

DISEÑO DE UN SISTEMA EN EL ENFOQUE SOSTENIBLE PARA LAS REDES  
HIDRÁULICAS DEL TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUAS NO  
POTABLES DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA

CINDY MARCELA CÁCERES MARIÑO  
DANA KARIME RODRÍGUEZ ARCHILA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTA DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA

2011

DISEÑO DE UN SISTEMA EN EL ENFOQUE SOSTENIBLE PARA LAS REDES  
HIDRÁULICAS DEL TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUAS NO  
POTABLES DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA

CINDY MARCELA CÁCERES MARIÑO  
DANA KARIME RODRÍGUEZ ARCHILA

Trabajo de Grado para optar por el título de:  
Ingeniero Civil

Director:  
LUISFERNANDO SALAZAR  
Ingeniero Civil

Co- director:  
MANUEL JOSÉ ORTIZ  
Ingeniero Electricista

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTA DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA

2011

*A Dios.*

*A mis padres Graciela y Gregorio.*

*A mi novio Wilfredo.*

*A mis amigos y compañeros.*

*A todas aquellas personas que hicieron posible este sueño.*

*Dana Karime Rodríguez Archila*

*A Dios.*

*A la memoria de mi padre Nelson Cáceres.*

*A mi madre Sara Inés y hermanos Ludy, Sergio y*

*Mary quienes siempre están apoyándome*

*incondicionalmente.*

*A mi novio Oscar y a su familia por el apoyo brindado*

*estos últimos cuatro años.*

*A la familia Cáceres y a la familia Mariño.*

*A mis amigos del cole, de la U, del trabajo y a todos*

*aquellos que de una u otra manera formaron parte de*

*esta realidad.*

*Cindy Marcela Cáceres Mariño*

## **AGRADECIMIENTOS**

Las autoras del proyecto desean expresar sus más sinceros agradecimientos a:

A Dios por hacer esto posible.

A nuestras familias por su apoyo, comprensión y amor incondicional.

A nuestros directores de proyecto por la confianza depositada en nosotras y por los conocimientos y apoyo brindado.

A todos los amigos y compañeros que estuvieron con nosotras a lo largo de la vida universitaria.

Finalmente a la Universidad Industrial de Santander y a la escuela de Ingeniería Civil por albergarnos durante estos años y facilitar nuestra formación como profesionales.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	22
1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	26
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	28
3. OBJETIVOS .....	29
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
4. JUSTIFICACIÓN .....	30
5. ESTADO DEL ARTE .....	31
6. MARCO TEÓRICO.....	38
6.1 FENÓMENO DEL NIÑO Y LA NIÑA.....	40
6.2 CUBIERTA VERDE .....	42
6.3 PASOS PARA LA INSTALACIÓN DE LA CUBIERTA VERDE .....	44
6.4 CAPTADOR DE AGUA LLUVIA .....	45
6.4 COMPONENTES DEL SISTEMA CAPTADOR DE AGUA LLUVIA.....	46
6.6 DISEÑO.....	51
6.6.1 BASES Y CRITERIOS DEL DISEÑO .....	51
6.6.2. DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL..	53
6.7 AGUAS GRISES.....	69
6.7.1 NORMAS Y ESPECIFICACIONES .....	82
6.7.2 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO .....	83
6.7.3 MÉTODO DE HUNTER.....	84
6.7.4 PRESIÓN EN LOS APARATOS SANITARIOS .....	90
6.7.5.CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERÍAS .....	91
6.7.6 PERDIDAS POR FRICCIÓN .....	92
6.7.7. PERDIDAS POR ACCESORIOS .....	95
6.7.8. MÉTODO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE .....	97
6.8. AGUAS NEGRAS .....	98
6.8.1 TIPOS DE CONTAMINACIÓN PRESENTES EN EL AGUA .....	99

6.8.2 TIPOS DE AGUAS RESIDUALES .....	100
6.8.3 TIPOS DE CONTAMINANTES.....	101
6.8.4 SISTEMAS BÁSICOS DE TRATAMIENTO CASERO .....	104
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	115
7.1 MODELO ESTADÍSTICO .....	115
7.1.2 PRUEBA DE AJUSTE DE CHI CUADRADO .....	123
7.1.3. PERIODO DE RETORNO.....	125
7.2. CALCULO DE VOLUMEN DEL TANQUE PARA AGUAS LLUVIAS .....	127
7.2.1 PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (Ppi) .....	127
7.2.2 VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA.....	129
7.2.3 POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE POR MES .....	131
7.2.4 INTERCEPTOR DE AGUAS PRIMERAS.....	131
7.2.5 RED DE DISTRIBUCIÓN .....	131
7.2.6 DIÁMETRO, VELOCIDAD Y ALTURA DINÁMICA DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN.....	133
7.2.7 TIPO DE BOMBA .....	134
7.3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DISEÑO HIDRO SANITARIO .....	136
7.3.1 DATOS DE LAS MUESTRAS .....	137
7.3.2 DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED.....	138
7.4 DISEÑO TANQUE SÉPTICO .....	145
CONCLUSIONES .....	148
RECOMENDACIONES.....	150
BIBLIOGRAFÍA.....	152
ANEXOS .....	155

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. IMAGEN SATELITAL BUCARAMANGA. UIS	26
FIGURA 3. TECHO CASA CONVENCIONAL DE UN PISO UTILIZADA PARA CAPTADOR DE AGUAS LLUVIAS	48
FIGURA 4. CANALES DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS EN CASAS CONVENCIONALES	49
FIGURA 5. ESQUEMA DE CANAL DE CONDUCCIÓN AGUA LLUVIA CON REJILLA	49
FIGURA 6. PASOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA EN CONCRETO.	50
FIGURA 7. ESQUEMA DEL CANTIDAD DE AGUA EN EL PLANETA	78
FIGURA 8. PRECIPITACIONES ANUALES	120
FIGURA 9. PROMEDIO ACUMULADO VS PROBABILIDAD	121
FIGURA 10. FRECUENCIA VS CLASE	123
FIGURA 11. AJUSTE DE BONDAD DE CHI CUADRADO	124
FIGURA 12. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DURANTE 22 AÑOS SIN TENER EN CUANTA EVAPORACIÓN	128
FIGURA 13. VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO MENSUAL.	130
FIGURA 14. POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE	131
FIGURA 15. TIPO DE BOMBA DE SUCCIÓN POSITIVA	135
FIGURA 16 .ESQUEMA TANQUE SÉPTICO DOS COMPARTIMENTOS PARA EL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	147

## LISTA DE TABLAS

TABLA1.COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA	52
TABLA 2. CAUDALES MÍNIMOS POR APARATOS EN LITROS POR SEGUNDO	59
TABLA 3. VALORES ADMISIBLES DE COMPUESTOS PRESENTES EN EL AGUA PARA USO AGRÍCOLA	70
TABLA 4. UNIDADES DE CONSUMO POR APARATO SANITARIO	85
TABLA 5. CAUDALES EN LPS DE ACUERDO A LAS UNIDADES DE CONSUMO	86
TABLA 6. CARGA MÁXIMA DE UNIDADES Y LONGITUD MÁXIMA DE TUBOS DE DESAGÜE	89
TABLA 7. PRESIÓN PARA APARATOS DE FONTANERÍA	91
TABLA 8. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LA TUBERÍA SEGÚN SU MATERIAL	93
TABLA 9. VALORES DEL COEFICIENTE C DE LA FÓRMULA DE HAZEN – WILLIAMS.	95
TABLA 10. COEFICIENTE PARA PÉRDIDAS EN ACCESORIOS KM.	96
TABLA11. DE CONTRIBUCIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR PERSONA	106
TABLA 12 DE VALORES DE PROFUNDIDAD ÚTIL	109
TABLA 13 TIEMPOS DE RETORNO	109
TABLA 14 CON VALORES DE TASA DE ACUMULACIÓN DE LODOS DIGERIDOS	110
TABLA 15, FALTANTES	116
TABLA 16. RECONSTRUCCIÓN DATOS FALTANTES	117
TABLA 17. PROMEDIOS MENSUALES	117
TABLA 18.PROMEDIOS ANUALES.	118
TABLA 19.PROMEDIO, DESVIACIÓN ESTÁNDAR, VARIANZA Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN	119
TABLA 20, PROMEDIO ACUMULADO Y PROBABILIDAD	120

TABLA 21. CLASE O CATEGORÍA EQUIVALENTE A UN RANGO DE PUNTOS, FRECUENCIA, % ACUMULADO.	122
TABLA 22. DATOS PARA REALIZAR LA PRUEBA DE AJUSTE DE CHI CUADRADO	124
TABLA 23. VALORES MEDIOS POR PERIODO DE RETORNO DE N AÑOS CON CIERTA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA	126
TABLA 24. PARA UN VALOR ESPECÍFICO CUAL ES EL PERIODO DE RETORNO Y LA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE DICHO VALOR	126
TABLA 25. VALORES DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL EN LITROS POR METRO CUADRADO PARA 15 AÑOS ANALIZADOS	127
FIGURA 12. PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL DURANTE 22 AÑOS SIN TENER EN CUENTA EVAPORACIÓN.	128
TABLA 26. RESULTADOS DE PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL, DEMANDA, OFERTA MENSUAL, OFERTA ACUMULADA, VOLÚMENES DE ALMACENAMIENTO Y POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE.	129
TABLA 27. GASTO MÁXIMO POSIBLE	132
TABLA 28. VELOCIDADES MÁXIMAS SEGÚN EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	133
TABLA 29. DIÁMETRO, VELOCIDAD Y ALTURA DINÁMICA DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN	134
TABLA 30. DIÁMETRO, VELOCIDAD Y ALTURA DINÁMICA DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN	134
TABLA 31. DATOS CON RESULTADOS DEL TIPO DE BOMBA Y CARACTERÍSTICAS	135
TABLA 32. TIPO DE MUESTRA, PH, DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	137
PISO 1º = 2º = 3º = 4º	140
TABLA 33. APARATOS Y UNIDADES DE GASTO PARA LOS PISOS 1, 2, 3, 4	140
TABLA 34. APARATOS Y UNIDADES DE GASTO PARA PISOS SÓTANO	140
TABLA 35. DATOS ENTRADA DISEÑO TANQUE SÉPTICO	145

TABLA 36. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE VOLUMEN ÚTIL	145
TABLA 37. DIMENSIONES DEL TANQUE	146
TABLA 38. VOLUMEN ÚTIL DEL MEDIO FILTRANTE	146
TABLA 39. DIMENSIONES ESPECIFICAS DEL MEDIO FILTRANTE	146

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. PRECIPITACIÓN MES ENERO 1982 A 2002	155
ANEXO 2. PRECIPITACIÓN MES FEBRERO 1982 A 2002	157
ANEXO 3. PRECIPITACIÓN MES MARZO 1982 A 2002	159
ANEXO 4. PRECIPITACIÓN MES ABRIL PERIODO 1982 A 2002	161
ANEXO 5. PRECIPITACIÓN MES MAYO PERIODO 1982 A 2002	163
ANEXO 6. PRECIPITACIÓN MES JUNIO PERIODO 1982 A 2002	165
ANEXO 7. PRECIPITACIÓN MES JULIO PERIODO 1982 A 2002	168
ANEXO 8. PRECIPITACION MES AGOSTO PERIODO 1982 A 2002	171
ANEXO 9. PRECIPITACIONES MES SEPTIEMBRE PERIODO 1982 A 2002	173
ANEXO 10. PRECIPITACIÓN MES OCTUBRE 1982 A 2002	175
ANEXO 11. PRECIPITACIÓN MES NOVIEMBRE	177
ANEXO 12. PRECIPITACIÓN MES DICIEMBRE PERIODO 1982 A 2002	179
ANEXO 13. TABLA 38. LÍMITES RECOMENDADOS POR CONSTITUYENTES EN EL AGUA REGENERADA PARA RIEGO.	181
ANEXO 14. TABLA 39. CALIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA ( $\mu\text{S}/\text{CM}$ ) A 25°C.	183
ANEXO 15. TABLA 40. CALIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN SU SALINIDAD EFECTIVA (MEQ/L)	184
ANEXO 17. TABLA 42. CALIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN LA CONCENTRACIÓN DE CARBONATO DE SODIO RESIDUAL (CSR).	184
ANEXO 18. TABLA 43. CALIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN EL PORCENTAJE DE SODIO INTERCAMBIABLE (PSI)	185
ANEXO 19. TABLA 44. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INDUCIR TOXICIDAD DEL AGUA DE RIEGO.	185
ANEXO 20. TABLA 45. CALIDAD DEL AGUA SEGÚN EL ISL MODIFICADO.	185
ANEXO 21. FIGURA 17. NORMAS DE RIVERSIDE PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE RIEGO. (U.S. SOILSALINITYLABORATORY).	186

ANEXO 22. TABLA 46. CLASIFICACIONES DE LAS AGUAS PARA RIEGO SEGÚN LAS NORMAS RIVERSIDE.	187
ANEXO 23. TABLA 47. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO SEGÚN LOS VALORES DEL ÍNDICE DE SCOTT.	188
ANEXO 24. FIGURA 18. CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS DE RIEGO BASADA EN EL RIESGO DE SALINIDAD.	188
ANEXO 25 PLANOS HIDRÁULICO, SANITARIO, AGUA LLUVIAS	189
ANEXO 26. TABLA 48. CÁLCULOS DEL DISEÑO HIDROSANITARIO.	193
ANEXO 27. ENSAYOS REALIZADOS A MUESTRA DE AGUA LLUVIA.	197

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO DE UN SISTEMA EN EL ENFOQUE SOSTENIBLE PARA LAS REDES HIDRÁULICAS DEL TRATAMIENTO Y RECIRCULACIÓN DE AGUAS NO POTABLES DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA.\*

**AUTOR:** CACERES MARIÑO, Cindy Marcela.

RODRIGUEZ ARCHILA, Dana Karime. \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Precipitación, captador de aguas lluvias, cubierta verde, aguas grises, aguas negras, diseño hidrosanitario.

Éste proyecto presenta la ingeniería conceptual de una propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento y recirculación de agua no potables como alternativa para el ahorro de agua proveniente del acueducto en usos tales como la descarga de sanitarios, el lavado de zonas comunes, entre otros. Además se presenta un análisis de la viabilidad técnica y económica de dicho aprovechamiento y recirculación, en un edificio educativo del municipio de Bucaramanga, Santander. Una de las prioridades del proyecto se centró en identificar formas de recolección, circulación y aprovechamiento del agua no apta para consumo humano.

Siguiendo las metodologías establecidos en los manuales y normativas existentes se planteó un diseño basado en la especificación de volúmenes de almacenamiento, redes de conducción, viabilidad tanto técnica como económica del sistema etc. Caracterizado por la eficiencia de los procesos de captación, recolección, tratamiento y recirculación, de agua tanto lluvia como gris.

Los resultados sugieren que el aprovechamiento de agua denominada no apta para consumo es una opción técnicamente viable, para labores que no requieren el consumo de la misma, pero requiere de una inversión inicial que puede ser alta sin embargo esta inversión es recuperable a largo plazo, por lo que puede representar una solución interesante para contribuir a la gestión y el desarrollo sostenible del Edificio de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

---

\* Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Civil.

\*\* Facultad de Ciencias Físico- Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Ing. Luis Fernando Salazar. Co-director: Manuel José Ortiz.

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN OF A SYSTEM IN THE SUSTAINABLE APPROACH FOR THE HYDRAULIC NETWORKS OF TREATMENT AND RECIRCULATION OF WATER IS NOT POTABLE OF THE BUILDING OF THE SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTRONICS.\*

**AUTHOR:** CACERES MARIÑO, Cindy Marcela.

RODRIGUEZ ARCHILA, Dana Karime.\*\*

**KEY WORDS:** Precipitation, capturing rainwater, green roof, gray water, sewage, hydro-sanitary design.

This project presents a conceptual engineering design proposal for a system for using and recycling non-potable water as an alternative for saving water from the aqueduct in applications such as discharges of baths, washing areas, among others. Also presents an analysis of the technical and economic feasibility of such use and recirculation, in an educational building in Bucaramanga City, Santander. One of the priorities of the project focused on identifying forms of collection, circulation and use of the water not suitable for human consumption.

Following the methodology set out in the manuals and existing regulations was raised a design based on the specification of storage volumes, networks of conduction, both technical and economic viability of the system etc. Characterized by the process of capturing, harvesting, treatment and recirculation of rainwater and gray water.

The results suggest that the use of so-called water not suitable for consumption is a technically feasible option, for tasks that do not require the high quality of human consumption, but requires investment initial which can be high but this investment is recoverable in the long term, by which may represent an interesting solution to assist in the management and the sustainable development of the building of Electrical and Electronics Engineering.

---

\* Degree work to opt the Civil Engineer's degree.

\*\* Physical- Mechanical Sciences Faculty. Civil Engineering School. Director: Eng. Luis Fernando Salazar. Co-director: Eng. Manuel José Ortiz.

## INTRODUCCIÓN

Existen regiones donde es difícil conseguir agua, ya sea por su situación geográfica o por los cambios climáticos ocurridos debidos a la contaminación de los últimos años en el planeta, dificultando aún más el acceso al recurso tanto en el uso doméstico como en el consumo humano. Quienes padecen de esta dificultad seguramente se han vistos obligados a usar y/o consumir agua de dudosa calidad y procedencia, lo que podría genera una serie de problemas de salud pública dado que el agua es el único recurso fundamental común a todas las formas de vida conocidas.

El ser humano ha aprovechado siempre todos los recursos hídricos disponibles, pero ahora, ante una inminente escasez de agua, debido a la contaminación presente y a su uso inadecuado, los manantiales y acuíferos serán insuficientes para abastecer las comunidades que con el tiempo se hacen muy grandes debido al crecimiento demográfico y a la poca atención que se presta a los planes de ordenamiento territorial en los asentamientos urbanos y rurales; El propósito de este proyecto es brindar una sencilla guía de cómo se puede redistribuir y reutilizar el agua en un edificio con características de auto sostenibilidad.

En la actualidad, cada ser humano de los países desarrollados y en vías de desarrollo consume aprox. de 150 a 300 l. de agua potable al día, llegando a extremos de 1000 L/hab. diarios en algunas ciudades de EE.UU. o Australia. En el cálculo no está incluido el consumo en la agricultura, que supone el 70% (y en algunas zonas en desarrollo el 90%) del gasto total de agua de un país. Una gran parte del agua que utilizamos a diario no tiene por qué ser potable, por ejemplo: en lavadoras, descargas de inodoros, limpieza y riego de jardines se puede utilizar perfectamente agua de lluvia, lo que puede suponer una reducción en el consumo de agua potable de, al menos, un 45% aprox. Se calcula que el gasto en

descargas de inodoros supone el 40% del gasto total en agua potable, en un hogar promedio.

El agua de lluvia, las aguas grises y las aguas negras, pueden reutilizarse bajo procesos de tratamientos convencionales para actividades como las ya nombradas una calidad especial, y en algún momento bajo un seguimiento de calidad se utilizaría para consumo. El sistema de reutilización de aguas domésticas permite ahorrar un volumen considerable de agua potable, aprovechándola de una manera económica y eficaz. Una de las alternativa a tratar en el proyecto y de fácil acceso para manejar la escasez de recursos hídricos es la captación de agua de lluvia que mediante un adecuación especial a un área a la cual se tenga acceso, con un proceso sencillo esta agua puede ser utilizada incluso para consumo humano, teniendo en cuenta que se debe tener claro tres aspecto importantes en el ejecución de la primera parte del proyecto, cálculo de volúmenes de agua, el diseño de la conducción del agua tratada y el ahorro que se presente, con una proyección del mismo.

Se toma como base una vivienda promedio con 4 habitantes, estrato 3 o 4, en dondese consumen 60 litros por ducha por habitante al día, y 10 litros por cada descarga del sanitario. Así, se estima que la cantidad de agua a almacenar sería de 230 a 240 litros con el fin de cubrir el consumo del sanitario.

Al agua proveniente de la ducha que recibe este tanque se le hará un proceso de limpieza físico en el que se le remueven los sólidos más grandes con un filtro y se deja sedimentar los más pequeños y pesados, también se le puede agregar carbón activado. Como el agua a reutilizar tiene un pH promedio de 7.93 (resultado obtenido en un análisis en el Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad de Antioquia y en la UPB), no causa corrosión ni daños en la salud de las personas. No se necesita de procesos biológicos ni químicos. Además, este tipo de agua almacenada fluirá constantemente ya que en el diseño del tanque se ha

considerado un desagüe con el fin de no almacenar el agua para evitar la creación de bacterias y microorganismos.

El problema tratado debe ser estereotipado a un tipo de población buscando que beneficie al mayor porcentaje de viviendas posible, sin embargo, se hace muy difícil satisfacer las necesidades de los aproximadamente 2'223.660 habitantes que tiene Medellín. Para esto se han tomado como referencia casas unifamiliares donde el tanque, que para este caso sería subterráneo, recolectaría el agua de las diferentes duchas, y después distribuiría a los sanitarios que haya en cada casa. Con este sistema se podría ahorrar entre un 20% y 30% tanto de acueducto y saneamiento al mes en un hogar de 4 habitantes, lo que representa un beneficio no solo económico, sino también ecológico

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 con alta o media precipitación y donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. En la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie del techo como captación, conociéndose a este modelo como **SCAPT** (sistema de captación de agua pluvial en techos). La captación del agua para uso agrícola necesita de mayores superficies de captación por obvias razones, por lo que en estos casos se requiere de extensas superficies impermeables para recolectar la mayor cantidad posible de agua.

A su vez las desventajas de este método de abastecimiento de agua son las siguientes:

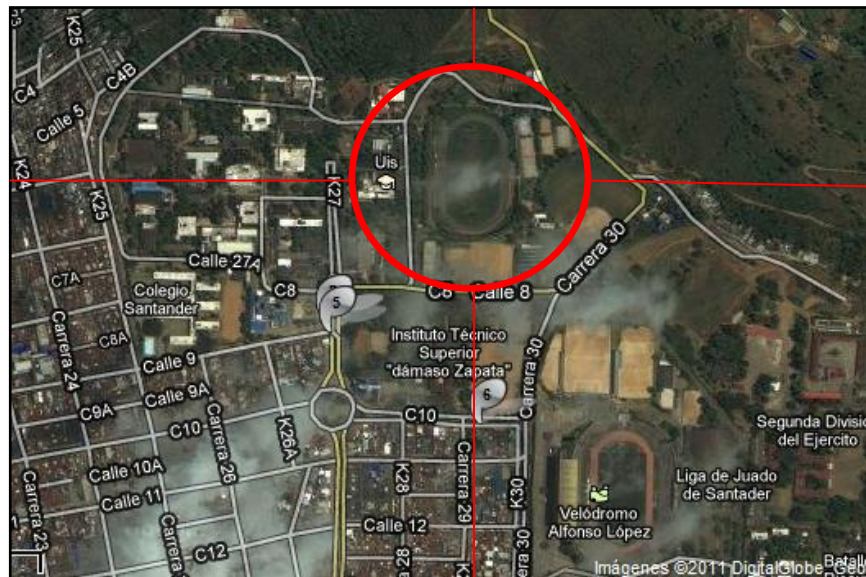
- Alto costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos, y

- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

## 1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

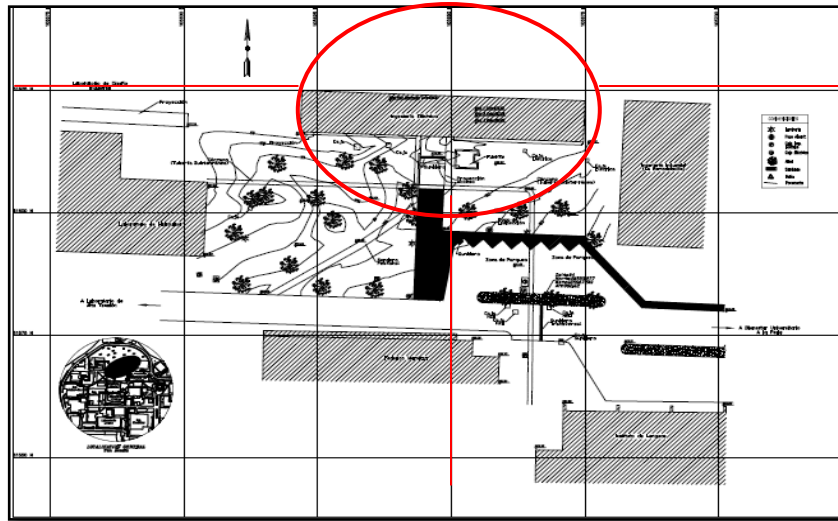
La universidad Industrial de Santander se encuentra a norte de la Ciudad de Bucaramanga, colinda con al oriente con el Instituto Técnico Superior Dámaso Zapata y al occidente con el Colegio Santander, al norte colinda con el barrio argentina. La ubicación del edificio del proyecto es en dirección norte entre el edificio de Ingeniería Industrias y el edificio Federico Mamitza de Diseño.

Figura 1. Imagen Satelital Bucaramanga. UIS



Fuente: Google Earth, 2010.

Figura 2. Plano Universidad Industrial de Santander



Fuente: Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2010.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, debido a los diferentes problemas ambientales a los que se está expuesto, se ha dado pie para que haya una preocupación creciente en cuanto al cuidado del agua, y a la preservación de la misma, ya que el hombre es el causante de que las fuentes de agua dulce del planeta se estén acabando, y aunque este es un medio renovable, debido al aumento desmedido de habitantes del planeta, esta recarga que hace el sistema no es suficiente para suplir las necesidades de todos, además de que no hay una conciencia adecuada, en cuanto al manejo que debe dársele a este recurso, porque aún se sigue utilizando al agua para actividades que no requieren de estándares de calidad altos.

La escasez de agua no solo se limita a un país o ciudad determinado, debido a los cambios climáticos y a la contaminación, la frase “el agua como recurso abundante en el ecosistema” surgirá como pregunta y no como afirmación como hace algunos años atrás. Hasta hace poco se empezaron a crear asociaciones en pro del manejo adecuado del agua y a implementar sanciones a aquellas personas que hagan mal uso de la misma.

La universidad en el afán de prestarle a los estudiantes un servicio adecuado y un entorno agradable y cómodo que motive y propicie espacios de crecimiento personal, emocional y intelectual, dispone de varios servicios que pasan desde bienestar universitario hasta los más básicos como agua y luz sin darse cuenta que utilizan inadecuadamente el recurso agua, puesto que el esta va para riego y para aguas sanitarias, y este uso que se menciona brinda la oportunidad de utilizar aguas distintas a la potable, ya que no es para consumo humano.

Con el desarrollo de este proyecto se busca optimizar el uso de agua potable proveniente del acueducto metropolitano de Bucaramanga, prevenir el derroche de la misma, y que se cree conciencia de cómo podría ser el uso adecuado de esta

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y proponer enfoques que permitan optimizar el uso del agua en el edificio de ingeniería Eléctrica y Electrónica mediante sistemas de tratamiento y recirculación de aguas no potables.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar experimentalmente la calidad del agua colectada, y analizar estadísticamente el modelo de precipitación de lluvia de la ciudad de Bucaramanga.
- Establecer el sistema hidráulico adecuado para la reutilización de aguas grises y negras de acuerdo a normas nacionales e internacionales.
- Realizar un estudio de viabilidad para soportar la implementación del sistema de reutilización y recirculación de aguas no potables.
- Diseñar los tanques de almacenamiento, y las redes de conducción necesarias, para la implementación del sistema reutilizador de aguas no potables.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Existe la percepción generalizada de que todo lo que se puede hacer a nivel de sistemas auto sostenibles para edificaciones son costosos y que su ejecución no ofrecerá los resultados esperados. A nivel internacional ha cobrado gran importancia las edificaciones que incorporen sistemas, medidas o estándares de auto sostenibilidad que reduzcan el impacto antropométrico en los servicios que proveen los ecosistemas.

La ciudad de Murcia en España, es líder mundial en la implementación de sistemas de reciclado de aguas, además gracias a la iniciativa de la Comisión de Cooperación Ambiental de América del Norte [CCA], conformada por Los Estados Unidos, México y Canadá, son varios los edificios que hoy día son 100% ecológicos. En algunos países existen entidades [Casbee en Japón; “Green Star en Australia, BREEAM en el Reino Unido] que asesoran y acompañan en la formulación e implantación de soluciones para edificaciones institucionales, comerciales y residenciales sostenibles. En Colombia existe un colegio ecológico auto sostenible se encuentra en la ciudad de Barranquilla, y con el el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) que es una organización privada sin ánimo de lucro, fundada en febrero del 2008, cuya misión es liderar la transformación de la actividad de la construcción y del desarrollo urbano hacia una mayor sostenibilidad

El desarrollo de este proyecto de grado, pretende sumarse a los numerosos esfuerzos de la comunidad internacional para concientizar y ofrecer soluciones e implementar tecnologías auto sostenible en nuestras edificaciones y en particular la reutilización de aguas no potables. Al finalizar este proyecto, se busca obtener una optimización en los proceso de utilización de agua potable y que el sistema reciclador de aguas supla las necesidades que se generen en el edificio de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, en cuanto a usos domésticos.

## 5. ESTADO DEL ARTE

La bibliografía existente esboza diferentes técnicas para el reutilización de las aguas no potables, ante el alto grado de desabastecimiento de la misma en esta época; estas alternativas serán la única solución viable para las generaciones venideras, ya que se debe aprovechar cada factor que nos ayuda a lidiar con el desabastecimiento de agua en época de sequía, presentes en cada momento de la evolución de la humanidad debido a que esta afecta las respuestas que se dan a las necesidades básicas de las comunidades.

En los inicios de la civilización se aprovechaban cada uno de los recursos que les brindaba la naturaleza, de ahí parte una de las ideas más concretas para la reutilización de agua para uso doméstico, que dio una solución eficaz en cuanto aladotación del agua de las comunidades que surgían en este entonces, si se sabe que todos los grandes asentamientos de las ciudades empezaron cerca a fuentes de agua, y debido al alto crecimiento de la población en estas y al poco caso que se hace al plan de ordenamiento territorial, alejaron, acabaron, canalizaron y contaminaron estas fuentes, dejando como opción solo la captación de agua lluvia como principal solución al problema de escasez. El *impluvium* romano, los *aljibes* árabes, los *chultunes* del Imperio Maya o los milenarios *shuijiao* en China son algunos de los ejemplos que ilustran las técnicas utilizadas por culturas muy diferentes para solucionar un mismo problema: la falta de agua.

En la actualidad, cada ser humano de los países desarrollados y en vías de desarrollo consume de 150 a 300 l. de agua potable al día, llegando a extremos de 1000 l./hab. diarios en algunas ciudades de E.E.U.U. o Australia. En el cálculo no está incluido el gasto en la agricultura, que supone el 70% (y en algunas zonas en desarrollo el 90%) del consumo total de agua de un país. Una gran parte del agua

que utilizamos a diario no tiene por qué ser potable: en lavadoras, descargas de inodoros, limpieza y riego de jardines se puede utilizar perfectamente agua de lluvia, lo que puede suponer una reducción en el consumo de agua potable de, al menos, un 45%. Se calcula que el gasto en descargas de inodoros supone el 40% del gasto total en agua potable en un hogar medio. Es cierto que la situación actual (sequía y severas restricciones en la primera mitad de 2008) ha cambiado notablemente la percepción general en cuanto a usos responsables del agua potable.

Colombia es uno de los países con mayor riqueza en recursos naturales, posee un 10% de la flora y la fauna mundiales, el 20% de las especies de aves, de las especies de primates de América tropical, más de 56000 especies de plantas, fanerógamas registradas y cerca de mil ríos permanentes (Tokatlian,1992),por esto afrontar la problemática del agua a nivel mundial y nacional, desde 1993 en Colombia se implementaron leyes que están a favor de la economía y del desarrollo sostenible,

*“el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades”<sup>1</sup>*

En la actualidad la práctica de recolección de aguas lluvias sigue siendo importante en las regiones áridas o semiáridas del mundo, y la mayoría de las publicaciones existentes sobre ésta técnica se basa en experiencias del Medio Oriente, Australia, África del Norte, India, norte de México y sur este de Estados Unidos. Recientemente han aparecido más publicaciones sobre experiencias en África (Sub-Sahara y del Sur) y sobre América Latina. Estas publicaciones

---

<sup>1</sup>Ley 99 de 1993,Artículo 3

describen algunas experiencias en México, Brasil y (en menor cantidad) en los Andes<sup>2</sup>. Factores tales como el lugar de aplicación, el método, las tecnologías, la complejidad del sistema, la finalidad y los usos posibles, hacen que los sistemas varíen desde barriles de agua lluvia para el riego de jardines en zonas urbanas, hasta la recolección a gran escala de agua lluvia para todos los usos domésticos de una ciudad<sup>3</sup>.

Ahora no solo las aguas lluvias son la solución al problema del agua, algunos grupos de investigación de varios países se han preocupado por obtener soluciones que disminuyan el consumo de agua potable en las actividades del hogar, de recreación e industriales, por lo que por ejemplo en España se desarrolló un sistema que está siendo empleado en tanto en casas y edificios como en centros recreativos, donde se recogen las aguas grises provenientes de la ducha, el lavamanos, y la lavadora, entre otros, se someten a un tratamiento químico, físico y biológico, y se reutiliza en actividades como descargar el sanitario, el riego y el lavado de autos, etc. En nuestro país también se han desarrollado este tipo de proyectos, entre los cuales encontramos una investigación desarrollada para la Universidad del Quindío en la que se plantea un sistema de reutilización de aguas que recolecta las aguas de ducha, lavamanos, lavaderos y lavadoras de un edificio de 20 apartamentos, las limpia, y redistribuye para su reutilización.

Sin embargo, se considera que no han sido suficientes estas investigaciones, aun no se tiene la conciencia ambiental que permita que los proyectos desarrollados se lleven a cabo totalmente y que las personas los acojan, por lo se debe seguir trabajando en estos<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup>Veenhuisen, R. and Prieto C., M. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia. Experiencias en América Latina. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N° 13. 1991, 1-5.

<sup>3</sup>Water Texas Development Board. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Development, 2005

<sup>4</sup>

En Colombia específicamente, el almacenamiento y uso de las aguas lluvias se ha implementado principalmente en las regiones con problemas de abastecimiento de agua potable para consumo doméstico, como lo son La Bocana (Buenaventura), El Chocó, San Andrés; Puerto Carreño (Vichada), Cartagena; Cali, entre otros, de los cuales la mayoría son sistemas rurales empíricos<sup>5</sup>.

A nivel industrial no hay muchos que muestren ésta práctica: Almacén Alkosto Venecia (Bogotá), donde se aprovechan 6.000m<sup>2</sup> de cubierta para captar alrededor de 4.820m<sup>3</sup> de agua lluvia al año, con lo cual se satisface el 75% de la demanda actual de agua potable de la edificación; El almacén Alkosto de Villavicencio tiene una cubierta de 1.061m<sup>2</sup> con la cual se capta el agua lluvia para ser almacenada en un tanque de 150m<sup>3</sup>, posteriormente el agua es potabilizada en una planta de tratamiento, el sistema proporciona agua potable para todas las necesidades del almacén durante todo el año<sup>6</sup>.

En cuanto al aprovechamiento a nivel educativo, solamente son conocidas las experiencias en el Edificio de Postgrados de Ciencias Humanas de la sede Bogotá de la Universidad Nacional, que cuenta con un sistema de cubierta protegida con grava en la cual se capta agua lluvia que es llevada a un tanque subterráneo, desde el cual se bombea agua para la descarga de los inodoros, y alimentar las fuentes y los espejos de agua, y la Pontificia Universidad Javeriana, en donde se realizaron estudios para evaluar la viabilidad técnica y económica de utilizar agua lluvia para el lavado de fachadas del Campus Universitario

En Barranquilla en 2010 también se inauguró un colegio auto sostenible y amigo de la naturaleza, con captador de aguas lluvias, y cubiertas verdes, además sus

---

<sup>5</sup>Ballén S., J.A., Galarza G.,M.A., and Ortiz M., R.O. Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana. VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua., (2006).

<sup>6</sup>Ballén S., J.A., Galarza G.,M.A., and Ortiz M., R.O. Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana. VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua., (2006).

estudiantes tiene brigadas de reciclaje y manejo adecuado de residuos en Bucaramanga, existe un lavadero de carros que utiliza agua lluvia para realizar su trabajo, y un club recreacional el cual las aguas que salen de la piscina son recapturadas para utilizarlas en los sanitarios del mismo lugar; en viviendas se ve como recientemente se construye un edificio en cañaveral con cubierta verde, paneles solares y energía eólica, así como muchas proyecciones de edificios con cubiertas verdes que quieren aprovechar el agua lluvia para beneficio, pues para los edificios de vivienda ayudara a ahorrar los costos de administración debido que no se utilizaría agua de la llave para regar jardines o parque si no el agua captada en las cubiertas.

De la misma manera como el conocimiento de los fundamentos de diseño es necesario para llevar a cabo la optimización de las redes hidro-sanitarias, el conocimiento de las principales características fisicoquímicas del agua es de valiosa importancia para entender la naturaleza de la interacción agua lluvia – suelo, ya que es precisamente esta agua la que se espera sea recolectada, tratada y utilizada como agua de riego. Por esta razón se realizó una revisión del estado del arte encontrando información como la que se cita a continuación.

Documentos relacionados:

En Colombia:

- Decreto 1594 de 1984 de los uso del agua y residuos líquidos, en su artículo 29 se determinan los usos del agua, a saber:
  - a. Consumo humano y doméstico
  - b. Preservación de flora y fauna
  - c. Agrícola
  - d. Pecuario
  - e. Recreativo
  - f. Industrial

g. Transporte.

- Tesis de Ederson Jaimes Cuberos, Titulada. *Evaluación y Clasificación del Agua Proveniente de los Pozos de Exploración de las Locaciones Caño Limón Y Caricare de Occidental de Colombia (OXY) para su Posible Uso Como Agua de Riego Para Cultivo*. Universidad Industrial de Santander – Especialización en Química Ambiental. 2010: En este trabajo se tratan en detalle las principales características fisicoquímicas y fitotóxicas que definen la calidad del agua así como la calidad del recurso de acuerdo con algunos parámetros. Entre los principales análisis fisicoquímicos practicados están:
  - a. pH
  - b. Temperatura
  - c. Sólidos: Totales, Disueltos, Suspendidos, Volátiles, Sedimentables.
  - d. Conductividad Eléctrica
  - e. Alcalinidad
  - f. Salinidad: Efectiva, Potencial.
  - g. Calidad del recurso según la concentración relativa de sodio:  
Relación de Adsorción de Sodio, Carbonato de Sodio Residual, Porcentaje de Sodio Posible, Porcentaje de Sodio Intercambiable.
  - h. Elementos Fitotóxicos: Cloruros, Sulfatos, Boro, Hierro.
  - i. Con los análisis practicados se pueden determinar parámetros que son relaciones que diferentes organizaciones a nivel internacional, como el servicio de agricultura de EEUU, utilizan para clasificar la aptitud de las aguas para el riego en el sector agrícola, estos parámetros son dados por:  
Índice de Saturación de Langelier, Normas Riverside, índice de Scott, Normas Green, Normas Wilcox.

En el exterior:

- US-EPA – United States Environmental Protection Agency.  
Guidelines for Water Reuse.EPA/625/R-04/108.September 2004: Este documento presenta los lineamientos para la reutilización del agua, en el segundo capítulo se muestran los diferentes sectores donde aplica la reutilización, a saber:
  - a. Urbano
  - b. Industrial
  - c. Agrícola
  - d. Ambiental y Recreacional
  - e. Aguas subterráneas
  - f. Aumento de los suministros de agua potable
- Documento preparado por la Qca. María Luisa Castro de Esparza del CEPIS Lima, Perú – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, junto con otras instituciones; titulado - *Parámetros Físico-Químicos que Influyen en la Calidad y en el Tratamiento del Agua:*  
Hace una descripción de los principales parámetros físicos y químicos que se relacionan con la calidad del agua, así como una descripción de las pruebas de control en plantas de tratamiento de agua.

## 6. MARCO TEÓRICO

En primer lugar, el agua cubre casi un 80% de la superficie de la Tierra. Aunque pareciera que es un recurso muy abundante, es importante destacar que mucho menos del 1% de ésta es agua dulce, es decir, apta para usos domésticos, industriales o comerciales y turísticos, aunque en estos momentos en agua no están costosa, tal vez la parte económica no les importe a algunos bolsillos pero si pensamos que más del 40% del agua que consumimos es agua caliente y requiere energía para calentarla, y ésta tiene un valor superior a 4 veces el coste del agua, por lo que realmente su consumo es de media muchísimo más caro de los que nos imaginamos. Por otra parte, el agua salada sustenta importantes cadenas alimenticias claves para la alimentación mundial, además, vive en ella una vegetación muy pequeña que es la que aporta más de un 60% del oxígeno de la Tierra.

El agua dulce que podemos utilizar se encuentra en los lagos, ríos y lluvias, y debe alcanzarnos para que ninguna persona, planta o animal tenga sed, para que los animales acuáticos vivan en ella, para regar los campos, usar en las industrias, mantener húmedos los bosques y regar los jardines. Por eso es importante mantenerla limpia y economizarla. A la vez que garantizaremos un crecimiento más sostenible para el futuro.

Desde un punto de vista más técnico. Es bueno para el medio ambiente, ayuda a conservar el suministro de agua potable reduciendo su costo. Es especialmente útil durante periodos secos, cuando el follaje más lo necesita. El suelo retiene mas humedad con el agua lluvia y no es necesario utilizar más agua en el futuro, por lo tanto, se reduce la pérdida de suelo superficial.

Una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua potable se refiere al aprovechamiento eficiente de la precipitación pluvial, es decir, el agua de lluvia, ya

que un milímetro de lluvia equivale a un litro por metro cuadrado. A pesar de que existen técnicas sobre captación y aprovechamiento del agua de lluvias generadas hace más de 4000 años, estas no se aplican en forma masiva, lo cual conlleva a la reflexión de que no se ha rescatado y aplicado el conocimiento tradicional. Cerca de 1600 millones de habitantes en el mundo carecen de acceso al agua entubada, una de las metas del milenio se refiere a resolver este creciente problema; sin embargo, a la fecha no se encuentran soluciones adecuadas y rápidas.

Lo anterior indica la urgente necesidad de considerar al agua de lluvia como una solución para hacer frente al abastecimiento de agua a nivel de familia y a nivel de comunidad. Es posible captar, almacenar, purificar y envasar agua de lluvia.

Hoy por hoy existe una presión muy alta sobre las cuencas hidrográficas, debido a la al incremento desmedido de la población que genero mayor demanda del recurso a esto se le suma el grado de contaminación de las fuentes superficiales. En base a esto, algunas poblaciones no cuentan con abastecimiento de agua potable (IDEAM). Para dar respuesta a esta necesidad, se requiere adoptar medidas alternativas que faciliten la sostenibilidad del recurso, así mismo dar a conocer técnicas de aprovechamiento de aguas lluvias para lograr el objetivo de este proyecto.

Para aprovechar estos recursos por medio de la captación de agua lluvia debo tener en cuenta los elementos que conforman el sistema, así como desde el inicio debe tenerse claro el sector en donde se va a implementa el sistema, pues no todos los espacios ofrecen los mismo resultados y tienen las mismas características. En nuestro caso se empleara una cubierta verde, en el techo debido a las especificaciones técnicas del diseño.

## **6.1 FENÓMENO DEL NIÑO Y LA NIÑA**

El Ciclo conocido como El Niño, La Niña/Oscilación del Sur (ENOS), es la causa de la mayor señal de variabilidad climática en la franja tropical del océano Pacífico, en la escala interanual. El Niño y su fase opuesta La Niña, son las componentes oceánicas del ENOS y corresponden, en términos generales, a la aparición, de tiempo en tiempo, de aguas superficiales relativamente más cálidas (El Niño) o más frías (La Niña) que lo normal en el Pacífico tropical central y oriental, frente a las costas del norte de Perú, Ecuador y sur de Colombia. Estas alteraciones de la estructura térmica superficial y subsuperficial del océano están asociadas con el debilitamiento de los vientos alisios del Este y con el desplazamiento del núcleo de convección profunda del Oeste al Centro del Océano Pacífico tropical, en ocasiones El Niño ó con su permanencia e intensificación, en el caso de La Niña.

Dada su localización geográfica, Colombia recibe la influencia directa de los procesos que se suscitan en el sistema acoplado océano-atmósfera del Pacífico tropical, asociados al ciclo ENOS. Se ha podido establecer claramente, que la intensidad de los fenómenos El Niño y La Niña, está en función directa con la magnitud de las anomalías registradas en la temperatura superficial y subsuperficial del océano y con el área cubierta por las mismas. La influencia de dicha intensidad no es lineal y puede ser diferente de la magnitud del efecto climático y del impacto producido por los fenómenos en las actividades humanas, como bien se observó en el evento intenso de El Niño 1982-83. El efecto climático depende de la época del año en que se presentan los fenómenos y el impacto socioeconómico está más relacionado con la vulnerabilidad de las diferentes regiones del país y de los sectores de la actividad nacional.

El análisis de la información histórica, indica que las alteraciones que se producen en el régimen de lluvias en Colombia son explicadas en buena parte, por la variabilidad climática interanual, relacionada con los fenómenos El Niño y La Niña, los cuales han sido causa de sequías extremas y lluvias extraordinarias en diferentes regiones del país, ocasionando un efecto negativo sobre el medio físico natural y un impacto social y económico de grandes proporciones.

Históricamente, el territorio nacional ha sido afectado por el efecto climático del fenómeno El Niño. En los últimos 25 años el país ha recibido el impacto socioeconómico de los presentados durante este lapso en los años 1972-1973, 1982-1983, 1986-1987, 1991-1992, 1994-1995 y 1997-1998. En los años 1976-1978 se presentó el efecto de un calentamiento débil, pero prolongado en el Pacífico Tropical con repercusiones semejantes a las de un fenómeno El Niño. Algunos de estos eventos han tenido un impacto importante en los diferentes sectores de la vida nacional, como por ejemplo los episodios de 1991-1992 y 1997-1998, que por lo recientes y por sus consecuencias, no se han borrado aún de la memoria de los colombianos. Este calentamiento de la superficie del Océano Pacífico Tropical oriental y central, durante los fenómenos El Niño observados, tiene un promedio de duración de doce (12) meses; sin embargo, han sido registrados fenómenos muy cortos, con duración de siete (7) meses (1946), y eventos prolongados hasta veintiocho (28) meses (1939-1942). El calentamiento del océano relacionado con el fenómeno El Niño es recurrente, aunque no periódico y, en términos generales, se presenta entre cada dos (2) y cada siete (7) años<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup>*Instituto de hidrología meteorología y estudios ambientales, ideam. Efectos naturales y socioeconómicos del Fenómeno El Niño en Colombia. Bogotá: El Ideam. Marzo de 2002*

## 6.2 CUBIERTA VERDE

Las cubiertas verdes son una interesante opción para dar respuesta a los problemas ambientales, este tipo de elementos naturales mejoran la calidad del proyecto inmobiliario para sus usuarios, embellecen la ciudad y aportan a la descontaminación de zonas que son afectadas por una alta emisión de sustancias contaminantes del aire.

Algunos casos de cubiertas verdes a nivel internacional son:

- Hotel Remota, Patagonia, Chile, Arq. Germán del Sol.
- Edificio B Braun, Justiniano & Meyer Arquitectos.
- Mirador del Alto, Alto Las Condes, Chile.
- Costanera Center, Santiago, Chile.
- Escuela de Artes, Diseño y Medios, Universidad de Nanyang, Singapur  
CPGConsultantsPteLtd
- California Academy of Sciences, California, EEUU
- Chicago City Hall, Chicago, EEUU

Primeramente se debe tener en cuenta para implementar el proyecto dos características bases dado que si estas no se revisan y se acoplan al sistema, el proyecto puede tener problemas al momento de su ejecución.

- Superficie: Debemos cuidar que la superficie de nuestro techo este limpia, libre de aceites, óxidos o cualquier material. En este sentido cualquier precaución es buena y se recomienda que el techo sea bien lavado.
- Pendiente: lo mejor para lograr la captación de lluvias es tener un techo con un poco de pendiente o inclinación, en los techos horizontales también escurre el agua; así que en este caso hay que identificar la dirección del escurrimiento; para colocar las canaletas o canales en ese sentido. Si el escurrimiento no presenta una dirección definida habrá que dirigirlo por medio de pequeños bordes o costados.

A continuación se enuncian las características de la cubierta verde pues estas se tienen en cuenta dados los requerimientos que tienen el proyecto global de auto sostenibilidad y a su vez en el proyecto en particular de recirculación de agua las cuales se enuncian a continuación son:

- Ahorro de energía: reducción de la demanda energética, hasta de un 66% al año (según estudios europeos).
- Aislante termino: moderan el efecto urbano de isla de calor que se produce en las ciudades con mucho cemento, donde éste refleja el calor y hace subir la temperatura, que según la cantidad de habitantes, puede aumentar hasta en 10°C.
- Absorción del agua lluvia: está cubierta hace una liberación posterior en forma gradual vía condensación y evaporación; que para nuestro caso no permitiremos la condensación y evaporación total, sino parcial.

- Aspecto ambiental: Crean ecosistemas de especial interés, al permitir la integración del inmueble al entorno natural, lo que aumenta el atractivo del edificio, rescata un nuevo espacio de esparcimiento y recreación.
- Aislante acústico: son excelentes aislantes acústicos. Es así como con una capa de tierra de 8 cm se aíslan 40 db.

### **6.3 PASOS PARA LA INSTALACIÓN DE LA CUBIERTA VERDE**

Los pasos a seguir en para la instalación de la cubierta verde son los siguientes:

1. Impermeabilización: Impermeabilizará la estructura base, sea de hormigón o madera. Formando una superficie capaz de cubrir la totalidad de la cubierta, manteniendo su estanqueidad.
2. Aislación Térmica: Se debe incorporar, de ser necesario, un aislante térmico para aumentar la efectividad de la cubierta vegetal, se recomienda instalar Poliestireno Expandido o Extruido de alta densidad en espesor de 50mm., aunque dependiendo de las condiciones de uso o de la cubierta puede no ser requerido.
3. Segunda Impermeabilización: Para asegurar la estanqueidad del sistema, se recomienda aplicar una segunda impermeabilización, la cual se coloca sobre la Aislación.
4. Lámina de Drenaje: Se debe colocar entre la impermeabilización y la capa vegetal una lámina para drenaje la cual, dependiendo de la posición en que

se coloque, permite direccionar el agua de regadío o acumularla en las cavidades que posee.

5. Geotextil: Sobre el drenaje se instala una lámina de Geotextil de la cual ayuda a filtrar el agua de todo material orgánico o mineral del suelo vegetal, impidiendo que los desagües se tapen o saturen de tierra.
6. Medio de Crecimiento: Esta es la capa en la cual crece la vegetación de la cubierta, y sus condiciones están determinadas por el tipo de plantas a cultivar, así como también, de los requerimientos de peso y uso de esta.
7. Regadío: Existen distintos sistemas de regadío dependiendo del uso y condiciones ambientales en que se emplaza la cubierta. Uno de los sistemas frecuentemente usados es el de micro – aspersión, por goteo, o bien el de irrigación por exudación, el cual va bajo tierra y no deja áreas sin humedad.
8. Vegetación: Este es el elemento final del sistema y varía según las condiciones ambientales, el tipo de cubierta (extensivo e intensiva), su uso y diseño.

#### **6.4 CAPTADOR DE AGUA LLUVIA**

Un sistema para aprovechamiento de aguas pluviales consta de una serie de elementos esenciales: una superficie de recolección, un depósito de acumulación (con bomba de presión y rebosadero) y las canalizaciones que conectan la zona de recolección con el depósito y éste con los puntos de consumo. Esta descripción es esquemática, pues la complejidad del sistema varía en función del uso posterior que se le quiera dar al agua de lluvia recogida; si los puntos de consumo están

situados en el exterior y el agua se destina a riego, el sistema se parece bastante al descrito anteriormente, mientras que si el agua de lluvia está destinada también a ser consumida en puntos del interior de la vivienda (cisternas, lavadora...) se hará necesaria la instalación de un filtro adecuado y una unidad de control que conmute a agua de red cuando el depósito no tenga reservas disponibles. El coste se verá incrementado en función de la dimensión y complejidad de la instalación, de los materiales usados y de las dificultades técnicas que se hayan de solventar en cada caso.

En Colombia las instituciones educativas han sido pionera en la implementación de los sistemas captadores de agua lluvia debido a su fácil implementación en las mismas, que permiten disminuir los consumos de agua potable, llegando a una reducción de gastos por estos consumos, y haciendo eficiente el uso del mismo, dado que muchos sistemas que se utilizan el agua potable, pueden ser abastecidos por agua lluvia.

Atendiendo los parámetros establecidos por el CEPIS<sup>8</sup>, se presentan las definiciones de los componentes del sistema captador de agua, el análisis de la información pluviométrica y los cálculos realizados para el diseño del sistema de aprovechamiento de agua lluvia.

#### **6.4 COMPONENTES DEL SISTEMA CAPTADOR DE AGUA LLUVIA**

---

<sup>8</sup>Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud. Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. 2003



Fuente: Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia. CEPIS, 2004.

Un sistema básico está compuesto por los siguientes componentes:

- a) Captación
- b) Recolección
- c) Almacenamiento
- d) Red de distribución de agua lluvia (sistema de bombeo).

**Captación:** superficie destinada para la recolección del agua lluvia. La mayoría de los sistemas utilizan la captación en los techos y terrazas los cuales deben tener una pendiente (no inferior al 5%) y superficie, que faciliten el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección.

Los techos de cemento y de teja son los más comunes debido a su durabilidad, el precio relativamente bajo y porque proveen agua de buena calidad existen otros techos hechos de las tejas de arcilla, madera, paja, cemento; algunos contienen compuestos de asfalto, amianto y pintura a estos se recomienda utilizarlos sólo

cuando el agua captada no es para consumo humano, ya que pueden contener materiales tóxicos y el tratamiento de la misma debe ser especializado<sup>9</sup>

Figura 3. Techo casa convencional de un piso utilizada para captador de aguas lluvias



Fuente: manual de captación de agua lluvias México

**Recolección:** Es el conjunto de canaletas puestas en los bordes más bajos del techo, con el objeto de recolectar el agua lluvia y de conducirla hasta el sitio deseado. Las canaletas se deben instalar con una pendiente que permita la conducción hasta los bajantes. El material para estas conducciones puede ser: bambú, la madera, el metal o el PVC. Se recomienda que el ancho mínimo de la canaleta sea de 75mm y el máximo de 150mm, que sea un material liviano, que resista el agua y fácil de unir entre sí para evitar fugas de agua.

---

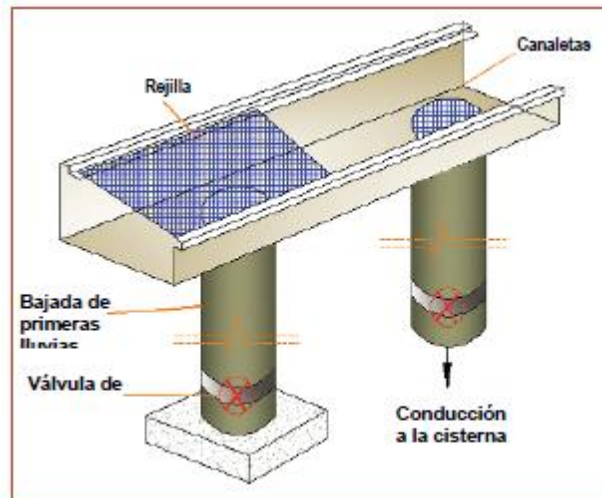
<sup>9</sup> Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan. October, (2006),

Figura 4. Canales de recolección de aguas lluvias en casas convencionales



Fuente: manual de captación aguas lluvias México

Figura 5. Esquema de canal de conducción agua lluvia con rejilla



Fuente: manual de captación agua lluvia México

**Almacenamiento:** sitio destinado para la acumulación, conservación y abastecimiento del agua lluvia a los diferentes usos. Pueden ser de mampostería, concreto reforzado y ferro-cemento dependiendo de las necesidades de almacenamiento. La unidad de almacenamiento debe ser duradera y debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- De no más de 2m de altura para minimizar las sobre-presiones y dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje.
- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración
- Disponer de una escotilla con tapa lo suficientemente grande para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales además de tapa para impedir el ingreso de polvo y de luz solar

Figura 6. Pasos para la construcción de un tanque de almacenamiento de agua lluvia en concreto.



Fuente: manual de captación de aguas lluvias Mexico

**Red de distribución y sistema de bombeo:** red paralela a la del acueducto, y debe llegar a los puntos hidráulicos donde se utilizará el agua lluvia, así que deberá protegerse la red de suministro de agua potable con una válvula de cheque para evitar que el agua lluvia se mezcle con el agua potable. El sistema de

bombeo distribuirá el agua desde el tanque de almacenamiento hacia los puntos requeridos que en nuestro caso son los sistemas de riego. 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.

## **6.6 DISEÑO**

### **6.6.1 BASES Y CRITERIOS DEL DISEÑO**

Antes de emprender el diseño de un sistema de captación de agua pluvial, es necesario tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Precipitación en la zona. Se debe conocer los datos pluviométricos de por lo menos los últimos 10 años, e idealmente de los últimos 15 años.
- Tipo de material del que está o va a estar construida la superficie de captación.
- Número de personas beneficiadas.
- Demanda de agua.

Como criterio para diseño utilizamos el método conocido como: “*Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento*” que toma como base de datos la precipitación de los 10 ó 15 últimos años. Mediante este cálculo se determina la cantidad de agua que es capaz de recolectarse por metro cuadrado de superficie de techo y a partir de ella se determina:

- a) el área de techo necesaria y la capacidad del tanque de almacenamiento, o
- b) el volumen de agua y la capacidad del tanque de almacenamiento para una determinada área de techo.

Los datos complementarios para el diseño son:

- Número de usuarios,
- Coeficiente de escorrentía;

Tabla1.coeficientes de escorrentía

<b>Calamina Metálica</b>	0,9
<b>Tejas de arcilla</b>	0.8 - 0.9
<b>Madera</b>	0.8 - 0.9
<b>Paja</b>	0.6 - 0.7

Fuente: elaboración propia

- Demanda de agua.

Los pasos a seguir para el diseño del sistema de captación de agua de lluvia son:

## 6.6.2. DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL

A partir de los datos promedio mensuales de precipitación de los últimos 10 ó 15 años se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados. Este valor puede ser expresado en mm/mes, litros/m<sup>2</sup>/mes, capaz de ser recolectado en la superficie horizontal del techo.

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}{n} \quad (1)$$

Donde,

$n$  : Número de años evaluados

$P_i$ : Valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm)

$P_{pi}$ : Precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados.  
(mm/mes)

### 6.6.2.1 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA “ $D_i$ ”

a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de la familia o familias a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

$$D_i = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000} \quad (2)$$

Donde,

$Nu$ : número de usuarios que se benefician del sistema.

$Nd$ : número de días del mes analizado

*Dot*: dotación (L/persona\*día)

*Di*: demanda mensual (m3)

La ecuación 2 se considera completa cuando se necesita estimar la demanda de agua total para una vivienda, pero para determinar la demanda requerida únicamente para los lava-escobas se debe afectar la anterior ecuación por el 20% y el 5%, porcentajes estimados por el Departamento Nacional de Planeación<sup>10</sup> los cuales corresponden a los porcentajes de consumo de las unidades sanitarias y de los lava-escobas, respectivamente.

Así, la demanda de agua para dichas unidades se determina de la siguiente manera:

$$Di = \frac{Nu * Nd * Dot * 25\%}{1000} \quad (3)$$

#### **6.6.2.2. OFERTA DE AGUA EN EL MES “i” (Ai)**

Teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de esorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

$$Ai = \frac{Ppi * Ce * Ac}{1000} \quad (4)$$

Dónde:

---

<sup>10</sup>Ballén S., J.A., Galarza G.,M.A., and Ortiz M., R.O. Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana. VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua., (2006).

- $A_i$ : Oferta de agua en el mes “i” ( $m^3$ )  
 $P_{pi}$ : Precipitación promedio mensual ( $L/m^2$ )  
 $C_e$ : Coeficiente de escorrentía  
 $A_c$ : Área de captación ( $m^2$ )

De acuerdo con Abdulla y Al-Shareef en 2006<sup>11</sup>, muchos diseñadores asumen un valor del 20% anual en pérdidas debidas a la evaporación, a la textura del material del techo, a las pérdidas en las canaletas y en el almacenamiento, y a la ineficiencia del sistema de captación, por tal razón se afecta el volumen de la oferta disponible por ese porcentaje para no sobredimensionar el sistema e incluir en el diseño las pérdidas asociadas. De ésta manera ese valor porcentual se distribuye uniformemente durante los doce meses del año para determinar la oferta mensual, de la siguiente manera.

$$A'_i = A_i - \left( A_i * \frac{0,2}{12} \right) \quad (5)$$

Donde,

- $A'_i$ : oferta de agua en el mes “i” teniendo en cuenta las pérdidas ( $m^3$ )  
 $A_i$ : oferta de agua en el mes “i” ( $m^3$ )

Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua. A continuación se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de oferta y demanda de cada uno de los meses.

---

<sup>11</sup>Ila, F.A. and Al-Shareef, A. Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan. October, (2006)

Las áreas de techo que conduzcan a diferencias acumulativas negativas en alguno de los meses del año se descartan por que no son capaces de captar la cantidad de agua demandada por los interesados

El área mínima de techo corresponde al análisis que proporciona una diferencia acumulativa próxima a cero (0) y el volumen de almacenamiento corresponde a la mayor diferencia acumulativa. Áreas de techo mayor al mínimo darán mayor seguridad para el abastecimiento de los interesados.

#### **6.6.2.3 DEMANDA ACUMULADA ( $D_{ai}$ )**

Se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$D_{ai} = D_{a(i-1)} + D_i \quad (6)$$

Dónde

$D_{ai}$ : Demanda acumulada al mes "i" ( $m^3$ ).

$D_{a(i-1)}$ : Demanda acumulada al mes anterior "i-1" ( $m^3$ ).

$D_i$ : Demanda del mes "i" ( $m^3$ )

#### **6.6.2.4. OFERTA ACUMULADA ( $A_{ai}$ )**

Se determina de acuerdo con la siguiente expresión:

$$A_{ai} = A_{a(i-1)} + A'_{i(7)}$$

Donde:

$A_{ai}$ : Oferta acumulada al mes "i" ( $m^3$ ).

$A_{a(i-1)}$ : Oferta acumulada al mes anterior "i-1" ( $m^3$ ).

$A_i$ : Oferta del mes “i” teniendo en cuenta las pérdidas ( $m^3$ )

#### **6.6.2.5. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL TANQUE DE ABASTECIMIENTO**

Para conocer el volumen necesario de almacenamiento se debe encontrar la diferencia entre la oferta acumulada y la demanda acumulada para cada mes, de ésta manera el mayor valor de diferencia será el volumen del tanque adoptado. Si las diferencias dan valores negativos, quiere decir que las áreas de captación no son suficientes para satisfacer la demanda.

$$V_i(m^3) = A_i(m^3) - D_i(m^3) \quad (8)$$

Dónde:

$V_i$ : Volumen de almacenamiento del mes “i” ( $m^3$ )

$A_{ai}$ : Oferta acumulada al mes “i” ( $m^3$ )

$D_{ai}$ : Demanda acumulada al mes “i” ( $m^3$ )

#### **6.6.2.6. INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS**

Éste elemento permite recolectar las primeras aguas lluvias que caen y lavan el techo, por lo tanto es necesario desviarlas para no ser almacenadas en el tanque. Su diseño, de acuerdo con los parámetros establecidos en la metodología del CEPIS<sup>12</sup>, establece que se requiere un litro de agua lluvia para lavar un metro cuadrado del techo, es decir que el volumen del tanque interceptor se calcula de la siguiente manera.

---

<sup>12</sup>Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud. Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. 2003

$$V_{int} = \frac{\left(1 \frac{L}{m^2} * A_{techo}\right)}{1000} \quad (9)$$

Dónde:

*V<sub>int</sub>*: Volumen del interceptor (m<sup>3</sup>)

*Atecho*: Área del techo a captar (m<sup>2</sup>)

### **6.6.2.7. POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE**

El potencial de ahorro de agua potable se determina de acuerdo con el volumen de agua lluvia posible de ser recolectada y la demanda existente, en un mes, como se expresa en la siguiente ecuación:<sup>13</sup>

$$PPWS = 100 * \frac{VR}{PWD} \quad (10)$$

Donde,

*PPWS*: Potencial de Ahorro de Agua Potable (por sus siglas en inglés) (%)

*VR ó Ai*: Volumen mensual de agua lluvia que puede ser recolectado (m<sup>3</sup>/mes).

*PWD ó Di*: Demanda mensual de agua potable (m<sup>3</sup>/mes).

Para ser coherentes con la metodología propuesta por el CEPIS<sup>14</sup>, la cual contempla la acumulación del agua en el tanque de almacenamiento, de acuerdo a su consumo, el potencial se debe determinar con los volúmenes acumulados, es

<sup>13</sup>Ghisi, E., Bressan, D., and Martini, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. *Building and Environment*. 42, 4 (2007)

<sup>14</sup>Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud. *Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano*. 2003

decir, la oferta acumulada de agua lluvia posible de ser recolectada, sobre la demanda acumulada. De ésta manera en la ecuación 10, VR cambia por Aai y PWD cambia a Dai.

#### **6.6.2.8. RED DE DISTRIBUCIÓN**

La red de distribución se implementó siguiendo el método de la certeza total de Melguizo<sup>15</sup> en donde se puede aseverar que durante un periodo determinado, los aparatos sanitarios estarán en funcionamiento al mismo tiempo, situación que se asemeja a la nuestra ya que es una establecimiento educativo; utilizando la ecuación gasto máximo posible podremos determinar caudales y diámetros de cada tramo.

Utilizando para los cálculos de demanda los caudales instantáneos mínimos en l/s de cada uno de los aparatos mencionados, de acuerdo al decreto 3102 del Ministerio de Desarrollo y a la norma Icontec NTC 920-1 donde se establecen los caudales mínimos para diferentes aparatos. Los caudales mínimos por aparato en litros/segundo, son los siguientes:

Tabla 2. Caudales mínimos por aparatos en Litros por segundo

<b>TIPO DE APARATO</b>	<b>CAUDAL LPS</b>
Sanitario de tanque	0,15
Lavamanos	0,10
Duchas	0,25

---

<sup>15</sup>Melguizo B., S. Fundamentos de Hidráulica e Instalaciones de Abasto en las Edificaciones. Segunda parte. Centro de publicaciones Universidad Nacional., Medellín, 1980.

Lavadero	0,25
Lavaplatos	0,20
Lava escobas	0,20

Fuente: Elaboración propia según NTC 920-1

#### **6.6.2.9. SISTEMA DE BOMBEO**

Se presenta a continuación el procedimiento del cálculo hidráulico de la bomba requerida para el tanque de almacenamiento. Para llevar a cabo dicho procedimiento se tendrá en cuenta el material y características de la bomba, el motor, la tubería de impulsión y de succión; así como las cotas entre los puntos de inicio (tanque de almacenamiento) y llegada (unidad de riego).

Los principales parámetros a tener en cuenta son:

- Caudal a bombear ( $Q_b$ )
- Tiempo de bombeo diario
- Temperatura media del agua ( $T$ )
- Aceleración de la gravedad ( $g$ )
- Número de bombas
- Coeficiente de Hazen-Williams ( $C$ )
- Altura sobre el nivel del mar de la bomba ( $H_{snm}$ )
- Densidad del agua a la temperatura indicada ( $\rho$ )
- Densidad del agua a  $4^\circ\text{C}$  ( $\rho_r$ )
- Tipo de bomba

##### **6.6.2.9.1. CÁLCULO DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN**

Al calcular la tubería de succión, se asume un diámetro de tubería, para verificar las velocidades mínima y máxima de acuerdo con el caudal a transportar.

Asumiendo un diámetro de succión de la bomba, el área y la velocidad calculada serán:

$$A = \frac{\pi * \phi^2}{4} \quad (12)$$

Donde,

$A$  = Área de la tubería ( $m^2$ )

$\phi$  = Diámetro de la tubería (m)

De acuerdo con el caudal obtenido para el abastecimiento de las unidades de riego, despejando la siguiente ecuación se determina el valor de la velocidad de succión:

$$Q = V * A \quad (13)$$

Donde,

$Q$ : Caudal ( $m^3/s$ )

$V$ : Velocidad (m/s)

$A$ : Área de la tubería ( $m^2$ )

Para la velocidad mínima se recomienda un valor de 0,45 m/s<sup>16</sup> y para la velocidad máxima<sup>17</sup>, recomienda 1.45 m/s para el diámetro asumido.

#### **6.6.2.9.2. CHEQUEO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN**

---

<sup>16</sup>Corcho R., F.H. and Duque S., J.I. Acueductos Teoría y Diseño. Universidad de Medellín, Medellín, 1993.

<sup>17</sup>Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000. Título B. Sección II. Sistemas de Acueducto. 2000, 206.

Para este caso, se asume un valor para el diámetro de impulsión y se calcula de nuevo el área y la velocidad de la tubería de impulsión con las ecuaciones 12 y 13.

El valor obtenido para la velocidad de impulsión debe cumplir el rango establecido en el literal B.8.5.6.2 del RAS 2000<sup>18</sup>,  $1 > V_i > 3 \text{ m/s}$ .

### **6.6.2.9.3. CÁLCULO DE LA ALTURA DINÁMICA TOTAL**

#### **6.6.2.9.3.1. ALTURA DINÁMICA TOTAL EN LA SUCCIÓN**

La altura dinámica de succión es la sumatoria de la altura estática de succión (h), las pérdidas totales en la succión y las pérdidas por fricción en la succión.

El valor de la altura estática de succión es la diferencia de altura entre el nivel del agua en el tanque de almacenamiento y la bomba. Para determinar la pérdida de carga unitaria (J) se despeja la siguiente ecuación:

$$Q = 0,2785 * C * \phi^{2,63} * J^{0,54} \quad (14)$$

Dónde:

$Q$  =Caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$C$  =Coeficiente de Hazen Williams

$\phi$  =Diámetro de la tubería (m)

$J$  =Pérdida de carga unitaria (m/m)

---

<sup>18</sup>Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000. Título B. Sección II. Sistemas de Acueducto. 2000, 206.

### 6.6.2.9.3.2 PÉRDIDAS TOTALES EN LA SUCCIÓN

Las pérdidas que se generan en cada accesorio, se relacionan como longitud equivalente, de acuerdo con la tabla 2, y su sumatoria son las pérdidas totales de la succión ( $\Delta h$ ). Los accesorios para la succión son:

- Válvula de retención liviana
- Codo de 90° de radio corto
- Longitud recta de tubería

### 6.6.2.9.3.3. PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA IMPULSIÓN

Estas pérdidas se relacionan con la fricción del líquido contra las paredes de la tubería, y se determinan así:

$$K = \frac{v^2}{2g} \quad (15)$$

Donde,

$K$ = Pérdidas por fricción (m)

$V$ = Velocidad (m/s)

$g$ = Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ )

La altura dinámica total en la succión se encuentra entonces por medio de la siguiente ecuación:

$$H_d = h + (J * \Delta h) + K \quad (16)$$

Donde,

$H_d$ : Altura dinámica total (m)

- $h$ : Altura estática (m)  
 $J$ : Pérdida de carga unitaria (m/m)  
 $\Delta h$ : Sumatoria de las pérdidas totales (m)  
 $K$ : Pérdidas por fricción (m)

#### **6.6.2.9.3.4 ALTURA DINÁMICA TOTAL EN LA IMPULSIÓN**

La altura dinámica de impulsión es la sumatoria de la altura estática de impulsión ( $h$ ), las pérdidas totales en la impulsión y las pérdidas por fricción en la impulsión. El valor de la altura estática de impulsión es la diferencia de altura entre el bombeo y la parte más alta del tanque de almacenamiento. Para determinar la pérdida de carga unitaria ( $J$ ) se utiliza la ecuación 14

#### **6.6.2.9.3.5 PÉRDIDAS TOTALES EN LA IMPULSIÓN**

Las pérdidas que se generan en cada accesorio, se relacionan como longitud equivalente, y su sumatoria son las pérdidas totales de la succión ( $\Delta h$ ). Los accesorios para la impulsión son:

- Válvula de compuerta
- Válvula de retención liviana
- Codo de 90° de radio corto
- Reducción
- Salida de tubería
- Longitud recta de tubería

#### **6.6.2.9.3.6 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA IMPULSIÓN**

Estas pérdidas también se obtienen con la ecuación 15. La altura dinámica total en la impulsión se encuentra con la ecuación 16. Ahora, la altura dinámica total es igual a la altura dinámica de succión más la altura dinámica total de la impulsión, de manera que:

$$Hd = Hd,s + Hd,i \quad (17)$$

Donde,

*Hd*: Altura dinámica total en la succión e impulsión (m)

*Hd,s*: Altura dinámica en la succión (m)

*Hd,i*: Altura dinámica en la impulsión (m)

Se debe aplicar un factor de seguridad del 20%.

#### **6.6.2.9.3.7 CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA**

Para el diseño se debe contemplar qué tipo de bomba se va a utilizar, 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; es decir, la presencia de aire dentro del sistema, lo cual contribuye a un mayor desgaste de la máquina. Para minimizar el efecto de la cavitación se calculará la "Cabeza Neta de Succión Positiva Disponible" (NPSH<sub>d</sub>), la cual nos indica la máxima altura de succión que otorga el sistema; adicionalmente se debe cumplir que la "Cabeza Neta de Succión Positiva Requerida" (NPSH<sub>r</sub>), cuyo valor lo proporciona el fabricante de la bomba, debe ser menor que el NPSH disponible, para evitar la cavitación.

El cálculo del NPSH<sub>d</sub> se debe hacer primero correcciones de la presión barométrica y de la presión de vapor de la siguiente manera:

Corrección de la presión barométrica

$$\frac{Pa}{\gamma} = 10,33 - \left(\frac{1,2 * Hsnm}{1000}\right) \quad (18)$$

Corrección de la presión de vapor:

$$\frac{Pv}{\gamma} = \left( (6 \times 10^{-7} * T^4) + (1 \times 10^{-5} * T^3) + 1,6 \times 10^{-3} * T^2 + (4,34 \times 10^{-2} * T) + 0,6120 \right) * \left( \frac{1000}{\frac{\rho}{g}} \right) \quad (19)$$

Donde,

$Pa / \gamma$ :	Presión barométrica corregida en el sitio (m)
$Hsnm$ :	Altura sobre el nivel del mar de la bomba (m)
$Pv / \gamma$ :	Presión de vapor a la temperatura indicada (m)
$T$ :	Temperatura media del agua en el sitio de bombeo (°C)
$\rho$ :	Densidad del agua a la temperatura indicada (Kg/m <sup>3</sup> )
$g$ :	Valor de la aceleración de la gravedad (m/s <sup>2</sup> )

Ahora se determina el valor del NPSHd por medio de la siguiente ecuación:

$$NPSHd = \left(\frac{Pa}{\gamma}\right) + \left(\frac{Pv}{\gamma}\right) - Hd,s - M - N \quad (20)$$

Donde,

$NPSHd$ :	Cabeza neta de succión positiva disponible (m)
$Pa / \gamma$ :	Presión barométrica corregida en el sitio (m)
$Pv / \gamma$ :	Presión de vapor a la temperatura indicada (m)
$Hd,s$ :	Altura dinámica de la succión (m)

- M*: Corrección por posibles depresiones barométricas (m)  
*N*: Corrección por vacío imperfecto de las bombas (m)

### 6.6.2.9.3.8 POTENCIA DEL MOTOR DE LA BOMBA

Para hallar la potencia del motor de la bomba es necesario primero hallar la densidad relativa del agua, de la siguiente manera:

$$\gamma = \frac{\rho}{\rho_r} \quad (21)$$

Dónde:

$\gamma$  = Densidad relativa del agua

$\rho$  = Densidad del agua a la temperatura indicada (°C)

$\rho_r$  = Densidad del agua a 4°C

Adicionalmente es necesario que el fabricante proporcione el valor de la eficiencia de la bomba ( $\eta$ ).

La potencia del motor se halla entonces, de la siguiente manera:

$$P = \left( \frac{g * Q_i * H_d}{\frac{\eta}{100} * 75} \right) \quad (22)$$

Donde,

*P*: Potencia del motor (HP)

*G*: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

*Q<sub>i</sub>*: Caudal en la impulsión (l/s)

$H_d$ : Altura dinámica total (m)  
 $\eta$ : Eficiencia de la bomba (%)

#### **6.6.2.9.3.9 VERIFICACIÓN DE LA CAVITACIÓN EN EL SISTEMA**

En la "Curva Característica de la Bomba" se proporcionan datos sobre la eficiencia óptima del motor y la "Cabeza Neta de Succión Positiva Requerida" (NPSHr), a partir de estos, se puede verificar la cavitación con la siguiente relación:

$$C = NPSH_d - NPSH_r(23)$$

Si  $C > 0$ : "No se genera cavitación"

Si  $C < 0$ : "Se genera cavitación"

#### **6.6.2.9.3.10 GOLPE DE ARIETE**

Un efecto que comúnmente se presenta en los sistemas de bombeo es el conocido como "Golpe de Ariete", el cual es una sobrepresión que se genera en la tubería de impulsión, debido principalmente a los eventuales cortes de energía eléctrica o a la suspensión del flujo. Por lo anterior, se procederá a calcular el efecto, para conocer la resistencia que debe tener la tubería en los puntos críticos donde se presente dicho fenómeno de sobrepresión.

Para determinar el Golpe de Ariete se deben considerar los siguientes factores:

- Velocidad del sonido en el agua ( $V_w$ )
- Módulo de elasticidad del agua ( $E_w$ )
- Material de la tubería de impulsión
- Diámetro de la tubería de impulsión ( $\phi_i$ )

- Espesor pared tubería de impulsión (e) (Valor suministrado por el fabricante)
- Modulo de elasticidad de la tubería (E)
- Velocidad del agua en la impulsión (Vi)
- Aceleración de la gravedad (g)
- Altura estática de impulsión (hi)

Con los valores anteriores, es necesario hallar la velocidad de la onda de presión (Vp) de la siguiente manera:

$$Vp = \frac{Vw}{\left(1 + \left(\frac{Ew * \phi l}{E * e}\right) * \frac{1}{2}\right)} \quad (24)$$

También se debe hallar la sobrepresión producida por el golpe de ariete con la siguiente ecuación:

$$S = \left(\frac{Vi * Vp}{g}\right) \quad (25)$$

Ahora, la presión obtenida cuando ocurra golpe de ariete se calcula con la ecuación 26,<sup>19</sup>

$$P = (hi + S) \quad (26)$$

## 6.7 AGUAS GRISES

---

<sup>19</sup>Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000. Título B. Sección II. Sistemas de Acueducto. 2000.

Es de nuestro interés el uso y re uso de las aguas para el sector agrícola debido a que finalmente toda el agua lluvia colectada será utilizada para el riego de jardines y todo tipo de plantas del campus universitario, además que no hay normas ni legislación conocida que se dedique exclusivamente a estudiar las aguas de riego para su uso en jardines y plantas comunes, dentro de la legislación y normatividad del sector agrícola están este tipo de usos incluidos implícitamente.

A continuación un breve resumen del marco legal, normativas y conceptos básicos de la química para entender mejor el asunto en estudio.

De acuerdo con el artículo 40 del Decreto 1594 de 1984 los criterios admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola se presentan en la tabla 3:

Tabla 3. Valores admisibles de compuestos presentes en el agua para uso agrícola

<b>Referencia</b>	<b>Valor</b>
Aluminio	5.0
Arsénico	0.1
Berilio	0.1
Cadmio	0.01
Cinc	2.0
Cobalto	0.05
Cobre	0.2
Cromo	0.1
Flúor	1.0
Hierro	5.0
Litio	2.5
Manganeso	0.2
Molibdeno	0.01
Níquel	0.2
pH	4.5 - 9.0 Unidades

Plomo	5.0
Selenio	0.02
Vanadio	0.1

Fuente: Elaboración propia, Decreto 1594 de 1984

Este artículo posee dos párrafos en los cuales se adoptan otros criterios.

- El boro, expresado como B, deberá estar entre 0.3 y 4.0 mg/L dependiendo del tipo de suelo y del cultivo.
- Pruebas de coliformes totales y fecales.
- Deberán hacerse mediciones de:
  - a. Conductividad.
  - b. Relación de absorción de sodio (RAS).
  - c. Porcentaje de sodio posible (PSP).
  - d. Salinidad efectiva y potencial.
  - e. Carbonato de sodio residual.
  - f. Radionucleídos

Tal como lo mencionan en la sección 2.3 del documento EPA/625/R-04/108 los componentes químicos en el agua de interés para su uso en la agricultura son salinidad, sodio, oligoelementos, exceso de cloro residual y nutrientes.

- a. Salinidad: Es el parámetro más importante en la determinación de la idoneidad del agua para irrigación y se determina por mediciones de conductividad eléctrica y/o sólidos disueltos totales en el agua. La tolerancia a la salinidad de las plantas varía ampliamente.
- b. Sodio: La influencia potencial que el sodio puede tener sobre el suelo es indicada por la relación de adsorción de sodio<sup>20</sup>, el cual se basa en el efecto del sodio intercambiable sobre la condición física del suelo. La RAS<sup>21</sup>

<sup>20</sup>Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000. Título B. Sección II. Sistemas de Acueducto. 2000, 206.

<sup>21</sup>Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000. Título B. Sección II. Sistemas de Acueducto. 2000, 206.

expresa la concentración de sodio en el agua en relación al calcio y al magnesio. Un exceso de sodio en el agua riego, cuando la relación sodio-calcio es 3:1, contribuye a la dispersión del suelo y a su descomposición estructural. Las sales de sodio influyen en la composición de cationes intercambiables del suelo, lo que reduce la permeabilidad y afecta a la labranza de la tierra.

- c. **Oligoelementos:** Los elementos de mayor preocupación a niveles elevados son el cadmio, cobre, molibdeno, níquel y zinc. Níquel y zinc tienen efectos adversos en plantas en concentraciones más bajas que los niveles perjudiciales para los animales y los seres humanos. La toxicidad del zinc y el níquel se reduce conforme el pH aumenta. Cadmio, cobre y molibdeno, sin embargo, puede ser perjudicial para los animales en concentraciones demasiado bajas.
- d. **Exceso de cloro residual:** El cloro libre residual en concentraciones inferiores a 1 mg / l por lo general no representa ningún problema para las plantas. Sin embargo, algunos cultivos sensibles pueden sufrir daños en niveles tan bajos como 0,05 mg / l. Algunos cultivos leñosos, sin embargo, pueden acumular cloro en el tejido a niveles tóxicos. El cloro en concentraciones superiores a 5 mg / l causa graves daños a la mayoría de las plantas.
- e. **Nutrientes:** Los nutrientes más importantes para las necesidades de un cultivo son el nitrógeno, fósforo, potasio, zinc, boro y azufre. El agua recuperada después de tratamiento por lo general contiene suficiente de estos nutrientes para suministrar una gran parte de las necesidades del cultivo. El nutriente más beneficioso es el nitrógeno porque estimulan el crecimiento de la mayoría de los cultivos, sin embargo cantidades excesivas de nitrógeno pueden retrasar la madurez y reducir la calidad y cantidad de los cultivos.

En el anexo 13 en la tabla 38 se encuentra la lista de los límites recomendados por constituyentes en el agua regenerada para riego.

En la monografía presentada por Ederson Jaimes Cuberos (2008) se discuten los parámetros fisicoquímicos básicos usados para la caracterización de las aguas de riego.

- a. pH: El termino pH es una forma de expresar la concentración del ión hidrógeno o, más exactamente, la actividad del ión hidrógeno. En general se usa para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución, sin que esto quiera decir que mida la acidez o alcalinidad totales. Se puede medir por el método colorimétrico o potenciométrico.
- b. Temperatura: La determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación del oxígeno disuelto, la actividad biológica y el valor de saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura.
- c. Sólidos: Se clasifica toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos, como materia sólida. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad de material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas poluidas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.
  - Sólidos Totales: Se define como sólidos la materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 105°C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos). Para su determinación, la muestra se evapora en una capsula previamente pesada, preferiblemente de platino, sobre un baño María, y luego se seca a 103 – 105°C. El incremento de peso,

sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos totales o residuo total.

- Sólidos disueltos: Son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si la determinación es directa, se filtra la muestra a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch; el filtrado se evapora en una cazuela de peso conocido sobre un baño María y el residuo de la evaporación se seca a 103 – 105°C. El incremento de peso sobre el de la cazuela vacía representa los sólidos disueltos o residuo filtrante.
- Sólidos suspendidos: Son determinados por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch previamente pesado. El crisol con su contenido se seca a 103 – 105°C; el incremento de peso, sobre el peso inicial, representa el contenido de sólidos suspendidos o residuo no filtrante.
- Sólidos volátiles: En aguas residuales y lodos, se acostumbra hacer esta determinación con el fin de obtener una medida de la cantidad de materia orgánica presente. El procedimiento estándar es el de someter las cazuelas, con el residuo retenido después de completar el ensayo para sólidos suspendidos a calcinamiento en una mufla, a una temperatura de  $550 \pm 50^\circ\text{C}$ , durante 15 a 20 minutos. La pérdida de peso se registra como mg/L de sólidos volátiles y el residuo como mg/L de sólidos fijos.
- Sólidos sedimentables: La denominación se aplica a los sólidos en suspensión que se sedimentarán, bajo condiciones tranquilas, por acción de la gravedad. La determinación llenando un cono Imhoff de 1 litro de volumen y registrando el volumen de material sedimentado en el cono, al cabo de una hora, en mL/L.

- d. **Conductividad Eléctrica:** La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, esta depende de la concentración total de especies disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Se usa además para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos. Esta medida constituye un parámetro básico de evaluación de la aptitud del agua para riego. Se mide mediante instrumentos comerciales de lectura directa en  $\mu\text{mho/cm}$  a  $25^{\circ}\text{C}$  con un error menor de 1%.  
Ver Anexo 14,. Calificación del agua según la conductividad eléctrica.
- e. **Alcalinidad:** Es su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con iones hidrógeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas ( $\text{OH}^-$ ). En aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de compuestos: Bicarbonatos, Carbonatos e Hidróxidos, en algunas ocasiones boratos, silicatos, fosfatos, entre otros.
- f. **Salinidad:**
- **Salinidad Efectiva:** Mide el efecto de las sales solubles del agua cuando pasan a formar parte de la solución del suelo. Ver Anexo 15,
  - **Salinidad Potencial:** Es un índice que permite estimar el riesgo de las sales anteriores en altas concentraciones y su efecto sobre el potencial osmótico del suelo.
- g. **Calidad del recurso según la concentración relativa de sodio:** Una concentración elevada de sodio en el suelo solo produce toxicidad en algunos cultivos y además, puede acelerar la degradación de la estructura del suelo. Cuando hay más salinidad el daño del sodio sobre la estructura del suelo es menor. Existen varios índices que ayudan a estimar el daño que puede causar el sodio del agua, siendo los más usados los siguientes:

- Relación de adsorción de sodio (RAS): Parámetro que refleja la posible influencia del ión sodio sobre las propiedades del suelo. Se basa en una fórmula empírica que relaciona el contenido de sodio, calcio y magnesio; así mismo relaciona el porcentaje de sodio de intercambio en el suelo en situación de equilibrio. Denota la proporción relativa en que se encuentra el sodio respecto al calcio y magnesio, cationes que compiten con el sodio por los lugares de intercambio del suelo. Ver Anexo 16, Calificación del agua según la relación de adsorción de sodio (RAS)<sup>22</sup>.
- Carbonato de Sodio Residual (CSR): Indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes calcio y magnesio con los aniones carbonato y bicarbonato. Ver Anexo 17,. Calificación del agua según la concentración de carbonato de sodio residual (CSR).
- Porcentaje de Sodio Posible (PSP): Cantidad de sodio que resultaría después de que precipite el  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$  y el  $\text{CaSO}_4$ . Con este fenómeno dichos compuestos tienden a aumentar relativamente la proporción de sodio sobre los demás cationes. Valores por encima del 50% hacen que el agua tenga una calidad “No recomendable”
- Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI): La presencia de sodio intercambiable crea condiciones de inestabilidad de los agregados del suelo y del sistema poroso. Para utilizar el PSI como índice de calidad de las aguas de riego se evalúa el riesgo de estas por la tendencia a desarrollar suelos sódicos. Ver Anexo 18, Calificación del agua según el porcentaje de sodio intercambiable (PSI)

h. Elementos Fitotóxicos: Para evaluar el riesgo de inducir toxicidad de un agua de riego, se puede seguir la clasificación de la F.A.O. en cuanto al

---

<sup>22</sup>Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000. Título B. Sección II. Sistemas de Acueducto. 2000, 206.

contenido de sodio, cloruros y boro, también es importante tener en cuenta la presencia del hierro.

- Cloruros: El ión cloruro es una de las especies del cloro de mayor importancia en el agua; el poder disolvente del agua es capaz de introducirlo en la capa vegetal y en las formaciones rocosas más profundas.
- Sulfatos: Es uno de los aniones más comunes en aguas naturales; los sulfatos de sodio y magnesio tienen efecto purgante.
- Hierro: Crea problemas en el suministro de agua, aporta mal sabor y también en el suelo cuando está en forma de compuestos férricos insolubles; su determinación también es útil para el control de la corrosión en tuberías metálicas.

Ver Anexo 19, Evaluación del riesgo de inducir toxicidad del agua de riego.

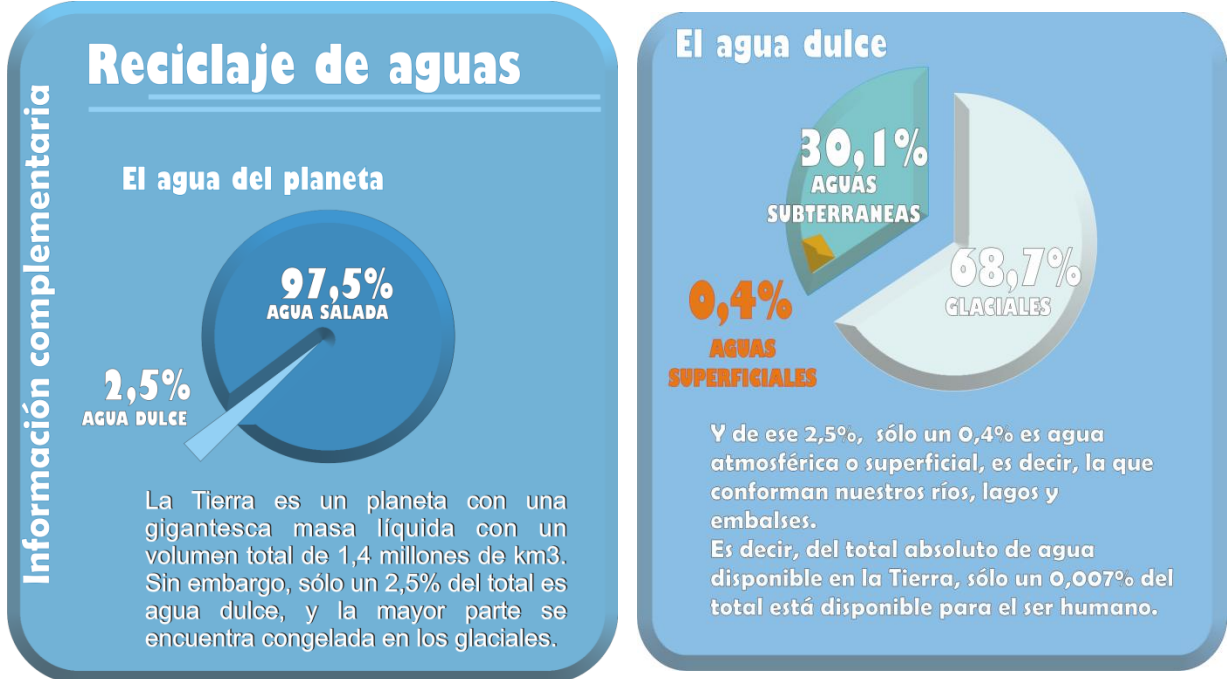
- índice de Saturación de Langelier (ISL): Es un indicador de la corrosión de metales, calizas, cemento y derivados, que ciertas aguas provocan y depende de dos factores de entre los tres siguientes: anhídrido carbónico libre, alcalinidad y pH. Ver Anexo 20, Calidad del agua según el ISL (modificado por Carrier)
- Normas Riverside: Sistema de clasificación de las aguas para riego desarrollado por el servicio de agricultura de EEUU. Relaciona dos criterios importantes, la conductividad eléctrica y el índice RAS. Según estos dos índices, se establecen categorías o clases de aguas C y S, Ver Anexo 21, Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. (U.S. Soil Salinity Laboratory). Tabla 45. Clasificaciones de las aguas según las normas Riverside.
- Índice de Scott o Coeficiente Alcalinométrico: Se define como la altura de agua, expresada en pulgadas, que al evaporarse se dejaría en un terreno vegetal de cuatro pies de espesor, álcali suficiente para imposibilitar el desarrollo normal de las especies vegetales más

sensibles. Relaciona el posible exceso de sodio respecto al cloruro y sulfato con el álcali nocivo para la planta. Ver Anexo 23 Calidad del agua de riego según los valores del índice de Scott.

- Normas Greene: Se toma la concentración total de cationes de las aguas en (meq/l) con relación al porcentaje de sodio, calculado respecto al contenido total de cationes expresados en (meq/l)
- Normas L.V. Wilcox: Consideran como índice para la calificación de las aguas el porcentaje de sodio respecto al total de cationes y la conductividad eléctrica en  $\mu\text{ohms/cm}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ . Ver Anexo 24. Clasificación de las aguas de riego basada en el riesgo de salinidad.

La energía no es el único recurso en el que deberíamos concentrar todos nuestros esfuerzos para asegurar un desarrollo sostenible que permita a las generaciones futuras disfrutar de la naturaleza al igual que lo hemos hecho nosotros. El agua es nuestro recurso máspreciado y reciclarla no sólo es ecológico, es una manera de alargar lo inevitable en caso de llegar la escasez de este vital líquido. El solo pensar que el agua superficial se está agotando (ver figura 7 ) es inconcebible, por no decir absurdo, ya que sin esta la vida de algunas formas de vida no tendrían lugar; es así que estamos convencidas que aportar en esta buena idea de reciclaje de agua solo puede conducir a resultados positivos.

Figura 7. Esquema del cantidad de agua en el planeta



Fuente, artículo sobre la tierra 2003

Las aguas grises que a primera vista pueden resultar inservibles son uno de los ejes de este proyecto, puesto que son usadas en lavamanos y duchas que con tratamientos de acondicionamiento pueden reutilizarse para actividades en las que no se requiera alta calidad de este recurso, consiguiendo disminuir el gasto de agua potable, así como reducir el vertido de aguas residuales. Se distinguen de las aguas cloacales o aguas negras porque no contienen bacterias patógenas como la *Escherichia coli*, los porcentajes de nitrógeno y fósforo son menores y aún mejor su descomposición es rápida.

Se les atribuye como pioneros en la depuración de aguas a los israelitas quienes llevan muchos años investigando sistemas de reaprovechamiento de aguas usadas. Sin embargo, aunque estas aguas pueden ser utilizadas en los retretes un agua gris sin tratamiento no es usada porque pueden generar malos olores y manchas en las cisternas de los inodoros si se dejan más de un día.

La reutilización de las aguas grises puede utilizarse de manera benéfica dependiendo del sistema de tratamiento y el uso final que se le vaya a dar, por ejemplo el fósforo, potasio y nitrógeno que convierte a las aguas grises en una fuente de contaminación para lagos y ríos pueden utilizarse como excelentes nutrientes para el regado de plantas. Hay varios sistemas para tratar las aguas grises, como los "filtros jardinera" que consisten en una trampa que retiene las grasas que provienen principalmente de la cocina y posteriormente, se dirige esta agua pre-tratada hacia una jardinera impermeable, donde se siembran plantas de pantano, las cuales se nutren de los detergentes y la materia orgánica, evaporan el agua y así la purifican, con lo que se puede llegar a rescatar hasta un 70% del agua, que a su vez puede ser utilizada para irrigación, o el sistema de "acolchado" que consiste en dirigir el agua gris hacia zanjas rellenas de un acolchado, compuesto normalmente de corteza de árbol triturada, paja u hojas, que se encarga de tratar las aguas, aumentando así la riqueza del suelo al seguir un proceso de compostaje.

Junto a todo esto empiezan a surgir empresas que se encargan de instalar sistemas para reutilizar las aguas grises, muy demandados para su uso en viviendas unifamiliares, instalaciones deportivas como campos de fútbol o piscinas, universidades, entre otros. Estas instalaciones constan de tuberías independientes por donde circulan estas aguas hasta llegar a depósitos, donde se lleva a cabo el tratamiento de depuración, gracias a esta el agua se puede reutilizar para alimentar las cisternas de los inodoros, para el riego del jardín o la limpieza de los exteriores. El equipo de reutilización de aguas grises se instala en los sótanos o la buhardilla, con los correspondientes bidones que recolectarán y tratarán las aguas. También se instalarán las tuberías que se precisen para recolectar el agua de la ducha y el lavado, que conducirán el agua a tratar y, por otro lado, las tuberías que llevarán el agua tratada hacia las cisternas de los inodoros y a una boca de riego, si fuera necesaria.

**Beneficios del sistema de reutilización de aguas grises.** Los sistemas de reutilización de aguas grises pueden conseguir:

- Ahorrar entre un 30% y un 45% de agua potable
- Disminuir los costos de agua potable y aguas residuales
- Proteger las reservas de agua subterránea
- Reduce la carga de las aguas residuales

También se pueden incorporar estos sistemas a cualquier edificio estimando que cada hogar pueda ahorrar unos 45 litros de agua potable y aguas residuales por persona/día, en hoteles o instalaciones deportivas este ahorro podría llegar a 60 litros por persona/día.

La instalación de estos sistemas para una familia en Europa de 4 personas puede rondar los 1.100 euros y en casos de viviendas o instalaciones ya existentes el precio se encarece por lo que se recomienda implantarlos en las reformas o al inicio de la obra; solo requiere conectar los desagües de lavados y bañeras a un depósito donde se realizarían dos tratamientos de depuración: uno físico, mediante unos filtros que impedirían el paso de partículas sólidas, y otro químico, en el que al agua pasaría por un proceso de cloración mediante un dosificador automático y la dejaría lista para ser reutilizada. Es fundamental que el sistema sea eficiente, calcular correctamente el tamaño de este depósito, consiguiendo un equilibrio entre el espacio utilizado y la capacidad de procesar agua del mismo. Para viviendas unifamiliares puede ser suficiente un depósito entre 0.5 y 1 m<sup>3</sup>, mientras que para instalaciones hoteleras se pueden instalar uno o varios depósitos de 25 m<sup>3</sup>. La ubicación suele ser el sótano del edificio o, en algunos casos la azotea, en cuyo caso la distribución hasta las cisternas sería más fácil aprovechando la fuerza de la gravedad. El mantenimiento de todo el sistema de aguas grises se limita a una revisión anual de los filtros y el sistema de cloración. Un ahorro de agua considerable y sin cambiar los hábitos de vida.

Para todo sistema, la reutilización de las aguas grises tienen ventajas e inconvenientes porque aunque incluyen un menor uso de las aguas frescas, un menor caudal a las fosas sépticas o plantas de tratamiento, una purificación altamente efectiva, una solución para aquellos lugares en donde no puede utilizarse otro tipo de tratamiento, un menor uso de energía y químicas por bombeo y tratamiento, la posibilidad de sembrar plantas donde no hay otro tipo de agua, o la recuperación de nutrientes que se pierden, no siempre pueden utilizarse en cualquier lugar, puesto que es necesario un espacio suficiente que permita desarrollar el proceso del tratamiento del agua y que reúna las condiciones climáticas adecuadas. Hay que tener en cuenta que aunque las aguas grises normalmente no son tan peligrosas para la salud o el medio ambiente como las aguas negras, poseen cantidades significativas de nutrientes, materia orgánica y bacterias, por lo que si no se realiza un tratamiento eficaz previo a su descarga o reutilización, causan efectos nocivos a la salud, contaminación del medio y mal olor.

### **6.7.1 NORMAS Y ESPECIFICACIONES**

El estudio se basa en la siguiente normativa:

- Reglamento Técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2.000.
- La Norma Técnica Colombiana NTC 1500 “Código colombiano de Fontanería”.
- Las normas y especificaciones técnicas

La norma colombiana de fontanería NTC1500 hace las siguientes recomendaciones a la hora de hacer un diseño hidráulico:

- El sistema de distribución del suministro de agua para el edificio debe diseñarse de manera que abastezca los aparatos y equipos con la mínima

cantidad de agua necesaria para obtener un funcionamiento que satisfaga los requisitos de salubridad con presiones y velocidades adecuadas.

- En edificios de cuatro o más plantas, las tuberías de distribución de agua, en tramos verticales, deberán instalarse en conductos especialmente provistos para tal fin; sus dimensiones deberán ser tales que permitan la instalación, revisión, reparación o remoción. Estos ductos serán independientes de los empleados para cualquier otro tipo de ductos de instalaciones no hidráulicas.
- La velocidad máxima de diseño debe ser de 2 *m/s* para tubería de diámetro inferior a 76,2 mm; para diámetros de 76,2 mm o mayores, la velocidad máxima debe ser de 2,50 *m/s*.
- Se debe garantizar que todos los aparatos de fontanería lleven su correspondiente sifón con sello de agua.
- Los desagües finales sobre terreno se colocarán en línea recta. Los cambios de dirección o de pendientes se harán por medio de cajas de inspección. Los desagües finales no podrán quedar a menos de un metro de distancia de los muros del edificio y de los linderos del terreno.
- Los diámetros mínimos para las tuberías de desagüe, tanto vertical como horizontal, se deben determinar a partir del número total de unidades de descarga de los aparatos conectados a dicha red. En el caso de tubos de desagüe verticales, además del total de unidades de descarga, se debe considerar la longitud.
- El diámetro mínimo del tubo que reciba la descarga de un sanitario será de 4”.
- El diámetro de un ramal horizontal de desagüe no podrá ser menor que el de cualquiera de los orificios de salida de los aparatos que descargan en él.

## **6.7.2 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO**

El sistema de suministro de agua se abastecerá del acueducto municipal y se compone de una acometida proveniente de la conexión que se realizara en **1/2” PVC**, desde el tanque proyectado hasta la batería sanitaria proyectada.

En el estudio se emplean los modelos matemáticos de:

- Unidades de Hunter para el cálculo de consumo.
- Hazen - Williams para el cálculo de diámetro.

### **6.7.3 MÉTODO DE HUNTER**

En una edificación con un determinado número de aparatos la probabilidad de que haya un uso de la totalidad de ellos simultáneamente disminuye en la medida que su número sea mayor. Por lo tanto un diseño racional debe basarse en la probabilidad que muestre una cantidad de aparatos en que se utilicen simultáneamente. Hunter produjo unos gráficos de caudal vs. unidades de gasto basados en esta probabilidad. Por lo tanto es razonable que en los tramos se sumen o contabilicen UG (unidades de gasto) y no caudales y que para el valor de las UG en cada tramo se obtenga el caudal mediante el grafico.

Tabla 4. Unidades de consumo por aparato sanitario

<b>APARATO</b>	<b>OCUPACIÓN</b>	<b>TIPO DE CONTROL DE SUMINISTRO</b>	<b>UNIDADES DE CONSUMO</b>	<b>DIAMETRO MINIMOSIF ONPLG</b>
<b>Inodoro</b>	Público	Fluxómetro	10	4"
<b>Inodoro</b>	Público	Tanque	5	4"
<b>Orinal</b>	Público	Fluxómetro 1"	10	2"
<b>Orinal</b>	Público	Fluxómetro ¾"	5	2"
<b>Orinal</b>	Público	Tanque	3	2"
<b>Orinal</b>	Público	Llave	2	2"
<b>Lavamanos</b>	Público	Llave	4	2"
<b>Tina/Ducha</b>	Público	Mezclador	4	2"
<b>Fregadero de servicio</b>	Oficial	Llave	3	2"
<b>Fregadero de cocina</b>	Hotel	Tanque	4	2"
<b>Inodoro</b>	Privado	Fluxómetro	3	4"
<b>Inodoro</b>	Privado	Llave	6	4"
<b>Lavamanos</b>	Privado	Llave	1	2"
<b>Bidé</b>	Privado	Llave	1	2"
<b>Tina</b>	Privado	Llave	2	2"
<b>Ducha</b>	Privado	Llave	2	2"
<b>Lavadero</b>	Privado	Llave	3	2"

<b>Sifón de piso</b>			1	2"
----------------------	--	--	---	----

Fuente: Elaboración propia en base a la NTC 1500

Tabla 5. Caudales en Lps de acuerdo a las unidades de consumo

<b>UNIDADES DE CONSUMO</b>	<b>CAUDAL LPS</b>	<b>UNIDADES DE CONSUMO</b>	<b>CAUDAL LPS</b>
0	0,00	90	1,76
1	0,08	91	1,77
2	0,13	92	1,78
3	0,17	93	1,79
4	0,21	94	1,81
5	0,24	95	1,82
6	0,28	96	1,83
7	0,31	97	1,85
8	0,34	98	1,86
9	0,36	99	1,87
10	0,39	100	1,89
<b>UNIDADES DE CONSUMO</b>	<b>CAUDAL LPS</b>	<b>UNIDADES DE CONSUMO</b>	<b>CAUDAL LPS</b>
11	0,42	101	1,90
12	0,44	102	1,91
13	0,47	103	1,92
14	0,49	104	1,94
15	0,52	105	1,95
16	0,54	106	1,96
17	0,56	107	1,98
18	0,58	108	1,99

19	0,61	109	2,00
20	0,63	110	2,01
21	0,65	111	2,03
22	0,67	112	2,04
23	0,69	113	2,05
24	0,71	114	2,06
25	0,73	115	2,08
26	0,75	116	2,09
27	0,77	117	2,10
28	0,79	118	2,11
29	0,81	119	2,12
30	0,83	120	2,14
31	0,85	121	2,15
32	0,87	122	2,16
33	0,88	123	2,17
34	0,90	124	2,18
35	0,92	125	2,20
36	0,94	126	2,21
37	0,96	127	2,22
38	0,97	128	2,23
39	0,99	129	2,24
40	1,01	130	2,26
41	1,03	131	2,27
42	1,04	132	2,28
43	1,06	133	2,29
44	1,08	134	2,30
45	1,09	135	2,32
46	1,11	136	2,33
47	1,13	137	2,34

<b>UNIDADES DE CONSUMO</b>	<b>CAUDAL LPS</b>	<b>UNIDADES DE CONSUMO</b>	<b>CAUDAL LPS</b>
48	1,14	138	2,35
49	1,16	139	2,36
50	1,17	140	2,37
51	1,19	141	2,39
52	1,21	142	2,40
53	1,22	143	2,41
54	1,24	144	2,42
55	1,25	145	2,43
56	1,27	146	2,44
57	1,28	147	2,45
58	1,30	148	2,47
59	1,32	149	2,48
60	1,33	150	2,49
61	1,35	155	2,54
62	1,36	160	2,60
63	1,38	165	2,66
64	1,39	170	2,71
65	1,41	175	2,76
66	1,42	180	2,82
67	1,43	185	2,87
68	1,45	190	2,92
69	1,46	195	2,98
70	1,48	200	3,03
71	1,49	210	3,13
72	1,51	220	3,23
73	1,52	230	3,33

74	1,54	240	3,43
75	1,55	250	3,53
76	1,56	260	3,62
77	1,58	270	3,72
78	1,59	280	3,81
79	1,61	290	3,90
80	1,62	300	4,00
81	1,63	310	4,09
82	1,65	320	4,18
83	1,66	330	4,26
84	1,67	340	4,35
<b>UNIDADES DE CONSUMO</b>	<b>CAUDAL LPS</b>	<b>UNIDADES DE CONSUMO</b>	<b>CAUDAL LPS</b>
85	1,69	350	4,44
86	1,70	360	4,53
87	1,71	370	4,61
88	1,73	380	4,70
89	1,74	390	4,78

Fuente: norma NTC 1500

Tabla 6. Carga máxima de unidades y longitud máxima de tubos de desagüe

<b>Diámetro mm</b>	38	5	64	76	102	152	203	254	305
<b>plg</b>		1							

	(1½)	2	(2½)	3	4	6	8	10	12
<b>Unidadmáx.</b>									
<b>Tubería Vertical</b>	2	1	32	48	256	138	3600	5600	8400
		6				0			
<b>Tubería horizontal</b>	1	8	14	35	216	720	2640	4680	8200
<b>Longitud máx.</b>									
<b>Tubería vertical (m)</b>	65	8	148	212	300	510	750		
		5							
<b>Tubería horizontal (no limitada)</b>									

Fuente: NORMA TÉCNICA COLOMBIANA 1500

#### 6.7.4 PRESIÓN EN LOS APARATOS SANITARIOS

Los sistemas de suministro de agua para los edificios se diseñarán e instalarán de manera que abastezcan de agua, en todo tiempo, a los aparatos de fontanería y equipos, en volumen suficiente con presiones adecuadas para que funcionen satisfactoriamente y sin ruidos excesivos, bajo las condiciones normales de uso.

La presión mínima disponible en las salidas de agua de los aparatos sanitarios bajo condiciones normales de funcionamiento, deberán ser la equivalente a una columna de agua de 1 metro (10 Kpa).

Los aparatos sanitarios con válvulas de descarga dispondrán de una presión mínima de 3 m.c.a. (30 Kpa), y los orinales y sanitarios de fluxómetros dispondrán de una presión mínima de 7.5 m.c.a. (75 Kpa).

TABLA 7. Presión para aparatos de fontanería

APARATO SANITARIO	PRESIÓN RECOMENDADA A	PRESIÓN MÍNIMA A	DIÁMETRO DE CONEXIÓN	
	METRO	METRO	PULG	CM
Inodoro fluxometro	10	8	1	2,54
inodoro de tanque	7	2,8	1/2"	1,27
orinal fluxometro	10	8	3/4" - 1"	1,90 - 2,50
orinal llave	7	2,8	1/2"	1,27
ducha	10	2	1/2"	1,27
lavamanos	5	2	1/2"	1,27
llave para manguera	21	10	1/2"	1,27

Fuente: elaboración libro

### 6.7.5. CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERÍAS

Las pérdidas de carga que se presentan en tuberías son de dos tipos:

- Pérdidas de carga por fricción
- Pérdidas de carga singulares o por accesorios.

La pérdida de carga por fricción o continua se toma por unidad de longitud (m/m) y se designa por la letra h. En el movimiento uniforme a lo largo de un tubo de sección uniforme los factores que intervienen son:

- Diámetro D (m)
- Caudal Q (m<sup>3</sup>/s.)
- Rugosidad C, n, f
- Velocidad V (m/s.)
- Perdida de carga h (m/m)

Las numerosas experiencias demuestran que hay una relación entre V, D, C, Q, y h, y que podemos expresar j en función de los otros factores:

$$h = f(V, D, C) \quad (27)$$

Por otra parte es importante saber que:

$$Q = V \times A \quad (28)$$

Q = caudal (M<sup>3</sup>/s.)

V = Velocidad (m/s.)

A = Área (M<sup>2</sup>.)

Esta expresión es conocida como la *ecuación de continuidad* y expresa la conservación de la masa de fluido a través de una sección de un tubo. Con arreglo al principio de conservación de la masa, ésta no se crea ni se destruye entre la sección.

### 6.7.6 PERDIDAS POR FRICCIÓN

Como resultado de muchos experimentos, se han dado expresiones matemáticas para el cálculo de la pérdida por fricción h. Para el cálculo hidráulico y la determinación de las pérdidas por fricción en tuberías a presión debe utilizarse la ecuación universal para conductos a presión, ecuación de *Darcy – Weisbach*, junto con la ecuación de *Colebrook & White*, esta es adecuada para todos los tipos de

flujo turbulento. También puede utilizarse la ecuación de Flamant y Hazen – Williams, con la debida consideración de los rangos de validez y la exactitud de ella.

- **La ecuación de Flamant**

Ha sido la más comúnmente adaptada para tubería de diámetros menores de 2 “, donde arroja resultados bastante aceptables. La ecuación de Flamantes:

$$h = \frac{4CV^{1.75}}{D^{1.25}} \text{ en función de la velocidad (29)}$$

$$h = \frac{6.1CQ^{1.75}}{D^{4.75}} \text{ en función del caudal (30)}$$

En donde:

$h$  = Perdida de carga en m/m.

$C$  = Coeficiente de rugosidad.

$V$  = velocidad del flujo en m/s.

$D$  = Diámetro de la tubería en m.

$Q$  = Caudal en m<sup>3</sup>/s.

El coeficiente de rugosidad  $C$  se toma de acuerdo a la clase de tubería y su valor se da en la tabla

Tabla 8. Coeficiente de rugosidad de la tubería según su material

CLASE DE TUBERÍA	COEFICIENTE
Hierro fundido	0,00031

hierro galvanizado	0,00023
acero	0,00018
cobre	0,00012
PVC	0,0001

Fuente: NTC 1500

- **Ecuación de Hazen – Williams**

De los numerosos tipos de fórmulas exponenciales aplicables al flujo de aguas en tuberías, la de Hazen – Williams, que fue formulada en 1902, ha sido la más utilizada para conducciones de agua, con la debida consideración de los rangos de validez y la exactitud de cada una de ella.

Se ha comprobado que los límites de aplicación de la fórmula de Hazen – Williams está entre las tuberías de diámetros de 2” (50mm) a 14” (350 mm.). La fórmula de Hazen – Williams en términos del caudal Q es:

$$Q = 0,278CD^{2,63} \frac{h^{0,54}}{L} \quad (31)$$

si la pérdida unitaria es :  $h = \frac{H_f}{L} = \frac{m}{m}$ , (32) entonces

$$h = \frac{H_f}{L} = \frac{Q}{0,278CD^{2,63}}^{1,85} \quad (33)$$

En donde:

$h$  = Pérdida de fricción unitaria en m/m.

$Q$  = Caudal en m<sup>3</sup>/s

$C$  = Coeficiente de rugosidad. (C decrece al aumentar la rugosidad).

$D$  = Diámetro en m.

TABLA 9. Valores del coeficiente C de la fórmula de Hazen – Williams.

TIPO DE TUBERIA	C
<i>Asbesto cemento</i>	140
<i>Hierro Colado</i>	130
<i>De concreto</i>	120
<i>PVC</i>	150
<i>Cobre</i>	130-140

Fuente : NTC1500

### 6.7.7. PERDIDAS POR ACCESORIOS

Hemos calculado el valor de la pérdida de carga por fricción,  $h_f$ ; por otra parte, tenemos también en el transporte de agua, pérdidas de carga aisladas producidas

por los accesorios, llamadas también pérdidas menores; sin embargo, son menores sólo en la medida en que otras pérdidas sean mayores. En conductos largos, las pérdidas en accesorios pueden ser insignificantes, pero en situaciones como se presentan en las instalaciones de edificaciones, estas pérdidas pueden

ser mucho mayores que las causadas por fricción. Estas pérdidas por accesorios que simbolizaremos por  $\lambda$  puede expresarse en:

función de  $\frac{v^2}{2g}$  o (34) sea:

$$\lambda = k \frac{v^2}{2g} \quad (35)$$

Dónde:

$\lambda$  = Pérdidas por accesorio, m.

$K_m$  = Factor que depende del tipo de accesorio, a dimensional.

$V$  = Velocidad del flujo, m/s.

$g$  = fuerza de gravedad,  $m/s^2$ .

El coeficiente K depende del tipo de accesorio y diámetro del tubo, como se indica en la tabla.

Tabla 10. Coeficiente para pérdidas en accesorios  $K_m$ .

<b>ACCESORIO</b>	<b><math>K_m</math></b>
Válvula de globo, completamente abierta	10
Válvula en ángulo, completamente abierta	5
Válvula de cheque, completamente abierta	2,5
Válvula de compuerta, Completamente abierta	0,2
Válvula de compuerta, con $\frac{3}{4}$ de apertura	1,00-1,50
Válvula de compuerta, con $\frac{1}{2}$ de apertura	5,6
Válvula de compuerta, con $\frac{1}{4}$ de apertura	24
Codo de radio mediano	0,75-0,80
Retorno (Curva en U)	2,2
Tee en sentido recto	0,3

Tee a través de la salida lateral	1,8
Unión	0,3
Yee de 450, en sentido recto	0,3
Yee de 450, salida lateral	0,8
Entrada recta a tope	0,5
Entrada con boca acampanada	0,1
Entrada con tubo reentrante	0,9
Salida	1

Fuente: NTC 1500

#### **6.7.8. MÉTODO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE**

Consiste en sumar a la longitud del tramo de tubería, para efectos del cálculo, longitudes que producirán la misma pérdida de carga equivalentes a la producida por el accesorio (Codos, válvulas, tees, codos, etc.)

Se determina para cada accesorio su longitud equivalente, las cuales sumada a la longitud del tramo da la longitud total; que es la que tomaremos para el cálculo de la pérdida por fricción.

$$\text{Longitud total} = \text{Longitud del tramo} + \text{longitudes equivalente. (36)}$$

##### **6.7.8.1 CALCULO DE LONGITUDES EQUIVALENTES EN ACCESORIOS:**

Estos valores se obtienen en base a la fórmula de Darcy – Weisbach en versión americana, adoptando valores para K1 y k2.

Si bien estos calculos dan valores óptimos en tuberías de hierro y acero (C = 100 y C = 120) se pueden aplicar con bastante aproximación para el caso de tuberías decobre, PVC, hierro galvanizado, etc.La expresión más reciente para el cálculo de la longitud equivalente en accesorioses:

$$L_e = [K_1\phi + K_2] \left[ \frac{120}{c} \right]^{1.85} \quad (37)$$

## 6.8. AGUAS NEGRAS

Se denomina aguas servidas a aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales.Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen.

Algunos autores hacen una diferencia entre aguas servidas y aguas residuales en el sentido que las primeras solo provendrían del uso doméstico y las segundas corresponderían a la mezcla de aguas domésticas e industriales. En todo caso, están constituidas por todas aquellas aguas que son conducidas por el alcantarillado e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.Para cuantificar el grado de contaminación y poder establecer el sistema de tratamiento más adecuado, se utilizan varios parámetros expresados en la NOM Oficial.

Las aguas residuales son materialesderivados de residuos domésticos o de procesos industriales, los cuales por razones de salud pública y por consideraciones de recreación económica y estética, no pueden desecharse vertiéndolas sin tratamiento en lagos o corrientes convencionales. Los materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos; sin embrago, si el material que debe ser eliminado es de naturaleza orgánica, el tratamiento implica usualmente actividades

de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica en CO<sub>2</sub>, es por esto que los tratamientos de las aguas de desecho son procesos en los cuales los microorganismos juegan papeles cruciales.

Las aguas negras son las que resultan de los sanitarios y que por su potencial de transmisión de parásitos e infecciones conviene tratar por separado con sistemas de birreactores.

### **6.8.1 TIPOS DE CONTAMINACIÓN PRESENTES EN EL AGUA**

Se clasifican según el factor ecológico que altere, aunque suelen afectar a más de un factor.

- Contaminación física

Las sustancias que modifican factores físicos, pueden no ser tóxicas en sí mismas, pero modifican las características físicas del agua y afectan a la biota acuática.

- Sólidos en suspensión, turbidez y color
- Agentes senso activos
- Temperatura
- Contaminación química

Algunos efluentes cambian la concentración de los componentes químicos naturales del agua causando niveles anormales de los mismos. Otros, generalmente de tipo industrial, introducen sustancias extrañas al medio ambiente acuático, muchos de los cuales pueden actuar en detrimento de los organismos acuáticos y de la calidad del agua en general. En este sentido es en el que puede hablarse propiamente de contaminación.

- Salinidad
- pH

- Sustancias marcadamente tóxicas
- Desoxigenación
- Contaminación por agentes bióticos.

Son los efectos de la descarga de material biogénico, que cambia la disponibilidad de nutrientes del agua, y por tanto, el balance de especies que pueden subsistir. El aumento de materia orgánica origina el crecimiento de especies heterótrofas en el ecosistema, que a su vez provoca cambios en las cadenas alimentarias.

Un aumento en la concentración de nutrientes provoca el desarrollo de organismos productores, lo que también modifica el equilibrio del ecosistema.

### **6.8.2 TIPOS DE AGUAS RESIDUALES**

La clasificación se hace con respecto a su origen, ya que este origen es el que va a determinar su composición.

***Aguas residuales urbanas:*** son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana como consecuencia de las actividades propias de éstos.

Los aportes que generan esta agua son:

- aguas negras o fecales
- aguas de lavado doméstico
- aguas de limpieza de calles
- aguas de lluvia y lixiviados

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en

el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.

***Aguas residuales industriales:*** Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos no sólo de una industria a otro, sino también dentro de un mismo tipo de industria.

A veces, las industrias no emiten vertidos de forma continua, sino únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas de año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día.

Son mucho más contaminadas que las aguas residuales urbanas, además, con una contaminación mucho más difícil de eliminar.

Su alta carga unida a la enorme variabilidad que presentan, hace que el tratamiento de las aguas residuales industriales sea complicado, siendo preciso un estudio específico para cada caso.

### **6.8.3 TIPOS DE CONTAMINANTES**

Actualmente, la contaminación de los cauces naturales tiene su origen en tres fuentes:

- vertidos urbanos
- vertidos industriales
- contaminación difusa (lluvias, lixiviados, etc.)

### **6.8.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES**

Las sustancias contaminantes que pueden aparecer en un agua residual son muchas y diversas.

- Contaminantes orgánicos

Son compuestos cuya estructura química está compuesta fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Son los contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y vetados generados en la industria agroalimentaria.

Los compuestos orgánicos que pueden aparecer en las aguas residuales son:

- proteínas: proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores.
- Carbohidratos: incluimos en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios.
- Aceites y grasas: altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.
- Otros: incluiremos varios tipos de compuestos, como los tensioactivos, fenoles, organoclorados y organofosforados, etc. Su origen es muy variable y presentan elevada toxicidad.
- Los Contaminantes inorgánicos: Son de origen mineral y de naturaleza variada: sales, óxidos, ácidos y bases inorgánicos, metales, etc.

Aparecen en cualquier tipo de agua residual, aunque son más abundantes en los vertidos generados por la industrial

Los componentes inorgánicos de las aguas residuales estarán en función del material contaminante así como de la propia naturaleza de la fuente contaminante.

### **6.8.3.2 CONTAMINANTES HABITUALES EN LAS AGUAS RESIDUALES**

**Arenas:** Entendemos como tales una serie de particular de tamaño apreciable y que en su mayoría son de naturaleza mineral, aunque pueden llevar adherida materia orgánica. Las arenas enturbian las masas de agua cuando están en movimiento, o bien forman depósitos de lodos si encuentran condiciones adecuadas para sedimentar.

**Grasas y aceites:** Son todas aquellas sustancias de naturaleza lipídica, que al ser inmiscibles con el agua, van a permanecer en la superficie dando lugar a la aparición de natas y espumas. Estas natas y espumas entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico, por lo que deben eliminarse en los primeros pasos del tratamiento de un agua residual.

**Residuos con requerimiento de oxígeno:** Son compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que sufren fácilmente y de forma natural procesos de oxidación, que se van a llevar a cabo con u con sumo de oxígenos del medio. Estas oxidaciones van a realizarse bien por vía química o bien por vía biológica.

**Nitrógeno y fósforo:** Tienen un papel fundamental en el deterioro de las masas acuáticas. Su presencia en las aguas residuales es debida a los detergentes y fertilizantes, principalmente. El nitrógeno orgánico también es aportado a las aguas residuales a través de las excretas humanas.

**Agentes patógenos:** Son organismos que pueden ir en mayor o menor cantidad en las aguas residuales y que son capaces de producir o transmitir enfermedades.

**Otros contaminantes específicos:** Incluimos sustancias de naturaleza muy diversa que provienen de aportes muy concretos: metales pesados, fenoles, petróleo, pesticidas, etc.

#### **6.8.4 SISTEMAS BÁSICOS DE TRATAMIENTO CASERO**

Generalmente al construir se piensa poco en la disposición de las aguas residuales, por este motivo se suele recurrir a referencias de última página en los manuales de construcción o se enfrenta uno a una variedad de recetas y métodos en los que no existe una verdadera comprensión de los procesos que se promueven y que se presentan como soluciones infalibles. Por otra parte algunos sistemas bien diseñados para condiciones específicas medioambientales no se adaptan otras condiciones o son interpretados y adaptados de manera poco escrupulosa. Un ejemplo claro de esta situación es el de las fosas sépticas.

Es importante comprender que el sistema de tratamiento más adecuado debe ser el que considere las condiciones específicas del medio ambiente e incluso de las culturales. La instalación de los sistemas de tratamiento no solo debe contemplar eficacia en sí de la depuración, sino también debe analizar la relación de los elementos circundantes, las necesidades particulares, el costo, el mantenimiento, el reúso, y la utilización o disposición de los sub. Productos de la depuración.

##### **6.8.4.1 EL TANQUE SÉPTICO**

Es común encontrar una gama muy amplia de formas de disponer el agua con el nombre genérico de fosa séptica, sin embargo no todas cumplen con el objetivo de liberar los acuíferos de contaminación, debido que suelen confundirse con pozos negros o de absorción, en los que las aguas son infiltradas al suelo sin un verdadero tratamiento. También suelen llamarse de este modo a tanques de

sedimentación y almacenamiento que son vaciados periódicamente, para trasladarlos a un sitio donde se puedan arrojar con impunidad.

El modelo de fosa más funcional es el tanque de tres cámaras con una secuencia de tratamiento que consiste en primer lugar en una cámara de sedimentación que en algunos casos también cumple la función de trampa de grasas, de allí el agua pasa a una cámara con condiciones anaerobias donde se reduce la carga orgánica disuelta. La tercera cámara cumple las funciones de sedimentador secundario para clarificar el agua antes de ser dispuesta en un campo de oxidación.

El problema básico de las fosas sépticas es que suelen acumular lodos hasta el punto de saturación, lo cual se incrementa si la fase anaerobia no funciona correctamente. El efluente debe necesariamente ser tratado en un campo de oxidación antes de infiltrar al suelo y los lodos extraídos necesitan tratamiento adicional

Las aguas negras son las que resultan de los sanitarios y que por su potencial de transmisión de parásitos e infecciones conviene tratar por separado con sistemas de birreactores.

Los tanques sépticos son en su mayoría subterráneos, sellados, diseñados y construidos para saneamiento ambiental, aunque no es excluyente que se utilice para otros casos como:

- Áreas desprovistas de redes públicas de alcantarillados.
- Alternativa de tratamiento de aguas residuales en áreas que cuentan con redes de alcantarillado locales.
- Retención previa de los sólidos sedimentables, cuando la red de alcantarillado presenta diámetros reducidos.

Se debe garantizar que se haga un pos tratamiento con un sistema reglamentado por la norma RAS 2000 titulo E<sup>23</sup>, así como también es necesario que no entren a este sistema desechos capaces de causar interferencia negativa en cualquier fase del proceso de tratamiento<sup>1</sup>.

Existen varios tipos de tanques sépticos, según las necesidades de cada comunidad, como los siguientes:

- ✓ Tanques convencionales de dos compartimentos.
- ✓ Equipados con un filtro anaerobio.
- ✓ Según el material: de concreto o de fibra de vidrio o de otros materiales apropiados.
- ✓ Según la geometría: rectangulares o cilíndricos

Aquí se adjunta la tabla de la contribución de aguas residuales por persona, y su clasificación de acuerdo con el tipo de predio, o si las personas que generan las aguas residuales son ocupantes permanentes o temporales.

Tabla11. De contribución de aguas residuales por persona

PREDIO	UNIDADES	CONTRIBUCION DE AGUAS RESIDUALES ( C ) Y LODOS FRESCOS Lf (L/dia)	
		C	Lf
<b>Ocupante permanente</b>			
<b>residencia</b>			
<b>clase alta</b>	persona	160	1
<b>clase media</b>	persona	130	1

<sup>23</sup>Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000. Título E. Tratamiento de Aguas Residuales. 2000

<b>clase baja</b>	persona	100	1
<b>hotel</b>	persona	100	1
<b>alojamiento provisional</b>	persona	80	1
<b>ocupante temporales</b>			
<b>fabricas</b>	persona	70	0.30
<b>oficinas</b>	persona	50	0.20
<b>edificios públicos</b>	persona	50	0.20
<b>escuelas</b>	persona	50	0.20
<b>bares</b>	persona	6	0.10
<b>restaurantes</b>	comida	25	0.01
<b>cines, teatros</b>	local	2	0.02
<b>baños publico</b>	tasa sanitaria	480	4

Fuente norma RAS2000 titulo E

Adicionalmente de debe tener en cuenta la norma, que habla sobre la localización, dimensiones, operación y mantenimiento así como del pos tratamiento para volver a utilizar este líquido.

#### **6.8.4.1.2 LOCALIZACIÓN**

Deben conservarse las siguientes distancias mínimas:

- 1.50 m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración.
- 3.0 m distantes de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua.
- 15.0 m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.

### 6.8.4.1.3 DIMENSIONAMIENTO

**Volumen útil:** El diseñador debe seleccionar una metodología de diseño que garantice el correcto funcionamiento del sistema teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Rendimiento del proceso de tratamiento.
- Almacenamiento de lodos.
- Amortiguamiento de caudales pico.

$$V_U = 1000 + N_c(CT - KL_f) \quad (37)$$

**Geometría:** Los tanques pueden ser cilíndricos o prismáticos rectangulares. Los cilíndricos se utilizan cuando se quiere minimizar el área útil aumentando la profundidad, y los prismáticos rectangulares en los casos en que se requiera mayor área horizontal o mayor profundidad.

Medidas internas mínimas recomendadas:

- Profundidad útil. debe estar entre los valores mínimos y máximos dados en la Tabla13, de acuerdo con el volumen útil obtenido mediante la ecuación37
- Diámetro interno mínimo de 1.10 m, el largo interno mínimo de 0.80 m y la relación ancho / largo mínima para tanques prismáticos rectangulares de 2 : 1 y máxima de 4 : 1

Tabla 12 de valores de profundidad útil

<b>VALORES DE PROFUNDIDAD UTIL</b>		
<b>volumen útil m<sup>3</sup></b>	<b>profundidad útil mínima m</b>	<b>profundidad útil máxima m</b>
<b>Hasta 6</b>	1.2	2.2
<b>de 6 a 10</b>	1.5	2.5
<b>más de 10</b>	1.8	2.8

Fuente: norma RAS 2000 título E

**Número de cámaras:** Se recomiendan cámaras múltiples, en serie para tanques de volúmenes pequeños a medianos, que sirvan hasta 30 personas. Para otros tipos de tanques, se recomienda lo siguiente:

- Tanques cilíndricos: tres cámaras en serie.
- Tanques prismáticos rectangulares: dos cámaras en serie

Para la operación y mantenimiento del tanque séptico, se deben seguir las recomendaciones en tablas que da la norma para este tipo de casos.

Tabla 13 tiempos de retorno

<b>contribución diaria (L)</b>	<b>tiempo de retención (T)</b>	
	<b>días</b>	<b>horas</b>
<b>hasta 1,500</b>	1	24

<b>de 1,50001 a 3,0000</b>	0,92	22
<b>de 3,000 a 4,5000</b>	0,83	20
<b>de 4,5001 a 6,000</b>	0,75	18
<b>de 6,001 a 7,500</b>	0,67	16
<b>de 7,501 a 9,000</b>	0,58	14
<b>más de 9,000</b>	0,5	12

Fuente NORMA RAS 2000 título E

Tabla 14 con valores de tasa de acumulación de lodos digeridos

Intervalo de limpieza (años)	valores de K por intervalo temperatura ambiente (t) en °c		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t ≥ 20
<b>1</b>	94	65	57
<b>2</b>	134	105	97
<b>3</b>	174	145	137
<b>4</b>	214	185	177
<b>5</b>	254	225	217

Fuente: NORMA RAS 2000 TITULO E

#### 6.8.4.1.4 VOLUMEN ÚTIL DEL MEDIO FILTRANTE

$$V_F = 1.60 * C * T \quad (38)$$

#### 6.8.4.1.5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS FILTROS SUMERGIDOS AIREADOS

Cámara de reacción

$$V_{ur} = 400 * 0.25N * C \quad (39)$$

Cámara de sedimentación  $V_{us} = 150 * 0.20N * C$  (40)

Área superficie de la cámara de sedimentación  $A_S = 0.07 + \frac{N*C}{15}$  (41)

#### 6.8.4.1.6 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Deben establecerse registros adecuados sobre el plan de limpieza, ya sea mecánica o manual, de los lodos del tanque. En caso de ser mecánica, debe tenerse un control del plan de trabajo del equipo. Se recomienda hacer funcionar estos equipos entre 2 y 8 horas al día, según el tamaño de la planta y la cantidad de lodos que se acumulen. Antes que se descarguen los lodos del tanque, hay que hacer funcionar el mecanismo durante un tiempo suficiente para tener la seguridad de recolectar satisfactoriamente los sólidos sedimentados en la tolva de lodos. Los lodos deben descargarse del tanque cuando menos una vez al día. Los lodos primarios generados no pueden disponerse directamente en lechos de secado sin que hayan sido estabilizados previamente. Está igualmente prohibido descargar los lodos en corrientes o cuerpos de agua. No se recomienda descargar lodos que contengan una cantidad excesiva de agua. Las natas y grasas deben eliminarse diariamente de la superficie del tanque. Cuando haya más de un tanque, se recomienda que el operador observe cuando un tanque recibe mayor o menor carga de la que corresponde, y revise los dispositivos de alimentación para determinar la manipulación que debe hacerse con el fin de igualar los caudales. Deben revisarse los niveles en los vertederos de los efluentes, puesto que un desnivel en estos puede ocasionar un cortocircuito. El operador debe tener presente que el equipo mecánico requiere atención y mantenimiento. Las partes móviles deben mantenerse lubricadas; deben reemplazarse las partes débiles o

gastadas. Se recomienda seguir al pie de la letra el instructivo que proporciona el fabricante del equipo<sup>24</sup>

#### **6.8.4.2 TANQUES IMHOFF**

Se conocen también como tanques de doble acción. Se dividen en tres cámaras que son:

- La sección superior, que se conoce como cámara de sedimentación.
- La sección inferior, que se conoce como cámara de digestión de lodos
- El respiradero y cámara de natas o área de ventilación del gas.

El tanque Imhoff generalmente se utiliza para poblaciones tributarias de 5,000 personas o menos, pueden ser rectangulares o circulares.

**6.8.4.2.1 LOCALIZACIÓN:** Deben mantenerse las mismas distancias mínimas de los tanques sépticos.

**6.8.4.2.2 DIMENSIONAMIENTO:** Para el dimensionamiento de los tanques Imhoff, se recomiendan los siguientes valores:

##### **6.8.4.2.2.1 COMPARTIMENTO DE SEDIMENTACIÓN**

Relación longitud a ancho, 2:1 a 5:1

Pendiente, 1.25:1 a 1.75:1

Abertura de las ranuras, 15 a 30 cm

Proyección de las ranuras, 15 a 30 cm

Bafle de espumas: encima de la superficie (45 a 60 cm), debajo de la superficie (15 cm)

---

<sup>24</sup>Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000. Título E. Tratamiento de Aguas Residuales. 2000

#### **6.8.4.2.2 ÁREA DE VENTILACIÓN DEL GAS**

Área superficial (% del total) = 15 - 30

Ancho de la abertura = 45 a 75 cm

#### **6.8.4.2.3 CÁMARA DE DIGESTIÓN DE LODOS**

Volumen (litros / cápita) = 55 a 100

Tubería de recolección de lodos (mm) = 200 a 300

Profundidad debajo de la ranura hasta la superficie superior del lecho de lodos = 30 a 90 cm

Profundidad del tanque (desde la superficie del agua hasta el fondo del tanque) (m) = 7 a 10

#### **6.8.4.2.3 PARÁMETROS DE DISEÑO**

##### **Compartimento de sedimentación**

Tasa de desbordamiento superficial ( $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$ ) = 25 a 40

Tiempo de retención (horas), 2 a 4

##### **Cámara de digestión**

Capacidad de almacenamiento de lodo = 6 meses de lodo

#### **6.8.4.2.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Puesto que no existen partes mecánicas en un tanque Imhoff, debe prestarse atención a lo siguiente:

- Eliminar diariamente las grasas, natas y sólidos flotantes, del compartimiento de sedimentación.
- Raspar semanalmente los lados y fondos inclinados del compartimiento de sedimentación, con un cepillo de goma, para quitar los sólidos que se hayan adherido y que pueden descomponerse.
- Limpiar semanalmente la ranura del compartimiento de sedimentación. Puede emplearse un rastrillo de cadena.
- Cambiar el sentido del flujo por lo menos una vez al mes, cuando así esté previsto en el diseño del tanque.
- Controlar la nata en la cámara de natas, rompiéndola por medio de chorros de mangueras a presión, manteniéndola húmeda con aguas negras del compartimiento de sedimentación y quitándola cuando su espesor llegue a unos 60 a 90 cm.
- La descarga de lodos debe hacerse antes que su nivel llegue a estar cerca de 45 cm de distancia de la ranura del compartimiento de sedimentación. Es mejor descargar pequeñas cantidades con frecuencia, que grandes cantidades en mucho tiempo. Los lodos deben descargarse a una velocidad moderada y regular para que no se forme un canal a través de los lodos, que deje descargar lodos parcialmente digeridos y parte del líquido que haya sobre los lodos digeridos. La descarga no debe ser total sino que debe dejarse la cantidad necesaria para el inóculo. Cuando menos una vez al mes, debe determinarse el nivel a que lleguen los lodos en su compartimiento. Lo mejor y más recomendable es emplear para ello una bomba.
- Después de cada descarga de lodos, las líneas de descarga deben escurrirse y llenarse con agua o con aguas negras, para impedir que los lodos se endurezcan y obturen la tubería.

- Prevención de la formación de "espumas". Debe hacerse todo lo posible para impedir la formación de espumas, debido a que a veces es muy difícil corregir esta situación una vez que se ha presentado. La formación de espumas va asociada generalmente con una condición de acidez en los lodos y puede prevenirse en tales casos, o corregirse mediante un tratamiento con cal, para contrarrestar la acidez de los lodos. Cuando se formen espumas es recomendable solicitar la colaboración de un ingeniero sanitario experimentado. Sin embargo, hay unas cuantas medidas sencillas que, en ciertas circunstancias, remedian o mejoran esta situación.

## **7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **7.1 MODELO ESTADÍSTICO**

Debido a la buena disponibilidad de aguas lluvias presente en el municipio de Bucaramanga, la adecuada área de captación y el espacio disponible para realizar el proyecto, se presentan a continuación los resultados obtenidos del análisis de precipitaciones de la zona.

Se analizaron las series de datos de precipitación diarias de la estación que estaba ubicada en la universidad Industrial de Santander entre los años 1982 hasta el año 2003.

Estudiando estas series de datos diarios se observan los comportamientos estacionales durante el año y se determina con seguridad la cantidad de agua que podemos utilizar para el sistema de riego del edificio. Dada algunas inconsistencias ya sea del dispositivo o del proceso de toma de muestras, algunos datos de la serie no aparecen, por lo tanto se realiza el conteo de faltantes por

cada mes y el porcentaje de dichos faltantes respecto al total de la muestra por cada mes<sup>25</sup>.

Tabla 15, Faltantes

	En	Feb	Mar	Abr	May	Ju n	Jul	Ago	Se pt	Oct	Nov	Dic
<b>FALTA N</b>	2	1	1	3	2	3	2	2	3	5	3	2
	9%	5%	5%	14 %	9%	14 %	9%	9%	14 %	23%	14%	9%

Fuente: elaboración propia

Como no se cuenta con datos de otras estaciones, los valores faltantes se generaron usando el método de la media<sup>26</sup>, pero con una variación; puesto que se estableció una media local basándose en datos de meses anteriores y posteriores del mismo año y en algunos casos se tomaron valores de años anteriores para darle mayor confiabilidad al dato generado, es importante aclarar que para generar un nuevo valor no se usaron valores que habían sido calculados.

<sup>25</sup> APARICIO MIJARES, Francisco Javier; Fundamentos de Hidrología de Superficie. Limusa. México, 2001.

<sup>26</sup>LINSLEY, KHOLER y PAULUS (1982); "Hidrología para Ingenieros", Editorial McGraw-hill, Bogotá (Colombia).

Tabla 16. Reconstrucción Datos Faltantes

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1982	59,68	573,93	447,10	658,00	263,23	202,00	307,00	275,81	383,00	533,87	190,33	180,65
1983	323,23	89,29	376,45	383,00	307,74	285,33	681,61	470,32	147,67	503,55	212,67	286,45
1984	762,90	337,59	156,13	168,67	570,65	238,33	278,71	251,29	507,33	321,29	465,33	48,71
1985	799,68	214,64	437,74	587,00	189,03	360,67	452,90	184,19	351,67	596,45	291,33	332,58
1986	208,71	255,00	555,16	696,33	470,97	259,33	251,29	368,71	533,33	549,68	287,93	168,39
1987	168,71	178,93	503,55	331,00	590,32	200,33	423,55	128,06	581,00	529,68	308,33	156,45
1988	292,58	654,14	316,13	250,33	428,39	480,33	330,32	615,48	480,67	542,58	820,00	300,97
1989	25,81	96,79	886,77	621,33	537,10	414,67	193,87	357,74	498,33	268,06	203,33	465,48
1990	128,71	377,50	463,23	499,00	365,81	181,00	265,81	347,74	219,33	366,13	574,33	651,29
1991	232,26	22,86	291,61	358,67	484,19	196,00	340,00	294,84	212,67	340,97	574,33	149,68
1992	449,35	410,69	129,68	166,67	382,26	239,00	469,68	180,65	271,00	91,94	393,67	124,19
1993	295,00	375,08	319,92	258,08	433,56	414,66	344,10	291,61	239,44	256,70	344,28	291,38
1994	140,65	499,64	239,68	496,29	689,03	348,37	319,35	196,77	309,33	354,52	537,00	110,65
1995	40,32	547,14	551,94	617,00	313,87	297,67	418,06	254,84	142,00	343,17	84,67	87,42
1996	81,61	263,45	742,26	355,67	201,94	617,00	415,81	220,65	365,67	140,82	272,00	220,97
1997	481,61	157,86	328,06	550,67	350,00	136,67	288,06	85,81	174,00	106,45	241,00	355,16
1998	228,06	602,86	265,81	202,67	740,65	318,67	538,06	94,19	916,00	278,11	152,00	263,87
1999	290,65	502,14	244,52	296,67	462,58	199,00	429,35	307,10	591,67	240,32	548,00	195,16
2000	635,81	494,83	652,26	142,00	291,61	275,67	340,00	179,35	502,67	190,32	296,67	45,16
2001	123,23	72,50	302,26	136,67	931,29	407,33	197,10	235,16	247,33	377,42	557,67	125,16
2002	127,74	182,86	365,48	712,00	377,10	397,33	240,00	101,94	194,81	246,13	393,74	58,06
2003	247,82	432,86	379,35	485,61	524,90	433,11	356,81	232,92	176,55	205,83	281,90	244,57

Fuente: elaboración propia

Se inicia el análisis, observando el comportamiento de la media por cada mes durante todos los años que corresponden a la muestra, se puede inferir que la temporada más lluviosa corresponde a los meses de Marzo, Abril y Mayo, en sentido contrario los meses más secos corresponderían a Diciembre, Enero y Agosto.

Tabla 17. Promedios Mensuales

Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
279,28	333,75	407,05	407,88	450,28	313,75	358,25	257,96	365,70	335,64	365,02	221,02

Fuente: elaboración propia

En base a la serie de datos suministrados de precipitación se calculan posteriormente los promedios anuales, para graficar el comportamiento y mostrar

aquellos años lluvioso y los que no, de esta manera obtener tendencias a la hora evaluar el comportamiento del sistema captador de aguas lluvias

Tabla 18.Promedios anuales.

AÑO	PROMEDIO
<b>1982</b>	339,55
<b>1983</b>	338,94
<b>1984</b>	342,24
<b>1985</b>	399,82
<b>1986</b>	383,74
<b>1987</b>	341,66
<b>1988</b>	459,33
<b>1989</b>	380,77
<b>1990</b>	369,99
<b>1991</b>	291,51
<b>1992</b>	275,73
<b>1993</b>	321,98
<b>1994</b>	353,44
<b>1995</b>	308,17
<b>1996</b>	324,82
<b>1997</b>	271,28
<b>1998</b>	383,41
<b>1999</b>	358,93
<b>2000</b>	337,20
<b>2001</b>	309,43
<b>2002</b>	283,10
<b>2003</b>	333,52

Fuente: elaboración propia

Se puede observar que en promedio el año más lluvioso fue 1988 y el más seco 1997, esto más adelante permitirá analizar de mejor manera los comportamientos referentes a las lluvias en años posteriores.

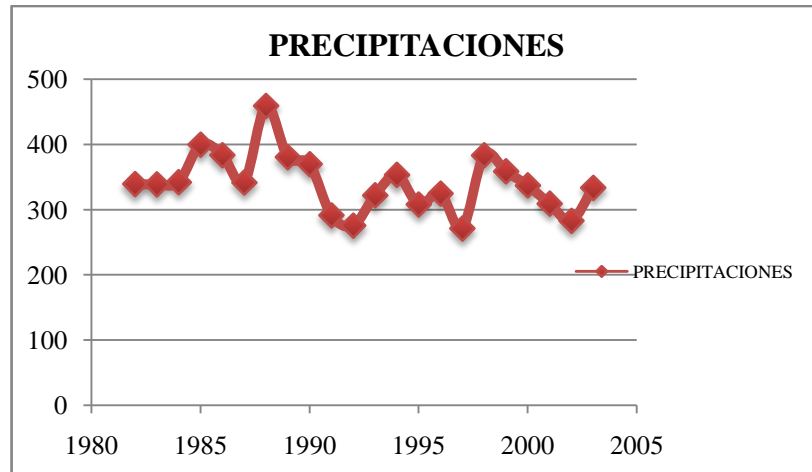
Tabla 19. Promedio, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación

PROMEDIO	<b>341,30</b>
DESVIACIÓN	43,53
VARIANZA	1894,69
COF VARIACIÓN	0,13

Fuente elaboración propia

Para observar mejor el comportamiento de los datos se realizó un gráfico con los valores medios anuales de las precipitaciones del periodo analizado, en el cual se pueden ver que años presentan mayores lluvias y cuales sequias esto también es un indicador de cuales años son afectados por los fenómenos climáticos que azotan el planeta debido al calentamiento global y la contaminación presente.

Figura8. Precipitaciones anuales



Fuente elaboración propia

Seguidamente se calculan los acumulados y probabilidades, y se grafican observando un comportamiento lineal; Ejemplo La probabilidad de que un año tenga una precipitación menor de 341,55 es del 50%

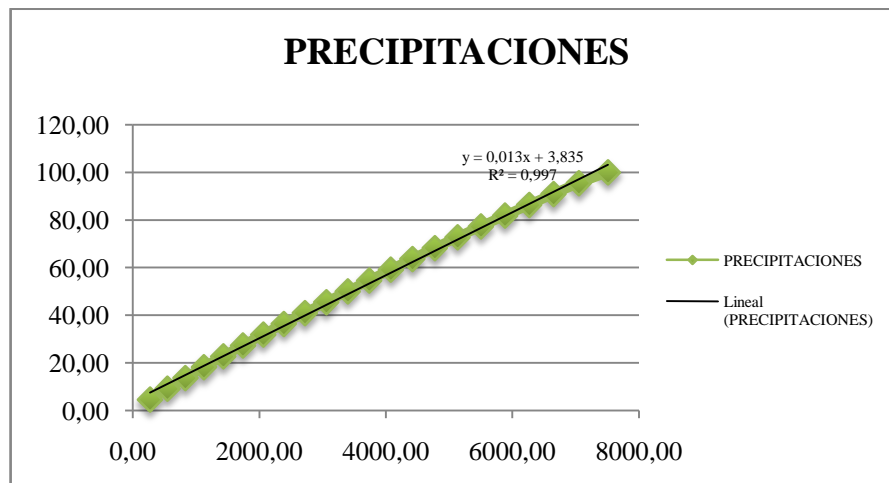
Tabla 20, promedio acumulado y probabilidad

AÑO	PROMEDIO	ACUMULA	PROBAB
1997	271,28	271,28	4,55
1992	275,73	547,01	9,09
2002	283,10	830,11	13,64
1991	291,51	1121,61	18,18
1995	308,17	1429,79	22,73
2001	309,43	1739,22	27,27
1993	321,98	2061,20	31,82
1996	324,82	2386,02	36,36
2003	333,52	2719,54	40,91
2000	337,20	3056,73	45,45
1983	338,94	3395,68	50,00
1982	339,55	3735,23	54,55

<b>1987</b>	341,66	4076,89	59,09
<b>1984</b>	342,24	4419,13	63,64
<b>1994</b>	353,44	4772,57	68,18
<b>1999</b>	358,93	5131,50	72,73
<b>1990</b>	369,99	5501,49	77,27
<b>1989</b>	380,77	5882,26	81,82
<b>1998</b>	383,41	6265,67	86,36
<b>1986</b>	383,74	6649,41	90,91
<b>1985</b>	399,82	7049,23	95,45
<b>1988</b>	459,33	7508,56	100,00

Fuente: elaboración propia

Figura 9.Promedio acumulado vs probabilidad



Fuente: elaboración propia

Se genera un histograma de frecuencias, para esto se calculan las clases correspondientes utilizando los valores extremos, y se realiza una gráfica a partir de las frecuencias acumuladas donde se observa el comportamiento de la

distribución de frecuencias de la serie de datos, dicha distribución corresponde en gran medida a la distribución de Gauss o Normal

La distribución Normal esta dad por la ecuación:

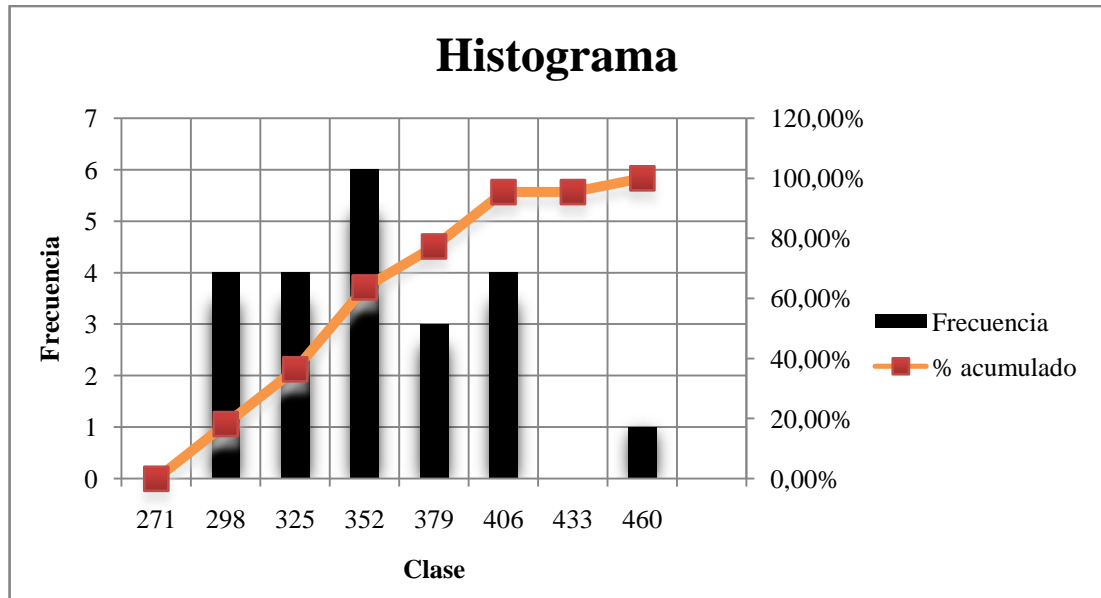
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (42)$$

Tabla 21. Clase o categoría equivalente a un rango de puntos, frecuencia, % acumulado.

<b>Clase</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>% acumulado</b>
271	0	0,00%
298	4	18,18%
325	4	36,36%
352	6	63,64%
379	3	77,27%
406	4	95,45%
433	0	95,45%
460	1	100,00%

Fuente: elaboración propia

Figura 10. Frecuencia vs clase



Fuente: elaboración propia

### 7.1.2 PRUEBA DE AJUSTE DE CHI CUADRADO

Esta prueba permite verificar si una variable o unos datos siguen determinada distribución de probabilidad<sup>27</sup>.

La fórmula que corresponde a la prueba de ajuste de Bondad de Chi cuadrado es la siguiente<sup>28</sup>:

$$\chi^2 = n \times \left[ \frac{(P_{observado} - P_{esperado})^2}{P_{esperado}} \right] \quad (43)$$

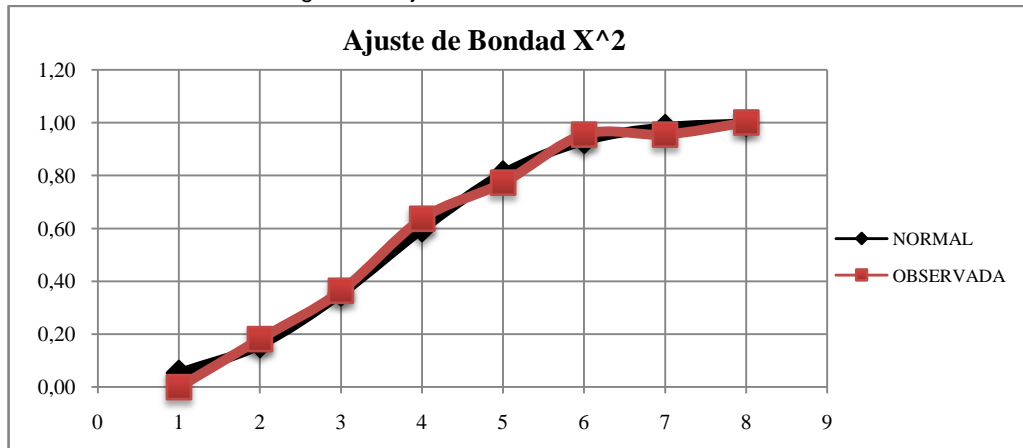
Para que el ajuste pueda ser aceptado, la sumatoria de todos los valores Chicuadrado debe ser mayor al valor determinado en la tabla de

<sup>27</sup> USO DE AGUAS LLUVIAS DE TECHOS DE EDIFICACIONES, COMO SOLUCION ALTERNATIVA AL PROBLEMA DE ESCASEZ DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE BARICHARA Juan Gabriel Gonzalez Barragan, Diego Alexander Gonzalez Becerra

<sup>28</sup> CHOW, Ven Te; Hidrología aplicada. Mc Graw Hill. Colombia, 1994.

Chicuarado que se encuentra en los libros de estadística al igual que la tablanormal. Para la serie de datos el valor de la sumatoria fue 6,72 ; valor que es menores al valor límite de la tabla de Chicuarado = 9,48 para un intervalo de confianza del 95% el cual se considera suficiente según los autores<sup>29</sup>; por tanto se concluye que el ajuste es bueno y se puede usar la distribución teórica propuesta para los análisis de probabilidad requerido para el ajuste con el 95% y cuatro grados de libertad, y se nota claramente una gráfica entre la función observada y la función normal.

Figura 11. Ajuste de bondad de Chi cuadrado



Fuente elaboración propia

Tabla 22. Datos para realizar la prueba de ajuste de Chi Cuadrado

Clase	Frecuencia	F Frecuencia	F Frecuencia Ac	Z	F Normal	P(X)	X <sup>2</sup>
271	0	0	0	-1,62	0,05	0,05	1,17
298	4	0,18	0,18	-0,99	0,16	0,11	1,16
325	4	0,18	0,36	-0,37	0,35	0,19	0,02
352	6	0,27	0,64	0,25	0,60	0,24	0,08
379	3	0,14	0,77	0,87	0,81	0,21	0,56
406	4	0,18	0,95	1,49	0,93	0,12	0,58

<sup>29</sup>USO DE AGUAS LLUVIAS DE TECHOS DE EDIFICACIONES, COMO SOLUCION ALTERNATIVA AL PROBLEMA DE ESCASEZ DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE BARICHARA Juan Gabriel GonzalezBarragan, Diego Alexander Gonzalez Becerra

433	0	0,00	0,95	2,11	0,98	0,05	1,12
460	1	0,05	1,00	2,73	1,00	0,01	1,48

Fuente: elaboración propia

Del análisis de la prueba de bondad de ajuste se puede ver que si bien la distribución normal se ajusta de manera aceptable, este se podría mejorar usando otras funciones de distribución de probabilidad teóricas.

### 7.1.3. PERIODO DE RETORNO

**Tiempo de retorno:** Se define como el tiempo que transcurre entre dos sucesos iguales. Sea ese tiempo  $T$ <sup>30,31</sup>

**Probabilidad de excedencia:** es la probabilidad asociada al tiempo de retorno así<sup>6</sup>

$$P \text{ excedencia} = P_x = x = \frac{1}{T} \quad (44)$$

Entonces se podría decir que la probabilidad de que la variable aleatoria tome un valor igual o inferior a cierto número  $x$ , está dado por la función distribución de probabilidad dada<sup>6</sup>:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x) dx = P(x \leq X) = 1 - \frac{1}{T} \quad (45)$$

Luego la probabilidad de que sea mayor que el  $x$  existente está dado por la función complementaria<sup>6</sup>:

$$P(x > X) = 1 - F(X) = \frac{1}{T} \quad (46)$$

<sup>30</sup>CHOW, Ven Te; Hidrología aplicada. Mc Graw Hill. Colombia, 1994.

<sup>31</sup> APARICIO MIJARES, Francisco Javier; Fundamentos de Hidrología de Superficie. Limusa. México, 2001.

Tabla 23. Valores medios por periodo de retorno de n años con cierta probabilidad de excedencia

<b>Prob excedencia</b>	<b>Prob no exc</b>	<b>P de retorno</b>	<b>Valor</b>
<b>91%</b>	9%	1,1 años	283,18
<b>33%</b>	67%	3 años	360,05
<b>20%</b>	80%	5 años	377,94
<b>14%</b>	86%	7 años	387,77
<b>11%</b>	89%	9 años	394,43
<b>9%</b>	91%	11 años	399,42

Fuente: elaboración propia

Tabla 24. Para un valor específico cual es el periodo de retorno y la probabilidad de excedencia de dicho valor

<b>Prob Excedencia</b>	<b>Prob No Exc</b>	<b>P de Retorno</b>	<b>Valor</b>
<b>83%</b>	17%	1,2 años	300
<b>42%</b>	58%	2,4 años	350
<b>9%</b>	91%	11,3 años	400
<b>1%</b>	99%	159,7 años	450

Fuente: elaboración propia

Esta información nos permite inferir que el periodo de retorno para cambios de gran magnitud es lo bastante elevado, como para considerar que las lluvias (sin incluir fenómenos ambientales externos) presentaran comportamientos estables en los próximos años con leves incrementos en el volumen de precipitaciones para los próximos 9 a 11 años.

## 7.2. CALCULO DE VOLUMEN DEL TANQUE PARA AGUAS LLUVIAS

### 7.2.1 PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (Ppi)

De acuerdo con la ecuación 1, la precipitación promedio mensual (sin tener en cuenta la evaporación), expresada en mm, equivale a la precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado, pues se requiere de 1mm de agua para mojar 1m<sup>2</sup> de área<sup>32</sup>Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 1.

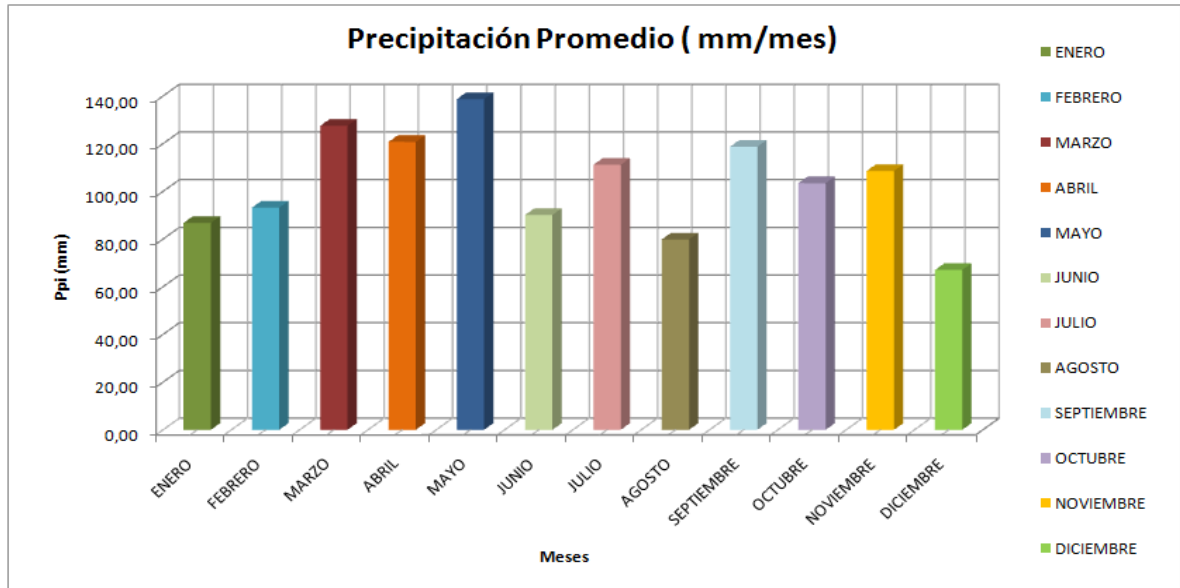
Tabla 25. Valores de precipitación promedio mensual en litros por metro cuadrado para 15 años analizados

Meses	L/m <sup>2</sup>
ENERO	86,77
FEBRERO	93,15
MARZO	127,47
ABRIL	120,74
MAYO	138,69
JUNIO	90,10
JULIO	111,15
AGOSTO	79,84
SEPTIEMBRE	118,73
OCTUBRE	103,43
NOVIEMBRE	108,57
DICIEMBRE	67,02
TOTAL	1245,65
PROMEDIO	103,80

Fuente: elaboración propia, según datos obtenidos de la estación pluviométrica de la Universidad Industrias de Santander UIS, Bucaramanga, Santander.

<sup>32</sup>Hernández M., F. Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria

Figura 12. Precipitación promedio mensual durante 22 años sin tener en cuenta evaporación.



Fuente elaboración propia

Según la gráfica podemos apreciar que los mes más lluvioso es mayo con un valor de 138,69 y el mes que presenta sequia o menos lluvia es diciembre con 67,02.

Siguiendo la metodología del descrita en el marco teórico, se realiza la tabla adjunta a continuación ,los cálculos se realizaron teniendo en cuenta el área de captación que es 1156,7 m<sup>2</sup> y los datos de la tabla xx, se inicia la tabla con los meses del año iniciando con el mes que presento mayor precipitación y siguiendo el orden normal.

Tabla 26. Resultados de precipitación promedio mensual, demanda, oferta mensual, oferta acumulada, volúmenes de almacenamiento y potencial de ahorro de agua potable.

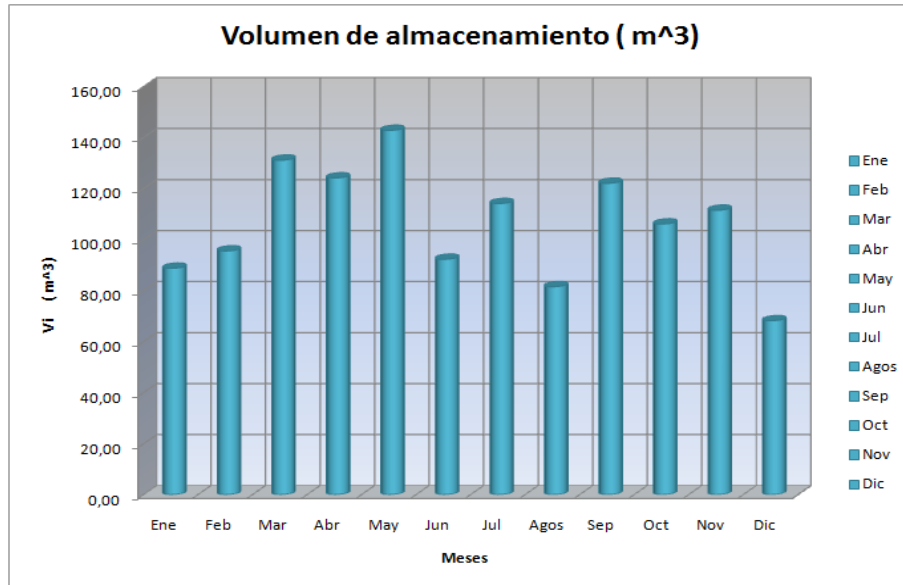
MES	Pi	días	Di	Dai	Ai	A'i	Vi	Pww(%)
MAYO	138,69	31	1,55	1,55	144,380	144,380	142,83	9214,86779
JUNIO	90,10	30	1,50	3,05	93,797	238,177	92,30	6153,1202
JULIO	111,15	31	1,55	4,60	115,705	353,883	114,16	7364,85673
AGOSTO	79,84	31	1,55	6,15	83,111	436,993	81,56	5261,97613
SEPTIEMBRE	118,73	30	1,50	7,65	123,601	560,595	122,10	8140,09946
OCTUBRE	103,43	31	1,55	9,20	107,674	668,268	106,12	6846,69245
NOVIEMBRE	108,57	30	1,50	10,70	113,025	781,293	111,52	7434,97514
DICIEMBRE	67,02	31	1,55	12,25	69,770	851,063	68,22	4401,27939
ENERO	86,77	31	1,55	13,80	90,330	941,393	88,78	5727,7531
FEBRERO	93,15	28	1,40	15,20	96,972	1038,365	95,57	6826,56746
MARZO	127,47	31	1,55	16,75	132,700	1171,065	131,15	8461,29639
ABRIL	120,74	30	1,50	18,25	125,694	1296,759	124,19	8279,59748
							<b>promedio</b>	7009,42348

Fuente: elaboración propia

## 7.2.2 VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO DE AGUA LLUVIA

A continuación se muestra en el gráfico el volumen de almacenamiento mensual, para cada mes.

Figura 13. Volumen de almacenamiento mensual.



Fuente: elaboración propia

El grafico muestra el volumen de almacenamiento en metros cúbicos por mes, el color rojo representa que es más lo que se necesita que lo que se tiene, el color azul son volúmenes remanentes luego de la captación y el consumo, y el color verde me indica el volumen más alto del año y también el volumen del tanque de almacenamiento; estos datos están sujetos a la presencia de los fenómenos del niño o de la niña, y la variabilidad que presenten el clima como resultado del efecto invernadero y la contaminación presente en la ciudad.

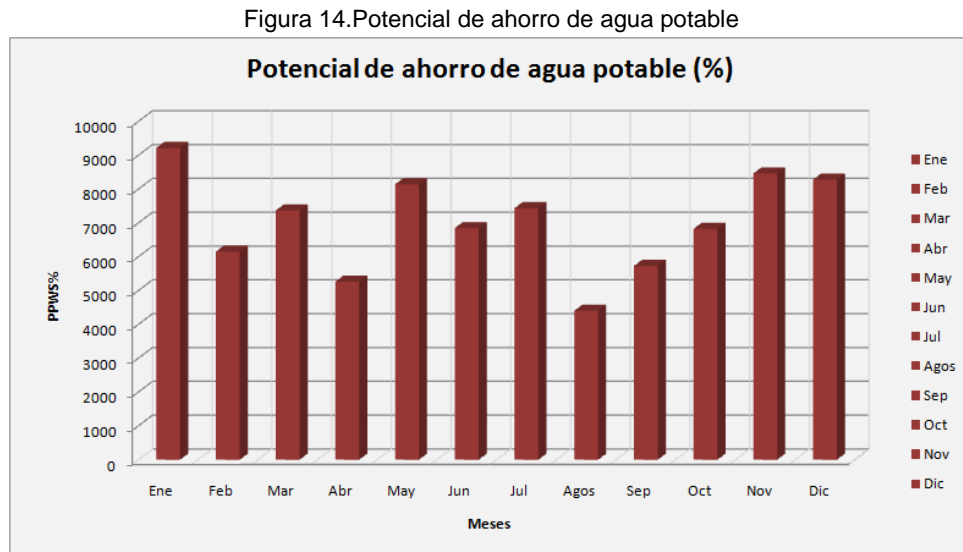
Observamos que solo durante dos meses del año la demanda es mayor que la oferta, sin embargo son fechas que generalmente son vacaciones en la universidad, y el consumo es mínimo, sin embargo se utilizara el agua del acueducto para satisfacer estas necesidades, a su vez podemos ver que en los otros meses el volumen de almacenamiento es mayor que la demanda, por lo tanto se prueba la viabilidad del proyecto.

El tanque de almacenamiento se ubicara en el sótano del edificio nuevo de la escuela, y se repartirá en el edificio a través de bombas con características

descritas más adelante, este tanque se realizara en concreto reforzado, según especificaciones y planos arquitectónicos y estructurales del edificio.

### 7.2.3 POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE POR MES

Este potencial me dice que porcentaje de la demanda se cubre con el agua lluvia, adicionalmente me dice que meses necesitan consumir agua de las redes del acueducto.



Fuente: elaboración propia

### 7.2.4 INTERCEPTOR DE AGUAS PRIMERAS

El interceptor de aguas primeras se calcula teniendo en cuenta el área de captación y el volumen de agua lluvia requerida para poder lavar el techo por metro cuadrado, sabiendo que el área del techo es 1150.60 m<sup>2</sup> el volumen es 1150.60 litros; hay que implementarle una válvula flotante que permita el paso de agua hacia el interceptor, y cuando se obtenga el agua que lava el techo, se cierre y permita el paso hacia el tanque de almacenamiento.

### 7.2.5 RED DE DISTRIBUCIÓN

Según las especificaciones técnicas del diseño hidrosanitario del edificio se requiere una tubería que siga los siguientes parámetros:

“La tubería de PVC RDE 21 será fabricada de acuerdo con lo especificado en la norma ICONTEC 382 y ASTM D 2241 y será adecuada para la presión de diseño a 22°C. Los tubos serán fabricados con compuestos de policloruro de vinilo rígido virgen, tipo 1, grado 1, y, cumplirá con la norma ICONTEC 369.<sup>33</sup>

El material será homogéneo y de color, opacidad y densidad uniforme. La presión mínima de rotura será la indicada en la tabla 1 de la norma ICONTEC 382. Los tubos no producirán olor, ni sabor y tendrán capacidades físicas y químicas de acuerdo con lo especificado en las normas ICONTEC 382 y ASTM D 2241-82 y D 2466-68 y cumplirán con los requisitos sobre toxicidad de la norma ICONTEC 359. Si la Interventoría lo considera necesario, se determinaran los contenidos de plomo, arsénico, estaño y cromo.

Las superficies externas e internas de los tubos serán lisas, libres a simple vista de: grietas, fisuras, perforaciones o incrustaciones de material extraño.”

Adicionalmente su coeficiente de rugosidad es 140

## **DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO**

Se obtiene a partir del gasto máximo posible

Tabla 27. Gasto máximo posible

APARATO	CANTIDAD	GMP LPS
<b>Punto de manguera jardín o aspersores</b>	20	3

Fuente: Melguizo B, Fundamentos de Hidráulica e instalaciones de abasto para edificaciones

## **GASTO MÁXIMO POSIBLE TOTAL=3 LPS**

Este equivale al caudal de bombeo.

<sup>33</sup>Especificaciones Técnicas de Construcción de las Redes Hidrosanitarias y pluviales del edificio de ingeniería eléctrica de la universidad industrial de Santander sede Bucaramanga

## 7.2.6 DIÁMETRO, VELOCIDAD Y ALTURA DINÁMICA DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN

$$Q = V * A \quad (47)$$

$$A = \frac{\pi * \varphi^2}{4} \quad (48)$$

Para obtener el diámetro de la tubería y la velocidad se tomó un diámetro arbitrario y se calculó la velocidad, y para comprobar si funcionaba o no se hizo un chequeo y se observó que cumpliera la norma RAS 2000<sup>34</sup> a continuación mencionada:

Tabla 28. velocidades máximas según el diámetro de la tubería

TUBERÍA DE SUCCIÓN mm	VELOCIDAD MÁXIMA m/s
<b>50</b>	0,75
<b>75</b>	1,00
<b>100</b>	1,30
<b>150</b>	1,45
<b>200</b>	1,60
<b>250</b>	1,60
<b>300</b>	1,70
<b>Mayor 400</b>	1,80

Fuente RAS 2000

La altura dinámica de succión será la correspondiente a una columna de agua de 10,33 m o sea una atmósfera descontándole las siguientes correcciones:

- Por altura sobre el nivel del mar se debe descontar 1,2 m por cada 1.000 m de altura sobre el nivel del mar.

<sup>34</sup>Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000. Título B. Sección II. Sistemas de Acueducto. 2000

- Por temperatura del agua se asumen los valores de tensión de vapor de agua.
- Por posibles depresiones barométricas se deben descontar 0,36 m.
- Por el vacío imperfecto producido por la bomba se debe descontar un valor comprendido entre 1,8 m y 2,4 m.
- Por pérdidas por fricción en tuberías y accesorios y por cabeza de velocidad.

Tabla 29. Diámetro, velocidad y altura dinámica de la tubería de succión

FUENTE	DIÁMETRO ϕlg	VELOCIDAD m/s	ALTURA DINÁMICA m
<b>Agua lluvia</b>	3	0,6578	0,50

Fuente: elaboración propia

Tabla 30. Diámetro, Velocidad y altura dinámica de la tubería de impulsión

FUENTE	DIÁMETRO ϕlg	VELOCIDAD m/s	ALTURA DINÁMICA m
<b>Agua lluvia</b>	3	0,6578	11,5

Fuente: elaboración propia

### 7.2.7 TIPO DE BOMBA

Figura 15. Tipo de bomba de succión positiva

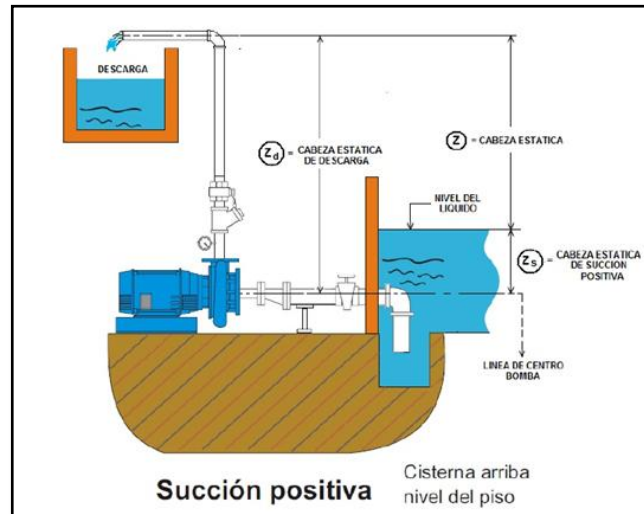


Tabla 31. Datos con resultados del tipo de bomba y características

CALCULO BOMBA		
Corrección por presión barométrica	por	9,15466
corrección por presión de vapor	de	7,96
NPSHd		13,70
Eficiencia de la bomba		65%
potencia del motor de la bomba		2 Hp
verificación cavitación		ok
golpe de ariete		52,34

Fuente: elaboración propia

### 7.3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DISEÑO HIDRO SANITARIO

Para este proyecto se consideraron solo dos muestras de agua gris: una de lavamanos y la otra de ducha, a las cuales se les midió PH; el PH es un número que describe el número de iones ácidos (iones de hidrógeno) presentes en el agua. El agua pura tiene un PH de 7.0. Esto significa que el agua contiene  $1 \times 10^7$  moléculas de iones de hidrógeno por litro, siendo más fácil trabajar con PH que con concentraciones. Un PH de 4 es ligeramente ácido, mientras que un PH de 2 y más bajo es fuertemente ácido. Las sustancias que tienen un PH mayor a 7 son consideradas soluciones alcalinas.

Se tomó la medida de PH con el PH-metro que realiza la medida por un método potenciométrico avalado por el decreto 1594 de 1984. Este método se basa en el hecho de que entre dos disoluciones con distinta  $[H^+]$  se establece una diferencia de potencial. Esta diferencia de potencial determina que cuando las dos disoluciones se ponen en contacto se produzca un flujo de  $H^+$ , o en otras palabras, una corriente eléctrica. En la práctica, la medida del pH es relativa, ya que no se determina directamente la concentración de  $H^+$ , sino que se compara el pH de una muestra con el de una disolución patrón de pH conocido.

También se puede medir de forma aproximada el pH de una disolución empleando indicadores, ácidos o bases débiles que presentan diferente color según el pH. Generalmente se emplea papel indicador, que se trata de papel impregnado de una mezcla de indicadores cualitativos para la determinación del pH. El papel de litmus o papel tornasol es el indicador mejor conocido. Otros indicadores usuales son la fenolftaleína y el naranja de metilo.

El método potenciométrico ofrece numerosas ventajas respecto al método colorimétrico:

- Es más preciso, ya que permite apreciar diferencias de 0,005 unidades de pH mientras que el método colorimétrico sólo aprecia diferencias de 0,1 unidades de PH.
- No se ve afectado por la coloración que pueda presentar la muestra, como ocurre con el método colorimétrico.

El proyecto es viable, en la manera en la que se estará ahorrando un porcentaje del consumo de agua en el edificio de ingeniería eléctrica y electrónica, mediante el uso del sistema de recirculación de las aguas grises, que en un principio necesitará de una inversión alta, pero que se puede recuperar en unos años; y aunque actualmente lo más importante en la sociedad son los costos que generan las construcciones, lo que se pretende con este proyecto es crear conciencia ambiental y aportar al ahorro del agua potable.

### 7.3.1 DATOS DE LAS MUESTRAS

#### 7.3.1.1 DETERMINACIÓN DE PH PARA AGUAS GRISES

Tabla 32. Tipo de muestra, ph, descripción de resultados

	COMPONENTES	pH	COLOR	OLOR	TIPO
<b>MUESTRA 1</b>	Agua y jabón	6.75	Blanco	Jabón corporal	Ácido
<b>MUESTRA 2</b>	Agua, jabón y shampoo	7.02	Blanco	Jabón corporal	Básico

Fuente: elaboración propia

El promedio de los pH de las dos muestras analizadas es de 6,885, lo que se considera como un pH ácido, muy cercano a 7,00 que es el pH neutro y coherente

cuando en la actualidad los productos de higiene corporal son creados con pH neutro para no afectar el pH de la piel del consumidor. Además si el destino de esta agua son las cisternas de los sanitarios nunca debe tener contacto con la piel de los humanos; y para los posibles microorganismos que se pueden generar, se tratará el agua con un filtro de carbón activado, que además absorbe olores.

Como lo hemos mencionado anteriormente la caracterización del agua para las cisternas de los inodoros no es tan estricta y el acceso al laboratorio, tiempo y cuestiones económicas, se presenta una aproximación de la calidad de esta agua sin olvidar la no existencia del proyecto a la fecha.

### **7.3.2 DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED**

Método a emplear: Para la determinación de los caudales se utilizó el sistema de unidades de Hunter:

Inodoros	:	3
Lavamanos	:	1
Orinales	:	2

Las pérdidas en los accesorios se determinaron por el sistema de longitudes equivalentes.

Para el cálculo de las pérdidas se empleó la tabla de Hazen-Williams tomándose un coeficiente de rugosidad  $C= 150$  para tubería P.V.C.

La red se diseña para velocidades mayores que 0,60 m/sg y menores que 1,50 m/sg.

La succión se diseña para velocidades  $<0,90$  m/sg

### **7.3.2.1 DOTACIÓN**

Para efectos de diseño se estima un consumo de 50 lt/pers./día, correspondiente al consumo de universidades.

### **7.3.2.2 ALMACENAMIENTO.**

Volumen a almacenar: Consumo de un día.

$$V = 50 \text{ lt/pers./día} \times 500 \text{ pers.} = 25,000 \text{ lt} / \text{ día} \approx 25,00 \text{ m}^3$$

Volumen a almacenar = 25,00 m<sup>3</sup>

#### **Tanque 1:**

$$\text{Volumen de consumo} = 25,00 \text{ m}^3$$

#### **Tanque 2:**

Para el volumen del tanque 2 se realizó una relación de volúmenes, suponiendo un consumo igual por aparato, de la siguiente manera: si todo el edificio consta a la fecha de 65 aparatos en su totalidad, de los cuales 22 son lavamanos y el volumen del tanque 1 es de 25,00 m<sup>3</sup> el volumen para el tanque 2 será por equivalencia:

$$\text{Volumen de consumo} = 8,47 \text{ m}^3$$

### **7.3.2.3 DIMENSIONES DE LOS TANQUES**

#### **Tanque 1:**

$$\text{Volumen de consumo} = 25,00 \text{ m}^3$$

$$\text{Dimensiones} = 2,50 \times 3,00 \times 3,50 = 26,25 \text{ m}^3$$

#### **Tanque 2:**

$$\text{Volumen de consumo} = 8,47 \text{ m}^3$$

Dimensiones = 2,50 x 2,50 x 1,50 = 9,38 m<sup>3</sup>

### 7.3.2.4 ACOMETIDA GENERAL

Para un llenado del tanque de almacenamiento en 6 horas:

$Q = 1,22 \text{ lt/s}$

En la tabla de Hazen Williams:

$Q = 1,22 \text{ lt/s}$        $V = 1,08 \text{ mt/s}$

$D = 1 \frac{1}{4}''$        $J = 0,0335 \text{ m/m}$

### 7.3.2.5 CONTEO DE APARATOS Y UNIDADES DE GASTO PARA CADA PISO

Piso 1° = 2° = 3° = 4°

Tabla 33. Aparatos y unidades de gasto para los pisos 1, 2,3 ,4

APARATO	No	U.G.
<b>Fluxómetros</b>	28	280
<b>Lavamanos</b>	20	20
<b>Orinales</b>	12	24
<b>SUMA</b>		<b>324 U.G</b>

Fuente, elaboración propia

Sótano:

Tabla 34. Aparatos y unidades de gasto para pisos sótano

APARATO	No	U.G.
<b>Fluxómetros</b>	2	20
<b>Lavamanos</b>	2	2
<b>Orinales</b>	1	2
<b>SUMA</b>		<b>24 U.G</b>

Fuente: elaboración propia

Total de unidades de gasto:

Pisos: 324

Sótano 24

**TOTAL UNIDADES DE GASTO:** 348 UG

### **7.3.2.6 EQUIPOS DE BOMBEO**

#### **7.3.2.6.1 EQUIPO HIDRONEUMÁTICO # 1 (Agua potable)**

Este equipo se instalará en la caseta de bombas a nivel de tanque de almacenamiento.

##### **7.3.2.6.1.1 IMPULSIÓN**

Q=0,83lt/sg

$\phi = 1''$

J = 0,0511 m/m

V = 1,18 m/sg

C = 150 (HG)

Cabeza dinámica impulsión (Ver cuadro de cálculo) = Hdimp = **17,83 m**

Succión positiva

##### **7.3.2.6.1.2 CABEZA DINÁMICA DE LA BOMBA**

Hd = Hdimp

Hd = 17,83 m

Potencia de las bombas (HP) =  $\frac{Qd \times Hd}{76 \times 0,65}$

$$\text{Potencia de las bombas} = \frac{0,83 \times 17,83}{76 \times 0,65} = 0,30 \rightarrow 1,20 \times 0,30 = \underline{\underline{0,36 \text{ HP}}}$$

Cálculo de la Altura Disponible de Succión Positiva (NPSH):

$$NPSH = PB - TVATA - ADS$$

Donde:

PB: Presión barométrica en el sitio. PB= 10,33

TVATA: Tensión de vapor del agua a temperatura ambiente. (25°C= 0.32)

ADS: Altura dinámica de succión. Para una altura 900 msnm = 1,11

$$NPSH = 10,33 - 0,32 - 1,11 = \underline{\underline{8,90 \text{ m.c.a.}}}$$

Se usará un equipo hidroneumático con dos bombas trabajando alternadamente.

⇒ Características para la escogencia del equipo de bombeo:

$$Q_d = 0,83 \text{ lt/sg} = 13,16 \text{ GPM}$$

$$H_d = 17,83 \text{ m} = 12,48 \text{ psi}$$

$$\text{Rango de Presión} = 10 - 20 \text{ psi}$$

#### **7.3.2.6.1.3 VOLUMEN DEL TANQUE HIDRONEUMATICO #1:**

$$V = \frac{0,20 \times Q_d}{1 - \frac{P_e}{P_a}} \quad (47)$$

$$P_e = 10 + 14 = 24 \text{ p.s.i.}$$

$$P_a = 20 + 14 = 34 \text{ p.s.i.}$$

$$V = \frac{0,20 \times 13,16}{1 - \frac{24}{34}} = 8,95 \text{ GALONES} \approx 10 \text{ GALONES}$$

### 7.3.2.6.2 EQUIPO HIDRONEUMÁTICO # 2 (Agua reciclada)

Este equipo se instalará en la caseta de bombas a nivel de tanque de almacenamiento.

#### 7.3.2.6.2.1 IMPULSIÓN

$$Q = 4,34 \text{ lt/sg}$$

$$\phi = 2 \frac{1}{2}''$$

$$J = 0,0242 \text{ m/m}$$

$$V = 1,29 \text{ m/sg}$$

$$C = 150 \text{ (HG)}$$

Cabeza dinámica impulsión (Ver cuadro de cálculo) = Hdimp = **24,94 m**

Succión positiva

#### 7.3.2.6.2.2 CABEZA DINÁMICA DE LA BOMBA

$$H_d = H_{dimp}$$

$$H_d = \mathbf{24,94 \text{ m}}$$

$$\text{Potencia de las bombas (HP)} = \frac{Qd \times Hd}{76 \times 0,65}$$

$$\text{Potencia de las bombas} = \frac{4,34 \times 24,94}{76 \times 0,65} = 1,90 \rightarrow 1,20 \times 1,90 = \mathbf{2,28 \text{ HP}}$$

Cálculo de la Altura Disponible de Succión Positiva (NPSH):

$$NPSH = PB - TVATA - ADS$$

Donde:

PB: Presión barométrica en el sitio. PB= 10,33

TVATA: Tensión de vapor del agua a temperatura ambiente. (25°C= 0.32)

ADS: Altura dinámica de succión. Para una altura 900 msnm = 1,11

$$NPSH = 10,33 - 0,32 - 1,11 = \underline{\underline{8,90 \text{ m.c.a.}}}$$

Se usará un equipo hidroneumático con dos bombas trabajando alternadamente.

Características para la escogencia del equipo de bombeo:

$$Qd = 4,34 \text{ lt/sg} = 68,79 \text{ GPM}$$

$$Hd = 24,94 \text{ m} = 17,46 \text{ psi}$$

$$\text{Rango de Presión} = 10 - 20 \text{ psi}$$

#### **7.3.2.6.2.3 VOLUMEN DEL TANQUE HIDRONEUMATICO #2:**

$$V = \frac{0,20 \times Qd}{1 - \frac{Pe}{Pa}}$$

$$Pe = 10 + 14 = 24 \text{ p.s.i.}$$

$$Pa = 20 + 14 = 34 \text{ p.s.i.}$$

$$V = \frac{0,20 \times 68,79}{1 - \frac{24}{34}} = 46,78 \text{ GALONES} \approx 50 \text{ GALONES}$$

Ver anexo con cuadro de datos y cálculos

#### 7.4 DISEÑO TANQUE SÉPTICO

Decidimos hacer un tanque séptico debido a que es el único que se adapta al espacio que nos da el edificio, y que no produce malos olores como el tanque Imhoff.

Aquí se muestra los resultados obtenidos del cálculo del volumen del tanque séptico con dos compartimentos con filtro anaerobio para el proyecto.

Tabla 35. datos entrada diseño tanque séptico

<b>DATOS DE ENTRADA</b>		<b>UNIDADES</b>
Población N	<b>500</b>	hab
Dotación C	<b>50</b>	L/hab.d
Caudal Q	<b>0,289</b>	Lps
THR	<b>1</b>	días
Tiempo de residencia T	<b>0,5</b>	días
Contribución de lodo fresco Lf	<b>0,2</b>	litros/día
Tasa de acumulación de lodo fresco	<b>97</b>	

Fuente: elaboración propia

Tabla 36. Dimensionamiento del tanque volumen útil

<b>DIMENSIONAMIENTO</b>		
Volumen útil del tanque Vu	<b>23200</b>	litros
	<b>23,20</b>	m3
Relación Largo Ancho	<b>2 a 1 - 4 a 1</b>	

Fuente: elaboración propia

Tabla 37. Dimensiones del tanque

Altura útil hu	<b>1,80</b>	m
Ancho A	<b>1,80</b>	m
Largo L	<b>5,00</b>	m
Vol útil real	<b>16,20</b>	m <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia

Tabla 38. Volumen útil del medio filtrante

Volúmen útil del medio filtrante <b>Vf</b>	<b>20000</b>	litros
	<b>20,00</b>	m <sup>3</sup>
Altura útil <b>hu</b> (siempre)	<b>1,80</b>	m

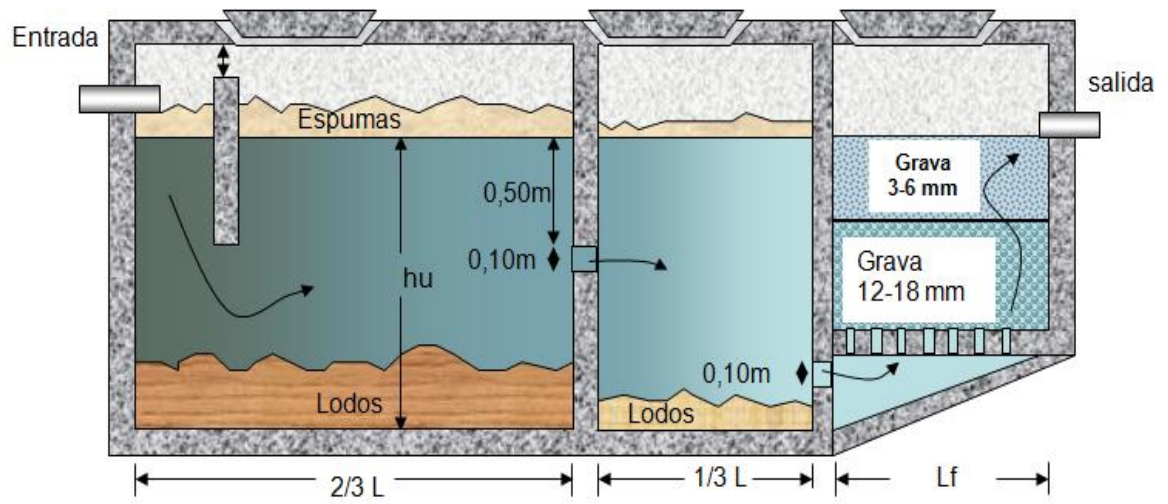
Fuente: elaboración propia

Tabla 39. Dimensiones específicas del medio filtrante

Ancho A	<b>2,70</b>	m
Largo Lf	<b>3,80</b>	m
Vol útil real	<b>18,47</b>	m <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia

Figura 16 .Esquema tanque séptico dos compartimentos para el edificio de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



Fuente: Buitrago Ríos. Héctor José M. Diseño Tanque Séptico y Humedal, Hoja de Cálculo, 2010.

## CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos, se determinó la viabilidad para hacer un uso eficiente del agua dentro de la instalación educativa, debido a sus características de precipitación, recirculación de las aguas grises y espacio disponible, se logra abastecer completamente los sanitarios y lava-escobas, así como el sistema de riego del edificio.
- El sistema de abastecimiento para riego tendría dependencia parcial de la red del acueducto, dado que el método que se empleó para el dimensionamiento del tanque que almacena el agua lluvia no tiene en cuenta los periodos de sequía, lo que puede generar que en algún momento el sistema de abastecimiento para riego necesitara de la intervención de la red del acueducto.
- El sistema captador de aguas lluvias cubre perfectamente las necesidades que tiene el edificio en cuanto a riego de jardines, pero es insuficiente para otras necesidades de abastecimiento en el edificio, como sanitarios y lavamanos, ya que no cumple con la dotación mínima requerida por habitante que es 40 litros / día según la norma RAS 2000.
- Debido al costo de los laboratorios que determinaron la calidad del agua lluvia, el presupuesto del proyecto se incrementó lo que llevo a tomar decisiones acerca de prescindir de algunos estudios adicionales, por ejemplo: no se pudo determinar la  $DBO_5$  en las aguas negras, dato importante a la hora de realizar el diseño y de verificar el calidad del agua tratada.

- Con un diseño hidro sanitario más estricto y un modelo de precipitación más amplio se podría incluso asegurar la capacidad de suministro constante dado el caso en que el acueducto metropolitano interrumpiera el flujo hacia la red.
- Existen varias opciones que contempla la norma RAS 2000 para el tratamiento de aguas residuales en sitios donde existe red de alcantarillado, pero la falta de espacios definidos en la universidad y en los mismos planos que se utilizaron para el proyecto hacen que se proyecte la solución más sencilla que es el tanque séptico.
- El presente diseño, se puede implementar tanto en instalaciones de menor dimensión a las del edificio de Ingeniería Eléctrica y Electrónica como solución al a escases de agua, y como alternativa al manejo eficiente del saneamiento básico.
- La implementación de este sistema puede llegar a ser costosa a corto plazo pero sus beneficios en ahorro permitirían una recuperación del capital a mediano y largo plazo.
- Una de las metas de este proyecto es sumar esfuerzos para la obtención del reconocimiento de instituciones internacionales a través de la certificaciones de calidad como por ejemplo la norma LEED.

## RECOMENDACIONES

- El sistema captador de aguas lluvias sería más exacto si se tuviesen los datos de precipitaciones de la estación de la Universidad Industrias de Santander hasta el año 2010, así como los datos de otra estación cercana para tener un modelo estadístico más confiable, además es necesario que la estación que tiene la Universidad Industrial de Santander en convenio con el IDEAM sea nuevamente puesta en funcionamiento, así como implementar un convenio con la misma entidad para el suministro de información como radiación solar, humedad, entre otros factores que afectan este diseño pero que no se tuvieron en cuenta.
- Debe implementarse un programa de cuidado y ahorro del agua en el edificio de Ingeniería Eléctrica y electrónica que va desde utilizar sanitarios ahorradores que presenten una menor descarga de agua por utilización, así como temporizadores en los lavamanos y en los aspersores.
- Debido a la poca información suministrada del edificio para la implementación del sistema de aprovechamiento de aguas no potables, no se tiene nivel de los detalles de instalación y construcción del sistema, por lo tanto es recomendable hacer levantamientos en campo para la cuantificación exacta de los componentes del sistema.
- Para mayor confiabilidad en los resultados del diseño hidrosanitario para la recirculación de aguas grises, se recomienda realizar aforos rigurosos donde se tenga en cuenta aspectos como frecuencia de uso de los sanitarios y lavamanos, detallando cada pisos y género (baño de hombres,

baño de mujeres), adicionalmente se recomienda determinar un volumen promedio real de una semana tipo basados en mediciones del agua utilizada en lavamanos.

- Considerar el agua usada en duchas para aumentar el volumen de agua gris, incrementando así el ahorro de agua potable, puesto que son aguas con características similares a las de los lavamanos que no requieren de procesos estrictos para ser reutilizadas en las cisternas de los inodoros.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ven Te Chow, D.R. Maidment y L.W. Mays, Hidrología Aplicada, McGraw-Hill, 1994
2. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. Efectos naturales y socioeconómicos del Fenómeno El Niño en Colombia. Bogotá: El Ideam. Marzo de 2002.
3. Saldarriaga, J; HIDRAULICA DE TUBERIAS, Abastecimiento de Agua, Redes, Riegos. Noviembre de 2007
4. The Texas Manual on Rainwater Harvesting Development,2005
5. Ballen S. J.A., Galarza G.,Historia de los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia VI SEREA- Seminario Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento urbano e agua 2006
6. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico- RAS 2000 Titulo B,2000
7. Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan. *October*, (2006), 291-300.
8. Abdulla, F.A. and Al-Shareef, A. Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan. *Desalination* 243, 1-3 (2009), 195-207.

9. Ballén S., J.A., Galarza G.,M.A., and Ortiz M., R.O. Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana. *VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua.*, (2006).
10. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud. Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano. 2003.
11. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente., Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud. Guía de diseño para captación del agua de lluvia. 2004.
12. Departamento Nacional de Planeación. Determinación de los consumos básicos de agua potable en Colombia. 1991.
13. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000. Título B. Sección II. Sistemas de Acueducto. 2000, 206.
14. Hernández M., F. Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria.
15. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia. Estudio Nacional del Agua Relaciones de demanda de agua y oferta hídrica. 2008.

16. Lara B, A.J., Torres A., A.E., Campos P., M.C., Duarte C., L., Echeverri R., J.I., and Villegas G., P.A. Aprovechamiento del agua lluvia para riego y lavado de zonas duras y fachadas en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogota). 2 (2007), 193-202.
17. Melguizo B., S. *Fundamentos de Hidráulica e Instalaciones de Abasto en las Edificaciones. Primera parte.* Centro de publicaciones Universidad Nacional., Medellín, 1977.
18. Melguizo B., S. *Fundamentos de Hidráulica e Instalaciones de Abasto en las Edificaciones. Segunda parte.* Centro de publicaciones Universidad Nacional., Medellín, 1980.
19. Veenhuisen, R. and Prieto C., M. Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia. Experiencias en América Latina. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N° 13. 1991, 1-5.
20. Water Texas Development Board. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. *Development*, 2005.

## ANEXOS

### ANEXO 1. PRECIPITACIÓN MES ENERO 1982 A 2002

DIA/AÑO	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	0,10	3,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00	12,70
2	0,10	5,20	51,00	0,00	0,00	13,20	0,00	1,90	1,00	17,20
3	3,00	5,50	27,40	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00
4	Z	0,00	2,40	15,90	0,00	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,50	0,20	0,00	11,70	0,00	8,00	0,00	0,20	0,00	0,00
6	4,50	0,00	84,20	0,20	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	16,80
7	0,00	0,00	1,20	10,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00
8	0,00	0,00	0,10	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,70
9	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	0,00
10	0,00	0,00	0,90	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
11	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	2,90	1,20	0,00	0,00	0,00
12	0,00	2,50	0,10	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	29,70	2,90
13	0,00	4,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	1,10	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00
15	0,20	0,00	0,10	0,00	5,50	0,00	29,40	0,00	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	40,50	0,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	15,60	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	3,30	0,00	0,00	1,40	0,10	3,50	0,00	6,00
19	0,00	17,10	3,50	67,40	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,20	23,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,70
21	0,00	0,00	1,70	51,40	0,00	3,60	1,20	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,10	63,60	0,00	11,90	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,90	0,00	12,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
24	1,70	0,00	0,20	0,00	0,10	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00
25	0,00	28,50	38,40	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00
26	0,00	10,00	18,30	1,00	19,20	2,60	0,80	0,00	3,30	0,00
27	2,80	4,80	0,10	0,00	0,60	4,30	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0,00	18,50	1,50	0,00	0,30	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00
30	3,40	0,00	0,10	0,00	17,80	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00
31	0,00	0,00	0,00	0,00	6,20	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Media</b>	0,59677	3,23226	7,629	7,99677	2,0871	1,687	2,9258	0,258	1,2871	2,32258
<b>Error típico</b>	0,2156	1,20075	3,3575	3,3318	0,9151	0,614	1,6354	0,137	0,956	0,89451
<b>Desviación estándar</b>	1,20041	6,68548	18,694	18,5507	5,0953	3,421	9,1055	0,762	5,323	4,98041
<b>Varianza de la muestra</b>	1,44099	44,6956	349,47	344,128	25,962	11,71	82,909	0,581	28,334	24,8045
<b>Curtosis</b>	3,63841	6,93585	9,6941	5,51922	6,3008	5,67	11,556	11,57	29,736	3,85392
<b>Coefficiente de asimetría</b>	2,12393	2,62206	3,0506	2,54624	2,6725	2,469	3,4472	3,358	5,4099	2,20491
<b>Rango</b>	4,5	28,5	84,2	67,4	19,2	13,2	40,5	3,5	29,7	17,2
<b>Mínimo</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Máximo</b>	4,5	28,5	84,2	67,4	19,2	13,2	40,5	3,5	29,7	17,2
<b>Suma</b>	18,5	100,2	236,5	247,9	64,7	52,3	90,7	8	39,9	72
<b>Cuenta</b>	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31

DIA/AÑO	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	12,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,30	DF	0,00	0,00	3,50	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	24,60	8,20	0,00	0,00
4	8,50	0,00	DF	0,00	0,00	8,50	0,00	0,00	22,00	0,00	0,00
5	5,40	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,40	0,00
6	0,00	9,50	DF	0,00	0,00	0,00	6,10	0,00	31,20	1,00	0,00
7	0,00	10,70	DF	0,00	0,00	4,70	0,00	0,00	23,40	0,00	0,00
8	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	23,00	0,00	0,00	5,80	0,00	14,40
9	0,00	0,70	DF	0,00	0,00	33,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	16,40	0,00	18,30	0,00	0,00	0,00
11	30,50	16,20	DF	0,00	0,00	19,40	0,00	2,20	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	DF	0,00	0,90	0,30	0,00	16,80	0,00	0,00	14,80
13	0,00	0,00	DF	0,00	5,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40
14	0,00	0,00	DF	4,70	3,70	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	DF	1,10	0,00	0,00	0,00	9,70	0,00	0,00	0,00
16	0,00	1,20	DF	0,60	5,70	0,90	19,10	0,40	0,00	0,50	0,00
17	0,00	0,90	DF	0,00	3,60	0,40	0,00	2,30	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	DF	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	DF	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	DF	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	5,30	0,70	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	3,70
23	34,40	0,30	DF	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	16,40	0,80	0,00
24	8,20	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	19,50	7,20	1,20	23,50	0,00	0,00
26	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	2,20	0,00	0,00
27	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	32,70	0,00	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,40	DF	0,00	0,00	4,80	4,90	0,00	0,00	0,00	0,00
29	23,60	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40
30	23,40	2,70	DF	0,00	2,80	0,70	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00
31	0,00	0,00	DF	3,40	1,00	0,00	0,00	3,80	64,00	0,00	0,90
<b>Media</b>	<b>4,4935</b>	<b>1,4065</b>		<b>0,403</b>	<b>0,816</b>	<b>4,816</b>	<b>2,281</b>	<b>2,906</b>	<b>6,358</b>	<b>1,2323</b>	<b>1,2774</b>
<b>Error típico</b>	<b>1,7317</b>	<b>0,6694</b>		<b>0,201</b>	<b>0,296</b>	<b>1,546</b>	<b>1,221</b>	<b>1,119</b>	<b>2,492</b>	<b>1,1398</b>	<b>0,6653</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>9,6418</b>	<b>3,727</b>		<b>1,118</b>	<b>1,65</b>	<b>8,609</b>	<b>6,798</b>	<b>6,228</b>	<b>13,87</b>	<b>6,3462</b>	<b>3,7042</b>
<b>Varianza de la muestra</b>	<b>92,964</b>	<b>13,891</b>		<b>1,249</b>	<b>2,724</b>	<b>74,11</b>	<b>46,21</b>	<b>38,79</b>	<b>192,5</b>	<b>40,274</b>	<b>13,721</b>
<b>Curtosis</b>	<b>3,8759</b>	<b>9,2813</b>		<b>8,429</b>	<b>3,292</b>	<b>3,147</b>	<b>14,56</b>	<b>5,33</b>	<b>9,53</b>	<b>30,894</b>	<b>10,364</b>
<b>Coficiente de asimetría</b>	<b>2,2301</b>	<b>3,1057</b>		<b>2,987</b>	<b>2,072</b>	<b>1,946</b>	<b>3,72</b>	<b>2,444</b>	<b>2,882</b>	<b>5,5541</b>	<b>3,3125</b>
<b>Rango</b>	<b>34,4</b>	<b>16,2</b>		<b>4,7</b>	<b>5,7</b>	<b>33,1</b>	<b>32,7</b>	<b>24,6</b>	<b>64</b>	<b>35,4</b>	<b>14,8</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Máximo</b>	<b>34,4</b>	<b>16,2</b>		<b>4,7</b>	<b>5,7</b>	<b>33,1</b>	<b>32,7</b>	<b>24,6</b>	<b>64</b>	<b>35,4</b>	<b>14,8</b>
<b>Suma</b>	<b>139,3</b>	<b>43,6</b>		<b>12,5</b>	<b>25,3</b>	<b>149,3</b>	<b>70,7</b>	<b>90,1</b>	<b>197,1</b>	<b>38,2</b>	<b>39,6</b>
<b>Cuenta</b>	<b>31</b>	<b>31</b>		<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>

## ANEXO 2. PRECIPITACIÓN MES FEBRERO 1982 A 2002

DIA	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	5,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2,80	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00
3	12,40	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	12,40	0,00	17,80	0,00
4	1,40	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	5,60	14,20	2,40	0,00
5	0,10	0,10	2,70	0,00	0,00	0,00	10,50	0,60	19,80	0,00
6	0,00	0,40	58,70	0,00	0,00	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00
7	14,50	0,00	0,30	0,90	0,00	33,80	0,00	0,00	3,20	0,00
8	0,00	0,00	0,00	2,30	0,00	0,90	0,40	0,00	0,80	1,30
9	0,00	0,00	0,00	23,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
10	0,60	0,00	0,00	0,00	1,10	0,60	20,80	0,00	19,90	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	17,20	0,00	0,00	0,00	1,60	0,70
12	6,00	0,00	0,00	14,20	3,70	0,00	1,10	0,00	7,10	0,00
13	1,70	0,30	0,00	0,00	18,30	14,30	0,00	0,00	0,70	0,00
14	1,00	0,00	3,80	1,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,20	0,10
15	1,10	0,00	20,50	0,70	19,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60
16	22,70	0,00	1,10	0,00	1,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	0,00	21,90	0,00	0,20	0,20	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
18	9,70	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	47,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	4,00	0,00
20	31,40	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00
21	1,30	0,40	4,50	0,00	0,00	0,00	25,30	0,00	25,70	0,00
22	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,60	0,70	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,60	1,40	2,20	0,00
24	0,40	0,00	0,00	17,80	7,10	0,00	3,20	6,30	0,00	0,50
25	0,00	1,00	5,80	0,00	0,00	0,00	16,90	0,00	0,00	0,70
26	0,00	0,40	0,00	0,00	0,20	0,00	2,00	0,60	0,00	0,00
27	0,10	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	18,90	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,50	0,00	0,00	0,60	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00
29			0,00				0,00			
Media	5,73929	0,89286	3,37586	2,14643	2,55	1,78929	6,54138	0,96786	3,775	0,22857
Error típico	2,11792	0,77929	2,10925	1,1068	1,09043	1,29033	2,18603	0,54618	1,38846	0,10589
Desviación estándar	11,207	4,12364	11,3587	5,85665	5,77001	6,82779	11,7721	2,89009	7,34704	0,56033
Varianza de la muestra	125,597	17,0044	129,019	34,3004	33,293	46,6188	138,583	8,35263	53,979	0,31397
Curtosis	7,31313	27,7995	21,7958	7,28142	4,62181	19,5152	9,47179	17,5186	3,09503	12,1763
Coefficiente de asimetría	2,65661	5,26454	4,54243	2,86786	2,43098	4,33852	2,80678	4,05566	2,08487	3,30168
Rango	47,7	21,9	58,7	23	19,5	33,8	54,6	14,2	25,7	2,6
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	47,7	21,9	58,7	23	19,5	33,8	54,6	14,2	25,7	2,6
Suma	160,7	25	97,9	60,1	71,4	50,1	189,7	27,1	105,7	6,4
Cuenta	28	28	29	28	28	28	29	28	28	28
Mayor (1)	47,7	21,9	58,7	23	19,5	33,8	54,6	14,2	25,7	2,6
Menor(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	4,34562	1,59898	4,3206	2,27097	2,23737	2,64754	4,47787	1,12066	2,84888	0,21727

DIA	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	0,00	13,00	DF	29,50	14,60	0,00	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	1,80
2	0,00	29,30	DF	0,40	0,00	17,60	0,00	4,70	0,00	0,00	24,90	0,00
3	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,30	32,40	0,00	0,00	0,00	5,20	0,00
4	0,20	0,00	DF	0,00	0,70	2,20	2,20	0,00	0,00	0,00	3,20	0,00
5	5,70	0,00	DF	4,10	8,70	0,00	7,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	46,00	DF	0,00	24,70	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	4,20	0,00	DF	0,00	5,50	0,00	27,40	0,00	0,00	0,00	0,00	19,60
8	0,00	0,00	DF	0,50	0,00	1,30	57,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
9	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	2,20	0,70	0,00	0,00	0,80	20,30
10	8,50	0,00	DF	0,00	0,70	14,70	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40
11	42,30	0,00	DF	0,00	0,00	4,60	3,00	0,30	0,00	0,00	0,00	6,40
12	34,80	1,20	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00
13	3,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	18,40
14	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	2,40	0,00	0,00	0,00	12,80
15	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	19,80	0,00	0,00	0,00	0,00
16	0,00	31,20	DF	0,00	15,50	0,00	0,00	0,00	14,40	0,00	4,00	9,50
17	0,00	11,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,50	0,00	5,90	6,90
18	0,00	0,80	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,70	0,00	0,00
19	0,00	1,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	26,20	13,00	1,20	0,00	2,40
20	5,80	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	19,50	7,40	0,00	0,00
21	0,00	0,00	DF	1,40	5,50	0,00	0,00	28,80	4,70	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	31,00	1,20	0,30	0,00	0,00	0,00
23	0,00	3,40	DF	0,00	0,00	0,00	1,40	0,40	15,80	0,00	0,40	15,40
24	0,00	0,70	DF	42,60	0,00	1,00	2,40	1,20	19,80	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	DF	73,30	0,00	0,00	0,00	5,50	1,20	0,00	0,00	4,00
26	0,00	2,30	DF	0,00	0,20	1,10	0,00	31,50	37,00	0,00	5,20	0,00
27	0,00	0,00	DF	0,00	0,30	0,00	0,00	8,60	0,00	11,00	1,60	0,00
28	0,00	0,00	DF	1,40	0,00	0,00	0,00	4,40	0,80	0,00	0,00	0,00
29	14,60				0,00				7,70			
Media	4,1069	4,99643		5,47143	2,63448	1,57857	6,02857	5,02143	4,94828	0,725	1,82857	4,32857
Error típico	1,88637	2,16982		3,0948	1,10948	0,80345	2,60337	1,76762	1,64611	0,4643	0,92359	1,2738
Desviación estándar	10,1584	11,4816		16,3762	5,97473	4,25148	13,7757	9,35337	8,86456	2,45683	4,88716	6,74031
Varianza de la muestra	103,194	131,828		268,178	35,6973	18,0751	189,771	87,4854	78,5804	6,03602	23,8843	45,4317
Curtosis	9,25918	6,39092		11,7021	6,63386	10,1932	7,00258	3,10212	5,14837	13,3198	19,6784	0,7869
Coefficiente de asimetría	3,08956	2,62463		3,3917	2,60201	3,28152	2,67259	2,08693	2,19018	3,69331	4,20894	1,46468
Rango	42,3	46		73,3	24,7	17,6	57,4	31,5	37	11	24,9	20,3
Mínimo	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	42,3	46		73,3	24,7	17,6	57,4	31,5	37	11	24,9	20,3
Suma	119,1	139,9		153,2	76,4	44,2	168,8	140,6	143,5	20,3	51,2	121,2
Cuenta	29	28		28	29	28	28	28	29	28	28	28
Mayor (1)	42,3	46		73,3	24,7	17,6	57,4	31,5	37	11	24,9	20,3
Menor(1)	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	3,86406	4,45211		6,35001	2,27266	1,64855	5,34167	3,62686	3,3719	0,95266	1,89504	2,61362

### ANEXO 3. PRECIPITACIÓN MES MARZO 1982 A 2002

DIA	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	2,20	0,00	0,00	5,10
2	14,40	1,30	12,90	0,00	23,00	0,00	0,00	0,00	3,00	5,40
3	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,90
4	1,00	0,00	0,00	0,00	14,90	50,00	0,00	2,70	0,00	13,50
5	0,00	0,20	0,00	0,00	9,50	0,30	0,00	0,00	0,00	1,70
6	0,00	0,70	14,20	2,00	6,40	0,30	0,00	0,00	0,60	1,80
7	6,40	23,90	0,00	2,40	1,60	0,00	0,00	3,40	8,70	29,70
8	0,20	0,30	0,00	5,60	0,00	0,00	0,00	6,00	0,00	9,80
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,50	2,10	0,70
10	0,00	0,00	0,00	0,90	46,60	0,00	0,00	62,50	0,50	3,90
11	0,20	0,00	0,00	26,60	0,40	0,00	0,00	14,20	0,00	0,00
12	0,00	10,70	0,00	0,20	0,00	0,00	28,80	7,90	0,00	0,00
13	36,20	1,00	0,00	8,40	0,00	43,70	1,70	0,80	0,00	4,80
14	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	1,90	50,70	0,70	0,00	0,00
15	0,60	0,00	0,00	0,00	8,80	0,00	1,00	2,70	3,60	0,00
16	0,30	0,00	0,00	0,00	12,80	1,90	0,00	1,30	0,00	0,00
17	13,70	0,80	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	39,00	26,10	0,00
18	0,70	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
19	12,90	0,00	0,00	33,50	0,00	0,90	0,00	0,70	4,40	0,00
20	0,00	0,00	13,60	1,10	0,00	0,00	0,00	55,20	6,90	0,00
21	0,00	31,70	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
22	16,20	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	24,30	6,00	0,00
23	7,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	10,00	0,00
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	39,30	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	1,30	2,60	0,00
26	0,00	0,00	0,00	8,40	0,00	0,50	0,00	0,00	43,20	0,00
27	16,70	0,00	0,00	0,10	1,90	0,00	0,00	20,00	0,00	0,60
28	6,10	0,00	5,50	13,50	2,70	0,00	0,00	12,80	8,20	0,00
29	0,00	5,00	0,00	5,20	0,00	0,60	12,60	0,00	3,20	0,00
30	0,00	0,00	0,00	27,20	13,20	48,20	0,50	0,00	12,30	1,30
31	3,00	0,30	0,00	0,60	18,70	5,50	0,50	0,00	0,20	11,20
<b>Media</b>	<b>4,47097</b>	<b>3,764516</b>	<b>1,56129</b>	<b>4,377</b>	<b>5,5516</b>	<b>5,0355</b>	<b>3,16129</b>	<b>8,8677</b>	<b>4,6323</b>	<b>2,91613</b>
<b>Error típico</b>	<b>1,44703</b>	<b>1,743514</b>	<b>0,74067</b>	<b>1,596</b>	<b>1,7956</b>	<b>2,5375</b>	<b>1,87172</b>	<b>2,9081</b>	<b>1,6156</b>	<b>1,0999</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>8,05672</b>	<b>9,707473</b>	<b>4,12389</b>	<b>8,887</b>	<b>9,9976</b>	<b>14,128</b>	<b>10,4213</b>	<b>16,192</b>	<b>8,9953</b>	<b>6,124</b>
<b>Varianza de la muestra</b>	<b>64,9108</b>	<b>94,23503</b>	<b>17,0065</b>	<b>78,99</b>	<b>99,951</b>	<b>199,6</b>	<b>108,604</b>	<b>262,17</b>	<b>80,916</b>	<b>37,5034</b>
<b>Curtosis</b>	<b>7,15278</b>	<b>7,564398</b>	<b>5,60724</b>	<b>4,827</b>	<b>8,8781</b>	<b>6,6999</b>	<b>15,8358</b>	<b>4,9042</b>	<b>11,831</b>	<b>12,1796</b>
<b>Coefficiente de asimetría</b>	<b>2,4629</b>	<b>2,881695</b>	<b>2,63539</b>	<b>2,376</b>	<b>2,6931</b>	<b>2,8581</b>	<b>3,9149</b>	<b>2,3103</b>	<b>3,252</b>	<b>3,23744</b>
<b>Rango</b>	<b>36,2</b>	<b>39,3</b>	<b>14,2</b>	<b>33,5</b>	<b>46,6</b>	<b>50</b>	<b>50,7</b>	<b>62,5</b>	<b>43,2</b>	<b>29,7</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Máximo</b>	<b>36,2</b>	<b>39,3</b>	<b>14,2</b>	<b>33,5</b>	<b>46,6</b>	<b>50</b>	<b>50,7</b>	<b>62,5</b>	<b>43,2</b>	<b>29,7</b>
<b>Suma</b>	<b>138,6</b>	<b>116,7</b>	<b>48,4</b>	<b>135,7</b>	<b>172,1</b>	<b>156,1</b>	<b>98</b>	<b>274,9</b>	<b>143,6</b>	<b>90,4</b>
<b>Cuenta</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>
<b>Mayor (1)</b>	<b>36,2</b>	<b>39,3</b>	<b>14,2</b>	<b>33,5</b>	<b>46,6</b>	<b>50</b>	<b>50,7</b>	<b>62,5</b>	<b>43,2</b>	<b>29,7</b>
<b>Menor(1)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Nivel de confianza (95,0%)</b>	<b>2,95523</b>	<b>3,56073</b>	<b>1,51265</b>	<b>3,26</b>	<b>3,6671</b>	<b>5,1822</b>	<b>3,82257</b>	<b>5,9392</b>	<b>3,2995</b>	<b>2,2463</b>

DIA	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
1	0,00	5,60	DF	0,10	37,80	0,00	0,00	10,80	0,60	0,30	0,30	0,00
2	0,30	0,60	DF	0,20	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3,70	2,30	DF	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	2,00	0,50	0,00	0,00
4	9,50	0,00	DF	0,00	0,40	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,10	0,00
5	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00
6	1,20	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,10	0,70	0,00
7	0,00	0,00	DF	26,10	2,00	0,00	0,30	3,60	0,00	9,20	0,00	0,00
8	0,00	1,80	DF	8,90	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,80	DF	0,80	30,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,90	0,00
10	0,00	0,00	DF	0,70	54,00	1,40	0,00	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00
11	13,60	0,00	DF	0,00	4,80	0,00	0,00	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	DF	3,30	9,50	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00
13	0,00	0,00	DF	0,00	0,90	0,00	0,00	8,40	1,50	0,00	14,70	5,40
14	0,70	1,20	DF	0,00	23,40	0,00	9,50	0,40	0,00	0,30	0,00	0,00
15	1,50	0,00	DF	0,00	17,50	7,20	0,00	6,80	0,00	27,40	0,00	32,40
16	2,40	0,10	DF	10,30	11,10	2,00	0,50	0,30	17,00	0,00	3,20	3,50
17	0,00	36,20	DF	0,00	0,00	11,50	0,00	0,00	1,70	1,20	12,00	25,80
18	0,00	1,20	DF	0,00	0,00	5,50	0,00	6,50	0,00	0,00	1,20	10,20
19	1,80	0,20	DF	70,00	0,00	0,30	0,00	1,20	44,00	0,00	0,00	0,00
20	1,00	1,00	DF	11,60	13,10	0,00	49,00	0,00	0,00	4,40	0,40	0,00
21	0,70	1,00	DF	3,20	13,40	2,20	0,00	0,50	0,00	31,20	10,20	0,00
22	0,00	2,70	DF	0,90	0,00	0,00	11,00	21,80	4,70	5,80	1,30	1,80
23	0,00	3,50	DF	15,10	0,00	0,00	0,00	0,10	97,00	3,20	0,00	0,40
24	0,00	1,20	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	2,00	0,20	0,00	19,70
25	0,00	0,00	DF	9,20	9,90	3,40	0,80	0,00	6,20	0,10	0,00	2,20
26	0,00	14,40	DF	0,00	0,00	53,70	0,00	0,00	7,50	0,00	53,40	1,00
27	0,20	0,50	DF	0,00	0,00	12,00	1,40	0,00	0,00	0,80	2,80	2,00
28	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	8,40	10,00
29	2,30	0,00	DF	0,00	0,50	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00
30	1,30	0,00	DF	0,00	0,40	0,00	6,50	10,80	0,00	0,00	0,00	3,20
31	0,00	0,00	DF	10,70	0,50	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	1,40	0,00
Media	1,297	2,3968		5,5194	7,4226	3,2806	2,6581	2,4452	6,5226	3,023	3,6548	3,793548
Error típico	0,527	1,2299		2,4112	2,3446	1,7771	1,6212	0,8704	3,3773	1,327	1,7962	1,439197
Desviación estándar	2,936	6,8478		13,425	13,054	9,8946	9,0266	4,8464	18,804	7,388	10,001	8,013112
Varianza de la muestra	8,618	46,892		180,23	170,41	97,903	81,479	23,487	353,58	54,59	100,02	64,20996
Curtosis	11,77	21,252		18,608	5,0518	24,186	25,017	7,9405	19,161	10,16	21,705	6,308403
Coficiente de asimetría	3,367	4,4549		4,0485	2,234	4,7346	4,8473	2,6622	4,2277	3,232	4,4345	2,599487
Rango	13,6	36,2		70	54	53,7	49	21,8	97	31,2	53,4	32,4
Mínimo	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	13,6	36,2		70	54	53,7	49	21,8	97	31,2	53,4	32,4
Suma	40,2	74,3		171,1	230,1	101,7	82,4	75,8	202,2	93,7	113,3	117,6
Cuenta	31	31		31	31	31	31	31	31	31	31	31
Mayor (1)	13,6	36,2		70	54	53,7	49	21,8	97	31,2	53,4	32,4
Menor(1)	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	1,077	2,5118		4,9244	4,7883	3,6294	3,311	1,7777	6,8973	2,71	3,6684	2,939233

## ANEXO 4. PRECIPITACIÓN MES ABRIL PERIODO 1982 A 2002

DIA	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	1,70	0,00	0,00	0,60	2,50	18,40	3,20	41,00	36,40	1,20
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	3,50	6,10	0,00
3	15,10	0,00	0,40	0,50	2,50	30,60	0,00	1,80	5,00	0,00
4	3,20	0,00	7,90	0,00	7,00	0,00	0,00	0,70	9,30	0,80
5	1,30	0,00	2,80	0,00	2,70	0,00	0,00	61,00	1,70	0,00
6	28,50	18,70	0,00	0,10	0,20	1,80	0,30	1,50	1,80	0,00
7	3,70	25,80	0,00	24,70	12,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	13,60	0,20	0,00	0,00	0,00	1,60	0,50	0,00	0,00	0,90
9	0,00	0,80	0,00	1,40	9,30	0,00	3,20	0,50	0,00	1,20
10	0,30	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	6,00	1,90	0,10	3,30
11	52,90	10,50	0,20	0,00	0,30	0,00	16,60	0,00	0,00	0,20
12	2,10	0,00	0,00	1,60	2,50	0,00	0,90	0,00	13,00	4,00
13	0,00	12,50	0,40	0,00	2,90	0,00	27,80	0,00	0,20	2,30
14	0,00	0,40	0,00	38,90	0,80	0,00	0,00	0,00	0,40	6,00
15	0,00	0,00	3,40	13,00	0,50	0,00	0,00	0,00	1,30	6,90
16	0,00	0,20	0,00	0,00	10,80	0,00	0,10	1,40	1,50	4,30
17	21,00	5,30	0,00	21,40	0,20	4,20	0,00	0,00	5,60	0,00
18	3,70	14,30	0,00	3,50	6,30	0,00	8,90	0,00	0,00	0,00
19	2,70	0,40	0,00	0,00	0,70	0,40	0,00	12,80	0,00	0,00
20	3,00	0,00	11,70	7,60	15,30	0,20	0,00	0,00	0,80	1,20
21	13,10	4,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,50	2,20	2,70
22	0,00	0,00	3,10	25,60	35,60	0,00	3,40	19,70	2,60	13,20
23	19,40	0,00	7,90	7,20	0,60	0,00	0,00	0,00	0,80	12,80
24	0,00	0,00	1,60	1,70	1,50	11,00	0,00	0,00	0,40	0,00
25	0,00	0,00	0,00	21,70	4,50	1,40	0,00	0,00	34,20	0,30
26	1,40	0,00	4,20	0,70	0,00	0,00	0,50	2,60	0,00	1,90
27	1,70	11,60	3,50	1,30	74,30	0,00	0,30	0,10	2,50	43,20
28	3,20	7,60	0,00	0,00	3,40	1,40	0,40	0,00	5,90	0,50
29	2,50	1,50	2,20	3,40	0,50	0,00	1,50	1,10	5,20	0,70
30	3,30	0,20	0,00	1,20	11,80	27,80	1,50	13,30	12,70	0,00
Media	6,58	3,83	1,687	5,87	6,9633	3,31	2,5033	6,2133	4,99	3,5867
Error típico	2,092	1,2196	0,53	1,8532	2,6734	1,46526	1,0795	2,5273	1,6433	1,5049
Mediana	2,3	0,2	0	0,95	2,5	0	0,2	0,3	1,6	0,85
Moda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	11,46	6,6799	2,905	10,15	14,643	8,02558	5,9126	13,843	9,0007	8,2425
Varianza de la muestra	131,3	44,621	8,438	103,03	214,41	64,4099	34,959	191,62	81,0127	67,938
Curtosis	8,802	3,2524	4,549	3,0946	16,286	6,60264	12,334	8,9405	7,76009	19,461
Coefficiente de asimetría	2,761	1,9169	2,156	1,9484	3,8269	2,72678	3,3976	2,9289	2,80283	4,17
Rango	52,9	25,8	11,7	38,9	74,3	30,6	27,8	61	36,4	43,2
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	52,9	25,8	11,7	38,9	74,3	30,6	27,8	61	36,4	43,2
Suma	197,4	114,9	50,6	176,1	208,9	99,3	75,1	186,4	149,7	107,6
Cuenta	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mayor (1)	52,9	25,8	11,7	38,9	74,3	30,6	27,8	61	36,4	43,2
Menor(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	4,279	2,4943	1,085	3,7902	5,4677	2,9968	2,2078	5,1689	3,36092	3,0778

DIA	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	0,00	3,50	DF	0,00	0,00	6,10	1,50	2,50	0,00	0,00	2,20
2	2,00	8,10	DF	0,00	3,70	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	2,40
3	0,00	0,00	DF	0,00	1,80	5,70	0,50	1,00	0,00	0,00	1,40
4	8,70	48,50	DF	0,00	0,00	0,50	0,70	1,70	16,40	0,50	10,50
5	0,00	1,30	DF	0,00	0,00	22,20	0,20	0,00	0,50	0,00	31,80
6	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	2,70	0,00	0,50	0,20	0,00
7	0,10	3,20	DF	2,00	0,20	0,00	0,10	44,80	0,00	0,00	5,20
8	0,00	1,60	DF	0,80	0,00	14,60	0,00	5,80	0,00	0,00	3,00
9	0,00	7,00	DF	0,00	0,70	2,00	0,00	0,50	0,00	8,10	0,40
10	2,50	0,00	DF	0,00	1,40	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	33,50
11	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	43,80
12	0,20	9,30	DF	0,00	0,40	0,00	10,30	0,00	1,70	0,00	5,70
13	0,00	26,00	DF	23,50	0,00	1,50	6,50	0,00	0,00	0,20	0,00
14	0,00	0,50	DF	1,90	0,30	0,00	0,90	0,00	0,00	1,60	28,80
15	0,00	0,00	DF	7,40	32,50	0,00	0,00	0,00	0,00	8,40	0,40
16	0,00	0,00	DF	21,20	0,00	0,20	0,00	0,00	1,20	8,40	0,00
17	0,00	3,60	DF	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	2,30	10,80
18	6,70	5,90	DF	DF	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	5,40	1,20
19	9,00	0,00	DF	DF	4,70	0,50	6,00	0,00	9,20	0,00	4,40
20	2,10	17,50	DF	DF	0,00	3,80	15,80	10,50	0,00	0,00	2,50
21	3,90	0,00	DF	DF	12,50	1,00	0,50	0,00	3,40	0,00	1,90
22	0,50	0,00	DF	DF	0,10	42,50	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00
23	0,50	0,00	DF	DF	5,50	1,20	7,50	0,00	8,80	0,00	2,20
24	0,00	3,40	DF	3,20	4,40	0,00	0,00	3,40	0,00	0,00	0,00
25	0,00	19,20	DF	4,50	25,30	62,00	0,00	3,30	0,00	0,00	0,00
26	9,80	0,00	DF	0,00	1,00	0,00	0,00	2,40	0,00	0,00	0,00
27	2,20	0,00	DF	0,00	9,80	0,00	0,00	1,50	0,00	5,90	5,80
28	1,80	12,00	DF	0,00	1,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	14,80
29	0,00	0,50	DF	30,20	1,40	0,00	0,00	7,50	0,00	0,00	0,00
30	0,00	14,00	DF	0,10	0,00	0,00	6,30	0,40	0,00	0,00	0,90
Media	1,6667	6,17			3,5567	5,50667	2,02667	2,96667	1,42	1,36667	7,12
Error típico	0,539	1,9145			1,3832	2,52388	0,69413	1,51347	0,6676	0,50611	2,132892
Mediana		1,45			0,35	0,1	0,15	0,2	0	0	2,2
Moda	0	0			0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	2,9524	10,486			7,576	13,8239	3,8019	8,2896	3,65659	2,77207	11,68233
Varianza de la muestra	8,7168	109,96			57,396	191,099	14,4544	68,7175	13,3706	7,68437	136,4768
Curtosis	2,5359	8,7189			8,713	10,7877	5,36063	24,2193	10,2085	2,20234	3,31696
Coefficiente de asimetría	1,9173	2,7093			2,9506	3,25959	2,30375	4,75459	3,15899	1,918	2,054399
Rango	9,8	48,5			32,5	62	15,8	44,8	16,4	8,4	43,8
Mínimo	0	0			0	0	0	0	0	0	0
Máximo	9,8	48,5			32,5	62	15,8	44,8	16,4	8,4	43,8
Suma	50	185,1			106,7	165,2	60,8	89	42,6	41	213,6
Cuenta	30	30			30	30	30	30	30	30	30
Mayor (1)	9,8	48,5			32,5	62	15,8	44,8	16,4	8,4	43,8
Menor(1)	0	0			0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	1,1025	3,9155			2,8289	5,16192	1,41965	3,09539	1,36539	1,03511	4,362254

## ANEXO 5. PRECIPITACIÓN MES MAYO PERIODO 1982 A 2002

DIA	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	0,90	1,20	0,00	5,60	0,00	0,00	0,00	3,00	1,50	5,20
2	0,20	1,10	0,00	0,30	0,00	0,00	5,40	7,00	0,00	0,00
3	4,80	1,90	0,00	1,80	8,70	0,00	0,20	0,00	0,70	1,80
4	0,30	14,10	0,00	2,90	0,00	4,60	0,00	3,30	9,60	37,30
5	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80	4,50	23,20	1,70	0,00
6	4,20	0,00	0,00	0,90	0,00	43,50	0,00	1,30	0,10	0,00
7	11,30	0,70	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	30,20	7,60	0,00
8	0,40	0,00	0,00	4,30	13,10	0,80	2,20	1,00	23,50	0,00
9	0,00	1,80	8,90	4,60	0,30	0,00	0,30	0,00	0,00	0,50
10	0,20	0,00	2,50	3,20	1,90	0,30	0,00	4,20	0,00	1,70
11	0,00	27,20	27,20	0,00	0,00	0,00	31,80	0,00	0,00	5,40
12	0,00	1,10	0,00	0,20	29,00	0,20	2,50	20,60	0,00	6,00
13	0,00	2,60	65,60	0,00	0,00	2,70	18,80	1,30	6,90	0,00
14	0,00	5,80	38,80	18,30	1,20	6,20	0,60	1,00	3,90	0,00
15	10,90	0,00	18,90	0,00	0,00	71,00	1,00	0,00	1,20	5,30
16	0,00	2,60	0,50	0,90	0,00	1,70	0,00	0,00	0,00	14,10
17	0,10	0,00	0,00	6,40	4,10	0,70	3,90	0,00	0,00	1,00
18	0,00	8,00	0,00	0,20	0,00	0,30	0,30	0,00	1,20	0,00
19	0,60	0,00	0,00	0,00	1,20	0,50	0,30	0,00	0,30	35,20
20	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00
21	1,90	6,00	0,00	0,10	0,00	2,40	0,00	0,00	0,20	14,70
22	4,30	0,00	0,00	0,10	0,50	6,20	0,00	7,10	0,00	0,60
23	1,50	0,70	0,30	2,20	0,00	13,00	1,80	4,60	5,10	0,20
24	6,40	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	34,60	6,60	0,00
25	2,10	0,70	2,30	0,00	18,70	1,00	1,20	8,70	1,80	0,00
26	0,30	0,70	0,00	0,80	9,70	20,50	0,00	6,50	4,00	0,00
27	0,00	0,00	2,10	0,00	11,40	0,20	37,20	6,10	24,20	0,00
28	3,70	16,20	7,30	0,00	12,20	0,00	0,00	0,00	4,90	0,00
29	12,70	3,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,20	1,80	8,40	19,40
30	0,90	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	1,00	0,00	0,40
31	10,60	0,00	1,60	5,40	33,30	3,70	20,60	0,00	0,00	1,30
Media	2,63226	3,0774	5,7065	1,8903	4,7097	5,903	4,284	5,371	3,658	4,842
Error típico	0,68948	1,0758	2,5503	0,6513	1,5576	2,66	1,699	1,64	1,101	1,743
Desviación estándar	3,83887	5,9898	14,199	3,6263	8,6723	14,81	9,462	9,129	6,131	9,703
Varianza de la muestra	14,7369	35,878	201,62	13,15	75,21	219,4	89,54	83,35	37,59	94,16
Curtosis	1,45956	8,8572	11,034	13,997	4,4123	13,62	6,167	4,159	6,409	6,003
Coficiente de asimetría	1,60721	2,8754	3,2288	3,3845	2,1816	3,606	2,625	2,211	2,501	2,532
Rango	12,7	27,2	65,6	18,3	33,3	71	37,2	34,6	24,2	37,3
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	12,7	27,2	65,6	18,3	33,3	71	37,2	34,6	24,2	37,3
Suma	81,6	95,4	176,9	58,6	146	183	132,8	166,5	113,4	150,1
Cuenta	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Mayor (1)	12,7	27,2	65,6	18,3	33,3	71	37,2	34,6	24,2	37,3
Menor(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	1,40811	2,1971	5,2083	1,3301	3,181	5,433	3,471	3,349	2,249	3,559

DIA	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	0,10	3,50	DF	0,00	4,00	0,00	1,80	1,40	0,00	0,00	0,00
2	0,00	8,10	DF	0,00	0,60	0,00	0,00	9,80	0,00	0,30	0,00
3	28,70	0,00	DF	0,00	1,00	0,00	60,40	0,00	0,80	0,50	9,70
4	0,00	48,50	DF	0,00	8,40	0,00	15,00	39,70	19,80	0,00	0,00
5	18,90	1,30	DF	4,00	0,50	53,50	2,50	0,00	0,00	11,90	0,00
6	14,20	0,00	DF	12,80	2,00	0,00	0,00	0,00	2,30	0,00	0,00
7	0,00	3,20	DF	0,00	1,50	0,00	26,00	4,40	15,40	98,50	0,50
8	0,00	1,60	DF	0,00	3,50	3,20	0,00	0,90	0,00	15,40	0,00
9	3,60	7,00	DF	0,00	0,00	0,80	25,00	43,40	0,00	1,90	2,90
10	0,00	0,00	DF	0,20	0,00	0,00	0,00	0,50	0,80	0,00	0,00
11	1,20	0,00	DF	0,10	0,10	0,40	5,00	9,50	0,00	0,00	0,00
12	0,00	9,30	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	11,40	0,00	0,00	0,00
13	1,50	26,00	DF	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	1,30	0,50	DF	0,00	0,00	0,00	2,40	1,50	0,80	0,00	0,00
15	14,20	0,00	DF	2,90	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	22,80	3,40
16	0,00	0,00	DF	29,50	8,50	5,30	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
17	0,00	3,60	DF	0,00	2,50	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	22,80
18	0,00	5,70	DF	0,60	0,00	0,00	3,60	0,90	0,00	0,00	0,50
19	7,80	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,30	0,40	0,00	0,00	0,00
20	2,20	17,50	DF	0,00	0,40	0,00	5,90	7,10	14,00	0,00	0,00
21	15,90	0,00	DF	0,00	0,00	14,40	0,30	0,00	0,40	36,80	0,00
22	0,00	0,00	DF	0,00	0,20	0,70	7,90	0,40	0,00	16,80	9,40
23	2,50	0,00	DF	1,50	3,00	0,00	3,90	0,00	0,00	0,00	0,70
24	0,80	3,40	DF	1,80	4,50	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	16,50
25	0,00	19,20	DF	0,70	7,70	4,50	11,70	0,00	19,80	0,00	4,80
26	0,00	0,00	DF	6,50	0,00	20,70	16,80	0,00	0,00	81,70	22,00
27	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	36,50	0,00	14,20	0,00	0,50
28	5,40	12,00	DF	12,50	9,80	5,00	3,40	0,00	0,00	0,00	21,20
29	0,00	0,50	DF	19,50	2,20	0,00	0,00	9,80	0,00	0,00	0,40
30	0,20	28,70	DF	0,00	0,90	0,00	0,00	1,80	0,00	0,70	0,90
31	0,00	14,00	DF	2,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,90	1,40	0,70
Media	3,8226	6,8903		3,1387	2,0194	3,5	7,4065	4,6258	2,9161	9,3129	3,771
Error típico	1,2718	1,9893		1,2045	0,5194	1,8559	2,4104	1,8804	1,1192	4,17751	1,2754
Desviación estándar	7,0808	11,076		6,7065	2,8919	10,333	13,421	10,469	6,2313	23,2594	7,1013
Varianza de la muestra	50,138	122,68		44,978	8,3629	106,77	180,11	109,61	38,829	541	50,429
Curtosis	4,5026	5,9525		8,207	1,5736	19,375	7,8158	9,5083	2,6066	9,40646	2,5367
Coefficiente de asimetría	2,195	2,3082		2,82	1,6153	4,2121	2,6569	3,1142	2,0383	3,09874	1,9565
Rango	28,7	48,5		29,5	9,8	53,5	60,4	43,4	19,8	98,5	22,8
Mínimo	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	28,7	48,5		29,5	9,8	53,5	60,4	43,4	19,8	98,5	22,8
Suma	118,5	213,6		97,3	62,6	108,5	229,6	143,4	90,4	288,7	116,9
Cuenta	31	31		31	31	31	31	31	31	31	31
Mayor (1)	28,7	48,5		29,5	9,8	53,5	60,4	43,4	19,8	98,5	22,8
Menor(1)	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	2,5973	4,0628		2,46	1,0607	3,7902	4,9227	3,8402	2,2857	8,53162	2,6048

**ANEXO 6. PRECIPITACIÓN MES JUNIO PERIODO 1982 A 2002**

DIAS	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	0,20	0,00	0,00	5,60	6,90	0,00	3,60	3,40	0,00	3,00
2	0,40	0,00	0,90	9,40	0,30	0,60	0,70	0,20	0,00	0,00
3	0,00	0,40	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00
4	13,80	0,70	8,40	0,00	0,70	8,30	7,20	47,10	0,00	0,00
5	4,60	1,20	6,00	43,90	0,80	3,20	0,00	0,20	0,00	0,50
6	5,20	0,20	0,00	1,40	0,00	17,80	0,00	33,40	0,00	2,50
7	0,00	4,00	5,00	1,50	1,00	2,40	0,00	0,00	1,00	0,00
8	0,00	0,50	12,50	12,40	0,00	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00
9	9,20	0,00	0,00	4,40	0,00	0,00	0,60	0,00	31,10	0,00
10	1,60	6,20	0,00	8,50	0,40	1,80	4,10	5,30	0,30	3,10
11	0,00	10,90	2,50	3,70	0,00	0,00	34,70	0,10	4,40	0,00
12	0,40	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	6,00	0,90	0,00	9,20
13	1,60	0,30	0,40	2,60	0,00	0,00	13,80	10,80	4,50	23,60
14	0,00	8,00	0,00	0,00	0,00	1,60	2,50	0,00	0,00	0,50
15	0,00	8,10	1,60	1,10	0,20	0,00	1,20	0,00	6,70	0,00
16	0,80	1,10	2,50	3,30	0,40	0,00	8,20	0,00	0,00	0,40
17	3,40	0,00	1,40	0,00	3,10	1,20	13,20	0,00	0,70	2,70
18	2,10	0,00	2,70	1,20	37,50	0,00	6,80	0,10	0,80	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	2,90	9,40	0,50	0,00	1,20
20	0,00	3,30	0,00	0,00	0,00	0,60	4,30	0,50	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	1,60	11,00	2,00	0,00	1,30	0,10	1,80
22	0,00	0,00	0,00	5,10	2,40	6,20	0,00	6,10	0,00	0,80
23	0,20	0,00	1,20	0,00	3,50	2,90	5,10	3,50	0,80	0,00
24	0,00	0,10	0,00	0,00	1,20	4,80	7,50	3,50	0,00	2,00
25	12,80	0,00	0,20	0,00	0,00	0,20	6,00	7,30	0,30	3,00
26	0,00	0,00	0,00	0,20	2,10	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	2,20	0,50	2,30	2,30	1,50	0,00	0,30	0,00
28	0,00	23,30	21,60	0,00	3,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,20
29	0,00	15,40	2,40	0,00	0,00	0,00	2,70	0,00	0,00	4,30
30	4,30	1,90	0,00	0,00	0,00	0,20	3,20	0,00	3,30	0,00
Media	2,02	2,85333	2,38333	3,6067	2,59333	2,00333	4,8033	4,14667	1,81	1,96
Error típico	0,68256	0,99242	0,84508	1,5057	1,27938	0,6593	1,252	1,88538	1,0545	0,8277
Mediana	0,1	0,25	0,3	1,15	0,4	0,6	2,95	0,2	0	0,3
Moda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	3,73856	5,43569	4,6287	8,247	7,00743	3,61114	6,8575	10,3267	5,7756	4,5334
Varianza de la muestra	13,9768	29,5467	21,4249	68,012	49,1041	13,0403	47,025	106,64	33,357	20,552
Curtosis	4,45459	6,69437	10,4199	20,928	22,8878	12,7367	12,322	12,1193	24,754	18,989
Coefficiente de asimetría	2,24505	2,52059	3,05519	4,3292	4,60954	3,27592	3,1006	3,4653	4,8258	4,1269
Rango	13,8	23,3	21,6	43,9	37,5	17,8	34,7	47,1	31,1	23,6
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	13,8	23,3	21,6	43,9	37,5	17,8	34,7	47,1	31,1	23,6
Suma	60,6	85,6	71,5	108,2	77,8	60,1	144,1	124,4	54,3	58,8
Cuenta	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mayor (1)	13,8	23,3	21,6	43,9	37,5	17,8	34,7	47,1	31,1	23,6
Menor(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	1,396	2,02972	1,72839	3,0795	2,61662	1,34842	2,5606	3,85604	2,1566	1,6928

DIAS	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	0,00	0,00	DF	1,60	1,20	0,30	8,70	1,40	0,00	4,40	0,20
2	0,00	0,00	DF	1,70	1,00	0,00	2,20	0,00	0,00	12,80	0,00
3	3,90	0,00	DF	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,20
4	4,20	0,00	DF	11,50	2,90	4,20	10,80	0,00	0,00	0,00	15,20
5	0,00	0,00	DF	8,80	0,00	7,20	9,10	1,30	33,10	0,00	3,10
6	0,00	22,70	DF	0,00	0,00	0,00	4,40	0,90	4,70	0,00	3,90
7	1,20	0,00	DF	0,90	1,00	2,00	0,40	0,00	0,00	56,80	0,50
8	5,90	0,00	DF	2,80	0,40	0,00	2,00	0,40	0,00	0,00	3,60
9	15,20	0,00	DF	4,90	0,00	0,00	0,00	2,80	17,80	0,00	0,00
10	0,50	9,00	DF	0,00	4,50	0,00	0,00	0,00	0,00	26,00	11,80
11	4,40	0,00	DF	0,00	7,50	0,00	0,00	13,10	0,00	0,00	2,70
12	1,80	0,00	DF	25,00	8,20	0,00	2,10	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	4,90	DF	1,70	0,00	11,50	0,00	0,00	3,50	2,90	0,00
14	0,00	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	5,70	0,70	0,00	0,00	0,40
15	0,00	0,50	DF	1,90	17,60	0,00	10,50	7,20	0,00	0,00	39,80
16	0,00	DF	DF	2,00	4,60	0,00	4,90	0,80	0,20	0,00	10,20
17	4,50	DF	DF	0,00	1,50	0,00	0,00	4,80	0,60	0,00	2,80
18	3,50	DF	DF	0,30	2,10	0,00	0,00	0,70	0,00	0,40	4,80
19	15,40	DF	DF	10,40	15,50	2,60	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
20	3,00	DF	DF	0,70	43,80	0,00	0,30	0,00	0,00	0,50	2,40
21	0,00	DF	DF	0,40	9,30	1,30	12,20	0,30	4,40	2,00	0,00
22	0,00	DF	DF	0,00	0,00	0,00	1,50	0,00	5,40	0,00	1,40
23	0,00	DF	DF	8,50	2,40	0,00	0,00	0,00	9,40	0,00	0,00
24	0,00	DF	DF	0,00	0,10	0,00	0,00	11,20	3,60	0,00	2,40
25	1,90	DF	DF	0,00	17,10	1,50	2,70	0,00	0,00	1,40	6,10
26	0,00	DF	DF	0,00	9,60	6,40	0,30	2,50	0,00	0,00	0,70
27	4,60	DF	DF	6,20	3,10	0,00	1,80	8,70	0,00	1,40	0,00
28	0,80	DF	DF	0,00	30,30	0,00	7,40	1,70	0,00	6,20	0,00
29	0,00	DF	DF	0,00	0,70	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	0,90	DF	DF	0,00	0,00	4,00	7,60	0,70	0,00	7,40	0,00
Media	2,39			2,97667	6,17	1,3667	3,1867	1,99	2,7567	4,07333	3,97333
Error típico	0,7244			0,98089	1,8306	0,4999	0,7155	0,6369	1,2544	2,06159	1,424
Mediana	0,65			0,55	1,8	0	1,65	0,6	0	0	1,05
Moda	0			0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	3,9676			5,37258	10,0266	2,7383	3,9187	3,4882	6,8709	11,2918	7,79955
Varianza de la muestra	15,742			28,8646	100,533	7,4982	15,356	12,168	47,209	127,504	60,8331
Curtosis	6,2985			9,23528	6,73943	6,1164	-0,283	3,9621	13,834	17,4622	15,8305
Coefficiente de asimetría	2,4724			2,7893	2,49037	2,4426	1,0481	2,1781	3,5561	4,01543	3,68074
Rango	15,4			25	43,8	11,5	12,2	13,1	33,1	56,8	39,8
Mínimo	0			0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	15,4			25	43,8	11,5	12,2	13,1	33,1	56,8	39,8
Suma	71,7			89,3	185,1	41	95,6	59,7	82,7	122,2	119,2
Cuenta	30			30	30	30	30	30	30	30	30
Mayor (1)	15,4			25	43,8	11,5	12,2	13,1	33,1	56,8	39,8
Menor(1)	0			0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	1,4815			2,00615	3,744	1,0225	1,4633	1,3025	2,5656	4,21642	2,9124

**ANEXO 7. PRECIPITACIÓN MES JULIO PERIODO 1982 A 2002**

DIAS	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	9,90	0,00	19,50	0,00	0,00	0,00	0,90	0,70	0,40	8,50
2	1,40	57,80	0,00	0,30	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	1,40	0,00	0,00	0,50
4	5,40	4,50	0,70	1,40	0,00	0,00	1,70	8,40	3,60	7,40
5	4,10	0,20	2,20	0,00	0,50	2,90	0,70	0,70	0,90	0,00
6	0,00	3,10	0,00	0,00	4,10	1,30	5,20	0,70	3,20	0,00
7	0,30	0,00	0,00	49,20	6,00	17,90	1,10	4,40	0,00	0,00
8	0,00	0,00	2,80	4,20	0,00	2,20	0,00	0,00	0,00	1,40
9	3,20	4,90	0,40	0,00	1,30	0,00	3,30	0,40	3,50	0,00
10	0,20	1,30	0,00	0,00	1,50	0,30	1,50	0,00	0,00	0,70
11	0,00	0,00	0,00	2,50	31,00	7,20	0,40	0,50	1,50	0,00
12	1,70	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	4,60	0,80	3,30	0,00
13	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	6,40
14	0,00	15,70	0,80	3,80	0,00	0,00	1,50	0,00	7,90	0,00
15	1,10	2,90	23,60	2,60	0,00	0,70	0,10	0,00	38,00	2,40
16	0,00	2,80	0,30	0,00	2,10	6,30	0,00	2,70	1,80	0,30
17	0,00	0,00	0,00	45,70	1,20	0,80	0,00	0,40	1,20	33,40
18	12,50	0,00	0,00	1,70	0,00	0,70	1,00	1,00	0,00	26,20
19	6,00	11,70	10,50	0,80	0,00	5,10	42,60	0,10	1,00	0,00
20	0,00	0,00	2,40	1,60	0,00	0,00	0,50	25,20	0,00	0,00
21	0,00	0,00	2,20	0,20	0,00	7,90	0,10	10,20	0,20	0,00
22	1,30	65,50	0,00	0,40	1,50	0,00	0,00	2,70	0,00	0,00
23	0,80	15,50	0,00	9,50	0,00	18,40	5,30	0,00	2,20	0,00
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,70	3,50
25	33,40	0,00	0,00	13,40	0,00	0,00	3,40	1,20	0,00	1,20
26	3,50	0,50	3,50	2,70	1,00	39,80	0,30	0,00	0,40	0,00
27	0,20	1,10	0,00	0,00	6,60	7,00	19,80	0,00	8,70	3,30
28	0,00	10,10	7,50	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00
29	2,60	0,00	5,90	0,00	0,00	0,00	4,50	0,00	1,40	2,40
30	0,70	1,40	3,80	0,00	5,50	2,00	0,70	0,00	0,80	4,60
31	DF	12,00	0,30	0,30	14,90	9,50	0,50	0,00	0,50	3,20
Media	3,07	6,8161	2,7871	4,52903	2,513	4,235	3,3032	1,9387	2,6581	3,4
Error típico	1,1832	2,77	1,0102	2,1261	1,101	1,477	1,4674	0,8873	1,2392	1,3448
Mediana	0,75	0,5	0,3	0,3	0	0,7	0,7	0,1	0,8	0,3
Moda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	6,4806	15,423	5,6248	11,8376	6,131	8,223	8,1701	4,9403	6,8996	7,4875
Varianza de la muestra	41,998	237,86	31,638	140,129	37,59	67,61	66,75	24,406	47,605	56,063
Curtosis	17,288	10,11	7,6932	10,9213	16,37	11,65	19,161	17,147	24,759	10,713
Coefficiente de asimetría	3,8929	3,2114	2,7816	3,39392	3,845	3,165	4,2262	3,9309	4,7994	3,259
Rango	33,4	65,5	23,6	49,2	31	39,8	42,6	25,2	38	33,4
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	33,4	65,5	23,6	49,2	31	39,8	42,6	25,2	38	33,4
Suma	92,1	211,3	86,4	140,4	77,9	131,3	102,4	60,1	82,4	105,4
Cuenta	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Mayor (1)	33,4	65,5	23,6	49,2	31	39,8	42,6	25,2	38	33,4
Menor(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	2,4199	5,6571	2,0632	4,34208	2,249	3,016	2,9968	1,8121	2,5308	2,7465

DIAS	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	0,00	DF	0,20	0,00	14,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	2,50	DF	11,30	0,00	0,50	1,70	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
3	6,00	DF	1,20	17,40	0,00	0,00	10,50	11,50	0,00	0,00	0,00
4	0,40	DF	0,50	4,40	9,20	0,00	6,50	0,00	4,40	0,00	11,90
5	1,00	DF	5,40	19,70	0,10	0,10	7,40	3,90	0,00	7,50	35,80
6	2,00	DF	0,00	1,50	10,80	0,00	6,80	5,80	4,50	0,00	0,90
7	10,90	DF	2,00	0,00	3,00	0,00	0,00	1,90	0,00	0,00	0,00
8	5,40	DF	0,00	0,70	0,00	0,00	2,30	1,00	0,00	12,50	0,00
9	2,20	DF	1,20	7,40	0,20	0,50	1,00	9,80	0,00	1,40	0,00
10	10,10	DF	0,30	0,30	2,80	1,70	0,00	0,90	0,00	3,50	1,00
11	0,00	DF	0,00	0,00	6,10	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	2,20
12	0,00	DF	5,20	35,50	3,30	1,50	0,00	9,80	1,60	0,00	0,00
13	0,00	DF	2,30	0,00	5,00	0,00	2,10	27,50	0,00	0,60	1,70
14	4,70	DF	1,40	0,00	9,70	5,40	8,20	0,00	4,40	6,20	0,00
15	0,00	DF	0,50	12,70	1,80	0,20	31,10	0,30	44,70	4,70	0,20
16	0,50	DF	7,50	0,90	12,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	4,90
17	0,00	DF	5,80	0,50	1,50	27,50	0,40	1,70	0,00	0,00	0,00
18	0,00	DF	0,00	4,50	0,20	0,40	17,20	0,00	0,00	0,00	6,90
19	0,30	DF	0,10	0,00	6,70	1,20	0,90	0,00	0,00	12,40	0,00
20	27,80	DF	0,00	0,80	7,70	19,70	0,30	3,20	7,50	0,00	2,70
21	1,70	DF	0,00	3,20	13,50	4,40	0,00	0,70	2,70	0,70	0,00
22	21,00	DF	0,90	0,70	0,20	0,00	0,50	0,00	0,00	0,40	0,00
23	0,50	DF	4,40	6,00	3,90	0,00	0,20	3,40	0,00	0,00	0,00
24	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,20	0,30	0,30
25	7,10	DF	7,30	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
26	2,60	DF	0,00	6,80	12,20	0,00	0,00	3,50	4,50	6,90	0,00
27	18,10	DF	0,00	5,80	1,50	15,40	3,40	0,30	0,00	1,10	5,90
28	8,60	DF	4,10	0,00	1,60	1,10	8,70	12,20	4,00	0,00	0,00
29	2,20	DF	36,00	0,30	0,00	0,40	0,00	14,50	5,90	0,00	0,00
30	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	7,10	58,80	1,40	0,00	2,40	0,00
31	10,00	DF	1,40	0,00	0,90	1,00	0,00	19,00	0,00	0,30	0,00
Media	4,697		3,1935	4,18065	4,158	2,88065	5,3806	4,2935	3,4	1,97097	2,4
Error típico	1,236		1,2096	1,38984	0,846	1,1526	2,136	1,193	1,55366	0,63617	1,2129
Mediana	2		0,9	0,7	1,8	0,2	0,5	1	0	0,2	0
Moda	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	6,883		6,7345	7,73828	4,71	6,41739	11,893	6,6425	8,65043	3,54205	6,753
Varianza de la muestra	47,38		45,354	59,8809	22,19	41,1829	141,44	44,123	74,83	12,5461	45,603
Curtosis	3,884		19,736	8,72367	-0,509	8,04499	14,211	4,2204	18,4338	3,47643	21,229
Coefficiente de asimetría	2		4,1463	2,78754	0,936	2,87101	3,5706	2,0433	4,10147	2,04534	4,3943
Rango	27,8		36	35,5	14,5	27,5	58,8	27,5	44,7	12,5	35,8
Mínimo	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	27,8		36	35,5	14,5	27,5	58,8	27,5	44,7	12,5	35,8
Suma	145,6		99	129,6	128,9	89,3	166,8	133,1	105,4	61,1	74,4
Cuenta	31		31	31	31	31	31	31	31	31	31
Mayor (1)	27,8		36	35,5	14,5	27,5	58,8	27,5	44,7	12,5	35,8
Menor(1)	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	2,525		2,4702	2,83842	1,728	2,35392	4,3624	2,4365	3,173	1,29923	2,477

## ANEXO 8. PRECIPITACION MES AGOSTO PERIODO 1982 A 2002

DIA	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	0,30	38,50	1,80	0,00	0,80	0,90	0,00	0,00	0,00	7,40
2	0,90	0,30	0,00	1,20	2,40	0,40	47,50	4,80	4,20	0,00
3	0,00	0,90	0,00	0,80	0,00	6,20	15,20	0,00	0,80	2,20
4	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	1,20	0,00	0,50	0,00
5	0,00	8,60	0,00	0,00	0,80	0,40	0,60	1,30	0,00	0,50
6	6,60	21,90	0,00	1,00	4,80	0,00	3,50	6,60	2,60	0,00
7	0,10	1,30	0,00	0,30	7,00	0,00	4,20	0,00	7,20	0,00
8	0,00	2,10	0,00	0,10	2,40	0,20	1,20	0,30	6,20	0,70
9	0,00	0,00	9,90	5,40	0,70	0,00	3,20	0,90	3,60	0,70
10	0,00	0,60	1,70	2,80	15,30	0,00	3,70	0,00	1,80	0,00
11	0,00	0,00	0,40	5,60	23,50	4,70	1,20	5,00	0,50	0,00
12	2,50	0,00	0,00	0,00	0,20	2,40	1,90	0,00	2,10	1,20
13	0,40	0,60	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,90	2,00	0,60
14	5,70	1,90	6,70	0,00	0,00	2,00	0,60	0,00	0,00	1,00
15	0,60	0,80	0,00	3,90	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
16	3,20	0,00	0,80	0,00	2,40	0,00	3,80	25,40	8,80	0,00
17	0,20	29,80	10,90	1,90	0,40	3,50	13,80	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,80	1,90	4,40	0,00	3,50	0,30	0,00	0,00	13,20
19	0,60	1,30	0,00	6,40	0,00	0,00	3,30	0,00	1,30	2,40
20	39,20	18,20	0,00	1,00	2,40	0,50	1,60	0,00	1,20	21,00
21	0,80	2,80	0,40	5,20	24,20	0,00	15,80	0,10	0,10	5,30
22	0,70	0,00	1,30	0,90	0,00	2,20	4,40	3,20	0,00	5,60
23	0,00	0,00	0,80	4,50	0,00	0,10	1,30	0,00	2,90	0,00
24	15,20	0,90	0,00	1,90	0,00	1,30	0,00	0,10	0,60	24,50
25	0,00	2,50	2,10	1,20	0,00	1,20	2,40	0,00	0,00	0,00
26	0,20	0,00	0,00	0,60	1,40	0,00	1,20	0,00	18,80	0,00
27	5,70	0,00	18,40	3,20	0,00	5,30	4,70	46,20	4,70	0,70
28	1,20	10,20	7,20	0,00	1,90	0,20	1,30	0,00	11,30	2,30
29	0,00	1,80	4,80	1,90	5,40	0,00	2,70	0,00	23,60	0,00
30	0,80	0,00	2,90	2,40	1,00	2,90	49,90	8,50	0,00	0,50
31	0,60	0,00	5,90	0,20	17,30	1,60	0,30	7,60	0,00	1,60
Media	2,758	4,703	2,513	1,842	3,687	1,281	6,155	3,577	3,477	2,948
Error típico	1,337	1,706	0,762	0,359	1,219	0,315	2,173	1,678	0,997	1,079
Mediana	0,4	0,8	0,4	1	0,8	0,4	1,9	0	1,3	0,6
Moda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	7,444	9,497	4,243	1,998	6,789	1,756	12,1	9,342	5,55	6,01
Varianza de la muestra	55,41	90,19	18	3,992	46,09	3,083	146,4	87,27	30,8	36,11
Curtosis	20,4	5,84	5,873	-0,392	4,087	1,296	9,244	15,56	6,36	7,123
de asimetría	4,324	2,513	2,321	0,948	2,248	1,463	3,091	3,806	2,481	2,736
Rango	39,2	38,5	18,4	6,4	24,2	6,2	49,9	46,2	23,6	24,5
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	39,2	38,5	18,4	6,4	24,2	6,2	49,9	46,2	23,6	24,5
Suma	85,5	145,8	77,9	57,1	114,3	39,7	190,8	110,9	107,8	91,4
Cuenta	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Mayor (1)	39,2	38,5	18,4	6,4	24,2	6,2	49,9	46,2	23,6	24,5
Menor(1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	2,73	3,484	1,556	0,733	2,49	0,644	4,439	3,427	2,036	2,204

DIA	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	6,40	DF	1,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	2,20
2	5,00	DF	0,00	1,20	0,00	2,70	0,00	3,40	0,00	1,80	0,00
3	0,00	DF	0,00	1,30	5,00	0,00	0,00	3,50	0,50	0,80	0,20
4	4,00	DF	0,00	0,00	2,30	0,00	0,00	1,00	0,00	4,90	1,40
5	0,80	DF	0,00	1,00	6,70	1,30	1,60	0,00	2,20	0,00	0,00
6	2,40	DF	0,50	0,00	1,00	2,80	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00
7	1,40	DF	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00
8	3,00	DF	0,00	0,10	12,50	0,10	0,00	3,40	0,00	3,30	3,80
9	0,00	DF	0,00	2,30	0,00	5,80	0,00	0,00	1,70	2,20	0,00
10	3,00	DF	1,60	3,70	2,00	0,00	0,80	0,00	0,00	1,90	0,00
11	0,00	DF	0,00	2,00	7,00	0,00	0,00	1,40	0,00	1,50	2,00
12	6,40	DF	0,00	0,50	0,00	0,90	3,90	4,70	0,00	0,00	0,00
13	0,00	DF	0,00	7,50	0,00	0,00	0,00	16,80	1,40	9,30	7,20
14	0,00	DF	2,00	1,00	0,00	0,00	5,80	1,40	2,00	0,00	2,40
15	0,00	DF	2,30	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40	20,80	0,80
16	0,00	DF	0,00	0,50	5,90	6,60	1,80	0,90	0,00	0,00	0,60
17	0,10	DF	0,00	2,00	2,00	0,50	0,00	7,40	1,10	0,00	0,00
18	0,00	DF	0,00	11,90	3,40	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00
19	0,00	DF	0,30	3,20	1,70	0,00	0,00	0,00	0,00	2,20	0,00
20	0,00	DF	2,20	6,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,70
21	0,00	DF	9,10	0,90	0,00	0,40	0,00	14,70	0,00	2,20	0,00
22	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	2,50	0,70	0,40	7,00	1,40	5,80
23	17,40	DF	0,10	3,40	0,00	0,20	0,20	3,00	15,40	0,00	0,20
24	0,00	DF	9,50	7,50	1,00	0,00	0,80	24,80	19,00	0,00	0,00
25	0,70	DF	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	2,80	0,90	1,40	0,80
26	0,00	DF	0,00	9,90	2,70	0,70	0,80	0,00	0,00	2,80	0,80
27	0,00	DF	18,50	4,90	13,20	1,90	0,40	0,70	1,00	0,00	0,70
28	1,70	DF	0,50	2,50	0,20	0,00	0,00	3,00	0,00	0,00	0,00
29	2,20	DF	0,00	2,70	0,30	0,00	0,00	1,00	0,00	7,40	0,00
30	1,50	DF	8,90	0,00	0,70	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	0,00
31	0,00	DF	2,70	1,00	0,50	0,20	6,50	0,60	0,00	0,00	0,00
Media	1,806		1,968	2,548	2,206	0,858	0,942	3,071	1,794	2,352	1,019
Error típico	0,623		0,735	0,556	0,632	0,298	0,299	1,02	0,787	0,752	0,314
Mediana	0		0,1	1,3	0,5	0	0	0,9	0	1,4	0,2
Moda	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	3,471		4,091	3,094	3,518	1,662	1,665	5,677	4,382	4,189	1,747
Varianza de la muestra	12,05		16,73	9,572	12,38	2,762	2,773	32,23	19,2	17,55	3,054
Curtosis	13,61		8,757	2,186	3,951	5,898	5,207	7,586	10,25	12,52	5,698
de asimetría	3,35		2,866	1,633	2,072	2,464	2,351	2,742	3,238	3,235	2,377
Rango	17,4		18,5	11,9	13,2	6,6	6,5	24,8	19	20,8	7,2
Mínimo	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	17,4		18,5	11,9	13,2	6,6	6,5	24,8	19	20,8	7,2
Suma	56		61	79	68,4	26,6	29,2	95,2	55,6	72,9	31,6
Cuenta	31		31	31	31	31	31	31	31	31	31
Mayor (1)	17,4		18,5	11,9	13,2	6,6	6,5	24,8	19	20,8	7,2
Menor(1)	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	1,273		1,5	1,135	1,29	0,61	0,611	2,082	1,607	1,536	0,641

## ANEXO 9. PRECIPITACIONES MES SEPTIEMBRE PERIODO 1982 A 2002

DIA	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	0,00	0,00	3,90	0,00	48,50	1,20	2,50	0,00	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,30	0,00	6,70	11,80	16,20	0,00	0,20	0,70
3	1,40	0,00	0,00	1,30	0,00	4,20	3,70	3,20	0,00	2,50
4	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,80
5	12,00	0,00	0,50	9,60	0,60	1,00	2,50	33,20	7,10	3,80
6	0,90	4,10	1,50	2,10	0,00	4,10	2,00	14,20	0,00	0,00
7	0,70	0,00	3,10	0,40	0,00	1,10	1,40	0,10	0,20	0,00
8	0,30	2,00	9,10	9,90	1,20	50,00	16,40	0,00	0,50	0,00
9	4,10	0,50	0,70	0,00	5,80	0,00	54,20	41,70	1,60	5,30
10	0,20	2,80	13,00	0,00	2,50	0,00	8,80	1,50	1,20	0,00
11	1,30	0,00	1,00	2,30	11,00	0,00	0,00	5,10	0,00	0,00
12	1,90	0,40	9,00	0,80	0,30	1,00	7,40	2,40	0,00	0,00
13	0,20	0,00	1,30	27,40	4,00	3,20	2,50	7,90	0,70	0,00
14	0,00	3,90	46,20	5,40	0,80	0,50	0,00	0,30	4,00	0,00
15	27,20	0,00	0,70	0,00	0,00	23,30	0,00	1,30	0,00	1,70
16	0,00	13,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	2,30	3,00	17,60
17	3,10	0,20	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	1,90	0,00	1,80
18	0,00	0,00	11,30	0,20	0,00	0,00	10,70	0,20	22,00	0,00
19	0,00	11,20	26,90	0,00	0,00	0,00	3,50	15,30	1,90	0,00
20	0,00	0,00	2,40	0,50	38,80	0,00	0,50	0,70	1,00	2,00
21	0,00	2,30	2,80	0,00	1,20	6,70	0,00	1,90	18,80	0,30
22	0,00	3,00	0,10	0,00	9,00	1,60	0,50	4,20	2,50	0,10
23	0,00	0,00	3,40	1,80	11,00	0,50	0,00	0,00	0,00	10,60
24	42,70	0,60	9,10	1,60	0,00	5,90	0,00	0,00	1,00	1,30
25	6,00	0,00	0,00	9,60	0,70	2,40	7,80	0,10	0,00	3,00
26	0,00	0,00	1,30	2,80	0,00	0,00	0,00	2,10	0,00	6,50
27	0,20	0,00	0,00	16,00	16,60	0,00	0,70	3,30	0,00	1,00
28	2,50	0,00	0,00	0,40	0,00	4,80	0,00	6,40	0,10	4,80
29	3,20	0,30	1,50	0,00	0,00	48,50	0,00	0,20	0,00	0,00
30	0,00	0,00	3,10	13,40	1,30	2,20	0,30	0,00	0,00	0,00
<b>Media</b>	3,83	1,47667	5,0733	3,5167	5,3333	5,81	4,8067	4,9833	2,1933	2,1267
<b>Error típico</b>	1,6622	0,57543	1,7613	1,1513	2,065	2,3212	1,9002	1,7705	0,95	0,6977
<b>Mediana</b>	0,25	0	1,4	0,45	0,65	1,05	1,05	1,7	0,15	0,5
<b>Moda</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Desviación estándar</b>	9,1043	3,15176	9,6472	6,3057	11,31	12,7137	10,408	9,6977	5,2035	3,8217
<b>Varianza de la muestra</b>	82,888	9,93357	93,069	39,761	127,93	161,639	108,33	94,045	27,077	14,605
<b>Curtosis</b>	12,649	8,16209	11,854	6,4814	8,9968	8,42709	18,339	8,5473	10,025	9,2518
<b>Coefficiente de asimetría</b>	3,482	2,86398	3,2575	2,4398	2,991	2,99545	4,0046	2,9228	3,2225	2,8504
<b>Rango</b>	42,7	13	46,2	27,4	48,5	50	54,2	41,7	22	17,6
<b>Mínimo</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Máximo</b>	42,7	13	46,2	27,4	48,5	50	54,2	41,7	22	17,6
<b>Suma</b>	114,9	44,3	152,2	105,5	160	174,3	144,2	149,5	65,8	63,8
<b>Cuenta</b>	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>Mayor (1)</b>	42,7	13	46,2	27,4	48,5	50	54,2	41,7	22	17,6
<b>Menor(1)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Nivel de confianza (95,0%)</b>	3,3996	1,17689	3,6023	2,3546	4,2234	4,74738	3,8864	3,6212	1,943	1,4271

DIA	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	0,00	DF	0,00	1,70	4,70	20,40	3,40	0,40	5,70	0,40	0,00
2	0,00	DF	0,00	1,40	3,80	0,00	3,40	3,40	0,00	0,70	11,40
3	0,00	DF	0,00	0,00	4,80	3,40	0,00	1,20	16,80	0,30	11,00
4	0,00	DF	0,00	1,80	27,20	0,00	2,70	0,00	11,40	0,00	0,00
5	0,00	DF	7,90	2,20	0,70	8,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	0,00	DF	0,80	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,50	26,40	0,00
7	1,30	DF	0,90	0,00	11,00	23,00	0,00	0,80	0,70	0,00	0,00
8	0,00	DF	0,00	2,90	0,00	1,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00
9	0,00	DF	0,00	4,40	0,00	0,00	0,00	3,10	1,50	0,00	0,00
10	0,00	DF	0,50	0,30	0,50	0,00	2,80	0,00	0,30	0,40	0,50
11	0,00	DF	8,80	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40	0,50	0,00	0,40
12	0,00	DF	0,50	8,00	0,00	0,00	11,50	49,80	27,00	5,20	4,00
13	1,40	DF	0,00	0,00	4,10	0,00	0,00	94,20	0,00	10,30	0,70
14	0,00	DF	0,00	0,00	1,70	1,40	6,60	2,20	13,50	14,40	0,00
15	6,60	DF	16,90	0,00	0,30	0,00	0,70	22,20	0,00	26,50	0,00
16	5,20	DF	0,40	4,00	0,40	0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	5,40
17	0,00	DF	0,00	0,20	0,00	2,30	0,00	0,50	0,00	9,80	5,60
18	2,20	DF	0,00	0,00	1,10	1,70	0,00	0,40	0,00	0,70	5,30
19	0,00	DF	0,30	0,00	0,30	31,50	0,00	0,00	2,20	22,30	6,80
20	0,00	DF	4,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00
21	1,20	DF	10,10	2,60	0,30	5,70	2,50	2,40	2,50	7,40	0,00
22	0,00	DF	0,00	1,40	0,00	16,50	1,80	7,20	54,80	5,80	0,00
23	56,60	DF	16,00	0,00	1,20	8,50	7,70	0,00	25,70	1,70	0,00
24	0,00	DF	17,00	1,20	1,00	3,40	1,20	0,00	1,20	13,40	0,00
25	0,00	DF	1,20	2,10	5,20	0,20	0,00	0,00	4,10	0,00	0,00
26	0,00	DF	5,90	0,00	1,00	3,40	1,40	20,80	0,00	0,00	20,20
27	4,40	DF	0,00	5,50	0,80	0,00	5,00	2,50	2,30	0,00	1,00
28	0,00	DF	0,00	0,00	3,70	12,80	1,50	20,20	0,70	0,50	0,00
29	1,50	DF	0,00	2,50	32,00	0,00	0,00	3,80	3,70	0,00	1,90
30	0,90	DF	1,30	0,40	3,90	0,00	0,00	34,40	1,70	4,60	0,00
Media	2,71		3,0933	1,42	3,6567	4,80667	1,74	9,16	5,917	5,027	2,473
Error típico	1,883		0,985	0,3581	1,3668	1,48109	0,5065	3,6318	2,151	1,466	0,852
Mediana	0		0,35	0,35	0,9	0,6	0	1,5	0,95	0,45	0
Moda	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	10,32		5,3949	1,9614	7,4865	8,11227	2,774	19,892	11,78	8,027	4,668
Varianza de la muestra	106,4		29,105	3,8472	56,047	65,8089	7,6949	395,69	138,8	64,44	21,79
Curtosis	28,26		2,0268	3,3729	9,5975	3,59676	4,6665	11,727	10,09	2,124	6,64
Coefficiente de asimetría	5,256		1,7907	1,7721	3,128	2,02562	2,1063	3,241	2,997	1,741	2,464
Rango	56,6		17	8	32	31,5	11,5	94,2	54,8	26,5	20,2
Mínimo	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	56,6		17	8	32	31,5	11,5	94,2	54,8	26,5	20,2
Suma	81,3		92,8	42,6	109,7	144,2	52,2	274,8	177,5	150,8	74,2
Cuenta	30		30	30	30	30	30	30	30	30	30
Mayor (1)	56,6		17	8	32	31,5	11,5	94,2	54,8	26,5	20,2
Menor(1)	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	3,852		2,0145	0,7324	2,7955	3,02917	1,0358	7,4278	4,399	2,997	1,743

## ANEXO 10. PRECIPITACIÓN MES OCTUBRE 1982 A 2002

DIA	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	0,80	0,70	0,40	3,50	5,20	0,00	5,20	0,30	0,70	4,50
2	0,70	0,00	1,40	0,00	5,20	0,00	0,00	10,40	0,70	1,20
3	0,20	0,40	1,70	0,00	2,60	59,20	0,40	0,00	0,00	1,00
4	0,00	0,10	3,90	0,00	2,80	4,70	0,90	13,00	0,00	0,00
5	0,00	0,50	2,20	31,10	9,40	5,20	0,20	6,10	0,00	0,00
6	0,00	0,20	0,40	0,00	3,20	7,00	1,50	0,00	11,20	0,00
7	23,80	0,00	5,70	0,00	0,60	0,00	1,70	0,00	2,80	18,80
8	4,40	0,00	4,80	2,20	0,00	11,80	0,50	0,00	0,00	2,10
9	15,20	0,50	0,00	0,00	4,60	4,00	0,00	0,40	15,20	0,50
10	1,10	0,50	0,30	0,00	6,20	0,60	0,00	18,50	4,10	3,90
11	0,00	0,00	2,30	0,00	0,80	4,80	1,30	0,00	9,00	0,90
12	0,20	0,00	0,00	0,00	24,30	0,00	0,00	0,00	1,00	4,20
13	0,00	12,20	0,00	0,00	0,50	1,60	15,20	0,00	0,00	0,00
14	0,00	2,00	0,00	0,00	33,60	0,90	35,60	2,50	3,10	0,00
15	0,00	22,30	0,20	0,00	5,30	0,70	14,20	0,00	35,30	47,60
16	2,00	4,90	0,00	0,00	5,20	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
17	1,80	0,00	0,60	0,00	8,60	0,30	16,80	2,30	0,00	11,00
18	1,70	0,00	0,00	4,90	0,00	1,90	13,40	0,00	0,00	0,00
19	1,60	0,90	1,60	83,70	4,50	0,50	0,00	7,50	9,60	0,00
20	95,20	43,40	4,60	0,00	0,00	6,50	23,40	0,00	4,60	0,00
21	3,30	28,90	2,10	3,20	0,00	0,00	3,20	0,00	2,10	0,00
22	0,20	0,00	0,00	0,00	2,70	1,30	17,60	7,00	0,00	0,00
23	6,90	0,00	0,70	6,40	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
24	4,00	0,30	9,00	13,70	1,80	0,20	0,80	0,00	0,40	0,00
25	0,00	0,00	0,00	7,20	7,50	0,10	6,50	0,00	0,00	0,00
26	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	6,00	1,50	6,10	1,50
27	2,00	0,00	1,90	0,00	20,40	3,60	0,20	5,10	0,50	1,50
28	0,00	19,60	4,20	21,20	10,40	37,30	0,00	0,00	0,20	0,50
29	0,00	3,30	5,20	0,90	5,00	0,10	0,00	0,00	1,20	6,50
30	0,00	12,30	2,40	5,20	0,00	2,30	3,60	2,40	1,40	0,00
31	0,00	3,10	44,00	1,70	0,00	4,30	0,00	6,00	4,30	0,00
<b>Media</b>	5,339	5,0355	3,2129	5,9645	5,4968	5,2968	5,426	2,6806	3,6613	3,41
<b>Error típico</b>	3,126	1,8448	1,4166	2,8741	1,3821	2,1792	1,553	0,8171	1,2622	1,636
<b>Mediana</b>	0,4	0,4	1,4	0	3,2	1,3	0,9	0	0,7	0
<b>Moda</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Desviación estándar</b>	17,41	10,272	7,8871	16,002	7,695	12,133	8,648	4,5495	7,0274	9,106
<b>Varianza de la muestra</b>	303	105,51	62,206	256,07	59,212	147,22	74,79	20,698	49,384	82,93
<b>Curtosis</b>	25,66	6,3393	25,826	19,651	6,0644	14,531	3,985	4,2443	13,835	19,62
<b>Coefficiente de asimetría</b>	4,932	2,5186	4,9116	4,2218	2,3903	3,741	1,992	2,0618	3,4152	4,231
<b>Rango</b>	95,2	43,4	44	83,7	33,6	59,2	35,6	18,5	35,3	47,6
<b>Mínimo</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Máximo</b>	95,2	43,4	44	83,7	33,6	59,2	35,6	18,5	35,3	47,6
<b>Suma</b>	165,5	156,1	99,6	184,9	170,4	164,2	168,2	83,1	113,5	105,7
<b>Cuenta</b>	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
<b>Mayor (1)</b>	95,2	43,4	44	83,7	33,6	59,2	35,6	18,5	35,3	47,6
<b>Menor(1)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Nivel de confianza (95,0%)</b>	6,385	3,7677	2,893	5,8696	2,8225	4,4506	3,172	1,6688	2,5777	3,34

DIA	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	0,00	DF	0,00	0,10	0,20	3,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
2	0,00	DF	0,00	0,00	12,50	3,00	15,40	0,60	1,50	0,00	0,00
3	4,50	DF	7,20	0,00	0,00	0,40	1,70	0,70	1,90	3,30	0,00
4	0,00	DF	9,10	0,50	0,00	0,00	0,00	17,00	0,00	1,80	0,00
5	0,00	DF	0,00	2,20	0,40	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00
6	5,40	DF	6,80	7,00	1,00	0,00	37,50	2,20	0,00	0,00	0,80
7	1,20	DF	7,50	5,50	0,80	0,00	DF	2,20	0,40	0,00	15,20
8	0,00	DF	20,60	0,00	8,20	0,20	DF	0,00	5,50	0,00	0,00
9	2,20	DF	1,20	8,00	0,00	11,40	DF	0,00	1,60	2,30	0,00
10	0,50	DF	0,00	8,50	3,50	2,50	DF	0,00	0,00	3,60	5,60
11	1,00	DF	0,00	6,00	9,80	0,00	DF	6,50	0,00	0,00	0,00
12	0,00	DF	2,10	29,50	DF	1,00	DF	0,60	1,50	0,00	0,00
13	0,00	DF	11,40	0,00	DF	3,50	DF	2,70	0,00	0,00	0,00
14	0,00	DF	1,80	0,00	DF	0,00	DF	0,00	0,50	10,80	0,00
15	0,70	DF	0,00	2,40	DF	0,00	DF	2,00	0,00	5,20	0,60
16	9,30	DF	0,00	0,40	DF	3,40	DF	11,80	1,90	5,20	2,20
17	0,00	DF	13,00	30,50	0,00	0,10	DF	0,70	0,00	6,40	0,00
18	1,50	DF	0,50	2,90	4,40	0,00	DF	0,30	0,00	0,40	0,00
19	1,20	DF	0,00	DF	2,10	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	DF	2,70	48,70	0,00	0,00	DF	5,90	0,00	19,70	0,40
21	0,00	DF	0,90	0,00	0,00	0,40	DF	0,00	0,00	0,00	0,00
22	0,00	DF	2,90	0,50	0,00	0,00	DF	2,30	0,80	0,00	24,80
23	0,00	DF	12,40	0,00	0,00	0,00	DF	6,70	2,10	0,00	0,00
24	0,80	DF	9,10	1,40	0,00	0,00	DF	0,70	0,40	6,50	4,80
25	0,00	DF	0,00	0,50	0,20	0,00	DF	0,00	17,60	0,00	0,30
26	0,00	DF	0,00	22,80	0,00	0,00	DF	0,40	17,50	8,90	3,70
27	0,00	DF	0,00	8,20	63,80	0,00	DF	5,10	2,20	0,00	8,60
28	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	3,70	0,00	1,20	0,00	0,30	2,90
29	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	1,80	10,20	5,70
30	0,20	DF	0,00	0,90	2,00	0,00	3,70	3,20	1,40	6,70	0,70
31	0,00	DF	0,70	0,10	0,00	0,40	0,00	0,00	0,40	25,70	0,00
Media	0,9194		3,545			1,0645		2,4032	1,903	3,7742	2,461
Error típico	0,3623		0,947			0,4123		0,6868	0,779	1,0982	0,955
Mediana	0		0,7			0		0,7	0,4	0,3	0
Moda	0		0			0		0	0	0	0
Desviación estándar	2,0173		5,272			2,2957		3,824	4,336	6,1147	5,316
Varianza de la muestra	4,0696		27,79			5,2704		14,623	18,8	37,39	28,26
Curtosis	10,24		2,34			13,654		7,0364	10,53	5,5241	10,83
Coefficiente de asimetría	3,0885		1,643			3,3657		2,5326	3,32	2,2596	3,139
Rango	9,3		20,6			11,4		17	17,6	25,7	24,8
Mínimo	0		0			0		0	0	0	0
Máximo	9,3		20,6			11,4		17	17,6	25,7	24,8
Suma	28,5		109,9			33		74,5	59	117	76,3
Cuenta	31		31			31		31	31	31	31
Mayor (1)	9,3		20,6			11,4		17	17,6	25,7	24,8
Menor(1)	0		0			0		0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	0,74		1,934			0,8421		1,4027	1,591	2,2429	1,95

## ANEXO 11. PRECIPITACIÓN MES NOVIEMBRE

DIA	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	0,00	24,80	20,20	0,80	0,00	14,00	3,60	2,80	0,00	0,00
2	15,50	1,60	11,50	0,00	4,90	0,90	0,30	1,40	4,50	0,00
3	0,60	10,50	3,70	0,00	0,90	0,10	0,00	0,00	0,80	0,00
4	5,40	0,00	0,00	2,50	6,00	0,20	0,00	0,00	40,80	30,70
5	0,00	2,40	3,50	0,50	0,00	3,80	23,20	6,10	86,90	0,00
6	0,00	0,00	14,10	0,50	0,50	8,80	0,00	1,50	2,90	0,00
7	0,00	0,00	26,50	0,20	1,40	0,00	25,00	4,80	4,60	23,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	12,00	0,00	2,20
9	0,00	0,00	0,00	0,00	11,80	0,00	17,70	0,30	1,50	4,20
10	0,00	3,00	5,30	0,00	0,90	0,00	4,20	0,30	0,70	0,00
11	3,50	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	4,60	0,60	0,00	3,60
12	0,00	0,00	0,60	7,70	2,00	0,00	1,30	4,10	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,60	4,80	1,90	0,00	3,40	0,00	0,00	29,20
14	0,00	0,00	3,10	24,20	0,00	0,00	52,80	0,10	0,00	22,80
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,60	0,00	0,40	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,00	0,40	2,20	0,00
17	0,00	2,60	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	1,80
18	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,20	0,00	6,80	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,80	11,70	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	8,40	0,00	4,50	7,50	9,50	0,00	13,10
21	10,00	0,00	2,70	0,00	9,50	0,00	0,80	0,00	2,20	0,00
22	13,50	0,00	1,50	31,70	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,80	17,40	0,00	2,90	0,20	0,00	0,00	1,20	1,00	0,00
24	0,00	0,30	28,80	0,00	8,40	0,80	58,80	11,60	0,00	29,70
25	0,00	0,00	1,10	0,30	0,00	5,90	3,30	1,40	0,00	6,40
26	0,00	0,00	9,50	0,00	15,50	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00
27	7,80	1,20	0,60	2,60	1,90	0,00	0,00	0,00	0,00	7,50
28	0,00	0,00	2,20	0,00	12,40	16,60	0,00	0,00	16,20	7,40
29	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	30,30	0,00	2,80	0,00	0,00
<b>Media</b>	1,9033	2,1267	4,653	2,913	2,879	3,083	8,2	2,033	5,743	5,743
<b>Error típico</b>	0,7709	1,0272	1,44	1,318	0,821	1,216	2,77	0,63	3,144	3,144
<b>Mediana</b>	0	0	0,95	0,05	0,7	0	1	0,3	0,2	0,2
<b>Moda</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Desviación estándar</b>	4,2226	5,6262	7,886	7,22	4,42	6,662	15,1	3,453	17,22	17,22
<b>Varianza de la muestra</b>	17,83	31,654	62,18	52,12	19,53	44,38	229	11,93	296,6	296,6
<b>Curtosis</b>	4,4309	10,381	3,721	10,64	1,732	9,57	5,39	3,214	18,33	18,33
<b>Coefficiente de asimetría</b>	2,3067	3,2357	2,115	3,269	1,662	2,947	2,38	2,015	4,161	4,161
<b>Rango</b>	15,5	24,8	28,8	31,7	15,5	30,3	58,8	12	86,9	86,9
<b>Mínimo</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Máximo</b>	15,5	24,8	28,8	31,7	15,5	30,3	58,8	12	86,9	86,9
<b>Suma</b>	57,1	63,8	139,6	87,4	83,5	92,5	246	61	172,3	172,3
<b>Cuenta</b>	30	30	30	30	29	30	30	30	30	30
<b>Mayor (1)</b>	15,5	24,8	28,8	31,7	15,5	30,3	58,8	12	86,9	86,9
<b>Menor(1)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Nivel de confianza (95,0%)</b>	1,5767	2,1009	2,945	2,696	1,681	2,487	5,66	1,29	6,43	6,43

DIA	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	0,00	DF	9,70	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,30	4,40
2	0,00	DF	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,70	57,70	6,60	0,00
3	0,00	DF	1,30	4,40	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00
4	0,70	DF	49,90	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,80	0,00	3,50
5	0,00	DF	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	0,50	4,40
6	4,00	DF	8,30	0,00	0,00	23,00	3,50	0,00	2,10	0,30	0,00
7	0,00	DF	0,10	0,00	0,00	11,50	1,80	14,00	0,00	1,80	37,40
8	0,00	DF	8,50	0,30	20,40	5,20	0,00	10,40	0,00	0,00	0,00
9	0,00	DF	0,30	0,20	0,00	2,30	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00
10	0,00	DF	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00
11	0,00	DF	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	3,80	0,00	0,00
12	1,40	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	46,90	0,50	1,40	0,70
13	0,00	DF	18,50	0,00	13,80	0,40	0,10	0,00	5,50	4,50	0,50
14	2,60	DF	1,30	1,50	13,30	0,80	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00
15	0,00	DF	0,00	1,20	9,20	0,00	0,00	5,50	0,00	0,00	0,00
16	1,50	DF	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	5,90	0,00	0,00	0,00
17	0,00	DF	0,00	0,20	4,30	0,00	0,00	17,70	1,70	0,00	10,40
18	8,60	DF	0,00	0,00	14,00	0,70	0,00	3,20	0,50	5,50	0,00
19	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	17,60	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00
20	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,70	DF
21	0,00	DF	0,00	0,00	0,10	0,00	0,80	0,00	0,00	0,20	DF
22	5,30	DF	1,70	0,50	4,10	0,00	2,60	0,00	0,00	0,00	DF
23	0,00	DF	32,10	0,00	0,00	0,00	0,00	35,40	0,00	0,00	DF
24	0,50	DF	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	5,80	0,00	0,00	DF
25	19,50	DF	10,00	2,40	0,00	0,00	14,20	6,40	0,00	0,00	0,00
26	0,00	DF	3,00	0,00	0,00	0,50	4,20	0,00	0,00	31,80	0,00
27	6,20	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	1,80	0,00	71,40	0,00
28	45,80	DF	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00
29	22,00	DF	0,00	0,00	0,50	0,00	2,60	0,00	0,00	12,50	0,50
30	0,00	DF	0,00	12,70	0,00	10,00	3,80	3,40	0,00	0,00	0,00
Media	3,937		5,37	0,847	2,72	2,41	1,52	5,48	2,967	5,577	
Error típico	1,75		2,006	0,446	1,005	1,03	0,585	1,968	1,931	2,694	
Mediana	0		0,65	0	0	0	0	0,4	0	0,1	
Moda	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
Desviación estándar	9,587		10,99	2,443	5,506	5,67	3,206	10,78	10,58	14,76	
Varianza de la muestra	91,9		120,7	5,966	30,32	32,1	10,28	116,2	111,9	217,7	
Curtosis	12,94		9,738	20,4	3,326	6,71	9,201	8,564	27,07	14,2	
Coefficiente de asimetría	3,436		2,996	4,318	2,073	2,67	2,938	2,882	5,108	3,611	
Rango	45,8		49,9	12,7	20,4	23	14,2	46,9	57,7	71,4	
Mínimo	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
Máximo	45,8		49,9	12,7	20,4	23	14,2	46,9	57,7	71,4	
Suma	118,1		161,1	25,4	81,6	72,3	45,6	164,4	89	167,3	
Cuenta	30		30	30	30	30	30	30	30	30	
Mayor (1)	45,8		49,9	12,7	20,4	23	14,2	46,9	57,7	71,4	
Menor(1)	0		0	0	0	0	0	0	0	0	
Nivel de confianza (95,0%)	3,58		4,102	0,912	2,056	2,12	1,197	4,025	3,95	5,51	

## ANEXO 12. PRECIPITACIÓN MES DICIEMBRE PERIODO 1982 A 2002

DIA	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
1	0,00	0,00	0,00	15,50	3,20	1,20	2,10	7,30	0,00	0,00
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,00	9,20	20,60	0,00
3	0,00	0,50	0,00	4,70	0,00	0,00	9,20	1,50	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	41,50	2,20	5,80	17,50	1,70
5	0,00	8,40	0,00	1,40	1,20	3,80	1,20	78,50	7,30	0,00
6	7,60	26,10	0,00	0,00	1,90	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00
7	4,20	0,00	0,00	26,60	0,40	1,80	0,00	0,00	74,20	0,00
8	0,00	4,50	0,00	0,50	0,00	0,00	1,20	0,00	25,20	0,00
9	1,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,00	0,30	8,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
12	0,00	13,20	4,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	4,60
13	0,00	0,30	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,70
14	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,20
15	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00	0,00	0,00
16	0,00	1,60	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	32,20
17	23,50	1,10	0,30	0,00	0,00	0,00	3,40	0,00	0,00	0,00
18	2,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,20	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	2,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,30	0,20	0,00	0,00	0,00	6,60	0,00	0,00	0,00
23	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	14,10	1,20	0,00	0,00
24	8,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	28,70	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	3,90	0,00	0,00
26	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
27	3,10	0,00	0,00	0,00	40,90	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00
28	0,00	0,00	0,00	0,00	3,90	0,00	13,90	2,20	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00	51,90	0,00	0,20	0,60	0,00	0,00	0,00
30	0,00	28,60	0,00	0,00	0,00	0,00	4,70	0,00	20,40	0,00
31	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,20	34,80	0,00
<b>Media</b>	<b>1,8065</b>	<b>2,86452</b>	<b>0,4871</b>	<b>3,32581</b>	<b>1,6839</b>	<b>1,5645</b>	<b>3,01</b>	<b>4,655</b>	<b>6,513</b>	<b>1,496774</b>
<b>Error típico</b>	<b>0,8219</b>	<b>1,27877</b>	<b>0,3099</b>	<b>1,892</b>	<b>1,3182</b>	<b>1,3382</b>	<b>1,004</b>	<b>2,651</b>	<b>2,79</b>	<b>1,056353</b>
<b>Mediana</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Moda</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>4,5762</b>	<b>7,1199</b>	<b>1,7254</b>	<b>10,5342</b>	<b>7,3395</b>	<b>7,451</b>	<b>5,588</b>	<b>14,76</b>	<b>15,53</b>	<b>5,881524</b>
<b>Varianza de la muestra</b>	<b>20,941</b>	<b>50,693</b>	<b>2,9772</b>	<b>110,969</b>	<b>53,869</b>	<b>55,518</b>	<b>31,23</b>	<b>217,9</b>	<b>241,3</b>	<b>34,59232</b>
<b>Curtosis</b>	<b>17,546</b>	<b>8,4626</b>	<b>18,663</b>	<b>16,1377</b>	<b>29,869</b>	<b>30,283</b>	<b>6,467</b>	<b>22,48</b>	<b>11,98</b>	<b>26,94945</b>
<b>Coefficiente de asimetría</b>	<b>3,933</b>	<b>2,99894</b>	<b>4,2407</b>	<b>3,90499</b>	<b>5,4261</b>	<b>5,4784</b>	<b>2,472</b>	<b>4,592</b>	<b>3,229</b>	<b>5,083663</b>
<b>Rango</b>	<b>23,5</b>	<b>28,6</b>	<b>8,7</b>	<b>51,9</b>	<b>40,9</b>	<b>41,5</b>	<b>24,2</b>	<b>78,5</b>	<b>74,2</b>	<b>32,2</b>
<b>Mínimo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Máximo</b>	<b>23,5</b>	<b>28,6</b>	<b>8,7</b>	<b>51,9</b>	<b>40,9</b>	<b>41,5</b>	<b>24,2</b>	<b>78,5</b>	<b>74,2</b>	<b>32,2</b>
<b>Suma</b>	<b>56</b>	<b>88,8</b>	<b>15,1</b>	<b>103,1</b>	<b>52,2</b>	<b>48,5</b>	<b>93,3</b>	<b>144,3</b>	<b>201,9</b>	<b>46,4</b>
<b>Cuenta</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31</b>
<b>Mayor (1)</b>	<b>23,5</b>	<b>28,6</b>	<b>8,7</b>	<b>51,9</b>	<b>40,9</b>	<b>41,5</b>	<b>24,2</b>	<b>78,5</b>	<b>74,2</b>	<b>32,2</b>
<b>Menor(1)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Nivel de confianza (95,0%)</b>	<b>1,6786</b>	<b>2,6116</b>	<b>0,6329</b>	<b>3,86397</b>	<b>2,6922</b>	<b>2,7331</b>	<b>2,05</b>	<b>5,414</b>	<b>5,698</b>	<b>2,15736</b>

DIA	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,70	0,00
2	6,80	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	1,00	0,00	1,30	0,00
3	0,00	DF	0,00	4,80	1,30	0,00	4,40	5,50	0,00	0,00	0,00
4	8,20	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	3,40	0,00	3,20	0,00	0,00
5	1,00	DF	0,00	0,00	0,90	0,00	5,30	0,00	1,90	0,00	0,00
6	0,00	DF	0,00	3,50	0,00	0,00	52,70	8,40	0,00	0,00	0,00
7	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80	0,00	0,00	0,00	0,70
8	0,00	DF	0,00	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60	11,50
9	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	10,20	0,00	0,00	0,00	0,00
10	11,00	DF	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	3,60	DF	0,00	3,90	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,20	0,00	2,90	0,00
13	0,00	DF	0,10	0,50	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	DF	0,00	0,00	6,50	42,50	0,00	0,00	0,00	3,60	0,50
15	0,00	DF	0,00	3,40	0,00	31,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80
16	7,10	DF	0,00	0,00	0,00	2,50	0,40	0,00	0,00	17,80	0,00
17	0,00	DF	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,40	0,30
18	0,00	DF	0,00	1,90	0,00	7,40	0,00	0,00	0,00	2,50	1,50
19	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0,00	DF	2,80	1,50	0,00	0,00	0,00	19,80	0,00	0,00	0,00
21	0,00	DF	0,00	1,50	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,10	0,00
22	0,00	DF	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23	0,00	DF	3,10	0,40	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,70
24	0,00	DF	10,50	1,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	0,00	DF	7,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00
26	0,00	DF	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,30	0,40	0,90	0,00
27	0,00	DF	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80	0,00	0,00
28	0,00	DF	0,00	0,00	31,10	0,20	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00
29	0,00	DF	0,20	0,00	0,00	25,90	0,00	0,00	3,20	0,00	0,00
30	0,80	DF	7,20	0,00	3,20	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
31	0,00	DF	0,00	0,00	25,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Media	1,242		1,1065	0,874	2,21	3,552	2,64	1,95161	0,452	1,2516	0,581
Error típico	0,52		0,4681	0,266	1,279	1,828	1,72	0,82668	0,186	0,5973	0,378
Mediana	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moda	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	2,896		2,6064	1,482	7,121	10,18	9,55	4,60274	1,033	3,3257	2,107
Varianza de la muestra	8,389		6,7933	2,197	50,7	103,6	91,2	21,1852	1,067	11,061	4,44
Curtosis	4,562		6,3827	1,271	12,39	8,52	27,4	7,52529	2,666	21,705	26,1
Coficiente de asimetría	2,355		2,639	1,618	3,608	3,036	5,13	2,7363	2,062	4,4027	4,985
Rango	11		10,5	4,8	31,1	42,5	52,7	19,8	3,2	17,8	11,5
Mínimo	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	11		10,5	4,8	31,1	42,5	52,7	19,8	3,2	17,8	11,5
Suma	38,5		34,3	27,1	68,5	110,1	81,8	60,5	14	38,8	18
Cuenta	31		31	31	31	31	31	31	31	31	31
Mayor (1)	11		10,5	4,8	31,1	42,5	52,7	19,8	3,2	17,8	11,5
Menor(1)	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nivel de confianza (95,0%)	1,062		0,956	0,544	2,612	3,734	3,5	1,6883	0,379	1,2199	0,773

**ANEXO 13. Tabla 38. Límites recomendados por constituyentes en el agua regenerada para riego.**

<b>Constituent</b>	<b>Long-Term Use (mg/l)</b>	<b>Short-Term Use (mg/l)</b>	<b>Remarks</b>
Aluminum	5.0	20	Can cause nonproductiveness in acid soils, but soils at pH 5.5 to 8.0 will precipitate the ion and eliminate toxicity.
Arsenic	0.10	2.0	Toxicity to plants varies widely, ranging from 12 mg/L for Sudan grass to less than 0.05 mg/L for rice.
Beryllium	0.10	0.5	Toxicity to plants varies widely, ranging from 5 mg/L for kale to 0.5 mg/L for bush beans.
Boron	0.75	2.0	Essential to plant growth, with optimum yields for many obtained at a few-tenths mg/L in nutrient solutions. Toxic to many sensitive plants (e.g., citrus) at 1 mg/L. Usually sufficient quantities in reclaimed water to correct soil deficiencies. Mostgrasses are relativelytolerant at 2.0 to 10 mg/L.
Cadmium	0.01	0.05	Toxic to beans, beets, and turnips at concentrations as low as 0.1 mg/L in nutrient solution. Conservative limits recommended.
Chromium	0.1	1.0	Not generally recognized as an essential growth element. Conservative limits recommended due to lack of knowledge on

			toxicity to plants.
Cobalt	0.05	5.0	Toxic to tomato plants at 0.1 mg/L in nutrient solution. Tends to be inactivated by neutral and alkaline soils.
Copper	0.2	5.0	Toxic to a number of plants at 0.1 to 1.0 mg/L in nutrient solution.
Fluoride	1.0	15.0	Inactivated by neutral and alkaline soils.
Iron	5.0	20.0	Not toxic to plants in aerated soils, but can contribute to soil acidification and loss of essential phosphorus and molybdenum.
Lead	5.0	10.0	Can inhibit plant cell growth at very high concentrations.
Lithium	2.5	2.5	Tolerated by most crops at concentrations up to 5 mg/L; mobile in soil. Toxic to citrus at low doses - recommended limit is 0.075 mg/L.
Manganese	0.2	10.0	Toxic to a number of crops at a few-tenths to a few mg/L in acidic soils.
Molybdenum	0.01	0.05	Nontoxic to plants at normal concentrations in soil and water. Can be toxic to livestock if forage is grown in soils with high levels of available molybdenum.
Nickel	0.2	2.0	Toxic to a number of plants at 0.5 to 1.0 mg/L; reduced toxicity at neutral or alkaline pH.
Selenium	0.02	0.02	Toxic to plants at low concentrations and to livestock if forage is grown in soils with low levels of selenium.
Tin,	-	-	Effectively excluded by plants; specific

Tungsten, &Titanium			tolerance levels unknown
Vanadium	0.1	1.0	Toxic to many plants at relatively low concentrations.
Zinc	2.0	10.0	Toxic to many plants at widely varying concentrations; reduced toxicity at increased pH (6 or above) and in fine-textured or organic soils.
<b>Constituent</b>	<b>Recommended Limit</b>		<b>Remarks</b>
pH	6.0		Most effects of pH on plant growth are indirect (e.g., pH effects on heavy metals' toxicity described above).
TDS (Sólidos disueltos totales)	500 - 2,000 mg/l		Below 500 mg/L, no detrimental effects are usually noticed. Between 500 and 1,000 mg/L, TDS in irrigation water can affect sensitive plants. At 1,000 to 2,000 mg/L, TDS levels can affect many crops and careful management practices should be followed. Above 2,000 mg/L, water can be used regularly only for tolerant plants on permeable soils.
Free Chlorine Residual	<1 mg/l		Concentrations greater than 5 mg/l causes severe damage to most plants. Some sensitive plants may be damaged at levels as low as 0.05 mg/l.

**ANEXO 14. Tabla 39. Calificación del agua según la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) a 25°C.**

Conductividad a 25°C ( $\mu\text{S/cm}$ )	Calificación
0 - 1000	Excelente
1000 - 3000	Buena
> 3000	Inaceptable

**ANEXO 15. Tabla 40. Calificación del agua según su salinidad efectiva (meq/l)**

Escala (meq/l)	Calificación
se < 5	Buena
5 < se < 20	Condicionada
20 < se	No Recomendable

**ANEXO 16. Tabla 41. Calificación del agua según la relación de adsorción de sodio (RAS)**

RAS	Calificación
RAS < 3	Ningún Riesgo
3 < RAS < 9	Moderado
9 < RAS	Estricto

**ANEXO 17. Tabla 42. Calificación del agua según la concentración de carbonato de sodio residual (CSR).**

CSR	Calificación
CSR < 1.25	Buena
1.25 < CSR < 2.5	Condicionada
2.5 < CSR	No recomendada

**ANEXO 18. Tabla 43. Calificación del agua según el porcentaje de sodio intercambiable (PSI)**

PSI (%)	Calificación
PSI < 5	Bajo
5 < PSI < 15	Moderado
15 < PSI	No Recomendable

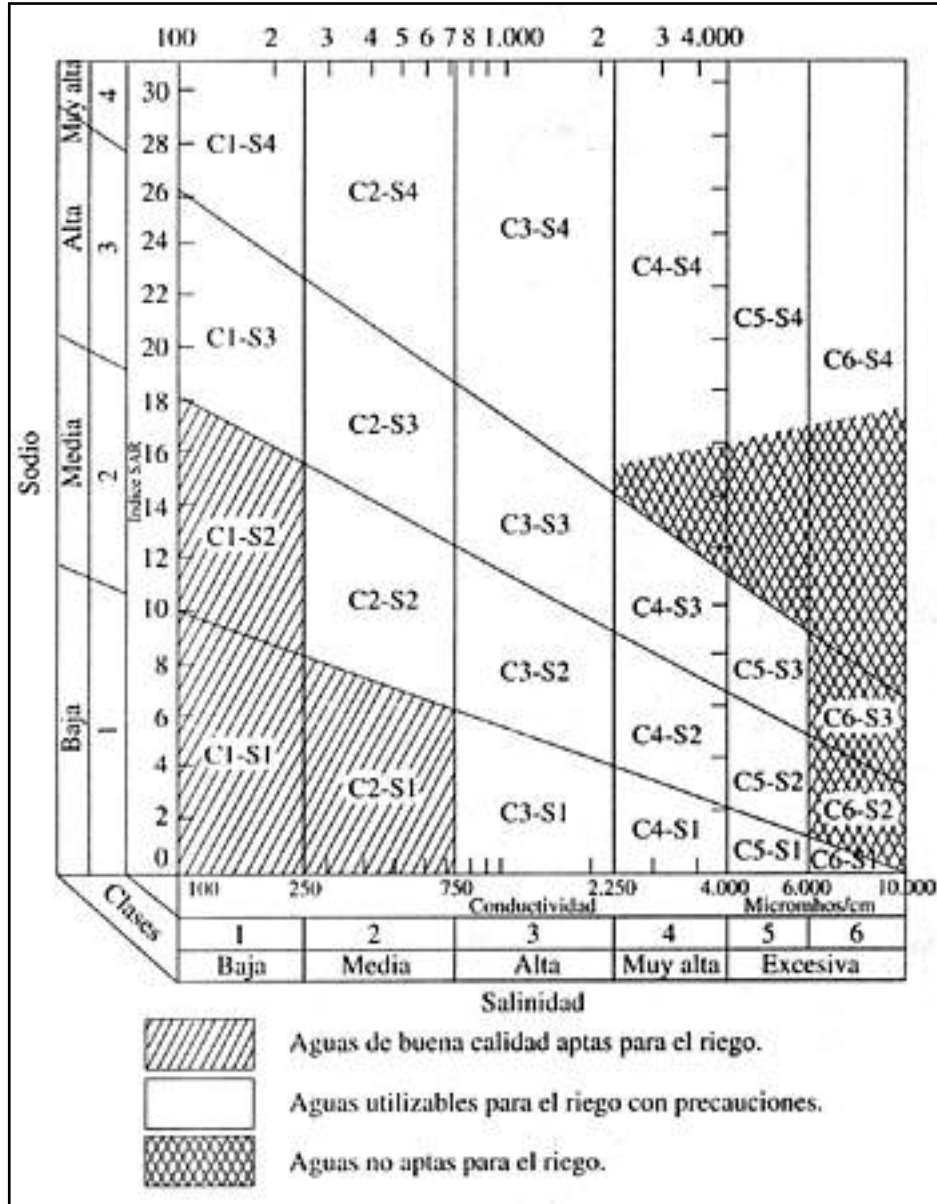
**ANEXO 19. Tabla 44. Evaluación del riesgo de inducir toxicidad del agua de riego.**

Ión	Inexistente	Problema Creciente	Problema Grave
Na <sup>+</sup> (meq/L)	< 3	3 - 9.	> 9
Cl <sup>-</sup> (meq/L)	< 4	4 - 10.	> 10
B (mg/L)	< 0.7	0.7 - 2.0	> 2.0

**ANEXO 20. Tabla 45. Calidad del agua según el ISL modificado.**

ISL (Modificado)	Indicación
-2 < ISL < -0.5	Corrosión severa
-0.5 < ISL < 0	Corrosión leve pero sin formación de incrustantes
ISL = 0.	Equilibrada pero posible corrosión leve
0 < ISL < 0.5	Formación leve de incrustaciones y corrosiva
0.5 < ISL < 2.0	Formación de incrustaciones pero no corrosiva

ANEXO 21. Figura 17. Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. (U.S. Soil Salinity Laboratory).



**ANEXO 22. Tabla 46. Clasificaciones de las aguas para riego según las normas Riverside.**

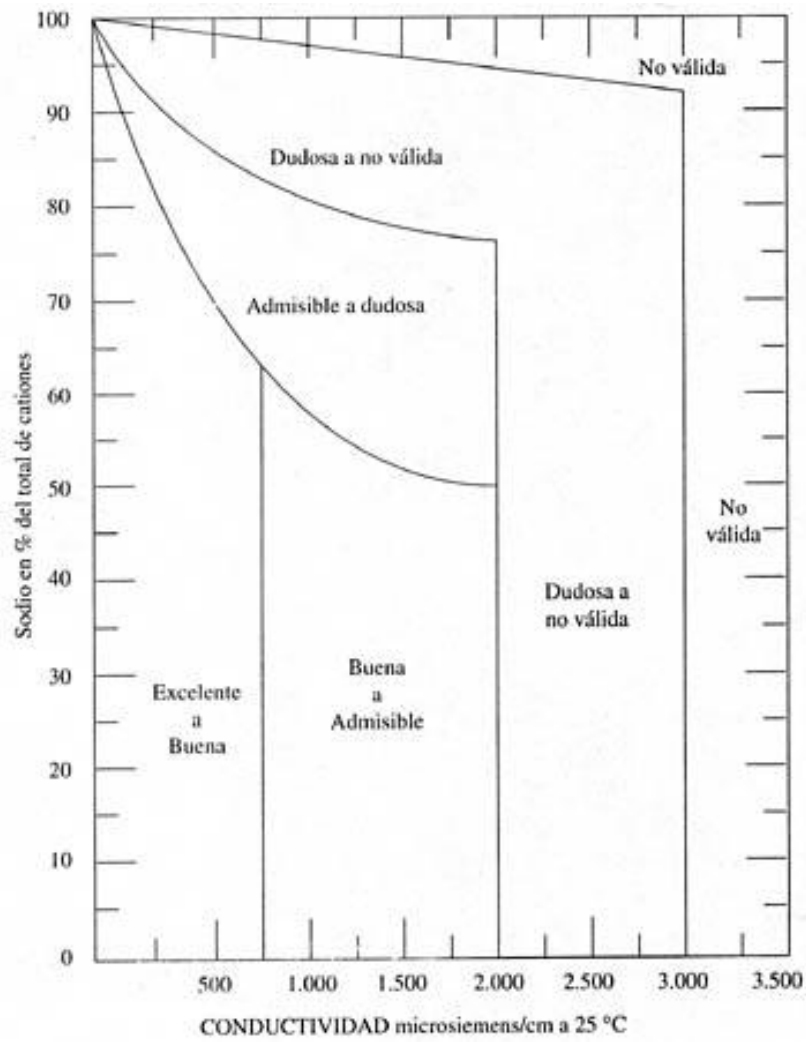
<b>Tipos</b>	<b>Calidad y normas de uso</b>
<b>C<sub>1</sub></b>	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
<b>C<sub>2</sub></b>	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
<b>C<sub>3</sub></b>	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
<b>C<sub>4</sub></b>	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
<b>C<sub>5</sub></b>	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
<b>C<sub>6</sub></b>	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
<b>S<sub>1</sub></b>	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
<b>S<sub>2</sub></b>	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario
<b>S<sub>3</sub></b>	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio

	en el sujelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
<b>S<sub>4</sub></b>	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

**ANEXO 23. Tabla 47. Calidad del agua de riego según los valores del índice de Scott.**

Índice de Scott	Calidad del agua
> 18	Buena
18 - 6.	Tolerable
6 - 1.2.	Mediocre
< 1.2	Mala

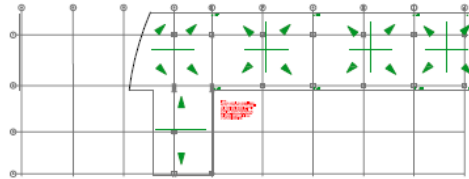
**ANEXO 24. Figura 18. Clasificación de las aguas de riego basada en el riesgo de salinidad.**



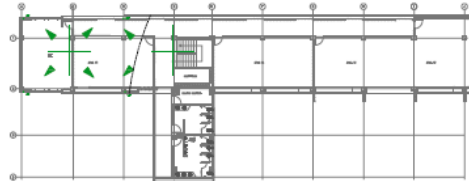
**Anexo 25 Planos Hidráulico, sanitario, agua lluvias**

# RED AGUAS LLUVIAS

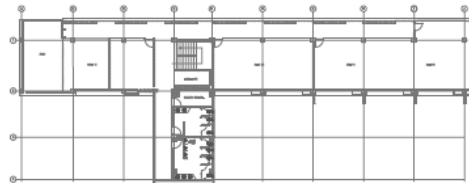
PISO 5  
**N 15.00**



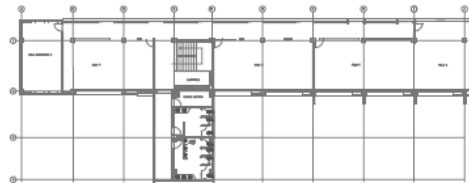
PISO 4  
**N 12.00**



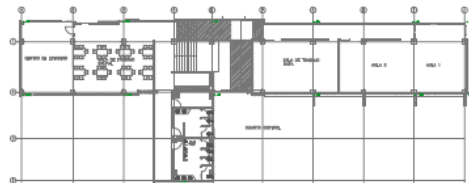
PISO 3  
**N 9.00**



PISO 2  
**N 6.00**



PISO 1  
**N 3.00**

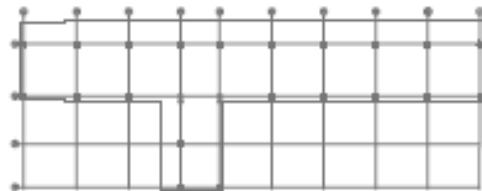


SOTANO  
**N 0.00**

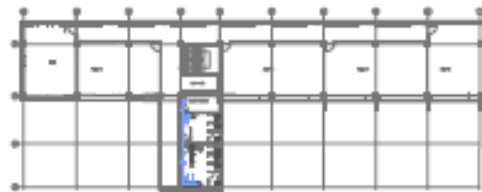


# RED SANITARIA

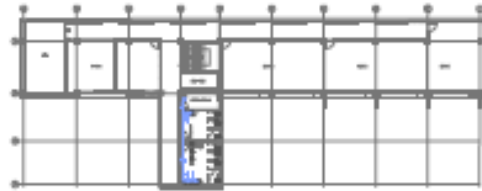
PISO 5  
N 15.00



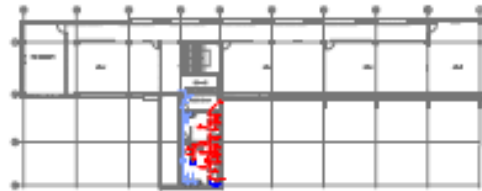
PISO 4  
N 12.00



PISO 3  
N 9.00



PISO 2  
N 6.00



PISO 1  
N 3.00

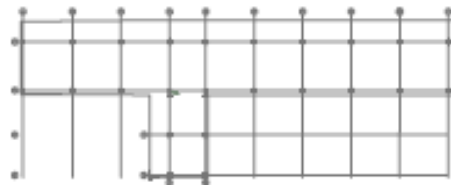


SOTANO  
N 0.00

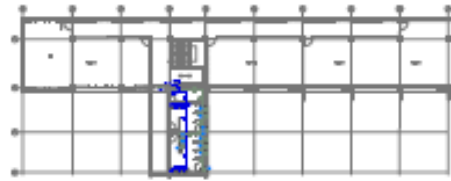


# RED HIDRAULICA

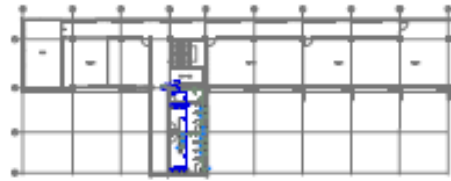
PISO 5  
N 15.00



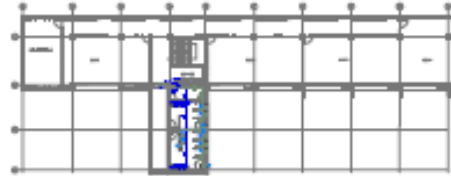
PISO 4  
N 12.00



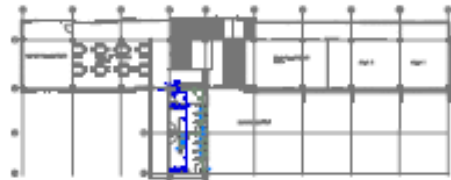
PISO 3  
N 9.00



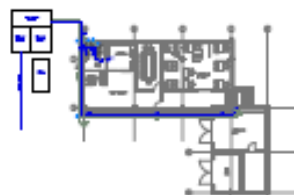
PISO 2  
N 6.00



PISO 1  
N 3.00



SOTANO  
N 0.00



## ANEXO 26. Tabla 48. Cálculos del diseño hidrosanitario.

TRAMO		Unid Hunter	Q l/s	Ø		ACCESORIOS					LONG EQUIVALENTE POR ACCESORIO					LONGITUD m			j m/m	J m	V m/s	NIVEL		Presion m	
DE	A			pulg	mm	Te Dire	Te Late	Codo 90	Codo 45	Buje	Valvula	Te Dire	Te Late	Codo 90	Codo 45	Buje	Valvula	Equiv				Real	Total		Entrada
<b>RED AGUA FRIA BATERIA DE BAÑOS PISO 4</b>																									
C= 150,00																									
<b>FLUXOMETROS</b>																									
1	2	10,00	0,39	1	29,98			2,00			0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,00	2,47	3,47	0,01	0,04	0,55	12,00	12,00	10,37
2	3	20,00	0,63	1	29,98				1,00		0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	1,00	2,28	0,03	0,07	0,89	12,00	12,00	10,44
3	4	30,00	0,83	1	29,98				1,00		0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	1,00	2,28	0,05	0,12	1,18	12,00	12,00	10,56
4	8	40,00	1,01	1	29,98				1,00		0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	0,60	1,88	0,07	0,14	1,43	12,00	12,00	10,70
<b>SANITARIOS</b>																									
5	6	3,00	0,17	1/2	16,29			2,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	1,05	1,61	0,05	0,09	0,82	12,00	12,00	2,00
6	7	6,00	0,28	1/2	16,29				1,00		0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	1,00	1,76	0,13	0,23	1,34	12,00	12,00	2,09
7	8	9,00	0,36	3/4	22,43			1,00	1,00		0,29	1,02	0,39	0,20	0,08	0,10	1,41	2,70	4,11	0,04	0,18	0,91	12,00	12,00	2,32
8	9	49,00	1,16	1 1/4	37,86				1,00		0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	0,50	2,04	0,03	0,06	1,03	12,00	12,00	10,76
9	10	59,00	1,32	1 1/4	37,86				1,00		0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	1,60	3,14	0,04	0,12	1,17	12,00	12,00	10,88
10	11	69,00	1,46	1 1/4	37,86				1,00		0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	0,95	2,49	0,05	0,12	1,30	12,00	12,00	11,00
11	MAF#1,4°	79,00	1,61	1 1/4	37,86			2,00		1,00	0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	2,92	6,00	8,92	0,06	0,50	1,43	12,00	12,00	11,50
<b>RED AGUA FRIA BATERIA DE BAÑOS PISO 3</b>																									
C= 150,00																									
<b>FLUXOMETROS</b>																									
1	2	10,00	0,39	1	29,98			2,00			0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,00	2,47	3,47	0,01	0,04	0,55	9,00	9,00	10,37
2	3	20,00	0,63	1	29,98				1,00		0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	1,00	2,28	0,03	0,07	0,89	9,00	9,00	10,44
3	4	30,00	0,83	1	29,98				1,00		0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	1,00	2,28	0,05	0,12	1,18	9,00	9,00	10,56
4	8	40,00	1,01	1	29,98				1,00		0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	0,60	1,88	0,07	0,14	1,43	9,00	9,00	10,70
<b>SANITARIOS</b>																									
5	6	3,00	0,17	1/2	16,29			2,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	1,05	1,61	0,05	0,09	0,82	9,00	9,00	2,00
6	7	6,00	0,28	1/2	16,29				1,00		0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	1,00	1,76	0,13	0,23	1,34	9,00	9,00	2,09
7	8	9,00	0,36	3/4	22,43			1,00	1,00		0,29	1,02	0,39	0,20	0,08	0,10	1,41	2,70	4,11	0,04	0,18	0,91	9,00	9,00	2,32
8	9	49,00	1,16	1 1/4	37,86				1,00		0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	0,50	2,04	0,03	0,06	1,03	9,00	9,00	10,76
9	10	59,00	1,32	1 1/4	37,86				1,00		0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	1,60	3,14	0,04	0,12	1,17	9,00	9,00	10,88
10	11	69,00	1,46	1 1/4	37,86				1,00		0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	0,95	2,49	0,05	0,12	1,30	9,00	9,00	11,00
11	MAF#1,3°	79,00	1,61	1 1/4	37,86			2,00		1,00	0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	2,92	6,00	8,92	0,06	0,50	1,43	9,00	9,00	11,50
<b>RED AGUA FRIA BATERIA DE BAÑOS PISO 2</b>																									
C= 150,00																									
<b>FLUXOMETROS</b>																									
1	2	10,00	0,39	1	29,98			2,00			0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,00	2,47	3,47	0,01	0,04	0,55	6,00	6,00	10,37
2	3	20,00	0,63	1	29,98				1,00		0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	1,00	2,28	0,03	0,07	0,89	6,00	6,00	10,44
3	4	30,00	0,83	1	29,98				1,00		0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	1,00	2,28	0,05	0,12	1,18	6,00	6,00	10,56
4	8	40,00	1,01	1	29,98				1,00		0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	0,60	1,88	0,07	0,14	1,43	6,00	6,00	10,70
<b>SANITARIOS</b>																									
5	6	3,00	0,17	1/2	16,29			2,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	1,05	1,61	0,05	0,09	0,82	6,00	6,00	2,00
6	7	6,00	0,28	1/2	16,29				1,00		0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	1,00	1,76	0,13	0,23	1,34	6,00	6,00	2,09
7	8	9,00	0,36	3/4	22,43			1,00	1,00		0,29	1,02	0,39	0,20	0,08	0,10	1,41	2,70	4,11	0,04	0,18	0,91	6,00	6,00	2,32
8	9	49,00	1,16	1 1/4	37,86				1,00		0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	0,50	2,04	0,03	0,06	1,03	6,00	6,00	10,76
9	10	59,00	1,32	1 1/4	37,86				1,00		0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	1,60	3,14	0,04	0,12	1,17	6,00	6,00	10,88
10	11	69,00	1,46	1 1/4	37,86				1,00		0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	0,95	2,49	0,05	0,12	1,30	6,00	6,00	11,00
11	MAF#1,2°	79,00	1,61	1 1/4	37,86			2,00		1,00	0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	2,92	6,00	8,92	0,06	0,50	1,43	6,00	6,00	11,50



TRAMO		Unid	Q	Ø		ACCESORIOS						LONG EQUIVALENTE POR ACCESORIO						LONGITUD m			j	J	V	NIVEL		Presion	
DE	A	Hunter	l/s	pulg	mm	Te Dire	Te Late	Codo 90	Codo 45	Buje	Valvula	Te Dire	Te Late	Codo 90	Codo 45	Buje	Valvula	Equiv	Real	Total	m/m	m	m/s	Entrada	Salida	m	
<b>RED AGUA FRIA BATERIA DE BAÑOS PISO 1</b>																											
C= 150,00																											
<b>FLUXOMETROS</b>																											
1	2	10,00	0,39	1	29,98			2,00				0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,00	2,47	3,47	0,01	0,04	0,55	3,00	3,00	10,33	
2	3	20,00	0,63	1	29,98		1,00					0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	1,00	2,28	0,03	0,07	0,89	3,00	3,00	10,44	
3	4	30,00	0,83	1	29,98		1,00					0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	1,00	2,28	0,05	0,12	1,18	3,00	3,00	10,56	
4	8	40,00	1,01	1	29,98		1,00					0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	1,00	1,88	0,07	0,14	1,43	3,00	3,00	10,70	
<b>SANITARIOS</b>																											
5	6	3,00	0,17	1/2	16,29			2,00				0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	1,05	1,61	0,05	0,09	0,82	3,00	3,00	2,09	
6	7	6,00	0,28	1/2	16,29		1,00					0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	1,00	1,76	0,13	0,23	1,34	3,00	3,00	2,32	
7	8	9,00	0,36	3/4	22,43		1,00	1,00				0,29	1,02	0,39	0,20	0,08	0,10	1,41	2,70	4,11	0,04	0,18	0,91	3,00	3,00	2,50	
8	9	49,00	1,16	1 1/4	37,86		1,00					0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	0,50	2,04	0,03	0,06	1,03	3,00	3,00	10,76	
9	10	59,00	1,32	1 1/4	37,86		1,00					0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	1,60	3,14	0,04	0,12	1,17	3,00	3,00	10,88	
10	11	69,00	1,46	1 1/4	37,86		1,00					0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	1,54	0,95	2,49	0,05	0,12	1,30	3,00	3,00	11,00	
11	MAF#1,1°	79,00	1,61	1 1/4	37,86		1,00	2,00			1,00	0,46	1,54	0,61	0,33	0,13	0,16	2,92	6,00	8,92	0,06	0,50	1,43	3,00	3,00	11,50	
<b>RED EXTERNA BATERIAS DE BAÑO</b>																											
MAF#1,4°	MAF#1,3°	79,00	1,61	1 1/2	43,36			1,00				0,55	1,79	0,72	0,39	0,16	0,19	0,72	3,00	3,72	0,03	0,11	1,09	12,00	9,00	14,61	
MAF#1,3°	MAF#1,2°	158,00	2,58	2	54,18		1,00					0,73	2,31	0,95	0,52	0,21	0,24	2,31	3,00	5,31	0,02	0,12	1,12	9,00	6,00	17,73	
MAF#1,2°	MAF#1,1°	237,00	3,40	2	54,18		1,00					0,73	2,31	0,95	0,52	0,21	0,24	2,31	3,00	5,31	0,04	0,21	1,47	6,00	3,00	20,94	
MAF#1,1°	MAF#1,0°	316,00	4,14	2 1/2	65,57		1,00					0,90	2,83	1,17	0,64	0,25	0,30	2,83	3,00	5,83	0,02	0,13	1,23	3,00	0,00	24,07	
MAF#1,0°	12	316,00	4,14	2 1/2	65,57			2,00				0,90	2,83	1,17	0,64	0,25	0,30	2,34	20,61	22,95	0,02	0,51	0,00	0,00	0,00	24,58	
12	16	316,00	4,14	2 1/2	65,57		1,00					0,90	2,83	1,17	0,64	0,25	0,30	2,83	9,30	12,13	0,02	0,27	1,23	0,00	0,00	24,85	
<b>SANITARIOS</b>																											
13	14	10,00	0,39	1	29,98			3,00				0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,50	1,08	2,58	0,01	0,03	0,55	0,00	0,00	10,36	
14	15	20,00	0,63	1	29,98		1,00					0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	0,63	1,91	0,03	0,06	0,89	0,00	0,00	10,42	
15	16	23,00	0,69	1	29,98		1,00				1,00	0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,41	1,12	2,53	0,04	0,09	0,98	0,00	0,00	10,51	
16	HIDRON.	339,00	4,34	2 1/2	65,57			3,00				0,90	2,83	1,17	0,64	0,25	0,30	3,51	0,24	3,75	0,02	0,09	1,29	23,67	23,67	24,94	
<b>RED AGUA FRIA LAVAMANOS PISO 4</b>																											
C= 150,00																											
<b>LAVAMANOS</b>																											
17	18	1,00	0,08	1/2	16,29			2,00				0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	0,83	1,39	0,01	0,02	0,38	12,00	12,00	2,02	
18	19	2,00	0,13	1/2	16,29		1,00					0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	0,74	1,50	0,03	0,05	0,62	12,00	12,00	2,07	
19	22	3,00	0,17	1/2	16,29		1,00	1,00				0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,04	8,30	9,34	0,05	0,49	0,82	12,00	12,00	2,56	
<b>LAVAMANOS</b>																											
20	21	1,00	0,08	1/2	16,29			2,00				0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	0,80	1,36	0,01	0,02	0,38	12,00	12,00	2,02	
21	22	2,00	0,13	1/2	16,29		1,00					0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	1,00	1,76	0,03	0,06	0,62	12,00	12,00	2,08	
22	23	5,00	0,24	1/2	16,29		1,00	1,00				0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,04	3,04	4,08	0,10	0,41	1,15	12,00	12,00	2,97	
23	MAF#2,4°	6,00	0,28	1/2	16,29		1,00	1,00			1,00	0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,12	0,50	1,62	0,13	0,22	1,34	12,00	12,00	3,19	

RED AGUA FRIA LAVAMANOS PISO 3																									
																						C=	150,00		
LAVAMANOS																									
17	18	1,00	0,08	1/2	16,29			2,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	0,83	1,39	0,01	0,02	0,38	9,00	9,00	2,02
18	19	2,00	0,13	1/2	16,29		1,00				0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	0,74	1,50	0,03	0,05	0,62	9,00	9,00	2,07
19	22	3,00	0,17	1/2	16,29		1,00	1,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,04	8,30	9,34	0,05	0,49	0,82	9,00	9,00	2,56
LAVAMANOS																									
20	21	1,00	0,08	1/2	16,29			2,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	0,80	1,36	0,01	0,02	0,38	9,00	9,00	2,02
21	22	2,00	0,13	1/2	16,29		1,00				0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	1,00	1,76	0,03	0,06	0,62	9,00	9,00	2,08
22	23	5,00	0,24	1/2	16,29		1,00	1,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,04	3,04	4,08	0,10	0,41	1,15	9,00	9,00	2,97
23	MAF#2,4°	6,00	0,28	1/2	16,29		1,00	1,00		1,00	0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,12	0,50	1,62	0,13	0,22	1,34	9,00	9,00	3,19
RED AGUA FRIA LAVAMANOS PISO 2																									
																						C=	150,00		
LAVAMANOS																									
17	18	1,00	0,08	1/2	16,29			2,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	0,83	1,39	0,01	0,02	0,38	3,00	3,00	2,02
18	19	2,00	0,13	1/2	16,29		1,00				0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	0,74	1,50	0,03	0,05	0,62	3,00	3,00	2,07
19	22	3,00	0,17	1/2	16,29		1,00	1,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,04	8,30	9,34	0,05	0,49	0,82	3,00	3,00	2,56
LAVAMANOS																									
20	21	1,00	0,08	1/2	16,29			2,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	0,80	1,36	0,01	0,02	0,38	3,00	3,00	2,02
21	22	2,00	0,13	1/2	16,29		1,00				0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	1,00	1,76	0,03	0,06	0,62	3,00	3,00	2,08
22	23	5,00	0,24	1/2	16,29		1,00	1,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,04	3,04	4,08	0,10	0,41	1,15	3,00	3,00	2,97
23	MAF#2,4°	6,00	0,28	1/2	16,29		1,00	1,00		1,00	0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,12	0,50	1,62	0,13	0,22	1,34	3,00	3,00	3,19
RED AGUA FRIA LAVAMANOS PISO 1																									
																						C=	150,00		
LAVAMANOS																									
17	18	1,00	0,08	1/2	16,29			2,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	0,83	1,39	0,01	0,02	0,38	0,00	0,00	2,02
18	19	2,00	0,13	1/2	16,29		1,00				0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	0,74	1,50	0,03	0,05	0,62	0,00	0,00	2,07
19	22	3,00	0,17	1/2	16,29		1,00	1,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,04	8,30	9,34	0,05	0,49	0,82	0,00	0,00	2,56
LAVAMANOS																									
20	21	1,00	0,08	1/2	16,29			2,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	0,80	1,36	0,01	0,02	0,38	0,00	0,00	2,02
21	22	2,00	0,13	1/2	16,29		1,00				0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,76	1,00	1,76	0,03	0,06	0,62	0,00	0,00	2,08
22	23	5,00	0,24	1/2	16,29		1,00	1,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,04	3,04	4,08	0,10	0,41	1,15	0,00	0,00	2,97
23	MAF#2,4°	6,00	0,28	1/2	16,29		1,00	1,00		1,00	0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,12	0,50	1,62	0,13	0,22	1,34	0,00	0,00	3,19
RED EXTERNA LAVAMANOS																									
MAF#2,4°	MAF#2,3°	6,00	0,28	1/2	16,29			1,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,28	3,00	3,28	0,13	0,44	1,34	12,00	9,00	6,63
MAF#2,3°	MAF#2,2°	12,00	0,44	3/4	22,43		1,00				0,29	1,02	0,39	0,20	0,08	0,10	1,02	3,00	4,02	0,06	0,26	1,11	9,00	6,00	9,89
MAF#2,2°	MAF#2,1°	18,00	0,58	1	29,98		1,00				0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	3,00	4,28	0,03	0,11	0,82	6,00	3,00	13,00
MAF#2,1°	MAF#2,0°	24,00	0,71	1	29,98		1,00				0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	1,28	3,00	4,28	0,04	0,16	1,01	3,00	0,00	16,16
MAF#2,0°	28	24,00	0,71	1	29,98		1,00	2,00			0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	2,28	27,63	29,91	0,04	1,14	0,00	0,00	0,00	17,30
LAVAMANOS																									
25	26	2,00	0,13	1/2	16,29			2,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,56	2,20	2,76	0,03	0,09	0,62	0,00	0,00	2,09
26	27	4,00	0,21	1/2	16,29		1,00	1,00			0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	1,04	2,15	3,19	0,08	0,25	1,01	0,00	0,00	2,34
27	28	6,00	0,28	1/2	16,29		1,00			1,00	0,20	0,76	0,28	0,14	0,06	0,08	0,84	0,31	1,15	0,13	0,15	1,34	0,00	0,00	2,49
28	HIDRON.	30,00	0,83	1	29,98		1,00	2,00			0,38	1,28	0,50	0,26	0,11	0,13	2,28	8,00	10,28	0,05	0,53	1,18	23,67	23,67	17,83

TRAMO	CAUDAL		CARACTERISTICAS					CONDICIONES HIDRAULICAS DEL COLECTOR													
			GEOMETRICAS DEL COLECTOR																		
DE	U.G.	CAUDAL DE DISEÑO Qn	"n" Manning	Diametro nominal del colector	Diametro interno del colector	Longitud entre pozos	Pendiente colector	Caudal tubo lleno Qo	Q/Qo	Y		Vel tubo lleno Vo	Vel del agua V	THETA	R	Fuerza tractiva Ft	V^2 ---- 2G	D	Froude F		
		lt/seg		mm	m	m	%	Lt/sg		m		m/sg	m/sg				m				
C1 - C3	44	2,12	0,01	110	0,099	16,40	1,00	6,54	0,32	0,45	0,04	0,76	0,85	0,64	2,92	0,02	0,23	0,02	0,34	0,03	1,11
C2 - C3	6	0,80	0,01	110	0,099	11,19	1,00	6,54	0,12	0,26	0,03	0,57	0,85	0,48	2,16	0,02	0,15	0,01	0,19	0,02	1,13
C3 - PTAR	50	2,26	0,01	110	0,099	4,15	1,00	6,54	0,35	0,46	0,05	0,77	0,85	0,66	3,00	0,02	0,24	0,02	0,36	0,04	1,11

Vmin	0,40	m/s
Ft	0,15	K/m2

## ANEXO 27. Ensayos realizados a muestra de agua lluvia.

	<b>LABORATORIO QUIMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 03	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 30/11/2010 <b>Página</b> 1 de 3	

<b>Solicitud No.</b> 11-117	<b>Fecha de emisión:</b> Abril 15 de 2011
<b>Cliente:</b> CINDY MARCELA CACERES	
<b>Dirección del cliente:</b> Calle 10 A No 17-70	
<b>No. de muestras:</b> 1	
<b>Fecha de recepción de las muestras:</b> Marzo 24 de 2011	
<b>Muestras recibidas por:</b> Johanna Riveros	
<b>Fecha de análisis:</b> Marzo 24 de 2011 – Abril 15 de 2011	

### 1. ANALISIS FISICOQUIMICO

<b>Codificación de la Muestra:</b> 11-117-01	<b>Tipo de muestra:</b> Puntual
<b>Identificación de la muestra:</b> Agua Lluvia Recolectada cerca UIS	
<b>Matriz de la muestra:</b> Agua Cruda	
<b>Muestreo realizado por:</b> El Cliente	
<b>Lugar y punto de muestreo:</b> Universidad Industrial de Santander	
<b>Fecha del muestreo:</b> Marzo 23 de 2011	

PARAMETRO	RESULTADO	MÉTODO/NORMA
pH (Unidades de pH)	6,89	Potenciométrico/SM 4500-H <sup>+</sup> B
Temperatura ( °C)	23,2	Termométrico / SM 2550 B
Conductividad (µS/cm)	14,9	Conductivimétrico/SM 2510
Dureza Total (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	**<LD	Titrimétrico-EDTA/SM 2340 C
Cloruros (mg Cl <sup>-</sup> /L)	9,59	Argentométrico/SM 4500-Cl <sup>-</sup> B
Carbonatos(mg CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> /L)	0	Titrimétrico/SM 2320 B
Bicarbonatos(mg HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L)	9,79	Titrimétrico/SM 2320 B
Sodio (mg Na/L)	0,35	Absorción Atómica /SM 3500 Na
Calcio (mg Ca/L)	3,80	Absorción Atómica/SM 3500 Ca
Magnesio (mg Mg/L)	1,09	Absorción Atómica/SM 3500 Mg
Alcalinidad Total(mg CaCO <sub>3</sub> /L)	8	Titrimétrico/SM 2320 B
Sulfatos (mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /L)	*<LD	Espectrofotométrico/SM 4500 E
Hierro Total (mg Fe/L)	0,15	Espectrofotométrico/SM 3500B-Fe
RAS	0,06	Cálculo Matemático
Porcentaje de Sodio Intercambiable (%PSI)	0,059	Cálculo Matemático
Boro ( mg B/L)	***<LD	Espectrofotométrico/SM 4500 C

\*<LD: Límite de Detección Sulfatos 0,5mg SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>/L  
\*\*<LD: Límite de Detección Dureza Total: 4 mg CaCO<sub>3</sub>/L  
\*\*\*<LD: Límite de Detección del Boro: 0,005 mg B/L

---

Ciudad Universitaria Carrera 27 Calle 9 – Edificio Camilo Torres/ Laboratorio 222  
Conmutador: (7) 6344000 Ext. 2465. Telefax: (7) 6349009  
Página web: <http://ciencias.uis.edu.co/lqci/> E-mail: [laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co](mailto:laboratorioquimicodeconsultas@uis.edu.co)  
Bucaramanga - Colombia

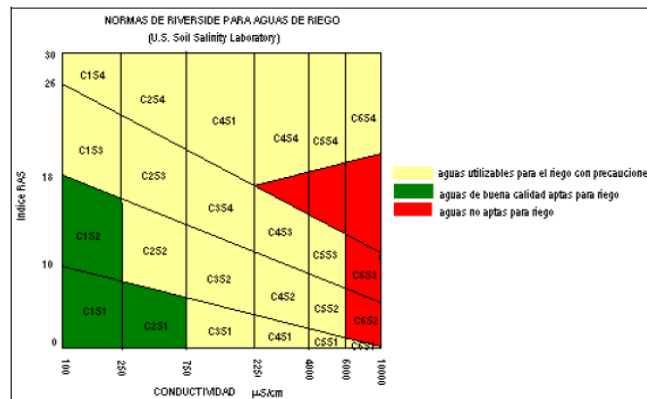
	<b>LABORATORIO QUIMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES</b>	<b>Código:</b> F-PA-02	
	<b>POST-ANALITICO</b>	<b>Versión:</b> 03	
	<b>INFORME DE RESULTADOS</b>	<b>Fecha:</b> 30/11/2010 Página 2 de 3	

Solicitud No. 11-117

PARAMETRO	RESULTADO	MÉTODO/NORMA
Salinidad Efectiva (meq/L)	0.14	Cálculo Matemático
Salinidad Potencial (meq/L)	027	Cálculo Matemático
Carbonato de Sodio Residual (meq/L)	-0.121	Cálculo Matemático
Porcentaje de Sodio Posible (%)	11,20	Cálculo Matemático

**Clasificación de la muestra de agua para riego, de acuerdo con la Conductividad y el RAS: C1-S1**

*Características de las muestras tipo C1-S1: Agua clasificada dentro de la zona del tipo C1-S1. Algunas de las características de esta clase de agua son las siguientes: Agua de baja salinidad, con bajo contenido de sodio, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.*



De acuerdo con los criterios de Palacios y Aceves (1970) y De la Peña (1986) para el valor de carbonato de sodio residual clasifican al agua como BUENA para riego, puesto que el valor es inferior a 1,25 meq/L.

