

ACTA

El día _____ se reunió el jurado formado por los profesores

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **“SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA DE LAS REDES DE DRENAJE DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE CARACAS”**.

Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al título de: **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que los Bachilleres hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACION	
	Número	Letra
Br. Luis E. Ascanio U.		
Br. Rodolfo J. Patruyo M.		

RECOMENDACIONES:

FIRMAS DEL JURADO

Caracas, ____ de _____ de 2002

DEDICATORIA

A la Universidad Central de Venezuela, donde aprendí a ser amigo, compañero y profesional

Luis E. Ascanio U.

DEDICATORIA

A mis Padres y amigos.
A mi Tutora, Madre y amiga.

Rodolfo J. Patruyo M.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar le damos las gracias a la Prof. Maritza Rivas por ayudarnos, guiarnos, orientarnos y regañarnos durante toda la ejecución de este Trabajo.

Al Br. Diomar Rivero por dedicar su tiempo en la programación del Sistema de Información.

A los Ingenieros Mario Dubois y Luis Quintero quienes con su amplia experiencia en la elaboración de proyectos hidráulicos nos brindaron su valiosa colaboración.

En el Departamento de Canalizaciones al Ingeniero Oswaldo Panté y a su personal técnico: Maraima, Ruiz y Emilio Rivero (“conchale”).

Le damos un reconocimiento a todas aquellas personas que se preocuparon por el desarrollo de nuestro trabajo: Pedro Rivas, Blanquita, Tavo, David y Maturro.

También le damos las gracias a Ega, por su ayuda en los momentos finales de nervio y angustia.

Rudolf y Luisín

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN _____	11
INTRODUCCIÓN _____	13
CAPÍTULO N° 1 : SISTEMA DE DRENAJE _____	14
1.1 DEFINICIÓN DE UN SISTEMA DE DRENAJE _____	14
1.2 FUNCIONES DE UN SISTEMA DE DRENAJE _____	15
1.3 TIPOS DE DRENAJE _____	16
1.4 PRINCIPIOS Y ESTRATEGIAS A SEGUIR EN LA ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE DRENAJE _____	18
1.5 ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA DE DRENAJE _____	19
1.5.1 ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN _____	19
1.5.1.1 Sumideros _____	19
1.5.1.2 Brocales y canales _____	22
1.5.2 COLECTORES _____	23
1.5.2.1 Ubicación _____	24
1.5.2.2 Tipos de apoyos _____	25
1.5.2.3 Materiales _____	26
1.5.2.4 Consideraciones generales _____	26
1.5.3 BOCAS DE VISITA _____	28
1.5.3.1 Marco y tapa para bocas de visita _____	28
1.5.3.2 Tipos _____	29
1.5.3.3 Consideraciones generales _____	30
1.6 ANÁLISIS HIDRÁULICO _____	31
1.6.1 CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO _____	31
CAPÍTULO N° 2 : SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA _____	35
2.1 CONSIDERACIONES GENERALES _____	35
2.2 HISTORIA DE LOS SIG _____	36

	Pag.
2.3 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA _____	38
2.4 OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA _____	38
2.5 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA _____	38
2.5.1 HARDWARE _____	39
2.5.2 SOFTWARE _____	39
2.5.3 DATOS _____	40
2.5.3.1 Tipos de datos _____	41
2.5.3.2 Base de datos de un Sistema de Información Georeferenciada	42
2.5.3.3 Modelación de datos espaciales _____	42
2.5.4 PERSONAL _____	46
2.5.5 MÉTODOS _____	46
2.6 FUNCIONES DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA _____	47
2.6.1 ENTRADA DE DATOS _____	47
2.6.2 TRANSFORMACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS _____	47
2.6.3 SALIDA DE INFORMACIÓN _____	47
2.7 ALGUNAS APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA _____	48
2.8 SOFTWARE UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN _____	50
2.8.1 MAPINFO PROFESIONAL® _____	50
2.8.1.1 Requerimientos del programa _____	51
2.8.1.2 MapBasic® _____	51
2.8.1.3 Espacio de trabajo _____	52
 CAPÍTULO N° 3 : SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA DE LAS REDES DE DRENAJE DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA _____	 53

	Pag.
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA _____	53
3.1.1 ANTECEDENTES _____	54
3.1.2 OBJETIVOS _____	54
3.2 SISTEMA DE DRENAJE DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA _____	55
3.2.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE _____	56
3.2.2 ELABORACIÓN DE FORMATOS PARA EL LEVANTAMIENTO EN CAMPO _____	58
3.2.3 TRABAJO EN CAMPO _____	61
3.2.3.1 Metodología empleada _____	61
3.2.3.2 Primera fase _____	64
3.2.3.3 Segunda fase _____	65
3.2.3.4 Tercera fase _____	65
3.2.3.5 Cuarta fase _____	66
3.2.3.6 Análisis preliminar _____	66
3.2.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN _____	68
3.2.4.1 Conversión de datos a digitales _____	68
3.2.4.2 Ordenamiento final de la información _____	69
3.2.4.3 Procesamiento de la base de datos al sistema de información _____	69
3.2.4.4 Estructura del sistema de drenaje actual _____	70
3.2.5 DISEÑO Y DESARROLLO DE LAS SALIDAS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN _____	74
3.2.5.1 Descripción del modelo _____	74
3.3 DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS DE DRENAJE SUPERFICIAL DE LA U.C.V. _____	77
 CONCLUSIONES _____	 79
RECOMENDACIONES _____	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	83
DIRECCIONES CONSULTADAS EN INTERNET _____	86

GLOSARIO	87
ANEXOS	89

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Pag.
Figura N° 1: Esquema ilustrativo de un sistema de drenaje _____	17
Figura N° 2: Sumidero mixto, Plaza las Tres Gracias, Ciudad Universitaria _____	21
Figura N° 3: Conexiones entre sumideros y el colector principal _____	22
Figura N° 4: Tipos de apoyos de colectores _____	26
Figura N° 5: Marco y tapa tipo liviano para bocas de visita, Facultad de Ingeniería, UCV _____	29
Figura N° 6: Zona de estancamiento, pasillos techados, Facultad de Ingeniería, UCV _____	34
Figura N° 7: Componentes básicos de un Sistema de Información Gereferenciada _____	39
Figura N° 8: Representación del mundo real a través de los modelos vectorial y raster _____	43
Figura N° 9: Tablas asociadas a un espacio de trabajo _____	52
Figura N° 10: Cronograma de trabajo _____	56
Figura N° 11: Planilla diseñada para la extracción de datos _____	58
Figura N° 12: Planilla de recolección de datos en campo para sumideros _____	59
Figura N° 13: Planilla de recolección de datos en campo para bocas de visita	60
Figura N° 14: Esquema de trabajo en campo _____	62
Figura N° 15: Esquema general de puntos de identificación en los elementos del sistema _____	63
Figura N° 16: Gráficos explicativos de los resultados obtenidos _____	67
Figura N° 17: Porcentajes de operatividad en sumideros y bocas de visita _____	68
Figura N° 18: Clasificación de los ramales _____	70
Figura N° 19: Atributos correspondiente a cada una de las entidades _____	75
Figura N° 20: Menú inicial de selección _____	76

	Pag.
Figura N° 21: Sumidero de rejas tipo INOS, calle Sierra Maestra _____	90
Figura N° 22: Sumidero de rejas de hierro fundido, Tierra de Nadie _____	90
Figura N° 23: Sumidero de reja colocados linealmente, estacionamiento Consulta Externa _____	91
Figura N° 24: Sumidero de ventana con rejilla, estacionamiento de la Facultad de Ciencias _____	91
Figura N° 25: Cuneta tipo M.O.P, calle Sierra Maestra _____	91
Figura N° 26: Tapa para una boca de visita de hierro fundido, tipo liviano _____	92
Figura N° 27: Base de concreto sin armar para bocas de visita _____	92
Figura N° 28: Vista interior de caída del flujo en boca de visita _____	93
Figura N° 29: Izq. Salida de descarga sobre colector marginal Izquierdo Valle; Der. Escalera de acceso al Río Valle _____	93
Figura N° 30: Estancamiento del edificio de consulta externa (Ambulatorio) _____	94
Figura N° 31: Caminería de acceso al edificio de Consulta Externa (Ambulatorio) _____	94
Figura N° 32: Jardín posterior a la escuela de Administración y Contaduría _____	95
Figura N° 33: Izq. Pista de trote Estadio Olímpico; Der. Caminerías del sector Tierra de Nadie _____	95
Figura N° 34: Izq. Cancha deportiva del Instituto Anatómico; Der. Jardín posterior a la dirección de Deportes de la U.C.V _____	95
Tabla N° 1: Valores de coeficientes de rugosidad _____	27
Tabla N° 2: Velocidades máximas admisibles para colectores de aguas pluviales _____	27
Tabla N° 3: Valores de coeficientes de escorrentía _____	33

RESUMEN

El presente Trabajo Especial de Grado plantea el desarrollo del Sistema de Información Georeferenciada aplicado al Sistema de Drenaje de la Universidad Central de Venezuela, también presenta una lectura complementaria sobre los diferentes aspectos orientados a personas que deseen aprender y profundizar términos en relación a esta línea de investigación.

El Centro de Investigación Aplicada en Sistemas de Información Georeferenciada de la U.C.V. (CIASIG-UCV), ha venido desarrollando un macro-proyecto denominado *Sistema de Gestión Catastral de la Universidad Central de Venezuela (SGC-UCV)* conformado por varios subsistemas con visión integradora de un conjunto de aspectos que apoyados en nuevas tecnologías permitirán el análisis multicriterio para la toma de decisiones en el ámbito de la gestión de servicios.

El objetivo fundamental de este trabajo recae en el diseño, ejecución y montaje de uno de esos subsistemas. Su fiel cumplimiento facilitará el apoyo hacia la Dirección de Servicios Generales de la U.C.V. la cual pretende generar un grupo de herramientas capaces de informar acerca del entramado físico existente, la posición geográfica, los distintos elementos que conforman las redes y los atributos de cada uno de ellos.

Este trabajo se estructura de tres (3) capítulos fundamentales que describen de forma organizada los temas de importancia discutidos durante su realización. A continuación la descripción breve de cada uno de ellos:

Capítulo N° 1: Sistema de Drenaje

La primera parte de este capítulo está destinada a describir algunos conceptos básicos que involucran la estructura de un Sistema de Drenaje. Se mencionan estrategias, principios, funciones, tipos de drenajes, así como una explicación de cada uno de los elementos que conforman el sistema. Finalmente, se muestran argumentos teóricos necesarios a la hora de realizar el análisis hidráulico de un proyecto de aguas pluviales.

Capítulo N° 2: Sistemas de Información Geográfica

Describe cada uno de los aspectos relacionados a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se presentan varios puntos de vista de diversos autores en cuanto a su definición, también se mencionan aspectos relacionados con: la historia de los SIG, los objetivos que persigue, las funciones que desempeña, los componentes principales y las distintas aplicaciones a las cuales pueden someterse, así como los últimos avances realizados a nivel mundial.

Capítulo N° 3: Sistema de Información Georeferenciada de las Redes de Drenaje de la Universidad Central de Venezuela.

Engloba todo lo referente al cronograma de actividades llevado durante la realización de este Trabajo Especial de Grado. Se inicia con la recopilación de datos bibliográficos o ya existentes, después conduce al levantamiento y procesamiento de la información encontrada en campo y finaliza con el montaje del sistema georeferenciado seguido de un evalúo general de la situación en que se encuentra el sistema de drenaje actual.

Al principio del capítulo, se plantea el problema que motivó la ejecución de esta investigación, así como los objetivos señalados y cumplidos en el orden en fueron programados.

INTRODUCCIÓN

El Trabajo Especial de Grado que a continuación se presenta forma parte de un proyecto denominado *Sistema de Gestión Catastral* encargado de ofrecerle a nuestra casa de estudio todos los beneficios necesarios utilizando como base un Sistema de Información Georeferenciada.

En el ámbito del manejo de la tecnología, este sistema constituye un papel esencial a la disponibilidad de información de manera ágil y oportuna, con el fin de resolver problemas y contestar a las preguntas de un modo inmediato. Por otra parte, conduce a la integración de varias herramientas multipropósito con aplicaciones en campos tan diversos como: la planificación urbana, la organización catastral, el medio ambiente, el ordenamiento territorial, los trabajos de mantenimiento y la gestión de redes de servicio público como en nuestro caso lo es el *Sistema de Redes de Drenaje de la Universidad Central de Venezuela (SRD-UCV)*.

De igual manera, se señalan algunos conceptos importantes referentes a los sistemas de drenaje y de información geográfica, con el objeto de documentar al lector de nuestro trabajo en relación al objetivo final de la investigación, crear un Sistema de Información actualizado para la Universidad.

Por último, son indicadas unas conclusiones y recomendaciones referidas al trabajo realizado, las cuales son el producto de un profundo análisis de los resultados obtenidos y procuran el mejoramiento del sistema aportando posibles soluciones a los problemas que sirven de base a futuras investigaciones vinculadas a esta importante tecnología.

CAPÍTULO 1

SISTEMA DE DRENAJE

El desarrollo de zonas urbanas dentro de áreas ocupadas progresivamente por la población genera una dotación de servicios hacia la comunidad, esta dotación puede ocurrir dependiendo de la importancia que vaya adquiriendo una región, ya sea en forma planificada o espontánea. Todos los servicios están interrelacionados de tal manera que su existencia es consecuencia o está limitada a la presencia de otro complementario, pero siempre manteniendo como fin el mejoramiento de las condiciones de salubridad de la población.

La recolección de las aguas pluviales forma parte fundamental dentro de estos servicios y su necesidad obliga la existencia de un Sistema de Drenaje capaz de conducir dichas aguas hasta los cauces de quebradas existentes en la zona, sin poner en riesgo las vidas ni provocar daños a propiedades vecinas o de la zona misma.

Por otra parte, las aguas provenientes de las lluvias recolectadas en un Sistema de Drenaje ¹ pueden ser conducidas conjunta o separadamente de las aguas negras, dando así origen a un sistema de recolección unitario o combinado, o por el contrario, a un sistema de recolección separado.

1.1 – DEFINICIÓN DE UN SISTEMA DE DRENAJE

Se entenderá por sistema de drenaje ² un conjunto de acciones, materiales o no, destinadas a evitar en la medida de lo posible que las aguas pluviales causen daños a las personas o a las propiedades en las ciudades u obstaculicen el normal desenvolvimiento de la vida urbana, es decir, dirigidas al logro de los objetivos establecidos.

Dentro del término “aguas pluviales” quedan comprendidas no solamente las aguas originadas por las precipitaciones que caen directamente sobre las áreas urbanizadas que conforman la población, sino también aquellas que provienen de otros sectores y discurren a través de la ciudad, bien sea por cauces naturales, conductos artificiales o simplemente a lo largo de su superficie.

Las acciones a que se refiere la definición de sistema de drenaje urbano pueden ser de dos tipos: *preventivas*, que disminuyen los daños mediante la administración adecuada de los usos de las áreas potencialmente sujetas a ellos; y *correctivas*, que alivian esos daños en las áreas donde las medidas de tipo preventivo son insuficientes. Como un ejemplo práctico podemos decir que las acciones que impliquen la construcción de una obra hidráulica, u otras cuyas dimensiones y características se modifiquen por razones hidráulicas, son correctivas, y las restantes se consideran preventivas.

Las acciones correctivas más usuales en un sistema de drenaje son: obras de embalse y regulación; obras de canalización y rectificación de cauces naturales; obras de conducción, tales como canales y tuberías; y obras conexas, tales como sumideros, disipadores, alcantarillas, sedimentadores, etc; de esta misma manera las acciones preventivas más comunes estarán constituidas por la conservación y protección de las cuencas tributarias, la regulación de edificaciones (cotas mínimas o uso de sótanos y plantas bajas), el pronóstico de inundaciones, regulación de planicies inundables, la educación e información adecuada de los habitantes de la ciudad y la regulación de los usos de las vías terrestres.

Un sistema de drenaje en general debe estar dirigido al logro de unos objetivos, es decir, los fines o intenciones hacia las cuales se dirigen las acciones a llevar a cabo. El objetivo primordial o básico es evitar al máximo posible los daños que las aguas de lluvias puedan ocasionar a las personas y a las propiedades en el medio urbano. De la misma manera, un sistema de drenaje debe garantizar el normal funcionamiento de la vida diaria en las poblaciones, permitiendo un apropiado tráfico de personas y vehículos durante y después de la ocurrencia de precipitaciones ².

1.2 – FUNCIONES DE UN SISTEMA DE DRENAJE

La función básica de un sistema de drenaje se define como el conjunto de acciones preventivas y correctivas encaminadas a cumplir los objetivos básicos y complementarios que conforman un sistema de drenaje. Asimismo, pueden existir acciones comunes o acciones de una función que contribuyan a la otra.

En referencia a las acciones preventivas podemos mencionar como ejemplo el pronóstico de una posible inundación en un área determinada y en relación a las correctivas, la construcción de un sumidero con su correspondiente colector, pues al mismo tiempo que

contribuye al mejoramiento del tráfico de personas y vehículos retirando las aguas de las calles, ayuda a evitar daños a éstas y a sus propiedades.

Un término muy relacionado a las funciones de todo sistema de drenaje es el de *grado de protección*, que se define como el nivel aceptable de riesgo de ocurrencia de daños o molestias ². Existen básicamente dos grados de protección, uno correspondiente a la función básica y otro a la complementaria, siendo el riesgo en el caso de la primera función de menor magnitud que en la segunda, por cuanto la protección de las personas y propiedades debe ser mayor que la garantía del tráfico de personas y vehículos.

A los efectos prácticos, estos grados de protección se traducen en la fijación de la probabilidad de ocurrencia de los escurrimientos (comúnmente llamados gastos o caudales de proyecto) cuyos daños deben ser eliminados y de la misma manera respetar los niveles de inundación aceptables. Se entiende por *niveles de inundación aceptables* ² las alturas máximas de agua proveniente de precipitaciones permitidas en las calles y avenidas, así como en otras superficies fijadas de acuerdo al objetivo perseguido.

1.3 – TIPOS DE DRENAJES

Un sistema de drenaje está formado básicamente por tres tipos de drenaje, ellos son: superficial, secundario y primario.

a) Drenaje superficial: comprende las acciones correctivas constituidas por el conjunto de facilidades naturales y artificiales que conducen al escurrimiento superficial, desde el lugar de caída de las aguas de lluvia hasta su entrada en un cauce natural o en un conducto artificial, disminuyendo las molestias al tráfico de personas y vehículos.

b) Drenaje secundario: es el conjunto de acciones correctivas constituidas por los conductos y obras conexas construidas por el hombre, las cuales permiten garantizar que las aguas no obstaculicen el normal desenvolvimiento del tráfico de personas y vehículos en las áreas de escurrimiento.

c) Drenaje primario: es el conjunto de acciones correctivas constituido por los cauces naturales, los conductos artificiales y obras conexas, dirigidas a salvaguardar la vida de las personas y evitar el daño a las propiedades existentes en las áreas de escurrimiento. Sin embargo, en la práctica lo anterior se traduce en que el drenaje primario debe ser concebido principalmente en forma tal, que conjuntamente con las acciones preventivas cumpla con el

objetivo básico, comprobándose su funcionamiento para el complementario; y en el caso del drenaje superficial y secundario debe verificarse en primer lugar el objetivo complementario y luego comprobar para el básico.

Una manera sencilla de distinguir el drenaje primario del secundario, es asociándolo al caso de un conducto artificial. Si las dimensiones del conducto establecidas de acuerdo a la función complementaria permanecen sin modificaciones y garantizan el grado de protección requerido en la función básica, entonces el conducto es un drenaje secundario, pero si por el contrario existe la necesidad de aumentar esas dimensiones para garantizar el buen funcionamiento del sistema, entonces estamos en presencia de un drenaje primario. Asimismo, la secuencia del escurrimiento no es necesariamente del drenaje superficial, al secundario y luego al primario, pues el drenaje secundario puede ser parcial o totalmente descartado ².

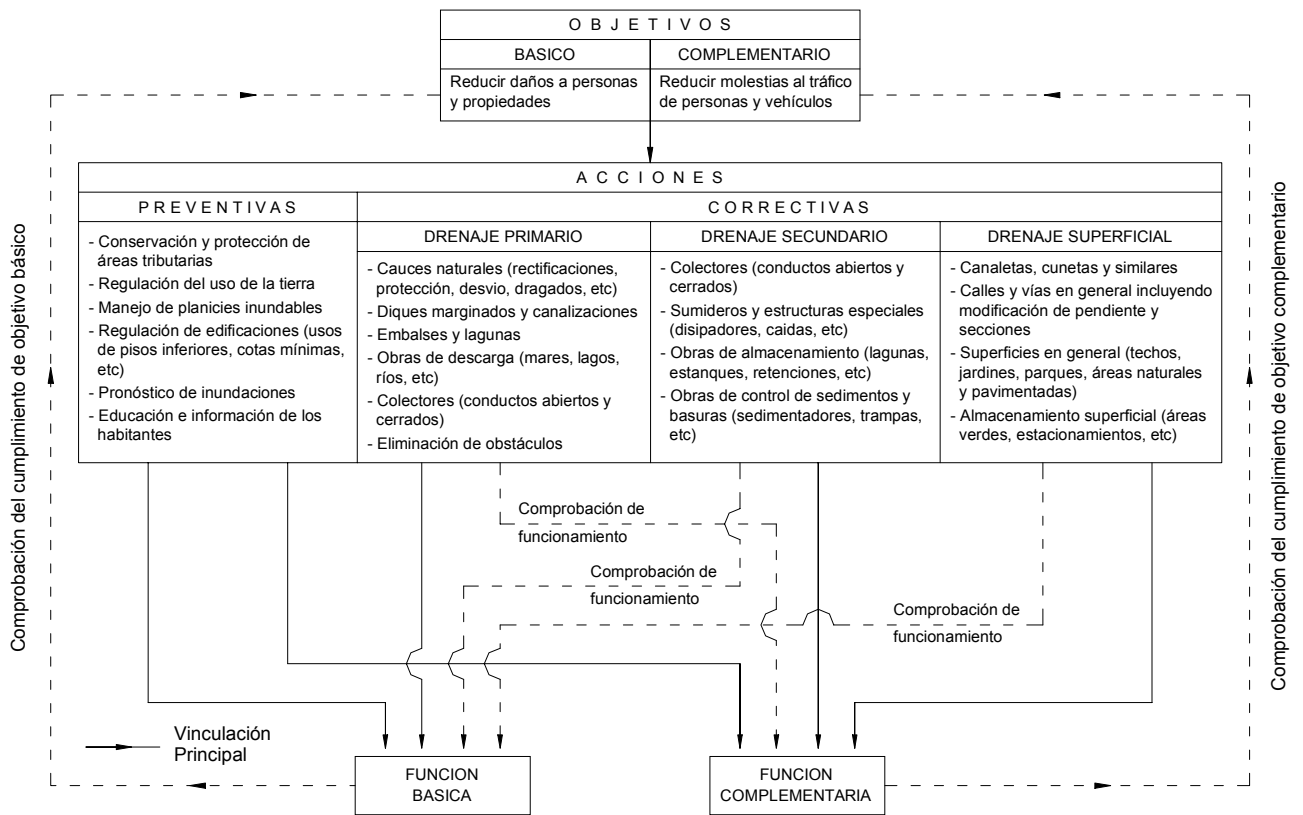


Figura N°1 : Esquema ilustrativo de un sistema de drenaje (Bolinaga Juan; Drenaje Urbano, 1979).

1.4 – PRINCIPIOS Y ESTRATEGIAS A SEGUIR EN LA ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE DRENAJE

Los principios en los cuales debe basarse la concepción de un sistema de drenaje y los fundamentos que gobiernan las acciones de las diferentes etapas a concretar, se resumen en tres aspectos: el servicio público, la planificación urbana integral y la planificación del aprovechamiento de los recursos hidráulicos.

El primero de estos aspectos está referido a que todo sistema de drenaje es un servicio público y en consecuencia debe ser planificado en beneficio de todas las personas y de la colectividad en general. De la misma manera un sistema de drenaje forma parte de un complejo mayor, el sistema urbano integral y por esta razón su planificación debe ser coordinada e integrada con la planificación urbana. El tercer aspecto fundamental relaciona el manejo de los recursos hidráulicos, involucrando una coordinación necesaria entre el drenaje urbano y el control de inundaciones en su nivel mas amplio.

En ningún caso un sistema de drenaje puede ocasionar un empeoramiento de las condiciones sanitarias de la población, debe contribuir al mejoramiento de las mismas, así como al mantenimiento ecológico y ambiental de las ciudades y cuencas hidráulicas adyacentes a la zona de estudio.

El logro de los objetivos de un sistema de drenaje no debe alcanzarse con la visión restringida a una ciudad, localidad o problema específico, sino dentro del contexto regional e hidrográfico. De igual forma debe tenerse presente que si se alteran las condiciones naturales de las aguas los espacios que éstas ocupaban originalmente serán requeridos posiblemente en otros lugares, lo cual podría significar la no solución del problema sino un traslado del mismo.

Dentro de las estrategias a seguir en la elaboración de un sistema de drenaje debe considerarse en primer lugar la situación actual del desarrollo del país y en segundo término aquellos planes integrales de desarrollo urbano que involucren sectores en crecimiento o áreas ya ocupadas que carecen de este importante servicio.

Bolinaga, Juan (1979) define las siguientes estrategias generales a un sistema de drenaje destinadas a lograr el cumplimiento de los objetivos planteados:

a) Elaboración de planes rectores básicos y complementarios: es necesario elaborar, planes rectores básicos y planes complementarios de los sistemas de drenajes, que contengan las acciones preventivas y correctivas principales, para la función básica y complementaria

respectivamente. La elaboración de estos planes debe ser estructurada en armonía con las autoridades responsables del planteamiento y aprovechamiento de los recursos hidráulicos, así como también dinámicos y aceptables a las circunstancias cambiantes, es decir, que puedan ser modificados sin alterar los principios y los objetivos.

b) Educación e información: es muy importante hacer conciencia en la ciudadanía acerca de la importancia de los sistemas de drenajes y sobre la colaboración que los ciudadanos deben prestar para el logro de su buen funcionamiento.

c) Criterios de planificación: para la ejecución de un buen sistema de drenaje es requisito indispensable el mejoramiento y ampliación de la información básica disponible, dándole una particular atención a la información topográfica e hidrometeorológica de la zona en estudio. La formulación de criterios generales de planificación y proyecto es un punto fundamental, siendo las autoridades competentes las responsables de fijar las normas y procedimientos correspondientes.

d) Investigación: la estrategia de la investigación esta muy relacionada con la colaboración de universidades y organismos tanto públicos como privados en cuanto a programas de investigación de drenaje que permitan desarrollar técnicas aplicables al país.

1.5 - ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA DE DRENAJE

1.5.1 - ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN

Las obras de captación son consideradas estructuras fundamentales dentro de un sistema de drenaje, su función radica en recolectar las aguas de lluvia que drenan por la superficie o en gran medida por las calles y conectarlas con el drenaje secundario y el primario, según fuere el caso. Entre las obras de captación más conocidas se encuentran los llamados sumideros, pero también existen otras estructuras como: brocales, canales y cunetas que al igual que los primeros deben ser objeto de atención a la hora de elaborar una red de drenaje.

1.5.1.1 - Sumideros

Estos dispositivos de captación pueden ser de varios tipos y su selección está asociada a diferentes factores como: características topográficas, grado de eficiencia del sumidero, importancia de la vía, posibilidad de arrastre y/o acumulación de sedimentos en el sector, etc.

Una vez determinado el caudal para las condiciones de riesgos se procede a definir los puntos de recolección de aguas de lluvias, luego se selecciona el tipo de sumidero y finalmente se le asignan las dimensiones tomando como principal criterio el grado de eficiencia.

La ubicación de los sumideros dependerá en gran medida de la distancia que los separa calculada a partir del caudal de diseño permisible en los sectores de estudio, sin embargo, existen sitios donde la colocación de un sumidero se hace imprescindible debido a las circunstancias del lugar. En general se colocarán sumideros en los siguientes sitios ¹:

- Puntos bajos y depresiones de las calzadas;
- Aguas arriba de las intersecciones, especialmente de los cruces peatonales, en avenidas y calles;
- En calles o avenidas donde la acumulación de agua moleste al tránsito de vehículos y peatones, en sectores comerciales y zonas residenciales de importancia;
- En accesos a los puentes y terraplenes sobre quebradas;
- En todos aquellos lugares, donde el proyectista lo considere necesario, previa justificación.

Básicamente, existen cuatro (4) tipos fundamentales de sumideros: de ventana, de rejillas, mixtos y especiales ².

a) *Sumidero de ventana*: consiste en una abertura a manera de ventana practicada en el brocal o cara vertical de la acera, generalmente deprimida con respecto al brocal-cuneta o, si este no existe, a la calzada propiamente dicha. El sumidero posee, además de la ventana una boca de visita, un canal lateral de desagüe, una tanquilla de recolección y una tubería de conexión con el colector respectivo. Este tipo de sumidero se presenta en tres longitudes de ventana: 1,50; 3,00 y 4,50 metros y con una depresión mínima de 2,5 cm.

Su mayor ventaja radica en su poca interferencia con el tránsito de personas y vehículos, pero a consecuencia de su elevado precio se recomienda usar sumideros de dimensiones iguales con el fin de disminuir costos.

Se recomienda utilizarlo en pendientes longitudinales inferiores al 3% y en anchos de inundación menores a 3,00 m donde se estima de por lo menos un 75% de eficiencia en la captura de las aguas. Su funcionamiento hidráulico se ve afectado cuando no existe la depresión en la entrada o cuando se encuentra ubicado en calles de pendiente pronunciada.

b) Sumidero de rejas: consiste en la apertura de un gran orificio o ranura por donde penetran las aguas superficiales, el cual se cubre con una reja de captación que cumple con la función de impedir la caída de vehículos, personas u objetos de un cierto tamaño. Generalmente sus partes las conforman: la reja de captación, el canal de desagüe y la tubería de conexión al colector, en algunos casos se puede suprimir esta tubería y conectar el canal de desagüe directamente al colector o a una boca de visita que conforme el sistema de drenaje.

c) Sumidero mixto: como su nombre lo indica es una combinación de los dos anteriores, tratando de tomar de cada uno de ellos lo más positivo, es decir, mejorando la eficiencia del sumidero de ventana y reduciendo la ocupación de la calzada para el sumidero de rejas. Está formado por una o dos rejas, un canal colector de desagüe combinado para rejas y ventanas, la tanquilla y la tubería de conexión al colector.

Es recomendable utilizarlos únicamente con una sola reja y en lugares donde serían en principio preferibles los sumideros de ventana, pero considerando una eficiencia de captación para estos sumideros menor del 75 %.

d) Sumidero especial: además de los tres tipos de sumideros generales mencionados podemos decir que en otras situaciones se utilizaran sumideros especiales que ayuden a solucionar problemas como: conexiones de calles para canales abiertos o cauces naturales, recolección de aguas superficiales provenientes de áreas extensas, conexiones entre cauces naturales y colectores, pero siempre manteniendo las áreas despejadas de las aguas superficiales y garantizando que no entren en los conductos del sistema de drenaje material flotante y desperdicios sólidos.



Figura N°2 : Sumidero mixto, Plaza las Tres Gracias, Ciudad Universitaria.

La mayoría de las veces los sumideros se conectan a los colectores principales mediante tuberías, o colectores de menor diámetro que pueden ir directamente empotradas o incorporarse a éste a través de una boca de visita. El diámetro mínimo del tubo de descarga de un sumidero será de 0,25 m (10"). En el caso de que la descarga de la tubería se haga en un canal sin revestimiento de concreto o enrocado, es recomendable colocar algún tipo de recubrimiento no erosionable en el sitio de la descarga.

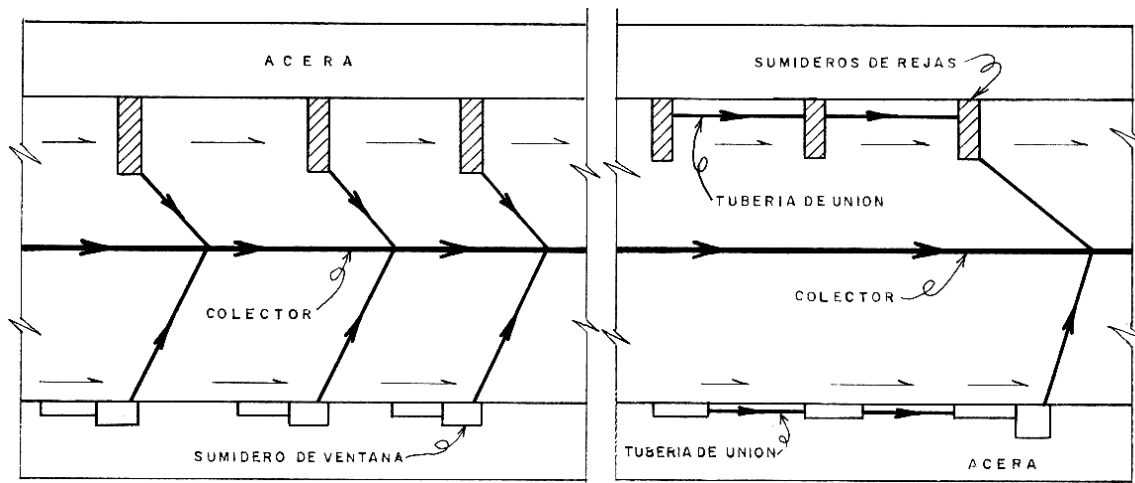


Figura N°3 : Conexiones entre sumideros y el colector principal (Bolinaga Juan; Drenaje Urbano, 1979).

En algunas oportunidades debido a lo ancho que puede ser la calle se convierte grande la separación entre el colector y los sumideros, de esta manera pueden conectarse varios sumideros entre sí, es decir, colocarlos en serie y conectar solamente el último sumidero al colector principal. Para sumideros de rejillas, la tubería de conexión puede originarse en cualquier lugar del canal colector, para acortar así las distancias entre los sumideros y el colector principal, también pueden conectarse en serie, sin embargo, las conexiones en serie no son muy deseables, pues originan la necesidad de dimensiones de tuberías de conexión cada vez de mayor tamaño ² (ver figura N° 3).

1.5.1.2 – Brocales y canales

Entre los elementos que se utilizan para el drenaje superficial de las vías y aquellas estructuras que sirven para captar y dirigir las aguas que caen directamente sobre la calzada de

la carretera o que proviene de áreas adyacentes no canalizadas, podemos mencionar: brocales, cunetas, torrenteras y canales.

Los brocales ³ son estructuras generalmente de concreto que cumplen una importante función dentro del sistema de drenaje longitudinal, dirigir las aguas que circulan por la calzada a lo largo de la vía y depositarlas sobre una obra de captación.

Los canales son elementos diseñados para captar el drenaje superficial y son construidos por razones de seguridad, buena apariencia y mantenimiento económico de cualquier vía de acceso. Su función radica en remover las aguas que caen sobre la vía, evitando zonas de inundación que ocasionen problemas en el tráfico, deben diseñarse con la capacidad adecuada para que capturen el gasto de la lluvia de diseño, pero considerando que puede producirse una lluvia de intensidad imprevista.

Se pueden clasificar los canales de acuerdo a su función como ³: cunetas, canales rápidos y torrenteras.

- a) *Cunetas*: son canales pequeños de baja pendiente utilizados con mayor frecuencia en zonas verdes y caminerías;
- b) *Canales rápidos*: son canales con pendientes muy fuertes que cumplen la función de llevar el agua a través de los cortes o rellenos de un terreno, hasta un canal de intercepción o un punto de descarga, como por ejemplo: una alcantarilla;
- c) *Torrenteras*: al igual que los canales rápidos, tienen como objetivo bajar las lluvias que ocurren sobre los taludes de la vía, pero con la variante de que el fondo del canal es en forma de escalera. Algunas veces estas obras se utilizan en el drenaje transversal a la salida de las alcantarillas.

1.5.2 – COLECTORES

Consisten en ductos encargados de conducir las aguas pluviales. A diferencia de otros colectores son diseñados para una velocidad de diseño que garantice el arrastre de los sedimentos (arena y tierra) cuyo peso específico es mayor al material sólido de las aguas servidas.

Los colectores serán en general de sección circular, también podrán utilizarse de forma ovalada, cajones, canales (rectangulares, transversales) y además secciones de otro tipo

siempre que razones técnicas y económicas justifiquen su empleo. El diámetro mínimo a usar en colectores de aguas pluviales es de 0,25m (10”).

1.5.2.1 – Ubicación

Los colectores se proyectarán para ser construidos siguiendo el eje de las vías, a menos que estructuras o problemas en la estabilidad del terreno obliguen a ubicarlos a un lado de la misma.

De importancia en el diseño de los colectores de aguas pluviales es la determinación de las profundidades de los mismos y su posible intercepto o cruce con las tuberías de aguas servidas. En zonas planas donde estamos obligados a profundizar la tubería de acuerdo a una pendiente mínima para mantener velocidades de arrastre, generalmente resulta más conveniente darle prioridad de ubicación a las tuberías de aguas de lluvia con respecto a las tuberías de aguas servidas, debido a que los mayores diámetros de las primeras a menores profundidades lograrían una alternativa económica. La determinación de los perfiles de los colectores de aguas de lluvia deben señalar los puntos de cruce con los colectores cloacales, indicando progresiva y cota correspondiente.

Su colocación dentro de un sistema integral de tuberías se recomienda en la parte central de las calles o vías de acceso, pero siempre cuidando que todos los ramales que integran la red, incluyendo los empotramientos, pasen por debajo de las tuberías de acueducto existente o futuras, dejando como mínimo una luz libre vertical de 0,20 m entre los dos conductos. En caso de que no pueda mantenerse esta luz libre mínima, deberá recubrirse el colector con una envoltura de concreto ($f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$) de 10 cm de espesor en una longitud de 2,50 m a ambos lados del punto de cruce de las tuberías. Cuando ambas tuberías corran paralelas y no pueda mantenerse dicha luz mínima, se realizará la misma envoltura de concreto una longitud igual a la del paralelismo más un exceso de 1,50 m, en ambos extremos.

La distancia libre mínima horizontal entre los colectores y las tuberías de acueducto existentes o futuras, será de 2,00 m. Cuando por circunstancias debidamente justificadas, no pueda mantenerse esta separación horizontal mínima, deberá profundizarse el colector de manera que la luz libre vertical entre ambas tuberías, sea igual a 0,20 m más la mitad de la diferencia entre 2 m y la distancia horizontal propuesta ^{1,4}. En ningún caso, la separación horizontal podrá ser menor de 1 metro.

El lomo de los colectores estará a una profundidad mínima de 1,15 m, en casos debidamente justificados podrá admitirse una profundidad menor a la indicada, debiéndose tomar las precauciones necesarias, a fin de asegurar la integridad de los colectores.

La profundidad máxima de los colectores en zanja abierta, no debe ser excesiva, especialmente en zonas de terrenos inestables o rocosos. En casos de profundidad excesiva de los colectores, se realizará una comparación de costos con otras soluciones, a fin de seleccionar la más conveniente. Debe considerarse al emplear colectores prefabricados que para cada diámetro, material y tipo de apoyo existe una profundidad máxima, determinada por las cargas (muerta y viva), que éstos deben soportar ⁴.

1.5.2.2 – Tipos de apoyos

Se definen a continuación los tres tipos de apoyos mayormente utilizados en las normas vigentes ¹: apoyos tipos A, B y C.

a) Apoyo tipo A: el tubo se apoya en un lecho de concreto, armado o sin armar, de un espesor mínimo de 1/4 de diámetro interior del tubo y con los lados extendidos hacia arriba hasta una altura igual a 1/4 del diámetro exterior. El lecho tiene un ancho igual al diámetro exterior del tubo más 20 cm. El relleno sobre el lecho hasta 30 cm sobre la cresta del tubo debe compactarse cuidadosamente.

b) Apoyo tipo B: el apoyo esta conformado con relleno cuidadosamente compactado. El fondo de la zanja se prepara para que presente una superficie cilíndrica de espesor 10 cm como mínimo, y un ancho suficiente para permitir que el 60 % del diámetro exterior del tubo se apoyen en el relleno granular fino colocado en la excavación conformada. Se hará un relleno cuidadosamente compactado a los lados del tubo y hasta una altura no menor de 30 cm sobre la cresta del mismo.

c) Apoyo tipo C (apoyo común): el tubo se apoya con cuidado en una fundación de tierra formada en el fondo de la zanja por medio de una excavación conformada, la cual ajustará el cuerpo del tubo con razonable precisión, en un ancho mínimo equivalente al 60 % del diámetro exterior del tubo. Los laterales y el área sobre el tubo hasta una altura de 30 cm sobre el lomo del mismo, se rellena con material ligeramente compactado.

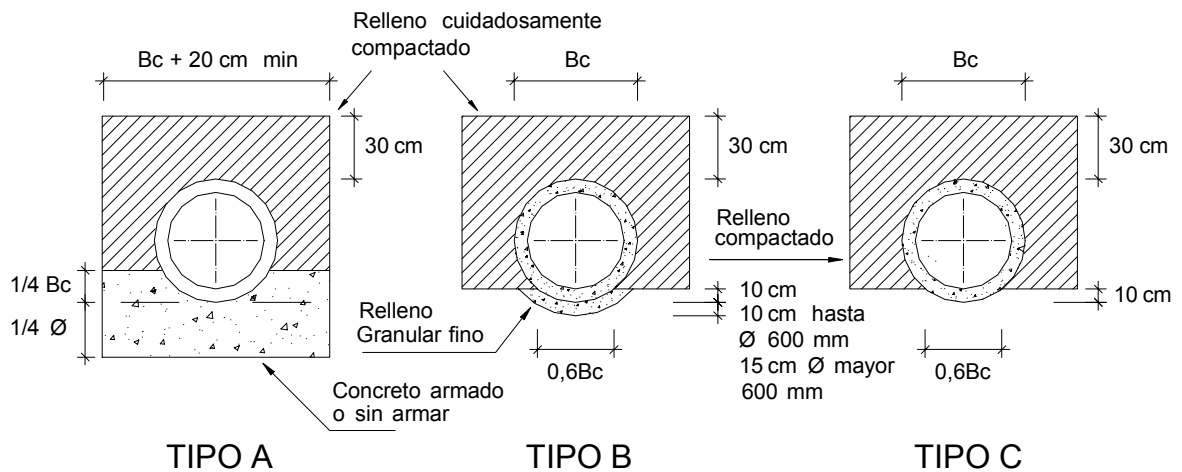


Figura N°4 : Tipos de apoyo de colectores (INOS; Normas e instructivos para el proyecto de alcantarillados, 1989).

1.5.2.3 – Materiales

Los materiales a emplear en los colectores serán: concreto armado o sin armar, arcilla vitrificada, hierro fundido normal o dúctil, acero, PVC (policloruro de vinilo), fiberglass (fibra de vidrio), polietileno de alta densidad (PEAD) o cualquier otro material, que al igual que los mencionados anteriormente, deberá cumplir con las especificaciones técnicas referidas en la Norma I.N.O.S. DR-C-73 correspondientes a las tuberías de drenajes y las Normas COVENIN 332-80 y 333-80 respectivamente.

Cada tipo de material posee un coeficiente de rugosidad “ n ” distinto, necesario para el cálculo de la velocidad media del flujo dentro de los colectores (ver tabla N° 1).

1.5.2.4 – Consideraciones generales

La pendiente de los colectores está fijada por la pendiente del terreno, para así lograr la máxima economía en las excavaciones, pero en zonas llanas, debe procurarse una pendiente capaz de producir el arrastre de sedimentos para el caudal de diseño, aprovechando la capacidad del colector.

Los valores máximos y mínimos de pendiente establecidos para los colectores de aguas de lluvia vienen determinados por las velocidades admisibles a sección llena, siendo la velocidad mínima de $0,75 \text{ m/seg}$.

Tipo de Colector	Material	n
Cerrado prefabricado	PVC, PEAD, Fiberglass, Acero, Hierro Fundido	0,012
	Asbesto-Cemento, Arcilla vitrificada, Concreto ($\phi > 24"$)	0,013
	Concreto ($\phi < 21"$)	0,015
Cerrado vaciado en sitio	Concreto	0,014
Canales	Revestidos de asfalto y/o concreto	0,015
	Excavados en tierra	0,022 - 0,030
	Lechos pedregosos y taludes con grama	0,035

Tabla N°1 : Valores de coeficientes de rugosidad.

Cuando no se disponga de la pendiente mínima demandada por el diámetro, se permitirá usar una menor, siempre y cuando se obtenga la mayor velocidad real para el caso considerado.

La velocidad máxima a sección llena en colectores de aguas pluviales dependerá del material a emplear en los mismos. Según el material de los colectores, las velocidades serán las siguientes:

Material del Colector		Velocidad límite m/seg
Concreto	f' c = 210 Kg/cm ²	5,00
	f' c = 280 Kg/cm ²	6,00
	f' c = 350 Kg/cm ²	7,50
	f' c = 420 Kg/cm ²	9,50
Arcilla vitrificada		6,00
Asbesto – Cemento		4,50
PVC		4,50
Hierro fundido, Acero		Sin límite

Tabla N°2 : Velocidades máximas admisibles para colectores de aguas pluviales.

En ocasiones es necesario construir los colectores en forma de curva. Siempre que esto suceda deberá verificarse su comportamiento hidráulico y calcularse las pérdidas de carga correspondientes.

El radio mínimo de curvatura de un colector alineado en curva dependerá de su diámetro, en caso de que se requiera usar radios de menor tamaño se recomienda utilizar piezas prefabricadas o vaciadas en sitio ⁴. La máxima deflexión permitida a los tubos que conforman la curva será de cuatro grados (4°).

1.5.3 – BOCAS DE VISITA

Consiste en una estructura colocada convenientemente para la limpieza y cambio de dirección de los colectores de aguas negras y pluviales. Constan generalmente de tres partes: la base, los cilindros y el cono superior.

Las bases serán siempre de concreto armado o sin armar vaciadas en sitio, su diseño consta de canales que sirven para conducir los caudales que llegan a la boca de visita. No se construirán bocas de visita con fondo plano, y los canales deberán ser de contextura lisa sin presentar salientes como: piedras, cabillas, etc; a fin de evitar el depósito de sólidos.

Los cilindros o la parte central de forma cilíndrica se construye generalmente con anillos prefabricados de aproximadamente 1,50 metros de diámetro interior, y en longitudes de 0,30; 0,60 y 0,90 m con los cuales se logran las variaciones de altura para diferentes profundidades. La parte superior consiste en un cono excéntrico, terminando en un diámetro interior de aproximadamente 0,60 metros; dimensión mínima recomendable para hacerla visitable ¹.

1.5.3.1 – Marco y tapa para bocas de visita

En la parte superior del cono excéntrico se proveerá la estructura de un marco y una tapa de forma circular, generalmente de hierro fundido que tienen como función evitar que agentes externos penetren dentro de la boca de visita. Se clasifican en tres tipos fundamentales: pesado, liviano y estanco.

El marco y tapa tipo pesado, se emplearán corrientemente en las bocas de visita que se encuentran ubicadas en sectores de tránsito de vehículos no inundables. El tipo liviano se utilizará para zonas donde no se soportarán cargas pesadas, tales como: aceras, caminerías,

jardines, etc, finalmente el tipo estanco se usará únicamente en bocas de visitas cercanas a zonas inundables.



Figura N°5 : Marco y tapa tipo liviano para bocas de visita, Facultad de Ingeniería, U.C.V.

El acceso al interior de las bocas de visita se realizará a través de una escalera de aluminio o hierro fundido de tipo telescópico, la cual se suspenderá de dos ganchos de acero inoxidable fijados en la parte superior del cono por debajo del marco y la tapa.

1.5.3.2 – Tipos

Las bocas de visita han sido normalizadas de acuerdo a las profundidades y diámetros de los colectores que convergen a ella, a continuación se enumera los tipos más comunes ¹:

a) Tipo Ia: se utilizará para profundidades mayores de 1,15 m con respecto al lomo del colector menos enterrado y hasta profundidades de 5 m con respecto a la rasante del colector más profundo.

b) Tipo Ib: se utilizará para profundidades mayores de 5 m, con respecto a la rasante del colector más profundo.

c) Tipo II: se utilizará en los casos en que el lomo de la tubería menos enterrado esté a una profundidad igual o menor de 1,15 m para colectores hasta 0,45 m (18”) de diámetro.

d) Tipo III: se utilizará en iguales casos que el anterior, para colectores de 0,53 m (20") a 1,07 m (42") de diámetro.

e) Tipo IVa: se utilizará para colectores de diámetro igual o mayor de 1,20 m (48") y profundidades hasta 5 m.

f) Tipo IVb: se utilizará para colectores de diámetro igual o mayor de 1,20 m (48") y profundidades mayores de 5 m.

La ubicación de las bocas de visita estarán definidas por características geométricas, hidráulicas y de trazado de los colectores que establezcan la conveniencia de hacerlas visitables, por ello las normas establecen que se proyecten boca de visita en las siguientes situaciones:

- Intersección de colectores;
- Comienzo de colector;
- Tramos rectos a una distancia entre ellas de 120 m para colectores de diámetro igual o menor a 0,30 m (12") y 150 m para colectores de mayor diámetro;
- Cambio de: dirección, pendiente o diámetro del colector;
- Cambio de material empleado en los colectores;
- Colectores alineados en curva, al comienzo y al fin de la misma y en la curva a una distancia no mayor de 30 m entre ellas, cuando corresponda.

1.5.3.3 – Consideraciones generales

Para los cambios de sección de los colectores en las bocas de visita, se deberán enrasar los mismos por sus lomos, es decir, la caída entre colectores será igual a la diferencia de diámetro. En casos especiales donde no se pueda cumplir lo anterior se recomienda lo siguiente ⁴:

- La caída de la rasante será igual a la mitad de la diferencia de los diámetros, para colectores con diámetros inferiores a 0,60 m (24");
- La caída de la rasante será igual a las tres cuartas partes de la diferencia de los diámetros, para colectores con diámetros entre 0,60 m y 0,90 m (24" y 36");
- Cuando en una boca de visita la diferencia de cotas entre la rasante del colector de llegada y la rasante del colector de descarga es igual o mayor a los 0,75 m, se recomienda diseñar una caída para el flujo del colector de llegada.

- Cuando en una boca de visita se encuentren varios colectores que comiencen en ella (conexiones físicas) con otros que crucen a través de la misma (conexiones hidráulicas), la diferencia de cota mínima entre las rasantes de los que comiencen y el colector de salida, será igual al diámetro de este último.

1.6 – ANÁLISIS HIDRÁULICO

El gasto con el cual se ha de calcular cualquier tramo de un sistema de drenaje, será el correspondiente al extremo inferior del mismo, el régimen de cálculo se considerará como permanente y uniforme para colectores de pequeño diámetro.

Los colectores que tengan dimensiones interiores iguales o mayores a 0,90 m (36”), se asumirá el flujo como permanente no uniforme, es decir considerando la variación del tirante de agua en un tramo que origina un perfil superficial. En aquellos colectores cuyo diámetro sea mayor a 0,60 m (24”), se deberán controlar las condiciones de inestabilidad del flujo.

Es recomendable evitar cambios bruscos de pendiente y no se deberá descargar un colector en otro de menor diámetro, a menos que sea justificado hidráulicamente.

Todos los colectores de sección cerrada cualquiera que sea su forma se calcularán a capacidad plena, pero sin presión, solamente en casos especiales podrán los colectores trabajar a presión, previa justificación hidráulica.

1.6.1 – CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

Para el cálculo del caudal de diseño de las aguas pluviales, podrá utilizarse el Método Racional para áreas inferiores a las 200 hectáreas, mientras que, en superficies más extensas se recomienda utilizar otros métodos a fin de obtener un mayor ajuste por almacenamiento y falta de sincronización.

El método racional consiste en la solución de la *fórmula racional*, ésta expresa que la descarga es igual a un porcentaje de la precipitación multiplicado por el área de la cuenca. En forma de ecuación se escribirá de la siguiente forma:

$$Q = C I A \quad ; \text{ donde:}$$

Q = Caudal en l/seg;

C = Coeficiente de escorrentía;

I = Intensidad de lluvia en l/seg/Ha;

A = Area en hectáreas (Ha).

Según Franceschi (1983) el método racional se fundamenta básicamente en las siguientes premisas:

- La lluvia es de intensidad constante, tanto sobre el área de la cuenca tributaria como en el tiempo.
- La porción de la precipitación que escurre superficialmente no varía con el tiempo; es decir, el coeficiente de escurrimiento es constante durante la lluvia, lo cual es válido solamente en áreas impermeables.
- El efecto de almacenamiento temporal en depresiones y otros sitios es despreciable.

Para las condiciones señaladas como premisas fundamentales en la aplicación del método racional, el gasto máximo se alcanza cuando toda la cuenca tributaria esté aportando al punto de concentración. El tiempo que tarda una gota de agua en recorrer el trayecto desde el lugar más alejado de la cuenca hasta ese sitio de cálculo o punto de concentración, se conoce como *tiempo de concentración*⁵.

En el cálculo del tiempo de concentración, deberá considerarse dos etapas: la primera es el tiempo de entrada, o sea el tiempo necesario para que el agua llegue al sumidero de captación y la segunda es el tiempo de recorrido dentro de los colectores del sistema hasta el punto en estudio. En la determinación del tiempo de entrada deben tomarse en cuenta factores como: la pendiente media de la superficie a drenar, la naturaleza de la superficie de cubierta, la distancia media hasta el sumidero y la acción de retardo por el almacenamiento de agua en su recorrido.

Para llevar a cabo el estudio del caudal, se deberán utilizar las frecuencias de lluvia de acuerdo a la importancia del sector y al objetivo que se persiga (básico o complementario), esto determina el límite permisible de daños, perjuicios y molestias que las inundaciones puedan ocasionar al público, comercio, industria e instituciones de la localidad y estará dentro de los siguientes rangos⁴:

- Para zonas residenciales, de 2 a 5 años;

- Para zonas comerciales y de elevado valor, de 5 a 15 años, dependiendo de su justificación económica.
- Para obras de canalización de cursos naturales, ríos o quebradas, 50 o más.

En hidrología ⁶, la frecuencia de una lluvia es el número de veces que una precipitación de cierta magnitud es igualada, o excedida, en un número de años. En el uso cotidiano, como expresión numérica más cómoda de la frecuencia se emplea la que corresponde al *intervalo de recurrencia* o *período de retorno*, que es el máximo tiempo que transcurre entre dos eventos que igualan o sobrepasan un valor dado.

La determinación de las intensidades de lluvia se llevará a cabo a través de las curvas de Intensidad-Frecuencia-Duración referentes a la localidad en estudio, se seleccionará el período de retorno adecuado y se considerará la duración de la lluvia igual al tiempo de concentración. Dichas curvas podrán construirse de los datos hidrometeorológicos que proporcionan los servicios de Hidrología Nacional y otros organismos como la Fuerza Aérea Venezolana encargados de controlar las estaciones pluviométricas ubicadas mayormente en los aeropuertos del país.

El tipo de superficie y sus pendientes, así como los porcentajes de construcción son factores que influyen sobre el grado de impermeabilidad que facilita o retarda el escurrimiento de las aguas de lluvia que puedan concentrarse en un punto. Por ello, al considerar las zonas de estudio debemos calcular las áreas a drenar y deben determinarse las diferentes características de la superficie que la constituyen asociadas a cada coeficiente de escorrentía.

Superficie	Coficiente
Pavimento de concreto	0.70 a 0.95
Pavimento de asfalto	0.70 a 0.95
Pavimento de ladrillos	0.70 a 0.85
Tejados y azoteas	0.75 a 0.95
Patios pavimentados	0.85
Caminos de grava	0.30
Jardines y zonas verdes	0.30
Praderas	0.20

Tabla N°3 : Valores de coeficientes de escorrentía.

Para el cálculo del gasto de diseño correspondiente a los sumideros ubicados en las vías de comunicación se considerará el término *zona inundable*, siendo todo el ancho de la calzada y en algunos casos especiales se permite llegar el nivel de agua hasta el borde de la acera. En aquellos sitios donde por razones de vialidad o por la importancia del lugar, sea conveniente disminuir la zona inundable, ésta puede reducirse a una franja de 1,50 metros de ancho.



Figura N°6 : Zona de estancamiento, pasillos techados, Facultad de Ingeniería U.C.V.

También deben considerarse varios términos que se relacionan con la fase de proyecto correspondiente a la ubicación y colocación de sumideros dentro de las áreas de estudio, estos términos son ² : las *planicies inundables* que se refieren a las áreas adyacentes a los cauces naturales, que son periódicamente ocupadas por las aguas desbordadas de ellos. Las *áreas inundables* son aquellas superficies diferentes de las planicies inundables, que pueden ser ocupadas durante un tiempo prudencialmente largo, por aguas provenientes del escurrimiento superficial. Dentro de estas áreas se incluyen las *zonas de estancamiento* o *aguas estancadas*, que son aquellas zonas que por depresiones en la superficie o por la acción del hombre no tienen salida hacia las obras de captación de las redes de drenajes.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

2.1 – CONSIDERACIONES GENERALES

Sistema de Información Geográfica SIG ó GIS (Geographic Information Systems) según sus siglas inglesas, es un sistema de información computarizado que consiste en la colección organizada de equipos, programas, datos geográficos, y personal que trabajan de manera conjunta para el almacenamiento análisis y despliegue de información espacial asociada a una base de datos de atributos donde se tienen tantas características como sean deseadas de los objetos mapeados. De modo que puede analizarse la presencia simultanea de características que pertenecen a representaciones cartográficas distintas, creando nuevos mapas teóricos.

Se usan siempre datos con localidades o coordenadas conocidas; a éstos les llamamos datos espaciales georeferenciados. Entre las posibilidades de un SIG se destaca su capacidad de trabajar conjuntamente con un grupo de mapas en formato digital de la misma porción del territorio, en los que un lugar concreto posee siempre las mismas coordenadas geográficas.

De modo que tenemos dos tipos de datos estrechamente integrados: datos geográficos y datos de atributos.

Entre otras definiciones se encuentran:

Worboys (1995) define a los SIG como sistemas de información con ciertas particularidades, es decir un sistema de información debe tener la capacidad de adquirir, gestionar y distribuir la información importante para una organización. El sistema está soportado por una base de datos geográfica (BD-G) y su software de gestión y de aplicación, así como de personal, los datos, los dispositivos de captura y los distintos medios de presentación y diseminación de la información.

Bosque Sendra, Joaquín (1992) define Sistema de información geográfica como un conjunto de herramientas para reunir, introducir en el computador, almacenar, recuperar transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos.

Bonham-Carter (1994) propone una definición simple: "un sistema de información geográfica es un sistema informático para la gestión de datos espaciales". El adjetivo geográfica implica que la situación espacial de los distintos objetos es conocida, o puede ser calculada, en términos de coordenadas geográficas (por ejemplo, latitud-longitud).

Guimet, Jordi (1992) un SIG puede definirse como el conjunto de datos, medios y actividades, que relacionados entre sí permiten un adecuado tratamiento de la información.

Guimet, Jordi (1992) formalmente un SIG se define como un conjunto de instrumentos y métodos especialmente dispuestos para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar información territorial georeferenciada.

(Clarke 1990) son sistemas automatizados para capturar, almacenar, recuperar, analizar y exhibir datos espaciales.

Star y Estes (1990) definen SIG como un sistema de información que está diseñado para trabajar con datos referenciados por coordenadas espaciales o geográficas. En otras palabras, un SIG es a la vez un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos referenciados espacialmente y un conjunto de operaciones para operar (análisis) con los datos.

En el NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis) define SIG como un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión

(Gaile y Willmott, 1989) un paquete integrado para la entrada, almacenaje, análisis y salida de información espacial, siendo el análisis el más importante.

Chorley (1987) un sistema para capturar, almacenar, comprobar, integrar, manipular, analizar y mostrar los datos que son espacialmente referenciados a la Tierra.

2.2 – HISTORIA DE LOS SIG

Durante los años 1960 y 1970 surgieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la evaluación de recursos y la planificación del uso de la tierra. Dándose cuenta de que los diferentes aspectos de la superficie de la tierra no eran independientes entre sí, se empezó a reconocer la necesidad de evaluarlos de una forma integrada y multidisciplinaria.

Una manera de hacerlo era simplemente superponer copias transparentes de mapas de recursos sobre mesas iluminadas y buscar los puntos de coincidencia en los distintos mapas de los diferentes datos descriptivos.

Posteriormente, esta técnica se adaptó a la emergente tecnología de la informática con el procedimiento de trazar mapas sencillos sobre una cuadrícula de papel ordinario, superponiendo los valores y utilizando la sobreimpresión de los caracteres de la impresora por renglones para producir tonalidades de grises adecuadas a la representación de valores estadísticos, en lo que se conocía como sistema de cuadrícula (trama). Sin embargo, estos primeros métodos no estaban lo suficientemente perfeccionados como para ser aceptados por los cartógrafos.

A finales del decenio de 1970 la tecnología del uso de computadores progresó rápidamente en cartografía, y se perfeccionaron cientos de sistemas informáticos para distintas aplicaciones cartográficas como lo fue el programa POLYVRT, en el cual se plantea una importante novedad en cuanto a la estructura de la información espacial, integrando en ella, de modo explícito, la topología de los objetos cartográficos. Al mismo tiempo, se estaba avanzando en una serie de sectores conexos, entre ellos la edafología, la topografía, la fotogrametría y la telepercepción. En un principio, este rápido ritmo de desarrollo provocó una gran duplicación de esfuerzos en las distintas disciplinas conexas, pero a medida que se multiplicaban los sistemas y se adquiría experiencia surgió la posibilidad de articular los distintos tipos de elaboración automatizada de datos espaciales, reuniéndolos en verdaderos sistemas de información geográfica para fines generales.

A principios del decenio de 1980, el SIG se había convertido en un sistema plenamente operativo, a medida que la tecnología de los computadores se perfeccionaba, se hacía menos costosa y gozaba de una mayor aceptación.

Luego se crea el primer verdadero Sistema de Información Geográfica de tipo vectorial el ODYSSEY ⁷, donde se incluye la digitalización semiautomática de los datos espaciales, la gestión de la base de datos y la elaboración interactiva de los mapas. A partir de 1990 la disponibilidad de los SIG y de productos Desktop Mapping para entornos Windows ha propiciado su aplicación en empresas privadas, que lo utilizan como usuarios finales más que como productores de información.

Actualmente se están instalando rápidamente estos sistemas en los organismos públicos, los laboratorios de investigación, las instituciones académicas, la industria privada y las instalaciones militares y públicas.

2.3 – SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA

Desde sus inicios las siglas SIG han identificado a los Sistemas de Información Geográfica. Posteriormente se ha usado también el término Georeferenciada, el cual se ajusta mejor a la posibilidad que tiene la información de ser presentada, gráficamente y con exactitudes geodésicas. Actualmente se tiende a la utilización del término Geoespacial para englobar todos los sistemas que utilizan información referenciada espacialmente, asignando el de Geográfica a los sistemas de información que trabajan con grandes extensiones y a escalas pequeñas, dejando el de Georeferenciada a los sistemas de información que trabajan a escalas grandes y proyectos de ingeniería ⁸.

Basándose en lo anterior, los subcapítulos sucesivos se desarrollaran utilizando la terminología de Sistemas de Información Georeferenciada.

2.4 – OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA

En todo SIG se pretende cumplir los siguientes objetivos:

- Ubicación espacial del problema en estudio.
- Participación del usuario en los requerimientos y diseño del proyecto para satisfacer eficazmente sus demandas.
- Un sistema normalizado de recolección de datos.
- Información organizada en una base de datos.
- Actualizar la información para el sistema.
- Capacidad de análisis instantáneo para una toma de decisión rápida.
- Representación gráfica del problema.
- Permitir la ejecución de modelos complejos.

2.5– COMPONENTES DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA

De forma genérica, se puede considerar que los SIG tienen cinco componentes básicos que se integran para permitir su aplicación:

2.5.1 – HARDWARE

Son los componentes computarizados que forman la estructura física sobre la cual corren los SIG, y en la cual se realizan las manipulaciones y los análisis. También incluye los periféricos como una unidad de captura de datos en dos o tres dimensiones (mesa digitalizadora y estereoplotters), scanner para capturar imágenes, (con diferentes resoluciones dependiendo a las necesidades), unidades de almacenamiento (CD's, cintas, etc.) y unidades de salida de productos como plotters e impresoras.

El hardware está formado por un sistema de procesamiento, uno de despliegue y uno de edición, donde el tamaño y la resolución son factores muy importantes tanto para el sistema de despliegue como para el de edición.



Figura N° 7 : Componentes básicos de un Sistema de Información Georeferenciada.

Un SIG puede ser operado en modo individual o distribuido (una serie de computadores personales o estaciones de trabajo conectadas a través de una red con uno o varios servidores), dependiendo del tamaño de la base de datos a gestionar y del número de usuarios que utilizarán el sistema.

2.5.2 – SOFTWARE

Es el conjunto de funciones y herramientas necesarias para almacenar, analizar y presentar información geográfica que forma la estructura lógica.

Los principales componentes del software del SIG están destinados a desempeñar las siguientes funciones:

- Ingreso de datos (digitalización).
- Edición de datos.
- Almacenamiento de datos y gestión de la base de datos.
- Análisis y tratamiento de datos.
- Interacción con el usuario (Edición de gráficos/mapas).
- Salida y presentación de datos (representación gráfica).

2.5.3 – DATOS

Representa el componente más importante de un SIG, sobre este se realiza todas las operaciones posibles a desarrollar en este tipo de sistemas.

Hay dos hechos importantes que deben ser tenidos en cuenta por los usuarios de SIG, primero que cualquier resultado que produzca el sistema es cierto dependiendo de la validez de los datos de entrada. Segundo, que la herramienta SIG por sí sola, es una pequeña parte del costo total del sistema, la parte más cara de un SIG es la adquisición y procesamiento de los datos. Estos hechos revelan la gran importancia de tener acceso a datos confiables y levantados de manera precisa y que tengan una actualización constante.

La calidad de los datos introducidos influirá en la calidad de los productos del SIG independientemente de lo perfeccionado que sean su equipo y su programa.

Hay diversas fuentes de datos que contienen información espacial. En trabajos de campo, por ejemplo la posición de los límites de una laguna puede ser determinada directamente con un receptor de GPS (Global Position System) que va registrando las coordenadas de la línea de costa a medida que uno la va recorriendo. Otros datos espaciales provienen de la interpretación de fotos aéreas e imágenes de satélite. Una fuente común son los mapas topográficos y temáticos convertidos a formato digital. La mayoría de los SIG tienen la capacidad de transformar los datos a partir de un formato al otro.

2.5.3.1 – Tipos de datos

Los datos en un Sistema de Información Georeferenciada pueden ser clasificados en: gráficos y alfanuméricos. Cada uno de ellos tiene características específicas y diferentes requisitos para su eficaz almacenamiento, procesamiento y representación.

a) *Datos gráficos (espacial)*: los datos gráficos son descripciones digitales de las entidades del plano. Suelen incluir las coordenadas, reglas y símbolos que definen los elementos cartográficos en un mapa. El SIG utiliza estos datos para generar un mapa o representación gráfica en una pantalla de computador o bien sobre papel.

b) *Datos alfanuméricos (temáticos)*: los datos alfanuméricos son descripciones de las características de las entidades gráficas. Generalmente son almacenados en formatos convencionales para este tipo de información y se están comenzando a utilizar junto con los SIG de sistemas de gestión documental, que administran estos datos como imágenes gráficas en formato raster.

La información alfanumérica y gráfica se encuentra completamente integrada, siendo esta integración, junto con la capacidad de gestión de ambos tipos de datos, lo que caracteriza a los Sistemas de Información Georeferenciada. Mediante la información alfanumérica se describen las características de las entidades gráficas.

Para mejorar el acceso a la información se establecen normalmente dos tipos de mecanismos:

- Indices geográficos: los índices geográficos se utilizan en un SIG para seleccionar, relacionar y recuperar datos en función de su localización geográfica, de forma similar a como actúan los índices en una base de datos tradicional; no constituyen información en sí y únicamente sirven para mejorar los accesos.
- Relaciones espaciales: proporcionan la información sobre las relaciones entre las distintas entidades gráficas, como son la conectividad entre las líneas o la adyacencia en el caso de los polígonos. Este tipo de información va a ser fundamental para determinadas aplicaciones tales como el análisis de redes, puesto que proporcionan información sobre las interconexiones de los distintos elementos de la red. Este tipo de relaciones es otro de los aspectos diferenciadores de los sistemas SIG, que no suele encontrarse en otros sistemas gráficos, como pueden ser los sistemas CAD ó AM.

2.5.3.2 – Base de datos de un Sistema de Información Georeferenciada

Es un modelo que representa las características de un espacio geográfico en una base de datos. Estas características se denominan en forma genérica *elementos geográficos*. Los datos almacenados o también llamados datos geográficos se estructuran de tal manera que se pueda recuperar su referenciación geográfica, su información topológica y sus atributos.

a) *Referenciación geográfica*: es la información de un determinado territorio describiendo donde está ubicado sobre la faz de la tierra.

b) *Información topológica*: es la que describe como está organizado espacialmente, es decir, si es un todo continuo, si está dividido en unidades adyacentes o si está compuesto por unidades aisladas entre sí.

c) *Atributos*: es la información que identifica y describe las características de las entidades gráficas. Se relacionan con dichas entidades a través de identificadores comunes que se almacenan tanto en el registro alfanumérico como en el gráfico. Un sistema SIG debe ser capaz de realizar consultas o análisis sobre los atributos alfanuméricos de forma independiente y generar mapas basados en dichos atributos.

2.5.3.3 – Modelación de datos espaciales

En todo Sistema de Información Geográfica, se utiliza un modelo encargado de representar de manera simplificada determinados aspectos de la realidad. Implícitamente se desecha la información que se considera de poco valor, por esta razón el modelo más apropiado varía según los requerimientos que dependen no solo del tipo de problema a resolver, sino también de las capacidades computacionales con las que se cuenta. Existen modelos que pueden representar mucho mejor la realidad que otros, pero a cambio requieren una mayor cantidad de recursos (mayor tiempo de cómputo, mayor cantidad de memoria, etc.)

Los dos principales modelos con los que se representa las entidades espaciales son los modelos vectoriales y raster.

a) *Estructura de datos vectorial*: es una organización de base de datos donde se almacenan los datos espaciales a partir de sus coordenadas en dos o tres dimensiones en un sistema de referencia determinado. Estas coordenadas son la base para tipo de datos más complejos como son:

- Punto: El más básico, corresponde a un solo grupo de coordenadas que describe una posición única en el espacio.
- Líneas: Se representan con las coordenadas de los puntos inicial y final que describen un segmento de línea,
- Arcos circulares: Requiere la posición del punto inicial, punto final y el centro de la circunferencia a la que pertenecen.
- Circunferencias: Se compone de las coordenadas de punto central y radio o punto sobre la circunferencia.
- Polígonos: Conformado por las coordenadas de los vértices; los polígonos son un conjunto de segmentos de línea con extremos comunes.
- Curvas cuadráticas, cúbicas, etc.: Simula la correspondiente curva que mejor se ajusta a una serie de puntos.

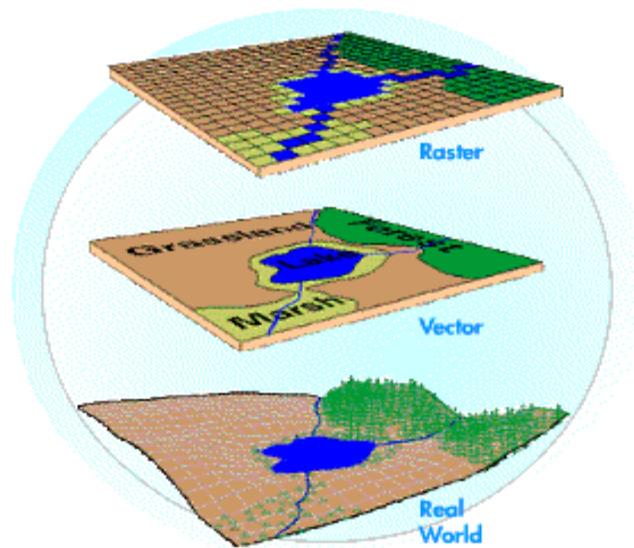


Figura N° 8 : Representación del mundo real a través de los modelos vectorial y raster

El sistema vectorial también permite establecer relaciones topológicas entre las entidades espaciales:

- Modelo de polígonos simples: posibilita la definición de superficies como cadenas simples de puntos, similares a los polígonos, excepto que incluyen el área circunscrita. No permiten establecer relaciones espaciales entre superficies.

Necesita que las líneas limítrofes entre las áreas poligonales sean definidas dos veces, una para cada polígono.

- Modelo topológico: trabaja con líneas establece relaciones espaciales entre entidades. Define límites compartidos, de modo que simultáneamente a las superficies adyacentes, relación entre dichas superficies como estructura básica. No requiere repetir entidades para las líneas limítrofes a que pertenecen estableciendo de esta forma una relación espacial directa entre entidades.

La cantidad de memoria consumida es proporcional a la cantidad y complejidad de las entidades con que se trabajen; por ejemplo, la codificación de una curva requiere más memoria que una línea recta.

Los modelos vectoriales son utilizados con aquellos datos que poseen zonas bien diferenciadas o que pueden representarse con cierto grado de discretización mediante la identificación de polígonos que encierran áreas donde los valores representados se encuentran en un intervalo establecido.

b) Estructura de datos raster: es una organización de base de datos donde se almacenan los datos espaciales como celdas de una matriz bidimensional o malla, de forma que cada celda contiene un atributo (por ejemplo una altura representada por un color), que se ve como una imagen. El ejemplo más común es la información de satélites, fotos aéreas escaneadas y también cualquier otro tipo de imagen usada en diseño gráfico (tif, bmp, gif).

El número de celdas que conforman la malla en ambas direcciones define la resolución, siendo mejor entra más celdas se tengan. Obviamente el número de celdas es inversamente proporcional el tamaño de estas.

Se menciona a continuación algunas ventajas y desventajas de la representación vectorial y raster en los SIG, de acuerdo a (Gutiérrez y Gould, 1994; Moldes, 1995):

Ventajas de la estructura vectorial:

- Estructura de datos más compacta (menos espacio de almacenamiento).
- Representación de entidades geográficas muy precisas.
- Permite medir distancias, superficies y volúmenes de forma más precisa.
- Codificación eficiente de la topología (mejora el análisis de redes, entre otros).

- Gestión individualizada de las entidades geográficas (frente a las “clases” raster).
- Modifica fácilmente la escala y grado de detalle de un mapa gráfico.
- Más adecuado para generar salidas gráficas.

Desventajas de la estructura vectorial:

- Captura de datos más compleja y costosa.
- Estructura de datos más compleja (puntos, líneas y polígonos).
- Operaciones de superposición de mapas son difíciles de implementar (comparación de mapas temáticos) así como los análisis y simulaciones en tiempo real.
- Poco eficiente cuando la variación de los datos es alta.
- Es imposible el tratamiento de imágenes digitales, o es poco eficaz.

Ventajas de la estructura raster:

- Facilidad de captura de datos con un escáner.
- Estructura de datos simple (pixels).
- Sencillez de manejo: técnicas de gestión y algoritmos de tratamientos.
- Sencillez en procesos de comparación “píxel a píxel” (operaciones de superposición de mapas).
- Trata eficientemente datos de variación espacial alta.
- Formato adecuado para el tratamiento y realce de imágenes digitales.

Desventajas de la estructura raster:

- Los mapas temáticos ocupan mucho espacio en memoria.
- La representación en cuadrículas o píxel es poco adecuada para representar entidades lineales.
- La técnica raster tiene en general poca precisión en los cálculos de superficie, distancias, etc. a menos que se disminuya la anchura del píxel lo cual compromete el espacio y la ligereza del sistema.
- Ciertas relaciones topológicas son más difíciles de representar.
- Representación final puede ser menos estética.

2.5.4 – PERSONAL

Cuando se describe un SIG se tiende a pensar en términos de equipos y programas como el sistema completo, descuidando tal vez el elemento más importante: el personal que hace funcionar eficazmente todo el sistema.

Hay distintos tipos de usuarios, desde especialistas técnicos que diseñan y mantienen el sistema hasta las personas que usan sus productos (mapas, tablas, gráficos) para resolver sus tareas cotidianas.

Como sucede con cualquier sistema computarizado, la información producida solo tiene el valor de los datos introducidos previamente. Una información incorrecta o insuficiente introducida en el SIG produciría respuestas incorrectas o insuficientes, por muy perfeccionada o adaptada al usuario que pueda ser la tecnología.

Al igual que en cualquier trabajo cartográfico, el acopio de datos y la introducción de los mismos en el sistema requieren una gran calidad de diseño y trabajo, una capacitación intensiva y una comprobación frecuente para controlar la calidad. En otras palabras, además de contar con equipos y programas adecuados para realizar el trabajo, la utilización eficaz del SIG requiere contar con personal suficientemente capacitado, así como con servicios de planificación, organización y supervisión, que permitan mantener la calidad de los datos y la integridad del producto final.

Otro elemento fundamental para un buen funcionamiento del SIG es la necesidad de que la introducción y la elaboración de los datos constituyan un esfuerzo conjunto entre el especialista en computadores y el especialista en el tema de que se trate, a fin de garantizar que en la interpretación y evaluación de los datos se aplican los necesarios conocimientos especializados en la materia.

2.5.5 – MÉTODOS

Para un buen aprovechamiento del SIG es necesario combinar distintos procedimientos para realizar la entrada, gestión, mantenimiento y análisis de los datos según las características del software y el equipamiento disponibles, los circuitos administrativos de cada organización y las reglas del arte propias de cada disciplina. Estos procedimientos pueden ser integrados en una aplicación de SIG que acelere la obtención de resultados ya sean productos o decisiones.

2.6 – FUNCIONES DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA

La estructura y eficiencia de un SIG gira alrededor de cuatro funciones básicas: la entrada de datos, los archivos y acceso de datos, la transformación y análisis de datos y salida de información; de esta manera se obtiene una gran cantidad de información de distinto tipo convertirla en un conjunto de datos compatibles, combinarlo y poder exponer los resultados sobre un mapa.

2.6.1 – ENTRADA DE DATOS

Es la recolección y procesamiento de datos provenientes de formatos como material cartográfico, imágenes de satélite, fotografías aéreas, fuentes estadísticas y textos, mediante técnicas de digitalización con dispositivos periféricos de entrada como mesas digitalizadores y scanner, programas de vectorización ⁹. Se crea un acceso a las bases de datos, a su actualización y corrección.

2.6.2 – TRANSFORMACIÓN Y ANALISIS DE DATOS

Las funciones de transformación y análisis de datos son las que proveen nuevos datos a partir de los existentes originalmente. Se realiza el análisis de datos estadístico y espacial. El objetivo general del análisis estadístico es proporcionar una visión mas detallada y precisa de los datos temáticos georeferenciados.

El análisis simultáneo de una característica temática y de la componente espacial de los objetos georeferenciados forma el núcleo esencial del análisis espacial. Esta función consiste en un conjunto de procedimientos que permiten la medición de distancias, la determinación de las magnitudes geométricas de los objetos espaciales, cambio de escala, análisis de redes, representación tridimensional, etc.

2.6.3 – SALIDA DE INFORMACIÓN

Son los datos procesados y almacenados que generan la información, esta es mostrada por los dispositivos de salida del sistema como lo son mapas, tablas o gráficos por medio de impresión en papel, presentaciones en pantalla o discos con bases de datos.

2.7 – ALGUNAS APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA

Una forma sencilla de determinar como puede aplicarse el SIG es plantearse que preguntas puede desear el usuario que se le respondan. Como se ha mencionado ya, uno de los primeros pasos al establecer un SIG es hacer un estudio de los posibles usuarios a fin de determinar sus necesidades de información y cuáles de ellas pueden satisfacerse mejor, utilizando varias combinaciones de recuperación y transformación de datos.

La utilidad final del SIG radica en su capacidad para elaborar modelos, es decir, construir modelos del mundo real a partir de las bases de datos digitales y utilizar estos para simular el efecto de un proceso específico en el tiempo para un determinado escenario. El análisis geográfico a través de modelos, es una técnica que permite evaluar una amplia gama de actividades y procesos realizados o por realizarse sobre un área del territorio, considerando los múltiples elementos y relaciones que entre ellos ocurren. La construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz para analizar las tendencias y determinar los factores que influyen en ellas, o para exponer las posibles consecuencias de las decisiones o proyectos de planificación de los recursos.

Las primeras aplicaciones de los SIG dependieron de las necesidades locales, y por tanto fueron distintas entre sí, en los diferentes lugares en que se aplicaron. En la Europa continental se incidió especialmente en los sistemas catastrales y en las bases de datos medioambientales. Las mayores inversiones en SIG en Gran Bretaña, durante los ochenta, fueron hechas en sistemas de empresas de servicios y en la creación de una base topográfica 1:1250 y 1:2500.

En Canadá se realizó una aplicación forestal capaz de determinar el volumen de la tala a realizar e identificar la vía de acceso a dicha tala. Los resultados se entregaron a los gobiernos locales de cada provincia. En China en Japón se trabajó arduamente en sistemas para el control y modernización de posibles cambios medioambientales.

En Estados Unidos, todas las aplicaciones mencionadas han sido de importancia. No obstante merece mención aparte el uso de la tecnología de los SIG en el proyecto TIGER (Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing) realizado por el U.S. Census Bureau y el U.S. Geological Survey. Este proyecto, diseñado para facilitar la

realización y posterior descripción del censo de 1990, produjo una descripción informática de la red de transporte de EEUU por valor de aproximadamente 170 millones de dólares.

El mayor conjunto de datos reunido hasta ahora está formado por las imágenes de satélite recogidas desde el espacio, a diferencia de la mayor parte de los otros datos georeferenciados (vectoriales), éste gran volumen de datos viene recogido en formato raster.

Las posibles aplicaciones del SIG son casi infinitas, por ejemplo, para determinar los mejores lugares potenciales para producir ciertos cultivos comerciales, el planificador agrícola puede utilizar bases de datos geográficos en los que se combine información sobre suelos, topografía y precipitaciones para determinar el tamaño y la situación de las zonas biológicamente adecuadas, y superponer ésta sobre otras bases de datos con información sobre propiedad de la tierra, infraestructura de transportes, disponibilidad de mano de obra y distancia del mercado para hacer más completa la información. Además, el planificador o la planificadora pueden cambiar seguidamente las características de distintos datos descriptivos a través del tiempo para determinar las posibles repercusiones de las circunstancias cambiables, como son los efectos de la sequía, el aumento o descenso de los precios nacionales o mundiales, o la construcción de nuevas carreteras.

Se puede aplicar también en manejo de emergencias, por ejemplo las personas encargadas de la seguridad pública pueden conocer cómo reaccionar a las emergencias visualizando varios escenarios de la emergencia; dirigir una evacuación por rutas seguras hacia las zonas de refugio previamente identificadas; el movimiento de la población; y cómo pueden afectarse edificios, puentes y otra infraestructura. Aun más, los mapas son herramientas importantes para ayudar al personal a su entrenamiento, ensayando y preparándose para los desastres naturales, terrorismo y otras emergencias.

El SIG también se aplica a estudios de mercadeo y ventas. Dada la fuerte competencia de hoy y de los presupuestos cada vez más reducidos, es muy importante para la vida de las empresas que estos tomen la decisión de optimizar sus recursos. Esto significa que vendedores y gerentes de ventas deben enfocar sus esfuerzos hacia el despliegue de las ventas supliendo de personal eficazmente ubicado dentro de territorios óptimos y dar un buen servicio del cliente, y así escoger los sitios comerciales que mostrarán el retorno de la inversión. La tecnología de un SIG es una valiosa herramienta por encontrar estos desafíos, y muchos más. Por la naturaleza geográfica de la mayoría de los datos comerciales, las soluciones de un SIG

les permiten a los usuarios ilustrar visualmente y comparar las relaciones entre la sociedad y el cliente y obtener ventajas competitivas.

El planificador pesquero podría combinar las bases de datos geográficos y estadísticos para construir un gráfico sobre la dinámica demográfica de una especie importante desde el punto de vista comercial, para anticipar las consecuencias a largo plazo de los programas de repoblación.

Los planificadores forestales pueden utilizar el SIG para vigilar los efectos de la deforestación y para planificar la coordinación y el sistema de ordenación maderera basándose en la información sobre tipos de suelos, especies requeridas, crecimiento y productividad, y pueden incluso evaluar los efectos visuales de la extracción de madera en zonas apreciadas por su belleza natural.

El encargado de la ordenación de la fauna silvestre puede utilizar el SIG para determinar el tamaño y la situación de las poblaciones animales, para establecer la relación entre oferta y demanda a fin de hacer frente a las necesidades de consumo o para determinar que regiones tienen un alto potencial de alimento y de hábitat para determinadas especies.

2.8 – SOFTWARE UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

2.8.1 - MAPINFO PROFESIONAL®

MapInfo® es un programa de aplicación para SIG, que tiene una gran capacidad de procesar información espacial, y proporciona herramientas para la entrada, manipulación, análisis y presentación de los datos.

Para la realización de la aplicación al Sistema de Redes de Drenaje de la U.C.V., se escogió el software MapInfo® versión 5.0 y su respectiva herramienta de programación MapBasic®, debido a su fácil aprendizaje con lo cual se logró georeferenciar todos los puntos pertenecientes a dichas redes y a la vez relacionar los mismos con una base de datos, la cual posee toda la información alfanumérica de dichos elementos.

Entre otras cualidades MapInfo®¹⁰ ofrece la capacidad de procesamiento de las bases de datos (incluyendo las consultas SQL) y la capacidad de visualizar los datos incluyendo cartografía temática, en forma de mapas, esquemas y gráficos. Para mostrar datos, éstos

necesitan contener coordenadas (X,Y) para que el software pueda conocer la posición del dato sobre el mapa.

La geocodificación es el proceso de asignar coordenadas de registro comparando la información geográfica de una tabla con la información geográfica de otra que ya contiene las coordenadas (X,Y). MapInfo® permite usar datos que han sido creados en otros formatos de entradas, soporta el despliegue de imágenes raster, las cuales se pueden utilizar como mapa base y pueden servir como referencia para los datos desplegados. Los mapas pueden digitalizarse para crear imágenes de vector y los mismos pueden revisarse usando distintas funciones. Los datos también pueden visualizarse en MapInfo® para posteriormente crear mapas temáticos que es el proceso de sombrear un mapa en base a un tema particular. El tema es usualmente una o varias variables de sus datos, usando distintas funciones. Por otro lado se pueden combinar opciones temáticas para crear mapas que despliegan variables múltiples de muchas tablas.

MapInfo® soporta 18 proyecciones de mapas y realiza las proyecciones, transformaciones y representaciones de ellos en un instante, igualmente atará los datos para recuperar la información sobre cualquier objeto para su posterior análisis ¹⁰.

2.8.1.1 – Requerimientos del programa

Entre los requerimientos básicos necesarios para el buen funcionamiento del MapInfo®, se pueden mencionar:

- Memoria: Windows necesita 8 megabytes de RAM, pero si se trabaja en Windows NT se necesitan 16 megabytes.
- Espacio libre en el disco duro: se necesita 4.5 megabytes.
- Monitor VGA.
- Ambiente operacional Windows 95 o más reciente.

2.8.1.2 – MapBasic®

Es el lenguaje de programación usado para personalizar y/o automatizar MapInfo®. Para crear aplicaciones de MapBasic® ¹⁰, se necesita un compilador de MapBasic®, el cual es un producto separado. Sin embargo, no se requiere de un compilador de MapBasic® para ejecutar una aplicación de MapInfo®.

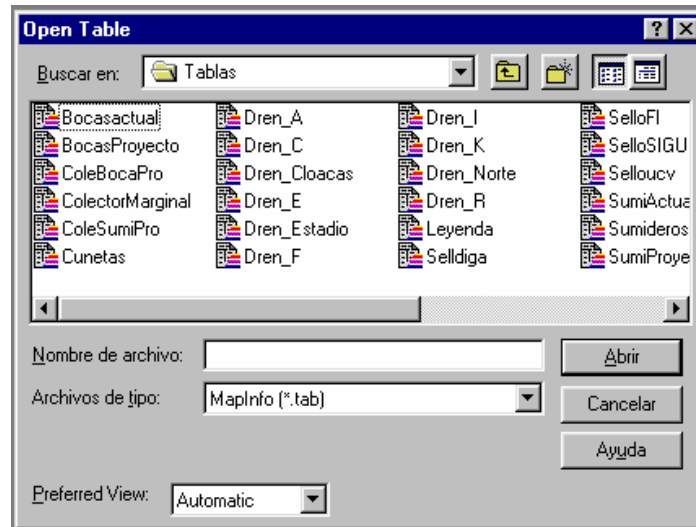


Figura N° 9 : Tablas asociadas a un espacio de trabajo.

2.8.1.3 – Espacio de trabajo

Un espacio de trabajo es un archivo WOR, asociado a una configuración de tablas y ventanas abiertas de una sesión de trabajo dentro del programa MapInfo®.

CAPÍTULO 3

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOREFERENCIADA DE LAS REDES DE DRENAJE DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

El presente capítulo plantea el desarrollo del Sistema de Información Geográfica aplicada al Sistema de Redes de Drenajes de la Universidad Central de Venezuela (SRD-UCV), así como los objetivos y metodologías empleadas para realizar este Trabajo Especial de Grado. En el mismo, se georeferenciaron todos y cada uno de los elementos que conforman la red de drenaje superficial de la Universidad, se obtuvo reportes por tipo de entidades que la integran, atributos de cada uno de estos, reportes gráficos, planos y fotografías que ilustran sectores específicos de la red.

Estas aplicaciones están dirigidas a apoyar la gestión que realiza la Dirección de Servicios Generales de la Universidad Central de Venezuela, al permitir optimizar el trabajo que se realiza en ella, mejorar los servicios que prestan a la comunidad universitaria y mantener al día toda aquella información de vital importancia.

3.1 – PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para la solución de los problemas de la comunidad que se presentan en la actualidad, toma gran importancia la atención de los sistemas de recolección y disposición de las aguas pluviales, procurando aislarlas del contacto humano y lograr disminuir los riesgos y daños que estas puedan ocasionar.

Vivimos en una sociedad enlazada por redes de computadoras, éstas juegan un papel esencial en la disponibilidad de información ágil y oportuna, siendo en la actualidad los Sistemas de Información Geográfica capaces de almacenarla en grandes cantidades asociada a un espacio geográfico determinado.

La falta de información con respecto al sistema de drenaje dentro de la Universidad motivó en gran medida el desarrollo de este trabajo de investigación utilizando la herramienta

SIG, para mostrar información: rápida, actualizada y de fácil mantenimiento a las personas interesadas en este tema.

3.1.1 – ANTECEDENTES

El Centro de Investigación Aplicada en Sistemas de Información Georeferenciada de la Universidad Central de Venezuela (CIASIG-UCV), ha venido desarrollando un macroproyecto denominado Sistema de Gestión Catastral de la Universidad Central de Venezuela (SGC-UCV), conformado por varios subsistemas con visión integradora de un conjunto de aspectos, que apoyados en nuevas tecnologías, permitirán el análisis multicriterio para la toma de decisiones en el ámbito de la gestión de servicios.

Dentro de estos subsistemas podemos mencionar al Sistema Red de Voz y Datos de la U.C.V. (SRVD-UCV), encargado de manejar toda la información concerniente a las redes de telefonía básica y conectividad sobre fibras ópticas a las dependencias académicas, administrativas, servicios de salud, etc; pertenecientes a la Ciudad Universitaria de Caracas (Julio 1.997). De igual manera se desarrolló el Sistema de Redes de Agua Potable (SRAP-UCV), con el objeto de actualizar, automatizar y mantener la información relativa a sus componentes distribuidos a lo largo de la Ciudad Universitaria de Caracas (Octubre 2000).

Continuando con el desarrollo del SGC-UCV se inició el proyecto referente al Sistema de Información de las Redes de Drenajes de la U.C.V. (SRD-UCV), el cual tiene por objeto la actualización, automatización y análisis de toda la información relacionada con estas redes, que se encuentran ubicadas dentro del recinto universitario.

El proyecto incluye la georeferenciación y descripción (atributos) de cada una de las entidades. Se espera obtener como producto un sistema integral que brinde a los usuarios de las distintas dependencias de la Universidad, información organizada y de fácil entendimiento y mantenimiento, pudiendo desarrollar a su vez otras aplicaciones dentro del ámbito de los Sistemas de Información Geográfica.

3.1.2 – OBJETIVOS

El objetivo fundamental de este Trabajo Especial de Grado recae en el diseño y ejecución de un Sistema de Información Georeferenciada referente a las redes de drenaje de la U.C.V. (SRD-UCV). El cumplimiento de dicho objetivo facilitará el apoyo de la gestión de la

Dirección de Servicios Generales de la U.C.V., la cual pretende generar un grupo de herramientas capaces de informar acerca del entramado físico existente, la posición geográfica, los distintos elementos que conforman las redes y los atributos de cada uno de ellos.

Para el cumplimiento del objetivo general fue necesario el planteamiento de los siguientes objetivos específicos:

- Recopilación y análisis de la información existente sobre las redes de drenajes y los elementos que la conforman.
- Elaboración de los formatos para el levantamiento de la información relativa a las características de los elementos que conforman estas redes.
- Georeferenciación de los elementos y levantamiento de la información asociada a cada uno de ellos.
- Adaptación de las bases de datos al diseño general del sistema de Gestión Catastral (SGC – UCV).
- Conversión de datos a digitales
- Establecimiento del sistema de información. Armar las redes que conforman el Sistema de Drenaje con las características asociadas a cada uno de sus elementos.
- Diagnóstico de problemas de drenaje superficial.

3.2 – SISTEMA DE DRENAJE DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

La Universidad Central de Venezuela como máxima casa de estudio juega un papel protagónico en el área de investigación para el desarrollo del país. Por este motivo, todos los proyectos que en ella se ejecutan son de gran importancia, incluyendo los trabajos de investigación realizados por el estudiantado, los cuales constituyen temas pocos consultados, como en nuestro caso lo es el *Sistema de Drenaje*.

Una vez enfocados todos los objetivos se procedió a elaborar un plan que resume tres etapas generales básicas de trabajo: búsqueda de información, trabajo de campo y desarrollo del sistema de información.

El plan de trabajo requirió asignar actividades específicas en lapsos de tiempos determinados, buscando organizar la estrategia de trabajo a emplear. De forma paralela se adelantaron las comunicaciones y trámites administrativos solicitando la colaboración de los

entes involucrados. A continuación se muestra el cronograma de trabajo utilizado para la ejecución de este Trabajo Especial de Grado:

ACTIVIDAD	MESES											
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Recopilación de la información existente	■											
Recopilación bibliográfica		■										
Elaboración de formatos para el levantamiento de la información	■											
Trabajo en campo			■									
Procesamiento de la información				■								
Diseño de las salidas del sistema										■		
Diagnóstico de problemas de drenaje superficial									■			
Emisión del trabajo final										■		

Figura N° 10 : Cronograma de trabajo.

3.2.1 – RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

Se puede decir en líneas generales que la información perteneciente al Sistema de Drenaje de la Universidad Central de Venezuela era escasa, únicamente existía un plano conjunto de toda la Ciudad Universitaria de Caracas a escala 1:1.000 elaborado por los ingenieros: León, Disario y Hernández en el año 1958, que contenía las redes de: aguas servidas, aguas pluviales, aguas potables y esquemas de instalaciones eléctricas en situación de proyecto. El plano refleja cambios en el sistema de drenaje existente para aquella época e incorpora elementos necesarios (tanquillas, sumideros, bocas de visita, etc.) en puntos estratégicos para el mejoramiento de la red.

Se realizaron visitas a la Biblioteca de la Escuela de Ingeniería Sanitaria, la planoteca de Hidrocapital y la Biblioteca Central con el fin de documentar nuestro trabajo en relación a los colectores marginales de aguas servidas que circulan en las cercanías de la Universidad, encargados de recibir las aguas de lluvia provenientes del sistema de drenaje.

La base cartográfica encontrada comprendió varios planos catastrales que muestran parte del alcantarillado de la zona Metropolitana, sector Centro Sur para el año 2.000, también

conseguimos información con respecto al recorrido de los colectores marginales Valle y Guaire representados en un plano de proyecto a escala 1:10.000 del año 1949.

Además de estos lugares físicos, es muy importante reseñar la gran cantidad de información que se obtuvo de *Internet*, donde se destacan las páginas web referentes a: Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicaciones de este sistema, Mapinfo®, entre otras.

Con la información existente contenida en los planos de proyecto (1958), el siguiente paso fue trasladarla a los cuatro (4) planos a escala 1:1.000 de la Ciudad Universitaria de Caracas más actualizados, elaborados en el año de 1992.

Se utilizó como instrumento de trabajo la “mesa de luz”, siendo de gran utilidad en la superposición de los planos, ya que, la base cartográfica más antigua se encontraba un poco borrosa, debido a que es una copia de los planos originales que reposan en la Dirección de Servicios Generales de la U.C.V.

Al revisar detenidamente la información recopilada se observó una notable diferencia entre los ejes coordenados de ambos planos, las coordenadas Este son coincidentes pero existe un ligero desfase en las coordenadas Norte, lo que lleva a pensar que los planos tienen diferentes orígenes de referencia. Otro inconveniente fue ajustar ambas bases cartográficas entre sí, debido a que muchas de las edificaciones proyectadas (plano 1958) no se encontraron en los planos de trabajo (1992).

En búsqueda de una solución a este problema se unieron los cuatro (4) planos a escala 1:1.000 correspondientes a la Ciudad Universitaria de Caracas para crear una sola base de información de fácil manejo. Se superpusieron los planos ubicando las mismas estructuras existentes en ambos, como el Hospital Clínico Universitario y algunas vías de comunicación internas de la Universidad.

Antes de iniciar la extracción de los datos se diseñó una planilla recolectora que sirvió de gran utilidad (ver figura N° 11).

NOMBRE : _____	HOJA: _____ de _____
TIPO: _____	FECHA: _____ / _____ / _____
OBJETO : _____	
PLANOS : _____	
SITUACION : _____	

DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	NOMENCLATURA	NORTE	ESTE	OBSERVACIONES

Figura N°11 : Planilla diseñada para la extracción de los datos.

La ubicación de todos los elementos que integran la red se logró determinando las coordenadas Norte y Este sobre el sistema proyectado. Dependiendo del objeto a levantar se especificó un punto de referencia en particular, para los colectores se utilizaron los puntos de quiebre, en las bocas de visita y tanquillas se fijó el centro de la simbología que los representa, y para los sumideros se usaron dos los vértices opuestos: A y C.

Después de extraer los datos, se ordenaron en una tabla con formato tipo texto para cargarlo al programa Mapinfo®. Se trasladó la información al mapa base de la Universidad, luego, se dibujaron los colectores principales y secundarios que conforman la red de drenaje con el sentido en que circulan las aguas. Se observó que algunas bocas de visita y sumideros quedaron ubicadas dentro de edificaciones, lo que hace pensar que la información del plano de proyecto (1958) no corresponde en gran medida con la existente en campo.

3.2.2 – ELABORACIÓN DE FORMATOS PARA EL LEVANTAMIENTO EN CAMPO

Con gran parte de la información de proyecto finalizada se procedió a organizar el trabajo necesario para obtener la información de campo.

En primer lugar se diseñaron las planillas de recolección de datos para los elementos más comunes dentro del sistema de drenaje existente: los sumideros y las bocas de visita. En

dichas planillas se recoge de manera organizada cada uno de los atributos que involucran estos elementos, acompañados de un croquis de ubicación.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA		PLANILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA	
FACULTAD DE INGENIERIA		SUMIDEROS	
CIASIG - UCV			
		COORDENADAS	
		A Norte: _____ Este: _____	
		B Norte: _____ Este: _____	
Nomenclatura: _____ Dren: _____ Ramal: _____ Plano: _____ Cota Terreno: _____ m Prof. Fondo: _____ m Cota Fondo: _____ m			
UBICACIÓN: _____ _____ _____			
LOCALIZACIÓN			
Acera <input type="checkbox"/> Calzada <input type="checkbox"/> Cancha <input type="checkbox"/> Caminería <input type="checkbox"/> Jardín <input type="checkbox"/> Estacionamiento <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/>			
TIPO			
VENTANA <input type="checkbox"/> Longitud _____ m Prof. a la rasante _____ m Rejilla Operativo Altura _____ m Cota Rasante _____ m SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>			
REJA DE HIERRO FUNDIDO			
COLECTORES DIAMETRO PROFUNDIDAD A LA RASANTE COTA RASANTE Largo _____ m D1 _____ P1 _____ m C1 _____ m Operativo ENTRADA D2 _____ P2 _____ m C2 _____ m SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Ancho _____ m D3 _____ P3 _____ m C3 _____ m Sep. c/c _____ mm SALIDA D1 _____ P1 _____ m C1 _____ m			
REJA TIPO I.N.O.S.			
COLECTORES DIAMETRO PROFUNDIDAD A LA RASANTE COTA RASANTE Largo _____ m D1 _____ P1 _____ m C1 _____ m Operativo ENTRADA D2 _____ P2 _____ m C2 _____ m SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Ancho _____ m D3 _____ P3 _____ m C3 _____ m Sep. c/c _____ mm SALIDA D1 _____ P1 _____ m C1 _____ m			
CROQUIS DE UBICACIÓN			
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>			
OBSERVACIONES: _____			

Realizado por: _____ Hora: _____ :			

Figura N°12 : Planillas de recolección de datos en campo para sumideros.

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE INGENIERIA CIASIG - UCV		PLANILLA DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA BOCAS DE VISITA				
		Nomenclatura: _____	Dren: _____	Ramal: _____	Plano: _____	
SISTEMA DE INFORMACION DE LAS REDES DE DRENAJES		COORDENADAS				
		Cota Terreno: _____ m	Prof. Fondo: _____ m	Norte: _____	Este: _____	
		Cota Fondo: _____ m				
UBICACIÓN: _____						
LOCALIZACIÓN						
Acera <input type="checkbox"/> Calzada <input type="checkbox"/> Cancha <input type="checkbox"/> Caminería <input type="checkbox"/> Jardín <input type="checkbox"/> Estacionamiento <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/>						
TIPO						
I - A <input type="checkbox"/> I - B <input type="checkbox"/> I - C <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV - A <input type="checkbox"/> IV - B <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>						
ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA BOCA DE VISITA						
TAPA	Acero <input type="checkbox"/>		Diámetro: _____ m	Pesada <input type="checkbox"/>	Identificación	
	Concreto <input type="checkbox"/>		Espesor: _____ mm	Liviana <input type="checkbox"/>	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
COLECTORES			DIAMETRO	PROFUNDIDAD A LA RASANTE	COTA RASANTE	Operativo
	Acero <input type="checkbox"/>		D1 _____	P1 _____ m	C1 _____ m	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
	H. F. <input type="checkbox"/>	ENTRADA	D2 _____	P2 _____ m	C2 _____ m	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
	Concreto <input type="checkbox"/>		D3 _____	P3 _____ m	C3 _____ m	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
P.V.C. <input type="checkbox"/>	SALIDA	D1 _____	P1 _____ m	C1 _____ m	SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
CROQUIS DE UBICACIÓN						
OBSERVACIONES: _____						
Realizado por: _____						
Hora: _____ :						

Figura N°13 : Planillas de recolección de datos en campo para bocas de visita.

Para las demás obras de captación como: torrenteras, canales, cunetas, etc; no se diseñó la planilla de recolección de datos debido al escaso número de elementos en comparación con los anteriores (sumideros y bocas de visita). También se elaboró un formato de planillas de inspección en campo para puntos de estancamiento de aguas de lluvia (ver anexo N° 3).

Antes de iniciar el trabajo de campo se realizó un pequeño inventario de los materiales y equipos necesarios para el levantamiento de la información con la finalidad de obtener los

implementos faltantes y revisar el estado físico de los ya existentes. A continuación los materiales y equipos utilizados durante el desarrollo del trabajo de campo:

- Cinta métrica metálica de 7,5 metros
- Cinta métrica de nylon de 50 metros
- Spray de color blanco
- Linterna
- Planillas de recolección de datos y planos de la Ciudad Universitaria (Esc. 1:1.000)
- Cámara digital

3.2.3 – TRABAJO EN CAMPO

Toda la información perteneciente al campo fue levantada entre los meses de Julio y Febrero, durante este período se dividió el trabajo en cuatro (4) fases fundamentales (ver figura N° 14).

Adicionalmente a la información de proyecto encontrada referida al principio del capítulo, se consultó un trabajo realizado en años anteriores por los estudiantes “Betilde Araque y Miguel Barreto” de la Facultad de Ingeniería, quienes dibujaron sobre los planos de la Universidad Central de Venezuela un sistema tentativo de drenaje (Tesis), esto sirvió para ubicar en principio los sumideros, las bocas de visita y demás obras relacionadas con el drenaje superficial.

3.2.3.1 – Metodología empleada

El trabajo en campo se programó para ser ejecutado durante los días de la semana en horario vespertino para cada una de las tres etapas, dejando para los fines de semana los elementos ubicados en avenidas y estacionamientos, debido al tráfico menor de personas y vehículos.

El levantamiento de la información para cada uno de los elementos fue llevado a cabo mediante tres procedimientos consecutivos fundamentales:

- Recolección de los datos asociados (atributos).
- Georeferenciación (ubicación geográfica del elemento).
- Marcaje del elemento.

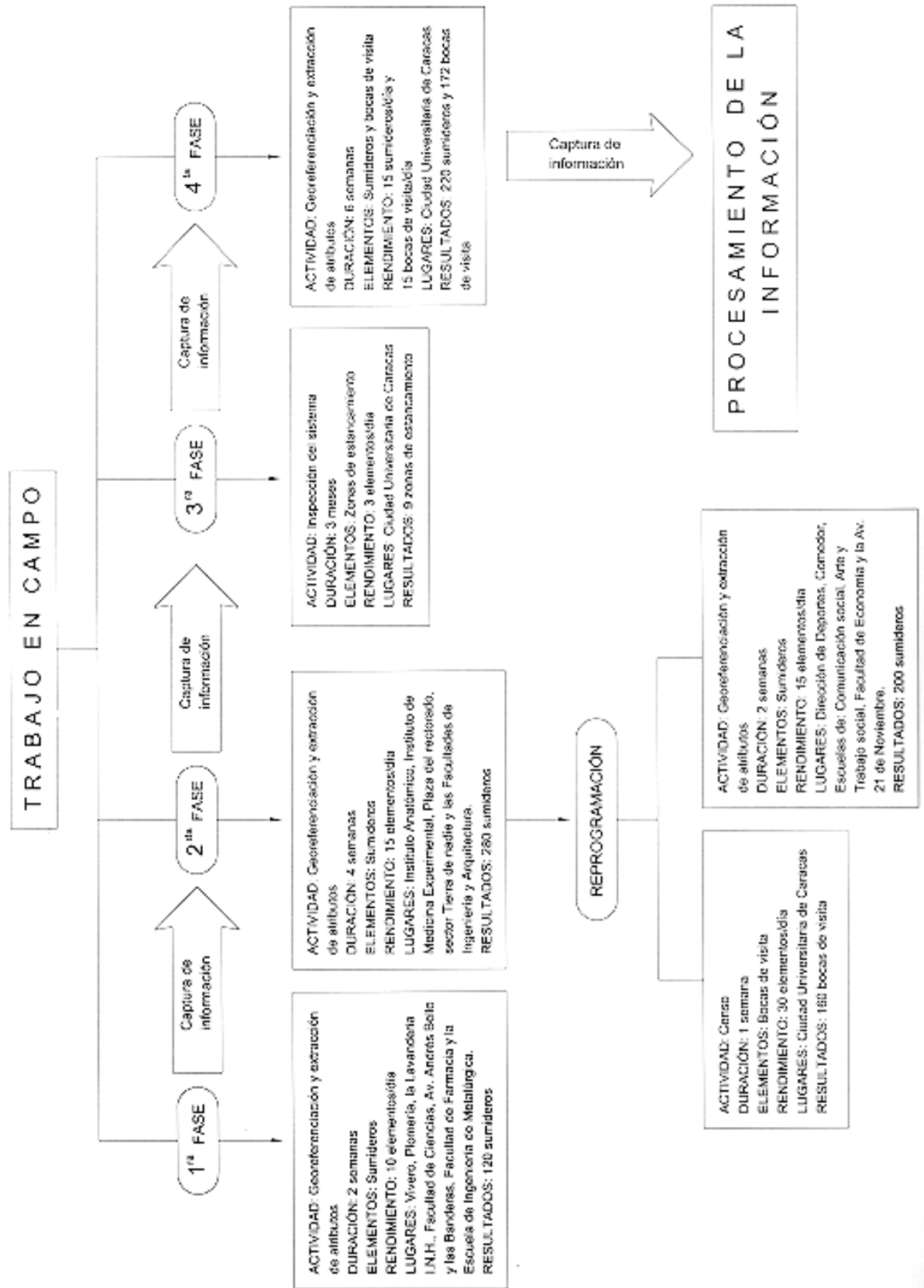


Figura N°14 : Esquema de trabajo en campo.

El primero de los procedimientos se desarrolló a través del llenado de las planillas recolectoras de información, siendo la observación la herramienta utilizada para evaluar atributos como: ubicación, localización, tipo de elemento y estado operativo del mismo, etc. Los desperfectos o anomalías visualizados durante el levantamiento se colocaron en las observaciones mientras que para atributos como: largo, ancho, profundidad y diámetro del colector utilizamos la cinta métrica metálica como instrumento de trabajo.

Es importante destacar que para las lecturas de las profundidades se marcó como referencia la superficie que rodea al elemento y para la obtención del diámetro de los colectores se utilizaron dos métodos: el primero se basó en colocar la cinta en la rasante del colector de manera vertical para después desde la superficie efectuar la lectura, este método resultó efectivo para profundidades promedio comprendidas entre 0 – 1,50 metros, tanto en bocas de visita como en sumideros de rejas con tanquilla recolectora construida en sitio. El segundo consistió en medir las profundidades de la rasante y el lomo del colector para luego por diferencia de lecturas obtener el diámetro, este método se utilizó en bocas de visita y sumideros con profundidades mayores a 1,50 metros o en aquellos donde la disposición de los colectores lo obligaba.

La georeferenciación fue el segundo de los procedimientos, para su ejecución se utilizó la cinta métrica de 50 metros en conjunto con los planos a escala 1:1.000 de la Ciudad Universitaria de Caracas. Se identificaron con letras a los vértices y centros de los sumideros y bocas de visita. (ver figura N° 15).

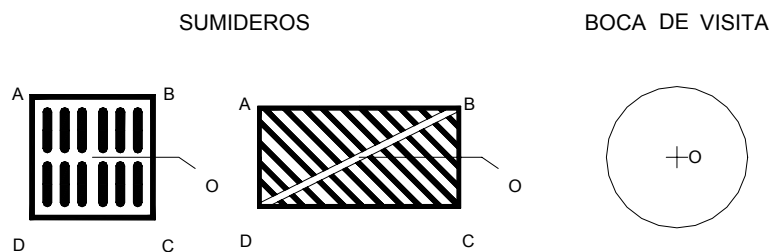


Figura N°15 : Esquema general de puntos de identificación en los elementos del sistema.

La georeferenciación de cada uno de estos puntos se realizó por intersección directa para lo cual se necesitaron dos (2) distancias a partir de dos *puntos de referencias* como: esquinas de edificaciones, caminerías, brocales, etc; ubicados en los planos de trabajo o un *punto de referencia* cuando el procedimiento donde se involucro líneas perpendiculares. Este último consiste en la utilización de un triángulo rectángulo con dimensiones en sus lados de: tres, cuatro y cinco unidades de medición. La geometría del triángulo genera un ángulo recto necesario para aproximar en campo alineamientos que se corten perpendicularmente.

En el caso de los sumideros de rejas se georeferenciaron los puntos: A, C y O, este último representa el centro geométrico de la reja de captación, mientras que para los sumideros de ventana y bocas de visita se georeferenciaron el punto “O” centro de la tapa que cubre la estructura. Las obras de captación restantes no fueron georeferenciadas con un punto específico, se identificaron sobre los planos los puntos de comienzo y el fin del elemento y su recorrido verificando también el sentido del agua que drena sobre ellas.

Los sumideros ubicados en las vías de acceso de la Universidad se consideraron perpendiculares a los brocales que rodean la calzada y la lectura de la distancia entre el punto “O” y el borde interno del brocal, sirvió para determinar los cuatros puntos de referencia y su perfecta orientación.

El tercero de los procedimientos consistió en señalar mediante una pequeña marca a los elementos ya levantados, para de esta manera llevar un control sobre aquellos faltantes.

3.2.3.2 – Primera fase

Se realizó en un período de dos (2) semanas incluidos sábados y domingos, durante su ejecución se levantó información referente a los sumideros de tipo: hierro fundido, INOS y ventana, encontrados en tres sectores fundamentales.

El primero de ellos está ubicado en la parte Noroeste de la Universidad Central y comprendido por: el Vivero, Plomería, Sala de Calderas, Lavandería y los alrededores del Instituto Nacional de Higiene, el segundo sector abarcó toda la Facultad de Ciencias y un tercero involucra las avenidas Andrés Bello y las Banderas, la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y la Facultad de Farmacia.

El rendimiento promedio de trabajo para esta primera etapa fue de diez (10) elementos por día, viéndose afectado este resultado únicamente por la ubicación de los mismos, es decir,

los sumideros localizados a los lados de las vías de acceso arrojan mejor rendimiento diario que los situados en: jardines, estacionamientos y caminerías.

3.2.3.3 – Segunda fase

Se realizó en un período de cuatro (4) semanas, se levantaron únicamente los sumideros tipo: Hierro fundido e INOS.

El recorrido se inicio por el estacionamiento del Instituto Anatómico, continuando hacia los jardines que se encuentran alrededor del Instituto de Medicina Experimental, luego de una semana de trabajo en oficina regresamos a campo para levantar la información cercana a las Facultades de Ingeniería y Arquitectura, se exploraron lugares como: jardines, caminerías, calles, etc; dejando para los últimos días, el sector conocido como “Tierra de nadie” y la Plaza del Rectorado. El rendimiento de trabajo aumentó de diez (10) a quince (15) elementos por día.

Como consecuencia de la gran cantidad de sumideros encontrados en los primeros levantamientos, se optó por realizar ajustes en la programación de las actividades de campo.

Se efectuó un censo de las bocas de visita existentes en toda la Universidad con la finalidad de dimensionar el trabajo restante, además se adelantaron las comunicaciones de solicitud de personal obrero de apoyo ante las respectivas Direcciones encargadas de las labores de mantenimiento dentro del recinto universitario.

De igual manera, en esta fase se levantaron los sumideros ubicados en los alrededores de la Dirección de Deportes y las Escuelas de: Trabajo Social, Arte y Comunicación Social, parte posterior del Comedor Universitario y la Facultad de Economía. Esta salida se completó abarcando la parte final de la Av. 21 de Noviembre con dirección a la salida que conduce hacia Plaza Venezuela.

3.2.3.4 – Tercera fase

Esta fase corresponde a la inspección del funcionamiento del sistema de drenaje. Se realizó entre los meses Septiembre y Diciembre, durante este período ocurrieron varias lluvias que abarcaron toda la Ciudad Universitaria de Caracas.

El objetivo perseguido con la inspección era ubicar las zonas de estancamiento encontradas a lo largo y ancho del sector universitario, también se observó el funcionamiento de las obras de captación instantes después de ocurrida la precipitación.

Se tomaron fotografías que ilustran las zonas de estancamiento, así como el estado actual de los elementos que conforman el sistema y su estructura interna (ver anexo N° 1).

Utilizando como base las planillas de recolección de datos para puntos de estancamiento de aguas de lluvia, se pudo extraer la información necesaria de las zonas de estancamiento encontradas en los siguientes lugares: Pista de Trote del Estadio Olímpico, pasillos techados internos cercanos a la Facultad de Ingeniería, Instituto Anatómico, sector Tierra de Nadie, alrededores del edificio de Consulta Externa, jardines de la Escuela de Administración y Contaduría, entre otros.

3.2.3.5 – Cuarta fase

La última fase del trabajo en campo se llevó a cabo en dos etapas, levantándose la información de los sumideros y las bocas de visita, en un período de 6 semanas.

La primera etapa abarcó el levantamiento de los sumideros en los sectores: Av. 21 de Noviembre en dirección a la plaza las Tres Gracias, parte posterior y lateral del Hospital Clínico, el Instituto Anatómico-patológico, Decanato de la Facultad de Medicina, Escuela de Medicina Luis Razetti, Escuela de Administración y Contaduría y la última parte de la calle Minerva.

La segunda etapa se planificó en conjunto con el Departamento de Canalizaciones de la UCV, a cargo del Ing. Oswaldo Panté, quién nos dotó de herramientas y asignó el personal capacitado para iniciar los trabajos referentes al levantamiento de las bocas de visita.

Los rendimientos para cada una de las etapas fue de quince (15) sumideros por día y quince (15) bocas de visita diarias.

3.2.3.6 – Análisis preliminar

Se levantó un total de 1.026 elementos, de los cuales 1.007 fueron georeferenciados (sumideros y bocas de visita) y 19 ubicados según su trayectoria verificada en sitio (cunetas y torrenteras). Estos se reparten de la siguiente manera: 826 sumideros (80,5 %), 181 bocas de visita (17,6 %), 17 cunetas y 2 torrenteras (1,9 %).

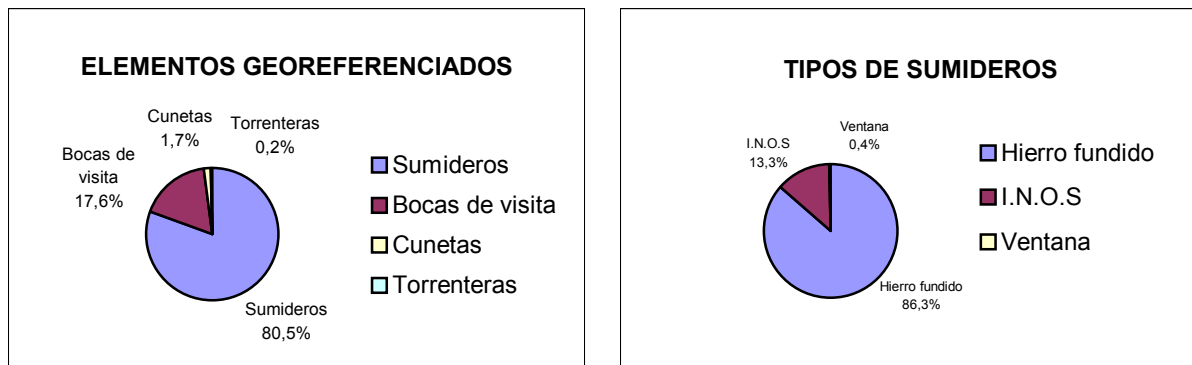


Figura N°16 : Gráficos explicativos de los resultados obtenidos.

Los sumideros constituyen gran parte de los resultados obtenidos, todas las características asociadas a sus dimensiones (ancho, largo y separación entre rejillas) permanecieron constantes para cada uno de los tipos encontrados, mencionados a continuación: 713 de Hierro fundido, 110 de INOS y 3 de Ventana.

El segundo lugar con respecto a la cantidad de objetos georeferenciados correspondió a las bocas de visita. A continuación se presentan algunas características encontradas en la mayor parte de las bocas de visita levantadas.

- La profundidad hasta el fondo en un 98 % no superó los 5 metros.
- No fueron observadas bases en el fondo de las estructuras, únicamente dos o tres casos aislados.
- El cuerpo de la estructura fue construido en su mayoría por cilindros prefabricados, viéndose algunas bocas conformadas de concreto armado vaciado en sitio.
- En el 97 % de los casos no se visualizó como superior excéntrico, ni escaleras de acceso para el caso de bocas con profundidad considerable.
- Los marcos y tapas encontradas para todos los elementos fueron estándar y del material hierro fundido, siguiendo las dimensiones y características del tipo liviano.
- El material de fabricación predominante en los colectores fue el concreto sin armar, con la salvedad de algunas descargas provenientes del drenaje de techos y pasillos donde la tubería de entrada era de hierro galvanizado.

No adaptándose en su totalidad las características antes descritas a un tipo de boca de visita específico normalizado, se concluyó que se asemejan más al tipo *Ia*.

Un 31 % de las bocas de visita levantadas no presentaron la palabra “ DRENAJE ”, y se encontraron tapas con identificaciones falsas, creando confusión con el sistema de cloacas.

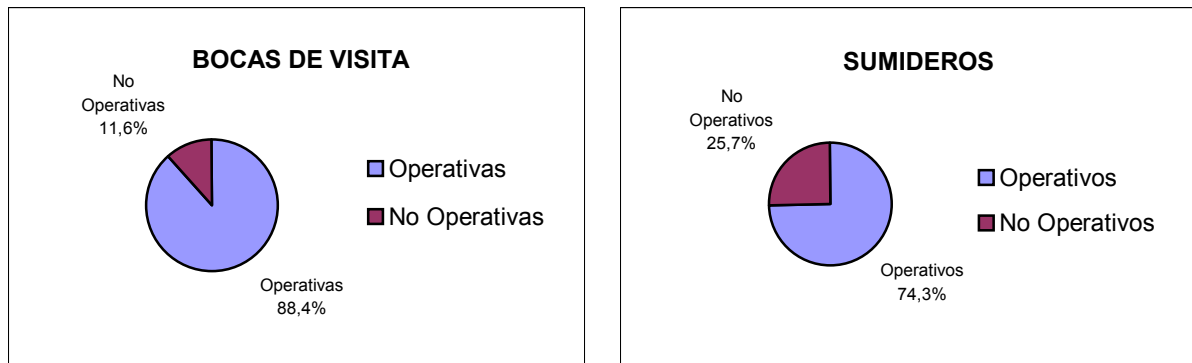


Figura N°17 : Porcentajes de operatividad en sumideros y bocas de visita.

Las cunetas encontradas fueron clasificadas en dos grupos: de fondo redondeado o media caña, y en forma de “ V ” o tipo M.O.P. (Jacob Carciente, 1977).

En relación al estado operativo de las obras que forman el sistema, se colocó una alternativa en las planillas recolectoras que informa si el elemento en cuestión actualmente funciona o requiere de trabajos de mantenimiento. Posteriormente, se mostraron los datos mediante gráficos explicativos que ilustran los resultados (ver figura N° 17).

3.2.4 – PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.2.4.1 – Conversión de datos a digitales

La conversión a digital de los atributos se hizo mediante la transcripción de las planillas recolectoras utilizadas en campo a una hoja de cálculo, ordenando la información en forma de filas y columnas para la incorporación al programa MapInfo®.

En el cálculo de las coordenadas de los puntos: A, B, C , D y O se utilizó como alternativa un asistente de dibujo por computadora (AutoCad 2000). En primer lugar fueron ubicadas con precisión en el mapa base de la Universidad las coordenadas de los *puntos de referencia* tomados como base para la georeferenciación. Luego, se proyectaron en el sistema asistido por computadora y después trazando las mediciones obtenidas en campo se determinaron las coordenadas.

Los datos fueron manejados en archivos de cincuenta (50) elementos para facilitar su ordenamiento y no generar problemas con archivos que tuviesen mucha información.

3.2.4.2 – Ordenamiento final de la información

Con las coordenadas de los puntos: A, B, C, D y O, se dibujaron en AutoCad® los sumideros y las bocas de visita que conforman el sistema de drenaje. Esta información fue recopilada e integrada en un solo archivo, con la finalidad de poder visualizar todos los elementos en un solo plano. Dicho plano fue impreso a escala 1:500, sobre él se construyeron los colectores principales, ramales secundarios y empotramientos que conforman los distintos drenes del Sistema de Drenaje de la U.C.V.

3.2.4.3 – Procesamiento de la base de datos al sistema de información

El siguiente paso, fue asignar una simbología a los sumideros y bocas de visita, vinculando a tres campos,. El primero de ellos fue el número secuencial de orden asignado durante el levantamiento de la información y los otros dos correspondieron a las coordenadas del punto “O”, centro geométrico del elemento.

Esta operación se hizo con el objetivo primordial de dibujar en el programa la estructura de las redes de drenajes, mientras se completaba la información de los campos restantes. Las cunetas y las torrenteras que conforman el sistema fueron procesadas solamente con el primer campo, número secuencial de orden (N°) y al igual que los colectores muestran el sentido del agua de lluvia que discurre a través de ellas.

Para poder orientar el esquema general de los colectores dentro del sistema de drenaje se tomaron como referencia los croquis de ubicación realizados en las planillas recolectoras de datos, ya que, durante el levantamiento en campo se dibujaron sobre ellos la dirección de los colectores de entrada y de salida tanto en los sumideros como en las bocas de visita.

Una vez construidas las redes de drenaje se procedió a calcular el valor de la cota del terreno para cada uno de los elementos que integran el sistema, el método utilizado fue el de interpolación y consistió en relacionar de manera lineal los desniveles y la distancia comprendida entre el objeto en cuestión y las curvas de nivel mostradas cada metro en la base digital de la Universidad.

3.2.4.4 – Estructura del sistema de drenaje actual

El Sistema de Drenaje de la Universidad Central de Venezuela (SRD-UCV) lo conforman distintos drenes integrados a su vez por colectores de diferentes diámetros y materiales que se encuentran conectados por bocas de visita y cuya función principal es evitar el daño que las aguas de lluvia puedan ocasionar a personas y sus propiedades (ver anexo 4).

Para el ordenamiento de los componentes de las redes de drenaje se fijó como criterio base considerar la estructura de los drenes similar a la de un árbol, donde el tronco representa el colector principal y cada una de sus ramas los diferentes conductos y empotramientos que transportan los aportes a los colectores de mayor diámetro.

La clasificación de los ramales se inicio desde el punto de su descarga hasta la obra de captación más alejada, siendo el ramal principal (P) el colector de mayor longitud o con mayor diámetro. A los ramales secundarios se le asignó un número de orden a medida que se encontraron en el recorrido del colector principal (desde el sitio de descarga hasta el punto más alejado), siguiendo una secuencia de dos números para los ramales terciarios y así sucesivamente. Por ejemplo, un ramal secundario ubicado de tercero en el orden se denominará “Ramal 3”, mientras que un ramal terciario empotrado de primero a uno secundario colocado de quinto en el orden, su nombre será “Ramal 5-1”. A las bocas de visita y sumideros se le asignó igual numeración utilizando el mismo procedimiento, mientras que las cunetas y torrenteras fueron enumeradas de acuerdo al orden en que fueron levantadas.

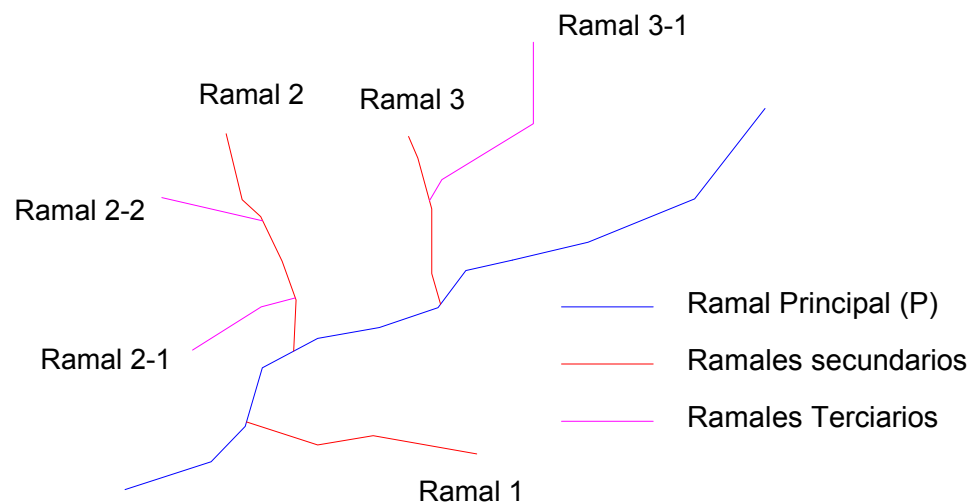


Figura N°18 : Clasificación de los ramales.

Un total de nueve (9) drenes fueron encontrados en la Ciudad Universitaria de Caracas nombrados a continuación:

Dren Norte (N)

Se encuentra ubicado en la zona norte de la Universidad, es de mediana extensión y tiene conectados a su estructura alrededor de cien (100) sumideros de hierro fundido ubicados en las vías de acceso. Descarga sus aguas al colector marginal derecho Guaire y abarca los sectores de: Instituto de Medicina Experimental, alrededores del Hospital Clínico, Instituto Anamo-patológico y gran parte de la Av. 21 de Noviembre.

Dren “ E ”

Comienza en el sector noroeste exactamente frente al área que pertenece al Vivero, su recorrido comprende la avenida de acceso a la Lavandería y la Sala de calderas, luego transita por la Av. Andrés Bello y finaliza descargando su caudal de aporte en el Paseo los Ilustres. Es uno de los drenes con pocas obras de captación pero con gran longitud en su colector principal, también ocupa la parte posterior del Hospital Clínico.

Dren “ C ”

La mayor cantidad de sumideros y bocas de visita que conforman este dren se encuentran ubicados en los alrededores de los edificios de las escuelas de: Administración y Contaduría, y la escuela Luis Razetti de la facultad de Medicina. Uno de sus colectores secundarios recorre longitudinalmente la calle Minerva, importante arterial vial dentro de la Universidad, la cual esta formada por un gran número de sumideros de hierro fundido, por los cuales de lado y lado son los encargados de recolectar las aguas que drenan a lo largo de la calzada. Al igual que el Dren “ E ” pero en forma paralela, descarga sus aguas al colector marginal izquierdo Valle ubicado en el Paseo los Ilustres.

Dren “ F ”

Es uno de los drenes mas pequeños, únicamente reúne el drenaje superficial de los jardines aledaños a la escuela de Ingeniería Metalúrgica teniendo su salida de descarga en la parte posterior de este edificio, sobre el Paseo los Ilustres. En una de las bocas de visita del

sistema, descargan las aguas canalizadas por una cuneta que bordea lateralmente al edificio de la escuela de Ingeniería Mecánica, además todos y cada uno de los sumideros conectados al colector principal son de rejillas con dimensiones pequeñas y del tipo Inos.

Dren “ I ”

Su ramal principal recorre de forma paralela parte de la Av. 21 de Noviembre, iniciando diagonal al Hospital Clínico, pasando frente a la escuela de Ingeniería Mecánica y la salida peatonal de la Plaza las Tres Gracias, para culminar su recorrido en la Av. Las Acacias (parte posterior del I.M.M.E) descargando sus aguas al colector marginal izquierdo Valle. Puede considerarse pequeño en tamaño, aunque su colector principal mide aproximadamente 400 metros de longitud.

Dren “ K ”

Es el mas grande de los drenes existentes en la Universidad, su área de aporte ocupa el segundo lugar en extensión y sus componentes el primer lugar en cantidad. La mayoría de los sumideros que se conectan son de rejillas del tipo hierro fundido y su colector principal desemboca sobre un canal rectangular de concreto armado de sección variable que comienza en la parte lateral de la Biblioteca Central y culmina en la Av. Las Acacias. También abarca los siguientes sectores: avenida de las Banderas, Instituto Anatómico, Plaza del Rectorado, Instituto de Medicina Experimental, Tierra de nadie, y las facultades de Ingeniería y Arquitectura.

Dren Estadio (ES)

Recolecta las aguas de lluvia que caen sobre la Plaza Universitaria “ Simón Bolívar ”. La captación la realizan varias rejillas llamadas “centro piso” ubicados en puntos estratégicos del sector en estudio. Este dren no presenta sumideros solamente bocas de visita, se inicia en la parte noroeste de la plaza y culmina en el colector marginal derecho Guaire, cruzando por las afueras de las gradas del Estadio Olímpico de fútbol.

Dren “ R ”

Ocupa la mayor área de influencia dentro del recinto universitario, siendo considerado el segundo dren en tamaño (después del dren “K”) por la gran cantidad de sumideros y bocas de vista que a él se unen. Culmina en un canal de sección variable que aumenta a medida que se acerca al lugar de desembocadura (colector marginal Guaire), como consecuencia de los aportes que se integran en su largo recorrido. Recoge las aguas de la Dirección de Deportes, las Escuelas de Arte, Comunicación y Trabajo social, el Departamento de Ingeniería Geodésica y Agrimensura, la Facultad de Derecho, Economía, Humanidades y Arquitectura (espacios internos), Av. Carlos Raúl Villanueva y el Estadio Olímpico de Fútbol.

Dren “ A ”

Este dren es el encargado de recolectar las aguas de lluvia que caen y discurren por toda la Facultad de Ciencias de la U.C.V. Después de los Drenes Estadio (ES) y “ F ” ocupa el tercer lugar en tamaño, pese a que sus dos ramales secundarios recorren gran parte de los espacios internos de la Facultad, tales como: pasillos, caminerías, jardines y plazas. El sitio de descarga de sus aguas se encuentra frente a la salida de vehículos y peatonal que comunica con el Paseo los Ilustres.

Colector Cloacal (CL)

Se refiere a los colectores de aguas servidas integrados al sistema de drenaje. Su ubicación es dispersa, es decir, los ramales se presentan aislados en pequeños grupos y se presentan dos casos: el primero conformado por aquellos sumideros empotrados al sistema cloacal y el segundo por las aguas servidas que descargan a las obras del sistema de drenaje.

Colector Marginal

Los distintos drenes que conforman la red de drenaje de la U.C.V., descargan sus caudales de aporte hacia los dos principales colectores marginales que circulan por las avenidas adyacentes a la Ciudad Universitaria.

El primero de ellos es el colector marginal izquierdo Valle, como su nombre lo indica sus aguas transitan de forma paralela al río Valle por el lado izquierdo tomando como referencia el sentido en que circulan. Realiza un amplio recorrido a través de los sectores:

Coche, los jardines del Valle, el Paseo los Ilustres, la Av. las Acacias y finaliza descargando sus aguas al colector marginal derecho Guaire.

El colector marginal izquierdo Guaire, de igual manera que el colector Río Valle, recibe los colectores principales de los drenes provenientes de la parte Noreste de la Universidad y recoge las aguas negras de la zona Oeste de la ciudad capital. Finalmente, ambos se intersectan cerca de la Plaza Venezuela a la altura de la autopista Francisco Fajardo llevando sus aportes de descarga al Río Guaire.

3.2.5 – DISEÑO Y DESARROLLO DE LAS SALIDAS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Durante la ejecución de esta etapa se planteó de manera muy simple el desarrollo de cada uno de los elementos que conforman las redes de drenaje de la U.C.V. utilizando el software MapInfo®.

3.2.5.1 – Descripción del modelo

A continuación se definen los elementos gráficos que representarán a las entidades dentro del sistema. Estos elementos se describen con ciertas características particulares, que se hallan incluidas en las redes de drenaje y permitirán que el usuario pueda diferenciarlos de manera más rápida.

a) Entidad Boca de Visita: está representada gráficamente por un círculo de color magenta. Físicamente corresponde a una boca de visita, su principal función como elemento del sistema es servir de enlace de todos aquellos tramos que a ella convergen.

b) Entidad Sumidero: está representado gráficamente por un círculo de color negro. Físicamente corresponde a un sumidero, éste se define dentro del sistema georeferenciado como un elemento de captación de las aguas que escurren a través de la superficie.

c) Entidad Cuneta: está representado gráficamente por un polígono abierto de color gris. Físicamente corresponde a las cunetas que conducen los caudales de aporte hacia las demás estructuras del sistema.

d) Entidad Torrentera: está representado gráficamente por un polígono abierto de color morado. Físicamente corresponde a una torrentera que transporta las aguas hacia otras obras de captación.

e) *Entidad Tramo*: está representado gráficamente por una línea, cuyo color varía dependiendo del nombre del dren. Físicamente corresponde a un colector mediante el cual se transportan las aguas de lluvia. Puede estar definido entre dos bocas de visita, entre un sumidero y un colector o simplemente describiendo la trayectoria hacia un punto de descarga.

f) *Entidad Zona de Estancamiento*: está representado gráficamente por un polígono cerrado de color azul que limita una región determinada. Físicamente corresponde al área que frecuentemente ocupan las aguas estancadas que se ocasionan después de una lluvia.

Los atributos son las características no espaciales, que definen o etiquetan a las entidades, se organizan en la base de datos en forma de archivos de atributos. A continuación se muestra los atributos de cada una de las entidades que conforman el Sistema de Información de la Redes de Drenaje de la UCV:

<p>Sumidero</p> <p>N° Este_B DE2_plg</p> <p>Norte_O Norte_C DE3_plg</p> <p>Este_O Este_C DS1_plg</p> <p>Nomenclatura Norte_D CE1_m</p> <p>Dren Este_D CE2_m</p> <p>Ramal Cota_T_m CE3_m</p> <p>Plano Cota_F_m CS1_m</p> <p>Ubicación Tipo Operativo</p> <p>Localización Largo_m Observaciones</p> <p>Norte_A Ancho_m</p> <p>Este_A Separacion_c/c_mm</p> <p>Norte_B DE1_plg</p>	<p>Cuneta</p> <p>N°</p> <p>Nomenclatura</p> <p>Plano</p> <p>Ubicacion</p> <p>Localizacion</p> <p>Tipo</p> <p>Ancho_m</p> <p>Profundidad_m</p> <p>Operativo</p> <p>Operativo</p> <p>Observaciones</p>	<p>Zona de estancamiento</p> <p>Nomenclatura</p> <p>Ubicacion</p> <p>Localización_Estan</p> <p>Obras_Circundantes</p> <p>Comentario</p> <p>Causa_Estan</p> <p>Posible_Solucion</p> <p>Observaciones</p> <p>Foto</p>
<p>Boca de visita</p> <p>N° Cota_T_m DE2_plg</p> <p>Norte_O Cota_F_m DE3_plg</p> <p>Este_O Tipo_Boca DS1_plg</p> <p>Nomenclatura Diametro_Tapa_m CE1</p> <p>Dren Espesor_Tapa_m CE2</p> <p>Ramal Tipo_Tapa CE3</p> <p>Plano Identificación_Tapa CS1</p> <p>Ubicación Tipo_Colector Operativa</p> <p>Localización DE1_plg Observaciones</p>	<p>Colector</p> <p>Dren</p> <p>Ramal</p> <p>Inicio</p> <p>Fin</p> <p>DI_plg</p> <p>DF_plg</p>	<p>Torrentera</p> <p>N° Longitud_Escalon_m</p> <p>Nomenclatura Operativo</p> <p>Dren Observaciones</p> <p>Plano</p> <p>Ubicacion</p> <p>Localizacion</p> <p>Ancho_m</p> <p>Longitud_m</p> <p>Altura_Escalon_m</p>

DE = Diámetro de entrada, DS = Diámetro de salida, CE = Cota de entrada, CS = Cota de salida, DI = Diámetro Inicial
DF = Diámetro Final, Estan = Estancamiento, Cota_T = Cota terreno, Cota_F = Cota fondo

Figura N°19 : Atributos correspondientes a cada una de las entidades.

Se puede visualizar toda la información a partir de un menú de selección creado en MapBasic®, lenguaje de programación usado para personalizar y/o automatizar funciones de MapInfo®, donde se presentan como principales opciones de consulta:

- Cada uno de los drenes que integran la red, con la alternativa de visualizar: colectores, bocas de visita y sumideros.
- Elementos que constituyen el sistema de drenaje (bocas de visita, sumideros, etc.) en su totalidad.
- Colectores principales de los drenes con su respectivo sitio de descarga.
- Zonas de estancamiento.

Como resultado de la escogencia el usuario podrá visualizar la información solicitada en pantalla o en forma impresa.

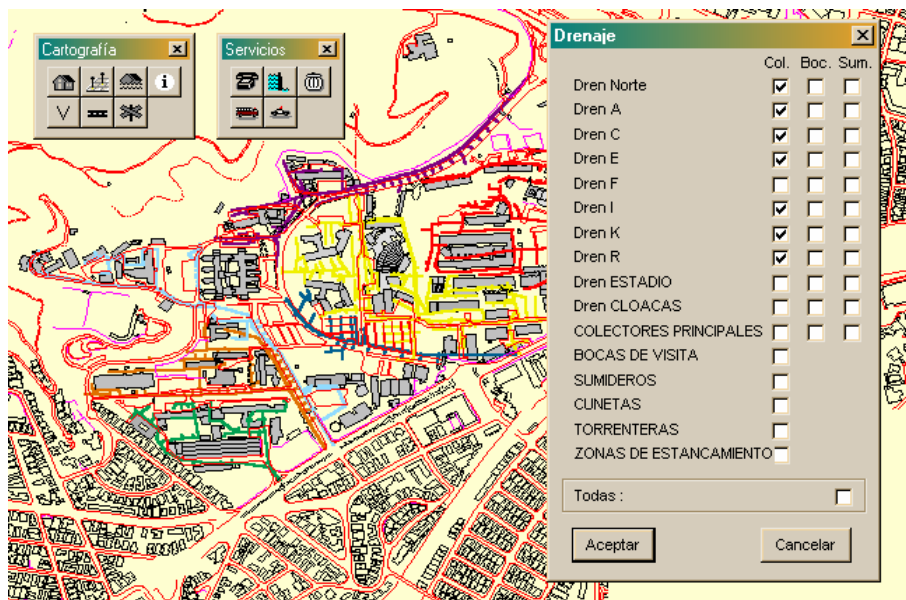


Figura N°20 : Menú inicial de selección

El sistema de información muestra fotografías de las zonas de estancamiento. Para poder insertar estas imágenes dentro del programa MapInfo®, se realizó un procedimiento secuencial para integrar esta información a la base de datos del sistema.

En primer lugar se le asignó a cada fotografía digital un código de identificación, con el objeto ordenar la información a la hora de realizar las consultas pertinentes. Luego, se creó un

campo con el nombre de “ Foto ” en la tabla de datos asociada a la capa que contiene la entidad conocida como zonas de estancamiento. En dicho campo se escribirá la dirección de búsqueda encargada de localizar la imagen que se quiera visualizar.

El uso de la herramienta de programación MapBasic® fue requerida para enlazar las fotografías almacenadas con un programa existente de selección de imágenes, el cual despliega una ventana que muestra la fotografía correspondiente a la entidad que se está analizando en ese momento. Este programa fue elaborado en la aplicación de subsistemas anteriores.

3.3 – DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS DE DRENAJE SUPERFICIAL DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

En el cumplimiento del último objetivo planteado en la ejecución de este Trabajo Especial de Grado, se hizo un análisis general todas las acciones materiales o no, destinadas a lograr en gran medida el correcto funcionamiento de las distintas redes y por ende del Sistema de Drenaje que actualmente se encuentra en la Universidad.

Es importante destacar que los criterios en los cuales se basó el análisis del sistema únicamente corresponden a los resultados extraídos de las distintas actividades programadas, es decir, involucra aspectos relacionados con el estado físico y de funcionamiento de los elementos, no considera conceptos teóricos, ni factores (pendiente, velocidad del flujo, energía, intensidad de lluvia, etc), vinculados a su capacidad operativa desde el punto de vista hidráulico

Adicionalmente se obtuvo información de las salidas de inspección donde se ubicaron nueve (9) zonas de estancamiento (ver anexo N° 3) en toda el área de aporte. Estas zonas al igual que los resultados de campo fueron tomadas en cuenta a la hora de exponer las siguientes observaciones:

- La razón de mayor predominio generadora de las zonas de estancamiento recae sobre los brocales construidos para dividir espacios en: estacionamientos, jardines y caminerías; estos de una u otra forma represan las aguas que escurren sobre la superficie y además carecen de tuberías de desagüe. Entre los lugares que se vieron mas afectados tenemos los alrededores del edificio de Consulta Externa.

- En tres (3) de los casos estudiados en relación a las zonas de estancamiento, el problema radicó en lugares con depresiones o regiones de poca altura donde no fue diseñado una estructura que capte las aguas estancadas, éstas al no encontrar salida de escurrimiento se acumulan causando inconvenientes en el tránsito peatonal, como fiel ejemplo encontramos la Pista de trote y el sector Tierra de nadie.
- Los sumideros de reja ubicados en jardines o cercanos a ellos, en un 80 % de los casos estaban tapados con tierra y otros desperdicios, o por el contrario, obstruidos por la grama que invadía sus alrededores.
- La distribución de los componentes del sistema de drenaje dentro del área de estudio se observó uniforme, es decir, los sumideros están ubicados en su gran mayoría en sitios estratégicos de recolección, observándose casos aislados de sectores con muchos elementos, ejemplo: jardines del Instituto Anatómico, así como lugares abiertos con escasas obras de captación.

En líneas generales el estado físico de las estructuras del Sistema de Redes de Drenaje de la U.C.V. es bastante bueno, existe un alto porcentaje (75 %) de operatividad en cuanto a los principales elementos que lo integran. Su funcionamiento es favorable y garantiza la buena circulación de la población universitaria y los vehículos automotores que por ella transitan después de ocurrida una precipitación con carácter moderado. Sin embargo, la inspección en campo se efectuó con el objetivo de buscarle una pronta solución a los problemas locales como son las zonas de estancamiento.

CONCLUSIONES

Una vez culminado todas las actividades relacionadas con la elaboración de este trabajo, fue necesario reunir todos los logros y alcances obtenidos durante su desarrollo, los cuales se resumen en las siguientes anotaciones:

- La creación del Sistema de Información Georeferenciada de las redes de Drenaje de U.C.V. permite difundir el conocimiento de la tecnología SIG (SRD-UCV) encargada de mostrar información actualizada, de rápido acceso y fácil manejo, respaldada por una base de datos amplia y completa correspondiente a todos los elementos que integran la red de drenaje, además de abrir nuevos temas de investigación con características similares donde puedan actualizarse otros sistemas orientados al servicio público
- En sistema de recolección encontrado podemos en la U.C.V. es del tipo separado, sin embargo existen casos aislados donde se empotra aguas servidas.
- Los resultados obtenidos a través del SRD – UCV, varía considerablemente con respecto a la única información existente suministrada por las planos de proyecto (1958).
- La información actualizada, integrada en el SRD – UCV, servirá para la gestión y mejoramiento a futuro de este importante servicio.
- El planteamiento del SRD – UCV forma apenas una pequeña parte de un gran proyecto general de visión integradora manejado en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica y como consecuencia, debe ser considerado dentro de la UCV a la hora de plantear futuros proyectos de Infraestructura a corto, mediano y largo plazo.

Queremos finalizar diciendo que todos y cada uno de los objetivos planteados durante la ejecución de este T.E.G. fueron cumplidos a cabalidad de la manera en que fueron propuestos, utilizando todos los medios que se encontraron disponibles y contando además con el apoyo profesional calificado de personas cercanas a nuestra investigación. Esta serie de actividades dieron como resultado la creación de una poderosa herramienta de trabajo que debe ser utilizada bajo los fines por las cuales fue creada y en beneficio de nuestra gran institución: la Universidad Central de Venezuela.

RECOMENDACIONES

En mejoras del cumplimiento de las posibles aplicaciones que puedan obtenerse de este Trabajo Especial de Grado, se realizaron las siguientes recomendaciones:

- Cumplir con la fase de implantación del SRD – UCV, en aquellas dependencias que trabajen directamente con el mantenimiento de los servicios dentro de la Universidad, como por ejemplo el Departamento de Canalizaciones.
- Se debe utilizar la información que suministra este importante sistema de manera correctiva, es decir, permitir hacer modificaciones dentro de las redes de drenaje. Como un ejemplo simple de esta observación podemos mencionar la identificación incorrecta de algunas de las tapas de las bocas de visita.
- Lograr que los Sistemas de Información Geográfica sean difundidos para introducir a los estudiantes en este interesante medio, además de incentivar la elaboración de otros sistemas de información que profundicen esta importante línea de investigación.
- El uso a través del tiempo del sistema de información generará posibles sugerencias suministradas por los usuarios, que deben ser tomadas en cuenta y analizadas de manera que puedan ser ejecutadas en un futuro, tanto para su mejoramiento como para la creación de nuevos programas.
- En aquellos casos donde algunos sumideros se encuentran empotrados a un colector de aguas servidas, se debe garantizar la capacidad del mismo para una lluvia extrema, de esta manera se evita el desborde de los caudales internos hacia la superficie.

- Es necesario verificar el sentido de esorrentía en los colectores del sistema de drenaje donde se presente duda, mediante la ejecución de pruebas de descarga realizadas en sitio.

- Las observaciones hechas en las planillas de inspección en campo para zonas de estancamiento de aguas de lluvia, deben ser consideradas y tomadas en cuenta para la pronta solución de la causa que las origina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AROCHA, Simón. Drenajes y Cloacas. Tercera edición. Editorial Innovaciones Tecnológicas. 1997.
2. BOLINAGA, Juan J. Drenaje Urbano. Instituto Nacional de Obras Sanitarias. Caracas, 1979.
3. CARCIENTE, Jacob. Drenaje de Carreteras. Ediciones Vega S.R.L, Primera edición, Caracas, 1977.
4. INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS. Normas e instructivos para el proyecto de alcantarillados. Dirección General de Proyectos. Caracas, Julio 1989.
5. FRANCESCHI, A., Luis E. Drenaje Vial. Fondo editorial del Colegio de Ingenieros de Venezuela. Caracas, 1983.
6. CARCIENTE, Jacob. Carreteras estudio y proyecto. Ediciones Vega S.R.L, Segunda edición, Caracas, 1980.
7. BOSQUE SENDRA, Joaquín. Sistemas de Información Geográfica. Primera Edición. Ediciones RIALP. Madrid (España). 1992
8. RIVAS SALAZAR, Maritza. Metodología para el desarrollo e Implantación de Sistemas de Información Georeferenciada. Aplicación al Sistema de Gestión Catastral de la Universidad Central de Venezuela (SGC – UCV). Notas del Trabajo de Ascenso a asistente UCV, Caracas 2002.

9. BARREDO, José. Sistema de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Editorial RA-MA. Madrid (España). 1996.
10. MAPINFO® Corporation. MapInfo® Guía del usuario. New York (EE.UU.) 1994.
11. ARONOFF, Stan. Geographical Information Systems: A management perspective. WDL, Ottawa (Canada). 1989.
12. BONILLA, P., MARQUEZ, P y RIVAS, M. Levantamiento, actualización, análisis y montaje del modelo teórico del Sistema de Red de Agua Potable de la Universidad Central de Venezuela. T.E.G. Caracas U.C.V. 2000.
13. UNIVERSIDAD DEL AZUAY - IERSE. Modelo del Sistema de Información Geográfica de Cuenca. Cuenca, Ecuador 1997.
14. CARPIO, J., MIRABAL, E y LIBERAL, L. Sistemas de Información Georeferenciada de la Red Corporativa de Voz y Dato de la Universidad Central de Venezuela. T.E.G. Caracas U.C.V. 1998.
15. GUIMET, Jordi. Introducción conceptual a los sistemas de información geográfica (S.I.G.). Estudio Gráfico Madrid, Madrid (España). 1992.
16. COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN. Segundo Encuentro Académico Industrial JIFI 2000. Libro de Resúmenes, Facultad de Ingeniería U.C.V, Caracas, Noviembre 2000.
17. GUEVARA, A. Esquema metodológico para el diseño e implementación de Sistemas de Información Geográfica. Geonex Corporation, USA. 1992.
18. ELMASRI, R., NAVATHE, S.B. Sistemas de bases de datos. Addison – Wesley Iberoamericana S.A., E.U.A. 1997.

19. BENGARAY, Manuel. Manual para la realización del Trabajo Especial de Grado (T.E.G.). Segunda Edición. U.C.V., Caracas (Venezuela). 1995.

DIRECCIONES CONSULTADAS EN INTERNET

<http://www.isatid.net>

<http://www.ulpgc.es>

<http://www.ica.com.uy>

<http://www.itsistemas.com>

<http://www.topografia.montes.upm.es/>

<http://www.geoinformacion.com>

<http://www.geograf.com>

<http://www.guanabios.org>

<http://www.amazonas.org>

<http://www.unigis.edu.ec>

<http://www.ugr.es>

<http://www.miniambiente.gov.co>

<http://www.ugto.mx/figh/memorias/6.htm...>

<http://www.inei.gob.pe/cpi-mapa/bancopub/libfree/lib607/cap01.htm>

GLOSARIO

- *Atributo*: son las características asociadas a una entidad, usualmente se trata de características no espaciales, que definen o etiquetan a dichas entidades, y se organizan en la base de datos en forma de ficheros de atributos.
- *Base de datos*: cualquier conjunto organizado de datos.
- *Calzada*: sector de la vía destinado a la circulación de los vehículos.
- *Campo*: contiene un tipo de información específica sobre un objeto, tal como: abreviatura, extensión, precio, población, o otros. Un campo en una tabla corresponde a una columna en una *Relación*.
- *Capa*: estructura básica que constituyen a los mapas. Normalmente, cada capa de mapa corresponde a una tabla.
- *Cartografía*: arte y técnica de trazar mapas o cartas geográficas o celestes.
- *Discurrir*: fluir un líquido.
- *Dren*: red de drenaje.
- *Edafología*: ciencia que trata de la naturaleza y condiciones de los suelos, en su relación con los seres vivos.
- *Entidad*: lo que constituye la esencia o la forma de algún objeto.
- *Fotogrametría*: es la técnica mediante la cual se obtiene información fiable de los objetos y su entorno mediante el registro, medida e interpretación de imágenes fotográficas y otros datos obtenidos a partir de técnicas basadas en la radiación electromagnética.
- *Geodesia*: ciencia matemática cuyo objeto es determinar la figura y magnitud del globo terrestre o de una parte de él, y confeccionar los mapas correspondientes.
- *Interpolación*: colocación de valores previamente calculados con sujeción a ciertas leyes, entre dos valores conocidos.
- *Mapa*: consiste típicamente en varias capas superpuestas (ej. una capa de datos de calles sobre un capa de distritos postales).
- *Objeto*: es una representación digital de todo o parte de una entidad.

- *Raster*: trama de fondo que describe el haz electrónico sobre la pantalla fluorescente de los tubos de rayos catódicos, cuando no se les aplican las señales de imagen.
- *Relación*: ventana para ver una tabla (o base de datos, hoja de cálculo o archivo de texto) en forma tabular.
- *Símbolo*: forma pequeña, relativamente simple (ej. cuadrado, círculo, estrella) usada para representar gráficamente un objeto puntual (ej. capitales de provincias).
- *Tabla*: las bases de datos están organizadas en tablas. Las tablas están formadas por filas y columnas. Cada fila contiene información sobre un elemento geográfico particular, mientras que las columnas contienen un tipo de información particular sobre los elementos de la tabla.
- *Topografía*: Conjunto de particularidades de la configuración de un terreno.