

Andrea Mancheno Herrera / Michelle Vásquez Cruz
Miguel Araque Arellano

Hidráulica y ambiente



Hidráulica y ambiente

*Andrea Mancheno Herrera
Michelle Vásquez Cruz
Miguel Araque Arellano*

Hidráulica y ambiente



ABYA | UNIVERSIDAD
YALA | POLITÉCNICA
SALESIANA

2018

Hidráulica y ambiente

©*Andrea Mancheno Herrera, Michelle Vásconez Cruz y Miguel Araque Arellano*

1era. Edición: Universidad Politécnica Salesiana
Av. Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja
Casilla: 2074
P.B.X.: (+593 7) 2050000
Fax: (+593 7) 4088958
e-mail: rpublicas@ups.edu.ec
www.ups.edu.ec

Área de Ciencias de la Vida
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Casilla: 2074
P.B.X.: (+593 7) 2050000
Cuenca-Ecuador

Derechos
de autor: 052884

ISBN: 978-9978-10-293-0

Tiraje: 300 ejemplares

Diseño,
Diagramación
e Impresión: Editorial Abya-Yala
Quito-Ecuador

Impreso en Quito-Ecuador, febrero 2018

Publicación arbitrada de la Universidad Politécnica Salesiana

Índice

Prefacio	11
Capítulo 1	
1.1. Reseña histórica.....	13
1.2. Diseño de canales de conducción.....	15
1.2.1. Secciones características	16
1.2.2. Régimen de flujo	18
1.2.3. Clasificación de los canales.....	23
1.2.4. Elementos cinéticos y dinámicos de un canal.....	25
1.2.5. Diseño en planta de un canal	25
1.2.6. Radio mínimo de un canal	26
1.3. Diseño de canales de conducción.....	27
Capítulo 2	
2.1. Glosario de términos hidráulicos.....	43
2.2. Banco de preguntas de hidráulica	50
Capítulo 3	
Generalidades del ambiente	
3.1. Introducción	55
3.2. El medio ambiente.....	55
3.3. El recurso agua a nivel mundial	59
3.4. Aguas subterráneas.....	63
3.5. Agua dulce superficial	67
3.6. Ambiente como un factor de riesgo	67
Capítulo 4	
Principales problemas ambientales a nivel global	
4.1. Introducción	71
4.2. Problemas ambientales a nivel global	75
4.2.4. Explosión demográfica.....	79
4.2.5. Pérdida de biodiversidad biológica	82

Capítulo 5
Principales impactos de las represas hidroeléctricas

5.1. Principales impactos sociales.....	87
5.2. Principales impactos ambientales.....	88
5.3. Preguntas casos de estudio.....	90

Capítulo 6

6.1. Glosario de términos ambientales	93
--	-----------

Capítulo 7
Diseño de sistemas hidráulicos a presión

7.1. Introducción.....	99
7.2. Parámetros de diseño	99
7.2.1. Levantamiento topográfico.....	99
7.2.2. Período de diseño	102
7.2.3. Estimación de la población futura.....	103
7.2.4. Métodos matemáticos para calcular la población futura.....	103
7.3. Caudales de diseño	107
7.3.1. Dotaciones	107
7.3.2. Caudal medio diario.....	109
7.3.3. Caudal máximo diario.....	109
7.3.4. Caudal máximo horario	109
7.4. Tanques de almacenamiento	110
7.4.1. Introducción.....	110
7.4.2. Volumen de almacenamiento.....	112
7.4.3. Volumen contra incendios.....	113
7.4.4. Volumen de emergencia.....	113
7.4.5. Volumen total.....	114
7.5. Redes de distribución	114
7.5.1. Introducción	114
7.5.2. Objetivos.....	115
7.5.3. Información básica para el diseño de la red.....	115
7.5.4. Determinación del caudal de diseño y presiones	116
7.5.5. Recomendaciones de la red contra incendios.....	117
7.5.6. Diseño de la red de distribución	122
7.6. Evaluación de impactos ambientales	132
7.6.1. Antecedentes	132
7.6.2. Definiciones.....	132
7.6.3. Ámbito de aplicación.....	133
7.6.4. Objetivos de la Evaluación del Impacto Ambiental	133
7.6.5. Factores ambientales.....	133
Bibliografía.....	139

*Sin confianza y amor
no puede haber una buena educación.
Eduquemos a los jóvenes para ser
buenos cristianos
y honrados ciudadanos*

(Don Bosco 1815-1888)

*Andrea: con amor para Piedad
Michelle: a mi padre Amid Vásquez
y a mi madre Sandra Cruz
Miguel: a mi esposa Fanicita*

Prefacio

Los autores de esta obra conscientes de la importancia en la actualidad del ambiente y su íntimo nexo con la hidráulica básica, hemos escrito esta obra basada en libros reconocidos a nivel latinoamericano y en nuestro país, así como nuestras experiencias profesionales y en el campo de la docencia en la Universidad Politécnica Salesiana.

En este contexto esta obra, en su primer capítulo abarca conceptos elementales de la introducción a la hidráulica y al diseño de obras de conducción, basados en la experiencia de los autores en proyectos de ingeniería civil y recursos hidrológicos sustentados en una bibliografía adecuada.

En el segundo capítulo se presenta un glosario de términos hidráulicos que consideramos es de mucha utilidad para las personas que se encuentran iniciando su conocimiento de la ingeniería hidráulica aplicada al ambiente.

En el tercer capítulo se realiza un estudio del ambiente, el recurso agua a nivel mundial, el agua dulce superficial, el agua subterránea y los factores de riesgo que deben ser tomados en cuenta.

En el capítulo cuatro se desarrolla todo lo relacionado a los problemas ambientales a nivel global como son: agujero de ozono, lluvia ácida, cambio climático, explosión demográfica y pérdida de la biodiversidad biológica.

En el capítulo cinco se aborda el tema de los impactos ambientales en presas hidroeléctricas, consideramos este tema de importancia actual debido a que en nuestro país se ha cambiado la matriz de generación eléctrica. Finalmente en el capítulo seis se presenta un glosario de términos ambientales.

Expresamos nuestra gratitud a todas las personas que han colaborado en la culminación de la elaboración de este libro, efectuamos una mención especial a la Dra. Karina Pazmiño, Directora de Carrera de Ingeniería Ambiental. De igual forma, expresamos nuestro agradecimiento a las autoridades de la Universidad Politécnica Salesiana por darnos la oportunidad de publicarlo.

Capítulo 1

Introducción a la Hidráulica

1.1. Reseña histórica

A continuación se realiza una reseña histórica de las personalidades que a través de sus investigaciones desarrolladas en la hidráulica e hidráulica experimental han contribuido en el enriquecimiento teórico y progreso de esta materia, la misma que es utilizada para el aprovechamiento del recurso agua para garantizar el bienestar de la población a nivel mundial.

Leonardo Da Vinci: (1452-1519). Pintor, arquitecto, ingeniero, escultor y escritor ha sorprendido por la extensa gama de investigaciones, es así, que sus obras científicas considera temas como hidráulica, mecánica, óptica, botánica, geología, astronomía.

Leonardo solía escribir los llamados Códices, uno de ellos, constituidos por 36 folios denominado Códice Leicester, está dedicado al estudio de la hidráulica considerando temas como: resistencia de los fluidos, el movimiento y medida del agua, las olas en el agua, la destructiva fuerza del agua, los cuerpos flotantes, remolinos, flujo en tuberías y maquinas hidráulicas. A partir de sus observaciones experimentales descubrió: la distribución de velocidades en un vórtice, los perfiles de flujo libre, la formación de remolinos y los saltos hidráulicos.

Sin duda el aporte científico más importante de Leonardo fue el descubrimiento de la ecuación de continuidad. Sus manuscritos fueron tomados como base para las investigaciones científicas realizados por Descartes, Pascal y Huygens. El 2 de mayo de 1519 muere Leonardo en Cloux y en su testamento lega a su discípulo Melzi todos sus libros, manuscritos y dibujos.

Galileo Galilei: (1564-1642). Nace en Pisa, su padre era músico y él a más de heredar el espíritu liberal de su padre también gusto por la música y es así que tocaba el laúd. Él estudió las matemáticas de una forma autodidacta pero realizó estudios de medicina en la Universidad de Pisa.

El aporte científico más importante en el campo de la hidráulica es en los estudios de la cinemática, estudios sobre la fuerza de tensión de los líquidos. En 1612 escribe un libro de fundamentos de la hidrostática, estudio la flotación de los cuerpos, la balanza hidráulica y la fuerza que generan los líquidos. Mediante el estudio experimental de la hidráulica consigue establecer la metodología para determinar el peso específico de los cuerpos en agua.

En 1642, fallece en Arcetri, acompañado de sus dos discípulos Vincenzo Viviani y Evangelista Torricelli; casi 100 años después de su muerte construyen un mausoleo en su honor en la Iglesia Santa Cruz de Florencia.

Benedetto Castelle: (1577-1644). Nace en el seno de una familia muy conflictiva por lo cual a la edad de 18 años decide unirse a la orden de los benedictinos y de ahí el nombre que adopta para él. Vivió en Florencia y empieza a interesarse por la hidráulica en el momento que es discípulo de Galileo Galilei. Fue tanto su interés por la hidráulica que en el año de 1628 escribe un libro *Las medidas de las corrientes de agua* que es un trabajo sobre los fluidos en movimiento.

Entre sus estudios científicos en el área de la hidráulica más destacados podemos mencionar: la velocidad de salida de los chorros, velocidad de salida del agua de los elementos reguladores, fue el inventor de la ventosa y el primero en realizar el registro en un pluviómetro.

Murió en el año de 1644 en Roma en el Monasterio de S. Calisto y está enterrado en la Basílica de San Paolo Fuoti le Mura.

Evangelista Torricelli: (1608-1647). Nació en la ciudad de Faenza, Italia, estudió matemáticas y filosofía en un colegio de jesuitas hasta la edad de 18 años, desde muy temprana edad ya comienza a realizar aportes en el área de las matemáticas es así que determina el centro de gravedad del cicloide. Conjuntamente con su colega Vincenzo Viviani y luego de realizar una investigación experimental, logra medir la presión atmosférica, demostró que el aire es un fluido gaseoso que nos rodea.

Evangelista fue un escritor incansable y es así que en el año de 1644 publicó *Ópera geométrica*, obra en la cual presenta sus investigaciones sobre el movimiento parabólico de proyectiles y los fenómenos que ha encontrado sobre la mecánica de fluidos. En otra de sus obras *De motun gravium* logra determinar la fórmula para calcular el caudal en orificios, estudio que le acreditó como fundador de la hidrodinámica.

Lamentablemente, muchos de sus trabajos científicos no fueron publicados y falleció a los 39 años al contraer la fiebre tifoidea.

Doménico Guglielmini: (1655-1710). Nació en Bologna estudio matemáticas y medicina en su ciudad natal, es considerado el padre de la hidráulica fluvial debido a su obra *Della natura de fiumi* (La naturaleza de los ríos). Toda su investigación científica estuvo basada en el método de observación experimental, es así que en sus documentos de trabajo se puede observar varios gráficos de perfiles de flujo, ahora conocidos como flujo en canales abiertos.

A Doménico se le atribuye toda la teoría hidráulica de canales abiertos debido a que determinó el flujo uniforme en los mismos, y la variación que existe en la velocidad de los canales en el momento que se incrementa su pendiente longitudinal. Además propuso las fórmulas hidráulicas para determinar el arrastre de partículas en cauces naturales. Otro libro que le acredita como el padre de la hidráulica fluvial es *Aquarum fluentium mensura nova direct inquisita* (Nuevo método para la medición de las aguas que fluyen) publicado en 1697. Aunque tuvo una vida muy corta su investigación científica en el campo de la hidráulica fue muy valiosa y en la actualidad su obra no es muy reconocida, falleció a la edad de 54 años debido a un derrame cerebral.

Osborne Reynolds (1842-1912). Nació en Belfast Irlanda del Norte, ingeniero y físico realizó contribuciones muy importantes en el campo de la hidrodinámica y dinámica de fluidos. Su investigación científica sobre las condiciones de circulación de fluidos aparece por primera vez en 1883 en su artículo titulado "An Experimental Investigation of the Circumstances Which Determine Whether the Motion of Water in Parallel Channels Shall Be direct Sinuous and of the Law of Resistance in Parallel Channels".

Williams Froude (1810-1879). Nació en Dartington Inglaterra ingeniero hidráulico y arquitecto naval, inventó el primer freno hidráulico industrial e investigó temas relacionadas con la navegación que enfoca en la estabilidad de los barcos y la resistencia que ejerce el agua. Estudió las fuerzas inerciales y gravitatorias que se producen en el movimiento de un fluido en canales siendo su principal aporte científico el número de Froude.

1.2. Diseño de canales de conducción

Los canales de conducción son obras hidráulicas construidas por el hombre cuyo objetivo principal es el aprovechamiento del agua dulce para el consumo humano y obras de riego.

1.2.1. Secciones características

Los canales de conducción pueden tener diferentes secciones transversales, entre las más utilizadas tenemos:

Sección rectangular:



Sección triangular:



Sección trapezoidal:



Sección natural:

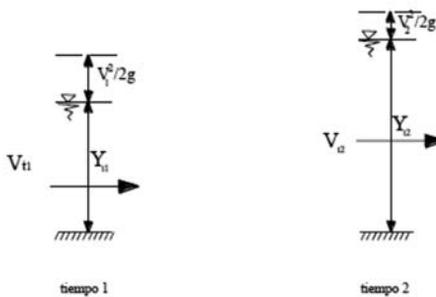


1.2.2. Régimen de flujo

Los canales hidráulicos tienen los siguientes regímenes de flujo:

- a) Flujo permanente: Se caracteriza porque los parámetros hidráulicos calado de agua, área de flujo y velocidad de flujo se mantienen constantes en el tiempo, es decir la velocidad permanece constante.

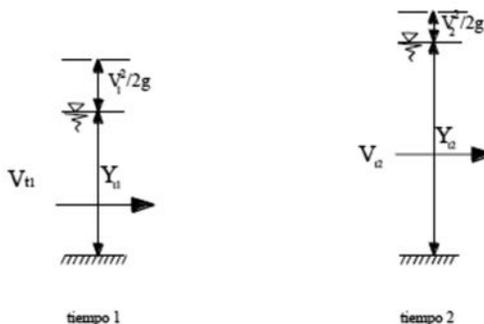
Figura No. 1. Esquema flujo permanente



Fuente: <https://www.slideshare.net/juank84/laboratorio-de-hidraulica-de-canales>

- b) Flujo no permanente: Se caracteriza porque los parámetros hidráulicos calado de agua, área de flujo y velocidad de flujo no se mantienen constantes en el tiempo, es decir la velocidad varía en función del tiempo.

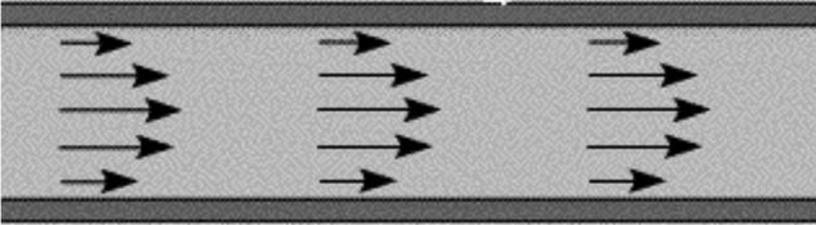
Figura No. 2. Esquema flujo no permanente



Fuente: <https://www.slideshare.net/juank84/laboratorio-de-hidraulica-de-canales>

- c) Flujo laminar: Es un flujo que se caracteriza por ser ordenado, estratificado y suave, es decir, el fluido se mueve en láminas paralelas. Tiene una alta viscosidad y las velocidades son bajas.

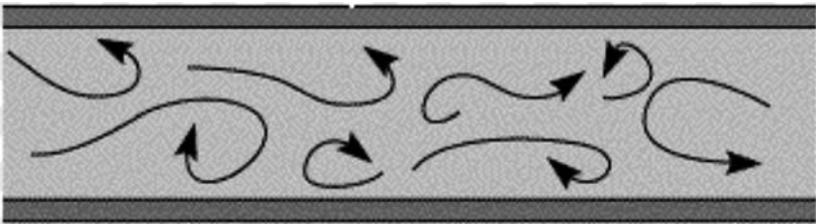
Figura No. 3. Esquema de flujo laminar



Fuente: <http://slideplayer.es/slide/11783227/>

- d) Flujo turbulento: Es el movimiento de un fluido en forma caótica, en las cuales tanto la trayectoria y el movimiento de las partículas se realiza de una forma desordenada. Fue el matemático ruso Andrei Kolmogorow quien formuló las primeras explicaciones científicas sobre el movimiento turbulento de un fluido, aunque la teoría moderna fue propuesta por David Ruelle.

Figura No. 4. Esquema de flujo turbulento



Fuente: <http://slideplayer.es/slide/11783227/>

Es necesario definir el número de Reynolds que es la relación de las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas presentes en un fluido. Es un valor adimensional.

$$Re = \frac{v * D}{\mu}$$

En donde: Fr = número de Froude es adimensional
 v = velocidad de flujo
 g = aceleración de la gravedad
 Yn = calado de agua en el canal

- f) Flujo crítico: Este tipo de flujo en canales de conducción se caracteriza por ser un flujo inestable, en la cual ninguna de los dos fuerzas tanto la gravitatoria como las fuerzas inerciales no prevalecen y es por ese motivo su inestabilidad. Al obtener el número de Froude su valor es igual a 1.
- g) Flujo supercrítico: Este tipo de flujo en canales de conducción se caracteriza porque las fuerzas inerciales prevalecen sobre las fuerzas gravitatorias. Al obtener el número de Froude su valor es mayor a 1. Las estructuras hidráulicas es recomendado que no se diseñen con flujo supercrítico por las altas velocidades de flujo que se obtienen y por la erosión que provoca dicha velocidad de flujo.

La energía de la corriente en una sección previamente determinada es igual a la suma del nivel de referencia, la suma de la altura de calado de agua y la altura de velocidad. La expresión queda de la siguiente forma:

$$\text{Energía} = z + Y_n + \beta \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

En donde: z = Plano de referencia
 Yn = Calado de agua en el canal de conducción (m)
 β = coeficiente de coriolis
 V = velocidad de flujo en la sección transversal (m/seg)
 g = aceleración de la gravedad (m/seg²)

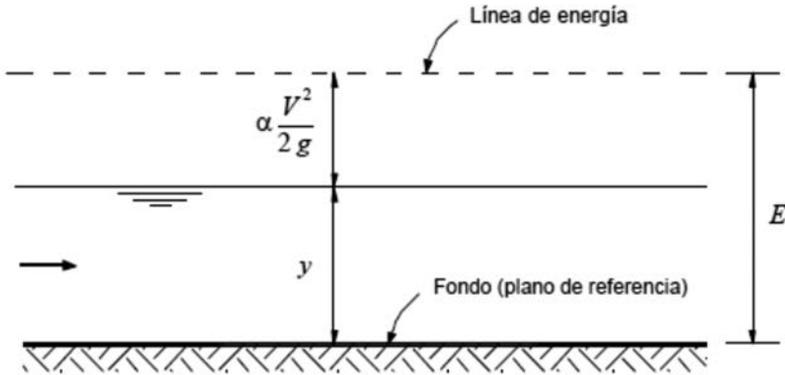
Si el plano de referencia es el fondo del canal, la ecuación queda de la siguiente forma:

$$\text{Energía} = Y_n + \beta \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Es recomendable que en el diseño de canales de conducción se considere que el coeficiente de coriolis “ β ” puede ser considerado como la unidad, en consecuencia la ecuación queda de la siguiente forma:

$$\text{Energía} = Y_n + \beta \frac{V^2}{2 * g}$$

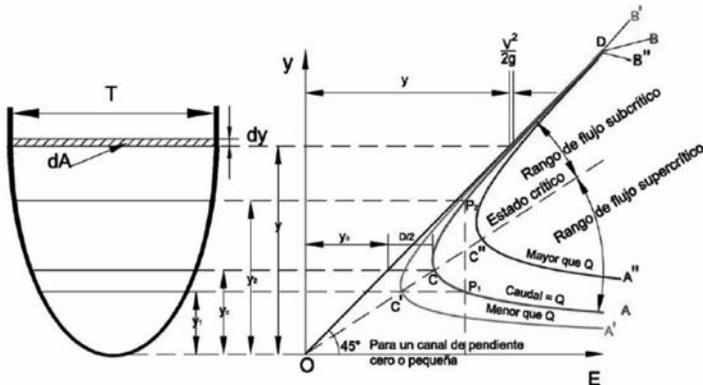
Figura No. 5. Interpretación gráfica de la energía específica



Fuente: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/02/energia-especifica.html>

A continuación se presenta el gráfico de la energía específica cuando se considera que el gasto en el canal es constante.

Gráfico No. 6. Representación de la curva específica



Fuente: <http://www.cuevadelcivil.com/2011/02/energia-especifica.html>

La curva de color verde representa los valores obtenidos con un caudal menor que el caudal del gráfico original que se representa con la curva roja y la curva de color azul representa los valores obtenidos con un caudal mayor que el caudal original considerado.

Adicionalmente al gráfico de la curva específica podemos obtener los siguientes criterios de diseño hidráulico:

- Cuando el calado de agua en un canal de conducción es mayor que el calado crítico, la velocidad de flujo es menor que la velocidad crítica y por consiguiente el flujo es subcrítico.

$$\frac{v_1^2}{2 \cdot g} > \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \text{ se tiene el flujo subcrítico}$$

- Cuando el calado de agua en un canal de conducción es menor que el calado crítico, la velocidad de flujo es mayor que la velocidad crítica y por consiguiente el flujo es supercrítico.

$$\frac{v_1^2}{2 \cdot g} < \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \text{ se tiene el flujo supercrítico}$$

1.2.3. Clasificación de los canales

Existen diversas ópticas para clasificar los canales de conducción, consideramos la clasificación de canales en sistemas de riego.

Esta clasificación es la más utilizada considerando, que en nuestro país, la agricultura es una actividad económica importante asegurando de esta manera la seguridad alimentaria de la población.

Para que el diseño hidráulico de un sistema de riego funcione de manera óptima debe cumplir los siguientes requisitos:

- Operación sencilla del sistema de riego
- Costos bajos de operación y mantenimiento
- Pérdidas mínimas por operación del sistema de captación
- Pérdidas mínimas por operación del sistema de conducción
- Pérdidas mínimas en la distribución
- Poseer elementos hidráulicos que impiden el desborde de los canales

- Administración del sistema de riego considerando a sus usuarios
- Impedir el robo de agua

Es necesario que el diseño del canal de riego sea diseñado tanto en planta como en corte, por lo que es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros técnicos:

- Kilometraje
 - Cotas del terreno
 - Tipos de las obras de arte en el canal
 - Número de las obras de arte en el canal
 - Pendiente del fondo del canal
 - Cota del nivel de agua en el canal
 - Dimensiones del canal
 - Secciones del canal
 - Transiciones del canal
 - Área irrigada por el canal de riego
 - Velocidad y tirante máximo
 - Caudal de diseño
 - Ancho de la plataforma
 - Radios mínimos de curvaturas
 - Tipo de suelo
- a) Canal de primer orden: Conocido como canal principal, se localiza desde la captación que puede ser un río, un lago o un manantial y recorre por la parte central del proyecto de riego, se caracteriza por estar diseñado con una pendiente mínima y en todo su recorrido se diseñan y construyen pequeñas obras de captación que conectan con los canales secundarios.
- b) Canal segundo orden: Llamados canales laterales, tienen su inicio en las pequeñas obras de captación construidas en el canal principal y se desplazan hacia las unidades de riego o parcelas. Se caracterizan por tener pendientes longitudinales variables y su funcionamiento es intermitente tomando

en cuenta que el riego de los cultivos se realiza en períodos específicos y en un tiempo determinado.

- c) Canal de tercer orden: Llamados también canales de finca, son aquellos que conducen el agua desde las tomas de finca hasta la zona de los cultivos. Por lo general estos canales no tienen revestimiento y la velocidad de flujo son bajas.

1.2.4. Elementos cinéticos y dinámicos de un canal

A continuación se presenta los elementos cinéticos y dinámicos de un canal de conducción:

Elementos cinéticos:

- a. Caudal medido en m^3/seg
- b. Caudal unitario medido en $\text{m}^3/\text{seg}/\text{m}$
- c. Velocidad media medido en m/seg
- d. Velocidad puntual medido en m/seg

Elementos dinámicos:

- a. Coeficiente de rugosidad de Manning
- b. Pendiente hidráulica del canal

1.2.5. Diseño en planta de un canal

El diseño en planta de un canal de conducción es similar al diseño de una vía, con la diferencia de que todas las curvas deben ser simples cumpliendo algunos requisitos.

Para diseñar las curvas simples de la línea de conducción de un canal es necesario los siguientes datos:

δ = ángulo de deflexión en el PI

PI = punto de inflexión

R = radio mínimo seleccionado

Los valores a ser calculados son los siguientes:

ST = subtangente, distancia desde el PC al PI

PC = principio de curva

pensable utilizar curvas circulares simples cuyo radio no debe ser muy grande y debe escogerse un radio mínimo, dado que diseñar curvas con radios mayores al mínimo no significa ningún ahorro de energía.

Tabla No. 2. Radio mínimo en canales abiertos para $Q > 10 \text{ m}^3/\text{seg}$

Capacidad del canal	Radio mínimo
Hasta $10 \text{ m}^3/\text{seg}$	3 * ancho de base
De 10 a $14 \text{ m}^3/\text{seg}$	4 * ancho de base
De 14 a $17 \text{ m}^3/\text{seg}$	5 * ancho de base
De 17 a $20 \text{ m}^3/\text{seg}$	6 * ancho de base
De $20 \text{ m}^3/\text{seg}$ o mayor	7 * ancho de base

Elaboración: Andrea Mancheno

Tabla No. 3. Radio mínimo en canales abiertos para $Q < 10 \text{ m}^3/\text{seg}$

Capacidad del canal	Radio mínimo
Hasta 7.5 a $10 \text{ m}^3/\text{seg}$	60 m
De 5 a $7.5 \text{ m}^3/\text{seg}$	40 m
De 2.5 a $5 \text{ m}^3/\text{seg}$	20 m
De 1 a $2.5 \text{ m}^3/\text{seg}$	10 m
De 0.5 a $1 \text{ m}^3/\text{seg}$	10 m

Elaboración: Michelle Vásquez

1.3. Diseño de canales de conducción

Ejemplo No. 1

Diseñar un canal rectangular considerando los siguientes datos: base del canal 1.35 m .; altura de agua en el canal 1.30 m .; pendiente longitudinal del canal 1.2 por 1000 ; el canal está construido en hormigón armado. Determinar: el área transversal del canal, la velocidad de flujo, la cantidad de agua que puede transportar el canal, el número de Froude, el tipo de flujo en el canal y dibujar la curva de descarga.

El área transversal del canal

Área = base * altura
 Área = 1.35 m * 1.30 m
 Área = 1.76 m²

Perímetro mojado = base + (2 * altura)
 Perímetro mojado = 1.35 m + (2 * 1.30 m)
 Perímetro mojado = 3.95 m

La velocidad de flujo

Velocidad = $\frac{1}{n} * Rh^{2/3} * J^{1/2}$
 Velocidad = $\frac{1}{0.013} * (\frac{1.76 \text{ m}^2}{3.95 \text{ m}})^{2/3} * (0.0012)^{1/2}$
 Velocidad = 1.55 m/seg.

Es necesario presentar una tabla de resumen con los diferentes valores de rugosidad de Manning.

Tabla No. 4. Valor “n” de Manning

Cunetas y canales revestidos	n
Hormigón	0.013
Hormigón revestido con gunita	0.016
Paredes de hormigón fondo de grava	0.017

Elaboración: Miguel Araque



n=0,024



n=0,028



n=0,030



n=0,032



n=0,033



n=0,036



n=0,041



n=0,043



n=0,050



n=0,051



n=0,057



n=0,060



n=0,065



n=0,073

La cantidad de agua que transporta el canal

$$\text{Caudal} = \text{Velocidad} * \text{Área}$$

$$\text{Caudal} = 1.55 \text{ m/seg} * 1.76 \text{ m}^2$$

$$\text{Caudal} = 2.722 \text{ m}^3/\text{seg} \approx 2772 \text{ litros/seg}$$

Número de Froude

$$\text{Número de Froude} = \frac{v}{\sqrt{\text{altura de agua} * \text{aceleracion de la gravedad}}}$$

$$\text{Número de Froude} = \frac{1.55 \text{ m/seg}}{\sqrt{1.30 \text{ m} * 9.81 \text{ m/seg}^2}}$$

$$\text{Número de Froude} = 0.43$$

Tipo de flujo

Debido a que el número de Froude es menor a 1 el flujo es subcrítico.

Calcular la energía específica

Para calcular la energía específica en este canal, es necesario determinar la altura de velocidad del mismo.

$$\text{Altura de velocidad} = \frac{v^2}{2 * g}$$

$$\text{Altura de velocidad} = \frac{1.55 \text{ m/seg}^2}{2 * 9.81 \text{ m/seg}^2}$$

$$\text{Altura de velocidad} = 0.12 \text{ m}$$

$$\text{Energía específica} = \text{Altura de agua} + \text{altura de velocidad}$$

$$\text{Energía específica} = 1.30 \text{ m} + 0.12 \text{ m}$$

$$\text{Energía específica} = 1.42 \text{ m}$$

Calcular la altura crítica

$$\text{Altura crítica} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$\text{Altura crítica} = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{2.722 \text{ m}^3}{1.35 \text{ m}}\right)^2}{9.81 \text{ m/seg}^2}}$$

$$\text{Altura crítica} = 0.75 \text{ m}$$

Curva de descarga

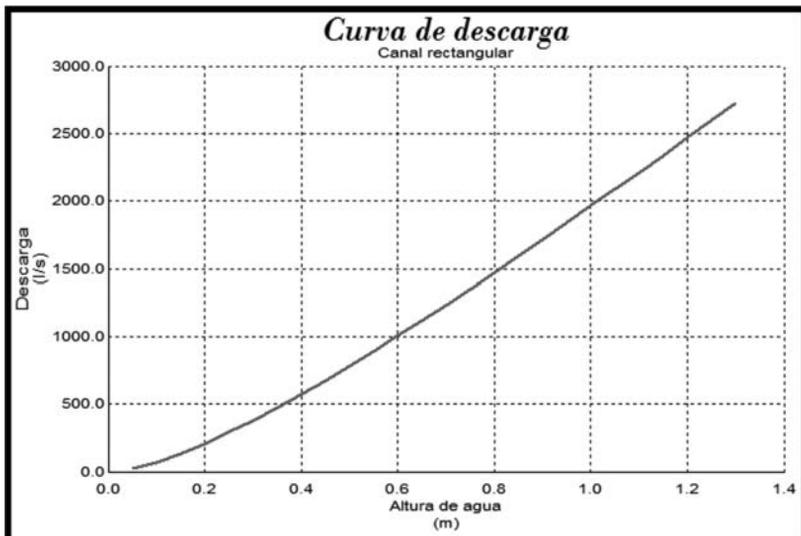
Con la finalidad de realizar el gráfico de la curva de descarga se tiene que realizar los cálculos hidráulicos del canal con varios tirantes de agua, el resumen de los cálculos se presenta a continuación:

Tabla No. 5. Datos de la curva de descarga

Altura de agua (m)	Descarga (l/s)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Perímetro Mojado (m)
0.1	70.68	0.52	0.14	1.55
0.2	206.96	0.77	0.27	1.75
0.3	378.49	0.93	0.41	1.95
0.4	572.81	1.06	0.54	2.15
0.5	783.02	1.16	0.68	2.35
0.6	1,004.84	1.24	0.81	2.55
0.7	1,235.41	1.31	0.95	2.75
0.8	1,472.78	1.36	1.08	2.95
0.9	1,715.54	1.41	1.22	3.15
1	1,962.64	1.45	1.35	3.35
1.1	2,213.29	1.49	1.49	3.55
1.2	2,466.90	1.52	1.62	3.75
1.3	2,722.98	1.55	1.76	3.95

Elaboración: Andrea Mancheno

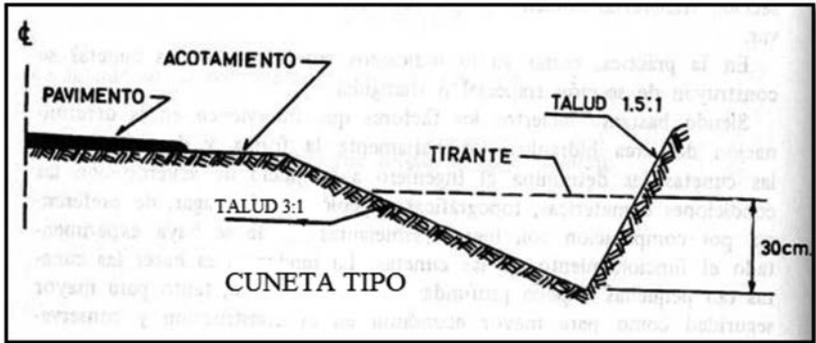
Gráfico No. 1. Curva de descarga



Elaboración: Miguel Araque

Ejemplo No. 2

Diseñar un canal triangular que es parte de la infraestructura de una carretera considerando los siguientes datos: el ángulo de inclinación de las paredes en el lado derecho es 1.5:1 y en el lado izquierdo es 3:1 ; la altura de agua alcanza los 30 centímetros; la pendiente longitudinal del canal es 1.1 por 1000; el canal está construido de hormigón armado.



El área transversal del canal

$$\text{Área} = \frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{2} + \frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{2}$$

$$\text{Área} = \frac{0.90 \text{ m} \cdot 0.30 \text{ m}}{2} + \frac{0.45 \text{ m} \cdot 0.30 \text{ m}}{2}$$

$$\text{Área} = 0.135 \text{ m}^2 + 0.0675 \text{ m}^2$$

$$\text{Área} = 0.2025 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado} = (\sqrt{\text{altura}^2 + \text{base}^2} + \sqrt{\text{altura}^2 + \text{base}^2})$$

$$\text{Perímetro mojado} = 0.948 \text{ m} + 0.540 \text{ m}$$

$$\text{Perímetro mojado} = 1,49 \text{ m}$$

La velocidad de flujo

Usamos la fórmula propuesta por Robert Manning en 1889

$$\text{Velocidad} = (1/n) \cdot R h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$\text{Velocidad} = (1/0.013) \cdot 0.1359^{2/3} \cdot 0.0011^{1/2}$$

$$\text{Velocidad} = 0.675 \text{ m/seg.}$$

La cantidad de agua que transporta el canal

$$\text{Caudal} = \text{Velocidad} * \text{Área}$$

$$\text{Caudal} = 0.675 \text{ m/seg} * 0.2025 \text{ m}^2$$

$$\text{Caudal} = 0.1365 \text{ m}^3/\text{seg} \approx 136.5 \text{ litros/seg}$$

Número de Froude

$$\text{Número de Froude} = \text{velocidad} / \sqrt[2]{\text{altura de agua} * \text{gravedad} / 2 * B}$$

$$\text{Número de Froude} = 0.675 \text{ m/seg} / \sqrt[2]{0.30 \text{ m} * 9.81 \text{ m/seg}^2 / 2 * 1.05}$$

$$\text{Número de Froude} = 0.57$$

El coeficiente de distribución de velocidad también conocido como coeficiente de Boussinesq “ β ” para canales regulares o canaletas tiene un valor promedio de 1.05.

Tipo de flujo

Debido a que el número de Froude es menor a 1 el flujo es subcrítico.

Calcular la energía específica

Para calcular la energía específica en este canal, es necesario determinar la altura de velocidad del mismo.

$$\text{Altura de velocidad} = \frac{v^2}{2 * g}$$

$$\text{Altura de velocidad} = \frac{0.675 \text{ m/seg}^2}{2 * 9.81 \text{ m/seg}^2}$$

$$\text{Altura de velocidad} = 0.02 \text{ m}$$

$$\text{Energía específica} = \text{Altura de agua} + \text{altura de velocidad}$$

$$\text{Energía específica} = 0.30 \text{ m} + 0.02 \text{ m}$$

$$\text{Energía específica} = 0.32 \text{ m}$$

Calcular la altura crítica

$$\text{Altura crítica} = \sqrt[3]{q^2/g}$$

$$\text{Altura crítica} = \sqrt[3]{(0.1365/1.35)^2/9.81 \text{ m/seg}^2}$$

$$\text{Altura crítica} = 0.75 \text{ m}$$

Curva de descarga

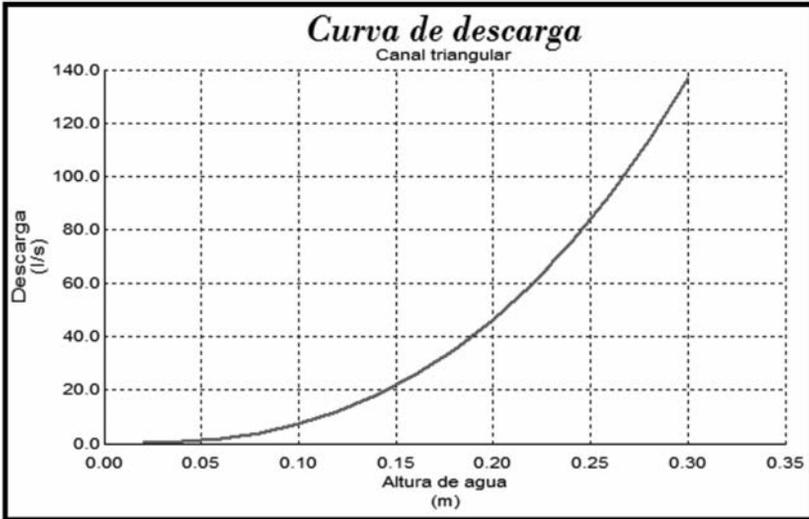
Con la finalidad de realizar el gráfico de la curva de descarga se tiene que realizar los cálculos hidráulicos del canal con varios tirantes de agua, el resumen de los cálculos se presenta a continuación:

Tabla No. 6. Datos de la curva de descarga

Altura de agua (m)	Descarga (l/s)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Perímetro mojado (m)	Ancho superior (m)
0.02	0.10	0.11	0.001	0.099	0.09
0.04	0.63	0.18	0.004	0.199	0.18
0.06	1.87	0.23	0.008	0.298	0.27
0.08	4.02	0.28	0.014	0.397	0.36
0.10	7.30	0.32	0.023	0.497	0.45
0.12	11.86	0.37	0.032	0.596	0.54
0.14	17.90	0.41	0.044	0.695	0.63
0.16	25.55	0.44	0.058	0.794	0.72
0.18	34.98	0.48	0.073	0.894	0.81
0.20	46.33	0.52	0.090	0.993	0.9
0.22	59.74	0.55	0.109	1.092	0.99
0.24	75.34	0.58	0.130	1.192	1.08
0.26	93.26	0.61	0.152	1.291	1.17
0.28	113.64	0.64	0.176	1.390	1.26
0.30	136.59	0.68	0.203	1.490	1.35

Elaboración: Michelle Vásquez

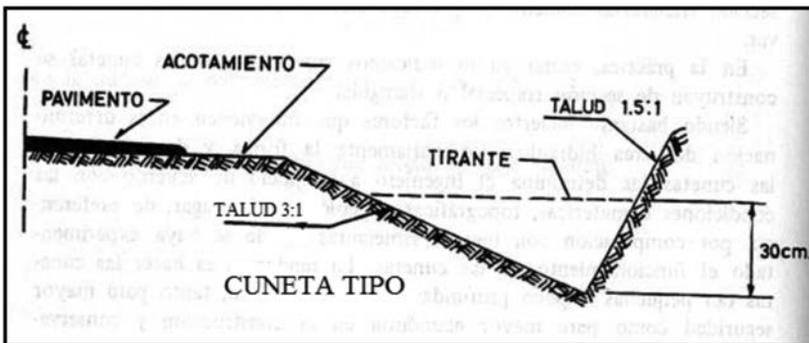
Gráfico No. 2. Curva de descarga



Elaboración: Andrea Mancheno

Ejemplo No. 3

Diseñar un canal triangular que es parte de la infraestructura de una carretera considerando los siguientes datos: el ángulo de inclinación de las paredes en el lado derecho es 1.5:1 y en el lado izquierdo es 3.0:1; la altura de agua alcanza los 30 centímetros; la pendiente longitudinal del canal es 8.2 por 1000; el canal está construido de hormigón armado.



El área transversal del canal

$$\text{Área} = \frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{2} + \frac{\text{base} \cdot \text{altura}}{2}$$

$$\text{Área} = \frac{0.90 \text{ m} \cdot 0.30 \text{ m}}{2} + \frac{0.45 \text{ m} \cdot 0.30 \text{ m}}{2}$$

$$\text{Área} = 0.135 \text{ m}^2 + 0.0675 \text{ m}^2$$

$$\text{Área} = 0.2025 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado} = (\sqrt{\text{altura}^2 + \text{base}^2} + \sqrt{\text{altura}^2 + \text{base}^2})$$

$$\text{Perímetro mojado} = 0.948 \text{ m} + 0.540 \text{ m}$$

$$\text{Perímetro mojado} = 1,49 \text{ m}$$

La velocidad de flujo

Usamos la fórmula propuesta por Robert Manning en 1889

$$\text{Velocidad} = (1/n) * Rh^{2/3} * J^{1/2}$$

$$\text{Velocidad} = (1/0.013) * \left(\frac{0.2025}{1.49}\right)^{2/3} * 0.082^{1/2}$$

$$\text{Velocidad} = 1.842 \text{ m/seg.}$$

La cantidad de agua que transporta el canal

$$\text{Caudal} = \text{Velocidad} * \text{Área}$$

$$\text{Caudal} = 1.842 \text{ m/seg} * 0.2025 \text{ m}^2$$

$$\text{Caudal} = 0.3730 \text{ m}^3/\text{seg} \approx 373.0 \text{ litros/seg}$$

Número de Froude

$$\text{Número de Froude} = \text{velocidad} / \sqrt{\text{altura de agua} * \text{gravedad} / 2 * B}$$

$$\text{Número de Froude} = 1.842 \text{ m/seg} / \sqrt{0.30 \text{ m} * 9.81 \text{ m/seg}^2 / 2 * 1.05}$$

$$\text{Número de Froude} = 1.52$$

El coeficiente de distribución de velocidad también conocido como coeficiente de Boussinesq “ β ” para canales regulares o canaletas tiene un valor promedio de 1.05

Tipo de flujo

Debido a que el número de Froude es menor a 1 el flujo es súper crítico.

Calcular la energía específica

Para calcular la energía específica en este canal, es necesario determinar la altura de velocidad del mismo.

$$\text{Altura de velocidad} = \frac{v^2}{2 * g}$$

$$\text{Altura de velocidad} = \frac{1.842 \text{ m/seg}^2}{2 * 9.81 \text{ m/seg}^2}$$

$$\text{Altura de velocidad} = 0.17 \text{ m}$$

$$\text{Energía específica} = \text{Altura de agua} + \text{altura de velocidad}$$

$$\text{Energía específica} = 0.30 \text{ m} + 0.17 \text{ m}$$

$$\text{Energía específica} = 0.47 \text{ m}$$

Calcular la altura crítica

$$\text{Altura crítica} = \sqrt[3]{q^2/g}$$

$$\text{Altura crítica} = \sqrt[3]{(0.1365/1.35)^2/9.81 \text{ m/seg}^2}$$

$$\text{Altura crítica} = 0.75 \text{ m}$$

Curva de descarga

Con la finalidad de realizar el gráfico de la curva de descarga se tiene que realizar los cálculos hidráulicos del canal con varios tirantes de agua, el resumen de los cálculos se presenta a continuación:

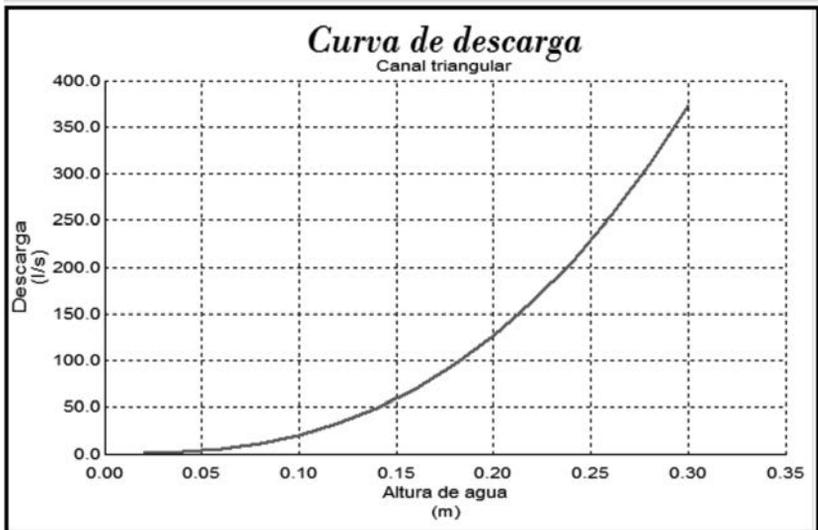
Tabla No. 7. Datos de la curva de descarga

Altura (m)	Descarga (l/s)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Perímetro mojado (m)	Ancho superior (m)
0.02	0.27	0.30	0.001	0.10	0.09
0.04	1.73	0.48	0.004	0.20	0.18
0.06	5.10	0.63	0.008	0.30	0.27
0.08	10.99	0.76	0.014	0.40	0.36
0.10	19.92	0.89	0.023	0.50	0.45

Altura (m)	Descarga (l/s)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Perímetro mojado (m)	Ancho superior (m)
0.12	32.39	1.00	0.032	0.60	0.54
0.14	48.86	1.11	0.044	0.70	0.63
0.16	69.77	1.21	0.058	0.79	0.72
0.18	95.51	1.31	0.073	0.89	0.81
0.20	126.49	1.41	0.090	0.99	0.90
0.22	163.10	1.50	0.109	1.09	0.99
0.24	205.69	1.59	0.130	1.19	1.08
0.26	254.63	1.67	0.152	1.29	1.17
0.28	310.27	1.76	0.176	1.39	1.26
0.30	372.94	1.84	0.203	1.49	1.35

Elaboración: Miguel Araque

Gráfico No. 3. Curva de descarga



Elaboración: Andrea Mancheno

Ejemplo No. 4

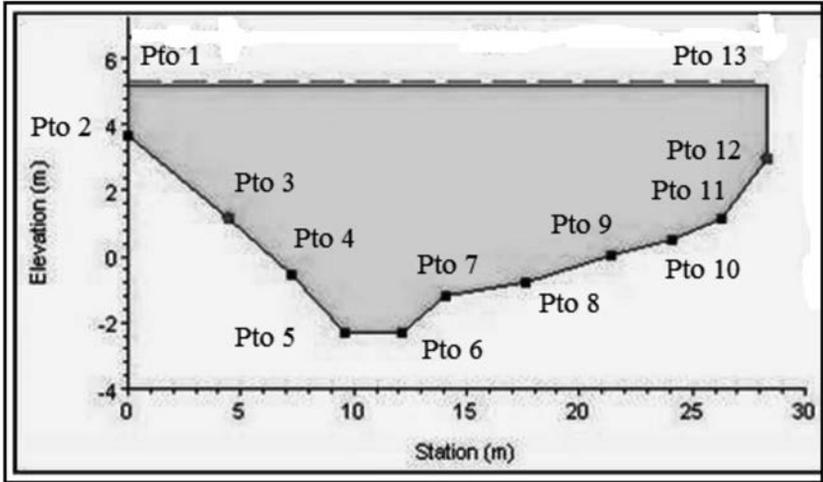
Encontrar la curva de descarga de una sección transversal de un cauce natural en la cual su geometría se encuentra definida por coordenadas (x,y).

Tabla No. 8. Puntos coordenados sección transversal

Punto	Abscisa	Cota
	metros	m.s.n.m.
1	0.00	2306.00
2	0.00	2303.70
3	4.50	2301.20
4	7.00	2299.80
5	9.50	2298.00
6	12.50	2298.00
7	14.00	2299.00
8	18.00	2299.60
9	21.50	2300.00
10	24.00	2300.20
11	26.50	2301.50
12	28.50	2303.50
13	28.50	2306.00

Elaboración: Michelle Vásconez

Gráfico No. 4. Sección transversal



Elaboración: Miguel Araque

Tabla No. 9. Datos de la curva de descarga

Nivel de agua (m)	Descarga (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Perímetro mojado (m)	Ancho superior (m)
2,298.20	0.25	0.34	0.75	4.16	4.02
2,298.40	0.82	0.51	1.61	4.82	4.54
2,298.60	1.64	0.64	2.57	5.48	5.07
2,298.80	2.70	0.74	3.64	6.14	5.59
2,299.00	4.02	0.84	4.81	6.80	6.11
2,299.20	5.29	0.86	6.18	8.44	7.67
2,299.40	7.03	0.89	7.87	10.09	9.22
2,299.60	9.27	0.94	9.87	11.74	10.78
2,299.80	11.89	0.97	12.23	13.80	12.75
2,300.00	15.14	1.01	14.99	15.97	14.86
2,300.20	18.79	1.03	18.24	18.89	17.71

Nivel de agua (m)	Descarga (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Perímetro mojado (m)	Ancho superior (m)
2,300.40	24.67	1.13	21.86	19.73	18.46
2,300.60	31.27	1.22	25.63	20.57	19.20
2,300.80	38.58	1.31	29.54	21.42	19.94
2,301.00	46.61	1.39	33.60	22.26	20.68
2,301.20	55.35	1.46	37.81	23.10	21.42
2,301.40	64.82	1.54	42.17	23.95	22.17
2,301.60	75.16	1.61	46.67	24.72	22.82
2,301.80	86.36	1.68	51.29	25.41	23.38
2,302.00	98.26	1.75	56.03	26.11	23.94
2,302.20	110.86	1.82	60.87	26.80	24.50
2,302.40	124.17	1.89	65.83	27.50	25.06
2,302.60	138.20	1.95	70.89	28.19	25.62
2,302.80	152.93	2.01	76.07	28.89	26.18
2,303.00	168.38	2.07	81.37	29.58	26.74
2,303.20	184.55	2.13	86.77	30.27	27.30
2,303.40	201.44	2.18	92.29	30.97	27.86
2,303.60	219.24	2.24	97.91	31.62	28.32
2,303.80	238.35	2.30	103.60	32.13	28.50
2,304.00	258.47	2.36	109.30	32.53	28.50
2,304.20	279.04	2.43	115.00	32.93	28.50
2,304.40	300.04	2.49	120.70	33.33	28.50
2,304.60	321.46	2.54	126.40	33.73	28.50
2,304.80	343.27	2.60	132.10	34.13	28.50
2,305.00	365.46	2.65	137.80	34.53	28.50

Elaboración: Miguel Araque

Capítulo 2

2.1. Glosario de términos hidráulicos

Término	Definición
Ablación	Se entiende por una combinación de procesos tales como fusión, sublimación, evaporación que elimina el hielo en un glaciar.
Abrasión	Es un proceso natural que se da por desgaste por fricción debido al movimiento del agua en su curso natural.
Absorción	Es la incorporación del agua dentro de la estructura de un sólido.
Acidificación	Cambios químicos producidos ya sea en un cauce fluvial o en un suelo por acción del hombre provocando condiciones ácidas.
Acuicludo	Es una formación geológica que se caracteriza por tener una conductividad hidráulica, en algunos casos también puede ser un grupo de formaciones geológicas.
Acuífero	Es una formación geológica característica de los suelos de la serranía ecuatoriana capaz de almacenar, transmitir y proporcionar cantidades importantes de líquido vital que puede ser aprovechado en proyectos de agua potable o riego.
Acuífero aluvial	Es el acuífero que se ubica en depósitos aluviales.
Acuífero artesiano	Es un acuífero cuya superficie piezométrica se localiza por encima de la superficie del suelo, facilita el aprovechamiento del agua.
Término	Definición
Acuifugo	Es una formación geológica que se caracteriza por la ausencia de poros interconectado, por tanto, no es factible el aprovechamiento del líquido vital en proyectos de agua potable o riego.
Acuitardo	Es una formación geológica que se caracteriza por poseer baja conductividad hidráulica, lo cual implica la lentitud de transmisión del líquido vital.
Afluente	Es un arroyo o río secundario que lleva sus aguas a otro río mayor o llamado río principal.

Término	Definición
Aforo de caudales	Es el conjunto de operaciones que deber ser realizadas en estaciones de aforo para determinar el caudal de un cauce natural únicamente conociendo la cota del nivel de agua.
Agradación	Es el incremento del nivel del fondo de un cauce fluvial producido por la deposición de sedimentos, se da especialmente en embalses.
Agresividad	Es la capacidad que tiene la masa de agua de un cauce fluvial por disolver sustancias minerales.
Agua ácida	Es el agua que tiene un pH menor a 7.
Agua adhesiva	Se caracteriza por formar capas iónicas o moleculares en la superficie del suelo o en partículas minerales.
Agua bruta	Es agua que no ha recibido ningún tipo de tratamiento, se llama así al agua que ingresa a las planta de tratamiento.
Agua capilar	Es agua que se encuentra atrapada sobre el nivel freático del suelo en los flujos capilares.
Agua de formación	Es agua que se encuentra retenida en los intersticios de una roca sedimentaria y se encuentra ahí desde que se formó la roca.
Agua distrófica	Es agua muy pobre en nutrientes que se caracteriza por tener altas concentraciones de ácido húmico.
Agua dulce	Es agua que tiene poca concentración de sales lo cual permite tratarle para lograr las condiciones mínimas para que sea apta para el consumo humano.
Agua estancada	Es agua sin movimiento que se encuentra en ríos, lagos, embalses y se caracterizan por tener características físico químicas de mala calidad.
Agua gravitacional	Es agua capilar que se encuentra en la zona no saturada y que se desplaza por la influencia de la fuerza de gravedad.
Agua juvenil	Es agua que se encuentra a gran profundidad y es impulsada hasta la superficie terrestre por el movimiento de las rocas ígneas intrusivas.

Término	Definición
Agua mineral	Agua subterránea que posee propiedades organolépticas especiales debido al contenido de sales disueltas, debido al movimiento constante de las mismas sus características físico químicas son por lo general óptimas.
Agua potable	Agua apta para el consumo humano cuyas características físico químicas cumple los estándares establecidas en la norma ISO 9001.
Agua salobre	Es agua que presenta una concentración de sales disueltas mayor que el agua dulce pero significativamente menor al agua del mar.
Agua superficial	Agua que fluye o se almacena en la superficie del terreno.
Agua turbia	Es agua que se encuentra con excesiva cantidad de sedimentos en suspensión.
Aireación	Es un proceso natural que se da en cauces pedregosos y consiste en adición de aire al agua produciendo un incremento de la concentración de oxígeno disuelto.
Alcalinidad	Capacidad del agua para neutralizar hidrogeniones mediante bases débiles (bicarbonato y carbonato), expresada en milimoles de hidrogeniones por litro de agua.
Arréico	Es una característica de las zonas que carecen de drenaje superficial y son propicias a la presencia de inundaciones.
Arroyo	Es un curso de agua natural muy pequeño que se caracteriza por tener poca profundidad menor a 1 metro y es poco turbulento.
Avalancha	Es una masa muy grande de nieve y hielo que cae súbitamente por ladera de una montaña, que a menudo arrastra gran cantidad de tierras y rocas.
Bifurcación	Se tiene en corrientes naturales en donde el cauce principal se divide en dos ramas.
Calado crítico	Es el calado que se tiene en un canal prismático o canal natural que se encuentra en condiciones de régimen crítico.
Canal	Cauce artificial construido a nivel superficial que tiene una sección prismática y su pendiente longitudinal es negativa para que el fluido se desplace a gravedad

Término	Definición
Canal aforador	Es un canal artificial construido con dimensiones específicas cuyo objetivo es medir la cantidad de agua, el más conocido es la cañoneta Parshall.
Canal de desviación	Es un canal artificial de forma transversal prismática cuyo objetivo es desviar la corriente desde aguas arriba hasta aguas abajo. Para conocer sus dimensiones es necesario determinar el caudal de crecida con un determinado período de retorno, por lo general es 10 años.
Capacidad de un río	Es el caudal máximo que puede transportar la sección transversal sin que se produzca desbordamiento en sus márgenes.
Capacidad hidráulica	Representa la cantidad de agua que puede transportar un canal natural o prismático a sección llena.
Captación	Es una obra hidráulica construida en los ríos cuya función principal es extraer una cierta cantidad de agua para un fin determinado.
Carga de fondo	Es la cantidad de sedimentos que se presentan en un cauce natural, los mismos pueden ser transportados por rodadura, deslizamientos y saltos.
Carga tolerable	Es la cantidad de contaminante que puede recibir un cauce fluvial, sin que ello signifique que su carga contaminante exceda el nivel permitido en la norma.
Cascada	Es un salto de agua que se produce en un cauce natural, se caracteriza por suelos de excelentes características que impiden su desmoronamiento.
Cauce	Curso de agua por el cual fluye permanentemente agua.
Cauce aluvial	Es el cauce de los ríos que se localizan sobre materiales sedimentarios poco compactos.
Caudal	Es la cantidad de agua que fluye por un cauce natural o artificial.
Caudal a sección llena	Es la cantidad de agua que lleva la sección transversal de un río sin producir desbordamientos.
Caudal base	Es la cantidad de agua que procede de aguas subterráneas que se incorpora a la cantidad de agua de un cauce fluvial y permite garantizar durante el año hidrológico un caudal permanente.
Caudal crítico	Es la cantidad de agua que se mantiene en un canal natural o canal prismático que se encuentra en régimen crítico.

Término	Definición
Caudal de estiaje	Es la cantidad de agua que tiene un río en épocas de sequía, es alimentado únicamente por la presencia de aguas subterráneas.
Contaminación	Es la polución que posee la masa de agua que provoca degradación del ecosistema acuático y afecta a la salud pública.
Crecida	Es la presencia de abundante cantidad de agua en una sección transversal de un cauce natural, puede provocar el desbordamiento.
Crecida anual	Es el valor máximo de caudal registrado en los anuarios hidrológicos.
Crecida repentina	Es la presencia de abundante cantidad de agua en un sección transversal de un cauce natural, que se presenta de forma súbita característico de los ríos de montaña.
Cuenca	Es la superficie de terreno en donde se presenta el escurrimiento superficial y tiene un punto de salida.
Cuenca artesiana	Es una estructura de grandes dimensiones en la cual el agua se encuentra confinada a presión artesiana.
Cuenca de laminación	Es un espacio construido en las partes aledañas a un cauce natural que se utiliza para reducir los caudales máximos de creciente mediante el almacenamiento temporal.
Cuenca endorreica	Es el área superficial por donde escurre la precipitación que su punto de salida en un lago y no es el océano.
Cuenca exorreica	Es el área superficial por donde escurre la precipitación que su punto de salida es el océano.
Curso agua perenne	Es un curso de agua que fluye de forma continua durante todo el año hidrológico.
Curva de agotamiento	Se utiliza con mucha frecuencia en el control de los pozos de agua y sirva para evidenciar la disminución del caudal de explotación debido a la sobreexplotación.
Curva hipsométrica	Es un gráfico que indica la porción de superficie de la cuenca hidrográfica situada en un rango de cotas predeterminadas.
Dbo5	Índice de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de una muestra de agua expresado como la cantidad de oxígeno consumido en un litro de muestra mantenida durante cinco días a 20 °C en ausencia de luz.

Término	Definición
Demanda química de oxígeno	Indicador de la calidad del agua que mide el consumo potencial de oxígeno disuelto por oxidación química de compuestos orgánicos y minerales del agua, en general, mediante dicromato potásico.
Densidad de drenaje	Es la suma de todas las longitudes de los cauces naturales existentes en una cuenca hidrográfica dividida para el área total de la misma.
Dique	Es una estructura que se construye en forma transversal en un cauce fluvial, sus objetivos es controlar el nivel de aguas arriba o deriva un porcentaje del caudal a un caudal secundario.
Diseño optimo	Diseño de una obra hidráulica considerando todas las variables necesarias para maximizar su función objetivo.
Dren	Es un canal cuya función en la evacuación de las aguas superficiales de un suelo o un acuífero con la finalidad de controlar el nivel del agua.
Dureza del agua	Es agua que contiene cantidades considerables de sales disueltas, predominando la presencia de calcio y magnesio. Esta característica causa en la tubería de hierro galvanizado incrustaciones en su parte interior.
Erosión de cauce	Es el desgaste del cauce natural de un río debido al transporte de partículas en suspensión, suelos y rocas por el paso del flujo natural. Existen algunas obras predeterminadas para controlar la erosión de los cauces naturales.
Escorrentía anual	Es el volumen total de agua que se registra en una estación de aforo durante un año, por lo general se toma en cuenta a cuencas hidrográficas.
Flujo acelerado	Es un flujo en el cual la velocidad aumenta en dirección del movimiento.
Flujo crítico	En un canal prismático o en canal natural se tiene flujo crítico cuando el número de Froude calculado es igual a la unidad.
Flujo de un cauce	Es la cantidad de agua que puede ser transportada en un canal natural o en un canal prismático.

Término	Definición
Flujo laminar	Flujo en un cauce abierto, una conducción o un medio poroso en el que predominan las fuerzas de viscosidad y las partículas del fluido se desplazan siguiendo trayectorias relativamente suaves y bien definidas sin que se produzca mezcla transversal significativa ni que se supere el valor umbral crítico del número de Reynolds para el flujo turbulento.
Flujo regulado	Es la cantidad de agua que posee un canal natural o canal prismático, que ha sido regulado por la presencia de una estructura de control como puede ser vertederos y compuertas.
Flujo retardado	Flujo de agua que se desplaza por un canal prismático en el cual su velocidad disminuye con el tiempo en un tramo determinado.
Flujo supercrítico	Flujo que se produce cuando el número de Froude es mayor a 1, es decir, el funcionamiento hidráulico es el flujo supercrítico.
Flujo superficial	Es el agua que fluye por la superficie del terreno, la cantidad de agua que se desplaza se encuentra en función de la cobertura del mismo.
Línea de energía	Línea que representa la carga hidráulica total a lo largo de un canal natural o un canal prismático.
Material de fondo	Es el lecho de un cauce natural que se encuentra formado por sedimentos.
Nivel de alarma	Se tiene en un cauce fluvial al momento que se presenta una crecida extraordinaria. Es una situación peligrosa por lo cual es necesaria la activación de alarmas en zonas pobladas.
Organismo aerobio	Son organismos que pueden estar presente en masas de agua que necesitan la presencia de oxígeno para vivir.
Organismo anaerobio	Son organismos que pueden estar presente en masas de agua que no necesitan la presencia de oxígeno para vivir.
Resalto hidráulico	Cambio repentino del nivel de agua en un cauce natural o canal artificial desde un calado menor que el crítico a un calado mayor que el crítico, en el cual se produce disipación de energía. Es muy utilizado en hidráulica para garantizar la vida útil de las obras de control.
Río trenzado	Parte de un sistema fluvial en una cuenca hidrográfica en el que el agua fluye a través de cierto número de cauces más pequeños entrelazados.

Término	Definición
Sección de control	Es una sección transversal en un curso natural en la cual se puede conocer su caudal únicamente conociendo el nivel de agua en la sección.
Sobre elevación	Es el incremento del nivel de agua en algunos tramos de un cauce fluvial producido inmediatamente aguas arriba de un azud o un dique.
Tiempo concentración	Tiempo en el cual un evento hidrológico se puede presentar con una cierta magnitud.

2.2. Banco de preguntas de hidráulica

Pregunta No. 1	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	Si un canal de conducción tiene el flujo permanente indique qué parámetros hidráulicos se mantienen constantes.
<input checked="" type="checkbox"/> A	El área transversal
<input checked="" type="checkbox"/> B	La velocidad de flujo
<input checked="" type="checkbox"/> C	El calado de agua
<input checked="" type="checkbox"/> D	La pendiente longitudinal

Pregunta No. 2	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	Indique las características del flujo laminar
<input checked="" type="checkbox"/> A	Velocidad constante
<input checked="" type="checkbox"/> B	Velocidades bajas
<input checked="" type="checkbox"/> C	Baja viscosidad
<input checked="" type="checkbox"/> D	Alta viscosidad

Pregunta No. 3	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	¿Varía la viscosidad cinemática con el cambio de temperatura en el fluido?
<input checked="" type="checkbox"/> A	Verdadero
<input checked="" type="checkbox"/> B	Falso

Pregunta No. 4	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	¿En qué año Osborne Reynolds publicó su investigación científica sobre las condiciones de circulación de los fluidos?
<input checked="" type="checkbox"/> A	1880
<input checked="" type="checkbox"/> B	1883
<input checked="" type="checkbox"/> C	1886
<input checked="" type="checkbox"/> D	1889

Pregunta No. 5	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	¿En qué tipo de flujo las fuerzas gravitatorias son más importantes que las fuerzas inerciales?
<input checked="" type="checkbox"/> A	Flujo supercrítico
<input checked="" type="checkbox"/> B	Flujo crítico
<input checked="" type="checkbox"/> C	Flujo subcrítico

Pregunta No. 6	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	¿En qué tipo de flujo tanto las fuerzas gravitatorias como las fuerzas inerciales son inestables?.
<input type="checkbox"/> A	Flujo supercrítico
<input checked="" type="checkbox"/> B	Flujo crítico
<input type="checkbox"/> C	Flujo subcrítico

Pregunta No. 7	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	¿Qué tipo de flujo se tiene en un canal de conducción si el número de Froude es menor a 1?.
<input type="checkbox"/> A	Flujo supercrítico
<input type="checkbox"/> B	Flujo crítico
<input checked="" type="checkbox"/> C	Flujo subcrítico

Pregunta No. 8	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	Indique los elementos cinéticos de un canal de conducción
<input type="checkbox"/> A	Rugosidad
<input checked="" type="checkbox"/> B	Caudal
<input type="checkbox"/> C	Pendiente longitudinal
<input checked="" type="checkbox"/> D	Velocidad

Pregunta No. 9	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	Indique los elementos dinámicos de un canal de conducción
<input checked="" type="checkbox"/> A	Rugosidad
<input type="checkbox"/> B	Caudal
<input checked="" type="checkbox"/> C	Pendiente longitudinal
<input type="checkbox"/> D	Velocidad

Pregunta No. 10	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	¿Qué variable se usa para clasificar el flujo permanente y no permanente en un canal de conducción?
<input checked="" type="checkbox"/> A	Tiempo
<input type="checkbox"/> B	Espacio
<input type="checkbox"/> C	Aceleración
<input type="checkbox"/> D	Velocidad

Pregunta No. 11	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	¿Qué variable se usa para clasificar el flujo uniforme y no uniforme en un canal de conducción?
<input type="checkbox"/> A	Tiempo
<input checked="" type="checkbox"/> B	Espacio
<input type="checkbox"/> C	Aceleración
<input type="checkbox"/> D	Velocidad

Pregunta No. 12	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	Usted está realizando el diseño en planta de un canal de conducción que tiene un caudal de 4 m ³ /seg. ¿cuál es el diámetro mínimo que Usted seleccionaría?
<input type="checkbox"/> A	10 m.
<input checked="" type="checkbox"/> B	20 m.
<input type="checkbox"/> C	30 m.
<input type="checkbox"/> D	40 m.

Pregunta No. 13	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	Indique la fórmula racional para determinar el caudal de escorrentía superficial
<input type="checkbox"/> A	$C \cdot I \cdot A / 36$
<input checked="" type="checkbox"/> B	$C \cdot I \cdot A / 360$
<input type="checkbox"/> C	$C \cdot I \cdot A / 3600$
<input type="checkbox"/> D	$C \cdot I \cdot A / 36000$

Pregunta No. 14	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	Es conveniente diseñar un canal que funciona a flujo crítico su energía específica es:
<input type="checkbox"/> A	No, mínima
<input type="checkbox"/> B	Si, máxima
<input checked="" type="checkbox"/> C	Si, mínima
<input type="checkbox"/> D	No, máxima

Pregunta No. 15	
Tema: Diseño de canales	
Planteamiento	En el resalto hidráulico el flujo pasa de:
<input type="checkbox"/> A	Crítico a crítico
<input type="checkbox"/> B	Crítico a subcrítico
<input checked="" type="checkbox"/> C	Supercrítico a subcrítico
<input type="checkbox"/> D	Supercrítico a crítico

Capítulo 3

Generalidades del ambiente

3.1. Introducción

La historia de la Ingeniería Ambiental empieza desde los inicios de la civilización, su preocupación es garantizar agua de calidad para su subsistencia y el manejo adecuado de sus desechos. Es por esta razón que las ciudades siempre se han asentado cerca de fuentes de agua dulce como ríos, manantiales y lagos.

A medida que las ciudades fueron creciendo en tamaño y en número de pobladores, los problemas de índole ambiental, siguieron incrementándose especialmente, en la época de la Revolución Industrial en donde las fuentes de agua dulce fueron las receptoras de los desechos industriales de las fábricas.

En nuestros días, los problemas ambientales a nivel global, regional y local han llegado a niveles no imaginados y es por este motivo que la Ingeniería Ambiental cobra una gran importancia y su desafío es encontrar solución a dichos problemas considerando que todos sus planes, programas y proyectos deben ser concebidos de una forma sustentable pensando siempre en la generación actual además de las futuras generaciones.

3.2. El medio ambiente

Se puede definir como medio ambiente “toda la red de interacciones geológicas y biológicas que determinan la relación entre la vida y el planeta Tierra. Además el conjunto de relaciones fundamentales que existen entre el mundo material o biofísico (atmósfera, litosfera, hidrósfera, biósfera y sociopolítico” (Del Mar Tena, 2014, p. 9).

En este contexto han surgido ramas de la ciencia dedicadas a estudiar en forma integral al medio ambiente: Ecología, Ecotoxicología, Físicoquímica Ambiental, Biología Aplicada, que en conjunto con

la Química Ambiental y las Ciencias Sociales, evalúan permanentemente el estado poblacional, el nivel de contaminación y las metodologías de diagnóstico y remediación ambiental.

Se puede definir a la ecología como una rama de la biología que se encarga del estudio de la relación de los seres vivos entre sí, y su relación con su entorno. Los temas que la ecología trata de explicar son: los procesos de la vida, interacciones y adaptaciones; el movimiento de materiales y energía a través de las comunidades vivas; el desarrollo sucesional de los ecosistemas; la abundancia y la distribución de los organismos y de la biodiversidad en el contexto del ambiente.

La ecología tiene muchos campos de aplicación en biología de conservación, manejo de humedales y manejo de los recursos naturales como por ejemplo en la agricultura, agroecología, silvicultura, pesca y agroforestería, la salud comunitaria y un tema actual la ecología urbana que se define como la aplicación de la ecología en ordenamiento territorial.

La toxicología ambiental estudia los daños causados al organismo por la exposición a los tóxicos que se encuentran en el medio ambiente. El objetivo principal de la toxicología ambiental es evaluar los impactos que producen en la salud pública la exposición de la población a los tóxicos ambientales presentes en un sitio contaminado (Peña, Carter y Ayala-Fierro, 2001, p. 40).

Los problemas de contaminación del ambiente se han hecho más evidente en esta última década, fundamentalmente en ecosistemas por lo cual la ecotoxicología es una herramienta útil para el manejo ambiental; las pruebas realizadas en laboratorios de índole biológico son utilizadas para verificar los límites de contaminantes en las fuentes de agua dulce, aguas marinas, en tipos de suelos y en sedimentos. De igual manera, con la globalización del mercado mundial entre las naciones, la ecotoxicología es utilizada para la determinación de niveles de contaminación en los productos de exportación.

Con la ayuda de la ecotoxicología es posible definir decisiones acertadas en el manejo de ambientes relacionados con la salud de los ecosistemas, sus orígenes se remontan a la década de los años 60 con la publicación del libro *Primavera silenciosa* cuyo autor es Rachel Carson, en el cual advertía los efectos perjudiciales de los pesticidas en el ambiente especialmente en las aves y en las fuentes de agua dulce. En la actualidad, este libro es considerado como la primera publicación sobre impacto ambiental. En el año 2015, esta publicación fue consi-

derada como los veinte libros más influyentes en el campo del estudio del ambiente.

La fisicoquímica es uno de los capítulos centrales de la química. Sus objetivos principales en términos generales son: estudiar los principios que gobiernan las propiedades y el comportamiento a nivel *macroscópico* y *microscópico* de los sistemas de interés en el campo de las ciencias químicas y biológicas; estudiar procesos a nivel *mesoscópico*, esto es, aquellos sistemas que se encuentra en la interfase comprendida entre los niveles macroscópico y microscópico, por su interés básico y aplicado; desarrollar e interpretar las modernas técnicas empleadas para determinar la estructura y propiedades de la materia (Capparelli, 2013, p. 3).

Se considera al químico estadounidense del siglo XIX Willard Gibbs como el padre fundador de la fisicoquímica, donde en su publicación de 1876 llamada *On the Equilibrium of Heterogeneous Substances* acuñó términos como energía libre, potencial químico y regla de las fases, que años más tarde serían de principal interés de estudio en esta disciplina.

Las ramas de la fisicoquímica son las siguientes: Termodinámica química o termoquímica, cinética química, dinámica química, electroquímica, fenómenos superficiales y catálisis, química nuclear, fotoquímica, química de los coloides, espectroscopia, química del estado sólido, química cuántica, mecánica cuántica, mecánica estadística, magnetoquímica, termodinámica estadística.

La aplicación de la fisicoquímica en proyectos ambientales se describe a continuación:

- Tratamiento de residuos generados a nivel urbano
- Componente inorgánico de los suelos
- Degradación de los suelos y su control
- Control social de la degradación ambiental
- Medición de emisiones de CH₄ en lagunas.
- Mediciones de emisión- secuestro de CH₄, N₂O y CO₂ en interfase suelo no saturado-atmósfera.
- Metano atmosférico en zonas urbanas
- Degradación fotoquímica de los contaminantes
- Dinámicas químicas de los distintos compuestos, en cuanto a su distribución, transporte y transformación en el medio ambiente.

La definición corriente de la biología como ciencia de la vida solo tiene sentido si ya sabemos que quiere decir vida y ciencia. La biología estudia las múltiples formas que pueden adoptar los seres vivos, así como su estructura, función, evolución, crecimiento y relaciones con el medio (Ville, 2005).

Es muy amplio el campo de investigación de la biología, puedo enumerar los siguientes: estudiar la constitución de la materia viva, conocer la organización de los distintos seres vivos, estudiar las funciones que estos realizan, seguir el proceso de su evolución y llegar a conocer su origen.

Por su gran campo de investigación las ciencias biológicas se ramifica en las siguientes ciencias: zoología, botánica, anatomía, fisiología, morfología, histología, embriología, genética, ecología, etiología, zoogeografía, fitogeografía, citología y bioquímica.

La química ambiental mas allá de simplemente detectar los problemas ambientales y explicar sus fenómenos. Debe llegar a la solución de tales problemas, y sobre todo, encontrar las vías para evitarle. Es por ello de la química verde busca la mitigación de los riesgos y el consumo de recursos no renovables (Manahan, 2006, p. 271).

La química ambiental considera que existen cinco compartimientos o esferas que interactúan entre sí y son las siguientes: atmósfera, geosfera, biósfera, antroposfera e hidrósfera.

La atmósfera es la capa gaseosa que envuelve la Tierra. Está formada por aire y partículas en suspensión. El aire es una mezcla gaseosa en distinta proporción, los más importantes son: nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua y otros gases en menor proporción. En la atmósfera también flotan diversas cantidades de partículas diminutas como polen, arena fina, cenizas volcánicas, bacterias. Todas ellas componen el polvo atmosférico (Tarbuck & Lutgens, 2010, p. 11).

“La geosfera es el sistema de mayor tamaño y soporte de los demás sistemas. Es la parte sólida del planeta. Básicamente está formada por minerales y rocas dispuestas en capas. Se encuentra en equilibrio dinámico” (Manahan, 2006, p. 1).

La antroposfera es el espacio físico en donde habita el ser humano, es decir, es la parte de nuestro planeta en donde se desarrolla la vida del hombre donde interactúa con los hábitats y ecosistemas.

Hidrósfera es el nombre que recibe el conjunto de las partes líquidas de la Tierra. Se trata del sistema material formado por el agua que está debajo y sobre la superficie del planeta. La hidrósfera, por lo

tanto, presenta agua en diferentes estados, ya que además de los océanos, los ríos y los lagos, cuenta con agua en los glaciares, las nubes de la atmósfera, las fuentes subterráneas y hasta en la biosfera (seres humanos, animales y plantas).

3.3. El recurso agua a nivel mundial

Desde su formación hace más de 4 000 millones de años los océanos poseen la mayor cantidad de agua en nuestro planeta, llegando al 97%.

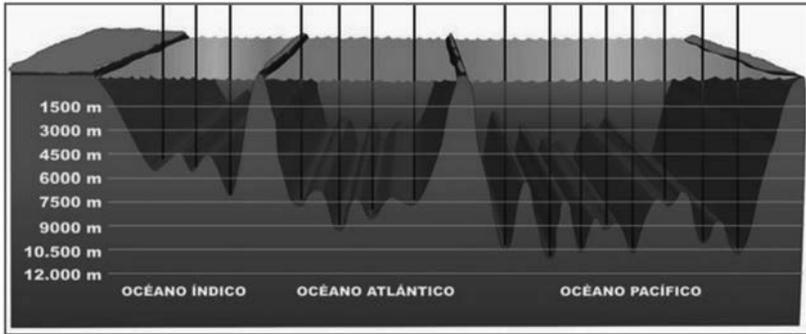
Se conoce como océanos a grandes masas de agua que se encuentran separadas por los continentes, y llamamos mares a masas de agua situadas dentro de la plataforma continental que se caracteriza por tener poca profundidad. El agua de los océanos y los mares se caracteriza por su sabor salobre y amargo, entre las principales elementos químicos que contiene está el cloruro de sodio, sulfatos magnesio y calcio los mismos que facilitan la vida acuática en los mismos.

Tomando como referencia al autor Arthur Strahler la salinidad media del océano es 34.5 por mil; de los cuales 23 por mil pertenece a cloruro sódico, 5 por mil a cloruro de magnesio, 4 por mil a sulfato sódico, 1 por mil a cloruro de calcio, 0.7 por mil a cloruro potásico.

Los principales mares de Europa son: Mediterráneo, Negro, Báltico, Tirreno, Adriático, Jódico, Egeo, de Frigia, de la Mancha y de Irlanda. Los principales mares de América son: Caribe, Cortes, Bering, Argentino, Hudson, Grandes Lagos, Chileno y Groenlandia. Los principales mares de Asia son: Rojo, Muerto, Caspio, Aravico, Aral, Amarillo, de Bering, China Oriental, China Meridional y de Japón. Los principales mares de Oceanía son: Tasmania, Arafura y De Timor. Y finalmente los principales mares de la Antártida son: De Amundsen, De Weddell y De Ross.

Los océanos son el Pacífico con una superficie de 165.2 millones de km² y una profundidad media de 4 282 metros, el Atlántico con una superficie de 82,4 millones de km² y una profundidad media de 3 926 metros, el Índico con una superficie de 73,4 millones de km² y una profundidad media de 3 923 metros; finalmente el Ártico con una superficie de 14,1 millones de km² y una profundidad media de 1 205 metros.

Figura No. 7. Profundidad de los océanos



Fuente: <http://esoblogdeciencias.blogspot.com/2014/04/profundidad-de-los-oceanos-y-mares.html>

Las mareas son movimientos rítmicos y periódicos de las aguas oceánicas, que se manifiestan en el ascenso y descenso del nivel del mar. Estos movimientos se producen en forma alternadas dos veces por día, con un intervalo de 12 horas 25 minutos entre dos pleamares, afectando a toda la masa oceánica.

Los glaciares de montaña son uno de los componentes de la criósfera y son conocidos por su alta sensibilidad a los cambios climáticos a escala decenal. Dada su rapidez de respuesta a estos cambios, se los podría calificar de “centinelas del clima”. La razón principal proviene del origen de los volúmenes de hielo que forman y que son el resultado de las precipitaciones sólidas: los glaciares registran sus variaciones de un año para otro. La segunda razón proviene de la ablación, proceso por el cual el glaciar pierde nieve e hielo (Sicart *et al.*, 2012, p. 9).

La Antártida abarca un continente que se encuentra rodeado por grandes masas oceánicas, el hielo alcanza un espesor de 2 kilómetros sobre el continente, teniendo una superficie de 14 millones de kilómetros cuadrados, la convergencia Antártida comienza aproximadamente a los 60 grados Sur, la temperatura media alcanza por los menos 51 grados centígrados y la temperatura máxima llega a menos de 89 grados centígrados.

En la Antártida no se encuentra la presencia de mamíferos terrestres y solo existe la presencia de plantas vasculares de las cuales podemos mencionar hongos, líquenes, musgos y algas. De todas ellas, los líquenes son el grupo que mejor se ha adaptado a las condiciones meteorológicas de la Antártida.

No existe la presencia de población nativa en la Antártida debido fundamentalmente a las condiciones meteorológicas extremas, únicamente hay la presencia de estaciones científicas. Uruguay tiene la estación científica Artigas que fue fundada el 22 de Diciembre de 1984 en la Isla Rey Jorge, las actividades científicas que lleva adelante son:

- Vigilancia ambiental
- Geodesia y cartográfica
- Glaciología
- Biología humana
- Observaciones ionosféricas/aurorales
- Observaciones meteorológicas
- Vigilancia del ozono estratosférico
- Medición de las mareas

Principales programas científicos apoyados por la estación:

- Relevamiento ornitológico de aves marinas migratorias en Islas Shetland del Sur.
- Observaciones meteorológicas y climatológicas antárticas.
- Estudio de emisiones electromagnéticas en inmediaciones de la BCAA.
- Estudio de las características psicológicas del Hombre, necesarias para su inserción en el medio ambiente antártico y su aplicación.
- Programa de Monitoreo Ambiental de la BCAA.
- Relevamiento de desechos marinos en unidades de muestreo en costas del estrecho Drake en el ámbito de CCAMLR.
- Proyecto de monitoreo de la capa de ozono y radiación ultravioleta.

El Ártico es el área alrededor del Polo Norte de la Tierra. Incluye partes de Rusia, Estados Unidos (Alaska), Canadá, Groenlandia, Islandia, la región de Laponia, en Suecia, Noruega y Finlandia, y las islas Svalbard, así como el océano Ártico. Predomina una gruesa capa de hielo sobre Groenlandia. La temperatura media es de menos 18

grados centígrados y la temperatura extrema es de menos 73 grados centígrados.

Entre las especies de animales mencionamos al zorro ártico, a lobos, a glotones, a ermines, a lemmings, a ardillas terrestres, muchas aves y especies marinas. Entre los mamíferos marinos se encuentran las focas, morsas, y varias especies de cetáceos-ballenas barbadas y también narvales y belugas. Hay alrededor de 3 000 especies de plantas con flores que se encuentran en el Ártico, incluyendo 96 especies endémicas y raras.

Rusia es el único país que ha establecido una estación científica en el Ártico denominada Polo Norte 2015, además el Ministerio de Defensa de Rusia está construyendo una embarcación universal de nueva generación para la flotilla del Océano Ártico cuyas funciones será servir de rompehielos, remolcador y buque de patrulla.

El porcentaje del agua dulce a nivel mundial es el 3%, de los cuales el 20% son aguas subterráneas.

Una parte de la precipitación caída ya sea como rocío, lluvia, granizo y nieve forma la escorrentía superficial la misma que recarga los ríos y los arroyos. Otra parte se infiltra en las capas de la corteza terrestre y constituye la recarga de los manantiales, ríos, mares y océanos, es decir, son las aguas subterráneas.

Características diferenciales entre las aguas superficiales y las aguas subterráneas:

- La velocidad de desplazamiento de las aguas superficiales es mayor que la velocidad de desplazamiento de las aguas subterráneas, se encuentra en el orden de 1:100.000.
- El volumen de las aguas subterráneas es superior al volumen de las aguas de escorrentía superficial, un ejemplo de esto es lo que sucede en el acuífero Guaraní que se estima un volumen de un millón de kilómetros cuadrado.
- Las aguas subterráneas ocupan grandes extensiones en las capas inferiores del globo terráqueo, mientras las aguas superficiales se concentran en pequeñas extensiones.
- El caudal del agua subterránea es prácticamente constante, mientras que el caudal de las aguas superficiales presentan muchas variaciones.

3.4. Aguas subterráneas

En nuestro país las aguas subterráneas son importantes por ser otra alternativa para el aprovechamiento del agua dulce, tanto para proyectos de abastecimiento de agua potable como para los proyectos de riego.

Con la finalidad de garantizar el volumen de las aguas subterráneas es necesario que el ciclo hidrológico en la zona de influencia sea normal, las aguas subterráneas es un componente esencial de este ciclo.

Los ríos se abastecen de las aguas subterráneas en las épocas de estiaje, es decir, el aporte de los acuíferos es variable dependiendo el clima y de la geología pudiendo tener un rango de variación desde cero a 100% en cuencas muy permeables.

Es el agua que se aloja y circula en el subsuelo, conformando los acuíferos. La fuente de aporte principal es el agua de lluvia, mediante el proceso de infiltración. Otras fuentes de alimentación localizada pueden ser los ríos, arroyos, lagos y lagunas. El agua subterránea se sitúa por debajo del nivel freático y está saturando completamente los poros y/o fisuras del terreno y fluye a la superficie de forma natural a través de vertientes o manantiales o cauces fluviales (Collazo, 2012, p. 16).

Históricamente las aguas subterráneas han sido aprovechadas desde la antigüedad para el aprovechamiento del agua dulce. A medida que han ido transcurriendo los años las técnicas de aprovechamiento han mejorado en forma notable en regiones áridas y semiáridas. En algunas partes de nuestro planeta el aprovechamiento ha sido tan intensivo que se ha afectado el nivel de los acuíferos y, consecuentemente, han disminuido el nivel de los ríos y manantiales afectando directamente al ecosistema.

El problema se agudiza en algunos acuíferos costeros en los cuales la disminución del nivel de las aguas dulces ha provocado la degradación de la calidad del agua o la intrusión de aguas marinas.

Si tratamos el perfil del suelo vemos que las aguas subterráneas se dividen en la zona no saturada y la zona saturada, teniendo en cuenta que el límite de las dos zonas está dado por el nivel freático, el mismo que no es constante y varía de acuerdo al clima.

A su vez la zona no saturada se divide en la zona de evapotranspiración, la zona intermedia y la zona capilar.

La zona de evapotranspiración se caracteriza por cuanto su espesor está en función de la longitud de las raíces de la vegetación, se caracteriza por ser el espesor de suelo en donde los procesos físico quí-

micos y biológicos se dan con mayor frecuencia e intensidad. La gran cantidad de materia orgánica y la actividad de los microorganismos, da como resultado la alta generación de CO².

La zona intermedia también conocida como vadosa posee el límite superior la zona edáfica y el límite inferior de ascenso capilar del agua, la longitud de esta zona capilar se encuentra en función de las características del suelo del tamaño de distribución de los poros y la homogeneidad del terreno.

La zona capilar tiene su límite inferior el nivel freático en el suelo que como ya expresamos en variable, y por la parte superior de ascenso capilar del agua.

Por último, en la zona saturada se puede distinguir dos clases de aguas. Agua vinculada o agua atrapada, en realidad unida a los sólidos mediante fuerzas moleculares o electrostáticas, estando los dos procesos limitados en el espacio; y el agua libre, capaz de moverse debido a la gravedad o bajo el efecto de la presión.

A continuación se presenta las características de las aguas subterráneas:

- Los volúmenes de almacenamiento son muy grandes.
- Las velocidades de flujo son muy bajas.
- El tiempo de residencia de las aguas subterráneas pueden ser desde décadas a siglos.
- Las pérdidas por evaporación son bajas y localizadas.
- Su prospección representa altos costos financieros e incertidumbre considerable.
- Las aguas por lo general presentan una magnífica calidad físico química.
- Los impactos ambientales son irrelevantes y/o moderados.

Acuífero es una palabra que proviene del latín (fero=llevar), se define como la capa geológica que contiene agua en cantidad apreciable y permite que circule a través de ella con facilidad. El agua que contiene los acuíferos proviene de varias fuentes: la infiltración de la lluvia, la infiltración de las aguas de los ríos y la infiltración por quebradas superficiales.

Los acuíferos se clasifican, en función de su estructura y tipo de porosidad derivada de los materiales que lo conforman, tenemos: a)

Acuíferos libres, no confinados o freáticos; b) Acuíferos confinados, cautivos o a presión.

Los acuíferos libres se caracterizan porque en la parte inferior presentan una capa confinante y en la parte superior su límite es el nivel freático de las aguas subterráneas. El nivel del agua subterránea no es constante debido a que su nivel depende de la recarga que tengan principalmente por la infiltración del agua lluvia.

Si los pozos de aprovechamiento del agua son muy someros estos se secan en épocas de estiaje debido a que el nivel de las aguas subterráneas desciende hasta por debajo de la profundidad del pozo.

Los acuíferos confinados también denominado cautivo se caracteriza porque en la parte superior posee una capa confinante de muy baja permeabilidad y en la parte inferior tienen una capa impermeable.

La recarga de este tipo de acuíferos es lateralmente, y el agua se encuentra a presión hidrostática a nivel del techo del acuífero.

Cuando se construye un pozo para su aprovechamiento el agua asciende inmediatamente, si alcanza el nivel del terreno se denomina pozo artesiano surgente, mientras que si el nivel del agua no alcanza el nivel del terreno se denomina pozo artesiano no surgente.

Las características físicas de las aguas subterráneas son:

- La temperatura del agua es poco variable y responde a la temperatura media anual que se tenga en el pozo de aprovechamiento. De acuerdo a investigaciones en el campo por cada 30 metros de profundidad aumenta la temperatura en 1 grado centígrado.
- La conductividad es la característica del agua de transmitir la corriente eléctrica. Esta propiedad se incrementa con el aumento de la temperatura de la misma; debido a que las aguas subterráneas poseen sales disueltas. Esta propiedad de trasmisión se incrementa, el valor de conductividad esta en el orden de 10^{-6} nhos/cm.
- El color de las aguas subterráneas está en función de los minerales que se encuentran disueltos.
- La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz y se debe a la presencia en las aguas subterráneas de sólidos en suspensión (limos, arcillas, materia orgánica, etc.) que dificultan el pasaje de la luz.

- El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución de las aguas subterráneas. Controlado por las reacciones químicas y por el equilibrio entre los iones presentes. En agua subterránea varía entre 6,5 y 8,5.
- Si se requiere conocer la cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas por medios químicos que se encuentran disueltas o en suspensión en las aguas subterráneas se debe medir la demanda química de oxígeno DQO. Se utiliza para medir el grado de contaminación de las aguas subterráneas y se expresa en miligramos de oxígeno biatómico por litro. Los valores comunes en las aguas subterráneas fluctúan en el orden de 1 a 5 mg/lit de O²-
- Se define como demanda bioquímica de oxígeno DBO como la cantidad de oxígeno de los microorganismos presentes en las aguas subterráneas consumen mediante la degradación de las sustancias orgánicas, podemos mencionar a bacterias aerobios, bacterias anaerobias o facultativas pseudomonas, escherichia, aerobacter, bacillus, hongos y plantum. Es un parámetro muy importante a la hora de definir la calidad de las aguas subterráneas; cuanto mayor cantidad de materia orgánica tienen las aguas subterráneas, más oxígeno necesitan los microorganismos para oxidarla. Si en el análisis físico-químico se verifica valores superiores a 1 ppm de O² significa que existe contaminación.
- Clasificación de las aguas subterráneas mediante las norma Riverside. De manera general y para determinar la aptitud del agua subterránea, se utiliza el diagrama tomado del U.S. Salinity Laboratory Staff (1954), que relaciona el índice SAR (concentración relativa de sodio con respecto al calcio y al magnesio) y la conductividad eléctrica (en mmhos/cm a 25°C) del agua.

La clasificación de las aguas subterráneas en función del diagrama SAR es la siguiente:

C1: Agua de baja salinidad, apta para las labores agrícolas en todos los casos. Presenta algunos inconvenientes en suelos de muy baja permeabilidad.

C2: Agua de salinidad media es apta para las labores agrícolas. Solamente se debe utilizar en cultivos tolerantes a la salinidad. Para

cultivos extensivos: cebada, algodón, remolacha, trigo, soya, arroz y maíz. Para cultivos frutales: vid, olivo, limonero, manzano, naranja y ciruela. Para cultivos de huerta: pepino, tomate, melón, espinaca, col, patata, pimiento, cebolla y judía.

C3: Agua de salinidad alta, puede utilizarse en suelos con buen drenaje.

C4: Agua de salinidad muy alta, que en muchos casos no es apta para las labores agrícolas, solamente debe utilizarse en suelos con muy buena permeabilidad.

S1: Agua subterránea con bajo contenido de sodio, es apta para labores agrícolas en general.

S2: Agua subterránea con medio contenido de sodio, presenta peligro moderado a la acumulación de sodio en el suelo especialmente en suelos de textura fina.

S3: Agua subterránea con alto contenido de sodio, con peligro alto de acumulación de sodio en el suelo.

S4: Agua subterránea con muy alto contenido de sodio, este tipo de agua no es aconsejable para las labores agrícolas.

3.5. Agua dulce superficial

Es el agua dulce que se encuentra en la superficie terrestre que puede ser aprovechada por el hombre para garantizar su supervivencia en nuestro planeta. Puede presentarse en varias formas en ríos, en lagos, en la humedad del suelo, en la atmósfera y el agua accesible en las plantas.

3.6. Ambiente como un factor de riesgo

Los riesgos generados por el ambiente están relacionados con el daño que se produce a los factores del entorno debidos a las actividades humanas como puede ser la productiva, la económica y el desarrollo de los asentamientos humanos.

Si hablamos del campo productivo los factores de riesgo que se generan son: la producción de emisiones a la atmosfera, la generación de ruido que sobrepasa los niveles establecidos en la norma, la contaminación de las aguas superficiales al momento que no se considera un tratamiento primario, la generación de residuos sólidos industriales y residuos sólidos peligrosos.

Los riesgos ambientales tienen la siguiente clasificación: riesgos naturales y riesgos antrópicos.

Las actividades humanas y económicas de una población pueden verse afectadas por la presencia de riesgos naturales que están causadas por fuerzas extrañas al ser humano.

Los riesgos que son, potencialmente, peligrosos se clasifican de la siguiente manera. Los riesgos naturales de tipo atmosférico son: granizo, huracanes, incendios, tornados y tormentas tropicales. Los riesgos naturales de tipo hidrológico son: inundaciones costeras, desertificación, salinización, sequía, erosión y sedimentación, desbordamientos de ríos y olas ciclónicas. Los riesgos naturales de tipo sísmicos son: fallas, temblores, dispersiones laterales, licuefacción y tsunamis. Los riesgos naturales de tipo volcánico son: caída de cenizas, flujos de lavas, corrientes de fangos y flujos piro clásticos. Los riesgos naturales de tipo geológicas son: suelos expansivos, deslizamientos, deslizamiento de rocas y hundimientos de tierra.

Los riesgos antrópicos son aquellos que son generados por la actividad de las personas en la producción, distribución, transporte y consumo de bienes y servicios en la construcción de la infraestructura necesaria para el desarrollo del país.

A continuación se presentan las catástrofes más graves, en los cuales se pudo implementar acciones ambientales para su recuperación:

- Petrolero Metula, estrecho de Magallanes, 1974: Este buque transportaba 190 000 barriles de petróleo y derramó aproximadamente 53 000 barriles.
- Seveso, Italia 1976: Salida a la atmósfera de 1 kilogramo de dioxinas (estimado).
- Love Canal 1977: Filtración de productos químicos tóxicos en los sótanos de los hogares.
- Bophal, India 1974: Emisión a la atmósfera de isocianato de metilo.
- Basilea, Suiza 1976: Los vertidos de extinción dan lugar a procesos de contaminación del río Rin.
- Exxon Valdez, Alaska 1989: Vertido al mar de 38 800 toneladas de petróleo.
- Mar Egeo, Galicia 1992: El petrolero Mar Egeo encalló frente a las costas de Galicia provocando una marea negra sobre las costas.

- Prestige, Galicia 2002: El buque Prestige se hunde cerca de las costas de Finisterre con una carga aproximada de 70 000 toneladas de fuel.

Es oportuno presentar los principales hitos de la política internacional en materia de Ambiente, la cual ha sido acogida como referencia para que los países miembros de Naciones Unidas incorporen las mismas a su legislación. Estos acuerdos y convenios internacionales son los siguientes:

- Carta mundial de la naturaleza. Directiva Seveso I, año 1982.
- Conferencia industrial mundial sobre la Protección del Medio, año 1984.
- Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono. Conferencia sobre cambios climáticos y el efecto invernadero, año 1985.
- Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Informa Brundtland (Nuestro futuro común) difunde la idea de desarrollo sostenible, año 1987.
- Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su eliminación. Se crea el grupo intergubernamental sobre el cambio climático, año 1989.
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Cumbre de la Tierra) Río de Janeiro, Brasil. Convenio sobre diversidad biológica. Convenio marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, 1992.
- Se aprueba el Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático, año 1997.
- Protocolo de Cartagena sobre la seguridad de biotecnología. Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas, año 2000.
- Convenio de Estocolmo sobre los contaminantes orgánicos persistentes. Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible.

Capítulo 4

Principales problemas ambientales a nivel global

4.1. Introducción

Al estudiar el ambiente es importante tener en cuenta una visión de tres niveles: global, regional y local, con la finalidad de poder estructurar de una mejor manera la forma de estudiar su problemática y encontrar la solución a las mismas.

El objetivo de este estudio es mejorar la habilidad del gestor para poder gestionar el ambiente desde el nivel local con perspectiva ambiental global.

Si aspiramos a gestionar el ambiente desde una visión de desarrollo sostenible, esto significa planificar para actuar en el corto plazo, mediano plazo y largo plazo, anticipándose en la medida de lo posible a los problemas ambientales para que los mismos no aparezcan y peor aún se conviertan en crisis.

Por lo expuesto, es importante realizar un listado de los problemas ambientales a nivel global, regional y local para conocer su problemática y de esa manera poder plantear los planes, programas y proyectos que lleven a la solución de los mismos. Para ello es conveniente realizar un repaso de los principios generales del desarrollo sostenible e integridad del sistema ambiental, planteados en la Cumbre de Río de Janeiro en el año de 1992.

Principio 1: Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.

Principio 2: De conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y los principios del derecho internacional, los Estados tienen el derecho soberano de aprovechar sus propios recursos según sus

propias políticas ambientales y de desarrollo, y la responsabilidad de velar por que las actividades realizadas dentro de su jurisdicción o bajo su control no causen daños al medio ambiente de otros Estados o de zonas que estén fuera de los límites de la jurisdicción nacional.

Principio 3: El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras.

Principio 4: A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.

Principio 5: Todos los Estados y todas las personas deberán cooperar en la tarea esencial de erradicar la pobreza como requisito indispensable del desarrollo sostenible, a fin de reducir las disparidades en los niveles de vida y responder mejor a las necesidades de la mayoría de los pueblos del mundo.

Principio 6: Se deberá dar especial prioridad a la situación y las necesidades especiales de los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados y los más vulnerables desde el punto de vista ambiental. En las medidas internacionales que se adopten con respecto al medio ambiente y al desarrollo también se deberían tener en cuenta los intereses y las necesidades de todos los países.

Principio 7: Los Estados deberán cooperar con espíritu de solidaridad mundial para conservar, proteger y restablecer la salud y la integridad del ecosistema de la Tierra. En vista de que han contribuido en distinta medida a la degradación del medio ambiente mundial, los Estados tienen responsabilidades comunes pero diferenciadas. Los países desarrollados reconocen la responsabilidad que les cabe en la búsqueda internacional del desarrollo sostenible, en vista de las presiones que sus sociedades ejercen en el medio ambiente mundial y de las tecnologías y los recursos financieros de que disponen.

Principio 8: Para alcanzar el desarrollo sostenible y una mejor calidad de vida para todas las personas, los Estados deberían reducir y eliminar las modalidades de producción y consumo insostenibles y fomentar políticas demográficas apropiadas.

Principio 9: Los Estados deberían cooperar en el fortalecimiento de su propia capacidad de lograr el desarrollo sostenible, aumentando el saber científico mediante el intercambio de conocimientos científicos y tecnológicos, e intensificando el desarrollo, la adaptación, la difusión y la transferencia de tecnologías, entre estas, tecnologías nuevas e innovadoras.

Principio 10: El mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados, en el nivel que corresponda. En el plano nacional, toda persona deberá tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas, incluida la información sobre los materiales y las actividades que encierran peligro en sus comunidades, así como la oportunidad de participar en los procesos de adopción de decisiones. Los Estados deberán facilitar y fomentar la sensibilización y la participación de la población poniendo la información a disposición de todos. Deberá proporcionarse acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos, entre éstos el resarcimiento de daños y los recursos pertinentes.

Principio 11: Los Estados deberán promulgar leyes eficaces sobre el medio ambiente. Las normas, los objetivos de ordenación y las prioridades ambientales deberían reflejar el contexto ambiental y de desarrollo al que se aplican. Las normas aplicadas por algunos países pueden resultar inadecuadas y representar un costo social y económico injustificado para otros países, en particular los países en desarrollo.

Principio 12: Los Estados deberían cooperar en la promoción de un sistema económico internacional favorable y abierto que llevara al crecimiento económico y el desarrollo sostenible de todos los países, a fin de abordar en mejor forma los problemas de la degradación ambiental. Las medidas de política comercial con fines ambientales no deberían constituir un medio de discriminación arbitraria o injustificable ni una restricción velada del comercio internacional. Se debería evitar tomar medidas unilaterales para solucionar los problemas ambientales que se producen fuera de la jurisdicción del país importador. Las medidas destinadas a tratar los problemas ambientales transfronterizos o mundiales deberían, en la medida de lo posible, basarse en un consenso internacional.

Principio 13: Los Estados deberán desarrollar la legislación nacional relativa a la responsabilidad y la indemnización respecto de las víctimas de la contaminación y otros daños ambientales. Los Estados deberán cooperar asimismo de manera expedita y más decidida en la elaboración de nuevas leyes internacionales sobre responsabilidad e indemnización por los efectos adversos de los daños ambientales causados por las actividades realizadas dentro de su jurisdicción, o bajo su control, en zonas situadas fuera de su jurisdicción.

Principio 14: Los Estados deberían cooperar efectivamente para desalentar o evitar la reubicación y la transferencia a otros Estados de

cualesquiera actividades y sustancias que causen degradación ambiental grave o se consideren nocivas para la salud humana.

Principio 15: Con el fin de proteger el medio ambiente, los Estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente.

Principio 16: Las autoridades nacionales deberían procurar fomentar la internalización de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos, teniendo en cuenta el criterio de que el que contamina debe, en PRINCIPIO, cargar con los costos de la contaminación, teniendo debidamente en cuenta el interés público y sin distorsionar el comercio ni las inversiones internacionales.

Principio 17: Deberá emprenderse una evaluación del impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente.

Principio 18: Los Estados deberán notificar inmediatamente a otros Estados de los desastres naturales u otras situaciones de emergencia que puedan producir efectos nocivos súbitos en el medio ambiente de esos Estados. La comunidad internacional deberá hacer todo lo posible por ayudar a los Estados que resulten afectados.

Principio 19: Los Estados deberán proporcionar la información pertinente y notificar previamente y en forma oportuna a los Estados que posiblemente resulten afectados por actividades que puedan tener considerables efectos ambientales transfronterizos adversos, y deberán celebrar consultas con esos Estados en una fecha temprana y de buena fe.

Principio 20: Las mujeres desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo. Es, por tanto, imprescindible contar con su plena participación para lograr el desarrollo sostenible.

Principio 21: Debería movilizarse la creatividad, los ideales y el valor de los jóvenes del mundo para forjar una alianza mundial orientada a lograr el desarrollo sostenible y asegurar un mejor futuro para todos.

Principio 22: Las poblaciones indígenas y sus comunidades, así como otras comunidades locales, desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo debido a sus

conocimientos y prácticas tradicionales. Los Estados deberían reconocer y apoyar debidamente su identidad, cultura e intereses y hacer posible su participación efectiva en el logro del desarrollo sostenible.

Principio 23: Deben protegerse el medio ambiente y los recursos naturales de los pueblos sometidos a opresión, dominación y ocupación.

Principio 24: La guerra es, por definición, enemiga del desarrollo sostenible. En consecuencia, los Estados deberán respetar las disposiciones de derecho internacional que protegen al medio ambiente en épocas de conflicto armado, y cooperar en su ulterior desarrollo, según sea necesario.

Principio 25: La paz, el desarrollo y la protección del medio ambiente son interdependientes e inseparables.

Principio 26: Los Estados deberán resolver pacíficamente todas sus controversias sobre el medio ambiente por medios que correspondan con arreglo a la Carta de las Naciones Unidas.

Principio 27: Los Estados y las personas deberán cooperar de buena fe y con espíritu de solidaridad en la aplicación de los principios consagrados en esta Declaración y en el ulterior desarrollo del derecho internacional en la esfera del desarrollo sostenible.

4.2. Problemas ambientales a nivel global

4.2.1. Agujero capa de ozono: La diversidad biológica se encuentra amenazada por el adelgazamiento de la capa de ozono, ya que se encuentra amenazada: recibir mayor cantidad de radiación solar nociva para su normal desarrollo. Esta problemática además influye en el comportamiento del clima a nivel mundial, en las personas provoca problemas de salud al incrementarse el índice de personas que sufren cáncer de piel, además de provocar problemas inmunológicos y haber incrementado el número de personas afectadas por cataratas en los ojos.

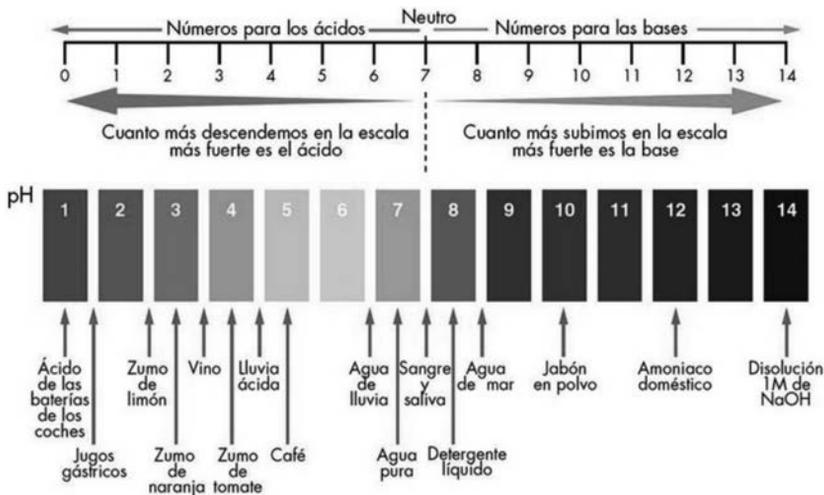
Por la presencia de varias sustancias químicas conocidas como sustancias agotadoras del ozono SAO es la principal causa del adelgazamiento de la capa de ozono. Este problema fue detectado en el año de 1974 en donde científicos europeos indicaron que la presencia de iones de cloruros (clorofluorocarbonos) que provienen de las refrigeradoras, acondicionadores de aire, aerosoles, espumas aislantes y equipos contra incendios son los responsables.

Esta capa de ozono que rodea a todo nuestro planeta con un espesor promedio de 30 kilómetros, es la responsable de protegernos de los

rayos ultravioletas provenientes del sol. En algunas partes de nuestro planeta esta capa de ozono disminuye su espesor y en otros sitios existe la perforación de la misma y se conoce como “agujero de ozono”.

4.2.2. Lluvia ácida: La lluvia ácida es una consecuencia de la contaminación del aire. El humo que proviene de un incendio forestal, el humo que proviene de la actividad productiva de una industria o el humo que proviene de la combustión de un automóvil contiene gran cantidad de gases invisibles que contaminan el aire, especialmente los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre reaccionan en contacto con la humedad del aire. Todos los ácidos antes mencionados se depositan en las nubes y al momento de producirse la lluvia natural se produce la lluvia ácida que se caracteriza por tener un pH en el rango de 1 a 5.

Figura No. 8. Valores típicos del pH del agua



Fuente: <https://www.picaronablog.com/2016/09/ph-sustrato-suelo-agua.html>

La presencia de la lluvia ácida tiene gran cantidad de efectos nocivos sobre los ecosistemas, produce el aumento de la acidez del agua de los ríos y de los lagos produciendo trastornos importantes en las especies acuáticas.

Otro efecto de la lluvia ácida es el aumento de la acidez de los suelos y esto origina cambios en la composición de los mismos, produciéndose la lixiviación de importantes nutrientes para las plantas.

La lluvia ácida también afecta a las construcciones y esculturas históricas que han sido talladas en piedra caliza y que se han conservado hasta nuestros días. Una vez que el agua ácida entra en contacto con la piedra, esta reacciona y se transforma en yeso, el cual se disuelve fácilmente.

Foto No. 1. Consecuencias de la lluvia ácida



Fuente: <https://www.laprensa.com.ni/tag/feos>

Una manera de combatir la lluvia ácida es implementar planes, programas y proyectos en las siguientes áreas:

- Reducción de los combustibles fósiles.
- Crear campañas de concientización ambiental.
- Utilizar energías alternativas y renovables.
- Fomentar la investigación de nuevas formas de aprovechamiento de las energías alternativas y renovables
- Incrementar el área de bosques en zonas metropolitanas de las ciudades.
- Reposición de los artefactos antiguos por otros que generen una eficiencia energética.
- Incentivar la construcción de jardines horizontales o verticales en las viviendas y edificios.

4.2.3. Cambio climático: Una de las mayores amenazas de la vida sobre la Tierra es el cambio climático. Este fenómeno se encuentra asociado al aumento de las emisiones de los gases efecto invernadero que están generando un aumento de las temperaturas medias anuales en nuestro planeta.

La contaminación atmosférica ha provocado el incremento de la cantidad de gases efecto invernadero, incrementando la temperatura media anual histórica del planeta y ello tendrá consecuencias desastrosas.

Las formas que se manifiesta el cambio climático son cada vez más precisas y detallamos a continuación: las áreas de nieve y hielo en los casquetes polares han disminuido provocando el incremento del nivel de mares y océanos, extensas áreas costeras se ven amenazadas por el incremento del nivel del mar lo cual podría provocar el desplazamiento de millones de personas que habitan en esas zonas.

La creciente preocupación sobre el cambio climático condujo a que la Organización de las Naciones Unidas reúna a los científicos más destacados para crear el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático el cual trataría de encontrar soluciones a la problemática, esto ocurrió en el año de 1988.

Los informes del PICC se encuentran estructurados de la siguiente forma: i) Fundamentos científicos; ii) Impactos, adaptación y vulnerabilidad; iii) Mitigación del cambio climático.

“En el año de 1995 un grupo de científicos reunidos en el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático sugirió que el balance de las evidencias sugieren que hay influencia humana discernible en el clima global” (Ávalos, 1990, p. 120, sección II). Un sector económico que se ve afectado son las compañías de seguros que deberían cubrir grandes desastres naturales, lo que puede provocar el aumento de sus pérdidas financieras.

La industria del transporte sería también afectada por el cambio climático debido a que la infraestructura actual se vería afectadas por el cambio del clima (lluvias torrenciales) que demandarían mayores recursos económicos para su mantenimiento y reparación.

Cerca de un tercio del calentamiento de la atmósfera y el cambio climático obedecen a la agricultura. En general se reconoce que gran parte del principal gas que produce el efecto invernadero, el dióxido de carbono, procede de la agricultura, sobre todo de la deforestación y la quema de biomasa. Los rumiantes domésticos, los incendios forestales, el cultivo de arroz en los humedales y los productos de desecho

producen la mayor parte del metano que hay en la atmósfera, a la vez que la labranza convencional y la utilización de fertilizantes generan un alto porcentaje de los óxidos nitrosos.

Foto No. 2. Consecuencias cambio climático



Fuente: <https://climaticocambio.com/aun-hay-esperanza-para-el-oso-polar/>

4.2.4. Explosión demográfica

Es una situación preocupante el aumento exponencial de la población humana a nivel mundial, considerando que la disponibilidad de recursos para garantizar su subsistencia aumenta en menor proporción. Con la finalidad de analizar el tema de la explosión demográfica de una forma sucinta debemos tener presente los siguientes aspectos:

- El hombre es la única especie que es capaz de adaptarse a los distintos ecosistemas que tenemos a nivel mundial, es decir, es capaz de vivir en las zonas polares como en las zonas costeras; en zonas áridas como en zonas húmedas. Es más, tiene la capacidad de construir infraestructura necesaria con la finalidad de transformar el territorio y de esa forma incrementar su bienestar de vida.

- Nunca se ha tenido valores tan preocupante sobre el aumento de la población a nivel mundial, de acuerdo a estudios realizados por división de población de las Naciones Unidas en el año 2000 fuimos 5 716 millones de personas y se estima que en el año 2050 lleguemos a 9 833 millones de personas.
- El crecimiento poblacional es una situación nueva cuya consecuencia inmediata es que los estados no se encuentran preparados para garantizar la seguridad alimentaria y la infraestructura necesaria para brindar un nivel de vida adecuado a la población.
- La falta de planificación en ordenamiento territorial en las ciudades y poblaciones ha contribuido al agravamiento de los problemas ambientales (deforestación, desertificación, efecto invernadero, erosión eólica de los suelos, erosión hídrica de los suelos, etc.

Tabla No. 10. Panorama poblacional a nivel mundial

Región / año	2010	2020	2030	2050
Europa	728	725	711	677
Norte América	331	357	375	388
Sur América	603	676	742	838
África	1069	1347	1642	2140
Asia	4263	4744	5158	5741
Oceanía	34	39	42	48
Total	7 032	7 887	8 670	9 833

Fuente: División de la población de las Naciones Unidas

La urbanización es el resultado de diversos componentes: el crecimiento natural, la migración interna, las migraciones internacionales y la reclasificación territorial.

El crecimiento natural de las ciudades se ha caracterizado por tener un menor crecimiento natural en las primeras fases de la urbani-

zación. Consideremos que el crecimiento natural suele ser más elevado en las zonas rurales que en las zonas urbanas. Esto sucede debido a que en las zonas urbanas la tasa de mortalidad es más elevada si comparamos con lo que sucede en la zona rural y la fecundidad en las zonas rurales es más elevada.

La migración interna se ha constituido en un factor muy importante en el proceso de urbanización de las grandes ciudades. Este proceso está vinculado al crecimiento de las industrias asentadas en los parques industriales, a la oferta de mayores fuentes de trabajo obviamente con salarios más atractivos que en el campo. Además, en las grandes metrópolis o ciudades metropolitanas se ha redistribuido la población en centros urbanos asentados en las periferias residenciales más o menos alejadas de la ciudad.

Las migraciones internacionales tienen como destino preferentemente el área urbana. La ciudad es la puerta de entrada para las migraciones internacionales.

Noticia de interés sobre movimientos migratorios

“El OIM informa que 20 484 inmigrantes y refugiados llegaron a Europa por vía marítima en 2017 hasta el 19 de marzo”, dice el informe de la organización publicado el 21 de marzo de 2017, al señalar que además otras 659 personas entraron en Europa por vía terrestre hasta la misma fecha. Estas cifras no incluyen a 3 312 inmigrantes rescatados el 19 de marzo y trasladados más tarde a Italia, de acuerdo con los datos del Ministerio italiano de Exteriores.

La reclasificación territorial es un factor que puede perturbar la evolución del crecimiento demográfico de una misma unidad geográfica. Podríamos citar numerosos casos de ciudades metropolitanas en las que su expansión se ha dado por procesos de agregación de nuevas localidades cercanas en su proceso de urbanización.

Es importante que el análisis y diagnóstico del medio natural sea intencionado, de acuerdo con los elementos principales que se reflejarán en la Ordenanza Medioambiental. Debe atender a aquellos elementos con una influencia directa en la planificación urbana, tales como: el sol y los factores que modifican la radiación solar; la vegetación; el viento y los factores que modifican el régimen local; el agua y la humedad y la geomorfología (Higuera, 1998, p. 58).

Finalmente, debemos anotar que el grupo humano más vulnerable en las migraciones internacionales son los niñas y niños, debido a que están expuestos a vivir en condiciones muy extremas en las cuales no se garantiza su alimentación y salud. Por lo anteriormente expresado, UNICEF procura que en los países escogientes se cumplan los derechos de los menores para garantizar su salud física y mental.

4.2.5. Pérdida de biodiversidad biológica

Si nos referimos a la biodiversidad biológica, debemos tomar en cuenta que abarca la diversidad de especies de plantas, animales, hongos y microorganismos que viven en un espacio determinado. También se incluyen los procesos evolutivos a nivel de genes, especies y ecosistemas.

Son tres los niveles de biodiversidad:

- Genética o diversidad intraespecífica, consistente en la diversidad de versiones de los genes (alelos) y de su distribución, que a su vez es la base de las variaciones interindividuales.
- Específica, entendida como diversidad sistemática, consistente en la pluralidad de los sistemas genéticos o genomas (genoma es un conjunto finito de genes contenidos en los cromosomas) que distinguen a las especies.
- Ecosistémica, la diversidad de las comunidades biológicas (biocenosis es el conjunto de organismos, vegetales o animales, que viven y se reproducen en determinadas condiciones de un medio) cuya suma integrada constituye la biosfera.

Hay que incluir también la diversidad interna de los ecosistemas, a la que se refiere tradicionalmente la expresión diversidad ecológica.

La biodiversidad varía en función de las regiones ecológicas, se puede observar que en los climas cálidos, tropicales y subtropicales presentan mayor número de biodiversidad.

El parque nacional Yasuní que posee una extensión de 9 820 kilómetros cuadrados situados en las provincias orientales de Pastaza y Orellana posee la más alta diversidad de especies a nivel mundial, es así que posee 150 especies de anfibios, 121 especies de reptiles, 598 especies de aves,

204 especies de mamíferos, en cuanto a la flora se ha estimado que posee 3 100 especies (Bass, *et al.*, 2011, p. 22).

Por lo expuesto en el párrafo anterior el Gobierno ecuatoriano declaró al Parque Nacional Yasuní una zona intangible en el año de 1998 en el Gobierno de Jamil Mahuad.

Caso Yasuní ITT: En el 2007, el expresidente de Ecuador, Rafael Correa habló sobre la iniciativa Yasuní Ishpingo Tambococha Tiputini (ITT). Esta iniciativa buscaba mantener importantes reservas de petróleo, indefinidamente, bajo tierra en el campo de ITT. El campo tiene una enorme importancia debido a su biodiversidad; además, constituye un medio de subsistencia para más de 3 300 pueblos indígenas, incluidos dos grupos aislados voluntarios, Tagaeri y Taromenani.

El Gobierno ecuatoriano solicitó a los gobiernos de diferentes países y la sociedad civil de todo el mundo una compensación de al menos el 50% de los ingresos previstos en caso de explotación petrolera del parque. Los ingresos generados se invertirían en proyectos de energía renovable y promoverían el desarrollo sostenible, particularmente en el área de la Amazonía.

El 15 de agosto de 2013, el presidente Correa anunció que la iniciativa no tuvo la respuesta internacional esperada, es así como el 3 de octubre del 2013 la Asamblea declaró de “interés nacional” la explotación petrolera de los bloques 31 y 43 (ITT), que se encuentran dentro del Parque Nacional Yasuní, por pedido del expresidente Rafael Correa.

En la declaratoria se estableció que la actividad extractiva se realice en “una extensión no mayor al uno por mil (1/1000)” de la superficie actual del PNY. Sin embargo, el actual presidente Lenín Moreno propone una pregunta sobre el tema dentro de la consulta popular, que busca reducir la zona de explotación: ¿Está usted de acuerdo en incrementar la zona intangible en al menos 50 000 hectáreas y reducir el área de explotación petrolera autorizada por la Asamblea Nacional en el Parque Nacional Yasuní de 1 030 hectáreas a 300 hectáreas?

La pérdida de biodiversidad fundamentalmente es consecuencia de la actividad de desarrollo que ha emprendido el hombre con la finalidad de mejorar su calidad de vida, que puede tener las más significativas consecuencias negativas.

A continuación se mencionan algunos planes, programas y proyectos de desarrollo que afectan a la biodiversidad:

- Proyectos de índole agrícola en los mismos que se realiza el desmonte de la tierra, se hace uso indiscriminado de pesticidas y herbicidas muchos de ellos ya prohibidos en países del Primer Mundo y la introducción de mono cultivos sin considerar la historia agrícola de la zona.
- La construcción de centrales hidroeléctricas para la generación de energía, afectan enormemente a la biodiversidad del embalse. Además, esta zona no se podrá recuperar nunca más para ser utilizados como terrenos de producción agrícola y/o ganadera. Tomemos en cuenta que en las centrales hidroeléctricas más grandes como por ejemplo el mega proyecto chino de la presa las Tres Gargantas desplazó de su lugar de residencia a más de dos millones de personas y se reubicaron más de cuarenta templos de la dinastía Ming siendo esta la penúltima dinastía de China. La inundación que produce su embalse de más de 600 km² supone la pérdida y/o fragmentación de numerosos hábitats terrestres con una especial afectación de especies vegetales como también de animales.
- Proyectos forestales en donde existe la explotación forestal intensiva que incluyan la construcción de caminos de acceso y no considere las medidas de mitigación del estudio de impacto ambiental, es otra de las actividades de índole productivo que afectan la biodiversidad de los bosques. En nuestro país, la provincia de Esmeraldas ubicada al norte de la ciudad capital ha sufrido la afectación de su biodiversidad especialmente la de su manglar y en sus humedales.
- La canalización de ríos es otro proyecto de carácter hidráulico ambiental que afecta a la biodiversidad de las orillas del mismo. Una alternativa válida que se podría implementar en estos proyectos es la construcción de parques lineales, luego de realizar la evaluación del impacto ambiental definir la metodología más idónea para restablecer la biodiversidad que existía en la zona del proyecto.

En el tema de la afectación de la biodiversidad en ríos es necesario mencionar que la contaminación del agua tiene mucha influencia.

La invasión de los humedales por proyectos de desarrollo especialmente los viales y camaroneras afecta a la biodiversidad de los

mismos. Los humedales se definen como ecosistemas que se caracterizan por ser diversos y productivos, son muy importantes debido a que acogen gran cantidad de biodiversidad y para el funcionamiento de todos los ecosistemas.

En la ciudad iraní de Ramsar el 2 de Febrero de 1971 se firmó la Convención sobre los Humedales, constituye el primer tratado intergubernamental sobre la conservación y el uso racional de los recursos naturales.

Las medidas de mitigación que se debería implementar para proteger a los humedales y la biodiversidad que poseen son las siguientes: mantener intactos los humedales, abordar los principales generadores y degradación de pérdida y degeneración de humedales, seguir identificando las especies que son vulnerables, planificar planes y programas de manejo y restauración de humedales, considerar los posibles efectos en la biodiversidad de los humedales debido al cambio climático.

Los humedales se pueden clasificar en:

1. Humedales marinos y costeros:
 - Aguas marinas someras permanentes
 - Lagunas costeras de agua dulce
 - Lechos marinos submareales
 - Lagunas costeras salobres
 - Arrecifes de coral
 - Humedales intermareales arbóreos
 - Costas marinas rocosas
 - Pantanos y esteros
 - Playas de arena y de guijarro
 - Estuarios
2. Humedales continentales:
 - Deltas interiores
 - Ríos y arroyos permanentes
 - Ríos y arroyos estacionales
 - Lagos permanentes de agua dulce
 - Lagos estacionales
 - Lagos permanentes salinos
 - Lagos y zonas inundadas estacionales

3. Humedales artificiales:

- Estanques de acuicultura
- Tierras de regadío
- Zonas de explotación de sal
- Zonas de almacenamiento de agua
- Áreas de tratamiento de aguas servidas

En el país existen gran cantidad de humedales. En la región Costa tenemos en las provincias de El Oro, Esmeraldas, Santa Elena, Guayas, Los Ríos y Manabí; en la región Sierra en las provincias de Azuay, Cañar, Carchi, Cotopaxi, Chimborazo, Imbabura, Loja, Pichincha y Tungurahua; en la región Oriental en las provincias de Morona Santiago, Napo, Orellana y Sucumbíos; y en la región Insular o Galápagos.

Capítulo 5

Principales impactos de las represas hidroeléctricas

En demasiados casos, por causa de las mega-construcciones de represas hidroeléctricas, un precio inaceptable y a menudo innecesario ha sido pagado —particularmente en términos sociales y ambientales— por las personas desplazadas, por las comunidades aguas abajo, por los contribuyentes y por el ambiente.

Los potenciales impactos ambientales de una represa hidroeléctrica se enmarcan en aspectos sociales y ambientales.

5.1. Principales impactos sociales

- Estudios hablan sobre los impactos en torno a la cultura local, creencias religiosas y efectos asociados con la inundación de lugares sagrados.
- Las comunidades afectadas generalmente son pequeñas, bastante vulnerables y frágiles. La llegada de más de 4 000 trabajadores, principalmente hombres generan impactos importantes en las dinámicas sociales; entre ellos ausencia de las cabezas de hogar, abandono de hogares, aumento de meretricio en la zona, violencia.
- Abusos a los derechos humanos y la corrupción a menudo asociados a la construcción de la represa y procesos de negociaciones con las comunidades, han motivado a la búsqueda de alternativas.
- La reubicación de personas del área del reservorio es el reto social más importante de la energía hidroeléctrica. Por ejem-

plo, en el caso de China, con una larga historia de construcción de represas, los impactos sociales de la relocalización han tenido los siguientes efectos según Romero (2014).

- El desplazamiento y reasentamiento dejó a las personas en peor situación, con una alta incidencia de la falta de tierras, el desempleo y la falta de vivienda.
- Varios conflictos dañaron la relación entre los relocalizados y con los nuevos vecinos. Las razones se asocian a la insatisfacción con las condiciones de los nuevos entornos donde son insertados y con las nuevas condiciones de producción, lo que se traduce en menores ingresos y una pérdida de los estándares de vida; además de ser vistos como extranjeros por la nueva comunidad.
- Los cambios en el medio ambiente impactaron las formas de vida de los desplazados y su conexión tradicional con la tierra. Además, se genera una mala adaptación a las nuevas condiciones, principalmente, centradas en la necesidad de agua, comida y combustible, y los usos de laderas y bosques.

Nunca habrá 100% de satisfacción en torno a las reubicaciones involuntarias, pero hoy en día existe mucho progreso en el tema. Para mitigar estos impactos se utilizan mecanismos de participación social, negociación, trabajo comunitario, compensaciones, entre otros.

5.2. Principales impactos ambientales

- La escasez de agua dulce es uno de los problemas más apremiantes de la humanidad. La energía hidroeléctrica a gran escala reduce el agua disponible para consumo humano.
- Se afectan los cauces naturales de los ríos, lo que tiene implicaciones sobre la flora y la fauna del lugar. En este sentido, sufren quienes utilizan el río como rutas de desplazamiento dentro de su ciclo de vida como algunos peces nativos, mamíferos acuáticos y aves.
- Se inundan hábitats de especies nativas, endémicas, en extinción, protegidas, etc.

- Las grandes represas arruinan valles, inundan enormes superficies de humedales, bosques y tierras agrícolas.
- Los sedimentos quedan atrapados y colmatan los embalses. Aguas abajo las orillas de los ríos se quedan sin sedimentos provocando erosión, inundaciones y disminución de la productividad de los bordes costeros.
- No hay información disponible sobre el impacto global de las represas sobre los moluscos, los anfibios, las plantas, las aves acuáticas y otras especies que dependen de los ríos, aun cuando el daño es seguramente significativo.
- Existe información que indica que la construcción de una represa podría provocar temblores y asentamientos de tierra, por ejemplo, el caso de la construcción de la represa Hoover en Estados Unidos.

Por lo expuesto anteriormente, los estudios sobre impacto ambiental (EIA) deben ser una parte integral del análisis de factibilidad de la construcción de una represa. Debe tener un enfoque multidisciplinario y debe incluir fuertes elementos de consulta y participación social.

A continuación, se presentan dos casos de estudios con los que se aclara temas de impactos sociales y ambientales durante la construcción de represas hidroeléctricas. Posteriormente a la lectura completa de los artículos propuestos, se desarrolla un ejercicio de autoevaluación de los temas tratados.

El primer caso de estudio corresponde al autor Hugo Romero Toledo, se titula “Ecología política y represas: elementos para el análisis del Proyecto HydroAysén en la Patagonia chilena”, tomando las palabras del autor:

Este artículo presenta una revisión crítica de estudios sobre represas y su posible articulación con los análisis de la ecología política. El objetivo es contribuir a la investigación sobre los alcances e impactos de estas mega inversiones, entendidas como configuraciones socio ecológicas que representan material y simbólicamente el poder de las elites. Sin embargo, la construcción de represas requiere la consolidación de discursos hegemónicos para realizar grandes transformaciones ambientales y sociales con respaldo ciudadano. A partir de esta argumentación se analiza el caso de HydroAysén en Chile, enfocado en los discursos que respaldan y justifican al proyecto desde las compañías eléctricas y el gobierno. Finalmente, se exploran las consecuencias que Hydro Aysén está

teniendo en términos del conflicto ambiental, la tensión entre impulsores y opositores a las represas sobre la idea de Patagonia, y la promoción de cambios en la política energética (Romero Toledo, 2014, p. 11).

El segundo caso de estudio trata sobre los impactos sociales generados en una comunidad indígena debido a la construcción de una represa hidroeléctrica en Colombia. Los autores del estudio son Madelaide Morales-Ruiz y Fabio Alberto Pachón-Ariza, el documento se encuentra disponible en inglés y se titula *Socio-political effects of the Urra I hydroelectric construction in the Embera Catio Indigenous community (Colombia)*. Citando a los autores:

La gente de Emberá Catio vive en el Nudo de Paramillo (Río Alto Sinu, Cordillera Occidental en los Andes colombianos) desde la antigüedad. A pesar de las circunstancias que los han rodeado, conservan parte de su cultura y han buscado mantener sus formas de gobierno y las relaciones sociales que rigen la vida en comunidad. Sin embargo, la construcción de la hidroeléctrica Urra I encontró a los Emberá Catio con el deterioro de una parte importante de su territorio, la pérdida de sitios sagrados y tierras para el cultivo, así como la aparición de conflictos sociales que antes desconocían. Esta situación forzó al grupo indígena a cambiar su comportamiento social y organizacional, y adaptarse a las nuevas condiciones ambientales. Este trabajo muestra un paralelo entre antes y después de la construcción de la central hidroeléctrica Urra I y los efectos posteriores sobre la organización social y política traídos por la represa del río.

5.3. Preguntas casos de estudio

Pregunta No.1	
Tema: Impactos sociopolíticos de la construcción de una hidroeléctrica	
Planteamiento	De acuerdo con Morales-Ruiz y Pachón-Ariz (2010) ¿Cuáles fueron los principales impactos sociopolíticos de la construcción de la hidroeléctrica Urrá I en la comunidad indígena Embera Catío? Desarrolle al menos 3

Pregunta No. 2	
Tema: Impactos sociales de la construcción de una represa hidroeléctrica	
Planteamiento	¿De acuerdo con Romero (2014), cuáles fueron los principales puntos en los que se sustentó el discurso de HidroAysén y cuál fue la reacción de la ciudadanía chilena?

Pregunta No. 3	
Tema: Impactos sociales de la construcción de una represa hidroeléctrica	
Planteamiento	¿De acuerdo con Romero (2014), que tipos de impactos sociales pueden verse en la construcción de una represa hidroeléctrica?

Pregunta No. 4	
Tema: Impactos sociales de la construcción de una represa hidroeléctrica	
Planteamiento	¿De acuerdo con Romero (2014), cuáles son los aspectos sobre los que se genera una tensión entre nativos y no nativos durante la construcción de una represa hidroeléctrica?

Capítulo 6

6.1. Glosario de términos ambientales

Término	Definición
Abiótico	Es un evento de carácter físico o químico, perteneciente al ambiente o a un ecosistema que no ocurre dentro de un organismo vivo.
Actores	Son personas que participan en la gestión del ambiente. Se considera en esta categoría a las personas que representan organismos públicos y/o privados, empresarios, sindicatos, organismos internacionales y ONG.
Aerobio	Es un proceso químico, biológico o bioquímico que sucede en el ambiente en presencia del oxígeno.
Agenda 21	Es el documento técnico de acción en el cuidado medio ambiental elaborado en la Cumbre de la Tierra desarrollada en la Ciudad de Rio de Janeiro en el año de 1992.
Agricultura sustentable	Es una actividad socio económica que se fundamenta en un sistema de producción basado en el cuidado del ambiente, cumpliendo los requisitos de calidad sin descuidar precios razonables con una visión a largo plazo.
Agro ecosistema	Es un ecosistema en el cual se desarrolla actividad agrícola o actividad pecuaria, basadas en el cuidado del ambiente.
Aire ambiente	Es una sustancia gaseosa que está compuesta de 78 partes de nitrógeno, 21 partes de oxígeno y una de argón con otros gases que hacen posible el sustento de la vida en nuestro planeta, enfrenta serios problemas de contaminación
Altura efectiva de emisión	Es la altura de la chimenea más alta en una industria. Tiene por objeto que los gases sean expulsados de manera vertical debido al efecto combinado del momento cinético.

Término	Definición
Ambiente	Es el medio en el cual el ser humano puede desarrollar sus actividades por la presencia del aire y del agua; es decir, es el componente abiótico. Además se considera el componente biótico, es decir, todos los organismos vivos, las plantas y los animales.
Ambiente humano	Es el entorno natural en el cual el hombre desarrolla sus actividades productivas y comprende tres factores: el biótico, el abiótico y los factores antropogénicos.
Ambiente natural	Son áreas naturales en donde predomina la presencia de bosques, estepas, lagos, arroyos y ríos. Además, son zonas propicias para el desarrollo de ecosistemas propios de la zona, diversidad biológica y genética.
Área protegida	Zonas en las cuales han sufrido la intervención del hombre en sus ecosistemas, diversidad biológica y genética provocando peligro de extinción. Por lo anteriormente indicado, estas zonas han sido seleccionadas con el objetivo de lograr su conservación.
Auditoría ambiental	Es un conjunto de normas establecidas cuyo objetivo es evaluar el desempeño ambiental de las empresas y organizaciones, a fin de contribuir a salvaguardar nuestro planeta.
Biodegradable	Son productos que pueden ser asimilados por el ambiente sin producir impacto ambiental.
Biodiversidad	Es la variedad de organismos vivos de cada una de las especies o entre especies.
Biótico	Son las características que tienen los seres vivos o que mantienen un vínculo entre ellos.
Capacidad de carga	Es la capacidad que presenta el agua, aire y suelo para acoger a nuevas especies de seres vivos sin que esto signifique la disminución de su productividad y capacidad de renovación.
Capacidad de sustentación	Es la capacidad que presenta el agua, aire y suelo para acoger un número máximo de personas o especies de forma indefinida.
Carga total de contaminación	Es la cantidad total de contaminante que ha sido depositado en el ambiente, en un período determinado.

Término	Definición
Caudal de emisión	Es la masa del contaminante que llega a la atmósfera en un tiempo determinado.
Caudal de inmisión	Es la nada del contaminante que llega al receptor en un tiempo determinado.
CFC	Los clorofluorocarbonos es el contaminante más importante que llega a la atmósfera y proviene de equipos de refrigeración y aerosoles.
Combustibles fósiles	Son los combustibles cuyo origen son restos fósiles de organismos vivos.
Comisión Brundtland	Fue una comisión encargada de elaborar el informe "Nuestro Futuro Común" presentado en la Cumbre de Río en el año de 1992. Esta comisión lleva el nombre de la Primera Ministra de Noruega Sra. Gro Harlen Brundtland.
Concentración a nivel de suelo	Es la cantidad de contaminante que puede ser líquido, sólido o gaseoso que se concentra a una cierta altura determinada.
Concentración de la emisión	Es la cantidad de contaminante de la atmósfera que se concentra en el punto de emisión.
Concentración máxima admisible	Es la cantidad máxima de contaminante que se puede presentar en la atmósfera, en los ríos y en el suelo, con la cual no se pone en riesgo la salud del hombre, los animales y los ecosistemas.
Contaminación	Son las sustancias que pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos que al ser liberados en el medio ambiente causan efectos perjudiciales a los seres vivos. Perjudican la vida, salud y bienestar del hombre.
Contaminante primario	Contaminante atmosférico emitido directamente por una fuente de contaminación.
Contaminante secundario	A partir de los contaminantes primarios en la atmósfera y por procesos físico químicos pueden formarse estos contaminantes.
Control ambiental	Son una serie de medidas técnicas y legales que aplica la autoridad de control como el Ministerio de Medio Ambiente con el objetivo de atenuar la alteración del ambiente.

Término	Definición
Degradable	Puede ser descompuesto bajo ciertas condiciones ambientales.
Deposición húmeda	Corresponde a la absorción de contaminantes en gotas, seguida de la remoción de estas gotas por precipitación. Se identifican dos procesos: Washout: Se aplica a la eliminación de contaminantes dentro de las nubes. Rainout: Se aplica a la eliminación de contaminantes de la atmósfera, por debajo de las nubes, por la caída de lluvia, nieve o granizo.
Deposición seca	Es la transferencia de contaminantes gaseosos o material particulado hacia la superficie de la Tierra, incluyendo suelo, agua y vegetación como medios de remoción.
Desecho	Se considera cualquier materia que puede estar en estado líquido, sólido, gaseoso y radioactiva que al ser emitida, depositada, enterrada o diluida causa un impacto ambiental al ambiente.
Eco desarrollo	Es una forma de desarrollo que puede ser implementada por las entidades gubernamentales en la cual permite alcanzar los objetivos de desarrollo integral sin causar impactos ambientales al medio ambiente. Esta forma de desarrollo ya fue descrita por la comisión Brundtland en el informe "Nuestro Futuro Común".
Eco eficiencia	Es la capacidad de una empresa pública o privada de manejar de forma eficiente un proceso de carácter ambiental con la finalidad de garantizar costos, calidad, rendimiento y mitigar los posibles impactos ambientales
Ecología	Es la parte de la biología que estudia las relaciones existentes entre los seres vivos y su relación con el ambiente que lo rodea.
Emisión	Es la descarga de sustancias contaminantes del aire desde la fuente a la atmósfera libre.
Energía	Capacidad que dispone una materia en transformarse en trabajo mecánico.

Término	Definición
Energía no renovable	Es la energía que se obtiene al utilizar combustibles fósiles o nucleares.
Energías renovables	Energías que se producen naturalmente en la Tierra, por acción de fenómenos naturales como el Sol (energía solar o fotovoltaica), los ríos (hidroeléctrica), el viento (eólica), la biomasa, las olas del mar y las mareas o el calor interior de la Tierra (geotérmica)
Factores abióticos	Medio físico.
Factores bióticos	Conjunto de seres vivos
Fuentes fijas	Se considera de bajo impacto ambiental aquellas ubicadas en residencias y comercios que son utilizadas para la evacuación de gases contaminantes que provienen de la cocción de alimentos o de calefacción de viviendas. Se consideran de alto impacto ambiental aquellas ubicadas en industrias y centrales termoeléctricas.
Fuentes móviles	Se considera de alto impacto ambiental ubicadas en vehículos grandes y pequeños cuya función en la evacuación de los gases que provienen de procesos de combustión que generan los vehículos.
Hábitat	Es la parte o la zona de un ecosistema que reúne las condiciones mínimas necesarias para que se desarrolle la vida de una especie.
Inmisión	Es la transferencia de contaminantes del aire desde la atmósfera libre a un receptor tal como un ser humano, planta o edificio. La suma de las inmisiones en un intervalo de tiempo da la dosis de inmisión, o sea la cantidad total de contaminantes del aire admitido, aspirado, absorbido o ingerido por parte del receptor.
Lixiviado	Es el proceso de eliminación de compuestos químicos del suelo debido a la presencia de aguas superficiales que se infiltran.

Término	Definición
Medio ambiente	Se considera los componentes físicos, químicos y biológicos que permiten el desarrollo de la vida y en los que interactúa el hombre.
Monitoreo ambiental	Es el proceso de observación del aspecto ambiental de forma repetitiva.
Prevención de la contaminación	Son las acciones que se puede implementar en la eliminación de una sustancia contaminante con el objetivo de mitigar los posibles impactos ambientales que pueda generar esta acción.
Producción limpia	Considerando el concepto de sustentabilidad, es la realización de productos en los cuales se utilizan materias primas renovables y no peligrosas.
Recursos biológicos	Son elementos que pertenecen a la biodiversidad de una zona, que admiten el uso directo o indirecto para beneficio de la humanidad.
Recursos naturales	Son elementos que pertenecen al ambiente natural, que admiten el uso directo o indirecto para beneficio del hombre entre los cuales podemos citar el agua, el suelo, la vegetación, los minerales, los animales y toda vida silvestre.
Vulnerabilidad	La capacidad disminuida de una persona o un grupo de personas para anticiparse, hacer frente y resistir a los efectos de un peligro natural o causado por la actividad humana, y para recuperarse.
Zona de amortiguamiento	Zona próxima al área de protección ambiental definida por la entidad rectora que, en nuestro país, la principal es el Ministerio del Ambiente.

Capítulo 7

Diseño de sistemas hidráulicos a presión

7.1. Introducción

En el presente capítulo se tratará sobre el diseño de sistemas hidráulicos que trabajan a presión, los mismos que son utilizados en obras hidráulicas tales como:

- Distribución de agua potable a nivel urbano.
- Distribución de agua potable a nivel rural.
- Diseño de líneas de conducción.
- Diseño de líneas de aducción.
- Diseño de sifones.
- Sistemas de bombeo.

Cabe anotar que toda obra hidráulica requiere para su aprobación por parte de los organismos estatales y municipales el estudio del Impacto Ambiental, por este motivo en la parte final de este capítulo se presenta su marco teórico conceptual.

7.2. Parámetros de diseño

7.2.1. Levantamiento topográfico

A continuación se presenta las recomendaciones que deben ser aplicadas al momento de realizar el levantamiento topográfico en un proyecto de distribución de agua potable:

- Los planos del levantamiento topográfico serán utilizados en el diseño de las diferentes obras, tales como: captación, conducción, tratamiento, redes, emisarios y almacenamiento.
- Antes de realizar el levantamiento topográfico se recomienda realizar una visita de campo con la finalidad de definir las áreas de interés técnico, además, es necesario realizar una investigación de planos existentes en el área de proyecto.
- Dependiendo de la configuración geométrica del proyecto se puede utilizar poligonales abiertas o cerradas.
- En la actualidad es necesario realizar el levantamiento topográfico utilizando la estación total debido a la precisión de toma de datos.
- Todo levantamiento topográfico debe estar referenciado a hitos que dispone el Instituto Geográfico Militar en todo el Ecuador.
- Antes de realizar el levantamiento topográfico se construirá mojones de hormigón en los cuales se colocará información geográfica de su ubicación. Si el levantamiento se realiza en áreas urbanas se considera un mojón por cada 5 hectáreas y su número no será menor a tres. La forma geométrica de los mojones es como la de una pirámide truncada de 30 centímetros de alto, 20 centímetros de lado y 10 centímetros de base superior. En la parte superior contendrá la siguiente información: año de colocación, mes, siglas SAPYSB y nombre del mojón.
- Las poligonales abiertas se utilizan para el levantamiento de las líneas de conducción, líneas de emisarios y líneas de descarga. En estudios de perfectibilidad las curvas de nivel en los planos topográficos deben ser dibujadas cada 50 centímetros, en estudios de factibilidad las curvas de nivel en los planos topográficos deben ser dibujadas cada 25 centímetros y en estudios definitivos las curvas de nivel en los planos topográficos deben ser dibujadas cada 5 centímetros.
- Si la pendiente transversal del terreno es menor a 5%, se considera un ancho de la franja de 60 metros, es decir, 30 metros a cada lado.

- Si la pendiente transversal del terreno es de 5% a 15%, se considera un ancho de la franja de 50 metros, es decir, 25 metros a cada lado.
- Si la pendiente transversal del terreno es de 15% a 25%, se considera un ancho de la franja de 40 metros, es decir, 20 metros a cada lado.
- Si la pendiente transversal del terreno es de 25% a 40%, se considera un ancho de la franja de 30 metros, es decir, 15 metros a cada lado.
- Si la pendiente transversal del terreno es mayor a 40%, se considera un ancho de la franja de 20 metros, es decir, 10 metros a cada lado.
- En el cuerpo receptor de un emisario se realizara el levantamiento topográfico que comprenda 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo.
- Los polígonos cerrados se utilizan en levantamiento topográfico de captaciones, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento de agua potable y zonas de distribución de agua potable. Se considera las mismas disposiciones técnicas referidas en el párrafo anterior.
- En los planos de las áreas pobladas se debe tener en cuenta la siguiente información a ser levantada: calles, quebradas, zanjas, cursos de agua, elevaciones, depresiones, zonas de esparcimiento, sifones, viaductos, túneles y la zona de expansión futura (obligatorio en todo proyecto).
- En sistemas de distribución de agua potable ya existentes y en los cuales se realizara una ampliación, se levantara la siguiente información: ubicación de la infraestructura de los servicios de telefonía fija y luz eléctrica, ubicación de hidrantes, ubicación de válvulas, ubicación de medidores de agua.

A continuación se presenta los formatos de los planos topográficos, considerando que en la actualidad el tamaño de plano recomendado es A1 (841mm x 594mm).

- Mapas topográficos de la zona del proyecto en escalas 1:25000 o 1:100000.

- Planos del área del proyecto en escalas 1:500 o 1:2000.
- Planos arquitectónicos y estructurales 1:100 o 1:50.
- Dibujos de detalles 1:10; 1:5; 1:2 y 1:1.

7.2.2. Período de diseño

El periodo de diseño de un sistema de distribución de agua potable es el tiempo en el cual se garantiza que el sistema trabaje de manera óptima.

Tabla No. 11. Vida útil de obras sanitarias

Obra sanitaria	Vida útil (años)
Diques	100
Túneles	50
Pozos	25
Líneas de conducción	40
Plantas de tratamiento	30
tanques de almacenamiento	30
Tuberías principales PVC	40
Tuberías secundarias PVC	40

Elaboración: Miguel Araque

Además, se debe considerar las siguientes recomendaciones técnicas:

- Las obras de un proyecto de distribución de agua potable por ningún motivo debe ser diseñada para una vida útil menor de 15 años.
- La construcción de un proyecto de distribución de agua potable puede ser construido por etapas y el número de etapas máximas es tres.

7.2.3. Estimación de la población futura

La información estadística de la población que residirá en el proyecto al final del periodo de diseño es fundamental, debido a que influye en el dimensionamiento de los elementos de un sistema de distribución de agua potable.

“En vista que la población es siempre un factor relévente al estimar usos futuros de agua, es necesario pronosticar de alguna manera, cuál sería la población en el futuro” (IEOS, 1998).

Se presenta a continuación los datos de población de la Parroquia de Mulalo en la provincia de Cotopaxi, con lo cual se realiza un ejemplo de cálculo de la población futura por varios métodos.

Tabla No. 12. Censos de Mulaló

Año	Población (habitantes)
1990	6 196
2001	7 360
2010	9 356

Elaboración: Andrea Mancheno

Es necesario indicar que el periodo de diseño es de 25 años, debe considerarse que el periodo de diseño se considera desde la fecha que inicia la construcción del proyecto. Si los diseños se elaboran hasta el mes de junio del año 2018 y la construcción comienza en Enero del año 2020, el proyecto debe funcionar bajo condiciones de óptimas hasta el año 2045.

7.2.4. Métodos matemáticos para calcular la población futura

7.2.4.1. Crecimiento lineal o aritmético

Este método de cálculo de la población futura en el área de proyecto se puede aplicar cuando se considera que el crecimiento de la población es constante, es decir, las tasas de crecimiento son iguales.

$$\int_{P_o}^{P_f} \partial P = K_a$$

$$\int_{P_o}^{P_f} \partial P = K_a \int_{t_o}^{t_f} dt$$

$$P_f - P_o = K_a * (t_f - t_o)$$

Por lo tanto la fórmula de la población futura es:

$$P_f = P_o + k_a * (t_f - t_o)$$

En donde consideramos:

- P_f = población futura
- P_o = población actual
- K_a = Tasa de cambio de población, valor constante
- t_f = tiempo de los datos del censo próximo
- t_o = tiempo de los datos del censo actual

De la ecuación de la población futura en el área del proyecto podemos despejar la tasa de cambio poblacional

$$K_a = \frac{P_f - P_o}{t_f - t_o}$$

Procedemos ahora a obtener la tasa de cambio poblacional promedio

a. Periodo del 1990 al 2001

$$K_a = \frac{7360 \text{ habitantes} - 6196 \text{ habitantes}}{\text{año 2001} - \text{año 1990}}$$

$$K_a = 106 \text{ hab / año}$$

b. Periodo del 2001 al 2010

$$K_a = \frac{9356 \text{ habitantes} - 7360 \text{ habitantes}}{\text{año 2010} - \text{año 2001}}$$

$$K_a = 222 \text{ hab / año}$$

c. Procedemos a obtener el valor promedio

$$K_a = \frac{106 \text{ hab/año} + 222 \text{ hab/año}}{2}$$

$$K_a = 164 \text{ hab /año}$$

d. Aplicamos la fórmula de la población futura

$$P_f = P_o + K_a * (t_f - t_o)$$

$$P_f = 9356 \text{ hab} + 164 \text{ hab/año} * (2045-2020)$$

$$P_f = 13456 \text{ habitantes}$$

7.2.4.2. Crecimiento geométrico

Este método de cálculo de la población futura en un proyecto de agua potable, considera que el crecimiento poblacional es proporcional a la población actual en cada intervalo de tiempo considerado.

Las ecuaciones de este método se presentan a continuación:

$$\frac{dP}{dt} = kg * P$$

$$\frac{dP}{P} = kg * dt$$

$$\int_{P_o}^{P_f} \frac{dP}{P} = kg * \int_{t_o}^{t_f} dt$$

$$\ln P_f - \ln P_o = kg * (t_f - t_o)$$

$$\ln P_f = \ln P_o + kg * (t_f - t_o)$$

$$P_f = P_o * e^{kg*(t_f-t_o)}$$

Esta ecuación representa la población futura en la zona del proyecto de distribución a agua potable.

$$P_f = P_o * (1 + r)^{\Delta t}$$

Mientras que la ecuación que se presenta a continuación representa la tasa de crecimiento poblacional aplicada a este método geométrico.

$$r = \left(\frac{Pa}{Pca} \right)^{\frac{1}{T_{cp} - T_{ca}}}$$

en donde:

r = índice de crecimiento poblacional

Pa = población registrada en el censo más cercano

Pca = población registrada en el censo anterior

T_{cp} = tiempo del censo más cercano

T_{ca} = tiempo del censo anterior

Procedemos ahora a obtener el índice de crecimiento poblacional

a. Periodo del año 1990 al año 2001

$$r = \left(\frac{7360 \text{ habitantes}}{6196 \text{ habitantes}} \right)^{\frac{1}{\text{año } 2001 - \text{año } 1990}} - 1 = 0.01586$$

b. Periodo del año 2001 al año 2010

$$r = \left(\frac{9356 \text{ habitantes}}{7360 \text{ habitantes}} \right)^{0.11111111} - 1 = 0.02702$$

c. Obtenemos el promedio del índice de crecimiento poblacional

$$r \text{ promedio} = \left(\frac{0.01586 + 0.02702}{2} \right) = 0.02144$$

d. Finalmente aplicamos la fórmula de la población futura

$$P_f = P_o * (1 + r)^{\Delta t}$$

$$P_f = 9356 * (1 + 0,02144)^{\text{año } 2045 - \text{año } 2020}$$

$$P_f = 15.900 \text{ habitantes}$$

7.2.4.3. Método recomendado por el MIDUVI

Este método de cálculo se basa en las recomendaciones técnicas del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda y de la Subsecretaría de Saneamiento ambiental. La tasa de crecimiento poblacional tanto en la región sierra según los datos censales del año 2010 es el 1.00%, mientras que en la región costa es el 1.45%.

La fórmula para el cálculo de la población futura es la siguiente:

$$Pf = Po * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

En donde:

Pf = población futura

Po = población actual

r = crecimiento poblacional

n = número de años considerados

$$Pf = 9356 \text{ hab} * \left(1 + \frac{1.0}{100}\right)^{25 \text{ años}}$$

$$Pf = 11.999 \text{ habitantes}$$

Finalmente se presenta un resumen de los métodos de cálculo de población futura que puede ser considerado en proyectos de distribución de agua potable.

Tabla No. 13. Cuadro de resumen

Método de cálculo	Número de habitantes
Aritmético	13 456
Geométrico	15 900
Miduvi	11 999

Elaboración: Miguel Araque

Tomando en cuenta que en un proyecto de distribución de agua potable siempre se debe considerar a la población flotante y la posibilidad que en el área del proyecto se convierta en una zona turística. Se concluye que la población futura es la calculada por el método geométrico es decir 15 900 habitantes que se tendría en el año 2045.

7.3. Caudales de diseño

7.3.1. Dotaciones

Se define como dotación de agua potable a la cantidad de agua que necesita una persona para satisfacer sus necesidades básicas durante un día. La dotación de agua potable será definida en función

de la población que se encuentra en el proyecto considerando los siguientes aspectos:

- Las condiciones climáticas en el proyecto.
- En un mismo proyecto se puede considerar diversas dotaciones en función de la ocupación del suelo.
- Las necesidades de agua potable en la zona industrial.
- El volumen de agua para la lucha contra incendios e imprevistos.
- La cantidad de agua para riego áreas verdes.

Para seleccionar la dotación del proyecto puede considerar los siguientes datos:

Tabla No. 14. Dotaciones recomendada

Población (habitantes)	Clima	Dotación (litros/hab/día)
Hasta 5 000 hab.	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
De 5 000 a 50 000 hab.	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50 000 hab.	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Elaboración: Michelle Vásquez

Cuando en el proyecto la población futura sea de 5 000 habitantes se deberá considerar los valores mínimos recomendados. Se recomienda realizar una investigación cualitativa de hábitos de consumo.

7.3.2. Caudal medio diario

La fórmula para calcular el caudal medio de un proyecto de distribución de agua potable es la siguiente:

$$Q_{\text{medio}} = \frac{q * N}{1000 * 86400}$$

En donde:

q = dotación considerada en el proyecto

N = número de habitantes

7.3.3. Caudal máximo diario

Para calcular el caudal máximo diario en el proyecto se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{máx. diario}} = k_d * Q_{\text{medio}}$$

En donde:

k_d = coeficiente de variación de consumo máximo diario

K_d = 1,3 a 1,5

7.3.4. Caudal máximo horario

Para calcular el caudal máximo horario en el proyecto se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{máx horario}} = K_h * Q_{\text{medio}}$$

En donde:

k_h = coeficiente de variación de consumo máximo horario

K_h = 2,0 a 2,3

A continuación se presenta una tabla en la cual se indica los caudales de diseño que deben ser calculados en un proyecto de distribución de agua potable:

Tabla No. 15. Caudales de diseño

Elemento	Caudal
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20%
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10%
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5%
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10%

Elaboración: Andrea Mancheno

7.4. Tanques de almacenamiento

7.4.1. Introducción

El objetivo de los tanques de almacenamiento es garantizar el volumen de agua potable en el momento que en la red de distribución se producen variaciones horarias de consumo y proporcionar la cantidad de agua requerida en la red a lo largo del día. Además, los tanques de almacenamiento son diseñados con un volumen adicional para que sea utilizado en casos de emergencias como por ejemplo incendios en el área de influencia, roturas de tuberías y problemas en la captación.

Se recomiendan que los tanques de almacenamiento sean construidos en hormigón armado, provista de una boca de inspección incluyendo su tapa hermética, esta boca de inspección será utilizada para el mantenimiento del mismo. Además, esta boca de inspección debe estar ubicada sobre la tubería de alimentación del tanque.

Por razones técnicas y económicas los tanques de almacenamiento deben estar ubicados cerca de la población a servir, considerando que su cota de cimentación se encuentre por lo menos 30 metros arriba de la cota media del proyecto.

Para el diseño de los tanques de almacenamiento se debe considerar los siguientes aspectos:

- La tubería de salida del tanque debe estar ubicada por lo menos 20 centímetros bajo la tubería de alimentación del tanque.

- Cuando el nivel de agua en el tanque se encuentre en su nivel mínimo en la red de distribución se deberá garantizar las presiones adecuadas a la norma de diseño.
- La tubería de desagüe del tanque debe constar con su respectiva válvula de compuerta, para controlar su vaciado en mantenimiento.
- En la tapa del tanque de almacenamiento se debe colocar tuberías de ventilación de PVC cuyo diámetro es 3" uno por cada 30 m² de superficie. En la parte superior de la tubería se debe colocar un codo de 90 grados recubierta con malla externa para impedir el ingreso de insectos.
- La geometría del tanque deberá considerar que la relación ancho largo sea 1,5 : 1 o 2 : 1.
- La tubería de alimentación del tanque debe colocarse al frente de la tubería de salida y todas las tuberías se recomiendan que sean de PVC principalmente por su durabilidad y la no formación de incrustaciones por la dureza del agua.

Figura No. 8. Tanque de almacenamiento de agua



Figura No. 9. Tanque de almacenamiento de agua

7.4.2. Volumen de almacenamiento

El proyectista del proyecto de abastecimiento de agua potable debe considerar un volumen de almacenamiento de tal forma que garantice el normal abastecimiento del agua potable por lo menos durante 48 horas.

En caso que no se dispongan de datos reales es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para determinar el volumen de regulación:

- Cuando la población futura calculada en la zona del proyecto sea menor a igual a 5 000 habitantes, se debe considerar un volumen del 30% del volumen de consumo diario.
- Cuando la población futura calculada en la zona del proyecto sea mayor a 5 000 habitantes, se debe considerar un volumen del 25% del volumen de consumo diario.

7.4.3. Volumen contra incendios

Es necesario agregar al volumen calculado en el acápite anterior el volumen contra incendios, para lo cual se debe considerar las siguientes normas de diseño:

- Cuando la población futura en el proyecto sea menor a 5 000 habitantes, el volumen contra incendios se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen incendios} = 25 * \sqrt[2]{\text{Población en miles de habitantes}} \text{ (m}^3\text{)}$$

- Cuando la población futura en el proyecto sea mayor a 5 000 habitantes y menor a 20 000 habitantes, el volumen contra incendios se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen incendios} = 50 * \sqrt[2]{\text{Población en miles de habitantes}} \text{ (m}^3\text{)}$$

- Cuando la población futura en el proyecto sea mayor a 20 000 habitantes, el volumen contra incendios se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen incendios} = 100 * \sqrt[2]{\text{Población en miles de habitantes}} \text{ (m}^3\text{)}$$

7.4.4. Volumen de emergencia

Es un volumen que de forma obligatoria debe considerarse al momento de calcular el volumen de almacenamiento para proyectos de distribución de agua potable, considerando las siguientes normas:

- En proyectos en los cuales la población futura sea menor a 5 000 habitantes se tomará en cuenta un 10% del volumen de regulación.
- En proyectos en los cuales la población futura sea mayor a 5 000 habitantes se tomará en cuenta un 25% del volumen de regulación.

7.4.5. Volumen total

Para obtener el volumen total del tanque de almacenamiento de un proyecto de distribución de agua potable se debe considerar la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen total} = V \text{ regulación} + V \text{ incendios} + V \text{ emergencia}$$

7.5. Redes de distribución

7.5.1. Introducción

A continuación se realiza la presentación de las normas técnicas que deben ser consideradas al momento de diseñar una red de distribución a agua potable.

Es necesario tener en cuenta el siguiente marco conceptual que comprende tanto del sistema de almacenamiento como el de distribución:

- Tanque de almacenamiento: Es el depósito de agua potable que debe ser dimensionado de tal forma que garantice el volumen de agua para cubrir las demandas horarias en el proyecto y la demanda para combatir situaciones de emergencia como los incendios.
- Tanque superficial: Es el depósito de agua potable que se encuentra a nivel del proyecto de distribución y para poder garantizar las presiones es necesario sistemas de bombeo. El uso de este tipo de tanques es restringido por el costo económico que representa.
- Tanque elevado: Es el depósito de agua potable que se encuentra en una cota por lo menos 30 metros sobre la cota promedio del proyecto de distribución de agua potable.
- Presión estática: Es la cota piezométrica en un sistema de distribución de agua potable en el momento que no existe consumo de agua.
- Presión dinámica: Es la cota piezométrica en un sistema de distribución de agua potable en el momento que existe consumo de agua por parte de la población.

- Red de distribución: Es el conjunto de tuberías tanto de la red principal como de la red secundaria cuya función es trasladar el líquido vital a los usuarios.
- Conexiones domiciliarias: Son las derivaciones de agua potable desde la red principal o la red secundaria hasta los domicilios.

7.5.2. Objetivos

Los objetivos de la red de distribución de agua potable se presentan a continuación:

- El agua potable debe llegar a cada usuario con la cantidad requerida y con una adecuada presión.
- Se podrá realizar tomas de agua potable tanto de la red principal como de la red secundaria, en los dos casos se garantiza cantidad del líquido vital y presión de acuerdo a la norma establecida.
- La red de distribución de agua potable debe ser diseñada de tal manera que garantice volumen de agua potable y presión a todos los usuarios en casos de emergencia, como es el funcionamiento de hidrantes de la red para controlar incendios fortuitos.
- En toda la red de distribución de agua potable se debe considerar válvulas con la finalidad de realizar los mantenimientos periódicos afectando únicamente un sector determinado.

7.5.3. Información básica para el diseño de la red

La información básica indispensable para el diseño hidráulico de la red de distribución de agua potable es la siguiente:

- Es necesario un plano catastral de la zona del proyecto para identificar el uso del suelo en la zona del proyecto de distribución de agua potable

- El Gobierno Autónomo Descentralizado será el responsable de indicar la densidad poblacional de cada una de las zonas del proyecto.
- En el levantamiento topográfico de la zona del proyecto se identificara los ejes de calles, límites de veredas, cotas del proyecto vial y sus dimensiones.
- Se debe realizar un estudio de suelos en la zona del proyecto para identificar las condiciones geológicas del suelo.
- Dentro de la información básica debe constar un plano a escala conveniente en el cual se identifique el tipo de calzadas.
- Trabajando con el plano base del proyecto se elaborara un plano que identifique las conexiones de agua potable ya existentes en la zona del proyecto y en lo posible se indique el estado del mismo.
- Se debe identificar en un plano las zonas del proyecto que presentan un mayor riesgo de siniestros de incendios con la finalidad de colocar el número de hidrantes requeridos.
- En los puntos de control de presión en la red de distribución se debe calcular las demandas de agua potable tomando en cuenta la presencia de hidrantes.

7.5.4. Determinación del caudal de diseño y presiones

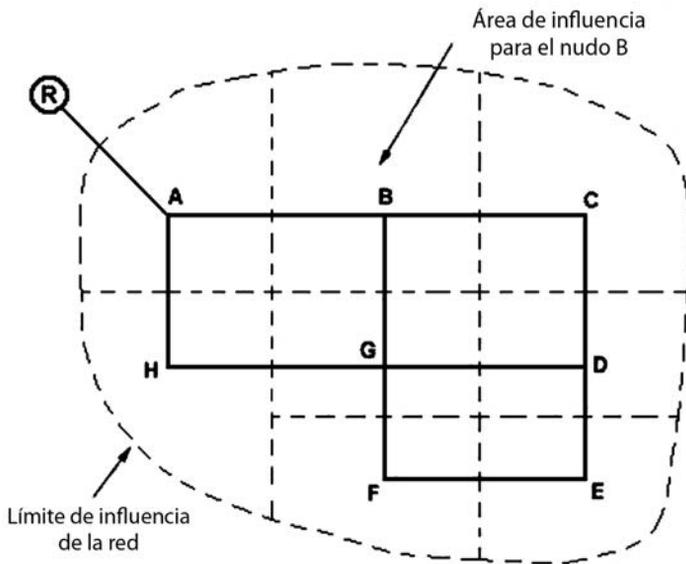
Para calcular el caudal de diseño y la verificación de las presiones en la red de distribución se debe considerar las siguientes normas:

- Una vez conformada la red de distribución en el programa de cálculo hidráulico que puede ser Water-Cad se considera que al final de la vida útil del proyecto se verificará la red con el máximo diario más incendios.
- Se verificará que la red cumpla con las presiones detalladas en las normas considerando los caudales obtenidos en el caudal máximo horario.
- Si el proyecto de distribución de agua potable es en una zona rural la presión mínima en la red de distribución es 8 metros de columna de agua y la presión máxima es 12

metros de columna de agua en las condiciones más desfavorables que se presenta al momento de usar hidrantes.

- Si el proyecto de distribución de agua potable es en una zona urbana la presión mínima en la red de distribución es 18 metros de columna de agua y la presión máxima es 25 metros de columna de agua en las condiciones más desfavorables que se presenta al momento de usar hidrantes.
- La presión estática en ningún caso no será mayor a 70 metros de columna de agua y la presión dinámica no será mayor a 50 metros de columna de agua.
- Es recomendable utilizar tuberías de P.V.C. debido a su durabilidad que sobrepasa los 50 años.

Figura No. 10. Área de influencia en los nudos de la red



Fuente: <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/06/redes-de-distribucion-malladas.html>

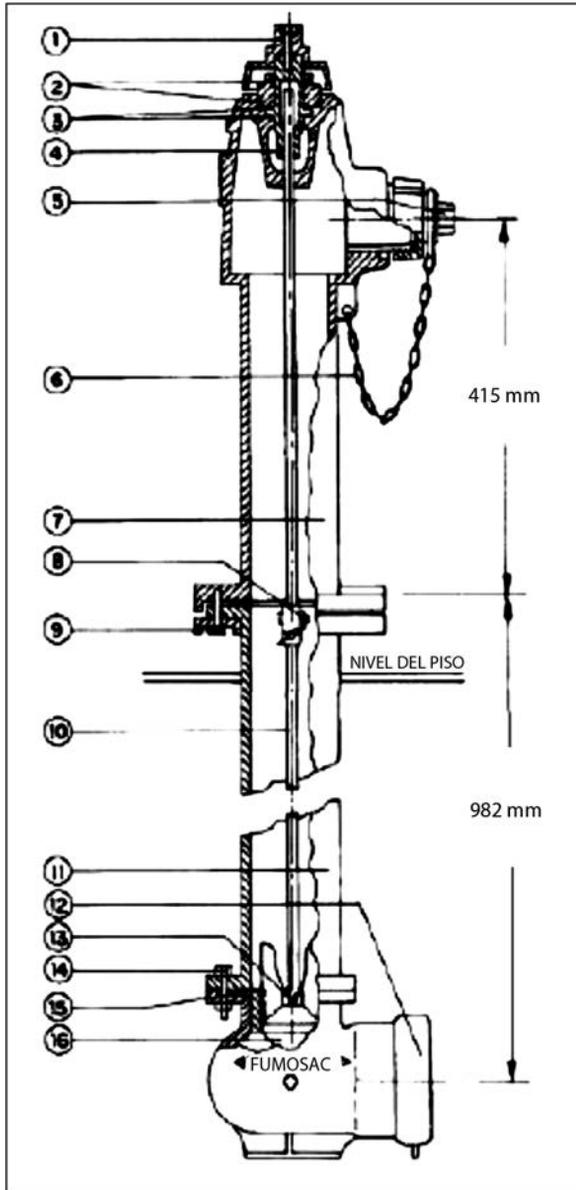
7.5.5. Recomendaciones de la red contra incendios

Para diseñar correctamente la red contra incendios se debe considerar las siguientes recomendaciones:

- El espaciamiento máximo entre hidrantes y bocas de fuego en un sistema de distribución de agua potable es en el rango de 200 metros a 300 metros.
- En proyectos de distribución de agua potable con poblaciones de hasta 5 000 habitantes se utilizará bocas de fuego con un caudal de 5 litros/segundo.
- En proyectos de distribución de agua potable con poblaciones de hasta 5 000 habitantes el volumen contra incendios en el tanque de reserva se calculará para un tiempo mínimo de 2 horas.
- El diámetro mínimo en un proyecto de distribución de agua potable de hasta 5 000 habitantes es 50 mm.
- En proyectos de distribución de agua potable con poblaciones comprendidas entre 5 000 a 10 000 habitantes se utilizará hidrantes con un caudal de 12 litros/segundo.
- En proyectos de distribución de agua potable con poblaciones comprendidas entre 10 000 a 20 000 habitantes se utilizará hidrantes con un caudal de 12 litros/segundo.
- En proyectos de distribución de agua potable con poblaciones comprendidas entre 20 000 a 100 000 habitantes se utilizará hidrantes con un caudal de 24 litros/segundo.

a. Hidrantes de cuerpo seco:

Figura No. 11. Hidrante de cuerpo seco



Nomenclatura de la figura No. 11

1. Dado pentagonal de operación
2. Graseira de lubricación
3. Huachas deslizantes de teflón
4. Dado de operación de aleación de bronce
5. Tapas de 2. HD.
6. Cadena de acero galvanizado con un espesor de eslabón de 5mm.
7. Cuerpo superior HD
8. Pin de seguridad Seguro de AC-ASTM A666(304L)
9. Pernos y tuercas de acero con protección anticorrosión ASTM-A307.
10. Eje inferior de acero ASTM A-108
11. Cuerpo inferior HD
12. Campana tipo LUFLEX para tub. PVC NTP ISO 1452 (reemplaza a NTP 4422). Se fabrica a pedido tipo Brida 100mm
13. Seguro de AC-ASTM A666(304L)
14. Pernos y tuercas de acero con protección anticorrosión ASTM-A307.
15. O'ring inferior de Buna-N
16. Compuerta encapsulada al 100% ASTM D-2000.

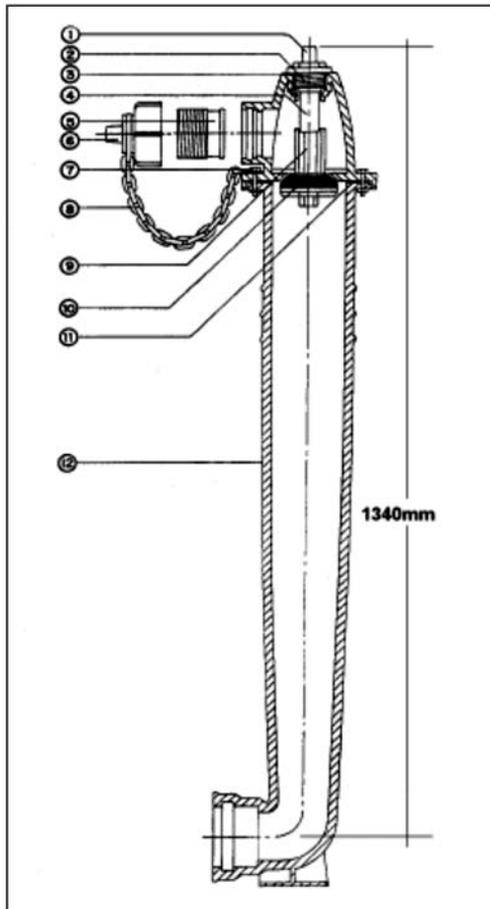
Especificaciones técnicas:

- Fabricado íntegramente en hierro dúctil ASTM A536 Grado 65-45-12.
- Grifo contra incendio de acuerdo a la norma AWWA C502.
- Dos Salidas 2 de $\varnothing=64\text{mm}$ (2.5"). Roscas \varnothing - NST - NFPA.1963.
- El número necesario para abrir o cerrar completamente es de 12 vueltas.
- El sentido de rotación para la apertura es contrario a las agujas del reloj.
- El hidrante está diseñado para una presión de trabajo 13.73BAR pero está probado a 20.59BAR.

- Acabado color rojo aplicado mediante un empolvado epóxico de 150 μ .
- Bridas entre el cuerpo superior y el cuerpo inferior de diseño especial el cual permite un giro de 360° de las bocas.
- Pernos Socket totalmente oculto para evitar vandalismo.

b. Hidrantes de cuerpo húmedo:

Figura No. 12 . Hidrante de cuerpo húmedo



Nomenclatura de la figura No. 12

1. Dado pentagonal de operación, fabricado en aleación de cobre.
2. Contratuerca fabricado en fierro dúctil ASTM A536 grado 65-45-12.
3. O'ring según norma ASTM – D2000-80 ó SAE J200.
4. Eje del dado de operación fabricado en aleación de cobre.
5. Boca de agua, fabricado en aleación de cobre.
6. Tapa de la boca, fabricado en fierro dúctil ASTM A536 grado 65-45-12.
7. Perno y tuerca de acero al carbono según norma ASTM A307 Grado B.
8. Cadena de acero de 5 milímetros de espesor galvanizado.
9. Vástago central, fabricado en fierro dúctil ASTM A536 grado 65-45-12.
10. Asiento de válvula de operación, según norma SBR-ASTM D2000
11. Empaquetadura fabricado según norma SBR-ASTM D2000.
12. Cuerpo fabricado en fierro fundido dúctil ASTM A536 grado 65-45-12
13. Salida: Dos de 2 ½”
14. Entrada de 110 milímetros tipo Luflex (A pedido Brida).

7.5.6. Diseño de la red de distribución

Para el diseño de la red de distribución de agua potable es recomendable tomar en cuenta los siguientes criterios técnicos:

- Tanto las tuberías principales como secundarias en la red de distribución de agua potable se localizarán al norte y al este de todas las calzadas.
- Si en la línea de conducción del proyecto de distribución de agua potable debe pasar por una quebrada se tiene dos alternativas, la primera diseñar un sifón en donde la tubería se encuentra enterrada en toda su longitud y la segunda diseñar un cruce elevado por medio de un puente metálico.

- Se debe colocar válvulas de aire en los sitios de la línea de conducción que sea necesario.
- Las tuberías de la red de distribución de agua potable deben ser colocadas a una profundidad mínima de 1 metro, considerando que deben ser técnicamente compactadas para evitar la rotura de la misma.
- Por norma técnica las tuberías de distribución de agua potable deben colocarse horizontalmente a 3 metros de las tuberías de evacuación de agua servidas y a una altura mínima de 30 centímetros.
- En las líneas de conducción se diseñarán anclajes de hormigón armado con la finalidad de garantizar la estabilidad de la tubería, en estos tramos se deberá utilizar tuberías de acero.
- Las tuberías de distribución de agua potable dentro de lo posible deben formar mallas, considerando que en sus vértices se considera los puntos de presión con los cuales se puede verificar su correcto funcionamiento.
- El perímetro de cada una de las mallas de la red de distribución de agua potable debe estar en el rango de 500 metros a 2 000 metros.

A continuación se presentan ejemplos didácticos en los cuales se explica todos los pasos a seguir para garantizar el correcto funcionamiento hidráulico de la red de distribución de agua potable.

Ejemplo No. 1

- La población es menor a 5 000 habitantes
- La dotación que se ha considerado es 160 litros/hab * día
- La fórmula que se utilizó para calcular el caudal máximo diario en cada uno de los nudos de presión es:

$$Q \text{ máx diario} = \frac{\text{dotación} * \# \text{ habitantes} * 1,3}{86400 \text{ seg/día}}$$

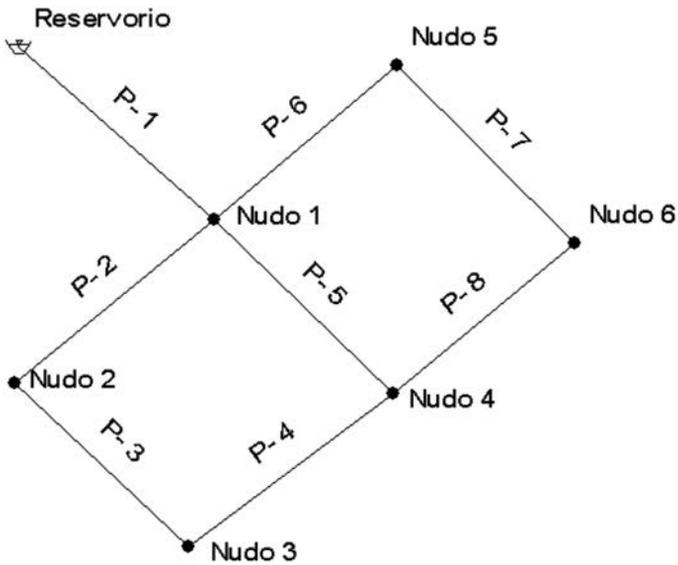
La fórmula que se utilizó para calcular el caudal máximo horario en cada uno de los nudos de presión es:

$$Q \text{ máx horario} = \frac{\text{dotación} * \# \text{ habitantes} * 2,0}{86400 \text{ seg/día}}$$

Los hidrantes se considera que tienen un caudal de 5 litros/segundo.

Se presenta la configuración geométrica de la red de distribución de agua potable:

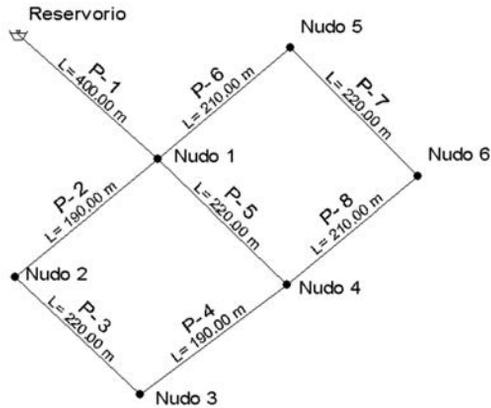
Figura No. 13. Red de distribución de agua potable



Elaboración: Andrea Mancheno

- Se presenta a continuación la longitud de las tuberías que está en función del plano catastral del proyecto:

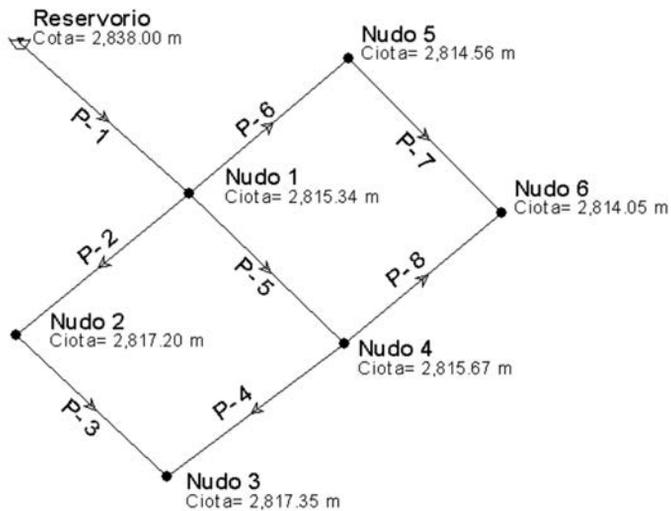
Figura No. 14. Red de distribución. Longitud de red principal



Elaboración: Michelle Vásconez

- Las cotas que se presentan en la zona urbana están de acuerdo al plano vial de la zona del proyecto:

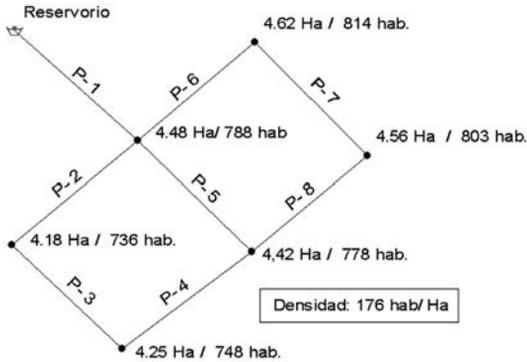
Figura No. 15 . Red de distribución. Cotas en los nudos



Elaboración: Miguel Araque

- De acuerdo a la densidad población en la zona del proyecto se calcula el número de habitantes que dispondrán de agua potable en cada nudo de presión.

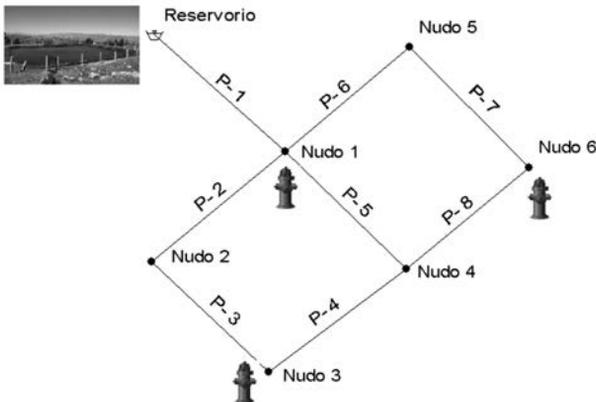
Figura No. 16. Red de distribución. Área de aporte y Número de hab.



Elaboración: Andrea Mancheno

- Se ubican los hidrantes con un caudal de 5 litros/segundo en la red de distribución de agua potable.

Figura No. 17. Red de distribución. Ubicación de hidrantes



Elaboración: Michelle Vásquez

- Se calcula los caudales en la red de distribución con las fórmulas antes mencionadas:

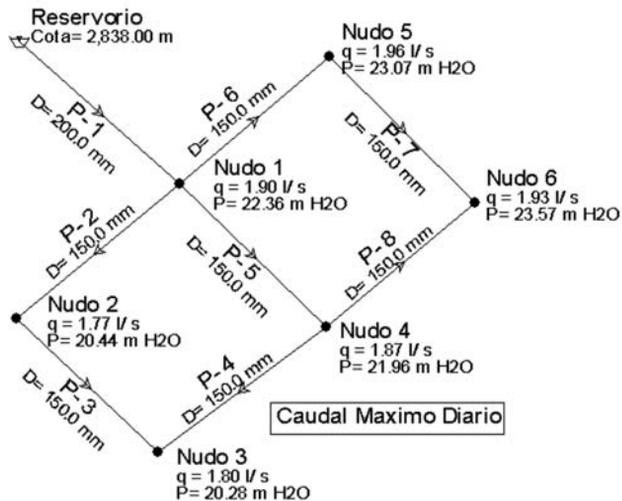
Tabla No. 16. Cálculo de caudales de la red

Nudo	No. hab.	dotación lt/ hab*día	q máx. diario lt/seg	q máx. horario lt/seg
1	788	160	1.90	2.92
2	736	160	1.77	2.73
3	748	160	1.80	2.77
4	778	160	1.87	2.88
5	814	160	1.96	3.01
6	803	160	1.93	2.97

Elaboración: Miguel Araque

- Usando el programa Water-Cad se calculan las presiones considerando el caudal máximo diario.

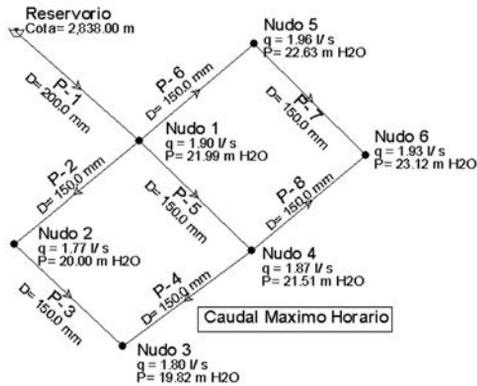
**Figura No. 18. Red de distribución.
Presiones con q máx. diario**



Elaboración: Andrea Mancheno

- Usando el programa Water-Cad se calculan las presiones considerando el caudal máximo horario.

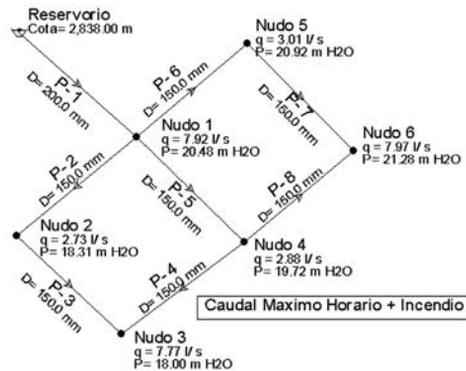
**Figura No. 19. Red de distribución.
Presiones con q máx. horario**



Elaboración: Michelle Vásquez

- Usando el programa Water-Cad se calculan las presiones considerando el caudal máximo horario + incendio.

**Figura No. 20 . Red de distribución.
Presiones con q máx. horario + Incendio.**



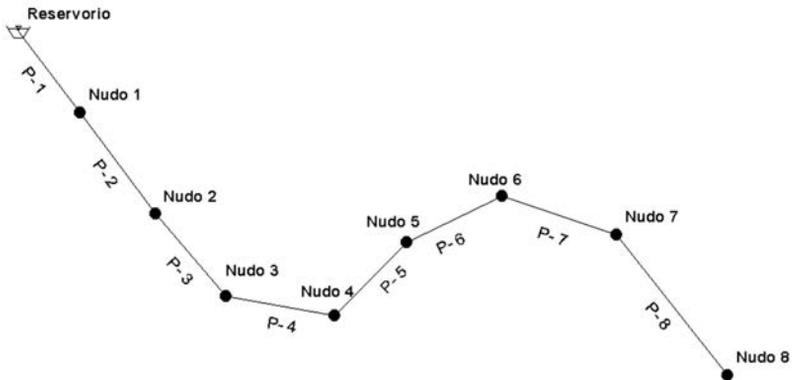
Elaboración: Miguel Araque

- Realizando el análisis de las presiones con el caudal máximo horario más incendios podemos concluir que en todos los escenarios la red de distribución de agua potable trabaja satisfactoriamente.

Ejemplo No. 2

Diseñar una conducción de agua potable que se ubica en la parroquia de Mulaló, la misma que tiene la siguiente configuración geométrica como se puede observar en la figura a continuación:

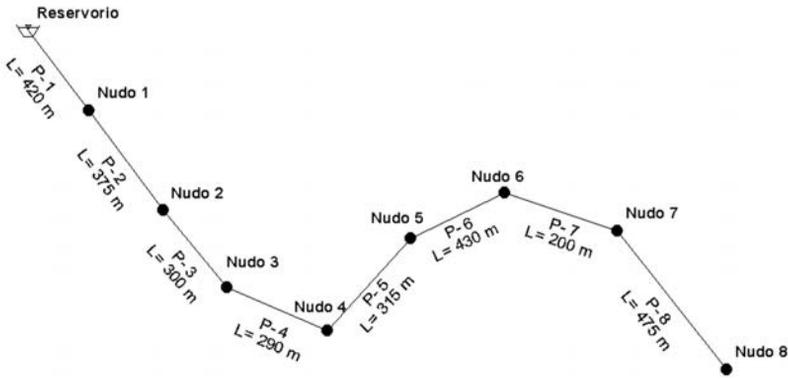
Figura No. 21. Línea de conducción de agua potable



Elaboración: Michelle Vásquez

A continuación se presenta la longitud de las tuberías que componen la línea de conducción:

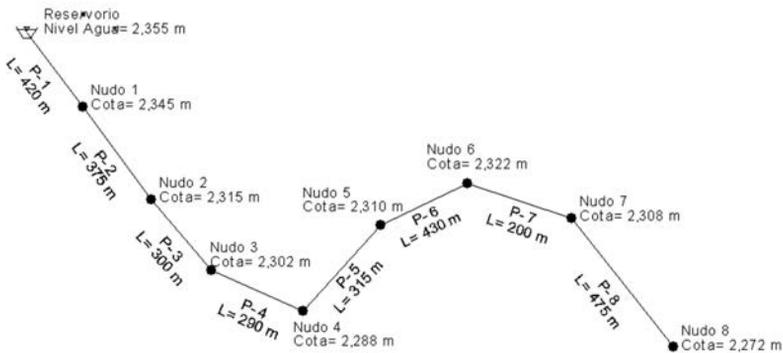
Figura No. 22. Línea de conducción. Longitud de la red



Elaboración: Andrea Mancheno

Se presenta las cotas las mismas que fueron obtenidas del levantamiento topográfico que es un estudio parte de la línea base del proyecto.

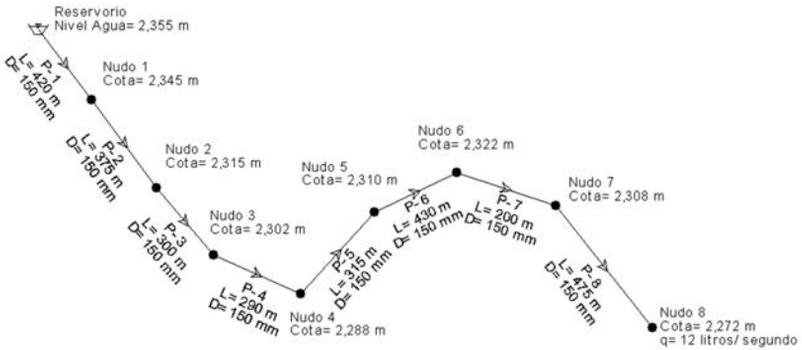
Figura No. 23. Línea de conducción. Cotas de la red



Elaboración: Miguel Araque

Como se puede observar en la figura el programa Water Cad nos permite definir el diámetro óptimo de las tuberías y el dato del caudal se coloca en el último nudo de presión.

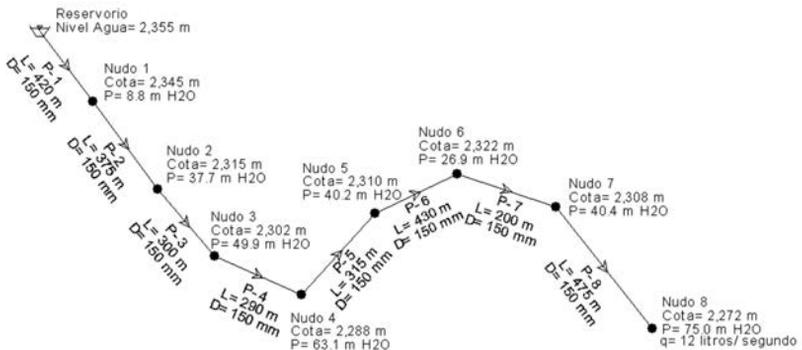
Figura No. 24. Línea de conducción. Diámetros y caudal



Elaboración: Michelle Vásquez

Finalmente, se presenta el cálculo de las presiones en los nudos de la red, se puede observar que los mismos cumplen la norma técnica de presiones máximas, pudiendo concluir que su funcionamiento hidráulico es satisfactorio.

Figura No. 25. Línea de conducción. Cálculo de presiones



Elaboración: Andrea Mancheno

7.6. Evaluación de impactos ambientales

7.6.1. Antecedentes

Desde la década de los años 50 luego del final de la segunda guerra mundial, la Organización de Naciones Unidas –ONU- organizó varias reuniones de los países miembros con la finalidad de atender la reconstrucción de los países afectados por el conflicto y el mejoramiento del nivel de vida.

Desde ese entonces una de las preocupaciones fue el constante deterioro de los problemas ambientales tanto globales, regionales, nacionales y locales. Es así, que empieza a surgir el concepto de “desarrollo sustentable” con lo cual se pretende incorporar a todos los proyectos del desarrollo un estudio que pretende determinar el grado de afectación del medio ambiente y cuáles serían las medidas necesario para atenuar la afectación.

“El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las futuras para satisfacer sus necesidades...con atención a la equidad social dentro y a través de las generaciones” (Bruntland, 1987).

7.6.2. Definiciones

Se presenta a continuación la investigación bibliográfica sobre dos definiciones que es fundamental conocer al momento que se realiza la Evaluación del Impacto Ambiental en un proyecto de agua potable.

Se dice que existe un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración en el medio o en algunos componentes del medio (Estevan Bolea, 1977, p. 13).

A los fines del ordenamiento del territorio es útil considerar el impacto ambiental como cambio del valor del medio o de alguno de sus elementos, como consecuencia de la reacción o tipo de respuesta del mismo ante influencias externas (Gómez, 1978, p. 14).

La evaluación ambiental consiste en la realización de estudios generales que permitan establecer el impacto ambiental preliminar de las diversas formas alternativas de realizar un proyecto (Sánchez, 1984, p. 17).

La evaluación del impacto ambiental es un procedimiento jurídico administrativo que tiene como objetivo la identificación, predicción e

interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo ello con el fin de ser aceptados, modificados o rechazados por parte de las administraciones públicas competentes (Conesa, 2010, p. 75).

7.6.3. **Ámbito de aplicación**

La Evaluación del Impacto Ambiental en proyectos de distribución de agua potable tiene su aplicación en diferentes etapas del proyecto que se indica a continuación:

- En la etapa de estudio y planificación
- En la etapa de construcción
- En la etapa de operación y mantenimiento
- En la etapa de desmantelamiento y abandono

7.6.4. **Objetivos de la Evaluación del Impacto Ambiental**

Con la finalidad de conseguir la sostenibilidad del medio ambiente al momento de diseñar y construir proyectos de distribución de agua potable, los objetivos hemos clasificado de la siguiente manera:

- Realizar una visita técnica al área de proyecto para determinar las áreas con mayor probabilidad de sufrir impactos ambientales.
- Determinar la capacidad de acogida de la zona del proyecto con relación de los posibles impactos ambientales.
- Determinar los posibles problemas ambientales locales, regionales y globales que podría implicar la construcción y operación del proyecto de distribución de agua potable.

7.6.5. **Factores ambientales**

Se define a factores ambientales como el conjunto de componentes físicos, químicos y biológicos con los cuales convive el hombre.

A continuación se presenta un desglose de los factores ambientales que deberían ser tomados en cuenta en la evaluación del impacto ambiental en un proyecto de agua potable que trabajan a presión.

a. Factores ambientales del medio físico

Clima:

- Precipitación
- Temperatura
- Humedad relativa
- Vientos
- Piso térmico
- Evaporación
- Brillo solar

Geología:

- Erodabilidad
- Estabilidad
- Capacidad portante
- Permeabilidad
- Facilidad de excavación
- Tipo de roca
- Estratificación
- Esquistocidad
- Diaclasas
- Fallas
- Sismicidad
- Perfiles estratégicos

Geomorfología:

- Formas topográficas
- Pendiente o relieve
- Áreas de inundación
- Focos y procesos erosivos

Suelos:

- Textura
- Estructura
- Profundidad
- Drenaje
- Humedad
- Fertilidad
- Relación C/N
- Unidades edafológicas
- Perfiles
- Usos actuales y potenciales

Aire:

- Partículas
- Ruido
- Gases
- Olores

Agua superficial y subterránea:

Factores hidrológicos

- Caudales
- Niveles máximos
- Niveles mínimos
- Red de drenaje
- Niveles freáticos
- Escorrentía superficial

Factores de calidad

- Olor
- Color
- Temperatura

- Turbidez
- Transparencia
- Oxígeno disuelto
- DBO
- DQO

Factores hidráulicos

- Velocidad
- Pendiente
- Rugosidad

Factores básicos

- Ph
- Acidez
- Alcalinidad
- Dureza
- Sólidos
- Coliformes
- Carbono y nitrógeno orgánico total
- Carbono, fosforo, nitrógeno
- Conductividad
- Pesticidas
- Plaguicidas

b. Factores ambientales del medio biótico

Vegetación terrestre o flora:

- Diversidad
- Abundancia
- Estructura
- Productividad primaria
- Distribución

- Superficie ocupada
- Especies endémicas
- Agro ecosistemas
- Formaciones vegetales

Fauna terrestre

- Diversidad
- Abundancia
- Estructura
- Productividad primaria
- Distribución
- Migraciones
- Vectores y enfermedades
- Especies endémicas

Biótica acuática

- Diversidad
- Abundancia
- Estructura
- Productividad primaria
- Distribución
- Migraciones

c. Factores ambientales del medio social

Demográfico:

- Tasa de natalidad
- Número de habitantes
- Ocupación
- Análisis de movimientos naturales y migratorios
- Niveles de instrucción
- Estructura

- Evolución
- Densidad poblacional

Político:

- Relaciones de poder
- Expectativas de la comunidad
- Formas de organización existente
- Conflictos

Económico:

- Niveles de productividad
- Niveles de consumo
- Estructura de la propiedad
- Formas de tenencia de la tierra
- Vulnerabilidad
- Cobertura

Cultural:

- Patrimoniales
- Identidad
- Estructura familiar
- Niveles de arraigo
- Vulnerabilidad
- Religiosidad

Bibliografía

- Ávalos, M. (1990). El panel intergubernamental sobre cambio climático. En: J. Martínez y A. Fernández B. (Comp.), *Cambio climático. Una visión desde México*. París: INE.
- Bass, M., Finner, M., et al. (2010). *Global Conservation Significance of Ecuador's Yasuní National Park*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008767>
- Bruntland, C. M. (1987). *Nuestro futuro común*. Estocolmo: Ediciones ONU.
- Capparelli, A. (2013). *Fisicoquímica básica*. La Plata, Argentina: Edulp.
- Collazo, M. P. (2012). *Manual de agua subterránea*. Montevideo: Denad Internacional S. A.
- Conesa, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
- Del Mar Tena, E. & Hernández, A. J. (2014). *Nuestro medio ambiente. Cápsulas facilitadoras para su aprendizaje en la realidad dominicana*. Santo Domingo: Centro Cultural Poveda.
- Estevan Bolea, M. T. (1977). *Las evaluaciones del impacto ambiental*. Madrid: Cifca.
- Gómez, D. (1978). *El medio físico y la planificación*. Madrid: Cifca.
- Higueras, E. (1998). *Urbanismo bioclimático. Criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos*. Madrid: Faster.
- Manahan, S. (2006). *Introducción a la química ambiental*. México D. E.: Reverte Ediciones.
- Peña, C. E., Carter, D. E., & Ayala-Fierro, F. (2001). *Toxicología ambiental. Evaluación de riesgos y restauración ambiental*. Arizona: Press Universidad de Arizona.
- Romero Toledo, H. (2014). Ecología política y represas: elementos para el análisis del Proyecto HidroAysén en la Patagonia chilena. *Rev. geogr. Norte Gd.*, 57, mayo. Santiago.
- Sánchez, V. (1984). *El proceso de toma de decisiones y organizacion de la evaluación*. México: Thomas S.

- Sicart, J., *et al.* (2012). *Glaciales de los Andes tropicales víctimas del cambio climático*. La Paz: Ediciones Banco Mundial.
- Tarback, J., & Lutgens, F. (2010). *Ciencias de la tierra. Introducción a la geología física*. México D. F.: Pearson Educacion.
- Ville, C. (2005). *Biología*. México: Mc Graw Hill Education.

El libro *Hidráulica y ambiente* presenta información relacionada con las bases de diseño de represas hidroeléctricas, metodología para el diseño de canales de conducción de agua y ejemplos didácticos aplicados en proyectos de aprovechamiento del agua dulce y proyectos de riego.

Además, se indican las consideraciones para aplicar la metodología y diseñar sistemas de distribución de agua potable, considerando que estos sistemas trabajan a presión. Se dan a conocer también los problemas e impactos ambientales de este tipo de construcciones. En este sentido, el tema ambiental se aborda inicialmente desde un enfoque global y regional para determinar casos de estudio locales de Latinoamérica.

Finalmente, el libro presenta dos glosarios de términos; el primero relacionado con el diseño de sistemas hidráulicos y el segundo, con temas medioambientales.

