casos, se asegure eficientemente el drenaje superficial, el longitudinal y el transversal, de modo que las aguas de lluvia precipitadas sobre la calzada, y los cursos de agua interceptados sean conducidos por dispositivos adecuadamente dimensionados, sin generar efectos erosivos, nocivos para el medio ambiente.

## 5.1 DIMENSIONAMIENTO DE ALCANTARILLAS

### 5.1.1 ALCANTARILLAS TRASVERSALES

El diseño de las alcantarillas se realiza considerando los caudales obtenidos en el capítulo 1.1.5 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 subcrítico.
    2. Régimen supercrítico.
b. Como vertedero u orificio.

En base a la topografía del sitio de emplazamiento, se opta por la opción a.2, diseño como canal en régimen supercrítico. Esto es posible porque las pendientes del área de estudio son 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 (hasta 30 cm), teniendo en cuenta lo especificado en el Manual de Carreteras del Paraguay.

Una vez obtenida la dimensión mínima para cada punto de cruce mediante la metodología mencionada, se procedió a una inspección / análisis visual del sitio, para determinar si la obra es o no apropiada. Esta inspección se dio mediante el uso de imágenes satelitales y de recorrido del tramo. En las ocasiones en las que a criterio del especialista se han obtenido obras de una dimensión mayor a la necesaria según, se opta por obras estimadas en base a la experiencia.

Las dimensiones propuestas se especifican en las tablas presentadas a continuación:

Tabla: Obras propuestas para los tramos componentes del Lote 2.

| Cuenca | Progresiva | Obra Propuesta | Funcionamiento | Pendiente de cruce | Sentido de Escurrimiento | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|
| TRAMO T3A | | | | | | |
| C1 | 0+477.21 | 3,00 x 1,50 | Canal a 2/3H (66%) | 1.00 | Izq a Der | Obra existente |
| C2 | 0+910.00 | 3[]1,00x1,00 | Canal a 4/5H (80%) | 1.00 | Izq a Der | Obra nueva |
| C3 | 1+154.00 | 3Ø120 | Canal a 2/3H (66%) | 0.76 | Izq a Der | Obra nueva |
| C4 | 3+594.66 | 1Ø120 | Canal a 2/3H (66%) | 0.66 | Der a Izq | Obra nueva |
| C4 | 3+835.00 | 1[]1,00x1,00 | Canal a 2/3H (66%) | 0.50 | Izq a Der | Obra nueva |



CONSORCIO INICIATIVA MACH

26 (VEINTISEIS)

| Cuenca | Progresiva | Obra Propuesta | Funcionamiento | Pendiente de cruce | Sentido de Escurrimiento | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|
| C5A | 0+772.00 | 1[]1,00x1,00 | Canal a 2/3H (66%) | 0.50 | Izq a Der | Obra nueva |
| **TRAMO T3B** | | | | | | |
| C5B | 0+280.00 | 3[]1,50x1,50 | Canal a 2/3H (66%) | 0.68 | Izq a Der | Obra nueva |
| C6 | 0+320.00 | Baden de H° | obra superficial | 1.00 | Izq a Der | Obra nueva |
| C7 | 0+740.00 | 1[]1,00x1,00 | Canal a 2/3H (66%) | 0.78 | Izq a Der | Obra nueva |
| **TRAMO T1** | | | | | | |
| C2 | 1+463.00 | 2[]1,50x1,50 | Canal a 2/3H (66%) | 0.68 | Izq a Der | Obra nueva |
| C3 | 3+228.70 | 1[]1,50x1,50 | Canal a 2/3H (66%) | 0.68 | Der a Izq | Obra nueva |
| C4 | 3+852.20 | 3[]1,50x1,50 | Canal a 2/3H (66%) | 0.76 | Der a Izq | Obra nueva |
| C5 | 4+712.00 | 3Ø100 | Canal a 2/3H (66%) | 0.70 | Der a Izq | Obra nueva |
| C6 | 5+253.39 | 3Ø120 | Canal a 2/3H (66%) | 0.76 | Der a Izq | Obra nueva |
| C7 | 6+280.00 | 1Ø100 | Canal a 2/3H (66%) | 0.76 | Izq a Der | Obra nueva |
| C16A | 7+100 | 1Ø100 | Canal a 2/3H (66%) | 0.70 | Izq a Der | Obra nueva |
| | 8+330 | 1[]1,00x1,00 | Canal a 2/3H (66%) | 0.78 | Der a Izq | Obra nueva |
| | 8+927 | 3[]2,00x2,00 | Canal a 2/3H (66%) | 0.62 | Der a Izq | Obra nueva |
| | 9+358 | 3[]3,00x3,00 | Canal a 4/5H (80%) | 0.50 | Der a Izq | Obra nueva |
| | 9+398 | 1[]3,00x3,00 | Canal a 4/5H (80%) | 0.50 | Der a Izq | Obra nueva |
| | | | | | | |
| C16B | 9+606 | 1[]2,00x2,00 | Canal a 4/5H (80%) | 0.50 | Der a Izq | Obra existente |
| | 9+614 | 1[]2,00x2,00 | Canal a 4/5H (80%) | 0.50 | Der a Izq | Obra existente |
| | 9+838 | 3[]3,00x3,00 | Canal a 2/3H (66%) | 0.50 | Der a Izq | Obra nueva |
| | 9+856 | 1[]2,00x2,00 | Canal a 4/5H (80%) | 0.50 | Der a Izq | Obra existente |
| C17 | 10+937 | 1[]2,00x2,00 | Canal a 2/3H (66%) | 0.76 | Izq a Der | Obra nueva |
| C18 | 10+982 | 2[]2,00x2,00 | Canal a 2/3H (66%) | 0.70 | Izq a Der | Obra nueva |
| C19 | 11+647 | 3Ø120 | Canal a 2/3H (66%) | 0.70 | Izq a Der | Obra nueva |
| C20 | 12+105 | 2Ø100 | Canal a 2/3H (66%) | 0.50 | Der a Izq | Obra existente |
| | 12+458 | 1Ø100 | Canal a 2/3H (66%) | 0.62 | Der a Izq | Obra nueva |
| **TRAMO T2** | | | | | | |
| C1 | 7+357.00 | 3Ø120 | Canal a 2/3H (66%) | 0.76 | Der a Izq | Obra nueva |
| C2 | 7+840.00 | 3Ø100 | Canal a 2/3H (66%) | 0.70 | Der a Izq | Obra nueva |
| C3 | 8+050.00 | 3Ø120 | Canal a 2/3H (66%) | 0.76 | Der a Izq | Obra nueva |
| C4 | 8+611.00 | 3[]1,50x1,50 | Canal a 2/3H (66%) | 1.00 | Der a Izq | Obra nueva |
| C5 Y C6 | 9+555.95 | 1Ø100 | Canal a 2/3H (66%) | 0.76 | Der a Izq | Obra nueva |
| | 9+674.00 | 3Ø120 | Canal a 2/3H (66%) | 0.76 | Der a Izq | Obra nueva |
| C7 | 10+084.00 | 3[]2,00x2,00 | Canal a 2/3H (66%) | 0.62 | Der a Izq | Obra nueva |



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

25 (VEINTICINCO).

### 5.1.2 ALCANTARILLAS LONGITUDINALES

Las alcantarillas longitudinales son aquellas obras que permiten el paso del agua transportada por cunetas en las intersecciones de una vía con otros caminos. El dimensionamiento de estas obras de paso se realiza identificando el valor del caudal transportado por una cuneta hasta el punto en donde la vía intersecta caminos. Las dimensiones propuestas se indican en las tablas siguientes:

Tabla: Alcantarillas longitudinales para el tramo de acceso a las comunidades indígenas.

| Progresiva | Obra Propuesta | Ubicación |
|---|---|---|
| **Tramo 3A** | | |
| 3+180 | ATSH Ø 1,00m | Lado Izq. en calle lateral / sector cuneta rev. |
| **Tramo 3B** | | |
| 1+060 | ATSH Ø 1,00m | Lado Izq. en calle lateral. |
| **Tramo 2** | | |
| 1+960 | ATSH Ø 1,00m | Lado Izq. en calle lateral. |
| **TRAMO 1** | | |
| 11+920 | ATSH Ø 1,00m | Lado Izq. en calle lateral. |
| 11+990 | ATSH Ø 1,00m | Lado Izq. en calle lateral. |
| 5+010 | ATSH Ø 1,00m | Lado Izq. en calle lateral. |
| 12+110 | ATSH Ø 1,00m | Lado Izq. en calle lateral. |
| 12+300 | ATSH Ø 1,00m | Lado Der. en calle lateral. |
| 12+260 | ATSH Ø 1,00m | Lado Izq. en calle lateral. |
| 12+290 | ATSH Ø 1,00m | Lado Der. en calle lateral. |
| 12+380 | ATSH Ø 1,00m | Lado Izq. en calle lateral. |
| 12+380 | ATSH Ø 1,00m | Lado Der. en calle lateral. |

### 5.1.3 DIMENSIONAMIENTO DE CUNETAS

El flujo en las cunetas está compuesto por el escurrimiento superficial de la pista y por aportes laterales originados en terreno. A lo largo de la cuneta, el caudal va incrementando en la dirección del flujo hasta el punto de descarga. La función de las cunetas es la de transportar las aguas de estos aportes hasta un punto de descarga viable, sin comprometer la estabilidad del terraplén.

**Consideraciones de Diseño**

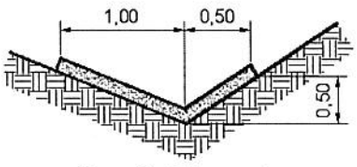
Cuando las velocidades de escurrimiento en las cunetas superan las velocidades admisibles del material local, se debe proceder al revestimiento de las mismas. La velocidad se encuentra en función de la rugosidad, la geometría de la sección y la pendiente. Los tramos con pendientes iguales o superiores a 3%, de acuerdo con el tipo de suelo, serán drenados por medio de cunetas de hormigón.

Las cunetas de hormigón podrán ser del tipo triangular o trapezoidal, según la longitud y el porcentaje de la pendiente.

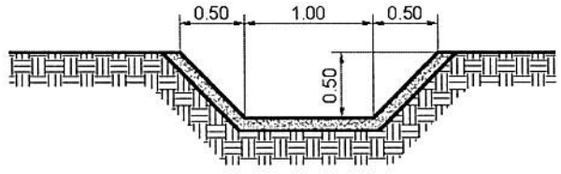


CONSORCIO INICIATIVAS MACH

24 (VEINTICUATRO)




Cuneta Triangular

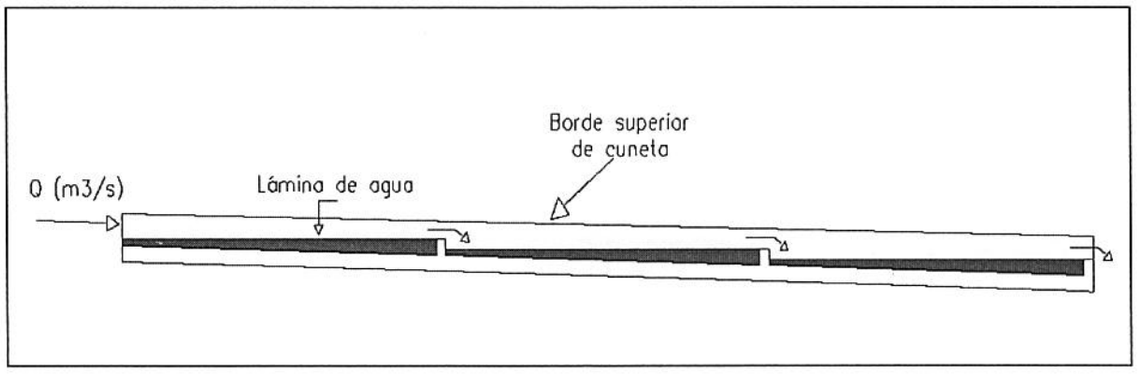



Cuneta Trapezoidal

Cabe aquí mencionar que algunos elementos de proyecto, tales como posición del eje y pendientes podrán sufrir pequeños ajustes en la fase de ejecución de obra.

En el final de las cunetas triangulares serán ejecutados disipadores de energía en hormigón, de acuerdo al detalle de los planos.

Asimismo, cuando las velocidades de escurrimiento del flujo superan 4,5 m/s, se debe proceder a la utilización de gradas, muros transversales u otros mecanismos para disminuir la velocidad a rangos aceptables. En este caso se opta por la utilización de muros transversales, de manera a crear un efecto escalonado, tal como se muestra en la siguiente figura.




Las pendientes de proyecto fueron obtenidas a partir de levantamientos topográficos del fondo de los cursos de agua, que, como sabemos, sufre influencia diaria de acción de las aguas, pudiendo ser erosionados o depositados materiales, especialmente después de los períodos de crecientes.

**Metodología de Cálculo**

La metodología adoptada para el cálculo de cunetas consiste en:

a) Estimación de los caudales de aporte de pista y caudales de aporte lateral a la vía. Se tienen en cuenta los aportes laterales que ingresan al tramo vial, y son captadas por las cunetas. Los caudales se obtienen delimitando cuencas de aporte de cunetas y aplicando el método racional, tal como se realizó en el apartado de hidrología para el cálculo de caudales de obras trasversales.

b) Estimación del *Máximo Caudal* que pueden transportar distintas secciones. Esta estimación se realiza mediante la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n}\ x\ A\ x\ R^{\frac{2}{3}}\ x\ S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q = caudal (m3/s)

A = área de la sección (m2)



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

23 (VEITITRES)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente (m/m)

En base a esta estimación, se definen 4 (cuatro) tipos de secciones, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla: Secciones tipo de cunetas para distintas pendientes.

| Tipo de cuneta | Ancho de base (m) | Profundidad (m) | Pend. Talud H:1V | Pend. Contratalud H:1V |
|---|---|---|---|---|
| Tipo A | 0 | 0.3 | 1 | 1 |
| Tipo B1 | 0.4 | 0.4 | 1 | 1 |
| Tipo B2 | 0.5 | 0.5 | 1 | 1 |
| Tipo B3 | 0.6 | 0.6 | 1 | 1 |

c) En base al caudal estimado en *a)*, se asigna la sección más óptima hidráulicamente. Para aquellos tramos en donde la pendiente del terreno excede la máxima pendiente de cuneta capaz de transportar el caudal estimado, se utilizan gradas disipadoras. Caso contrario, se asume que la pendiente de la cuneta será igual a la pendiente del terreno.



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

22 (VEINTI DOS)

## 6 PRESUPUESTO DE OBRA

Los Presupuestos se obtuvieron, en correspondencia con los diversos tramos, por multiplicación de los precios unitarios y las cantidades de obra correspondientes. En él, se incluyen las inversiones relacionadas con la estructura del pavimento, movimiento de suelo, obras complementarias y dispositivos de seguridad vial.

A continuación se presenta el cuadro de resumen de costos de acuerdo al tipo de intervención a ser efectuada. El detalle de las Planillas de Presupuesto de las obras proyectadas para los diversos Tramos se encuentra en Anexo del presente documento.



CONSORCIO INICIATIVAS MACH

21 (VEINTIUNO).

CONSORCIO INICIATIVAS MACH

20 (VEINTE)

## CANTIDAD DE ITEMS CONTRACTUALES

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD CONTRACTUAL | PRECIO UNITARIO (Gs) | PRECIO TOTAL (Gs) | CANTIDAD CM Nº1 | PRECIO UNITARIO (Gs) | PRECIO TOTAL (Gs) | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Proyecto Básico | km | 24,46 | 13.920.000 | 340.483.200 | 25,32 | 13.920.000 | 352.454.400 | 1,00% |
| 2 | Limpieza y Despeje de Franja de dominio | ha | 24,46 | 5.263.497 | 128.745.137 | 16,80 | 5.263.497 | 88.426.750 | 0,25% |
| 3 | Excavación de zanjas de drenajes | m3 | 2.079,10 | 22.707 | 47.210.124 | 10.560,56 | 22.707 | 239.798.636 | 0,68% |
| 4 | Excavación de bolsones | m3 | 2.323,70 | 27.249 | 63.318.501 | 38.524,00 | 27.249 | 1.049.740.476 | 2,98% |
| 5 | Empedrado | m2 | 17.122,00 | 31.552 | 540.233.344 | | 31.552 | | |
| 6 | Bacheo de empedrado existente (5%) | m2 | 856,10 | 55.314 | 47.354.315 | 2.563,82 | 55.314 | 141.815.139 | 0,40% |
| 7 | Terraplén | m3 | 46.474,00 | 43.324 | 2.013.439.576 | 163.851,92 | 43.324 | 7.098.720.582 | 20,12% |
| 8 | Banquina de suelo seleccionado (CBR>18, e=35cm) | m3 | 25.683,00 | 57.607 | 1.479.520.581 | 18.732,69 | 57.607 | 1.079.134.073 | 3,06% |
| 9 | Cordón de Hormigón Simple | ml | 4.892,00 | 28.700 | 140.400.400 | | 28.700 | | |
| 10 | Cordón Cuneta de Hormigón | m3 | 244,60 | 941.329 | 230.249.073 | 270,75 | 941.329 | 254.864.827 | 0,72% |
| 11 | Cuneta Revestida de Hormigón | m3 | 856,10 | 909.517 | 778.637.504 | 788,95 | 909.517 | 717.563.437 | 2,03% |
| 12 | Macadam Hidráulico (e=30cm) | m3 | 51.366,00 | 153.260 | 7.872.353.160 | 36.454,39 | 153.260 | 5.586.999.811 | 15,84% |
| 13 | Regularización de concreto asfaltico (45kg/m2) | tn | 7.704,90 | 523.261 | 4.031.673.679 | 2.390,77 | 523.261 | 1.250.996.701 | 3,55% |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | Riego de liga | m2 | 171.220,00 | 4.006 | 685.907.320 | 177.696,72 | 4.006 | 711.853.060 | 2,02% |
| 15 | Riego de imprimación | lts | 188.342,00 | 9.060 | 1.706.378.520 | 198.434,58 | 9.060 | 1.797.817.295 | 5,10% |
| 16 | Carpeta de Concreto Asfaltico (e=5cm) | m3 | 8.561,00 | 1.272.142 | 10.890.807.662 | 8.884,84 | 1.272.142 | 11.302.778.127 | 32,04% |
| 17 | Badén de Hormigón Armado fck= 18Mpa | m3 | 569,47 | 1.010.876 | 575.663.556 | 155,80 | 1.010.876 | 157.494.481 | 0,45% |
| 18 | Alcantarilla Tubular Simple D= 0,80 m | ml | 171,22 | 1.853.105 | 317.288.638 | | 1.853.105 | | |
| 19 | Alcantarilla Tubular Simple D= 1,00 m | ml | 73,38 | 3.062.314 | 224.712.601 | 63,00 | 3.062.314 | 192.925.782 | 0,55% |
| 20 | Alcantarilla Celular de 1,0 x 1,0 m | ml | 73,38 | 3.388.813 | 248.671.098 | 322,00 | 3.388.813 | 1.091.197.786 | 3,09% |
| 21 | Alcantarilla Celular de 1,5 x 1,5 m | ml | 73,38 | 4.766.353 | 349.754.983 | 12,00 | 4.766.353 | 57.196.236 | 0,16% |
| 22 | Alcantarilla Celular de 2,0 x 2,0 m | ml | 48,92 | 7.122.739 | 348.444.392 | 52,00 | 7.122.739 | 370.382.428 | 1,05% |
| 23 | Dren profundo | ml | 826,75 | 200.111 | 165.441.769 | 210,00 | 200.111 | 42.023.310 | 0,12% |
| 24 | Revestimiento vegetal con tepes | m2 | 14.676,00 | 8.758 | 128.532.408 | 136.334,26 | 8.758 | 1.194.015.449 | 3,38% |
| 25 | Reposición de cañerías de red de agua, d=40mm, incluye accesorios | ml | 1.834,50 | 22.581 | 41.424.845 | 3.498,49 | 22.581 | 78.999.403 | 0,22% |
| 26 | Señalización vertical | m2 | 77,84 | 970.445 | 75.539.439 | 159,60 | 970.445 | 154.883.022 | 0,44% |
| 27 | Señalización horizontal | m2 | 15.353,81 | 38.457 | 590.461.471 | 9.486,61 | 38.457 | 364.826.561 | 1,03% |
| 28 | Tachas reflectivas | un | 4.427,26 | 27.133 | 120.124.846 | 4.176,00 | 27.133 | 113.307.408 | 0,32% |
| 29 | Tachones reflectivos | un | 1.712,20 | 84.028 | 143.872.742 | 320,00 | 84.028 | 26.888.960 | 0,08% |

CONSORCIO INICIATIVAS MACH

19 (Diecinueve)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | Instalación y Servicios especializados | mes | 24,00 | 13.247.200 | 317.932.800 | 29,00 | 13.247.200 | 384.168.800 | 1,09% |
| 31 | Movilización (3%) | gl | 1,00 | 638.000.000 | 638.000.000 | 1,00 | 638.000.000 | 638.000.000 | 1,81% |
| **SUB TOTAL IVA INCLUIDO** | | | | | | | | **36.539.272.940** | **103,56%** |

| ITEMS NUEVOS | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ÍTEM** | **DESCRIPCIÓN** | **UNIDAD** | **CANTIDAD CONTRACTUAL** | **PRECIO UNITARIO (Gs)** | **PRECIO TOTAL (Gs)** | **CANTIDAD CM Nº1** | **PRECIO UNITARIO (Gs)** | **PRECIO TOTAL (Gs)** | **%** |
| 32 | Alcantarilla Tubular Doble D= 1,00m | ml | | | | 12,00 | 5.276.152 | 63.313.824 | 0,18% |
| 33 | Alcantarilla Tubular Triple D= 1,00m | ml | | | | 39,00 | 7.708.758 | 300.641.562 | 0,85% |
| 34 | Alcantarilla Tubular Simple D= 1.20m | ml | | | | 13,00 | 3.823.797 | 49.709.361 | 0,14% |
| 35 | Alcantarilla Tubular Triple D= 1.20m | ml | | | | 65,00 | 10.454.087 | 679.515.655 | 1,93% |
| 36 | Alcantarilla Celular Doble de 1,0 x 1,0 m | ml | | | | 11,00 | 6.139.731 | 67.537.041 | 0,19% |
| 37 | Alcantarilla Celular Triple de 1,0 x 1,0 m | ml | | | | 13,00 | 8.598.950 | 111.786.350 | 0,32% |
| 38 | Alcantarilla Celular Doble de 1,5 x 1,5 m | ml | | | | 11,00 | 8.834.879 | 97.183.669 | 0,28% |
| 39 | Alcantarilla Celular Triple de 1,5 x 1,5 m | ml | | | | 47,00 | 11.626.530 | 546.446.910 | 1,55% |
| 40 | Alcantarilla Celular Doble de 2,0 x 2,0 m | ml | | | | 26,00 | 11.941.310 | 310.474.060 | 0,88% |
| 41 | Alcantarilla Celular Triple de 2,0 x 2,0 m | ml | | | | 26,00 | 16.233.668 | 422.075.368 | 1,20% |
| 42 | Demolición de cabeceras de alcantarilla celular simple 2,0 x 2,0 m | m3 | | | | 28,00 | 513.300 | 14.372.400 | 0,04% |

CONSORCIO INICIATIVAS MACH

48 (Dieciocho)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 | Prolongación de alcantarilla celular simple de 2,0 x 2,0 m | m3 | | | | 104,00 | 2.272.976 | 236.389.504 | 0,67% |
| 44 | Alcantarilla Celular Doble de 2,5 x 2,5 m | ml | | | | 11,00 | 14.000.932 | 154.010.252 | 0,44% |
| 45 | Alcantarilla Celular Triple de 3,0 x 3,0 m | ml | | | | 26,00 | 26.691.541 | 693.980.066 | 1,97% |
| 46 | Ampliación de Puente Existente | gl | | | | 1,00 | 228.164.310 | 228.164.310 | 0,65% |
| 47 | Traslado de Columnas de ANDE | un | | | | 131,00 | 1.654.370 | 216.722.470 | 0,61% |
| 48 | Traslado de Alambrado | ml | | | | 10.694,00 | 15.937 | 170.430.278 | 0,48% |
| 49 | Alambrado Nuevo | ml | | | | 6.300,00 | 25.099 | 158.123.700 | 0,45% |
| 50 | Traslado de acometidas eléctricas de mampostería | un | | | | 64,00 | 1.823.212 | 116.685.568 | 0,33% |
| 51 | Traslado de acometidas eléctricas con postes de Karanday | un | | | | 35,00 | 520.726 | 18.225.410 | 0,05% |
| 52 | Remoción de estructuras existentes | m3 | | | | 85,00 | 532.150 | 45.232.750 | 0,13% |
| 53 | Losa Base de H°A° para accesos a viviendas fck=18 MPa | m3 | | | | 28,00 | 909.517 | 25.466.476 | 0,07% |
| 54 | Muro de Piedra Bruta para accesos a viviendas | m3 | | | | 112,00 | 532.382 | 59.626.784 | 0,17% |
| 55 | Losa de H°A° para accesos a viviendas fck=21 Mpa | m3 | | | | 28,00 | 2.248.255 | 62.951.140 | 0,18% |
| 56 | Barandas metálicas de protección | ml | | | | 900,00 | 280.370 | 252.333.000 | 0,72% |
| 57 | Cartel de Obra | un | | | | 10,00 | 2.957.078 | 29.570.780 | 0,08% |

CONSORCIO INICIATIVAS MACH

(Diecisiete) 17

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 58 | Dren de Banquina | ml | | | | 3.242,60 | 111.373 | 361.138.090 | 1,02% |
| 59 | Excavación no clasificada | m3 | | | | 6.728,16 | 26.200 | 176.277.792 | 0,50% |
| 60 | Excavación en roca | m3 | | | | 600,00 | 186.106 | 111.663.600 | 0,32% |
| **SUB TOTAL IVA INCLUIDO** | | | | | | | | **5.780.048.170** | **16,38%** |
| **PRECIO TOTAL IVA INCLUIDO** | | | | | | | | **42.319.321.110** | **119,94%** |

16 (Dieciseis)

CONSORCIO ALTAMIRA CAPITAL