

**ELABORACIÓN DE UNA GUÍA AMBIENTAL PARA LA REUTILIZACIÓN DE
AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS EN
EDIFICACIONES**

**JACKSON LÓPEZ RINCÓN
NAYIBE VERGARA BAUTISTA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2011

**ELABORACIÓN DE UNA GUÍA AMBIENTAL PARA LA REUTILIZACIÓN DE
AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS EN
EDIFICACIONES**

**JACKSON LÓPEZ RINCÓN
NAYIBE VERGARA BAUTISTA**

Monografía para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental

Director
Ing. Msc. LUIS MARIANO IDARRAGA BERNAL

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2011

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a nuestros padres que inculcaron en nuestras personas valores de superación y entrega para mejorar día a día, avanzar en nuestros caminos profesionales y personales con el ánimo de poder aprovechar de la mejor forma y con justicia los recursos dados a nuestra disposición.

A la Universidad Industrial de Santander y en especial a la Escuela de Ingeniería Química con el programa de Especialización en Ingeniería Ambiental en cabeza de su Dirección por permitirnos la formación en áreas del conocimiento necesario para afrontar la realidad del medio ambiente aprovechable atendiendo unas necesidades de unos recursos ambientales disponibles cada día más escasos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	23
1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	25
1.1 OBJETIVO GENERAL.	25
1.2 OBJETIVO ESPECIFICOS.	25
1.3 JUSTIFICACION	25
1.4 ALCANCE	29
2. CONCEPTOS BÁSICOS	31
2.1 AGUA	31
2.2 CICLO HIDROLOGICO	32
2.2.1 <i>Balance hídrico:</i>	33
2.3 PRECIPITACION	34
2.4 AGUA LLUVIA	35
2.5 AGUA POTABLE	35
2.6 AGUA SEGURA	36
2.7 AGUAS RESIDUALES	36
2.7.1 Aguas Residuales Domesticas (ARD):	36
2.7.2 Aguas Residuales Municipales:	37
2.7.3 Aguas Residuales Industriales:	37
2.8 AGUAS GRISES	37
2.9 REDES ACUEDUCTO O SUMINISTRO	38
2.9.1 Fuente de abastecimiento:	38
2.9.2 Obras de captación:	38
2.9.3 Obras para el transporte del agua:	39
2.9.4 Tratamiento del agua:	39
2.9.5 Almacenamiento:	39
2.9.6 Distribución:	40
2.10 REDES AGUAS NEGRAS	40

2.11	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA EDIFICACION	43
2.12	APARATOS SANITARIOS	43
2.12.1	Sifón y sifones de piso	45
2.12.2	Inodoros	45
2.12.3	Orinales	46
2.12.4	Lavaplatos	46
2.12.5	Lavaderos	47
2.12.6	Lavamanos	48
2.12.7	Tinas	48
2.12.8	Duchas	49
2.12.9	Calentadores	50
2.12.10	Llave de jardín	50
2.13	PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES Y AGUAS LLUVIAS	51
2.13.1	Color	51
2.13.2	Sabor	51
2.13.3	Turbiedad	51
2.13.4	Conductividad	52
2.13.5	Ph	52
2.13.6	Temperatura	53
2.13.7	Sólidos	53
2.13.8	Sulfuros	54
2.13.9	Nitrógeno amoniacal	54
2.13.10	Nitritos	54
2.13.11	Nitratos	55
2.13.12	Cloro Residual	55
2.13.13	Dureza	55
2.13.14	Acidez	56
2.13.15	Alcalinidad	56
2.13.16	Cloruros	57

2.13.17	Olor	57
2.13.18	Sulfatos	57
3.	DEMANDA HÍDRICA.	58
3.1	USO EFECTIVO	59
3.2	CAUDAL ECOLOGICO AMBIENTAL	60
3.3	AGUA INSUMIDA	60
3.4	CONSUMO HUMANO	61
3.5	CADENA DE CONSUMO DE AGUA	61
3.6	CONSUMO INTERMEDIO EFECTIVO	61
3.7	NECESIDADES DE RIEGO	62
3.8	AGUA EXTRAIDA NO CONSUMIDA	62
4.	PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS.	64
4.1	OFERTA DE AGUA LLUVIA	64
4.2	DEMANDA DE AGUA LLUVIA	68
4.3	DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN.	70
4.4	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	70
4.5	CALIDAD DEL AGUA SEGÚN SU USO	70
4.6	ÁREA DE CAPTACIÓN	71
4.6.1	Techos	73
4.6.2	Techos Cuenca	75
4.6.3	Laderas	75
4.7	RECOLECCION Y CONDUCCION	76
4.7.1	Canales de recolección	78
4.7.2	Red de Conducción	80
4.8	INTERCEPTOR	80
4.9	SISTEMA DE TRATAMIENTO.	81
4.9.1	Cribado	83
4.9.2	Desarenador	84
4.10	ALMACENAMIENTO.	85

4.11	FILTRACIÓN DE LAS AGUAS LLUVIAS	87
4.11.1	Carbón Activado	87
4.11.2	KDF (Kinetic Degradation Fluxion)	88
4.11.3	Arena Sílica	88
4.11.4	Ósmosis Inversa	88
4.12	DESINFECCIÓN	89
4.12.1	Cloro	89
4.12.2	Ozono (O3)	90
4.12.3	Plata Coloidal	90
4.12.4	Sistema Aquarius o campos energéticos	90
4.12.5	Luz UV (Ultra-Violeta)	90
4.12.6	SODIS (Desinfección Solar)	90
4.12.7	Iones de Plata	91
4.13	RED DE DISTRIBUCIÓN Y SISTEMA DE BOMBEO	92
4.14	DIAGRAMA GENERAL DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS.	92
5.	PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES	93
5.1	DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA GRIS.	94
5.2	DETERMINACIÓN DE LA OFERTA DE AGUA GRIS.	95
5.3	DETERMINACIÓN DE LA POBLACION.	97
5.4	RECOLECCIÓN DE AGUAS GRISES.	97
5.5	HIDRÁULICA DE LOS DESAGUES	97
5.6	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS GRISES.	100
5.7	SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO PARA EL AGUA GRIS.	100
5.7.1	Cribado:	102
5.7.2	Trampa de grasa	103
5.7.3	Filtración	104
5.8	ALMACENAMIENTO	104
5.9	DESINFECCIÓN	105

5.10	RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS GRISES	105
5.11	SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO PARA EL USO DE AGUA GRIS EN EL RIEGO DE JARDINES Y PLANTAS	106
5.12	SUMINISTRO DE ENERGÍA	106
5.13	DIAGRAMA GENERAL DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS.	107
6.	PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS	108
6.1	DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES.	109
7.	MODELOS DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS	110
7.1	ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO.	110
7.2	ESTIMACIÓN DE CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS	110
7.2.1	Distribución Normal.	113
7.2.2	Distribución Lognormal:	114
7.2.3	Distribución Gumbel:	115
7.3	ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO	116
7.4	DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO POR MEDIO DEL ANALISIS HIDROLÓGICO.	118
7.5	DESCRIPCIÓN Y PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LAS UNIDADES PROPUESTAS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA GRIS Y/O LLUVIA	122
7.5.1	Cribado:	122
7.5.1.1	Parámetros de diseño para rejillas limpiadas manualmente.	123
7.5.2	Desarenador	125
7.5.2.1	Parámetros de diseño del desarenador.	127
7.6	FILTRO LENTO EN ARENA	129
7.6.1	<i>Parámetros de diseño para el filtro</i>	130
7.7	DISEÑO DE UNA TRAMPA DE GRASA	132

7.7.1	<i>Criterios de diseño</i>	133
7.7.2	<i>Cálculos</i>	133
7.7.2.1	<i>Volumen efectivo</i>	133
7.7.2.2	<i>Área efectiva</i>	133
7.8	SUMINISTRO DE ENERGÍA AL FLUIDO.	134
7.8.1	<i>Sistemas de bombeo de tanque a tanque:</i>	134
7.8.2	<i>Consideraciones generales para el cálculo</i>	135
7.9	SISTEMA HIDRONEUMÁTICO	139
7.9.1	<i>Principio de funcionamiento:</i>	139
7.9.2	<i>Componentes del sistema hidroneumático</i>	140
7.9.3	<i>Ciclos de Bombeo:</i>	141
7.9.4	<i>Presiones de operación del sistema hidroneumático.</i>	142
7.9.4.1	Presiones de diferencial y máxima	142
7.10	DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS Y MOTORES	143
7.11	NÚMERO DE BOMBAS Y CAUDAL DE BOMBEO	143
7.12	POTENCIA REQUERIDA POR LA BOMBA Y EL MOTOR	143
7.13	DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE PRESIÓN	143
7.14	SOBRE EL COMPRESOR	145
8.	INDICACIONES TÉCNICAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA	147
8.1	ÁREA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL	147
8.2	CANALETAS DE RECOLECCIÓN.	147
8.3	RED DE CONDUCCIÓN	148
8.4	DESARENADOR	148
8.5	FILTRO LENTO DE ARENA	149
8.6	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	150
8.7	TRAMPA DE GRASA	150
8.8	RED DE CONDUCCIÓN AL JARDÍN.	151
9.	CONCLUSIONES	152

10. RECOMENDACIONES	155
BIBLIOGRAFIA	156
ANEXOS	159

LISTA DE TABLAS

Tabla No 1. Clasificación aguas duras.....	56
Tabla No 2. Conceptos y universos de aplicación, demanda hídrica.....	59
Tabla No 3. Tipo de tratamiento según su uso.	91
Tabla No 4. Unidades de descarga de aparatos sanitarios	98
Tabla No 5. Ajuste de una distribución normal.	111
Tabla No 6. Valores de μ_y y σ_y	116
Tabla No 7. Determinación del volumen del tanque de almacenamiento	119
Tabla No 8. Porcentajes de remoción de un filtro lento.	130
Tabla No 9. Especificaciones de la grava de soporte	131
Tabla No 10. Diámetros de la tubería de impulsión.	137

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1. Dotación de agua potable por persona	69
Cuadro No 2 Dimensionamiento de canales para aguas lluvias.....	79
Cuadro No 3. Cargas máximas para bajantes de aguas lluvias (m ²).....	79
Cuadro No 4. Máxima capacidad en bajantes	99
Cuadro No 5. Parámetros de diseño para rejillas	123
Cuadro No 6. Clasificación del material en suspensión según tamaño.	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Instalación típica para la recolección de aguas lluvias.....	72
Figura 2. Área de captación para tres tipos diferentes de techo.....	74
Figura 3. Interceptor de las primeras aguas.	81
Figura 4. Desviador vertical.	81
Figura 5. Rejillas para canaletas.....	83
Figura 6. Tratamiento para las aguas lluvias	84
Figura 7. Diagrama de flujo del tratamiento propuesto al agua gris.....	103
Figura 8. Diagrama de masas Cálculo del tanque de almacenamiento	120
Figura 9. Esquema de bombeo a tanque elevado.	135
Figura 10. Esquema general del sistema hidroneumático	139

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Techos Cuenca.....	76
Fotografía 2. Utilización de laderas para recolección de aguas lluvias.....	76
Fotografía 3. Tipos de canaleta para recolección de agua lluvia.	78
Fotografía 4. Diferentes tipos de rejillas para lavamanos y duchas.	102

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo No. 1Elaboración de una guía ambiental para la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias en edificaciones	160

GLOSARIO

AGUA: El agua es un compuesto abundante en la naturaleza, indispensable para la vida en el planeta, con características únicas y determinante en los procesos físicos, biológicos y químicos que se desarrollan en el medio natural.

AGUA GRIS: Aguas residuales domésticas sin tratar que no han entrado en contacto con residuos orgánicos ni biológicos. Incluye: el agua de bañeras, duchas, lavabos, y el agua de las lavadoras.

AGUA LLUVIA: Es la precipitación de partículas líquidas de agua, de diámetro mayor de 0,5 mm o de gotas menores, pero muy dispersas

AGUA POTABLE: Es toda aquella que, dado sus características tanto físicas como químicas, es segura para beber sin afectar la salud, y con la cual se pueden preparar alimentos y realizar actividades referentes al aseo.

AGUA SEGURA: agua apta para consumo humano, sin cumplir algunas de las normas de potabilidad definidas en la normatividad, puede ser consumida sin riesgo para la salud humana

AGUAS RESIDUALES: Las aguas residuales son todos aquellos productos finales de cualquier proceso en los cuales se ve involucrada el agua, ya sea doméstico, comercial, industrial o por acción del medio ambiente como es la lluvia.

AMBIENTE: El ambiente de un individuo comprende dos tipos de constituyentes: 1. El medio puramente físico o abiótico, en el cual él existe (aire, agua) y 2. El componente biótico que comprende la materia orgánica no viviente y todos los organismos, plantas y animales de la región, incluida la población específica a la que pertenece el organismo.

ANAEROBIO: Proceso bioquímico o condición ambiental que se sucede en ausencia de oxígeno.

AUTODEPURACIÓN: Es la capacidad de un cuerpo de agua, que recibe o ha recibido una carga contaminante, de recuperar las condiciones físico químicas y biológicas preexistentes a la incorporación de los contaminantes.

ANTRÓPICO: De origen humano, humanizado, opuesto a lo natural. Antropogénico.

APARATOS SANITARIOS: Son los instrumentos o dispositivos generalmente mecánicos, compuestos de diferentes piezas combinadas, que tienen como objetivo el aseo personal, la evacuación de las aguas servidas o aguas lluvias, limpieza de objetos, y otras funciones especiales.

BALANCE HIDROLÓGICO: Procedimiento por el cual se calcula la cantidad de agua disponible en un sistema o zona determinada, deducida el agua utilizada o perdida por diversas causas, del agua que ha ingresado por precipitación o por otro medio.

CICLO HIDROLÓGICO: es el proceso continuo de la circulación del agua, en diversos estados, en la esfera terrestre. Sucede bajo influencia de la radiación solar, la acción de la gravedad y la dinámica de la atmosfera, la litosfera y la biosfera.

DEMANDA HÍDRICA: extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos.

DESARROLLO SOSTENIBLE: Representa un modelo de crecimiento económico global que satisface las necesidades actuales de la humanidad, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades

EDIFICACIÓN SOSTENIBLE: proceso completo en el que influyen numerosos parámetros que, apoyados unos sobre otros, tienen como consecuencia productos urbanos eficientes y respetuosos con el Medio Ambiente.

EUTRIFICACIÓN: Enriquecimiento de un cierto espejo o masa de agua con nutrientes transportados por efluentes procedentes de actividades humanas (aguas negras sin tratar, aguas contaminadas con abonos similares).

PRECIPITACIÓN: Caída de las gotas de agua condensada en la atmósfera, cuando esta se vuelve incapaz de sostenerlas por largo tiempo.

REUTILIZACIÓN O REUSO: Uso de un material, subproducto o producto residual más de una vez.

RECURSOS NATURALES RENOVABLES: Son aquellos que se reproducen o se renuevan continuamente. Esto significa que dentro de una tasa de utilización racional, no existe amenaza de extinción o agotamiento de los mismos. Son recursos naturales la flora, la fauna, los nutrientes del suelo, etc.

RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES: Son aquellos cuyo uso puede producir su extinción y agotamiento, ya que se encuentran en la naturaleza en forma limitada. En éste grupo encontramos los minerales, como el cobre y el aluminio, petróleo, gas natural, etc., que una vez que se usaron no se regeneran.

SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL: Capacidad de los sistemas físicos y ecológicos para sostener la actividad humana

TÍTULO: ELABORACIÓN DE UNA GUÍA AMBIENTAL PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS EN EDIFICACIONES

AUTORES: LÓPEZ RINCÓN, Jackson
VERGARA BAUTISTA, Nayibe

PALABRAS CLAVES: Sostenibilidad ambiental, antrópica, recursos renovables, reutilización, soluciones ambientales, edificaciones sostenibles.

DESCRIPCIÓN:

Las alternativas para solución de los impactos causados por la intervención antrópica ha generado la necesidad de intentar resolver los problemas que afectan la calidad de vida y los recursos renovables del planeta, sin comprometer a las futuras generaciones. Se entiende por sostenibilidad ambiental aquellas soluciones ambientales, tecnológicas y buenas prácticas cuya finalidad se centre en la disminución, reutilización y reciclaje que permitan compatibilizar el uso de los recursos con la conservación del planeta. A medida que avanzan los años el crecimiento de las ciudades y edificaciones es proporcional al crecimiento de la población mundial, las edificaciones actuales deben ser construidas en base a la sostenibilidad ambiental y enfocados al uso racional de los recursos básicos desde su diseño, construcción, funcionamiento y vida útil.

La crisis mundial del agua causada principalmente por su uso excesivo y su mal uso, presenta la necesidad de exponer conocimientos claros que permitan mejorar la situación actual basados en la sostenibilidad ambiental, entre las alternativas más factibles para la conservación del recurso agua se encuentra la reutilización de aguas grises y lluvias con una calidad sanitaria similar a la del agua de abastecimiento en lugar del agua potable de consumo público. La producción media de aguas grises en una vivienda representa el 60% del agua residual generada. Al implementar un sistema de depuración de aguas grises y pluviales permiten reutilizarlos para riego de jardines, agrícola o suministro de cisternas de inodoro. El siguiente documento contempla una guía que proporciona información acerca del diseño hidráulico para la reutilización de aguas grises como lluvias.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Ing. Msc. Luis Mariano Idarraga Bernal.

TITLE: ELABORATION OF ENVIRONMENTAL GUIDE FOR THE GREYWATER REUSABILITY AND ADVENTANGE OF THE RAINWATER HERVESTING IN BULDINGS

AUTHORS: LÓPEZ RINCÓN, Jackson
VERGARA BAUTISTA, Nayibe

KEY WORDS: Environmental sustainability, anthropic, renewable resources, recycling, environmental solutions, sustainable buildings.

DESCRIPTION:

The solution alternatives of the impacts caused by anthropic intervention produces the need to solve problems that affects life quality and renewable resources of earth without compromise the futures generation. Environmental sustainability means all possible environmental, technological and good practices solutions whose purpose are focus on decreasing, reusable and recycling that allows to combine the resources with the world conservation. While the years are still passing, the cities grow in the same proportion as global population. Now days, buildings needs to be build focus on environmental sustainability and in rational uses of basic resources, since its design until his construction, operation and daily use.

the global water crisis caused mainly by its disproportional use, generates the need to share knowledge understandable that allows the actual situation get better based on environmental sustainability. Better choices to water resource conservation are: reusable of grey water and the one obtained by rain in the same sanitary quality to be able to drink. The average production of water at home represents over the 60% of the total Grey water produced. The implementation of a grey-water system allows to get profit of it in gardens, agricultural uses and in bath chair. This document provides a guide about an hydraulic design to use water obtain by rain and to reuse grey water

* Work Degree

** Faculty of de Physico-chemical Engineering. School of Chemical Engineering. Directress: M. Sc. Emiliano Ariza León.

INTRODUCCIÓN

El recurso agua ha sido de interés común y de vital importancia en el desarrollo de una sociedad y en especial en la vida de los seres humanos. Es el motor de desarrollo y fuente de riqueza, por lo que se ha considerado como fuente del progreso de una sociedad. A lo largo del tiempo se ha considerado como un bien inagotable, sin embargo solo el 3% del agua en el planeta es considerada agua dulce y la mitad de esta se encuentra en forma de hielo, es decir solo contamos con una pequeña cantidad disponible para los seres vivos.

Actualmente la demanda del agua ha aumentado proporcional al crecimiento de la población, amenazando el estado de los recursos naturales haciéndolos más frágiles, vulnerables y provocando el agotamiento de las reservas. Debemos preservar y conservar las fuentes de recursos naturales para nuestras futuras generaciones así como para la conservación de las especies y nuestro planeta. La sostenibilidad ambiental surgió paralela a los problemas de las sociedades desarrolladas por la costumbre de consumir los recursos renovables de un modo desmesurado, en especial del recurso agua, las soluciones alternativas enfatizan desde la fuente del problema hasta las fuentes difusas. Si observamos detalladamente en las zonas urbanas la fuente fija principal donde se produce un mayor consumo de agua es en el sector de la industria para la producción de materias primas o en el ámbito doméstico. Esta última se enfatiza en el riego de jardines o zonas verdes cercanas a la vivienda y para el consumo de la familia. Sin embargo la presencia de fugas en las redes de abastecimiento de agua potables como en grifos, tubería y cisternas de inodoro en las viviendas incrementan el problema.

Debido a esto es preciso encontrar soluciones ambientales, tecnológicas y de diseño que permitan usar el agua en menores cantidades.

El ciclo Hidrológico es un fenómeno que ha existido desde los inicios del planeta, en su forma más simple tiene como objetivo la reutilización y reciclaje del agua generada en sus estados físicos en todo el planeta. Basados en este principio se deben implementar soluciones tecnológicas o alternativas que permitan minimizar el consumo del agua principalmente desde la fuente. Como se mencionó anteriormente las edificaciones actuales y en construcción deben ser diseñadas teniendo en cuenta los principios de sostenibilidad ambiental, optando por alternativas para edificaciones.

Por lo tanto se propone implementar un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las lluvias para abastecer algunas necesidades de la edificación. Las aguas residuales producidas en una edificación para vivienda se pueden sub dividir en aguas residuales procedente los inodoros con materia orgánica y agua grises procedentes de duchas, lavaderos, maquinas lavadoras y pisos, con un buen diseño, separación y conducción de las aguas permite la disminución del consumo en una vivienda optimizando su uso en inodoros y jardines exteriores. La reutilización debe plantearse prioritariamente como una fuente sustituta a la procedencia normal del agua. En este marco las aguas grises y lluvias se convierten en un recurso de gran valor doméstico.

1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Elaborar una guía para la reutilización de las aguas grises y aprovechamiento de las lluvias y de fácil implementación como alternativa para el ahorro del agua potable en construcciones civiles.

1.2 OBJETIVO ESPECIFICOS.

- Proponer el diseño de un sistema hidráulico para la reutilización de las aguas grises en una edificación.
- Proponer el diseño de un sistema hidráulico para el aprovechamiento de las aguas lluvias en una edificación.

1.3 JUSTIFICACION

El agua es un compuesto con características únicas y significativo en la creación de la vida en el planeta, se encuentra en la naturaleza en abundantes cantidades, además es esencial en los procesos físicos y químicos del planeta. Desde el punto de vista de la química en la mayoría de procesos es considerada por muchos como el solvente universal. El 3% del agua en la superficie terrestre es considerada dulce, del cual el 1% está en estado líquido presente en ríos, lagos, lagunas etc.

El restante 2% se encuentra en acuíferos subterráneos, humedales y plataformas de hielo. El agua representa el 90% de la masa en los seres vivos y el 75% del

cuerpo humano, la conservación de este recurso es prioritaria para nuestra supervivencia en el planeta. En la actualidad el recurso agua es considerado de gran importancia para el desarrollo de las actividades comunes de una sociedad y establece una economía propia para cada país dependiendo de la disponibilidad.

Sin embargo, las actividades antrópicas en bienestar del mejoramiento de la calidad de vida y un desarrollo de la sociedad han causado un impacto ambiental al recurso de niveles inalcanzables durante los últimos años. El líquido para consumo humano disminuye cada vez más y por lo tanto su obtención se dificulta y encarece. La concentración de la contaminación en las fuentes hídricas ha impedido su autodepuración y reciclaje natural, este último fenómeno conocido como ciclo hidrológico que permite la circulación general del agua en todos sus estados a través de la naturaleza, no tiene principio ni fin y sus diferentes procesos ocurren de manera continua; la autodepuración es un proceso natural por el cual los sistemas acuáticos reducen la contaminación (se auto limpian), ya que consisten en una serie de mecanismos que fundamentalmente son procesos químicos y biológicos que producen la degradación de la materia orgánica existente convirtiéndola en materia orgánica a través de organismos descomponedores.

Esto permite disminuir el impacto ambiental generado en las fuentes hídricas por las actividades humanas de forma natural, sin embargo actualmente las descargas de contaminantes han aumentado en las fuentes hídricas, siendo estas incapaces de auto depurar las aguas por si solas, ocasionando un gran problema ambiental. Para mitigar este problema se han desarrollado tecnologías, alternativas y métodos de depuración artificiales construidas en infraestructuras cuya función principal es la disminución y/o remoción de contaminantes antes de ser descargadas a una fuente hídrica cercana. Estos métodos se remontan desde la antigüedad y se han encontrado instalaciones en Creta y las antiguas ciudades. Uno de los ejemplos más sobresalientes que aún se conservan son los canales e

instalaciones de acueducto y drenaje construidas por los romanos que aun funcionan en nuestros días. Aunque su principal función era el drenaje, los ciudadanos romanos tenían como costumbre arrojar desperdicios a las calles, aumentando la concentración de materia orgánica. Siglos posteriores se iniciaron excavaciones subterráneas privadas en Europa, construcciones de desagües en forma de canales en las calles, inicios de la salubridad pública y plantas de tratamiento de aguas, con el fin disminuir la concentración de los contaminantes generados en la industria y centros urbanos. Apreciando el valor del recurso agua se instauraron medidas para su canalizado, tratamiento, conducción y entrega a la población.

El agotamiento del agua en el planeta así como otros problemas globales causados posiblemente por la industrialización y desequilibrio en el ecosistema han producido soluciones de tipo político y tecnológico como instrumentos eficaces para la conservación de la naturaleza y la reversión de los procesos de daño ecológico, instrumento conocido como sostenibilidad ambiental. La sociedad debe adaptarse a las nuevas condiciones climatológicas, cuidar los recursos hídricos, y aprovechar de un modo sostenible el recurso agua, es decir, aprovechar las aguas lluvias y reutilizar las aguas grises disponibles cumpliendo con la normatividad vigente, de esta manera se puede buscar un equilibrio y evitar la falta de agua apta para potabilizar. El problema de consumo de agua radica principalmente por los usos inadecuados al que es sometido, siendo utilizada para un servicio sanitario. Degradar el agua de esta manera no es racional. Los seres vivos necesitan agua limpia "potable" para su supervivencia, pero que pasa con un sanitario, un automóvil, la limpieza de un antejardín, limpieza de los piso, acaso un sanitario necesita de agua potable para su funcionamiento? Este tipo de actividad sanitaria consume litros de agua diariamente, en pocas palabras malgasta el recurso, sin tener en cuenta la calidad que se requiere para este tipo de actividad. Causa de esto debemos observar las alternativas que son

presentadas en cada región, zona, ciudad y edificio para el abastecimiento de estas necesidades.

Colombia es uno de los países con gran riqueza hídrica debido a su ubicación, clima y topografía; cuenta con una extensa red fluvial superficial que cubre todo el territorio Colombiano. La diversidad de alta montaña, humedales, paramos, selva húmeda y cuerpos superficiales lenticos proveen de agua a innumerables ecosistemas y centros urbanos. Si bien se conoce la importancia de la riqueza hídrica colombiana, se restringe por múltiples factores antrópicos cuyos efectos son apreciados en el Ciclo hidrológico. La falta de buenos procesos y plantas de tratamiento para depurar las aguas residuales generadas en los centros urbanos y rurales, adicional los residuos sólidos y los derrames de petróleos causados por el contrabando y sin contar con la problemática de orden público a nivel nacional aumenta la problemática; contribuyen a limitar la construcción y puesta en funcionamiento de plantas depuradoras de aguas residuales. Solo algunos centros urbanos en especial las capitales de los departamentos cuentan con un sistema de depuración de aguas, algunas funcionan al 100% de su capacidad, pero al dirigirnos a los pueblos y corregimientos notamos la falta de apoyo económico e implementación de planes ambientales, aunque cuentan con las instalaciones no hay presencia de equipos y personal encargados del funcionamiento. Cifras del Viceministerio de Agua y Saneamiento básico señalan que solo el 9% de las aguas son tratadas en el país son tratadas correctamente. De acuerdo con expertos, como Jairo Alberto Romero Rojas, especialista en aguas subterráneas de la Universidad Hebrea de Jerusalén y actual profesor de la Maestría en Ingeniería Civil de la Escuela Colombiana de Ingenieros, en el país se requiere construir unas 900 plantas para tratar las aguas de los alcantarillados.

Los aspectos contemplados anteriormente más la crisis climática mundial, pobreza absoluta, generación de toneladas de residuos sólidos, escasez de alimentos, desertificación de suelos y demás efectos causados por el impacto antrópico en el

planeta; exige el mejoramiento y aprovechamiento de los recursos mediante el uso de la ingeniería. Con esta guía se busca desarrollar una alternativa viable sostenible en edificaciones donde la reutilización de aguas residuales y aprovechamiento de las lluvias minimicen el consumo de agua potable. Tales cambios podrán ser implementados en las edificaciones y viviendas localizadas en el casco urbano como rural. Como lo recalco la Ministra Beatriz Uribe Botero durante la intervención en la firma del convenio para impulsar el diseño urbano sostenible¹: "El Código de Construcción Verde será el instrumento que impulsará la formulación de los lineamientos de política de construcción y urbanismo sostenible, el acompañamiento a los municipios para el desarrollo de incentivos locales, la definición de estándares de diseño y construcción para el uso eficiente de los recursos, el desarrollo del Sello Ambiental Colombiano para edificaciones y la implementación de hipotecas verdes, entre otros" La alta funcionaria manifestó igualmente que "el país necesita construcciones con diseño urbano sostenible, amigables con el ambiente, que gracias a su diseño aprovechan de mejor manera los recursos naturales y reduzcan el gasto exagerado de servicios".

1.4 ALCANCE

Este documento solo busca dar una guía general de un modo sencillo e intuitivo al lector, de las posibles medidas ambientales que se pueden adoptar en el diseño, construcción y funcionamiento de las edificaciones referente a la gestión integral del agua, permitiendo a los profesionales realizar su trabajo de manera consecuente y eficaz; ya que incorpora una terminología y explicaciones de fácil entendimiento, además se encuentra basado en la normatividad vigente colombiana. Las distintas tecnologías que se utilizaran para el desarrollo de esta guía se deberán adaptar a las particularidades climáticas, sociales, culturales,

¹ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Construcción sostenible. [en línea] <<http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=7211&catID=1212>> [Citado en Mayo de 2011].

patrimoniales, urbanas, ecológicas y medio ambientales de cada ciudad del país; teniendo en cuenta el criterio del ingeniero y/o lector.

La innovación y la protección ambiental debe ser uno de los principales distintivos en el diseño de edificaciones. La gestión integral del agua en particular está fundamentada en el diseño de un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las lluvias, y reafirmar la importancia que tiene, el recurso agua, el cual es limitado por la contaminación de las fuentes hídricas principalmente las cercanas a los centros urbanos. Hace también énfasis en el uso racional del recurso hídrico que permita una distribución equitativa; además busca mostrar formas sencillas aplicables en cada vivienda con las cuales se le puede dar varios usos al agua gris, agua que luego de utilizada se puede volver a ingresar al sistema, de tal forma que no haya necesidad de desperdiciar el recurso.

El desarrollo final siempre debe ser acompañado por el conocimiento apropiado, en este caso de un Ingeniero, técnico o cualquier persona idónea, ya que según la complejidad de la edificación y de sus instalaciones se requerirá de la asesoría técnica o la dirección de un profesional calificado.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 AGUA

Desde el inicio de la vida en la tierra las culturas ancestrales han definido y descrito el termino, incluso ha llevado el nombre de deidades como base de religión y misticismo en las culturas. Siendo parte importante en las decisiones para la construcción de grandes edificaciones y monumentos que hoy incluso podemos observar, en jeroglíficos de la era prehistórica, Egipto con sus monumentales pirámides siendo estas el reflejo del cielo en la tierra y el rio Nilo siendo la representación de la vía láctea, Grecia con sus grandes anfiteatros, Roma, Aztecas etc.

Cada una de estas culturas ha ubicado sus centros urbanos en relación con la disponibilidad del agua. Sin embargo no es propio de este manual entrar a definirla en forma general sino particular. El agua es un compuesto abundante en la naturaleza, indispensable para la vida en el planeta, con características únicas y determinante en los procesos físicos, biológicos y químicos que se desarrollan en el medio natural.

Según Jorge Arboleda² “El agua, una molécula simple y extraña, puede ser considerada como el líquido de la vida. Es la sustancia más abundante en la biosfera, donde la encontramos en sus tres estados y es además el componente mayoritario de los seres vivos, pues entre el 65 y el 95% del peso de la mayor parte de las formas vivas es agua”

² ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Bogotá: McGraw Hill, 2000. P.15

2.2 CICLO HIDROLOGICO³

Los ciclos biogeoquímicos que se desarrollan en el ecosistema planetario, el ciclo hidrológico es tal vez el más conocido y ocupa un puesto importante. El ciclo hidrológico es el proceso continuo de la circulación del agua, en diversos estados, en la esfera terrestre. Sucede bajo influencia de la radiación solar, la acción de la gravedad y la dinámica de la atmósfera, la litosfera y la biosfera. Las diferentes fases del ciclo son el marco de referencia para el estudio del estado y el comportamiento del agua.

El ciclo hidrológico y el balance de agua global son el modelo básico para entender el funcionamiento del sistema hídrico atmosférico movido básicamente por la energía solar, el cual es el enlace vital entre el océano y el continente, mediante la circulación y transformación del agua a través de la atmósfera, la hidrosfera. La litosfera y la biosfera.

El agua se evapora desde el océano hacia la atmósfera en grandes proporciones (86%) y en menor grado desde el continente (14%), siendo el viento el agente transportador del vapor de agua a distancia hasta encontrar condiciones propicias para la condensación, reiniciándose así un nuevo ciclo hidrológico. Se estima que el volumen total de agua contenida en la hidrosfera es 1.386 millones de km³.

De este volumen, 96.5% se encuentra en los océanos como agua salada y el 3.5% restante, como agua dulce proveniente del continente. De este último porcentaje el 69% se encuentra en forma sólida en los glaciares y el 30% como agua subterránea, quedando solamente el 1% que conforman los ríos y cuerpos de agua (Christophenson, 1997).

³LEYVA FRANCO, Pablo. El medio ambiente en Colombia. Bogotá: IDEAM, 1998. P 116-118

Al concluir un ciclo completo, retorna directamente al mar el 78% como precipitación y el 22% restante, precipitado en el continente, el 8% llega al mar por escorrentía superficial y subterránea (Dingman, 1994).

2.2.1 Balance hídrico⁴:

Para poder estudiar y determinar en forma cuantitativa todos esos procesos físicos que contribuyen a la formación y variación espacio-temporal del recurso hídrico en una zona determinada, se utiliza el balance hídrico, que es una formulación matemática de la interrelación y distribución espacial del agua en sus diferentes fases.

El balance hídrico se basa en la ley física universal de conservación de masa. Representa una de las herramientas de mayor uso en la práctica hidrológica para el estudio de la variación espacial y temporal de los elementos constitutivos del ciclo hidrológico; expresa la igualdad existente entre los aportes del agua que entran por un lado en la unidad hidrográfica determinada y la cantidad de agua que es evacuada por el otro lado, considerando además las variaciones internas en el almacenamiento de la humedad ocurrida durante un periodo de tiempo determinado.

Los balances hídricos, tanto globales como regionales y locales, permiten determinar la disponibilidad hídrica natural de las áreas en consideración y conocer el comportamiento de la oferta de agua, tanto superficial como subterránea, a través del estudio de las diferentes fases del ciclo hidrológico.

La concentración y crecimiento de la demanda de agua en zonas donde la oferta es limitada, la deforestación, el aprovechamiento y el uso indiscriminado y no

⁴ Ibid, p. 118.

planificado de los recursos naturales, alteran seriamente el ciclo hidrológico y los componentes del balance hídrico y modifican la disponibilidad de agua, tanto en términos de cantidad como de calidad. La alteración de los procesos que incluyen la sedimentación de los cauces y la agudización de los periodos de sequía e inundación pueden causar efectos catastróficos sobre las actividades humanas y socioeconómicas.

2.3 PRECIPITACION⁵

Al enfriarse el vapor de agua en la atmosfera, en circunstancias completamente excepcionales puede existir una condensación directamente representada en lluvia; de lo contrario y casi siempre, el vapor de agua pasa por el estado intermedio de neblina o de nubes, cuyas pequeñas gotitas que las forman y existen en suspensión aparente a causa de su pequeñez pero al llegar a reunirse o agruparse conformando gotas más gruesas que hacen mucho menor la influencia de la resistencia del aire, se precipitan entonces hasta el suelo en forma de lluvia. Las gotas de lluvia pueden aumentar o disminuir al caer, según atraviesen capas de aire cálidas o húmedas o se evaporen o caigan de nubes muy bajas. Por lo general son más gruesas y por consiguiente más intensas las lluvias en verano que en invierno, siendo mejores en los países cálidos que en los fríos. Por otra parte la velocidad de caída depende mucho de las dimensiones de las gotas de lluvias, las cuales fluctúan desde un diámetro en milímetros inferior a 0,1 y corresponden a una velocidad en metros por segundo de 0,32 en las lluvias menudas, hasta un diámetro mayor de 5mm corresponden a una velocidad de 8 m/seg en ciertas lluvias de tormenta; pero los diámetros más comunes están comprendidos, entre 1 y 3mm a velocidades entre 4,4 a 6,9 m/seg. Debido a este aumento de velocidad y masa, la duración de la lluvia es inversamente proporcional al tamaño de las gotas.

⁵ PRIETO BOLIVAR, Carlos Jaimes. El agua, sus formas y efectos: Capitulo I. 2 ed. Bogotá: Ecoe, 2004. p 26.

2.4 AGUA LLUVIA

Agua proveniente de la atmósfera, la cual esta predeterminada a las condiciones climáticas de la zona, y que según periodo del año hay temporadas lluviosas y no lluviosas o secas.

2.5 AGUA POTABLE⁶

Es toda aquella que dado a sus características tanto físicas como químicas, es segura para beber sin afectar la salud y con la cual se pueden preparar alimentos y realizar actividades referentes al aseo. Las empresas de acueducto y alcantarillado locales son las entidades encargadas de su transporte y suministro, este tipo de agua se entrega a todas las edificaciones mediante un sistema de tuberías.

Es importante tener en cuenta que el agua absolutamente pura no se encuentra en la naturaleza; inclusive el vapor de agua que se condensa en el aire contiene sólidos, sales y gases disueltos. A medida que el agua condensada cae, recoge otros materiales del aire y se contamina aún más al llegar a la tierra, corriendo sobre la superficie y percolándose a través de los diferentes estratos del suelo. Algunos contaminantes pueden ser removidos mediante el paso a través del suelo como resultado de la filtración, de las reacciones de intercambio y de absorción; algunos pueden ser removidos en las aguas de superficie por la sedimentación y actividad biológica; otros por los procesos específicos, aprovechados por la Ingeniería, en las Plantas de Tratamiento de Agua Potable.

Al mismo tiempo, nuevas impurezas se introducen por la disolución e intercambio de reacciones en el suelo, otras por acumulación de productos de descomposición

⁶ TERENCE J, Macghee. Abastecimiento de agua y alcantarillado. 6 ed. Bogotá: McGraw-Hill, 1999 pj158

y descarga de desperdicios en aguas de superficie, aun otros por procesos de tratamiento y reacciones con los materiales del sistema de distribución.

Los materiales encontrados en el agua pueden ser divididos en organismos vivos (orgánicos) e inorgánicos, como sólidos disueltos. No todos estos son dañinos y algunos pueden incluso ser deseables por razones de salud, la estética o por razones técnicas.

2.6 AGUA SEGURA

Se define como agua apta para consumo humano, sin cumplir algunas de las normas de potabilidad definidas en la normatividad, puede ser consumida sin riesgo para la salud humana.

2.7 AGUAS RESIDUALES⁷

Las aguas residuales son todos aquellos productos finales de cualquier proceso en los cuales se ve involucrada el agua, ya sea doméstico, comercial, industrial o por acción del medio ambiente como es la lluvia.

Son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se incorporan en ellas y que se introducen en las cloacas para ser transportadas, en los denominados sistemas de alcantarillado.

2.7.1 Aguas Residuales Domesticas (ARD):

Son los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales, producto de las actividades humanas básicas.

⁷ ROMERO ROJAS, Jairo A. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Residuales. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000. p 17.

2.7.2 Aguas Residuales Municipales:

Son los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal.

2.7.3 Aguas Residuales Industriales:

Son las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura.

También se acostumbra denominar aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.

2.8 AGUAS GRISES⁸

No existe un consenso terminológico similar cuando tratamos de aclarar el concepto de “aguas grises”, cuya definición no es unánime y varía en función del país al que se haga referencia o incluso entre las propias autonomías o regiones. La literatura contiene gran variedad de definiciones del término “aguas grises”. Algunas de ellas de carácter general: “Aguas ya utilizadas a excepción de las que tengan grasas o contenidos fecales” (Ordenanza Municipal para el ahorro de Agua, 2005) y otras más detalladas: “Aguas residuales domésticas sin tratar que no han entrado en contacto con residuos del inodoro. Incluye: el agua de bañeras, duchas, lavabos, y el agua de las lavadoras. No incluye: las aguas residuales procedentes del fregadero, lavaplatos, o lavandería” (California Graywater Standards, 1995).

⁸ YSUN BARRIO, María Teresa. Reutilización de aguas grises: Grupo de viviendas en el municipio de victoria de acentejo. España, 2009, 126. Tesina D’Especialitat (Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental). Universidad Politécnica de Cataluña. p 26.

2.9 REDES ACUEDUCTO O SUMINISTRO⁹

Los sistemas de abastecimiento de agua potable comprenden el conjunto de instalaciones que se deben hacer para poder derivar, transportar, acondicionar y distribuir el agua desde una fuente cualquiera hasta cada uno de los puntos donde deba ser utilizada. Para cubrir las necesidades de la localidad, el abastecimiento debe ser satisfactorio en calidad y debe tener suficiente cantidad de agua disponible al consumidor durante cualquier periodo del año, se debe tratar de que sea relativamente barato, lo cual se logra haciendo un diseño equilibrado y lo más económico posible dentro de las condiciones de buen funcionamiento del sistema.

Cualquier sistema de abastecimiento de agua a una comunidad, por rudimentario que sea, consta de los siguientes elementos¹⁰

2.9.1 Fuente de abastecimiento:

La fuente de abastecimiento de agua puede ser superficial, como en los casos de ríos, lagos, embalses o incluso aguas lluvias como es nuestro caso, o de aguas subterráneas superficiales o profundas. La elección del tipo de abastecimiento depende de factores tales como localización, calidad y cantidad.

2.9.2 Obras de captación:

La clase de estructura empleada para la captación de agua depende en primer lugar del tipo de fuente de abastecimiento utilizado. En general, en los casos de

⁹ CALDERON RAMIREZ, John; LARA DE CASTILLO, Benilda y ZAMBRANO ALFONSO, Napoleón. Alcantarillados. Ed. Universidad del Cauca, p 7

¹⁰ LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Ed. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería, 1995. p 23

captación de agua superficial se habla de bocatomas, mientras que la captación de aguas subterráneas se hace por medio de pozos.

2.9.3 Obras para el transporte del agua:

En un proyecto de acueductos, existen diferentes necesidades de transporte de agua. En principio las condiciones de diseño para el transporte de agua dependerán del tipo de fluido, en este sentido, se puede transportar agua cruda (sin tratamiento), en cuyo caso el término empleado para referirse a este tipo de transporte es aducción, o se puede transportar agua potable (tratada), evento en el que se usa el termino conducción.

Dependiendo de las condiciones topográficas y la distancia, el transporte del agua puede efectuarse en tuberías o conductos a presión o por gravedad. La aducción, por tratarse del transporte del agua cruda puede realizarse en conductos abiertos o cerrados, pero las conducciones deben hacerse en conductos cerrados, normalmente tuberías que trabajan a una presión mayor que la atmosférica.

2.9.4 Tratamiento del agua:

En la actualidad, ningún agua en su estado natural es apta para el consumo humano; además, siempre se requerirá un tratamiento mínimo de cloración, con el fin de prevenir la contaminación con organismos patógenos durante la conducción del agua.

2.9.5 Almacenamiento:

Dado que el caudal de captación no es siempre constante y que el caudal demandado por la comunidad tampoco lo es, se requiere almacenar agua en un

tanque durante los periodos en los que la demanda es menor que el suministro y utilizarla en los periodos en que la comunidad necesite gran cantidad del líquido.

2.9.6 Distribución:

La distribución de agua a la comunidad puede hacerse desde la manera más simple, que sería un suministro único por medio de una pileta de agua, hasta su forma más compleja, por medio de una serie de tuberías o redes de distribución que llevan el agua a cada domicilio.

2.10 REDES AGUAS NEGRAS¹¹

Las redes de aguas negras o sistema de alcantarillado consisten en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia. De no existir estas redes de recolección de aguas, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además se causarían importantes pérdidas materiales.

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de dos tipos:

- Convencionales
- No convencionales

En general los convencionales han sido ampliamente utilizados, estudiados y estandarizados. Son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema necesaria debido en muchos casos a la incertidumbre de los parámetros que definen el caudal; densidad de población y su estimación futura, a un sistema de mantenimiento inadecuado o

¹¹ Ibid, p 342.

insuficiente, que conlleva una mayor exigencia de las normas y por tanto unos costos mayores.

Los sistemas no convencionales surgen como respuesta de saneamiento básico de poblaciones con recursos económicos limitados, pero son sistemas poco flexibles que requieren una mayor definición y control de los caudales, de un mantenimiento intensivo y más importante aún que la parte tecnológica, ya que necesitan una cultura de la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que estos puedan tener.

Los sistemas de alcantarillados convencionales se clasifican así, según el tipo de agua que conduzcan:

- **Alcantarillado separado:** Un sistema de alcantarillado separado es aquel en el cual se independiza la evacuación de las aguas residuales y lluvias. Se tiene entonces:
- **Alcantarillado Sanitario:** Es el sistema de recolección diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales.
- **Alcantarillado pluvial:** Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación
- **Alcantarillado combinado:** Es un alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas lluvias.

Los sistemas de alcantarillado no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limitan a la evacuación de las aguas residuales.

- **Alcantarillado simplificado:** Un sistema de alcantarillado sanitario simplificado se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento.
- **Alcantarillados condominiales:** Son los alcantarillados que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas (menor a una hectárea) y las conducen a un sistema de alcantarillado convencional.
- **Alcantarillados sin arrastre de sólidos:** También conocidos como alcantarillados a presión, son sistemas en los cuales se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor. El agua es transportada luego a una planta de tratamiento o sistema de alcantarillado convencional a través de tuberías de diámetro pequeño (por ejemplo 2") que no tienen que seguir un gradiente de energía uniforme y que, por tanto, pueden trabajar a presión en algunos tramos.

El tipo de alcantarillado que se utiliza depende de las características de tamaño, topografía y condiciones económicas del proyecto. Por ejemplo, en algunas localidades pequeñas, con determinadas condiciones topográficas, se podría pensar en un sistema de alcantarillado sanitario inicial, dejando correr las aguas lluvias por las calzadas de las calles. La anterior condición permite aplazar la construcción del sistema de alcantarillado pluvial hasta que el problema de las aguas lluvias sea de alguna consideración.

Unir las aguas residuales con las aguas lluvias, es decir, un alcantarillado combinado, es una solución económica inicial desde el punto de vista de la recolección, pero no lo será tanto cuando se piense en la solución global de saneamiento que incluye la planta de tratamiento de aguas residuales, ya que este

caudal combinado es muy variable en cantidad y calidad, lo cual genera perjuicios en los procesos de tratamiento. Se debe procurar entonces, hasta donde sea posible, una solución separada al problema de la conducción de aguas residuales y aguas lluvias.

2.11 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA EDIFICACION

Es una red paralela conectada a la red de suministro de agua potable principal de la ciudad, se distribuye por medio de tubería a la edificación, principalmente a lugares de uso permanente. Depende del diseño de la edificación será la distribución de la red, para su suministro cuenta con aparatos de desagüe sanitario en los lugares determinados por el diseñador. Estos aparatos suelen contar un tipo de control para realizar la descarga o suministro de agua de manera permanente, evitando fugas o pérdidas de agua. El agua descartada corre a través de una red de distribución paralela a la de suministro de agua potable y se conecta a una red principal para su posterior tratamiento en una planta de agua residual.

2.12 APARATOS SANITARIOS¹²

Son los instrumentos o dispositivos generalmente mecánicos, compuestos de diferentes piezas combinadas, que tienen como objetivo el aseo personal, la evacuación de las aguas servidas o aguas lluvias, limpieza de objetos, y otras funciones especiales.

Cumplen con una doble función: de terminales de suministro de agua y de origen del sistema de evacuación. Esto permite definir la cantidad de agua que debe abastecerse y al mismo tiempo el volumen de aguas servidas que se ha de

¹²RODIGUEZ DIAZ, Héctor Alfonso. Diseños hidráulicos, sanitarias y de gas en edificaciones. 1ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2006. P 7.

evacuar; tales condiciones de funcionamiento son la base para definir las características de los dispositivos que hay que instalar y de sus sistemas auxiliares.

Se recomienda ubicar los aparatos sanitarios en lugares con muy buena ventilación e iluminación, ya sea natural o artificial, con el fin de evitar la contaminación del agua potable y con el criterio del buen diseñador, para facilitar su instalación y mantenimiento, así como para garantizar su adecuada utilización y buen funcionamiento.

Para conseguir comodidad, economía y un buen funcionamiento es necesario realizar un buen estudio del número y disposición de los aparatos, de los tipos elegidos y de sus características normalizadas.

En general, los aparatos sanitarios pueden clasificarse, según su finalidad de la siguiente forma:

- **Aparatos sanitarios de evacuación**

- ✓ Sifón de piso
- ✓ Inodoros
- ✓ Orinales
- ✓ Vertederos

- **Aparatos sanitarios para limpieza de objetos**

- ✓ Lavaplatos
- ✓ Lavaderos y lavadoras

- **Aparatos sanitarios para higiene personal**

- ✓ Lavamanos
- ✓ Tinas
- ✓ Duchas
- ✓ Bidets

✓ Bebederos

- **Otros aparatos sanitarios**

- ✓ Calentador (eléctrico y de gas)

- ✓ Llave de jardín

- ✓ Cajas de inspección

2.12.1 Sifón y sifones de piso

Esta parte del desagüe domiciliario se puede definir como un dispositivo que recibe una descarga de todas las bajantes de inodoros, duchas, lavamanos y demás aparatos sanitarios de una vivienda o edificación y las conduce hacia la red de alcantarillado del lugar; tiene la misión de aislar el medio ambiente de la red de las aguas servidas.

Los sifones se deben instalar en lugares accesibles para el caso de avería. Cada aparato sanitario debe estar provisto de su correspondiente sifón, con excepción de la ducha, cuyo sifón está ubicado al nivel del piso para evacuar el agua proveniente de esta. Con el fin de prevenir los malos olores de la red de aguas servidas, el sifón cuenta con un sello hidráulico que permite el flujo sin obstrucciones.

2.12.2 Inodoros

Los inodoros o sanitarios constan de dos partes principales: la taza o cubeta y el tanque de descarga, ubicado a un nivel superior de la taza. En su parte interna, la taza lleva un reborde superior acanalado que se encarga de distribuir el agua que proviene del tanque de descarga o del dispositivo de almacenamiento; dicho reborde está dispuesto de manera tal, que en cada descarga por medio de un

tanque de 6 a 25 Lt o de un fluxómetro se lave toda la superficie interior de la taza. Posee una alimentación de agua fría con su respectiva grifería.

2.12.3 Orinales

Los orinales están destinados exclusivamente a servicios higiénicos masculinos públicos. Se distinguen tres tipos: el de grifería sencilla, el de válvula de fluxómetro y el de sensor de movimiento. Estos tres tipos de alimentación proveen al aparato del agua fría necesaria para las evacuaciones y limpieza de las mismas.

- Los de grifería sencilla son aquellos en los que se controla el suministro de agua por medio de una llave reguladora. Al igual que las válvulas de fluxómetro, cuentan con un ruptor de vacíos.
- Los de válvula de fluxómetro se instalan también en el muro; los de pedestal, ya no tan comunes hoy en día, recurren a este tipo de válvula.
- Los de sensores de movimiento, al igual que los anteriores, también son de pared; es común encontrarlos hoy en día en las edificaciones modernas, a las cuales concurre mucha gente. Su funcionamiento se basa en la detección del movimiento de la persona cuando va a usarlo y luego cuando se retira después de utilizarlo.

Deben ser también de porcelana vidriada y de una pieza, sin juntas y con todas sus superficies aparentes perfectamente lisas.

2.12.4 Lavaplatos

Se instalan, por lo general, empotrados en el mesón de la cocina, y dependiendo del espacio que este tenga es común encontrarlos de una o dos cubetas.

Para un correcto funcionamiento de este aparato sanitario, el fondo debe estar provisto de una ligera pendiente hacia el inicio de la red de desagüe, situada en la parte central del fondo del lavaplatos; allí se encuentra ubicada una rejilla, cuya función es impedir el paso de partículas que puedan producirle obstrucciones al flujo. Los lavaplatos están equipados con un escurrer platos estriado, dispuesto con cierta inclinación con el fin de que el agua procedente del lavado de los utensilios de cocina vaya a parar al fondo del lavaplatos.

En los lavaplatos se usan dos grifos unidos mediante un mezclador: uno para agua fría y otro para agua caliente. Si el lavaplatos es de dos cubetas, no hay necesidad de tener dos juegos de grifería; más bien se utiliza un elemento giratorio, situado entre las 2 cubetas, que permite enviar el agua a una u otra cubeta, por medio de la grifería.

Los materiales empleados para su fabricación son granito, gres, porcelana vitrificada, fundición esmaltada, acero inoxidable y gres porcelanizado. Generalmente se construyen de fundición esmaltada, de una manera tan perfecta, que el esmalte resiste la acción de los ácidos de las frutas y hortalizas.

2.12.5 Lavaderos

Su forma es la de un recipiente rectangular que lleva en su parte superior un plano inclinado con estrías, sobre el que se frota y golpea la ropa al lavarla. Consta de una pozeta, destinada para el almacenamiento de agua; su alimentación es de tipo para agua fría, luego el agua que se va a almacenar es fría.

Antes se instalaban los lavaderos multifamiliares, pero en la actualidad cada vivienda posee su lavadero, el cual se encuentra localizado generalmente en el patio de la casa, gracias a la ventilación que tiene esta zona.

Aunque hoy en día es muy común encontrar aparatos como la lavadora de ropa en vez del lavadero, no deja de ser relevante el uso de los lavaderos debido al cuidado que se le pueda dar a las prendas.

Se construyen de fundición esmaltada, loza vidriada, esteatita y pizarra. Los dos últimos materiales tienen el inconveniente de que entre las distintas piezas hay juntas, donde se depositan grasa y polvo. Los de loza son los más costosos y los de fundición esmaltada resultan ser los más prácticos; también pueden fabricarse en gres porcelanizado, mármol, porcelana vitrificada, hormigón armado, fibra de vidrio, plásticos, entre otros materiales.

2.12.6 Lavamanos

Como su nombre lo indica, es un aparato sanitario destinado para el lavado de la cara y de las manos. Pueden ser rectangulares los más corrientes, semicirculares u ovalados; pueden estar apoyados sobre un pedestal, estar suspendidos sobre la pared, estar ubicados en el mesón o en el mueble del cuarto de baño. Generalmente en las fábricas, escuelas, colegios, cuarteles, los podemos encontrar de forma colectiva. Pueden tener uno o dos grifos, unidos por un mezclador: uno para agua fría y otro para agua caliente. Cuando su uso es público, se pueden evitar los consumos excesivos de agua con la instalación de grifos de cierre automático, que funcionan mientras la mano hace presión sobre la palanca o el botón ubicado sobre el grifo; su única desventaja es que no se pueden evitar los golpes de ariete, dado que su cierre es instantáneo. Se fabrican, generalmente, en loza, porcelana vitrificada o de hierro esmaltado, siendo éstos los más empleados por su menor costo y por su durabilidad.

2.12.7 Tinas

Este aparato sanitario, destinado para el aseo de todo el cuerpo, consiste en un recipiente de gran tamaño y de acuerdo con su ubicación puede estar apoyado

sobre unas patas, donde la tina está ubicada por fuera del recipiente de la ducha, o puede estar empotrada dentro de éste.

Suele llevar conectada una ducha de brazo flexible, que es una adaptación extra en la parte lateral de la tina. Las tinas disponen de un grifo para agua fría y otro para agua caliente; si hay ducha acoplada, se pueden colocar dos grifos para la bañera y otros dos para la ducha. Generalmente, se instalan solo dos grifos y un transfusor para enviar el agua a la bañera o hacia la ducha. Otro dispositivo instalado frecuentemente es el hidromezclador, el cual permite usar agua fría, caliente o bien una mezcla de ambas, consiguiendo la temperatura deseada.

Se construyen en fundición esmaltada o gres porcelanizado, fibras de vidrio y plásticos, por su servicio poco severo y porque su tamaño es demasiado grande para prestarse a fabricarlas de loza. Las bañeras no empotradas, que se apoyan sobre patas o sobre un zócalo continuo de fundición no están unidas a las paredes ni al suelo y dejan unos espacios de pared y suelo difíciles de limpiar. Las empotradas se apoyan directamente en el suelo, sin patas, y quedan adosadas a las paredes por detrás y por uno o por ambos extremos.

2.12.8 Duchas

Consiste en un pulverizador situado más alto que la cabeza, que descarga una lluvia fina sobre la persona que la utiliza. Pueden montarse sobre la bañera o sobre un receptáculo o recipiente especial impermeable, dispuesto en el suelo con el objeto de recoger el agua vertida y así poder descargarla al sifón situado a nivel de piso, que habitualmente es de forma cuadrada o rectangular. El sitio ocupado por la persona debe estar rodeado de una cortina o de una división, por lo general en acrílico, para impedir que el agua caiga fuera del recipiente mencionado anteriormente.

2.12.9 Calentadores

Aparato sanitario cuya función específica es el suministro de energía calorífica al agua fría, con el objeto de disponer de agua caliente para alimentar los aparatos sanitarios que lo requieran. Existen básicamente dos clases de calentadores en las instalaciones domiciliarias, que es donde es más común encontrarlos: los calentadores eléctricos y los calentadores de gas. Claro que también se ven a menudo en edificaciones grandes, como hospitales, hoteles y otras donde se requiera su servicio.

✓ **Calentadores Eléctricos:** Consisten en resistencias eléctricas aisladas que se calientan cuando se realiza el suministro de energía eléctrica. Dichas resistencias son las encargadas de traspasar la energía en forma de calor al agua.

✓ **Calentadores a gas:** Son más económicos que los de tipo eléctrico. Constan de un tubo para humo, con el fin de aprovechar todo el calor generado. Su funcionamiento básico consiste en el suministro de agua fría a través de un serpentín, el cual está expuesto a la acción de un quemador donde se da la combustión del gas y la transferencia de calor, para garantizar el suministro continuo de agua caliente cuando es demandada por un aparato sanitario, resultando un aparato muy económico y eficiente.

2.12.10 Llave de jardín

En la parte final de un tramo de tubería de la red de agua potable se coloca un grifo que permite su conexión a una manguera o tubería flexible; puede instalarse en el jardín o en el interior (antejardín), empotrada a la pared a unos 25 cm del piso. Este aparato permite el riego de las plantas del jardín y la limpieza del exterior de la casa, así como de bicicletas, autos, motos.

2.13 PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES Y AGUAS LLUVIAS¹³

2.13.1 Color

El color de las aguas naturales se debe a la presencia de sustancias orgánicas disueltas o coloidales, de origen vegetal y a veces, sustancias minerales (sales de hierro, manganeso, etc.). Como el color se aprecia sobre agua filtrada o sedimentada el dato analítico no corresponde a la coloración comunicada por cierta materia en suspensión. El color característico de las aguas residuales es gris, pero debido a los diferentes compuestos que esta puede tener, se oxida y se torna de color negro. Este color es síntoma para determinar la polución que el agua residual lleva consigo.

2.13.2 Sabor

Esta característica del agua determina la aceptabilidad o no para el ser vivo, cuando se abre la llave del grifo para su consumo siempre se espera tener un agua cristalina y que no tenga sabor, cuando presenta sabores extraños que no son propios de esta pueden causar que sea desechada de una vez, ya que un mal sabor hace que no sea agradable para su consumo.

2.13.3 Turbiedad

Es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles que por sus características se mantienen entre la superficie y el fondo, logran quedar

¹³ ROMERO ROJAS, Jairo A. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Residuales. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000. p 27, 149

en un estado que se conoce como suspensión. El aporte de sustancias con sólidos, que tienen la facilidad de disolverse, aumenta la turbiedad, dando como resultado la disminución de la transparencia e impidiendo la penetración de la luz, minimizando la incorporación del oxígeno disuelto por la fotosíntesis, afectando la calidad y productividad de los ecosistemas, esto se ve reflejado en la disminución de la vida acuática, ya que como la palabra lo indica baja la cantidad de oxígeno en el agua.

2.13.4 Conductividad

Es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Un aumento en la conductividad de las aguas naturales afecta la productividad de los ecosistemas, ya que todo proceso químico necesita energía para desarrollarse, este parámetro puede afectar los sistemas de abastecimiento y evacuación de agua generando corrosión en las tuberías.

2.13.5 Ph

El pH expresa la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución. Los vertidos de pH ácido, disuelve los metales pesados, en poca palabras oxidan el agua y le dan el color amarillo, son altamente corrosivas, el pH alcalino o básico los precipitan. El pH óptimo de las aguas debe estar entre 6,5 y 8,5, es decir entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9. Las aguas de pH menor de 6,5 son corrosivas.

Es un parámetro para medir la acidez o alcalinidad del agua. Cuando las aguas se consideran ácidas ($\text{pH} < 7$) se favorece el crecimiento de hongos y aumenta el poder bactericida del cloro. Cuando el agua se considera básica ($\text{pH} > 7$) se favorece la producción de nitrógeno amoniacal, el cual se considera como tóxico, pero es removible mediante arrastre con aire.

2.13.6 Temperatura

La temperatura determina la evolución o tendencia de las propiedades físicas. Químicas o biológicas. El aumento de la temperatura, aumenta la solubilidad de las sales, ocasionando cambios de la conductividad y el pH. Agua con alta temperatura aumenta el pH volviendo al agua muy ácida, en cambio aguas con temperaturas bajas bajan el pH y vuelven a las aguas pesadas y espesas.

Es el parámetro más importante para el tratamiento de aguas residuales ya que entre mayor sea la temperatura afecta la concentración de oxígeno en las aguas, la velocidad de las reacciones químicas y la actividad bacteriana. La temperatura del agua residual es mayor cuando la época es más fría y es menor cuando la época es cálida, la temperatura ideal para el tratamiento de aguas residuales está entre 25°C y 35°C. A temperaturas bajas algunos procesos biológicos dejan de actuar (5°C).

2.13.7 Sólidos

Conocidos como ST, SD, SS, se refieren al material remanente luego de la evaporación y secado de la misma. Altas concentraciones impiden la penetración de la luz, disminuyen el oxígeno disuelto, limitan el desarrollo de la vida acuática, también afectan negativamente la calidad del agua para consumo humano, altas concentraciones pueden ocasionar reacciones fisiológicas desfavorables en los consumidores. Este tipo de compuestos están relacionados directamente con la presencia de lodos, los sólidos totales son el residuo de la evaporación y secado entre 103 y 105 °C. Existen varias clases de sólidos; los suspendidos, volátiles y disueltos. El tamaño corresponde a:

✓ **Sólidos disueltos:** tamaño menor a 1.2 µm.

✓ **Sólidos suspendidos:** tamaño mayor a 1.2 μm (Pueden retenerse con filtros de fibra de vidrio).

2.13.8 Sulfuros

El ácido sulfhídrico (H_2S): Es un gas muy insoluble en el agua, produce olor a huevos podridos y es muy venenoso. Se produce en aguas superficiales que reciben vertimientos con altos contenidos de materia orgánica. Las aguas que contengan este contaminante son tóxicas a Ph ácido, incluso para las bacterias.

2.13.9 Nitrógeno amoniacal

Aguas superficiales bien aireadas no deben contener amoníaco. Aguas abajo de conglomerados urbanos, donde se descargan aguas negras, tienen siempre amoníaco, llegando a veces hasta 4 mg/l. La presencia de amoníaco libre o con amonio (NH_4^+) se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. A pH altos el amonio pasa a amoníaco afectando las aguas para la producción piscícola. Si el medio es aerobio (en presencia de Oxígeno) el amoníaco se transforma en nitritos.

2.13.10 Nitritos

Aparecen en el agua tanto por la oxidación del amoníaco, como por la reducción de los nitratos. Su presencia se debe a contaminación reciente, aunque haya desaparecido el amoníaco. La presencia de nitritos limita el uso del agua para consumo humano, su presencia indica polución, con la consecuente aparición de organismos patógenos.

2.13.11 Nitratos

Pueden provenir de las rocas que los contengan (poco común), o bien por oxidación bacteriana de la materia orgánica, principalmente de las eliminadas por los animales. La concentración aumenta en las aguas superficiales por el uso de fertilizantes y el aumento de la población (vertimientos de aguas residuales domésticas). El aumento en la concentración de nitratos limita el uso del agua para consumo humano. Desde el punto de vista de potabilidad las normas actuales admiten hasta 50 mg/l de nitratos, concentraciones superiores son perjudiciales para la salud.

2.13.12 Cloro Residual

La concentración del cloro residual "libre", así como la porción relativa entre los cloros residuales "libre" y "combinado", son importantes cuando se practica la cloración residual libre. En un determinado abastecimiento de agua aquella porción del cloro residual total "libre", sirve como medida de la capacidad para "oxidar" la materia orgánica. Cuando se practica la cloración residual libre, se recomienda que cuando menos, el 85 % del cloro residual total quede en estado libre. La cloración es también un método relativamente eficiente como tratamiento correctivo, si se aplica en las cantidades adecuadas, adicionales a las que se requieren para propósitos de desinfección.

2.13.13 Dureza

La dureza representa una medida de la cantidad de metales en el agua, fundamentalmente Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) provenientes de la disolución de rocas y minerales que será tanto mayor cuanto más elevada sea la acidez del agua. Es una medida, por tanto, del estado de mineralización del agua. Se suele

expresar como mg/l de CaCO₃. En función de este estado de mineralización, se distinguen distintos tipos de aguas:

Tabla No 1. Clasificación aguas duras.

CLASIFICACION	DUREZA
Blandas	0 – 100
Moderadamente Duras	101- 200
Duras	201 – 300
Muy Duras	□ 300

Fuente: ROMERO ROJAS, Jairo. Tratamiento de Aguas residuales.

2.13.14 Acidez

En el caso de las aguas lluvias, éstas presentan cierto grado de acidez cuando por la polución y contaminación en general el dióxido de carbono presente en de los gases de escape de los vehículos, fabricas, etc., se mezcla con el agua y estas a su vez cuando se evaporan, se condensan y se forma la lluvia la cual cae con un grado de acidez dependiendo de la contaminación de la zona. En las aguas residuales, la materia orgánica se descompone y se oxida sobre las aguas, generando el mismo efecto cuando llueve.

2.13.15 Alcalinidad

Medida de la cantidad de sales de calcio, magnesio, sodio, potasio o de amonio. Las aguas residuales domésticas son generalmente alcalinas debido a las grandes concentraciones de sales provenientes de los jabones y detergentes, pero pueden contrarrestar el efecto de la acidez en las aguas residuales, por ejemplo con la adición de alumbre (sulfato de aluminio).

2.13.16 Cloruros

Son los compuestos más comunes en aguas residuales, el aporte diario está estimado en 6 a 9 gramos. Los métodos convencionales para el tratamiento de aguas residuales no remueven los cloruros pero concentraciones mayores a 15000 mg/L son considerados tóxicos para el tratamiento biológico convencional y en general la concentración promedio de cloruros en aguas residuales es de 30 a 200 mg/L.

2.13.17 Olor

El olor es la principal causa de desecho del agua, el olor de las aguas residuales es desagradable, mientras que las aguas sépticas tiene un olor ofensivo por la presencia de ácido sulfhídrico. Malos olores causan pérdida de apetito por los alimentos, menor consumo de agua, dificultades respiratorias, náusea, vómito, perturbaciones mentales, deterioro de las relaciones humanas, perdida del orgullo comunitario y del nivel social, pérdida del valor de la propiedad y del potencial de su desarrollo, por esto es importante eliminar los olores, en el tratamiento de aguas.

2.13.18 Sulfatos

Son los causantes del olor y la corrosión en las alcantarillas en condiciones anaerobia. Son indispensables para la oxidación de las proteínas.

3. DEMANDA HÍDRICA.

Es de conocimiento de todos que los principales usos del agua se centran en la industria, zonas agrícolas y domiciliarias, donde varía el porcentaje de agua utilizado en cada una, al igual el contenido de agua residual generada varía particularmente. Cada país establece la prioridad de la actividad o sector donde debe ser utilizada el recurso agua para cubrir las necesidades de consumo, ya que esto depende principalmente de la red hídrica del país. Estudios posteriores se centran en definir y clasificar individualmente los sectores para establecer porcentajes de consumo reales y definir el agua disponible potable. Según el Estudio Nacional del agua en 2010¹⁴ la demanda hídrica se define como la extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos. La extracción por ende, la utilización del recurso implica la sustracción, alteración y desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes. El concepto de extracción connota la utilización del agua, disgregada en dos componentes:

1. Utilizada en la producción sectorial, en el consumo humano y en los ecosistemas no antrópicos (caudal ecológico y ambiental). La inclusión de este último componente se sustenta en la regulación establecida en el Decreto 3930 de 2010, que define taxativamente el uso del agua en la preservación de la flora y fauna, con la finalidad de mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres, y sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones

¹⁴ IDEAM. Estudio Nacional del Agua 2010: Estimación de la demanda de agua. [en línea]<<http://intranet.ideam.gov.co:8080/openbiblio/catalogo2010/..%5Cvirtual%5C015647%5C015647.html>>.[Citado en 2010]

sensibles en ellos; y el uso del agua para la armonización y embellecimiento del paisaje con fines estéticos.

2. El volumen de agua extraída no consumida.

Para efectos de conceptualizar la medición de la extracción de agua en función del uso, es necesario acotar los conceptos que la definen y sus dominios de aplicación en la tabla 1.

Tabla No 2. Conceptos y universos de aplicación, demanda hídrica.

CONCEPTOS	UNIVERSOS DE APLICACION
Cadenas de consumo	Hogares
Consumo intermedio efectivo	Sector Manufacturero
Requerimientos de riego	Sector pecuario y piscícola
Caudal ecológico y ambiental	Sector agrícola
Agua extraída no consumida	Ecosistemas

Fuente: IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2010.

3.1 USO EFECTIVO

Se refiere a la cantidad de agua que es utilizada como insumo en los procesos de producción económica sectorial y en el consumo humano, como satisfactor de las necesidades fundamentales de la población, por ejemplo el consumo propio o vital

(preparación de alimentos, higiene, lavado de ropa y usos de sistemas sanitarios) y el uso en actividades de mantenimiento y aseo en las viviendas.

3.2 CAUDAL ECOLOGICO AMBIENTAL

Aplicable a la demanda de los ecosistemas. El decreto 3930 del 25 de octubre de 2010 lo define como “Volumen de agua necesaria en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas debajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas”.

Para las unidades de análisis del ENA (Estudio nacional del Agua 2010 realizado por el IDEAM) se define como un caudal variable expresado en magnitud de frecuencia, duración, predictibilidad y tasa de cambio para permitir el desarrollo de los ecosistemas loticos delimitados de acuerdo a los criterios explícitos.

Una aproximación a su estimación se basa en el método de curva de permanencia o de duración de caudales. Este consiste en la construcción de una curva a partir de datos de caudales diarios, mensuales o anuales en la que se presenta la relación entre ciertos rangos de caudales y el porcentaje de tiempo en que cada uno de esos rangos es igualado o excedido. El caudal ambiental es expresado como un valor fijo, que corresponde a un rango de caudal que se mantiene igualado o excedido un cierto porcentaje de tiempo.

3.3 AGUA INSUMIDA

Se refiere el volumen de agua que es incorporado como consumo intermedio en las actividades de producción de los diferentes sectores económicos, ya sea que se trate del sector primario como en el caso de la oferta agrícola, silvícola y pecuaria, del sector secundario o de transformación manufacturera incluido el

sector energético o del sector terciario o de servicios. Así mismo, incluye el agua utilizada en el consumo propio de la población y de los hogares, con fines de mantenimiento de aseo de las viviendas.

3.4 CONSUMO HUMANO

Se refiere al agua que es utilizada en actividades tales como medida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato; para satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios, para preparación de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución, que no requieren elaboración (Decreto 3930 de 2010).

3.5 CADENA DE CONSUMO DE AGUA

En el marco del ENA 2010, es aplicable a la estimación de la demanda en el sector pecuario. Hace referencia a cada uno de los componentes del consumo del agua en la cadena productiva, teniendo en cuenta las etapas de cría, levante y sacrificio de ganado, más el consumo del recurso en labores de alojamiento y beneficio (porquerizas, galpones, plantas de sacrificio y hatos ganaderos). Igualmente, el consumo relacionado con el sacrificio informal o no registrado.

3.6 CONSUMO INTERMEDIO EFECTIVO

Da cuenta del agua insumida como consumo intermedio en los procesos de transformación y de servicios. El agua en este dominio puede ser utilizada como materia prima, como transporte en la actividad de producción de celulosa y la producción de papel, como elemento de transferencia de calor en procesos tanto de calentamiento como enfriamiento, o como contenedor de residuos industriales.

3.7 NECESIDADES DE RIEGO

Referidas a la cantidad de agua y al momento de su aplicación, a fin de compensar el déficit de humedad del suelo durante un periodo vegetativo. Se determinan utilizando la evapotranspiración ó ETC (mm d^{-1}) del cultivo en consideración menos la cantidad de agua aportada por las precipitaciones. Cuando la precipitación efectiva es mayor que las necesidades de riego, la demanda de riego o riego bruto es igual a cero (0). En caso contrario, cuando la precipitación efectiva es menor al uso consuntivo del cultivo, la demanda se define por la diferencia entre la ETC y el agua que se aporta por la precipitación efectiva del cultivo considerado.

3.8 AGUA EXTRAIDA NO CONSUMIDA

Aplicable a las demandas antrópicas en su conjunto. Se define como el volumen de agua expresado en m^3 que es extraído del sistema hídrico y que no es utilizado efectivamente en ningún tipo de uso o consumo, que retorna al sistema con variaciones en las condiciones de calidad originales

La demanda hídrica es igual al volumen total del agua extraída. Este volumen de agua extraído es igual a los consumos más el agua extraída no consumida. Bajo esta delimitación en función de la demanda, la extracción es definida en sus componentes de la siguiente manera:

$$Dh = \sum U$$

Donde

Dh: Demanda Hídrica

U: Uso sectorial, domestico y ecosistemas

$$Dh = \sum c + Aenc$$

Donde

Dh: Demanda Hídrica

c: Consumos sectorial, domestico y de ecosistemas

Aenc: Agua extraída no consumida sectorial y domestica

$$Dh= Ch+Csp+Csm+Css+Cea+Ce+Ca+Aenc$$

Donde

Dh: Demanda hídrica

Ch: Consumo humano domestica

Csp: Consumo del sector primario

Csm: Consumo del sector manufacturero

Css: Consumo del sector de servicios

Cea: Caudal ecológico y ambiental

Ce: Consumo del sector energía (Hidroeléctrica y termoeléctrica)

Ca: Consumo del sector acuícola

Aenc: Agua extraída no consumida.

La demanda hídrica en el marco del ENA 2010 considera sin distinción el uso del agua clasificado como consuntivo y no consuntivo, dado que la utilización del recurso, independientemente de esta clasificación, supone la sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso y la no disponibilidad para otros usos compartidos o excluyentes.

4. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS.

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo, primordialmente Colombia cuenta con altos promedios de precipitación al año siendo aprovechada para uso en sectores de la industria, agrícola y doméstica. Sin embargo no toda el agua es captada y tratada, el agua de escorrentía es conducida a través de los sistemas de drenaje hasta llegar a la fuente hídrica, siendo esta una pérdida de aprovechamiento del recurso. El objetivo de esta guía es aprovechar parte de esta agua de escorrentía en una área determinada por medio de la edificación para reutilizarla a través de una red y minimizar el consumo de agua potable.

4.1 OFERTA DE AGUA LLUVIA

Se debe contar con una base de datos estadísticos hidrológicos de la zona de estudio, estos datos son fundamentales para establecer los períodos de sequía y lluvia dentro de la zona a considerar y/o construir la edificación pretendida, adicionalmente se debe incluir la estimación de los caudales máximos y mínimos indispensables o necesarios para el diseño de la red a construir dentro de la edificación. Se cuenta con dos tipos de oferta de agua lluvia, uno por la escorrentía o escurrimientos del agua sobre superficies definidas o intervenidas y dos por las precipitaciones sucedidas en el sector o zona de estudio. Un análisis del primer tipo de datos tendría como resultado directo un parámetro de diseño, que es el gasto máximo, mientras que el segundo proporcionaría datos con los cuales sería necesario alimentar un modelo de la relación lluvia escurrimiento, para obtener una avenida de diseño, este modelo son las curvas intensidad-duración- periodo de retorno. Debido a los constantes cambios climáticos sufridos en los últimos años en Colombia como en el resto del mundo por el calentamiento global, se debe considerar en los diseños las curvas de intensidad-duración-

periodo de retorno de lluvias para prevenir posibles problemas de abastecimiento en la edificación.

El método más usado para la determinación de las curvas i-d-T es el propuesto por Francisco J Aparicio donde relaciona simultáneamente las tres variables (i-d-T) intensidad, duración y período de retorno en una familia de curvas cuya ecuación es¹⁵:

$$i = \frac{k T^m}{(d + c)^n}$$

Donde k, m, n y c son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple, y en tanto que i y d corresponden a la intensidad de precipitación y la duración respectivamente.

Si se toman logaritmos de la anterior ecuación se obtiene:

$$\log i = \log k + m \log T - n \log (d + c)$$

O bien:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2$$

Dónde:

$$y = \log i, a_0 = \log k, a_1 = m, x_1 = \log T, a_2 = -n, x_2 = \log (d + c)$$

Si los datos registrados de i-d-T se dibujan en papel logarítmico, usualmente se agrupan en torno a líneas rectas.

¹⁵ APARICIO MIJARES, Francisco J. Fundamentos de hidrología de superficie: Precipitación. Ed. México: Limusa s.a de C.V, 1992. p 169-175.

Al hacer un ajuste de correlación lineal múltiple de una serie de tres tipos de datos, se obtiene un sistema de ecuaciones como el siguiente:

$$\begin{aligned} \sum y &= N a_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 \\ \sum (x_1 y) &= a_0 \sum x_1 + a_1 \sum (x_1^2) + a_2 \sum (x_1 x_2) \\ \sum (x_2 y) &= a_0 \sum x_2 + a_1 \sum (x_1 x_2) + a_2 \sum (x_2)^2 \end{aligned}$$

Donde N es el número de datos y las incógnitas son a_0 , a_1 , y a_2 , respectivamente, los logaritmos del periodo de retorno, la duración y la intensidad, obtenidos de un registro de precipitación. Una vez se calculan los coeficientes a_0 , a_1 , a_2 es posible evaluar los parámetros k, m y n.

Cabe resaltar, las mediciones y estadísticas hidrológicas son realizadas por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales en Colombia), cuenta con un gran número de estaciones meteorológicas alrededor del país, donde se relacionan para cada año las precipitaciones máximas registradas. Normalmente, estas precipitaciones máximas corresponden a solo una o dos de las tormentas de gran intensidad registrada en el año. En caso de contar con una estación cercana al lugar del proyecto es necesario recurrir a los registros del pluviógrafo y para cada año de registro escoger la precipitación máxima registrada para cada duración seleccionada. Se aconseja manejar estaciones que cuenten con registros de más de 25 años para mayor confiabilidad en el análisis de los datos.

El procedimiento para obtener el diseño es:

- Transformar las alturas de precipitación a intensidades, dividiéndolas entre sus respectivas duraciones.

- Asignar a cada dato de intensidades un periodo de retorno, generando una tabla en donde se ordenen los datos de intensidades para cada duración de mayor a menor. El periodo de retorno se asigna con la ecuación:

$$T = \frac{n + 1}{m}$$

Donde:

m = número de orden de mayor a menor de los datos

n = número de datos.

(Esta ecuación es conveniente usarla para cuando se tienen datos de cierto periodo, y se desea extrapolar estos datos a periodos de retorno mayores al de las mediciones, por tanto es necesario asignar un valor de T a cada dato registrado).

Calcular los parámetros x_2 y x_1 , así como sus productos y cuadrados y las sumas indicadas en el sistema de ecuaciones anterior. Empleando una tabla.

Donde:

$$x_2 = \log(d + c); \quad x_1 = \log T; \quad y = \log i$$

- Resolver el sistema de ecuaciones para obtener: a_0 , a_1 y a_2 y los valores de los parámetros k, m y n de la ecuación: $i = \frac{k T^m}{(d+c)^n}$
- Por tanto se obtiene la ecuación de la familia de curvas i-d-T, (d en minutos, T en años, i en mm/h).

Cada una de las curvas para un período de retorno dado se interpreta como una curva de masa de precipitación. Esta curva de masa puede usarse como tormenta

de diseño para alimentar el modelo de relación lluvia-escorrimento de la formula racional:

$$Qp = C i A$$

Donde Qp es el caudal máximo que puede producirse con una lluvia de intensidad i en una cuenca de área A y con un coeficiente de escurrimento C que está en función de las características de permeabilidad de la cuenca.

4.2 DEMANDA DE AGUA LLUVIA

En el capítulo anterior enfatizamos en la demanda de agua a nivel nacional, la demanda de agua lluvia hace referencia al volumen de agua a utilizar en las actividades como es el caso de abastecimiento de sanitarios, riego de antejardines, lavado de pisos y las actividades propuestas a realizar con la implementación del sistema de reutilización de agua. Al igual que el cálculo de la oferta de agua, la demanda se debe analizar para cada caso particular y depende de las costumbres de los usuarios y/o habitantes de la edificación objeto de estudio, frecuencia esperada de uso y características técnicas de los aparatos a los que se desea suplir el agua; la determinación de la oferta y demanda de caudal será indispensable para calcular el volumen del tanque de almacenamiento y el dimensionamiento de todo el sistema.

En la determinación de la demanda de agua, se debe considerar completamente la cantidad de Dotación Neta diaria disponible en cuanto a que esta dotación obedece a la cantidad de agua que efectivamente el consumidor recibe para satisfacer sus necesidades, donde esta debe ser calculada por medio de los consumos dentro de la edificación o establecido en los registros de en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS

2000. Conociendo la dotación neta, se obtiene la cantidad de agua utilizada para cada uno de los usos en las viviendas, multiplicando la Dotación Neta por los porcentajes presentados en la cuadro N° 1.

Cuadro N° 1. Dotación de agua potable por persona

DOTACION DE AGUA POR PERSONA			
USO	LIMITE (Lts/persona/día)		PORCENTAJE
	INFERIOR	SUPERIOR	
Lavado de ropas	31.25	45.89	28,55
Sanitario	31.46	35.64	22,18
Ducha	20.10	35.88	22,32
Lavado de platos	20.03	27.88	17,35
Aseo de vivienda	2.82	3.41	2,12
Consumo Propio	4.72	6.00	3,73
Lavamanos	3.58	6.02	3,75
Total	113.96	160.72	

Fuente: Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C, Noviembre de 2000.

El porcentaje fue determinado por los autores. La demanda individual de agua lluvia, se obtiene como la suma de las cantidades correspondientes a los usos que puede cubrir el agua lluvia; pero no debe superar la oferta promedio diaria de agua lluvia obtenida por la ecuación. La demanda total de agua lluvia diaria se calcula como el producto de la demanda individual y el número de habitantes de la edificación.

$$D_t = D_i \times N$$

Donde

D_t (m^3): Demanda total de agua lluvia en un día.

D_i (m^3): Demanda Individual de agua lluvia.

N (hab): Numero de habitantes.

Se debe dar prioridad a los usos que no requieren agua potable para su desarrollo.

4.3 DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN.

La población hace referencia al número de individuos que habitan en la edificación objeto de estudio. El número de habitantes y sus costumbres son claves para el diseño de este tipo de sistemas, específicamente para determinar la oferta y la demanda de agua lluvia como se plantea en los capítulos anteriores.

4.4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Se debe identificar el lugar donde se realizará el proyecto para implementar un sistema de reutilización de aguas grises y/o lluvias; además se debe establecer el tipo de edificación y actividad; es decir si es vivienda de tipo familiar, una edificación de tipo institucional (colegio) o industrial. El tipo de vivienda define y establece la cobertura y capacidad de captación para aguas lluvias.

4.5 CALIDAD DEL AGUA SEGÚN SU USO

Al momento de diseñar el sistema de recolección de aguas lluvias se debe tener en cuenta el destino o uso principal dentro de la edificación. El destino de las aguas lluvias debe ser especificado por la demanda y los requisitos de calidad necesarios establecidos en la normatividad. De esta manera se pueden diferenciar tres tipos de calidad de aguas lluvias:

Calidad 1: Destinada para usos alimenticios o puntos de consumo

Calidad 2: Destinada al cuidado e higiene del cuerpo humano (baño y ducha) y fregado de vajilla.

Calidad 3: Destinada para los diferentes usos dentro de la edificación que no impliquen contacto alguno con el usuario, como el riego, el lavado de vehículos, instalaciones, etc., así como la descarga de Inodoros.

Dependiendo de la calidad seleccionada para el agua, será su diseño. Es decir, para el agua lluvia captada y destinada para la calidad 3, el diseño del sistema se puede limitar a un tratamiento primario (cribado, desarenado almacenamiento). Para la calidad 1 y 2 es necesario cumplir con el decreto 2105 de 1983 y demás normas aplicadas a la potabilización de agua para consumo humano en Colombia o del país donde se implemente según sea la normatividad aplicable, el sistema debe contar tratamiento primario y secundario hasta obtener los valores establecidos en dicha norma.

4.6 ÁREA DE CAPTACIÓN

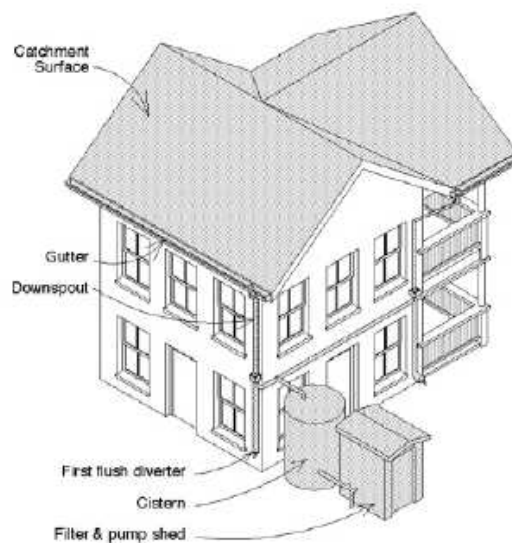
Es la superficie sobre la cual cae el agua lluvia para su recolección, conducción, tratamiento y almacenamiento. Las áreas comunes que se utilizan para este fin son los techos de las edificaciones, escuelas, bodegas, industrias, patios, garajes, caminos pavimentados, laderas impermeabilizadas y cualquier superficie no permeable por donde escurra el agua lluvia, y sea factible recolectarla. Las áreas de captación no deben ser inferiores al 5% de pendiente facilitando el escurriendo de aguas hacia los sistemas de recolección y conducción. Tampoco deben estar revestidas o cubiertas con materiales que desprendan olores, colores y sustancias que pueda alterar la composición de las aguas pluviales¹⁶. Los materiales más comunes empleados para la construcción de techos en Colombia son la arcilla, madera, paja, cemento, zinc y plástico en ocasiones de cerámica, estas últimas son utilizadas en edificaciones específicas. Los techos con tejas fabricadas en arcilla, zinc y cemento son los más comunes debido a su durabilidad y precio.

¹⁶ HERNANDES MARTINEZ, Floriana. Captación de agua lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. [en línea] <http://www.uwsp.edu/cnr/gem/files/print-publications/manuals/manual-captacion-de-agua.pdf>.

De acuerdo al The Manual on Rainwater Harvesting¹⁷: El complejo de un sistema de recolección de agua lluvia consta de seis componentes básicos:

- Superficie de captación: Superficie donde la lluvia se escurre.
- Canales o bajantes: Canal que conduce el agua desde el techo hasta el tanque.
- Desviador o interceptor de la primera descarga y Rejillas de techo: Componentes que eliminan los desechos y el polvo del agua captada antes de llegar al tanque.
- Uno o más tanques de almacenamiento
- Sistemas de entrega: por gravedad o bombeada para su uso.
- Tratamiento /purificación: sistema para purificar el agua.

Figura N° 1. Instalación típica para la recolección de aguas lluvias.



Fuente: The Manual on Rainwater Harvesting

¹⁷ TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. The texas manual on rainwater harvestin. Third Ed. Austin: Texas water development board, 2005. p 5

4.6.1 Techos

Superficies construidas para protección de la edificación, están construidos en diferentes materiales como concreto, aleaciones lámina galvanizada y antimonio, lámina de asbesto, madera, paja y arcilla. La estructura, forma y material de construcción es definido por el arquitecto en los diseños preliminares. Se recomienda para fines de captación de agua lluvia que la pendiente del techo no supere el 5% y utilizar materiales que no desprendan residuos o contaminantes al contacto con el agua. Si la edificación se encuentra construida verificar el estado de los materiales del techo (Si presentan fisuras y daños), en este caso es recomendable cambiar las láminas dañadas y realizar una limpieza exhaustiva completa. En caso de presentarse hundimientos causados por el deterioro y vida útil de la edificación debe consultar con un ingeniero para realizar los cambios y verificar si la estructura soporta el peso de las canaletas.

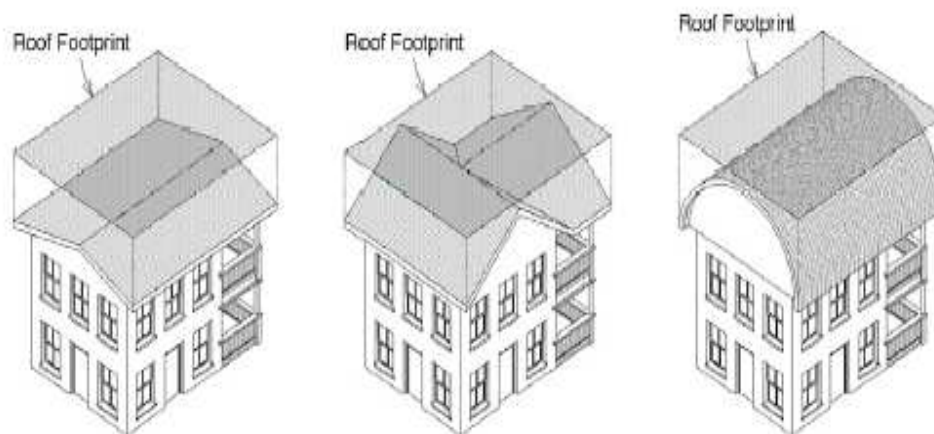
Según The Manual on Rainwater Harvesting¹⁸ : los techos fabricados en metal es un techo de uso común para recoger las aguas pluviales, los cuales se venden bajo el nombre comercial de galvalume de 55%, de zinc aluminio, también se pueden encontrar disponibles con una capa de esmalte al horno o puede ser pintado con epoxi. Se debe tener precaución con respecto a los componentes del techo. Las tejas de barro y cemento son porosas no son adecuados para los sistemas de agua potable, pueden contribuir a un 10% por la pérdida de textura, bajo flujo o evaporación. Para reducir estas pérdidas los techos pueden ser pintados o recubiertos con un sellador. Pero presenta la posibilidad de liberar toxinas por la pintura, es más seguro cuando se pinta con un sellador especial o pintura para prevenir el crecimiento bacteriano en las zonas porosas de los materiales. Tejas de asfalto debido a la lixiviación de toxinas no son apropiadas para el sistema de agua pluvial, pero pueden ser utilizadas para recoger el agua

¹⁸ Ibid. p. 29-30

de riego. Estos techos tienen un 10% por la pérdida de flujo o evaporación. Otros materiales como las tablillas de madera, alquitrán y grava no son convenientes para este tipo de sistema.

En teoría son captados, alrededor de 0,62 litros por metro cuadrado de superficie de captación por pulgada de lluvia. En la práctica, sin embargo, algunas aguas lluvias se pierden al primer lavado por evaporación, salpicaduras de agua o el exceso de las canaletas por las fuertes lluvias, y posiblemente fugas. Las superficies tienden a ser menos eficientes en el transporte agua, como el agua capturada en los espacios porosos tiende a ser perdida por evaporación. También afectan la eficiencia del sistema para capturar todas las aguas durante lluvias intensas. En la figura N° 2 se aprecian los diferentes tipos de techo como área de captación.

Figura N° 2. Área de captación para tres tipos diferentes de techo.



Fuente: The Manual on Rainwater Harvesting

Las laminas e plástico son excelentes para el escurrimiento del agua, entre ellas la más común es una lámina corrugada de fibra (o lana) de vidrio, que suele conseguirse fácilmente, sin embargo con varios años de uso expuesta al sol

puede perder sus características en este caso lo más recomendable es sustituirla, pero en caso de quererle dar mantenimiento debe ser tratada con una resina similar a la de su fabricación, consultando al fabricante para que recomiende la pintura o resina que no deje toxinas, y debe realizarse este mantenimiento en la temporada que no llueve. El agua recolectada en esta superficie no se recomienda para consumo directo humano.

4.6.2 Techos Cuenca¹⁹

Son estructuras diseñadas para la recolección directa del agua lluvia compuesta básicamente de dos secciones: el techo, que funciona como un área de contribución y retardador de evaporación. El techo está formado por dos superficies que convergen en un canal central lo cual permite que el agua lluvia se conduzca directamente por gravedad a la cisterna. Para indicar el nivel de almacenamiento se instala un piezómetro en la pared externa del tanque. El sistema de conducción del agua consiste de una válvula de salida, continuidad por una tubería para permitir en una llave para el uso público (Fotografía 1).

4.6.3 Laderas

Cuando el área de captación de los techos es insuficiente se selecciona una superficie o ladera que requiera las mínimas actividades de movimiento de tierras (relleno, nivelación y compactación), posteriormente se recubre toda la superficie con algún material impermeable como: plástico de invernadero, geomembrana, y concreto (Fotografía 2).

¹⁹ HERNANDES MARTINEZ, Floriana. Captación de agua lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. [en línea] < <http://www.uwsp.edu/cnr/gem/files/print-publications/manuals/manual-captacion-de-agua.pdf>>

Fotografía 1. Techos Cuenca



Fuente: Captación de agua lluvia como alternativa para afrontar la escases del recurso

Fotografía 2. Utilización de laderas para recolección de aguas lluvias.



Fuente: Captación de agua lluvia como alternativa para afrontar la escases del recurso

Mediante el valor del área de cubierta (m^2), y la información hidrológica del sector se obtendrá la oferta de caudal de aguas lluvias mes a mes; valor de interés para establecer las dimensiones del tanque de almacenamiento del sistema.

4.7 RECOLECCION Y CONDUCCION

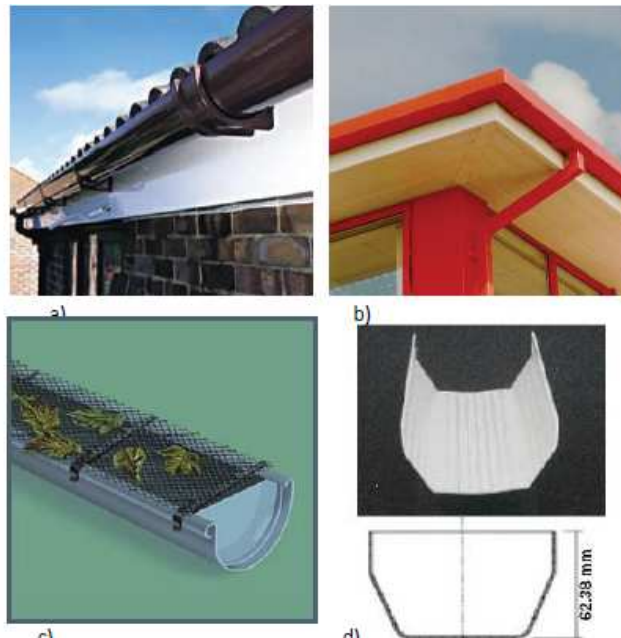
La recolección y conducción de las aguas se realizará comunicando las canaletas de recolección de aguas lluvias, adosadas en los bordes más bajos del techo con una bajante y esta conducirá el agua lluvia hasta el sistema de tratamiento

propuesto, para su posterior reutilización. Todos los canales, canaletas, tee, tuberías y otros elementos deben estar firmemente sujetos a las paredes o lugares donde se apoyen, no deben interferir alguna función del edificio o construcción (ventanas, puertas, etc.) ni estar, en lo posible, en contacto con cables eléctricos y otros (en su caso estos deberán aislarse adecuadamente). Si es posible deben pintarse exteriormente (buscando estética con la decoración de la casa o edificio).

Para el sellado de las juntas entre tubos y conexiones u otros, existen diferentes productos, pero las siliconas suelen ser los más apropiados por su facilidad de aplicación y rápido secado. En algunos sistemas se instalan algunas tuberías que llevarán el agua capturada (e incluso ya filtrada y tratada) a un depósito colocado en un lugar alto (y de estos al punto final de consumo), para que desde ahí se distribuya el agua por gravedad, en estos casos la tubería es cerrada y de menor diámetro (de media pulgada o tres cuartos, las más comunes) y las de cobre son las más óptimas, sobre todo si ya se trató el agua, aunque son más costosas, pero su durabilidad es muy grande.

El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Al efecto se puede emplear materiales, como el bambú, madera, metal o PVC (Fotografía 3). Las canaletas de metal poseen cualidades de durabilidad y su mantenimiento es menor, pero su alto costo las hace poco accesibles en el mercado. Adicionalmente la soldadura utilizada para unir las piezas puede disolver el plomo por la acción del agua y contaminar el suministro de agua. Los materiales más comunes para los canales y bajantes son de PVC, de vinilo, de aluminio sin costura y de acero galvanizado. Las canaletas fabricadas a base de bambú y madera son fáciles de construir pero se deterioran rápidamente. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas.

Fotografía 3. Tipos de canaleta para recolección de agua lluvia.



Fuente: Captación de agua lluvia como alternativa para afrontar las escases del recurso.

4.7.1 Canales de recolección²⁰

Los techos inclinados entregan el agua, inicialmente, a canales de forma semicircular o rectangular, su capacidad de flujo depende de la pendiente diseñada hacia la bajante. El agua ocupa el 70% de la profundidad y el 30% restante actúa como borde libre. Los tamaños recomendados para una intensidad de 100mm/hora se presentan en el cuadro N° 2. La pendiente de los canales en mampostería o en concreto puede darse interiormente para no perjudicar la apariencia de las fachadas.

²⁰ GRANADOS ROBAYO, Jorge Armando. Redes hidráulicas y sanitarias en edificios. Bogotá: Universidad Nacional, 2002. p 87

Cuadro No 2 Dimensionamiento de canales para aguas lluvias

Capacidad de canales semicirculares (m² (L/seg))				
Diámetro	Pendiente en % (cm/m)			
(Pulgadas)	0,25	0,5	0,75	1
2	3,8 (0,11)	5,4 (0,15)	6,6 (0,18)	7,6 (0,21)
2 1/2	6,9 (0,19)	9,8 (0,27)	12,0 (0,33)	13,9 (0,38)
3	11,3 (0,31)	16,0 (0,44)	19,5 (0,54)	22,5 (0,63)
4	24,3 (0,67)	34,3 (0,95)	42,0 (1,17)	48,5 (1,35)
6	71,5 (0,99)	101,0 (2,81)	124,0 (3,44)	143,0 (3,97)
8	154,0 (4,28)	218,0 (6,05)	267,0 (7,41)	308,0 (8,55)

Fuente. GRANADOS ROBAYO, Jorge. Redes hidráulicas y sanitarias en edificios. Universidad Nacional p 90

La capacidad de las bajantes para diversas intensidades de lluvia está dada en el Cuadro N° 3.

Cuadro No 3. Cargas máximas para bajantes de aguas lluvias (m²)

Intensidad mm/h	Diámetro de la bajante (pulgadas)					
	2	2 1/2	3	4	6	8
50	132	240	402	841	2496	5303
75	88	160	268	560	1645	3535
100	66	120	201	420	1234	2652
125	53	95	161	336	987	2112
150	44	80	134	281	823	1766
200	33	60	101	210	617	1326

Fuente. GRANADOS ROBAYO, Jorge. Redes hidráulicas y sanitarias en edificios, U Nacional, p 89

Para el cálculo de las tuberías horizontales, se utiliza la ecuación de Manning bajo condiciones de flujo uniforme y si se requiere a tubo lleno. Cuando se requiera conducir las aguas lluvias de áreas grandes como instalaciones industriales y comerciales, parqueaderos de buena capacidad, aeropuertos, etc., se justifica

tomar tiempos de concentración y seguir los procedimientos de diseño de alcantarillados rurales y urbanos.

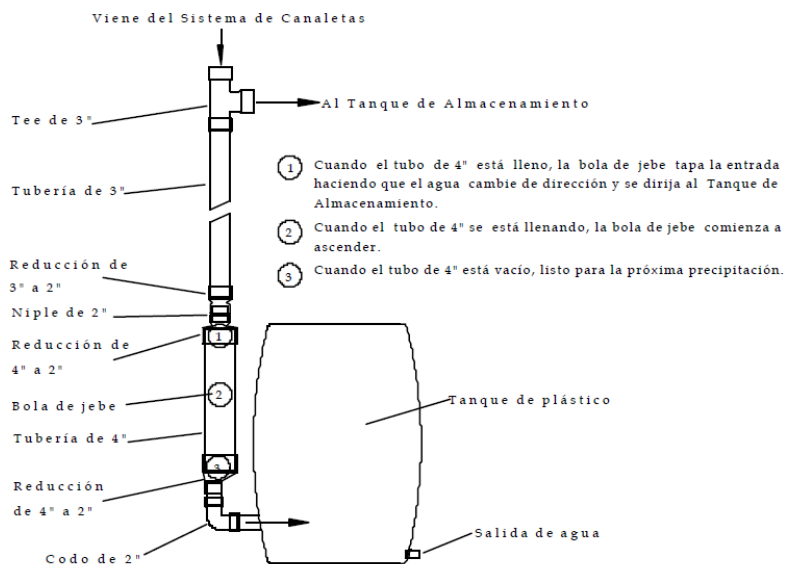
4.7.2 Red de Conducción

La red de conducción, es un sistema separado donde las aguas lluvias descienden por un mismo bajante o tubería hacia los colectores y posterior tratamiento y almacenamiento. El trazado de la red debe ser sencillo para conseguir una circulación natural por gravedad, de fácil manejo y transporte. Su separación es indispensable para la conducción del agua lluvia evitando así su contaminación de las demás aguas generadas en la edificación. La red debe estar diseñada en base al caudal promedio mayor para facilitar la conducción de las aguas en caso de ocurrir una gran tormenta.

4.8 INTERCEPTOR

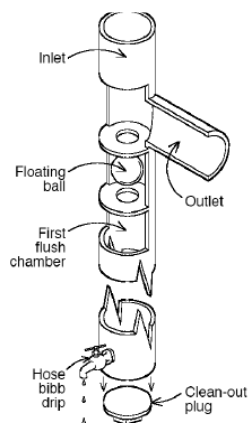
Es el dispositivo destinado a la recolección de los primeros caudales de agua lluvia proveniente del área de captación. La acción del viento arrastra materiales y partículas en suspensión sedimentables obstruyendo y alterando la calidad de las aguas pluviales. Estas descargas tienen como función limpiar y arrastrar cualquier material sólido del techo y el interceptor almacena estos sólidos. Su material de construcción varía desde el concreto, madera y PVC; por su costo el PVC es rentable y mayor facilidad de limpieza. Es ubicado en la parte lateral de la edificación y está conectado a través de la tubería que transporta el agua al tratamiento y posteriormente a almacenamiento. Se debe contar con un desviador vertical en PVC, con el fin de conducir las primeras aguas pluviales al interceptor. El desviador se llena con las primeras aguas y un mecanismo de seguridad funciona como sello atrapando las aguas y desviando las aguas hacia el tanque de almacenamiento. A continuación se presenta un modelo de interceptor de las primeras aguas lluvias Figuras N° 3 y N° 4 un desviador de PVC

Figura N° 3. Interceptor de las primeras aguas.



Fuente: Captación de agua lluvia como alternativa Para afrontar la escases del recurso

Figura N° 4. Desviador vertical.



Fuente: The Manual on Rainwater Harvesting

4.9 SISTEMA DE TRATAMIENTO.

Consiste en seleccionar un tratamiento físico, químico o fisicoquímico acorde con las necesidades del sistema. Está sujeto a los resultados obtenidos en análisis

realizados al agua pluvial. Es necesario contar con el análisis físico-químico del agua realizada por un laboratorio certificado para mayor confiabilidad en los resultados. Deben ser comparados con la normatividad vigente Colombiana, se aclara que el uso del agua pluvial será utilizado para abastecer lavadoras, riego de antejardines y demás actividades que no requieran potabilización del recurso para consumo humano; con esto se busca implementar sistemas sencillos, efectivos y económicamente viables.

Es importante tener en cuenta al momento de seleccionar el tipo de tratamiento de agua las siguientes recomendaciones:

- Realizar un análisis fisicoquímico del agua a tratar con el fin de identificar los parámetros del agua cruda y de esta manera establecer las unidades de tratamiento que se requieren para obtener un agua de buena calidad.
- La calidad requerida del efluente también es determinante para la selección del sistema de tratamiento a utilizar.
- La disponibilidad de terreno para ubicar la planta de tratamiento. Es fundamental contar con este parámetro debido a que puede ser un impedimento al implementar el tipo de sistemas de reutilización, en muchas ocasiones las edificaciones donde se implementa no cuentan un lugar apropiado para ubicar las estructuras.
- Los costos de construcción y operación del sistema no serán muy altos; es importante tenerlos en cuenta al momento de adquirir los materiales y contratar al personal.
- Se recomiendan unidades que no requieran de mantenimientos continuos.
- Los parámetros más importantes a evaluar deben ser la turbiedad, color y sólidos totales determinan el tratamiento y las dimensiones del sistema.

Las alternativas de tratamiento dependen de las características del agua a tratar, espacio para construcción del sistema de tratamiento y costos de los materiales y

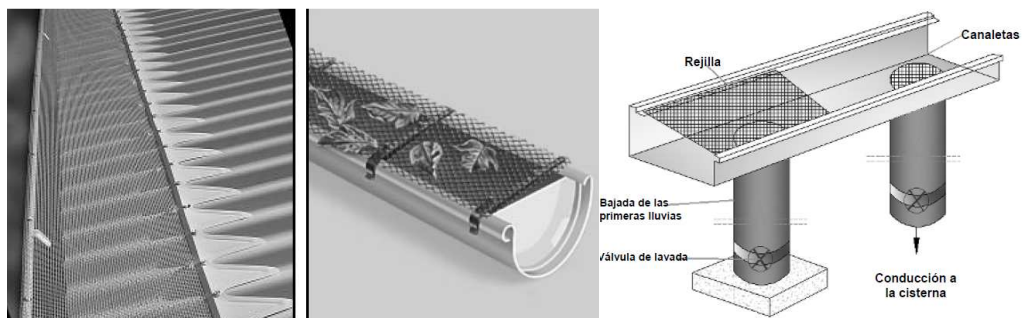
personal. Se recomienda antes de iniciar cualquier proceso de diseño tener en cuenta los parámetros y recomendaciones establecidas en el anterior segmento.

4.9.1 Cribado

Tratamiento físico para la reducción de sólidos en suspensión de tamaños distintos, se utilizan una serie de rejillas a lo largo del tratamiento para retener; la distancia o las aberturas de la rejilla depende del objeto y su limpieza se hace manual o mecánica. Generalmente se inicia con aberturas de gran tamaño para retener sólidos como ramas, objetos, bolsas y hojas principales en los techos. Las aberturas mínimas son para objetos de poco tamaño o ramas filtradas por el primer cribado.

Las mallas pueden ser construidas por diferentes materiales como madera y metal; pero para mayor durabilidad es aconsejable el metal. Debe ser ubicado en los canales de recolección y conducción del agua pluvial como primer filtro y conducidas a través de la red al interceptor para captación de las primeros caudales y recolección de los sólidos. En la siguiente figura N° 5 se observa la forma como deben ser colocadas las mallas en las canaletas y en capítulos posteriores se describirán los principios de diseño para rejillas.

Figura N° 5. Rejillas para canaletas

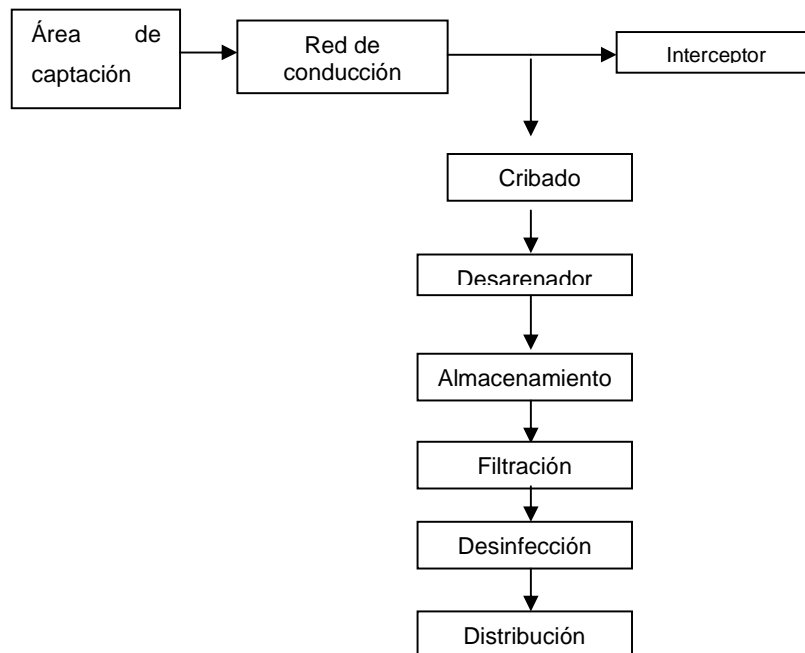


Fuente: Captación de agua lluvia como alternativa para afrontar la escases del recurso

4.9.2 Desarenador

Tiene por objeto separar del agua pluvial de la arena y partículas en suspensión gruesas, con el fin de evitar que se produzcan depósitos en las tuberías de conducción y así proteger la bomba de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0,2 mm y velocidad de 0.30 m/s. El dimensionamiento del desarenador consiste básicamente en determinar las dimensiones del tanque, alto, largo y ancho. Una vez realizado con la ayuda de un Ingeniero o persona idónea, se podrá estimar las cantidades de arenas extraídas del desarenador. Se proporciona una manera sencilla para determinar las dimensiones del desarenador, sin embargo se debe tener en cuenta el caudal máximo de pluviosidad. En la siguiente figura se observa el sistema de tratamiento propuesto a utilizar en una edificación. En capítulos posteriores se describirán los principios de diseño del desarenador.

Figura N° 6. Tratamiento para las aguas lluvias



Fuente: Autores.

4.10 ALMACENAMIENTO.

Es la obra diseñada para almacenar el agua lluvia captada y posteriormente bombeada hasta el lugar requerido, por medio de una red individual. El almacenamiento del agua se hará en 2 tanques cuya función será la de almacenar el agua tratada por un periodo de tiempo, para ser utilizada posteriormente en las funciones establecidas. Los tanques deben estar ubicados lo más cerca posible a la vivienda para reducir la distancia de transporte del agua, deben estar protegidos de la luz directa del sol. Los materiales utilizados para la construcción varían desde el concreto, fibra de vidrio, propileno y madera. Siendo el de propileno el más usado por su costo, instalación y fácil transporte.

El tanque de almacenamiento será esencial en el sistema de utilización de las aguas grises y lluvias debe cumplir con las siguientes funciones:

- Garantizar la presión adecuada en la red distribución de aguas recicladas, que abastecerá los sanitarios y los puntos para utilizar el agua en lavado de jardines, riego y demás actividades.
- Regular las variaciones en el gasto del agua.
- Recibir abastecimiento por parte de la red de acueducto y mantener una reserva de agua para ser utilizada, en situaciones donde la disponibilidad de aguas lluvias y grises sea crítica.

El cálculo del volumen del tanque de almacenamiento debe ser analizado de acuerdo al caso particular que se esté tratando. Dentro de los principales parámetros que se deben tener en cuenta para estimar el volumen del tanque de almacenamiento tenemos:

- Área de cubierta de la edificación.
- Disponibilidad de espacio para la ubicación y construcción del tanque.
- Unidades sanitarias y puntos a abastecer en la vivienda.

Por último y muy importante, en el caso de los tanques y las cisternas que recibirán el agua de lluvia es necesario instalar un rebosadero que permita desaguar el exceso de agua de lluvia (que pueda caer durante una tormenta o por el hecho de no haber consumido agua por algún tiempo) y que la dirija a un drenaje, evitando inundaciones en las viviendas. Debido a que los rebosaderos estarán conectados a drenajes, se debe tener la precaución de poner trampas de olores por medio de un sifón, sifa o cespól, y en algunos casos colocar al final de las tuberías, rejillas que eviten el ingreso de roedores u otros pequeños animales, pero que no interrumpen el paso del agua al drenaje (algunos cespóls de plástico sirven para prevenir ambos problemas).

Los inconvenientes más comunes al utilizar tanques de almacenamiento de agua en la edificación, son varios. No obstante, debido a las características de las aguas estudiadas y a la particularidad de la instalación, éstos son elementos indispensables. Tres son básicamente los inconvenientes que suscitan:

- Las garantías higiénicas del agua. El agua puede permanecer almacenada varios días, convirtiéndose en un foco biológico.
- Variaciones bruscas de la temperatura del agua.
- Falta de presión para la distribución del agua en la edificación si se escoge un almacenamiento ubicado en la parte alta del edificio.

Se recomienda calcular la capacidad del tanque de almacenamiento previniendo que las aguas lluvias no permanezcan más de 30-36 horas en su interior si el sistema desinfectante residual va a ser el de radiación UV-C. En todo caso, sería interesante plantearse la recirculación hacia la desinfección UV en periodos inferiores a 36 horas, o la inyección de aire u oxígeno comercial directamente en el depósito a intervalos diarios durante algunos minutos. Las consecuencias negativas de las variaciones térmicas en la calidad general del agua se impiden al diseñar el volumen para que su consumo sea, máximo diario. No obstante, se

pretenderá que ésta no supere los 20°C, utilizando depósitos fabricados con materiales aislantes.

4.11 FILTRACIÓN DE LAS AGUAS LLUVIAS

El objetivo principal es eliminar partículas pequeñas, sólidos y sustancias químicas disueltas, o metales pesados que pudieran ser nocivos. Si el agua se va a destinar para uso potable, también se deberá eliminar o reducir en esta fase el color, olor y sabor del agua, así como la presencia de sales y minerales en caso necesario. La mayoría de estos contaminantes, si es que se les puede llamar así, son arrastrados en los techos y superficies de recolección, aunque algunos pudieran ser disueltos en la atmósfera debido a la contaminación del aire, especialmente cerca de ciudades grandes o zonas industriales. De ser posible, se recomienda hacer análisis del agua de lluvia recolectada para diseñar el sistema de filtrado apropiado. Existen filtros comercialmente disponibles o “caseros”, según la necesidad y el presupuesto. Más que el tipo o forma específica del filtro, lo que importa es el *medio filtrante*. Esto se refiere al material que se utilice para filtrar. Al comprar (o fabricar uno mismo) el sistema deseado, se deben considerar las propiedades de los diferentes medios disponibles. A continuación se describen algunos de los más importantes. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que éste es un campo de rápido crecimiento e innovación, donde cada vez se descubren nuevos elementos para purificar el agua. Es conveniente mantenerse actualizado.

4.11.1 Carbón Activado: Puede ser del tipo granular que, como su nombre lo indica, viene en forma de polvo o gránulos, o en bloque en cuyo caso asemeja a un ladrillo o bloque sólido de carbón. Elimina color, olor y sabor del agua, además del cloro y de algunos compuestos químicos. Se debe lavar con cierta frecuencia, lo cual se puede hacer por un procedimiento llamado “retrolavado”, donde se circula agua limpia en sentido contrario al flujo normal de filtrado, para eliminar impurezas y sólidos. También se debe reemplazar por completo una vez que se

haya saturado. De no dársele el mantenimiento adecuado, se puede convertir en un auténtico caldo de cultivo biológico, por lo cual se debe combinar con un buen sistema de desinfección.

4.11.2 KDF (Kinetic Degradation Fluxion): este medio filtrante consiste en una aleación de cobre y zinc, que genera reacciones químicas de oxidación y reducción al contacto con el agua, eliminando cloro, y diversos metales pesados como el mercurio y el plomo. Se suele combinar con el carbón activado en un mismo cartucho, aumentando la vida útil y la capacidad filtrante del mismo.

4.11.3 Arena Sílica: Los filtros de arena se utilizan para eliminar una gran variedad de sedimentos y sólidos en suspensión, generalmente con capacidad filtrante de hasta unas 100 micras. Su uso requiere lavado frecuente y reemplazo ocasional, el cual suele ser bastante engorroso. Muchos sistemas modernos utilizan en su lugar filtros de malla de acero inoxidable, que logran la misma capacidad de filtración con un mantenimiento mucho menor y una vida útil prácticamente ilimitada. Otros filtros comerciales de cartuchos intercambiables, hechos de polipropileno, por ejemplo, también se pueden utilizar con el mismo fin, a un costo menor pero con la desventaja de requerir reemplazos más frecuentes.

4.11.4 Ósmosis Inversa: También conocida como *híper-filtración*, es el mejor método de filtrado conocido al momento. Consiste en una membrana finísima por donde circula el agua a presión, los contaminantes salen por un “drenaje” mientras que sólo el agua pura pasa al otro lado. Debido a la presión necesaria requiere de electricidad, y se “desperdicia” gran cantidad de agua, ya que sólo alcanza a pasar por la membrana una parte del agua tratada. Sin embargo, el resto se puede mandar a una cisterna para volver a ser procesada, o se puede aplicar en otros usos, como riego de jardín o regaderas, por ejemplo. A la hora de comprar filtros hay que averiguar varios parámetros para elegir el adecuado; los siguientes

puntos pudieran ser de utilidad, se recomienda tenerlos a mano al momento de adquirir el equipo.

- Micras de filtración (100 micras para sólidos, 1 micra si se trata de bacterias, ó 0.0005 en el caso de ósmosis inversa. Un virus puede variar entre 0.02 y 0.4 micras).
- Medio filtrante (carbón activado, arena, KDF, etc.)
- Disponibilidad de cartuchos o repuestos
- Duración o vida útil (volumen, calidad del agua que puede procesar, etc.)
- Costo del equipo y de las refacciones
- Mantenimiento (retrolavado automático o manual, etc.)

4.12 DESINFECCIÓN

La filtración, con cualquier de los medios mencionados arriba, puede detener una cierta cantidad de bacterias o microorganismos, no garantiza en lo absoluto su eliminación completa. La *desinfección* se refiere a la eliminación de microorganismos vivos patógenos (que pueden causar enfermedades) como por ejemplo algas, hongos, parásitos, bacterias y virus. Es necesario, por ende, desinfectar el agua con pasos adicionales, generalmente después de la filtración directamente en el tanque de almacenamiento, sobre todo si va a ser para consumo humano. Si va a ser aplicada exclusivamente para riego, o para otros usos que no impliquen contacto humano, la desinfección puede ser menor o nula, aunque esto pudiera variar dependiendo del tipo de cultivo (contacto directo, indirecto, etc.). Es necesario consultar las normas de calidad del agua de su región o país, para considerar los valores establecidos en términos de microorganismos y de otros contaminantes. Estos son sólo algunos de los métodos más utilizados:

4.12.1 Cloro: Hay que agregarlo al agua, y en caso de que se vaya a beber, se sugiere filtrar con carbón activado, debido a que en exceso puede ser nocivo para

la salud, o irritante para la piel. Tiene la característica de que permanece por largo tiempo en el agua, aunque en presencia de sol o calor se puede llegar a evaporar.

4.12.2 Ozono (O₃): Es un excelente desinfectante y además ayuda a eliminar o reducir ciertos metales pesados y compuestos químicos. Se requiere de electricidad para producirlo e inyectarlo en el agua, lo cual se hace generalmente a intervalos, regulado por un temporizador. No permanece mucho tiempo dentro del agua, por lo cual se requiere de aplicación continua en caso de querer almacenar el agua durante largos períodos de tiempo.

4.12.3 Plata Coloidal: Es un excelente desinfectante de relativamente bajo costo. Se puede aplicar por goteo directo al agua.

4.12.4 Sistema Aquarius o campos energéticos: Esta prometedora tecnología está siendo desarrollada en la actualidad, y consiste en circular el agua a través de unos tubos o discos que generan campos magnéticos débiles, apenas perceptibles, calibrados para eliminar microorganismos patógenos y para precipitar ciertos sólidos, mejorando la calidad de agua en general sin requerir de electricidad ni de mantenimiento alguno.

4.12.5 Luz UV (Ultra-Violeta): Este método consiste en eliminar una variedad de microorganismos (aunque no todos) al exponerlos a radiaciones ultravioleta concentradas por una lámpara, generalmente dentro de un tubo opaco. Aunque se utiliza ampliamente en el campo de la purificación de agua, tiene la desventaja de que requiere de electricidad permanente, así como de componentes frágiles como los focos en sí, cuyo reemplazo puede ser costoso en muchas partes del mundo donde no son fácilmente accesibles.

4.12.6 SODIS (Desinfección Solar): Aplicando un principio parecido al anterior, aunque con luz natural, del sol directo, se puede lograr un efecto limitado de desinfección. Este método puede ser útil en zonas remotas, sin acceso a

electricidad o a mejores sistemas de purificación. Consiste en colocar el agua en botellas transparentes, que pueden ser de plástico, exponiéndolas directamente al sol durante varias horas. Es un método sumamente lento, ya que se requiere de un número mínimo de horas de exposición para que la desinfección sea realmente efectiva, y tiene la desventaja de que deja el agua bastante caliente. En ciertos casos, se deja enfriar toda la noche para poder beber al día siguiente.

4.12.7 Iones de Plata: Esta tecnología consiste en desprender iones de plata dentro del agua en muy pequeñas dosis, a través de un mecanismo conocido como electrólisis, donde dos placas de este metal (o de una aleación cobre-plata) sometida a bajas y reguladas corrientes eléctricas alternantes, se sumergen en el agua o corriente que se desea purificar. Las concentraciones de plata son lo suficientemente bajas como para no causar ningún daño a la salud.

Se debe tener en cuenta al momento de elegir el tipo de filtración a utilizar las características físico-químicas del agua lluvia para evitar sobre costos o equipos de filtración inservibles por su bajo porcentaje de remoción.

Tabla No 3. Tipo de tratamiento según su uso.

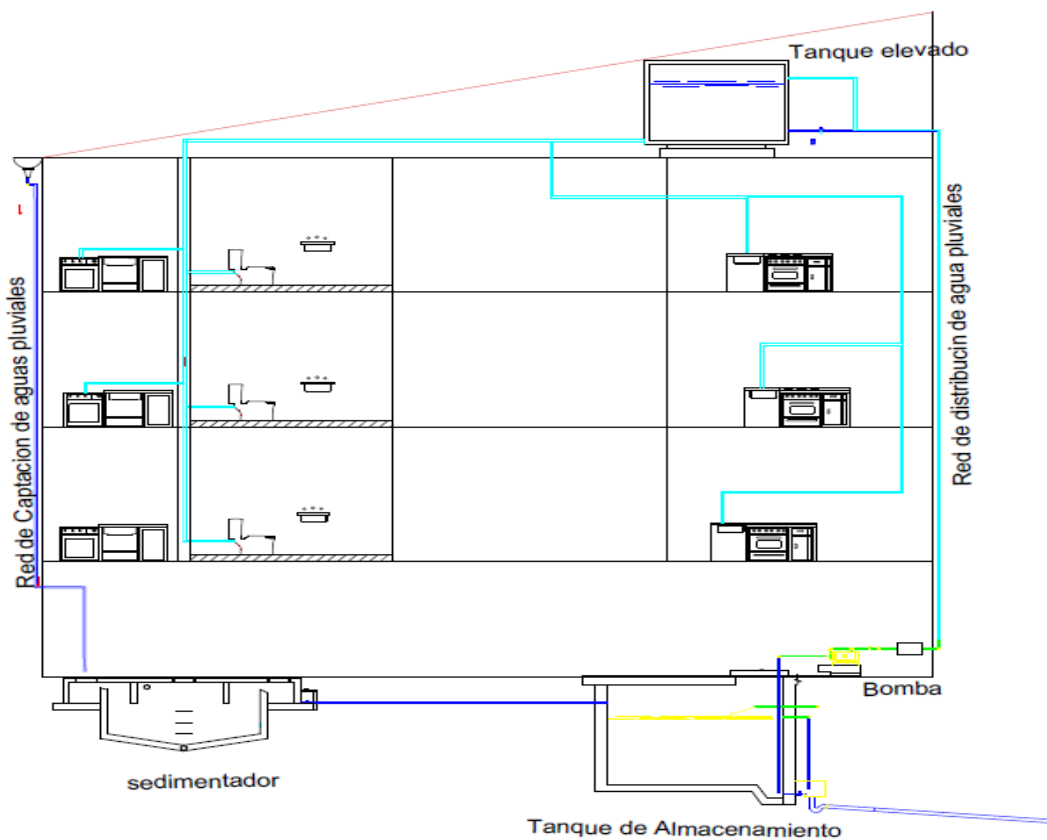
TIPO DE SISTEMA	CALIDAD DE AGUA SEGÚN SU USO		
	POTABLE CALIDAD 1	NO POTABLE CALIDAD 2	RIEGO Y LIMPIEZA CALIDAD 3
Tratamiento	Desinfección requerida (Cloro, plata coloidal, ozono, etc.)	Desinfección requerida	No requiere desinfección
Filtros	Filtro de sedimentos y al menos un componente para eliminar químicos (Carbón activado, KDF)	Filtro d sedimentos y partículas. Para regaderas, conviene usar carbón activado, arena sílica y/o KDF	Es suficiente con el filtro de sedimentos
Tubería de suministro	Después de la etapa de filtrado, no se puede usar PVC, plomo ni cualquier tipo de tubería que pueda desprender químicos nocivos. Se recomienda usar cobre, plásticos certificados para agua potable etc.	Puede ser de PVC, cobre o cualquier otro material. Se debe cuidar la exposición al sol cuando el calor sea un factor importante	Cualquier tubería se puede utilizar.

Fuente: ADLER, Illán; CARMONA, Gabriela; BOJALIL, José Antonio. Manual de Captación de aguas lluvias para centros urbanos. Ed. PNUMA.2008. p 34.

4.13 RED DE DISTRIBUCIÓN Y SISTEMA DE BOMBEO

Es el sistema de tuberías cuya función es conducir las aguas pluviales de la bomba a la red de distribución de la edificación. Esta red puede ir paralela a la red de acueducto o separada y debe llegar a los puntos donde se necesite el agua pluvial. El sistema de bombeo distribuirá el agua desde el tanque de almacenamiento por la red y hacia las unidades sanitarias requeridas. Se debe tener presente que la tubería de succión de la bomba debe estar al menos 50cm por encima del fondo del tanque para evitar el arrastre de material sedimentado.

4.14 DIAGRAMA GENERAL DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS LLUVIAS.



Fuente: Autores.

5. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES

Las aguas grises son aguas procedentes de los desagües de bañeras, lavados, pilas de la cocina y lavadoras. No deben contener materia orgánica ni fecal; su tratamiento es sencillo para reutilizarla dentro de la edificación. Su uso es aplicado para el abastecimiento de los aparatos hidráulicos y en ocasiones para el riego de los jardines por su gran valor como abonos y lavado de la edificación. El ahorro del agua por persona es aproximadamente de 50 litros para una familia media de 4 personas el ahorro sería de 200 litros. Si realizamos estos cálculos a nivel industrial, hoteles, etc se hablaría de cifras importantes. El sistema de reutilización de aguas grises se puede complementar por medio del sistema de aprovechamiento de las aguas pluviales, se debe mencionar que el diseño de la edificación al igual el espacio para construir los sistemas de captación, tratamiento y conducción deben cumplir con los ítem establecidos en el capítulo anterior. La implementación de los dos sistemas reutilización de aguas grises y aprovechamiento del agua pluvial como una unidad dentro de la edificación se contemplara en el siguiente capítulo.

El agua gris tratada no dispone de la calidad del agua potable, pero cumple con la calidad necesaria para el uso en las cisternas de los inodoros (Estos llegan a consumir cerca del 30% del agua potable administrada a la vivienda) y como agua de riego por su alto contenido en fosforo, potasio y nitrógeno, son fuentes de nutrición para las plantas. Al evaporarse el agua a través de las plantas se recupera alrededor del 70% del agua gris. Hay que tener en cuenta las aguas grises no son tan peligrosas para la salud o el medio ambiente como las aguas negras. Las aguas grises se caracterizan por poseer cantidades de nutrientes, materia orgánica y bacterias, al utilizar un tratamiento previo durante las primeras 24 horas donde el oxígeno disuelto está presente no se inicia la etapa anaerobia.

A continuación especifican los pasos para el diseño de un sistema de reutilización de aguas grises

5.1 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA GRIS.

Hace referencia al volumen de agua que va a ser utilizada en las actividades escogidas como es el caso del abastecimiento de sanitarios, riego de jardines, lavado de pisos y las actividades propuestas por el diseñador con la implementación de este tipo de sistema. La demanda se debe analizar para cada caso particular y depende de las costumbres de los usuarios, frecuencia esperada de uso y características técnicas de los aparatos a los que se desea suplir el agua; la determinación de la demanda del caudal será indispensable para calcular el volumen del tanque de almacenamiento y el dimensionamiento de todo el sistema. La determinación de la demanda de caudal se realiza de acuerdo a cada caso en particular. Para mayor facilidad de cálculos posteriores este valor será expresado en m³/mes. La demanda de caudal se obtiene por el número de aparatos sanitarios que deseemos abastecer con el agua gris. Es decir la demanda de agua se calculará sumando los volúmenes de agua que son utilizados por los aparatos sanitarios escogidos para abastecerlos con el agua gris. Es necesario establecer el consumo de agua gris y/o lluvia por cada aparato, de acuerdo a la actividad que se desee realizar o abastecer con el recurso almacenado en el mes.

Es así como para el caso del abastecimiento o demanda de inodoros se tendría:

$$V_I = V_{T.I} * N_{d.h} * hab * 30$$

Donde :

V_I = Volumen de agua requerido para abastecer los inodoros en el mes

V_{T.I} = Volumen de agua utilizada por descarga del inodoro

N_{d.h} = Numero de descargas promedio realizadas por cada habitante

hab = Número de habitantes

El cálculo del volumen de agua gris y/o lluvia requerido en la limpieza de pisos, riego de jardines y demás actividades será:

$$V_{A..E} = A * C * N_V$$

Donde :

$V_{A..E}$ = Volumen de agua requerido en actividades de limpieza y riego establecidas

A = Area total que va a ser regada

C = Consumo estimado por actividad

N_V = numero de veces que se realizara la actividad de riego o limpieza en estudio

Finalmente la demanda de agua gris y/o lluvia generada en el mes será la sumatoria de todos los volúmenes de agua requeridos para abastecer las unidades sanitarias en las actividades propuestas.

$$D_{mes} = \sum V_I + V_{A..E} + \dots\dots\dots V_N$$

Donde :

D_{mes} = Demanda de agua gris y/o lluvia en el mes

V_I = Volumen de agua requerido para abastecer los inodoros en el mes

$V_{A..E}$ = Volumen de agua requerido en actividades de limpieza y riego establecidas

V_N = Volumen de agua requerido para abastecer las demás actividades seleccionadas.

El balance entre la oferta y demanda de caudal será determinante en el diseño del tanque de almacenamiento que se indicará en el capítulo siguiente.

5.2 DETERMINACIÓN DE LA OFERTA DE AGUA GRIS.

La oferta de caudal se obtiene sumando los volúmenes de agua gris generados mediante el uso de los aparatos hidráulicos escogidos para reutilizar el agua, como es el caso de duchas y lavadoras, la frecuencia de uso esperada y su capacidad de operación. La oferta de caudal es el volumen de agua disponible para realizar las actividades propuestas utilizando el agua gris proveniente de los

aparatos sanitarios disponibles y escogidos de la edificación. Para facilitar los cálculos posteriores este caudal será expresado en m³/mes.

El cálculo de la oferta de agua gris se realiza partiendo de los caudales generados por cada uno de los aparatos sanitarios escogidos para abastecer al sistema y las costumbres de los habitantes de cada edificación. La oferta de agua gris generada por cada aparato sanitario se obtendrá multiplicando el caudal que ofrece cada aparato por el tiempo que se utiliza diariamente, por el número de usuarios y por los días del mes. Para hacer más sencillo este cálculo se tomaran los meses de 30 días.

Para el caso de la oferta de agua gris generada por duchas en m³/mes se tiene:

$$V_{A.D} = Q_D * t_{uso} * hab * 30días$$

Donde :

V_{A.D} = Volúmen de agua de duchas captado en el mes

Q_D = Caudal generado por la ducha

t_{uso} = Tiempo de uso promedio de la ducha por habitante

hab = número de habitantes

Para el caso particular de la lavadora el volumen de agua gris generado en el mes será el resultado de multiplicar la cantidad de agua que se vierte en un ciclo de lavado por el número de veces que es utilizada en el mes:

Es decir:

$$V_{A.L} = V_{A.C} * Nveces$$

Donde :

V_{A.L} = Volumen de agua de lavadora captado en el mes

V_{A.C} = volumen de agua gris generado por ciclo de lavado

Nveces = Numero de veces que es utilizada la lavadora por mes

Finalmente la oferta de agua gris generada en el mes será la sumatoria de todos los volúmenes unitarios de cada aparato sanitario.

$$O_{mes} = \sum V_{A.D} + V_{A.L} + \dots\dots\dots V_N$$

Donde :

O_{mes} = *Oferta de agua gris en el mes*

$V_{A.D}$ = *Volumen de agua de duchas captado en el mes*

$V_{A.L}$ = *Volumen de agua de lavadora captado en el mes*

V_N = *Volumen de agua captado por los demas aparatos sanitarios escogidos.*

5.3 DETERMINACIÓN DE LA POBLACION.

Como se mencionó en el capítulo anterior hace referencia al número de individuos que habitan en la edificación. El número de habitantes y sus costumbres son claves para el diseño de este tipo de sistemas, específicamente para determinar la oferta y la demanda de agua gris. En viviendas multifamiliares el uso constate de los aparatos sanitarios elevan los caudales de diseño.

5.4 RECOLECCIÓN DE AGUAS GRISES.

En la edificación los sistemas de captación se centran en la recolección de las aguas generadas en los lavamanos, lavadoras, bañeras y duchas conducidas a través de una red independiente conformado por ramales de descarga, de desagüe y bajantes, el cual recogerá las aguas grises hacia un posterior tratamiento y almacenamiento; recircularla para el uso en el tanque del inodoro y a través de una red para riego de los jardines.

5.5 HIDRÁULICA DE LOS DESAGUES

Es una red independiente a la red de abastecimiento de agua potable y aguas negras de la edificación para evitar confusiones.

Las tuberías de desagüe deben funcionar a flujo libre o canales y en condiciones uniformes. El flujo a tubo lleno produce fluctuaciones de presión que pueden destruir los sellos hidráulicos. Se recomienda que la tubería funcione al 50% de su profundidad, y en casos extremos al 75%. Generalmente se utiliza la expresión de Manning:

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

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

Donde:

n = coeficiente de Manning o rugosidad determinada

V = velocidad media del flujo

R = radio hidráulico

S = pendiente

Q = caudal (m³/seg)

A = área m²

- Fuerza tractiva: La aplicación de este parámetro permite el control de la erosión, sedimentación y presencia de sulfatos, para efecto de diseño, la mínima fuerza tractiva es de 0.15 kg/m².
- Diámetros de conductos y ramales de desagües: Estos diámetros se calcularán de acuerdo con el número total de unidades de descarga de las piezas sanitarias servidas, La siguiente tabla presenta las unidades de descarga de acuerdo al aparato sanitario.

Tabla No 4. Unidades de descarga de aparatos sanitarios

Pieza sanitaria	Unidades de descarga U.D.D	Diámetro en pulgadas
Lavamanos	1 o 2	1 - 1/2 - 2 1/2
Fregadero	2	1 - 1/2
Lavaplatos	2	2
Lavadora	3	2
Ducha	2	2
Ducha pública	3	2
bañera	2 o 3	1 - 1/2 - 2
bebedero	1	1 - 2

Fuente. : PEREZ CARMONA, Rafael, Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones, pg. 143.

- Flujo de bajantes: La bajante funciona verticalmente y recibe las aguas servidas de los aparatos sanitarios a implementar. La conexión de un ramal a una bajante se hace por medio de una “tee” o de una “ye”. Esta última da mejor componente vertical de la velocidad que la “tee”, lo que aumenta la capacidad de la tubería, pero tiene la tendencia a producir sifonamiento en los sellos conectados al ramal horizontal.
- Comportamiento del flujo en las bajantes: La velocidad terminal del fluido en las bajantes oscila entre 3 y 4,5 m/seg en longitudes entre 1,5 m y 3,5 m, es decir, la velocidad en la base de una bajante de 100 pisos es ligeramente mayor que la velocidad en una bajante de 3 pisos.
- Capacidad de las bajantes: El caudal que puede descargar una bajante es función de la relación del área del anillo de agua pegado a las paredes y el área total de la sección, la mayoría de los códigos adoptan $r = 1/4$ o $7/24$.a continuación se dan algunos de los valores de máxima capacidad en bajantes de acuerdo al diámetro.

Cuadro No 4. Máxima capacidad en bajantes

Ø	Caudal en litros por segundo		
	r = 1/4	r = 7/24	r = 1/3
2	1,1	1,4	1,8
3	3,2	4,2	5,2
4	7	9,1	11,3
6	20,7	26,7	33,4
8	44,5	57,6	71,9
10	80,8	104	130,4
12	131	169,8	212

Fuente. PEREZ CARMONS, Rafael. Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones, pj 141.

La bajante se diseña para el total de unidades que llegan a su base y el diámetro se mantendrá constante hasta la cubierta.

Finalmente la bajante entregará a una tubería horizontal, la velocidad terminal es superior a la velocidad para flujo uniforme del nuevo colector, produciendo un descenso brusco de aquella, acompañado con un aumento de la profundidad, dando lugar al fenómeno conocido como resalto hidráulico en el tramo inicial, a una distancia que varía entre cero y diez diámetros. Para minimizar el efecto, se puede aumentar el diámetro del colector horizontal o aumentar su pendiente. Para el diseño de estas tuberías horizontales se utiliza la ecuación de Manning bajo condiciones de flujo uniforme.

5.6 CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS GRISES.

Se recomienda realizar un análisis físicoquímico al agua antes de iniciar el proceso de construcción y así identificar el tratamiento al cual se debe someter. Cuyo fin es obtener un agua con características ideales y no para consumo y utilizarla en las actividades propuestas en la reutilización (limpieza de pisos, riego, abastecimiento de sanitarios). Las aguas grises requieren de tratamientos sencillos y económicos. Es muy importante realizar los diseños de las unidades de tratamiento con el caudal de diseño adecuado estimado y de esta manera determinar el espacio disponible en la edificación.

5.7 SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO PARA EL AGUA GRIS.

Las características del agua gris difieren de las del agua lluvia en cuanto a valores más altos en parámetros como color, turbiedad y menor presencia de sólidos totales esto se debe principalmente a la presencia de detergentes en el agua y organismos biológicos. Las aguas grises no tienen mal olor cuando se descargan. Sin embargo, si se recogen en un tanque, las bacterias presentes utilizarán el oxígeno disuelto y iniciarán un proceso anaerobio.; alcanzando un estado séptico. Este tipo de aguas grises sépticas presentan malos olores y pueden contener bacterias de las cuales algunas pueden ser patógenos humanos. Para evitar la descomposición y degradación de las aguas grises es necesario su uso inmediato

y mejorar los tiempos de retención en los tanques de almacenamiento como de tratamiento. La ubicación de este tipo de depósito es importante se recomiendan zonas oscuras y frías para evitar el proceso anaerobio.

La implementación y construcción de un sistema de reutilización de aguas grises tiene dos requisitos esenciales y complementarios: 1) definir los niveles de calidad adecuados para cada uno de los posibles usos que se piense dar al agua gris, 2) establecer los procesos de tratamiento y los límites de calidad del efluente recomendados para cada uno de los usos previstos. La elaboración y la aprobación de estos dos aspectos técnicos de la regeneración de agua constituyen generalmente la faceta más discutida de todo programa de reutilización, debido a la dificultad de establecer una relación entre la calidad del agua y los posibles efectos sobre la salud y el medio ambiente. Prueba de ello son la diversidad y la heterogeneidad de los criterios y las normas de calidad establecidas por diversos países y organizaciones internacionales sobre la reutilización del agua.

La característica prioritaria en un tratamiento de aguas grises debe ser el diseñar procesos con un alto rendimiento y eficacia para cumplir con los límites establecidos en la norma de aguas residuales o grises del país. Para este documento se clasificará el uso de las aguas grises en dos: 1) Reutilización para uso potable y 2) reutilización para uso no potable en la que nos centraremos. Para el tratamiento de la primera se necesitaría diversos tratamientos tanto físicos, químicos y físico-químicos en obtener los estándares establecidos en la norma; a diferencia del segundo uso que su diseño sería muy sencillo. El sistema propuesto a implementar requiere una red de conexión a los desagües descrita anteriormente y un depósito donde se realizarán los diversos tipos de tratamiento físicos y químicos, estos dependen de la calidad del agua gris, espacio para instalar las estructuras y el costo.

El presente documento solo hará énfasis en el uso de agua gris exclusivamente para abastecer los tanques de los inodoros en la edificación. El tratamiento propuesto para este tipo de uso, es un pre tratamiento por medio de un cribado, trampa de grasas y filtración consiste en la retención de sólidos y disminución de la velocidad del agua para permitir la sedimentación, retención de grasa y espuma. El segundo un tratamiento químico, mediante la desinfección que permite utilizar el agua en óptimas condiciones. Se recomienda seleccionar el tipo de desinfección de acuerdo a las características del efluente. En la figura N° 7 se presentará el diagrama del tratamiento propuesto para el agua gris destinada al abastecimiento de los tanques de los inodoros.

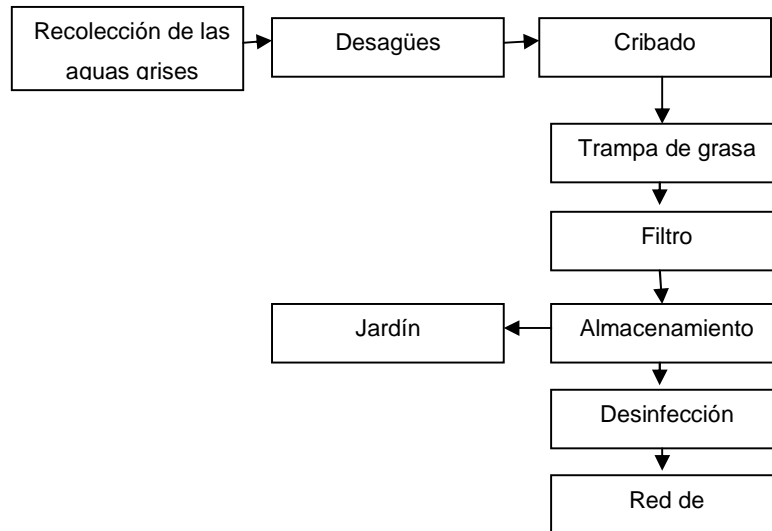
5.7.1 Cribado: Como se mencionó en el capítulo anterior, consiste en un tratamiento físico para la reducción de sólidos en suspensión de tamaños distintos, se utilizan una serie de rejillas a lo largo del tratamiento para retener; la distancia o las aberturas de la rejilla depende del objeto y su limpieza se hace manual o mecánicamente. Se recomienda instalar diferentes tipos de rejillas en el lavamanos, desagües de las duchas y lavadora impidiendo el paso de sólidos como pelos, papeles, telas, colillas, jabones y sólidos que puedan obstaculizar la red de tubería destinada para la recolección de aguas grises y funcionan como un primer tratamiento (Véase fotografía 4). Poster

Fotografía 4. Diferentes tipos de rejillas para lavamanos y duchas.



Fuente:<http://www.gilsa.com/productos/contra-con-rejilla-para-lavabo-con-rebosadero.html>

Figura 7. Diagrama de flujo del tratamiento propuesto al agua gris



Fuente: Autores.

5.7.2 Trampa de grasa: La trampa de grasas es básicamente una estructura rectangular de funcionamiento mecánico para flotación. El sistema se fundamenta en el método de separación gravitacional, el cual aprovecha la baja velocidad del agua y la diferencia de densidades entre el agua y la grasa o espuma para realizar la separación, adicionalmente realiza, en menor grado, retenciones de sólidos. Normalmente consta de tres sectores separados por pantallas en concreto o mampostería. En las trampas de grasas de baffles la primera pantalla retiene el flujo, obligándolo a pasar por la parte baja y la segunda permite el paso del flujo como vertedero lo que hace que se regule el paso y se presenten velocidades constantes y horizontales. En el primer y segundo sector se realiza la mayor retención de sólidos y en menor cantidad, la retención de grasas y aceites debido a la turbulencia que presenta el agua; en la tercera se realiza la mayor acumulación de los elementos flotantes como grasas y aceites los cuales pasan al desnatador conectado a dicha sección. Las trampas de grasas se construyen en concreto impermeable o polipropileno Las trampas de grasa necesitan mantenerse

con cantidades bajas de grasa para evitar taponar el sistema de desagüe o las líneas de drenaje. Para mantener el sistema funcionando sin problemas, hace falta limpiar las tuberías y la trampa periódicamente. Para evitar esas operaciones tan costosas, el sistema debe ser tratado biológicamente dos veces por mes para mantener las líneas de drenaje limpias y la grasa al mínimo en la trampa. Las bacterias introducidas en la trampa de grasa se alimentan de la grasa y el sedimento que se encuentra en la trampa, inhibiendo la acumulación de los mismos dándose cuenta que el tratamiento mantiene el sistema con la cantidad de sedimento muy bajo y evitando que la trampa de grasa se tapone o mantenga un mal olor. En próximos capítulos se describe el cálculo para diseñar una trampa de grasa.

5.7.3 Filtración: Como se mencionó en el capítulo anterior la filtración es una operación utilizada para remover los sólidos, material no sedimentable y la turbiedad, con el fin de asegurar una calidad superior en el efluente del tratamiento propuesto. De acuerdo a los análisis físico – químicos que se le realicen al agua de (agua de duchas, Agua de lavadora, agua lluvia), el paso de esta por el cribado y la trampa de grasa puede ser suficiente para garantizar un agua de calidad para actividades como abastecimiento de sanitarios, riego y limpieza.

5.8 ALMACENAMIENTO

A través de la tubería de desagüe de aguas grises se conectan a un tanque cuya finalidad es recibir las aguas servidas y retenerlas durante un tiempo para producir la sedimentación de sólidos y formación de natas. Se recomienda construirlo en una zona oscura y fría para evitar el proceso anaerobio. Además el sistema debe contar con una válvula solenoide que permita el ingreso de agua potable cuando los niveles de agua grises lleguen a la cota de agua mínima del tanque y debe disponerse de un rebalse en caso de que las aguas grises ingresadas superen el consumo para la provisión de agua de inodoros y riego.

5.9 DESINFECCIÓN

Como se menciona en el capítulo anterior el objetivo de la desinfección durante el tratamiento del agua gris es reducir substancialmente el número de microorganismos vivos para abastecer los tanques de los inodoros, riego y limpieza. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua tratada, del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de diversas variables ambientales.

Los métodos comunes de desinfección incluyen el cloro y sus derivados, el ozono y la luz UV. Los factores que deben ser considerados al evaluar las alternativas de desinfección incluyen su eficacia y fiabilidad, sus costes de capital, sus costes de funcionamiento y mantenimiento, su implementación, la facilidad de aplicación y el control y sus posibles efectos adversos. Se recomienda utilizar como método de desinfección el cloro debido a su bajo costo, su largo plazo de la eficacia y al conocimiento casi universal de su aplicación. Además, los desinfectantes basados en cloro son los únicos con propiedades residuales duraderas para prevenir el crecimiento microbiano y proporcionar protección continua. Sin embargo, tienen la desventaja de ser corrosivos y de generar compuestos orgánicamente clorados y dañinos para el ambiente.

5.10 RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUAS GRISES

Una vez ubicadas las estructuras de tratamiento y almacenamiento se procede a establecer la nueva red de aprovisionamiento de aguas grises.

Esta red estaría compuesta por los tramos de tubería que deben abastecer los sanitarios y las llaves de riego que se deseen instalar.

5.11 SISTEMA DE TRATAMIENTO PROPUESTO PARA EL USO DE AGUA GRIS EN EL RIEGO DE JARDINES Y PLANTAS

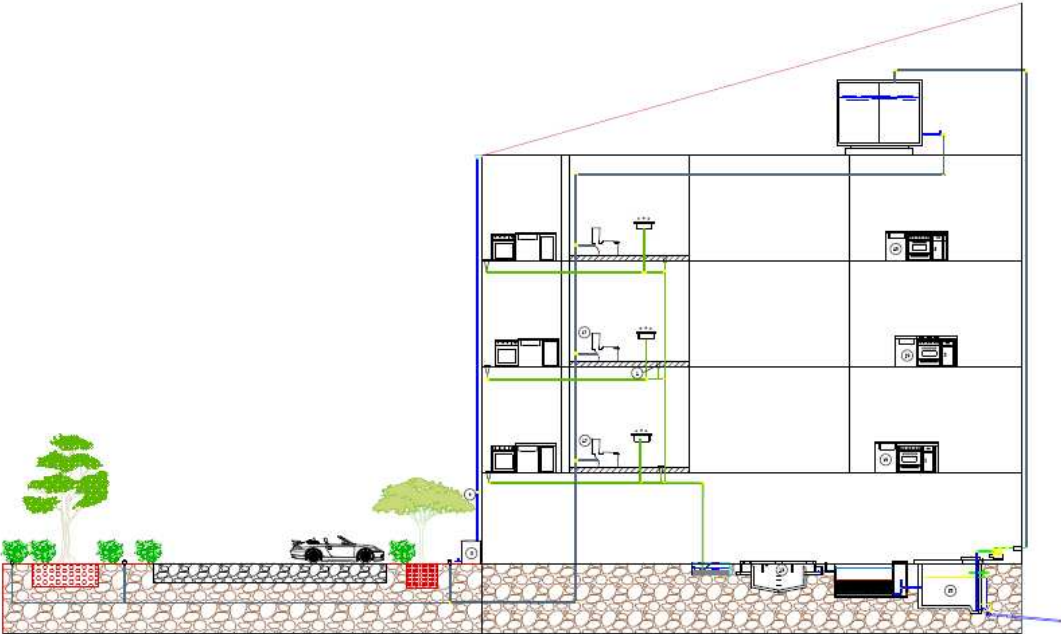
Las aguas grises utilizadas para el riego de jardines pueden ser abonos de gran valor para la horticultura. Las aguas residuales contienen una gran cantidad de fósforo, potasio y nitrógeno propicios para el riego de las plantas y jardines de la edificación donde se implemente este tipo de sistemas. Hay varios sistemas de tratamiento para tratar las aguas grises destinadas al riego; sin embargo el sistema por medio de filtro de acolchado es sencillo de implementar y realizar; además la aplicación es directa sobre las plantas.

Por medio de una red de distribución de aguas gris se deriva una tubería para uso exclusivo del jardín o plantas. El filtro acolchado consiste en zanjas rellenas y conformadas por corteza de árboles triturada, paja u hojas que se encargan de tratar las aguas; las aguas grises entran al colchón por gravedad y son filtradas primero por procesos mecánicos y luego son degradados biológicamente. La eficiencia de remoción varía dependiendo de las plantas a utilizar. Se recomienda utilizar una red de riego por aspersión y debe realizarse preferiblemente de noche o cuando las instalaciones se encuentren cerradas al público. El riego debe controlarse de manera que se minimicen los encharcamientos y la escorrentía quede confinada al terreno. Las plantas a utilizar y sembrar en el jardín deben soportar las altas concentraciones de nutrientes y DBO altas, se recomienda utilizar plantas cuyas características soporten tales concentraciones.

5.12 SUMINISTRO DE ENERGÍA

Para lograr la distribución de caudal a los aparatos sanitarios será necesario conducirlo a un tanque elevado para su posterior distribución por gravedad o en caso contrario por medio de un hidroneumático.

5.13 DIAGRAMA GENERAL DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRIS.



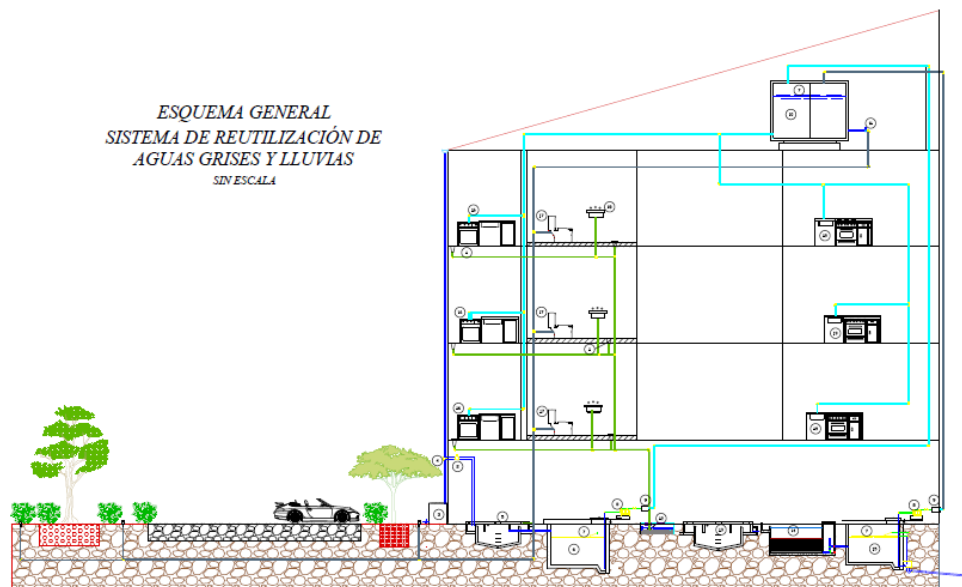
6. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS

El diseño de una instalación de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las lluvias dentro de una edificación obliga diseñar y desarrollar tres sistemas de recogida de aguas. El primero para aguas residuales, el sistema se debe canalizar hacia la red general de abastecimiento de la ciudad para un posterior tratamiento. Por otro lado las aguas grises se canalizarán hacia el tanque de almacenamiento y por último las aguas pluviales se canalizarán en una red hacia un tanque de almacenamiento.

Para cumplir con el diseño de este sistema, se debe tener en cuenta lo descrito en el capítulo 7 y 8 de este manual. Donde se establecen los procedimientos para el diseño de un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias y grises en una edificación. La diferencia entre los dos sistemas varia en el diseño del tanque de almacenamiento, debido a los sistemas de redes para la conducción de aguas pluviales y conducción de aguas grises estas deben converger a dos tanques de almacenamiento diferentes para cada tipo de agua, estos deben estar conectados entre sí de tal manera que permitan la conducción del agua pluvial al tanque de agua gris por medio de una válvula o rebose de la cota agua pluvial máxima aumentando el volumen del agua gris en caso de fallos en el sistema o en el suministro de agua gris a los inodoros y riego en el jardín. Para los diseños se deben tener en cuenta los modelos de cálculo presentados en el capítulo 10. Para las edificaciones en las cuales se desee implementar el sistema de reutilización captando aguas grises y aguas lluvias, se sugiere realizar un tratamiento más riguroso con el fin de obtener un efluente óptimo para su uso, sin correr el riesgo de colmatar rápidamente las estructuras propuestas como es el caso de los filtros. De acuerdo a lo anterior se recomienda un tratamiento preliminar, seguido de un tratamiento primario y secundario con las siguientes estructuras:

- 1 Cribado
- 2 Trampa de grasa
- 3 Filtrado físico
- 4 Almacenamiento
- 5 Desinfección

6.1 DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES.



7. MODELOS DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS LLUVIAS

7.1 ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO.

Determinando los caudales de diseño se obtendrá el volumen de agua pluvial y gris disponible para el abastecimiento de la edificación y a través de estos diseñar y construir los sistemas de captación, tratamiento y almacenamiento. A continuación se indicará las pautas para estimar un caudal de diseño dependiendo de la edificación a la cual se desee implementar el sistema de reutilización de aguas lluvias y grises. El objetivo principal es ofrecer una guía sencilla y entendible para las personas con cierto grado de conocimiento en construcción y que deseen implementar en sus hogares o edificaciones el sistema de aprovechamiento de las aguas lluvias y reutilización de las aguas grises, en esta sección se describen los modelos de calculo que facilitarán al lector herramientas de construcción sencillas para ser aplicadas. Esta información proporcionará las bases de diseño del tanque de almacenamiento como del sistema de tratamiento.

7.2 ESTIMACIÓN DE CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS

Para determinar el caudal de aguas lluvias se ajustan los datos de registro de precipitación diaria de 20 años como mínimo o a criterio del diseñador, a tres distribuciones de probabilidad: Normal, Lognormal, y Gumbel, por ser las más usadas en el estudio de variables hidrológicas.

Una distribución de probabilidad es una función que representa la probabilidad de ocurrencia de una variable aleatoria, y en este caso el ajuste de distribuciones se lleva a cabo por el método de los momentos.

Si las observaciones de una muestra están idénticamente distribuidas (cada valor de la muestra extraído de la misma distribución de probabilidad), estas pueden ordenarse para formar un histograma de frecuencia. Primero el rango factible de la variable aleatoria se divide en intervalos discretos, luego se cuenta el número de observaciones que cae en cada uno de los intervalos, consignando los valores en la columna 2 de la tabla N° 5 como la que se muestra:

Tabla No 5. Ajuste de una distribución normal.

Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Intervalo i	Rango (mm)	ni	fs(xi)	Fs(xi)	zi	F(xi)	p(xi)	χc2	χv2

Fuente. Chow, V. T, et al. Hidrología aplicada, McGRAW-HILL. 1ra ed, pp. 361-388.

Si el número de observaciones (n_i) del intervalo i , que cubre el rango $(x_i - \Delta x, x_i)$, se divide por el número total de observaciones n , el resultado se conoce como la función de frecuencia relativa $f_s(x_i)$ (columna 3):

$$f_s(x_i) = \frac{n_i}{n}$$

La cual es una estimación de la probabilidad de que la variable aleatoria X caiga en el intervalo $(x_i - \Delta x, x_i)$, $P(x_i - \Delta x \leq X \leq x_i)$.

La suma de los valores de las frecuencias relativas hasta un punto dado es la función de frecuencia acumulada $F_s(x_i)$ columna 4:

$$F_s(x_i) = \sum_{j=1}^i f_s(x_j)$$

Es un estimativo de $P(X \leq x_i)$, la probabilidad acumulada de x_i .

Las funciones de frecuencia relativa y de frecuencia acumulada están definidas para una muestra; las poblaciones correspondientes para la población se aproximan como límites a medida que $n \rightarrow \infty$ y $\Delta x \rightarrow 0$. En el límite la función de

frecuencia relativa dividida por el intervalo de longitud Δx se convierte en la función de densidad de probabilidad $f(x)$ y la función de frecuencia acumulada se convierte en la función de distribución de probabilidad $F(x)$. Para un valor dado de x , $F(x)$ es la probabilidad acumulada $P(X \leq x)$, y puede expresarse como la integral de la función de densidad de probabilidad sobre el rango $X \leq x$.

La función de distribución de probabilidad $F(x_i)$ columna 6, está en función de los diferentes parámetros, dependiendo el tipo de distribución de probabilidad que se use; como la variable estandarizada (z) columna 5, si es el caso de la distribución de probabilidad normal.

Luego se calcula un valor teórico de la función de frecuencia relativa, denominado la función de probabilidad incrementada $P(x_i)$, columna 7:

$$\begin{aligned} P(x_i) &= P(x_i - \Delta x \leq X \leq x_i) \\ &= F(x_i) - F(x_i - 1) \end{aligned}$$

Con el fin de seleccionar la distribución de probabilidad que mejor se ajuste a los datos de la muestra, para no incurrir en una estructura sobre diseñada y costosa o sub diseñada y peligrosa se emplea el método de la bondad del ajuste por ser el más empleado, a partir del cual se escoge la distribución de probabilidad que mejor se ajuste a los datos de la muestra (precipitación diaria).

Para verificar la bondad del ajuste, se calcula la prueba de estadística χ^2_c , columna 8, utilizando la ecuación:

$$\chi^2_c = \sum_{i=1}^m \frac{n[fs(x_i) - p(x_i)]^2}{p(x_i)}$$

Este valor se compara con χ^2_v , columna 9:

$$\chi^2_{2v} = \sum_{i=1}^v Z_i^2$$

En la prueba $\chi^2_{v, v=m-p-1}$,

Donde:

m: es el número de intervalos.

p: es el número de parámetros utilizados en el ajuste de la distribución propuesta.

Se escoge un nivel de confianza para la prueba; este usualmente se expresa como $1-\alpha$, donde α se conoce como el nivel de significancia. Un valor típico para el nivel de confianza es del 95%.

La hipótesis nula para la prueba de distribución de probabilidad propuesta ajusta adecuadamente la información. Esta hipótesis se rechaza (es decir, el ajuste se considera como inadecuado) si el valor de χ^2_c es mayor que un valor límite, $\chi^2_{v, 1-\alpha}$, determinado de la distribución χ^2 con v grados de libertad como el valor que tiene una probabilidad acumulada de $1-\alpha$.²¹

Este procedimiento es igual para las diferentes distribuciones de probabilidad, la variación está en los parámetros empleados y en la función de distribución de probabilidad F(x), empleada columna 6.

7.2.1 Distribución Normal.

La función de distribución normal es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$$

²¹ CHOW, Ven te. Hidrología aplicada: Estadística Hidrológica. 1 Ed. Bogotá: McGRAW-HILL, 1994. p. 361-388.

Donde μ y σ son parámetros. Esta función se simplifica definiendo la variable normal estándar z como

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

Donde \bar{x} (media de los datos) y S (desviación estándar) se usan como estimativos para μ y σ respectivamente.

De modo que:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2}$$

La función de distribución de probabilidad normal estándar es:

$$F(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du$$

Esta función puede aproximarse mediante el siguiente polinomio:

$$B = \frac{1}{2} [1 + 0.196854|z| + 0.115194|z|^2 + 0.000344|z|^3 + 0.019527|z|^4]^{-4}$$

Donde $|z|$ es el valor absoluto de z y la distribución normal estándar tiene:

$$\begin{aligned} F(z) &= B \text{ para } z < 0 \\ &= 1 - B \text{ para } z \geq 0 \end{aligned}$$

7.2.2 Distribución Lognormal:

En esta función los logaritmos naturales de la variable aleatoria se distribuyen normalmente. La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2}$$

Donde α y β son los parámetros de la distribución, α y β son respectivamente la media y la desviación estándar de los logaritmos de la variable aleatoria (precipitación diaria):

$$\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i$$

$$\beta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \alpha)^2}{n}}$$

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} du$$

$$z = \frac{\ln x - \alpha}{\beta}$$

Esta función puede aproximarse mediante el siguiente polinomio:

$$B = \frac{1}{2} [1 + 0.196854|z| + 0.115194|z|^2 + 0.000344|z|^3 + 0.019527|z|^4]^{-4}$$

Donde $|z|$ es el valor absoluto de z .

7.2.3 Distribución Gumbel:

La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha(x-\beta) - e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Donde α y β son los parámetros de la función, y se estiman como:

$$\alpha = \frac{1,2825}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - 0,45 S$$

Para muestras muy grandes, o:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = \bar{x} - \mu_y / \alpha$$

Para muestras relativamente pequeñas, donde μ_y y σ_y se muestran en la siguiente tabla:

Tabla No 6. Valores de μ_y y σ_y

<i>n</i>	μ_y	α_y
10	0,4952	0,9496
15	0,5128	1,0206
20	0,5236	1,0628
25	0,5309	1,0914
30	0,5362	1,1124
35	0,5403	1,1285
40	0,5436	1,1413
45	0,5463	1,1518
50	0,5485	1,1607
55	0,5504	1,1682
60	0,5521	1,1747
65	0,5535	1,1803
70	0,5548	1,1854
75	0,5559	1,1898
80	0,5569	1,1938
85	0,5578	1,1974
90	0,5586	1,2007
95	0,5593	1,2037
100	0,56	1,2065

Fuente. Chow, V. T, et al. Hidrología aplicada, McGRAW-HILL. 1ra ed, pp. 361-388.

7.3 ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO

Con la prueba de bondad del ajuste realizada a todas las distribuciones de probabilidad se selecciona la distribución más adecuada a partir de la cual se determina el caudal de diseño por aguas lluvias.

La probabilidad de que la precipitación diaria (X) en un año cualquiera sea mayor o igual a (x) mm. es: 1 menos la probabilidad de que la precipitación diaria sea menor o igual a (x).

$$P(X \geq x) = 1 - P(X \leq x)$$

Como el periodo de retorno es el inverso de la probabilidad se tiene:

$$P(X \leq x) = 1 - P(X \geq x) = 1 - \frac{1}{T} = \frac{T - 1}{T}$$

Por tanto para un periodo de retorno fijado a criterio del diseñador se determina la probabilidad de ocurrencia (Conocido T (periodo de retorno), se determina: $P(X \leq x)$), y de acuerdo a la distribución de probabilidad escogida previamente se establece el valor del parámetro estándar(Con $P(X \leq x)$, se calcula el valor del parámetro estándar), con el cual se despeja la precipitación diaria de diseño para el caso de la distribución normal es:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

$$x = z\sigma + \mu$$

Una vez se tiene la precipitación diaria (x) para un periodo de retorno determinado, se calcula el volumen a almacenar aplicando la siguiente expresión:

$$V = P \sum_{i=1}^n A_i C_i$$

$$V \text{ (m}^3\text{/día).}$$

$$Q = V * (1 \text{ día}/86400 \text{ seg})*(1000 \text{ lt} / 1 \text{ m}^3).$$

$$Q \text{ (lt/seg.)}$$

Donde:

P es la precipitación

A es el área útil de la edificación, cubiertas, terrazas etc.

C es el coeficiente de escorrentía de cada área.

7.4 DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO POR MEDIO DEL ANÁLISIS HIDROLÓGICO.

Para la determinación del volumen del tanque de almacenamiento se utiliza la curva de masa o curva integral de gastos, esta consiste en un diagrama donde en el eje de las ordenadas se grafica el volumen acumulado (m^3) y en el eje de las abscisas el tiempo en que se acumulan los escurrimientos.

Para graficar una curva de masa se puede utilizar unidades de tiempo tales como el mes, día, etc. Todo depende del grado de precisión que se requiera y de las características de la información que se tenga.

Para satisfacer una cierta cantidad de agua para consumo del edificio se utilizan las denominadas curvas de demanda. Cuando la demanda es constante se convierte en una línea recta con pendiente igual al gasto que se requiere. Se define en términos generales que la máxima desviación entre la curva de demanda y la curva de masa representa el volumen del tanque de almacenamiento que se requiere para satisfacer una demanda específica de agua. Para determinar el volumen del tanque de almacenamiento necesario (útil) para satisfacer una demanda dada, se emplea el siguiente procedimiento:

Se implementan los datos de precipitación diaria de la zona del proyecto; de acuerdo al análisis hidrológico planteado y se ubican estos datos en la siguiente tabla:

Tabla No 7. Determinación del volumen del tanque de almacenamiento

<i>mes</i>	<i>Día del mes</i>	<i>día del año</i>	<i>Precipitación (mm)</i>	<i>Volumen V m3</i>	<i>Volumen Acumulado Va m3</i>	<i>Demanda acumulada Da m3</i>	<i>Da - Va m3</i>
------------	--------------------	--------------------	---------------------------	---------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------

Fuente. Chow, V. T, et al. Hidrología aplicada, McGRAW-HILL. 1ra ed, pp. 361-388.

En la columna mes y día del mes se ubican los registros de precipitación de la estación cercana a la zona del proyecto. La columna día del año es el número del día del año en que se presentó dicha precipitación.

La columna de precipitación es la lectura que se toma de los datos obtenidos de la estación meteorológica en (mm).

Para determinar el volumen diario se emplea la expresión:

$$V = P \sum_{i=1}^n A_i C_i$$

Luego se calcula el volumen acumulado (Va) para cada intervalo de tiempo (día). Se conoce ya la magnitud del gasto de demanda para el sistema que está en unidades de (m³/mes), por tanto se en términos de volumen diario (m³/día). Para determinar la demanda acumulada se multiplica el número del día del año por la demanda en términos de volumen diario. (Esto considerando que la demanda se tiene en los 365 días del año.).

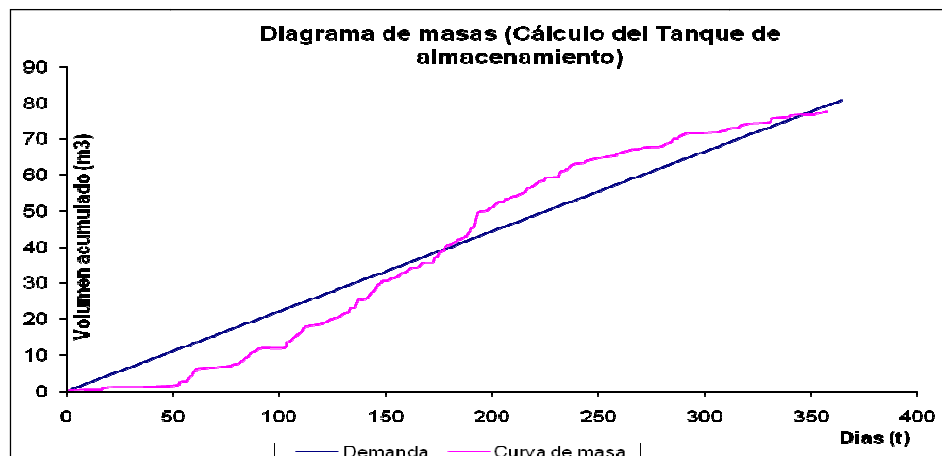
Luego se procede a la construcción del diagrama de masas graficando el volumen acumulado Va (m³) en las ordenadas y el tiempo en días en las abscisas. La curva de la demanda se realiza graficando en las ordenadas la Demanda acumulada Da (m³) y en las abscisas el tiempo en días. Luego se determina la

diferencia entre la demanda acumulada y el diagrama de masas que se coloca en la última columna, finalmente se considera por definición que la máxima desviación entre la curva de demanda y la curva de masas es aquella que presenta el valor positivo máximo que se encuentra en esta última columna de la tabla, en este sentido se encuentra la capacidad del tanque, que corresponde a la cantidad de agua necesaria para satisfacer una demanda constante dada.

En la siguiente figura se toma el mayor valor positivo de la última columna de la tabla anterior (demanda acumulada – volumen acumulado), debido a que la demanda es mayor que el volumen acumulado por tanto para satisfacer esta demanda mayor es necesario almacenar, esa diferencia de caudal tiene como propósito el almacenar y abastecer agua en los periodos de sequía.

Este cálculo de diseño será viable en cuanto la edificación posea un área de cubierta adecuada y disponibilidad de espacio suficiente para la construcción de un tanque de dimensiones importantes.

Figura 8. Diagrama de masas Cálculo del tanque de almacenamiento



Fuente. Chow, V. T, et al. Hidrología aplicada, McGRAW-HILL. 1ra ed, pp. 361-388.

Los caudales de aguas grises se estimaran de acuerdo a cada caso en particular. Esto se debe a que los aparatos o piezas sanitarias implementados en cada edificación no suministran el mismo caudal, también se debe considerar las costumbres de los habitantes de cada edificación referenciado al uso simultáneo de duchas o piezas sanitarias que se desee usar en el sistema.

Para hallar el caudal de diseño, se deberán aforar las unidades que se quieran implementar en el sistema de reutilización de aguas sumando los caudales que puedan ser generados simultáneamente se podría estimar el caudal de la siguiente manera:

Q1 = Caudal de la ducha generado en el baño No 1

Q2 = Caudal de la ducha generado en el baño No 2

Q3 = Caudal de la ducha generado en el baño No 3

Q4 = Caudal de la ducha generado en el baño No 4

Q5 = Caudal generado por la lavadora

El caudal de aguas grises seria:

$$Q_{\text{Agua.gris}} = Q_1 + Q_2 + Q_5$$

En resumen el caudal de diseño será:

$$Q_{\text{diseño}} = Q_{\text{A.ll}} + Q_d + Q_l + \dots + Q_n$$

Donde:

$Q_{\text{A.ll}}$ = Caudal Agua lluvia

Q_d = sumatoria de los caudales generados en las duchas

Q_l = Caudal generado en el vaciado de la lavadora.

Q_n = Caudal de los demás aparatos que se deseen integrar al sistema.

Para obtener el caudal de cada una de las piezas sanitarias se recomienda realizar aforo volumétrico, el cual consiste en utilizar un recipiente de volumen conocido (V), y un cronometro.

El caudal será para cada caso particular la división del volumen conocido (V), por el tiempo que tarda la pieza sanitaria en llenar el recipiente.

Es decir

$$Q = \frac{\text{Volumen(litros)}}{\text{tiempo(segundos)}}$$

7.5 DESCRIPCIÓN Y PRINCIPIOS DE DISEÑO DE LAS UNIDADES PROPUESTAS PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA GRIS Y/O LLUVIA

7.5.1 Cribado²²:

El cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua, mediante el paso de ella por una criba o rejilla. La criba puede ser de cualquier material agujereado ordenadamente, por ejemplo una plancha o lámina metálica, de madera o de concreto, con agujeros redondos, cuadrados o de cualquier forma geométrica. También puede construirse una criba con una celosía fija o emparrillado de barras o varillas de hierro o acero.

De acuerdo con el método de limpieza, las rejillas o cribas son de limpieza manual o mecánica. Según el tamaño de las aberturas se clasifica como rejillas gruesas o

²² ROMERO ROJAS, Jairo A. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Residuales. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000. P. 287

finas. Las gruesas son aquellas con aberturas iguales o mayores de 0.64cm, mientras que las finas tienen aberturas menores de 0.64cm.

En el tratamiento de agua se usan las rejillas gruesas principalmente de barras o varillas de acero, para proteger bombas, válvulas, tuberías y equipos del taponamiento o interferencia causados por trapos, tarros y objetos grandes. Las partículas suspendidas mayores de 0.64cm pueden removerse más económicamente mediante cribado que por cualquier otra operación unitaria. Las rejillas finas son generalmente del tipo de disco o tambor.

La longitud de las rejillas de limpieza manual no debe exceder de la que permita su limpieza conveniente por el operador. En la parte superior de la rejilla debe proveerse una placa de drenaje o placa perforada, con el objeto de permitir el drenaje temporal del material removido. El canal de acceso a la rejilla debe diseñarse para prevenir la acumulación de arena u otro material pesado, antes y después de la rejilla. El canal debe preferiblemente ser horizontal, recto y perpendicular a la rejilla, para promover una distribución uniforme de los sólidos retenidos por ella.

A continuación se muestra la metodología de diseño de la rejilla y las dimensiones del canal de entrada.

7.5.1.1 Parámetros de diseño para rejillas limpiadas manualmente.

Cuadro No 5. Parámetros de diseño para rejillas

PARAMETROS DE DISEÑO	UNIDAD	RANGO	REJILLA
Espaciamiento entre barras	Mm	15-50	22
Diámetro de las barras	pulgadas	3/8 – 1 ½	0,38
Velocidad de aproximación	m/s	0.3 – 0.6	0,5
Velocidad a través de las barras	m/s	0.3 – 0.6	0,6
ángulo de inclinación	°	45	45

Fuente: Romero Rojas, Jairo. Tratamiento aguas residuales. pj 288.

- Por medio de la fórmula de Kirshmer, se calcula la pérdida de energía en la rejilla.

$$K = \beta * \left(\frac{S}{b} \right)^{1.33} h_v * \text{Sen}\alpha$$

Donde:

K = pérdida de energía (m)

β = factor de forma de las barras

S = Ancho máximo de la sección transversal de las barras, en la dirección de flujo, m.

b = Espaciamiento o separación mínima entre barras, m

h_v = Altura o energía de velocidad del flujo de aproximación, m.

α = Angulo de la rejilla en relación con la horizontal.

Para diseño se acepta una perdida máxima en la rejilla de 75cm (RAS 2000).

Dado que en nuestras casas o en edificaciones pequeñas es tedioso y poco viable profundizarnos en excavaciones, se recomienda que la perdida en la rejilla no sobrepase los 10cm.

- Posteriormente y con base en el caudal de diseño se obtiene el área transversal del canal de entrada.

$$A_t = Q/V$$

Donde:

A_t = Área transversal del canal, m².

Q = Caudal de diseño, m³/seg.

V = Velocidad de aproximación del agua.

- Las dimensiones del canal de entrada se obtienen a partir del área transversal del canal, asumiendo un ancho de canal que se adecue al terreno o espacio para instalar la unidad.

$$A_t = b * h$$

A_t = Área transversal

b = Base de la sección transversal del canal

h = Altura del canal.

- Finalmente se halla el número de barras n requerido:

$$n * \Phi + (n + 1) * e = B$$

Donde:

n = número de barras requerido.

Φ = espesor de la barra

e = espaciamiento entre barras

B = Longitud de la base del canal, m.

Cabe aclarar que para diseños de viviendas unifamiliares o de sistemas que traten caudales pequeños basta con diseñar el canal de entrada de acuerdo al caudal de diseño y se podrán colocar tamices finos con el fin de retener material indeseable en las unidades posteriores como pelos y hojas.

7.5.2 Desarenador²³

Los desarenadores son dispositivos que constituyen una de las primeras unidades en el tratamiento de las aguas ya sean residuales o para el consumo humano. Su trabajo se basa en un proceso dinámico de separación de partículas sólidas suspendidas en el agua. Estas partículas, por ser más pesadas que el agua, tienden a depositarse en el fondo, verificándose de esta manera la separación de

²³ CALDERON RAMIREZ, John; LARA DE CASTILLO, Benilda y ZAMBRANO ALFONSO, Napoleón. Alcantarillados. Ed. Universidad del Cauca, p 200.

partículas. Aumentando o disminuyendo la velocidad de flujo de las aguas, se reducen los efectos de turbulencia, provocándose la deposición de tales partículas. Esto se consigue en depósitos donde se trata de evitar al máximo la turbulencia, denominándose a los mismos sedimentadores o tanques de sedimentación. En la técnica de purificación de las aguas, la decantación se emplea con las siguientes finalidades:

- Remoción de arenas.
- Remoción de partículas sedimentables finas, sin coagulación (sedimentación simple)
- Remoción de flóculos o grumos, que se realiza después de la coagulación.

El material en suspensión transportado por el agua es básicamente arcilla, arena o grava fina. A continuación se presenta una clasificación del material, de acuerdo con el tamaño de las partículas.

Cuadro No 6. Clasificación del material en suspensión según tamaño.

<i>Material</i>	<i>Diametro (mm)</i>	<i>Material</i>	<i>Diametro (mm)</i>
Gravilla		Fango	
Gruesa	> 2.0	Grueso y medio	0.05 - 0.01
Fina	2.00 - 1.00	Fino	0.01 - 0.005
Arena		Arcilla	
Gruesa	1.00 - 0.50	Gruesa y media	0.005 - 0.001
Media	0.50 - 0.25	Fina	0.001 - 0.0001
Fina	0.25 - 0.10	Coloidal	<0.0001
Muy fina	0.10 - 0.05		

Fuente: LOPEZ CUALLA, Ricardo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Pj 183.

- **Partes de un desarenador²⁴:** En un desarenador se pueden diferenciar claramente las siguientes partes:

Dispositivos de entrada y salida; deben diseñarse de tal manera que se logre una distribución uniforme de la velocidad, a todo lo ancho del desarenador.

Volumen útil, donde propiamente se efectúa la sedimentación. Se considera la parte vital del sistema.

Volumen adicional, ubicado en el fondo, donde se deben almacenar los sedimentos durante determinado intervalo de limpieza.

Dispositivo de limpieza y de rebose.

7.5.2.1 Parámetros de diseño del desarenador²⁵.

- Los dispositivos de entrada y salida se diseñan y ubican de tal forma que asegure una distribución uniforme de la velocidad en toda la sección transversal del desarenador. Estos dispositivos, deben ubicarse teniendo en cuenta que se evite al máximo, la posibilidad de un corto circuito.
- La eficiencia del desarenador no debe ser menor del 75%, se considera un valor óptimo el 90%. La eficiencia depende de:
 - ✓ Del tamaño de la partícula más pequeña que se desee sedimentar.
 - ✓ Del correcto diseño de los dispositivos de entrada y salida, con lo cual se asegura una distribución uniforme del caudal a lo ancho del desarenador.

²⁴ LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Ed. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería, 1995. p 23

²⁵ Ibid.p.183

- ✓ De la relación que exista entre las dimensiones de las partes componentes del sistema.
 - ✓ Del valor del área superficial.
 - ✓ De la profundidad útil y de la altura adicional para almacenar los sedimentos.
-
- El dispositivo de salida del desarenador, debe ser un canal con vertedero, ubicado a todo lo ancho del tanque; este canal debe colocarse después de un tabique o pantalla cuyo borde inferior debe estar sumergido en el agua en un mínimo de 0.30 a 0.45 metros, el cual impedirá que salga del desarenador todo el material flotante que se acumula en la superficie del líquido; la velocidad horizontal con que pase el agua por debajo del tabique, no debe exceder a la tercera parte de la velocidad de arrastre, también puede diseñarse un vertedero invertido, para este caso, no se requerirá el tabique.
 - La profundidad efectiva, debe estar comprendida entre 1.50 y 1.80 metros, aunque existe diversidad de criterios entre los diferentes autores.
 - El ancho mínimo recomendado, debe ser de 0.70 metros, preferiblemente 1 metro, con el fin de posibilitar la limpieza periódica del sistema. Se puede decir que lo preferible es que sean mucho más largos que anchos y poco profundos.
 - La relación entre la longitud útil y ancho del desarenador, con el fin de aproximarse lo más posible al flujo en pistón, se recomienda (L/B) entre 3/1 y 5/1.
 - La relación entre la longitud útil y la altura efectiva, debe ser aproximadamente diez.
 - La tubería de llegada se debe proyectar en el eje longitudinal, con el fin de prevenir que se presenten cortos circuitos.

- Se le debe diseñar un dispositivo de rebose, que permita evacuar los excesos; este dispositivo se debe ubicar muy cerca de la entrada del agua, de manera lateral.
- En cuanto al periodo de retención hidráulico el tiempo que tarda una partícula de agua en entrar y salir del tanque debe fluctuar entre 30 minutos y 4 horas.
- El volumen adicional en el fondo para almacenar los sedimentos puede tener una altura máxima igual a H útil. Este volumen debe calcularse, teniendo en cuenta la concentración de sedimentos más crítica y un determinado periodo de limpieza.
- El fondo del desarenador, debe diseñarse con una pendiente comprendida entre el 3% y el 8%, de manera que facilite la limpieza de los sedimentos y al mismo tiempo, permita hacer alguna limpieza manual o reparaciones, sin que las personas sufran accidentes.

7.6 Filtro lento en arena²⁶

La filtración es una operación utilizada para remover los sólidos, material no sedimentable y la turbiedad, con el fin de asegurar una calidad superior en el efluente del tratamiento propuesto.

De acuerdo a los análisis físico – químicos que se le realicen al agua de (agua de duchas, Agua de lavadora, agua lluvia), el paso de esta por el cribado y el desarenador puede ser suficiente para garantizar un agua de calidad para actividades como abastecimiento de sanitarios, riego y limpieza. Sin embargo, y para las edificaciones que cuentan con suficiente espacio y que requieren obtener un agua de excelente calidad se hará una explicación del proceso de filtrado lento en arena. La estructura de una unidad de filtro lento en arena, consiste en un

²⁶ CALDERON RAMIREZ, John; LARA DE CASTILLO, Benilda y ZAMBRANO ALFONSO, Napoleón. Alcantarillados. Ed. Universidad del Cauca, p 200.

tanque con un lecho de arena de profundidad definida. El tanque debe tener una capa de sobrenadante de agua cruda. El lecho de arena es colocado sobre un medio de soporte en grava. En el fondo del filtro se encuentra un sistema de drenaje, por donde sale el agua filtrada. La filtración lenta debe operarse a bajas tasas y la unidad debe lavarse raspando las capas superficiales del medio filtrante. En la filtración se puede remover el material en suspensión que no fue eliminado en el desarenador y un porcentaje de los microorganismos. Así, el propósito más importante de la filtración es remover la turbiedad. Los porcentajes de remoción que presenta un filtro lento en arena se muestran a continuación.

Tabla No 8. Porcentajes de remoción de un filtro lento.

Parámetro	Reducción típica
Entero - bacterias	90 -99% La eficiencia de remoción de coliformes es reducida bajo condiciones de temperaturas bajas, aumento de velocidad de filtración, uso de arena gruesa.
Turbiedad	Generalmente reducida a menos de 1 UNT
Color	30 - 90% siendo 30% la eficiencia más común.
Metales pesados	30 - 90% o aún mas

Fuente: ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua.

7.6.1 Parámetros de diseño para el filtro

- **Composición de los lechos filtrantes:** El medio filtrante debe estar compuesto por un material granular, inerte, durable y limpio. Normalmente se usa arena exenta de arcilla y preferiblemente libre de materia orgánica. No debe contener más de 2% de carbonato de calcio y magnesio, para evitar que en aguas con un alto contenido de dióxido de carbono (CO₂) éste quede atrapado y se produzca cavitación en el medio filtrante.

El tamaño efectivo recomendado para la arena es del orden de 0.35 mm a 0.55 mm, con un coeficiente de uniformidad entre 2 y 4. El espesor del lecho filtrante en arena debe estar entre 0.8 m y 1.0 m. En la práctica es muy importante asegurar la limpieza del material, antes de ser colocado.

- **Medio de soporte:** El medio o capa de soporte debe estar constituido por grava. Las piedras deben ser duras y redondeadas, con un peso específico superior a 2.5, debe estar libre de limo, arena y materia orgánica; en caso de no ser así, debe lavarse cuidadosamente para asegurar su limpieza. La grava no debe perder más del 5% de su peso al sumergirla en ácido clorhídrico por 24 horas. La capa de grava debe diseñarse teniendo en cuenta dos valores, el tamaño de los granos de arena en contacto con ésta para decidir el tamaño de la grava más fina y las características del drenaje para seleccionar el tamaño de la grava más gruesa. En la tabla N° 9 se establecen especificaciones para este medio de soporte.

Tabla No 9. Especificaciones de la grava de soporte

Capa	Tamaño de la grava (mm)	Espesor del medio (m)
1	9 -10	0.10 - 0.15
2	2 - 9	0.05
3	1.15 (arena)	0.05

Fuente. RAS 2000 Título C. Sección C.7.5.2.2

- **Dispositivo de entrada:** Puede estar constituido por una cámara de distribución con compuertas y un aliviadero de rebose; puede emplearse un vertedero triangular de pared delgada para aforar el afluente. Se recomienda que la entrada del agua al filtro se efectúe por medio de un vertedero ancho, de pared gruesa con el fin de obtener una lámina delgada de agua, y colocar un aditamento apropiado para amortiguar el impacto que genera la caída de agua sobre el lecho filtrante.

- **Dispositivo de salida:** Se recomienda un vertedero de control a una altura de por lo menos 0.1 m, mayor que la cota del nivel máximo del lecho de arena.
- **Velocidad de filtración:** La tasa de filtración de la unidad debe estar entre 2.4 m³/(m².día) a 7.2 m³/(m².día).
- **Altura del agua sobre el lecho:** La altura del agua sobrenadante debe ser de 0.7 a 1 m.
- **Velocidad a la entrada:** La velocidad máxima de flujo a la entrada debe ser de 0.1 m/h.
- **Pérdida de carga:** La pérdida de carga del filtro debe estar entre 0.10 m a 1.0 m.
- **Sistema de drenaje:** La recolección del agua filtrada debe efectuarse por medio del sistema de drenaje, el cual puede estar conformado por drenes o por ladrillos de construcción.
- **Limpieza de la unidad:** En estas unidades se busca que sólo después de largos períodos de tiempo sea necesario realizar la limpieza manual de los filtros.

7.7 DISEÑO DE UNA TRAMPA DE GRASA

La finalidad de la trampa de grasas es la separación de sustancias ligeras de las aguas grises y que tienden a flotar, como grasas y aceites, jabones y pedazos de plástico, tejidos etc. Según las condiciones impuestas por las Normas RAS 200, la trampa de grasas debe tener al menos las siguientes condiciones: 0.52 Mt² por LPS de agua a tratar. La relación ancho a largo de 1:4 a 1:18. Para generalidades de este documento las dimensiones de la trampa de grasa se definen a continuación.

7.7.1 Criterios de diseño

Caudal

Carga superficial según Heisman es de $0,8 \times 10^{-3}$ o 4×10^{-3}

Tiempo de retención

Altura

Relación largo/ancho

7.7.2 Cálculos

7.7.2.1 Volumen efectivo

$$V = Q * Tr$$

Donde:

V (M3) = Volumen

Q (M3/min) = Caudal

Tr (Min)= Tiempo de retención

7.7.2.2 Área efectiva

$$Area\ efectiva = V/H$$

Donde:

Área efectiva (m²)

V (m³) = Volumen

H (m) = Profundidad

Los anteriores cálculos corresponden a una trampa de grasa sencilla, para más detalles el diseño debe ser realizado por un ingeniero o técnico. Se recomienda que el diseño se construido de acuerdo a las características del agua gris de la edificación.

7.8 SUMINISTRO DE ENERGÍA AL FLUIDO²⁷.

La mayoría de tanques necesitan una bomba para circular el agua después de su almacenamiento. Están diseñadas para empujar el agua hasta la vivienda. Los sistemas con bombas deben ser diseñados lo más cerca posible al tanque de almacenamiento. A continuación se establecerán las consideraciones para su diseño.

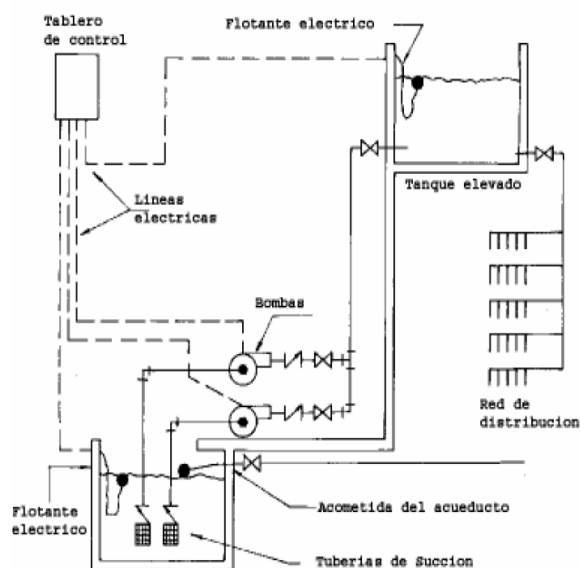
7.8.1 Sistemas de bombeo de tanque a tanque:

Este sistema consiste en un tanque elevado ubicado en la parte alta de la edificación; con una altura que permita la presión de agua establecida según las normas.

Desde el tanque elevado se hace descender una tubería vertical de la cual surgirá para cada aparato a involucrar en el sistema, una ramificación correspondiente al mismo, dándose de esta forma el suministro por gravedad. Este sistema requiere del estudio de las presiones de los aparatos a implementar, asegurándose con este que las mismas no sobrepasen los valores adecuados.

²⁷ WEKKER, J W. Sistemas de bombeo: Características y Dimensionamiento [en línea]<
http://www.grupohoba.com/downloads/curso_UCAB.pdf>. p.1

Figura 9. Esquema de bombeo a tanque elevado.



Fuente: WEKKER, J W. Sistemas de bombeo: Características y Dimensionamiento [en línea]< http://www.grupohoba.com/downloads/curso_UCAB.pdf>. p.1

En la parte inferior de la edificación existe un tanque, el cual puede ser superficial, semi subterráneo o subterráneo y en el que se almacenará el agua que llega del abastecimiento (Aguas grises y lluvias). Desde este tanque un número de bombas establecido (casi siempre una o dos), conectadas en paralelo impulsarán el agua al tanque elevado.

7.8.2 Consideraciones generales para el cálculo

El cálculo del sistema de bombeo de tanque a tanque requiere de dos pasos previos, del cálculo de la dotación diaria (y caudal de bombeo) y de la carga dinámica total de bombeo. Sin embargo se hace necesario la coordinación de algunos parámetros, los cuales se explican a continuación:

- Cuando fuere necesario emplear una combinación de tanque bajo, bomba de elevación y estanque elevado, debido a presión insuficiente en el acueducto

público, y/o a interrupciones de servicio frecuentes, el volumen utilizable del estanque bajo no será menor de las dos terceras ($2/3$) partes de la dotación diaria y el volumen utilizable del estanque elevado no será menor de la tercera ($1/3$) parte de dicha dotación.

- La tubería de aducción desde el abastecimiento público hasta los estanques de almacenamiento, deberá calcularse para suministrar el consumo total diario de la edificación en un tiempo no mayor de cuatro (4) horas, teniendo como base la presión de suministro, diámetro y recorrido de la aducción.
- La tubería de bombeo entre un estanque bajo y el elevado deberá ser independiente de la tubería de distribución, calculándose el diámetro para que pueda llenar el estanque elevado en un máximo de dos (2) horas, previendo en esta que la velocidad esté comprendida entre 0.60 y 3.00 m/seg.
- Los diámetros de la tubería de impulsión de las bombas se determinarán en función del gasto de bombeo, pudiendo seleccionarse conforme a la siguiente tabla.

En general la selección de una bomba está asociada a un problema de diseño del sistema de tuberías, al que se debe acoplar la maquina hidráulica con el fin de realizar el transporte. Para el diseño se disponen de datos que podemos extraer de la topografía, planos de la vivienda, información hidrológica.

Cuando los tanques de almacenamiento son suplidos, mediante bombeo, la capacidad podrá determinarse en forma similar al suministro por gravedad, solo que ella estará determinada por el tiempo y el periodo de bombeo; es decir a mayor tiempo de bombeo menor capacidad, y viceversa, pero también existirán diferencias para un mismo tiempo de bombeo en función del horario o periodo de día que se seleccionen [Corcho y Duque, 1993]²⁸.

²⁸ CORCHO ROMERO, Freddy Hernán y DUQUE SERNA, José Ignacio. Acueductos. Teoría y Diseño: Bombas y estaciones de bombeo. 3 ed. Medellín: Universidad de Medellín, 2005. P 354-400.

Tabla No 10. Diámetros de la tubería de impulsión.

Caudales Lts/Seg				Diámetros	
				Nominal Plg	Interno cms
	hasta		0,85	3/4"	2,09
de	0,86	a	1,50	1"	2,66
de	1,51	a	2,30	1 1/4"	3,53
de	2,31	a	3,40	1 1/2"	4,09
de	3,41	a	6,00	2"	5,25
de	5,01	a	9,50	2 1/2"	6,27
de	9,51	a	13,50	3"	7,79
de	13,51	a	24,00	4"	10,2

Fuente: WEKKER, J W. Sistemas de bombeo: Características y Dimensionamiento [en línea] <www.grupohoba.com/downloads/curso_UCAB.pdf> p.2

Para el cálculo de la tubería de succión Corcho y Duque establecen la siguiente ecuación:

$$A = \pi * \phi^2/4$$

Donde:

A= Área de la tubería (m²)

φ= Diámetro de la tubería (m) Para la velocidad mínima se recomienda un valor de 0,45 m/s (Corcho y Duque) y para la velocidad máxima, el RAS 200 recomienda una velocidad 1.45 m/s para el diámetro asumido. Se recomienda que el valor obtenido para la velocidad de impulsión debe cumplir en el rango establecido en el literal B.8.5.6.2 del RAS 2000.

Para el diseño de la bomba se debe precisar el tipo que va a ser utilizada, si ésta es de succión negativa es importante considerar el fenómeno de cavitación. Éste se genera como consecuencia de la vaporización del líquido dentro de la tubería; la presencia de aire dentro del sistema, contribuye a un mayor desgaste de la

máquina. Para minimizar el efecto de la cavitación se calculará la "Cabeza Neta de Succión Positiva Disponible" (NPSHd), nos indica la máxima altura de succión que otorga el sistema; adicionalmente se debe cumplir que la "Cabeza Neta de Succión Positiva Requerida" (NPSHr), cuyo valor lo proporciona el fabricante de la bomba, debe ser menor que el NPSH disponible, para evitar la cavitación.

El cálculo del NPSHd se debe hacer primero correcciones de la presión barométrica y de la presión de vapor.

Según J W. Sistemas de bombeo la potencia de la bomba podrá calcularse por la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{Q \text{ (lps)} * H \text{ (m)}}{75 * \left(\frac{n\%}{100}\right)}$$

Donde:

CV: Potencia de la bomba en caballos de vapor (Para caballos de fuerza usar la constante de 76 en lugar de 75)

Q: Capacidad de la bomba

ADT: Carga total de la bomba

N: Rendimiento de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima en 60%.

Luego de escoger la bomba y diseñar la tubería; se verifica el buen funcionamiento del sistema, chequeando a cavitación la tubería de succión y la bomba. Por último se chequea a golpe de ariete para establecer las especificaciones definitivas de las tuberías y de las protecciones que sean necesarias.

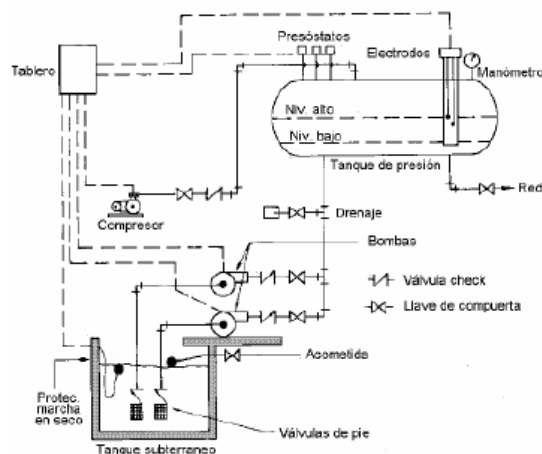
7.9 SISTEMA HIDRONEUMATICO

7.9.1 Principio de funcionamiento:

Los sistemas hidroneumáticos se basan en el principio de compresibilidad o elasticidad del aire cuando es sometido a presión.

El sistema, el cual se representa la figura anterior (figura 9), funciona de la siguiente manera: El agua gris y/o lluvia que es suministrada, es retenida en un tanque de almacenamiento a través de un sistema de bombas y será impulsada a un recipiente a presión (de dimensiones y características calculadas en función de la red) que contiene volúmenes variables de agua y aire. Cuando el agua entra al recipiente aumenta el nivel de esta, al comprimirse el aire aumenta la presión, cuando se llega a un nivel de agua y presión determinados, se produce la señal de parada de la bomba y el tanque queda en la capacidad de abastecer la red, cuando los niveles de presión bajan, a los mínimos preestablecidos, se acciona el mando de encendido de la bomba nuevamente

Figura 10. Esquema general del sistema hidroneumático



Fuente: WEKKER, J W. Sistemas de bombeo: Características y Dimensionamiento [en línea] <www.grupohoba.com/downloads/curso_UCAB.pdf> p.2

7.9.2 Componentes del sistema hidroneumático

El Sistema Hidroneumático deberá estar construido y dotado de los componentes que se indican a continuación:

1. Un tanque de presión, el cual consta de un orificio de entrada y otro de salida para el agua (se debe mantener un sello de agua para evitar la entrada de aire en la red de distribución) y uno para la inyección de aire en caso de faltar el mismo.
2. Un número de bombas acorde con las exigencias de la red (una o dos para viviendas unifamiliares y dos o más para edificaciones mayores).
3. Interruptor eléctrico para detener el funcionamiento del sistema, en caso de faltar el agua en el estanque bajo (Protección contra marcha en seco).
4. Llaves de purga en las tuberías de drenaje.
5. Válvula de retención en cada una de las tuberías de descarga de las bombas al tanque Hidroneumático.
6. Conexiones flexibles para absorber las vibraciones.
7. Llaves de paso entre la bomba y el equipo hidroneumático; entre éste y el sistema de distribución.
8. Manómetro.
9. Válvula de seguridad.
10. Dispositivo para control automático de la relación aire/agua.
11. Interruptores de presión para arranque a presión mínima y parada a presión máxima, arranque aditivo de la bomba en turno y control del compresor.
12. Indicador exterior de los niveles en el tanque de presión, para la indicación visual de la relación aire-agua.
13. Tablero de potencia y control de los motores.
14. Dispositivo de drenaje del tanque hidroneumático, con su correspondiente llave de paso.
15. Compresor u otro mecanismo que reponga el aire perdido en el tanque hidroneumático.

16. Filtro para aire, en el compresor o equipo de inyección.

7.9.3 Ciclos de Bombeo:

Se denomina ciclos de bombeo al número de arranques de una bomba en una hora.

Cuando se dimensiona un tanque se debe considerar la frecuencia del número de arranques del motor en la bomba. Si el tanque es demasiado pequeño, la demanda de distribución normal extraerá el agua útil del tanque rápidamente y los arranques de las bombas serán demasiado frecuentes. Un ciclo muy frecuente causa un desgaste innecesario de la bomba y un consumo excesivo de potencia.

Por convención se usa una frecuencia de 4 a 6 ciclos por hora, el ciclo de cuatro (4) arranques/hora se usa para el confort del usuario y se considera que con más de seis (6) arranques/hora puede ocurrir un sobrecalentamiento del motor, desgaste innecesario de las unidades de bombeo, molestias al usuario y un excesivo consumo de energía eléctrica.

El punto en que ocurre el número máximo de arranques, es cuando el caudal de demanda de la red alcanza el 50% de la capacidad de la bomba. En este punto el tiempo que funcionan las bombas iguala al tiempo en que están detenidas. Si la demanda es mayor que el 50%, el tiempo de funcionamiento será más largo; cuando la bomba se detenga, la demanda aumentada extraerá el agua útil del tanque más rápidamente, pero la suma de los dos periodos, será más larga.

Una vez calculado el caudal máximo probable de agua correspondiente a una red de distribución, así como, los diámetros y presiones mínimas requeridas por la red, y tomada la decisión de instalar un sistema hidroneumático, se deben tomar en cuenta un grupo de factores los cuales se explican a continuación.

7.9.4 Presiones de operación del sistema hidroneumático.

✓ Presión mínima (P_{min})

La presión mínima de operación (P_{min}) del cilindro en el sistema hidroneumático deberá ser tal que garantice en todo momento, la presión requerida (presión residual) en la toma más desfavorable y podrá ser determinada por la fórmula siguiente:

$$P_{min} = h + \Sigma h_f + h_r$$

Donde:

h = Altura geométrica (o diferencia de cotas) entre el nivel del tanque subterráneo y el nivel de la pieza más desfavorable.

Σh_f = La sumatoria de todas las pérdidas (tanto en tubería recta como accesorios) que sufre el fluido desde la descarga del tanque hasta la toma más desfavorable.

h_r = Presión residual.

7.9.4.1 Presiones de diferencial y máxima

Se recomienda que la presión diferencial, no sea inferior a 14 metros de columna de agua (20 PSI). Sin embargo, no fija un límite máximo que se pueda utilizar, por lo que hay que tener en cuenta que al aumentar el diferencial de presión, aumenta la relación de eficiencia del cilindro considerablemente y por lo tanto reduce el tamaño final del mismo; pero aumentar demasiado el diferencial puede ocasionar inconvenientes pequeños, tales como un mayor espesor de la lámina del tanque, elevando así su costo y obligando a la utilización de bombas de mayor potencia para vencer la presión máxima, o graves, tales como fugas en las piezas sanitarias y acortamiento de su vida útil. La elección de la Presión Máxima se prefiere dejar al criterio del proyectista.

7.10 DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS Y MOTORES

La primera consideración al seleccionar el tamaño de las bombas, es el hecho de que deben ser capaces por si solas de abastecer la demanda máxima dentro de los rangos de presiones y caudales.

7.11 NÚMERO DE BOMBAS Y CAUDAL DE BOMBEO

Como ya fue mencionado, solo es permitido el uso de una bomba en el caso de viviendas unifamiliares; en cualquier otro tipo de edificaciones deben seleccionarse dos o más unidades de bombeo.

7.12 POTENCIA REQUERIDA POR LA BOMBA Y EL MOTOR

La potencia de la bomba para un sistema hidroneumático podrá calcularse por la misma fórmula indicada en la página 147 de la presente guía. Las bombas deben seleccionarse para trabajar contra una carga por lo menos igual a la presión máxima en el tanque hidroneumático. Esto está indicado en Gaceta para garantizar que las unidades de bombeo seleccionadas alcancen la presión máxima requerida por el sistema hidroneumático; pero de tenerse a mano curvas características de las unidades de bombeo, la selección podrá hacerse por medio de ellas. La potencia del motor eléctrico que accione la bomba será calculada según las mismas consideraciones utilizadas en el cálculo de los sistemas de tanque a tanque.

7.13 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE PRESIÓN

El dimensionamiento del tanque a presión, se efectúa tomando como parámetros de cálculo el caudal de bombeo (Q_b), el caudal de demanda (Q_d), los ciclos por hora (U), y las presiones de operación, el procedimiento es así:

T_c representa el tiempo transcurrido entre dos arranques consecutivos de las bombas, y se expresa como sigue:

$$T_c = \frac{1 \text{ hora}}{U}$$

Dado que $U = 6$ por definición.

Por lo tanto para caudales en lts/seg y tiempos en segundos:

$$T_c = 3600/6 = 600 \text{ seg.}$$

Pero también:

$$T_c = t_{ll} + t_{va}$$

Donde:

t_{ll} = Tiempo de llenado del tanque

t_{va} Tiempo de vaciado del tanque

Por definición, el momento en que ocurren más ciclos en una hora es cuando el caudal de demanda (Q_d) es igual a la mitad del caudal de bombeo (Q_b), por lo tanto:

$$T_{ll} = \frac{V_u}{Q_b - Q_d} \text{ (Volumen utilizable)}$$

Pero si $Q_d = 1/2 Q_b$

$$T_{ll} = \frac{V_u}{Q_b - 1/2 Q_b} = 2 \frac{V_u}{Q_b}$$

Por otro lado:

$$T_{va} = \frac{V_u}{Q_d} = \frac{V_u}{\frac{1}{2} Q_b} = 2 \frac{V_u}{Q_b}$$

Por consiguiente si:

$$T_c = t_{ll} + t_{va}$$

Entonces:

$$Tc = \frac{4 Vu}{Qb}$$

Despejando Vu :

$$Vu = \frac{Tc * Qb}{4} = 60 * \frac{Qb}{4} = 1500 Qb = Vu$$

(En litros para U=6 y Qb en lt/seg)

Por otro lado, procedemos al cálculo del porcentaje del volumen útil (**%Vu**) que representa la relación entre el volumen utilizable y el volumen total del tanque y se podrá calcular a través de la siguiente ecuación:

$$\%Vu = \frac{90 * Pmax - Pmin}{Pmax}$$

Donde:

Pmáx = Es la presión máxima del sistema

Pmin = Es la presión mínima del sistema

Nota: Tanto la Pmáx como la Pmin serán dados como presiones absolutas.

Cálculo del volumen del tanque (**Vt**).

$$Vt = Vu / (\%Vu / 100) = 5000 * Qb / \%Vu \text{ (En litros).}$$

7.14 SOBRE EL COMPRESOR

Siendo la función del compresor la de reemplazar el aire que se pierde por absorción del agua y por posibles fugas, su tamaño es generalmente pequeño. Debe vencer una presión superior a la máxima del sistema, y su capacidad no pasa de pocos pies cúbicos de aire por minuto. En efecto, el agua tiene una

capacidad de disolver a 15 °C y a 14,696 psi (10,34 m de columna de agua) 21,28 dm³ de aire por cada metro cúbico (1 m³) de agua, suponiendo que esta agua no tuviera ninguna materia en solución. Ahora bien, la capacidad de solución del agua está ya en parte agotada por el cloro de desinfección; por lo tanto el compresor necesario para reponer el aire absorbido por el agua debe ser muy pequeño.

8. INDICACIONES TECNICAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE REUTILIZACION DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA LLUVIA

Al implementar el sistema en una edificación se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones y parámetros de mantenimiento durante la etapa de funcionamiento. Así se evitan daños y fallas en la captación y suministro de agua dando al usuario la seguridad de contar con un sistema en funcionamiento las 24 horas del día. La revisión paulatina de cada de las unidades garantiza la calidad del agua y su funcionamiento. Los costos son mínimos y se debe contar con personal idóneo para realizar el mantenimiento sin alterar los diseños.

8.1 ÁREA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL

- El área de captación debe permanecer limpia, su revisión debe realizarse en un tiempo no mayor a dos semanas.
- El área no debe ser pintada evitando así la alteración de calidad de agua pluvial por sólidos o químicos presentes en el acrílico.
- Cerca al área de captación no debe haber presencia de árboles evitando así la generación de sólidos por desprendimiento de hojas y ramas del árbol, causando taponamiento en las canaletas de recolección.
- El diseño del techo debe realizarse para obtener áreas mayores que permitan aumentar la recolección del agua pluvial.

8.2 CANALETAS DE RECOLECCION.

- La limpieza de las canaletas debe realizarse cada 2 meses para retirar los materiales sólidos arrastrados por la escorrentía.
- Realizar inspecciones permanentes y paulatinas a los bajantes de agua pluvial con el fin de verificar el paso del agua y evitar obstrucciones por sólidos cuyo

tamaño traspasen el cribado y se depositen en la tubería. Además encontrar posibles daños y fugas en la tubería.

8.3 RED DE CONDUCCION

- Revisar los accesorios del sistema de forma bimestral, para evitar daños en las bombas o hidroneumáticos.
- Elaborar procedimientos para prevenir conexiones cruzadas o confusiones en la red de conducción.
- Todas las válvulas y grifos deben estar marcados adecuadamente para facilitar su identificación y advertir a la población cual es el agua potable.
- Las tuberías deben contar con una marcación que permita su identificación fácilmente “RED AGUA GRIS”, “RED AGUA POTABLE” etc.
- Se debe contar con un plano o archivo actualizado donde especifique las diferentes tuberías existentes en la edificación.
- Todos los elementos de las instalaciones deberán ser inspeccionadas con regularidad para prevención y control.
- Se debe capacitar e informar a los usuarios sobre el funcionamiento del sistemas reutilización y aprovechamiento de las aguas lluvias mediante anuncios o conferencias.
- Llevar un registro del mantenimiento de los accesorios y reparaciones que se le hagan a la bomba y/o hidroneumático y línea de conducción con el propósito de disminuir las pérdidas en el sistema debido a las fugas o escapes de agua que se puedan producir por la obstrucción de la línea de conducción.

8.4 DESARENADOR

- Realizar cada dos meses el vaciado, la limpieza manual completa y el lavado del tanque.

- Se deben Proteger los elementos metálicos con pinturas anticorrosivos en los sectores que sean necesarios para evitar fallas en el sistema.
- La descarga de los lodos deben ajustarse al decreto 1594 de 1984, capítulo VI, artículos 70 y 72, para evitar la contaminación de los cuerpos de agua cercanos. Los lodos deben decantarse para eliminar el exceso del agua dejando un lodo semi solidificado que pueda ser transportado al punto de disposición final según recomendación del RAS-2000 Titulo A.
- Limpiar trimestralmente los vertederos de rebose para evitar cualquier acumulación de materiales que obstruyan el proceso.
- Cubrir la unidad con una tapa removible aireada que permita aislar los residuos y materiales que obstruyan el correcto funcionamiento de la unidad diseñada.

8.5 FILTRO LENTO DE ARENA

- Limpiar los filtros cada treinta días por la colmatación que puede presentar el sistema de filtración. Con esto se garantiza el buen funcionamiento de la instalación.
- Realizar la limpieza de manera manual y el lavado exterior de las configuraciones de entrada y salida de la unidad diseñada.
- Controlar y reparar los elementos de operación que requiera el filtro para su buen funcionamiento.
- Cambiar el lecho filtrante para mantener la eficiencia del sistema.
- Realizar inspecciones semanales para observar el funcionamiento del sistema.
- Se debe evitar el contacto con sustancias toxicas que puedan dañar el funcionamiento del sistema.
- Operar y limpiar regularmente el sistema para prevenir el deterioro del lecho mixto filtrante.

- Se debe realizar una inspección para detectar la presencia de animales y así poder eliminarla.

8.6 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

- Realizar cada seis meses, la limpieza del tanque para evitar el deterioro del mismo y la acumulación de lodos.
- Revisar el exterior e interior de la unidad para reparar cualquier daño.
- Inspeccionar frecuentemente para identificar fugas o daños en el tanque.
- Evitar que las sustancias tóxicas lleguen al sistema, pues estos pueden alterar la calidad del agua y afectar la calidad de vida de los habitantes.
- El sistema debe ser diseñado con un sistema automático que permita el desbordamiento del agua cuando alcance o supere la cota de agua máxima y lo conduzca manualmente a la red de alcantarillado

8.7 TRAMPA DE GRASA

- La frecuencia de limpieza dependerá del uso y la concentración de grasa en las tuberías donde se conecte el drenaje, se debe revisar cada vez que se perciba que el flujo que pasa a través sea lento.
- La limpieza manual se realiza mediante espátulas, palas o herramientas que permitan remover la grasa, aceite y sólidos del fondo de la trampa.
- La grasa y elementos sólidos removidos deben envasarse en contenedores herméticos y resistentes a los impactos.
- Realizar una bitácora para registrar el historial de mantenimiento de las trampas.

8.8 RED DE CONDUCCION AL JARDÍN.

- La red debe estar identificada informando a los usuarios que se está utilizando aguas grises para el riego de los jardines.
- El riego por aspersión se deber realizar durante la noche evitando el contacto con los usuarios y permitiendo que se disponga de un tiempo suficiente para secarse.
- El riego debe controlarse para evitar el encharcamiento y la escorrentía superficial.
- Evitar el riego con aspersión en días de fuertes vientos para evitar la contaminación a las edificaciones.
- El personal que permanezca en contacto con el sistema de aguas grises deben ser instruidos en el manejo de las instalaciones y riesgos presentes por realizar las actividades.

9. CONCLUSIONES

El sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento del agua lluvia constituye un componente importante en la gestión integral de los recursos hídricos del país al conservar y proteger el abastecimiento del agua para futuras generaciones. Este tipo de innovaciones deben considerarse como los principales componentes al diseñar edificaciones en cumplimiento con la sostenibilidad ambiental.

La implementación de los dos sistemas en una edificación tiene como objetivo reducir el consumo de agua de alta calidad y destinarlo usos indispensable como prioridad para la supervivencia de los seres vivos y sostenibilidad ambiental del planeta. Además reduce el volumen de agua residual a tratar y fomenta el uso eficaz de los recursos hídricos adaptando una nueva cultura de la ciudadanía respecto a la sostenibilidad.

La utilización de estos tipos de tecnologías ofrecen un destino diferente al uso convencional del agua gris y pluvial para asegurar la disponibilidad y suministro de agua en una edificación y permite determinar el consumo de agua destinadas a las actividades domésticas.

El ingeniero o persona encargada del diseño debe tener presente las condiciones hidrológicas del país en referencia a los fenómenos climáticos identificados en las últimas décadas, el fenómeno del Niño y la Niña. Realizando un pequeño estudio del efecto y variación causado por estos fenómenos en las precipitaciones de la zona de estudio y aproximando el volumen real para realizar los cálculos correspondientes de las instalaciones necesarias dentro de la edificación.

Debido a que esta guía consiste principalmente en una ingeniería conceptual de un diseño para reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias, no se contemplan los detalles de la instalación, construcción y

funcionamiento. Se recomienda realizar los levantamientos en la zona de estudio para cuantificar con precisión los componentes y las instalaciones necesarias del sistema de acuerdo a las necesidades de la edificación.

Se propusieron sistemas de tratamiento para la reutilización de aguas grises y/o lluvia sencillos de fácil dimensionamiento, construcción y operación. Estos requieren baja inversión económica y generando ahorros importantes en los consumo de la edificación reflejados a futuro en los pagos de las facturas de servicio público.

Las aguas grises ofrecen un uso diferente en comparación con las fuentes convencionales por su disponibilidad y el aprovechamiento de su contenido en nutrientes para el riego en la jardinería y agricultura. El proceso de depuración utilizando plantas como bio indicadores remueven las altas concentraciones de fosforo y nitrógeno evitando filtración y eutricación de las aguas subterráneas, principal fuente de almacenamiento natural.

La reducción en la demanda del recurso hídrico resultante de la implementación de este sistema permite asegurar el suministro para centros urbanos y ecosistemas.

La reutilización de aguas grises no dispone de una norma ambiental donde se especifique, regule los posibles usos y definan los límites en parámetros de calidad para cada uno de ellos. Adicionalmente son muy pocos los estudios desarrollados en el país hacia este tipo de tecnología y menos enfocados a la sostenibilidad ambiental en edificaciones.

Son muy pocos los riesgos sanitarios que pueden ocasionar la reutilización de las aguas grises sin embargo se hace necesario la adopción de medidas para

proteger la salud de las personas en contacto con el sistema utilizando métodos correctos y minimizando el grado de exposición.

10. RECOMENDACIONES

Para el diseño, construcción y funcionamiento de un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas lluvias es importante contar con la asesoría de un experto (Ingeniero, arquitecto, técnico etc), el cual deberá establecer el diseño de la red de captación y recolección de aguas grises y lluvias y su posterior conducción hacia los sanitarios u otras actividades como el riego y limpieza.

BIBLIOGRAFIA

APARICIO MIJARES, Francisco J. Fundamentos de hidrología de superficie: Precipitación. Ed. México: Limusa s.a de C.V, 1992.

ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. Bogotá: McGraw Hill, 2000.

CALDERON RAMIREZ, John; LARA DE CASTILLO, Benilda y ZAMBRANO ALFONSO, Napoleón. Alcantarillados. Ed. Universidad del Cauca, 1999.

CORCHO ROMERO, Freddy Hernán y DUQUE SERNA, José Ignacio. Acueductos. Teoría y Diseño: Bombas y estaciones de bombeo. 3 ed. Medellín: Universidad de Medellín, 2005.

CHOW, Ven te. Hidrología aplicada: Estadística Hidrológica. 1 Ed. Bogotá: McGRAW-HILL, 1994.

GRANADOS ROBAYO, Jorge Armando. Redes hidráulicas y sanitarias en edificios. Bogota: Universidad Nacional, 2002.

HERNANDES MARTINEZ, Floriana. Captación de agua lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. [en línea] <http://www.uwsp.edu/cnr/gem/files/print-publications/manuals/manual-captacion-de-agua.pdf>

IDEAM. Estudio Nacional del Agua 2010: Estimación de la demanda de agua. [en línea] <<http://intranet.ideam.gov.co:8080/openbiblio/catalogo2010/..%5Cbvirtual%5C015647%5C015647.html>>.[Citado en 2010]

LEYVA FRANCO, Pablo. El medio ambiente en Colombia. Bogotá: IDEAM, 1998.

LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Ed. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería, 1995.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.
Construcción sostenible. [en línea]
<<http://www.minambiente.gov.co/contenido/contenido.aspx?conID=7211&catID=12>
[12](#)> [Citado en Mayo de 2011].

MONSALVE SÁENZ, Germán, Hidrología en la ingeniería. 2 ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 1999.

PEREZ CARMONA, Rafael. Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. 3ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2001.

PRIETO BOLIVAR, Carlos Jaimes. El agua, sus formas y efectos: Capitulo I. 2 ed. Bogotá: Ecoe editorial, 2004.

RAS 2000. República de Colombia Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico BOGOTA D.C., NOVIEMBRE de 2000.

RODIGUEZ DIAZ, Héctor Alfonso. Diseños hidráulicos, sanitarias y de gas en edificaciones. ed. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2006.

ROMERO ROJAS, Jairo A. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Residuales. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2000.

TERENCE J, Macghee. Abastecimiento de agua y alcantarillado. 6 ed. Bogotá: McGraw-Hill, 1999.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. The texas manual on rainwater harvestin. Third Ed. Austin: Texas water development board, 2005.

YSUN BARRIO, María Teresa. Reutilización de aguas grises: Grupo de viviendas en el municipio de victoria de acentejo. España, 2009, 126. Tesina D´Especialitat (Ingeniería Hidraulic, Maritima y Ambiental). Universidad Politécnica de Cataluña.

WEKKER, J W. Sistemas de bombeo: Características y Dimensionamiento [en línea]< http://www.grupohoba.com/downloads/curso_UCAB.pdf>.

ANEXOS

Anexo No. 1 Elaboración de una guía ambiental para la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias en edificaciones



LISTA DE CHEQUEO

AGOSTO DE 2011

HOJA INFORMATIVA N° 1

Este documento contiene una lista de chequeo elaborada para facilitar el funcionamiento en la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias en edificaciones. Así se evitan daños y fallas en la captación, estructuras y suministro del agua durante la etapa de funcionamiento del sistema

Esta lista de chequeo se ha preparado con el fin de que usted, personal encargado del mantenimiento del sistema de reutilización de aguas grises y sistema de aguas lluvias, pueda evaluar de manera independiente el estado y funcionamiento de las estructuras para suministrar al usuario la seguridad de contar con un sistema en funcionamiento las 24 horas.

Todos estos principios están establecidos en el documento "Elaboración de una guía ambiental para la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones". Todos estos elementos que se abordan en la lista de chequeo, son explicados en dicho documento.

SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS

AREA DE CAPTACIÓN

	SI	NO	NO SABE
1. ¿Conoce todas las indicaciones de mantenimiento que debe realizar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿El techo, cubierta, o área de captación se encuentra limpia de hojas, palos y sólidos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Realizó la limpieza las últimas dos semanas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿El área de captación se encuentra libre de pintura o elementos químicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. ¿El techo fue diseñado para cubrir todas las áreas posibles de captación de agua lluvia?

6. ¿La lluvia escurre con facilidad por el área de captación?

CANALETAS DE RECOLECCIÓN

SI NO NO
 _____ _____ SABE

1. ¿Conoce todas las indicaciones de mantenimiento que debe realizar?

2. ¿Verificó el paso de agua lluvia por la canaleta y bajantes?

3. ¿Realizó la limpieza las últimas dos semanas?

4. ¿Las canaletas tienen rejilla para la protección de sólidos?

5. ¿Realiza inspecciones permanentes a los bajantes y canaletas?

6. ¿La lluvia escurre con facilidad por el área de captación?

7. ¿Las tuberías y otros elementos están sujetos firmemente?

8. ¿El material de la canaleta es liviano?

9. ¿Las canales permiten el escurrimiento del agua lluvia?

10. ¿La canaleta tiene la capacidad para conducir toda el agua lluvia?

4.1. INTERCEPTOR

	SI	NO	NO SABE
	_____	_____	_____
1. ¿El sistema cuenta con un interceptor de las primeras aguas lluvias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿El tanque tiene un mecanismo de seguridad que permite desvíar las aguas lluvias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Realizó la limpieza después de la última lluvia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Dispuso los residuos sólidos (Hojas y palos) en su jardín?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. ¿Realiza inspecciones permanentes para verificar el funcionamiento del interceptor?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.2 RED DE CONDUCCIÓN

	SI	NO	NO SABE
	_____	_____	_____
1. ¿Revisó los accesorios del sistema de forma bimestral?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Elaboro procedimiento para prevenir conexiones cruzadas o confusiones en la red?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Todas las válvulas y grifos están marcados adecuadamente para facilitar su identificación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Las tuberías cuenta con una marcación para identificar fácilmente "RED DE AGUA GRIS, " RED DE AGUA POTABLE"?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. ¿Cuenta con un plano actualizado de las tuberías existentes?

6. ¿Realiza inspecciones con regularidad?

7. ¿Capacita e informa a los usuarios sobre el funcionamiento del sistema?

8. ¿Lleva un registro de mantenimiento de los accesorios y reparaciones que se le haga a la bomba y/o hidroneumático?

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA LLUVIA

SI NO NO
SABE

CRIBADO

1. ¿Conoce todas las indicaciones de mantenimiento que debe realizar?

2. ¿Verifico si hay sólidos, basuras u otros elementos que obstaculicen el buen funcionamiento de las rejillas?

3. ¿Realizó la limpieza las últimas dos semanas?

DESARENADOR

SI NO NO
SABE

1. ¿Realiza cada dos meses el vaciado, la limpieza manual completa y el lavado del tanque?

2. ¿Los elementos metálicos presenta corrosión?

3. ¿Realizó las descargas de los lodos teniendo en cuenta el decreto 1594 de 1984?

4. ¿Limpia cada tres meses los vertederos?

5. ¿Realiza inspecciones permanentes a los bajantes y canaletas?

6. ¿Cubre con una tapa removible la zona aireada del desarenador?

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

SI NO NO
SABE

1. ¿Realiza cada seis meses la limpieza del tanque?

2. ¿Revisa el exterior e interior de la unidad para reparar cualquier daño?

3. ¿Inspecciona frecuentemente para identificar fugas o daños en el tanque?

4. ¿El sistema cuenta con un sistema automático que permita el desbordamiento del agua cuando alcance o supere la cota de agua máxima?

SISTEMA DE FILTRACIÓN

SI NO NO
SABE

1. ¿Limpia el filtro cada 30 días?

2. ¿Tiene conocimiento de la forma como debe realizarse mantenimiento a un filtro?

3. ¿Realiza la limpieza de manera manual y el lavado exterior de las configuraciones de entrada y salida de la unidad diseñada?
4. ¿Cambia el lecho filtrante para mantener la eficiencia del sistema?
5. ¿Realiza inspecciones semanales para observar el funcionamiento del sistema?
6. ¿Opera y limpia el sistema para prevenir el deterioro del lecho mixto filtrante?
7. ¿Realiza la limpieza de manera manual y el lavado exterior de las configuraciones de entrada y salida de la unidad diseñada?
8. ¿Cambia el lecho filtrante para mantener la eficiencia del sistema?

Si para cualquiera de las preguntas anteriores usted responde **NO** o **NO SABE**, usted debe necesariamente consultar la información del documento “Elaboración de una guía ambiental para la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias en edificaciones”



LISTA DE CHEQUEO

AGOSTO DE 2011

HOJA INFORMATIVA N° 1

Este documento contiene una lista de chequeo elaborada para facilitar el funcionamiento en la implementación de un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias en edificaciones. Así se evitan daños y fallas en las captación, estructuras y suministro del agua durante la etapa de funcionamiento del sistema

Esta lista de chequeo se ha preparado con el fin de que usted, personal encargado del mantenimiento del sistema de reutilización de aguas grises y sistema de aguas lluvias, pueda evaluar de manera independiente el estado y funcionamiento de las estructuras para suministrar al usuario la seguridad de contar con un sistema en funcionamiento las 24 horas.

Todos estos principios están establecidos en el documento "Elaboración de guía ambiental para la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas lluvias en edificaciones". Todos estos elementos que se abordan en la lista de chequeo, son explicados en dicho documento

SISTEMA DE AGUAS GRISES

RECOLECCIÓN DE AGUAS GRISES

	SI	NO	NO SABE
	_____	_____	_____
1. ¿Conoce todas las indicaciones de mantenimiento que debe realizar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Red de recolección es independiente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Se encuentra identificadas las tuberías para diferenciar de las demás redes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Revisó los accesorios del sistema de forma bimestral?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 5. ¿Elaboro procedimiento para prevenir conexiones cruzadas o confusiones en la red? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. ¿Las tuberías cuenta con una marcación para identificar fácilmente “RED DE AGUA GRIS, “ RED DE AGUA POTABLE”? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. ¿Cuenta con un plano actualizado de las tuberías existentes? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. ¿Realiza inspecciones con regularidad? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. ¿Capacita e informa a los usuarios sobre el funcionamiento del sistema? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9. ¿Lleva un registro de mantenimiento de los accesorios y reparaciones que se le haga a la bomba y/o hidroneumático? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA GRIS

- | | SI | NO | NO
SABE |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| CRIBADO | | | |
| 1. ¿Conoce todas las indicaciones de mantenimiento que debe realizar? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. ¿Verifico si hay sólidos, basuras u otros elementos que obstaculicen el buen funcionamiento de la rejilla de los lavaderos, ducha y lavadora? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. ¿Realizó la limpieza las últimas dos semanas? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| TRAMPA DE GRASA | | | |
| 1. ¿La trampa presenta flujo lento de agua? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2. ¿Realiza la limpieza manual con herramientas apropiadas?

3. ¿Inspecciona frecuentemente para identificar fugas o daños en el trampa?

4. ¿La grasa y elementos sólidos son envasados en contenedores herméticos?

5. ¿Registra los mantenimientos en una bitacora?

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

SI NO NO
SABE

1. ¿Realiza cada seis meses la limpieza del tanque?

2. ¿Revisa el exterior e interior de la unidad para reparar cualquier daño?

3. ¿Inspecciona frecuentemente para identificar fugas o daños en el tanque?

4. ¿El sistema cuenta con un sistema automático que permita el desbordamiento del agua cuando alcance o supere la cota de agua máxima?

SISTEMA DE FILTRACIÓN

SI NO NO
SABE

1. ¿Limpia el filtro cada 30 días?

2. ¿Tiene conocimiento de la forma como debe realizarse mantenimiento a un filtro?

3. ¿Realiza la limpieza de manera manual y el lavado exterior de las configuraciones de entrada y salida de la unidad diseñada?

4. ¿Cambia el lecho filtrante para mantener la eficiencia del sistema?

5. ¿Realiza inspecciones semanales para observar el funcionamiento del sistema?

6. ¿Opera y limpia el sistema para prevenir el deterioro del lecho mixto filtrante?

7. ¿Realiza la limpieza de manera manual y el lavado exterior de las configuraciones de entrada y salida de la unidad diseñada?

8. ¿Cambia el lecho filtrante para mantener la eficiencia del sistema?

RIEGO EN JARDINES

SI NO NO
SABE

1. ¿La red de riego para los jardines se encuentra identificada?

2. ¿El riego de los jardines se realiza en horario nocturno?

3. ¿Permite el secado del riego antes de permitir el acceso a los jardines por los usuarios?

4. ¿Los jardines presentan encharcamiento y escorrentía superficial?

3. ¿Utiliza aspersores durante los días de fuerte viento?

4. ¿El personal encargado de los jardines cuenta con un instructivo de seguridad?

Si para cualquiera de las preguntas anteriores usted responde **NO** o **NO SABE**, usted debe necesariamente consultar la información del documento “Elaboración de una guía ambiental para la reutilización de aguas grises y aprovechamiento de las aguas lluvias en edificaciones”