**PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACION DE LA INFRAESTRUCTURA FISICA DE LA SEDE ORINOQUIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, MUNICIPIO DE ARAUCA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.**

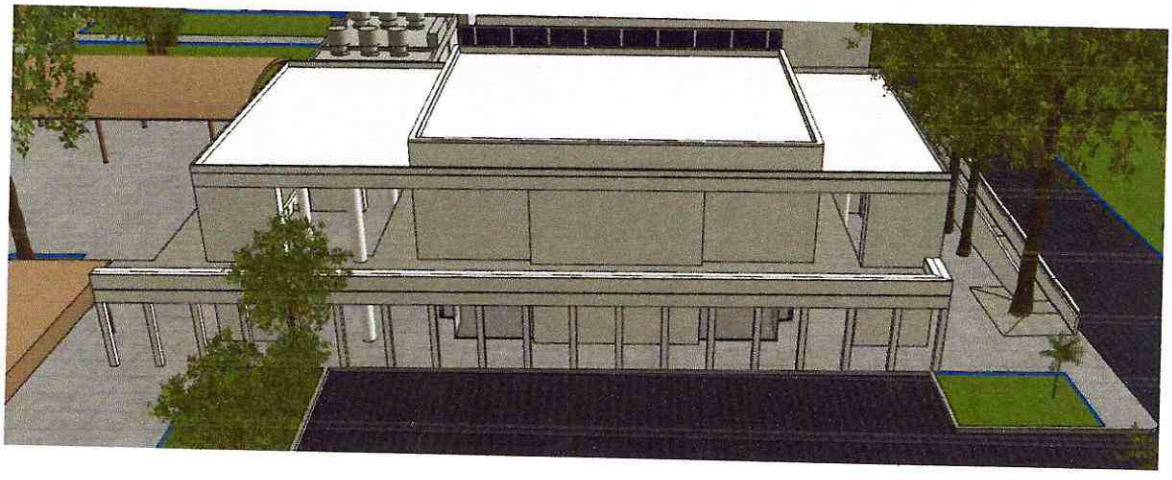
# DISEÑO HIDROSANITARIO Y PLUVIAL

Gobernación de Arauca

Secretaría de Educación

CONSTRUYENDO FUTURO

# MEJORAMIENTO Y ADECUACION DE LA INFRAESTRUCTURA FISICA DE LA SEDE ORINOQUIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, MUNICIPIO DE ARAUCA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.



## MEMORIA DE DISEÑO PLUVIAL

## AULA MULTIPLE

ARAUCA, 2023

# I. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene los estudios y diseños hidrológicos y de sistema de aguas lluvias a nivel de detalle del aula múltiple proyectada que se encuentra en la Universidad Nacional de Colombia, sede Orinoquía.

Garantizar el suministro de agua potable y el saneamiento básico es una necesidad básica del ser humano, partiendo de que el complejo a construir será de uso institucional y que es necesario cumplir con las exigencias de funcionalidad, durabilidad y eficiencia, se especifican los requerimientos mínimos para dar solución a las necesidades del proyecto, se describe la base teórica con la cual se calculó el sistema hidrosanitario, los parámetros de diseño adoptados según las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana 1500 en su cuarta actualización, y demás temas que conciernen al componente hidráulico del diseño de igual manera es indispensable garantizar la seguridad y libre circulación de los espacios de manera tal que se permita la circulación de los diferentes usuarios.

Es importante mencionar que todos los diseños realizados se realizaron con la configuración arquitectónica suministrada y con la información disponible, y que el diseño del abastecimiento y evacuación de aguas lluvias se realizó para elementos convencionales ajustados a la planimetría existente y a las condiciones específicas para el periodo de retorno del evento de lluvia de diseño. .

# II. OBJETIVOS

- Realizar el diseño hidráulico de la red de evacuación de aguas lluvias de la zona correspondiente al aula múltiple identificando la metodología de recepción, conducción y evacuación de las aguas lluvias.
- Garantizar que el diseño cumpla con los parámetros exigidos por la Norma Técnica Colombiana 1500 (NTC 1500) en su última actualización vigente, la resolución 0330 de 2017, y la normativa legal vigente que aplique.

# III. GENERALIDADES

El campus de la Universidad Nacional de Colombia, sede Orinoquía, se encuentra ubicado en el departamento de Arauca, municipio de Arauca, en el kilómetro 9, de la vía que conduce al complejo petrolero caño limón.

Cuenta con una extensión total de 500.000 $m^2$, con una superficie urbanizada de 15.873 $m^2$.



***Ilustración 1.*** Localización general del proyecto.




***Ilustración 2.*** Localización del proyecto – vista aérea.

## IV. JUSTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Debido a su crecimiento continuo y el aporte que brinda la Universidad a los tres ejes misionales: docencia, investigación y extensión, la sede Orinoquía se encuentra en proceso de planificación y extensión de sus áreas utilizables dentro del campus, contemplando así la construcción de un auditorio con capacidad para 400 personas, un aula de gran formato, laboratorio de física y biología, *y un aula múltiple. Dentro del presente*

*proyecto se realiza el diseño de las instalaciones de recepción y conducción de aguas lluvias para las instalaciones del aula múltiple proyectada al interior de la Universidad Nacional de Colombia.*

## V. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA

Los cálculos presentados en el proyecto se elaboraron de acuerdo con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Resolución 0330 de 2017) y la Norma Técnica Colombiana (NTC 1500 - Código Colombiano de Fontanería). El uso de las normas anteriores se efectuó de la siguiente manera:

- NTC 1500, Código colombiano de fontanería: Redes internas de suministro de agua potable y redes internas de desagües de aguas residuales y aguas lluvias (ICONTEC, 2020).
- Resolución 0330 de 2017, por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector agua potable y saneamiento básico: Redes externas de suministro de agua potable y redes externas de desagües de aguas residuales y aguas lluvias.

## VI. CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS

El objetivo principal de contar con un sistema de evacuación de aguas lluvias, es retirar el agua de las cubiertas de la estructura de manera rápida para evitar acumulaciones que en un futuro puedan ocasionar filtraciones y humedad. La zona correspondiente a la estructura del aula múltiple, correspondientes a un bloque superior con cubierta en concreto impermeabilizado que garantiza una correcta escorrentía a los puntos específicos de desagüe delimitados por la pendiente de los elementos.

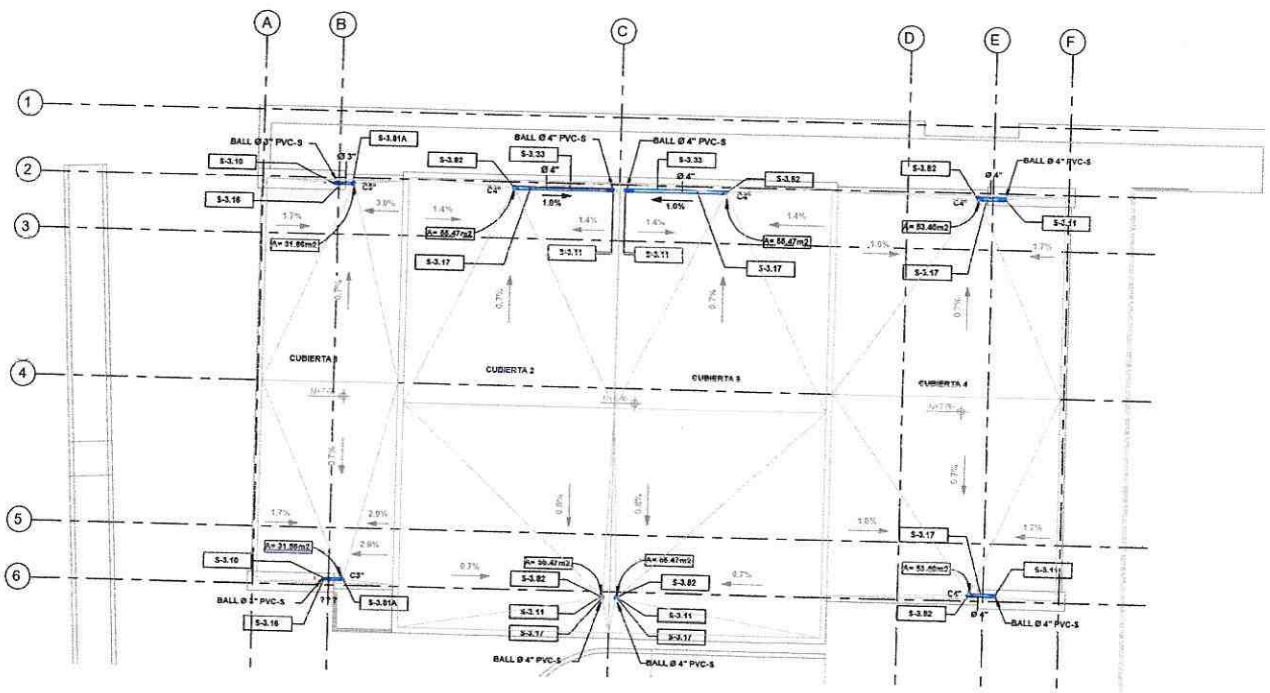



**Ilustración 3.** Disposición del sistema de aguas lluvias sobre cubierta.

Un factor clave es la demarcación de las zonas que recibirán los eventos de precipitación en el área del aula múltiple se evidencia que las zonas que van a recibir dichos eventos corresponden a la cubierta de la edificación.

Teniendo definida la zona de acción de la escorrentía, se demarcan las áreas aferentes a dichos espacios, para las cuales se obtiene:

- Área de cubierta 1: Corresponde a una cubierta cuya distribución hace que el caudal fluya a dos aguas repartiendo en partes equivalentes el caudal de escorrentía, en un área de 31.86 $m^2$.
- Área de cubierta 2: Corresponde a una cubierta cuya distribución hace que el caudal fluya a dos aguas repartiendo en partes equivalentes el caudal de escorrentía, en un área de 55.47 $m^2$.
- Área de cubierta 3: Corresponde a una cubierta cuya distribución hace que el caudal fluya a dos aguas repartiendo en partes equivalentes el caudal de escorrentía, en un área de 55.47 $m^2$.
- Área de cubierta 4: Corresponde a una cubierta cuya distribución hace que el caudal fluya a dos aguas repartiendo en partes equivalentes el caudal de escorrentía, en un área de 53.40 $m^2$.

Se debe considerar que el tramo de cubierta corresponde a un tramo subdividido en tres tramos los cuales abarcan en un primer tramo el área de cubierta 1, en un segundo tramo el área de las cubiertas 2 y 3, y en un último tramo el área de la cubierta 4.

Teniendo definidas las áreas de aportación, se procede a realizar un análisis lluvia – escorrentía para el calculo del evento de lluvia, mediante el método racional, el cual corresponde a la obtención de un caudal de lluvia correspondiente a un evento especifico de diseño, el cual corresponde a un evento de lluvia para un periodo de retorno especifico seleccionado, este multiplicado por el área aferente y por el coeficiente de escorrentía (medida que nos dicta cuanto se va por escorrentía y cuanto por infiltración al circular un caudal por una superficie de material específico).

El Método Racional (Kuichling, 1889) se fundamenta en la idea de que, si una lluvia con intensidad (I) empieza de forma instantánea y continúa de forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración (Tc), en el cual toda el área aferente, está contribuyendo al caudal en la salida.

El caudal de diseño se determinará mediante el método racional, una vez definidos todos los parámetros correspondientes al análisis lluvia – escorrentía, se tiene que:

$$Q = C * i * A$$

Donde:

- Q: Caudal en $m^3/s$.
- C: Coeficiente de escorrentía.
- I: Intensidad de lluvia (mm/h)
- A: Área de aportación ($m^2$).

El método racional es una formula empírica generalmente utilizada para calcular el caudal a partir de una precipitación. Ecuación utilizada en múltiples ocasiones debido a su simplicidad y buenos resultados bajo condiciones de determinadas entre ellas un área aferente pequeña.

Teniendo en cuenta las variables establecidas para la obtención del caudal de escorrentía de diseño mediante el método racional, se procede a realizar un análisis unitario de cada una de las variables hidráulicas, considerando que los valores correspondientes a las áreas de aportación ya fueron predefinidos previamente.

## Periodo de retorno

El período de retorno de la lluvia de diseño se debe seleccionar de acuerdo con la importancia de las áreas y los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones puedan ocasionar a los habitantes, el tráfico, el comercio, la industria y la infraestructura. En ningún caso podrán ser menores que los valores mostrados en la siguiente tabla, para el presente diseño se toma un periodo de retorno de 5 años:

Tabla 16. Períodos de retorno

| Características del área de drenaje | Período de retorno (años) |
|---|---|
| Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas | 3 |
| Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas | 5 |
| Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas | 5 |
| Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas | 10 |
| Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas | 50 |
| Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas | 100 |
| Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas | 100 |

**Ilustración 4.** Periodos de retorno según las características del drenaje, Resolución 0330 de 2017.

## Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía, C, es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre uso del suelo.

El numeral 3 del artículo 135 de la Resolución 0330 de 2017 indica que debe hacerse un análisis detallado de las coberturas de las áreas de estudio.

Para áreas de drenaje que incluyan subáreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

$$C = \frac{\sum C * A}{\sum A}$$

Representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo. Para efectos del proceso de diseño se realizará para el evento más critico de escorrentía en el cual el caudal presente por infiltración es nulo, y la totalidad del caudal producido por la lluvia se vuelve caudal de escorrentía, es decir se tiene un coeficiente de escorrentía de 1.0 (sin presencia de infiltración a través del material). Algunos valores comunes de coeficiente de escorrentía para diferentes materiales son:

| Características de la superficie | Período de retorno (en años) | |
|---|---|---|
| | 25 | 50 |
| **Áreas con desarrollo** | | |
| Asfalto | 0.86 | 0.90 |
| Concreto /techo | 0.88 | 0.92 |
| Superficies semipermeables (pavimentos porosos, adoquines filtrantes, zacate bloque, etc.) | 0.49 | 0.52 |
| **Zonas verdes** (condición promedio) | | |
| Plano, 0-2% | 0.34 | 0.37 |
| Promedio, 2-7% | 0.38 | 0.45 |
| Superior a 7% | 0.42 | 0.49 |
| **Áreas no desarrolladas** | | |
| Pastizales (lotes baldíos o cafetales) | 0.42 | 0.45 |

**Ilustración 5.** Coeficientes de escorrentía (C) para algunos materiales comunes.

Ya que la superficie en cuestión es una zona superior que hace las veces de cubierta el coeficiente de escorrentía será de 1, considerando el hecho de que la cubierta por la cual circulará el caudal será totalmente impermeable, y que, adicionalmente, si hubiere caudales de infiltración se asume todo por escorrentía para garantizar un mayor factor de seguridad. Para el cálculo del coeficiente de escorrentía (C) se procede de la siguiente forma:

- Identificar los tipos de suelo dentro de las áreas de drenaje, teniendo en cuenta las consideraciones sobre el desarrollo urbano y las disposiciones legales sobre uso del suelo, esto implica que dentro de estas áreas se incluyan subáreas con diferentes coeficientes de escorrentía.
- De acuerdo con el punto anterior, identificar los coeficientes de escorrentía (C) según corresponda el tipo de suelo de acuerdo con la tabla mencionada.

### Intensidad de la lluvia

El evento de lluvia de diseño será cuantificado en cuanto a la intensidad de precipitación, mediante la utilización de la curva IDF. Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos.

Según el numeral 2 del artículo 135 de la Resolución 0330 de 2017, se deben seleccionar las curvas IDF de cada localidad o región en particular. Si no existen o no contemplan datos del último quinquenio, se deben obtener a partir de información pluviográfica de la zona, incluyendo los datos más recientes, para derivar las curvas de frecuencia correspondientes mediante análisis puntuales de frecuencia de eventos extremos máximos. Si esto no permite derivar curvas IDF aceptables para el proyecto, deben ajustarse curvas IDF por métodos sintéticos, derivados con información pluviográfica colombiana.

Para el caso en particular se seleccionó la curva IDF del IDEAM para el departamento de Arauca, en la estación que queda en el aeropuerto de Arauca.

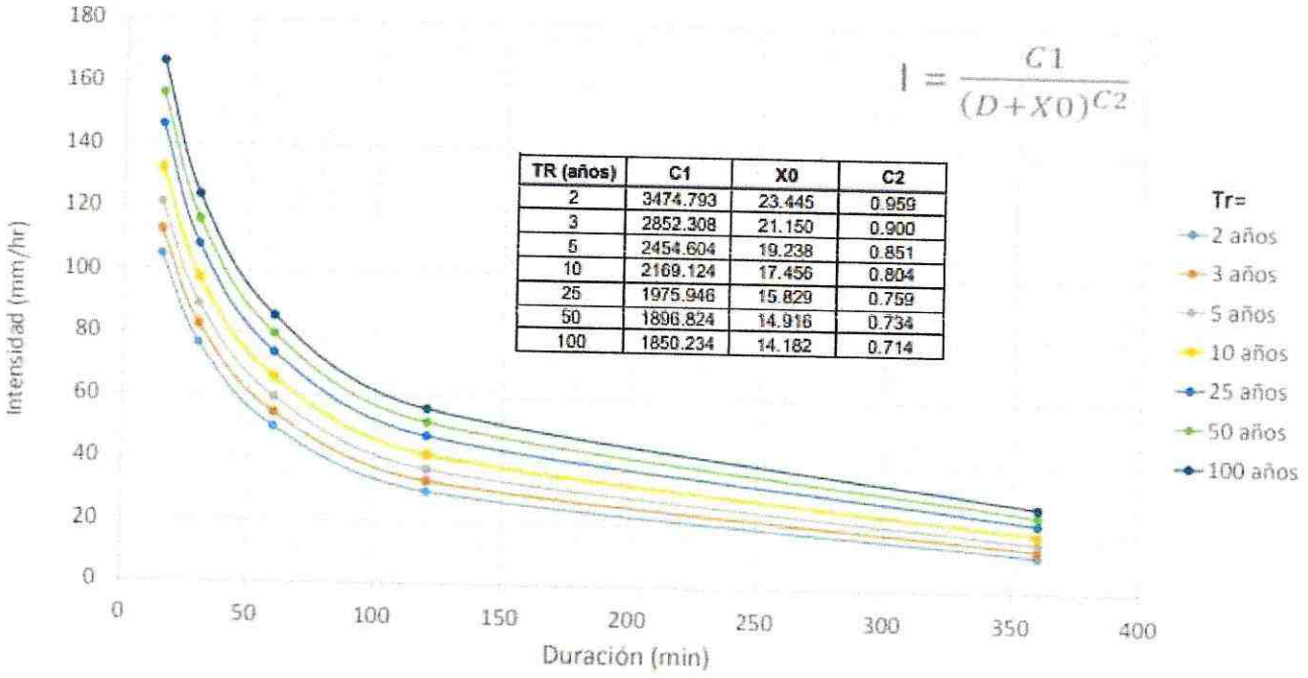



**Ilustración 6.** Curva IDF departamento de Arauca.

Teniendo establecido el periodo de retorno, y la curva IDF correspondiente se puede calcular la intensidad de lluvia para el caudal de diseño así (considerando que D es equivalente al periodo de retorno de diseño):

$$i\left(\frac{mm}{h}\right) = \frac{C1}{(D+XO)^{C2}} = \frac{2454.604}{(5+19.238)^{0.851}} = 162.85\ \frac{mm}{h}.$$

La precipitación de diseño queda establecida en un valor de 162.85 mm/h.

**Diámetro de la tubería**

En las redes de recolección y evacuación de aguas lluvias el diámetro mínimo de las redes internas se determinará de acuerdo con las unidades de descarga de la NTC 1500, y siguiendo lo estipulado en la resolución 0330 de 2017. El diámetro nominal mínimo permitido en los colectores externos de aguas lluvias será el que resulte del cálculo hidráulico por medio de la ecuación de Manning.

Despejando de la ecuación de Manning para la obtención del diámetro en función del caudal, se tiene que:

$$D\ (m) = 1.548 * \left(\frac{n * Q}{S^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

- Q: Caudal ($m^3/s$).
- A: área de la sección de flujo ($m^2$).
- R: Radio hidráulico (A/P) (equivalente a D/4).
- P: Perímetro mojado (m).

- D: Diámetro de la tubería (m).
- S: Pendiente de la tubería (m/m).
- n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Mediante la ecuación anterior y el caudal de diseño surgido de la evaluación lluvia escorrentía producto de la aplicación del método racional se obtendrá una aproximación al diámetro teórico necesario para el cumplimiento de las condiciones de la tubería y su condición de trabajo a flujo libre.

**Velocidad de diseño máxima**

La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar los 5.0 m/s (Artículo 142 Res 0330 de 2017). La velocidad del fluido en la tubería se podrá calcular mediante la siguiente expresión:

$$v\left(\frac{m}{s}\right) = \frac{Q}{A}$$

Donde:

- v (m/s): Velocidad en metros por segundo en la tubería.
- Q: Caudal que circula por la tubería en metros cúbicos por segundo ($m^3/s$).
- A: Área de la tubería ($m^2$).

Las aguas lluvias transportan sólidos que pueden depositarse en los colectores si el flujo tiene velocidades reducidas. Por lo tanto, debe disponerse de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante periodos de caudal bajo. Para esto se establece la velocidad mínima como criterio de diseño. La velocidad mínima real permitida en el colector es 0,75 m/s para el caudal de diseño.

**Fuerza tractiva (Pa)**

Para las condiciones iniciales de operación de cada tramo, debe verificarse el comportamiento autolimpiante del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio. En cada tramo debe verificarse el comportamiento autolimpiante del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio. Se establece, por lo tanto, que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 3,0 N/m2 (0,3 Kg/m2) para el caudal de diseño, y mayor o igual a 1,5 N/m2 (0,15 Kg/m2) para el 10% de la capacidad a tubo lleno.

La DSPD y la Junta Técnica Asesora del Reglamento deben establecer los mecanismos, procedimientos y metodologías para la revisión, actualización y aceptación de los valores apropiados de velocidades mínimas permisibles para propósitos de diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales.

Para la determinación del esfuerzo cortante o fuerza tractiva que fluye por la tubería, se tiene la siguiente expresión:

$$\tau = 9810 \frac{N}{m3} * Rh * S(m/m)$$

Donde:

- $\tau$: Esfuerzo cortante o fuerza tractiva que fluye por la tubería en Pa.
- S(m/m): Pendiente media del tramo de la tubería m/m.
- Rh: Radio hidráulico de la tubería (m).

**Relación Q/Qo – Profundidad Hidráulica**

Para efectos de diseño la profundidad hidráulica máxima será la correspondiente a un 85% de la capacidad a tubo lleno.

**Pendiente Mínima**

El valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquel que permita tener condiciones de autolimpieza, de acuerdo con los criterios del literal D.4.3.10. del RAS 2000. Si se cumple el criterio de velocidad en el conducto y de esfuerzo cortante la pendiente cumplirá con los criterios solicitados por la normativa referenciada.

**Pendiente Máxima**

El valor de la pendiente máxima admisible es aquella para la cual se tenga una velocidad máxima real, según el literal D.4.3.11 del RAS 2000.

Teniendo en cuenta todos los criterios anteriores, se tiene como resultado para el diseño de la estructura pluvial de la zona de aula múltiple lo siguiente:

| DIAMETROS DE DIMENSIONAMIENTO DE LOS COLECTORES DEL SISTEMA, ASUMIENDO SECCION CIRCULAR | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DISEÑO MANNING P= 162,845093121591 mm TR=5 AÑOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TRAMOS | Área de Aportación (m2) | n | So(%) | Q (LPS) | Diámetro Teórico (m) | Diámetro Teórico (") | Diámetro Comercial (") | Diámetro Modelación (mm) | Diámetro Comercial (m) | Ro (m) | R (m) | R/Ro | Esfuerzo Cortante > 1 Pa | Qo (LPS) | Q/Qo | y/D < 0.85 |
| BAJANTE 1 SECTOR CUBIERTA 1 | 31,86 | 0,015 | 3,10% | 1,400 | 0,068 | 2,67 | 3,0 | 76 | 0,0762 | 0,750 | 0,344 | 0,459 | 1,05 | 3,93 | 0,360 | 0,469 |
| BAJANTE 2 SECTOR CUBIERTA 1 | 31,86 | 0,015 | 3,10% | 1,400 | 0,068 | 2,67 | 3,0 | 76 | 0,0762 | 0,750 | 0,344 | 0,459 | 1,05 | 3,93 | 0,360 | 0,469 |
| BAJANTE 1 SECTOR CUBIERTA 2 | 55,74 | 0,015 | 3,40% | 2,500 | 0,083 | 3,26 | 4,0 | 102 | 0,1016 | 1,000 | 0,385 | 0,385 | 1,28 | 8,87 | 0,280 | 0,411 |
| BAJANTE 2 SECTOR CUBIERTA 2 | 55,74 | 0,015 | 3,40% | 2,500 | 0,083 | 3,26 | 4,0 | 102 | 0,1016 | 1,000 | 0,385 | 0,385 | 1,28 | 8,87 | 0,280 | 0,411 |
| BAJANTE 3 SECTOR CUBIERTA 3 | 55,74 | 0,015 | 3,10% | 2,500 | 0,084 | 3,32 | 4,0 | 102 | 0,1016 | 1,000 | 0,404 | 0,404 | 1,23 | 8,47 | 0,300 | 0,426 |
| BAJANTE 4 SECTOR CUBIERTA 3 | 55,74 | 0,015 | 3,10% | 2,500 | 0,084 | 3,32 | 4,0 | 102 | 0,1016 | 1,000 | 0,404 | 0,404 | 1,23 | 8,47 | 0,300 | 0,426 |
| BAJANTE 1 SECTOR CUBIERTA 4 | 53,4 | 0,015 | 3,10% | 2,400 | 0,083 | 3,27 | 4,0 | 102 | 0,1016 | 1,000 | 0,385 | 0,385 | 1,17 | 8,47 | 0,280 | 0,411 |
| BAJANTE 2 SECTOR CUBIERTA 4 | 53,4 | 0,015 | 3,10% | 2,400 | 0,083 | 3,27 | 4,0 | 102 | 0,1016 | 1,000 | 0,385 | 0,385 | 1,17 | 8,47 | 0,280 | 0,411 |
| DIAMETRO DE BAJANTES - CUBIERTA 1 | | | | | | | | | | | | | | 3 | PULGADAS | |
| DIAMETRO DE BAJANTES - CUBIERTA 2 | | | | | | | | | | | | | | 4 | PULGADAS | |
| DIAMETRO DE BAJANTES - CUBIERTA 3 | | | | | | | | | | | | | | 4 | PULGADAS | |
| DIAMETRO DE BAJANTES - CUBIERTA 4 | | | | | | | | | | | | | | 4 | PULGADAS | |

Anteriormente se muestra el resumen de los resultados de diseño, correspondientes al diseño de las bajantes de escorrentía pluvial para la zona de aula múltiple, las casillas del resumen de diseño corresponden a:

- Tramo: Corresponde al tramo de escorrentía analizado.
- Área de aportación: Corresponde al área aferente en la cual se presenta la escorrentía.
- Coeficiente de rugosidad del material, correspondiente a PVC.
- Pendiente del tramo, que en tramos de bajante se especifica en el tramo, la pendiente es la pendiente del tramo de conexión hasta la bajante vertical.
- Caudal que circula por la tubería obtenido por escorrentía mediante el método racional.
- Diámetro teórico: Diámetro obtenido en función de la totalidad del caudal de escorrentía.
- Diámetro teórico en pulgadas: Valor del diámetro teórico convertido a pulgadas.
- Diámetro comercial: Diámetro comercial próximo al diámetro calculado.
- Velocidad por la tubería.

- Radio hidráulico de la tubería a tubo lleno.
- Radio hidráulico real de la tubería.
- Relación hidráulica de radio.
- Esfuerzo cortante real en la tubería.
- Caudal a tubo lleno.
- Relación hidráulica de caudal.
- Chequeo de condición de trabajo a flujo libre para la tubería.

Como resumen principal se propone la disposición de bajantes de 6" en el tramo correspondiente a la zona de graderías, con una pendiente media de 3.1% hasta la zona de muros donde caerá a estructura de recepción en el nivel de piso, de igual manera para las cubiertas de dicho especio la escorrentía será recibida por bajantes de 2" que llevaran el fluido hasta primer nivel para ser depositado por infiltración.

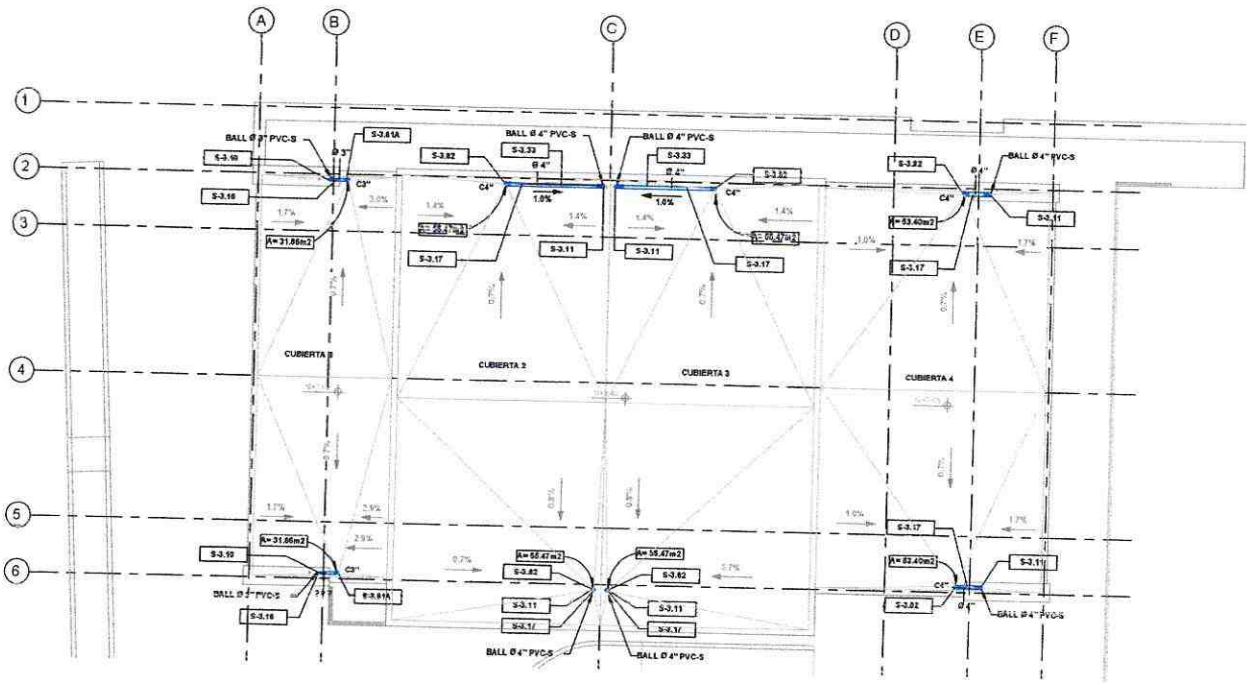



**Ilustración 7.** Resumen de disposición de aguas lluvias aula múltiple.

Como resumen de los resultados de diseño se tiene que para la cubierta 1 se consideran diámetros de bajante de 3", se solicita respetar la ubicación y las pendientes especificadas en el plano, de igual manera, para las cubiertas 2,3 y 4, el diámetro de la bajante es de 4", se deben ubicar según las indicaciones del presente plano y ajustarse de manera constructiva con las pendientes y ubicación general especificada.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Especificaciones de tuberías pluviales.

- Aguas lluvias por placas y ductos, conexión a cámaras de inspección: Tubería PVC Sanitaria.
- Para evitar obstrucción en los tramos, se debe realizar mantenimiento y retrolavado periódico en los conductos remover elementos solidos del perímetro y evitar que se sature.

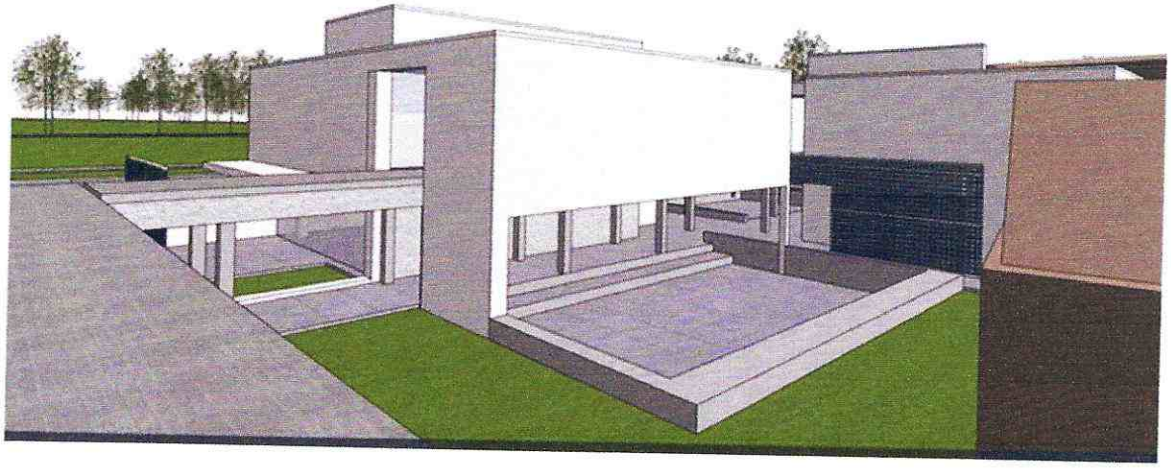
2. Por el costado izquierdo del área donde se proyecta la construcción del Aula Múltiple se encuentra un canal natural que conduce las aguas lluvias de las áreas aferentes, con el fin de proteger la edificación de estas aguas se recomienda la instalación de tubería PVC desde el punto de descarga actualmente hasta la zona verde de la parte posterior de la edificación.
   Para conducir las aguas lluvias se propone ejecutar las siguientes actividades: excavación, instalación de arena para cimentación de tubería, instalación de tubería de 24 pulgadas y base granular para la protección de la tubería.

Este documento representa el servicio contratado que corresponde al diseño de la disposición general de aguas pluviales, garantizando el cumplimiento con la normativa y la funcionalidad del sistema. Es responsabilidad del contratista cualquier cambio en el trazado de las redes y accesorios planteados sin previo aviso al diseñador.

No es responsabilidad del diseñador cualquier cambio en el trazado de las redes por ausencia de información que fue solicitada previo inicio de los diseños. Se deberá pactar nuevamente un precio por las modificaciones necesarias. El diseñador sólo se compromete a responder a las observaciones que se presenten de la funcionalidad del diseño en sí.

**MARLA ALESSANDRA DAVILA RAMIREZ**
INGENIERO CIVIL
Matricula Profesional N°. 25202 - 175965

# MEJORAMIENTO Y ADECUACION DE LA INFRAESTRUCTURA FISICA DE LA SEDE ORINOQUIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, MUNICIPIO DE ARAUCA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.



## MEMORIA DE DISEÑO HIDROSANITARIO Y PLUVIAL LABORATORIOS DE FISICA Y BIOLOGIA

**ARAUCA, 2023**

# I. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene los estudios y diseños hidráulicos y sanitarios a nivel de detalle de la piscina semiolímpica y la batería sanitaria que se encuentra en la Universidad Nacional de Colombia, sede Orinoquía.

Garantizar el suministro de agua potable y el saneamiento básico es una necesidad básica del ser humano, partiendo de que el complejo a construir será de uso institucional y que es necesario cumplir con las exigencias de funcionalidad, durabilidad y eficiencia, se especifican los requerimientos mínimos para dar solución a las necesidades del proyecto, se describe la base teórica con la cual se calculó el sistema hidrosanitario, los parámetros de diseño adoptados según las especificaciones de la Norma Técnica Colombiana 1500 en su cuarta actualización, y demás temas que conciernen al componente hidráulico del diseño.

Es importante mencionar que todos los diseños realizados se realizaron con la configuración arquitectónica suministrada y con la información disponible, y que el diseño del abastecimiento y evacuación de aguas se realizó para un sistema de aparatos sanitarios de uso público.

En los anexos del documento se presentan los planos de diseño y detalle.

# II. OBJETIVOS

- Realizar el diseño de las instalaciones hidráulicas internas para la zona del nuevo laboratorio dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia.
- Realizar el diseño hidráulico de la red de suministro de agua potable y de evacuación de aguas residuales y aguas lluvias de la batería sanitaria del proyecto, a partir del trazado más óptimo que evite pérdidas y costos elevados.
- Elaborar los planos de detalle de las redes de agua potable necesarias en la zona de laboratorio, especificando conductos, tramos y configuración del trazado.
- Garantizar que el diseño cumpla con los parámetros exigidos por la Norma Técnica Colombiana 1500 (NTC 1500) en su ultima actualización vigente.

# III. GENERALIDADES

El campus de la Universidad Nacional de Colombia, sede Orinoquía, se encuentra ubicado en el departamento de Arauca, municipio de Arauca, en el kilómetro 9, de la vía que conduce al complejo petrolero caño limón.

Cuenta con una extensión total de 500.000 $m^2$, con una superficie urbanizada de 15.873 $m^2$.



***Ilustración 1.*** Localización general del proyecto.




***Ilustración 2.*** Localización del proyecto – vista aérea.

## IV. JUSTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Debido a su crecimiento continuo y el aporte que brinda la Universidad a los tres ejes misionales: docencia, investigación y extensión, la sede Orinoquía se encuentra en proceso de planificación y extensión de sus áreas utilizables dentro del campus, contemplando así la construcción de un auditorio con capacidad para 400 personas, un aula de gran formato, laboratorio de física y biología, y la *construcción de un escenario acuático (piscina semi-olímpica). Dentro del presente proyecto se realiza el diseño de las instalaciones hidráulicas internas para el laboratorio de física y biología de la Universidad.*

El laboratorio deberá contar con todos los sistemas que garanticen las necesidades básicas de la población beneficiada tanto para las demandas hidráulicas de carácter académico, se realizará la construcción de zonas de abastecimiento de agua correspondientes a mesones con pocetas en acero inoxidable que para efectos de diseño se asumirán como un aparato tipo lavaplatos y sus unidades de consumo se asignarán de dicha manera.

## V. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA

Los cálculos presentados en el proyecto se elaboraron de acuerdo con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (Resolución 0330 de 2017) y la Norma Técnica Colombiana (NTC 1500 - Código Colombiano de Fontanería). El uso de las normas anteriores se efectuó de la siguiente manera:

- NTC 1500, Código colombiano de fontanería: Redes internas de suministro de agua potable y redes internas de desagües de aguas residuales y aguas lluvias (ICONTEC, 2020).
- Resolución 0330 de 2017, por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector agua potable y saneamiento básico: Redes externas de suministro de agua potable y redes externas de desagües de aguas residuales y aguas lluvias.

## VI. DISEÑO DE RED DE AGUA POTABLE

El diseño del sistema hidráulico de la zona de laboratorios se realiza a partir del plano arquitectónico del proyecto, pues es el insumo principal para plantear el trazado de la red.

El suministro de agua se deriva de la red de acueducto pública o interna de la universidad la cual cuenta con su propio punto de bastecimiento, y se lleva a una conexión directa con el complejo de laboratorios mediante una derivación de la tubería principal del cual se abastece la red interna y se comunica con cada uno de los aparatos sanitarios que se tienen propuestos en el espacio.

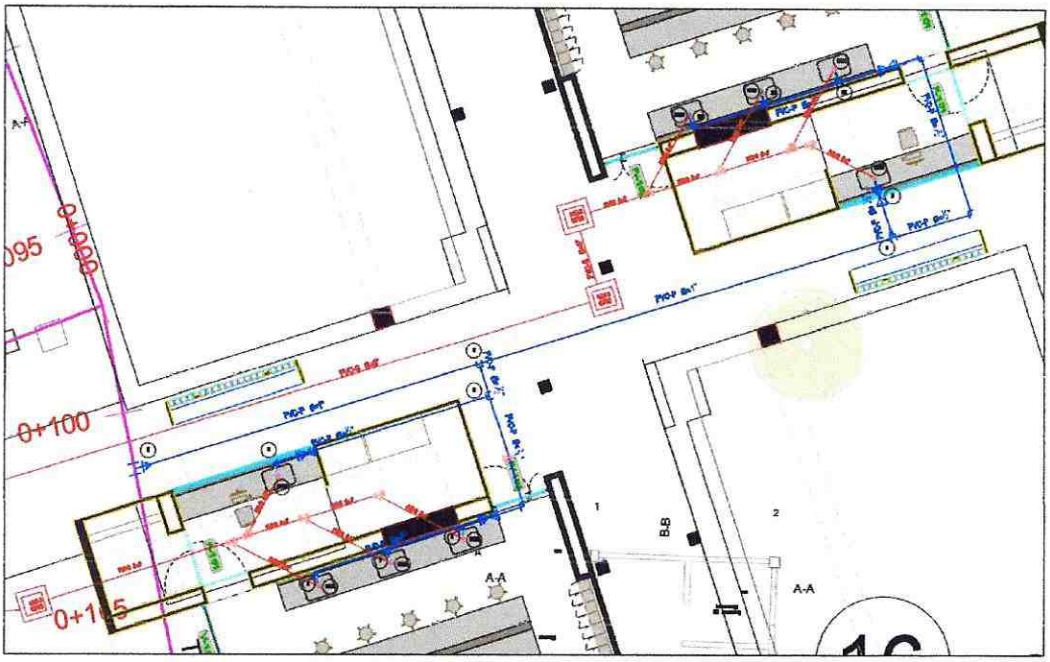



***Ilustración 3.*** Planta del trazado de tuberías – diseño hidráulico zona de laboratorios.

El trazado básico de la red se realiza de acuerdo con la información existente referente a la planimetría, se evidencia la necesidad de interconectar una serie de elementos tipo lavaplatos ubicados en el espacio de los mesones de los laboratorios.

Teniendo en cuenta lo anterior, la distribución de aparatos sanitarios a considerar dentro del diseño corresponde a un total de siete (7) lavaplatos.

## VII. CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RED A PRESIÓN DE AGUA POTABLE

Para realizar el diseño hidráulico de la zona de laboratorios deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

### 1. Realizar un trazado óptimo

- La tubería debe proyectarse por zonas comunes, generalmente se proyecta el trazado cerca a los muros (aspectos constructivos) a 0 10 m a 0 20 m.
- Se debe tener en cuenta elementos estructurales (vigas y escaleras).
- Se recomienda el uso de registro de corte por zonas para mantenimiento.
- Los cambios de dirección preferiblemente a 90.
- Se debe conocer la ubicación de las salidas sobre los aparatos, medidas estándar de instalación.

### 2. Estimación de caudales

Para la estimación de caudales se debe considerar que la red será diseñada de acuerdo a la normativa legal vigente ajustándose a su vez la metodología correspondiente a Hunter – Modificado, de manera tal que se deben considerar los siguientes conceptos:

**Caudal Máximo Posible:** Suma de caudales mínimos requeridos para el funcionamiento adecuado de los aparatos sanitarios (Suma de caudales requeridos por cada aparato).

**Método de Hunter Modificado:** Es el método de estimación de caudal recomendado por la NTC 1500 el cual opera con gastos o caudales normales (y consiste en asignar a los aparatos las unidades de consumo correspondientes.

El método de hunter modificado es una adecuación del método de Hunter original sugerido por Icontec el cual opera con gastos promedios para los diferentes aparatos sanitarios sin llegar a los extremos de gastos tanto mínimos como máximos del método de Hunter original.

Este método se fundamenta en las unidades de consumo y de descarga, estas unidades corresponden a la cantidad de agua que necesita cada aparato sanitario multiplicado por un factor de seguridad de 2.5, es decir, el caudal mínimo requerido por cada aparato multiplicado por el factor dicho factor para su funcionamiento adecuado.

Adicionalmente, Para el dimensionamiento de las tuberías se tiene en cuenta que todos los aparatos instalados no funcionan simultáneamente; por esta razón se deben distinguir varios tipos de caudal.

El método pretende evaluar el caudal máximo probable y se basa en el concepto de que únicamente unos pocos aparatos, de todos los que están conectados al sistema, entrarán en operación simultánea en un instante dado.

**Unidad de Consumo**: Consumo normal o promedio demandado por un lavamanos en funcionamiento normal equivalente 20 litros/minuto 0 33 litros/segundo). Las unidades de consumo mas comunes según la NTC-1500 para los diferentes aparatos a lo largo de una instalación hidráulica corresponden a:

Tabla 6.1
Unidades de abastecimiento o de consumo de acuerdo con la norma Icontec 1500

| Aparato sanitario | Ocupación | Tipo de control del suministro | Unidades de consumo |
|---|---|---|---|
| Inodoro | Público | Fluxómetro | 10 |
| Inodoro | Público | Tanque de limpieza | 5 |
| Orinal | Público | Fluxómetro $\phi$ = 2,5 cm | 10 |
| Orinal | Público | Fluxómetro $\phi$ = 2,0 cm | 5 |
| | Público | Tanque de limpieza | 3 |
| Orinal | Público | Llave | 2 |
| Lavamanos | Público | Llave | 4 |
| Ducha | Público | Válvula mezcladora | 4 |
| Fregadero de servicio | Público | Llave | 3 |
| Fregadero de cocina | Hotel restaurante | Llave | 4 |
| Inodoro | Privado | Fluxómetro | 6 |
| Inodoro | Privado | Tanque de limpieza | 3 |
| Lavamanos | Privado | Llave | 1 |
| Bidet | Privado | Llave | 1 |
| Tina | Privado | Llave | 2 |
| Ducha | Privado | Válvula mezcladora | 2 |
| Cuarto de baño | Privado | Un fluxómetro por cuarto | 8 |
| Cuarto de baño | Privado | Un tanque de limpieza por cuarto | 6 |
| Ducha separada | Privado | Válvula mezcladora | 2 |
| Fregadero de cocina | Privado | Llave | 2 |
| Lavadero | Privado | Llave | 3 |
| Lavadora | Privado | Llave | 3 |
| Combinación de accesorios | Privado | Llave | 3 |
| Lavaplatos | Privado | Llave | 2 |
| Llave de jardín | Privado | Llave | 3 |
| Calentador | Privado | | 3 |
| Nevera | Privado | | 1 |

**Ilustración 4.** *Unidades de consumo para diferentes aparatos NTC-1500.*

Para la estimación del caudal máximo probable se tiene la siguiente expresión la cual es función de las unidades de consumo:

$$Q = 0{,}1163\ (UC)^{0.6875} \qquad (Para\ aparatos\ comunes)$$

Considerando que los aparatos considerados dentro de la edificación corresponden a aparatos comunes de uso publico es posible establecer su caudal máximo posible mediante la expresión anterior.

**Caudal Máximo Probable:** Caudal efectivo de un tramo, tiene en cuenta que todos los aparatos no funcionan al mismo tiempo Se calcula multiplicando el caudal máximo posible por un factor de probabilístico (Coeficiente de simultaneidad).

$$\frac{Q_{MAXIMO}}{Probable} = \frac{Q_{MAXIMO}}{Posible} * K_1$$

**Coeficiente de simultaneidad según el número de salidas K1:** El método considera el número de salidas de los aparatos conectados en el sistema y la probabilidad de cuantos funcionan al tiempo. El coeficiente de simultaneidad de define en la siguiente tabla:

**Tabla 6.3**
Factores de simultaneidad de acuerdo con diferentes clases de instalaciones hidráulicas

| Aparatos sanitarios n | Factor de simultaneidad | | |
|---|---|---|---|
| | Instalación clase 1 | Instalación clase 2 | Instalación clase 3 |
| 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 2 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 3 | 0,68 | 0,64 | 0,71 |
| 4 | 0,62 | 0,51 | 0,58 |
| 5 | 0,59 | 0,43 | 0,50 |
| 6 | 0,56 | 0,38 | 0,45 |
| 7 | 0,54 | 0,34 | 0,41 |
| 8 | 0,53 | 0,31 | 0,38 |
| 9 | 0,51 | 0,28 | 0,35 |
| 10 | 0,50 | 0,26 | 0,33 |
| 12 | 0,48 | 0,23 | 0,30 |
| 14 | 0,47 | 0,21 | 0,28 |
| 16 | 0,45 | 0,19 | 0,26 |
| 18 | 0,44 | 0,17 | 0,24 |
| 20 | 0,43 | 0,16 | 0,23 |
| 25 | 0,42 | 0,13 | 0,20 |
| 30 | 0,40 | 0,12 | |
| 35 | 0,39 | 0,10 | |
| 40 | 0,38 | 0,09 | |
| 45 | 0,38 | 0,08 | |
| 50 | 0,37 | 0,07 | |
| 60 | 0,36 | 0,06 | |
| 70 | 0,35 | 0,050 | |
| 80 | 0,34 | 0,043 | |
| 90 | 0,34 | 0,036 | |
| 100 | 0,33 | 0,031 | |
| 200 | 0,30 | 0,001 | |
| 300 | 0,29 | | |
| 400 | 0,28 | | |
| 500 | 0,27 | | |
| 600 | 0,265 | | |
| 700 | 0,260 | | |
| 800 | 0,256 | | |
| 900 | 0,253 | | |
| 1000 | 0,250 | | |

**Ilustración 5.** *Coeficiente de simultaneidad de función de las unidades de consumo NTC-1500.*

De igual manera se puede expresar numéricamente el valor del coeficiente de simultaneidad mediante la siguiente expresión en función del número de salidas de unidades de consumo (UC):

$$K_1 = \frac{1}{(S-1)^{1/2}}$$

### 3. Dimensionamiento del Sistema

Una vez definida la planimetría del sistema, así como su configuración isométrica, se debe realizar la distribución del mismo de manera tal que se puedan verificar las unidades de consumo en cada tramo (especifico de nodo a nodo), y sus respectivas salidas, para de esta manera poder hallar en función del factor de simultaneidad y el caudal máximo probable, el caudal máximo posible, una vez hecho esto, se puede dimensionar el sistema despejando el diámetro en función del caudal hallado, así:

$$\emptyset\ (") = \sqrt{Q_{MAXIMO\ PROBABLE}\ (LPS)}$$

La expresión anterior permite realizar un pre dimensionamiento del sistema para tener un diámetro de trabajo de referencia sobre el cual se pueda comenzar a trabajar lo referente a perdidas en el sistema.

### 4. Estimación de las perdidas de carga y/o energía en el sistema

Teniendo en cuenta el pre dimensionamiento realizado al sistema es posible establecer las perdidas dentro del sistema correspondientes a perdidas por longitud de tubería, o también conocidas como perdidas por ficción y a su vez las perdidas localizadas por accesorios en el trazado, para lo cual se tienen las siguientes expresiones:

#### *4.1. Perdidas por longitud de tubería o perdidas por fricción*

Las pérdidas por fricción se calcularán mediante la metodología de Darcy – Weisbach, mediante la siguiente expresión:

$$f = 0{,}2131\ (Re^{-0.2104})$$

La expresión anterior corresponde a la expresión a utilizar en el presente diseño para la obtención del factor de ficción de las tuberías, en función del numero de Reynolds, el cual nos proporciona una caracterización del nivel de turbulencia del flujo, y se obtiene de la siguiente manera:

$$Re = \frac{v * \emptyset}{\varepsilon}$$

Donde:

- v: Velocidad del flujo en la tubería.
- Ø: Diámetro de la tubería en unidades consistentes (m).
- ε: Viscosidad cinemática del agua a la temperatura de diseño.

Teniendo en cuenta lo anterior, las perdidas por ficción se pueden calcular como:

$$h_f = \frac{L}{\emptyset} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- v: Velocidad del flujo en la tubería.
- Ø: Diámetro de la tubería en unidades consistentes (m).
- L: Longitud del tramo de tubería en metros.
- g: Aceleración de la gravedad en $\frac{m}{s^2}$.

### *4.2. Perdidas localizadas o perdidas por accesorios*

Para la obtención de las perdidas por accesorios se tendrá en cuenta la siguiente expresión:

$$h_k = k * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

- v: Velocidad del flujo en la tubería.
- K: Coeficiente de pérdida del accesorio.
- g: Aceleración de la gravedad en $\frac{m}{s^2}$.

Realizando una revisión del tipo de instalación y el trazado se tiene el siguiente listado de accesorios y sus respectivos coeficientes (K):

***Tabla 1.*** Coeficientes de perdidas localizadas K para los accesorios de la red.

| Accesorio | K |
|---|---|
| Entrada | 0,5 |
| Salida | 1 |
| Codo 90° | 0,9 |
| Tee De Paso Lateral | 0,9 |
| Tee De Salida Bilateral | 2 |
| Tee De Paso Directo | 0,15 |
| Valv. Comp. Abierta | 0,25 |
| Red. de 3/4 a 1/2 | 0,215 |
| Red. de 1 a 3/4 | 0,125 |
| Red. de 1 a 1/2 | 0,37 |
| Red. de 1 1/4 a 1 | 0,1025 |

## 5. Condiciones minimas y màximas de presión de diferentes aparatos

Según el numeral 7.4.3.1 de la NTC 1500, el sistema de distribución de agua debe ser diseñado y las dimensiones del tubo pueden ser seleccionadas, de tal manera que bajo las condiciones de demanda pico abastezcan a los aparatos sanitarios para las capacidades de caudal y presión mínimas a las mostradas en la Tabla 7.4.3.1 de la misma normativa.

**Tabla 6.2**

Gasto-diámetro y presión mínimos requeridos
para el funcionamiento de los diferentes artefactos y salidas

| Artefacto sanitario o salida | Gasto ↓ Q mínimo litros/seg | Diámetro mínimo pulgadas | Presión* mínima m.c.a. |
|---|---|---|---|
| Bañera | 0,3 | 3/4 | 2 |
| Bebedero | 0,1 | 1/2 | 2,5 |
| Bidet | 0,1 | 1/2 | 3 |
| Calentador eléctrico | 0,3 | 3/4 | 2 |
| Ducha | 0,2 | 1/2 | 1,5 |
| Inodoro de tanque | 0,15 | 1/2 | 2 |
| Inodoro de fluxómetro | 1-2-2,5 | 1-1 1/4-1 1/2 | 7 a 14 |
| Lavadero | 0,2-0,3 | 1/2 | 2 |
| Lavaescobas | 0,3 | 1/2 | 2 |
| Lavamanos | 0,2 | 1/2 | 2 |
| Lavaplatos | 0,25-0,3 | 1/2 | 2 |
| Manguera jardín | 0,25 | 1/2 | 10 |
| Manguera jardín | 0,3 | 3/4 | 10 |
| Orinal sencillo | 0,15 | 1/2 | 2 |
| Orinal fluxómetro muro | 1 a 2 | 3/4 | 5 a 10 |
| Orinal fluxómetro pedestal | 1 a 2,5 | 1 1/4 | 7 a 14 |
| Surtidor grama | 0,2 | 1/2 | 10 |
| Tanque revelado (renov. continuo) | 0,15 | 3/8 | 1,5 |
| Vertedero | 0,2 | 1/2 | 2 |
| Hidrante gabinete muro | 3,2 | 1 1/2 | 45 |
| (Boquilla 1/2 a 5/8) | 2,2 | 1 1/2 | 22 |
| Hidrante gabinete muro | 16 | 2 1/2 | 45 |
| (Boquilla 1-1/8) | 14 | 2 1/2 | 35 |
| Sprinkler | 1-1,25 | 1-1 1/4-1 1/2 | 10 a 14 |

**Ilustración 6.** *Condiciones mínimas y máximas de presión de diferentes aparatos NTC-1500.*

## 6. Caudal máximo y consumos de agua

Los máximos caudales y consumos de agua para todos los aparatos hidrosanitarios y accesorios deben cumplir con la siguiente tabla:

**Tabla 7.4.4 Consumos y caudales máximos para aparatos hidrosanitarios y accesorios para los aparatos**

| Aparatos hidrosanitarios o accesorios para los aparatos | Consumos y caudales máximos[b] |
|---|---|
| Lavamanos privado | 8,3 L/min (2,2 gpm) a 414 kPa (60 psi) |
| Lavamanos público (con cierre automático) | 0,9 Lpf (0,25 galones) por ciclo de descarga |
| Lavamanos público (otro que no sea con cierre automático) | 1,9 L/min (0,5 gpm) a 414 kPa (60 psi) |
| Regadera [a] | 9,5 L/min (2,5 gpm) a 552 kPa (80 psi) |
| Grifo de poceta | 8,3 L/min (2,2 gpm) a 414 kPa (60 psi) |
| Orinales | 3,8 Lpf (1,0 galones) por ciclo de descarga |
| Inodoros | 6,0 Lpf (1,6 galones) por ciclo de descarga |

Factores de conversión: 1 L = 0,3 galón, 1 L/min = 0,3 galón/min.
1 kPa = 0,1 libra por pulgada cuadrada.

[a] Una teleducha es una regadera.

[b] Las tolerancias de consumo deben ser las determinadas en las normas citadas.

Lpf Litros por descarga

NOTA Para otros aparatos sanitarios, véase la NTC 1644.

**Ilustración 7.** *Caudales máximos y consumos de agua de diferentes aparatos NTC-1500.*

En la ilustración anterior se observa el caudal máximo y el consumo de agua de diferentes aparatos, se evidencia que se presenta el aparato correspondiente a grifo de poceta, el cual será tomado como parámetro de referencia para el presente documento.

### 7. Velocidades permitidas

La velocidad mínima para garantizar arrastre de partículas o sedimentos es de 0.5 m/s. La velocidad máxima para evitar ruidos, erosión de la tubería y golpe de ariete es de 2.0 m/s para diámetros inferiores a 2 ½" y 2.5 m/s para diámetros iguales o superiores.

La velocidad puede obtenerse por medio de la siguiente ecuación:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Donde:

- v: Velocidad en la tubería (m/s).
- Q: Caudal en la tubería ($m^3/s$).
- A: Área efectiva de la tubería ($m^2$).

El caudal puede estimarse teniendo en cuenta el número de unidades de consumo y si es un aparato que cuenta con tanque o con fluxómetro:

### 8. Diámetro de la tubería de suministro para el aparato

La dimensión mínima del tubo de suministro a un aparato sanitario en sistemas paralelos o en malla debe ser la indicada en la siguiente tabla:

**Tabla 6.2**

Gasto-diámetro y presión mínimos requeridos para el funcionamiento de los diferentes artefactos y salidas

| Artefacto sanitario o salida | Gasto ↓ Q mínimo litros/seg | Diámetro mínimo pulgadas | Presión* mínima m.c.a. |
|---|---|---|---|
| Bañera | 0,3 | 3/4 | 2 |
| Bebedero | 0,1 | 1/2 | 2,5 |
| Bidet | 0,1 | 1/2 | 3 |
| Calentador eléctrico | 0,3 | 3/4 | 2 |
| Ducha | 0,2 | 1/2 | 1,5 |
| Inodoro de tanque | 0,15 | 1/2 | 2 |
| Inodoro de fluxómetro | 1-2-2,5 | 1-1 1/4-1 1/2 | 7 a 14 |
| Lavadero | 0,2-0,3 | 1/2 | 2 |
| Lavaescobas | 0,3 | 1/2 | 2 |
| Lavamanos | 0,2 | 1/2 | 2 |
| Lavaplatos | 0,25-0,3 | 1/2 | 2 |
| Manguera jardín | 0,25 | 1/2 | 10 |
| Manguera jardín | 0,3 | 3/4 | 10 |
| Orinal sencillo | 0,15 | 1/2 | 2 |
| Orinal fluxómetro muro | 1 a 2 | 3/4 | 5 a 10 |
| Orinal fluxómetro pedestal | 1 a 2,5 | 1 1/4 | 7 a 14 |
| Surtidor grama | 0,2 | 1/2 | 10 |
| Tanque revelado (renov. continuo) | 0,15 | 3/8 | 1,5 |
| Vertedero | 0,2 | 1/2 | 2 |
| Hidrante gabinete muro | 3,2 | 1 1/2 | 45 |
| (Boquilla 1/2 a 5/8) | 2,2 | 1 1/2 | 22 |
| Hidrante gabinete muro | 16 | 2 1/2 | 45 |
| (Boquilla 1-1/8) | 14 | 2 1/2 | 35 |
| Sprinkler | 1-1,25 | 1-1 1/4-1 1/2 | 10 a 14 |

**Ilustración 8.** *Diámetros mínimos de los diferentes elementos NTC-1500.*

# CÁLCULO MÉTODO DE HUNTER MODIFICADO RED DE ABASTECIMIENTO

Con la ruta crítica, los accesorios establecidos y las unidades de consumo estipuladas en la Norma Icontec 1500 se realizan los cálculos relacionados, primero se realiza dimensionamiento de la red y luego se procede a la elaboración de tablas de cálculo que se presentarán a continuación:

**DISEÑO DE RED INTERNA DE AGUA POTABLE**

| Temperatura (°C) | 28 | Tipo de Instalación | 1 | Viscocidad Cinemática (m2/s) | 8,349E-07 | Presión Sum. Red (mca) | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

| TRAMO | | UND. | No. Salidas | K (F.S) | TIPO DE APARATO | Q MAX POSIBLE | Q MAX PROBABLE | ø Estimado (m) | ø Estimado (") | ø Seleccionado (") | ø Efectivo | RDE | V | Re | f | LONGITUD DE LA TUBERÍA | | | | ACCESORIOS | | H Total | COTA PIEZOMÉTRICA | | COTA APARATO | PRESIÓN FINAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Hunter NTC 1500 | | | | | | | | | | | | | | Hor. | Vert. | Lon.T | Hf | Km | Hk | | Inicial: | Final: | | |
| DE: | A: | [-] | [-] | [-] | [-] | [LPS] | [LPS] | [m] | [in] | [in] | [m] | [m] | [m/s] | [-] | [-] | [m] | [m] | [m] | [m.c.a] | [-] | [m.c.a] | [m.c.a] | [m.c.a] | [m.c.a] | [m] | [m] |
| 1 | 2 | 16 | 3 | 0,68 | COMÚN | 0,78 | 0,53 | 0,018 | 1,00 | 1 | 0,0302 | 21,0 | 0,74 | 26746,4 | 0,025 | 9,41 | 0 | 9,41 | 0,22 | 1,4 | 0,039 | 0,26 | 12,00 | 11,74 | | |
| 2 | 3 | 6 | 3 | 0,68 | COMÚN | 0,40 | 0,27 | 0,013 | 0,75 | 3/4 | 0,0236 | 21,0 | 0,62 | 17416,2 | 0,027 | 0,88 | 0 | 0,88 | 0,02 | 2 | 0,039 | 0,06 | 12,00 | 11,94 | | |
| 3 | 4 | 4 | 1 | 1,00 | COMÚN | 0,30 | 0,30 | 0,014 | 0,55 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 1,16 | 25303,3 | 0,025 | 5,89 | 0 | 5,89 | 0,56 | 2,25 | 0,155 | 0,72 | 11,74 | 11,03 | | |
| 4 | LP-1 | 2 | 1 | 1,00 | COMÚN | 0,19 | 0,19 | 0,011 | 0,43 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 0,72 | 15711,6 | 0,028 | 0,3 | 1 | 1,3 | 0,05 | 1,8 | 0,048 | 0,10 | 11,03 | 10,93 | 1,1 | 9,83 |
| 3 | 5 | 10 | 2 | 1,00 | COMÚN | 0,57 | 0,57 | 0,019 | 0,75 | 3/4 | 0,0236 | 21,0 | 1,29 | 36550,4 | 0,023 | 4,81 | 0 | 4,81 | 0,40 | 3,15 | 0,268 | 0,67 | 10,93 | 10,25 | | |
| 5 | LP-2 | 2 | 1 | 1,00 | COMÚN | 0,19 | 0,19 | 0,011 | 0,43 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 0,72 | 15711,6 | 0,028 | 0,3 | 1 | 1,3 | 0,05 | 1,8 | 0,048 | 0,10 | 10,93 | 10,83 | 1,1 | 9,73 |
| 5 | 6 | 8 | 1 | 1,00 | COMÚN | 0,49 | 0,49 | 0,018 | 0,69 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 1,87 | 40750,8 | 0,023 | 2 | 0 | 2 | 0,45 | 0,9 | 0,161 | 0,61 | 10,83 | 10,22 | | |
| 6 | LP-3 | 2 | 1 | 1,00 | COMÚN | 0,19 | 0,19 | 0,011 | 0,43 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 0,72 | 15711,6 | 0,028 | 0,3 | 1 | 1,3 | 0,05 | 1,8 | 0,048 | 0,10 | 11,03 | 10,93 | 1,1 | 9,83 |
| 6 | 7 | 4 | 2 | 1,00 | COMÚN | 0,30 | 0,30 | 0,014 | 0,55 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 1,16 | 25303,3 | 0,025 | 2 | 0 | 2 | 0,19 | 0,9 | 0,062 | 0,25 | 10,93 | 10,67 | | |
| 7 | LP-4 | 2 | 1 | 1,00 | COMÚN | 0,19 | 0,19 | 0,011 | 0,43 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 0,72 | 15711,6 | 0,028 | 0,3 | 1 | 1,3 | 0,05 | 1,8 | 0,048 | 0,10 | 10,67 | 10,57 | 1,1 | 9,47 |
| 2 | 8 | 10 | 1 | 1,00 | COMÚN | 0,57 | 0,57 | 0,019 | 1,00 | 1 | 0,0302 | 21,0 | 0,79 | 28598,8 | 0,025 | 11,32 | 0 | 11,32 | 0,29 | 2 | 0,064 | 0,36 | 10,67 | 10,32 | | |
| 8 | 9 | 8 | 2 | 1,00 | COMÚN | 0,49 | 0,49 | 0,018 | 0,69 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 1,87 | 40750,8 | 0,023 | 1,4 | 0 | 1,4 | 0,31 | 2,25 | 0,402 | 0,72 | 10,32 | 9,60 | | |
| 9 | LP-5 | 2 | 1 | 1,00 | COMÚN | 0,19 | 0,19 | 0,011 | 0,43 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 0,72 | 15711,6 | 0,028 | 0,3 | 1 | 1,3 | 0,05 | 1,8 | 0,048 | 0,10 | 10,93 | 10,83 | 1,1 | 9,73 |
| 8 | 10 | 6 | 2 | 1,00 | COMÚN | 0,40 | 0,40 | 0,016 | 0,63 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 1,54 | 33438,0 | 0,024 | 8,71 | 0 | 8,71 | 1,37 | 2,05 | 0,246 | 1,62 | 10,83 | 9,21 | | |
| 10 | LP-6 | 2 | 1 | 1,00 | COMÚN | 0,19 | 0,19 | 0,011 | 0,43 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 0,72 | 15711,6 | 0,028 | 0,3 | 1 | 1,3 | 0,05 | 1,8 | 0,048 | 0,10 | 9,21 | 9,11 | 1,1 | 8,01 |
| 10 | 11 | 4 | 2 | 1,00 | COMÚN | 0,30 | 0,30 | 0,014 | 0,55 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 1,16 | 25303,3 | 0,025 | 2 | 0 | 2 | 0,19 | 0,9 | 0,062 | 0,25 | 9,21 | 8,95 | | |
| 11 | LP-7 | 2 | 1 | 1,00 | COMÚN | 0,19 | 0,19 | 0,011 | 0,43 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 0,72 | 15711,6 | 0,028 | 0,3 | 1 | 1,3 | 0,05 | 1,8 | 0,048 | 0,10 | 8,95 | 8,85 | 1,1 | 7,75 |
| 11 | 12 | 2 | 2 | 1,00 | COMÚN | 0,19 | 0,19 | 0,011 | 0,43 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 0,72 | 15711,6 | 0,028 | 2 | 0 | 2 | 0,08 | 0,9 | 0,024 | 0,01 | 10,83 | 10,72 | | |
| 12 | LP-8 | 2 | 1 | 1,00 | COMÚN | 0,19 | 0,19 | 0,011 | 0,43 | 1/2 | 0,0182 | 13,5 | 0,72 | 15711,6 | 0,028 | 0,3 | 1 | 1,3 | 0,05 | 1,8 | 0,048 | 0,10 | 10,72 | 10,62 | 1,1 | 9,52 |

Se aclara que todos los tramos propuestos son en PVC y se ajustan a las exigencias dictadas por la NTC-1500, en lo correspondiente a diámetros, velocidades, caracterización de los aparatos y tipo de instalación, los resultados anteriormente mencionados se realizan con fluido de diseño correspondiente a agua y una temperatura de diseño de 28°C.

En el apartado anterior se muestra lo correspondiente al diseño de la red por el método de Hunter Modificado, en la primera columna se establecen los diferentes tramos de diseño los cuales fueron organizados según la organización geométrica de la red, de igual manera se describen todos los parámetros correspondientes al diseño calculados mediante las ecuaciones anteriormente mencionadas.

La organización de información de las columnas del diseño corresponde a:

- Tramo: Corresponde a la identificación del tramo dentro del trazado de la red.
- Unidades de consumo Hunter Modificado NTC-1500: Corresponde a las unidades de consumo asignadas para cada tramo en función de los aparatos y elementos del tramo analizado.
- Número de salidas: Corresponde a las salidas acumuladas en el tramo analizado.
- Factor de simultaneidad K: Calculo del factor de simultaneidad en función del número de salidas.
- Tipo de aparato: Clasificación de la tipología de los aparatos en cada tramo.
- Caudal máximo posible: Calculo del caudal máximo posible.
- Caudal máximo probable: Calculo del caudal máximo probable.
- Ø Estimado (m): Diámetro estimado del tramo en función del caudal en metros.
- Ø Estimado ("): Diámetro estimado del tramo en función del caudal en pulgadas.
- Ø Seleccionado ("): Diámetro comercial aproximado seleccionado.
- Ø Efectivo (m): Diámetro efectivo del tramo en función del diámetro comercial seleccionado.
- RDE: Relación diámetro – espesor del elemento en función del diámetro.
- V: Velocidad del fluido en el tramo.
- Re: Número de Reynolds en el tramo.
- f: Coeficiente de fricción calculado para el elemento.
- Longitud de la tubería: Corresponde a la sumatoria de la longitud horizontal y vertical del tramo.
- hf: Pérdidas totales por fricción en el tramo.
- Km: Sumatoria de los coeficientes de perdidas por accesorios en el tramo.
- hk: Valor equivalente de las perdidas localizadas o por accesorios en el tramo.
- Altura Total (H Total): Sumatoria total de las perdidas por accesorios y las perdidas por fricción.
- Cota piezométrica inicial: Corresponde a la cota piezométrica del elemento en el tramo teniendo en cuenta la cota piezométrica del tramo anterior.
- Cota piezométrica final: Corresponde a la cota piezométrica del elemento en el tramo teniendo en cuenta la totalidad de perdidas acumuladas en los tramos anteriores y las perdidas específicas del tramo.
- Cota del aparato: Cota específica del aparato según su altura en el isométrico.
- Presión del aparato: Presión de trabajo del aparato en el sistema.

Las columnas detalladas anteriormente corresponden al detalle de resultados del diseño hidráulico interno para la zona de laboratorios.

## JUSTIFICACIÓN DE LAS PERDIDAS POR ACCESORIOS DEL TRAZADO

Las perdidas por accesorios en el trazado mostradas anteriormente se detallan accesorio por accesorio para todo el trazado en la siguiente tabla:

| TRAMO | | ACCESORIO No.1 | | | | ACCESORIO No.2 | | | | ACCESORIO No.3 | | | | Km Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DE: | A: | Descripción | Cantidad [UND] | Km [-] | Km Parcial | Descripción | Cantidad [UND] | Km [-] | Km Parcial | Descripción | Cantidad [UND] | Km [-] | Km Parcial | [-] |
| 1 | 2 | Entrada | 1 | 0,5 | 0,5 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | 1,4 |
| 2 | 3 | Tee De Salida Bilateral | 1 | 2 | 2 | | | - | 0 | | | - | 0 | 2 |
| 3 | 4 | Tee De Salida Bilateral | 1 | 2 | 2 | Valv. Comp. Abierta | 1 | 0,25 | 0,25 | | | - | 0 | 2,25 |
| 4 | LP-1 | Codo 90° | 1 | 0,9 | 0,9 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | 1,8 |
| 3 | 5 | Tee De Salida Bilateral | 1 | 2 | 2 | Codo 90° | 1 | 0,9 | 0,9 | Valv. Comp. Abierta | 1 | 0,25 | 0,25 | 3,15 |
| 5 | LP-2 | Codo 90° | 1 | 0,9 | 0,9 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | 1,8 |
| 5 | 6 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | | | - | 0 | 0,9 |
| 6 | LP-3 | Codo 90° | 1 | 0,9 | 0,9 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | 1,8 |
| 6 | 7 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | | | - | 0 | 0,9 |
| 7 | LP-4 | Codo 90° | 1 | 0,9 | 0,9 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | 1,8 |
| 2 | 8 | Tee De Salida Bilateral | 1 | 2 | 2 | | | - | 0 | | | - | 0 | 2 |
| 8 | 9 | Tee De Salida Bilateral | 1 | 2 | 2 | Valv. Comp. Abierta | 1 | 0,25 | 0,25 | | | - | 0 | 2,25 |
| 9 | LP-5 | Codo 90° | 1 | 0,9 | 0,9 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | 1,8 |
| 8 | 10 | Codo 90° | 2 | 0,9 | 1,8 | Valv. Comp. Abierta | 1 | 0,25 | 0,25 | | | - | 0 | 2,05 |
| 10 | LP-6 | Codo 90° | 1 | 0,9 | 0,9 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | 1,8 |
| 10 | 11 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | | | - | 0 | 0,9 |
| 11 | LP-7 | Codo 90° | 1 | 0,9 | 0,9 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | 1,8 |
| 11 | 12 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | | | - | 0 | 0,9 |
| 12 | LP-8 | Codo 90° | 1 | 0,9 | 0,9 | Tee De Paso Lateral | 1 | 0,9 | 0,9 | | | - | 0 | 1,8 |

Anteriormente, se muestran las perdidas correspondientes a pérdidas por accesorios detalladas para todos los nodos del tramo con le objetivo de aclarar el valor del total de coeficiente Km para cada nodo en el trazado.

## VIII. CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RED SANITARIA

En general, los colectores deben diseñarse como conducciones a flujo libre por gravedad, esto indica que solo una parte de la sección es ocupada por el flujo, por lo que la presión sobre la superficie del fluido siempre es igual a la presión atmosférica, adicionalmente es importante aprovechar siempre que sea posible las condiciones topográficas del sector de estudio para transportar por gravedad el caudal. El flujo de aguas residuales o pluviales en una red de alcantarillado para su recolección y evacuación no es permanente. Sin embargo, el dimensionamiento hidráulico de la sección de un colector puede hacerse suponiendo que el flujo en éste es uniforme. Esto es válido en particular para colectores de diámetro pequeño.

Un flujo uniforme ocurre cuando las fuerzas que interactúan sobre el flujo son exactamente balanceadas entre sí. Cuando el flujo ocurre en un canal abierto, el agua encuentra resistencia a medida que fluye, esta resistencia es por lo general contrarrestada por las componentes de fuerzas gravitacionales que actúan sobre el cuerpo de agua en la dirección del movimiento, un flujo uniforme se desarrollará si la resistencia se balancea con las fuerzas gravitacionales.

Otras suposiciones típicas del flujo son que la profundidad, el área mojada, la velocidad y el caudal en cada sección del canal son constantes, y que la línea de energía, la superficie de agua y el fondo de canal son paralelos.

Existen varias fórmulas de flujo uniforme apropiadas para este propósito, dentro de las cuales están la de Chezy y la de Manning.

La ecuación de Manning fue desarrollada a partir de diferentes ecuaciones, y se basa en los datos experimentales de Bazin. Debido a la simplicidad de su forma y los resultados satisfactorios que arroja en las simplificaciones prácticas, esta ecuación se ha convertido en la más utilizada en la práctica.

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- V: Velocidad media en metros por segundo (m/s).
- n: Coeficiente de rugosidad de la superficie del material.
- Rh: Radio hidráulico en metros (m).
- S: Pendiente media del tramo.

Esta expresión se puede convertir en la siguiente ecuación que relaciona el caudal que pasa por la tubería como función del área mojada, del radio hidráulico, de la pendiente de la tubería y del coeficiente de rugosidad de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} * A * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

El coeficiente de rugosidad de Manning es estimado a partir de mediciones de laboratorio y de campo, y depende en general del tipo de material del conducto. Algunos valores típicos se presentan en la siguiente tabla:

TABLA D.2.2

**Valores del coeficiente de rugosidad de Manning**
**- Colectores y drenajes de aguas residuales domésticas y aguas lluvias -**

| Valores del coeficiente de rugosidad de Maning | |
|---|---|
| **Material** | **n** |
| CONDUCTOS CERRADOS | |
| Asbesto – cemento | 0.011 - 0.015 |
| Concreto prefabricado interior liso | 0.011 - 0.015 |
| Concreto prefabricado interior rugoso | 0.015 - 0.017 |
| Concreto fundido en sitio, formas lisas | 0.012 - 0.015 |
| Concreto fundido en sitio, formas rugosas | 0.015 - 0.017 |
| Gres vitrificado | 0.011 - 0.015 |
| Hierro dúctil revestido interiormente con cemento | 0.011 - 0.015 |
| PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso | 0.010 - 0.015 |
| Metal corrugado | 0.022 - 0.026 |
| Colectores de ladrillo | 0.013 - 0.017 |
| CONDUCTOS ABIERTOS | |
| Canal revestido en ladrillo | 0.012 - 0.018 |
| Canal revestido en concreto | 0.011 - 0.020 |
| Canal excavado | 0.018 - 0.050 |
| Canal revestido rip-rap | 0.020 - 0.035 |

**Ilustración 9.** *Coeficientes de rugosidad de Manning para diferentes materiales.*

Sin embargo, algunos fabricantes suministran dicha información y se tiene que de manera general este valor para el PVC es de 0.0 y para el concreto es de 0.013.

Para el dimensionamiento de las redes internas de desagüe de aguas residuales se emplea el método de unidades de descarga de acuerdo con la NTC 1500 (cuarta actualización) Tablas 8 (Unidades de desagüe de aparatos sanitarios) y 9 (Carga máxima de unidades y Longitud máxima de tubos de desagüe).

| Tipo de aparato o accesorio | Valor unitario de desagüe de aparato como factor de carga | Dimensión mínima del sifón (pulgadas) |
|---|---|---|
| Máquina automática de lavar ropa, comercial [a] [g] | 3 | (2) |
| Máquina automática de lavar ropa, residencial [g] | 2 | (2) |
| Grupos sanitarios como se define en el numeral 3.2 6,06 Lpf (1,6 gpd inodoro) [i] | 5 | - |
| Grupos sanitarios como se define en el numeral 3.2 (lavado del inodoro mayor a 6,06 Lpf (1,6 gpd)) [i] | 6 | - |
| Bañera [b] (con o sin regadera o accesorios de hidromasaje) | 2 | (1 ½) |
| Bidé | 1 | (1 ¼) |
| Combinación de poceta y bandeja | 2 | (1 ½) |
| Lavamanos dental | 1 | (1 ¼) |

| Tipo de aparato o accesorio | Valor unitario de desagüe de aparato como factor de carga | Dimensión mínima del sifón (pulgadas) |
|---|---|---|
| Unidad o escupidera dentales | 1 | (1 ¼) |
| Lavadora para platos[c], doméstica | 2 | (1 ½) |
| Bebedero | 1/2 | (1 ¼) |
| Drenaje de emergencia para pisos | 0 | (2) |
| Drenajes de piso[h] | 2[h] | (2) |
| Poceta de piso | [h] | (2) |
| Lavaplatos, doméstico | 2 | (1 ½) |
| Lavaplatos con triturador de vertimientos, lavavajillas o ambos | 2 | (1 ½) |
| Bandeja para lavar ropa (1 o 2 compartimentos) | 2 | (1 ½) |
| Lavamanos | 1 | (1 ¼) |
| Ducha (basado en el gasto total nominal, a través de regaderas y duchas de mano) Gasto nominal: | | |
| 0,36 L/s (5,7 gpm) o menos | 2 | (1 ½) |
| Más de 0,36 L/s hasta 0,78 L/s (Más de 5,7 gpm hasta 12,3 gpm) | 3 | (2) |
| Más de 0,78L/s hasta 1,63 L/s (Más de 12,3 gpm hasta 25,8 gpm) | 5 | (3) |
| Más de 1,63 L/s hasta 3,51 L/s (Más de 25,8 gpm hasta 55,6 gpm) | 6 | (4) |
| Poceta de servicio | 2 | (1 ½) |
| Poceta | 2 | (1 ½) |
| Orinal | 4 | [d] |
| Orinal, 1 galón por descarga o menos | 2[e] | [d] |
| Orinal, sin suministro de agua | ½ | [d] |
| Poceta de aseo (circular o múltiples) cada juego de grifos | 2 | (1 ½) |
| Inodoro, tanque con fluxómetro, público o privado | 4[e] | [d] |
| Inodoro, privado (1,6 gpf) | 3[e] | [d] |
| Inodoro, privado (descarga mayor a 1.6 gpf) | 4[e] | [d] |
| Inodoro, público (1,6 gpf) | 4[e] | [d] |
| Inodoro, público (lavado mayor a 1.6 gpf) | 6[e] | [d] |
| Orinal | 4 | [d] |
| Orinal, 1 galón por descarga o menos | 2[e] | [d] |
| Orinal, sin suministro de agua | ½ | [d] |
| Poceta de aseo (circular o múltiples) cada juego de grifos | 2 | (1 ½) |
| Inodoro, tanque con fluxómetro, público o privado | 4[e] | [d] |
| Inodoro, privado (1,6 gpf) | 3[e] | [d] |
| Inodoro, privado (descarga mayor a 1.6 gpf) | 4[e] | [d] |
| Inodoro, público (1,6 gpf) | 4[e] | [d] |
| Inodoro, público (lavado mayor a 1.6 gpf) | 6[e] | [d] |

Factores de conversión: 1 L = 0,3 galón (gpf = galones por descarga).

[a] Para (sifones) mayores de 3 pulgadas, use Tabla 8.9.2.

[b] Una regadera sobre una bañera o una bañera de hidromasaje no aumenta el valor unitario de desagüe del aparato.

[c] Véase los numerales 8.9.2 a 8.9.4.1 para métodos de cálculo del valor unitario de desagüe de aparatos no incluidos en esta tabla o para las velocidades de dispositivos con gastos intermitentes.

[d] La dimensión del (sifón) debe ser consistente con la dimensión de la boca de salida del aparato.

[e] Con el propósito de calcular las cargas en las redes y drenaje de edificaciones, los inodoros y orinales no se deben medir en una unidad de aparato de desagüe más baja, a menos que valores más bajos sean confirmados por ensayos.

[f] Para aparatos agregados a grupos sanitarios, agregar el valor unidad de aparato de desagüe (UAD) de aquellos aparatos agregados al total del grupo de aparatos sanitarios.

[g] Véase numeral 5.6.3 para requerimientos de tamaño para drenaje de aparato, drenaje de ramal y desagüe de la bajante de una cañería vertical de un lavarropas automático.

[h] Véase los numerales 8.9.4 y 8.9.4.1.

**Ilustración 10.** Unidades de desagüe de los aparatos sanitarios. Fuente: NTC 1500.

| Diámetro del tubo, mm (pulgadas) | 38 (1-1/2) | 51 (2) | 64 (2-1/2) | 76 (3) | 102 (4) | 152 (6) | 203 (8) | 254 (10) | 305 (12) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unidades máximas** | | | | | | | | | |
| Tuberías de desagüe | | | | | | | | | |
| Vertical | 2^2 | 16 | 32 | 48 | 256 | 1380 | 3600 | 5600 | 8400 |
| Horizontal | 1 | 8 | 14 | 35 | 216^3 | 720^3 | 2640^3 | 4680^3 | 8200^3 |
| **Longitud máxima** | | | | | | | | | |
| Tubería de desagüe | | | | | | | | | |
| Vertical, metros | 65 | 85 | 148 | 212 | 300 | 510 | 750 | | |
| Horizontal (no limitada) | | | | | | | | | |

1) Se excluye el brazo del sifón
2) Excepto fregaderos, orinales, máquinas lavaplatos
3)Basado en una pendiente de 21mm/m. Para una pendiente de 10 mm/m, multiplique las unidades horizontales de aparatos sanitarios por un factor de 0,8

**Ilustración 11.** Carga máxima de unidades y longitud máxima de tubos de desagüe. Fuente: NTC 1500.

Para las redes externas de desagüe de aguas residuales se procede a efectuar el cálculo de capacidad hidráulica de las tuberías mediante el cálculo de la velocidad por medio de Manning.

$$Q = V * A = A * \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- V: Velocidad media en metros por segundo (m/s).
- n: Coeficiente de rugosidad de la superficie del material.
- Rh: Radio hidráulico en metros (m).
- S: Pendiente media del tramo.
- A: Área del tramo de tubería en metros cuadrados ($m^2$).

El material de la tubería corresponde a Cloruro de Polivinilo PVC. Para dicho material el coeficiente de rugosidad de Manning adoptado es de 0.010.

## PARAMETROS DE DISEÑO

### DIAMETRO DE LA TUBERIA

En las redes de recolección y evacuación de aguas negras, el diámetro mínimo de las redes internas se determinará de acuerdo con las unidades de descarga de la NTC 1500. El diámetro nominal mínimo permitido en los colectores externos de aguas negras será el que resulte del cálculo hidráulico por medio de la ecuación de Manning.

### VELOCIDADES DE DISEÑO

- La velocidad de diseño mínima aceptable en la tubería debe ser de 0.45 m/s.
- La velocidad de diseño Máxima aceptable en la tubería debe ser de 5 m/s.

## FUERZA TRACTIVA (Pa)

Para las condiciones iniciales de operación de cada tramo, debe verificarse el comportamiento autolimpiante del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio. Por lo tanto, debe establecerse que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 1,0 N/m2 (0,15 Kg/m2).

## RELACIÓN Q/Qo

Para efectos de diseño la profundidad hidráulica máxima será la correspondiente a un 75% de la capacidad a tubo lleno.

## DISEÑO RED SANITARIA

Con la ruta establecida se realiza el cálculo de la red de desagüe, considerando la norma Icontec 1500 y se resumen en la siguiente tabla. Todos los cálculos se hacen con una pendiente del 2%, considerada como la mínima para cumplir con el criterio de autolimpieza. Se tiene el siguiente trazado de la red:

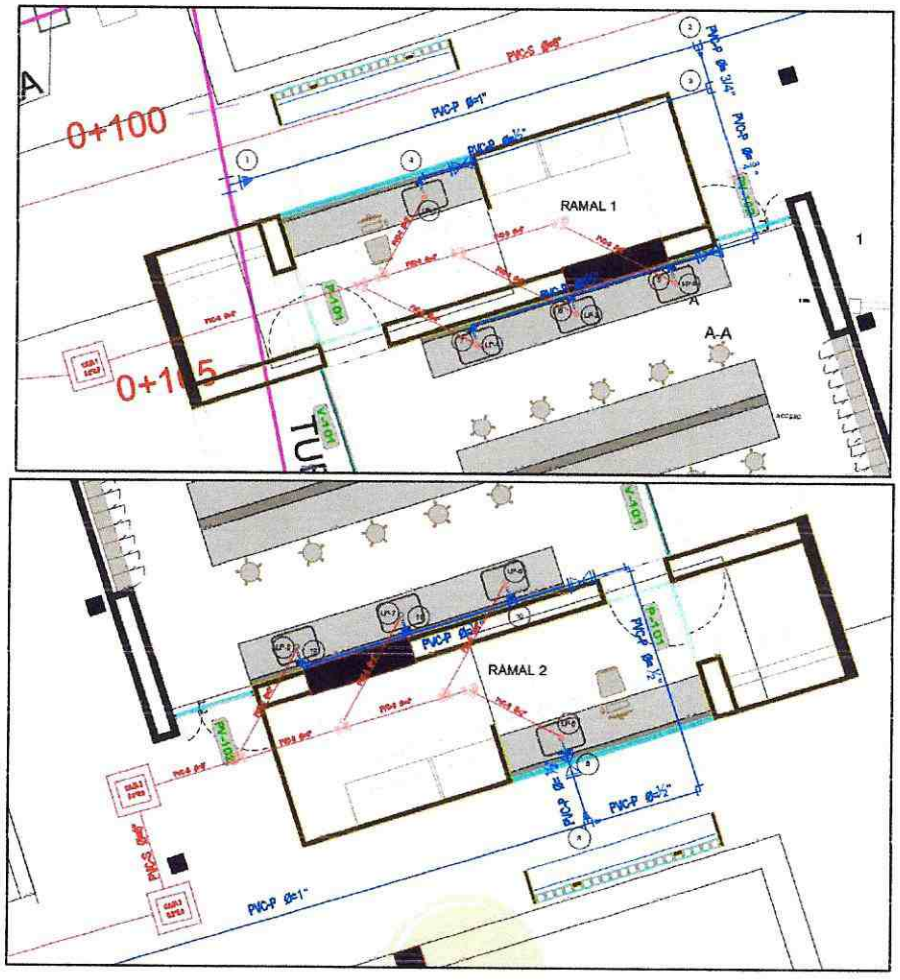



**Ilustración 12.** Disposición de los ramales de la red propuesta.

Teniendo claro el trazado de la red y clasificando el trazado en dos ramales, se tienen los siguientes resultados de diseño.

**DISEÑO DE RAMALES DE AGUAS NEGRAS**

| Tipo de Instalación | 1 |
|---|---|

| MATERIAL | PVC |
|---|---|

| n Manning | 0,01 |
|---|---|

| RAMAL | DESCARGA BJANTE | UND. Hunter NTC 1500 | No. SALIDAS | K | TIPO DE APARATO | Q Max. Posible | Q Max. Probable | Sw | ø Cal | ø Cal | ø Comercial | ø Comercial | Qo | Q/Qo | Y/ø < 0.85 | V/Vo | H/ø | R/Ro | Yn | Vo | V Real | Ro | R Real | T > 1 Pa | H | FROUDE <0.9 y >1.1 | VERIFICACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [-] | [-] | [-] | [-] | [-] | | [L.P.S] | [L.P.S] | [%] | [m] | [in] | [in] | [m] | [L.P.S] | [-] | [-] | [-] | [-] | [-] | [m] | [m/s] | [m/s] | [m] | [m] | [Pa] | [m] | [-] | [-] |
| R1 | - | 8 | 4 | 0,62 | COMÚN | 0,49 | 0,30 | 2,0% | 0,027 | 1,08 | 2 | 0,05 | 1,50 | 0,2 | 0,343 | 0,645 | 0,251 | 0,766 | 0,01715 | 0,762 | 0,490 | 0,0125 | 0,0095 | 1,87 | 0,012 | 1,39 | CUMPLE |
| R2 | - | 8 | 4 | 0,62 | COMÚN | 0,49 | 0,30 | 2,0% | 0,027 | 1,08 | 2 | 0,05 | 1,50 | 0,2 | 0,343 | 0,645 | 0,304 | 0,766 | 0,01715 | 0,762 | 0,490 | 0,0125 | 0,0095 | 1,87 | 0,015 | 1,26 | CUMPLE |

En el apartado anterior se muestra lo correspondiente al diseño de la red por el método de Hunter Modificado, en la primera columna se establecen los diferentes tramos de diseño los cuales fueron organizados según la organización geométrica de la red, de igual manera se describen todos los parámetros correspondientes al diseño calculados mediante las ecuaciones anteriormente mencionadas.

La organización de información de las columnas del diseño corresponde a:

- Ramal: Corresponde a la identificación del ramal analizado en el trazado.
- Unidades de consumo Hunter Modificado NTC-1500: Corresponde a las unidades de consumo asignadas para cada tramo en función de los aparatos y elementos del tramo analizado.
- Número de salidas: Corresponde a las salidas acumuladas en el tramo analizado.
- Factor de simultaneidad K: Calculo del factor de simultaneidad en función del número de salidas.
- Tipo de aparato: Clasificación de la tipología de los aparatos en cada tramo.
- Caudal máximo posible: Calculo del caudal máximo posible.

- Caudal máximo probable: Calculo del caudal máximo probable.
- S(%): Corresponde a la pendiente del tramo analizado.
- Ø Calculado (m): Diámetro estimado del tramo en función del caudal en metros.
- Ø Calculado (“): Diámetro estimado del tramo en función del caudal en pulgadas.
- Ø Comercial (m): Diámetro comercial aproximado seleccionado en metros.
- Ø Comercial (“): Diámetro efectivo del tramo en función del diámetro comercial seleccionado.
- Qo: Caudal a tubo lleno calculado.
- Q/Qo: Relación hidráulica de caudal asociada.
- Y/ø < 0.85: Verificación de cumplimiento de relación hidráulica de profundidad.
- V/Vo: Relación hidráulica de velocidad.
- H/ø: Relación hidráulica total de altura contra el diámetro.
- R/Ro: Relación hidráulica de radio hidráulico.
- Yn: Altura de la lamina de agua en la tubería.
- Vo: Velocidad a tubo lleno en la tubería.
- V Real: Velocidad real en la tubería a la altura de la lamina de agua.
- Ro: Radio hidráulico a tubo lleno en metros.
- R Real: Radio hidráulico a la altura de la lamina de agua.
- T > 1 Pa : Esfuerzo cortante tractivo en el conducto mayor a 1 Pa.
- H: Altura total de la lamina de agua.
- FROUDE <0.9 y >1.1: Chequeo de las condiciones del número de Froude.
- Verificación de cumplimiento de todas las condiciones.

Las columnas detalladas anteriormente corresponden al detalle de resultados del diseño hidráulico de las instalaciones sanitarias propuestas.

Como es de observar en la anterior tabla, todas las tuberías con los diámetros propuestos cumplen estar por debajo del 75% del diámetro; se debe tener en cuenta que la pendiente utilizada para los cálculos fue de 2%.

## CHEQUEO DE VELOCIDAD

Para realizar el cálculo de chequeo de velocidad en las condiciones reales del tubo, se procede a realizar un análisis a partir del concepto de relaciones hidráulicas debido a que las condiciones de la tubería tienen las mismas secciones hidráulicas y el mismo material por lo tanto dicho concepto es aplicable a las condiciones actuales.

Inicialmente, a partir de la velocidad a tubo lleno calculada en las tablas anteriores columna 9, se calcula el caudal correspondiente a partir de la relación de Q=V*A despejando velocidad V=Q/A, donde reemplazando dicha relación en la fórmula de velocidad de Manning, los resultados de dicha verificación se pueden evidenciar en las columnas V/Vo y H/ø, de la tabla resumen de diseño.

Una vez calculado el caudal a tubo lleno se procede a aplicar las relaciones hidráulicas expuestas a continuación, en donde, para que cada valor que relaciona un Q/Qo existen valores de V/Vo, porcentajes de H/Ø, y valores de tirantes Y/Yo, los resultados de dicha verificación pueden ser evidenciados en la tabla de diseño.

Teniendo los valores de caudal calculados tanto por unidades de descarga como por la ecuación de Manning, se procede a establecer una relación entre dichos caudales donde, a partir de esta relación conocer las velocidades, porcentaje de diámetro total del tubo que alcanza la lámina de agua (Y/Yo) y la fuerza tractiva correspondiente a esa relación de caudal.

La Resolución 0330 de 2017 establece que, con propósitos de auto limpieza, las tuberías colectoras deben cumplir con una velocidad mínima que genere una fuerza cortante en la pared de la tubería de **mínimo 1 Pa,** por lo anterior se realiza el cálculo de la fuerza cortante y se expone si las tuberías cumplen o no en la última columna de la tabla

## RED DE VENTILACIÓN

El sistema de instalaciones hidráulicas y sanitarias debe estar provisto de un sistema de tuberías de ventilación que permitan la admisión o emisión de aire, de manera que el sello de cualquier sifón no esté sujeto a un diferencial de presión de aire de máximo 249 Pa.

La ventilación requerida debe ser seca, y se debe conectar al drenaje de aguas residuales o a una extensión del drenaje de aguas residuales de la edificación. Se debe requerir una ventilación vertical para cada bajante de desagüe de aguas residuales que tenga cinco ramales o más, cada bajante debe terminar en el exterior, al aire libre o con una válvula de admisión de aire.

La Norma Técnica Colombiana NTC 1500 establece que cada aparato sanitario debe ser protegido contra sifonaje y reflujo por medio de tubos de ventilación instalados a lo largo del sistema de desagüe.

**Diámetros Mínimos**

En el numeral 10.6 de la Norma Técnica Colombiana 1500 cuarta actualización, se establece que el diámetro mínimo para la instalación de tubería de ventilación no puede ser menor a la mitad del diámetro del drenaje servido o menor que 32 mm (1 ¼"), a su vez, el numeral 10.3.2 establece que todo aparato sanitario conectado a un ramal horizontal de desagüe aguas abajo de un sanitario debe ser ventilado de manera individual con los diámetros que se establecen en la tabla 20 de la norma y/o tabla 10 de este informe.

**Tabla 20. Diámetros mínimos para ventilación individual**

| Tipo de aparato | Diámetro mínimo para ventilación individual en mm (pulgada) |
|---|---|
| Lavamanos, lavaplatos, lavadero de ropas, sanitario, bañera, bidé de piso | 38 (1 ½) |
| Sanitario | 51 (2) |
| NOTA Para aparatos no especificados el diámetro mínimo de la tubería de ventilación será igual a la mitad del diámetro del colector de desagüe al cual ventila. En ningún caso será menor de 38 mm (1 ½ de pulgada). | |

| Diámetro del ramal horizontal de desagüe | | Número máximo de unidades de descarga | Diámetro del tubo de ventilación | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 38 mm (1 1/2 de pulgada) | 51 mm (2 pulgadas) | 64 mm (2 1/2 de pulgadas) | 76 mm (3 pulgadas) | 102 mm (4 pulgadas) | 127 mm (5 pulgadas) |
| | | | Máxima longitud del tubo de ventilación (m) | | | | | |
| 38mm | (1 1/2 pulgadas) | 10 | 6.0 | | | | | |
| 51 mm | (2 pulgadas) | 12 | 4.5 | 12.0 | | | | |
| 51 mm | (2 pulgadas) | 20 | 3.0 | 9.0 | | | | |
| 76 mm | (3 pulgadas) | 10 | | 6.0 | 12.0 | | | |
| 76 mm | (3 pulgadas) | 30 | | - | 12.0 | 30.0 | | |
| 76 mm | (3 pulgadas) | 60 | | - | 4.8 | 24.0 | | |
| 102 mm | (4 pulgadas) | 100 | | 2.1 | 6.0 | 15.6 | 60.0 | |
| 102 mm | (4 pulgadas) | 200 | | 1.8 | 5.4 | 15.0 | 54.0 | |
| 102 mm | (4 pulgadas) | 500 | | | 4.2 | 10.8 | 42.0 | |
| 127 mm | (5 pulgadas) | 200 | | | | 4.8 | 21.0 | 60.0 |
| 127 mm | (5 pulgadas) | 1100 | | | | 3.0 | 12.0 | 42.0 |

**Tabla 10.6.1 Dimensiones y longitud de desarrollo de bajantes de ventilación y de ventilación vertical**

| Diámetro de la bajante de aguas residuales o servidas (pulgadas) | Total de unidades de aparato ventiladas (UAD) | Máxima longitud de desarrollo para la ventilación m (pies)* Diámetro de la ventilación (pulgadas) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (1 ¼) | (1 ½) | (2) | (2 ½) | (3) | (4) | (5) | (6) | (8) | (10) | (12) |
| 1 ¼ | 2 | 9,1 (30) | | | | | | | | | | |
| 1 ½ | 8 | 15,2 (50) | 45,7 (150) | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 ½ | 10 | 9,1 (30) | 30,5(100) | | | | | | | | | |
| 2 | 12 | 9,1 (30) | 22,9 (75) | 61,0(200) | | | | | | | | |
| 2 | 20 | 7,9 (26) | 15,2 (50) | 45,7 (150) | | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 ½ | 42 | | 9,1 (30) | 30,5(100) | 91,4 (300) | | | | | | | |
| 3 | 10 | | 12,8 (42) | 45,7 (150) | 109,7(360) | 317,9 (1 040) | | | | | | |
| 3 | 21 | - | 9,8 (32) | 33,5 (110) | 82,3 (270) | 246,9 (810) | - | - | - | - | - | - |
| 3 | 53 | | 8,2 (27) | 28,6 (94) | 70,1 (230) | 207,3 (680) | | | | | | |
| 3 | 102 | | 7,6 (25) | 26,2 (86) | 64,0 (210) | 189 (620) | | | | | | |
| 4 | 43 | - | | 10,7 (35) | 25,9 (85) | 76,2 (250) | 298,7 (980) | - | - | - | - | - |
| 4 | 140 | | | 8,2 (27) | 19,8 (65) | 61 (200) | 228,6 (750) | | | | | |
| 4 | 320 | | | 7,0 (23) | 16,8 (55) | 51,8 (170) | 195,1 (640) | | | | | |
| 4 | 540 | - | - | 6,4 (21) | 15,2 (50) | 45,7 (150) | 176,8 (580) | - | - | - | - | - |
| 5 | 190 | | | | 8,5 (28) | 25,0 (82) | 97,5 (320) | 301,7 (990) | | | | |

Continúa...

**Tabla 10.6.1 (Final)**

| Diámetro de la bajante sanitaria (pulgadas) | Total de unidades de aparato ventiladas (UAD) | Máxima longitud de desarrollo para la ventilación m (pies)* Diámetro de la ventilación mm (pulgadas) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (1 ¼) | (1 ½) | (2) | (2 ½) | (3) | (4) | (5) | (6) | (8) | (10) | (12) |
| 5 | 490 | | | | 6,4 (21) | 19,2 (63) | 76,2 (250) | 231,6 (760) | | | | |
| 5 | 940 | - | - | - | 5,5 (18) | 16,1 (53) | 64,0 (210) | 204,2 (670) | - | - | - | - |
| 5 | 1 400 | | | | 4,9 (16) | 14,9 (49) | 57,9 (190) | 179,8 (590) | | | | |
| 6 | 500 | | | | | 10,1 (33) | 39,6 (130) | 121,9 (400) | 304,8 (1 000) | | | |
| 6 | 1 100 | - | - | - | - | 7,9 (26) | 30,5 (100) | 94,5 (310) | 237,7 (780) | - | - | - |
| 6 | 2 000 | | | | | 6,7 (22) | 25,6 (84) | 79,2 (260) | 201,2 (660) | | | |
| 6 | 2 900 | | | | | 6,1 (20) | 23,5 (77) | 73,1 (240) | 182,9 (600) | | | |
| 8 | 1 900 | - | - | - | - | | 9,1 (31) | 29,0 (95) | 73,1 (240) | 286,5 (940) | - | - |
| 8 | 3 400 | | | | | | 7,3 (24) | 22,2 (73) | 57,9 (190) | 219,4 (720) | | |
| 8 | 5 600 | | | | | | 6,1 (20) | 18,9 (62) | 48,8 (160) | 185,9 (610) | | |
| 8 | 7 600 | - | - | - | - | - | 5,5 (18) | 17,1(56) | 42,7 (140) | 170,7 (560) | - | |
| 10 | 4 000 | | | | | | | 9,4 (31) | 23,8 (78) | 94,5 (310) | 292,6 (960) | |
| 10 | 7 200 | | | | | | | 7,3 (24) | 18,3 (60) | 73,1 (240) | 225, 5 (740) | |
| 10 | 11 000 | - | - | - | - | - | | 6,1 (20) | 15,5 (51) | 61 (200) | 192, 0 (630) | - |
| 10 | 15 000 | | | | | | | 5,5 (18) | 14,0 (46) | 54,9 (180) | 173,7 (570) | |
| 12 | 7 300 | | | | | | | | 9,4 (31) | 36,6 (120) | 115,8 (380) | 286,5 (940) |
| 12 | 13 000 | - | - | - | - | - | - | - | 7,3 (24) | 28,6 (94) | 91,4 (300) | 219,4 (720) |
| 12 | 20 000 | | | | | | | | 6,1 (20) | 24,1 (79) | 76,2 (250) | 185,9 (610) |
| 12 | 26 000 | | | | | | | | | 21,9 (72) | 70,1 (230) | 152,4 (500) |
| 15 | 15 000 | - | - | - | - | - | - | - | 5,5 (18) | 12,2 (40) | 39,6 (130) | 94,5 (310) |
| 15 | 25 000 | | | | | | | | | 9,4 (31) | 29,3 (96) | 73,1 (240) |
| 15 | 38 000 | | | | | | | | | 7,9 (26) | 24,7 (81) | 61 (200) |
| 15 | 50 000 | - | - | - | - | - | - | - | - | 7,3 (24) | 22,5 (74) | 54,9 (180) |

Factor de conversión: 1 m = 3,3 pies

* El desarrollo longitudinal debe ser medido desde la conexión de la ventilación al aire libre.

UAD = Unidad de aparato de desagüe, en inglés dfu

**Ilustración 13.** Diámetros de tubería de ventilación dispuestos por la NTC 1500.

Adicionalmente, la bajante de aguas servidas debe ser dimensionada con base en la descarga total de la bajante y la descarga dentro del intervalo de ramal. La bajante de aguas servidas debe tener la misma dimensión en toda su longitud.

Tabla 10.13.4 Dimensión de la bajante de ventilación de aguas servidas

| Dimensión de la bajante (pulgadas) | Máximo número de unidades de aparato de desagüe (UAD) | |
|---|---|---|
| | Descarga total en un piso | Descarga total para la bajante |
| 1 ½ | 1 | 2 |
| 2 | 2 | 4 |
| 2 ½ | Sin límite | 8 |
| 3 | Sin límite | 24 |
| 4 | Sin límite | 50 |
| 5 | Sin límite | 75 |
| 6 | Sin límite | 100 |
| UAD = Unidad de aparato de desagüe, en inglés dfu | | |

**Ilustración 14.** Diámetros de bajante principal de aguas servidas por la NTC 1500.

## IX. CÁLCULO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS

El objetivo principal de contar con un sistema de evacuación de aguas lluvias, es retirar el agua de las cubiertas de la estructura de manera rápida para evitar acumulaciones que en un futuro puedan ocasionar filtraciones y humedad. La zona correspondiente a la estructura de los laboratorios, se divide en dos (2) bloques de dimensiones iguales, los cuales generan escorrentía en la zona superior en el espacio correspondiente a las graderías, así como en la zona de cubierta de las circulaciones.

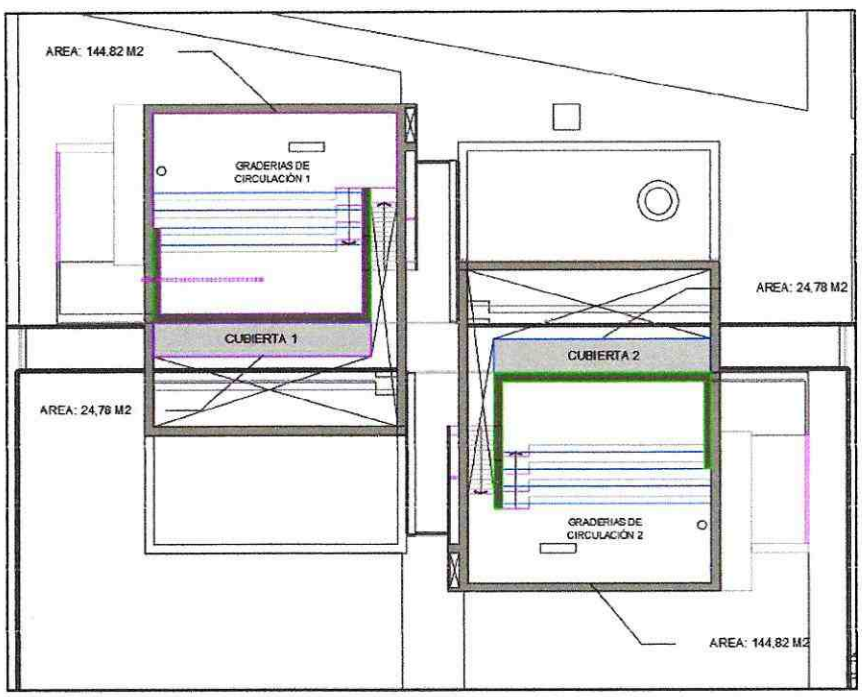



**Ilustración 15.** Zonas de escorrentía de los laboratorios.

Un factor clave es la demarcación de las zonas que recibirán los eventos de precipitación en el área de los laboratorios se evidencia que las zonas que van a recibir dichos eventos son las graderías al aire libre del ultimo nivel y las cubiertas contiguas a las circulaciones, como se observa en la ilustración anterior.

Teniendo definida la zona de acción de la escorrentía, se demarcan las áreas aferentes a dichos espacios, para las cuales se obtiene:

- Área de cubierta 1 y área de cubierta 2: 24.78 $m^2$.
- Área de gradería de circulación 1 y gradería de circulación 2: 144.82 $m^2$.

Teniendo definidas las áreas de aportación, se procede a realizar un análisis lluvia – escorrentía para el calculo del evento de lluvia, mediante el método racional, el cual corresponde a la obtención de un caudal de lluvia correspondiente a un evento especifico de diseño, el cual corresponde a un evento de lluvia para un periodo de retorno especifico seleccionado, este multiplicado por el área aferente y por el coeficiente de escorrentía (medida que nos dicta cuanto se va por escorrentía y cuanto por infiltración al circular un caudal por una superficie de material especifico) .

El Método Racional (Kuichling, 1889) se fundamenta en la idea de que, si una lluvia con intensidad (I) empieza de forma instantánea y continúa de forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración (Tc), en el cual toda el área aferente, está contribuyendo al caudal en la salida.

El caudal de diseño se determinará mediante el método racional, una vez definidos todos los parámetros correspondientes al análisis lluvia – escorrentía, se tiene que:

$$Q = C * i * A$$

Donde:

- Q: Caudal en $m^3/s$.
- C: Coeficiente de escorrentía.
- I: Intensidad de lluvia (mm/h)
- A: Área de aportación ($m^2$).

El método racional es una formula empírica generalmente utilizada para calcular el caudal a partir de una precipitación. Ecuación utilizada en múltiples ocasiones debido a su simplicidad y buenos resultados bajo condiciones de determinadas entre ellas un área aferente pequeña.

Teniendo en cuenta las variables establecidas para la obtención del caudal de escorrentía de diseño mediante el método racional, se procede a realizar un análisis unitario de cada una de las variables hidráulicas, considerando que los valores correspondientes a las áreas de aportación ya fueron predefinidos previamente.

**Periodo de retorno**

El periodo de retorno de la lluvia de diseño se debe seleccionar de acuerdo con la importancia de las áreas y los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones puedan ocasionar a los habitantes, el tráfico, el comercio, la industria y la infraestructura. En ningún caso podrán ser menores que los valores mostrados en la siguiente tabla, para el presente diseño se toma un periodo de retorno de 5 años:

Tabla 16. Periodos de retorno

| Características del área de drenaje | Período de retorno (años) |
|---|---|
| Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas | 3 |
| Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas | 5 |
| Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas | 5 |
| Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas | 10 |
| Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas | 50 |
| Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas | 100 |
| Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas | 100 |

**Ilustración 16.** Periodos de retorno según las características del drenaje, Resolución 0330 de 2017.

**Coeficiente de Escorrentía**

El coeficiente de escorrentía, C, es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre uso del suelo.

El numeral 3 del artículo 135 de la Resolución 0330 de 2017 indica que debe hacerse un análisis detallado de las coberturas de las áreas de estudio.

Para áreas de drenaje que incluyan subáreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

$$C = \frac{\sum C * A}{\sum A}$$

Representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo. Para efectos del proceso de diseño se realizará para el evento más critico de escorrentía en el cual el caudal presente por infiltración es nulo, y la totalidad del caudal producido por la lluvia se vuelve caudal de escorrentía, es decir se tiene un coeficiente de escorrentía de 1.0 (sin presencia de infiltración a través del material). Algunos valores comunes de coeficiente de escorrentía para diferentes materiales son:

| Características de la superficie | Periodo de retorno (en años) | |
|---|---|---|
| | 25 | 50 |
| **Áreas con desarrollo** | | |
| Asfalto | 0,86 | 0,90 |
| Concreto /techo | 0,88 | 0,92 |
| Superficies semipermeables (pavimentos porosos, adoquines filtrantes, zacate bloque, etc.) | 0,49 | 0,52 |
| **Zonas verdes** (condición promedio) | | |
| Plano, 0-2% | 0,34 | 0,37 |
| Promedio, 2-7% | 0,38 | 0,45 |
| Superior a 7% | 0,42 | 0,49 |
| **Áreas no desarrolladas** | | |
| Pastizales (lotes baldíos o cafetales) | 0,42 | 0,45 |

**Ilustración 17.** Coeficientes de escorrentía (C) para algunos materiales comunes.

Ya que la superficie en cuestión es una zona superior que hace las veces de cubierta el coeficiente de escorrentía será de 1. Para el cálculo del coeficiente de escorrentía (C) se procede de la siguiente forma:

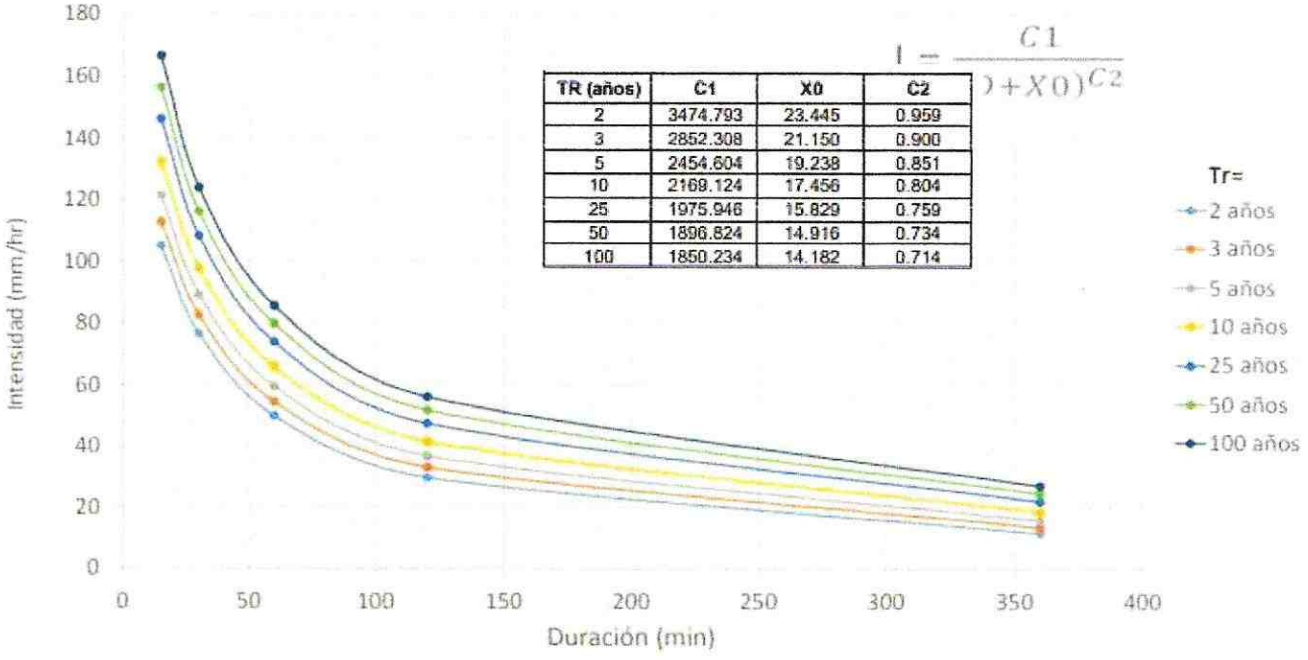
- Identificar los tipos de suelo dentro de las áreas de drenaje, teniendo en cuenta las consideraciones sobre el desarrollo urbano y las disposiciones legales sobre uso del suelo, esto implica que dentro de estas áreas se incluyan subáreas con diferentes coeficientes de escorrentía.
- De acuerdo con el punto anterior, identificar los coeficientes de escorrentía (C) según corresponda el tipo de suelo de acuerdo con la tabla mencionada.

**Intensidad de la lluvia**

El evento de lluvia de diseño será cuantificado en cuanto a la intensidad de precipitación, mediante la utilización de la curva IDF. Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos.

Según el numeral 2 del artículo 135 de la Resolución 0330 de 2017, se deben seleccionar las curvas IDF de cada localidad o región en particular. Si no existen o no contemplan datos del último quinquenio, se deben obtener a partir de información pluviográfica de la zona, incluyendo los datos más recientes, para derivar las curvas de frecuencia correspondientes mediante análisis puntuales de frecuencia de eventos extremos máximos. Si esto no permite derivar curvas IDF aceptables para el proyecto, deben ajustarse curvas IDF por métodos sintéticos, derivados con información pluviográfica colombiana.

Para el caso en particular se seleccionó la curva IDF del IDEAM para el departamento de Arauca, en la estación que queda en el aeropuerto de Arauca.




| TR (años) | C1 | X0 | C2 |
|---|---|---|---|
| 2 | 3474.793 | 23.445 | 0.959 |
| 3 | 2852.308 | 21.150 | 0.900 |
| 5 | 2454.604 | 19.238 | 0.851 |
| 10 | 2169.124 | 17.456 | 0.804 |
| 25 | 1975.946 | 15.829 | 0.759 |
| 50 | 1896.824 | 14.916 | 0.734 |
| 100 | 1850.234 | 14.182 | 0.714 |

**Ilustración 18.** Curva IDF departamento de Arauca.

Teniendo establecido el periodo de retorno, y la curva IDF correspondiente se puede calcular la intensidad de lluvia para el caudal de diseño así (considerando que D es equivalente al periodo de retorno de diseño):

$$i\left(\frac{mm}{h}\right) = \frac{C1}{(D+XO)^{C2}} = \frac{2454.604}{(5+19.238)^{0.851}} = 162.85\ \frac{mm}{h}.$$

La precipitación de diseño queda establecida en un valor de 162.85 mm/h.

**Diámetro de la tubería**

En las redes de recolección y evacuación de aguas lluvias el diámetro mínimo de las redes internas se determinará de acuerdo con las unidades de descarga de la NTC 1500, y siguiendo lo estipulado en la resolución 0330 de 2017. El diámetro nominal mínimo permitido en los colectores externos de aguas lluvias será el que resulte del cálculo hidráulico por medio de la ecuación de Manning.

Despejando de la ecuación de Manning para la obtención del diámetro en función del caudal, se tiene que:

$$D\ (m) = 1.548 * \left(\frac{n * Q}{S^{\frac{1}{2}}}\right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

- Q: Caudal ($m^3/s$).
- A: área de la sección de flujo ($m^2$).
- R: Radio hidráulico (A/P) (equivalente a D/4).
- P: Perímetro mojado (m).
- D: Diámetro de la tubería (m).
- S: Pendiente de la tubería (m/m).
- n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Mediante la ecuación anterior y el caudal de diseño surgido de la evaluación lluvia escorrentía producto de la aplicación del método racional se obtendrá una aproximación al diámetro teórico necesario para el cumplimiento de las condiciones de la tubería y su condición de trabajo a flujo libre.

**Velocidad de diseño máxima**

La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar los 5.0 m/s (Artículo 142 Res 0330 de 2017). La velocidad del fluido en la tubería se podrá calcular mediante la siguiente expresión:

$$v\left(\frac{m}{s}\right) = \frac{Q}{A}$$

Donde:

- v (m/s): Velocidad en metros por segundo en la tubería.
- Q: Caudal que circula por la tubería en metros cúbicos por segundo ($m^3/s$).
- A: Área de la tubería ($m^2$).

Las aguas lluvias transportan sólidos que pueden depositarse en los colectores si el flujo tiene velocidades reducidas. Por lo tanto, debe disponerse de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante

periodos de caudal bajo. Para esto se establece la velocidad mínima como criterio de diseño. La velocidad mínima real permitida en el colector es 0,75 m/s para el caudal de diseño.

**Fuerza tractiva (Pa)**

Para las condiciones iniciales de operación de cada tramo, debe verificarse el comportamiento autolimpiante del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio. En cada tramo debe verificarse el comportamiento autolimpiante del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio. Se establece, por lo tanto, que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 3,0 N/m2 (0,3 Kg/m2) para el caudal de diseño, y mayor o igual a 1,5 N/m2 (0,15 Kg/m2) para el 10% de la capacidad a tubo lleno.

La DSPD y la Junta Técnica Asesora del Reglamento deben establecer los mecanismos, procedimientos y metodologías para la revisión, actualización y aceptación de los valores apropiados de velocidades mínimas permisibles para propósitos de diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales.

Para la determinación del esfuerzo cortante o fuerza tractiva que fluye por la tubería, se tiene la siguiente expresión:

$$\tau = 9810 \frac{N}{m3} * Rh * S(m/m)$$

Donde:

- $\tau$: Esfuerzo cortante o fuerza tractiva que fluye por la tubería en Pa.
- S(m/m): Pendiente media del tramo de la tubería m/m.
- Rh: Radio hidráulico de la tubería (m).

**Relación Q/Qo – Profundidad Hidráulica**

Para efectos de diseño la profundidad hidráulica máxima será la correspondiente a un 85% de la capacidad a tubo lleno.

**Pendiente Mínima**

El valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquel que permita tener condiciones de autolimpieza, de acuerdo con los criterios del literal D.4.3.10. del RAS 2000. Si se cumple el criterio de velocidad en el conducto y de esfuerzo cortante la pendiente cumplirá con los criterios solicitados por la normativa referenciada.

**Pendiente Máxima**

El valor de la pendiente máxima admisible es aquella para la cual se tenga una velocidad máxima real, según el literal D.4.3.11 del RAS 2000.

Teniendo en cuenta todos los criterios anteriores, se tiene como resultado para el diseño de la estructura pluvial de la zona de laboratorios lo siguiente:

| DIAMETROS DE DIMENSIONAMIENTO DE LOS COLECTORES DEL SISTEMA, ASUMIENDO SECCION CIRCULAR | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DISEÑO MANNING P= 162,845093121591 mm TR=5 AÑOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TRAMOS | Area de Aportación (m2) | n | So(%) | Q (LPS) | Diámetro Teórico (m) | Diámetro Teórico (") | Diámetro Comercial (") | Diámetro Modelación (mm) | Área del conducto (m2) | Velocidad por la Tuberia (m/s) | Diámetro Comercial (m) | Ro (m) | R (m) | R/Ro | Esfuerzo Cortante > 1 Pa | Qo (LPS) | Q/Qo | y/D < 0.85 |
| BAJANTE 1 SECTOR GRADERIA BLOQUE 1 | 144,82 | 0,015 | 3,10% | 6,600 | 0,121 | 4,78 | 6 | 152 | 0,018 | 0,3618 | 0,1524 | 1,5 | 0,5475 | 0,365 | 166,500225 | 24,97 | 0,260 | 0,393 |
| BAJANTE 2 SECTOR CUBIERTA BLOQUE 1 | 24,78 | 0,015 | 100,00% | 1,100 | 0,032 | 1,27 | 2 | 51 | 0,002 | 0,5427 | 0,0508 | 0,5 | 0,124 | 0,248 | 1216,44 | 7,58 | 0,150 | 0,297 |
| BAJANTE 1 SECTOR GRADERIA BLOQUE 2 | 144,82 | 0,015 | 3,10% | 6,600 | 0,121 | 4,78 | 6 | 152 | 0,018 | 0,3618 | 0,1524 | 1,5 | 0,5475 | 0,365 | 166,500225 | 24,97 | 0,260 | 0,393 |
| BAJANTE 2 SECTOR CUBIERTA BLOQUE 2 | 24,78 | 0,015 | 100,00% | 1,100 | 0,032 | 1,27 | 2 | 51 | 0,002 | 0,5427 | 0,0508 | 0,5 | 0,124 | 0,248 | 1216,44 | 7,58 | 0,150 | 0,297 |
| DIAMETRO DE BAJANTES | | | | | | | | | | | | | | | | 6 PULGADAS PARA GRADERIAS | | |
| DIAMETRO DE BAJANTES | | | | | | | | | | | | | | | | 2 PULGADAS PARA RECEPCIÓN CUBIERTA | | |

Anteriormente se muestra el resumen de los resultados de diseño, correspondientes al diseño de las bajantes de escorrentía pluvial para la zona de laboratorios, las casillas del resumen de diseño corresponden a:

- Tramo: Corresponde al tramo de escorrentía analizado.
- Área de aportación: Corresponde al área aferente en la cual se presenta la escorrentía.
- Coeficiente de rugosidad del material, correspondiente a PVC.
- Pendiente del tramo, que en tramos de bajante es 1/1.
- Caudal que circula por la tubería obtenido por escorrentía mediante el método racional.
- Diámetro teórico: Diámetro obtenido en función de la totalidad del caudal de escorrentía.
- Diámetro teórico en pulgadas: Valor del diámetro teórico convertido a pulgadas.
- Diámetro comercial: Diámetro comercial próximo al diámetro calculado.
- Velocidad por la tubería.

- Radio hidráulico de la tubería a tubo lleno.
- Radio hidráulico real de la tubería.
- Relación hidráulica de radio.
- Esfuerzo cortante real en la tubería.
- Caudal a tubo lleno.
- Relación hidráulica de caudal.
- Chequeo de condición de trabajo a flujo libre para la tubería.

Como resumen principal se propone la disposición de bajantes de 6" en el tramo correspondiente a la zona de graderías, con una pendiente media de 3.1% hasta la zona de muros donde caerá a estructura de recepción en el nivel de piso, de igual manera para las cubiertas de dicho especio la escorrentía será recibida por bajantes de 2" que llevaran el fluido hasta primer nivel para ser depositado por infiltración.

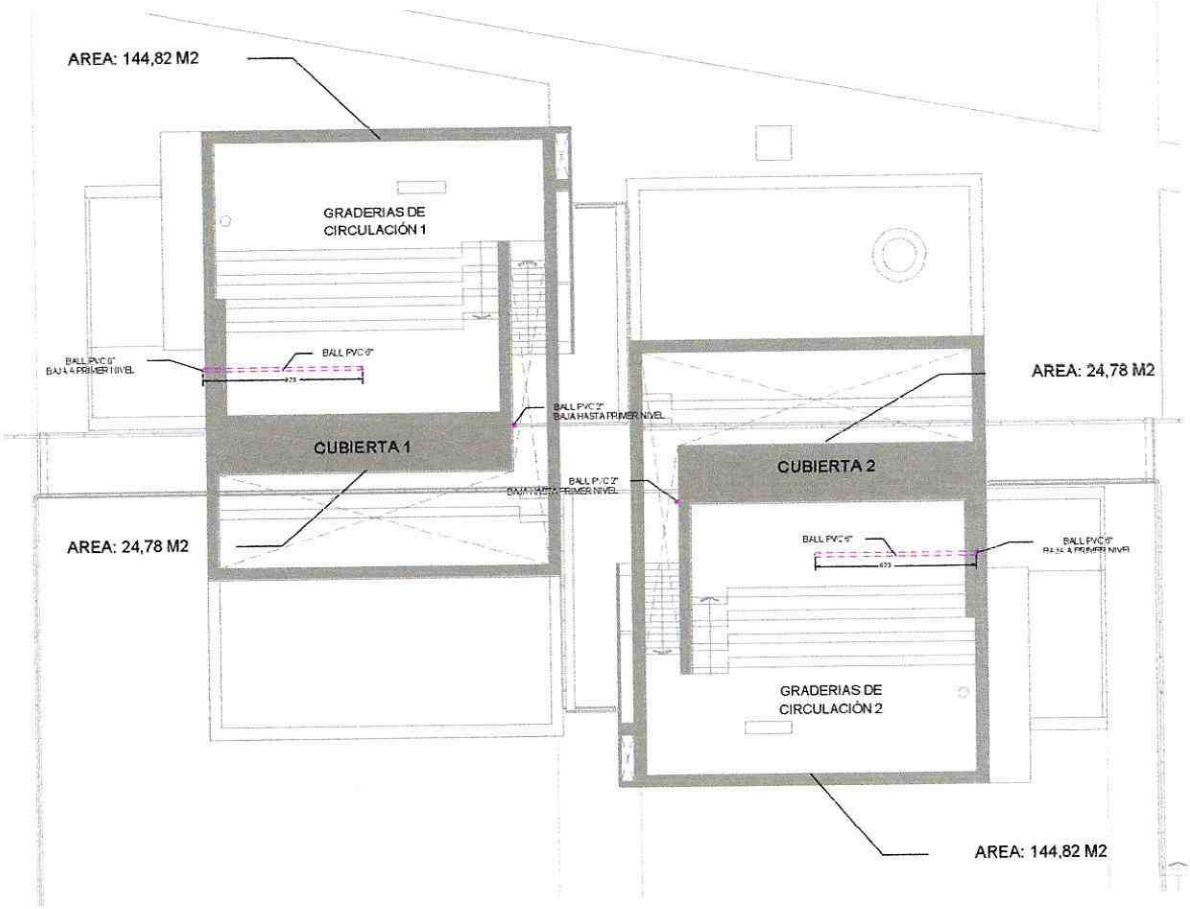



**Ilustración 19.** Resumen de disposición de aguas lluvias laboratorios.

## CONCLUSIONES

1. Especificaciones de tuberías sanitarias y pluviales.

- Aguas negras por placas y ductos, conexión a cámaras de inspección: Tubería PVC Sanitaria.
- Aguas lluvias por placas y ductos, conexión a cámaras de inspección: Tubería PVC Sanitaria.
- Para evitar obstrucción en los tramos, se debe realizar mantenimiento y retrolavado periódico en los conductos remover elementos solidos del perímetro y evitar que se sature.

Este documento representa el servicio contratado que corresponde al diseño hidráulico de instalación hidrosanitaria del laboratorio y la disposición general de aguas pluviales, garantizando el cumplimiento con la normativa y la funcionalidad del sistema. Es responsabilidad del contratista cualquier cambio en el trazado de las redes y accesorios planteados sin previo aviso al diseñador.

No es responsabilidad del diseñador cualquier cambio en el trazado de las redes por ausencia de información que fue solicitada previo inicio de los diseños. Se deberá pactar nuevamente un precio por las modificaciones necesarias. El diseñador sólo se compromete a responder a las observaciones que se presenten de la funcionalidad del diseño en sí.

**MARLA ALESSANDRA DAVILA RAMIREZ**
INGENIERO CIVIL
Matricula Profesional N°. 25202 - 175965