



Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
Unidad Zacatenco

**Investigación y Modelación Geográfica de un Catastro
Hidráulico para un Sistema de Agua, Ejido Valle de Eureka,
Gómez Palacio, Dgo.**

Tesina

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta

Bolaños Ruiz Ivan

Pérez Orozco César

Plascencia Nova Joel Adán

Salud Velázquez Waldo

Asesores

Ing. Julián Mares Valverde

Cédula – 4369717

Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas

Cédula – 2974703

Ing. Sara Carolina de América Mariscal López

Cédula – 5644395



México D.F., Febrero de 2014

MC. Eduardo Pérez Flores
Ing. Elda Oday Ayala.

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
Secretaría Académica
Dirección de Educación Superior



"2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

México, D. F., a 23 de abril de 2013.
Oficio: DES/2633/13.

**ING. JULIO EDUARDO MORALES DE LA GARZA
DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA,
UNIDAD TICOMÁN DEL
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
PRESENTE**



Con fundamento en el Artículo 33, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional del Instituto Politécnico Nacional y en atención al Oficio No. DET/098/2013 emitido por la Unidad Académica a su cargo, le comunico que de acuerdo al Dictamen Técnico Académico se autoriza la impartición del Seminario de Titulación "Investigación y Modelación Geográfica de un Catastro Hidráulico para un Sistema de Agua":

- Registro: DES/ESIA-TIC/2013/010/13.
- Duración: 170 horas.
- Periodo: Del 3 de mayo al 5 de octubre de 2013.
- Horario: Viernes de 19:00 a 22:00 y sábados de 8:00 a 12:00 horas.
- Sede: ESIA-TIC.
- Coordinador: Ing. Sara Carolina de América Mariscal López, Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas e Ing. Julián Mares Valverde.

Debiendo observar lo siguiente:

- Enviar la lista inicial debidamente validada dentro de los primeros 10 días posteriores al inicio del seminario.
- Dar a conocer a los participantes el número de registro correspondiente, para trámites de titulación ante la DAE.
- Al término del seminario enviar la relación de asistencia y evaluación, acompañada por la relación de trabajos terminales.
- Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

**ATENAMENTE
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"**

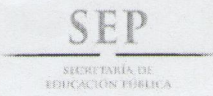


**DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHAN CRUZ
DIRECTOR**

SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
DIRECCIÓN
DE EDUCACIÓN SUPERIOR

c.c.p.- M. en C. Daffny Rosado Moreno.- Secretario Académico del IPN.
Lic. Yadira Marisol Dávila Ugalde- Directora de Administración Escolar del IPN.
Ing. Jorge Cuan Sánchez.- Jefe de la División de Operación de Unidades Académicas del IPN.
Expediente.
T-1516
EAMC/ALE*MEHG*PCMG*pam

E.S.I.A.
UNIDAD TICOMAN
RECIBIDO
02 MAY 2013
DIRECCION



Instituto Politécnico Nacional
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD ZACATENCO
DIRECCIÓN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"
 "80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
 "65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
 "50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"
 "50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

México, D.F. a 05 de junio de 2013
 D.SAC.840.VI.2013
 Asunto: Carta de no inconveniencia

ING. JULIO EDUARDO MORALES DE LA GARZA
DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD TICOMÁN*
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

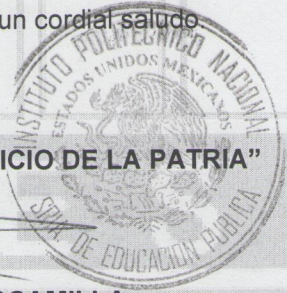
PRESENTE

Por este medio, me permito informar a usted, que no existe inconveniente alguno para que el **C. Iván Bolaños Ruíz**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No. **2008310757** pueda cursar el Seminario de Titulación denominado **"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"**, con registro No. **DES/ESIA-TIC/2013/010/13**, con sede en ESIA TICOMÁN, durante el periodo del 03 de mayo al 05 de octubre de 2013.

Así mismo, solicito a usted atentamente que una vez que el pasante Bolaños Ruíz, haya cursado y aprobado el Seminario de Titulación de referencia, se le informe que deberá entregar a esta escuela a mi cargo, la constancia de calificaciones con la documentación correspondiente, así como un ejemplar del trabajo terminal (**TESINA**) para continuar con los trámites necesarios para su titulación.

Sin otro particular reciba un cordial saludo

ATENTAMENTE
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"



MTRO. PINO DURÁN ESCAMILLA
DIRECTOR
 ESCUELA SUPERIOR DE
 INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ZACATENCO

c.c.p. M. En C. Ma. del Carmen C. Jiménez Ferrero-Subdirectora Académica de ESIA Unidad Zacatenco.
 Ing. Rodolfo Granados Aguilar- Jefe de la Unidad Departamental de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada
 Expediente
 PDE/MCCJF/RGA/10b*

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738
 Tel. 57296000 Ext. 53102, esiazac@ipn.mx



Instituto Politécnico Nacional
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD ZACATENCO
DIRECCIÓN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"
 "80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
 "65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
 "50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"
 "50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

México, D.F. a 05 de junio de 2013
 D.SAC.837.VI.2013
 Asunto: Carta de no inconveniencia

ING. JULIO EDUARDO MORALES DE LA GARZA
DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD TICOMÁN
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

PRESENTE

Por este medio, me permito informar a usted, que no existe inconveniente alguno para que el **C. César Pérez Orozco**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No. **2005310894** pueda cursar el Seminario de Titulación denominado **"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"**, con registro No. **DES/ESIA-TIC/2013/010/13**, con sede en ESIA TICOMÁN, durante el periodo del 03 de mayo al 05 de octubre de 2013.

Así mismo, solicito a usted atentamente que una vez que el pasante Pérez Orozco, haya cursado y aprobado el Seminario de Titulación de referencia, se le informe que deberá entregar a esta escuela a mi cargo, la constancia de calificaciones con la documentación correspondiente, así como un ejemplar del trabajo terminal (**TESINA**) para continuar con los trámites necesarios para su titulación.

Sin otro particular reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

MTRO. PINO DURÁN ESCAMILLA
DIRECTOR



ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ZACATENCO
DIRECCIÓN

c.c.p. M. En C. Ma. del Carmen C. Jiménez Ferrero-Subdirectora Académica de ESIA Unidad Zacatenco.
 Ing. Rodolfo Granados Aguilar- Jefe de la Unidad Departamental de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada
 Expediente

PDE/MCC/JP/RGA/lob*

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738
 Tel. 57296000 Ext. 53102, esiazac@ipn.mx



Instituto Politécnico Nacional
 ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 UNIDAD ZACATENCO
 DIRECCIÓN
 SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"
 "80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
 "65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
 "50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"
 "50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

México, D.F. a 25 de junio de 2013
 D.SAC.1043.VI.2013
 Asunto: Carta de no inconveniencia

ING. JULIO EDUARDO MORALES DE LA GARZA
DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD TICOMÁN
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

PRESENTE

Por este medio, me permito informar a usted, que no existe inconveniente alguno para que el **C. Joel Adán Plascencia Nova**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No.2008310979 pueda cursar el Seminario de Titulación denominado **"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"**, con registro No. **DES/ESIA-TIC/2013/010-II/13**, con sede en ESIA TICOMÁN, durante el periodo del 11 de junio al 12 de octubre de 2013.

Así mismo, solicito a usted atentamente que una vez que el pasante Plascencia Nova, haya cursado y aprobado el Seminario de Titulación de referencia, se le informe que deberá entregar a esta escuela a mi cargo, la constancia de calificaciones con la documentación correspondiente, así como un ejemplar del trabajo terminal (**TESINA**) para continuar con los trámites necesarios para su titulación.

Sin otro particular reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"



M. en C. PINO DURÁN ESCAMILLA
DIRECTOR

ESCUELA SUPERIOR DE
 INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 ZACATENCO
 DIRECCIÓN

c.c.p. M. en C. Ma. del Carmen C. Jiménez Ferrero-Subdirectora Académica de ESIA Unidad Zacatenco.
 Ing. Rodolfo Granados Aguilar- Jefe de la Unidad Departamental de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada
 Expediente

PDE/MCC/JFIRGA/103

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738
 Tel. 57296000 Ext. 53102, esiazac@ipn.mx



Instituto Politécnico Nacional
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD ZACATENCO
DIRECCIÓN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"
 "80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
 "65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
 "50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"
 "50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

México, D.F. a 05 de junio de 2013

D.SAC.854.VI.2013

Asunto: Carta de no inconveniencia

ING. JULIO EDUARDO MORALES DE LA GARZA
DIRECTOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD TICOMÁN
DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

PRESENTE

Por este medio, me permito informar a usted, que no existe inconveniente alguno para que el **C. Waldo Salud Velázquez**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, con boleta No. **2005310431** pueda cursar el Seminario de Titulación denominado **"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"**, con registro No. **DES/ESIA-TIC/2013/010/13**, con sede en ESIA TICOMÁN, durante el periodo del 03 de mayo al 05 de octubre de 2013.

Así mismo, solicito a usted atentamente que una vez que el pasante Salud Velázquez, haya cursado y aprobado el Seminario de Titulación de referencia, se le informe que deberá entregar a esta escuela a mi cargo, la constancia de calificaciones con la documentación correspondiente, así como un ejemplar del trabajo terminal (**TESINA**) para continuar con los trámites necesarios para su titulación.

Sin otro particular reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

MTR. PINO DURÁN ESCAMILLA
DIRECTOR

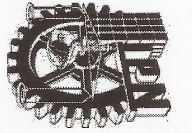


ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

C.c.p. M. En C. Ma. del Carmen C. Jiménez Ferrero-Subdirectora Académica de ESIA Unidad Zacatenco.
 Ing. Rodolfo Granados Aguilar- Jefe de la Unidad Departamental de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada
 Expediente

PDE/MCC/JFR/SA/lob*

Av. Juan de Dios Bátiz S/N Edificio 10, 11, 12, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" Zacatenco, México, D.F. 07738
 Tel. 57296000 Ext. 53102, esiazac@ipn.mx

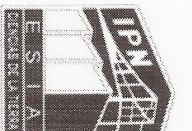


INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESIA Ticoman "Ciencias de la Tierra"
Departamento de Ingeniería Topográfica y Fotogramétrica

PERIODO: Del 03 de mayo al 05 de octubre de 2013

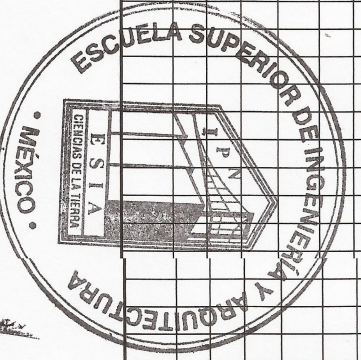
DURACION: 170 HRS



TEMA	SESION	DÍA	MAYO							JUNIO							AGOSTO							SEPTIEMBRE			OCT																																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38																					
			HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS	HRS																					
Inducción al seminario	SCAML																																																												
Modulo I metodos de levantamiento	JMV/ MAGR																																																												
Instrumental topografico-geodesico	SCAML																																																												
Conceptos de superficies de referencia	SCAML																																																												
Sistema de coordenadas	SCAML																																																												
Metodologia de levantamientos topograficos	SCAML																																																												
Metodologia de levantamientos geodesicos	SCAML																																																												
Modulo II. Sistema de agua																																																													
Definición un sistema de agua y cuál es su función	MAGR																																																												
Identificación de los componentes que integran un sistema de agua	MAGR																																																												
Clasificación de las estructuras, según su ubicación o material de construcción	MAGR																																																												
Visita a campo para identificación de estructuras de sistema de agua	MAGR																																																												
Modulo III. Sistemas de información geográfica																																																													
El concepto SIG	JMV																																																												
Etapas de implementación de un SIG	JMV																																																												
Modelos vectoriales y raster	JMV																																																												
Aplicaciones de los SIG / servidores de mapas en la WEB	JMV																																																												
Modulo IV. Modelación geográfica del sistema de agua																																																													
Taller introductorio a ArcGIS	JMV																																																												
Elección del método de levantamiento y definición de los diccionarios de datos	SCAML																																																												
Análisis, estandarización y procesamiento de los datos de campo	JMV/ MAGR																																																												
Modelación de la base de datos geográfica	JMV/ MAGR																																																												
Generación de consultas y diseño de reportes	SCAML/ MAGR																																																												
Generación de informe	JMV/ MAGR																																																												

Ing. Sara Carolina de América Mariscal López
Ing. Julian Mares Valverde
Ing. Miguel Angel Godínez Rojas

COORDINADOR DEL SEMINARIO



UNIDAD TICOMAN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA

SUBDIRECTOR ACADÉMICO

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD TICOMÁN



2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

ESCUELA: Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán

SEMINARIO: Investigación y Modelación Geográfica de un Catastro Hidráulico para un Sistema de Agua DURACIÓN: 170Hrs.

PERIODO: del 03 de mayo al 05 de octubre de 2013 DÍAS Y HORARIO: Viernes de 19:00 a 22:00 horas, y sábados de 8:00 a 12:00 horas

VIGENCIA O REGISTRO: DES/ESIA-TIC/2013/010/13 SEDE: ESIA Unidad Ticomán

EXPOSITOR(ES) y No. de HRS.: Ing. Sara Carolina de América Mariscal López(56 hrs.); Ing. Julián Mares Valverde (57 hrs.); Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas (57 hrs.)

NÚM.	APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	NOMBRE(S)		NO. DE BOLETA	% ASIST.	CALIFICACIÓN	
							LETRA	NÚM.
1	Alcántar	Alcántar	Iram		2009390014	98	Nueve	9
2	Bolaños	Ruiz	Ivan		2008310757	100	Diez	10
3	Cano	Aguirre	Diego	Armando	2008390026	98	Nueve	9
4	Carrillo	Delgado	María	Angélica	2004310155	100	Nueve	9
5	Castañeda	González	Erick	German	2006310625	100	Diez	10
6	Espinoza	Bautista	Gerardo		2006310089	96	Diez	10
7	Flores	Catarino	Maria	Isabel	2009390616	100	Nueve	9
8	Franco	Fuente	Edgar	Hugo	2002310304	92	Nueve	9
9	González	Espinosa	Lourdes		2007310386	100	Diez	10
10	Hernández	Arellano	Iris	Karen	2007310430	100	Nueve	9
11	Hernández	Gil	Sonia		2006310140	92	Nueve	9
12	Islas	Hernández	Gabriel	Octavio	2004310280	100	Nueve	9
13	Márquez	Ramírez	Heber		2006310842	100	Nueve	9
14	Martínez	González	Leandro	Joel	2007311494	92	Nueve	9
15	Maya	Ayala	Luis	Jair	2006310864	100	Diez	10
16	Ochoa	Casas	Andrea	Marisol	2008310778	98	Nueve	9
18	Olivares	Torres	Guillermo		2009390340	100	Nueve	9
19	Ortega	Islas	David		2007310770	98	Diez	10
20	Pérez	Orozco	César		2005310894	100	Diez	10
21	Pineda	Chapa	Itzel	Belén	2007310826	100	Nueve	9
17	Plascencia	Nova	Joel	Adán	2008310979	90	Ocho	8
22	Salud	Velázquez	Waldo		2005310431	100	Nueve	9
23	Sánchez	Ayala	Jesús	Servando	2008310449	100	Nueve	9
24	Santiago	Romero	Araceli		2008311255	96	Nueve	9
25	Soto	Delgado	Mario		2006310525	100	Nueve	9
26	Terreros	Madrid	Leslie	Adriana	2007311450	94	Nueve	9
27	Vallejo	Meléndez	Yazmín	Haira	2006311121	100	Diez	10
28	Vázquez	Barrios	Albany	Cristina	2007311460	100	Nueve	9
29	Vázquez	Vargas	Isaac		2005310484	98	Diez	10
30	Vega	Pérez	Edgar		2005311218	100	Diez	10

Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas
COORDINADOR

M. en C. Eduardo Pérez Flores
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



UNIDAD TICOMÁN



2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

ESCUELA: Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Ticomán

SEMINARIO: Investigación y Modelación Geográfica de un Catastro Hidráulico para un Sistema de Agua DURACIÓN: 170Hrs.

PERIODO: del 03 de mayo al 05 de octubre de 2013 DÍAS Y HORARIO: Viernes de 19:00 a 22:00 horas, y sábados de 8:00 a 12:00 horas

VIGENCIA O REGISTRO: DES/ESIA-TIC/2013/010/13 SEDE: ESIA Unidad Ticomán

EXPOSITOR(ES) y No. de HRS.: Ing. Sara Carolina de América Mariscal López(56 hrs.); Ing. Julián Mares Valverde (57 hrs.); Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas (57 hrs.)

No. DE EQUIPO	TÍTULO DEL TRABAJO	PARTICIPANTES			
I-01	Investigación y modelación geográfica de un catastro hidráulico para un sistema de agua; ejido valle de Eureka, Gómez Palacio, Dgo.	Bolaños Pérez Plascencia Salud	Ruiz Órozco Nova Velázquez	Ivan Cesar Joel Waldo	Adan
I-02	Mantenimiento correctivo y preventivo del sistema hidráulico, sanitario y pluvial del conjunto Club Residencial Bosques	Franco Pineda Sánchez	Fuente Chapa Ayala	Edgar Itzel Jesús	Hugo Belén Servando
I-03	SIG para el sistema de alcantarillado Azcapotzalco	Castañeda Espinoza Maya Vallejo	González Bautista Ayala Meléndez	Erick Gerardo Luis Yazmín	German Jair Haira
I-04	Investigación y modelación geográfica de un catastro hidráulico para un sistema de agua; Sector Cristo Rey, Municipio de Jocotitlán, Estado de México	González Ortega Vega Vázquez	Espinosa Islas Pérez Vargas	Lourdes David Edgar Isaac	
I-05	Proyecto red de distribución principal del municipio Tepoztlán, Morelos	Alcántar Cano Flores Olivares	Alcántar Aguirre Catarino Torres	Iram Diego María Guillermo	Armando Isabel
I-06	Investigación y modelación geográfica de un catastro hidráulico para un sistema de agua del "Desarrollo La Palma", en San Andrés Jalisco, Edo. de México	Carrillo Islas Márquez Santiago Vázquez	Delgado Hernández Ramírez Romero Barrios	María Gabriel Heber Araceli Albaný	Angélica Octavio Cristina
I-07	Modelación geográfica del catastro hidráulico para el control de la obra "Sistema de alcantarillado sanitario para la población de Lambityeco Lomas de Santa Ana, Municipio de Tlacolula de Matamoros, Estado de Oaxaca".				
I-08	Ampliación y rehabilitación del sistema de agua potable y alcantarillado del municipio de Almoloya de Juárez	Ochoa Hernández Hernández Martínez Soto Terreros	Casas Arellano Gil González Delgado Madrid	Andrea Iris Sonia Leandro Mario Leslie	Marisol Karen Joel Adriana

AUTORIZACIONES

Ing. Miguel Ángel Godínez Rojas
COORDINADOR DEL SEMINARIO

Ing. Ma. Eida Ordaz Ayala
JEFE DEL DEPTO. ACADÉMICO

C. Matilde Diosdado Valdés
ENCARGADA DEL DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN
DEPICFM/DDDD/BEPG/SLG /III

M. en C. Eduardo Pérez Flores
SUBDIRECTOR ACADÉMICO



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
Secretaría Académica
Dirección de Educación Superior



Otorga la presente

CONSTANCIA

a

Bolaños Ruiz Ivan

Por su participación en el Seminario de Titulación

"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"

Duración 170 horas

REGISTRO
DES/ESIA-TIC/2013/010/13

CALIFICACIÓN
10 (DIEZ)

PERÍODO
03/05/13 AL 05/10/13

SEDE
ESIA-TIC

Con fundamento en el Artículo 33, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional, todos del Instituto Politécnico Nacional, se expide la presente, para efectos de titulación, en la Ciudad de México, Distrito Federal; a los tres días del mes de diciembre del año dos mil trece.

ATENTAMENTE

"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"

SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
DIRECCIÓN
DE EDUCACIÓN SUPERIOR


DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ
DIRECTOR

EAMC*ALE*MEHG*pcmg

Documento válido al día 3/diciembre/2014

Av. Luis Enrique Erro s/n Col. Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Del. Gustavo A. Madero, México, D.F.,
C.P. 07738 Tel. 57296000 ext. 50520
www.ipn.mx, www.des.ipn.mx

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
Secretaría Académica
Dirección de Educación Superior



Otorga la presente

CONSTANCIA

a

Pérez Orozco Cesar

Por su participación en el Seminario de Titulación

"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"

Duración 170 horas

REGISTRO	CALIFICACIÓN	PERÍODO	SEDE
DES/ESIA-TIC/2013/010/13	10 (DIEZ)	03/05/13 AL 05/10/13	ESIA-TIC

Con fundamento en el Artículo 33, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional, todos del Instituto Politécnico Nacional, se expide la presente, para efectos de titulación, en la Ciudad de México, Distrito Federal; a los tres días del mes de diciembre del año dos mil trece.

ATENTAMENTE

"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"



SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
DIRECCIÓN
DE EDUCACIÓN SUPERIOR

DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHAN CRUZ
DIRECTOR

EAMC*~~ALE~~*MEHIG*pcmg

Documento válido al día 3/diciembre/2014

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
Secretaría Académica
Dirección de Educación Superior



Otorga la presente

CONSTANCIA

a

Plascencia Nova Joel Adan

Por su participación en el Seminario de Titulación

"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"

Duración 170 horas

REGISTRO
DES/ESIA-TIC/2013/010/13

CALIFICACIÓN
8 (OCHO)

PERÍODO
03/05/13 AL 05/10/13

SEDE
ESIA-TIC


Con fundamento en el Artículo 33, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional, todos del Instituto Politécnico Nacional, se expide la presente, para efectos de titulación, en la Ciudad de México, Distrito Federal; a los tres días del mes de diciembre del año dos mil trece.

ATENTAMENTE

"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"



SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
DIRECCIÓN
DE EDUCACIÓN SUPERIOR


DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ
DIRECTOR

EAMC*ALE*MEHG*pcmg

Documento válido al día 3/diciembre/2014

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
Secretaría Académica
Dirección de Educación Superior



Otorga la presente

CONSTANCIA

a

Salud Velázquez Waldo

Por su participación en el Seminario de Titulación

"INVESTIGACIÓN Y MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN CATASTRO HIDRÁULICO PARA UN SISTEMA DE AGUA"

Duración 170 horas

REGISTRO DES/ESIA-TIC/2013/010/13	CALIFICACIÓN 9 (NUEVE)	PERÍODO 03/05/13 AL 05/10/13	SEDE ESIA-TIC
--------------------------------------	---------------------------	---------------------------------	------------------

Con fundamento en el Artículo 33, Fracción VII del Reglamento Orgánico; Artículo 5, Fracción III del Reglamento General de Estudios; Artículo 12 del Reglamento de Titulación Profesional, todos del Instituto Politécnico Nacional, se expide la presente, para efectos de titulación, en la Ciudad de México, Distrito Federal; a los tres días del mes de diciembre del año dos mil trece.

ATENTAMENTE
"LA TÉCNICA AL SERVICIO DE LA PATRIA"


DR. EMMANUEL ALEJANDRO MERCHÁN CRUZ
DIRECTOR

SECRETARÍA
DE EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
DIRECCIÓN
DE EDUCACIÓN SUPERIOR

EAMC*ALE*MEHG*pcmg

Documento válido al día 3/diciembre/2014



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

F3

Asunto: Solicitud de titulación
Para la Opción de Seminario

México D.F., a 4 de Febrero de 2014

MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO
NOMBRE DE LA SUBDIRECTORA ACADÉMICA
DE LA ESIA U. ZACATENCO
Presente

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Ivan Bolaños Ruiz con número de boleta 2008310757, se solicita la fecha del acto de titulación correspondiente, por lo que se anexa el Acta de la Comisión Revisora del trabajo terminal y se propone el siguiente Jurado, conforme al capítulo VI del Reglamento de Titulación Profesional del IPN.

Presidente


Ing. Ángel Díaz Díaz

Secretario


Ing. Rosalía Pérez Delgado


Primer Vocal


M. en C. María del Rosario Mendoza González

Segundo Vocal


Ing. Jorge Zavala Aguilera

Tercer Vocal


Ing. Raúl Manjarrez Angeles

Suplente


Ing. Isela Aguayo Gómez
ATENTAMENTE


Ing. Rosalía Pérez Delgado

Presidente de la Academia de Hidráulica

c.c.p. Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada.
Pasante.

ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA U. ZAC.
RECIBIDO
05 FEB 2014
SUBDIRECCION
ACADEMICA



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

F3

Asunto: Solicitud de titulación
Para la Opción de Seminario

México D.F., a 4 de Febrero de 2014


MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO
NOMBRE DE LA SUBDIRECTORA ACADÉMICA
DE LA ESIA U. ZACATENCO
Presente

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. César Pérez Orozco con número de boleta 2005310894, se solicita la fecha del acto de titulación correspondiente, por lo que se anexa el Acta de la Comisión Revisora del trabajo terminal y se propone el siguiente Jurado, conforme al capítulo VI del Reglamento de Titulación Profesional del IPN.

Presidente


Ing. Angel Díaz Díaz

Secretario


Ing. Rosalva Pérez Delgado

Primer Vocal


M. en C. María del Rosario Mendoza González

Segundo Vocal


Ing. Jorge Zavala Aguilera

Tercer Vocal


Ing. Raúl Manjarrez Angeles

Suplente


Ing. Isela Aguayo Gómez
ATENTAMENTE


Ing. Rosalva Pérez Delgado

Presidente de la Academia de Hidráulica

c.c.p. Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada.
Pasante.

ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA U. ZAC.
RECIBIDO
05 FEB 2014

SUBDIRECCION
ACADEMICA



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"
F3

Asunto: Solicitud de titulación
Para la Opción de Seminario

México D.F., a 4 de Febrero de 2014

MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO
NOMBRE DE LA SUBDIRECTORA ACADÉMICA
DE LA ESIA U. ZACATENCO
Presente

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Joel Adan Plascencia Nova con número de boleta 2008310979, se solicita la fecha del acto de titulación correspondiente, por lo que se anexa el Acta de la Comisión Revisora del trabajo terminal y se propone el siguiente jurado, conforme al capítulo VI del Reglamento de Titulación Profesional del IPN.

- Presidente _____
Ing. Angel Díaz Díaz
- Secretario _____
Ing. Rosalia Pérez Delgado
- Primer Vocal _____
M. en C. María del Rosario Mendota González
- Segundo Vocal _____
Ing. Jorge Zavala Aguilera
- Tercer Vocal _____
Ing. Raúl Manjarrez Angeles
- Suplente _____
Ing. Iseja Aguayo Gómez

ATENTAMENTE

Ing. Rosalia Pérez Delgado
Presidente de la Academia de Hidráulica
RECEBIDO
05 FEB 2014
SUBDIRECCION
ACADEMICA

c.c.p. Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada.
Pasante.

SEP

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
UNIDAD ZACATENCO
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
DEPTO. DE FORMACIÓN PROFESIONAL EN INGENIERÍA APLICADA



"2013 Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"
"80 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil"
"65 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas"
"50 Aniversario del Centro Nacional de Cálculo"
"50 Aniversario del CECyT 7 Cuauhtémoc"

F3

Asunto: Solicitud de titulación
Para la Opción de Seminario

México D.F., a 4 de Febrero de 2014

MA. DEL CARMEN C. JIMÉNEZ FERRERO
NOMBRE DE LA SUBDIRECTORA ACADÉMICA
DE LA ESIA U. ZACATENCO
P r e s e n t e

Una vez concluido el proceso de revisión y aprobación del trabajo terminal de titulación del pasante C. Waldo Salud Velázquez con número de boleta 2005310431, se solicita la fecha del acto de titulación correspondiente, por lo que se anexa el Acta de la Comisión Revisora del trabajo terminal y se propone el siguiente jurado, conforme al capítulo VI del Reglamento de Titulación Profesional del IPN.

Presidente

Ing. Angel Díaz Díaz

Secretario

Ing. Rosalía Pérez Delgado

Primer Vocal

M. en C. María del Rosario Mendoza González

Segundo Vocal

Ing. Jorge Zavala Aguilera

Tercer Vocal

Ing. Raúl Manjarrez Angeles

Suplente

Ing. Isela Aguayo Gómez

ATENTAMENTE

Ing. Rosalía Pérez Delgado

Presidente de la Academia de Hidráulica

c.c.p. Jefe del Departamento de Formación Profesional en Ingeniería Aplicada.
Pasante.

RECIBIDO
05 FEB 2014
SUBDIRECCION ACADÉMICA



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	viii
ABSTRACT	viii
OBJETIVOS	x
JUSTIFICACIÓN	xii
INTRODUCCIÓN	2
MODULO I.....	3
1. MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO	4
1.1 Instrumental Topógrafo-Geodésico.....	4
1.1.1 Elementos de los instrumentos topográficos	4
1.1.1.1 Trípodes	4
1.1.1.2 Plomadas.....	4
1.1.2 Elementos fundamentales	5
1.1.2.1 Niveles.....	5
1.1.2.2 Anteojo	5
1.1.2.3 Objetivo	6
1.1.2.4 Hilos del retículo	6
1.1.2.5 Ocular	6
1.1.2.6 Tornillo de fijación y de movimiento lento	7
1.1.2.7 Limbos	7
1.1.2.8 Micrómetro.....	7
1.1.3 Equipo topográfico.....	7
1.1.3.1 Brújula	7
1.1.3.2 Goniómetro	8
1.1.3.3 Teodolito.....	9
1.1.3.4 Transito.....	10
1.1.3.5 Estación Total	10
1.1.3.6 GPS	11
1.2 Conceptos de Superficies de Referencia	11
1.2.1 El Elipsoide	11
1.2.2 La esfera local	12
1.2.3 El geoide	12
1.2.4 El Datum	13
1.3 Sistema de Coordenadas.....	13
1.3.1 Coordenadas geográficas.....	13
1.3.2 Sistema de coordenadas geodésicas	14
1.3.3 Sistema de coordenadas astronómicas	14
1.3.4 Proyecciones	15
1.3.4.1 Proyecciones cónicas	15
1.3.4.2 Proyección Universal Transversal Mercator (UTM)	15
1.4 Metodología de levantamientos topográficos.....	16
1.4.1 Clases de levantamientos.....	16



1.4.2 Métodos Topográficos Directos	16
1.4.2.1 Métodos Planimétricos	17
1.4.2.2 Métodos Altimétricos	17
1.4.3 Métodos basados en medidas angulares	17
1.4.3.1 Triangulación	17
1.4.4 Metodología de levantamiento	18
1.4.4.1 Método de direcciones.....	18
1.4.4.2 Método de repeticiones	19
1.4.4.3 Método de intersección.....	20
1.4.5 Métodos basados en la medida de ángulos y distancias	22
1.4.5.1 Trazo de poligonales por rumbos	22
1.4.5.2 Trazo de poligonales por ángulos interiores	23
1.4.5.3 Trazo de poligonales por ángulos exteriores	23
1.4.5.4 Conservación de Azimutes	24
1.4.5.5 Método de radiación	24
1.4.6 Métodos altimétricos.....	25
1.4.6.1 Nivelación directa o topográfica.....	25
1.4.6.2 Nivelación Barométrica	25
1.4.6.3 Nivelación trigonométrica	25
1.4.6.4 Nivelación diferencial.....	26
1.4.7 Métodos indirectos.....	27
1.4.7.1 Percepción remota.....	27
1.4.7.2 Fotogrametría	29
1.5 Metodología de levantamientos geodésicos	31
1.5.1 Triangulación	31
1.5.2 Trilateración	31
1.5.3 Triangulateración	31
1.5.4 Poligonación	31
1.5.5 Método Astronómico.....	31
1.5.6 Método Inercial	32
1.5.7 Técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global	32
1.5.8 Diferencia entre métodos de Topografía y Geodesia.....	32
MODULO II.....	33
2. SISTEMA DE AGUA	34
2.1 Definición de un sistema de agua y cuál es su función.....	34
2.2 Partes que consta un sistema de abastecimiento de agua	34
2.2.1 Obras de captación.....	34
2.2.2 Captación de Aguas Superficiales	35
2.3 Línea de Conducción	38
2.3.1 Clasificación de la Línea de Conducción	39
2.4 Línea de Conducción	40
2.4.1 Componentes de una Línea de Conducción.....	40
2.5 Obra de regularización.....	43
2.5.1 Clasificación de Tanques.....	44



2.6 Red de distribución	46
2.6.1 Componentes de una red de distribución	46
2.6.2 Características de Redes de distribución	49
2.6.3 División de una Red de Distribución	49
2.6.4 Formas de Distribución.....	51
2.7 Potabilización	52
2.7.1 Límites permisibles de calidad del Agua.....	52
2.7.2 Tratamientos para la Potabilización del Agua.....	56
2.7.2.1 Cloración	56
2.7.2.2 Ozonización	57
2.7.2.3 Filtración	57
2.7.2.4 Aeración	58
2.7.2.5 Coagulación química	58
2.7.2.6 Adsorción sobre carbón activado.....	59
2.7.2.7 Intercambio de iones	59
2.8 Alcantarillado sanitario	60
2.8.1 Componentes de un Sistema de Alcantarillado	60
2.8.2 Modelos de trazo de atarjeas.....	63
2.9 Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	64
2.9.1 Tipos de Aguas Residuales	65
2.9.2 Tipos de Contaminantes.....	65
2.9.3 Clasificación de los contaminantes.....	66
2.9.4 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales	66
2.9.5 Normas que deben de cumplir las Plantas de Tratamiento	66
2.9.6 Estructuras que componen las PTAR's	69
2.9.6.1 Pretratamiento	69
2.9.6.2 Tratamiento primario.....	70
2.9.6.3 Tratamiento secundario	73
2.9.6.4 Tipos de reactores Biológicos.....	74
2.9.6.5 Tratamiento terciario o desinfección	78
2.9.6.6 Manejo de Lodos	80
2.10 Organismos operadores de agua.....	81
2.10.1 Misión	82
2.10.2 Principales leyes, normas y reglamentos	82
2.10.3 Principios de trabajo	83
2.10.4 Funciones operativas	83
2.10.5 Responsabilidades	83
MODULO III.....	85
3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	86
3.1 Generalidades.....	86
3.1.1 El concepto SIG	86
3.1.2 Componentes de un SIG	87
3.1.2.1 Equipos (Hardware).....	87
3.1.2.2 Programas (Software).....	87



3.1.2.3 Datos	88
3.1.2.4 Personal	88
3.1.2.5 Métodos	88
3.1.3 Funciones de los componentes de un SIG	89
3.1.4 Representación de la información de un SIG	90
3.1.4.1 Punto	90
3.1.4.2 Línea.....	90
3.1.4.3 Polígono	91
3.2 Etapas de implementación de un SIG	91
3.2.1 Entrada de datos	91
3.2.2 Manipulación y análisis	92
3.2.3 Salida y presentación de resultados	92
3.3 Modelos vectoriales y raster	94
3.3.1 Formatos ráster y vectorial	94
3.3.2 Ventajas y Desventajas Modelo Raster y Vector	96
3.3.4 Topología.....	97
3.4 Aplicaciones de los SIG/ servidores de mapas en la WEB.	97
3.4.1 Los SIG en Internet.....	97
3.4.2 Servicios de los SIG.....	98
3.4.3 Modelo entidad relación del servidor de mapas WEB	100
MODULO IV	101
4. MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN SISTEMA DE AGUA.....	102
4.1 Elección del método de levantamiento y definición de los diccionarios de datos....	102
4.1.1 Método de levantamiento.....	102
4.1.2 Definición de los Diccionarios de datos	106
4.2 Análisis, estandarización y procesamiento de los datos	110
4.3 Modelación de la base de datos geográfica.....	112
4.4 Generación de consultas y diseño de reportes	116
4.5 Generación de informe.....	118
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
Conclusiones:	124
Recomendaciones:	124
BIBLIOGRAFÍA	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1 Plomada de gravedad	4
Figura 1. 2 Brújula de mano	8
Figura 1. 3 Partes de un Teodolito	9
Figura 1. 4 Estación total.....	10
Figura 1. 5 Representación gráfica del geoide	12
Figura 1. 6 Orientación del datum	13
Figura 1. 7 Coordenadas geodésicas.....	14
Figura 1. 8 Triangulación topográfica.....	18
Figura 1. 9 Método de direcciones	19



Figura 1. 10 Método de repeticiones	20
Figura 1. 11 Intersección directa	20
Figura 1. 12 Solución a la intersección inversa simple.....	21
Figura 1. 13 Poligonal cerrada con ángulos interiores	23
Figura 1. 14 Poligonal abierta con ángulos exteriores.....	23
Figura 1. 15 Radiaciones	24
Figura 1. 16 Banco de nivel.....	25
Figura 1. 17 Nivelación trigonométrica	26
Figura 1. 18 Metodología para el procesamiento de imágenes satelitales.....	28
Figura 1. 19 Realce	29
Figura 1. 20 Restituidor analógico.....	30
Figura 1. 21 Método intersección directa	30
Figura 2. 1 Captación directa con bomba centrífuga horizontal.....	35
Figura 2. 2 Detalle de una galería de infiltración	37
Figura 2. 3 Esquema de pozos artesianos	38
Figura 2. 4 Línea de conducción con entrega del agua a un tanque de regulación	39
Figura 2. 5 Línea de conducción con entrega del agua a la red de distribución.....	39
Figura 2. 6 Tipos de válvulas.....	41
Figura 2. 7 Piezas especiales de Hierro fundido.....	43
Figura 2. 8 Tipos de tanques elevados	45
Figura 2. 9 Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable	46
Figura 2. 10 Red secundaria convencional	50
Figura 2. 11 Red secundaria en dos planos.....	50
Figura 2. 12 Red secundaria convencional en bloques.....	51
Figura 2. 13 Distribución por gravedad	51
Figura 2. 14 Diagrama de flujo de una planta de tratamiento convencional para agua potable	56
Figura 2. 15 Descarga domiciliaria con tubería de PVC.....	61
Figura 2. 16 Conexión hermética de pozo de visita con tubería.....	61
Figura 2. 17 Trazo de la red de atarjeas en bayoneta.....	63
Figura 2. 18 Trazo de la red de atarjeas en peine.....	64
Figura 2. 19 Trazo de la red de atarjeas combinado	64
Figura 2. 20 Foto de rejilla.....	70
Figura 2. 21 Dimensiones de los sólidos suspendidos, coloidales y disueltos	70
Figura 2. 22 Planta típica de Tratamiento de aguas residuales Tipo Primario	71
Figura 2. 23 Planta de tratamiento del tipo primario avanzado o fisicoquímico.....	71
Figura 2. 24 Tren Industrial de Tratamiento Primario	72
Figura 2. 25 Productos finales de la digestión anaerobia y aerobia	74
Figura 2. 26 Clasificación de los reactores.....	75
Figura 2. 27 Proceso de Osmosis Inversa	78
Figura 2. 28 Proceso de Cloración.	79
Figura 2. 29 Proceso de Radiación Ultravioleta	79



Figura 4. 1 Localización Ejido Valle de Eureka software Google Earth.....	102
Figura 4. 2 Georreferenciación del proyecto.	103
Figura 4. 3 Interfaz CivilCad – Google Earth.	103
Figura 4. 4 Obtención de imagen satelital.	104
Figura 4. 5 Imagen satelital Ejido Valle de Eureka en la plataforma CAD.	104
Figura 4. 6 Imagen satelital como referencia externa sin Georeferenciación.	105
Figura 4. 7 Generación del archivo Tiff File Word.	105
Figura 4. 8 Georeferenciación de imagen satelital	106
Figura 4. 9 Fotointerpretación de predios Ejido Valle de Eureka.....	106
Figura 4. 10 Clasificación de las entidades de dibujo en la plataforma CAD.	111
Figura 4. 11 Creación de capas Shape.	111
Figura 4. 12 Generación de archivos tipo shape.	112
Figura 4. 13 Selección de atributos al crear archivos shape.	112
Figura 4. 14 Bases de datos externas.	113
Figura 4. 15 Creación de las bases de datos.	113
Figura 4. 16 Bases de datos externas en la plataforma SIG.	114
Figura 4. 17 Asociación de base de datos externa.....	114
Figura 4. 18 Campos llave para la asociación de las bases de datos.	115
Figura 4. 19 Archivo shape sin la asociación de la base de datos externa.	115
Figura 4. 20 Archivo shape con la base de datos externa asociada.	115
Figura 4. 21 Archivo shape con la base de datos externa asociada.	115
Figura 4. 22 Selección por atributos.	116
Figura 4. 23 Definición de atributos de selección.	116
Figura 4. 24 Plano padrón de usuarios	117
Figura 4. 25 Plano red de distribución.....	118

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Elementos de un SIG.....	87
Cuadro 2 Funciones	89
Cuadro 3 Sistema espacial Vector y Raster.....	95
Cuadro 4 Ventajas y Desventajas de los modelos espaciales	96
Cuadro 5 Servidor de mapas en la web	100

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1 Registro de pagos.....	118
Gráfica 2 Comparativa de pagos bimestrales.....	119
Gráfica 3 Tubería instalada.	120
Gráfica 4 Piezas especiales instaladas.	120
Gráfica 5 Juntas gibualt completa instaladas	121
Gráfica 6 Válvulas de seccionamiento instaladas.	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites permisibles de características Microbiológicas.....	52
Tabla 2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas.....	53



Tabla 3 Límites permisibles de características químicas	55
Tabla 4 Límites permisibles de características radiactivas.....	55
Tabla 5 Límites Máximos Permisibles para contaminantes básicos de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996	67
Tabla 6 Límites Máximos Permisibles de acuerdo a la NOM-002-SEMARNAT-1996.....	68
Tabla 7 Límites Máximos Permisibles de Contaminantes de acuerdo a la NOM-003-SEMARNAT-1997	68
Tabla 8 Atributos de capa “Predios”	108
Tabla 9 Atributos de capa “Tuberías”	109
Tabla 10 Atributos de capa “Piezas especiales”	109
Tabla 11 Atributos de capa “Nodos”	110
Tabla 12 Capas shape que integran el SIG.....	110
Tabla 13 Resumen de pagos bimestrales.	119
Tabla 14 Resumen de componentes de la red de distribución.....	122



RESUMEN

La elaboración de sistemas de información geográfica puede llegar a ser de gran utilidad para los organismos operadores de agua municipales, de manera muy puntual en zonas con poco control de los sistemas de agua como lo son las zonas ejidales ya que en la mayoría de los casos los organismos operadores solo realizan la construcción de los sistemas de agua sin dejar ningún elemento de control para la operación y mantenimiento de los mismo cómo puede ser un padrón de usuarios o un inventario de componentes del sistema de agua y de igual forma puede ser útil para una eventual ampliación de la red. El ejido Valle de Eureka se localiza en el municipio de Gómez Palacio en el estado de Durango, la red de distribución se construyó en el año de 2010 y depende del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado (SIDEAPA).

ABSTRACT

The development of geographic information systems can be of great use to the municipal water utility, specific in areas with little control of water systems such as ejido areas because in most cases only perform the utilities building water systems without leaving any controls for the operation and maintenance of the same how can be a user registry or inventory of water system components and likewise can be useful for a possible future expansion of the network.

The ejido Valle de Eureka is located in the city of Gomez Palacio in Durango state, the distribution network was built in 2010 and depends Decentralized Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado (SIDEAPA).



OBJETIVOS



OBJETIVOS

Generar un modelamiento de un sistema de padrón de usuarios actualizado, determinar la cantidad de tubería y piezas especiales instalada dentro de la red del sistema de agua potable, mantener actualizado los registros de pagos de los usuarios, cumplir con las expectativas del organismo operador las cuales son suministrar un buen servicio de agua potable a la comunidad de Valle de Eureka. General un control de fugas y usuarios deudores para que el organismo pueda seguir proporcionando sus recursos y su caso atender las demandas requeridas por los usuarios.

Modernizar su vinculación de información geográfica y sus bases de datos del catastro, mediante una estandarización las cual incluiría separar la información en varios campos y establecer un criterio para ir conformando campos de información, además de ir vinculando los campos con su entidad geográfica correspondiente.

Lograr un beneficio económico, administrativo así como el mejoramiento de sus modelos de información geográfica al Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado de Gómez Palacio Durango.



JUSTIFICACIÓN



JUSTIFICACIÓN

La elaboración de un catastro hidráulico constituye una herramienta que puede llegar a ser indispensable en la operación y mantenimiento de un sistema de distribución de agua ya que es de gran utilidad en cosas tan básicas como lo es el generar un padrón de usuarios pasando por una cuantificación de los diferentes elementos que componen la red o incluso para cosas más complejas como puede ser un control de pagos histórico por usuario y así poder determinar si el organismo operador está recaudando lo suficiente como para operar, mantener y en algunos casos ampliar la red de distribución o incluso un control de consumos de agua en el caso de que la red cuente con medidores.

La metodología con la que se elaboró el presente caso práctico puede ser implementada por cualquier organismo operador o dependencia correspondiente a cualquier nivel de gobierno o si es el caso en la iniciativa privada con un beneficio económico considerable ya que con la ayuda de software comercial y con la implementación de imágenes de satélite se puede generar la información suficiente para la construcción de un sistema de información geográfica.



INTRODUCCIÓN



INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de las poblaciones ha generado también la demanda de un crecimiento en la infraestructura hidráulica y sanitaria, para esto, es de suma importancia contar con información actualizada y digitalizada de la infraestructura existente del sistema integral de agua potable y drenaje, instalaciones que componen el sistema, lo que redundará en un mejor control, operación y mantenimiento de la misma.

Entre los factores que complican su inventario, se pueden mencionar los siguientes: las diferentes épocas en que son construidos sus distintos elementos, las continuas modificaciones a los proyectos de las redes por dificultades constructivas o reparaciones posteriores que no quedan registradas en planos, y las partes de la red construidas por los propios habitantes, en ocasiones sin fundamentos técnicos y sin dejar ninguna constancia en planos.

En virtud de lo anterior y con el fin de contribuir a realizar de manera eficiente las labores de planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento en los sistemas de agua potable y drenaje sanitario y saneamiento, es necesario contar con un sistema de información geográfico actualizado de la infraestructura hidráulica y sanitaria.



MODULO I

1. MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO

1.1 Instrumental Topógrafo-Geodésico

El instrumental topográfico y geodésico ha ido evolucionando de conformidad a los tiempos y desarrollo tecnológico propios de las disciplinas topográficas, cartográficas y geodésicas.

Esta evolución parte desde el empleo de los taquímetros óptico-mecánicos, pasando por los taquímetros electrónicos, distancímetros y estaciones totales, hasta los actuales sistemas satelitales como GPS.

1.1.1 Elementos de los instrumentos topográficos

Órganos que componen y complementan a los instrumentos topográficos tales como accesorios de unión, sustentación y maniobra.

1.1.1.1 Trípodes

Es el Soporte del aparato, con 3 pies de madera o metálicos, con patas extensibles o telescópicas que terminan en regatones de hierro con estribos para pisar y clavar en el terreno. Deben ser estables y permitir que el aparato quede a la altura de la vista del operador 1.40 - 1.50 m. Son útiles también para aproximar la nivelación del aparato.

1.1.1.2 Plomadas

Para estacionar en un punto se hace uso de otro instrumento muy conocido, y el más antiguo de todos, que es la *plomada de gravedad*, la cual pende del centro de los aparatos topográficos entre las patas del trípode, y deberá situarse de modo que la vertical del hilo de la plomada pase por el punto señalado en el suelo, lo que supone que el teodolito esté en la misma vertical que el punto del suelo. El manejo de la plomada de gravedad puede resultar incómodo sobre todo los días de viento.

Muchos de los instrumentos modernos sustituyen la plomada clásica por una *plomada óptica*, constituida por un antejo, que por medio de un prisma de reflexión total dirige la visual coincidiendo con el eje vertical del aparato y cuando éste quede estacionado deberá verse el centro de la señal en coincidencia con el centro del antejo.



Figura 1. 1 Plomada de gravedad



1.1.2 Elementos fundamentales

Estos elementos son los que caracterizan a cualquier instrumento.

1.1.2.1 Niveles

Su misión es conseguir que el aparato esté en un plano horizontal. Hay 2 tipos fundamentales: *nivel esférico* y *nivel tubular* (o tórico, o nivel de aire).

Deben estar contruidos con notable precisión y ajuste para que el aparato sea Aceptable.

Nivel de aire

El nivel de aire está constituido por un tubo de vidrio de forma *tórica*, de muy escasa curvatura, cerrado a la lámpara por sus extremos. El tubo está casi lleno de un líquido de escasa viscosidad (alcohol o éter), dejando una burbuja de aire mezclada con los vapores del líquido, que ocupará siempre la parte más alta del tubo.

Nivel esférico

Se utiliza cuando no se requiere una perfecta nivelación. Es una caja cilíndrica tapada por un casquete esférico, y con un líquido poco viscoso en el interior, dejando una burbuja. Cuanto menor sea el radio de curvatura menos sensible será; sirven para obtener de forma rápida el plano horizontal. Estos niveles tienen en el centro un círculo, dentro del cual hay que colocar la burbuja para hallar un plano horizontal bastante aproximado. Son rápidos y prácticos, pero tienen menor precisión que los niveles tóricos, su precisión está en 1' como máximo aunque lo normal es 10' o 12'.

1.1.2.2 Anteojo

El anteojo, elemento fijado a un eje transversal horizontal denominado eje de alturas.

Se dice que el anteojo está en posición directa cuando el nivel queda debajo de él y en posición inversa cuando está arriba. El giro que se le da al anteojo para pasar de una posición a la otra es lo que se llama vuelta de campana.

En el interior del tubo del anteojo está el sistema óptico que le da el poder amplificador. El poder amplificador es la relación entre de la longitud aparente de la imagen a la del objeto.

Tipos de anteojos

Existen dos tipos de anteojos; el del enfoque externo, y el de enfoque interno.

En el primero el enfoque se hace moviendo el objetivo.

En el segundo el objetivo permanece fijo y el enfoque se logrará mediante una lente interior móvil llamada *lente de enfoque*.

El desplazamiento de esta lente es muy pequeño, no suele ser mayor de 2 mm.

Además de evitar holguras y evitar el mecanismo de cremallera tiene la ventaja de que al ser más compacto evita la entrada de humedad y polvo que dañan los anteojos. También hay que tener en cuenta que este anteojo a igualdad de aumentos tiene menor longitud.



Ejes de un anteojo

En el anteojo astronómico se consideran tres ejes:

- *Eje óptico*: es la recta que une el centro óptico del objetivo y el centro óptico del ocular. El eje óptico es la dirección según la cual un rayo de luz no experimenta desviación al atravesar una lente. El eje óptico debe coincidir con la línea de vista, para lo cual se pueden subir o bajar los hilos del retículo.
- *Eje mecánico* es la recta que pasa por el centro óptico del objetivo y un punto teórico en el centro del tubo ocular.
- *Eje de colimación* es la recta que une el centro óptico del objetivo con el centro del retículo.

1.1.2.3 Objetivo

Es una lente compuesta de un exterior viscoso y otro interior cóncavo convexo, de cristal. Tiene que ser una lente compuesta, si fuera uno biconvexo tendría el inconveniente de la aberración esférica y la aberración cromática. El objetivo produce sobre el plano del retículo una imagen del objeto.

1.1.2.4 Hilos del retículo

Son un par de hilos, uno horizontal y otro vertical, sostenidos por un anillo metálico llamado retículo. Generalmente son hilos de tela de araña o de plástico. Ahora se usan rayados finamente sobre un vidrio. El retículo puede llevar también otros hilos adicionales para Taquimetría, llamados hilo superior e hilo inferior, equidistantes del hilo medio.

1.1.2.5 Ocular

Juega el papel de un microscopio ampliando la imagen formada sobre el plano del retículo. Hay dos tipos de ocular:

- a) El que invierte la imagen que ha formado el objetivo presentándola al ojo en su posición normal; lo usan los anteojos llamados de imagen normal
- b) El que no invierte la imagen formada por el objetivo sino que solo la aumenta. Lo llevan los aparatos llamados de imagen invertida. Este tipo es más ventajoso por hacer más corto el anteojo y además porque debido a que tiene menos lentes, da una imagen más brillante y clara.

Poder de aumento del ocular

Es la relación existente entre el ángulo bajo en el cual se ve la imagen sin anteojo y el ángulo bajo en el cual se ve la imagen aumentada. El poder de aumento del telescopio varía en los teodolitos de 20 a 40 diámetros, según sea teodolito

Enfoque

- a) *Del ocular*: se mueve el porta ocular hacia dentro y hacia fuera hasta que se vean nítidos los hilos del retículo.
- b) *Del objetivo*: con el tornillo de enfoque y gracias a un sistema de engranaje que



Permite deslizar el porta objetivo, se hace que la imagen coincida sobre el plano del retículo.

1.1.2.6 Tornillo de fijación y de movimiento lento

Por cada movimiento de giro del aparato hay un juego de tornillos de presión y de Coincidencia. El primero permite el libre giro o bloquea el movimiento, el segundo una vez que el primero ha bloqueado permite pequeños desplazamientos para afinar la puntería con el retículo del anteojo.

El aparato posee unos mecanismos para poder fijarlo en cualquier posición e imprimirle pequeños movimientos respecto al eje fijo. Cuando está suelto el cono exterior puede girar libremente alrededor. Cuando se ajusta la abrazadera presiona y le impide girar. Sin embargo se le puede imprimir un pequeño giro a todo el conjunto ajustando o aflojando, el cual actúa directamente sobre el tope que permanece fijo.

1.1.2.7 Limbos

Los limbos son los instrumentos de medida de los ángulos y están constituidos por Círculos graduados dispuestos uno horizontalmente, para la medida de ángulos acimutales, llamado por ello *limbo acimutal*, y otro vertical o *eclímetro*, o *limbo cenital*, para la medida de estos ángulos. Están divididos de 0g a 400g (graduación centesimal) o de 0° a 360° (graduación sexagesimal).

Los limbos frecuentemente son metálicos, con una cinta de plata embutida en la parte perimetral en la que va marcada la graduación y pueden ir al descubierto o protegidos en el interior de cajas cilíndricas.

Normalmente en los aparatos el limbo será fijo y los índices se desplazarán solidarios con la alidada.

1.1.2.8 Micrómetro

Es un elemento para hacer la lectura de ángulos, que consta de un microscopio para observar ampliada la zona del limbo a leer, además este microscopio lleva una escala graduada que se superpone a la imagen del limbo. La graduación del microscopio coincide con la graduación del limbo.

1.1.3 Equipo topográfico

1.1.3.1 Brújula

“Es un instrumento topográfico que sirve para determinar direcciones con relación con relación a la meridiana magnética”. (García Márquez, 2003)

Partes principales de la brújula

- La *caja* que lleva un círculo graduado de 0° a 360° en el sentido de las manecillas del reloj o de 0° a 90° en ambas direcciones del N y del S y generalmente los puntos E y W invertidos debido al movimiento relativo de la aguja respecto a la caja.
- Un *nivel circular* que se usa para mantener el círculo graduado en un plano horizontal, cuando se van a tomar direcciones con brújula.
- *Pínulas ocular y objetivo*, que son los elementos que sirven para dirigir la visual y están colocados en línea con los puntos cardinales N y S de la caja de la brújula.
- Una *aguja imantada* que puede girar libremente sobre un pivote colocado en el centro del círculo graduado. La punta S lleva un contrapeso para contrarrestar la atracción magnética en el sentido vertical.



Figura 1. 2 Brújula de mano

1.1.3.2 Goniómetro

Instrumentos topográficos utilizados para la medición de ángulos.

Estos instrumentos constan esencialmente de un limbo o círculo graduado y de una alidada. Se llama limbo o círculo graduado a la corona circular cuyo contorno está dividido con trazos finos.

La alidada está formada por un anteojo estadimétrico ligado a un disco giratorio cuyo eje debe coincidir con el eje del limbo y lleva consigo un índice en el extremo de dicho disco y un vernier para conocer el valor del Angulo en una forma más precisa

Los ángulos a medir pueden ser horizontales (*acimutales*) o verticales (*cenitales*). Los goniómetros que miden ángulos acimutales se llaman *acimutales*, y los que miden ángulos cenitales *eclímetros*. Los aparatos de topografía son de los dos tipos a la vez.

En todo caso todos los goniómetros están constituidos por las siguientes partes:

- Anteojo colimador.
- Limbo vertical.
- Limbo horizontal.
- Índices vertical y horizontal.
- Eje secundario.
- Eje principal.
- Base nivelante.

1.1.3.3 Teodolito

Un teodolito es un goniómetro completo perfeccionado, con el que es posible realizar desde las operaciones más simples hasta levantamientos y replanteos muy precisos, pues permite medir ángulos con gran precisión, mediante la utilización de una alidada de anteojo y de limbos complementados con micrómetros para poder alcanzar precisiones de hasta 0,5".

Un aspecto muy importante que se debe cuidar es que el aparato esté bien centrado, pues cualquier desplazamiento se reflejará en errores angulares.

Recibe también el nombre de instrumento universal por la gran variedad de aplicaciones que pueden obtenerse con su empleo; puede considerarse como un goniómetro completo capaz de medir ángulos verticales y horizontales, desniveles y distancias, así como para prolongar alineaciones con gran precisión.

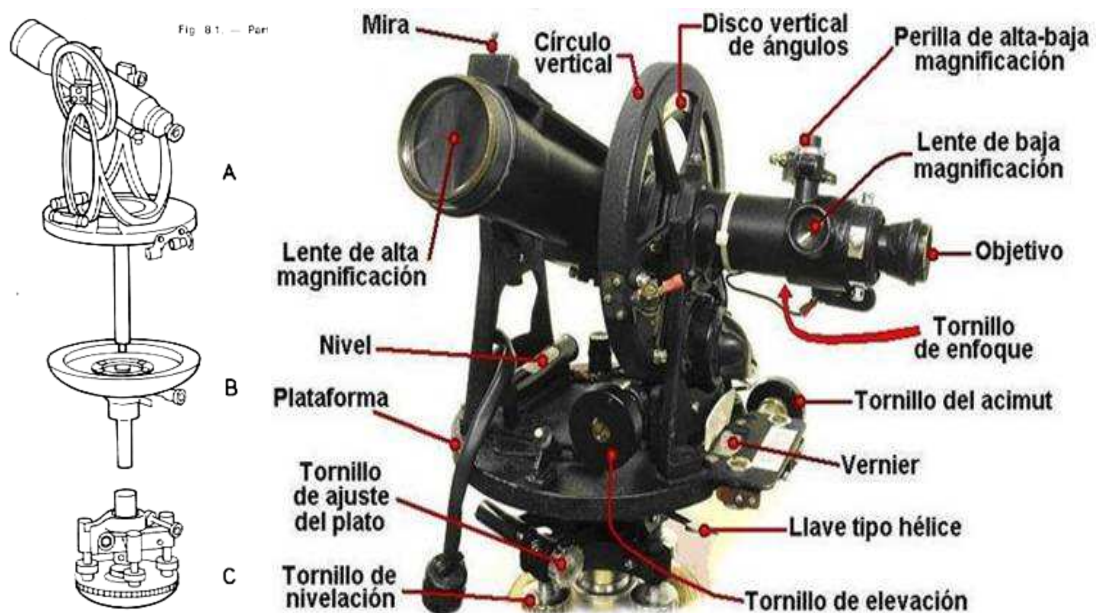


Figura 1. 3 Partes de un Teodolito

1.1.3.4 Transito

“El tránsito, tomado del inglés “transit” es un goniómetro cuyo anteojo puede dar una vuelta completa alrededor del eje de alturas”. (Montes de Oca, 2002)

Descripción del transito

García Márquez (2003) encontró lo siguiente:

El anteojo, elemento fijado a un eje transversal horizontal denominado eje de alturas que descansan en los cojinetes de los soportes. El anteojo se puede hacer girar alrededor de su eje horizontal y se puede fijar en cualquier posición en un plano vertical, por medio del tornillo de presión del movimiento vertical; una vez fijo este tornillo se pueden comunicar pequeños movimientos al anteojo alrededor del eje horizontal, haciendo girar el tornillo tangencial del movimiento vertical.

El círculo vertical se encuentra unido al eje horizontal y fijado a uno de los soportes del anteojo está el vernier del círculo vertical.

El anteojo lleva en su parte inferior un nivel de burbuja que sirve para usar el transito como nivel. (p.88)

1.1.3.5 Estación Total

La estación total es un aparato electrónico que reúne las características de un teodolito electrónico y de un distanciómetro comunicado con un microprocesador que realiza automáticamente mediciones y cálculos.



Figura 1. 4 Estación total



1.1.3.6 GPS

El Sistema de Posicionamiento Global (“Global Positioning System” - GPS) es un sistema de navegación compuesto de una flotilla de satélites puestos en órbita por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y sus estaciones en tierra firme. Usando GPS, uno puede determinar automáticamente su posición (latitud y longitud) en la tierra. Funciona continuamente en todas partes del mundo y es disponible a todos libre de cargos. Con orígenes en aplicaciones militares secretas, GPS se ha convertido en parte de nuestra vida cotidiana.

1.2 Conceptos de Superficies de Referencia

Superficie de referencia es una definición conceptual de teorías, hipótesis y constantes que permiten situar una tripleta de ejes coordenados en el espacio, definiendo su origen y su orientación.

Las superficies de referencia deben tener dos características fundamentales:

- Estar definidas matemáticamente
- Aproximarse a la superficie verdadera en la ubicación deseada

Las superficies de referencia utilizadas con bastante frecuencia son:

- El elipsoide de rotación (o de dos ejes)
- El esferoide local
- El plano horizontal (o plano tangente)
- El geoide

Las tres primeras tienen una definición puramente matemática y se utilizan para el posicionamiento horizontal; la cuarta superficie tiene una definición física y tiene relación con las otras por su valor de altura/separación. Una posición tridimensional es definida con dos coordenadas horizontales y una componente vertical que es la altura sobre la superficie de referencia.

1.2.1 El Elipsoide

El elipsoide es una superficie de cuarto orden en la que todas las curvas de intersección con un plano son elipses, las cuales eventualmente degeneran en círculos. Para cada punto seleccionado en la superficie del elipsoide y para la normal al plano tangente en este punto, las elipses producidas por la intersección con dicha superficie y la normal forman planos continuos infinitos, los cuales se conocen como secciones normales y tienen, en ese punto, una cantidad de variaciones en los radios de curvatura. Esta variación es una función continua de la latitud elipsoidal del punto seleccionado, de los parámetros de forma elipsoidal y del acimut de la sección normal producida. Las dos secciones normales, que corresponden a las curvas de radios mínima y máxima, se definen como las secciones principales normales.

La superficie del elipsoide es regular y derivada matemáticamente; es por estas razones que, como superficie de referencia, se utiliza para sistemas de coordenadas horizontal. Sin

embargo es de uso limitado como referencia para la altura, ya que es una aproximación grosera de la forma de la tierra para ese fin.

1.2.2 La esfera local

Una esfera local es la superficie de referencia que, en una latitud seleccionada, tiene un radio igual a la media geométrica entre los radios de las dos secciones normales principales del elipsoide siendo remplazadas en el punto de interés en la superficie.

Se acepta la sustitución en un radio de aproximadamente 100 Km. (en el campo Geodésico) desde el punto de la tangente entre la esfera y el elipsoide, esto incluye cambios en distancia y de ángulos menores que sensibilidad de las mejores herramientas usadas en levantamiento. (Distancias: 1cm +/- 1ppm; ángulos: 0.1”).

En un radio de 8 Km. (en el campo topográfico) desde el mismo punto, se acepta el reemplazo de la esfera con un plano tangente, causando un cambio en comparación con la superficie elipsoidal menor que las indicadas en las exactitudes anteriormente mencionadas.

1.2.3 El geoide

El geoide, definido como la superficie equipotencial del campo de fuerza de gravedad, es utilizado como una superficie de referencia para las alturas; el Nivel Medio del Mar (NMM) es la mejor aproximación para esta superficie. El significado físico de las superficies de gravedad equipotenciales se puede revisar fácilmente ya que cada punto debe ser ortogonal a la dirección indicada por una línea vertical.

Al contrario que el elipsoide, el geoide no se puede crear matemáticamente o utilizarse en cálculos porque su forma depende de la distribución irregular de la masa dentro de la tierra.

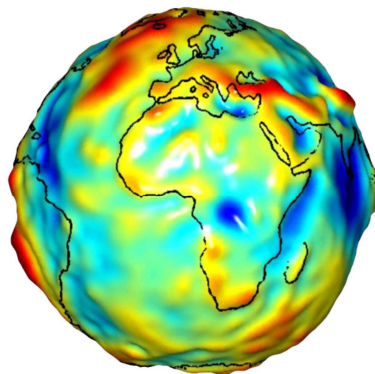


Figura 1. 5 Representación gráfica del geoide

1.2.4 El Datum

Un Datum es un Sistema de Referencia Geodésico definido por la superficie de referencia precisamente posicionada y mantenida en el espacio; y es generada por una red compensada de puntos.

La determinación de una única superficie de referencia para toda la Tierra, esencial para el uso de los sistemas de satélites y las asociadas técnicas de levantamientos y posicionamiento, ha sido en el pasado de poco interés y difícil de alcanzar, debido a que las técnicas de geodesia y topografía de levantamiento son de carácter esencialmente local. Por esta razón, existen muchos sistemas de geodesia local en el mundo entero, todos definidos con el único propósito de obtener una buena aproximación sólo para el área de interés.

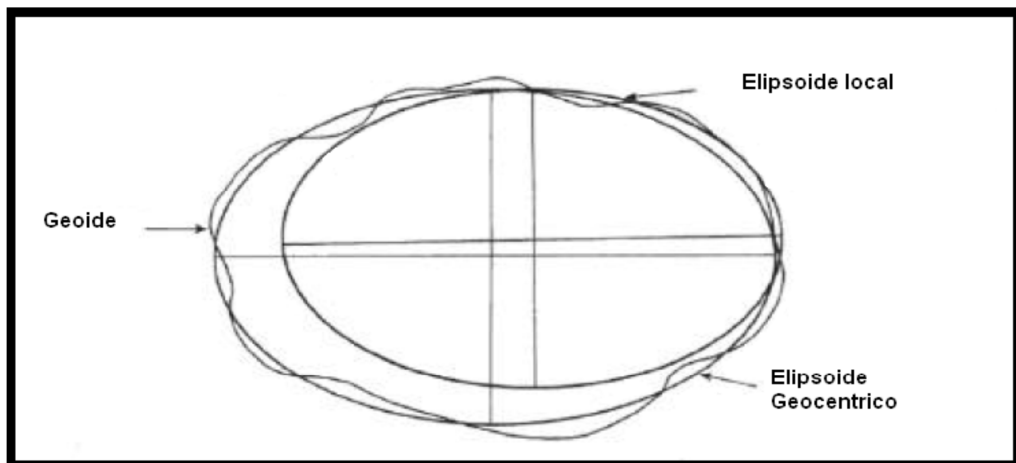


Figura 1. 6 Orientación del datum

1.3 Sistema de Coordenadas

Sistema de coordenadas es la parametrización de las coordenadas de los puntos que forman el marco de referencia.

1.3.1 Coordenadas geográficas

El sistema de coordenadas geográficas es un sistema de coordenadas esféricas mediante el cual un punto se localiza con dos valores angulares:

La *latitud* es el ángulo entre la línea que une el centro de la esfera con un punto de su superficie y el plano ecuatorial. Las líneas formadas por puntos de la misma latitud se denominan paralelos y forman círculos concéntricos paralelos al ecuador.

Por definición la latitud es de 0° en el ecuador, que divide el globo en los hemisferios norte y sur. La latitud puede expresarse especificando si el punto se sitúa al norte o al sur, por ejemplo $24^\circ 21' 11''$ N, o bien utilizando un signo, en cuyo caso los puntos al Sur del ecuador tienen signo negativo.

La longitud es el ángulo formado entre dos de los planos que contienen a la línea de los Polos. El primero es un plano arbitrario que se toma como referencia y el segundo es el que, además de contener a la línea de los polos, contiene al punto en cuestión. Las líneas formadas por puntos de igual longitud se denominan meridianos y convergen en los polos.

Como meridiano de referencia internacional se toma aquel que pasa por el observatorio de Greenwich, en el Reino Unido.

1.3.2 Sistema de coordenadas geodésicas

La segunda aproximación a la forma de la Tierra es un elipsoide de revolución definido por su semieje mayor (a) y su semieje menor (b) o aplanamiento (f). El centro del elipsoide coincide con el centro del sistema de referencia, es decir, con el geocentro y el semieje menor se hace coincidir con el eje de rotación terrestre quedando así constituido el sistema de coordenadas geodésico.

La vertical geodésica en un punto de la superficie del elipsoide de revolución coincide con la dirección del vector normal al elipsoide en dicho punto, y, por tanto, no pasa por el centro del elipsoide.

Así las coordenadas geodésicas serán:

- Latitud geodésica: es el ángulo que forma la vertical geodésica del punto con el plano ecuador geodésico.
- Longitud geodésica: es el ángulo formado por el meridiano geodésico del punto de cálculo y el meridiano geodésico origen.

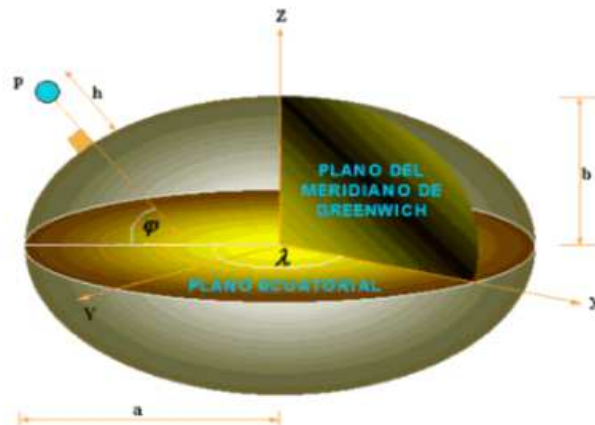


Figura 1. 7 Coordenadas geodésicas

1.3.3 Sistema de coordenadas astronómicas

Las observaciones astronómicas, geodésicas y topográficas se efectúan sobre la superficie real de la Tierra y en un momento de tiempo determinado, así se debe retocar el concepto de figura y forma de la Tierra y pasar a la definición de geoide como figura y situar las observaciones en un momento determinado.



El geode se define como superficie equipotencial respecto a la gravedad y normal a su dirección, siendo esta dirección normal la de la fuerza de gravedad que será la que sigue un rayo óptico de un instrumento topográfico cuando se estaciona, o línea de la plomada. Debido a la distribución no homogénea de masas en el interior de la Tierra y a la forma achatada por los polos, esta línea no coincidirá ni con la vertical geográfica ni con la geodésica ni con la geocéntrica.

1.3.4 Proyecciones

Para reproducir una sección determinada de un elipsoide en una carta, es necesario estudiar el centro del área y encontrar el plano tangente del elipsoide en ese punto. Es entonces posible proyectar las figuras geométricas elipsoidales en ese plano desde un centro de proyección adecuado.

Dependiendo de la posición seleccionada para el punto de proyección, se producen varias transformaciones, cada una con características particulares.

1.3.4.1 Proyecciones cónicas

La proyección cónica consiste en tomar una superficie cónica posicionada de acuerdo a la porción del elipsoide para el que se está creando la carta y proyectando el elipsoide en la superficie cónica desde centro del elipsoide. Posteriormente, la superficie cónica se convertirá en un plano y la carta producida no se deformará (equidistante) a lo largo de la línea de la tangente; en todos los demás lugares es afilática o no orto mórfica.

1.3.4.2 Proyección Universal Transversal Mercator (UTM)

Las coordenadas “Universal Transversal Mercator” (UTM por siglas en inglés) son usadas en levantamientos y en trazados de mapas cuando el tamaño del proyecto se extiende a través de varias regiones en las zonas del plano o proyecciones y también son utilizadas por los Ejércitos para aplicaciones de trazado de mapas, cartografía y geodesia.

Las diferencias entre la proyección UTM y la proyección TM (Transversa de Mercator o de Gauss) están en la escala en el meridiano central, origen y en la representación de la unidad de medida:

- La coordenada norte (NUTM) tiene como origen cero metro en el ecuador para el Hemisferio Norte hasta la latitud ochenta y cuatro grados norte (84°N);
- La coordenada sur (SUTM) tiene como origen diez millones de metros (10.000.000 m) en el ecuador para el Hemisferio Sur hasta la latitud ochenta grados sur (80°S);
- La coordenada este (EUTM) tiene el origen a quinientos mil metros (500.000 m) en el meridiano central.
- El sistema UTM está dividido en sesenta (60) zonas longitudinales. Cada zona es seis grados (6°) de ancho extendiéndose tres grados (3°) a cada lado del meridiano central.



1.4 Metodología de levantamientos topográficos

Levantamientos Topográficos

Levantamiento: es un conjunto de operaciones que determinan las posiciones de puntos, la mayoría calculan superficies y volúmenes y la representación de medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos entonces son topográficos.

1.4.1 Clases de levantamientos

Topográficos: Son aquellos que por abarcar superficies reducidas pueden hacerse despreciando la curvatura de la Tierra, sin error apreciable.

Geodésicos: Son levantamientos en grandes extensiones que hacen necesario considerar la curvatura de la Tierra.

Los levantamientos topográficos son los más comunes. Los Geodésicos son motivo de estudio especial al cual se dedica la Geodesia.

Los levantamientos topográficos tienen por objeto tomar superficies, datos de campo para confeccionar planos y mapas en el que figura el relieve y la localización de puntos o detalles naturales y artificiales y tiene como finalidad:

1. La determinación y fijación tenderos de terreno.
2. Servir de base para ciertos proyectos en la ejecución de obras públicas o privadas
3. Servir para la determinación de las figuras de terrenos y masas de agua.
4. Servir en toda obra vertical u horizontal.

Los levantamientos topográficos en cuanto a su calidad se dividen como sigue:

Precisos, que se ejecutan por medio de triangulaciones o poligonales de precisión. Se emplean para fijar los límites entre naciones o estados, en el trazo de ciudades, etc.

Regulares, los cuales se realizan por medio de poligonales, levantadas con tránsito y cinta. Se usan para levantar linderos de propiedades, para el trazo de caminos, vías férreas, canales, ciudades pequeñas, etc., y en obras de saneamiento en las ciudades.

Taquimétricos, en los cuales las distancias se miden por procedimientos indirectos. Generalmente se ejecutan con tránsito y estadía y se emplean en trabajos previos al trazo de vías de comunicación, en trabajos de comunicación y de relleno, y también para la formación de planos a pequeña escala.

Expeditivos, efectuados con aparatos portátiles, poco precisos, como; brújula, sextante, podómetro, telémetro, estadía de mano, etc., y en cuanto no se dispone de aparatos se ejecutan a ojos o por informes proporcionados por los habitantes de la región. Estos levantamientos se emplean en reconocimientos del terreno o en las exploraciones militares.

1.4.2 Métodos Topográficos Directos

- Métodos Planimétricos
- Métodos Altimétricos



1.4.2.1 Métodos Planimétricos

Tienen por objeto estudiar las normas o procedimientos para efectuar la planimetría de un terreno; se basan en la medida de los ángulos (acimutales) y distancias en horizontal.

En planimetría los métodos son:

- a) Radiación: Permite relacionar todos los puntos del terreno con puntos de coordenadas conocidas.
- b) Poligonal o itinerario: Permite relacionar puntos de estación o itinerario.
- c) Triangulación: permite relacionar puntos a mayores distancias.

1.4.2.2 Métodos Altimétricos

La altimetría tiene por objeto estudiar cotas, altitudes y desniveles. En altimetría los métodos son:

- a) Nivelación barométrica: Son los menos precisos pero los métodos más rápidos.
- b) Nivelación trigonométrica: Permite ver la diferencia de altitud en función de medidas angulares.
- c) Nivelación geométrica: Permite ver la diferencia de altitud en función de visuales horizontales.

1.4.3 Métodos basados en medidas angulares

1.4.3.1 Triangulación

Generalidades

La triangulación es un medio de control para los levantamientos de superficies extensas. Este procedimiento consiste en cubrir la zona que se trata de levantar con redes o cadenas de triángulos, en las cuales se hace la medición directa de uno de sus lados que se denomina “base”, así como la de los ángulos de los triángulos, la cual permite resolver estos y fijar la posición de los vértices, pues en el triángulo que contiene la base se conoce un lado y los ángulos adyacentes y con estos datos se puede calcular los otros dos lados; y como los triángulos están unidos entre sí por un lado, resulta que una vez calculado éste, servirá de base a su vez para proseguir el cálculo en el triángulo inmediato y así sucesivamente.

En extensiones muy grandes, los errores inherentes a los levantamientos por medio de poligonales se irían propagando con la distancia, por la cual las posiciones de los puntos alejados de punto de partida quedarían con una incertidumbre bastante grande, pero si se apoyan cada cierta distancia en puntos establecidos de un modo mucho más preciso, se podrán ir localizando los errores.

Clases de triangulaciones.

Las triangulaciones pueden ser de dos clases: geodésica y topográfica.

Triangulación geodésica es aquella en la que se considera la forma real de la Tierra. La longitud de los lados en esta triangulación varía entre 15 y 200 km., y la longitud de la base no es menor de 5,000 metros.

Triangulación topográfica es aquella en la cual la Tierra se supone plana. Los lados de los triángulos no son mayores de 10 km y la longitud de la base no excede de 2,000 metros.

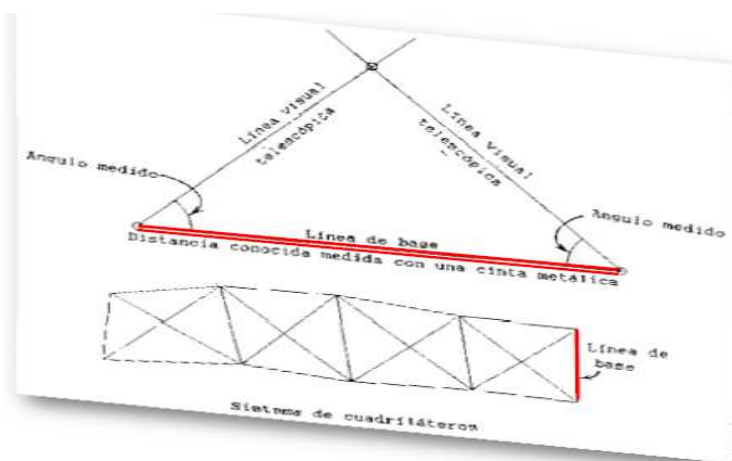


Figura 1. 8 Triangulación topográfica

1.4.4 Metodología de levantamiento

1.4.4.1 Método de direcciones

Las direcciones son lecturas del círculo horizontal que se toman a puntos sucesivos visados alrededor del horizonte. La diferencia entre las direcciones tomadas a dos puntos cualesquiera da el ángulo horizontal.

Este método de observación se emplea cuando el instrumento usado da una aproximación de 10", 1" o 0.1".

Los teodolitos direccionales están proyectados de manera que en el círculo horizontal graduado permanece fijo durante una serie de observaciones, la dirección a cada punto se lee en el círculo horizontal una sola vez, por medio de microscopios micrométricos, siendo el origen de las medidas el cero del círculo. La precisión en las medidas angulares es mayor con los teodolitos direccionales que con los repetidores.

Si desde una estación A se tienen que observar los vértices 1, 2, 3 y 4, se dirige primero la visual a una de las señales que supondremos sea la 1, con uno de los verniers marcando cero grados. Se fija el movimiento general y con el particular se continúa la observación de los puntos 2, 3 y 4, haciendo en cada caso las lecturas de los verniers, y después de haber completado la vuelta de horizonte se observa el punto inicial para ver si no sufrió algún movimiento el instrumento durante la operación.

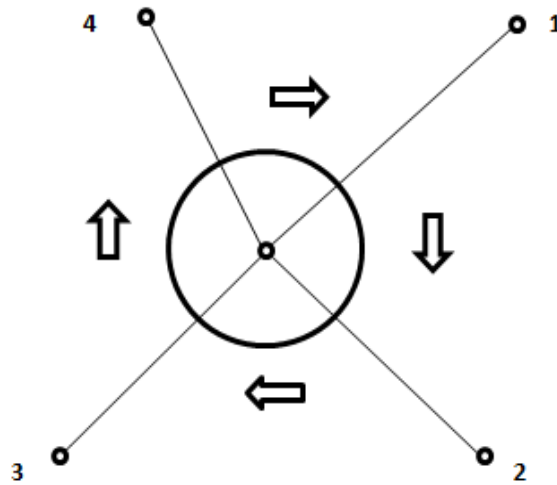


Figura 1. 9 Método de direcciones

1.4.4.2 Método de repeticiones

Si se trata de medir un ángulo entre las estaciones A y B, se pueden hacer las observaciones en la forma siguiente:

Primera serie, con el anteojo en posición directa.

- Se pone el índice del vernier en coincidencia con el cero del limbo y, por medio del movimiento general, se dirige el anteojo a visar el punto A y se fija dicho movimiento.
- Con el movimiento particular, de izquierda a derecha, se mueve el anteojo y se visa el punto B; se fija el movimiento particular y se lee el vernier para conocer el valor del ángulo AOB de una manera aproximada.
- Luego, con el movimiento general, y en el sentido retrógrado, se vuelve a visar el punto A; se fija dicho movimiento y por medio del movimiento particular se dirige el anteojo al punto B, y así se prosigue hasta completar una serie de cuatro o seis observaciones.

Segunda serie, con el anteojo en posición inversa. Se opera del modo antes descrito; pero en lugar de medir el ángulo de B hacia A, de izquierda a derecha. El ángulo se repite el mismo número de veces que en la primera serie.

Al terminar cada serie se hace la lectura del vernier y para tener el ángulo se divide el número total de grados y minutos por el de repeticiones.

El ángulo obtenido en la segunda serie debe restarse de 360° para obtener el ángulo que se busca y el promedio de los valores obtenidos en ambas series se adopta como definitivo.

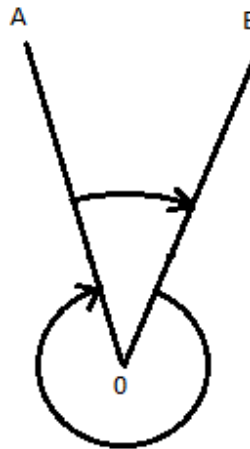


Figura 1. 10 Método de repeticiones

1.4.4.3 Método de intersección

Las intersecciones son métodos en los que para determinar la posición de un punto solo se requiere la medida de ángulos. Si las observaciones se hacen desde puntos de coordenadas conocidas se llaman intersecciones directas, y si se hacen desde el punto cuyas coordenadas se quieren determinar, se llaman inversas.

Si además de medir ángulos horizontales se miden los verticales, se pueden calcular la coordenada Z.

Intersección directa

El método consiste en partir de un lado AB de longitud y acimut conocidos. Se estaciona en A y B midiendo α y β con la mayor precisión posible.

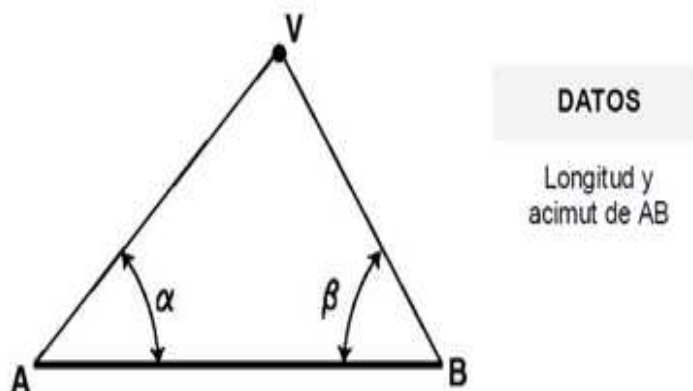


Figura 1. 11 Intersección directa

Descripción del método

Sea V un punto cuya posición se requiere determinar y A y B puntos de coordenadas conocidas.

El método de intersección directa simplemente consiste en:

Estacionar el equipo topográfico en el punto conocido A y realizar las siguientes observaciones:

- Lectura de orientación (al menos a un punto conocido).
- Lectura al unto desconocido V.

Estacionar el equipo topográfico en el punto conocido B y realizar las siguientes observaciones:

- Lectura de orientación (al menos a un punto conocido).
- Lectura al punto desconocido V.

Intersección inversa.

En la intersección inversa las observaciones angulares se hacen desde el punto P cuyas coordenadas se requieren determinar. En la intersección simple se toman las lecturas horizontales a tres puntos de coordenadas conocidas, que son los mínimos que se necesitan para resolver la geometría. En la intersección múltiple se hacen las medidas a más de tres puntos, y es el método más aconsejable para hacer comparaciones.

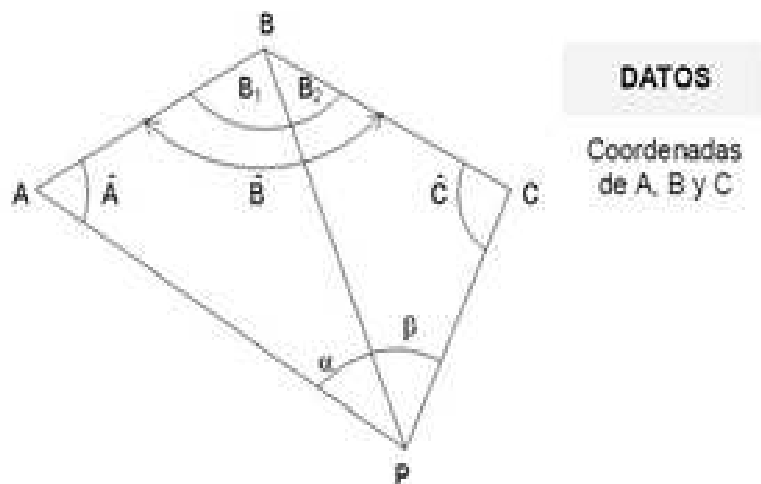


Figura 1. 12 Solución a la intersección inversa simple



1.4.5 Métodos basados en la medida de ángulos y distancias

Poligonal: En topografía se le da el nombre de poligonal aun polígono o a una línea quebrada de n lados. También se puede definir la poligonal como una sucesión de líneas rectas que conectan una serie de puntos fijos.

Clases de poligonales

De la definición de poligonal se deduce que las poligonales pueden ser cerradas o abiertas.

Poligonal cerrada es aquella cuyos extremos inicial y final coinciden; es decir, es un polígono.

Poligonal abierta es una línea quebrada de n lados o aquella poligonal cuyos extremos no coinciden.

Existen dos clases de poligonales abiertas: las de enlace y los caminamientos.

Poligonal de enlace es una poligonal abierta cuyos extremos son conocidos de antemano y, por tanto, puede comprobarse.

Camina miento se denomina a una poligonal abierta, en la cual solo se conoce el punto de partida y por esto no es susceptible de comprobación.

Metodología de levantamiento

Métodos de medida de ángulos y direcciones en las poligonales. Los métodos que se usan para medir ángulos o direcciones de las líneas de las poligonales son:

- a) El de rumbos
- b) El de ángulos interiores
- c) El de deflexiones
- d) El de ángulos a la derecha
- e) El de azimutes

1.4.5.1 Trazo de poligonales por rumbos

La brújula de topógrafo se ideó para usarse esencialmente como instrumento para trazo de poligonales. Los rumbos se leen directamente en la brújula a medida que se dirigen las visuales según las líneas (o lados) de la poligonal. Normalmente se emplean rumbos calculados, más que rumbos observados, en los levantamientos para poligonales que se trazan por rumbos mediante un tránsito. El instrumento se orienta en cada estación visando hacia la estación anterior con el rumbo inverso marcado en el limbo. Luego se lee el ángulo a la estación que sigue y se aplica al rumbo inverso para obtener el rumbo siguiente.

1.4.5.2 Trazo de poligonales por ángulos interiores

Ángulos interiores, como ABC, BCD, CDE, DEA y EAB se usan casi en forma exclusiva en las poligonales para levantamientos catastrales o de propiedades. Pueden leerse tanto en el sentido de rotación como en el sentido contrario, y con la brigada de topografía siguiendo la poligonal ya sea hacia la derecha o hacia la izquierda. Es buena práctica, sin embargo, medir todos los ángulos en el sentido de rotación del reloj. Si se sigue invariablemente un método se evitan los errores de lectura, de anotación y de trazo. Los ángulos exteriores deben medirse para cerrar al horizonte.

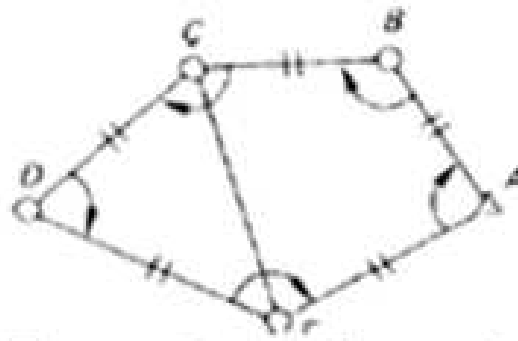


Figura 1. 13 Poligonal cerrada con ángulos interiores

1.4.5.3 Trazo de poligonales por ángulos exteriores

Los levantamientos para vías terrestres se hacen comúnmente por deflexiones medidas hacia la derecha o hacia la izquierda desde las prolongaciones de las líneas. Un ángulo de deflexión no está especificado por completo sin la designación D o I, y por supuesto, su valor no puede ser mayor de 180° .

Cada ángulo debe duplicarse o cuadruplicarse (es decir, medirse 2 o 4 veces) para reducir los errores de instrumento, y se deben determinar un valor medio.

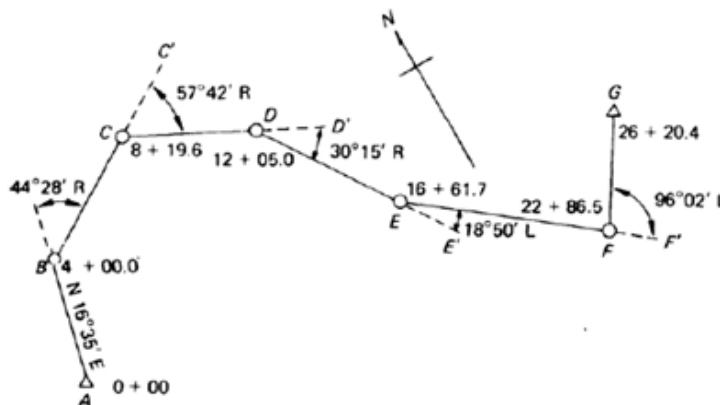


Figura 1. 14 Poligonal abierta con ángulos exteriores

1.4.5.4 Conservación de Azimutes

Este método se emplea para cualquier clase de polígonos.

Con el anteojo en posición directa, se orienta el aparato en el primer vértice (magnéticamente o astronómicamente), para medir con un vernier el azimut del primer lado. Después, conservando en el vernier esta lectura, se traslada el aparato al punto siguiente, y al ver al de atrás en posición inversa, queda el anteojo sobre la línea cuyo azimut se tiene marcado. Se vuelve al anteojo en posición directa, y así se logra que en el aparato quede en una posición paralela a la que tuvo en el punto de atrás, o sea que el cero queda otra vez orientado al Norte y dejando ahí fija la graduación (movimiento general apretado), se afloja el tornillo del movimiento particular y puede medirse el azimut de la siguiente línea, con el vernier. Así se continúa el procedimiento recorriendo ordenadamente los vértices.

1.4.5.5 Método de radiación

El método de radiación es uno de los métodos de poligonales cerradas, y es el más simple en el que se emplea el teodolito y la cinta.

Consiste en situar el aparato topográfico en el punto O de coordenadas conocidas, interior al conjunto ABC... que se han de levantar, y tras orientar el instrumento se determinan los acimutes y las longitudes OA, OB...

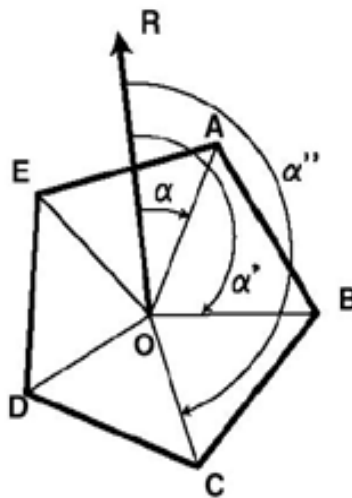


Figura 1. 15 Radiaciones

1.4.6 Métodos altimétricos

Generalidades.

Recibe el nombre de nivelación o altimetría el conjunto de trabajos que suministran los elementos para conocer las alturas y forma del terreno con sentido vertical.

Todas las alturas de un trabajo de topografía, están referidas a un plano común de referencia. Este plano llamado de comparaciones es una superficie plana imaginaria, cuyos puntos se asumen con una elevación o altura de cero.

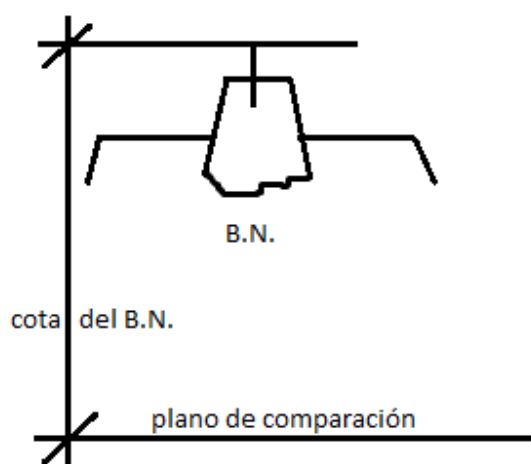


Figura 1. 16 Banco de nivel

Se denomina *cota*, *elevación* o *altura* de un punto determinado de la superficie terrestre a la distancia vertical que existe desde el plano de comparación el del nivel medio del mar, que se establece por medio de un gran número de observaciones en un aparato llamado mareógrafo a través de un largo periodo de años

1.4.6.1 Nivelación directa o topográfica

La nivelación directa o topográfica es la que se realiza por medio de los aparatos llamados niveles y se llama directa porque al mismo tiempo que se va ejecutando, va conociendo los desniveles del terreno.

1.4.6.2 Nivelación Barométrica

Es el método más impreciso. Se emplean barómetros o altímetros de modo que el desnivel de entre puntos se deduce por la variación de la columna de mercurio.

1.4.6.3 Nivelación trigonométrica

La nivelación indirecta o trigonométrica tiene por objeto determinar la diferencia de alturas entre dos puntos, midiendo la distancia horizontal o inclinada que los separa y el ángulo vertical que forma la línea que les une con el plano horizontal que pasa por el punto donde se hace la observación.

En la topografía ordinaria la nivelación trigonométrica proporciona un medio rápido para determinar los desniveles y las cotas de los puntos en terreno quebrado.

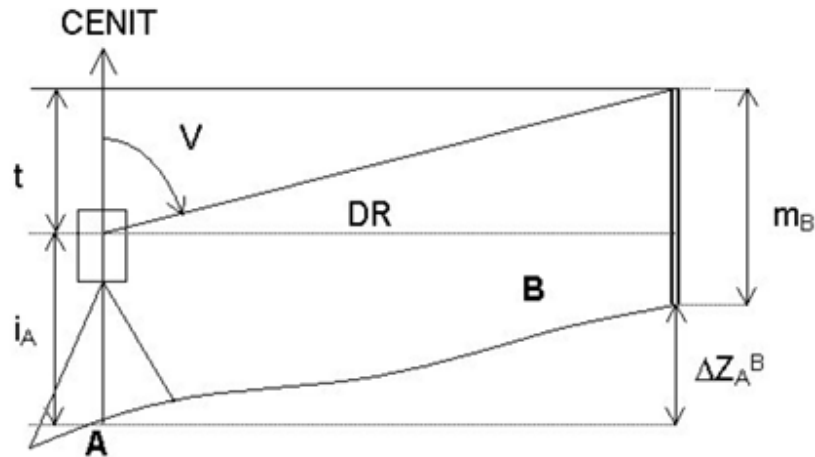


Figura 1. 17 Nivelación trigonométrica

1.4.6.4 Nivelación diferencial

Se llama así a la nivelación que tiene por único objeto determinar la diferencia de elevación entre dos o más puntos del terreno sin tomar en cuenta las distancias.

La nivelación diferencial puede ser simple o compuesta.

Nivelación simple

La nivelación diferencial es simple cuando el desnivel entre dos puntos puede obtenerse haciendo solamente una estación con el instrumento. Este caso se presenta cuando los puntos cuyo desnivel se desea conocer no están separados por una distancia mayor de 200 metros y el desnivel entre los mismos no es mayor que la longitud del estadal.

Nivelación compuesta

Cuando no pueden cumplirse las condiciones señaladas para la nivelación simple porque los puntos extremos de la línea cuyo desnivel se desea conocer estén muy lejanos uno del otro, o hay obstáculos intermedios, entonces el desnivel se obtiene por medio de la nivelación compuesta, que consiste en repetir la operación indicada para la nivelación simple, tantas veces como sea necesario, estableciendo puntos intermedios denominados puntos de liga (P.L.) donde se hacen dos lecturas en el estadal, una adelante y otra atrás.

Los P.L. deben ser puntos definidos y se establecerán empleando objetivos naturales o artificiales como rocas, troncos árboles, estacas con clavos o grapas y marcas pintadas o labradas con cincel.

La nivelación diferencial compuesta requiere una serie de cambios de instrumento a lo largo de la ruta general y, para cada cambio, una lectura atrás en el estadal; colocado



sobre el punto de elevación conocida y otra lectura adelante al punto de elevación desconocida.

1.4.7 Métodos indirectos

1.4.7.1 Percepción remota

La percepción remota se define como el grupo de técnicas para la obtención de información confiable sobre las propiedades físicas de ciertas superficies u objetos y su entorno, desde distancias relativamente grandes, sin contacto físico con ellos. Implica, entre otras cosas, analizar imágenes que son ampliamente procesadas e interpretadas para producir datos que pueden aplicarse en agricultura, geología, geografía, oceanografía y ecología, aunque también tiene fines militares. El método de percepción remota está restringido a métodos que emplean la energía electromagnética como medio de detección y medida de las características de los objetos. Este tipo de energía incluye: la luz, el calor, las ondas de radio y excluye los estudios eléctricos, magnéticos y gravimétricos, que miden los campos de fuerza.

La percepción remota puede verse como un proceso que requiere:

- Una fuente emisora de energía electromagnética
- Un objeto por estudiar
- Un sistema capaz de captar información
- Una distancia entre el objeto de estudio y el sistema que puede captar la información

Fuente de energía

Se denomina así al emisor de la energía lumínica o radiación electromagnética que utiliza el sistema de percepción remota. La fuente puede ser externa al sensor remoto, caso que aplica para los sistemas pasivos, o puede ser propia del sensor remoto a través de un haz de energía, caso que aplica para los sistemas activos.

Los sistemas pasivos suelen utilizar la radiación del Sol y los sistemas activos envían microondas para que choquen con el objeto y se devuelvan enseguida al sensor, brindando la posibilidad de obtener mejor información de la cobertura.

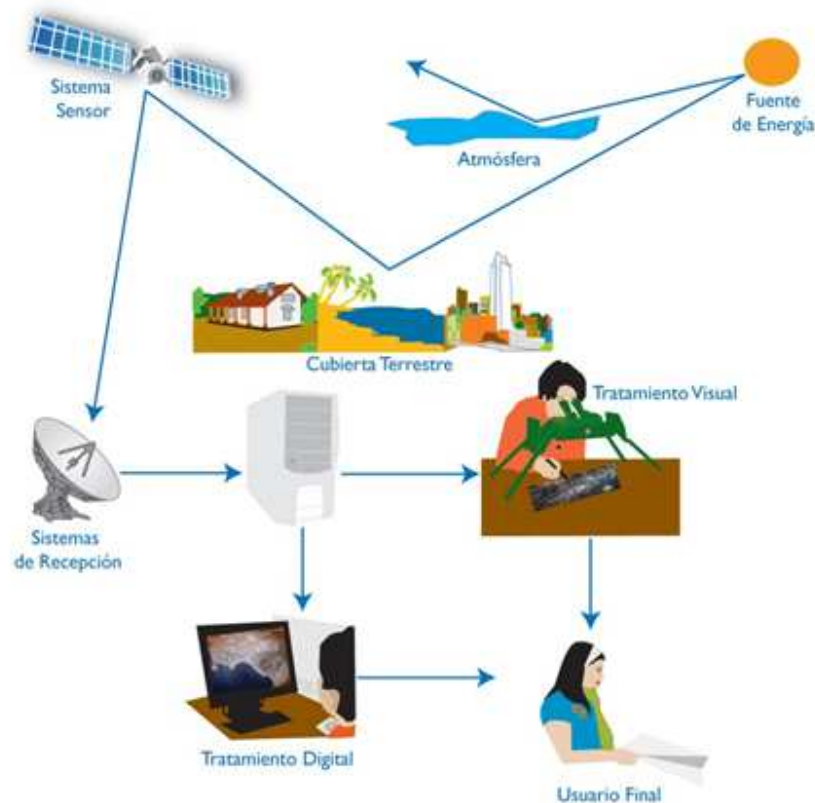


Figura 1. 18 Metodología para el procesamiento de imágenes satelitales

El procesamiento de las imágenes digitales consiste en la manipulación numérica de dichas imágenes e incluye:

- Preprocesamiento
- Realce
- Clasificación

Preprocesamiento. Consiste en el procesamiento inicial de los datos crudos para corregir las distorsiones radiométricas y geométricas de la imagen y eliminar el ruido. Las distorsiones radiométricas obedecen a mecanismos que alteran los valores de brillo de los píxeles y se deben fundamentalmente a interferencias atmosféricas y a efectos asociados a instrumentación.

Realces. Son procedimientos que tienden a mejorar la interpretabilidad visual de una imagen, aunque no aumentan la cantidad de información contenida en ella. El rango de opciones de que dispone el analista para realces de imagen es virtualmente ilimitado, aunque la mayoría de estas técnicas pueden ubicarse en dos grupos: operaciones de punto, que modifican independientemente el brillo de cada píxel y operaciones locales, que

modifican el valor de cada pixel basadas en el valor de los pixeles vecinos. Dentro de las primeras citaremos algunas como estiramiento de contraste y manipulaciones espectrales, y entre las segundas el filtrado espacial.

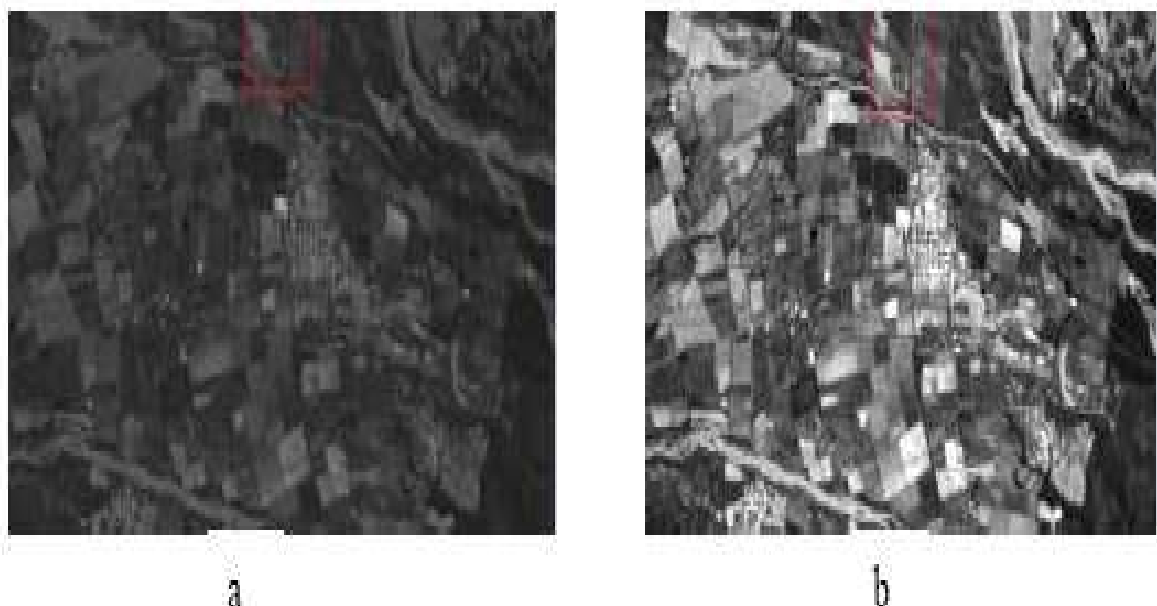


Figura 1. 19 Realce

Clasificación

Clasificación supervisada. Podemos definir esta clasificación como un proceso en que pixeles de identidad conocida, ubicados dentro de las áreas de entrenamiento, se utilizan para clasificar pixeles de identidad desconocida.

Clasificador por mínima distancia. Con este clasificador los datos de entrenamiento se utilizan sólo para determinar la media de las clases seleccionadas como regiones de interés.

Clasificador por paralelepípedos. Este clasificador se implementa definiendo un subespacio en forma de paralelepípedo (es decir, un hiper-rectángulo) para cada clase.

Clasificación no supervisada. Se trata de un método iterativo que requiere relativamente poca intervención humana, siendo usual que el analista deba especificar.

1.4.7.2 Fotogrametría

Fotogrametría: ciencia desarrollada para obtener medidas reales a partir de fotografías, tanto terrestres como aéreas, para realizar mapas topográficos, mediciones y otras aplicaciones geográficas.

Método estereoscópico

La restitución estereoscópica se basa en la introducción de dos fotos del mismo objeto en un aparato restituidor que permite visualizar estereoscópicamente dicho objeto en relieve, y que dispone de unos mecanismos para situar un índice sobre cualquier punto del objeto virtual, colocándose automáticamente su posición en el espacio.



Figura 1. 20 Restituidor analógico

En otros casos (restituidores analógico o digitales) se marcan puntos singulares o definitorios del objeto, para posteriormente dibujar líneas entre ellos y obtener un modelo tridimensional del mismo.

Método por intersección directa

En este método, se utilizan las fotografías tomadas del objeto como si fuesen taquímetros. Es decir, cada punto marcado en una fotografía, supone una recta virtual que pasa por el centro del objetivo de la cámara y el punto señalado en la fotografía, deduciendo que obligadamente pasa también por el punto real del objeto. Al marcar el mismo punto en dos o más fotografías, todas las rectas deberán cortarse teóricamente en el espacio de un solo punto, que es precisamente el punto real del objeto. Las leyes de la perspectiva, permiten calcular las coordenadas reales de dicho punto (X, Y, Z) a través de las coordenadas fotográficas del punto en las fotografías.

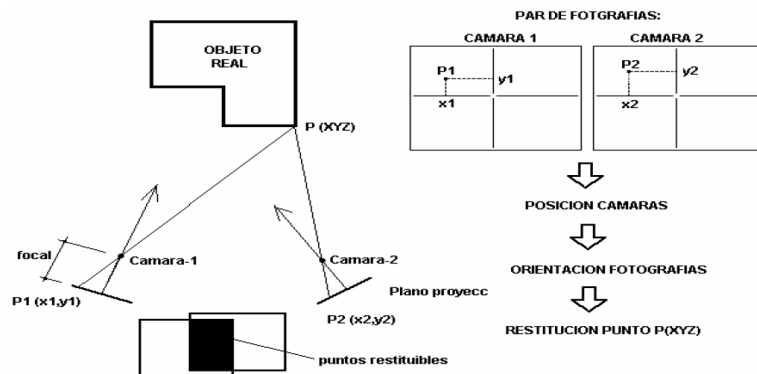


Figura 1. 21 Método intersección directa



1.5 Metodología de levantamientos geodésicos

Levantamientos Geodésicos.

Son el conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete destinado a determinar las Coordenadas geodésicas de puntos sobre el Terreno convenientemente elegidos. Se realizan en grandes áreas de la Superficie terrestre y se toma en cuenta la curvatura de la Tierra.

Para que un levantamiento sea considerado como geodésico deberá tomar en cuenta los efectos de curvatura terrestre y ejecutarse con instrumental y procedimientos que permitan una precisión interna compatible con las especificaciones de exactitud.

Se consideran los siguientes tipos de levantamientos geodésicos:

1.5.1 Triangulación

Constituye el Método clásico y universalmente conocido para el desarrollo de los levantamientos geodésicos horizontales, mediante un procedimiento que determina las longitudes de los lados de un sistema de triángulos interconectados, con base en la medida de algunos lados y de todos los ángulos.

1.5.2 Trilateración

En este método la situación se invierte, para medir directamente los lados y de ahí derivar los valores angulares, excepto que para efectos de control de dirección se requiere la medida de algunos ángulos.

1.5.3 Triangulateración

Este método combina los dos anteriores mediante la medida directa de ángulos y distancias; permite una mayor elasticidad en el diseño y proporciona mayor rigidez y confiabilidad a los levantamientos.

1.5.4 Poligonación

Consiste en la medida directa de ángulos y distancias entre puntos consecutivos que forman una línea poligonal continua.

1.5.5 Método Astronómico

Consiste en la observación de la posición angular de objetos relativamente fijos sobre la Esfera celeste cuyas coordenadas se conocen en el tiempo. El método se aplica para la determinación de coordenadas astronómicas puntuales y mayormente para el control en dirección de otros métodos de levantamiento, como se especifica en las partes conducentes de este documento.



1.5.6 Método Inercial

El método se fundamenta en la medida de variaciones de aceleración referidas a tres ejes que se estabilizan mediante giroscopios, conjunto montado sobre una plataforma móvil. Las variaciones se traducen en desplazamientos que referidos a una cierta posición de origen, producen las coordenadas geodésicas requeridas. El método ofrece las ventajas de poder determinar además otros parámetros geodésicos, utilización en todo tiempo y ser de alto rendimiento, pero habrá que considerar su costo inicial y capacidad real para producir resultados exactos. Debido a esto último y a que el método está todavía en la etapa introductoria, no se darán por ahora normas y especificaciones en este documento, debiendo observarse las indicadas por los fabricantes de los instrumentos.

1.5.7 Técnicas diferenciales del Sistema de Posicionamiento Global

Este método consiste en recibir la señal electromagnética emitida por los satélites de la constelación NAVSTAR que conforman el Sistema de Posicionamiento Global para determinar la posición relativa de puntos sobre la superficie terrestre. Dada la complejidad, el tamaño y dinámica de cambio de las normas para este tipo de levantamientos se tratarán a detalle en un documento por separado, dándose en éste los lineamientos mínimos.

1.5.8 Diferencia entre métodos de Topografía y Geodesia

La Topografía opera sobre porciones pequeñas de terreno, no teniendo en cuenta la verdadera forma de la Tierra, sino considerando la superficie terrestre como un plano. Cuando se trata de medir grandes extensiones de tierra, como por ejemplo, para confeccionar la carta de un país, de un estado o de una ciudad grande, no se puede aceptar la aproximación que da la topografía, teniéndose entonces que considerar la verdadera forma de la Tierra y por consiguiente la superficie ya no se considera un plano sino se toma como parte de la superficie de un elipsoide y tendremos que acudir a la Geodesia.



MODULO II



2. SISTEMA DE AGUA

2.1 Definición de un sistema de agua y cuál es su función

Un Sistema de agua es el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas bajo una población determinada para satisfacer sus necesidades, así como suministrar y distribuir los servicios de agua potable y drenaje a los habitantes con la cantidad, calidad y eficiencia necesarios; a través de la infraestructura existe, fomentar una cultura moderna de utilización que garantice el abasto razonable del recurso y de sanear las aguas servidas a través de sistemas de tratamiento para disminuir la contaminación de los cuerpos receptores.

Dentro de las funciones que tiene un sistema de agua son:

- Proporcionar agua a los municipios, comunidades, núcleos de población, organismos, fraccionamiento y particulares que la requieran.
- Planear y programar coordinadamente con las dependencias gubernamentales, federales, estatales y municipales, las obras de agua potable, drenaje, tratamiento, reusó de aguas residuales tratadas y control y disposición final de lodos productos del tratamiento de aguas.
- Ejecutar las acciones necesarias para construir, conservar, mantener, operar y administrar sistemas de agua para consumo humano y de servicios de drenaje, tratamiento y reuso de aguas residuales tratadas y control y disposición final de los lodos producto del tratamiento de aguas.

2.2 Partes que consta un sistema de abastecimiento de agua

2.2.1 Obras de captación

El abastecimiento del agua a un poblado se logra mediante el transporte de este líquido, desde la fuente de abastecimiento hasta un sitio ubicado en el poblado para su distribución.

La fuente de abastecimiento debe de proporcionar el caudal requerido para satisfacer las necesidades del ser humano (consumo, aseo personal, riego, limpieza, entre otras). Las fuentes de abastecimiento comprenden aguas superficiales y subterráneas, siendo necesario para ambos casos, la elaboración de un diagnóstico de la calidad del agua a utilizarse. Dichas aguas deben satisfacer las normas de calidad vigentes.

Es necesario definir 3 aspectos importantes dentro de este tema:

Captaciones. Son las obras civiles y electromecánicas que permiten disponer del agua superficial o subterránea de la fuente de abastecimiento.

Aguas superficiales. Se consideran aguas superficiales aquellas que se captan de canales, ríos y embalses.

Aguas subterráneas. Se consideran aguas subterráneas aquellas que se captan de pozos, manantiales y galerías filtrantes.

2.2.2 Captación de Aguas Superficiales

Para la captación en corrientes superficiales es necesario utilizar materiales resistentes al intemperismo y principalmente a la acción del agua.

Los elementos principales que deben integrar una obra de captación del tipo indicado son los siguientes:

- Dispositivos de toma (orificios, tubos)
- Dispositivos de control de excedencias (vertedores)
- Dispositivos de limpia (rejillas, cámaras de decantación)
- Dispositivos de control (compuertas, válvulas de seccionamiento)
- Dispositivos de aforo (tubo pitot, diferencial de presión con transmisión, parshal, vertedores)

Captación directa

La obra de captación en corrientes superficiales varía en su diseño de simples tubos sumergidos para pequeños abastecimientos correspondientes a las comunidades rurales, a grandes torres de toma usadas para las localidades urbanas medianas y grandes.

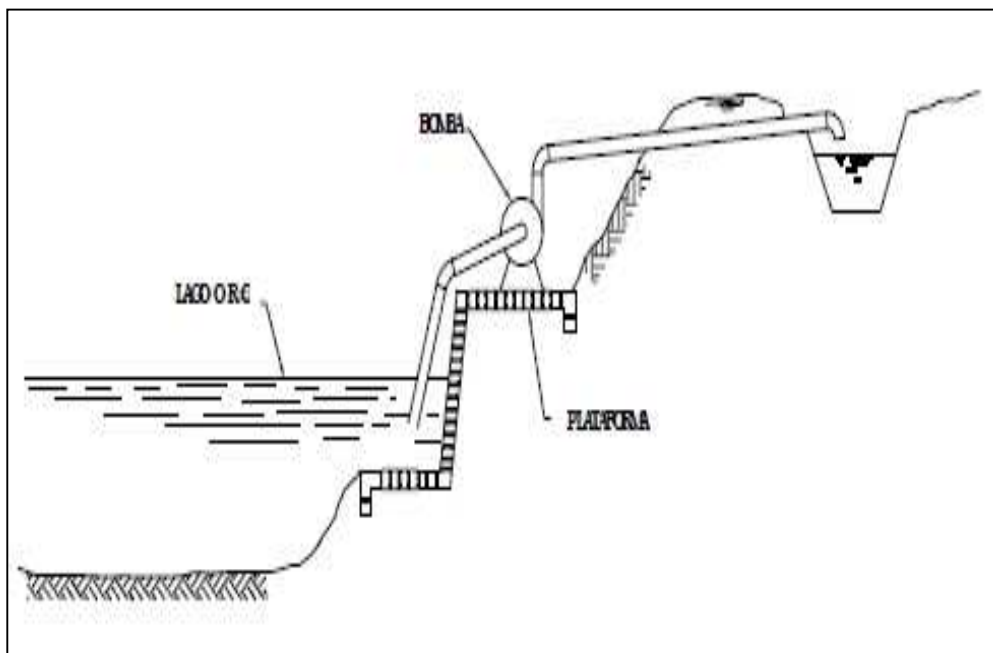


Figura 2. 1 Captación directa con bomba centrífuga horizontal



Presas de almacenamiento

Una presa de almacenamiento es aquella que se construye en el cauce de un río con el objeto de almacenar agua que aporta la corriente, para emplearla de acuerdo a las demandas que se tengan. Sus partes esenciales son: la cortina, la toma y el vertedor de demasías.

Para la localización y el diseño de la obra de toma de una presa de almacenamiento con fines de abastecimiento de agua potable, se toman en cuenta los siguientes factores:

- Gasto por aprovechar. Corresponde al gasto máximo diario.
- Carga hidráulica. Depende de la altura de la cortina y del perfil de la conducción.
- Estudio de geotecnia.
- Tipo de cortina.
- Localización de la Planta potabilizadora.

Captación de aguas subterráneas

Las aguas subterráneas se clasifican generalmente en agua freática y agua confinada.

Un manto de agua freática es aquel que no tiene presión hidrostática, circulando el agua en materiales granulares no confinados como arena, grava, aluviones, etc. El manto superior del acuífero se llama capa freática y su perfil en materiales granulares es semejante al perfil del terreno.

El agua subterránea confinada es aquella que está situada entre dos capas de materiales relativamente impermeables bajo una presión mayor que la atmosférica.

Manantiales

El manantial es el sitio donde el acuífero emerge a la superficie y es posible captarlo de manera directa en el mismo sitio de afloramiento, o de manera, indirecta, en la cual se permite un tramo de escurrimiento y posteriormente se aprovechan las aguas.

Generalmente los diseños de obras de captación de manantiales se realizan para los dos tipos más comunes que se presentan en nuestro medio que son:

- Manantiales tipo ladera, con a flotamiento de agua freática.
- Manantiales con afloramiento, tipo artesano.

El aspecto principal para la captación de manantiales es su protección para que no se contamine y evitar que los afloramiento se obturen, ambos objetivos se logrando con la construcción de una caja que aísla el área de salida del agua; además para evita que los afloramientos trabajen contra carga en el época de lluvias, es decir, cuando el gasto que aporta el manantial sea superior al de conducción.

Galerías filtrantes

Una galería filtrante se utiliza principalmente para captar agua del subálveo de corrientes superficiales, construyéndose de preferencia en el estiaje y en una de las márgenes,

paralela a la corriente. Se debe tomar en cuenta las características de socavación de la corriente en las avenidas importantes.

El agua captada por medio de una galería filtrante generalmente se conduce a un cárcamo de bombeo donde se inicia la conducción.

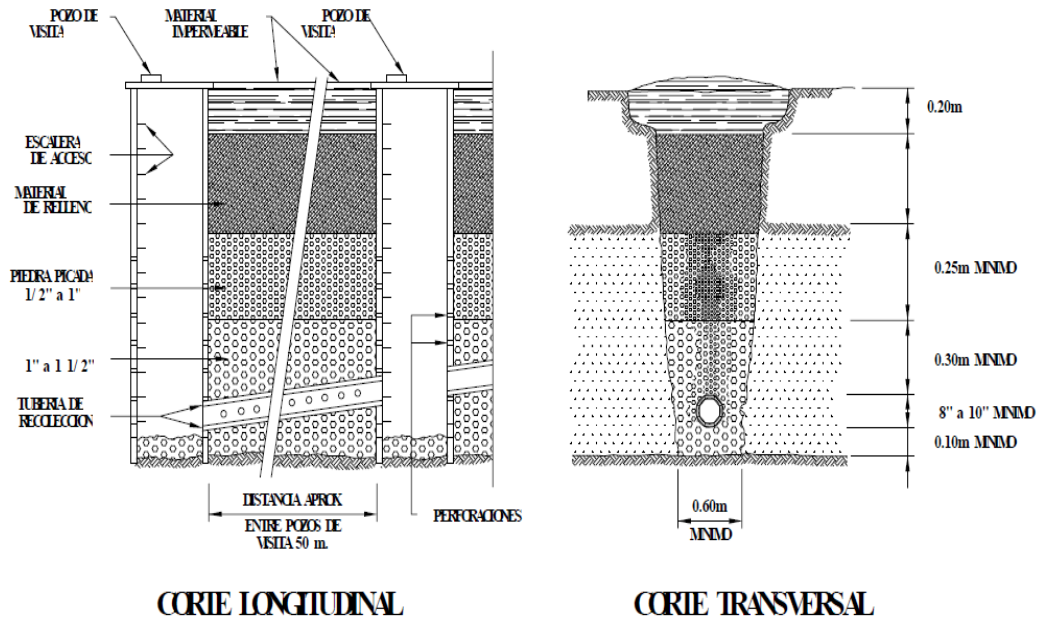


Figura 2. 2 Detalle de una galería de infiltración

Puyones

Estos pozos someros de pequeño diámetro que también reciben el nombre de pozos hincados, se construyen de diversas formas, dependiendo del diámetro del pozo y del material que atraviesan. Su construcción más común en terreno blando y para obtener un gasto importante es necesario hincar varios; en este caso, al conjunto de varios pozos se le denomina “sistema de puyones”.

Los pozos perforados por el método de hincado, se construyen introduciendo en el terreno una punta coladora de pozo, denominada generalmente con el nombre de “puyón” ajustada al extremo de secciones de tubo de acero galvanizado debidamente acopladas. La punta se hunde hasta la formación acuífera, utilizando un equipo que incluye un martillo de impulsión, una tapa para hincado para proteger el extremo de la tubería ascendente durante la operación, un trípode, una polea y cuerda con o sin malacates.

El sistema de puyones se ha utilizado pocas veces para el abastecimiento de agua potable, principalmente en localidades rurales.

El gasto aproximado que se puede obtener con un puyón varía de 0.2 a 1.0 l/s. los puyones se unen a una tubería principal que funciona como múltiple de succión, la que generalmente se une al equipo de bombeo.

Pozos someros

Los pozos someros se construyen cuando es conveniente explotar el agua freática y/o del subálveo. El diámetro mínimo del pozo circular es 1.5 m y debe permitir que su construcción sea fácil, cuando la sección sea rectangular, la dimensión mínima debe ser 1.5 m. Para pozos con ademe de concreto, y cuando se utiliza el procedimiento de construcción llamado “indio”, los anillos que queden dentro del estrato permeable deben llevar perforaciones dimensionadas de acuerdo con un estudio granulométrico previo en caso de carecer de datos, se recomienda que el diámetro de las perforaciones este comprendido entre 25 y 250 mm, colocadas en tresbolillo, a una distancia de 15 o 25 cm, centro a centro.

Pozos profundos

Las poblaciones que consumen agua subterránea disponen ordinariamente de pozos profundos que se perforan en capas acuíferas que evitan fluctuaciones, tienen un rendimiento uniforme y considerable. El agua profunda es de buena calidad, a menos que esté contaminada por infiltraciones en la capa acuífera, por cavernas o por fisuras en las rocas que la recubran.

En el pozo ordinario o de capa libre el agua se eleva a la altura del material saturado que le rodea, y no se halla sometida a otra presión más que la atmosférica. Un pozo artesiano es aquel en el que el agua se eleva por encima del nivel en que se encuentra el acuífero, debido a la presión del agua aprisionada en el acuífero.

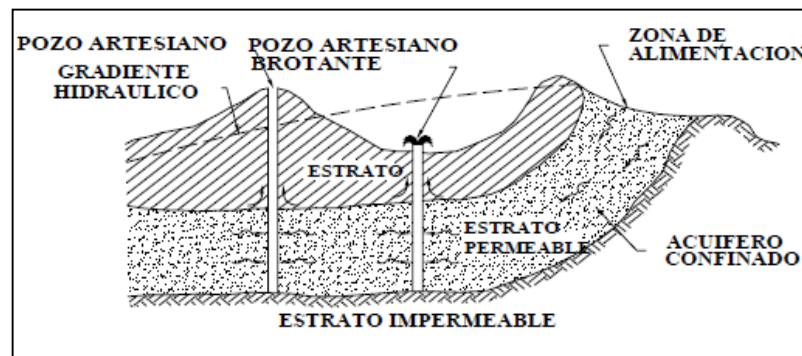


Figura 2. 3 Esquema de pozos artesianos

2.3 Línea de Conducción

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua potable se llama línea de conducción al conjunto integrado por tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control que permiten el transporte del agua desde una sola fuente de abastecimiento, hasta un solo sitio donde será distribuida en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión.

2.3.1 Clasificación de la Línea de Conducción

Tipo de entrega

Las conducciones deberán entregar el agua a un tanque de regularización, como se indica en la figura 2.4 y así facilitar el procedimiento de diseño hidráulico de los sistemas de agua potable.

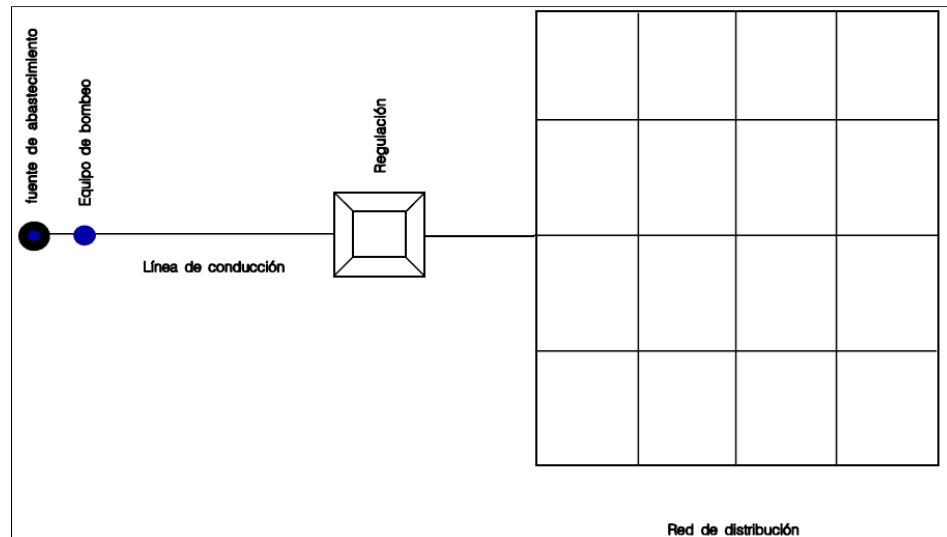


Figura 2. 4 Línea de conducción con entrega del agua a un tanque de regularización

En zonas rurales, se aceptan conducciones con entrega del agua a la red de distribución, únicamente cuando se logre considerable en la distancia de conducción y un aumento en las presiones de la red de distribución. Esto se consigue cuando el tanque de regularización se conecta a la red de distribución en un punto opuesto a la conexión de la conducción, como se indica en la Figura 2.5.

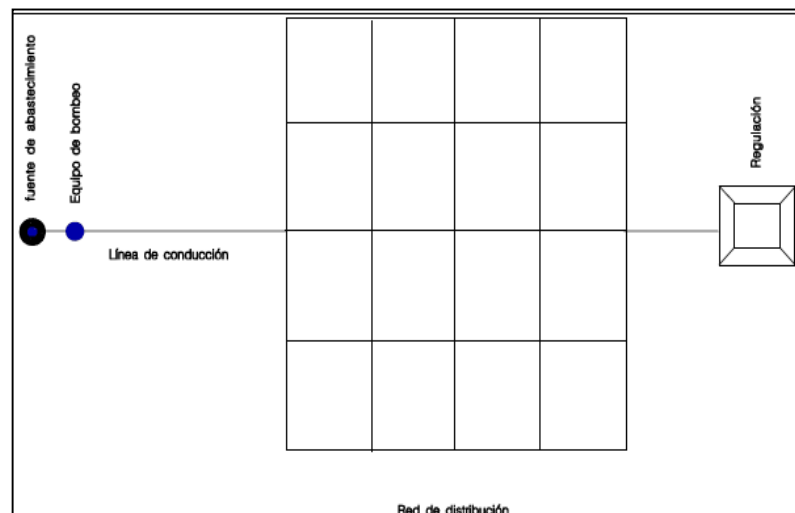


Figura 2. 5 Línea de conducción con entrega del agua a la red de distribución



En zonas urbanas, se aceptan conducciones con entrega del agua a la red de distribución, para el único caso en que el sistema sea existente y cuando demuestre que el diseño se fundamenta estrictamente en una modelación hidráulica correspondiente al tipo de entrega. No obstante, en la medida de lo posible, en estos sistemas se deberán hacer los cambios necesarios para entregar el agua a un tanque de regularización.

Conducciones por bombeo

La conducción por bombeo es necesaria cuando se requiere adicionar energía para obtener la carga dinámica asociada con el gasto de diseño. Este tipo de conducción se usa generalmente cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega. El equipo de bombeo proporciona la energía necesaria para lograr el transporte del agua.

Conducciones por gravedad

Una conducción por gravedad se presenta cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es mayor a la altura piezométrica requerida o existente en el punto de entrega del agua, el transporte del fluido se logra por la diferencia de energías disponible.

Conducción por bombeo-gravedad

Si la topografía del terreno obliga al trazo de la conducción a cruzar por partes más altas que la elevación de la superficie del agua en el tanque de regulación, conviene analizar la colocación de un tanque intermedio en este lugar. La instalación de este tanque ocasiona que se forme una conducción por bombeo-gravedad, donde la primera parte es por bombeo y la segunda por gravedad.

2.4 Línea de Conducción

En las ciudades donde es necesario buscar fuentes alternas para el abastecimiento del agua, en este caso resultan a menudo conducciones más económicas al interconectar estas, formando una red de conducción.

Las derivaciones de una conducción hacia dos o más tanques de regulación, ocasiona también la formación de redes de distribución.

Líneas paralelas

Las líneas de conducción paralelas se forman cuando es necesario colocar dos o más tuberías sobre un mismo trazo. Esta instalación se recomienda previo análisis económico para evitar la colocación de diámetros menores de 1.22m para efectuar la construcción por etapas según sean las necesidades de la demanda de agua, la disponibilidad de los recursos y facilitar la operación a diferentes gastos.

2.4.1 Componentes de una Línea de Conducción

Tuberías. Los materiales de mayor uso son; acero fibrocemento, concreto, presforzado, policloruro de vinilo (PVC), hierro dúctil, y polietileno de alta densidad.

Piezas especiales.

Juntas. Se utilizan para unir dos tuberías; las de metal pueden ser de varios tipos ejemplo Gibault, Dresser, etc.

Carretes. Son tubos de pequeña longitud provistos de bridas en los extremos para su unión

Extremidades. Son tubos de pequeña longitud que se colocan sobre alguna descarga por medio de una brida en uno de sus extremos; pueden ser campana o espiga.

Tes. Se utilizan para unir tres conductos donde las tres uniones pueden ser del mismo diámetro, o dos de igual diámetro y uno menor. En el segundo caso se llama reducción.

Cruces. Las cruces se utilizan para unir cuatro conductos, donde las cuatro uniones pueden ser el mismo diámetro, o dos menores de igual diámetro y dos menores de igual diámetro.

Codos. Los codos tienen la función de unir dos conductos del mismo diámetro en un cambio de dirección ya sea horizontal o vertical. Los codos pueden tener deflexiones de 22.5, 45 y 90 grados.

Reducciones. Se emplean para unir dos tubos de diferente diámetro.

Coples. Son pequeños tramos de tubo de PVC o de fibrocemento que se utilizan para unir las espigas de dos conductos del mismo diámetro.

Tapones y tapas. Se colocan en los extremos de un conducto con la función de evitar la salida de flujo.

Válvulas

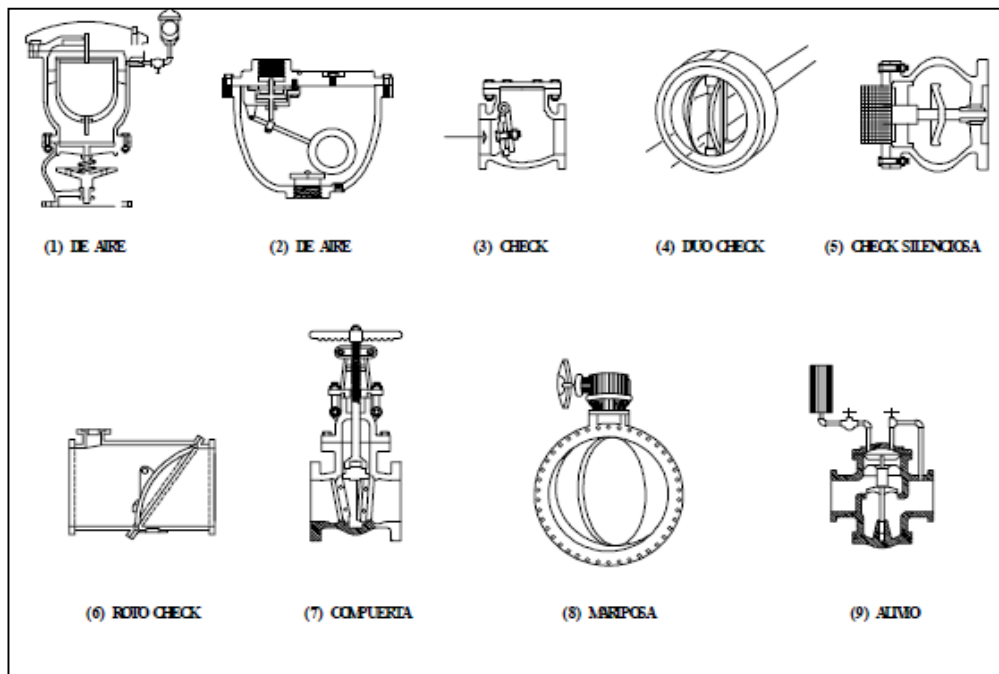


Figura 2. 6 Tipos de válvulas



Válvula eliminadora de aire. Cumple la función de expulsar el aire de la tubería que continuamente se acumula en las partes altas del perfil de la conducción, cuando esta se encuentre en operación.

Válvula de admisión y expulsión de aire. Se utiliza para expulsar el aire que contiene la tubería al momento de indicar el llenado del conducto. Una vez que el agua ejerce presión sobre el flotador de la válvula, esta se cierra y no abre mientras exista presión en el conducto. Otra función es que permite la entrada de aire dentro del tubo al momento de iniciar el vaciado de la tubería, y con ello se presentan presiones negativas.

Válvula de no retorno. Tiene la función de evitar la circulación del flujo en el sentido contrario al definido en el diseño.

Válvula de seccionamiento. Se utiliza para controlar el flujo dentro del tubo, ya sea para impedir el paso del agua o reducir el gasto a un valor requerido. Pueden ser, por ejemplo, tipo compuerta, de mariposa o de esfera.

Dispositivos para control de transitorios.

Válvula aliviadora de presión. Se coloca en la tubería para disminuir las sobrepresiones causadas por un fenómeno transitorio.

Válvula anticipadora del golpe de ariete. Protege al equipo de bombeo de la onda de sobrepresión causada por el paro de la bomba o falla de la energía. Esta válvula opera con la presión de la línea de conducción, y el nombre de anticipadora se debe a que entra en funcionamiento antes de la llegada de la onda de sobrepresión.

Torre de oscilación. La torre de oscilación es una estructura a menudo de forma circular en contacto con la atmósfera por la parte superior, cuyo diámetro es por lo general mayor que el de la conducción. Es una de las estructuras más confiables para el control de los transitorios, sin riesgos de funcionamiento al no tener elementos de operación.

Tanque unidireccional. Es una estructura que se coloca generalmente a una elevación superior a la del terreno natural y este por lo general se encuentra en contacto con la atmósfera por la parte superior. La elevación de la corona es menor a la carga piezométrica del punto de conexión del tanque con la conducción.

Cámara de aire. Es un depósito conectado con la conducción por lo general metálico cerrado en cuyo interior la parte inferior contiene un volumen de agua y la superficie un volumen de aire. Se coloca normalmente al nivel de terreno natural en las cercanías de una planta de bombeo.

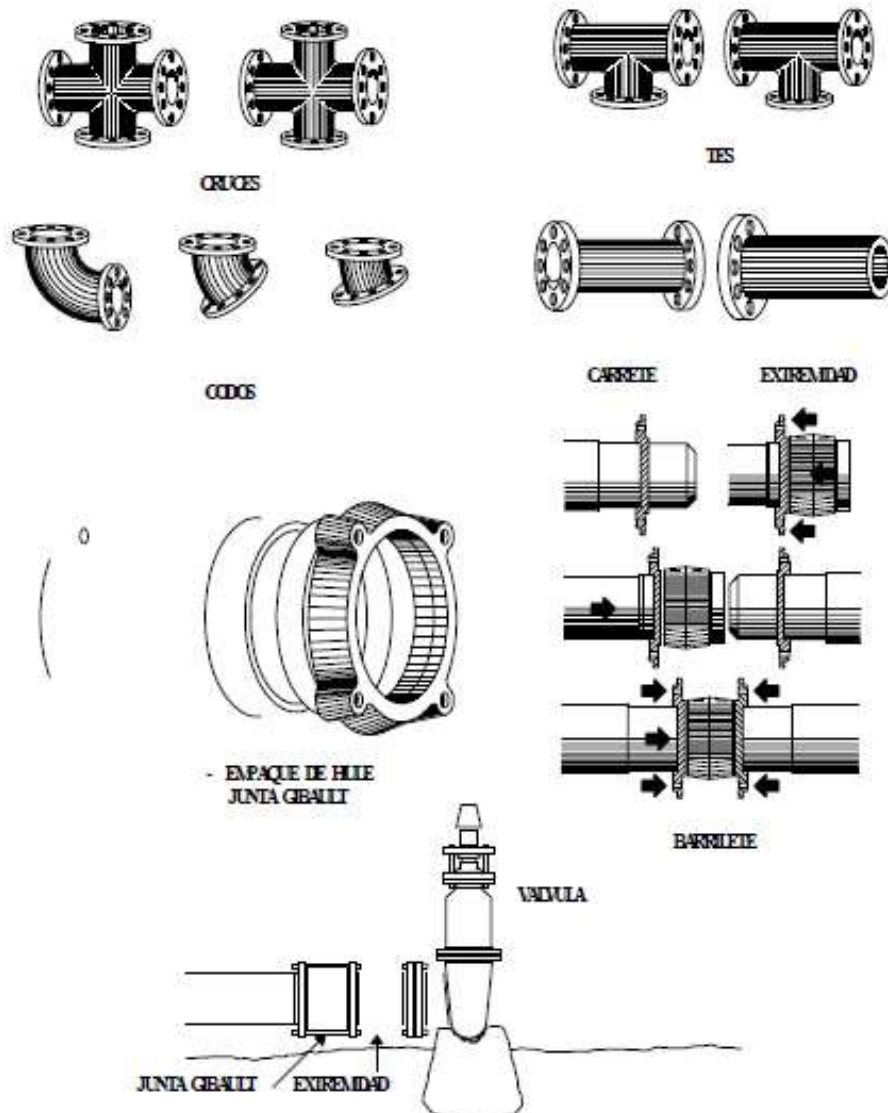


Figura 2. 7 Piezas especiales de Fierro fundido

2.5 Obra de regularización

El tanque de regulación es la parte del sistema de abastecimiento de agua potable que recibe un gasto desde la fuente de abastecimiento para satisfacer las demandas variables de la población a lo largo del día; permite el almacenamiento de un volumen de agua cuando la demanda en la población es menor que el gasto de llegada y el agua almacenada se utiliza cuando la demanda es mayor. Generalmente esta regulación se hace por periodos de 24 horas.

La regularización tiene por objeto lograr la transformación de un régimen de aportaciones (de la conducción) que normalmente es constante, en régimen de consumos o demandas (de la red de distribución) que siempre es variable.



La elección del sitio y del tipo de tanque (enterrados, semienterrados, superficiales y/o elevados), se basa en las características físicas de la localidad, considerando las líneas de conducción y redes de distribución, tanto existentes como de proyecto.

2.5.1 Clasificación de Tanques

La clasificación de los tanques es de acuerdo al material disponible en la región, de las condiciones topográficas y de la disponibilidad de terreno.

Tanques enterrados.

Estos tanques se construyen bajo el nivel del suelo. Se emplean preferentemente cuando existe terreno con una cota adecuada para el funcionamiento de la red de distribución y de fácil excavación.

Los tanques enterrados tienen como principal ventaja el proteger el agua de las variaciones de temperatura y una perfecta adaptación al entorno. Tiene el inconveniente de requerir importantes excavaciones tanto para el propio tanque como para todas sus instalaciones de conexión con la red de distribución y la línea de conducción además la dificultad de control de posibles filtraciones que se presenten.

Tanques semienterrados.

Los tanques semienterrados tienen parte de su estructura bajo el nivel del terreno y parte sobre el nivel del terreno.

Se emplean generalmente cuando la altura topográfica respecto al punto de alimentación es suficiente y el terreno presenta dificultad de excavación.

Permite un fácil acceso a las instalaciones del propio tanque.

Tanques superficiales

Los tanques superficiales están contruidos sobre la superficial del terreno. La construcción de este tipo de tanques es común cuando el terreno es “duro” o conviene no perder altura y se tiene la topografía adecuada.

Los tanques superficiales se sitúan en una elevación natural en la proximidad de la zona por servir de manera que la diferencia de nivel del piso del tanque con respecto al punto más alto por abastecer sea de 15 m y la diferencia de altura entre el nivel del tanque en el nivel máximo de operación y el punto más bajo por abastecer sea de 50 m.

Tanques elevados

Los tanques elevados son aquellos cuya base está por encima del nivel del suelo, y se sustenta a partir de una estructura.

Generalmente son contruidos en localidades con topografía plana donde no se dispone en su proximidad de elevaciones naturales con altimetría apropiada. El tanque elevado se refiere a la estructura integral que consiste en el tanque, la torre y la tubería de alimentación y descarga.

Para tener un máximo beneficio, los tanques elevados, generalmente con torres de 10, 15 y 20 m de altura, se localizan cerca del centro de uso. En grandes áreas se localizan varios tanques en diversos puntos. La localización central decrece las pérdidas por fricción y es importante también para poder equilibrar presiones lo más posible.

Cuando el tanque elevado se localiza en la periferia de la población, da como resultado una pérdida de carga muy alta al alcanzar el extremo opuesto más alejado o presiones excesivas en el extremo más cercano al tanque.

Cuando el tanque se ubica en un sitio céntrico de la población o área por servir las presiones son mas uniformes tanto en los periodos de mínima como de máxima demanda.

Un aspecto importante de los tanques elevados es el aspecto estético, por su propia concepción son vistos desde puntos muy lejanos. No pueden darse reglas sobre este tema salvo la de buscar su integración en el entorno o paisaje.

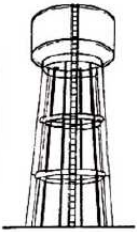
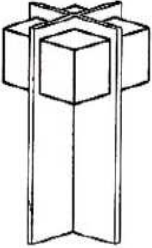
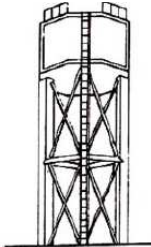
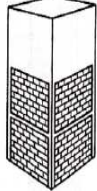




<p>Tanque elevado de concreto contraventeado</p> 	<p>Tanque elevado de concreto con muros de concreto</p> 	<p>Tanque elevado de concreto con traveses rigidizantes</p> 	<p>Tanque elevado de concreto con muros de mampostería</p> 
<p>Tanque elevado cilíndrico de concreto con subestructura cilíndrica</p> 	<p>Tanque elevado de concreto con cubierta cónica</p> 	<p>Tanque con la torre del mismo diámetro del recipiente</p> 	<p>Tanque con traveses rigidizantes</p> 

Figura 2. 8 Tipos de tanques elevados

2.6 Red de distribución

Una red de distribución es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo domestico, publico, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias como el extinguir incendios. La red de distribución de agua potable se diseña con el gasto máximo horario.

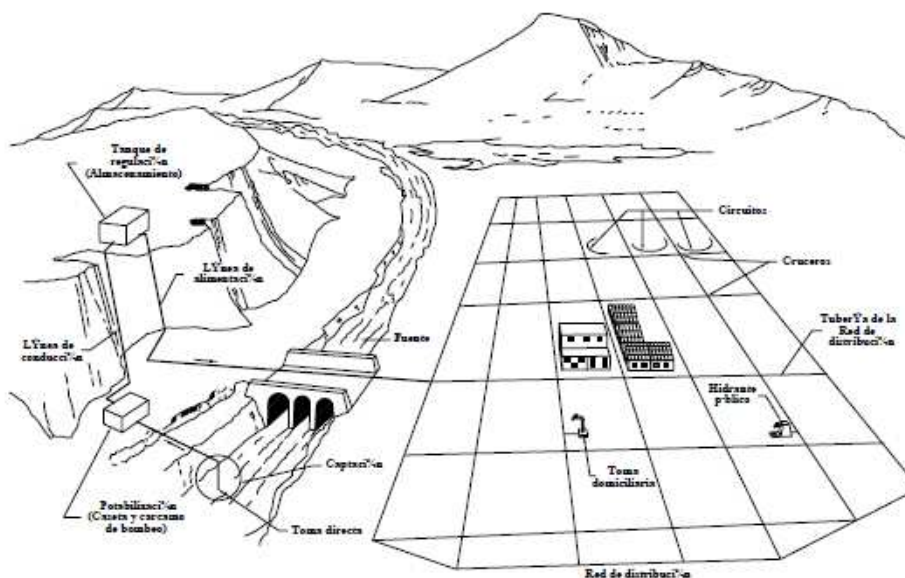


Figura 2. 9 Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable

La distribución se inicia en el tanque de regularización y las tuberías que la integran son de diferentes diámetros, que van enterradas en la vía pública, es decir, en terrenos propiedad del Municipio (nunca en terrenos de propiedad particular) a las que se conectan tuberías de pequeños diámetros para introducir el agua a las casas y edificios.

La red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y una presión adecuada. Los límites de calidad del agua, para que pueda ser considerada como potable se establecen en la Norma Oficial Mexica NOM-127-SSA1 vigente.

2.6.1 Componentes de una red de distribución

Una red de distribución de agua potable se compone generalmente de:

Tuberías. Se llama así al conjunto formado por los tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamble.

De acuerdo con su función, la red de distribución puede dividirse en red primaria, y red secundaria. A la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto



donde inicia su distribución se le conoce como línea de alimentación y se considera parte de la red primaria.

La división de distribución en red primaria o secundaria dependerá del tamaño de la red y de los diámetros de las tuberías. De esta forma la red primaria se constituye de los tubos de mayor diámetro y la red secundaria por las tuberías de menor diámetro, las cuales abarcan la mayoría de las calles de la localidad.

- Tuberías de plástico. Tubos de policloruro de vinilo (PVC), tubos de polietileno de baja densidad (PEBD), tubos de polietileno de media densidad (PEMD) y tubos de polietileno de alta densidad (PEAD)
- Tuberías de fibrocemento (FC) se fabrican con cemento, fibras de asbesto y sílice. De esta forma, se dispone de tubos de cuatro o cinco metros de longitud y coples de fibrocemento como sistema de unión.
- Tuberías de fierro fundido (Fo.Fo.) o colado ha sido empleado para fabricar tuberías, piezas especiales y válvulas. Se dispone de dos tipos de fierro fundido: el fierro gris y el fierro dúctil. Entre sus ventajas se puede mencionar que posee alta resistencia a impactos y a las cargas normales y extraordinarias, así como a la presión interna, alta resistencia a la corrosión entre otras.
- Tuberías de concreto son más utilizadas en líneas de conducción que en redes de distribución, pero pueden ser utilizadas en las tuberías principales de la red primaria en el caso de redes de gran tamaño. La tubería de concreto que se utiliza en agua es de concreto presforzado.
- Tuberías de acero. En líneas de conducción, al igual que las tuberías de concreto, las tuberías de acero son utilizadas cuando se tienen altas presiones y se requieren grandes diámetros. La diferencia entre su uso es que las tuberías de concreto generalmente son enterradas y las tuberías de acero se pueden emplear en instalaciones expuestas, que en caso de ser enterradas son protegidas por un recubrimiento exterior.

Piezas especiales. Son aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tuberías de diferente material o diámetro, y terminales de los conductos, entre otros.

- Cruces
- Codos
- Tes
- Carrete
- Extremidades
- Jutas mecánicas, Gibault
- Empaques
- Tornillos



Válvulas. Son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en las tuberías. Pueden ser clasificadas de acuerdo a su función en dos categorías:

1. Aislamiento o seccionamiento
2. Control
 - Válvulas de compuerta
 - Válvulas de mariposa
 - Válvulas de asiento
 - Válvulas de altitud
 - Válvulas para la admisión y expulsión de aire
 - Válvulas controladoras de presión
 - Válvulas de globo
 - Válvulas de retención (doble compuerta, disco inclinante, disco de hule, oscilante)

Hidrantes. Se le llama de esta manera a una toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red con el propósito de abastecer de agua varias familias (hidrante público) o conectar una manguera o una bomba destinada a proveer agua para combatir el fuego (hidrante contra incendio).

Tanques de distribución. Es un depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones.

Se llama tanque de regulación cuando guarda cierto volumen adicional de agua para aquellas horas del día en que la demanda en la red sobrepasa al volumen suministrado por la fuente.

Tomas domiciliarias. Es el conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor. Es la parte de la red que demuestra la eficiencia y calidad del sistema de distribución pues es la que abastece de agua directamente al consumidor.

Rebombas. Consiste en instalaciones de bombeo que se ubican generalmente en puntos intermedios de una línea de conducción y excepcionalmente dentro de la red de distribución. Tienen el objetivo de elevar la carga hidráulica en el punto de su ubicación para mantener la circulación del agua en las tuberías.

Estas se utilizan en la red de distribución cuando se requiere de interconexión entre tanques que abastecen diferentes zonas, transferencia de agua de una línea ubicada en partes bajas de la red al tanque de regulación de una zona de servicio de una zona alta e incremento de presión en una zona determinada mediante rebombeo directo a la red o “booster”

Cajas rompedoras de presión. Son depósitos con superficie libre del agua y volumen relativamente pequeño, cuya función es permitir el flujo de la tubería se descargue en esta, eliminando de esta forma la presión hidrostática y estableciendo un nuevo nivel estático aguas abajo.



2.6.2 Características de Redes de distribución

Los esquemas básicos o configuraciones se refieren a la forma en la que se enlazan o trazan las tuberías de la red de distribución para abastecer de agua a las tomas domiciliarias. Se tienen tres posibles configuraciones de la red:

Cerrada. Sus tuberías forman al menos un circuito. La ventaja de las redes cerradas es que en caso de falla, el agua puede tomar trayectorias alternas para abastecer una zona de la red. Una desventaja es que no es fácil localizar las fugas.

Abierta. Es aquella red que se compone de tuberías que se ramifican sin formar circuitos. Este tipo de red tiene desventajas debido a que los extremos muertos pueden formarse crecimiento bacteriano y sedimentación, además en caso de reparaciones se interrumpe el servicio más allá del punto de reparación.

Combinada. Es la combinación de las dos anteriores

2.6.3 División de una Red de Distribución

Una red de distribución se divide en dos partes para determinar su funcionamiento hidráulico: la red primaria (rige el funcionamiento de la red) y la red secundaria o "de relleno".

Redes primarias

Este tipo de redes conduce el agua por medio de líneas troncales o principales y alimenta a las redes secundarias. Se considera que el diámetro mínimo de las tuberías correspondientes a la red primaria es de 100 mm. Sin embargo, en colonias urbanas populares se puede aceptar de 75 mm y en zonas rurales hasta 50 mm.

Redes secundarias o de relleno

La red secundaria distribuye el agua propiamente hasta las tomas domiciliarias. Existen tres tipos de red secundaria:

Red secundaria convencional. En este tipo de red los conductos se unen a la red primaria y funcionan como una red cerrada. Se suelen tener válvulas tanto en las conexiones con la red primaria como en los cruces de la secundaria.

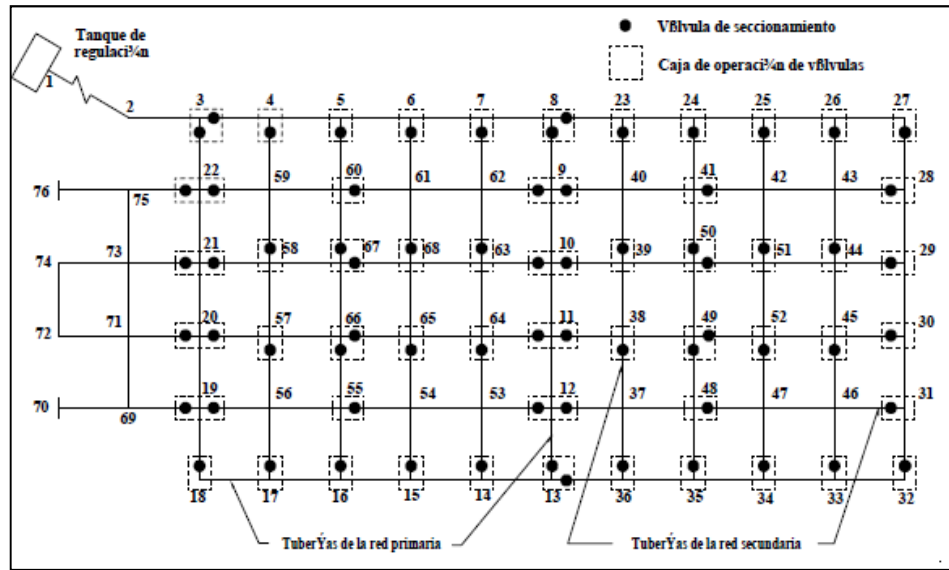


Figura 2. 10 Red secundaria convencional

Red secundaria en dos planos. Las tuberías se conectan a la red primaria en dos puntos opuestos cuando la red está situada en el interior de los circuitos, o bien en un solo cruce de las tuberías primarias en los casos de líneas exteriores a ellos (funcionando como líneas abiertas).

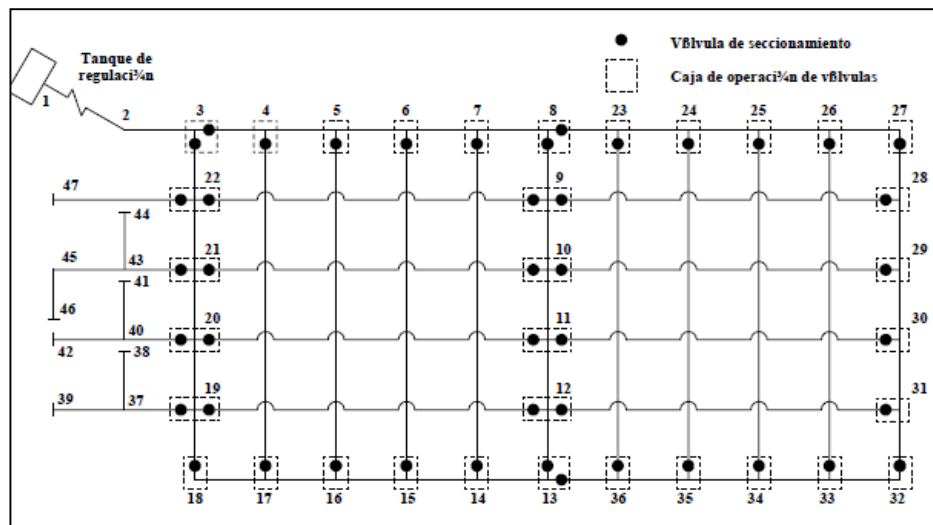


Figura 2. 11 Red secundaria en dos planos

Red secundaria en bloques. En este caso las tuberías forman bloques que se conectan con la red primaria solamente en dos puntos y la red principal no recibe conexiones domiciliarias

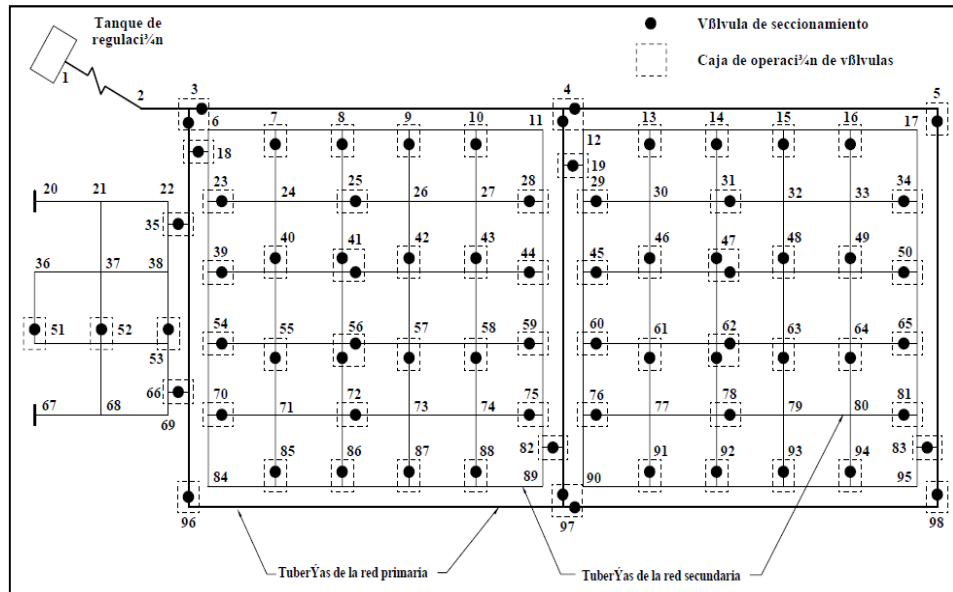


Figura 2. 12 Red secundaria convencional en bloques

2.6.4 Formas de Distribución

El agua se distribuye a los usuarios en función de las condiciones locales de varias maneras:

Por gravedad. El agua de la fuente se conduce o bombea hasta un tanque elevado desde el cual fluye por gravedad hacia la población.

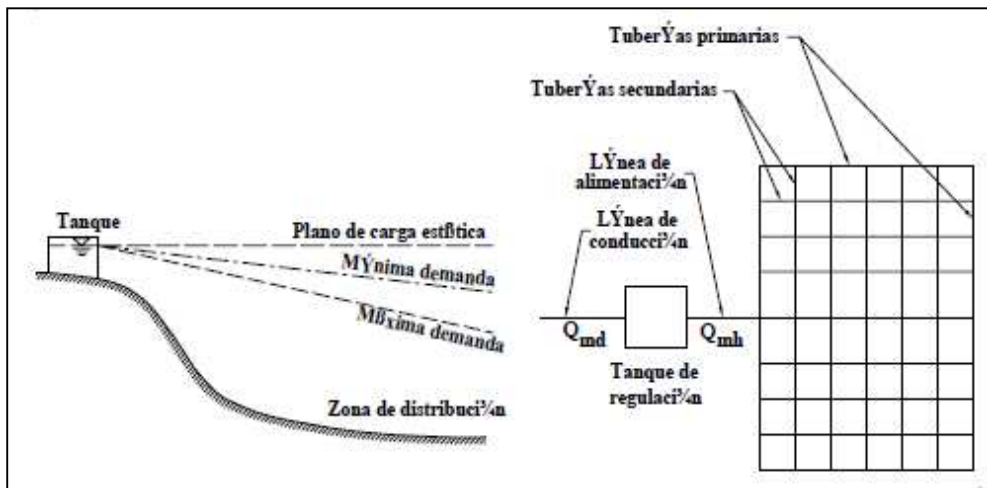


Figura 2. 13 Distribución por gravedad

Por bombeo

Bombeo directo a la red, sin almacenamiento. Las bombas abastecen directamente a la red y la línea de alimentación se diseña para el gasto máximo horario en el día de máxima



demanda. Este sistema es el menos deseable, puesto que una falla en el suministro eléctrico significa interrupción completa del servicio de agua

Bombeo directo a la red, con excedencias a tanque de regulación. El tanque se ubica después de la red en un punto opuesto a la entrada del agua por bombeo, y las tuberías principales se conectan directamente con la tubería que une las bombas con el tanque. El exceso de agua bombeada a la red durante periodos de bajo consumo almacena en el tanque, durante periodos de alto consumo el agua del tanque se envía hacia la red, para complementar a la distribuida por bombeo.

2.7 Potabilización

El abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada es fundamental para prevenir y evitar la transmisión de enfermedades gastrointestinales y otras; por lo cual se debe someter a tratamientos de potabilización.

La potabilización es el conjunto de operaciones y procesos físicos y/o químicos que se aplican al agua a fin de mejorar su calidad y hacerla apta para uso y consumo humano.

2.7.1 Límites permisibles de calidad del Agua

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano, que deben cumplir los sistemas de abastecimiento públicos y privados o cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional. Estos límites son:

- Límites permisibles de características Microbiológicas. El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la Tabla 1.

Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes podrán establecer los agentes biológicos nocivos a la salud que se deban investigar.

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	Ausencia
E. coli	Ausencia

Tabla 1 Límites permisibles de características Microbiológicas

El agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener E. coli en ninguna muestra de 100 ml. Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50 000 habitantes, estos organismos, deberá estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas durante cualquier período de doce meses.



Los resultados se deben reportar en unidades de NMP/100 ml (número más probable por 100 ml), si se utiliza la técnica del número más probable o UFC/100 ml (unidades formadoras de colonias por 100 ml), si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

- Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

Característica	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto
Olor y sabor	Agradable (se aceptaran aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultados de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico.
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente por otro método.

Tabla 2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas

- Límites permisibles de características químicas. El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0.20
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Cadmio	0.005
Cianuros (como CN)	0.07
Cloro residual libre	0.2-1.00
Cloruros (como Cl-)	250.00
Cobre	2.00
Cromo total	0.05
Dureza total (como CaCO ₃)	500.00



Fenoles o compuestos fenólicos	0.001
CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Fierro	0.30
Fluoruros (como F-)	1.50
Manganeso	0.15
Mercurio	0.001
Nitratos (como N)	10.00
Nitritos (como N)	0.05
Nitrógeno amoniacal (como N)	0.50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín separados o combinados)	0.03
Clordano (total de isómeros)	0.20
DDT (total de isómeros)	1.00
Gamma-HCH (lindano)	2.00
Hexaclorobenceno	1.00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03
Metoxicloro	20.00
2,4-D	30.00
Plomo	0.01
Sodio	200.00
Sólidos disueltos totales	1000.00



sulfatos (como SO ₄ =)	400.00
Substancias activas al azul del metileno (SAAM)	0.50
CARACTERÍSTICA	LIMITE PERMISIBLE
Trihalometanos totales	0.20
Zinc	5.00

Tabla 3 Límites permisibles de características químicas

- Límites permisibles de características radiactivas. El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

CARACTERÍSTICAS	LIMITE PERMISIBLE
Radiactividad alfa global	0.1
Radiactividad beta global	1.00

Tabla 4 Límites permisibles de características radiactivas

La potabilización en general, no está constituida por un solo proceso, sino que abarca una serie de procesos y operaciones unitarias denominados en su conjunto “tren de tratamiento” que son capaces de proporcionar al agua las distintas características de calidad que sean necesarias para hacerla propia para su utilización. La obra de ingeniería se denomina “planta potabilizadora”.

Tres son los objetivos principales de una planta potabilizadora:

- Proporcionar agua segura para consumo humano
- Producir agua estéticamente aceptable por el consumidor y
- Realizar estas actividades en forma económica

La planta potabilizadora puede ser diseñada para tratar agua de cualquier tipo de fuente. Dependiendo de la calidad del agua cruda y de la calidad final deseada para el agua tratada son necesarios uno o más procesos.

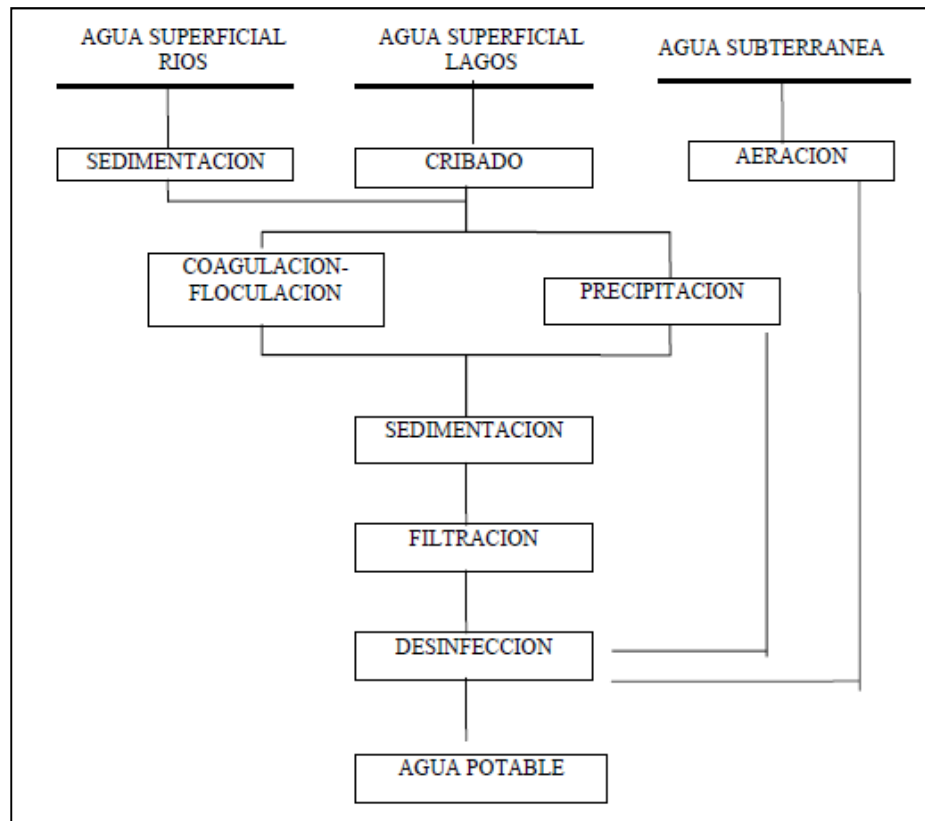


Figura 2. 14 Diagrama de flujo de una planta de tratamiento convencional para agua potable

2.7.2 Tratamientos para la Potabilización del Agua

Para muchos contaminantes, pueden ser adecuados, en teoría, varios procesos diferentes, y la elección de uno u otro debe realizarse en función de complejidad técnica y el costo. A continuación se describen algunos de los tipos de tratamiento del Agua.

2.7.2.1 Cloración

La cloración puede realizarse mediante gas cloro licuado, solución de hipoclorito sódico o gránulos de hipoclorito cálcico, y mediante generadores de cloro in situ. El gas cloro licuado se suministra comprimido en recipientes a presión. Un clorador extrae el gas del cilindro y lo añade al agua de forma dosificada mediante una bomba dosificadora eléctrica de desplazamiento positivo o mediante un sistema de suministro por gravedad. El hipoclorito cálcico debe disolverse en una porción de agua y luego mezclarse con el caudal principal. El cloro ya sea en forma de gas cloro de un cilindro, de hipoclorito sódico o de hipoclorito cálcico, se disuelve en el agua y forma hipoclorito y ácido hipocloroso.

La finalidad principal de la cloración es la desinfección microbiana. Un inconveniente del cloro es su capacidad de reaccionar con materia orgánica natural. No obstante, la formación de subproductos puede controlarse optimizando el sistema de tratamiento.



2.7.2.2 Ozonización

El ozono es un oxidante potente y posee múltiples usos en el tratamiento del agua, incluida la oxidación de sustancias orgánicas. Puede utilizarse como desinfectante primario. El objetivo de la ozonización es lograr la concentración deseada tras un tiempo de contacto determinado. Para la oxidación de sustancias orgánicas, como algunos plaguicidas oxidables, suele aplicarse una concentración residual de unos 0.5 mg/l tras un tiempo de contacto de hasta 20 minutos.

El ozono reacciona con las sustancias orgánicas naturales y aumenta su biodegradabilidad, medida en términos de carbono orgánico asimilable. Para evitar la proliferación no deseable de bacterias durante la distribución, la ozonización se complementa normalmente con un tratamiento posterior, como la filtración o tratamiento con carbón activado granular, para eliminar las sustancias orgánicas biodegradables, seguido de la aplicación de una concentración residual de cloro, ya que el ozono no produce un efecto desinfectante residual.

2.7.2.3 Filtración

Las partículas pueden separarse de las aguas brutas mediante filtros rápidos por gravedad, horizontales, o a presión, o filtros lentos de arena. La filtración lenta en arena es, esencia, un proceso biológico mientras que los otros tipos de filtración con procesos físicos.

Filtros rápidos por gravedad

Los filtros rápidos de arena por gravedad son habitualmente depósitos rectangulares abiertos que contienen arena de sílice hasta una profundidad de 0.6 a 2.0 m. el agua fluye hacia abajo y los sólidos se concentran en las capas superiores del lecho. El agua tratada se recoge mediante bocas situadas en el suelo del lecho. Los sólidos acumulados se retiran periódicamente descolmatando el filtro mediante inyección (a contracorriente) de agua tratada. En ocasiones, la arena se lava previamente con aire. Se produce un lodo diluido que debe desecharse.

Prefiltros

Antes de someter el agua a otros tratamientos, como a filtros lentos de arena, pueden utilizarse prefiltros. Los prefiltros con medio de filtración de grava gruesa o piedras machacadas pueden tratar eficazmente aguas de turbidez alta (>50 UNT). La principal ventaja de la prefiltración es que al pasar el agua por el filtro, además de por filtración, se eliminan partículas mediante sedimentación por gravedad. Los filtros horizontales pueden tener hasta 10 m de longitud y se aplican caudales de filtración de 0,3 a 1,0 m³/m²-h.

Filtros a presión

Los filtros a presión se utilizan a veces cuando es necesario mantener una carga de presión para evitar la necesidad de impulsar el agua al sistema mediante bombeo. El lecho de filtración se encierra en una carcasa cilíndrica. Pueden fabricarse filtros a presión pequeños, capaces de tratar hasta unos 15 m³/h, de plásticos reforzados con vidrio. Los



filtros a presión más grandes, de hasta 4 m de diámetro, se hacen de acero con un recubrimiento especial. Su operación y funcionamiento son, por lo general, como los descritos para el filtro rápido por gravedad, y se necesitan instalaciones similares para descolmatar el filtro y retirar el lodo diluido.

Filtros lentos de arena

Los filtros lentos de arena son habitualmente depósitos que contienen arena (con partículas de tamaño efectivo de 0,15 a 0,3 mm) hasta una profundidad de 0,5 a 1,5 m. En estos filtros, en los que el agua bruta fluye hacia abajo, la turbidez y los microorganismos se eliminan principalmente en los primeros centímetros de la arena. Se forma una capa biológica, conocida como *schmutzdecke*, en la superficie del filtro, que puede eliminar eficazmente microorganismos. El agua tratada se recoge en sumideros o tuberías situados en la parte baja del filtro. Periódicamente, se retiran y sustituyen los primeros centímetros de arena que contienen los sólidos acumulados. El caudal unitario de agua a través de los filtros lentos de arena es de 0,1 a 0,3 m³/(m²·h).

2.7.2.4 Aeración

Los procesos de aeración están diseñados para retirar los gases y compuestos volátiles mediante arrastre con aire. La transferencia de oxígeno puede efectuarse habitualmente mediante una simple cascada o por difusión de aire al agua, sin necesidad de equipos complejos. No obstante, para el arrastre de gases o compuestos volátiles puede ser necesaria una planta especializada que proporcione una transferencia de masa alta de la fase líquida a la gaseosa.

Los aeradores de cascada o de escalones están diseñados para que el agua fluya en una capa delgada y lograr una transferencia de oxígeno eficiente. La aeración de cascada pueden ocasionar una pérdida de carga de altura significativa; necesitándose de 1 a 3 m para un caudal unitario de 10 a 30 m³/(m²·h). Otra opción es la difusión de aire comprimido a través de un sistema de tuberías perforadas sumergidas. Estos tipos de aeradores se utilizan para la oxidación y precipitación del hierro y el manganeso.

2.7.2.5 Coagulación química

El tratamiento basado en la coagulación química es el método más común de tratamiento de aguas superficiales y casi siempre se basa en los procesos unitarios siguientes. Se añaden al agua bruta coagulantes químicos, habitualmente sales de aluminio o de hierro, en condiciones controladas para formar un hidróxido metálico floculento sólido. Las dosis de coagulante habituales son de 2 a 5 mg/l para las sales de aluminio y de 4 a 10 mg/l para las de hierro. El floculo precipitado retira los contaminantes suspendidos y disueltos en el agua mediante mecanismos de neutralización de carga, adsorción y atrapamiento. La eficiencia del proceso de coagulación es función de la calidad del agua bruta, del coagulante o aditivos de coagulación utilizados y de factores operativos, como las condiciones de mezclado, la dosis de coagulación y el pH. El floculo se retira del agua tratada mediante procesos posteriores de separación de sólidos y



líquidos como la sedimentación o flotación, la filtración rápida por gravedad o a presión, o una combinación de métodos.

2.7.2.6 Adsorción sobre carbón activado

El carbón activado se produce mediante calentamiento controlado de material carbonoso, normalmente madera, carbón, cáscaras de coco o turba. Esta activación produce un material poroso con una gran superficie específica (de 500 a 1500 m²/g) y una afinidad alta por los compuestos orgánicos. Se utiliza normalmente en polvo (CAP) o en forma granular (CAG). Cuando se agota la capacidad de adsorción del carbón activado, puede reactivarse quemando de forma controlada las sustancias orgánicas adheridas. No obstante, el CAP (y parte del CAG) se utiliza normalmente una sola vez y se desecha. Existen diferentes tipos de carbón activado con afinidades diferentes para diferentes tipos de contaminantes.

La elección entre el CAP y el CAG dependerá de la frecuencia de uso y la dosis que se necesiten. Se preferirá generalmente el CAP si la contaminación es estacional o intermitente, o si se necesitan dosis bajas.

El CAP se añade al agua en forma de pasta y se separa en tratamientos posteriores junto con los lodos generados en los mismos. Por consiguiente, su uso se limita a las instalaciones de tratamiento de aguas superficiales que cuentan con filtros. El uso de CAG en adsorbedores de lecho fijo es mucho más eficiente que el de CAP añadido al agua, y la cantidad efectiva de carbón utilizada por volumen de agua tratado sería mucho menor que la dosis de CAP necesaria para lograr la misma reducción de la concentración de contaminantes.

El carbón activado se utiliza para eliminar del agua plaguicidas y otras sustancias orgánicas, compuestos que producen sabores y olores, cianotoxinas y carbono orgánico total.

2.7.2.7 Intercambio de iones

El intercambio de iones es un proceso en el que se permutan iones con la misma carga entre la fase acuosa y una fase sólida de resina. La dureza del agua se reduce mediante intercambio de cationes. El agua se hace pasar por un lecho de resina catiónica en el que los iones de calcio y de magnesio del agua se sustituyen por iones de sodio. Cuando la resina de intercambio iónico está agotada (es decir, se han agotado los iones de sodio), se regenera mediante una solución de cloruro sódico. También se puede ablandar el agua mediante el proceso de «desalcalización». El agua se hace pasar por un lecho de resina débilmente ácida en el que los iones de calcio y de magnesio del agua se sustituyen por iones de hidrógeno. Los iones de hidrógeno reaccionan con los iones carbonato y bicarbonato y generan dióxido de carbono, reduciéndose así la dureza del agua sin aumentar su contenido de sodio. El intercambio de aniones puede utilizarse para eliminar contaminantes como los iones nitrato, que se intercambian por iones cloruro mediante resinas específicas para nitrato.



2.8 Alcantarillado sanitario

El sistema de alcantarillado es un conjunto de obras que sirven para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales o de lluvia hasta sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de poblaciones de donde provienen dichas aguas, así como a las poblaciones cercanas.

La recolección de aguas en este sistema puede ser de 3 tipos diferentes:

- Alcantarillado de aguas de lluvia, compuesto de las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de agua de lluvias;
- Alcantarillado de aguas residuales, sistema que se encarga de la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales, y
- Alcantarillado combinado que consta de la recolección y transporte tanto de las aguas residuales como las de lluvia.

2.8.1 Componentes de un Sistema de Alcantarillado

Una red de alcantarillado sanitario se compone de tuberías (red de atarjeas, colectores, interceptores y/o emisores) y obras accesorias como: descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída, sifones y cruzamientos especiales. Por otra parte en los sistemas a presión se utilizan estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas negras.

Es aquella que se encarga de recolectar y transportar las descargas de aguas negras domésticas, comerciales e industriales, para conducir las a los caudales acumulados hacia los colectores o emisores.

La red está constituida por un conjunto de tuberías por las que circulan las aguas negras. La red se inicia con la descarga domiciliar o albañal.

La tubería de alcantarillado se compone de dos o más tubos acoplados mediante un sistema de unión, el cual permite la conducción de las aguas negras.

Los colectores son las tuberías que reciben las aguas negras de las atarjeas, pueden terminar en un interceptor, un emisor o en la planta de tratamiento.

Los interceptores, son las tuberías que interceptan las aportaciones de aguas negras de los colectores y terminan en un emisor o en la planta de tratamiento.

El emisor es el conducto que recibe las aguas de uno o varios colectores o interceptores. No recibe ninguna aportación adicional (atarjeas o descargas domiciliarias) en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la planta de tratamiento

Las tuberías de alcantarillado sanitario pueden ser de diversos materiales, siendo los más utilizados: concreto simple (CS), concreto reforzado (CR), fibrocemento (FC), platicopolíclorito de vinilo (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD) así como de acero.

Las descargas domiciliarias o “albañal exterior”, es aquella tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, de las edificaciones a la atarjea. La descarga domiciliar se inicia en un registro principal.

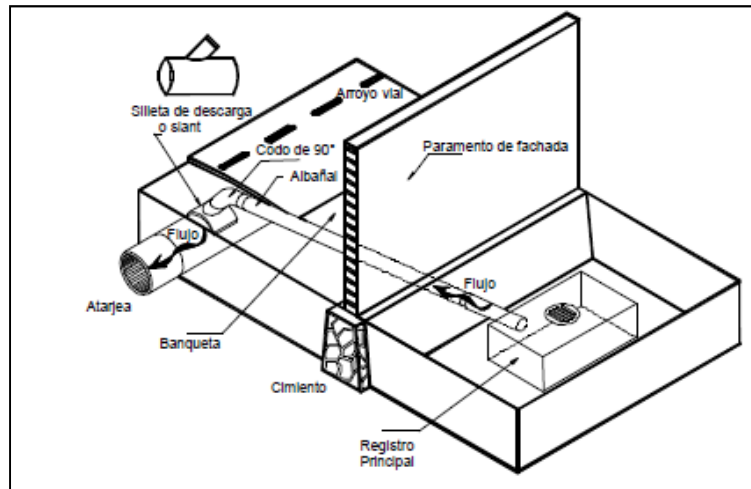


Figura 2. 15 Descarga domiciliar con tubería de PVC

Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección, ventilación y limpieza de la red de alcantarillado. Estos se utilizan generalmente en la unión de varias tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente. Pueden ser construidos en el lugar o pueden ser prefabricados.

Los pozos de visita construidos en el lugar se clasifican en:

- Pozos comunes
- Pozos especiales
- Pozos caja
- Pozos caja unión
- Pozos caja deflexión

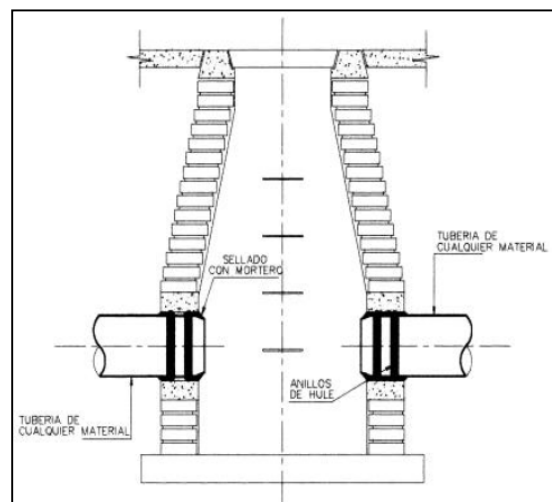


Figura 2. 16 Conexión hermética de pozo de visita con tubería



Por razones de carácter topográfico o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel.

Las estructuras de caída que se utilizan son:

Caídas libres. Permiten caídas hasta de 0.50 dentro del pozo sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial.

Pozos con caída adosada. Son pozos de visita comunes, a los cuales lateralmente se les construye una estructura que permite la caída en tuberías de 0.20 y 0.25 m de diámetro con un desnivel hasta 2.00 m.

Pozos con caída. Son pozos constituidos también por una caja y una chimenea de tabique, a los cuales en su interior se les construye una pantalla que funciona como deflector del cual cae. Se construyen para tuberías de 0.30 a 0.76 m de diámetro y con desnivel hasta de 1.50 m.

Estructuras de caída escalonada. Son estructuras con caída escalonada cuya variación es de 0.50 en 0.50 m hasta llegar a 2.50 m (cinco tramos) como máximo.

Cuando se tienen cruces con alguna corriente de agua, depresión del terreno estructura, tubería o viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, generalmente se utilizan sifones invertidos

Cruces elevados. Cuando por necesidad del trazo, se tiene que cruzar una depresión profunda como es el caso de algunas cañadas o barrancas de poca anchura. La tubería puede ser de acero o polietileno.

Accesorios.- Se define comúnmente a los elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, tees, etc.

Brocal.- es la estructura que se utiliza de marco para colocar la tapa de un pozo de visita y fijarla de manera tal que al variar la rasante, por pavimentación o repavimentación, sea fácil su remoción para ajustarla a las nuevas condiciones.

Por lo general, se utilizan brocales prefabricados ya sea de fierro fundido, concreto reforzado, de plástico (polietileno) y pozos de visita prefabricados de fibrocemento que incluyen brocal de fibrocemento, así como pozos de visita prefabricados de PVC que incluyen brocal de PVC.

Tapas.- Son estructuras planas que se colocan sobre el brocal a nivel de la rasante de la vialidad de forma que no interfiera con el tránsito ni cause deterioro del pavimento, son del mismo material del que está fabricado el brocal, y deben ser de tipo ranurado o con ventilación.

Coladeras.- Son estructuras de captación de aguas pluviales que permiten su entrada al sistema de interceptores. Su número, tipo, capacidad y ubicación dependen de varios factores: como son el tamaño del área de aportación, la topografía y el tipo de urbanización.

Existen coladeras estándar de: banqueta y piso combinadas. De acuerdo a la capacidad y tipo de alcantarilla se pueden definir para cada una de ellas sus características principales, existen coladeras fabricadas de concreto reforzado y acero estructural (que se proyectan en cada caso particular); actualmente las hay de polietileno pero no son muy comunes

Estructura de descarga.- es la obra final del emisor que permite el vertido de las aguas negras o pluviales a un cuerpo receptor, sus características dependen del lugar elegido para la disposición final, del gasto de descarga, del tipo de emisor (tubería o canal), entre otros.

La disposición del caudal del alcantarillado sanitario se debe efectuar previo tratamiento por lo que el dimensionamiento de la estructura de descarga se hará para el gasto del efluente de la planta de tratamiento

Sitios de vertido

La disposición final de las aguas residuales o pluviales se puede llevar a cabo en diversas formas, los sitios más comunes de vertido son los siguientes:

- a) En corrientes superficiales
- b) En terrenos
- c) En el mar
- d) En lagos y lagunas
- e) Recarga de aguas subterráneas por medio de pozos de visita

2.8.2 Modelos de trazo de atarjeas

El trazo de atarjeas generalmente se realiza coincidiendo en el eje longitudinal de cada calle. Los trazos más usuales se pueden agrupar en forma general en los siguientes tipos.

Trazo en bayoneta. Se denomina así al trazo que iniciando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zigzag o en escalera.

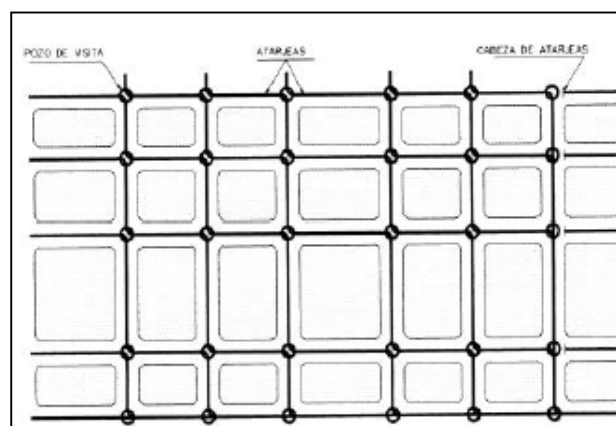


Figura 2. 17 Trazo de la red de atarjeas en bayoneta

Trazo en peine. Es el trazo que se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea, descargando su contenido en tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas.

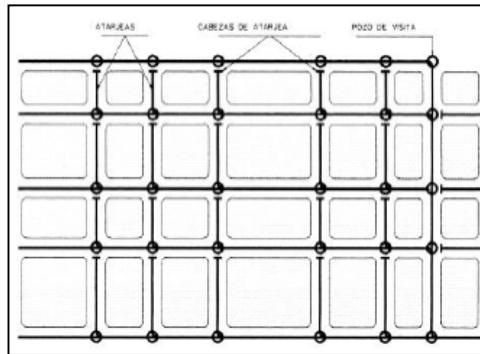


Figura 2. 18 Trazo de la red de atarjeas en peine

Trazo combinado. Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona.

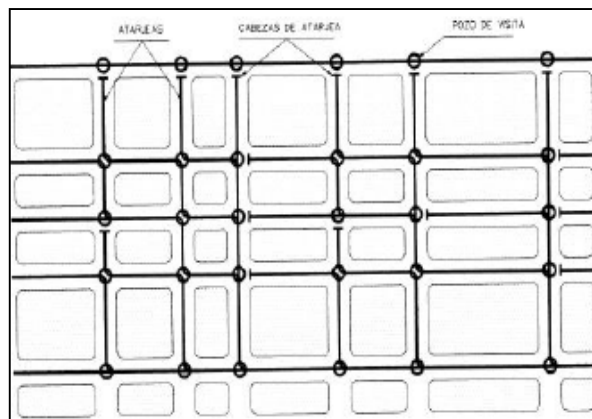


Figura 2. 19 Trazo de la red de atarjeas combinado

2.9 Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Agua residual. En el manual Fundamentos técnicos para el muestreo de aguas residuales, se definió al agua residual como “Agua de composición variada proveniente de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos y en general, de cualquier otro uso, que por su naturaleza no puede utilizarse nuevamente en el proceso que la generó y al ser vertida en cuerpos receptores, puede implicar una alteración a los ecosistemas acuáticos o afectar la salud humana”. Así, el agua residual no es apta para ser rehusada a menos que reciba un tratamiento.



2.9.1 Tipos de Aguas Residuales

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

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

Los aportes que generan esta agua son:

- Aguas negras o fecales.
- Aguas de lavado doméstico.
- Aguas provenientes del sistema de drenaje de calles y avenidas.
- Aguas de lluvia y lixiviados.

Las aguas residuales urbanas presentan una cierta homogeneidad cuanto a composición y carga contaminante, ya que sus aportes van a ser siempre los mismos. Pero esta homogeneidad tiene unos márgenes muy amplios, ya que las características de cada vertido urbano van a depender del núcleo de población en el que se genere, influyendo parámetros tales como el número de habitantes, la existencia de industrias dentro del núcleo, tipo de industria, etc.

Aguas residuales industriales

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

A veces, las industrias no emite vertidos de forma continua, si no únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas de año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial.

También son habituales las variaciones de caudal y carga a lo largo del día.

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

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

2.9.2 Tipos de Contaminantes

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

- Vertidos urbanos
- Vertidos industriales
- Contaminación difusa (lluvias, lixiviados, etc.)



2.9.3 Clasificación de los contaminantes

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

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

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

Proteínas: Proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios. Son biodegradables, bastante inestables y responsables de malos olores.

Carbohidratos: Incluimos en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas. Proceden, al igual que las proteínas, de excretas y desperdicios.

Aceites y Grasas: altamente estables, inmiscibles con el agua, proceden de desperdicios alimentarios en su mayoría, a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.

2.9.4 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

El Tratamiento de Aguas Residuales es un proceso de tratamiento de aguas que a su vez incorpora procesos físicos químicos y biológicos, los cuales tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos del agua efluente del uso humano.

El tratamiento del agua residual consistirá en remover tanto como sea posible las sustancias o condiciones que impiden su aprovechamiento. La forma en que dichos contaminantes se encuentran en el agua determina el tipo de tratamiento a utilizar; una parte importante de los contaminantes es materia sólida en suspensión, y ésta puede ser removida mediante los sistemas primarios.

2.9.5 Normas que deben de cumplir las Plantas de Tratamiento

Las Normas que deberán de cumplir las Plantas de Tratamiento son:

- NOM-001-SEMARNAT-1996
- NOM-002-SEMARNAT-1996
- NOM-003-SEMARNAT-1997

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos. Esta Norma Oficial Mexicana no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes de aguas pluviales.



LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BÁSICOS																					
PARÁMETROS	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS						SUELO		HUMEDALES NATURALES (B)		
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)				
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.			P.M.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2	
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125	
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150	
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10	20	30	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	5	10	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	

(1) Instantáneo
 (2) Muestra Simple Promedio Ponderado
 (3) Ausente según el Método de Prueba definido en la NMX-AA-006.
 P.D. = Promedio Diario; P.M. = Promedio Mensual;
 N.A. = No es aplicable.
 (A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

Tabla 5 Límites Máximos Permisibles para contaminantes básicos de acuerdo a la NOM-001-SEMARNAT-1996



La Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de aguas nacionales, así como de proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta Norma no aplica a la descarga de las aguas residuales domesticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES			
PARÁMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique otra)	Promedio Mensual	Promedio Diario	Instantáneo
Grasas y Aceites	50	75	100
Sólidos Sedimentables (mililitros por litro)	5	7.5	10
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12

Tabla 6 Límites Máximos Permisibles de acuerdo a la NOM-002-SEMARNAT-1996

La Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997 establece los límites permisibles máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público con el objeto de proteger el medio ambiente y la salud de la población, y es de observan obligatoria para las entidades públicas responsables de su tratamiento y reusó cuando se aproveche el agua residual tratada en servicios en que haya contacto ocasional y/o directo con el ser humano.

TIPO DE REUSO	PROMEDIO MENSUAL				
	Coliformes Fecales NMP/100 ml	Huevos de Helminto (h/l)	Grasas y Aceites mg/l	DBO ₅ mg/l	SST mg/l
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO DIRECTO	240	≤ 1	15	20	20
SERVICIOS AL PÚBLICO CON CONTACTO INDIRECTO U OCASIONAL	1,000	≤ 5	15	30	30

Tabla 7 Límites Máximos Permisibles de Contaminantes de acuerdo a la NOM-003-SEMARNAT-1997



2.9.6 Estructuras que componen las PTAR's

Las etapas que componen las PTAR's son:

- Pretratamiento
- Tratamiento primario
- Tratamiento secundario
- Tratamiento terciario o potabilización

2.9.6.1 Pretratamiento

El pretratamiento sirve para proteger el equipo de bombeo y hacer más fáciles los procesos subsecuentes del tratamiento. Los dispositivos para el pretratamiento están destinados a eliminar o separar los sólidos mayores o flotantes, a eliminar los sólidos inorgánicos pesados y eliminar cantidades excesivas de grasas y aceites.

Para lograr alcanzar los objetivos de un pretratamiento se emplearan los siguientes dispositivos:

- Rejillas.
- Desarenadores.

Rejillas: El sistema de rejillas servirá para remover del agua residual los macro sólidos que pueda contener el agua y que puedan provocar un atascamiento en las tuberías o en la bomba.

Además de ser un medio económico y efectivo para la separación rápida de los macro sólidos en suspensión del vertido. En muchos casos, el paso por las rejillas reducirá los sólidos en suspensión a una concentración tan baja que son aceptables para su descarga a un colector municipal o al siguiente tratamiento que se requiera. A menudo se elimina también una porción considerable de la DBO, aunque el porcentaje varía, casi en relación directa con el tamaño de la rejilla y la cantidad de DBO asociada con los sólidos separados.

Estas rejillas se pueden obtener en tamaños que varían desde las de gruesos (1.68 o 0.84 mm de malla) a las finas (0.125 a 0.044 mm de malla).

Los tipos de rejillas son:

- Limpiadas manualmente
- Limpiadas mecánicamente
- En forma de canasta
- Retenedoras de fibra



Figura 2. 20 Foto de rejilla

Desarenacion

La desarenacion es una operación unitaria que se emplea para remover gravillas, arenas, cenizas y otros materiales inorgánicos presentes en las aguas residuales municipales que pueden causar la abrasión o desgaste excesivo en los equipos mecánicos de una planta de tratamiento. La desarenacion se ubica generalmente después del cribado y antes de la sedimentación primaria.

Con esta operación se busca remover el 100% de las partículas inorgánicas de un tamaño mayor a 0.21 mm y dejar en suspensión el material orgánico.

2.9.6.2 Tratamiento primario

En este procedimiento se separan la mayoría de los sólidos suspendidos en las aguas residuales, aproximadamente el 30 % mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación.

El propósito fundamental de los dispositivos para el tratamiento, consiste en disminuir suficientemente la velocidad de las aguas residuales para que puedan sedimentarse los sólidos.

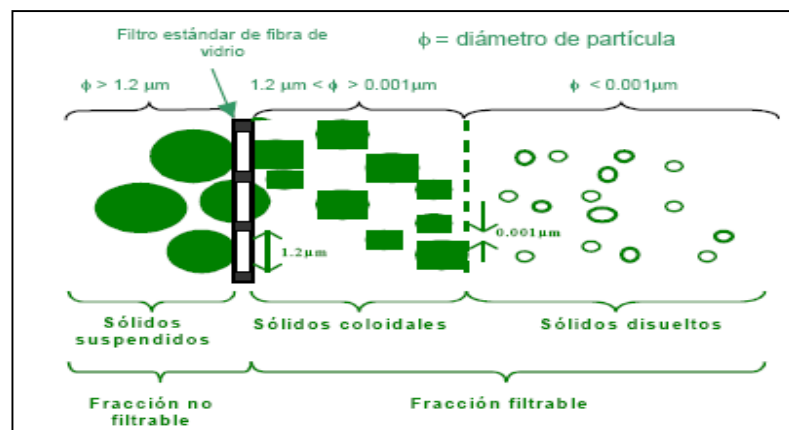


Figura 2. 21 Dimensiones de los sólidos suspendidos, coloidales y disueltos

Equipos e instalaciones principales en un tratamiento primario

Toda planta de tratamiento de aguas residuales está integrada por una serie de unidades de proceso colocadas en forma secuencial, dependiendo de los contaminantes que haya que remover.

Las figuras 2.24 a la 2.26 son ejemplos de trenes de tratamiento primario. En ellas se distinguen las etapas: pretratamiento y tratamiento primario, y se señalan las unidades de proceso que integran dichas etapas. El pretratamiento se refiere a la eliminación de materia muy voluminosa, tal como botellas, trapos, piedras o materia pesada, como grava y arena. Es necesario removerlos para evitar que interfieran con el tratamiento en sí, y para evitar que dañen los equipos. Usualmente, las plantas de tratamiento primario de aguas municipales (figura 2.24) comprenden el cribado (rejas, rejillas), la medición del flujo (ésta no es parte del pretratamiento, ni es indispensable que esté colocado en este sitio, sin embargo, debe existir por lo menos un medidor de caudal en la planta), la desarenación y, dependiendo del tipo de tratamiento propuesto, la unidad primaria de separación de sólidos (denominado clarificador ó sedimentador primario).

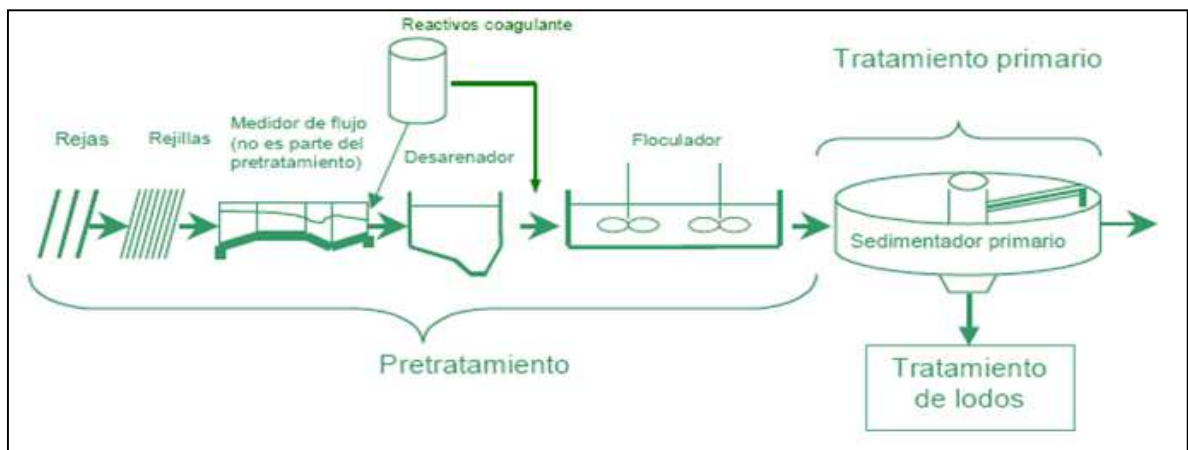


Figura 2. 22 Planta típica de Tratamiento de aguas residuales Tipo Primario

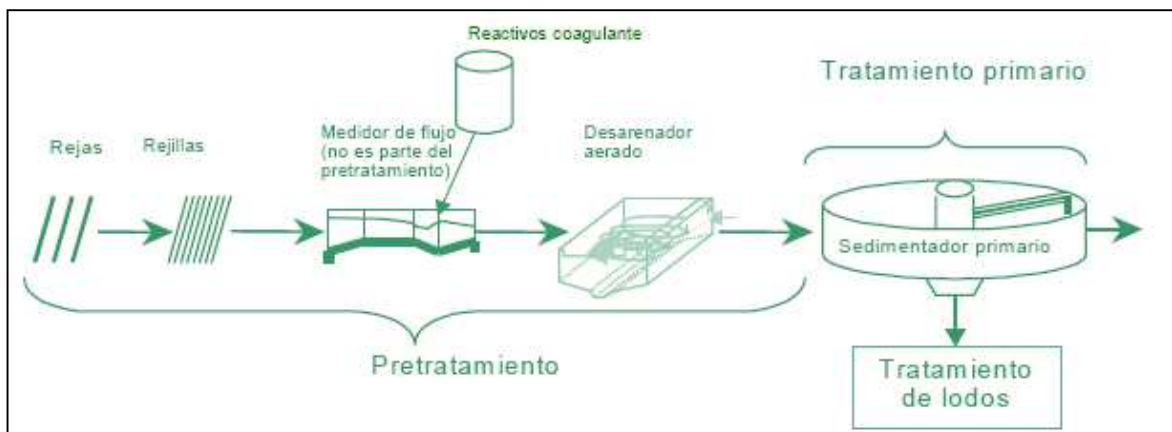


Figura 2. 23 Planta de tratamiento del tipo primario avanzado o fisicoquímico



Figura 2. 24 Tren Industrial de Tratamiento Primario

Sedimentación primaria tanques circulares

La sedimentación es una operación que se emplea para remover las partículas en suspensión más pesadas que el agua. Esta operación es la más ampliamente usada en el tratamiento de aguas residuales. En la ingeniería sanitaria se distinguen cuatro categorías de sedimentación:

1. Sedimentación Discreta; tal como ocurre en un tanque desarenador. Las partículas se sedimentan independientes unas de otras, conservando su identidad durante el proceso de sedimentación. La eficiencia del proceso está en función de la carga hidráulica por unidad de superficie (CHS).
2. Sedimentación Floculante ocurre en los tanques de sedimentación primaria y se caracteriza porque durante su descenso las partículas se adhieren entre sí, modificando su tamaño, forma y densidad. La eficiencia del proceso es función de la CHS y del tiempo de retención (t) que, para una cierta CHS, es función lineal de la profundidad del tanque.
3. Sedimentación por Zonas; ocurre en la sedimentación de lodos biológicos. Se caracteriza porque los sólidos se adhieren entre sí en las capas superficiales del tanque y descienden en forma de manto, formando una clara interfase agua-lodos. La eficiencia del proceso es función de la CHS, el t y la carga de sólidos por unidad de superficie (CSS).
4. Compresión; en este caso la carga de sólidos es tan grande que las partículas descansan unas encima de las otras y la sedimentación depende de la compresión de las capas inferiores. Este proceso tiene lugar en los tanques de espesamiento de lodos.

Sedimentación primaria tanques rectangulares

En los tanques rectangulares el influente es distribuido a la entrada de la unidad por medio de baffles verticales o vertedores sumergidos; el objetivo de estas estructuras es lograr una mejor distribución del influente a lo ancho de la unidad. El efluente se recolecta por medio



de vertedores triangulares colocados en canaletas, frecuentemente en forma de peine o de dedos que se extienden de la pared final del tanque hasta un 20% de la longitud del mismo. En algunos casos se emplean baffles verticales antes de las canaletas recolectoras para evitar contracorrientes superficiales. Una ventaja de estos tanques es que su geometría permite un mejor aprovechamiento del terreno y una limitante es que las rastras de tracción transversal, empleadas en los tanques rectangulares, son más proclives a fallas mecánicas y estructurales que las rastras de los tanques circulares.

Tamices

Las características de los tamices de acuerdo a sus características típicas son:

- Tamices en forma de disco. El tamiz es una malla, generalmente de acero inoxidable, con abertura que puede estar seleccionada entre 2 y 60 mallas por pulgada.
- Los tamices rotativos de bandeja, consisten en una serie de bandejas inclinadas, con tamices rectangulares, sobrepuestos y conectados a dos hileras de cadenas tipo pines-bocina-rodillo operado sobre ruedas dentadas, común par en sección superior y otro en el inferior y soportadas por una estructura de acero.
- Los tamices rotativos cilíndricos, van rotando lentamente, a velocidad constante, retirando las partículas del líquido que los atraviesa.

La operación de un sistema de tamices puede efectuarse manualmente o en forma automatizada.

2.9.6.3 Tratamiento secundario

Los procesos biológicos o secundarios son aquellos que se encargan de convertir la materia orgánica fina coloidal y disuelta en el agua residual en floc biológico sedimentable y sólidos inorgánicos que pueden ser removidos en tanques de sedimentación. Estos procesos se emplean junto con procesos físicos y químicos para el tratamiento preliminar del agua residual. Para ello se emplean millones de organismos microscópicos cuyo trabajo es comerse (degradar) la materia orgánica para transformarla en más microorganismos y en sustancias más sencillas, tales como bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), nitrógeno amoniacal (NH_3), nitratos ($\text{NO}_3 =$) y agua (H_2O).

Este tratamiento debe hacerse cuando las aguas residuales todavía contienen sólidos orgánicos en suspensión. El tratamiento secundario depende principalmente de los organismos aerobios, para la descomposición de los sólidos orgánicos hasta transformarlos en sólidos inorgánicos o en sólidos orgánicos estables.

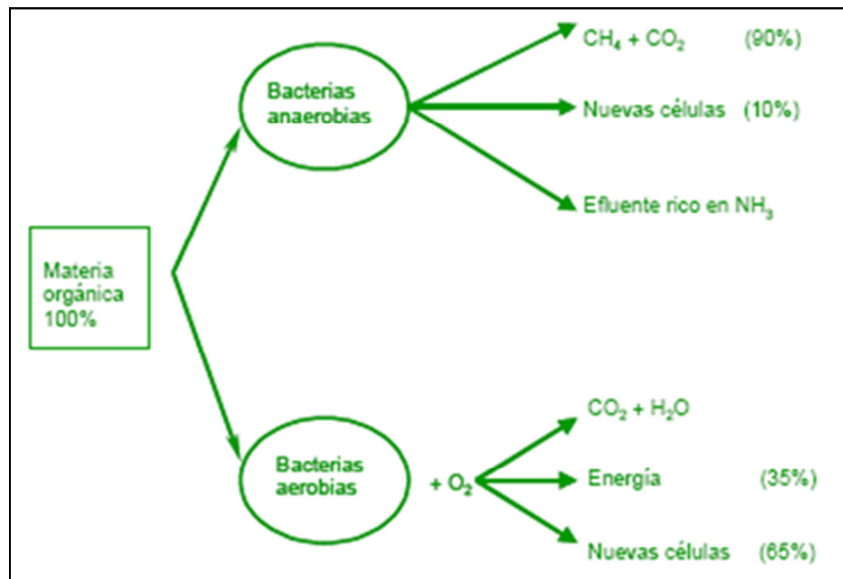


Figura 2. 25 Productos finales de la digestión anaerobia y aerobia

En esencia, el tratamiento biológico una cadena alimenticia que se lleva a cabo dentro de un reactor: las bacterias consumen la materia orgánica presente en el agua residual, la mayor parte la aprovechan para su crecimiento y reproducción y el resto lo transforman en sustancias inorgánicas tal como bióxido de carbono (CO_2) y nitrógeno amoniacal (NH_3). Las bacterias son consumidas por los protozoarios y éstos, a su vez, son consumidos por los rotíferos.

Una vez transformada la materia orgánica en biomasa, es necesario separarla del agua, de lo contrario, para efectos prácticos, no ha habido tratamiento. La separación de la biomasa se hace por efecto de la gravedad: en los sistemas aerobios es en los sedimentadores secundarios; en los procesos anaerobios, generalmente, la separación ocurre dentro del mismo reactor, ya que la producción de biomasa es mucho más limitada y generalmente está adherida a un soporte, por lo mismo, el arrastre de biomasa activa no es significativo. Además, es frecuente que a un reactor anaerobio le siga un reactor aerobio que retiene la biomasa arrastrada fuera del primero.

2.9.6.4 Tipos de reactores Biológicos

Además de la vía metabólica de los microorganismos (aerobia o anaerobia), los reactores biológicos se clasifican con base en la forma en que la población microbiana se encuentra dentro del reactor. Se conoce como biomasa suspendida a aquellos reactores que no utilizan un medio de soporte y los microorganismos forman agregados conocidos como flóculos. Cuando el reactor cuenta con un medio, ya sea natural o sintético, que sirve de soporte para que se desarrolle la comunidad microbiana en forma de “lama” o película, se dice que es un reactor de biomasa fija.

Tomando en cuenta estos dos factores se presenta la siguiente clasificación de los reactores biológicos (Figura 2.28), cabe aclarar que no incluye a los sistemas naturales.

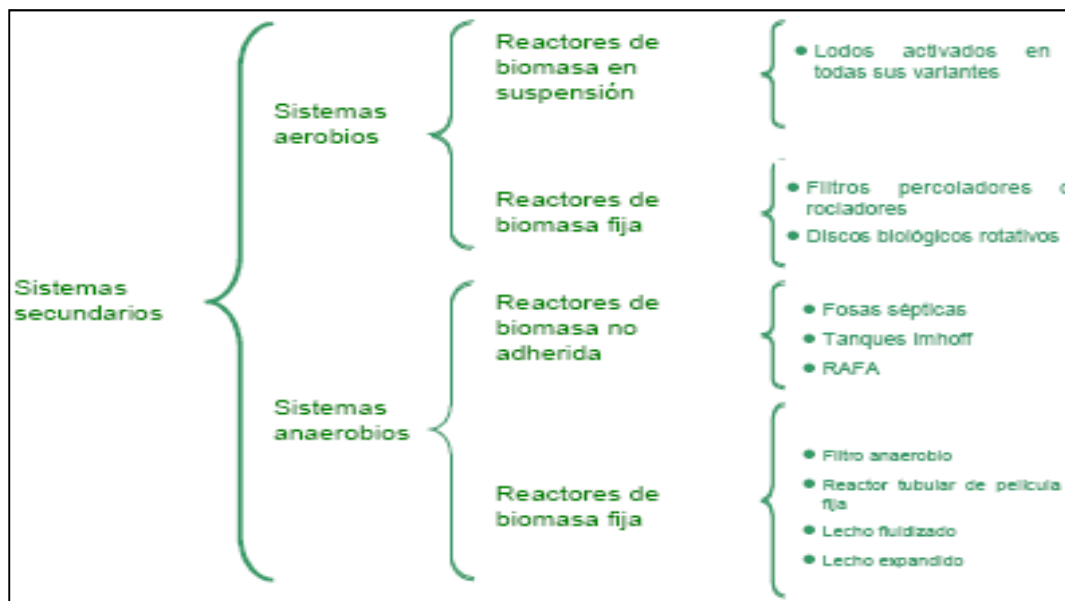


Figura 2. 26 Clasificación de los reactores

Los lodos activados y los filtros percoladores son de uso frecuente en México, otros reactores como los anaerobios de lechos expandidos o los lodos activados con aeración a contracorriente son incipientes en el país. Asimismo, hay otros sistemas que no se utilizan en México o, en su defecto, su uso principal no es el tratamiento del agua residual sino el tratamiento de los lodos de desecho, y por ello, no aparece en el cuadro sinóptico (Figura 2.26).

Lodos activados

El proceso de lodos activados tiene como objetivo la remoción de materia orgánica, en términos de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), de las aguas residuales. La remoción de DBO se logra por la conversión biológica, en presencia de oxígeno molecular, por microorganismos, de la DBO en CO₂ y H₂O y en nuevas células de microorganismos. Los microorganismos formados se separan por sedimentación gravimétrica, una parte son recirculados como siembra para la continuación del proceso y el resto se remueven. La combinación de microorganismos y agua residual se conoce como lodo activado. Los lodos en el reactor biológico están sujetos a un proceso de auto oxidación, conocido como respiración endógena, proceso que también consume oxígeno.

El oxígeno requerido para el funcionamiento del proceso se suministra por medio de aireadores mecánicos o por medio de difusores. Los aireadores mecánicos pueden ser con turbina sumergida o superficial de alta o de baja velocidad.

Lagunas aireadas

El proceso de lagunas aireadas es una variante del proceso de lodos activados, con la diferencia significativa de que normalmente no se emplea recirculación de lodos.

Esta diferencia trae las siguientes consecuencias:



Una baja concentración de biomasa en el reactor (SSVLM de 150 a 350 mg/l),

- a) Altos tiempos de retención necesarios para obtener eficiencias comparables a las del proceso de lodos activados convencional (tiempos de retención de 2 a 7 días),
- b) Grandes volúmenes de los reactores por lo que resulta más económico construirlos en forma de lagunas con bordos de tierra.

Físicamente las lagunas aireadas son similares a las lagunas de estabilización, con una importante diferencia, que el oxígeno necesario para conservar el proceso de bio-oxidación es suministrado mecánicamente en el caso de las lagunas aireadas.

Filtro percoladores

Un filtro percolador consiste en un tanque que contiene un lecho de material grueso, compuesto en la gran mayoría de los casos de materiales sintéticos o piedras de diversas formas de alta relación área/volumen, sobre el cual son aplicadas las lagunas residuales por medio de brazos distribuidores fijos y móviles. Alrededor de este lecho se encuentra adherida una población bacteriana que descompone las aguas residuales a medida que éstas percolan hacia el fondo del tanque. Después de cierto tiempo, la capa bacteriana adquiere un gran espesor y se desprende hidráulicamente del lecho de piedras para pasar luego a un clarificador secundario en donde se efectúa la separación de los lodos formados.

Los filtros percoladores son utilizados en casos donde no se necesita una eficiencia muy alta en la remoción de DBO.

Lagunas de estabilización o de oxidación

El tratamiento por lagunas de estabilización puede ser en los casos en los cuales la biomasa de algas y los nutrientes que se descargan en el efluente puedan ser asimilados sin ningún problema por el cuerpo del receptor.

Para el tratamiento de aguas residuales domésticas se consideran únicamente los sistemas de lagunas que tengan unidades anaerobias, aireadas, facultativas y de maduración.

Lagunas anaeróbicas

Las lagunas anaeróbicas son relativamente profundas (hasta 6.0m) con taludes de bordos muy fuertes. En una laguna anaeróbica típica, el agua residual entra muy cerca del fondo (frecuentemente por el centro de la laguna); ésta se mezcla con la biomasa sedimentada, la cual tiene un espesor de aproximadamente 6 pies (1.8m). El efluente se localiza en la parte superior de la laguna y debe estar por abajo de la superficie del líquido. El exceso de grasa no digerida flota, formando un cobertor, el cual permite que el calor no se pierda y evita la entrada de aire. El proceso no requiere de recirculación de lodos.

Lagunas aireadas

El proceso de lagunas aireadas es una variante del proceso de lodos activados, con la diferencia significativa de que normalmente no se emplea recirculación de lodos.



Esta diferencia trae las siguientes consecuencias:

Una baja concentración de biomasa en el reactor (SSVLM de 150 a 350 mg/l),

- a) Altos tiempos de retención necesarios para obtener eficiencias comparables a las del proceso de lodos activados convencional (tiempos de retención de 2 a 7 días),
- b) Grandes volúmenes de los reactores por lo que resulta más económico construirlos en forma de lagunas con bordos de tierra.

Físicamente las lagunas aireadas son similares a las lagunas de estabilización, con una importante diferencia, que el oxígeno necesario para conservar el proceso de bio-oxidación es suministrado mecánicamente en el caso de las lagunas aireadas.

Lagunas facultativas

Las características principales de este tipo de lagunas son el comensalismo entre las algas y bacterias en el estrato superior y la descomposición anaerobia de los sólidos sedimentados en el fondo

Su utilización como unidad de tratamiento de un sistema de laguna puede ser:

1. Como laguna primaria única (caso de climas fríos en los cuales la carga de diseño es tan baja que permite una adecuada remoción de bacterias) o seguida de una laguna secundaria y/o terciaria (normalmente referida como laguna de maduración).
2. Como una unidad secundaria después de lagunas anaerobias o aireadas, para cumplir el propósito de procesar sus efluentes a un grado mayor.

Lagunas de maduración

Las lagunas de maduración deben de dimensionarse para alcanzar la remoción bacterial necesaria de acuerdo a los criterios de calidad exigidos.

Tratamientos anaerobios

El tratamiento anaerobio es el proceso de degradación de la materia orgánica por la acción de microorganismos, en ausencia de oxígeno u otros agentes oxidantes fuertes (SO_4 , NO_3 , etc.). Como subproducto de ella se obtiene un gas, denominado usualmente biogás, cuya composición básica es metano CH_4 y dióxido de carbono CO_2 en un 95%, pero con la presencia adicional de nitrógeno, hidrógeno, amoníaco y sulfuro de hidrógeno, usualmente en proporciones inferiores al 1%.

Tanques Imhoff

Los tanques Imhoff se usan en comunidades pequeñas para las corrientes de aguas residuales crudas en el orden de $945 \text{ m}^3/\text{día}$. Los tanques Imhoff consisten en un comportamiento superior que funciona como un tanque de sedimentación y un comportamiento inferior sin calentamiento donde los lodos sedimentados se estabilizan anaeróbicamente.

Los tanques Imhoff no tienen ningún tipo de equipo mecánico y generalmente requieren poco mantenimiento; sin embargo tienen problemas de operación incluyendo la periódica

generación de espumas malolientes. La excesiva acumulación de natas en las gases de venteo y la producción de lodos ofensivos

2.9.6.5 Tratamiento terciario o desinfección

Dentro del tratamiento de aguas residuales tenemos una última etapa que consiste básicamente en asegurar la calidad del agua para consumo humano, ya que en los tratamientos posteriores se enfocan a remover los contaminantes de gran, mediano y pequeños tamaños, pero dentro del agua aún se encuentran disueltos agentes patógenos que al ser ingeridos por el ser humano puede alterar sus sistemas de manera súbita o crónica.

Las técnicas son bastas para asegurar la calidad del agua según lo marca las NOM-001--SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997, algunos de los sistemas llamados de desinfección pueden ser de manera física o química.

Para el caso de los tratamientos físicos tenemos la osmosis inversa y la aireación entre las más usuales, para el caso de los tratamientos químicos tenemos la cloración, y la ozonificación, existen un tercer tipo de procedimiento que se encarga de la exposición a luz ultravioleta, esta última es una combinación de proceso físico y químico, ya que mediante una frecuencia y equipos específicos se genera una onda de luz ultravioleta misma que es dirigida hacia un flujo de agua ocasionando la inhibición de los posibles agentes patógenos presentes aun en el agua, asegurando así su consumo humano.

La elección y aplicación de cada uno de estos métodos dependerá de dos factores básicos, el volumen y la calidad del agua de origen, ya que estos procesos son un sistema terciario que puede o no aplicarse a un tren de tratamiento de aguas residuales ya que la función principal de las PTAR's es reducir la carga de contaminantes que se vierten a cuerpos de agua, y el tratamiento terciario se enfoca en asegurar la calidad del vital líquido no siendo su origen necesariamente una PTAR's si no una fuente de abastecimiento natural ya sea superficial o profunda.

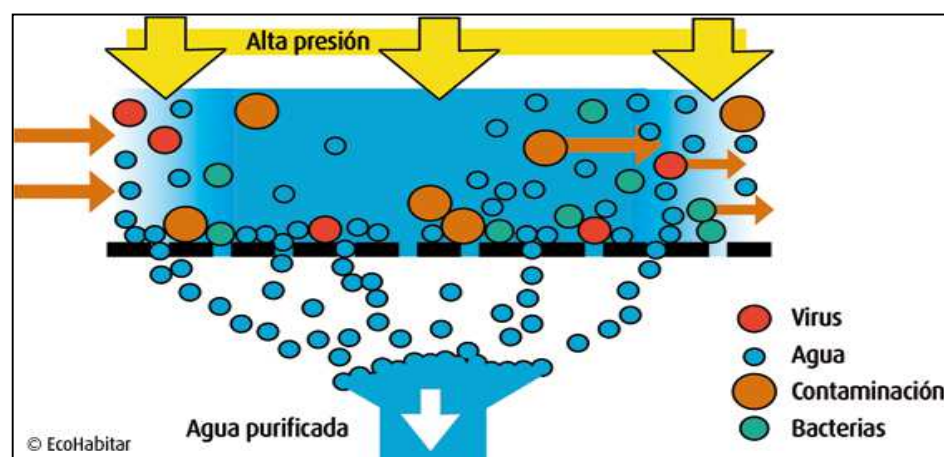


Figura 2. 27 Proceso de Osmosis Inversa

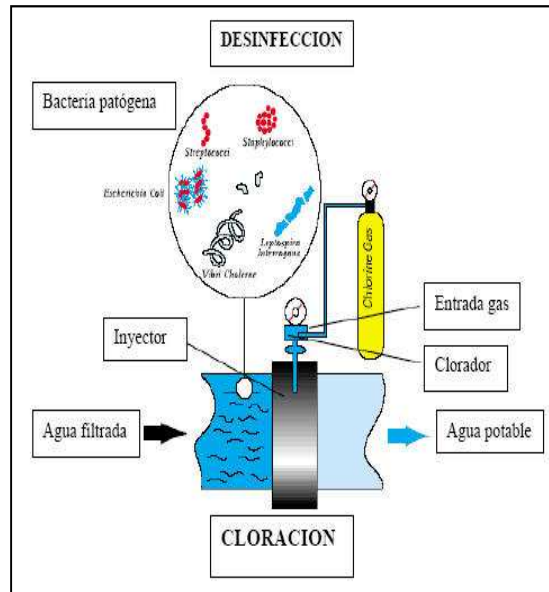


Figura 2. 28 Proceso de Cloración.

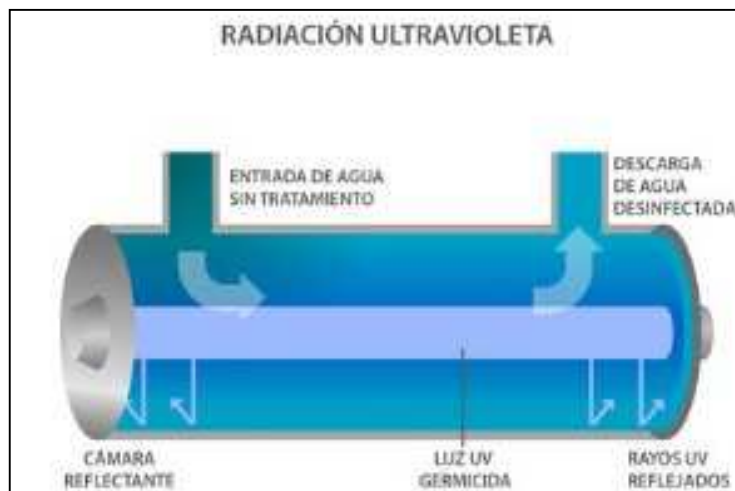


Figura 2. 29 Proceso de Radiación Ultravioleta

Tipos de desinfección

Cloración

Cloración es el proceso de desinfección de aguas residuales más comúnmente usado. El proceso incluye la adición de cloro o hipoclorito al agua residual. Cuando se usa cloro, este se combina con agua para formar ácido hipocloroso (HOCl) y ácido clorhídrico (HCl). El ácido hipocloroso es el desinfectante primario en el agua.

La demanda de cloro se determina mediante la diferencia entre el cloro suministrado y la concentración del cloro residual medido después de un tiempo de la aplicación del cloro, usualmente de 15 a 30 minutos.



La cloración usada en desinfección tiene el objetivo de prevenir la proliferación de enfermedades y el control de crecimientos de algas y producción de olores.

Ozonación

El ozono (O₃) puede ser usado como desinfectante del agua residual, después de que ésta se haya sometido a tratamiento. Como desinfectante (con dosis comunes de 3 a 10 mg/l), el ozono es un agente efectivo en la desactivación de bacterias, esporas bacterianas y microorganismos vegetativos encontrados en las aguas residuales. El ozono es inestable y se descompone a oxígeno elemental en un período de tiempo relativamente corto (su vida media es de aproximadamente 20 minutos). Consecuentemente, no puede ser almacenado y debe ser producido en el sitio de aplicación usando aire u oxígeno como materia prima.

Carbón activado granular

El carbón activado granular es generalmente usado en el tratamiento de aguas residuales para absorber los materiales orgánicos solubles. El carbón es empacado en un tanque de tal manera que forme una cama filtrante. Los tanques son regularmente circulares para sistemas a presión o rectangulares para sistemas con flujo por gravedad. Una vez que la capacidad de adsorción del carbón haya sido totalmente utilizada, éste debe ser desechado o regenerado. Generalmente, se utilizan varios tanques para asegurar una operación continua. Las columnas o tanques pueden ser operadas en serie o paralelo. Todos los tanques deben de contar con un mecanismo de remoción y alimentación de carbón, para permitir la remoción del carbón usado y la adición de material nuevo. El flujo de agua a través del carbón puede ser ascendente o descendente. Las unidades deben ser retrolavadas periódicamente.

Ultravioleta

La irradiación ultravioleta es un proceso de desinfección, cuyas características fundamentales lo distinguen de los procesos de desinfección química (tales como la cloración). La irradiación ultravioleta se logra por medio de la inducción de cambios fotobioquímicos con los microorganismos. Como mínimo, deben cumplirse dos condiciones para que una reacción fotobioquímica tenga lugar:

1. Radiación de suficiente energía para alterar los enlaces químicos y
2. Absorción de tal radiación por el organismo.

2.9.6.6 Manejo de Lodos

Todos los niveles de complejidad deben contemplar el manejo de lodos en su sistema de tratamiento de aguas residuales. Para esto, deben presentarse balances de masa de los procesos con los trenes de tratamiento de agua y lodos. Los efluentes líquidos del tren de lodos deben integrarse en los balances de masa del tren líquido.

Digestión de lodos

La digestión es un proceso bioquímico complejo en el cual varios grupos de organismos anaerobios y facultativos asimilan y destruyen simultáneamente la materia orgánica.



Existen cuatro tipos de digestión de lodos:

- Digestión de tasa estándar
- Digestión de alta tasa
- Digestión en dos etapas
- Procesos anaerobios de contacto

Se requiere el uso de tanques múltiples. Deben tomarse medidas de almacenamiento de lodo y separar el sobrenadante en una unidad adicional, en los casos en que sea necesario, dependiendo de la concentración de los lodos crudos y los métodos de disposición de lodo sobrenadante.

La proporción de la profundidad al diámetro del tanque debe ser tal que permita la formación de una profundidad razonable de líquido sobrenadante

Lechos de secado de lodos

Los lechos de secado son dispositivos que eliminan una cantidad de agua suficiente de los lodos para el que el resto pueda manejarse como material sólido, con un contenido de humedad inferior al 70 %. La operación de un lecho de secado de arena es una función de:

- La concentración de sólidos del lodo aplicado
- Profundidad del lodo aplicado
- Pérdidas de agua a través del sistema de drenaje
- Grado y tipo de digestión suministrada
- Tasa de evaporación (la cual es afectada por muchos factores ambientales)
- Tipo de método de remoción usado, y
- Método de disposición última utilizado

Un lecho de secado típico debe ser diseñado para retener en una o más secciones, el volumen total de lodo removido del digestor. Los elementos estructurales del lecho incluyen los muros laterales, tuberías de drenaje, capas de arena y grava, divisiones o tabiques, decantadores, canales de distribución de lodo y muros.

Los lechos pueden estar abiertos a la intemperie o cubiertos. Los lechos abiertos se usan cuando existe un área adecuada para evitar problemas ocasionales causados por los malos olores. Los lechos cubiertos con techumbre tipo invernadero son más convenientes donde es necesario deshidratar lodo continuamente durante el año sin importar el clima, y no existe el aislamiento suficiente para la instalación de lechos abiertos.

2.10 Organismos operadores de agua

El agua es un recurso estratégico para la seguridad nacional ya que posee valor económico, social y ambiental.

En México, los servicios de agua potable están a cargo de los municipios, que crean organismos operadores (O. O.) para atender las necesidades de abasto, alcantarillado, saneamiento y disposición sin riesgo de las aguas residuales.



A los O. O. también se les llama Comisión de Agua, Junta de Agua, Sistema Descentralizado de Agua, Comité del Agua, Empresa de Agua, etc. Algunos O. O. son administrados por los gobiernos municipales (de manera directa o mediante organismos descentralizados), otros por gobiernos estatales, algunos son independientes a los gobiernos locales, y otros son concesiones parciales y/o totales, de vigencia definida, otorgadas por el gobierno local (ya sea estatal o municipal) a empresas privadas con fines de lucro.

Existen diversos aspectos legales, normativos y de usos y costumbres que rigen la labor del O. O.; las leyes y reglamentos relacionados con el manejo del agua deben promover justicia y equidad, disminuir riesgos y exigir la generación de información confiable, la planeación cabal y el uso sustentable de los recursos.

2.10.1 Misión

La misión de un O. O. no se limita a los aspectos técnicos y operativos del servicio, abarca también la promoción de la salud de la comunidad a la que sirve. Para cumplir con sus funciones, el O. O. debe garantizar su autosuficiencia financiera mediante cuotas y tarifas que los usuarios deben pagar.

Para prestar sus servicios, es recomendable que él O. O. considere:

- Cantidad
- Calidad
- Continuidad
- Confiabilidad
- Recuperación del costo de los servicios prestados
- Expectativas del usuario

2.10.2 Principales leyes, normas y reglamentos

El principal sustento legal para la administración del agua en la Republica Mexicana es el Artículo 27 de la Constitución, que establece que las aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional son propiedad de la nación. El ejecutivo Federal puede autorizar la explotación, el uso o el aprovechamiento a particulares mediante concesiones y a los gobiernos estatales y municipales mediante asignaciones. En la actualidad la Federación ejerce tales funciones a través de la Comisión Nacional del Agua.

El Artículo 115 de la Constitución establece, a partir de las reformas del 23 de diciembre de 1999, la responsabilidad plena de los municipios de prestar los servicios de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales dentro de su jurisdicción. El municipio podrá operar dichos servicios mediante órganos descentralizados. Sus tareas son:

- Prestar los servicios de agua potable, drenaje y tratamiento en su respectiva jurisdicción
- Participar en coordinación con los gobiernos federal y estatal en la prestación del servicio, de acuerdo a sus atribuciones y responsabilidades.



- Planear y programar la prestación de servicios.
- Realizar, por si mismos o a través de terceros, las obras de infraestructura hidráulica, su operación y mantenimiento.
- Adoptar las medidas necesarias para alcanzar su autosuficiencia financiera.

Para apoyar la gestión local del agua, los gobiernos estatales han creado las Comisiones Estatales de Agua, que procuran respetar la soberanía de los municipios y a la vez observar las leyes federales. Estas comisiones coordinan a los O. O. municipales, que de otra manera estarían aislados.

2.10.3 Principios de trabajo

El objetivo de los O. O. es atender a la ciudadanía que le confiere la administración del sistema de aguas.

El usuario le ha conferido al O. O. la responsabilidad de mantener, acrecentar y administrar su patrimonio (fuentes de agua, redes de tubería, planos, etc) para hacerlo eficiente, útil y duradero. Además el O. O. tiene la obligación de preservar el recurso para no afectar los intereses de las generaciones futuras.

El marco legal ha sido creado por instituciones especializadas, o por representantes electos para prever riesgos y ofrecer las mejores garantías posibles al ciudadano que solicite servicios públicos.

La finalidad primordial del marco legal en torno a los derechos y obligaciones de un O. O. es preservar los recursos hídricos (agua) e hidráulicos (infraestructura) para la ciudadanía actual y futura y proporcionar un servicio de calidad.

2.10.4 Funciones operativas

El área de operación y Mantenimiento tiene a su cargo las siguientes actividades:

- a) Ingeniería hidráulica y distribución
- b) Administración de fuente de abastecimiento
- c) Mantenimiento de redes
- d) Alcantarillado
- e) Bacheo y maquinaria
- f) Monitoreo de calidad del agua y presión en la red de abastecimiento
- g) Monitoreo de estado de la red de alcantarillado
- h) Operación de plantas de tratamiento de aguas residuales o vigilancia y mantenimiento a humedales u otros sistemas
- i) Mantenimiento a la red de drenaje pluvial
- j) Sectorización de la red
- k) Operación de redes o sistemas de distribución de aguas tratadas

2.10.5 Responsabilidades

El O. O. es un administrador comisionado por la ciudadanía para cuidar y preservar el patrimonio común, compuesto por fuentes de abastecimiento (acuíferos, bosques, ríos,



lagos), infraestructura, información (cartera de clientes, planos, base de datos, planes a futuro) y sus propios recurso humanos. No es duelo del agua ni de la infraestructura, y esta bajo la supervisión de las autoridades municipales y estatales.

El O. O. normalmente trabaja a escala de un municipio y es independiente de otros O. O. municipales similares.

Las funciones del O. O. comprenden asuntos de ingeniería (operación, mantenimiento, rehabilitación y ampliación de la infraestructura) temas comerciales y de los usuarios (padrón o inventario de clientes, contrataciones, cobranza, etc.) y cuestiones de representación y gestión ante otras autoridades respecto de concesiones de agua, descargas, autorización de tarifas etc. Para ofrecer estos servicios a la comunicada necesita infraestructura (que deberá operar, mantener, ampliar o renovar) y personal especializado.

Las principales responsabilidades administrativas del O. O. pueden clasificarse en temas:

- Administración financiera
- Gestión de recursos humanos
- Administración técnica
- Administración estratégica
- Administración y transparencia a la información

Es responsabilidad del director lograr que el O. O. funciones correctamente y cumpla sus metas, objetivos y compromisos.

La estructura administrativa del O. O. se desarrolla en función de las características de la población a la que sirve. Todo aumento de tamaño de la estructura provocara una mayor especialización de las actividades.



MODULO III



3. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

3.1 Generalidades

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS en su acrónimo inglés) es una integración organizada de *hardware*, *software*, datos geográficos y personal, diseñada para capturar, almacenar, manejar, analizar, modelar y representar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

El pionero de la epidemiología, el Dr. John Snow proporcionaría, allá por 1854, el clásico ejemplo de este concepto cuando cartografió la incidencia de los casos de cólera en un mapa del distrito de SoHo en Londres. Este *proto SIG* permitió a Snow localizar con precisión un pozo de agua contaminado como fuente causante del brote.

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

3.1.1 El concepto SIG

“Es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y graficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración.”

“Un SIG es un conjunto de herramientas, de programas, equipamientos, metodologías, datos y personas perfectamente integrados, que permiten la colecta, el almacenamiento, el procesamiento y el análisis de datos geográficamente referenciados para un conjunto particular de objetivos”.(Bosque Sendra, 1992)

3.1.2 Componentes de un SIG



Cuadro 1 Elementos de un SIG

3.1.2.1 Equipos (Hardware)

Es donde opera el SIG. Hoy por hoy, los programas de SIG se pueden ejecutar en una amplia gama de equipos, desde servidores hasta computadores personales usados en red o en forma personal.

3.1.2.2 Programas (Software)

Los programas de SIG proveen las funciones y las herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica. Los principales componentes de los programas son:

- Herramientas para la entrada y manipulación de la información geográfica.
- Un sistema de manejador de base de datos (DBMS)
- Herramientas que permitan búsquedas geográficas, análisis y visualización.
- Interface gráfica para el usuario (GUI) para acceder fácilmente a las herramientas



3.1.2.3 Datos

Probablemente la parte más importante de un sistema de información geográfico son sus datos. Los datos geográficos y tabulares pueden ser adquiridos por quien implementa el sistema de información, así como por terceros que ya los tienen disponibles. El sistema de información geográfico integra los datos espaciales con otros recursos de datos y puede incluso utilizar los manejadores de base de datos más comunes para manejar la información geográfica.

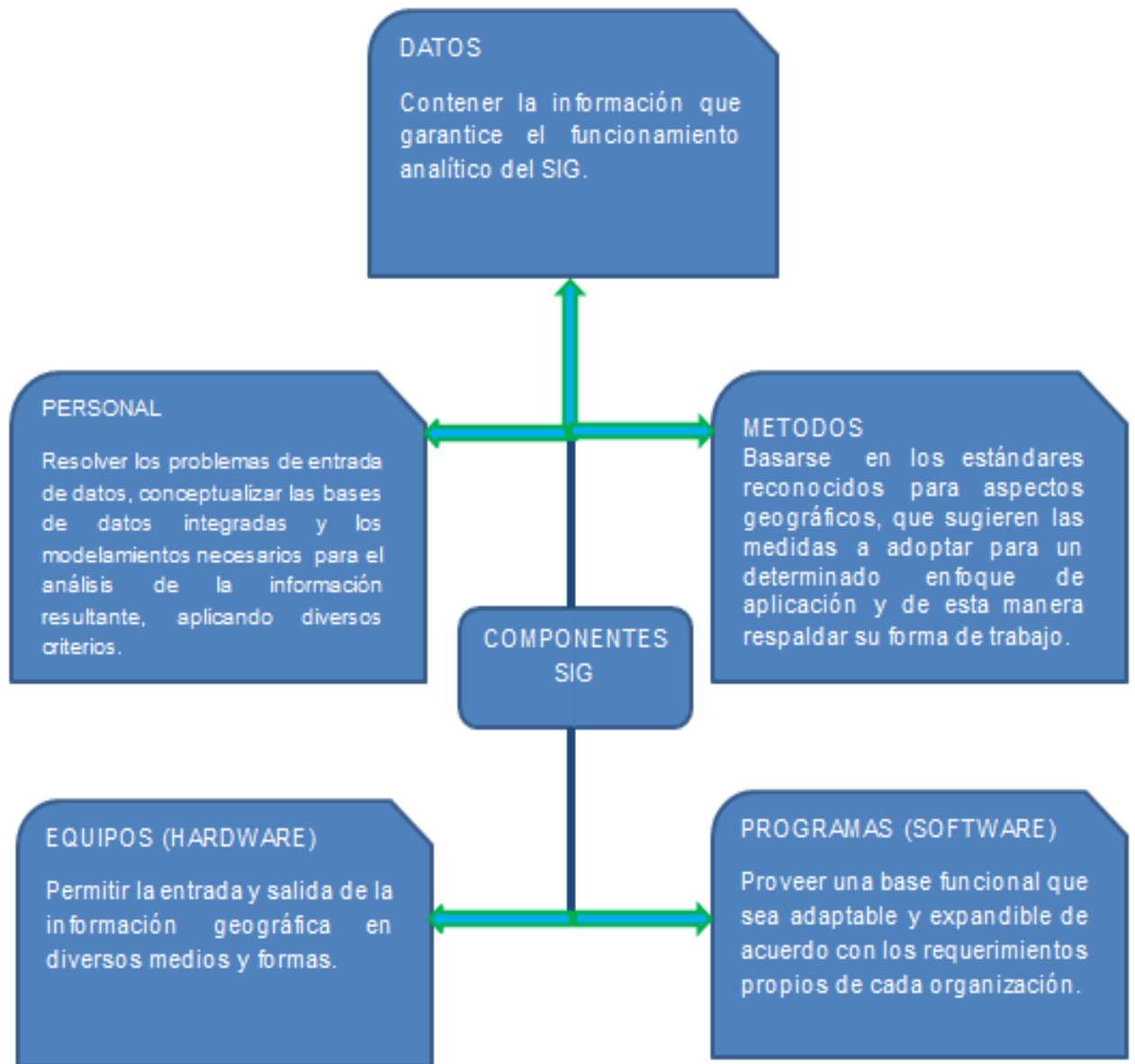
3.1.2.4 Personal

El usuario enlaza con todos estos componentes y pone el SIG en funcionamiento. El éxito de la implementación y del diseño del SIG depende en gran medida de sus conocimientos (tanto del SIG como del tema a analizar), del conjunto de métodos, ideas y modelos que aplica en el proyecto, su capacidad de reconocer y resolver problemas que pueden surgir durante el proceso y de su capacidad de adquirir o convertir información al formato digital para integrarla en el SIG.

3.1.2.5 Métodos

Un SIG operará acorde con un plan bien diseñado y con unas reglas claras del negocio, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización.

3.1.3 Funciones de los componentes de un SIG



Cuadro 2 Funciones



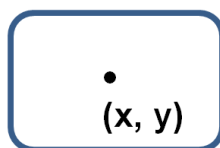
3.1.4 Representación de la información de un SIG

En un SIG se pretende agrupar la organización de datos espaciales. Específicamente se tienen sistemas de punto, de red o lineal y de áreas o polígonos. En general, se utilizan tres notaciones básicas para representar la posición espacial de los fenómenos geográficos: *puntos*, *líneas* y *polígonos*. Los puntos, las líneas y los polígonos suelen definirse en los mapas por medio de coordenadas cartesianas (x, y) (longitud/latitud, etc.), basadas en los principios de la geometría euclidiana. Este sistema de coordenadas cartesianas es el que más se utiliza para medir la posición espacial y para analizar sus diversas propiedades, incluyendo la medición, etc.

3.1.4.1 Punto

Es la representación geométrica constituida por un par de coordenadas (X, Y). Un punto se usa para describir geoméricamente un rasgo geográfico considerado como puntual para propósito de crear una base de datos geográfica (BDG).

Junto con sus coordenadas el punto puede requerir una dirección sin embargo esta dirección estaría considerada en la entidad como un atributo.



Un punto posee entre otros atributos un calificador de posición. Los valores permitidos para los calificadores de posición de puntos son:

- Definida
- Aproximada

3.1.4.2 Línea

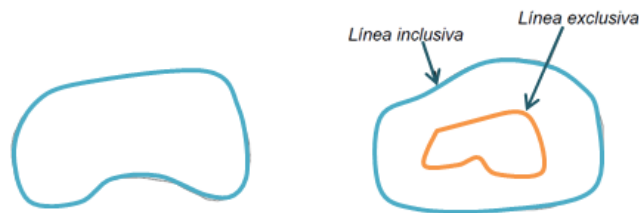
Es la representación geométrica constituida por una serie de dos o más pares distintos de coordenadas (vértices) ligados secuencialmente. Una línea se usa para describir total o parcialmente la geometría de un rasgo geográfico, considerado como línea para propósito de la base de datos geográfica (BDG). Junto con sus coordenadas la línea puede requerir un sentido al cual está asociada una característica del rasgo geográfico, sin embargo este sentido estaría considerado en la entidad como un atributo.



3.1.4.3 Polígono

Es la representación geométrica delimitada por una línea cerrada o serie de líneas que cierran. Un polígono se usa para describir geoméricamente un rasgo geográfico considerado como una extensión o superficie. Un polígono puede ser simple o complejo.

Los calificadores de posición no se aplican a los polígonos pero si a las líneas asociadas con ellas, de esta manera un cuerpo de agua puede estar delimitado por líneas definidas e indefinidas.



3.2 Etapas de implementación de un SIG

3.2.1 Entrada de datos

Fase en la cual los datos acerca del estudio o fenómeno se recogen y preparan para ser ingresados en el sistema.

Realiza la captura y transformación de datos análogos tales como mapas impresos, registros alfanuméricos en papel y observaciones de campo. Del mismo modo, convierte la información digital, proveniente de sensores remotos u otros sistemas de información, a una plataforma compatible con lenguaje computacional del SIG. Entre los dispositivos de entrada figuran: Tableros digitalizadores, scanner o barredores, lectores magnéticos y láser, teclados, terminales y puertos, e Internet



Datos vs Información

Existe una importante diferencia entre los conceptos de datos e información. Un SIG es un Sistema de Información Geográfica, pero maneja datos geográficos, existiendo diferencias entre estos conceptos.

Entendemos como dato al simple conjunto de valores o elementos que utilizamos para representar algo.

La información es, por tanto, el resultado de un dato y una interpretación, el trabajo con datos es en muchos casos un proceso enfocado a obtener de estos toda la información posible.

3.2.2 Manipulación y análisis

Fase intermedia que permite realizar las operaciones analíticas necesarias para producir nueva información con base en la existente, con el fin de dar:

- Respuestas a preguntas particulares.
- Soluciones a problemas particulares.

Se pueden distinguir cuatro tipos generales de análisis: los de consulta, los de sobre posición, los de modelación topológica y los espaciales.

Análisis de consulta, existen dos opciones: las que se hacen a partir de la tabla de atributos y las que se hacen a partir de un tema.

Estos análisis son de los más básicos para los SIG y en ocasiones se usan para realizar procedimientos que corresponden más bien a la manipulación de los datos.

Análisis por sobre posición de capas: Es uno de los más antiguos y se llevaba a cabo desde antes de que se contara con sistemas automatizados. Se trata de encontrar concordancias, coincidencias o discordancias para áreas específicas respecto a diferentes capas de información.

Con este tipo de análisis se han realizado estudios de aptitud de los suelos, evaluaciones militares, ordenamientos urbanos e incluso la elección de áreas para campos de golf.

Análisis topológica: Se refiere a la capacidad de un SIG de reconocer y analizar la relación espacial entre rasgos. Se pueden analizar las condiciones de adyacencia, que responden a la pregunta ¿qué está cerca de qué?

Análisis espaciales: Incluye las funciones que realicen cálculos sobre las entidades gráficas. Va desde operaciones sencillas como longitud de una línea, perímetros, áreas y volúmenes, hasta análisis de redes de conducción, intersección de polígonos y análisis de modelos digitales del terreno. La componente espacial responde a la pregunta ¿Dónde?

3.2.3 Salida y presentación de resultados

Fase en la cual los resultados de análisis anteriores se presentan de manera apropiada.



En primera instancia, la publicación de los resultados de un SIG deben ser mapas, sin embargo, no siempre es el caso.

La salida de información de un SIG puede ser de tipo textual o de tipo gráfico, ambos tipos de información pueden ser presentados en forma digital o analógica.

La información Digital consiste en el despliegue de datos cartográficos y datos tabulares sobre pantallas de computadoras.

La información textual analógica consiste normalmente en un conjunto de tablas que representan la información almacenada en la base de datos o representan el resultado de algún tipo de análisis efectuado sobre ésta. La información analógica gráfica consiste en mapas, gráficos o diagramas. Ambos tipos de información pueden ser presentados en una pantalla o impresos en el papel.

El sistema debe proveer la capacidad de complementar la información gráfica, antes de su presentación definitiva, por medio de una simbología adecuada y manejar la posibilidad de adicionar elementos geométricos que permitan una calidad y una visualización fáciles de entender por el usuario.



3.3 Modelos vectoriales y raster

Información geográfica y cartografía digital

Se denomina Información Geográfica a aquellos datos espaciales georreferenciados requeridos como parte de las operaciones científicas, administrativas o legales. Dichos datos espaciales suelen llevar una información alfanumérica asociada. Se estima que el 80% de los datos corporativos existentes en todo el mundo poseen esta componente geográfica.

La georreferenciación es el posicionamiento en el que se define la localización de un objeto espacial en un sistema de coordenadas y datum determinado. Este proceso es utilizado frecuentemente en los Sistemas de Información Geográfica.

En la cartografía tradicional estamos acostumbrados a ver mapas compuestos por varios temas a la vez. Un mapa que muestra el uso del suelo lleva por lo general además las carreteras principales, las poblaciones y sus etiquetas que les identifiquen. En la cartografía digital se mantiene la información temática (capas o coberturas) por separado, para combinarla en el momento adecuado con fines de análisis o con fines de presentación. Pero, lo más importante es que los elementos del mapa son referenciados sobre la tierra.

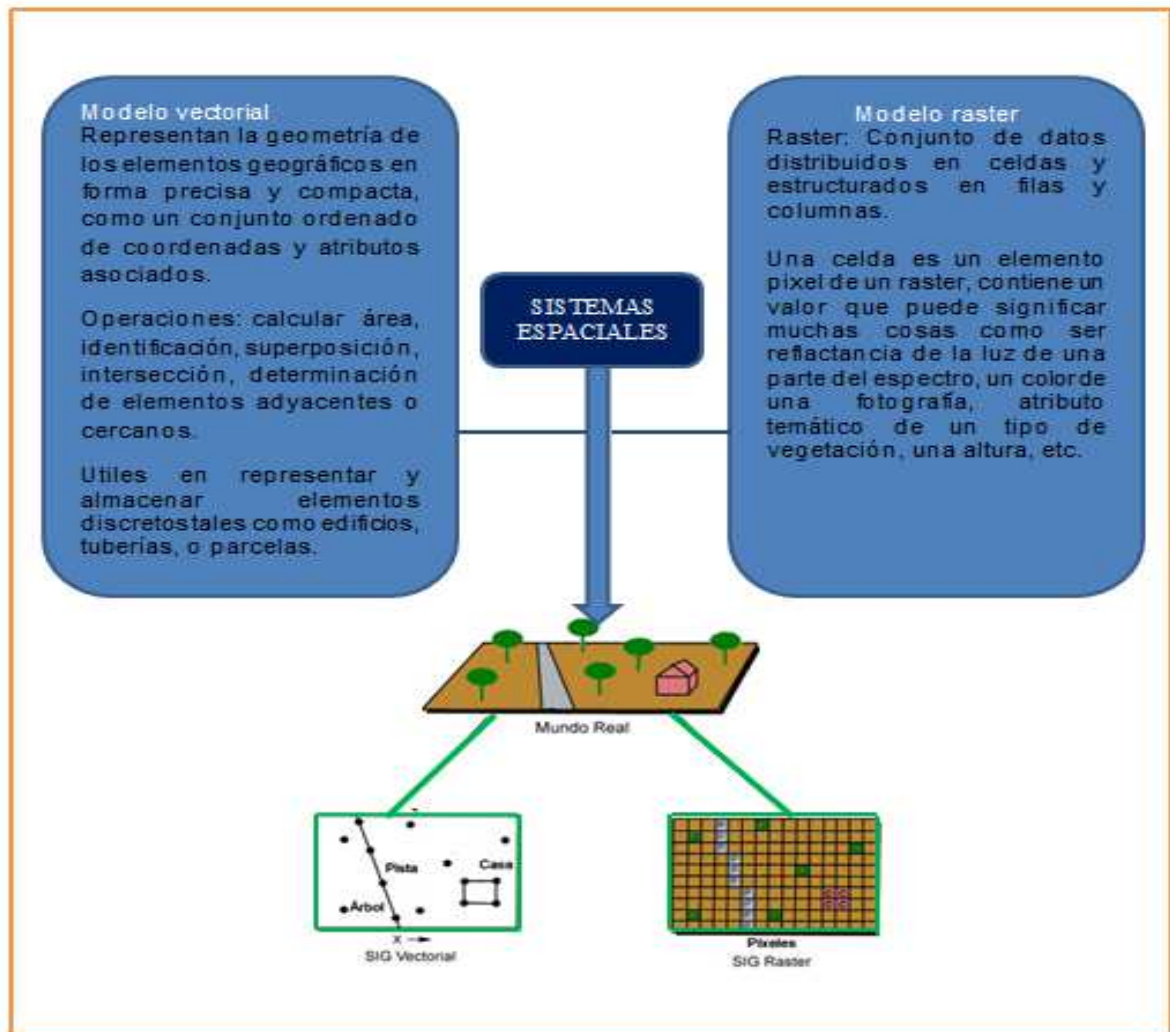
3.3.1 Formatos ráster y vectorial

Los datos espaciales en un SIG pueden ser representados a través de dos formatos o sistemas espaciales: vectorial y ráster.

Son dos formatos muy diferentes, que se distinguen por su manera de almacenar los objetos geográficos (la base de datos geográfica), su manera de almacenar los atributos de estos objetos (la información temática) y en segundo lugar por su apariencia.

En el formato vectorial, la información del mundo real es representada por los puntos y líneas que definen sus límites o fronteras, estableciendo un sistema de coordenadas para localizar cada objeto.

En el formato ráster, el espacio está representado por un conjunto de celdas adyacentes llamadas *pixels*, que representan las unidades de información espacial. Estas establecen su localización por un sistema de referencia en filas y columnas, acompañado por la extensión del mapa y el tamaño de la celda. Los píxeles en realidad no mantienen una relación mutua entre sí. En la cobertura de tipo ráster, cada celda tiene un valor o código asignado, correspondiente al tipo de información temática que representa la celda.



Cuadro 3 Sistema espacial Vector y Raster

3.3.2 Ventajas y Desventajas Modelo Raster y Vector

Ventajas Raster y Vector

Modelo Vector

- o Estructura de datos más compacta (menos espacio de almacenamiento).
- o Representación de entidades geográficas más precisas.
- o Permite medir distancias, superficies y volúmenes de forma más precisa.
- o Codificación eficiente de la topología
- o Modifica fácilmente la escala y grado de detalle de un mapa gráfico.
- o Más adecuado para generar salidas gráficas.

Modelo Raster

- o Facilidad de captura de datos con un escáner.
- o Estructura de datos simple (pixel).
- o Sencillez de manejo: técnicas de gestión y algoritmos de tratamiento.
- o Trata eficientemente datos de variación espacial alta.
- o Formato adecuado para el tratamiento y realce de imágenes digitales.
- o Pueden representarse tanto entidades continuas como discretas.

Desventajas Raster y Vector

Modelo Vector

- Captura de datos más complejo y costoso.
- Estructura de datos más complejo (punto, línea y polígono).
- Operaciones de superposición de mapas son difíciles de implementar (comparación de mapas temáticos), así como los análisis y simulación en tiempo real.
- Poco eficiente cuando la variación de los datos es alta.
- Imposible el tratamiento de imágenes digitales o poco eficientes.

Modelo Raster

- Los mapas temáticos ocupan mucho espacio en memoria.
- No se recomienda representación por pixel para entidades lineales.
- Menos exactitud en la ubicación espacial de los objetos o entidades.
- La técnica raster tiene en general poca precisión en los cálculos de superficie, distancia, etc. a menos que se disminuya la anchura del pixel lo cual compromete el espacio y la ligereza del sistema.
- Ciertas relaciones topológicas son más difíciles de representar.

Cuadro 4 Ventajas y Desventajas de los modelos espaciales



3.3.4 Topología

La topología es el campo de las matemáticas que estudia las relaciones de los elementos en el espacio. "La topología de un mapa es el conjunto de relaciones que describen la posición relativa de sus componentes".

La concepción de estas relaciones varía entre los sistemas raster y vectoriales. En los sistemas raster (matriciales) las relaciones se producen entre celdas como análisis, generalmente, de vecindad, conformándose las entidades espaciales a partir de la proximidad física y de atributos entre los píxeles. Los sistemas vectoriales se suelen basar en una topología arco-nodo que viene definida por la direccionalidad, la conectividad y la proximidad entre vectores; de forma tal que a partir de éstos y otros valores se definen las diferentes entidades espaciales.

La topología tiene una gran importancia en el desarrollo y evolución de los SIG. Es determinante en sus capacidades de análisis y define en gran manera el desarrollo de los formatos de la información geográfica.

3.4 Aplicaciones de los SIG/ servidores de mapas en la WEB.

- Aplicación Forestal: Para determinar la magnitud de la tala y conocer la vía o el acceso a esa tala.
- Bases de datos ambientales: Con estos datos se realizan planes convenientes para evitar deterioros naturales en una región.
- Censos: Con los datos obtenidos conocer los usos de los servicios que se ofrecen en un área como la distribución de agua potable y transporte.
- Grandes bases cartográficas: Con estas bases de datos se adquiere más fácilmente el mantenimiento de inventario con referencias espaciales de los bienes inmuebles así como de su valoración y para preparar una gestión contribuyente en la Administración Pública.
- Planeación Urbana: La elaboración de Planes Generales y Normas Subsidiarias, entre otros están los Planes Parciales, Proyectos de Urbanización, Proyectos de Compensación y Reparcelaciones, Evaluaciones de Impacto Ambiental, Planes Especiales y Catálogos
- Sistemas de empresas de servicios: Para los servicios de transporte que controlan sus equipos con un rastreo satelital.

Sistemas para el control y modernización de cambios ambientales: Estos ofrecen una inspección para zonas de riesgos por factores naturales, y análisis para planes de conservación.

3.4.1 Los SIG en Internet

Internet no cambia la naturaleza básica de los SIG, la pone "on line".

Un SIG en Internet puede utilizarse para localizar servicios, buscar rutas y direcciones, publicar Atlas electrónicos, notificar sucesos de características geográficas (inundaciones, terremotos, etc.), acceder a Bases de Datos de Organismos Públicos tales como censos,



realizar aplicaciones de seguridad como análisis geográficos de criminalidad, realizar análisis demográficos, utilizar datos procedentes de la teledetección, visualizar condiciones medioambientales... Todas estas aplicaciones responden a servicios de SIG en Internet que ya existen en la actualidad y que cada día son demandados por más personas. La tendencia es a implicar estas herramientas en una especie de uso cotidiano de la información geográfica encaminado a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos a través de las tecnologías de la información.

En la actualidad las diferentes formas de funcionar un SIG en Internet son:

La forma más simple serían aquellos mapas que sólo muestran localizaciones. En este caso el servidor web simplemente pone a disposición del usuario una imagen GIF o JPEG. Sería una aplicación estática como por ejemplo la localización de un servicio o infraestructura que no va a variar en mucho tiempo. Una pequeña complicación sobre el caso anterior serían los mapas que muestran cambios, donde el servidor actualiza automáticamente las imágenes cada cierto tiempo. Sería el caso de los servidores meteorológicos con imágenes Meteosat.

3.4.2 Servicios de los SIG

Servicio WMS: Utilizando el Web Mapping Service (WMS) podemos visualizar las capas como simples imágenes, pero no podemos acceder a la tabla de atributos.

Un paso más adelante es cuando el usuario puede generar su propio mapa. En este caso ya tenemos un SIG por encima del servidor web, y a éste aceptando peticiones del usuario y sirviéndole mapas como respuesta. Es el caso de servicios del estilo del Instituto de Estadística de Andalucía donde a partir de las estadísticas y mapas almacenados podemos construir un mapa de aquellos municipios que nos interesan con una variable dada (http://www.iea.junta-andalucia.es/sima_web). Los mapas también pueden ser producto de un análisis espacial como búsquedas geográficas, condicionadas, etc. Es el caso de páginas del estilo páginas amarillas o visa donde, por ejemplo, podemos encontrar todos los cajeros automáticos existentes en un radio dado a donde nos encontramos (<http://www.paginas-amarillas.es/PAM4/CALLEJERO2>, <http://www.visa.com>). La estructura es similar a la anterior pero con complementos de análisis espacial y de gestión y acceso a la Base de Datos por parte del SIG.

Servicio WFS: Utilizando el Web Feature Service (WFS) también podemos acceder a la tabla de atributos de las capas vectoriales, e incluso hacer cambios o insertar nuevos elementos (WFS-T, transaccional).

Servicio WCS: Utilizando el Web Coverage Service (WCS) podemos acceder a capas ráster en distintos formatos SIG (no sólo como simples imágenes). Mapas producto de un procesamiento de datos geográficos. El SIG en el servidor procesa o transforma los datos almacenados como respuesta a la petición del usuario. Por ejemplo, Sistemas de Información Geográfica (SIG): Técnicas básicas para estudios de biodiversidad 37 generando un MDT con un grado de elevación del Sol determinado para una zona dada.



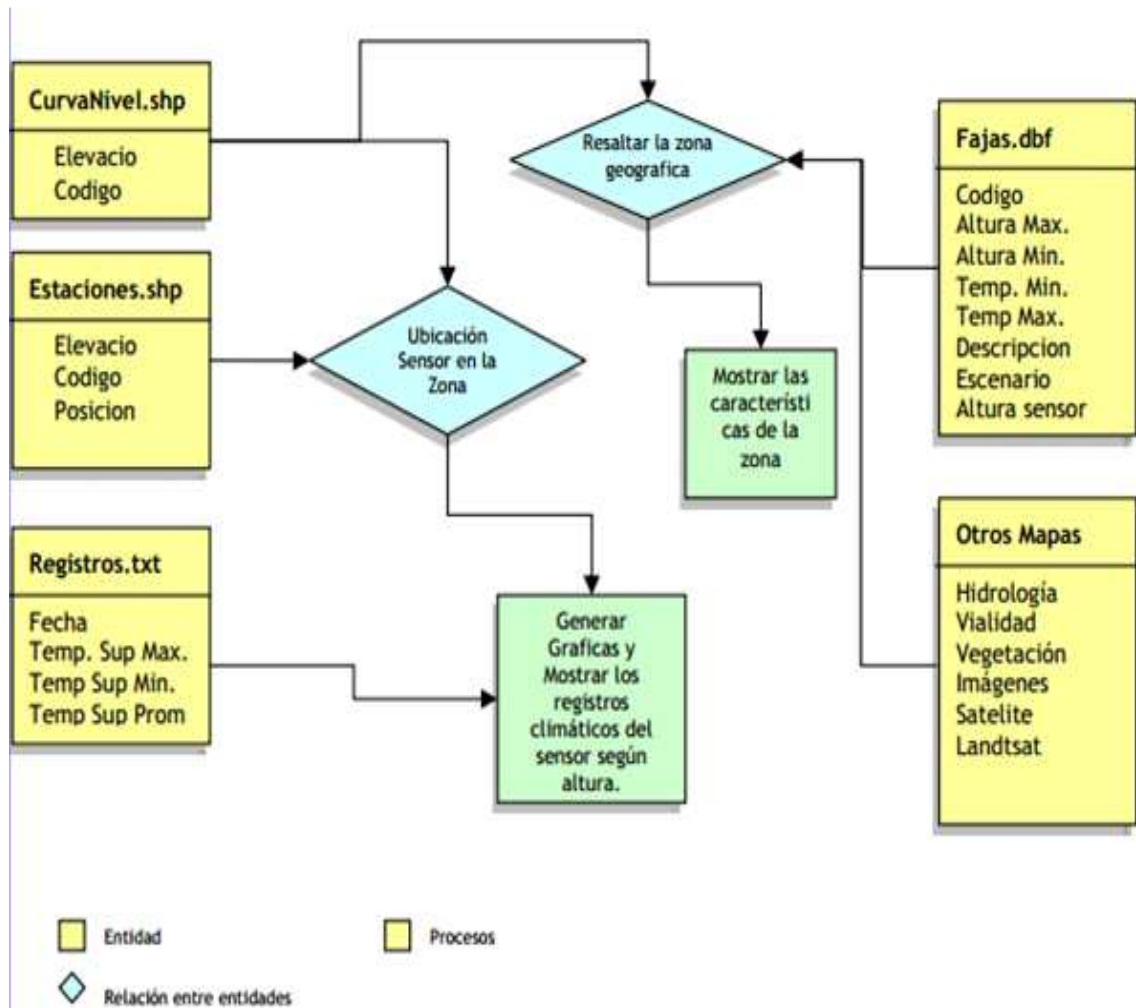
En este caso, el SIG situado sobre el servidor web ha de tener la capacidad de realizar las operaciones requeridas.

Servicio WPS: Utilizando el Web Processing Service (WPS) podemos acceder al uso de herramientas de análisis espacial o geográfico sin tener un software SIG instalado en nuestro ordenador personal

Servicio de datos públicos. En este caso, el organismo pone a disposición del usuario sus datos geográficos con carácter gratuito para que éste pueda descargarlos y utilizarlos con el SIG de su propio ordenador. La estructura sería un repositorio de datos al que el usuario web lanza una petición devolviéndola en forma de datos para utilizar en su SIG local. Un buen ejemplo es el "extractor" de líneas de costa del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), del que se pueden descargar las líneas de costa de todo el Mundo a diferentes escalas y en diferentes formatos (<http://crusty.er.usgs.gov/coast/getcoast.html>)

Como vemos, el mundo Internet supone una auténtica revolución en el uso masivo de la Información geográfica. Lamentablemente los recursos destinados a obtener esa información, a controlar su calidad y a fomentar la investigación geográfica no van en paralelo a este boom.

3.4.3 Modelo entidad relación del servidor de mapas WEB



Cuadro 5 Servidor de mapas en la web



MODULO IV

4. MODELACIÓN GEOGRÁFICA DE UN SISTEMA DE AGUA

La elaboración de sistemas de información geográfica puede llegar a ser de gran utilidad para los organismos operadores de agua municipales, de manera muy puntual en zonas con poco control de los sistemas de agua como lo son las zonas ejidales ya que en la mayoría de los casos los organismos operadores solo realizan la construcción de los sistemas de agua sin dejar ningún elemento de control para la operación y mantenimiento de los mismo cómo puede ser un padrón de usuarios o un inventario de componentes del sistema de agua y de igual forma puede ser útil para una eventual ampliación futura de la red.

El ejido Valle de Eureka se localiza en el municipio de Gómez Palacio en el estado de Durango, la red de distribución se construyó en el año de 2010 y depende del Sistema Descentralizado de Agua Potable y Alcantarillado (SIDEAPA).

4.1 Elección del método de levantamiento y definición de los diccionarios de datos.

4.1.1 Método de levantamiento

El proyecto de distribución de agua potable del ejido Valle de Eureka en el municipio de Gómez Palacios, Durango fue hecho mediante la distribución general del ejido obtenida a partir de un levantamiento topográfico directo, tomando como base un sistema de coordenadas aleatorio de acuerdo a la experiencia del personal que realizó el trabajo, dicho levantamiento se hizo delimitando únicamente los vértices de los polígonos de las manzanas de la población sin llegar a un nivel de delimitación de cada uno de los predios existentes.

Para efectos del presente trabajo fue necesario ubicar una coordenada de referencia para georeferenciar el proyecto, el primer paso para realizar esto fue localizar la población con ayuda de imágenes satelitales de Google Earth.

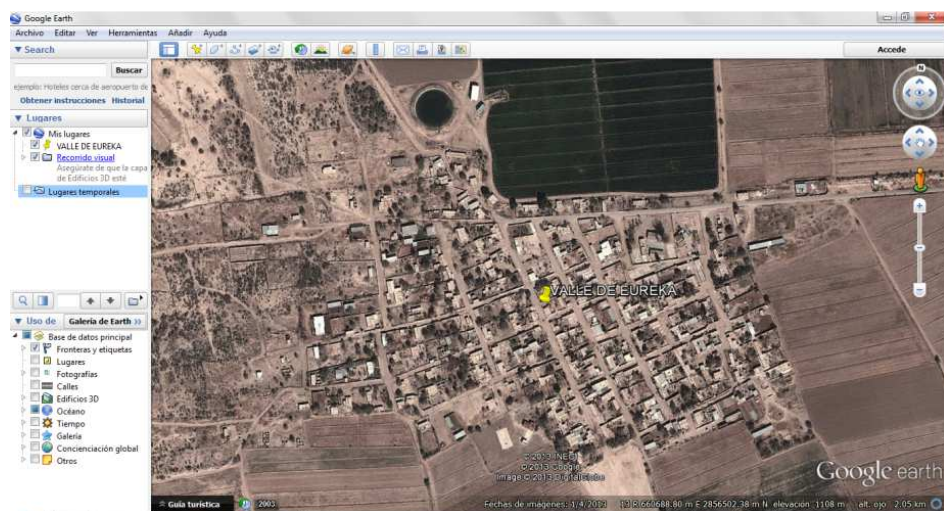


Figura 4. 1 Localización Ejido Valle de Eureka software Google Earth.

Ubicada la población y con ayuda de Google Earth se obtuvo una coordenada de referencia $X = 660511.47$, $Y = 2856737.85$ correspondiente a un tanque de agua a que se encuentra en la zona noroeste del poblado.

El siguiente paso fue georeferenciar el proyecto con ayuda del software Civil3D versión 2013 asignando la proyección WGS84 UTM zona 13 correspondiente al estado de Durango, con la rutina “Coordinate System-Assing”.

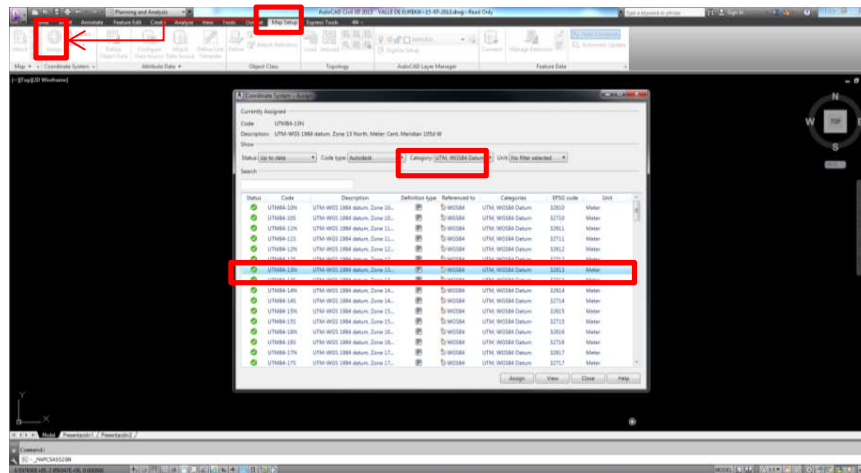


Figura 4. 2 Georreferenciación del proyecto.

Una vez asignada la proyección se movió todo el proyecto utilizando como punto pivote centro del tanque de agua y llevándolo a la coordenada obtenida con ayuda Google Earth con lo cual el proyecto quedó debidamente georeferenciado.

Para poder determinar la división de cada uno de los predios se utilizó una imagen satelital obtenida de Google Earth con ayuda del módulo de interfaz entre Google Earth y CivilCad.

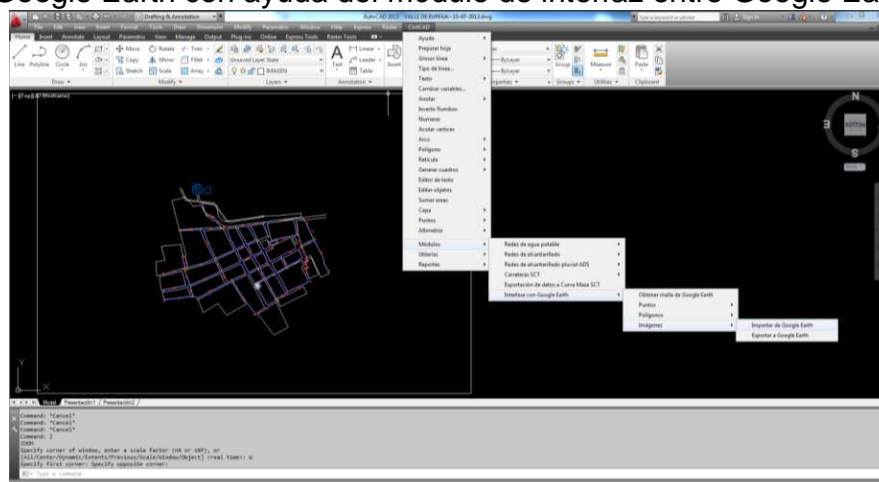


Figura 4. 3 Interfaz CivilCad – Google Earth.

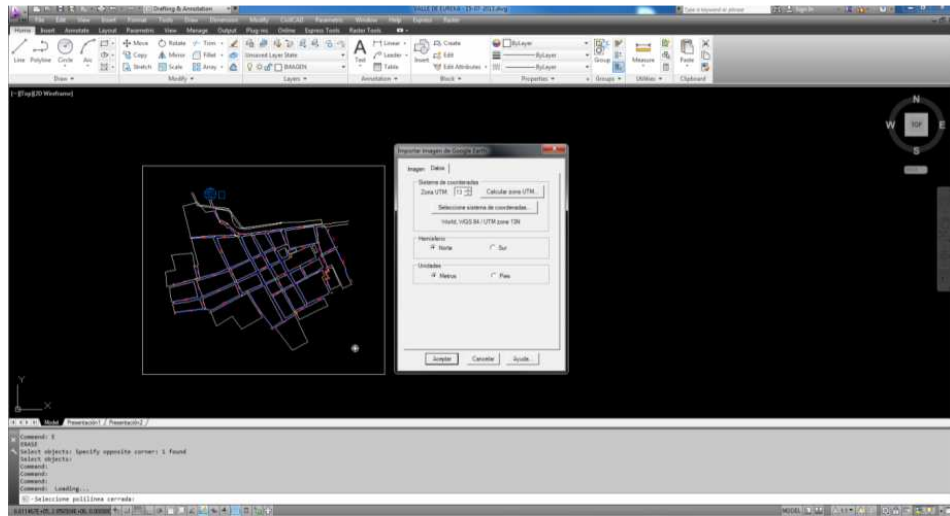


Figura 4. 4 Obtención de imagen satelital.

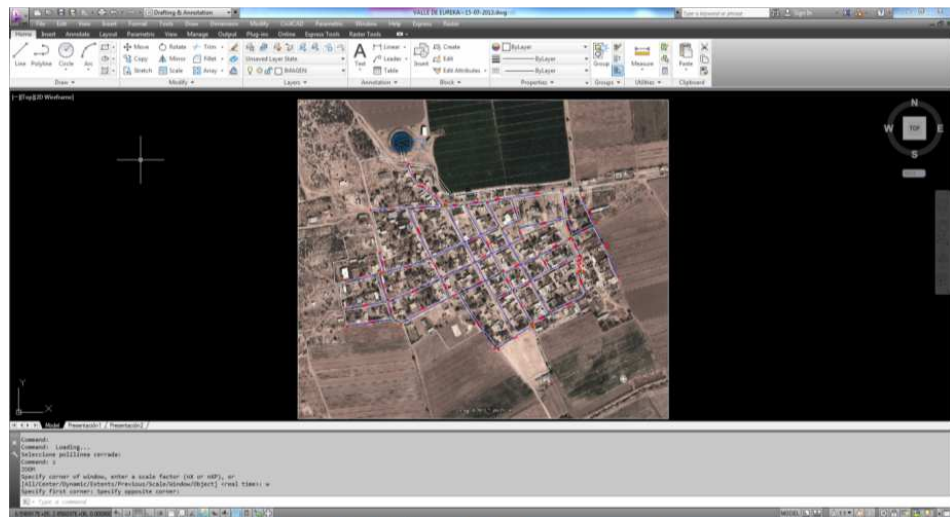


Figura 4. 5 Imagen satelital Ejido Valle de Eureka en la plataforma CAD.

La imagen satelital que se obtiene se asocia al archivo CAD a manera de una referencia externa (“xref”) pero solo se referencia para el archivo específico al que fue importada.

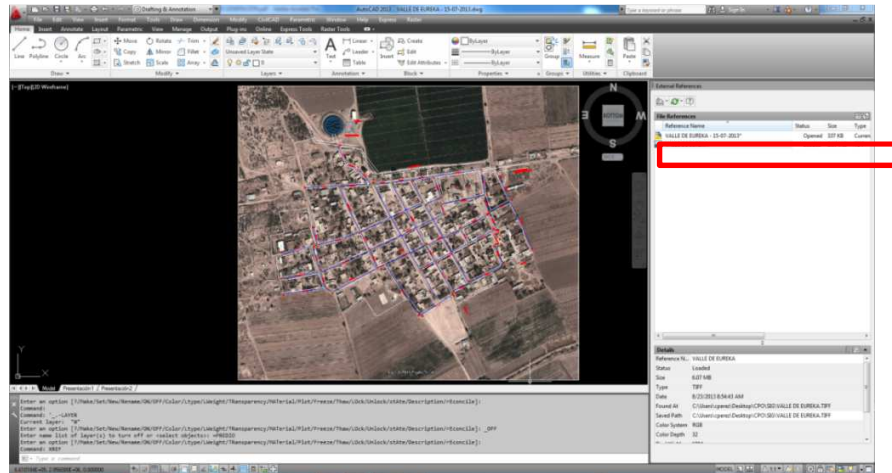


Figura 4. 6 Imagen satelital como referencia externa sin Georeferenciación.

Ya que la imagen importada con la interfaz de CivilCad – Google Earth por sí sola no cuenta con información que permita georeferenciarla en la plataforma GIS fue necesario generar un archivo tfw (Tiff File Word), este archivo asigna una coordenada X,Y y un ángulo de rotación en caso de que exista del centro del primer pixel de la esquina superior izquierda de la imagen.

La generación del archivo tfw se realizó con la ayuda del software Raster Desing 2013 con la rutina “Raster Tools – Iworldout” y especificando el directorio en el que se almacenara el archivo tfw.

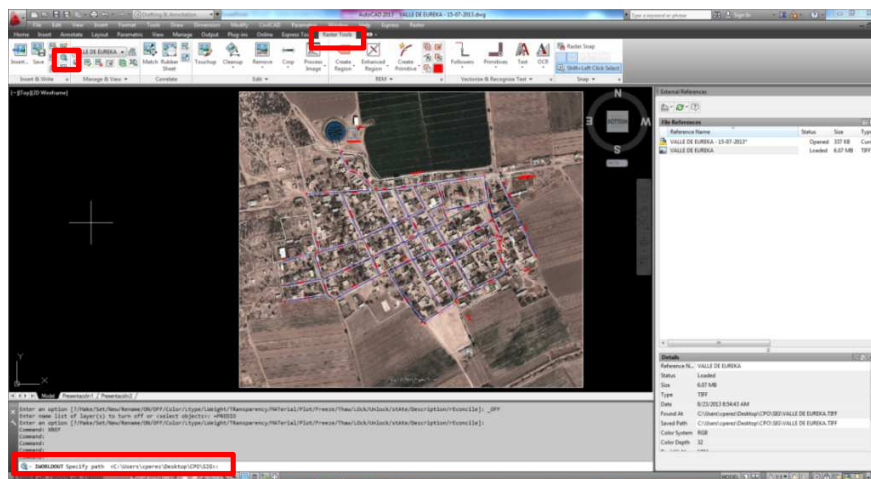


Figura 4. 7 Generación del archivo Tiff File Word.

El resultado del proceso descrito fue una imagen en formato tiff de nombre “VALLE DE EUREKA.tif” y un archivo tfw con el mismo nombre, de esta manera fue posible georeferenciar e importar la imagen en la plataforma GIS.

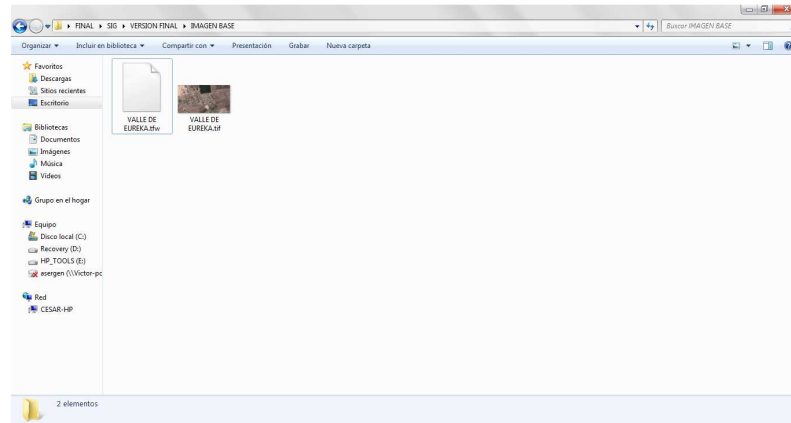


Figura 4. 8 Georeferenciación de imagen satelital

Mediante una fotointerpretación se logró delimitar cada uno de los predios que componen el Ejido Valle de Eureka dibujando una polilínea para generar un poligonal envolvente de cada uno de los predios.

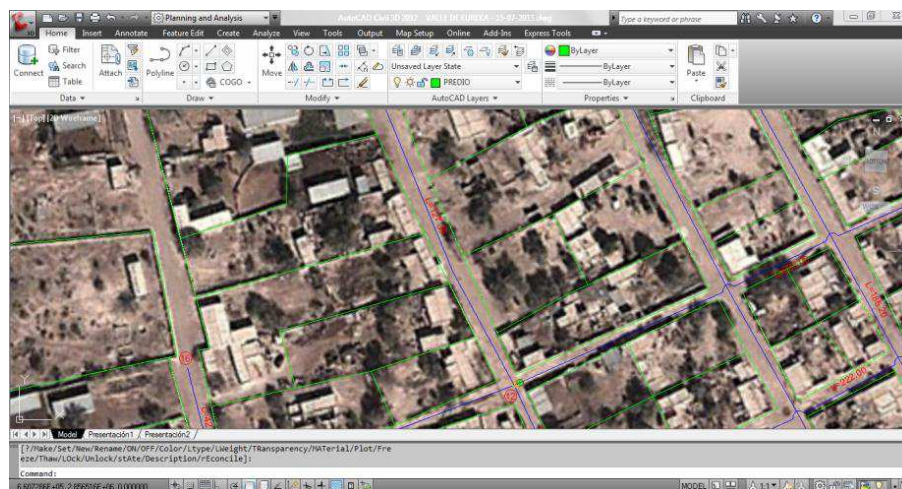


Figura 4. 9 Fotointerpretación de predios Ejido Valle de Eureka.

4.1.2 Definición de los Diccionarios de datos

Cada diccionario de datos tiene una estructura, definida conceptual y funcional, que permite integrar información de tipo vectorial, raster y alfanumérica, identificada y



caracterizada de acuerdo con las normas establecidas en los Modelos de Datos respectivos.

Diccionario de datos vectoriales

Describen los diferentes rasgos geográficos que son representados en la cartografía básica y temática del SIG, conceptualizándolos en forma de entidades que gráficamente son representadas como puntos, líneas y áreas.

Diccionario de datos raster

Contiene los elementos descriptivos de los productos que se ajustan a las estructuras de datos teselares o en rejilla, tales como ortofotos, espaciomapas y modelos digitales de elevación.

Diccionario de datos alfanuméricos

Muestra información cualitativa y cuantitativa, relacionada de manera directa o indirecta con los fenómenos geográficos referenciados espacialmente en la cartografía y en productos de tipo raster, que ha sido generada y registrada durante las actividades de gabinete y campo.

Nombre de la Capa: Predios	Tipo: Polígono
Descripción: Es la representación gráfica asociada a cada uno de los predios que componen el ejido.	
ATRIBUTOS	
Estado: estado de la república donde se localiza el proyecto Tipo de variable: TEXT Longitud: 7 caracteres.	
Municipio: municipio donde se localiza el proyecto Tipo de variable: TEXT Longitud: 13 caracteres.	
Ejido: ejido donde se localiza el proyecto Tipo de variable: TEXT Longitud: 15 caracteres.	
Usuario: nombre de la persona propietaria del predio y/o quien es titular en el contrato de suministro de agua Tipo de variable: TEXT Longitud: 80 caracteres.	
Superficie: superficie del cada uno de los predios en m2 Tipo de variable: DOUBLE Precisión: 0, SCALE=0.	



<p>Uso de suelo: uso de suelo de la zona de acuerdo a la información del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) Tipo de variable: TEXT Longitud: 25 caracteres.</p> <p>Diámetro de la toma: diámetro de la toma de agua en mm Tipo de variable SHORT INTEGER Precisión: 0</p> <p>TIPO DE TOMA: clasificación del tipo de toma que se está suministrando al predio, por el tipo de población se considera que todas son tomas individuales de tipo domestico Tipo de variable: TEXT Longitud: 15 caracteres.</p> <p>Tipo de servicio: clasificación del tipo de servicio que se presta en la localidad, puede ser de dos tipos “CUOTA FIJA” o “SERVICIO MEDIDO” Tipo de variable: TEXT Longitud: 20 caracteres.</p> <p>BX_20XX: registro histórico de pagos realizados por los usuarios donde “BX” es el bimestre del año y “20XX” es el año de registro en la que “1” significa que el usuario realizó el pago correspondiente y “0” significa que el usuario no realizó el pago correspondiente. Tipo de variable: SHORT INTEGER</p>
--

Tabla 8 Atributos de capa “Predios”.

Nombre de la Capa: Tuberías	Tipo: Lineal
Descripción: Es la representación gráfica de la red de distribución que servirá para conocer los diferentes diámetros de tubería instalados así como cantidades de tubería instalada en el sistema	
ATRIBUTOS	
<p>Clase de tubería: tipo de tubería colocada en la red de distribución Tipo de variable: TEXT Longitud: 30 caracteres.</p> <p>MATERIAL: material de la fabricación de la tubería Tipo de variable: TEXT Longitud: 20 caracteres.</p> <p>Longitud: longitud de la tubería entre nodos en metros</p>	



<p>Tipo de variable: DOUBLE Precisión: 0, SCALE=0</p> <p>DIAMETRO (mm): diámetro de la tubería en mm Tipo de variable: SHORT INTEGER Precisión: 0, SCALE=0</p> <p>DIAMETRO (in): diámetro de la tubería en pulgadas Tipo de variable: SHORT INTEGER Precisión: 0, SCALE=0</p>

Tabla 9 Atributos de capa “Tuberías”.

Nombre de la Capa: Piezas especiales	Tipo: Puntual
Descripción: Es la representación gráfica de las piezas especiales instaladas en los cruceros de la red de distribución, servirá para conocer los diferentes tipos de piezas existentes con sus diámetros respectivos así como para determinar la cantidad de piezas especiales en el sistema	
ATRIBUTOS	
<p>Material: material de fabricación de la pieza especial Tipo de variable: TEXT Longitud: 20 caracteres.</p> <p>Tipo: tipo de pieza especial Tipo de variable: TEXT Longitud: 30 caracteres.</p> <p>Clase de pieza especial: clase de pieza especial (serien inglesa RD-26) Tipo de variable: TEXT Longitud: 30 caracteres.</p> <p>Diámetro (mm): diámetro de la pieza especial en mm Tipo de variable: SHORT INTEGER Precisión: 0</p> <p>Diámetro (in): diámetro de la pieza especial en pulgadas Tipo de variable: DOUBLE Precisión: 0, SCALE=0</p>	

Tabla 10 Atributos de capa “Piezas especiales”.



Nombre de la Capa: Cruceros	Tipo: Puntual
Descripción: Es la representación gráfica los cruceros existentes en la red de distribución.	
ATRIBUTOS	
<p>X: coordenada X del crucero Tipo de variable: DOUBLE Precisión: 0, SCALE=0.</p> <p>Y: coordenada Y del crucero Tipo de variable: DOUBLE Precisión: 0, SCALE=0</p> <p>Hiperlynk: se asocia a una imagen con el tipo de crucero existente en el nodo Tipo de variable: TEXT Longitud: 250 caracteres.</p>	

Tabla 11 Atributos de capa “Nodos”.

Tipo de capa	Nombre de la capa
Polígono	Predios
Lineal	Tuberías
Puntual	Piezas especiales
Puntual	Cruceros
Imagen	Valle de Eureka

Tabla 12 Capas shape que integran el SIG.

4.2 Análisis, estandarización y procesamiento de los datos

Para facilitar el manejo y el procesamiento de la información, los diferentes componentes del sistema fueron agrupados de acuerdo a lo propuesto en la construcción de los diccionarios de datos, es decir en “PREDIOS” las entidades de tipo polígono, en “TUBERIAS” las de tipo línea diferenciándose entre ellas por medio del diámetro indicado en el proyecto y en “CRUCEROS y PIEZAS ESPECIALES” las entidades de tipo punto clasificadas de acuerdo al tipo de pieza especial instalada.

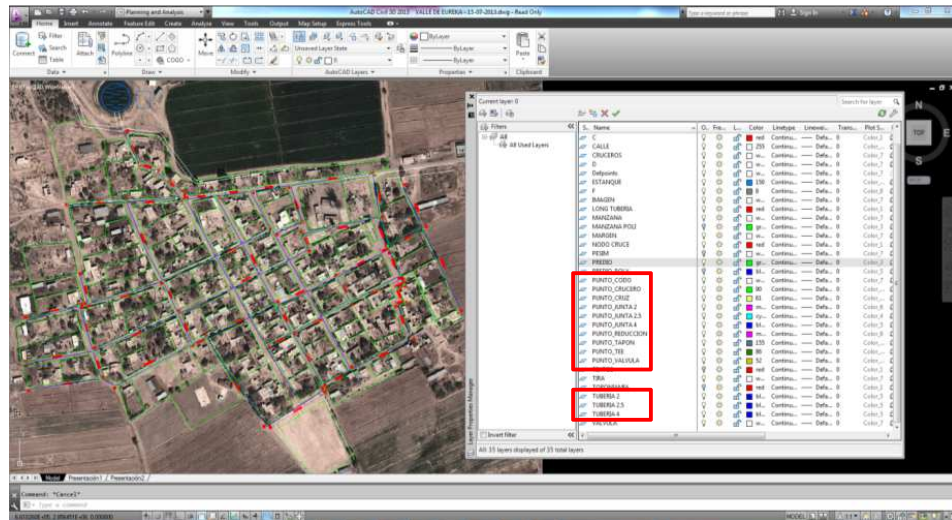


Figura 4. 10 Clasificación de las entidades de dibujo en la plataforma CAD.

Una vez que la información se clasificó correctamente, por medio del software Civil3D se crearon las capas *.shp mencionadas en los diccionarios de datos con la siguiente rutina: “Output-Map 3D Export”, seleccionando las entidades de acuerdo al tipo de capa que se quería generar, “point” para los crucesos y las piezas especiales, “line” para tuberías o “polygon” para los predios.

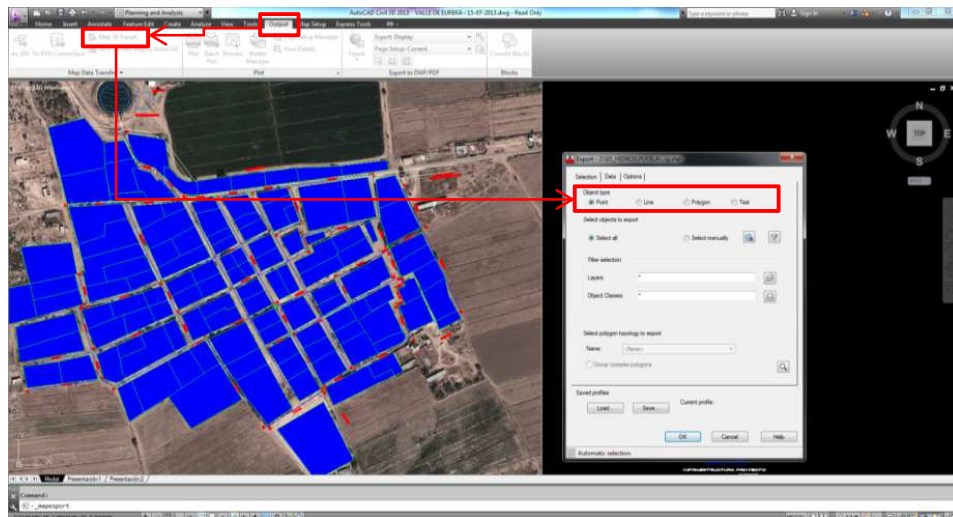


Figura 4. 11 Creación de capas Shape.

Al final la rutina descrita el producto es un archivo *.shp (shape) con sus respectivos archivos *.dbf (es el archivo con los atributos), *.prj (es el archivo que contiene la proyección UTM WGS84 zona 13 norte) y *.shx (es el archivo que almacena el índice de las entidades geométricas).

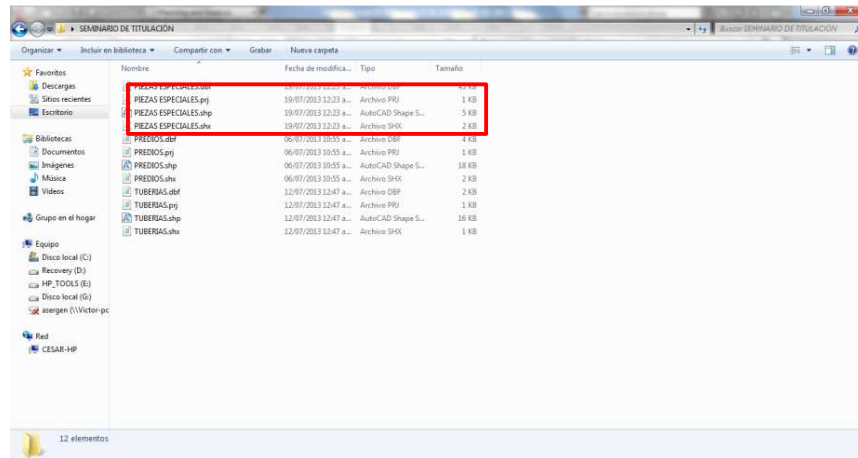


Figura 4. 12 Generación de archivos tipo shape.

4.3 Modelación de la base de datos geográfica

Los archivos *.dbf obtenidos en la creación de los archivos shape contienen los atributos de cada capa respectivamente, en el caso de la capa de tuberías al momento de crear la capa shape con el software Civil3D se incluyó de manera automática la longitud de cada una de ellas, en la capa de predios se incluyó la superficie en metros cuadrados y en el caso de los cruceros y las piezas especiales se incluyeron los datos de coordenadas X y Y.

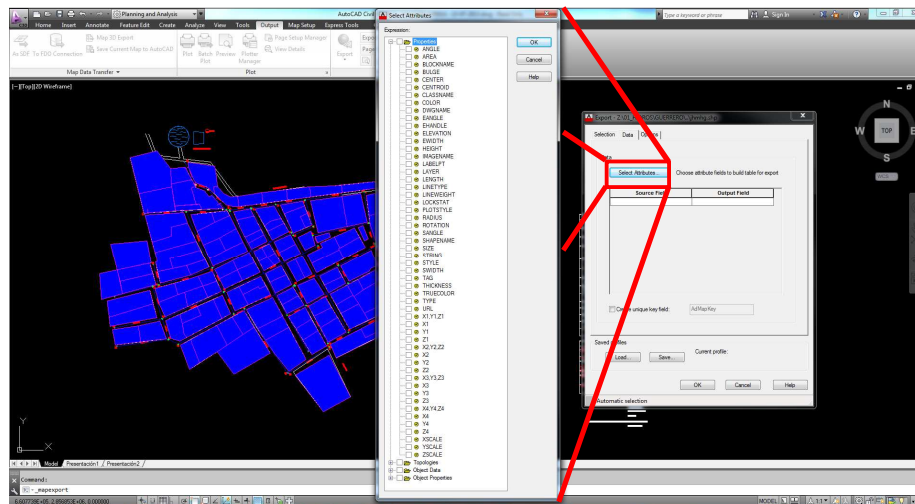


Figura 4. 13 Selección de atributos al crear archivos shape.

Tomando la información contenida en los archivos *.dbf se crearon archivos externos en formato *.xls para la construcción de las bases de datos de las diferentes capas que contiene el SIG tomando como base un valor de identificación de cada elemento contenido



en la columna FID y agregando los diferentes campos propuestos en los diccionarios de datos, posteriormente se procedió al llenado de los mismos.

En el caso de la capa de los cruceros no se realizó el proceso mencionado dado que la información mencionada en los diccionarios de datos se incluye de manera automática en la generación de la capa.

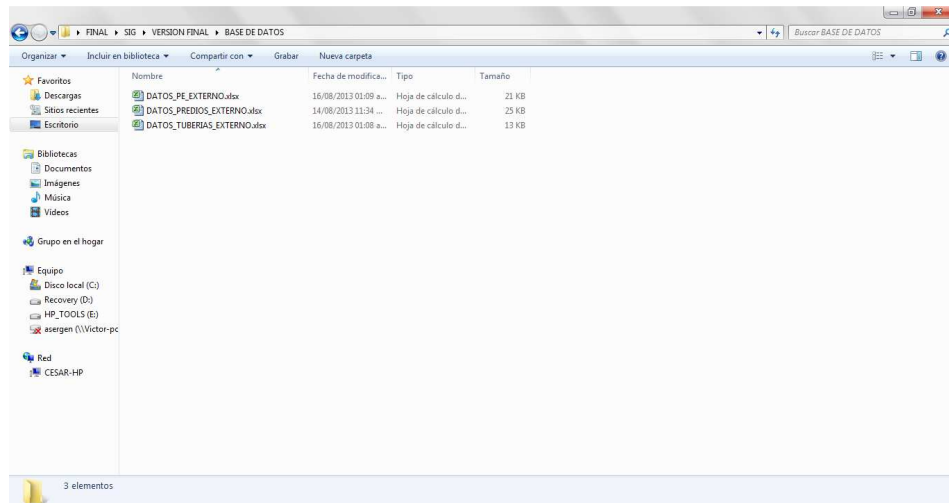


Figura 4. 14 Bases de datos externas.

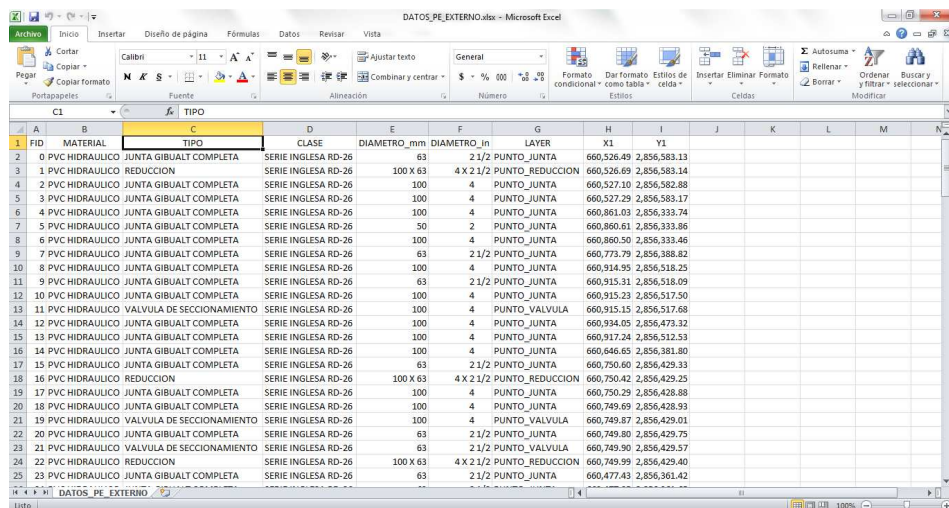


Figura 4. 15 Creación de las bases de datos.

Una vez creadas las bases de datos por medio de la función “join” del software ArcGis y tomando como base de comparación la columna FID se asociaron las bases de datos externas a las capas correspondientes.

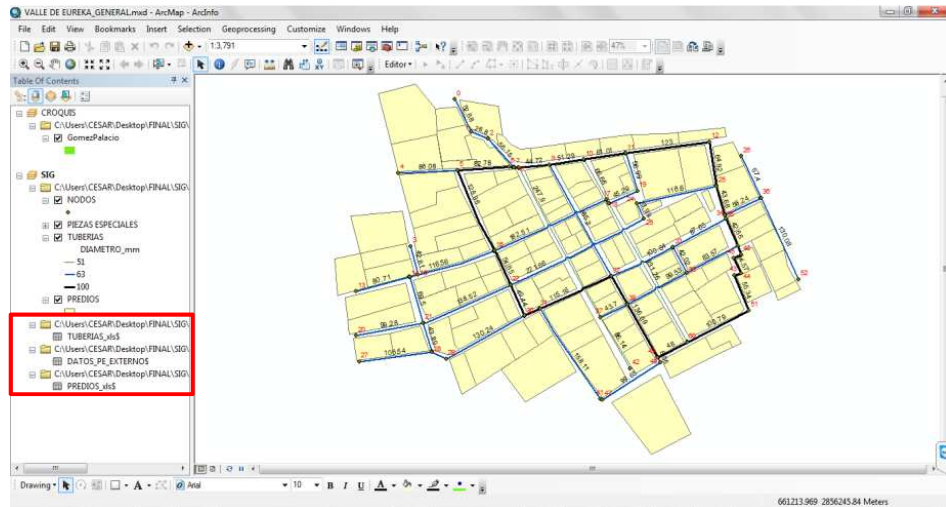


Figura 4. 16 Bases de datos externas en la plataforma SIG.

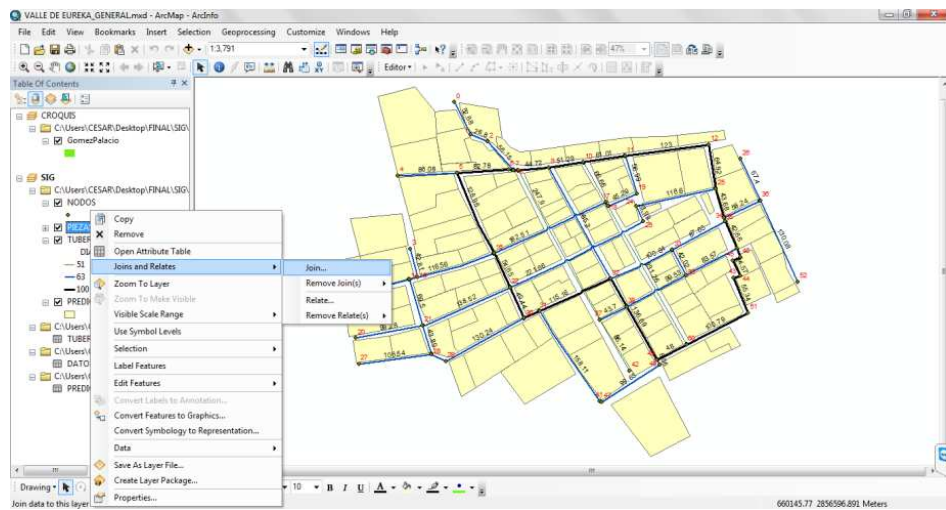


Figura 4. 17 Asociación de base de datos externa.

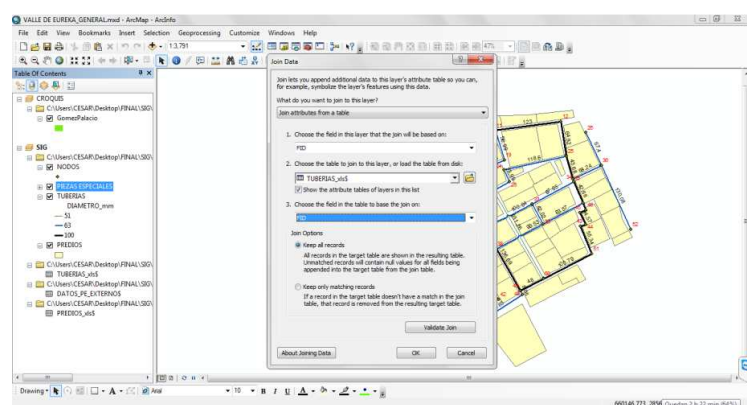
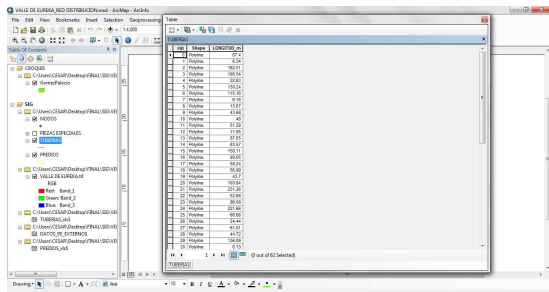


Figura 4. 18 Campos llave para la asociación de las bases de datos.



APLICANDO “JOIN”

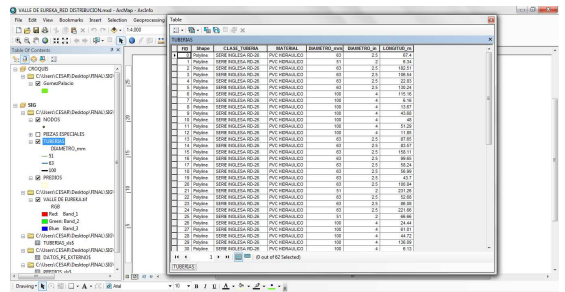


Figura 4. 19 Archivo shape sin la asociación de la base de datos externa.

Figura 4. 20 Archivo shape con la base de datos externa asociada.

De esta manera es como se asoció la información contenida en las bases de datos externas con cada una de las capas shape correspondientes.

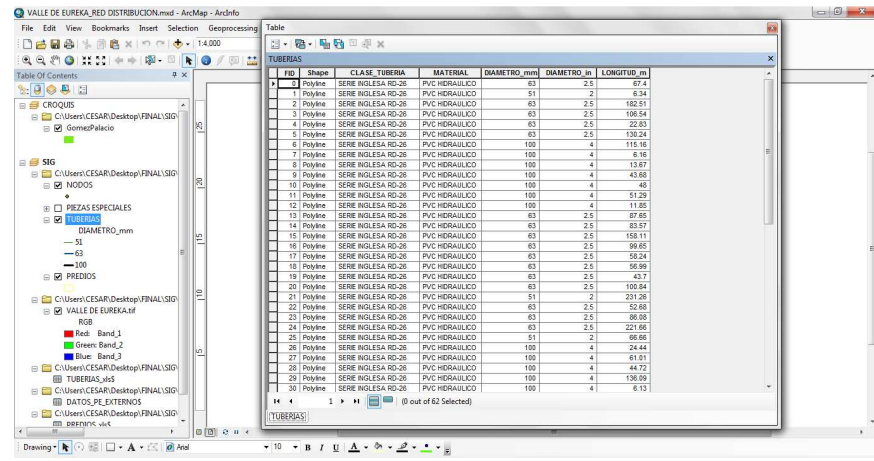


Figura 4. 21 Archivo shape con la base de datos externa asociada.

4.4 Generación de consultas y diseño de reportes

El sistema de información geográfica está estructurado de tal manera que sea posible obtener datos esenciales para la operación y mantenimiento la red de distribución de agua del Ejido Valle de Eureka ubicado en el municipio de Gómez Palacio, Durango.

Se pueden realizar consultas por atributos de cada una de las capas, en la parte del padrón de usuarios se cuenta con un registro histórico de pagos con la cual podemos determinar cuántos usuarios del total del padrón se están al corriente en sus pagos contemplando que se tiene registro de 16 pagos bimestrales comprendidos desde el año de 2011 hasta el bimestre 4 del año 2013.

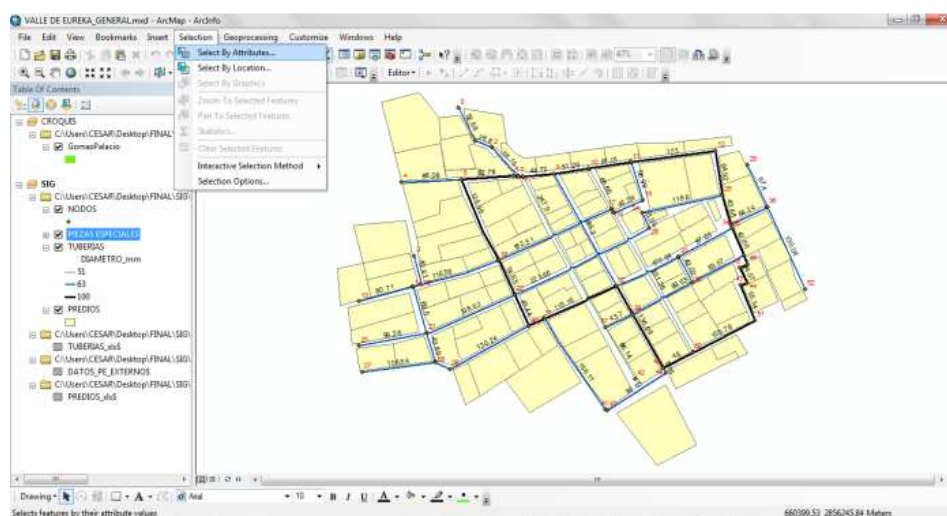


Figura 4. 22 Selección por atributos.

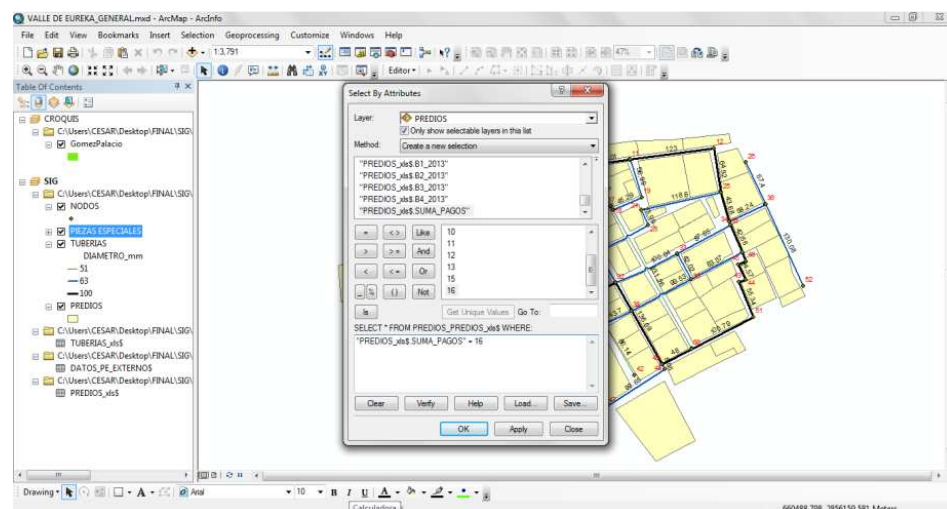


Figura 4. 23 Definición de atributos de selección.

Para la operación y mantenimiento de la red o incluso para una posible ampliación de la misma es necesario conocer la cantidad de tubería instalada, el diámetro, el tipo de tuberías o en el caso de las piezas especiales saber la cantidad de piezas especiales que están instaladas y a su vez poder clasificarlas por tipo, diámetro, material, etc., por lo tanto la modelación es capaz de generar consultas que respondan todas estas interrogantes y así poder crear un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de la red.

En el caso de las tuberías se puede determinar la cantidad total de metros lineales de tubería que está instalada y a su vez se puede saber los metros lineales instalados de cada uno de los diámetros instalados.

De igual forma se pueden realizar consultas que cuantifiquen las cantidades de piezas especiales instaladas diferenciándose por el tipo de pieza especial así como por su diámetro.

Para la presentación gráfica del SIG se elaboraron 2 vistas de impresión (layout) con la información que arrojan las consultas del SIG, la primer vista deja ver una disposición general de los predios de la localidad asociado a un padrón de usuarios incluyendo la superficie de cada uno de los predios, la vista numero dos trata de los resultados de las consultas correspondientes a las cuantificaciones de tuberías y piezas especiales dependiendo de su tipo y diámetro.

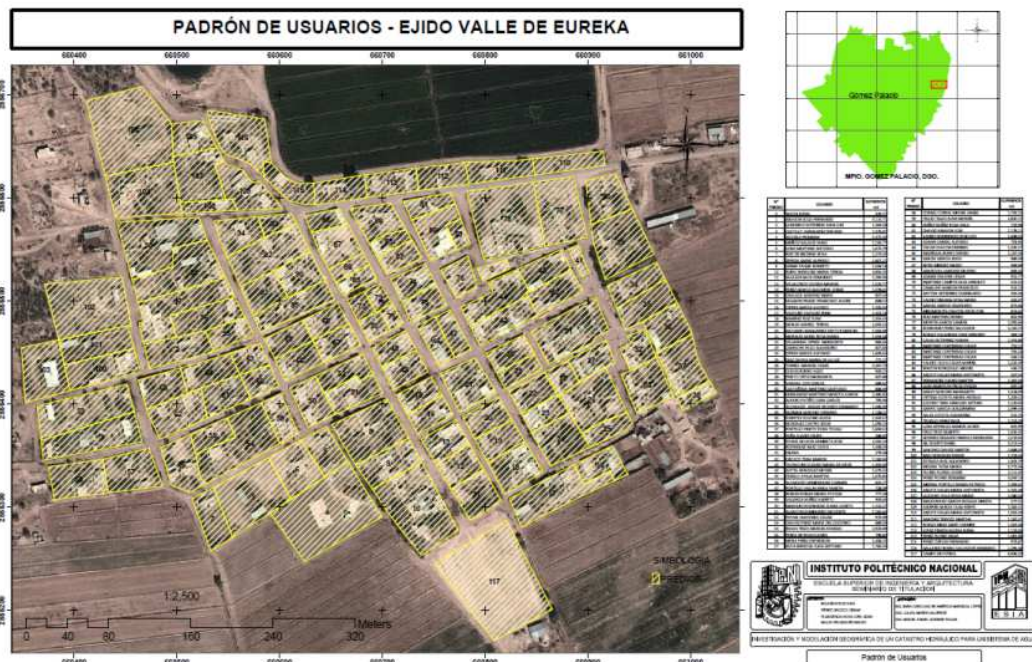


Figura 4. 24 Plano padrón de usuarios

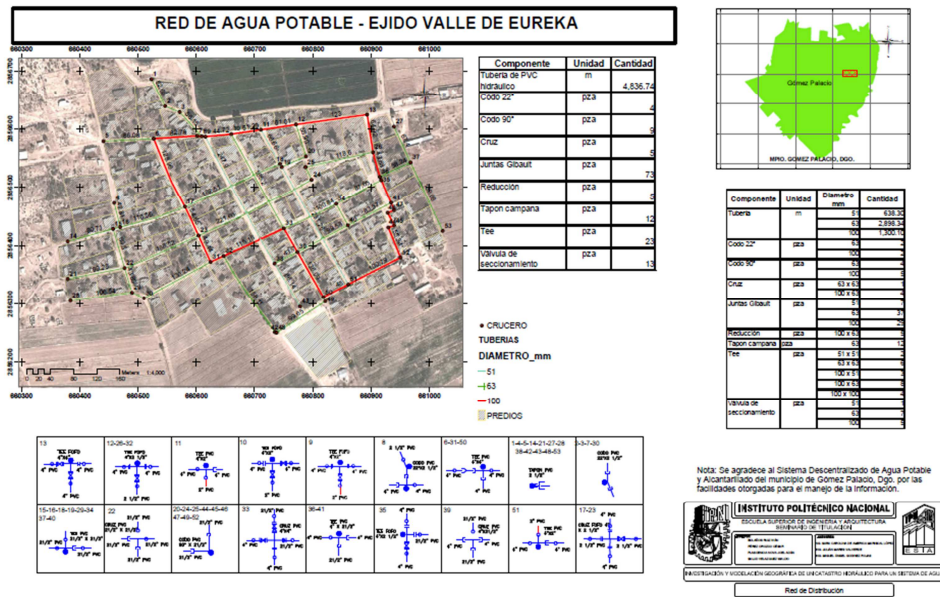
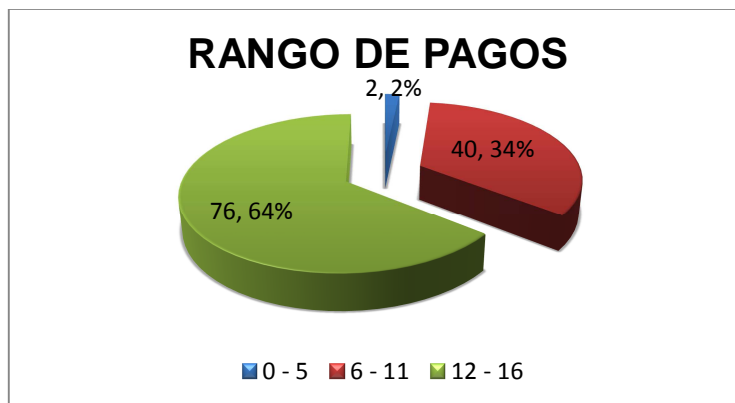


Figura 4. 25 Plano red de distribución

4.5 Generación de informe

Después del análisis de los datos contenidos en las bases de datos de cada uno de los componentes del sistema se pueden generar reportes que marquen las principales características de la red de distribución.

El historial de pagos consta de 16 pagos bimestrales comprendidos del bimestre 1 de 2011 (Enero – Febrero) al bimestre 4 de 2013 (Junio - Julio), tomando esto como referenciase se agruparon los pagos en tres diferentes rangos: de 0 a 5, 6 a 11 y 12 a 16 siendo estos el número.

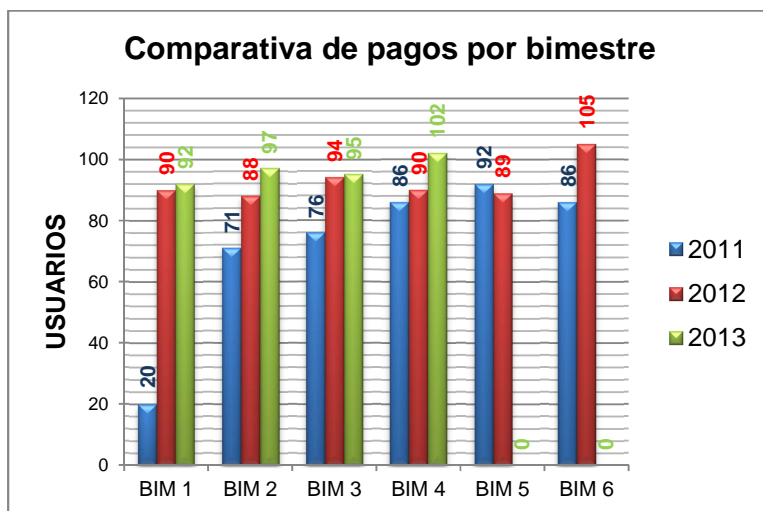


Gráfica 1 Registro de pagos



Derivado del análisis de la información podemos deducir que se cuenta con un total de 118 tomas de tipo domestico de 19 mm de diámetro con un tipo de servicio de cuota fija de las cuales el 2 % (2 tomas domiciliarias) se encuentra en un rango de 0-5 pagos realizados, 34 % (40 tomas domiciliarias) se encuentra en un rango de 6-11 pagos realizados y 64 % (76 tomas domiciliarias) se encuentra en un rango de 12-16 pagos realizados.

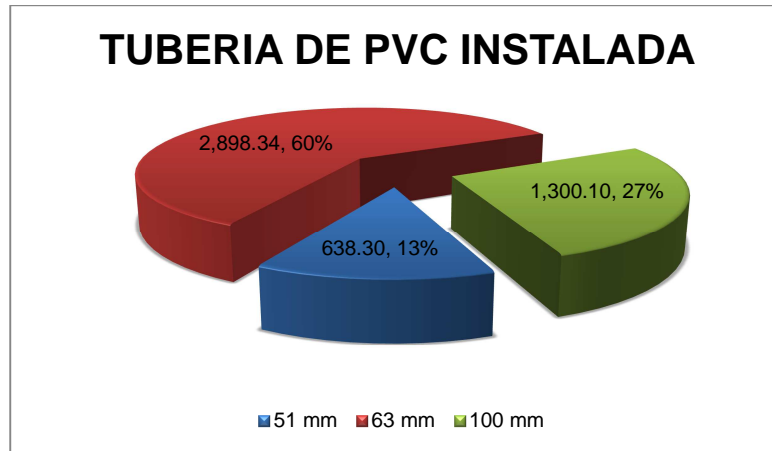
De igual forma se obtuvo una comparativa de pagos bimestrales de los años 2011, 2012 y 2013 (hasta el cuarto bimestre).



Gráfica 2 Comparativa de pagos bimestrales.

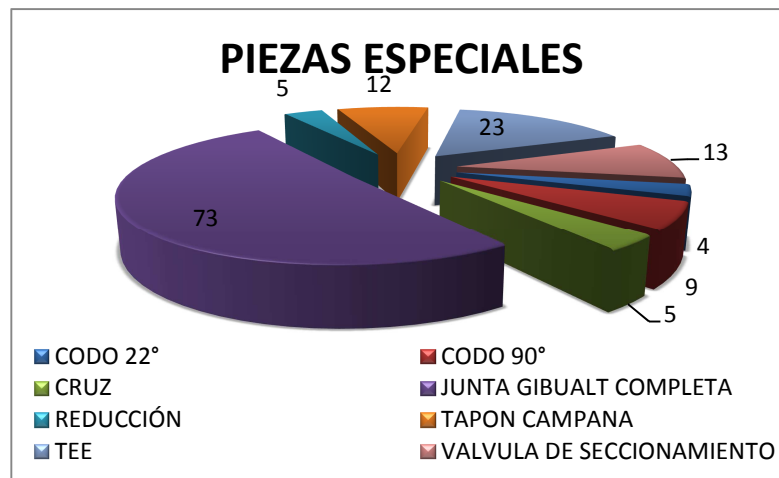
Bimestre	Número de pagos		
	2011	2012	2013
1	20	90	92
2	71	88	97
3	76	94	95
4	86	90	102
5	92	89	0
6	86	105	0

Tabla 13 Resumen de pagos bimestrales.



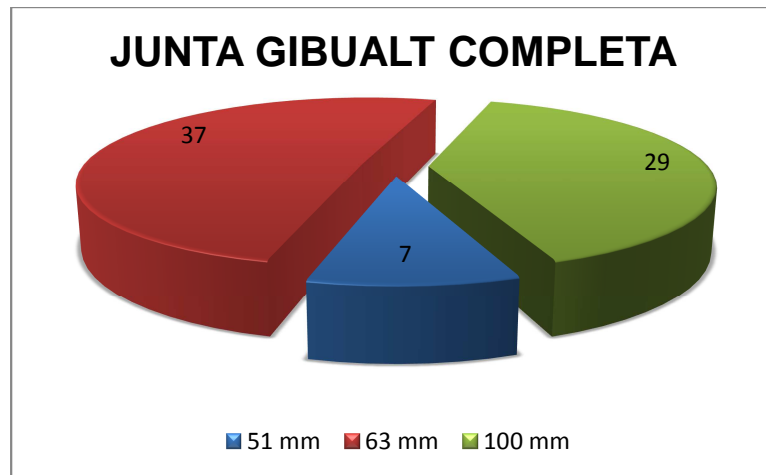
Gráfica 3 Tubería instalada.

La red de distribución tiene instalados un total de 4,836.74 m de tubería de PVC hidráulico serie inglesa RD-26 repartidos en 630.30 m (13 %) de tubería de 51 mm de diámetro, 2,898.34 m (60 %) de tubería de 63 mm de diámetro y 1,300.10 m (27 %) de tubería de 100 mm.



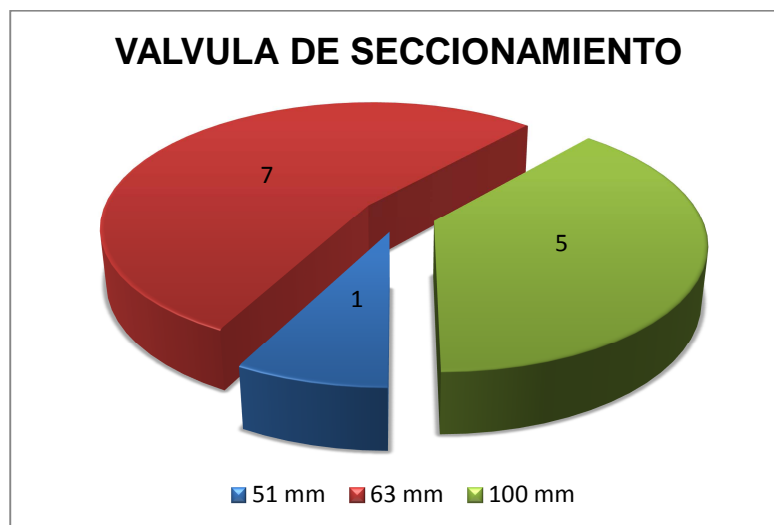
Gráfica 4 Piezas especiales instaladas.

La red de distribución cuenta con un total de 144 piezas especiales agrupadas en 8 tipos de pieza diferente como se muestra en el gráfico anterior, de esos 8 grupo, el de mayor numero son las juntas gibualt completas otras piezas de suma importancia para la red de distribución son las válvulas de seccionamiento con 13 piezas instaladas.



Gráfica 5 Juntas gibualt completa instaladas

Ya que la pieza con mayor número dentro de la red son las juntas gibualt completas se decidió realizar un reporte en donde se muestra la clasificación dependiendo del diámetro de la junta siendo la de 63 mm la de mayor número con 37, seguido de la de 100 mm con 29 piezas y por último la de 51 mm con 7 piezas.



Gráfica 6 Válvulas de seccionamiento instaladas.

En cuanto a las válvulas de seccionamiento existen 13 piezas instaladas divididas en 1 pieza de 51 mm, 7 piezas de 63 mm y 7 piezas de 100 mm.



Componente	Unidad	Diámetro mm	Cantidad
Tubería	m	51	638.30
		63	2,898.34
		100	1,300.10
Codo 22°	pza	63	2
		100	2
Codo 90°	pza	63	4
		100	5
Cruz	pza	63 x 63	1
		100 x 63	4
Juntas Gibault	pza	51	7
		63	37
		100	29
Reducción	pza	100 x 63	5
Tapón campana	pza	63	12
Tee	pza	51 x 51	2
		63 x 63	6
		100 x 51	3
		100 x 63	8
		100 x 100	4
Válvula de seccionamiento	pza	51	1
		63	7
		100	5

Tabla 14 Resumen de componentes de la red de distribución.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Conclusiones:

La elaboración de un catastro hidráulico constituye una herramienta que puede llegar a ser indispensable en la operación y mantenimiento de un sistema de distribución de agua ya que es de gran utilidad en cosas tan básicas como lo es el generar un padrón de usuarios pasando por una cuantificación de los diferentes elementos que componen la red o incluso para cosas más complejas como puede ser un control de pagos histórico por usuario y así poder determinar si el organismo operador está recaudando lo suficiente como para operar, mantener y en algunos casos ampliar la red de distribución o incluso un control de consumos de agua en el caso de que la red cuente con medidores.

La metodología con la que se elaboró el presente caso práctico puede ser implementada por cualquier organismo operador o dependencia correspondiente a cualquier nivel de gobierno o si es el caso en la iniciativa privada con un beneficio económico considerable ya que con la ayuda de software comercial y con la implementación de imágenes de satélite se puede generar la información suficiente para la construcción de un sistema de información geográfica.

Recomendaciones:

Para la implementación de un sistema de información geográfica lo primero que se debe de tomar en cuenta es hasta donde se quiere llegar o qué tipo de información se desea obtener.

Las bases de datos que se generen durante la construcción del sistema deben de mantenerse actualizadas ya que con esto los resultados arrojados por el sistema se mantendrán los más apegados a la realidad de la red de distribución.

Para que el sistema de información geográfica funcione de manera adecuada se deberá tener una excelente coordinación entre las diferentes áreas técnicas y/o administrativas que hagan uso del sistema esto con la finalidad de garantizar el flujo de la información así como la retroalimentación y mejoramiento del mismo sistema.



BIBLIOGRAFÍA

- Bosques Sendra, J. (1992). *Sistemas de Información Geográficos*. Madrid: Rialp.
- Buenfil Rodríguez, M. O. (Septiembre de 2009). AGUA Guía para Organismos Operadores Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. México, D.F., México.
- C.N.A. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. D.F, México.
- C.N.A, S. (Diciembre de 2005). *Comision Nacional del Agua*. Recuperado el 12 de Junio de 2013, de <http://www.cna.gob.mx>
- De la Fuente Severino, J. L. (2000). *Planeación y Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable*. México, D.F.
- De la Fuente, S. J. (2000). *Planeación y Diseño de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable*. México, D.F.
- García Márquez, F. (1994). *Curso Básico de Topografía: Planimetría, Agrimensura y Altimetría*. México: Árbol.
- García Márquez, F. (2005). *El topógrafo descalzo*. México: PaxMéxico.
- Gutiérrez Puebla, J., & Gould, M. (1994). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Síntesis.
- INEGI. (7 de Mayo de 1993). *INEGI*. Recuperado el 2 de Agosto de 2013, de Geografía: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/default.aspx>
- Ministerio de Desarrollo Económico. (Noviembre de 2000). Tratamiento de Aguas Residuales. Bogota, Colombia.
- Montes de Oca, M. (1996). *Topografía*. México: Alfaomega.
- Ortiz Rico, G. (2006). *INEGI*. Recuperado el 18 de Junio de 2013, de Geografía: <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/español/prensa/articulos/geografica/sig2006.pdf>
- Sánchez Segura, A. (2001). *Proyecto de Sistemas de Alcantarillado*. México, D.F.: IPN.
- Sánchez, S. A. (2001). *Proyecto de Sistemas de Alcantarillado*. México, D.F.: IPN.
- Toscano, R. (1970). *Métodos Topográficos*. México: Porrúa.