MANUAL DE PROTOCOLOS Y PRACTICAS ACADÉMICAS DEL EQUIPO HYDROLOGY APPARATUS P6530

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Tecnología en Gestión Ambiental y Servicios Públicos

MANUAL DE PROTOCOLOS Y PRACTICAS ACADÉMICAS DEL EQUIPO HYDROLOGY APPARATUS P6530

Elaborado por:
Edwar Armando Ospina Jacanamijoy
Karem Lorena García Torres

Aprobado por:
Helmut Espinosa García
Docente director

Año:
2020

El interés del presente material está dirigido a actividades educativas, científicas y de desarrollo; su reproducción total o parcial estará autorizada siempre y cuando se cite completamente la fuente y para fines comerciales se solicite autorización escrita a (Nombre de la Dependencia).

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I. Reconocimiento del Equipo HYDROLOGY APPARATUS P6530……..9

1. Finalidad de uso……9
2. Especificaciones técnicas y límites del sistema……9
   2.1 Especificaciones técnicas del medio permeable……9
   2.2 Parámetros del agua utilizada por el equipo……..10
   2.3 Dimensiones del equipo……11
   2.4 Límites del sistema……...11
3. Descripción del equipo……...12
   3.1. General……12
      3.1.1 Componentes generales del equipo……...13
   3.2. Subsistemas……15
      3.2.1. Subsistema de riego y agua subterránea……16
         3.2.1.1. Componentes del subsistema de riego y agua subterránea……16
      3.2.2. Subsistema de almacenamiento y drenaje……19
         3.2.2.1. Componentes del subsistema de almacenamiento y drenaje……..19
      3.2.3. Subsistema eléctrico……22
         3.2.3.1. Componentes del subsistema eléctrico……..23
      3.2.4. Subsistema de medición……...24
         3.2.4.1. Componentes del subsistema de medición……26
   3.3. Accesorios……...29
      3.3.1. Cerramientos circulares abiertos y cerrados……29
      3.3.2. Cerramientos rectangulares abiertos y cerrados……29
      3.3.3. Cofferdam……30
      3.3.4. Deflectores impermeables……31
      3.3.5. Formadores de Gradiente……..32
      3.3.6. Gato de tijera……33
      3.3.7. Herramienta de perfilado……..34
      3.3.8. Lámina de plástico u hoja de polvo de polietileno……35
      3.3.9. Modelo de puente de muelle……35
      3.3.10. Pala……35
      3.3.11. Paleta llana……36
      3.3.12. Palustre……...36
      3.3.13. Parafina blanca……...36
      3.3.14. Par de cortinas plásticas……..37
      3.3.15. Puntas de boquillas de rociado……38

3.3.16. Tapones de pozo……38
3.3.17. Tornillos moleteados……39

Capítulo II. Operaciones previas al uso……40
1. Ubicación……40
2. Instalación……41
3. Conexión……41

Capítulo III. Configuración preliminar……42
1. Configuración del equipo……42
1.1 Procedimiento de encendido……42
1.2 Procedimiento de apagado……43

Capítulo IV. Procedimiento de medición……43
1. Proceso para la recolección de datos……43
1.1. Proceso de recolección de datos del experimento 1……44
1.1.1. Actividades y funciones……44
1.1.1.1. Persona 1……44
1.1.1.2. Persona 2……44
1.1.1.3. Persona 3……44
1.1.1.4. Persona 4……44
1.1.1.5. Persona 5……44
1.2. Proceso de recolección de datos del experimento 2……45
1.2.1. Actividades y funciones……45
1.2.1.1. Persona 1 ……45
1.2.1.2. Persona 2……45
1.2.1.3. Persona 3……45
1.2.1.4. Persona 4……45
1.2.1.5. Persona 5……45
1.3. Proceso de recolección de datos del experimento 3……46
1.3.1. Actividades y funciones……46
1.3.1.1. Persona 1……46
1.3.1.2. Persona 2……46
1.3.1.3. Persona 3……46
1.3.1.4. Persona 4……46
1.3.1.5. Persona 5……46

Capítulo V. Prácticas académicas……...47

1. Introducción……...47
2. Experimento 1. Capacidad de infiltración……..47
   2.1. Introducción……47
   2.2. Objetivo……...47
   2.3. Preparación del equipo……47
   2.4. Procedimiento……49
3. Experimento 2. Déficit de humedad del suelo y escorrentía……...50
   3.1. Introducción……50
   3.2. Objetivo……...50
   3.3. Preparación del equipo……50
   3.4. Procedimiento……51
4. Experimento 3. Demostración de la mecánica fluvial del lecho de un río……...52
   4.1 Introducción……52
   4.2. Objetivo……...52
   4.3. Preparación del equipo……52
   4.4. Procedimiento……53

Capítulo VI. Visualización de datos……54

1. Modelo matemático……54
   1.1. Modelo matemático experimento 1……54
      1.1.1. Intensidad de la precipitación para cada lectura del caudal de agua de lluvia……54
         1.1.1.1. Gráfica experimento 1……...55
      1.1.2 Tasa de infiltración hasta la saturación……..56
2. Tabulación de datos……56
   2.1. Tabulación de datos experimento 1……..56
   2.2. Tabulación de datos experimento 2……...57

Capítulo VII. Cuidados básicos y mantenimiento……..60

1. Precauciones……..60
   1.1. Normas Básicas para el ingreso al laboratorio……60
   1.2. Almacenamiento……60
   1.3. Riesgos……61
      1.3.1. Riesgos generales……61
         1.3.1.1. Señalización piso húmedo……61
         1.3.1.2. Señalización riesgo indeterminado……...61

1.3.2. Riesgo eléctrico……...62
1.3.2.1. Señalización riesgo eléctrico……62
1.3.3. Riesgo mecánico……..62
1.3.3.1. Señalización riesgo mecánico……...62
2. Mantenimiento preventivo……63
2.1. Lavado del tanque de suministro……..63
2.1.1. Pasos para realizar el lavado del tanque……..64
2.1.1.1. Recomendación……..65
2.2. Esterilización del sistema……65
2.2.1. Recomendación……..66
Referencias……67

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1. Características del medio permeable……10
Tabla 2. Parámetros de calidad del agua……11
Tabla 3. Dimensiones del equipo……...11
Tabla 4. Límites del sistema……..12
Tabla 5. Partes equipo Hydrology Apparatus P6530……15
Tabla 6. Componentes del subsistema de riego y agua subterránea……...18
Tabla 7. Componentes subsistema de almacenamiento y drenaje……..22
Tabla 8. Componentes subsistema eléctrico……..23
Tabla 9. Componentes subsistema de medición……29
Tabla 10. Especificaciones experimento 1……48
Tabla 11. Especificaciones experimento 2……51
Tabla 12. Especificaciones experimento 3……53
Tabla 13. Abreviaturas demostración lecho de río serpenteante……54
Tabla 14. Tiempo y caudal de saturación hasta la formación de charcos experimento 1……57
Tabla 15. Tabulación intensidad de la lluvia experimento 1……..57
Tabla 16. Fase de descarga de pozo……...58
Tabla 17. Fase de precipitación……..59

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1. Componentes parte frontal del Hydrology Apparatus P6530……13
Figura 2. Componentes costado izquierdo del Hydrology Apparatus P6530……14
Figura 3. Subsistema de riego y agua subterránea……16
Figura 4. Subsistema de almacenamiento y drenaje……..19
Figura 5. Subsistema eléctrico……...22

Figura 6. Subsistema de medición frontal……..24
Figura 7. Subsistema de medición tablero de manómetros laterales……25
Figura 8. Subsistema de medición boquillas de rociado……25
Figura 9. Cerramientos circulares abiertos y cerrados……...29
Figura 10. Cerramientos rectangulares abiertos y cerrados……...30
Figura 11. Cofferdam……31
Figura 12. Deflectores impermeables……32
Figura 13. Formadores de Gradiente……33
Figura 14. Gato de tijera……34
Figura 15. Herramienta de perfilado……..34
Figura 16. Modelo de puente de muelle……35
Figura 17. Pala……...35
Figura 18. Paleta llana……...36
Figura 19. Palustre……36
Figura 20. Parafina blanca……37
Figura 21. Par de cortinas plásticas……37
Figura 22. Puntas de boquillas de rociado……..38
Figura 23. Tapones de pozo……...39
Figura 24. Tornillos moleteados……39
Figura 25. Plano de ubicación del Hydrology Apparatus en el laboratorio de modelación ambiental……40
Figura 26. Conexión……..41
Figura 27. Procedimiento de encendido……42
Figura 28. Procedimiento de apagado……43
Figura 29. Plano de Ubicación para el experimento 1……44
Figura 30. Plano de Ubicación para el experimento 2……..45
Figura 31. Plano de Ubicación para el experimento 3……46
Figura 32. Procedimiento experimento 1……..49
Figura 33. Procedimiento experimento 2……...51
Figura 34. Procedimiento experimento 3……...53
Figura 35. Demostración lecho de río serpenteante……...54
Figura 36. Gráfica tasa de infiltración vs tiempo……...55
Figura 37. Calibración de vertederos……58
Figura 38. Piso húmedo……61
Figura 39. Riesgo indeterminado……..61

Figura 40. Señalización riesgo Eléctrico……...62
Figura 41. Señalización riesgo mecánico……..62
Figura 42. Lavado de tanque……..64
Figura 43. Procedimiento de lavado……..64
Figura 44. Antes y después del lavado……...65
Figura 45. Procedimiento de desinfección……66

ÍNDICE DE ANEXOS:

1. Lista de chequeo……68
2. Experimentos restantes……...72

CAPÍTULO I
RECONOCIMIENTO DEL HYDROLOGY APPARATUS P6530

1. Finalidad de uso:

Según Cussons Technology Ltd (2014), el Hydrology Apparatus P6530 es una unidad experimental educativa que ha sido diseñada específicamente para permitir a los estudiantes y docentes llevar a cabo, experimentos a pequeña escala que demuestran procesos hidrológicos físicos básicos, relacionados principalmente con las precipitaciones, escorrentías y almacenamiento para un área de captación permeable, entre muchos otros. Los experimentos pueden realizarse gracias a la recirculación del agua, lo que permite realizar experimentos de drenaje, retención hídrica, y estratos impermeables. Además de esto, es posible realizar demostraciones sobre procesos fluviales simples.

2. Especificaciones técnicas y límites del sistema:

2.1. Especificaciones técnicas del medio permeable:

El medio permeable utilizado en el equipo es una arena de sílice lavada y clasificada, sobre esta importante tener dos cosas en cuenta en caso de requerir conseguir el medio permeable por medios propios si este no es suministrado directamente por Cussons Technology:

1. Según Cussons Technology Ltd (2014), "las membranas permeables y las pantallas de filtro de gasa tienen un tamaño de apertura de 400µ (0,4mm) y por lo tanto el material con granos más pequeños que 0,5mm no debe ser utilizado" (p.15), esto con el fin de que la arena se mantenga al interior del tanque.
2. Verificar el cumplimiento de las características determinadas a continuación en la tabla 1.

Características del medio permeable	
Medio permeable	arena de sílice
Composición química	Si02 - 99.3%
	Fe203 - 0.05%
	Al203 - 0.07%
	K20 - 0.01%
	L.O.I. - 0.1%

Tamaño promedio de grano (micrones)	1350
Forma del grano	Redondeado
Densidad aparente suelta (kg/m3)	1578
Densidad a granel compactada (kg/m3)	1646

Tabla 1. Características del medio permeable
Fuente: Autores

2.2. Parámetros del agua utilizada por el equipo:

Como indica Cussons Technology Ltd (2014):

> Todos los sistemas abiertos en los que el agua se utiliza y almacena durante largos períodos tienen la tendencia a ser colonizados por hongos, algas y bacterias. La velocidad y la naturaleza exacta de esta colonización dependerá de las condiciones particulares del lugar. El aspecto y el olor de un sistema muy contaminado es a menudo desagradable; los depósitos de limo oscurecen los efectos visuales y pueden obstruir los filtros. Lo más importante es que los organismos presentes pueden representar un peligro para la salud, en particular cuando el agua es rociada y por lo tanto es susceptible de ser inhalada. (P10)

Por lo tanto, se definieron los parámetros de calidad de agua que se muestran en la tabla 2, los cuales fueron tomados haciendo uso de una sonda multiparamétrica, con el fin de evitar este tipo de riesgo, buscando guardar la salud de las personas que tengan contacto con el equipo.

Se deben medir los parámetros de calidad del agua en lo posible cada vez que se vaya a hacer uso del equipo, cuando los valores que se tomen excedan los parámetros de calidad de agua se debe vaciar el tanque, realizar el respectivo lavado y realizar nuevamente el llenado teniendo en cuenta las indicaciones dadas sobre el mantenimiento en el manual ya que los problemas previamente nombrados pueden evitarse mediante la esterilización regular del sistema.

Parámetros del agua	
pH	6,56
Oxígeno Disuelto F(ppm)	7,15
Sólidos totales disueltos (mg/L)	76,332
Conductancia específica (µS/cm)	117,4
Conductividad (µS/cm)	116,1

Conductividad no lineal (µS/cm)	117,6
Resistividad (Ω-cm)	8615,47
Temperatura (°C)	18,4
Salinidad (ppt)	0,06

Tabla 2. Parámetros de calidad del agua
Fuente: Autores

2.3 Dimensiones del equipo:

El Hydrology Apparatus, es una unidad compacta, constituida por varios componentes y fabricada mayormente en acero inoxidable, la cual está sostenida por un sub-bastidor con soportes que permite el traslado de éste en caso de ser necesario, teniendo en cuenta esto las dimensiones del equipo son las siguientes:

Dimensiones del equipo						
Elemento	**Alto (cm)**	**Largo (cm)**	**Ancho (cm)**	**Volumen (cm3)**	**Volumen (m3)**	**Material**
Equipo	176	205,5	80	2.893,440	2,89344	Mayormente acero inoxidable
Tanque de suministro	55,5555556	90	70	350,000	0,35	Plástico PVC
Tanque de Arena	25	200	80	400,000	0,4	Acero inoxidable

Tabla 3. Dimensiones del equipo
Fuente: Autores

2.4 Límites del sistema:

Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del equipo y su cuidado al llevar a cabo las prácticas académicas y proyectos de investigación es importante tener en cuenta los límites establecidos a continuación:

Límites del sistema		
Elemento	**Mínimo**	**Máximo**
Consumo de energía	120 v	120v
Capacidad del tanque de suministro	45 cm La altura del agua	55 cm La altura del agua
Capacidad del tanque de arena	Para la experimentación se debe tener por lo menos un mínimo de arena de un tercio de la capacidad del tanque teniendo en cuenta que esto afectará de manera considerable la experimentación.	Se puede rellenar con material permeable hasta una profundidad de 200 mm. (Cussons Technology Ltd, 2014)
Caudal de agua lluvia	2 L/min	22 L/min
Pendiente	0 cm	145 cm

Tabla 4. Límites del sistema
Fuente: Autores

3. Descripción del equipo

3.1 General:

El equipo de experimentación consiste en cuatro grandes componentes que interactúan en relación a flujo superficial, flujo subsuperficial y descargas subterráneas a manera de simulador. El equipo está compuesto principalmente por un tanque de arena, cuya parte central se puede llenar con un medio granular fino para formar el terreno experimental. Este se encuentra soportado en un bastidor auxiliar de acero, en sus extremos izquierdo y derecho cuenta con deflectores permeables que permiten mantener el medio granular en su interior y sobre él un marco soporta una serie de ocho (8) boquillas de rociado, que se utilizan para simular la precipitación y son controladas por sus respectivas válvulas de control de flujo de boquillas, lo que permite simular desde una llovizna hasta una tormenta en movimiento

En la parte inferior del bastidor que soporta el tanque de arena, se encuentra un tanque de suministro junto a un par de bombas las cuales permiten la recirculación del agua y por lo tanto también el suministro agua ya sea de manera subterránea por medio de unos tanques de cabecera o en forma de precipitación por medio de las boquillas de rociado. Posteriormente esta agua suministrada regresa nuevamente al tanque de suministro a través de unos tubos de revestimiento

de pozo, así como un tubo de desbordamiento ubicado en el tanque de cabecera derecho, los cuales descargan en unos vertederos de baja capacidad con muesca en forma de "V".

Con respecto a la medición, el equipo cuenta con un medidor de flujo de área variable el cual permite medir el caudal de agua que llega a las boquillas de rociado, sumado a esto una serie de puntos de toma de presión ubicados en el piso o parte inferior del tanque de arena se encuentran conectados a unos manómetros lo que permitan determinar el nivel freático dentro del tanque tanto de manera transversal como longitudinal, así mismo, es posible medir el caudal de salida de la zona de captación o terreno experimental por medio de unos manómetros conectados a la parte inferior de los vertederos, ya que las alturas en mm que se leen en estos se pueden convertir a unidades de flujo de tasa variable en L/min. (Cussons Technology Ltd, 2014)

3.1.1. Componentes generales del equipo:

Por medio de las siguientes ilustraciones es posible adquirir una visión general de las partes que componen el equipo de una manera general, con el fin de que pueda familiarizarse con el nombre y ubicación de cada una de ellas, para que de esta manera con ayuda de la información suministrada en la sección de subsistemas que se encuentra más adelante en este manual logre identificar sus respectivas funciones.

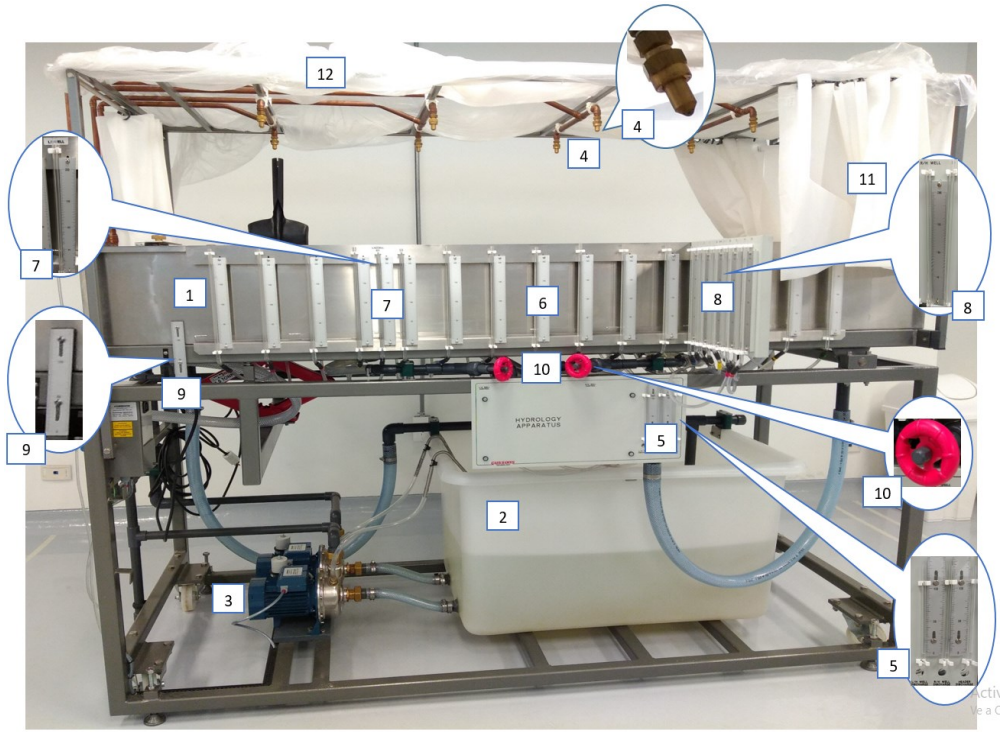


Figura 1. Componentes parte frontal del Hydrology Apparatus P6530

Fuente: Autores

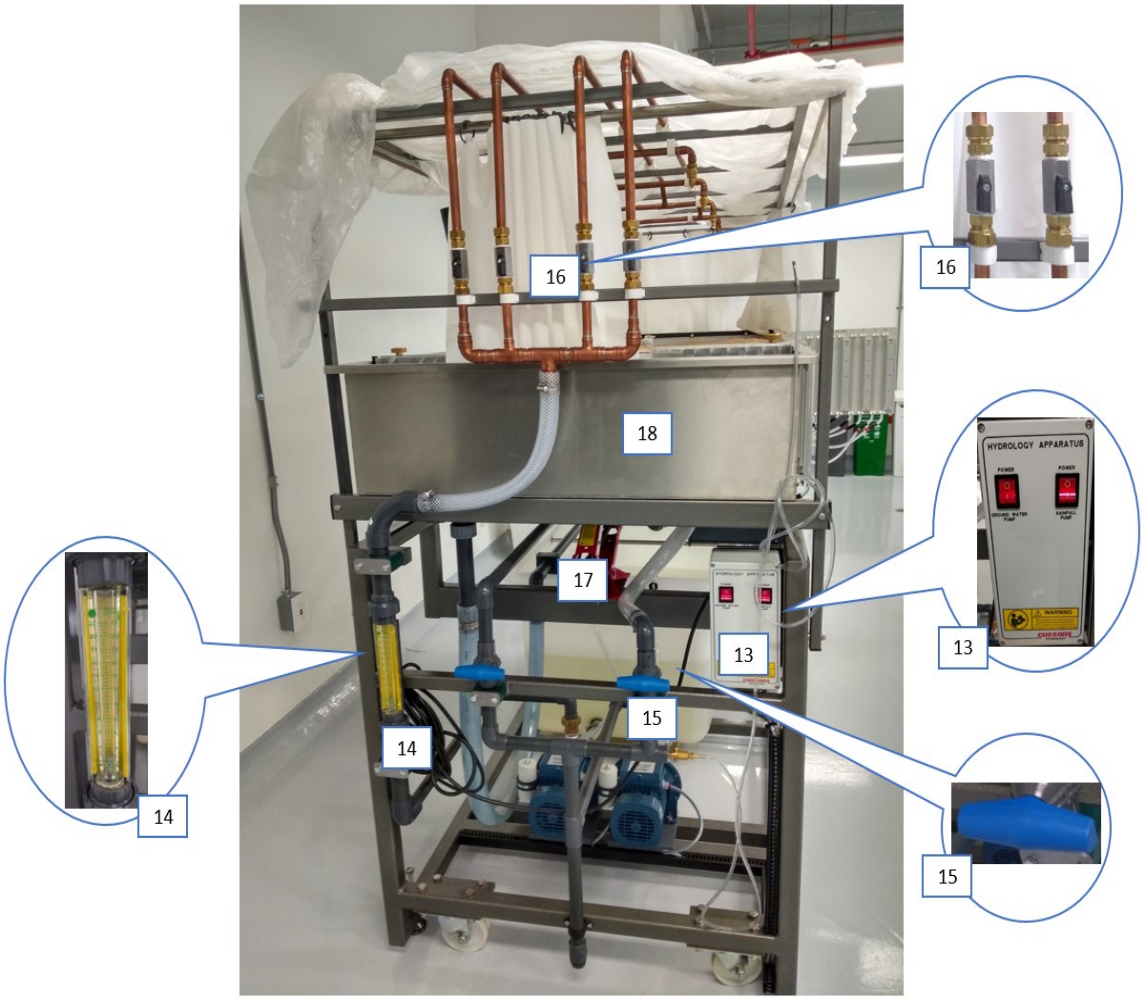


Figura 2. Componentes costado izquierdo del Hydrology Apparatus P6530
Fuente: Autores

Número	Nombre
1	Tanque de arena
2	Tanque de suministro
3	Bombas de suministro de agua
4	Boquillas de rociado
5	Manómetros de placa de vertedero

6	Manómetros longitudinales del tanque de arena
7	Manómetro de tubo de revestimiento de pozo izquierdo
8	Manómetro lateral y de pozo derecho
9	Escala de inclinación del tanque de arena
10	Válvulas de control de pozo LH y RH
11	Cortinas plásticas
12	Hoja de polvo polietileno
13	Caja de control de bombas
14	Medidor de flujo de área variable
15	Válvulas de suministro del tanque de cabecera
16	Válvulas de control de flujo de boquillas
17	Gato tipo tijera
18	Tanque de cabecera

Tabla 5. Partes equipo Hydrology Apparatus P6530
Fuente: Autores

3.2. Subsistemas:

El Hydrology Apparatus está compuesto por 4 subsistemas que trabajan simultáneamente durante los procesos de experimentación es por esto que resulta importante que los identifique junto con sus correspondientes componentes, para que de esta manera logre comprender el funcionamiento del equipo de manera integral y detallada, entre estos subsistemas se encuentran los siguientes:

3.2.1. Subsistema de riego y agua subterránea:

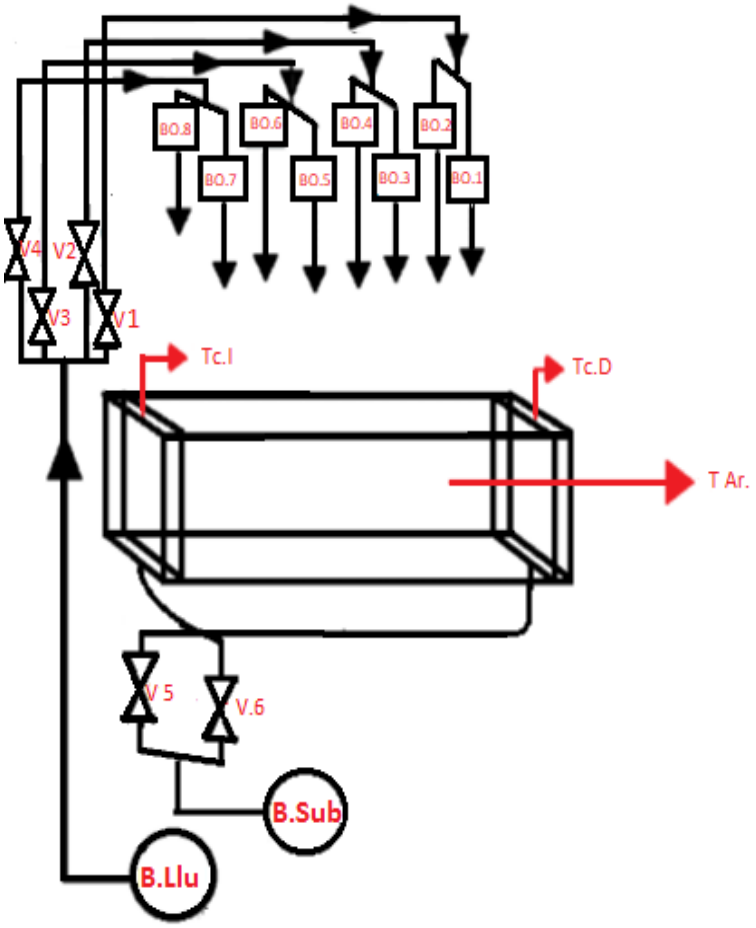


Figura 3. Subsistema de riego y agua subterránea
Fuente: Tomado y modificado de Cussons technology Ltd (2014)

3.2.1.1. Componentes del subsistema de riego y agua subterránea:

Abreviatura	Nombre	Función
B.Llu	Bomba de agua lluvia	Ubicada en el bastidor principal, esta bomba hace circular el agua hacia las boquillas de rociado al estar conectada por una línea de succión corta al tanque de suministro el cual está equipado con unos filtros de succión.

B.Sub	bomba de agua subterránea	Ubicada en el bastidor principal, conectada a una línea de succión corta al tanque de suministro con filtros de succión, conduce el flujo a dos válvulas de bola que permiten o impiden el paso de este hacia los tanques de cabecera en los cuales se controla el gradiente hidráulico por medio de tubos de desbordamientos ajustables.
Bo.1	Boquilla de rociado 1	Se encuentran ubicadas en el bastidor superior, estas cuentan con filtros y se proporcionan tres juegos de puntas de boquilla intercambiables para poder simular desde ligeras precipitaciones hasta fuertes tormentas.
Bo.2	Boquilla de rociado 2	
Bo.3	Boquilla de rociado 3	
Bo.4	Boquilla de rociado 4	
Bo.5	Boquilla de rociado 5	
Bo.6	Boquilla de rociado 6	
Bo.7	Boquilla de rociado 7	
Bo.8	Boquilla de rociado 8	
T.Ar	Tanque de arena	Es un depósito fabricado en acero inoxidable, dotado con deflectores permeables en cada uno de sus extremos proporcionando una zona de captación de agua de 1600 mm por 800 mm, está apoyado en un sub bastidor fabricado con tubos rectangulares de acero (Cussons technology Ltd, 2014) y cuenta con un gato de tijera debajo del tanque de cabecera izquierdo el cual permite cambiar la pendiente lo que posibilita lograr variaciones de los experimentos y sus resultados.

Tc.D	Tanque de cabecera derecho	Tienen como propósito no solo el recolectar el agua que sale del tanque de arena por escorrentía o infiltración, dirigiéndola al tanque de suministro para su recirculación, sino que también cuenta con unos tubos de desbordamiento ajustables que se pueden subir o bajar para permitir controlar el gradiente hidráulico en los tanques de cabecera y por lo tanto a lo largo del tanque de arena. (Cussons technology Ltd, 2014)
Tc.I	Tanque de cabecera izquierdo	
V.1	Válvula de control de flujo de boquillas 1 y 2	Estas válvulas controlan el número de las boquillas de rociado que se encuentran en funcionamiento dependiendo del requerimiento de cada experimento y se encuentran ubicadas en el bastidor superior.
V.2	Válvula de control de flujo de boquillas 3 y 4	
V.3	Válvula de control de flujo de boquillas 5 y 6	
V.4	Válvula de control de flujo de boquillas 7 y 8	
V.5	Válvula de suministro de agua subterránea del tanque de cabecera derecho	Son dos válvulas de bola de un cuarto de vuelta que permiten o impiden el paso del agua proveniente del tanque de suministro hacia uno o ambos tanques de cabecera dependiendo del objetivo y procedimiento del experimento que se esté llevando a cabo, para que de este modo el agua entre al tanque de arena.
V.6	Válvula de suministro de agua subterránea del tanque de cabecera izquierdo	

Tabla 6. Componentes del subsistema de riego y agua subterránea
Fuente: Autores

3.2.2. Subsistema de almacenamiento y drenaje:

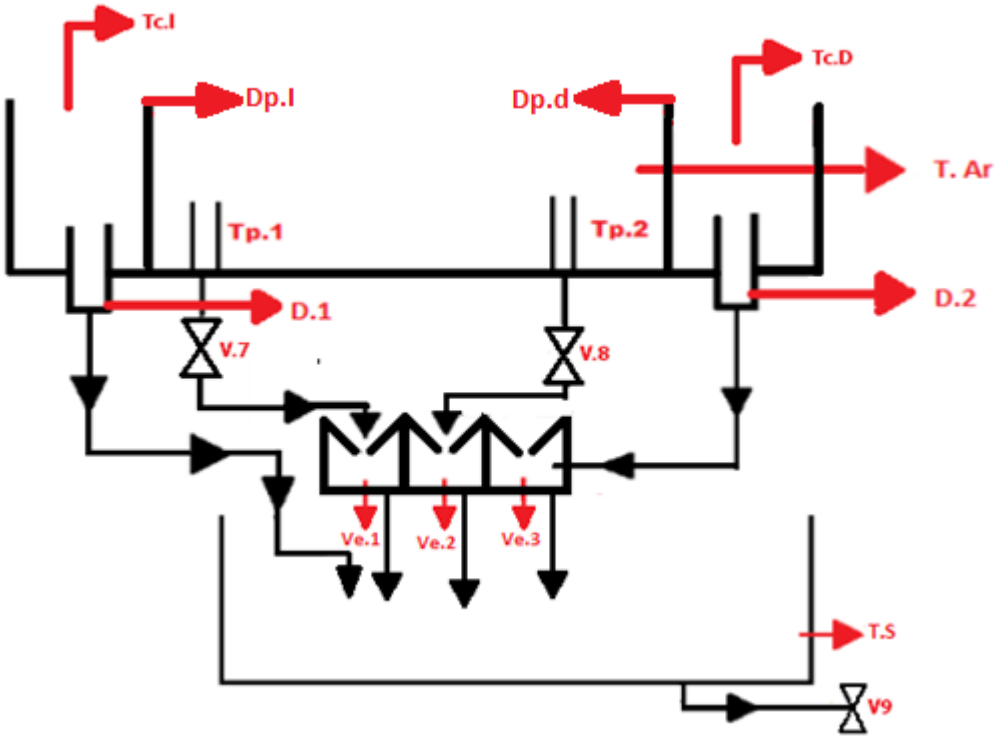


Figura 4. Subsistema de almacenamiento y drenaje
Fuente: Autores

3.2.2.1 Componentes del subsistema de almacenamiento y drenaje:

Abreviatura	Nombre	Función
D.1	Desbordamiento izquierdo de tanque de cabecera.	Son tubos ajustables ubicados en ambos tanques de cabecera los cuales se pueden subir o bajar para controlar el gradiente hidráulico en los mismos y por lo tanto en el tanque de arena. Además, cuando estos tubos se encuentran totalmente abajo, permiten la conducción del agua proveniente por infiltración o escorrentía del tanque de arena al tanque de suministro, ya sea de manera directa a través del tubo de desbordamiento izquierdo o a través del tubo de
D.2	Desbordamiento derecho de tanque de cabecera.	

		desbordamiento derecho el cual hace primero la descarga de agua en el vertedero para así realizar la medición del flujo.
Dp.I	Deflector permeable izquierdo	Son membranas permeables ubicadas en los extremos del tanque de arena y cuentan con pantallas de filtro de gasa que tienen un tamaño de abertura de 400 µ (0,4 mm) (Cussons technology Ltd, 2014). Estos mantienen el medio permeable dentro de la zona de captación del tanque de arena.
Dp.D	Deflector permeable derecho	
T. Ar	Tanque de arena	Es un depósito fabricado en acero inoxidable, dotado con deflectores permeables en cada uno de sus extremos proporcionando una zona de captación de agua de 1600 mm por 800 mm, está apoyado en un sub bastidor fabricado con tubos rectangulares de acero (Cussons technology Ltd, 2014) y cuenta con un gato de tijera debajo del tanque de cabecera izquierdo el cual permite cambiar la pendiente del mismo lo que posibilita lograr variaciones de los experimentos y por lo tanto de sus resultados.
T.S	Tanque de Suministro	Está fabricado en polipropileno y ubicado en el bastidor principal, cuenta con un volumen de 350 litros e incorpora filtros de succión de gran capacidad los cuales evitan el paso de sólidos a las bombas (Cussons technology Ltd, 2014); almacena el agua disponible para el subsistema de riego y agua subterránea, además de esto recibe el agua de los vertederos de pozo y el tanque de cabecera izquierdo haciendo posible la recirculación del agua dentro del equipo.

Tc.D	Tanque de cabecera derecho	Tienen como propósito no solo el recolectar el agua que sale del tanque de arena por escorrentía o infiltración, dirigiéndola al tanque de suministro para su recirculación, sino que también cuenta con unos tubos de desbordamiento ajustables que se pueden subir o bajar para permitir controlar el gradiente hidráulico en los tanques de cabecera y por lo tanto a lo largo del tanque de arena. (Cussons technology Ltd, 2014)
Tc.I	Tanque de cabecera izquierdo	
Tp.1	Tubo de revestimiento de pozo izquierdo	Están ubicados en el tanque de arena a 400 mm aproximadamente de los deflectores permeables y a 700 mm entre ellos, "son tubos de 35 mm con un arco de 225 mm de largo. Cada tubo de revestimiento consta de un tubo de acero inoxidable perforado soldado a un tapón hueco y equipado con un calcetín de filtro de poliéster asegurado por un anillo 'O', para evitar la entrada de arena en el tubo del manómetro. Los tubos de revestimiento del pozo encajan a presión en la base del tanque de arena." (Cussons Technology, 2014)
Tp.2	Tubo de revestimiento de pozo derecho	
V7	Válvula de control de pozo Lh	Están ubicadas entre el tanque de arena y el vertedero, son válvulas angulares que regulan el flujo proveniente del tanque de arena que se infiltra por los tubos de revestimiento de pozo para descargarlo en los vertederos.
V8	Válvula de control de pozo RH	
V9	Válvula de descarga del tanque de suministro	Es una válvula de bola ubicada en el costado posterior derecho del tanque de suministro, permite desocupar el tanque para su mantenimiento y lavado; a la tubería donde está ubicada la válvula se le debe adicionar el accesorio de tubería de desagüe

Ve.1	Vertedero de muesca en forma de v de Lh well	Permiten la medición de descarga del flujo proveniente de los tubos de revestimiento de pozo, su corte en V hace que la medición de los manómetros sea más exacta ya que se trata de un caudal pequeño.
Ve.2	Vertedero de muesca en forma de v de Rh well	
Ve.3	Vertedero de muesca en forma de v del tanque de cabecera derecho	Permite la medición de descarga del flujo proveniente del tanque de cabecera derecho, su corte en V hace que la medición de los manómetros sea más exacta ya que se trata de un caudal pequeño

Tabla 7. Componentes subsistema de almacenamiento y drenaje
Fuente: Autores

3.2.3. Subsistema eléctrico:

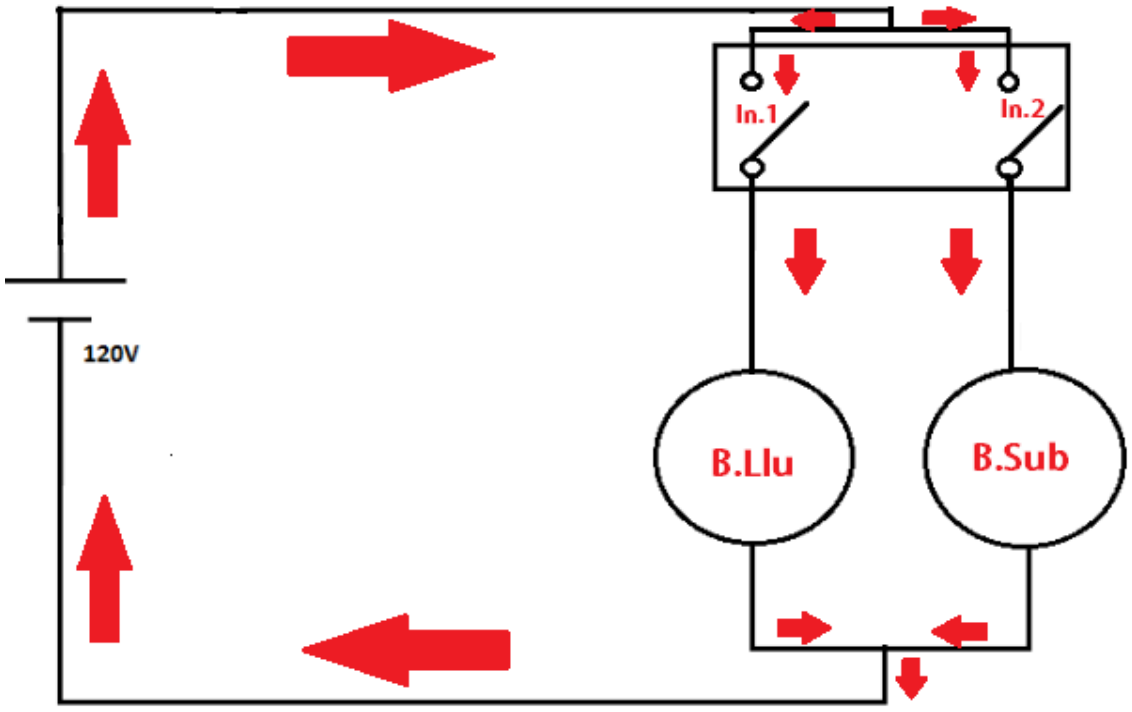


Figura 5. Subsistema eléctrico
Fuente: Autores

3.2.3.1. Componentes subsistema eléctrico:

Abreviatura	Nombre	Función
B.Llu	Bomba de agua lluvia	Ubicada en el bastidor principal, esta bomba hace circular el agua hacia las boquillas de rociado al estar conectada por una línea de succión corta al tanque de suministro el cual está equipado con unos filtros de succión, esta cantidad de agua suministrada a las boquillas es medida con ayuda de un medidor de flujo de área variable.
B.Sub	Bomba de agua subterránea	Ubicada en el bastidor principal y conectada a una línea de succión corta al tanque de suministro equipado con filtros de succión, conduce el flujo a dos válvulas de bola que permiten o impiden el paso a los tanques de cabecera en los cuales se controla la altura del agua por medio de desbordamientos ajustables.
Cb	Caja de bombas	Cuenta con un encendido/apagado independiente para cada bomba, la caja eléctrica está ubicada una altura considerable en la parte izquierda del equipo con el fin de evitar el contacto de esta con el agua, diseñada en plástico con una película conductora que tiene como función evitar la interferencia de otros equipos. (Cussons technology Ltd, 2014)
In.1	Interruptor bomba de agua lluvia	Se cuenta con interruptores independientes para cada bomba que permiten o impiden el paso de corriente eléctrica dependiendo de la bomba que sea requerida para el experimento a realizar.
In.2	Interruptor bomba de agua subterránea	

Tabla 8. Componentes subsistema eléctrico

Fuente: Autores

3.2.4. Subsistema de Medición:

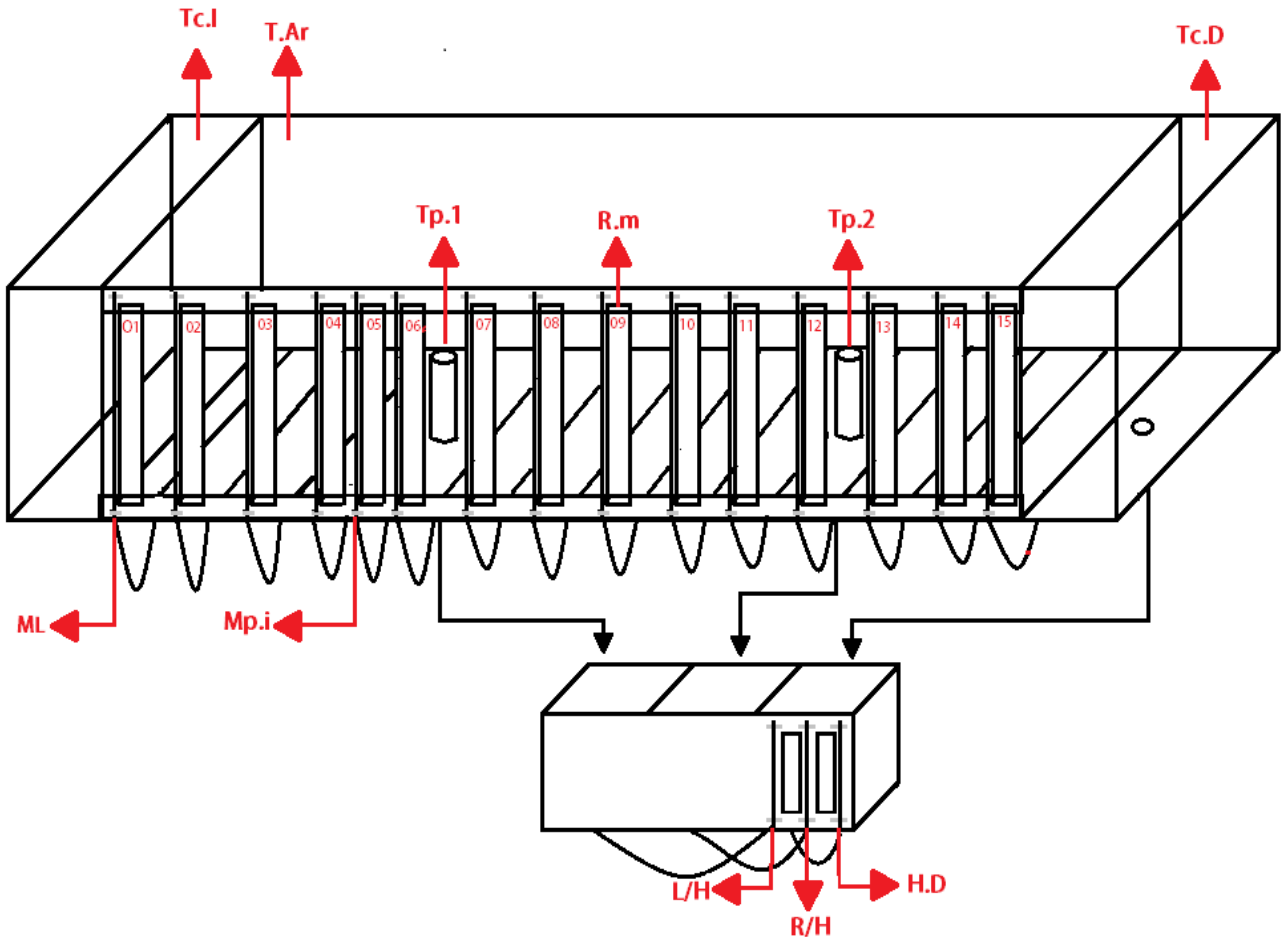


Figura 6. Subsistema de medición frontal
Fuente: Autores

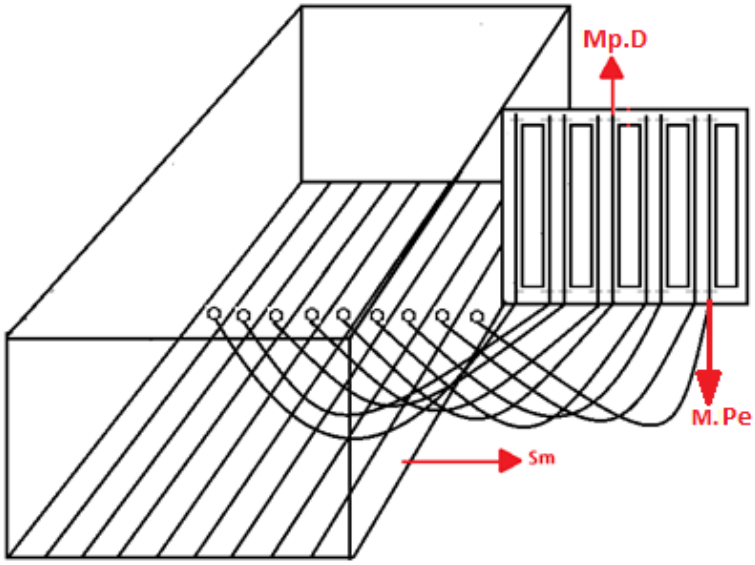


Figura 7. Subsistema de medición tablero de manómetros perpendiculares
Fuente: Autores

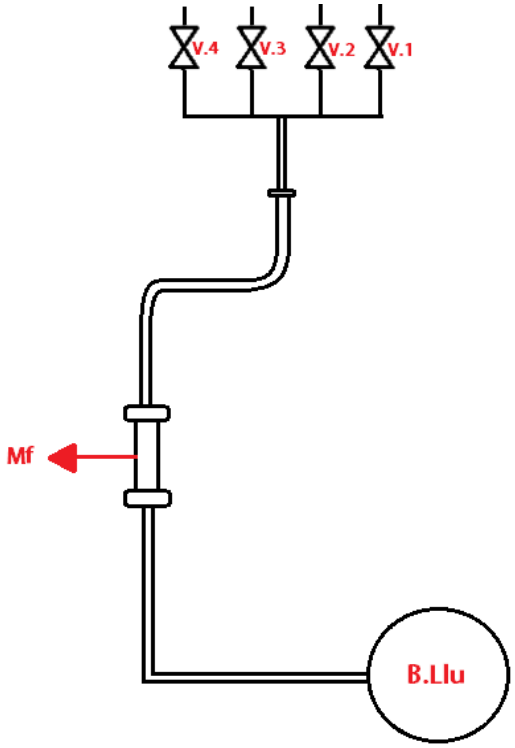


Figura 8. Subsistema de medición boquillas de rociado
Fuente: Autores

3.2.4.1 Componentes subsistema de medición:

Abreviatura	Nombre	Función
Tc.I	Tanque de cabecera izquierdo	Tienen como propósito no solo el recolectar el agua que sale del tanque de arena por escorrentía o infiltración, dirigiéndola al tanque de suministro para su recirculación, sino que también cuenta con unos tubos de desbordamiento ajustables que se pueden subir o bajar para permitir controlar el gradiente hidráulico en los tanques de cabecera y por lo tanto a lo largo del tanque de arena. (Cussons technology Ltd, 2014)
Tc.D	Tanque de cabecera derecho	
T.Ar	Tanque de arena	Es un depósito fabricado en acero inoxidable, dotado con deflectores permeables en cada uno de sus extremos proporcionando una zona de captación de agua de 1600 mm por 800 mm, está apoyado en un sub bastidor fabricado con tubos rectangulares de acero (Cussons technology Ltd, 2014) y cuenta con un gato de tijera debajo del tanque de cabecera izquierdo el cual permite cambiar la pendiente del mismo lo que posibilita lograr variaciones de los experimentos y por lo tanto de sus resultados.
Tp.1	Tubos de revestimiento de pozo izquierdo	Están ubicados en el tanque de arena a 400 mm aproximadamente de los deflectores permeables y a 700 mm entre ellos, "son tubos de 35 mm con un arco de 225 mm de largo. Cada tubo de revestimiento consta de un tubo de acero inoxidable perforado soldado a un tapón hueco y equipado con un calcetín de filtro de
Tp.2	Tubos de revestimiento de pozo	

	derecho	poliéster asegurado por un anillo 'O', para evitar la entrada de arena en el tubo del manómetro. Los tubos de revestimiento del pozo encajan a presión en la base del tanque de arena." (Cussons Technology, 2014)
R.m	Regla manómetro	El equipo cuenta con un total de 22 reglas que están ubicadas a cada lado de los manómetros, con el fin de medir la altura del agua dentro de cada manómetro teniendo en cuenta que estos representan la altura de la columna de agua dentro del tanque de arena.
M.L	Manómetros longitudinales del tanque de arena	Debajo del tanque de arena, encontramos una serie de puntos de toma de presión los cuales están conectados a cada manómetro con el fin de poder determinar el nivel freático en cada punto gracias al principio de los vasos comunicantes.
M.Pe	Manómetros perpendiculares del tanque de arena	Se encuentran ubicados en una placa de ensamblaje unida de manera perpendicular al tanque de arena, midiendo por medio de las tomas de presión transversales el nivel freático dentro del tanque de arena.
Mp.I	Manómetro de tubo de revestimiento de pozo izquierdo	El manómetro de pozo izquierdo mide el nivel de la columna de agua respecto a la base del tanque del tubo de revestimiento de pozo izquierdo, cuando la válvula de control LH se encuentra cerrada.
Mp.D	Manómetro de tubo de revestimiento de pozo derecho	El manómetro de pozo derecho mide el nivel de la columna de agua respecto a la base del tanque del tubo de revestimiento de pozo derecho, cuando la válvula de control RH se encuentra cerrada.

L/H	Manómetro de descarga de tubos de revestimiento de pozo izquierdo	Este manómetro mide el nivel de flujo dentro del vertedero, ya que está calibrado con el fin que el cero en el manómetro coincida con la parte inferior de la muesca del vertedero, midiendo por lo tanto el flujo proveniente del tubo de revestimiento de pozo izquierdo del tanque de arena cuando la válvula de control LH se encuentra abierta.
R/H	Manómetro de descarga de tubos de revestimiento de pozo derecho	Este manómetro mide el nivel de flujo dentro del vertedero, ya que está calibrado con el fin que el cero en el manómetro coincida con la parte inferior de la muesca del vertedero, midiendo por lo tanto el flujo proveniente del tubo de revestimiento de pozo derecho del tanque de arena cuando la válvula de control RH se encuentra abierta.
Sm	Sector de medición	Parte inferior del tanque de arena donde se encuentran los puntos de toma de presión tanto de los manómetros longitudinales como laterales.
B.Llu	Bomba de agua lluvia	Ubicada en el bastidor principal, esta bomba hace circular el agua hacia las boquillas de rociado al estar conectada por una línea de succión corta al tanque de suministro el cual está equipado con unos filtros de succión.
Mf	Medidor de flujo de área variable	Consta de un tubo vertical troncocónico dentro del cual se encuentra un flotador, el fluido entra a este por la parte inferior arrastrando el flotador en dirección ascendente, al elevarse aumenta el área hasta que se equilibran las fuerzas. (Process Control Supply, C.A., s. f.)

V.1	Válvula de control de flujo de boquillas 1 y 2	Estas válvulas controlan el número de las boquillas de rociado que se encuentran en funcionamiento dependiendo del requerimiento de cada experimento y se encuentran ubicadas en el bastidor superior.
V.2	Válvula de control de flujo de boquillas 3 y 4	
V.3	Válvula de control de flujo de boquillas 5 y 6	
V.4	Válvula de control de flujo de boquillas 7 y 8	

Tabla 9. Componentes subsistema de medición
Fuente: Autores

3.3. Accesorios

3.3.1. Cerramientos circulares abiertos y cerrados: Se cuenta con dos cerramientos, uno de ellos está completamente vacío en el fondo y el otro cuenta con una base que en su centro posee un tubo de plástico transparente, ambos sirven para simular en diferentes experimentos islas, depósitos de almacenamiento y muros cortina alrededor de obras de construcción. (Cussons Technology Ltd, 2014)

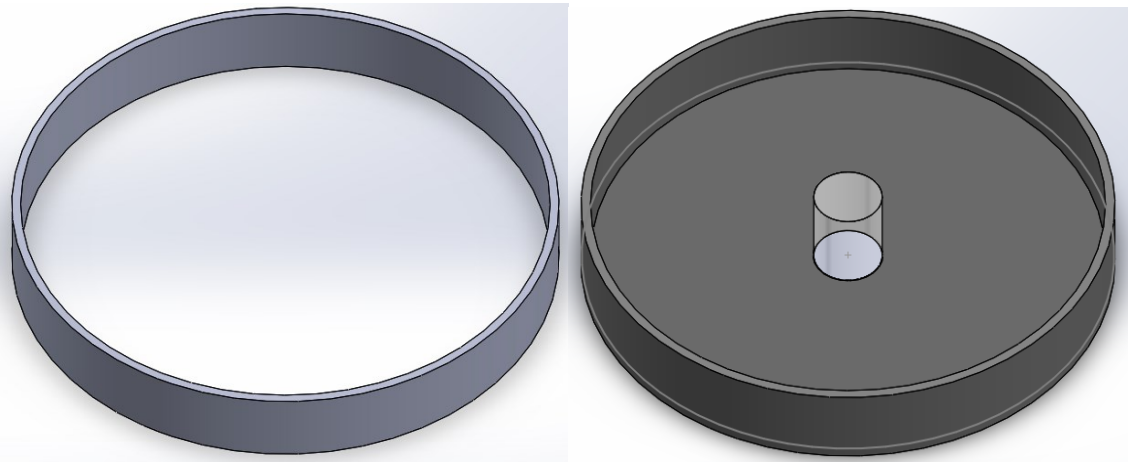


Figura 9. Cerramientos circulares abiertos y cerrados
Fuentes: Autores

3.3.2. Cerramientos rectangulares abiertos y cerrados: Se proporcionan rectángulos abiertos de 330 x 550 y 618 x 918 y una bandeja rectangular cerrada de 430 x 650 (Cussons Technology Ltd, 2014, p.14).

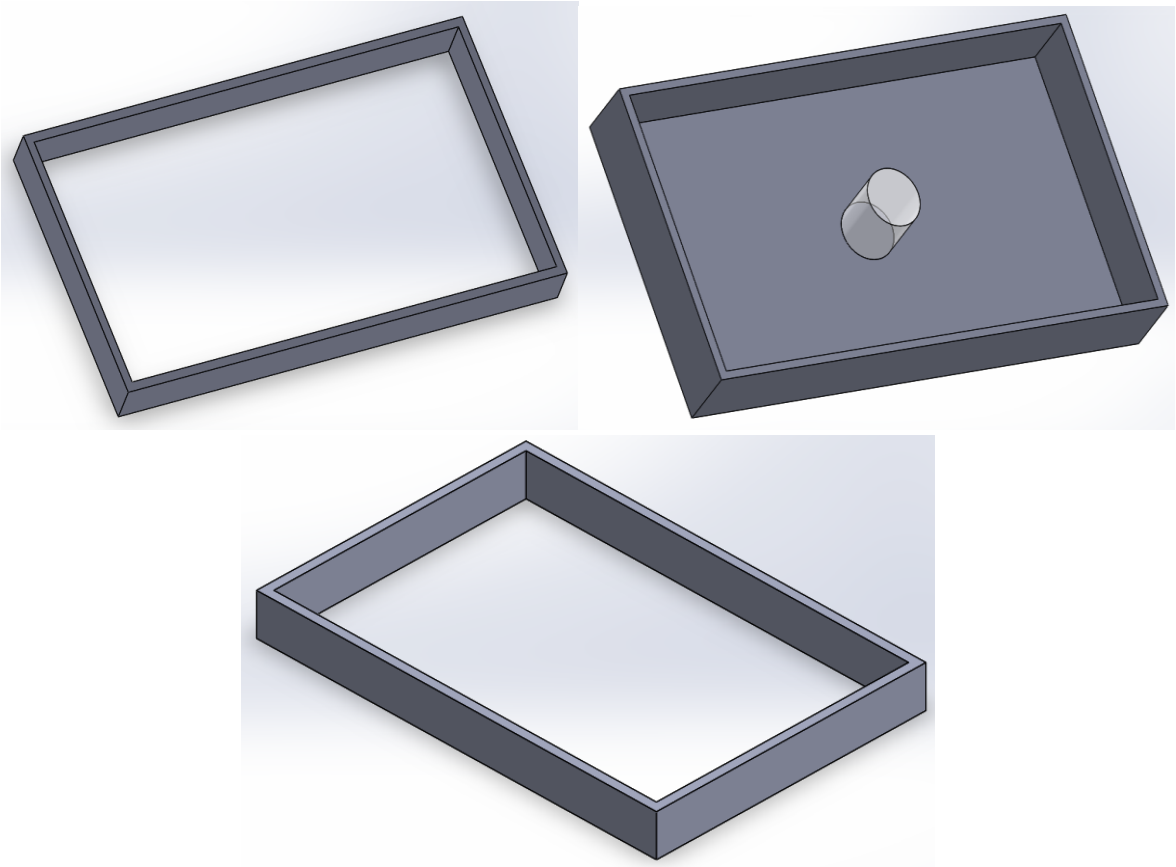


Figura 10. Cerramientos rectangulares abiertos y cerrados
Fuente: Autores

3.3.3. Cofferdam: Sirve como ataguía el cual puede utilizarse para represar un lecho de río modelado (Cussons Technology Ltd, 2014).

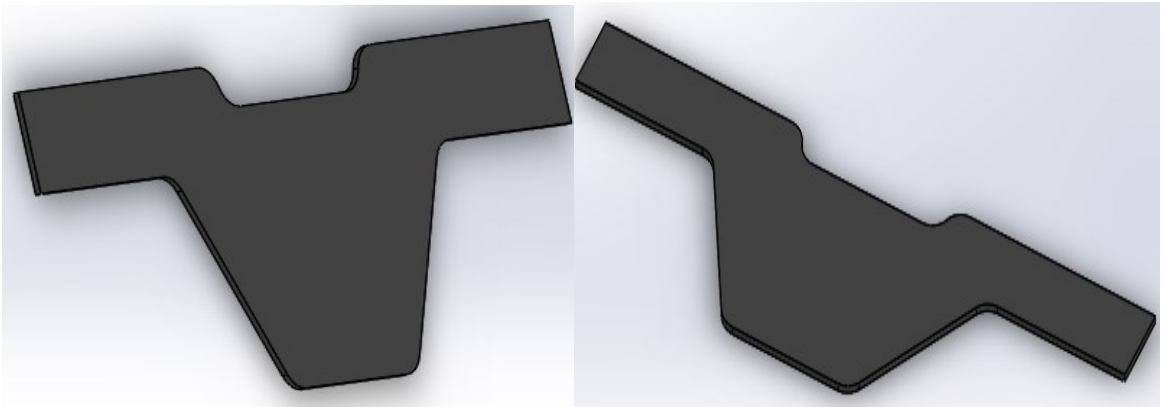
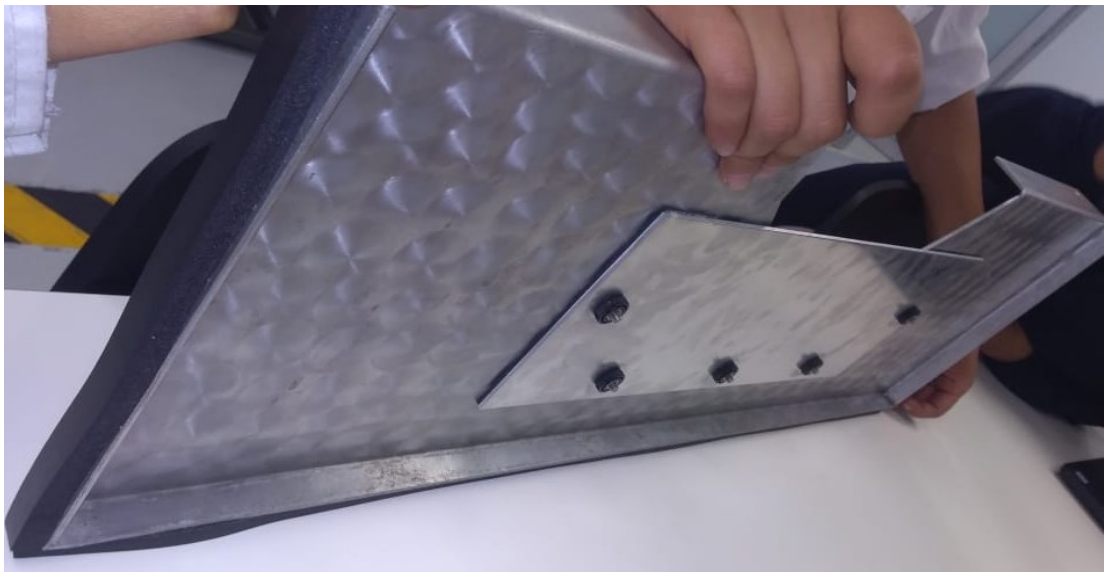




Figura 11. Cofferdam
Fuentes: Autores

3.3.4. Deflectores impermeables: Se cuenta con dos deflectores impermeables fabricados en acero inoxidable, los cuales tienen como función controlar la pérdida de agua en el tanque de arena, se instalan en los extremos del mismo junto a los deflectores permeables en cada extremo; cuentan con un corte transversal del río el cual puede cubrirse con una placa para permitir un plano de inundación de 200 mm y otra para hacer el deflector completamente impermeable dependiendo de los requerimientos del experimento (Cussons Technology Ltd, 2014).



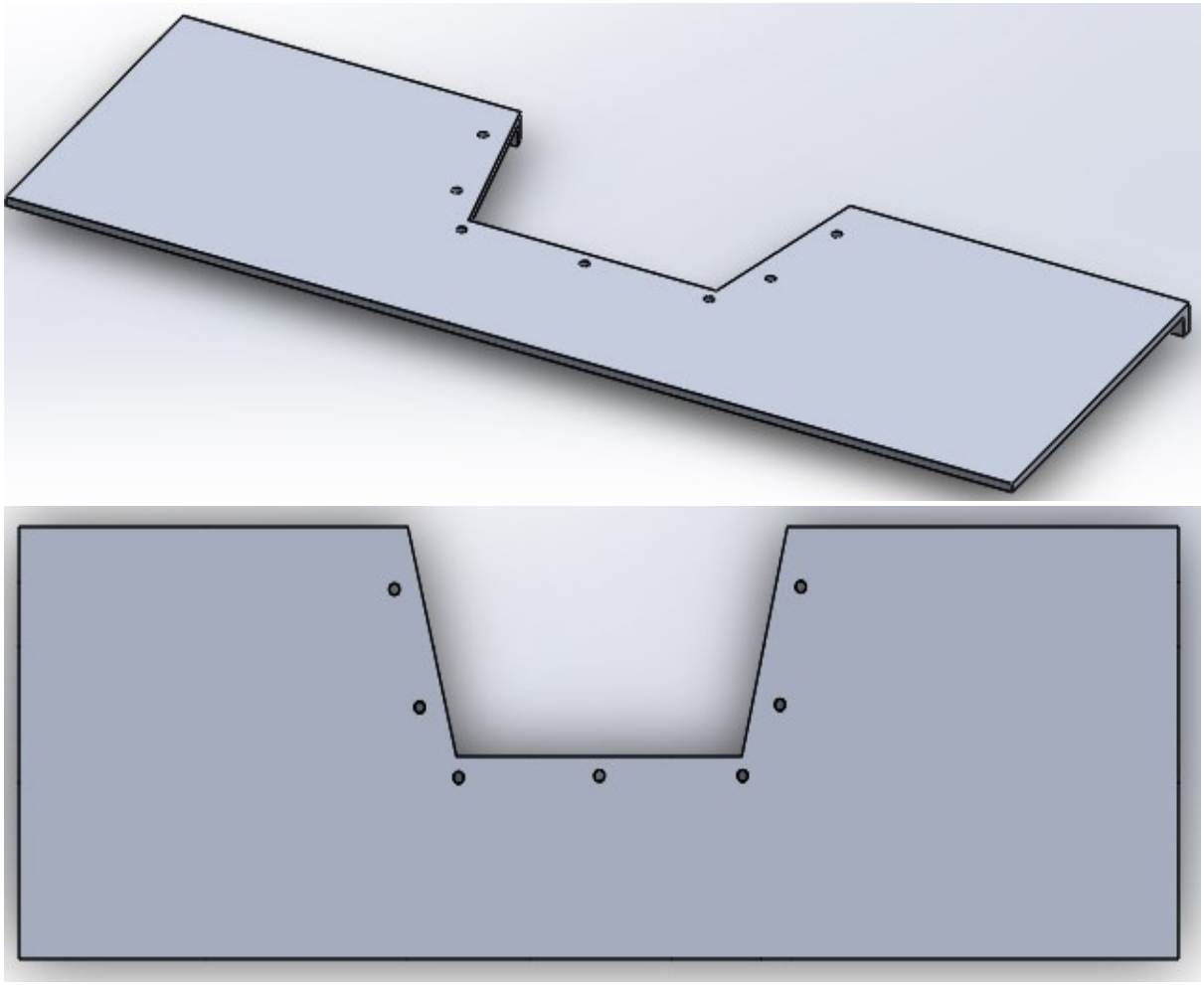


Figura 12. Deflectores impermeables
Fuente: Autores

3.3.5. Formadores de Gradiente: Se cuenta con dos formadores de gradiente que forman una pendiente de 1 en 20, permitiendo perfilar la superficie (Cussons Technology Ltd, 2014).



Figura 13. Formadores de Gradiente
Fuente: Autores

3.3.6. Gato de tijera: Este instrumento está ubicado debajo del tanque de arena en el costado izquierdo, su función consiste en elevar el tanque cambiando la pendiente del mismo; en cuanto a su funcionamiento, este se acciona de manera manual mediante el uso de un mango de apoyo al ejercer un movimiento giratorio.

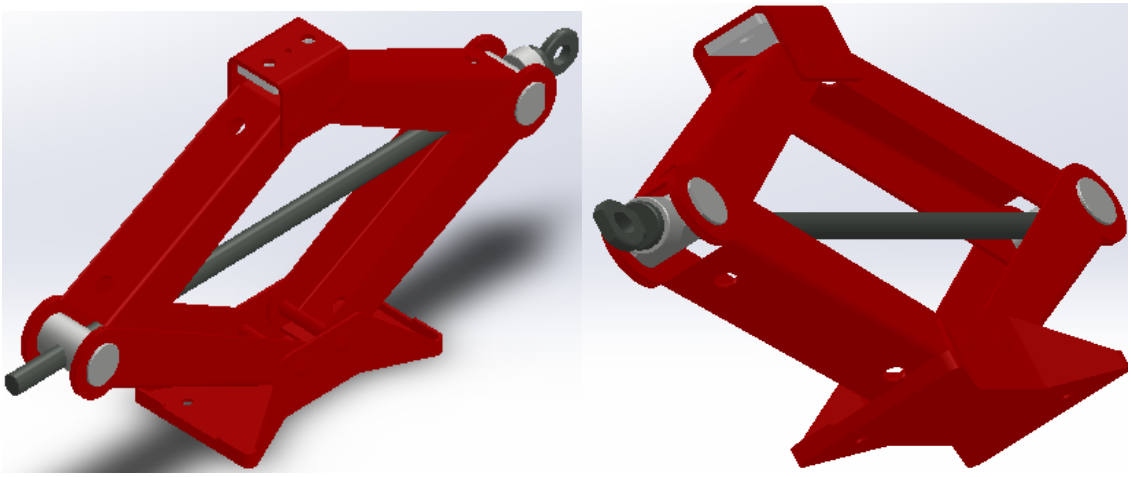


Figura 14. Gato de tijera
Fuente: Autores

3.3.7. Herramienta de perfilado: Este accesorio cumple dos funciones, pues esta permite nivelar la arena para darle un perfil plano con su parte inferior y además ayuda a formar el cauce de un río en el medio permeables con su parte superior. Para el buen manejo de esta herramienta se requiere que sea manipulada por dos personas.

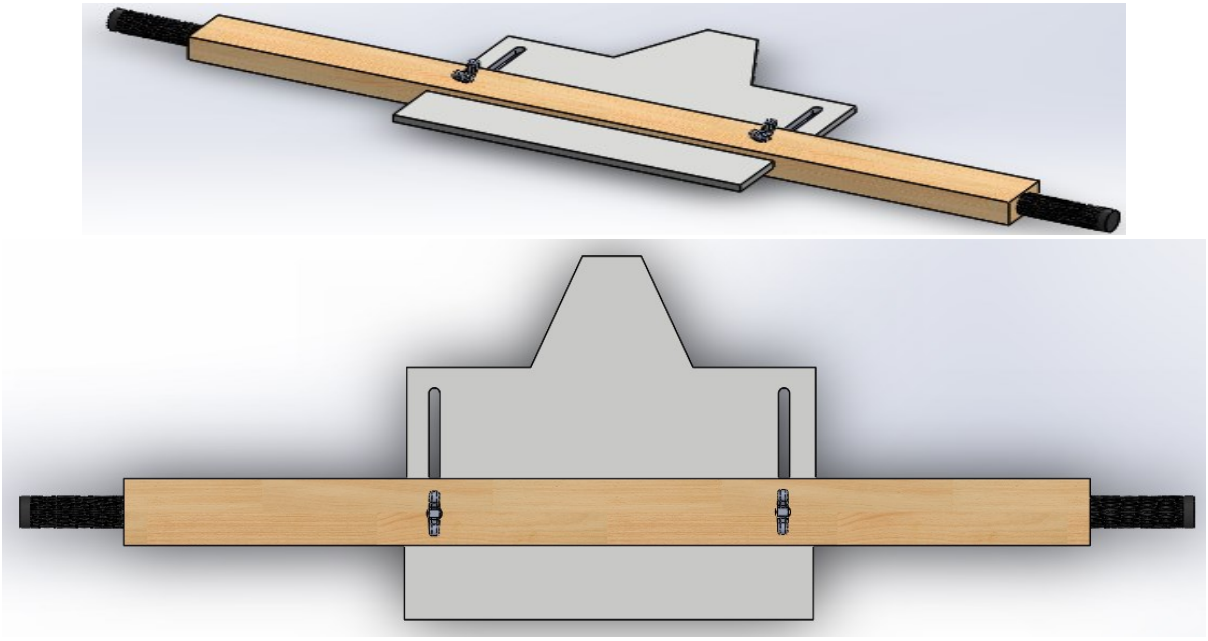


Figura 15. Herramienta de perfilado
Fuente: Autores

3.3.8. Lámina de plástico u hoja de polvo de polietileno: Esta nos permite cubrir en determinadas zonas del medio permeable con el fin de impermeabilizarlas cuando se realizan experimentos que requieren que sólo se moje una parte del tanque.

3.3.9. Modelo de puente de muelle: Según los requerimientos del experimento este elemento puede ser utilizado para simular un obstáculo para el agua, con el fin de evaluar su comportamiento al entrar en contacto con él y rodearlo.



Figura 16. Modelo de puente de muelle.
Fuente: Autores

3.3.10. Pala: Es una herramienta de mano la cual es utilizada para remover, excavar o rellenar el tanque con el medio permeable, esta es de color negro y cuenta con una curvatura en la punta y un mango de metal.



Figura 17. Pala
Fuente: Autores

3.3.11. Paleta llana: Es un instrumento de plástico de color amarillo, el cual ayuda a nivelar y moldear el medio permeable según los requerimientos del experimento.

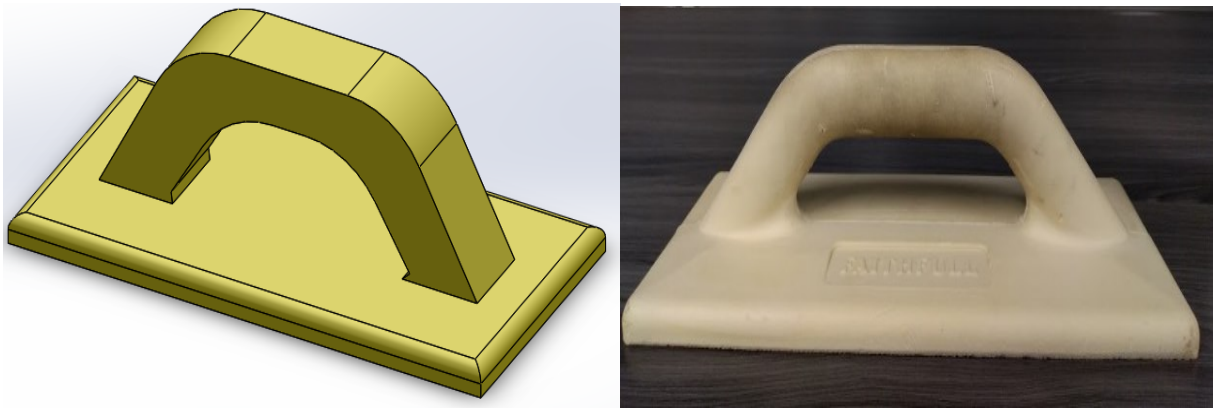


Figura 18. Paleta llana
Fuente: Autores

3.3.12. Palustre: Herramienta de metal con mango de madera, la cual es utilizada para moldear, nivelar, extender, añadir o retirar el medio permeable.



Figura 19. Palustre
Fuente: Autores

3.3.13. Parafina blanca: Se utiliza para limpiar las estructuras de acero inoxidable que componen el equipo.



Figura 20. Parafina blanca
Fuente: Autores

3.3.14. Par de cortinas plásticas: Estas, se encuentran colgadas alrededor del tanque de arena, se deben cerrar antes de encender la bomba de agua lluvia con el fin de evitar las salpicaduras de agua en el momento de la experimentación.



Figura 21. Par de cortinas plásticas
Fuente: Autores

3.3.15. Puntas de boquillas de rociado: Se suministran 3 juegos de puntas de boquilla de rociado intercambiables de 3 tamaños diferentes y referenciadas de la siguiente manera (Cussons Technology Ltd, 2014):

- Juego de 8 puntas grandes (BF4-60)
- Juego de 8 puntas medianas (BF3-60)
- Juego de 8 puntas pequeñas (BF2-60)

Dependiendo del experimento a realizar se hará el cambio de las puntas de boquilla, este debe ser llevado a cabo por la auxiliar de laboratorio, el docente encargado o quienes ellos deleguen ya que esto se debe hacer con cuidado para evitar dañar la unión de estas al bastidor superior.



Figura 22. Puntas de boquillas de rociado
Fuente: Autores

3.3.16. Tapones de pozo: Para algunos experimentos se requiere desinstalar los tubos de revestimiento de pozo, los cuales deben ser sustituidos por los tapones de pozo para evitar que el medio permeable se dirija hacia los manómetros o el tanque de suministro.



Figura 23. Tapones de pozo
Fuentes: Autores

3.3.17. Tornillos moleteados: Estas piezas permiten asegurar al equipo los deflectores impermeables, se debe utilizar dos por cada deflector y deben ser ajustados de manera manual, cada deflector tiene dos orificios en la superficie, los cuales deben coincidir con los que se encuentran en el borde izquierdo y derecho del tanque de arena.



Figura 24. Tornillos moleteados
Fuente: Autores

CAPÍTULO II
OPERACIONES PREVIAS AL USO

1. Ubicación:

Teniendo en cuenta el espacio disponible dentro del laboratorio de modelación ambiental, se estableció una ubicación del equipo en una posición funcional en la cual este se lograra manipular de una manera sencilla al realizar las respectivas prácticas académicas o de investigación, alrededor de él se encuentra demarcada una línea de seguridad de color amarillo y negro con un espesor de 15 cm la cual le indica la distancia segura a la que debe permanecer respecto del equipo con el fin de evitar que corra algún riesgo.

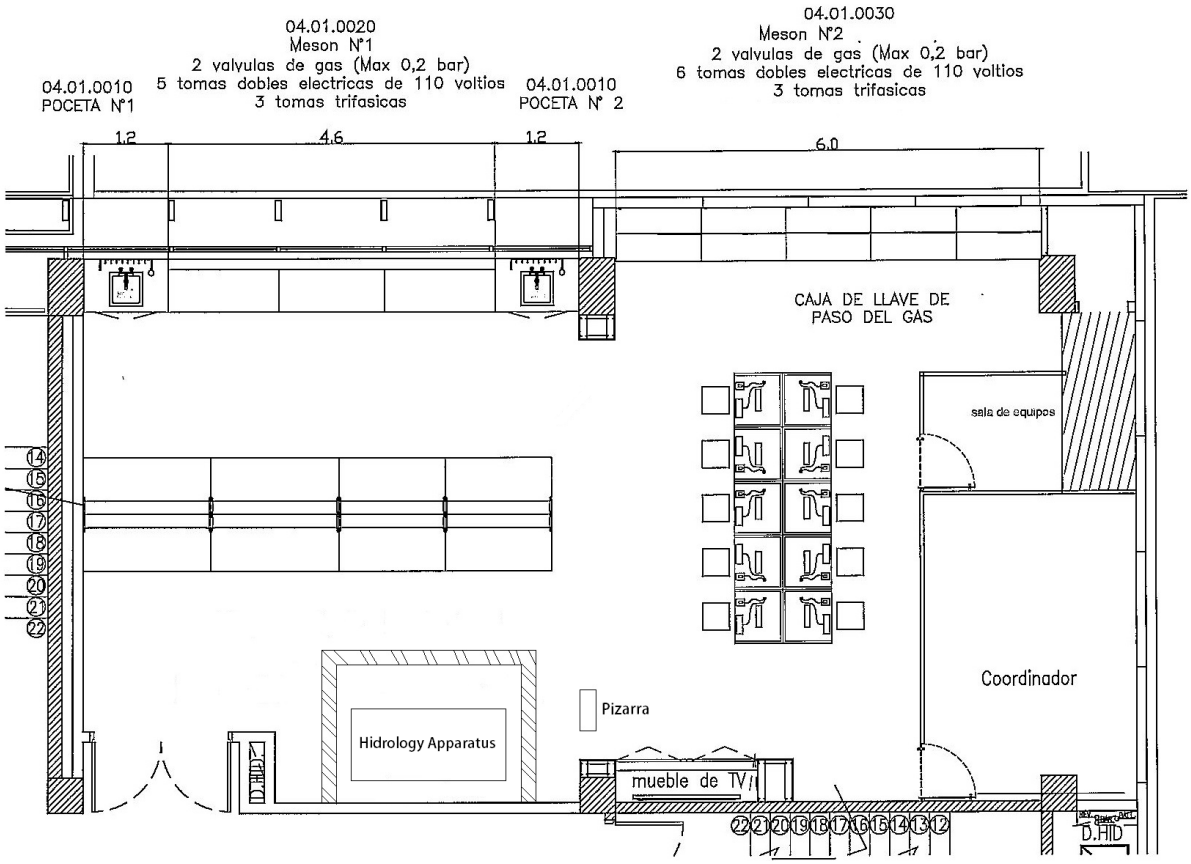


Figura 25. Plano de ubicación del Hydrology Apparatus en el laboratorio de modelación ambiental.

Tomado y modificado de: Oficina de planeación y control

2. Instalación:

Asegúrese de que los cuatro (4) estabilizadores de soporte ajustables estén separados del piso en caso de tener que reubicar, ya dentro de la zona asignada se debe tener en cuenta que para fijar el equipo en la posición funcional se deben bajar los cuatro (4) estabilizadores de soporte al nivel del suelo y asegurarlos con la contratuerca. Ajuste el gato de tijera, que controla la inclinación del tanque de arena de modo que la escala (regleta) muestre un valor de 0. Verifique que el equipo se encuentre nivelado en ambas direcciones longitudinal y lateral, apóyese con el uso de un nivel de burbuja (Cussons Technology Ltd, 2014).

3. Conexión:

Este equipo cuenta con una clavija monofásica con polo a tierra, la cual requiere un suministro eléctrico de 120v y 60hz, "el consumo máximo de energía continua es de aproximadamente 760 v con ambas bombas encendidas". (Cussons Technology Ltd, 2014).



Figura 26. Conexión
Fuente: Autores

CAPÍTULO III
CONFIGURACIÓN PRELIMINAR

1. Configuración del equipo:

1.1. Procedimiento de encendido:

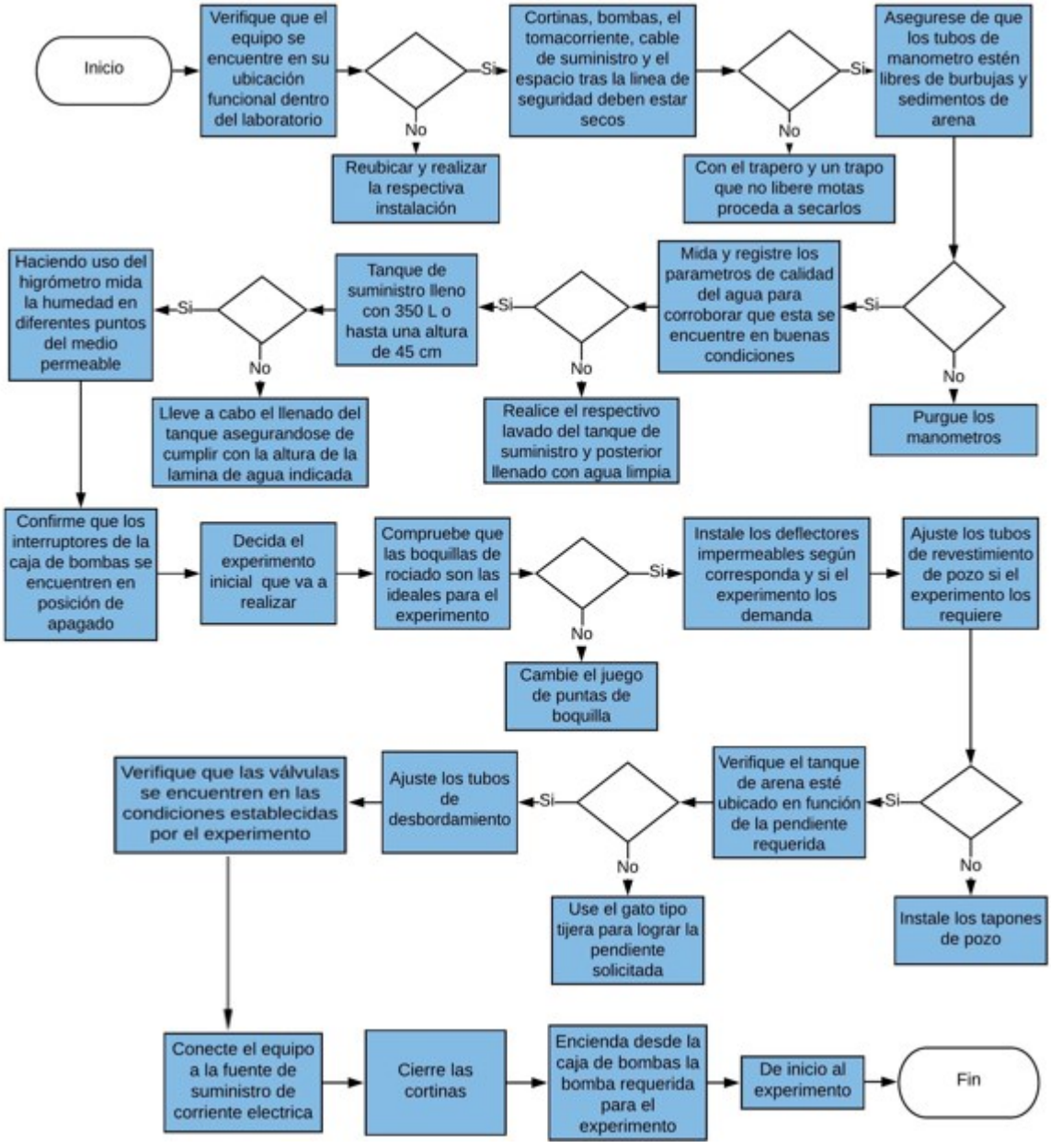


Figura 27. Procedimiento de encendido
Fuente: Autores

1.2. Procedimiento de apagado:

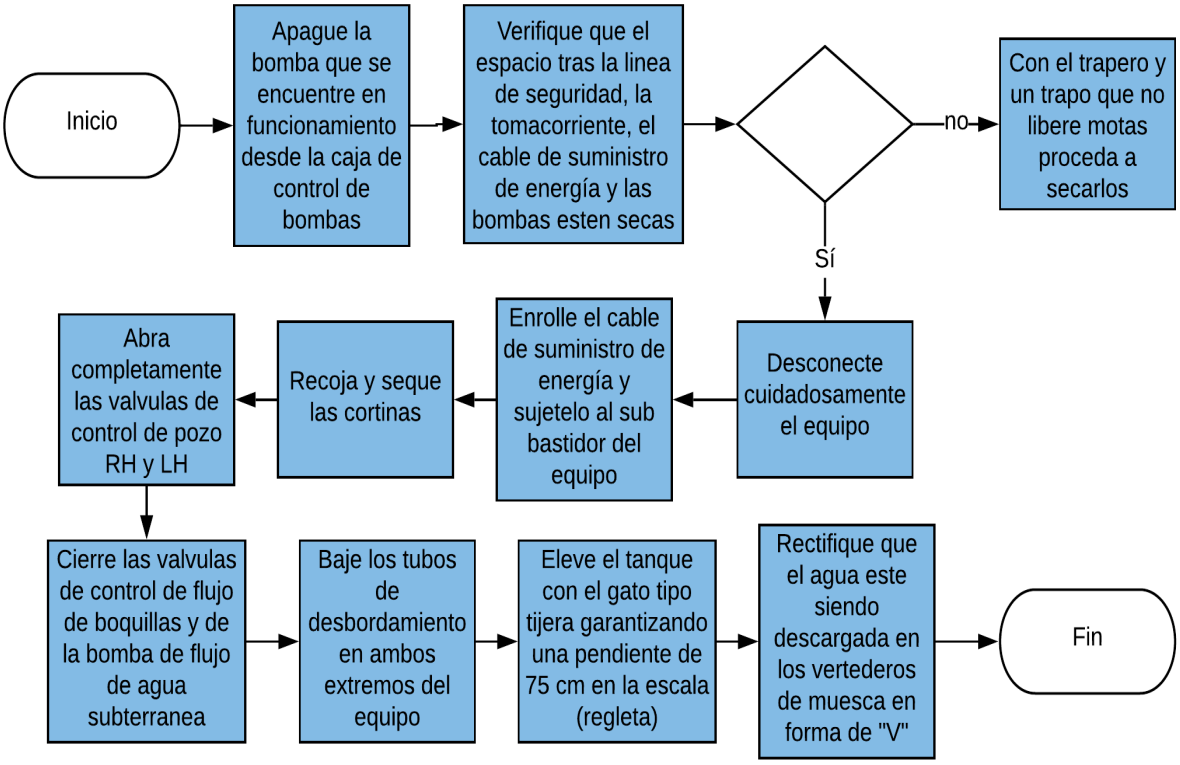


Figura 28. Procedimiento de apagado
Fuente: Autores

CAPÍTULO IV
PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

1. Proceso para la recolección de datos:

Para llevar a cabo los experimentos y la respectiva recolección de los datos de manera adecuada, se recomienda trabajar con grupos integrados idealmente por 4 o 5 personas a los cuales se les otorgará una determinada función a cumplir durante el desarrollo de cada experimento para obtener los resultados esperados como se muestra a continuación.

1.1. Proceso de recolección de datos del experimento 1:

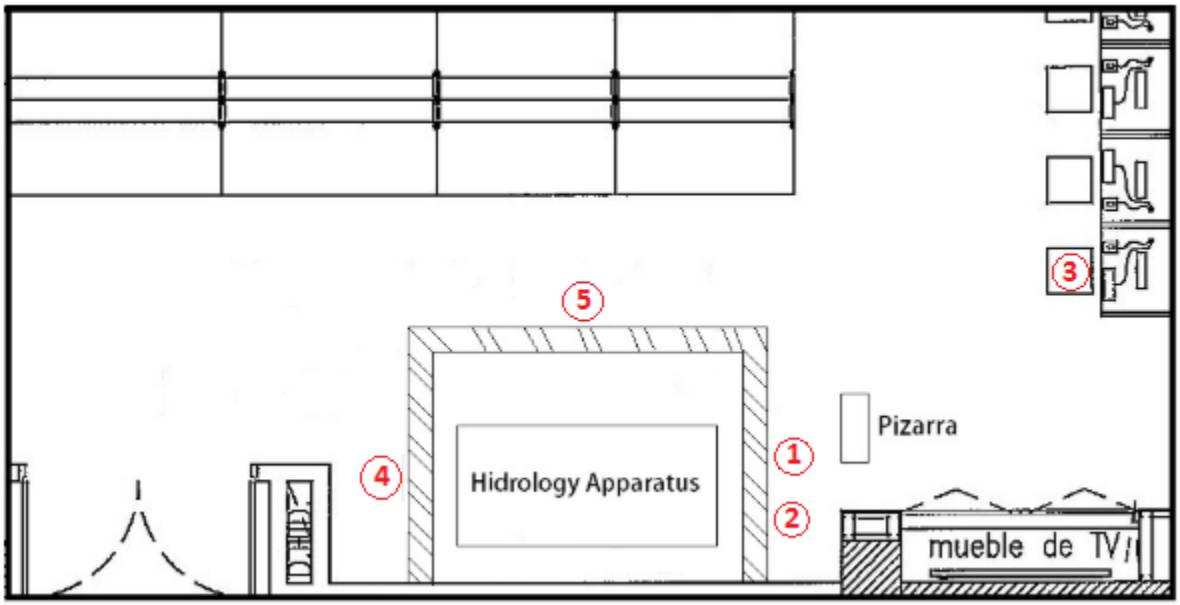


Figura 29. Plano de Ubicación para el experimento 1
Fuente: Autores
Tomado y modificado de: Oficina de Planeación y control

1.1.1. Actividades y funciones:

1.1.1.1. Persona 1: Se encargará de manejar las válvulas de control de flujo de las boquillas, con el fin de mantener la lámina de agua y evitar la escorrentía deberá hacer una reducción paulatina del flujo de agua, primero debe hacer la reducción de cada una de las válvulas a 1/4, cuando se esté por iniciar la escorrentía se realiza una reducción a 2/4; cuando nuevamente inicie la escorrentía se realiza un nueva reducción a ¾ y cuando inicie nuevamente la escorrentía se cierra completamente la válvula.

1.1.1.2. Persona 2: Llevará a cabo la visualización de datos que registre el medidor de flujo de área variable en los momentos indicados en el procedimiento.

1.1.1.3. Persona 3: Tomará los datos indicados por sus compañeros en las hojas de cálculo por medio del computador (tabla de intensidad de la lluvia)

1.1.1.4. Persona 4: Visualizará y dará aviso cuando se presente la formación de una lámina de agua de aproximadamente 1 mm sin que se produzca escurrimiento en la superficie del lecho de arena.

1.1.1.5. Persona 5: Llevará a cabo la revisión de tiempos en cronómetro cuando se lo indiquen sus compañeros y le informará los respectivos datos a la persona 3.

1.2. Proceso de recolección de datos del experimento 2:

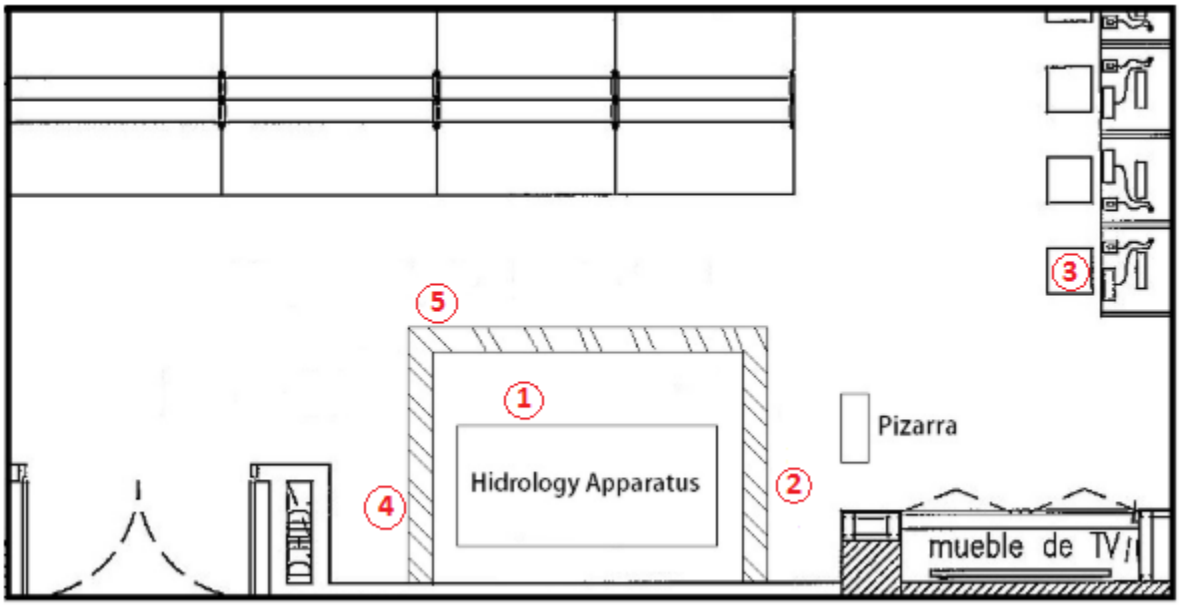


Figura 30. Plano de Ubicación para el experimento 2
Fuente: Autores
Tomado y modificado de: Oficina de Planeación y control

1.2.1. Actividades y funciones:

1.2.1.1. Persona 1: Será la encargada del manejo de las válvulas de control de pozo RH y LH cada vez que sea necesario, igualmente, cuando la persona encargada del tiempo se lo indique deberá realizar la lectura de los manómetros de los vertederos de pozo de derecha e izquierda (R/H y L/H discharge)

1.2.1.2. Persona 2: Llevará a cabo la lectura de los valores que registre el medidor de flujo de área variable, además pondrá en marcha y detendrá la bomba de agua lluvia cuando corresponda.

1.2.1.3. Persona 3: Tomará los datos indicados por sus compañeros en las hojas de cálculo por medio del computador.

1.2.1.4. Persona 4: Observara simultáneamente la superficie del lecho de arena y el tanque de cabecera derecho e indicará a sus compañeros el momento en el que comience la escorrentía.

1.2.1.5. Persona 5: Llevará a cabo la revisión de tiempos en cronómetro cuando se lo indiquen sus compañeros y le informará los respectivos datos a la persona 3.

1.3. Proceso de recolección de datos del experimento 3:

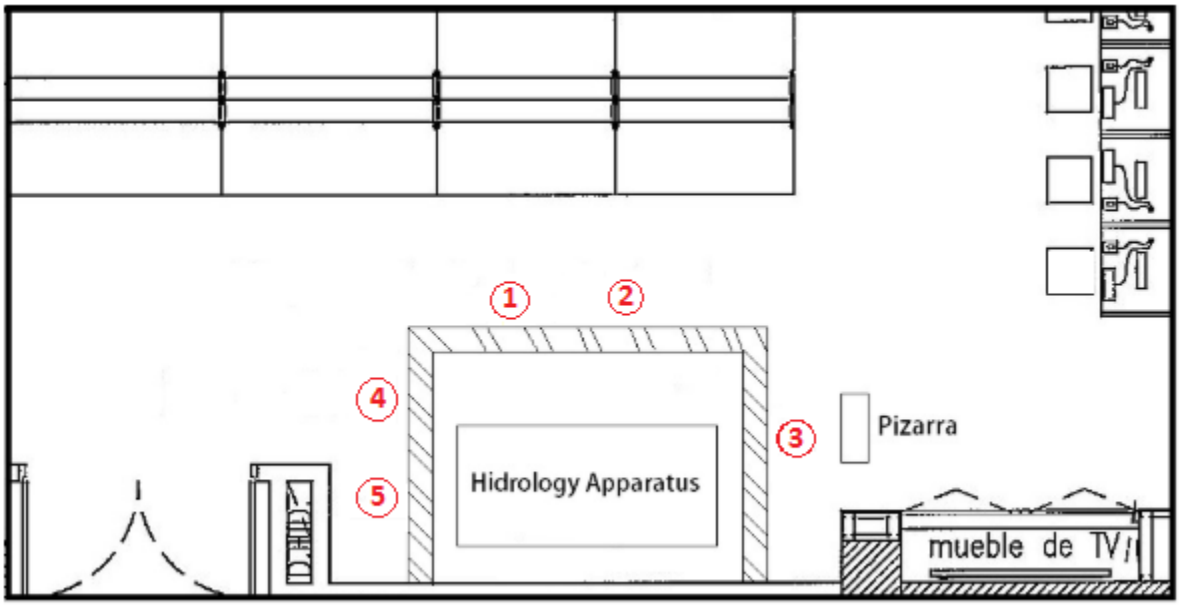


Figura 31. Plano de Ubicación para el experimento 3
Fuente: Autores
Tomado y modificado de: Oficina de Planeación y control

1.3.1. Actividades y funciones:

Cada persona está ubicada en una posición diferente alrededor del equipo con el fin de ver el experimento desde diferentes puntos y tener una mejor claridad de lo estudiado.

1.3.1.1. Persona 1: Verificará que el medio permeable se encuentre nivelado en caso de que no sea así, deberá utilizar los accesorios necesarios para adecuarlo y observar atentamente el experimento.

1.3.1.2. Persona 2: Usando la herramienta de perfilado construirá el lecho del río serpenteante luego contribuirá a las actividades de sus compañeros y observará atentamente el lecho del río.

1.3.1.3. Persona 3: Abrirá la válvula de suministro de agua subterránea y encenderá la bomba de agua lluvia, luego podrá observar con atención el lecho del río.

1.3.1.4. Persona 4: Tomará nota y observará qué sucede en el lecho del río.

1.3.1.5. Persona 5: Observara atentamente el lecho río y colaborara con sus compañeros.

CAPÍTULO V
PRÁCTICAS ACADÉMICAS

1. Introducción general:

El Hydrology Apparatus tiene como función recrear los diferentes fenómenos que se dan en una cuenca hidrográfica, con el fin de evaluar cómo interactúan y se relacionan de manera conjunta en cada uno de los experimentos, lo cual brinda a los estudiantes, docentes y demás personas que trabajen con él equipo la facilidad de aplicar los conceptos aprendidos a lo largo de su formación académica relacionados con el manejo integral de cuencas hidrográficas, manipular las variables durante la experimentación y visualizar los fenómenos que el equipo permite representar. Apoyando así la investigación y reforzando los espacios académicos relacionados con la hidrología y el manejo integral de cuencas hidrográficas e hidráulica.

2. Experimento 1. Capacidad de infiltración:

2.1. Introducción:

En este experimento se busca medir la tasa de infiltración del suelo entendiendo que cuando la lluvia cae sobre el suelo, parte de la lluvia se infiltra por el suelo y la velocidad de infiltración de esta va a depender del tipo de suelo y su porosidad, por lo tanto la tasa de infiltración va a depender del número y tamaño de los espacios porosos en el suelo y contenido de agua en el mismo, con esto podemos concluir que cuando el suelo está inicialmente seco la tasa de infiltración será alta, pero a medida que los espacios porosos vacíos se llenan desde la superficie hacia abajo, la tasa de infiltración va a disminuir hasta que sea igual a la velocidad de transporte vertical que representa un flujo laminar sin obstáculos a través de una red continua de poros, la infiltración entonces va a continuar a este ritmo hasta que el suelo se sature completamente, en este punto no puede ocurrir más infiltración (Cussons Technology Ltd, 2014).

2.2. Objetivo:

Medir la tasa de infiltración en una cuenca modelo, con el fin de determinar su capacidad de infiltración. (Cussons Technology Ltd, 2014)

2.3. Preparación del equipo:

Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierda con bafle impermeable	Deflector permeable a la derecha con accesorio de plano de inundación
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo Equipado	Derecha Equipada
Válvulas de Control de pozo	Izquierda Cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	A Nivel	
Arena	200 mm de Profundidad con respecto a la base del tanque, la cual debe estar seca	
Boquillas de rociado	Grandes	
Válvulas de control de flujo de Boquilla	Totalmente abiertas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda Cerrada	Derecha Cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda totalmente abajo	Derecha totalmente abajo

Tabla 10. Especificaciones experimento 1
Fuente: Tomada y modificada de cussons technology Ltd, 2014

2.4. Procedimiento:

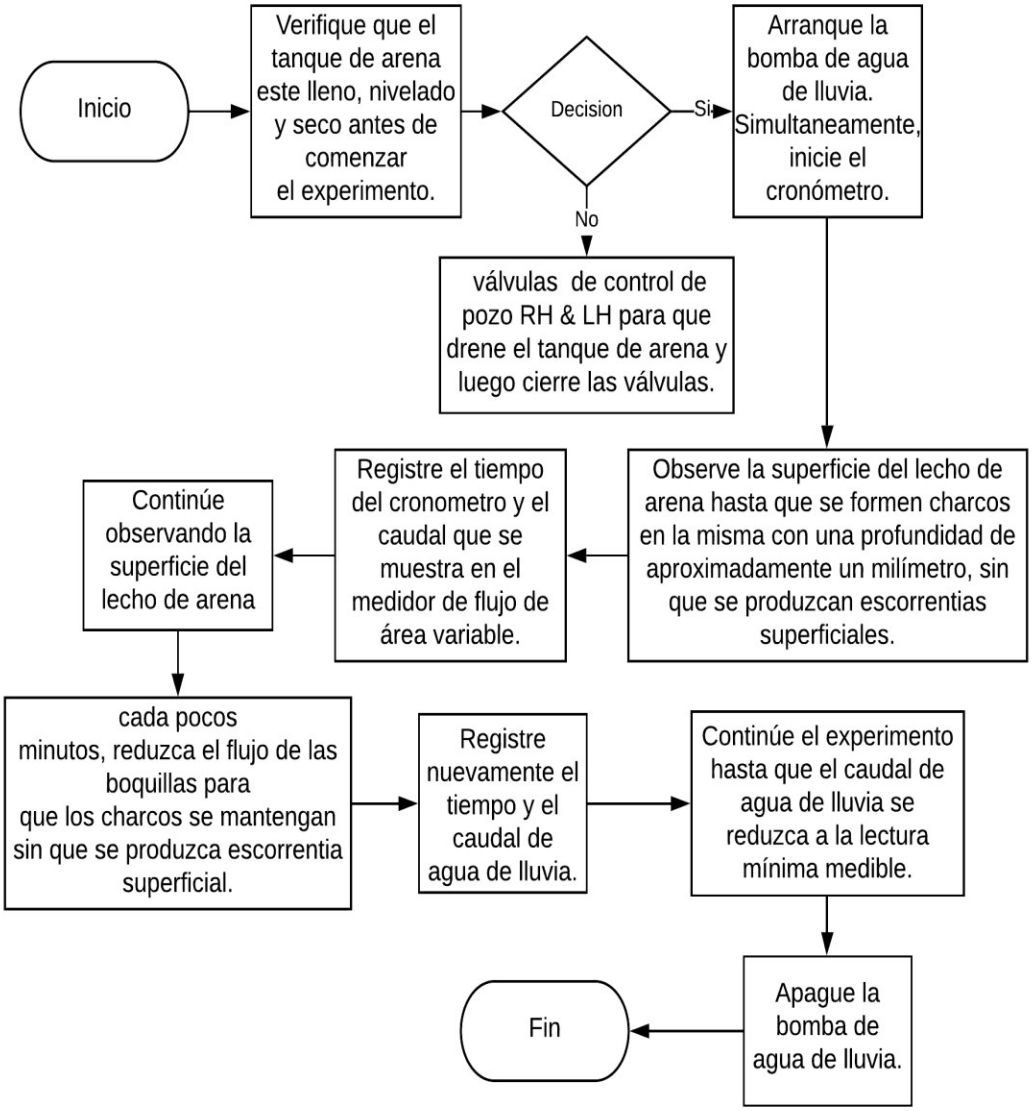


Figura 32. Procedimiento experimento 1
Fuente: Autores

3. Experimento 2. Déficit de humedad del suelo y escorrentía:

3.1. Introducción:

Según Cussons Technology ltd (2014)

> Si las lluvias superan la tasa máxima de infiltración, entonces se producirá una escorrentía superficial con el agua fluyendo sobre la superficie en dirección descendente en red desde el menor goteo hasta los arroyos y ríos. Sin embargo, si la intensidad de la lluvia es inicialmente menor que la tasa de infiltración máxima, la escorrentía se retrasará hasta que la tasa de infiltración máxima haya disminuido hasta ser igual a la intensidad de la lluvia. La relación entre la precipitación y la escorrentía se ve amortiguada tanto en tiempo como en cantidad por el déficit de humedad del suelo. (p.33)
>
> **Lluvia = déficit de humedad del suelo + escorrentía**

3.2. Objetivo:

"Utilizar la curva de infiltración obtenida en el experimento 1 para estimar el déficit de humedad del suelo y la escorrentía para una tormenta fuerte." (Cussons Technology Ltd, 2014, p.37)

3.3. Preparación del equipo:

Lo ideal es que este experimento se lleve a cabo inmediatamente después de completar el experimento 1, ya que el lecho filtrante se encuentra saturado. De no ser así, prepare el equipo con las siguientes especificaciones.

Deflectores impermeables	Izquierda con bafle impermeable	Deflector permeable a la derecha con accesorio de plano de inundación
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo Equipado	Derecha Equipada
Válvulas de Control de pozo	Izquierda Cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	A Nivel	
Arena	200 mm de Profundidad con respecto a la base del tanque, la cual debe estar seca	
Boquillas de rociado	Grandes	
Válvulas de control de flujo de Boquilla	Totalmente abiertas	

Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda Cerrada	Derecha Cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda totalmente abajo	Derecha totalmente abajo

Tabla 11. Especificaciones experimento 2
Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd

3.4. Procedimiento:

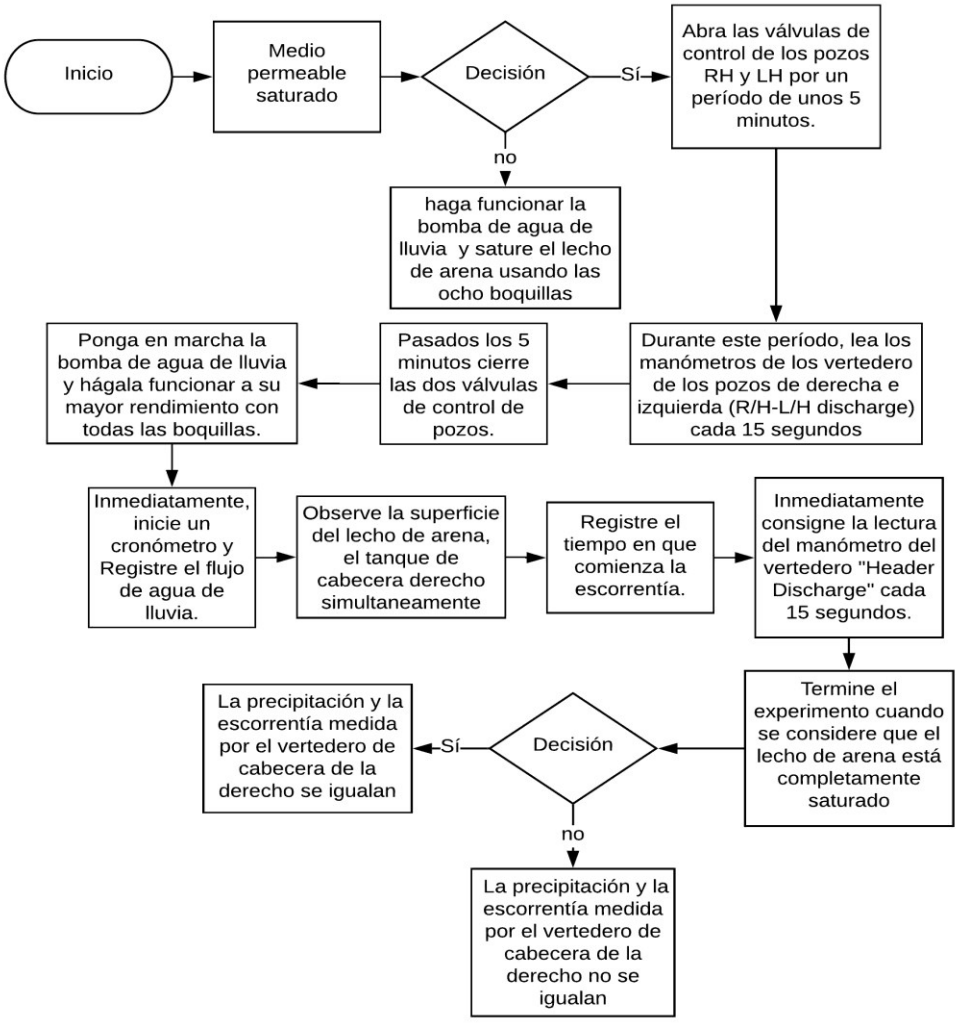


Figura 33. Procedimiento experimento 2
Fuente: Autores

4. Experimento 3. Demostración de la mecánica fluvial del lecho de un río:

4.1. Introducción:

En un rio donde el agua fluye normalmente las mayores erosiones se producen durante las crecidas, pues cuando la fuerza de arrastre de las aguas aumenta y es superada la velocidad critica para la mayor parte de las partículas del cauce, los ríos modifican su sección, variando así su profundidad y anchura con esto se ajustan al proceso de erosión; por otro lado, cuando el caudal de crecida y la velocidad disminuyen, las aguas pierden su capacidad de arrastre, y se va produciendo la sedimentación progresiva de los diferentes tipos de partículas que transportaba. Estos procesos de agradación y degradación de los cauces producen de forma natural y periódica, como consecuencia de las variaciones en los caudales del río y la carga de solidos provenientes de las laderas. (Gobierno de Navarra, s. f.)

4.2. Objetivo:

Demostrar la erosión y el transporte del suelo en el lecho de un río. (Cussons Technology Ltd, 2014)

4.3. Preparación del equipo:

Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierdo impermeable sin accesorio de placa	Derecho impermeable sin accesorio de placa
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo reemplazado por tapones	Derecho reemplazado por tapones
Válvulas de Control de pozo	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	Máxima	
Arena	200mm de profundidad. Utiliza la herramienta de perfilado de formas para construir un lecho de río serpenteante.	
Boquillas de rociado.	Ninguna	
Válvulas de Suministro de Boquilla.	Cerradas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda cerrada	Derecha cerrada

Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda completamente arriba	Derecha completamente arriba

Tabla 12. Especificaciones experimento 3
Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd

4.4. Procedimiento:

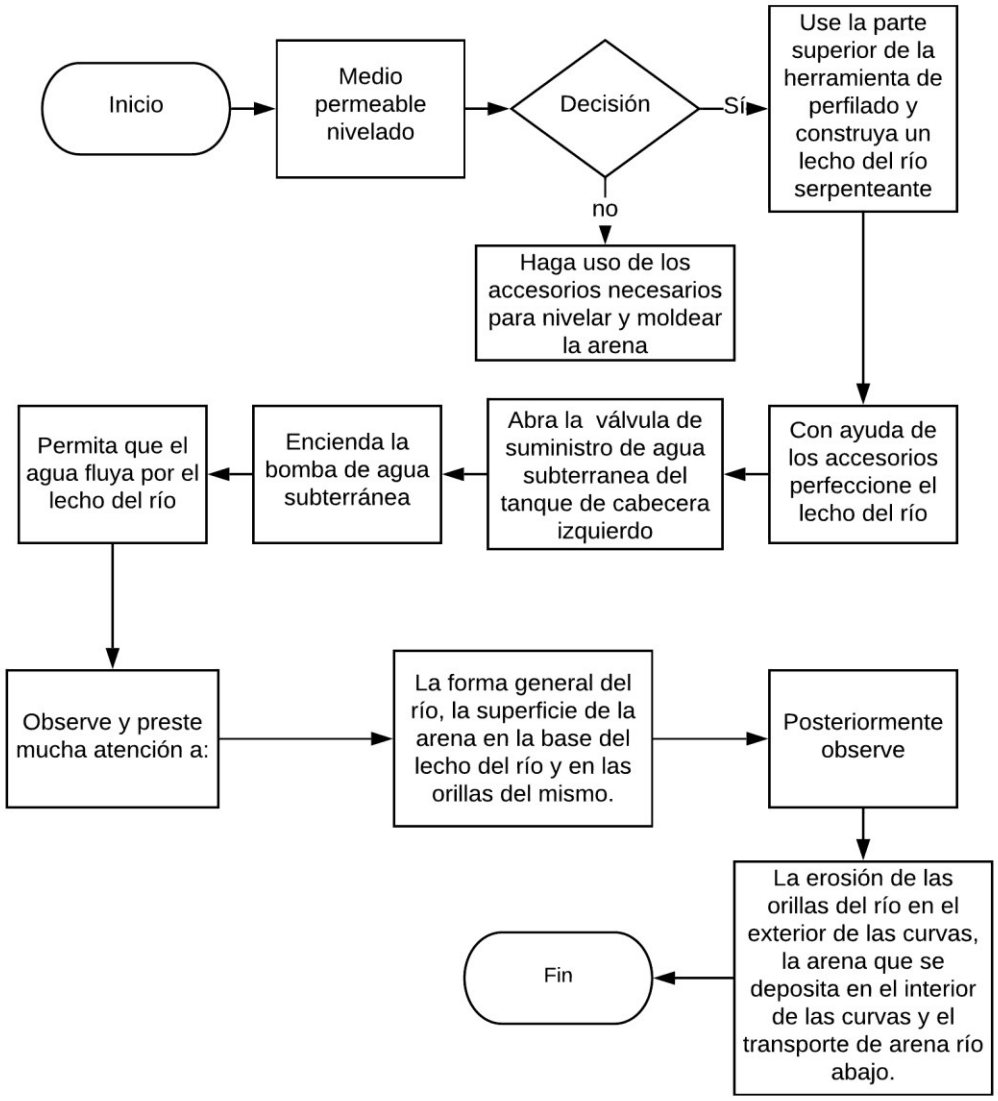


Figura 34. Procedimiento experimento 3
Fuente: Autores

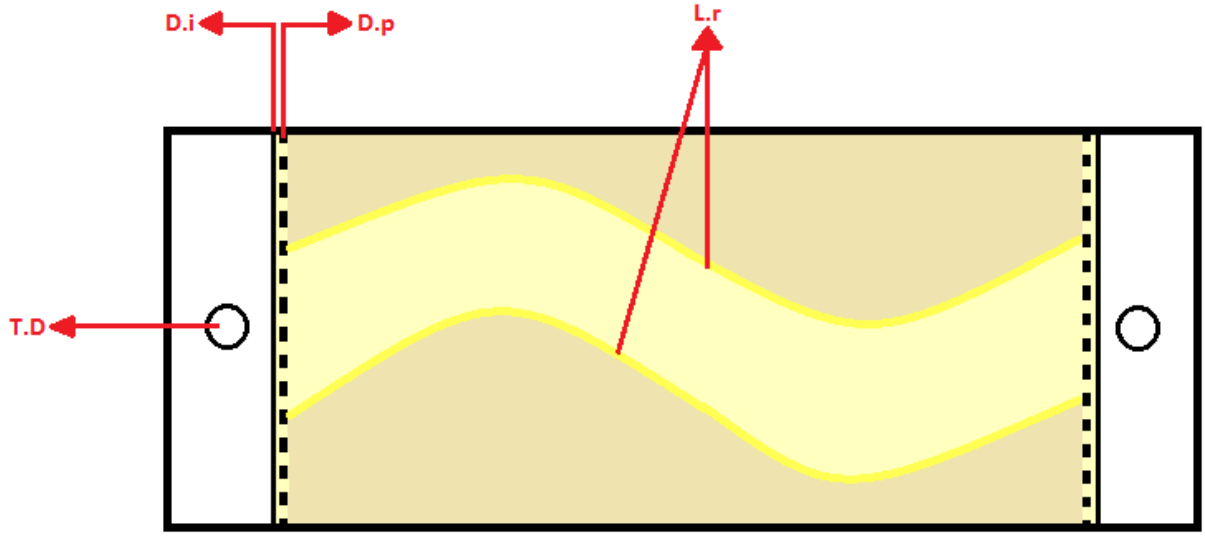


Figura 35. Demostración lecho de río serpenteante
Fuente: Autores

Abreviatura	Nombre
L.r	Lecho de río
D.p	Deflector permeable
D.i	Deflector impermeable
T.D	Tubo de desbordamiento

Tabla 13. Abreviaturas demostración lecho de río serpenteante
Fuente: Autores

CAPÍTULO VI
VISUALIZACIÓN DE DATOS

1. **Modelo matemático:**

1.1 Modelo matemático experimento 1:

1.1.1. Intensidad de la precipitación para cada lectura del caudal de agua de lluvia:

Según Cussons Technology Ltd (2014):

Para los experimentos con el Aparato de Hidrología de Cussons, la intensidad puede ser determinada a partir de la medición de la tasa de flujo de la bomba de agua de lluvia utilizando el medidor de flujo de área variable y dividiéndola por el área del tanque de

arena, o la parte apropiada del área del tanque de arena si se utilizan menos de 8 boquillas. (p.21)

Por lo que la intensidad de la precipitación (i):

[redacted] (1)

Donde:

Qr = caudal de agua de lluvia en l/min.

1.6 = Constante correspondiente al largo del tanque de arena en m

0.8 = Constante correspondiente al ancho del tanque de arena en m

60 = Constante correspondiente a la conversión de minutos a horas del caudal de agua lluvia

1.1.1.1. Gráfica experimento 1

La gráfica que debe obtener después de la recolección de los datos, será una muy similar a la siguiente al graficar la tasa de infiltración vs tiempo:

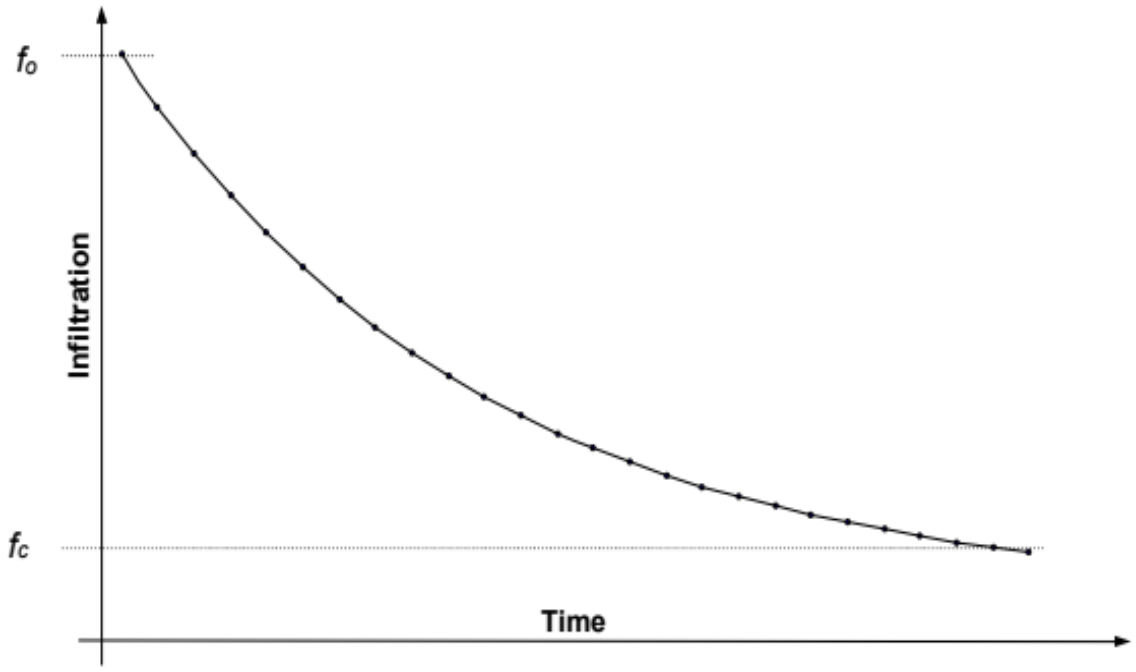


Figura 36. Gráfica tasa de infiltración vs tiempo
Tomada de: Cussons Technology Ltd, 2014

Elija tres puntos diferentes en la curva y sustituya en la ecuación de tasa de infiltración hasta la saturación (2) y resuelva las tres ecuaciones simultáneas resultantes para evaluar las constantes k, f0 y fc; determine la capacidad de infiltración del tanque de arena midiendo el área debajo del gráfico de la tasa de infiltración contra el tiempo por integración numérica o por algún otro conveniente método. (Cussons Technology Ltd, 2014)

1.1.2 Tasa de infiltración hasta la saturación

Según Cussons Technology Ltd (2014) "la tasa de infiltración hasta la saturación puede ser representada por una ecuación de la forma" (p.24):

[redacted] (2)

f = Tasa de infiltración en el tiempo t
f_o = Tasa de infiltración en el momento t=0
f_c = Tasa de infiltración final constante en el momento t
k = Constante dependiendo del tipo de suelo
t = Tiempo

2. Tabulación de datos

2.1 Tabulación de datos experimento 1

Para graficar la tasa de infiltración contra el tiempo se recomienda usar la siguiente tabla N°14 que lleva por nombre intensidad de la lluvia, la cual debe ser llenada en el momento en el que se realice la práctica académica, con la cual se debe relacionar el tiempo en el eje de (x) como variable independiente y la tasa de de infiltración en (y) como variable dependiente, teniendo en cuenta que siempre se haya reducido adecuadamente el caudal para que no haya escorrentía, de modo que la tasa de infiltración será igual a la intensidad de la lluvia en el momento de cada lectura (Cussons Technology Ltd, 2014). Para calcular la intensidad de la lluvia para cada lectura del caudal de agua lluvia (1) utilice la fórmula dada en este manual en la sección correspondiente al modelo matemático de este experimento.

Al momento de graficar la tasa de infiltración contra el tiempo se debe ajustar la función a aquella con el R-cuadrado más cercano a 1.

Formación de charcos	
Tiempo	
Caudal (l/min)	

Tabla 14. Tiempo y caudal de saturación hasta la formación de charcos experimento 1

Fuente: Autores

Intensidad de la lluvia		
T (min)	Q (L/min)	i (mm/h)

Tabla 15. Tabulación intensidad de la lluvia experimento 1

Fuente: Autores

2.2. Tabulación experimento 2:

Haciendo uso de la tabla de fase de descarga de pozo y de precipitación tabule los datos recolectados a medida que el procedimiento del experimento lo indique, posteriormente con ayuda de la figura 4, convierta las alturas de los manómetros (mm) en tasas de flujo (L/min)

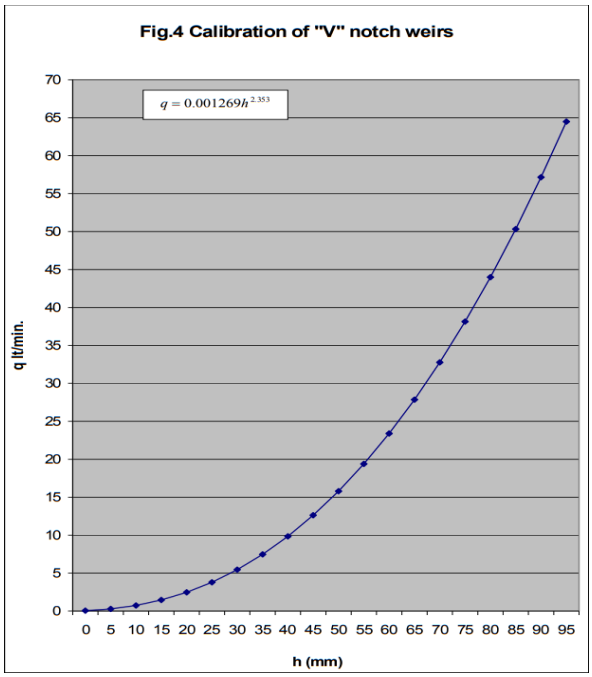


Figura 37. Calibración de vertederos
Fuente: Cussons Technology Ltd, 2014

Para cada fase:

- Para la fase de descarga de pozo realice los siguientes pasos:

Fase de descarga del pozo				
	Manometro izquierdo		Manometro derecho	
Tiempo	h (mm)	q (L/min)	h (mm)	q (L/min)

Tabla 16. Fase de descarga de pozo
Fuente: Tomada y modificada de cussons technology Ltd

1. Dibuje una gráfica de descarga total, donde en el eje de las (x) estará el tiempo y el eje de las (y) estarán las tasas de flujo calculadas previamente de ambos pozos. (Cussons Technology Ltd, 2014)

2. "Determine el déficit de humedad del suelo midiendo el área debajo del gráfico por integración numérica u otro método. Exprese la respuesta en milímetros dividiéndola por la superficie del lecho de arena." (Cussons Technology Ltd, 2014, p.37).

Déficit de humedad del suelo= Área debajo del gráfico x Escala de tiempo de la gráfica x Escala de la tasa de flujo del gráfico

- Para la fase de precipitación lleve a cabo los siguientes pasos:

Fase de precipitación			
Tiempo	Precipitación	Descarga tanque de cabecera derecho	
	Flujo de area vareable (L/min)	Manometro (mm)	q (L/min)

Tabla 17. Fase de precipitación
Fuente: Tomada y modificada de cussons technology Ltd, 2014

3. "Determine la cantidad de lluvia. Siempre que el flujo de la lluvia haya sido constante durante esta fase de la prueba, las precipitaciones se deben expresar en milímetros." (Cussons Technology Ltd, 2014, p.38)

Entonces:

Precipitación = (Velocidad de flujo x duración) / Superficie del lecho de arena

4. Determine la cantidad de escorrentía realizando un gráfico donde en el eje de la (y) estará la tasa de flujo de descarga del tanque de cabecera derecho contra el tiempo en el eje de las (x) luego mida el área bajo el gráfico. Finalmente exprese la respuesta en milímetros dividiendo el volumen de escorrentía por la superficie del lecho de arena. (Cussons Technology Ltd, 2014)
5. "Investigue la verdad de la siguiente relación entre el déficit de humedad del suelo, la lluvia y la escorrentía" (Cussons Technology Ltd, 2014, p.38):

Precipitación = Déficit de humedad del suelo + Escorrentía

Los resultados pueden superponerse al gráfico de la tasa de infiltración obtenida del experimento 1.

CAPÍTULO VII
CUIDADOS BÁSICOS Y MANTENIMIENTO

Precauciones:

1.1. Normas Básicas para el ingreso al laboratorio:

Para el ingreso al laboratorio se debe cumplir con los criterios establecidos por la universidad los cuales se encuentran en el **"Compromiso estudiantil para el correcto uso de los laboratorios de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Sede Porvenir"**, este establece que para el ingreso al laboratorio se debe contar de manera obligatoria durante el tiempo que permanezca dentro del laboratorio con:

- Gafas de seguridad.
- Guantes de seguridad de nitrilo.
- Disponer de un tapabocas o una mascarilla autofiltrante.
- Cofia.
- Bata de laboratorio de algodón gruesa.
- Vestuario adecuado para la práctica a realizar y zapatos cerrados y medias.

1.2 Almacenamiento:

Teniendo en cuenta que el equipo permanecerá ubicado en el laboratorio de Modelación Ambiental y dado su gran tamaño, se ha seleccionado una posición funcional para su ubicación, por lo que se recomienda revisar los siguientes parámetros al finalizar cada jornada de experimentación:

- Recoger el cable de conexión del equipo, enrollarlo y dejarlo en el lugar asignado.
- Asegurarse de que los estabilizadores de soporte del equipo estén fijos al suelo evitando que el equipo se desplace de su lugar asignado.
- Dejar las válvulas de control de pozo totalmente abiertas ayudando a un secado de la arena más rápido.
- Retirar los deflectores impermeables del equipo y guardarlos junto a los demás accesorios usados durante la práctica en el armario asignado para el material del equipo en el laboratorio de Modelación ambiental.
- El espacio donde está ubicado el equipo debe ser barrido y trapeado.
- El equipo debe ser limpiado con un trapo y parafina al finalizar las prácticas académicas o actividades de investigación.

1.3. Riesgos:

1.3.1 Riesgos generales:

- Debido a que el equipo durante la mayor parte del tiempo está trabajando con agua, se pueden presentar salpicaduras que humedezcan el piso del laboratorio, por lo que se debe tener precaución para no sufrir caídas.

1.3.1.1. Señalización piso húmedo:



Figura 38. Piso húmedo
Fuente: ARL SURA (s. f.)

- Durante la jornada de experimentación los estudiantes deben permanecer detrás de la línea de seguridad de color amarillo y negro, ya que el equipo cuenta con piezas sensibles que pueden sufrir daños, así como causar lesiones y pérdidas económicas.

1.3.1.2. Señalización riesgo indeterminado:



Figura 39. Riesgo indeterminado
Fuente: IMPLASER (s.f)

1.3.2. Riesgo eléctrico:

- Al estar en funcionamiento el equipo puede salpicar con agua el tomacorriente, el cable de conexión del equipo o las bombas, lo cual puede generar chispas o cortos que pueden perjudicar tanto al equipo como al personal que se encuentre dentro del laboratorio, por lo cual se recomienda asegurarse de que los tomacorrientes y los cables del equipo permanezcan secos en todo momento.
- Se debe verificar que al conectar el equipo el tomacorriente sea de 120v para evitar daños en algunos componentes del equipo.

1.3.2.1. Señalización riesgo eléctrico:



Figura 40. Señalización riesgo Eléctrico
Fuente: ARL SURA (s. f.)

1.3.3. Riesgo Mecánico:

- Tenga precaución cuando realice cambios de la pendiente del tanque de arena, los deflectores o cualquier otro accesorio del equipo, ya que se podría presentar una lesión de sus extremidades principalmente en las superiores.

1.3.3.1. Señalización riesgo mecánico:



Figura 41. Señalización riesgo mecánico
Fuente: Alcaldía Municipal Pitalito Huila (s.f)

1. Mantenimiento preventivo:

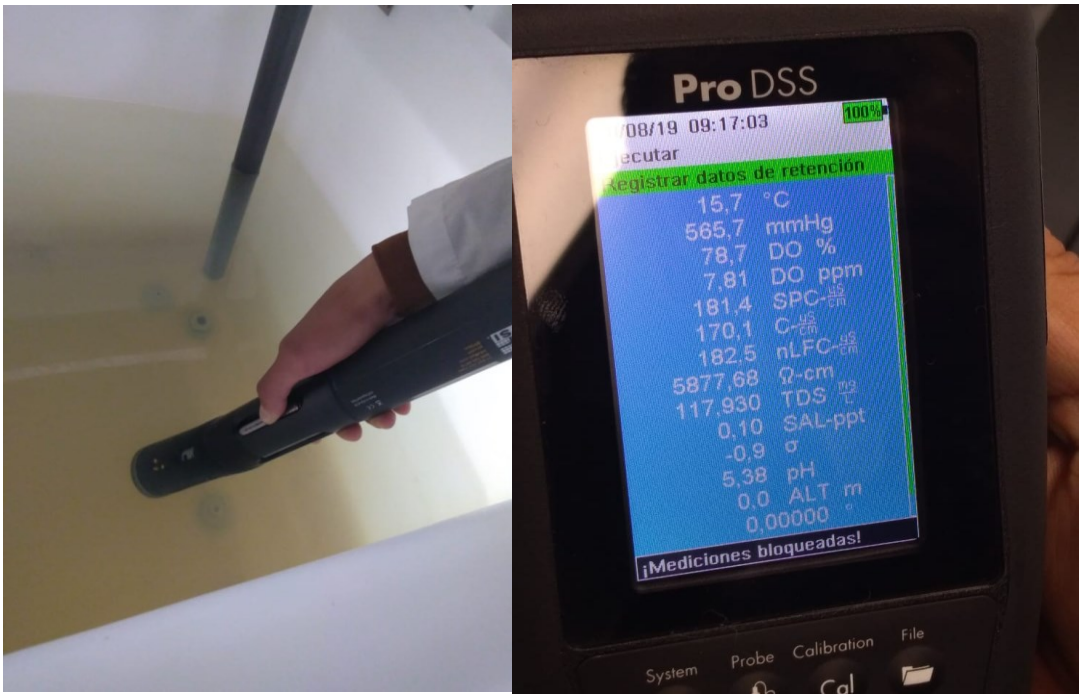
Con el fin de mantener el equipo en óptimas condiciones de funcionamiento, es necesario llevar a cabo una serie de acciones de forma periódica las cuales evitan que se generen daños de gravedad en el equipo y garantizan su vida útil, para esto se plantea lo siguiente:

2.1. Lavado del tanque de suministro:

El equipo maneja una gran cantidad de agua que permanece almacenada en el tanque de suministro a lo largo de tiempo, por lo cual es importante tener en cuenta que como expresa Cussons Technology Ltd (2014):

> Todos los sistemas abiertos en los que el agua se utiliza y almacena durante largos períodos tendrán tendencia a ser colonizados por hongos, algas y bacterias. La velocidad y la naturaleza exacta de esta colonización dependerá de las condiciones particulares del lugar (p.10).

Por esto, teniendo en cuenta los parámetros de calidad del agua establecidos en las especificaciones técnicas y límites del sistema cada vez que haga uso del equipo procure medir estos parámetros, cuando el agua ya no se encuentre en buenas condiciones y presente un color amarillento como se muestra a continuación, proceda al vaciado y posterior limpieza del tanque de suministro.



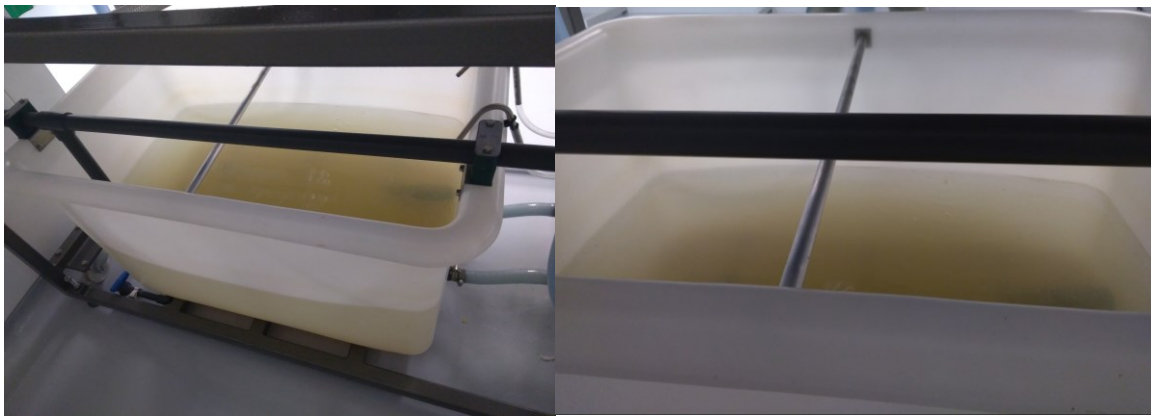


Figura 42. Lavado de tanque
Fuente Autores

2.1.1. Pasos para realizar el lavado del tanque:

1. Reúna los siguientes materiales:
   - Jabón neutro.
   - Limpión.
   - Balde.
   - Esponja.
   - Tubo de desagüe. (Accesorio para el desagüe)
   - Manguera de llenado.
   - Elementos de protección personal: Guantes y tapabocas
2. Siga el siguiente procedimiento:

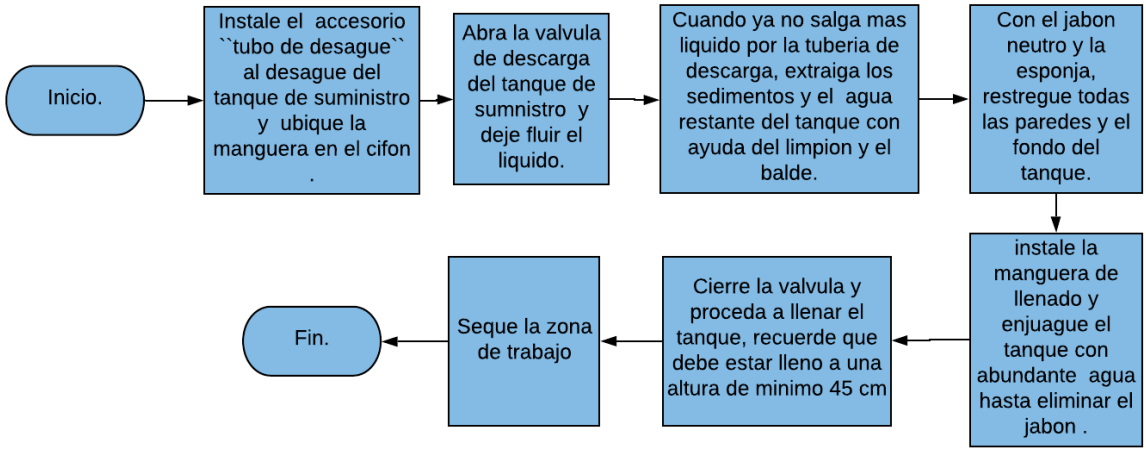


Figura 43. Procedimiento de lavado
Fuente: Autores

2.1.1.1. Recomendación:

Asegúrese de extraer cualquier sedimento de arena que encuentre en el tanque de suministro para prevenir daños a las bombas y la obstrucción de las boquillas y filtros.

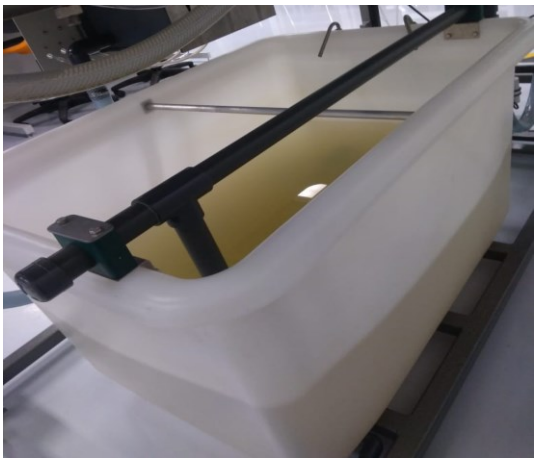
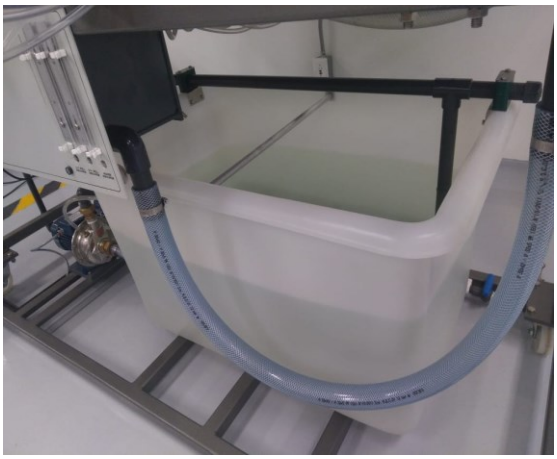
Antes	Después
	

Figura 44. Antes y después del lavado
Fuente: Autores

2.2. Esterilización del sistema:

Es esencial que el agua y el lecho de arena se mantengan limpios y libres de incrustaciones biológicas. Un lecho de arena húmedo en un laboratorio cálido es un medio de propagación ideal para una amplia variedad de bacterias, algas y hongos (Cussons Technology Ltd, 2014, p.56). Con base en esto y buscando salvaguardar la salud de las personas que interactúan con el equipo es necesario esterilizar el sistema para eliminar bacterias, algas y hongos que se puedan encontrar a lo largo de los subsistemas; para esto se recomienda que cada tres a doce meses, o dependiendo del uso y se considere pertinente se realice el siguiente procedimiento:

1. Reúna los siguientes materiales:

- Elementos de protección personal: Guantes y tapabocas.
- Desinfectante o agente esterilizante, se recomienda que el promanex supersil ninguno de ellos es tóxico, pero se recomienda seguir las instrucciones de uso y revisar las hojas de seguridad de este.

2. Realice el siguiente procedimiento:

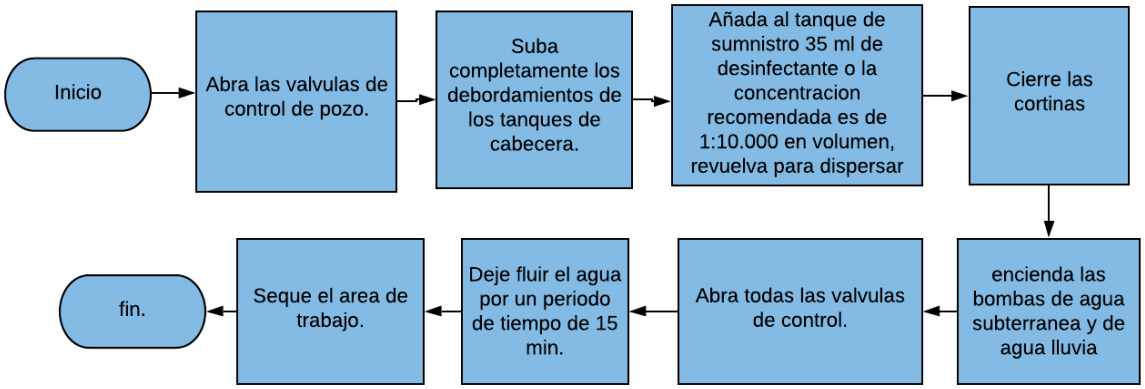


Figura 45. Procedimiento de desinfección
Fuente: Autores

2.2.1. Recomendación:

El sistema debe ser tratado cada vez que se llene de agua. “La frecuencia del tratamiento debe estar ajustada para limitar la población bacteriana a 10^3 colonias/mililitro.” (Cussons Technology ltd, 2014, p.56).

Referencias

Alcaldía Municipal Pitalito Huila. (s. f.). *INDUCCIÓN – REINDUCCION SISTEMA DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO*. Recuperado de https://alcaldiapitalito.gov.co/publicaciones/SistemaGSST.pdf

ARL SURA. (s. f.). *Descarga de Señalización*. Recuperado de https://www.arlsura.com/index.php/descarga-de-senalizacion-2

Cussons Technology Ltd. (2014). *P6530 HYDROLOGY APPARATUS*.

IMPLASER. (s. f.). SEÑALES DE ADVERTENCIA - AD09. Recuperado de: https://www.implaser.com/producto/ad09-a4/

Gobierno de Navarra. (s. f.). *Ríos de Navarra—Cuadernos de educación ambiental*. Recuperado de https://issuu.com/blogotero/docs/educacion_ambiental_navarra

PROCESS CONTROL SUPPLY, C.A. (s. f.). *Presión*. Recuperado de https://processcontrol.com.ve/terminologia/

ANEXOS

ANEXO 1

Lista de chequeo

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS	**GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS** **LISTA DE CHEQUEO HYDROLOGY APPARATUS P6530**	Versión: 01 de 01 Fecha: Página: 1 de 3

Equipo a evaluar: Hydrology Apparatus P6530	**Docente encargado o auxiliar de laboratorio:**
Estudiantes:	**Códigos:**

N.º	**COMPONENTES**	**CUMPLE**			**OBSERVACIONES**
		SI	**NO**	**No se requiere**	
1. Subsistema de riego y agua subterránea					
1.1	Válvulas de control de flujo de boquillas abiertas				
1.2	Válvulas de bombas de agua subterránea del tanque de cabecera abiertas				
1.3	Verificar el ajuste de las boquillas y que todas correspondan al mismo tamaño				
1.4	Cortina cubriendo el tanque de arena y seca				
1.5	Medio permeable dentro del tanque arena				
1.6	Humedad del medio permeable verificada (higrometría)				

2. Subsistema de almacenamiento y drenaje					
2.1	Tanque de cabecera izquierdo con el deflector impermeable instalado				
2.1.1	Con placa para permitir un plano de inundación de 200 mm				
2.1.2	Con placa para hacer el deflector completamente impermeable				
2.2	Tanque de cabecera derecho cuente con el deflector impermeable instalado				
2.2.1	Con placa para permitir un plano de inundación de 200 mm				
2.2.2	Con placa para hacer el deflector completamente impermeable				
2.3	Tubos de desbordamiento ubicados a la altura que lo requiera el experimento				
2.4	Válvulas de control de pozo abiertas				
2.5	Altura del agua en el tanque de suministro de 45 cm de profundidad				
2.6	Parámetros de calidad del agua medidos, garantizando que ésta se encuentre en buenas condiciones para su uso				
2.7	Tubos de revestimiento de pozo en buen estado y correctamente instalados				
2.8	Válvula de descarga del tanque de suministro cerrada				
3. Sub sistema eléctrico					

3.1	Revise y asegúrese de que las bombas y la zona establecida para ubicar el equipo se encuentren secas				
3.2	Verifique que la toma de corriente esté seca y la conexión es segura y estable.				
3.3	Caja de control de bombas con ambos interruptores en posición de apagado				
3.4	Conexión monofásica con polo a tierra				
3.5	suministro eléctrico de 120v y 60hz				
4. Subsistema de medición					
4.1	Manómetro de tanque de arena y vertederos purgados (sin burbujas ni arena)				
4.2	Puntos de toma de presión tanto de los manómetros longitudinales como laterales debidamente conectados al tanque de arena				
4.3	Puntos de toma de presión debidamente conectados a los vertederos				
4.4	Nivel freático en 0, l/h well y R/H well a nivel de base del tanque de arena				
4.5	Medidor de flujo de área variable ubicado en 0 L/min				
5. Estructura y soporte					
5.1	Soportes asegurados para que el equipo se mantenga de manera				

	segura en su ubicación establecida				
5.2	Pendiente del tanque de arena a la altura establecida en el experimento				
5.3	Estabilidad del gato tipo tijera corroborada para que la pendiente del tanque se mantenga				
5.4	Placa de ensamblaje debidamente ajustada de manera perpendicular al tanque de arena				

ANEXO 2
EXPERIMENTOS RESTANTES

En este anexo podemos encontrar otros experimentos que sugiere el proveedor que pueden ser realizados con el equipo, se tiene como objetivo dar una idea inicial de lo que se busca con cada una de las prácticas.

Experimento 3. Flujo de agua subterránea en un acuífero no confinado

Objetivo: Estudiar el flujo de agua subterránea en un acuífero no confinado. (Cussons Technology Ltd, 2014)

Preparación del equipo:
Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierdo Permeable	Derecho Permeable
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo Equipado	Derecho Equipado
Válvulas de Control de pozo	Izquierda Cerrada	Derecha Cerrada
Pendiente Tanque de arena	A nivel	
Arena	200 mm de profundidad, nivelada en la base del tanque y seca	
Boquillas de rociado.	No se usarán boquillas en este experimento	
Válvulas de Suministro de Boquilla.	Cerradas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda 20 mm debajo del nivel de la arena	Completamente abajo

Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd, 2014

Experimento 4. Extracción de agua subterránea de un acuífero no confinado

Objetivo: Estudiar la extracción de agua subterránea en un acuífero no confinado. (Cussons Technology Ltd, 2014)

Preparación del equipo:
Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierdo permeable	Derecho permeable
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo equipado	Derecho equipado
Válvulas de Control de pozo	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	A nivel	
Arena	200 mm de profundidad, nivelada en la base del tanque y seca	
Boquillas de rociado.	No se usarán boquillas en este experimento	
Válvulas de Suministro de Boquilla.	Cerradas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierdo 20 mm debajo del nivel de la arena	Derecho 20 mm debajo del nivel de la arena

Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd, 2014

Experimento 5. Interacción de conos de depresión

Objetivo: investigar la interacción de los conos de depresión para dos pozos muy próximos entre sí. (Cussons Technology Ltd, 2014)

Preparación del equipo:
Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierdo permeable	Derecho permeable
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo equipado	Derecho equipado
Válvulas de Control de pozo	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	A nivel	
Arena	200 mm de profundidad, nivelada en la base del tanque y seca.	
Boquillas de rociado.	No se usarán boquillas en este experimento	
Válvulas de Suministro de Boquilla.	Cerradas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda 20 mm debajo del nivel de la arena	Derecha 20 mm debajo del nivel de la arena

Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd, 2014

Experimento 6. Deshidratación de un sitio de excavación

Objetivo: Investigar la deshidratación de un sitio de excavación mediante el uso de un muro cortina y la extracción de agua subterránea. (Cussons Technology Ltd, 2014)

Preparación del equipo:
Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierdo permeable	Derecho permeable
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo equipado	Derecho equipado
Válvulas de Control de pozo	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	A nivel	
Arena	200 mm de profundidad, nivelada en la base del tanque y seca. Hundir el anillo circular/rectangular abierto a mitad de camino entre los dos pozos y retirar la arena del interior del anillo hasta el borde inferior del mismo.	
Boquillas de rociado.	No se usarán boquillas en este experimento	
Válvulas de Suministro de Boquilla.	Cerradas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda 20 mm debajo del nivel de la arena	Derecha 20 mm debajo del nivel de la arena

Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd, 2014

Experimento 7. Drenaje de un reservorio o pólder

Objetivo: Investigar el drenaje de un embalse. (Cussons Technology Ltd, 2014)

Preparación del equipo:
Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierdo permeable	Derecho permeable
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo equipado	Derecha equipado
Válvulas de Control de pozo	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	A nivel	
Arena	200 mm de profundidad, nivelada en la base del tanque, seca. Hundir el gran anillo rectangular abierto de manera que ambos pozos estén incluidos. Remueva la arena dentro del anillo hasta el borde inferior del mismo y excave una zanja de drenaje perimetral alrededor del borde interior para que ambos pozos estén incluidos.	
Boquillas de rociado.	No se usarán boquillas en este experimento	
Válvulas de Suministro de Boquilla.	Cerradas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda 20 mm debajo del nivel de la arena	Derecha 20 mm debajo del nivel de la arena

Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd, 2014

Experimento 8. Hidrología de una isla

Objetivo: Investigar la hidrología de una isla. (Cussons Technology Ltd, 2014)

Preparación del equipo:
Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierdo permeable	Derecho permeable
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo equipado	Derecha equipado
Válvulas de Control de pozo	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	A nivel	
Arena	200 mm de profundidad, nivelada en la base del tanque, seca. Coloque el anillo circular abierto concéntrico alrededor del pozo de la mano derecha y húndalo a la mitad de su profundidad. Llene el anillo con arena excavando una zanja alrededor del exterior del anillo. Excave una zanja de enlace a cada tanque colector.	
Boquillas de rociado.	Grandes	
Válvulas de Suministro de Boquilla.	Cerradas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda 20 mm debajo del nivel de la arena	Derecha 20 mm debajo del nivel de la arena

Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd, 2014

Experimento 9. Hidrogramas de tormenta

Objetivo: Dibujar hidrogramas para tormentas fuertes de corta y larga duración. (Cussons Technology Ltd, 2014)

Preparación del equipo:
Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierdo permeable	Derecha impermeable perfilado con accesorio de plano de inundación
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo equipado	Derecho equipado
Válvulas de Control de pozo	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	Inclinada de 1 a 100	
Arena	200 mm de profundidad, nivelada en la base del tanque y seca.	
Boquillas de rociado.	Grandes	
Válvulas de Suministro de Boquilla.	Todas abiertas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda en cualquier lugar	Derecha completamente abajo

Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd, 2014

Experimento 10: Flujo de agua subterránea en un acuífero confinado

Objetivo: Investigar el flujo de agua subterránea en acuíferos confinados de planta circular como rectangular. (Cussons Technology Ltd, 2014)

Preparación del equipo:
Prepare el equipo con las siguientes especificaciones:

Deflectores impermeables	Izquierdo permeable	Derecho permeable
Tubos de revestimiento de pozo	Izquierdo equipado	Derecho equipado
Válvulas de Control de pozo	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Pendiente Tanque de arena	Nivel	
Arena	200 mm de profundidad, nivelada en la base del tanque y seca Excave hasta una profundidad de 50 mm alrededor del pozo de la mano derecha y ubicar el recinto cerrado circular (o rectangular) Concéntricamente alrededor del pozo. Asegúrese de que la base del El recinto es paralelo a la base del tanque de arena. Agregar pesos a el recinto para evitar que flote	
Boquillas de rociado.	No se utilizarán boquillas en este experimento	
Válvulas de Suministro de Boquilla.	Cerradas	
Válvulas de suministro del tanque de cabecera	Izquierda cerrada	Derecha cerrada
Desbordamiento del tanque de cabecera.	Izquierda 20 mm por debajo del nivel de la arena.	Derecha 20 mm por debajo del nivel de la arena.

Fuente: Tomado y modificado de Cussons Technology Ltd, 2014