

DRENAJE URBANO SUSTENTABLE

EL ENCUENTRO

Memoria descriptiva y cálculo

Resumen	2
Desarrollo	4
Fundamentación Teórica de Drenaje Urbano Sustentable	5
Elementos conceptuales	6
En la fuente.....	6
Micro-drenaje.....	6
Determinación de la Cuenca Hidrológica de Aporte	7
Determinación de la Cuenca Hidrológica de Aporte Externo	7
Duración de la Tormenta.....	8
Periodo de Retorno.....	9
Cálculo de la Intensidad de Precipitación	9
Curva IDF 3-10	10
Coeficientes de escorrentía.....	11
Transformación de precipitación en escorrentía (Caudales y Volúmenes)	13
Volúmenes Afluentes e Infiltrados y Almacenados.	14
Volumen de infiltración $V_{inf}(t)$ en m^3 dado por:	15
Determinación del Coeficiente de Seguridad para infiltración C_s	15
Determinación de tasa de infiltración del suelo.....	16
Cálculos de Volumen afluente, Volumen Infiltrado y Caudal Sobrante	17
Cálculos de Volumen afluente, Volumen Infiltrado y Caudal Sobrante de Cuenca Exterior	19
Descripción de la red	20
Descripción de los drenes laterales filtrantes.....	21
Área de infiltración y volumen de almacenamiento en drenes de la red propuesta.....	22
Descripción de Estanque de Infiltración en Área de Tutela Hidrológica	22
Anexos A Ensayos de Laboratorio de Suelos	24

Resumen

La red de pluviales está concebida bajo la lógica de **Drenajes Urbanos Sustentables** que promueve la laminación e infiltración del agua de lluvia a los efectos de reducir y minimizar los impactos generados por los cambios que la futura urbanización pudiera ocasionar en el ciclo hidrológico.

La red está compuesta por los siguientes elementos:

Una red de drenes de infiltración laterales a la caminería existente que infiltran la escorrentía de los propios lotes (cuenca Interna).

Un estanque de infiltración de 2 mil m² de superficie natural que atiende el excedente de agua que proviene de la UPH Pinar del Faro (Cuenca Externa).

Se distinguen dos aportes principales de aguas pluviales, uno que denominamos Cuenca Interna, de 18 has de superficie, que es la lluvia que cae sobre la propia UPH El Encuentro y que se resuelve mediante drenes de infiltración laterales a la caminería. El otro aporte de aguas pluviales se produce en forma de flujo concentrado que ingresa por el flanco Sur de la UPH y proviene de una alcantarilla de Pinar del Faro, que denominamos Cuenca Externa, de 23.75 has de superficie, El agua que genera está cuenca se resuelve mediante una zona de tutela hidrológica que funciona como un estanque de infiltración natural.

A Continuación, se describen los principales parámetros hidrológicos de cada cuenca y la solución adoptada:

a) Cuenca Interna

Los cálculos se realizaron con los siguientes parámetros:

Área de cuenca de aporte hidrológico =18 has

Curva de precipitación P (10,3p) = 74 mm

Coeficiente De Seguridad = 0.75

Coeficiente escorrentía =0.42

Tr (años) = 10

f inf(mm/hr) = 6075

Índice de porosidad = 40%

- La solución está conformada por drenes de infiltración de sección rectangular de 1 m de ancho por 0.5m de profundidad rellenas con piedra partida de d50 equivalente a 5 cms.
- La Longitud total de los drenes de infiltración es de 3 366 metros lineales.
- Esta solución es capaz de conducir e infiltrar los caudales generados producto de la escorrentía pluvial superficial de la urbanización desarrollada.
- Promueve la infiltración al terreno de las aguas pluviales, teniendo un área total de infiltración de 6 732 m².
- Cuenta con una capacidad de laminación de 1 683 m³.

b) Cuenca Exterior

Se trata de una cuenca que genera un ingreso de aguas pluviales en un flujo concentrado a la UPH desde en una alcantarilla que se sitúa en el extremo Sur Este de Pinar del Faro.

Para atender este ingreso de pluviales hacia la UPH El Encuentro se genera un área de "Tutela Hidrológica "de 14 m x 143 m equivalente a unos 2 004 m² de superficie donde se fomenta la infiltración natural de estas aguas, mediante un estanque natural. El reglamento de arquitectura contemplara esta área de Tutela hidrológica para infiltración natural de las aguas pluviales provenientes de esta cueca externa.

Área de cuenca de aporte hidrológico =23.75 has

Curva de precipitación P (10,3p) = 74 mm

Coeficiente De Seguridad = 0.75

Coeficiente escorrentía =0.42

Tr (años) = 10

f inf(mm/hr) = 6075

Esta solución es capaz de laminar e infiltrar las aguas provenientes de la cuenca exterior.

Desarrollo



Fig. 1 Master Plan

El padrón 16694 tiene un área de 16 hectáreas y está situado en la localidad de José Ignacio departamento de Maldonado se encuentra en la manzana 68. carpeta 9, se observa que esta manzana presenta un fuerte grado de urbanización, principalmente por la UPH Pinar del Faro (40 hectáreas de superficie).

El proyecto de pluviales está basado en las recomendaciones y lineamientos del documento:

“Manual de Diseño de Sistemas de Aguas Pluviales Urbanas” elaborado por el MVOTMA



Fig. 2 Manual Dinagua

La red de pluviales está concebida bajo la lógica de **Drenajes Urbanos Sustentables** que promueve la laminación e infiltración del agua de lluvia a los efectos de reducir y minimizar los impactos generados por los cambios que la futura urbanización pudiera ocasionar en el ciclo hidrológico.

Por todo esto se propone una red de pluviales que busque la infiltración al terreno de la escorrentía emulando lo que hoy sucede naturalmente en el terreno.

El sistema de pluviales del fraccionamiento a realizarse está pensado de modo de cumplir con los requerimientos de captación, conducción y evacuación de aguas de escorrentía pluvial de los espacios públicos y privados de acuerdo a los criterios establecidos por la Intendencia de Maldonado en su resolución 08218/2015.

Básicamente esta resolución establece:

- Todos los puntos de frente de lotes deben estar a más de 0.30 metros de la cota del eje de calle, para evitar el ingreso de pluviales desde la vía pública. En casos de terrenos con taludes mayores, estos deben estar estabilizados y acondicionados de manera de evitar la erosión de los mismos.
- Los lotes deberán quedar conformados de tal modo que los desagües sean hacia la vía pública o a través de servidumbres de acueducto establecidas en los planos de mensura correspondientes.
- *El dimensionado de cunetas, colectores y tomas de agua, se realizará considerando el no sobrepasamiento del 90% de la capacidad de los mismos para eventos de 2 años de período de retorno.*
- *El funcionamiento para un supuesto sistema colector más canal por calle para un evento de 20 años de período de retorno, considerando una situación consolidada con calle asfaltada, con cordón y sin cunetas. Este deberá ser sin desborde del nivel de un cordón cuneta de 18 centímetros de altura, con una calle con pendiente transversal al 2%, y cordón cuneta al 5% en 50 centímetros de ancho.*

Es de notar que el decreto mencionado está pensado para un sistema de pluviales convencional de captación y conducción de las aguas pluviales hacia el espacio público, pero no considera la infiltración al terreno por lo que se utilizarán los criterios del Manual de Diangua.

Fundamentación Teórica de Drenaje Urbano Sustentable

Cuando se urbaniza un entorno natural, se impermeabiliza una parte importante de las superficies mediante; edificaciones, caminos, estacionamientos, etc. Esto provoca que el agua que antes se infiltraba, o que se acumulaba en depresiones del terreno ahora escurre por la superficie y sea necesario recogerla, transportarla y verterla al entorno natural en puntos concretos. por lo general en la vía publica para que el estado en uso de sus potestades y responsabilidades lo gestione correctamente tanto desde un punto de vista sanitario como ambiental.

Como consecuencia de esta impermeabilización del terreno se altera el ciclo hidrológico natural del agua, produciéndose mayores volúmenes de escorrentía y mayores caudales pico.

Mediante la implantación de **Sistemas Urbanos de Drenaje Sustentable (SUDS)** se pretende que la respuesta hidrológica de una zona urbanizada sea lo más parecida posible a la que tenía en su estado original. Definiríamos entonces los SUDS como elementos de la red de drenaje que nos permitirán recoger, transportar, laminar, infiltrar y evacuar el agua de lluvia de una manera sostenible.

Se evita el uso de una óptica higienista o correctiva en la concepción del sistema de drenaje y se mitiga la transferencia de impactos aguas abajo de la cuenca.

Es por todo lo anteriormente expresado que se tomarán las medidas necesarias para favorecer la retención o laminación y posterior infiltración del agua al terreno.

Se aprovechará el hecho de que el emprendimiento se desarrolla en un suelo altamente permeable, Unidad de Suelo Laguna Merin, compuesto por arenas de granulometría media a gruesa con una alta tasa de conductividad hidráulica lo que se traduce en un elevado coeficiente de infiltración o bajo coeficiente de escorrentía.

Para el diseño de la red de pluviales se asumen las siguientes hipótesis:

1. Todos los predios propuestos evacuan sus pluviales a la calle.
2. Toda el agua de escorrentía pluvial es recolectada, conducida, retenida e infiltrada para los períodos de retorno y duración de tormenta asumidos en el diseño.

Elementos conceptuales

Para el análisis del sistema, modelación y consecuente diseño del mismo se discretiza la realidad en los siguientes componentes conceptuales:

- La Fuente.
- Micro-Drenaje.

En la fuente

El drenaje en la fuente es el escurrimiento pluvial que ocurre en el lote, en este caso en particular al tener un FOS VERDE del 50%, el impacto en el patrón de escurrimiento como resultado de la urbanización es de por sí limitado, factor que como veremos tiene mayor relevancia en el impacto limitado de la urbanización sobre el ciclo hidrológico.

Micro-drenaje

Es el subsistema conformado por el escurrimiento pluvial en conducciones, ya sean cunetas, drenes filtrantes, cordones cuneta, canales abiertos, tuberías enterradas u otros, pertenecientes a redes colectivas internas de un predio y en redes urbanas. El microdrenaje se caracteriza por la metodología que se aplica para estimar el caudal de diseño. En general se aplica el método racional, metodología simplificada y con limitaciones, y aplicable a cuencas de hasta 150 a 200 Hás.

En este caso en particular como se verá a continuación la cuenca de aporte hidrológico no supera las 18 has.

Determinación de la Cuenca Hidrológica de Aporte

Para la determinación de la cuenca se utilizó la siguiente información

- MDT del IDEUY
- Relevamientos de campo planialtimétricos con equidistancia de 0.5 metros realizados por Ing Agrimensor.
- Análisis de Imágenes Satelitales.
- Red de caminería existente. Camino de Las Portuguesas al Este y Ruta 10 al Sur
- Infraestructura pluvial existente, cunetas y alcantarillas, en este caso en particular no se detectaron alcantarillas o badenes en el Camino de las Portuguesas o en el tramo de Ruta 10 afectado al área de Interés.
- Niveles finales de terreno y caminería una vez concluidos los movimientos de suelos inherentes al proyecto.

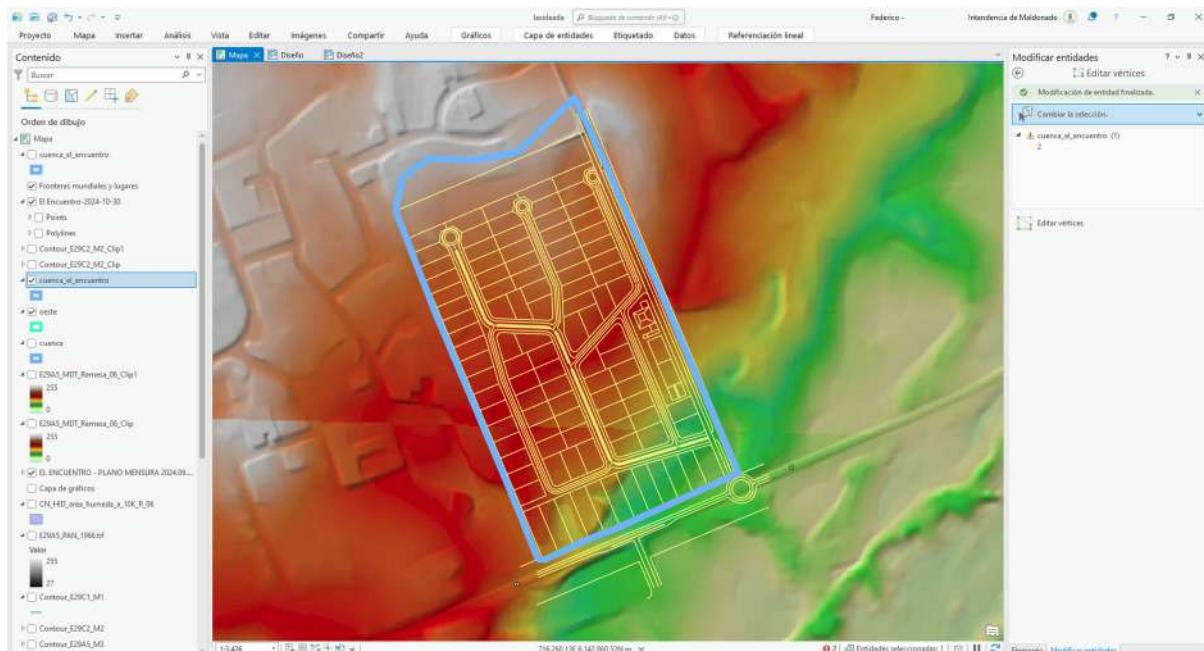


Fig. 3 MDT IDEUY, MASTERPLAN y CUENCA APORTE

La cuenca de aporte hidrológico a la UPH el Encuentro es de 18 has, de las cuales 16 son la propia UPH.

Determinación de la Cuenca Hidrológica de Aporte Externo

Al Sur del predio, desde la faja de servicio de la Ruta 10 se produce un ingreso de agua concentrada. Este ingreso es resultado de acciones antrópicas que han ido modificando la topografía del lugar, el agua proviene de una alcantarilla que evacua las aguas pluviales de la UPH Pinar del Faro a la faja de servicio y quedando represada por el terraplén de la ruta corre hacia el Este para luego ingresar al predio.

Analizando el modelo digital de terreno se estima que esta cuenca tiene una superficie de 23 has

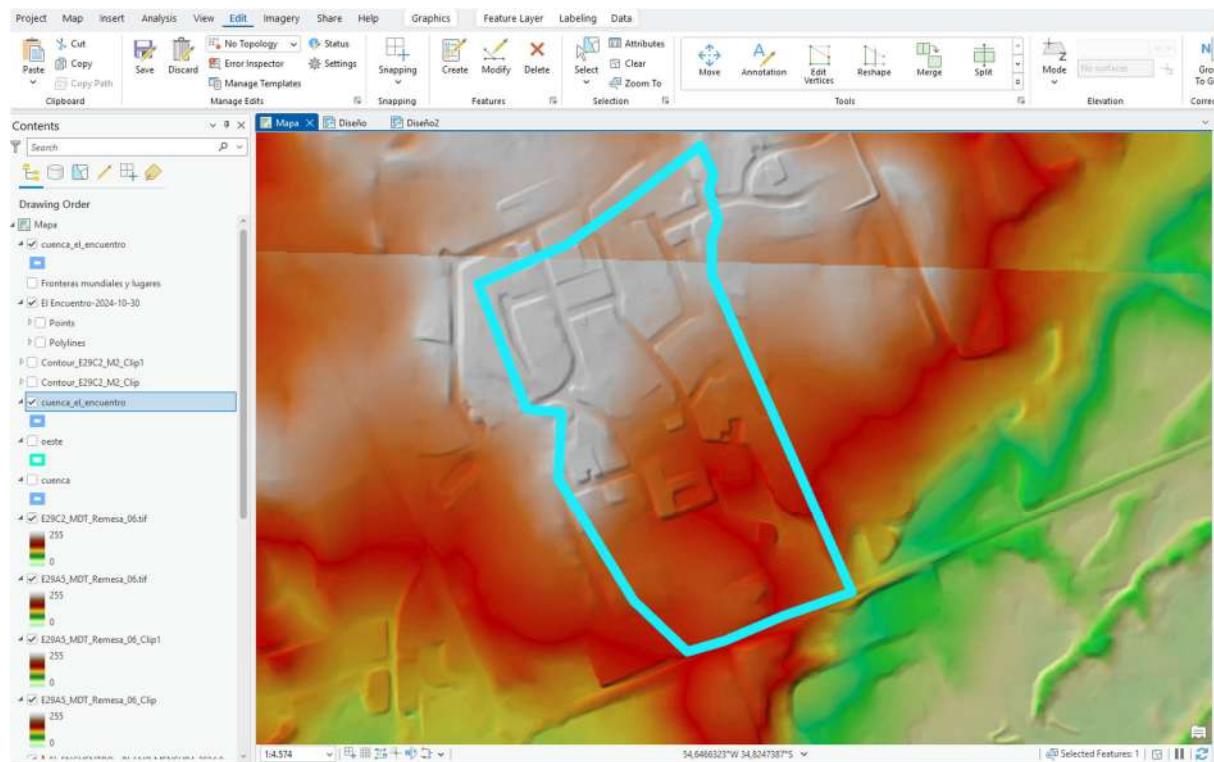


Fig. 4 MDT IDEUY, CUENCA EXTERIOR UPH PINAR DEL FARO

Duración de la Tormenta

El tiempo de concentración se define como el tiempo que tarda una gota de agua en alcanzar el punto de cierre de la cuenca a través del recorrido hidráulicamente más largo (recorrido de la escorrentía de mayor tiempo de viaje dentro de la cuenca). Este valor depende fundamentalmente de las condiciones de la cuenca como el área y su coeficiente de escorrentía además del camino recorrido por el flujo, del período de retorno y de las condiciones de dicho escurrimiento.

Los métodos de cálculo de los caudales máximos de escorrentía utilizan las duraciones de una tormenta relacionadas con el tiempo de concentración. En caso que la intensidad sea constante en el tiempo de duración de la tormenta, válido en cuenca de poca extensión, se adopta la duración de la lluvia como el tiempo de concentración.

Como se mencionó anteriormente Los métodos de cálculo de los caudales máximos de escorrentía utilizan duraciones de una tormenta relacionadas con el tiempo de concentración. En caso que la intensidad sea constante en el tiempo de duración de la tormenta, válido en cuenca de poca extensión, se adopta la duración de la lluvia como el tiempo de concentración, dado que en este caso más importante que el Caudal Pico es la Integral del Hidrograma, es decir volumen de agua que escurre la cuenca, por lo que se hace énfasis en extender la tormenta muy por encima del Tc.

Para este caso se consideran duraciones de tormenta de hasta 24 hrs. Iniciando con duración de 0.2 hrs y luego incrementando con paso de una hora hasta llegar a las 24 hrs

Periodo de Retorno.

Por definición el periodo de retorno (Tr) para cualquier variable es el promedio de los tiempos que transcurren entre dos eventos consecutivos en que la variable es igual o supera cierto valor de referencia establecido. Se define la probabilidad P que dicho evento ocurra o bien se presente un evento que lo supere en un año determinado como:

$$P = \frac{1}{T_r}$$

Una estructura civil puede fallar siempre y cuando la magnitud de diseño supere el valor que corresponde al periodo de retorno Tr de diseño durante la vida útil de la estructura, siendo esta última aquel periodo de tiempo que se espera que la obra esté en funcionamiento.

Para estimar este riesgo de falla de la estructura puede calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$R = 1 - [1 - P]^n$$

Por otra parte, el Manual de Dinagua sugiere para sistemas de infiltración periodos de retorno entre 5 y 10 años.

La resolución 0821/2015 establece periodos de retorno de 2 años para los sistemas de conducción, pero en la lógica de un sistema de pluviales basado en la captación y conducción, pero no hace referencia a sistemas de infiltración, por eso se aplica el criterio más conservador que propone el manual de Dinagua, es decir

- **Tr 10 años.**

Cálculo de la Intensidad de Precipitación

En el diseño de sistemas de drenaje de pluviales la precipitación es uno de los parámetros más importantes. Esto se debe a que sus características (intensidad, duración, frecuencia) condicionan la capacidad de los componentes de estos sistemas, así como sus rasgos estructurales (pendientes, revestimiento, entre otros).

Se presentan a continuación algunas propuestas para estimar la intensidad de precipitación correspondiente a la tormenta de diseño en función a la duración de la lluvia y la frecuencia de ocurrencia o período de retorno. Estos métodos permiten encontrar las llamadas relaciones Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).

Donde Tr es el período de retorno en años.

P(3,10p) es la altura de precipitación para una tormenta de 3hs de duración, 10 años de período de retorno en mm, en un sitio p de Uruguay. Se obtiene del mapa de isoyetas de la siguiente figura.

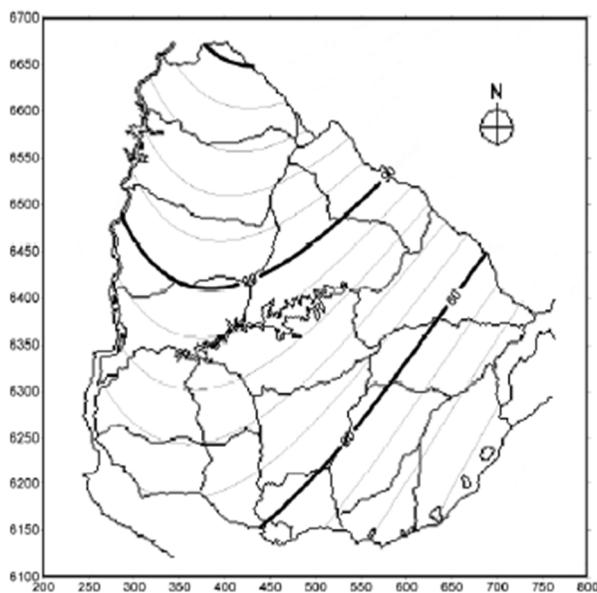


Fig. 5 Mapa Isoyetas P (3.10.p)

Curva IDF 3-10

Si bien el manual de Dinagua plantea la utilización de la curva que se corresponde a IDF3-10 = 74 mm para Maldonado según fig. 4, se aplicará la que establece la resolución departamental 0821/2015 por ser más conservadora, es decir IDF3-10 = 83 mm que es sensiblemente superior y de esta manera se maximiza la lluvia que precipita sobre el territorio, de esta forma se absorbe el incremento de precipitación que se podría dar por efectos del Cambio Climático.

IDF3-10 = 83 mm

En el siguiente cuadro se muestran las precipitaciones acumuladas según la duración de la tormenta, se exemplifica con 4 duraciones dentro del rango establecido.

Duración (hrs)	Precipitación acumulada (mm)
1	50.03
6	73.62
12	125.4
24	151.68

Fig. 6 Tabla con precipitaciones acumuladas

Coeficientes de escorrentía.

La fracción de agua de lluvia que efectivamente escurre por la cuenca depende de la cobertura superficial, el tipo de suelo, el tiempo de retorno del evento considerado, así como de la intensidad de la precipitación, y otras abstracciones.

Las diferentes subcuenas presentan diferentes cubiertas superficiales (pasto, techos y balasto). Teniendo en cuenta las diferentes características superficiales, es posible asignar a una cuenca un coeficiente de escorrentía ponderando los diferentes valores por el área ocupada.

$$C = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{A_{\text{total}}}$$

Donde,

- C_i es el coeficiente de escorrentía de la subcuenca i .
- A_i es el área de la subcuenca i
- A_{total} es el área total.

A continuación, se muestra una tabla con diferentes coeficientes de escorrentía en función del uso y tipo de cobertura del suelo

Type of Drainage Area	Runoff Coefficient, C*
Business:	
Downtown areas	0.70 - 0.95
Neighborhood areas	0.50 - 0.70
Residential:	
Single-family areas	0.30 - 0.50
Multi-units, detached	0.40 - 0.60
Multi-units, attached	0.60 - 0.75
Suburban	0.25 - 0.40
Apartment dwelling areas	0.50 - 0.70
Industrial:	
Light areas	0.50 - 0.80
Heavy areas	0.60 - 0.90
Parks, cemeteries	0.10 - 0.25
Playgrounds	0.20 - 0.40
Railroad yard areas	0.20 - 0.40
Unimproved areas	0.10 - 0.30
Lawns:	
Sandy soil, flat, 2%	0.05 - 0.10
Sandy soil, average, 2 - 7%	0.10 - 0.15
Sandy soil, steep, 7%	0.15 - 0.20
Heavy soil, flat, 2%	0.13 - 0.17
Heavy soil, average, 2 - 7%	0.18 - 0.22
Heavy soil, steep, 7%	0.25 - 0.35
Streets:	
Asphaltic	0.70 - 0.95
Concrete	0.80 - 0.95
Brick	0.70 - 0.85
Drives and walks	0.75 - 0.85
Roofs	0.75 - 0.95
*Higher values are usually appropriate for steeply sloped areas and longer return periods because infiltration and other losses have a proportionally smaller effect on runoff in these cases.	

Fig. 7 Tabla de coeficientes de escorrentía.

Para determinar el coeficiente de escorrentía se asumirá cuenca desarrollada y consolidada en el escenario de que cada lote está ocupado con vivienda según la normativa municipal

para esa zona siendo el factor de ocupación del suelo (FOS) 25% (Techos), el factor de ocupación del suelo no computable (FOC) 25% (estacionamientos, decks, piscinas) y el FOS Natural (área natural) de 50%, en la UPH se asume área con caminería de asfalto 5% y espacio público 10%.

Determinación del coeficiente de escorrentía en Lotes:

	Descripción	Porcentaje ocupación del Lote	C
FOS	Techos	25%	0.8
FOC	Estacionamientos, Decks, Piscinas	25%	0.7
FOS Natural	Área verde natural	50 %	0.1
Coeficiente escorrentía Lotes		$0.8*0.25+0.7*0.25+0.1*0.5=0.425$	

Fig. 8 tabla con coeficientes de escorrentía según uso del suelo intralote

Determinación del coeficiente de escorrentía para la UPH

	(%)	(has)	Coef Escorrentía
Área Lotes	85	13.6	0.425
Área Espacio Público	10	1.6	0.15
Área Caminería	5	0.8	0.8
Coeficiente Final de escorrentía		0.416	

Fig. 9 Tabla con coeficientes de escorrentía, ponderación y coeficiente final.

El coeficiente final de la UPH se obtiene de ponderar los distintos coeficientes según el área que les corresponde, **se determina un valor final para el Coeficiente de escurrimiento de 0.42**

Transformación de precipitación en escurriente (Caudales y Volúmenes)

Para el diseño de microdrenaje el método más usado es el Método Racional, que calcula el máximo caudal escurrido y se obtiene realizando un gran número de hipótesis que son válidas para cuencas pequeñas.

Se usa ampliamente por ser de muy simple aplicación. En términos generales expresa que el caudal máximo es proporcional a la cantidad de agua caída sobre la cuenca durante un evento de intensidad constante.

El Método Racional propone una ecuación para determinar este caudal máximo generado por la tormenta de diseño. Este método supone que acontece una lluvia de intensidad constante y de duración indefinida, y en forma instantánea se comienza a generar la escurriente que se incrementa hasta un valor máximo en el instante de tiempo igual al tiempo de concentración. El tiempo de concentración es el tiempo en el que toda la cuenca contribuye simultáneamente al caudal de escurriente en el punto de cierre.

El Método Racional considera los siguientes principios básicos:

- La intensidad de lluvia es constante en el tiempo (durante toda la tormenta) y uniforme en el espacio (en toda la cuenca).
- El caudal máximo de escurriente relativo a un punto dado de la cuenca, depende del tiempo de concentración respectivo, así como de la intensidad de la lluvia (cuya duración se supone igual a dicho tiempo de concentración). Debe especificarse el período de retorno para definir estos parámetros.
- Las características de permeabilidad de las superficies permanecen constantes durante la duración de la lluvia.
- El caudal máximo de escurriente se obtiene cuando toda el área de drenaje aguas arriba del punto en estudio pasa a contribuir al escurrimiento.
- Se asume que no hay almacenamiento temporal de agua en la cuenca.

Estas simplificaciones hacen que el método no sea aplicable para cuencas de más de 200 ha, o cuando la amortiguación o la infiltración afecten el diseño como por ejemplo al diseñar elementos de infiltración o amortiguación.

Se considera que el caso de estudio cumple con todas las hipótesis donde es válido el método racional.

El método utiliza la siguiente ecuación para determinar el caudal máximo de escorrentía de la tormenta de diseño, para cada subcuenca en consideración:

$$Q (l/s) = 166,7 \times C \times I \times A$$

Donde:

- C, es el coeficiente de escorrentía (adimensional), debe tener en cuenta todos los factores que afectan el caudal máximo respecto a la intensidad promedio y tiempo de respuesta de la cuenca.
- I, es la intensidad de precipitación en mm/minuto.
- A, es el área total de cuenca de aporte en hectáreas.

Volúmenes Afluentes e Infiltrados y Almacenados.

Las estructuras de infiltración reciben a través de su superficie o mediante conducciones el caudal de escorrentía generado por la cuenca de aporte.

Dentro de la estructura el agua es almacenada y va siendo evacuada por infiltración.

El dimensionado de las estructuras de infiltración se basa en la determinación del volumen de almacenamiento requerido para infiltrar todo el volumen de escorrentía afluente.

El volumen de almacenamiento requerido (V_{alm} en m³) para una duración t de la tormenta de diseño se determina como la máxima diferencia entre el volumen afluente (V_{afl}(t)) y el volumen infiltrado (V_{inf}(t)):

$$V_{alm} = m3 \times (V_{afl}(t) - V_{inf}(t))$$

El volumen afluente (V_{afl}(t) en m³) para cada duración t en horas de la tormenta de diseño se determina empleando el Método Racional, como:

$$V_{afl}(t) = 1.25 \cdot 0.001 \cdot C \cdot I_t \cdot A \cdot t$$

Donde:

A (m²) es el área de aporte hacia la estructura de infiltración.

C es el coeficiente de escurrimiento.

t (horas) es la duración de la tormenta de diseño, considerando la variable de a intervalos del orden de 1h o menores.

I_t (mm/h) es la intensidad de precipitación.

Se considera variable la duración t de la tormenta de

diseño, y un factor de seguridad de 1.25.

Volumen de infiltración $V_{inf}(t)$ en m³ dado por:

$$V_{inf}(t) = 0.001 \cdot f \cdot C_s \cdot A_e \cdot t$$

Donde f (en mm/h), C_s coeficiente de seguridad (adimensionado) y duración de la tormenta t (en h) son la capacidad de infiltración, el coeficiente de seguridad sobre la capacidad de infiltración y la duración de la tormenta respectivamente. A_e es el área de infiltración en m².

Determinación del Coeficiente de Seguridad para infiltración C_s

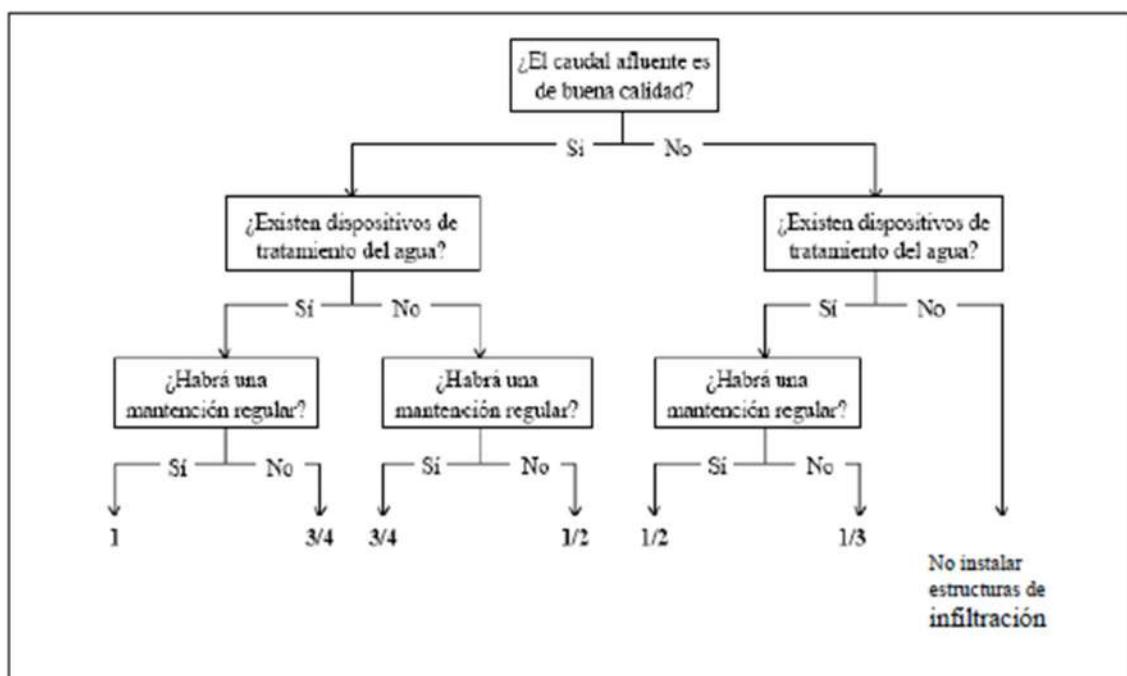


Fig. 10 Diagrama de flujo para determinar coeficiente de seguridad

Aplicando los criterios que muestran el diagrama de flujo precedente se tiene:

- 1) ¿El afluente es de buena calidad? Sí, porque es agua de lluvia.
- 2) ¿Existen dispositivos de tratamiento de agua? No
- 3) ¿Habrá manutención regular? Sí, al ser parte de la UPH está previsto en mantenimiento de las estructuras de infiltración que estén dentro de la misma.

De lo anterior se desprende que el coeficiente de seguridad a asumir es de $C_s = 0.75$

Determinación de tasa de infiltración del suelo.

Para la determinación de la tasa de infiltración se contrató al laboratorio de suelos Linsu.

El objetivo del informe es establecer las características de permeabilidad o velocidad de infiltración general del terreno donde se emplazará el proyecto de referencia.

En función de las características de la futura obra, y como dato de base para el proyecto, se solicitó la ejecución de ensayos de infiltración in situ.

Se realizaron 10 ensayos, de los cuales 7 son en el predio de la UPH y 3 son al Sur de la Ruta 10.



Fig. 11 Geolocalización donde se realizaron los ensayos de infiltración por LINSU

Normativa aplicada:

- Determinación de la permeabilidad "in situ" en suelos de grano grueso. Método de Porchet:

UNE 103601-94

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos:

Pto	Tasa en cm/s	Tasa en mm/hr
1	1,68E-01	6048
2	1,87E-01	6732
3	2,12E-01	7632
4	1,86E-01	6696
5	1,62E-01	5832
6	1,69E-01	6084
7	9,74E-02	3506

Fig. 12 tabla con valores de infiltración

El valor promedio de infiltración es de 6075 mm/hr

Cálculos de Volumen afluente, Volumen Infiltrado y Caudal Sobrante

A continuación, se presenta una planilla con los datos de entrada y otra con los resultados

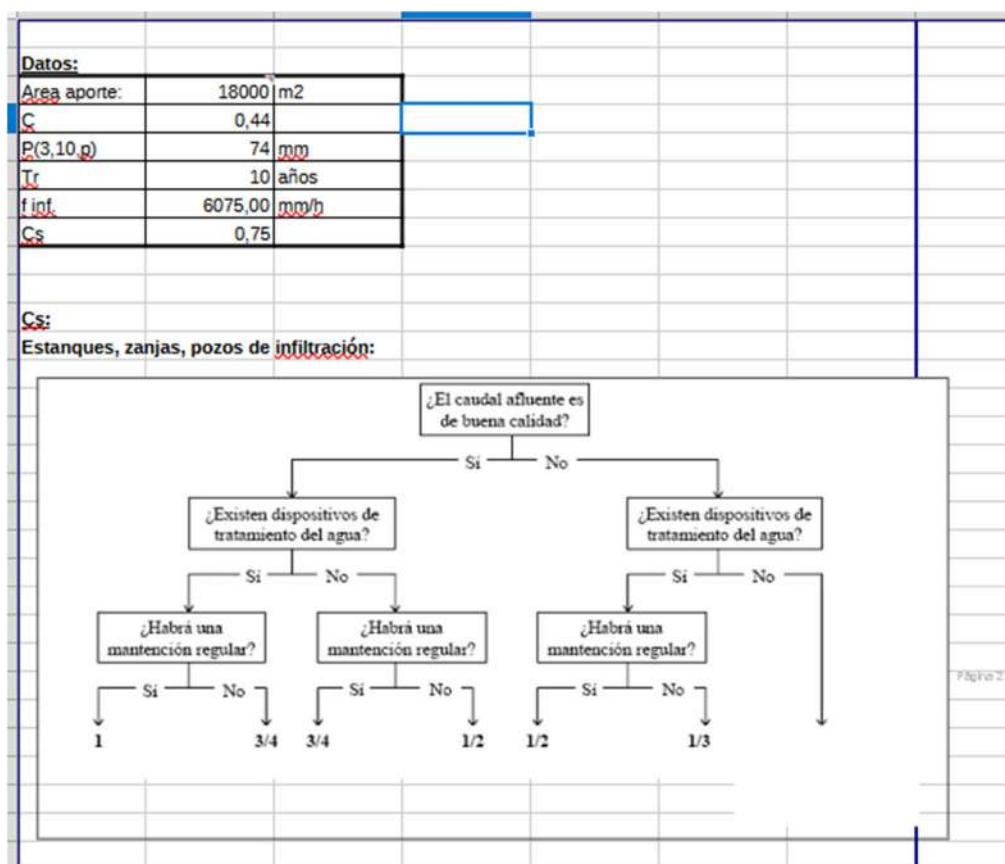


Fig. 13 datos para los cálculos hidrológicos

Planilla con datos de entrada, Área de cuenca, Coeficiente de escorrentía, Precipitación, Tr, tasa de infiltración y coeficiente de seguridad

ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Datos:

B=	1 m
L=	3366 m
H*=	0,5 m
Área infiltración=	6732 m ²
porosidad=	40 %
V _{lim} =	1683 m ³

Resultados:

V _{zanja} =	673 m ³
H=	0,20 m
Qefluente máx=	0,000 m ³ /s

t hs	I mm/h	V _{afluente} m ³	V _{infiltrado} m ³	V _{zanja} m ³	Q _{efluente} m ³ /s
0,2	133,31	2100	3408	-3271	0,000
0,5	73,09	3454	10224	-16926	0,000
1,0	50,03	4728	20448	-39302	0,000
2,0	34,24	6472	40897	-86063	0,000
3,0	27,43	7776	61345	-133922	0,000
4,0	23,17	8756	81794	-182594	0,000
5,0	19,70	9311	102242	-232329	0,000
6,0	17,27	9789	122691	-282254	0,000
7,0	15,44	10213	143139	-332315	0,000
8,0	14,01	10595	163588	-382481	0,000
9,0	12,87	10944	184036	-432730	0,000
10,0	11,92	11266	204485	-483047	0,000
11,0	11,13	11565	224933	-533420	0,000
12,0	10,45	11845	245381	-583841	0,000
13,0	9,86	12109	265830	-634303	0,000
14,0	9,34	12358	286278	-684801	0,000
15,0	8,89	12595	306727	-735330	0,000
16,0	8,48	12820	327175	-785888	0,000
17,0	8,11	13036	347624	-836470	0,000
18,0	7,78	13242	368072	-887075	0,000
19,0	7,49	13441	388521	-937700	0,000
20,0	7,21	13631	408969	-988344	0,000
21,0	6,96	13816	429417	-1039005	0,000
22,0	6,73	13993	449866	-1089681	0,000
23,0	6,52	14166	470314	-1140372	0,000
24,0	6,32	14332	490763	-1191076	0,000
25,0	6,14	14494	511211	-1241793	0,000
26,0	5,96	14654	531660	-1302524	0,000

Fig. 14 Resultados de los cálculos hidráulicos

Como se puede observar el caudal efluente es Cero para todas las duraciones de la tormenta, lo que implica que todo el volumen de agua es infiltrado.

Cálculos de Volumen afluente, Volumen Infiltrado y Caudal Sobrante de Cuenca Exterior

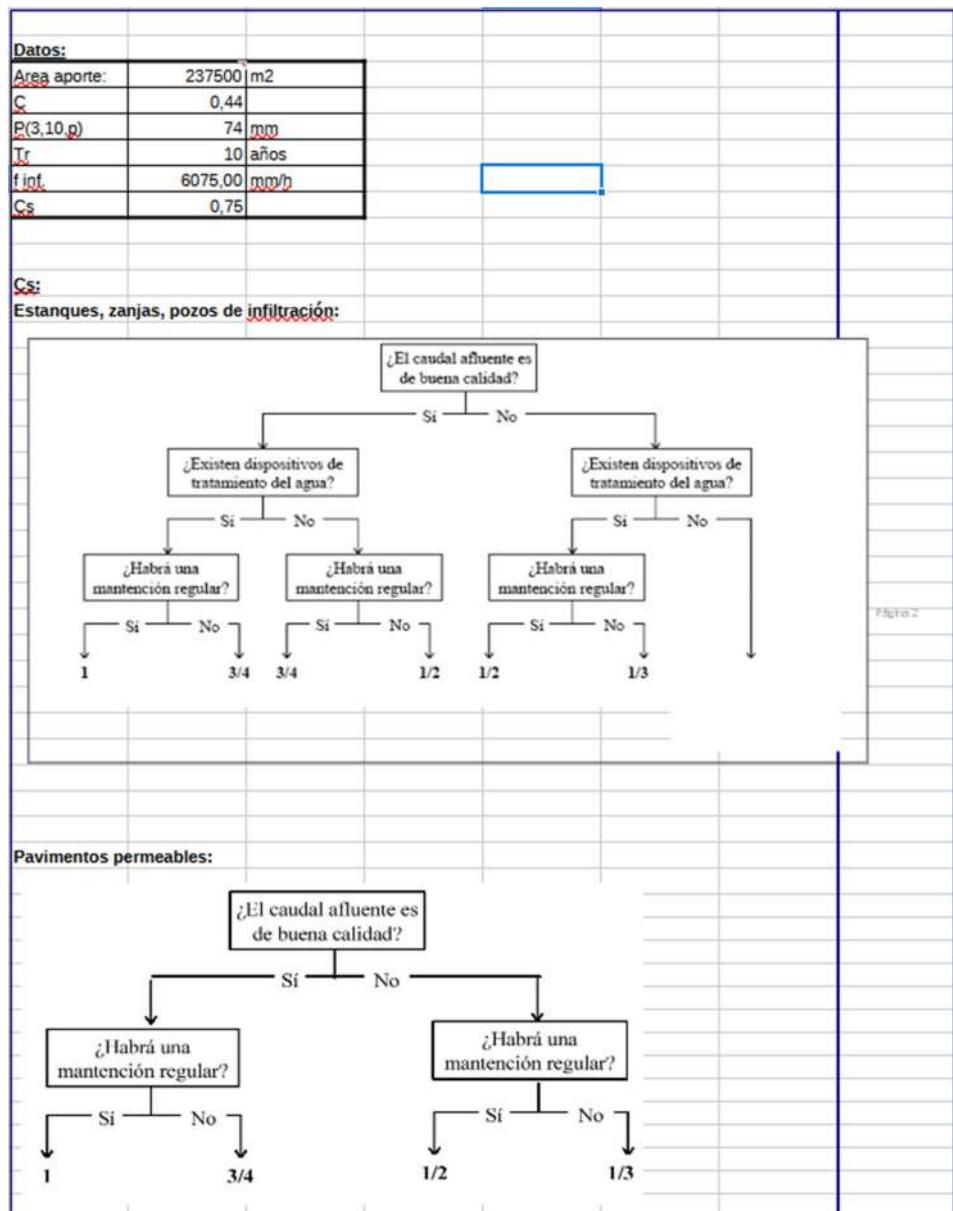


Fig. 15 datos para los cálculos hidrológicos en estanque de infiltración

ESTANQUE DE INFILTRACIÓN						
Datos:		Resultados:				
Área estanque=	2000 m ²	V _l m=	2000 m ³	V _l m	Q _{efluente}	m ³ /s
0,2	118,86	2588	1519	1069	0,000	
0,5	65,17	4256	4556	-300	0,000	
1,0	44,60	5826	9113	-3286	0,000	
2,0	30,53	7976	18225	-10249	0,000	
3,0	24,46	9584	27338	-17754	0,000	
4,0	20,65	10791	36450	-25659	0,000	
5,0	17,57	11474	45563	-34088	0,000	
6,0	15,39	12064	54675	-42611	0,000	
7,0	13,77	12587	63788	-51201	0,000	
8,0	12,50	13057	72900	-59843	0,000	
9,0	11,47	13487	82013	-68525	0,000	
10,0	10,63	13884	91125	-77241	0,000	
11,0	9,92	14252	100238	-85985	0,000	
12,0	9,31	14598	109350	-94752	0,000	
13,0	8,79	14922	118463	-103540	0,000	
14,0	8,33	15230	127575	-112345	0,000	
15,0	7,92	15521	136688	-121166	0,000	
16,0	7,56	15799	145800	-130001	0,000	
17,0	7,23	16065	154913	-138848	0,000	
18,0	6,94	16319	164025	-147706	0,000	
19,0	6,67	16564	173138	-156574	0,000	
20,0	6,43	16799	182250	-165451	0,000	
21,0	6,21	17026	191363	-174336	0,000	
22,0	6,00	17245	200475	-183230	0,000	
23,0	5,81	17457	209588	-192130	0,000	
24,0	5,63	17663	218700	-201037	0,000	

Fig. 16 Resultados de los cálculos hidráulicos estanque de infiltración en área de tutela hidrológica

Como se puede observar el caudal sobrante es cero, si se produce durante los primeros minutos una ligera acumulación de agua que es infiltrada a medida que pasa el tiempo

Descripción de la red

El microdrenaje corresponde a los elementos de conducción, captación y alejamiento de aguas pluviales aguas abajo de la fuente. Se entiende que en estos sistemas se aplica como criterio de cálculo de los caudales de diseño el método racional y, en general,

Se analizan las estructuras hidráulicas en régimen permanente. La capacidad de conducción o de captación de las estructuras se realiza para los caudales máximos establecidos según los períodos de retornos adoptados.

En esta red los elementos de captación, conducción y alejamiento están enfocados en lograr la infiltración al suelo.

Para esto se vale de elementos diseñados para permitir la infiltración al terreno como ser drenes laterales a los costados de las calles de forma rectangular.

Estos drenes subsuperficiales están conformados con, cantos rodados y geotextiles.

Considerando que las calles internas tienen un ancho total de 17 metros, de los cuales 7 m son calzada y los restantes 10 se dividen en dos aceras de 5 metros cada una se opta por un esquema de drenes perimetrales de conducción e infiltración al terreno interconectadas entre sí por bádenes (cruce de calles) y que permiten que el sistema funcione como un todo.

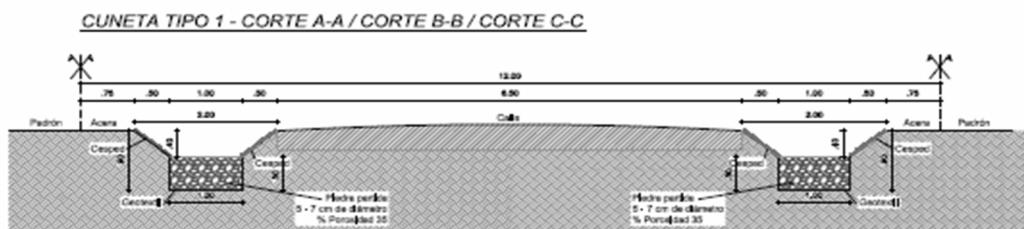


Fig. 14 Esquema de dren de infiltración propuesto por el manual MVOTMA.

Descripción de los drenes laterales filtrantes.

Los drenes tendrán una geometría rectangular con un ancho de base de 1 metro, una profundidad de 0.5 metros. Están conformados por un colchón de piedra partida de 0,5 metros de espesor y de porosidad no menor a 35%

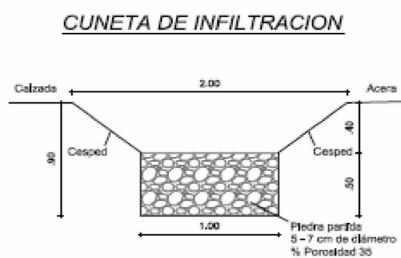


Fig. 15 Cuneta de Infiltración

La red tendrá una longitud total de aproximada de 3 366 metros lineales de dren, en el cuadro siguiente se detalla la composición de la misma y sus principales características.

Elemento	Características	Propiedades Hidráulicas	Longitud (metros lineales)
Dren de Infiltración	Sección rectangular, 1m base, fondo de piedra partida, 0.5m de profundidad	Conducción Infiltración Laminación Retención	3363
Baden	realizado en hormigón	Conducción	4
Alcantarilla	Hormigón Diámetro Fi 500	Conducción	15

Fig. 16 Tabla con características de los elementos constitutivos de la red

Área de infiltración y volumen de almacenamiento en drenes de la red propuesta.

Se asume que el porcentaje de vacíos de la piedra partida a utilizar es de 0,40.

En la siguiente tabla se listan el área de infiltración y el volumen de almacenamiento de la red proyectada.

Elemento	Área de Infiltración (m ²)	Volumen Almac (m ³)
Cuneta Infiltración tipo 1	6732	673

Fig. 17 cuadros con áreas de infiltración de los drenes

Descripción de Estanque de Infiltración en Área de Tutela Hidrológica

Para atender el ingreso pluvial de la alcantarilla de Pinar del faro se destina un área que denominaremos de “Tutela Hidrológica” que mantendrá los niveles y cobertura actual del suelo, en la que funcionará un estanque de infiltración.

Esta zona de tutela hidrológica posee unas dimensiones de 14 m x 143 m lo que equivale a unos 2004 m² que afecta 6 lotes de la Manzana Sur.

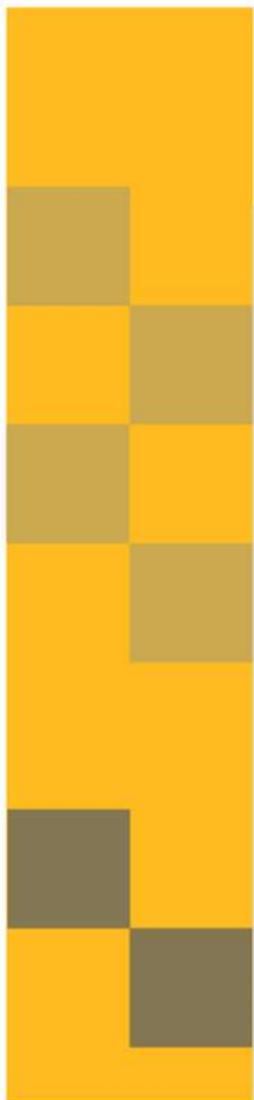


Fig. 18 En Cian área de infiltración natural para atender ingresos de agua de Cuenca Exterior.

Elemento	Área de Infiltración (m ²)	Volumen Almac (m ³)	Altura máxima del pelo de agua (m)	Número de lotes afectados	Cota Alcanzada por el pelo de agua (oficial)	Cota Umbral más comprometido
Estanque de infiltración	2004	1069	0.53	6	6.53	7.25

Fig. 19 Cuadro de estante de infiltración

Anexos A Ensayos de Laboratorio de Suelos



LINSU

Ingeniería en suelos

*Informe de Permeabilidad
Collet & Asoc.
Faro de José Ignacio*

En Encuentro 2

Julio de 2025

Nº Ref.: L5697 Rev. 1

LINSU S.A.
Laboratorio LINSU
www.linsu.com.uy



Índice

1 - Datos generales de estudio.....	2
2 - Objetivo.....	2
3 - Trabajos ejecutados.....	2
4 - Ubicación.....	3
5 - Resultados obtenidos.....	4
6 - Anexos.....	5
6.1 - Anexo I, planillas de ensayo	5

1 - Datos generales de estudio

<u>Solicitante:</u>	Collet & Asoc.
<u>Proyecto:</u>	El Encuentro 2
<u>Ubicación:</u>	José Ignacio.
<u>Trabajos de campo:</u>	30 Julio de 2025.
<u>Referencia:</u>	L5697 - Revisión 1.

2 - Objetivo

El objetivo del presente informe es establecer las características de permeabilidad o velocidad de infiltración generales del terreno donde se emplazará el proyecto de referencia.

En función de las características de la futura obra, y como dato de base para el proyecto, se solicitó la ejecución ensayos de infiltración *in situ*.

3 - Trabajos ejecutados

Se procedió a la realización de 10 excavaciones cilíndricas en el terreno, para medir el descenso de la superficie libre de agua debido a la infiltración a través del fondo y las paredes.

Normativa aplicada:

- Determinación de la permeabilidad "in situ" en suelos de grano grueso. Método del Porchet:
UNE 103601-94

4 - Ubicación

Los puntos donde se realizaron los ensayos fueron indicados por el cliente en forma tal de obtener valores generales inherentes a las características del suelo donde se asentará la obra (Google Earth®).



5 - Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los ensayos de campo se muestran en las planillas adjuntas al final del presente reporte.

Por Laboratorio LINSU S. A.,



Ing. Agustín Tejeira Barchi
Director

6 - Anexos

6.1 - Anexo I, planillas de ensayo



Cliente: Collet & Asoc.
Proyecto: L5697
Ubicación: El Encuentro 2
Fecha: 30/7/2025

Solicitante: Roberto Collet
Muestreo:
Muestra nº: -
Prof. (m): -

Pto 1

Ensayo de infiltración						LINSU S.A.	
Altura del agua(cm)	T. acum (seg)	D(cm)	L(cm)	A(cm ²)	V(cm ³)		K (cm/seg)
30	0	30	0	706,5	0,00		-
25	12	30	5	706,5	3532,50		8,94E-02
20	25	30	10	706,5	7065,00		9,64E-02
15	37	30	15	706,5	10597,50		1,25E-01
10	48	30	20	706,5	14130,00		1,71E-01
5	59	30	25	706,5	17662,50		2,29E-01
0	72	30	30	706,5	21195,00		2,95E-01

Gráfica de infiltración



Coefficiente de infiltración K (cm/seg) ≈	1,68E-01
---	----------

Observaciones:

Equipo:

Operador:

Técnico:

Ing. Agustín Tejeira



Cliente: Collet & Asoc.
Proyecto: LS697
Ubicación: El Encuentro 2
Fecha: 30/7/2025

Solicitante: Roberto Collet
Muestreo:
Muestra nº: -
Prof. (m): -

Pto 2

Ensayo de infiltración LINSU S. A.

Altura del agua(cm)	T. acum (seg)	D(cm)	L(cm)	A(cm ²)	V(cm ³)		K (cm/seg)	
30	0	30	0	706,5	0,00			
25	9	30	5	706,5	3532,50		1,19E-01	
20	19	30	10	706,5	7065,00		1,25E-01	
15	29	30	15	706,5	10597,50		1,51E-01	
10	40	30	20	706,5	14130,00		1,71E-01	
5	52	30	25	706,5	17662,50		2,10E-01	
0	63	30	30	706,5	21195,00		3,48E-01	

Gráfica de infiltración



Coefficiente de Infiltración K (cm/seg)≈ 1,87E-01

Observaciones:

Equipo:

Operador:

Técnico:

Ina. Agustín Tejeira



Cliente: Collet & Asoc.
Proyecto: L5697
Ubicación: El Encuentro 2
Fecha: 30/7/2025

Solicitante: Roberto Collet
Muestreo:
Muestra n°: -
Prof. (m): -

Pto 3

Ensayo de infiltración

LINSU S. A.

Altura del agua(cm)	T. acum (seg)	D(cm)	L(cm)	A(cm ²)	V(cm ³)		K (cm/seg)	
30	0	30	0	706,5	0,00		-	
25	9	30	5	706,5	3532,50		1,19E-01	
20	18	30	10	706,5	7065,00		1,39E-01	
15	27	30	15	706,5	10597,50		1,67E-01	
10	36	30	20	706,5	14130,00		2,09E-01	
5	46	30	25	706,5	17662,50		2,52E-01	
0	56	30	30	706,5	21195,00		3,83E-01	

Gráfica de infiltración



Coefficiente de Infiltración K (cm/seg)≈

2,12E-01

Observaciones:

Equipo:

Operador:

Técnico:

Ing. Agustín Tejeira

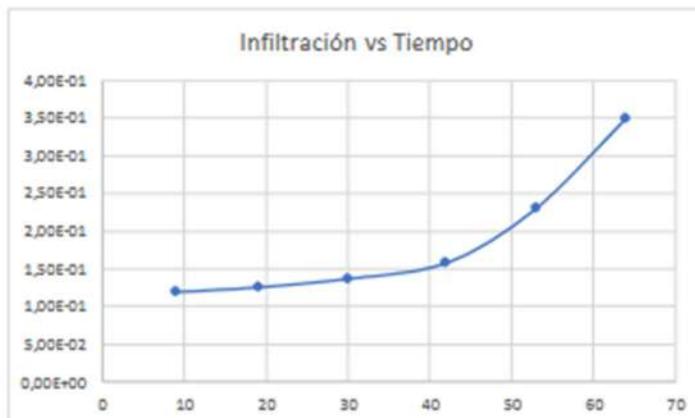


Cliente: Collet & Asoc.
Proyecto: L5697
Ubicación: El Encuentro 2
Fecha: 30/7/2025

Solicitante: Roberto Collet
Muestreo:
Muestra n°: -
Prof. (m): -
Pto 4

Ensayo de infiltración						LINSU S. A.	
Altura del agua(cm)	T. acum (seg)	D(cm)	L(cm)	A(cm ²)	V(cm ³)		K (cm/seg)
30	0	30	0	706,5	0,00		-
25	9	30	5	706,5	3532,50		1,19E-01
20	19	30	10	706,5	7065,00		1,25E-01
15	30	30	15	706,5	10597,50		1,37E-01
10	42	30	20	706,5	14130,00		1,57E-01
5	53	30	25	706,5	17662,50		2,29E-01
0	64	30	30	706,5	21195,00		3,48E-01

Gráfica de infiltración



Coefficiente de Infiltración K (cm/seg)≈ 1,86E-01

Observaciones:

Equipo:

Operador:

Técnico:

Ing. Agustín Tejeira



Cliente: Collet & Asoc.
Proyecto: LS697
Ubicación: El Encuentro 2
Fecha: 30/7/2025

Solicitante: Roberto Collet
Muestreo:
Muestra n°: -
Prof. (m): -

Pto 5

Ensayo de infiltración

LINSU S. A.

Altura del agua(cm)	T. acum (seg)	D(cm)	L(cm)	A(cm ²)	V(cm ³)		K (cm/seg)	
30	0	30	0	706,5	0,00		-	
25	12	30	5	706,5	3532,50		8,94E-02	
20	26	30	10	706,5	7065,00		8,95E-02	
15	40	30	15	706,5	10597,50		1,08E-01	
10	53	30	20	706,5	14130,00		1,45E-01	
5	66	30	25	706,5	17662,50		1,94E-01	
0	77	30	30	706,5	21195,00		3,48E-01	

Gráfica de infiltración



Coeficiente de Infiltración K (cm/seg)≈ 1,62E-01

Observaciones:

Equipo:

Operador:

Técnico:

Ing. Agustín Tejeira



Cliente: Collet & Asoc.
 Proyecto: LS697
 Ubicación: El Encuentro 2
 Fecha: 30/7/2025

Solicitante: Roberto Collet
 Muestreo:
 Muestra nº: -
 Prof. (m): -

Pto 6

Ensayo de infiltración

LINSU S. A.

Altura del agua(cm)	T. acum (seg)	D(cm)	L(cm)	A(cm ²)	V(cm ³)		K (cm/seg)	
30	0	30	0	706,5	0,00		-	
25	11	30	5	706,5	3532,50		9,76E-02	
20	21	30	10	706,5	7065,00		1,25E-01	
15	32	30	15	706,5	10597,50		1,37E-01	
10	43	30	20	706,5	14130,00		1,71E-01	
5	55	30	25	706,5	17662,50		2,10E-01	
0	69	30	30	706,5	21195,00		2,74E-01	

Gráfica de infiltración



Coefficiente de Infiltración K (cm/seg)≈	1,69E-01
--	----------

Observaciones:

Equipo:

Operador:

Técnico:

Ing. Agustín Tejeira



Cliente: Collet & Asoc.
Proyecto: LS697
Ubicación: El Encuentro 2
Fecha: 30/7/2025

Solicitante: Roberto Collet
Muestreo:
Muestra nº: -
Prof. (m): -

Pto 7

Ensayo de infiltración

LINSU S. A.

Altura del agua(cm)	T. acum (seg)	D(cm)	L(cm)	A(cm ²)	V(cm ³)		K (cm/seg)	
30	0	30	0	706,5	0,00		-	
25	19	30	5	706,5	3532,50		5,65E-02	
20	36	30	10	706,5	7065,00		7,37E-02	
15	58	30	15	706,5	10597,50		6,84E-02	
10	76	30	20	706,5	14130,00		1,05E-01	
5	98	30	25	706,5	17662,50		1,15E-01	
0	121	30	30	706,5	21195,00		1,67E-01	

Gráfica de infiltración



Coefficiente de Infiltración K (cm/seg)≈ **9,74E-02**

Observaciones:

Equipo: _____
Operador: _____
Técnico: **Ing. Agustín Tejeira**

Maldonado 11 de Noviembre 2025

Por la presente se informa que el esquema del dren de infiltración (fig 14) que se aprecia en foja 136 es meramente ilustrativo y que el detalle en corte que se aprecia en el plano de pluviales en foja 152 es el que corresponde al proyecto de pluviales.

Sin otro particular saluda atentamente

Ing Civil Federico Steffenino