



RIEGOS Y DRENAJES (ING. CIVIL)

UNIVERSIDAD RURAL DE GUATEMALA
LABORATORIO DE RIEGOS Y DRENAJES
LABORATORIO INTENSIVO



Ing. Civil. Alex Osvaldo Flores Estrada

Guatemala, segundo semestre 2022

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
Lunes	08:00-10:30	Práctica 1: Cantidad de agua residual
Lunes	10:30-12:00	Práctica 2: Planos de drenaje
Martes	8:00–12:00	Práctica 3: Aforo de caudales
Miércoles	08:00-12:00	Práctica 4: Alcantarillado Pluvial
Jueves	8:00-12:00	Práctica 4: Alcantarillado Pluvial
Viernes	8:00-12:00	Examen Final

Materiales necesarios para las prácticas de Riegos y Drenajes

Práctica	Material
1	Hojas de papel Calculadora Lápiz Borrador Sacapuntas
2	Hojas de papel Calculadora Lápiz Borrador Sacapuntas Computadora con AutoCad
3	Cubeta de volumen conocido (10 o 20 Litros) Cronómetro Lápiz Borrador Sacapuntas Calculadora
4 y 5	Hojas de papel Calculadora Lápiz Borrador Sacapuntas

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA PRÁCTICA

Se trabajará en grupos con un máximo de seis personas, asignando un coordinador por grupo que sea mayor de edad. Deberán atenderse las siguientes **indicaciones**:

1. Presentarse puntualmente a la hora de inicio de laboratorio (aplica a clase teórica o práctica) ya que en ese momento se cerrará la puerta y se procederá a realizar el examen corto. Al terminar dicho examen se dejará entrar a las personas que llegaron tarde (no más de 15 minutos tarde), pero sin derecho a examinarse. **SIN EXCEPCIONES.**
2. Cada uno de los integrantes del grupo debe presentar su propio manual de laboratorio todos los días.
3. Contar con los implementos de seguridad y los conocimientos adecuados:
 - Bata de laboratorio (debe estar debidamente abrochada), lentes de protección, guantes desechables y papel mayordomo para la limpieza.
 - Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
 - Conocer la teoría de la práctica a realizar.
 - **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

4. Cada grupo debe revisar cuidadosamente el equipo que le corresponde; al ingresar al laboratorio, el coordinador del grupo debe presentar su DPI. Al terminar la práctica, deben permanecer dentro del laboratorio únicamente dichos coordinadores para que juntamente con el instructor revisen, mesa por mesa, que el equipo utilizado se encuentre en las mismas condiciones en las que fue entregado. En caso de cualquier faltante o rotura, el grupo completo debe encargarse de reponer el equipo. Se devolverá el DPI al coordinador cuando el equipo sea entregado al instructor. De lo contrario todo el grupo tendrá CERO en la nota final de laboratorio y se enviará el reporte a su respectiva sede.
5. No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio, visitas durante la realización de la práctica, hablar a través de las ventanas o salirse sin previo aviso.
6. Se prohíbe terminantemente comer, beber, fumar o masticar chicle dentro del laboratorio. Éstos también serán motivos para ser expulsado del laboratorio. No se debe consumir reactivos o materiales del laboratorio.
7. Al finalizar la práctica deberá entregar al instructor la hoja con los datos originales, que contiene en una forma breve y concisa todas las observaciones.

NORMAS DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL LABORATORIO

El laboratorio es un lugar de trabajo serio y se debe comportarse de forma adecuada. Se trabaja con productos y reactivos químicos de diversa peligrosidad, que si se manejan de una forma adecuada y apropiada, la seguridad no será afectada. Las siguientes reglas de seguridad se aplican a todo laboratorio químico:

1. Los ojos deben ser protegidos durante todo el periodo de laboratorio sea o no peligroso lo que se esté realizando.
2. Lavarse las manos después de efectuar transferencias de líquidos o cualquier otra manipulación de reactivos.
3. Las personas que tienen el cabello largo deberán llevarlo siempre agarrado con algún accesorio para evitar accidentes.
4. Debe utilizar zapato cerrado antideslizante y pantalón que proteja la parte inferior en caso de derrames. Queda estrictamente prohibido usar faldas, short y/o sandalias.
5. Cualquier accidente, aún la menor lesión debe informarse de inmediato al instructor del laboratorio. ¡no dude en pedir ayuda si tiene un problema!
6. No intente ningún experimento no autorizado, sólo deben realizarse las prácticas explicadas por el instructor y la guía de laboratorio.
7. Si se derrama o salpica un reactivo químico sobre usted, se debe lavar y diluir con agua la zona afectada de inmediato.
8. Al trabajar con ácidos o bases concentradas, se deben diluir estos en agua y no en forma inversa, ya que el calor generado provocaría la evaporación del agua y como consecuencia, posibles salpicaduras del ácido o la base. Recuerde el dicho: "Nunca le darás de beber a un ácido". Significa que nunca se le agrega agua a un ácido.
9. Nunca debe dejar de prestar atención al experimento en curso.
10. Leer el manual de laboratorio cuidadosamente antes de ingresar al mismo, esto le ayudará en la toma de datos y a mejorar su seguridad y eficacia en el laboratorio.
11. Lave bien la cristalería antes y después de usarla.
12. Antes de usar reactivos no conocidos, consultar la bibliografía adecuada e informarse sobre cómo manipularlos y descartarlos.
13. Mantener siempre el orden y la limpieza de las mesas y aparatos de laboratorio y colocar sobre estas solo aquellos utensilios que sean indispensables para la práctica.
14. Al terminar la práctica de laboratorio asegúrese de que la mesa quede limpia y las llaves de gas estén perfectamente cerradas.
15. No se permite correr o jugar dentro del laboratorio.

Nota: Cualquier infracción a alguna de las anteriores reglas, lo hacen acreedor a la expulsión de la práctica del día, perdiendo su asistencia a la misma, aunque se haya hecho acto de presencia.

REPORTE DE INVESTIGACIÓN

Las secciones de las cuales consta un reporte de Química, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

- a. Carátula.....0 puntos
- b. Objetivos.....20 puntos
- c. Resumen.....20 puntos
- d. Resultados.....20 puntos
- e. Interpretación de Resultados.....20 puntos
- f. Conclusiones.....20 puntos
- g. Bibliografía.....0 puntos
- Total.....100 puntos

En caso de no concordar entre la hoja de datos original y los datos u observaciones citados dentro del reporte automáticamente se anulará el reporte.

Por cada falta de ortografía o error gramatical, se descontará un punto sobre cien, todas las mayúsculas se deben de tildar. Es importante dirigirse al lector de una manera impersonal, de manera que expresiones tales como “obtuvimos”, “hicimos”, “observé”, serán sancionadas. Si se encuentran dos reportes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **OBJETIVOS:** Son las metas que se desean alcanzar en la práctica de investigación. Se inician generalmente con un verbo, que guiará a la meta que se desea alcanzar, los verbos finalizan en AR, ER o IR, ejemplo: reconocer, determinar, etc. Deben ser verbos cuantificables, únicamente se utiliza un verbo por cada objetivo, deben estar en concordancia con las conclusiones.
- b. **RESUMEN:** Es una síntesis de lo que se realizó en la práctica de investigación explicando ¿qué se hizo?, ¿cómo se hizo? y ¿a qué se llegó? El contenido debe ocupar media página como mínimo y una página como máximo.
- c. **RESULTADOS:** En esta sección deben incluirse todos los datos obtenidos al final de la práctica. Por ejemplo: volumen, tiempo, caudal o cualquier otro tipo de resultado final. Deben presentarse, de preferencia, en tablas debidamente ordenadas para mayor facilidad al interpretar. Ejemplo:

Tabla No. 1: Ejemplo de entrega de Resultados

Tiempo de llenado	Volumen	Tiempo
T 1	XXX L	XXX Segundos
T 1	XXX L	XXX Segundos

Fuente: Laboratorio de Riegos y Drenajes. Universidad Rural de Guatemala.

- d. **INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:** Esta sección corresponde a una demostración, explicación y análisis de todo lo que ocurrió y resultó de la práctica, interpretando de una manera cuantitativa y cualitativa, tanto los resultados como los pasos seguidos para la obtención de los mismos. Aun cuando la discusión se apoya en la bibliografía, no debe ser una transcripción de la misma, ya que el estudiante debe explicar con sus propias palabras y criterio lo que sucede en la práctica. Cuando se haga uso de la teoría en alguna parte de la discusión debe indicarse colocando al final de párrafo (que debe ir entre comillas), la bibliografía de donde se obtuvo la información. La forma de colocarlo es la siguiente: (Ref. 1 Pág. 5). En cuanto a los resultados propiamente dichos, deben explicarse el porqué de los mismos. Debe hacerse una comparación entre el resultado experimental y el resultado real de cada objeto de estudio.
- e. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del reporte. Las conclusiones son “juicios críticos razonados” a los que ha llegado el autor, después de una cuidadosa consideración de los resultados del estudio o experimento y que se infieren de los hechos. Deberán ser lógicos, claramente apoyados y sencillamente enunciados. Esta sección deberá ser extraída de la interpretación de resultados ya que allí han sido razonados y deben de ir numeradas. Se redacta una conclusión por cada objetivo planteado.
- f. **BIBLIOGRAFÍA:** Esta sección consta de todas aquellas referencias (libros, revistas, documentos) utilizados como base bibliográfica en la elaboración del reporte. Deben citarse, como mínimo 3 referencias bibliográficas (**EL INSTRUCTIVO NO ES UNA REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**), las cuales deben ir numeradas y colocadas en orden alfabético según el apellido del autor. Todas deben estar referidas en alguna parte del reporte. La forma de presentar las referencias bibliográficas es la siguiente:
1. BROWN, Theodore L.; LEMAY, H.Eugene; BURSTEN, Bruce E. *Química la ciencia central*. 7ª ed. México: Prentice-Hall, 1998. 682 p.

DETALLES FÍSICOS DEL REPORTE

- El reporte debe presentarse en hojas de papel bond tamaño carta.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del reporte deben estar escritas a mano **CON LETRA CLARA Y LEGIBLE**.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

IMPORTANTE:

Los reportes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio **SIN EXCEPCIONES**. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. **ES**

IMPORTANTE TENER TODOS LOS MATERIALES NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Cada grupo de estudiantes de máximo 6 personas debe de traer el material que se le indica en la tabla No. 2 junto con los materiales de limpieza (jabón líquido, bolsa para basura)

PRÁCTICA No. 1: CANTIDAD DE AGUA RESIDUAL (AGUAS NEGRAS)

1. Objetivos:

- 1.1. Identificar los diferentes caudales que integran el caudal de diseño para un alcantarillado sanitario
- 1.2. Estimar la cantidad de agua residual que se conducirá por un alcantarillado sanitario

2. Marco teórico.

Los caudales que integran el caudal de diseño son el domiciliario, el comercial, el industrial, y los producidos por las infiltraciones y conexiones ilícitas.

$$Q_{diseño} = q_{domiciliar} + q_{comercial} + q_{industrial} + q_{infiltracion} + q_{ilicitas} = L/s$$

Caudal domiciliario

Es el agua que habiendo sido utilizada para limpieza o producción de alimentos, es desechada y conducida a la red de alcantarillado.

$$q_{dom} = \frac{F.R * P * Dot}{86400} = L/s$$

Donde:

Dot = Dotación (lts/hab/día)

P = Número de habitantes

qdom. = Caudal domiciliario (lts/seg)

F.R. = Factor de retorno

Caudal Comercial

Es el agua que se desecha de los comercios como: restaurantes, hoteles, etc. Por lo general la dotación comercial varía según el establecimiento a considerar, pero puede estimarse entre 600 a 3000 litros/comercio/día.

$$q_{com} = \frac{No.Com * Dot}{86400} = L/s$$

Donde:

qcom. = Caudal comercial

Dot. = Dotación (lts/comercio/día)

No.Com = Número de comercios

Caudal Industrial

Es el agua negra proveniente de las industrias como: fábricas de textiles, licoreras, alimentos, etc. Si no se cuenta con un dato de dotación de agua suministrada se puede estimar entre 16,000 y 18,000 litros/industria/día, el cual dependerá del tipo de industria.

$$q_{com} = \frac{No. Ind * Dot}{86400} = L/s$$

Donde:

Qind. = Caudal industrial

Dot. = Dotación (lts/industria/día)

No.Ind = Número de industrias

Caudal de conexiones ilícitas

Es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario.

Basándose en datos de instituciones como el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), según el capítulo 2 de las normas generales para el diseño de alcantarillado en el inciso 2.8 dice: "caudal ilegal por aguas de lluvia que se conecten en patios o bajadas de techos por error; por este concepto se agrega un 10 por ciento del caudal domiciliar.

$$q_{ilicito} = 10\% * q_{domiciliar}$$

Caudal de Infiltración

Es el caudal que se infiltra en la alcantarilla, el cual depende de las profundidades del nivel freático del agua y de la profundidad, de la permeabilidad del terreno, el tipo de junta, la calidad de mano de obra utilizada y la supervisión técnica de la construcción. Puede calcularse de dos formas: en litros diarios por hectárea o en litros diarios por kilómetro de tubería. A esta se le incluye la longitud de la tubería de las conexiones domiciliarias, asumiendo un valor de 6.00 m por cada casa, el factor de infiltración varía entre 12,000 y 18,000 litros/km/día.

$$q_i = F_{inf} * \left[\frac{m \text{ de tubos} + (No. \text{ de casas} * 6 \text{ metros})}{1000 * 86400} \right]$$

Donde:

qinf. = Caudal de infiltración

Factor de infiltración. = Dotación (lts/kilómetro/día)

No. Casas = Número de casas

3. Material y Equipo:

Materiales
Hojas de papel
Calculadora
Lápiz
Borrador
Sacapuntas

Nota: el material debe ser proporcionado por el estudiante.

4. Procedimiento:

Se necesita calcular el caudal de diseño, para una red de alcantarillado sanitario para una comunidad de Escuintla, la cual cuenta con las siguientes características:

Población = 174,831 habitantes

Densidad de población = 6 habitantes por vivienda

No. de Comercios = 157

No. de Industrias = 22

Tipo de tubería = PVC

Longitud de tubería = 38 km

5. Reportar

- Indicar los criterios a utilizar
- Cálculo de los caudales que conforman el caudal de diseño
- Cálculo del caudal de diseño

HOJA DE TRABAJO NO. 1

Se necesita calcular el caudal de diseño, para una red de alcantarillado sanitario para una comunidad de Petén, la cual cuenta con las siguientes características:

Población = 195,151

Densidad de población = 5 habitantes por vivienda

No. de Comercios = 250

No. de Industrias = 30

Tipo de tubería = PVC

Longitud de tubería = 50.6 km

PRÁCTICA NO. 2: PLANOS DE DRENAJES

1. Objetivos:

- Interpretar y desarrollar un plano de drenaje a nivel de construcciones e instalaciones para el correcto funcionamiento de un sistema de alcantarillado

2. Marco teórico.

Sistema de Alcantarillado:

Es un conjunto de obras hidráulicas cuya finalidad es recolectar, conducir y disponer de aguas servidas y de lluvias, para evitar que se originen problemas de tipo sanitario e inundaciones. También se entiende por Sistema de Alcantarillado al conjunto acciones, materiales o no destinadas a evitar en la medida de lo posible que las aguas de origen pluvial causen daños a las personas o las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana. Dentro del término de aguas pluviales quedan comprendidas no solamente las originales de las precipitaciones que caen directamente sobre las aguas urbanizadas que conforman la población sino también aquellas que se precipitan sobre otras áreas, pero discurren a través de la ciudad, bien sea por los cauces naturales, conductos artificiales o simplemente a lo largo de su superficie.

Clasificación de los Sistemas de Alcantarillado:

Los sistemas de alcantarillado se clasifican de acuerdo al tipo de agua que conducen:

Alcantarillado Sanitario:

Es la red generalmente de tuberías, a través de la cual se deben evacuar en forma rápida y segura, las aguas residuales municipales (domésticas o de establecimientos comerciales) hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertido donde no causen daños ni molestias.

Alcantarillado Pluvial:

Es el sistema que capta y conduce las aguas de lluvia para su disposición final, que puede ser infiltración, almacenamiento ó depósitos y cauces naturales.

Alcantarillado Combinado:

Es el sistema que capta y conduce simultáneamente al 100% las aguas de los sistemas mencionados anteriormente, pero que dada su disposición dificulta su tratamiento posterior y causa serios problemas de contaminación al verterse a cauces naturales y por las restricciones ambientales imposibilitan su infiltración.

Plano Hidráulico de Drenaje

Cuando se diseña un sistema de alcantarillado, ya sea en papel o en un PC, el diseño del sistema se expresa a través de lo que se denomina un plano esquemático.

Un plano esquemático es un dibujo compuesto por una serie de símbolos y conexiones que representan los componentes reales de un sistema de drenaje, mostrando así, la secuencia de flujo de operación y el funcionamiento del circuito.

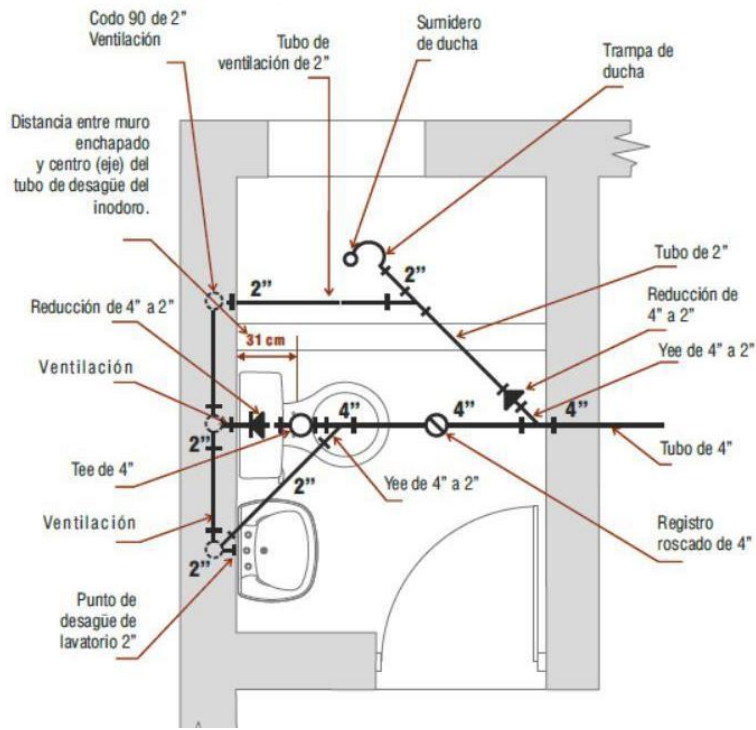
Simbología

La simbología consiste de una serie de pictogramas y dibujos con sentido completo, cuyo objeto es la representación en papel u otro medio de los elementos que componen un sistema de alcantarillado.

DESIGNACIONES	SIGLA	SIMBOLOS	
		PLANTA	PERFIL
PARA TUBERIA EXISTENTE			
TUBERIA AGUA FRIA POR RADIER O TIERRA	AF		
TUBERIA AGUA FRIA PROTEGIDA	AF PROT		
TUBERIA AGUA FRIA POR ENTRETECHO	AF		
TUBERIA CALIENTE POR RADIER O TIERRA	AC		
TUBERIA AGUA CALIENTE POR ENTRETECHO	AC		
REDUCCION	RD		
SENTIDO DE ESCURRIMIENTO			
GUARDA LLAVE	GLL		
LLAVE JARDIN	LLJ		
NUMERO DE NUDO	No		
TAPON O TAPA GORRO	Tgo		
LAVAPLATOS	LP		
LAVACOPAS	LC		
LAVADERO	LV		
LAVA VAJILLAS	LVAJ		
MAQUINA LAVADORA	MLAV		
BEBEDEROS	BE		
BIDET	Bd		
BAÑO TINA	Bo		
BAÑO LLUVIA	Bll		
LAVATORIO	Lo		
URINARIO	Ur		
INODORO	WC		
COTA PISO TERMINADO	CPTR		
COTA SOLERA	CS		
COTA DE TERRENO	CT		
COTA RADIER	CR		

Ejemplo:

Plano de red de drenaje en un cuarto de baño



3. Material y Equipo:

Materiales
Hojas de papel
Calculadora
Lápiz
Borrador
Sacapuntas
Planos de instalaciones sanitarias

Nota el material debe ser proporcionado por el estudiante

4. Procedimiento

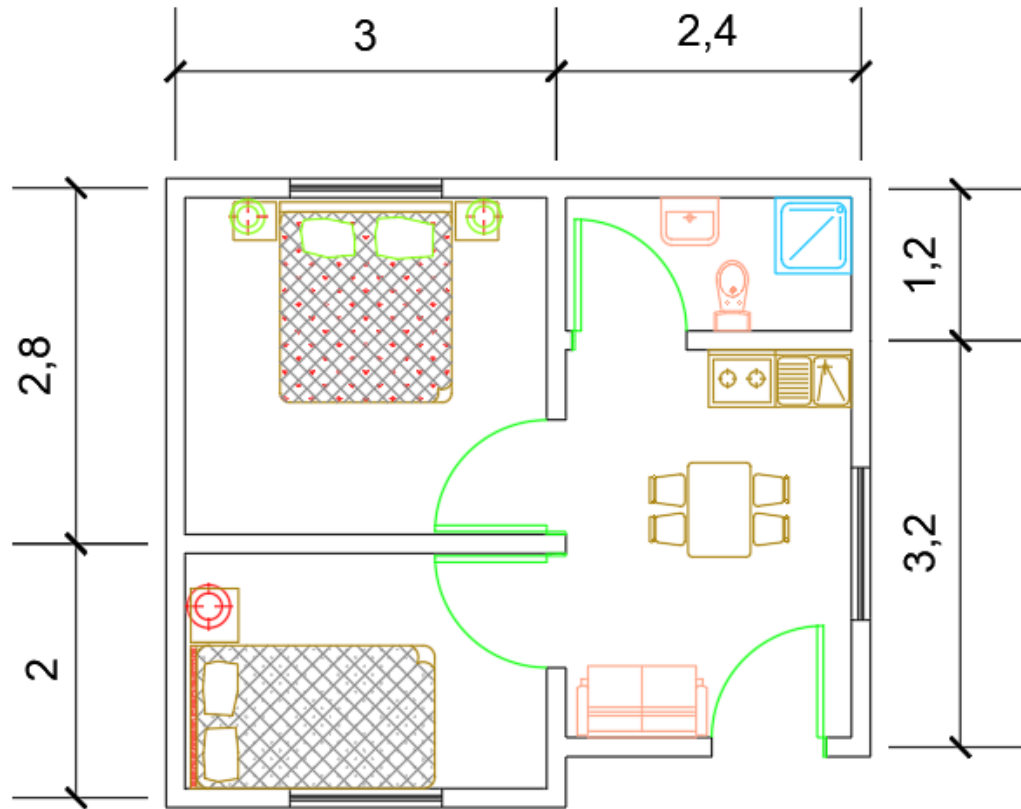
- Dibujar el plano de su casa de habitación y señalar e interpretar la simbología y conexiones del circuito hidráulico.
- Tomar un plano de instalaciones sanitarias de una casa de habitación e interpretar la simbología y conexiones que componen el circuito hidráulico.

5. Reportar:

- Desarrollar un plano de drenajes
- Interpretar un plano de instalaciones sanitarias

HOJA DE TRABAJO NO. 2

Realizar el diseño sanitario para la siguiente vivienda:



PRÁCTICA NO. 3: AFORO DE CAUDALES

6. Objetivos:

- Reconocer el método de aforo volumétrico
- Calcular el caudal de una fuente determinada.

7. Marco teórico.

Método Volumétrico

La aplicación de este método es para determinar caudales de manantiales, es decir caudales muy pequeños, que en proyectos de riego se utiliza para poder determinar la capacidad de un reservorio nocturno a ser almacenado con agua de manantiales.

Este método se basa en medir el tiempo que demora en llenarse un balde de un volumen conocido. Al dividir la capacidad del balde (litros) por el tiempo empleado (segundos) se obtiene el caudal en l/s, como se indica en la siguiente fórmula:

$$\text{Caudal } \left(\frac{L}{s}\right) Q = \frac{\text{Volumen del recipiente (Litros)}}{\text{Tiempo que tarda en llenarse (seg)}}$$

Como toda el agua se debe recibir en un balde u otro recipiente, este método sirve para medir caudales no muy grandes, como el caudal de manantiales, reservorios, sifones, caja de distribución, caudal en un surco, la descarga de algunos aspersores, salidas de sistemas californianos.

Para determinar el tiempo de llenado del recipiente se debe considerar como medición 5 mediciones a fin de determinar un tiempo promedio

Tiempo de llenado	Segundos
T1	5.9
T2	6.1
T3	6.1
T4	6.2
T5	5.9
Tiempo promedio	6.04

Se puede determinar el caudal, para recipientes con volúmenes conocidos de 5, 10 y 20 l, y se determina el tiempo promedio que demora en llenarse el balde, el mismo que es determinado con cronómetro.

8. Material y Equipo:

Materiales
Cubeta de volumen conocido (10 o 20 Litros)
Cronómetro
Lápiz
Borrador
Sacapuntas
Calculadora

Nota: el material debe ser proporcionado por el estudiante.

9. Procedimiento

- Identificar una fuente de agua (tubo, chorro o manguera)
- Colocar la cubeta para empezar a llenarla
- Activar el cronómetro cuando el agua empiece a ingresar en la cubeta
- Dejar llenar hasta la marca del volumen conocido
- Detener el cronómetro una vez llena la cubeta
- Anotar el dato de tiempo
- Repetir el procedimiento 5 veces

Se deberá de multiplicar el valor del tiempo promedio por el volumen del recipiente con lo que obtendremos el valor del caudal que nos proporciona la fuente

10. Reportar:

- Tiempos de llenado
- Tiempo promedio
- Valor del caudal de la fuente

PRÁCTICA No. 4: ALCANTARILLADO PLUVIAL

1. Objetivos

- 1.1 Diseñar un tramo de tubería para un alcantarillado pluvial.
- 1.2 Diseñar los pozos de visita para un tramo de alcantarillado pluvial.

2. Marco Teórico:

Las tuberías son las encargadas de transportar el agua que proviene de la lluvia, que es depositada al sistema por medio de rejillas o tragantes y evacuarlas hasta un desfogue, el cual para este sistema será en un río. Los diámetros se proponen según el caudal que circulará a través de ellos, así como la pendiente del terreno.

Según el INFOM, la velocidad mínima a la que debe viajar el agua es de 0.60 m/s y una velocidad máxima de 3 m/s.

- Pozos de visita

Estos forman parte del sistema de alcantarillado pluvial y sirven de fácil acceso para realizar tareas de inspección, mantenimiento y reparación para la infraestructura subterránea.

Diámetro mínimo de pozos de visita

Diámetro de la tubería	Diámetro mínimo del pozo (m)
10"	1.50
12"	1.50
16"	1.50
18"	1.50
20"	1.50
24"	1.75
30"	1.75
36"	2.00
42"	2.25
60"	2.80

Fuente: Municipalidad de Guatemala, Dirección de Obras Municipales Normas, Reglamento y Manual de Drenajes, Norma 205-b

No se permite colocar un pozo de visita con una distancia mayor a 100 metros entre ellos, para diámetros de hasta 24" y una distancia mayor a 300 metros en diámetros superiores a 24".

- Caudal de diseño

La ecuación a utilizar para determinar el caudal pluvial, la da el Método Racional y es la siguiente:

$$Q = \frac{CIA}{360} * 1000$$

Donde:

Q = Caudal en litros / seg

C = Relación entre la esorrentía y la cantidad de lluvia caída

I = Intensidad de lluvia en mm / hora

A = Área tributaria en hectáreas

- **Intensidad de lluvia**

Es el espesor de la lámina de agua caída durante cierto tiempo, suponiendo que toda el agua permanece en su sitio, se mide en milímetros por hora y se determina de acuerdo a las curvas de intensidad de lluvia.

Para cada proyecto se utilizará una ecuación diferente, que depende del área donde se esté realizando el proyecto y del periodo de retorno del mismo.

- **Coefficiente de esorrentía**

Es el porcentaje del agua total llovida tomada en consideración, ya que no toda la lluvia drena por la alcantarilla natural o artificial y esto se debe a que el agua se evapora, se infiltra o es absorbida por áreas jardinizadas, el coeficiente de esorrentía se toma en consideración para los cálculos hidráulicos y es un porcentaje del agua total llovida. Por lo que existirá diferente coeficiente para cada tipo de terreno, mientras más impermeable sea el terreno, mayor será el valor del coeficiente de esorrentía.

El coeficiente de esorrentía se calculará de la siguiente manera:

$$C = \frac{\sum (c * a)}{\sum a}$$

Donde:

C = Coeficiente de esorrentía para cada una de las áreas parciales.

a = Áreas parciales

c = Coeficiente de esorrentía promedio del área drenada.

SUPERFICIE	C	ADOPTADA
Techos	0.70 a 0.95	0.70
Pavimentos de concreto y asfalto	0.85 a 0.90	
Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones	0.75 a 0.85	0.75
Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en malas condiciones	0.60 a 0.70	

Calles Macadamizadas	0.25 a 0.60	
Calles y banquetas de arena	0.15 a 0.30	
Calles sin pavimento, lotes desocupados, etc.	0.10 a 0.30	
Parques, canchas, jardines, prados, etc.	0.05 a 0.25	0.05
Bosques y tierra cultivada	0.01 a 0.20	

Fuente: Departamento de Acueductos y Alcantarillados, Dirección General de Obras Públicas, tabla No. 1

- Cálculo del coeficiente de escorrentía promedio

Áreas de diferentes superficies:

- Áreas con adoquín = 15.75 Ha.
- Áreas techadas = 24.14 Ha.
- Patios, lotes y jardines = 37.71 Ha.

Con estos datos se obtiene el coeficiente de escorrentía promedio, calculándolo de la siguiente forma:

$$C = \frac{0.75(15.75) + 0.70(25.14) + 0.05(37.71)}{78.6}$$

$$C = 0.398$$

- Tiempo de concentración de la cuenca

Es el tiempo en minutos que tarda una gota de agua en escurrir desde el punto más lejano de la cuenca, hasta el punto en análisis. Para los tramos iniciales, se tomará un tiempo de concentración de 12 minutos, pero cuando lleguen varios ramales a un mismo punto, se tomará el tiempo de concentración mayor. Para todos los demás tramos, el tiempo de concentración se estima con la siguiente ecuación:

$$T_c = T_1 + \left| \frac{L}{60 * V_1} \right|$$

Donde:

TC = Tiempo de concentración hasta el tramo considerado

T1 = Tiempo de concentración hasta el tramo anterior

L = Longitud del tramo anterior

V1 = Velocidad a sección llena en el tramo anterior

Ejemplo de cálculo de drenaje pluvial

Calcular el tramo entre dos pozos de visita con los siguientes datos:

- **Cota de terreno:** PV 001-07 = 2033.60 m

PV 001-08 = 2028.31 m

- **Distancia entre pozos:** DH = 85.59 m

- **Pendiente del terreno:**

$$S\% = \left(\frac{2033.60 - 2028.31}{85.59} \right) * 100 = 6.19\%$$

- **Área tributaria:**

Local = 0.59 Ha

Acumulada = 3.70 Ha

- **Tiempo de concentración:**

$$T_c = 12.5030 + \left(\frac{58.34}{60 * 2.77} \right) = 12.8541 \text{ min}$$

- **Intensidad de lluvia**

$$I = \frac{1160}{(12.8541 + 5)^{0.705}} = 152.0487 \text{ mm/hr}$$

- Caudal máximo o de diseño (Qmax)

$$Q_{max} = \frac{CIA}{360} * 1000$$

$$Q_{max} = \frac{0.398 * 152.0487 * 3.7}{360} * 1000 = 618.37 \frac{lbs}{s}$$

- Diámetro propuesto: 28 pulgadas
- Pendiente propuesta de tubería: 4.02 %
- Velocidad a sección llena (Vspl):

$$Vspl = \frac{0.03429 * \varnothing^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

$$Vspl = \frac{0.03429 * 28^{\frac{2}{3}} * 0.0402^{\frac{1}{2}}}{0.009} = 7.05 \frac{m}{s}$$

- Área de tubería a sección llena (Ast):

$$Ast = 0.0005067 * \varnothing^2$$

$$Ast = 0.0005067 * 28^2 = 0.397 m^2$$

- Caudal de tubería a sección llena (Qsl):

$$Qsl = Vspl * Ast * 1000$$

$$Qsl = 7.05 \frac{m}{s} * 0.397 m^2 * 1000 = 2799.672 \frac{lbs}{s}$$

- Relación hidráulica q/Q:

$$\frac{q}{Q} = \frac{618.37}{2799.672} = 0.220871$$

- **Relación hidráulica d/D (según tablas):**

$$\frac{d}{D} = 0.398$$

- **Relación hidráulica v/V (según tablas):**

$$\frac{v}{V} = 0.89994$$

- **Velocidad de diseño**

$$v = Rel \left(\frac{v}{V} \right) * Vspl$$

$$v = 0.89994 * 7.05 \frac{m}{s} = 6.34 \text{ m/s}$$

Lo cual cumple con los límites permitidos de velocidad del flujo.

- **Cotas invert:**

$$Cota \text{ invert de entrada} = CIS \text{ pozo anterior} - (Stub \text{ anterior} * (Dist \text{ pozo ant.} - 1.10))$$

$$CIE = 2031.34 - (0.97\% * (58.34 - 1.10))$$

$$CIE = 2030.752\text{m}$$

$$Cota \text{ invert de salida} = CIE - 0.03$$

$$CIS = 2030.752 - 0.03$$

$$CIS = 2030.72 \text{ m}$$

- **Altura de pozos:**

Inicio = Cota terreno inicial – CIS + 0.07 (de respaldo)

$$Inicio = 2033.60 - 2030.72 + 0.07 = 2.95 \text{ m}$$

Final = Cota terreno final – CIE + 0.10 (de respaldo)

$$Final = 2028.31 - 2027.26 + 0.07 = 1.15 \text{ m}$$

HOJA DE TRABAJO NO. 4

Calcular el tramo entre dos pozos de visita con los siguientes datos:

- **Cota de terreno:** PV 007-002 = 2052.88 m
PV 007-003 = 2052.48 m
- **Distancia entre pozos:** DH = 14.62 m
- **Área tributaria:**
 - Local = 0.04 Ha
 - Acumulada = 0.29 Ha
- **Coefficiente de escorrentía:** C = 0.398
- **Tiempo de concentración:** Tc = 12.11 min
- **Intensidad de lluvia**

Se utilizará la siguiente ecuación

$$I = \frac{1160}{(t + 5)^{0.705}}$$

Datos adicionales:

CIS anterior = 2057.78 m

S% = 12.41%

L = 47.73 m