

# **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-CNA-2000, CONSERVACIÓN DEL RECURSO AGUA-QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES Y EL MÉTODO PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE LAS AGUAS NACIONALES**

(Publicada en el D.O.F. el 17 de abril de 2002)

CRISTOBAL JAIME JAQUEZ, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 3o. fracción VI, 4o., 9o. fracción XII, 12, 20, 22, 100 y 119 fracción VI de la Ley de Aguas Nacionales; 1o., 3o. fracciones IV y XI, 40, 41, 43, 44, 45, 47 y demás relativos y aplicables de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, 31, 32, 33 y demás relativos y aplicables del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 10 segundo párrafo, 14 fracción XI, 23, 31, 36 y 37 del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales; 39 fracciones V y VI, 41 y 42 párrafo segundo del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el ciudadano Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua ordenó la publicación del Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua-Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el día 2 de agosto de 2001, a efecto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo;

Que durante el plazo de sesenta días naturales, contado a partir de la fecha de publicación de dicho Proyecto de Norma Oficial Mexicana, los análisis a los que se refiere el citado ordenamiento legal, estuvieron a disposición del público para su consulta;

Que dentro del plazo referido, los interesados presentaron los comentarios al Proyecto de Norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, realizándose las modificaciones pertinentes, mismas que fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el día 18 de febrero de 2002 por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, en sesión de fecha 14 de noviembre de 2001, he tenido a bien expedir la siguiente:

## **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-CNA-2000, CONSERVACION DEL RECURSO AGUA-QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES Y EL METODO PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE LAS AGUAS NACIONALES**

### **CONTENIDO**

0. Introducción
1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Definiciones
4. Especificaciones
5. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales
6. Bibliografía
7. Observancia de esta Norma

## 8. Vigencia

### APENDICE NORMATIVO A

METODOS PARA DETERMINAR EL VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL

### APENDICE NORMATIVO B

METODOS PARA DETERMINAR LA RECARGA TOTAL DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA

### APENDICE INFORMATIVO C

EJEMPLO PARA DETERMINAR MEDIANTE EL METODO DIRECTO EL VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL

### APENDICE INFORMATIVO D

EJEMPLO PARA DETERMINAR MEDIANTE EL METODO INDIRECTO EL VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL

## 0. Introducción

Los recursos hídricos accesibles para su aprovechamiento por el hombre tienen su origen en la precipitación pluvial<sup>(\*)</sup>, que al ocurrir sobre “tierra firme”, se divide en dos fracciones:

- Cerca de 70% del volumen de agua precipitado retorna a la atmósfera por evaporación.
- La fracción complementaria escurre superficialmente por las redes de drenaje natural - arroyos y ríos- hasta desembocar al mar o a cuerpos interiores de agua, o se infiltra y circula a través de acuíferos, que a su vez descargan a cuerpos y cursos superficiales, a través de manantiales o subterráneamente al mar.

Donde el agua no es desviada de manera artificial desde las fuentes hasta sus salidas al mar, a la parte baja de una cuenca interna o a la frontera interior de una unidad hidrogeológica, se desarrolla un sistema natural o “virgen”.

Antes de que el hombre alterara el equilibrio hidrológico para satisfacer sus necesidades, el escurrimiento virgen sustentaba a ecosistemas. Por ello, la naturaleza puede ser visualizada como el primer y natural usuario del agua.

El equilibrio natural fue gradualmente afectado conforme el hombre fue aumentando la derivación artificial de agua para satisfacer sus necesidades personales (uso doméstico), para la producción de alimentos (uso agropecuario) y para el desarrollo de procesos económicos (uso industrial).

Hasta el siglo XIX el aprovechamiento creciente del agua por el hombre con la consecuente reducción gradual de los escurrimientos naturales, en general, no causó daños graves al ambiente. Sin embargo, en el transcurso del siglo XX la derivación del agua para diversos usos creció de modo acelerado, especialmente durante su segunda mitad, al grado que ahora existen porciones importantes de la superficie continental del planeta, en las cuales el ambiente ha sufrido daños graves; en casos extremos, irreparables.

En vista de lo anterior, es de suma importancia tomar conciencia de que sólo una fracción de los escurrimientos naturales, superficiales o subterráneos, debe ser aprovechada por el hombre. Además

de los requerimientos del ambiente, existen limitaciones de índole técnica que reducen aún más la proporción de los escurrimientos naturales aprovechables.

La porción accesible de los escurrimientos naturales de una cuenca, cuya infraestructura de regulación ha sido plenamente desarrollada, en la mayoría de los casos no supera el 70%, a la que

(\*) Excepciones: 1. Obtención de agua dulce por desalación del agua de mar, y  
2. Enfriamiento con agua de mar de unidades generadoras de electricidad ubicadas en las costas.

hay que deducir los requerimientos del ambiente para determinar la cantidad de agua que puede destinarse a los diversos usos humanos.

Por otra parte, con base en los estudios que ha realizado la Comisión Nacional del Agua, se ha detectado que en diversas regiones, entidades federativas y localidades del país, los volúmenes de agua concesionados superan el escurrimiento y la recarga de los acuíferos, situación que genera escasez del recurso, conflictos entre los usuarios y diversos efectos perjudiciales.

Considerando todo lo anterior y que la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento dispone que para el otorgamiento de asignaciones y concesiones se tomará en cuenta la disponibilidad media anual de agua, es necesario establecer en la presente Norma Oficial Mexicana las especificaciones para determinar con una metodología consistente, a nivel nacional, la disponibilidad media anual de aguas nacionales superficiales y subterráneas, como base técnica para regular su uso, de manera racional y equitativa.

### **1. Objetivo**

La presente Norma Oficial Mexicana tiene como objetivo establecer el método base para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales y subterráneas, para su explotación, uso o aprovechamiento.

### **2. Campo de aplicación**

Las especificaciones establecidas en la presente Norma Oficial Mexicana son de observancia obligatoria para la Comisión Nacional del Agua y para los usuarios que realicen estudios para determinar la disponibilidad media anual de aguas nacionales.

### **3. Definiciones**

Para efectos de la presente Norma Oficial Mexicana, se establecen las siguientes definiciones:

**3.1 Acuífero:** cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

**3.2 Aforo:** mediciones realizadas en un cauce con el objetivo de obtener datos básicos para calcular el caudal que pasa por una sección transversal del mismo.

**3.3 Cambio de almacenamiento:** incremento o decremento del volumen de agua almacenada en la unidad hidrogeológica en un intervalo de tiempo cualquiera.

**3.4 Cauce de una corriente:** el canal natural o artificial que tiene la capacidad necesaria para que las aguas de la creciente máxima ordinaria escurran sin derramarse. Cuando las corrientes estén sujetas a desbordamiento, se considera como cauce el canal natural, mientras no se construyan obras de encauzamiento.

**3.5 Cauce principal:** el canal principal que capta y conduce el agua hasta la descarga de una cuenca.

**3.6 Caudal base:** gasto o caudal que proviene del agua subterránea.

**3.7 Comisión:** Comisión Nacional del Agua, órgano descentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**3.8 Creciente máxima ordinaria:** es la que ocurre dentro de un cauce sin que en éste se produzca desbordamiento, en un periodo de retorno de cinco años.

**3.9 Cuenca hidrológica:** el territorio donde las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad

autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. La cuenca, conjuntamente con los acuíferos, constituyen la unidad de gestión del recurso hidráulico.

**3.10 Cuencas homogéneas:** son las cuencas hidrológicas en que, por tener características geomorfológicas, climatológicas, geológicas e hidrológicas similares, es válido transferir información hidrológica de una a otra.

**3.11 Derrame de un embalse:** es aquél que descarga a través de una obra de excedencias.

**3.12 Descarga natural:** volumen de agua que descarga una unidad hidrogeológica a través de manantiales, vegetación, ríos y humedales, o subterráneamente a cuerpos de agua (mares, lagos y lagunas).

**3.13 Descarga natural comprometida:** fracción de la descarga natural de una unidad hidrogeológica, que está comprometida como agua superficial para diversos usos o que debe conservarse para prevenir un impacto ambiental negativo a los ecosistemas o la migración de agua de mala calidad a una unidad hidrogeológica.

**3.14 Diversos usos:** se refiere a todos los usos definidos en la Ley de Aguas Nacionales, como doméstico, agrícola, acuícola, servicios, industrial, conservación ecológica, pecuario, público urbano, recreativo y otros.

**3.15 Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica:** volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de una unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas.

**3.16 Disponibilidad media anual de agua superficial en una cuenca hidrológica:** valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo y el volumen anual actual comprometido aguas abajo.

**3.17 Escurrimiento desde aguas arriba:** es el volumen medio anual de agua que en forma natural proviene de una cuenca hidrológica ubicada aguas arriba de la cuenca o subcuenca en análisis.

**3.18 Escurrimiento natural:** es el volumen medio anual de agua superficial que se capta por la red de drenaje natural de la propia cuenca hidrológica.

**3.19 Evaporación:** es el proceso por el cual el agua, en la superficie de un cuerpo de agua natural o artificial o en la tierra húmeda, adquiere la suficiente energía cinética de la radiación solar, y pasa del estado líquido al gaseoso.

**3.20 Evapotranspiración:** es la cantidad total de agua que retorna a la atmósfera en una determinada zona por evaporación del agua superficial y del suelo, y por transpiración de la vegetación.

**3.21 Extracción de agua subterránea:** volumen de agua que se extrae artificialmente de una unidad hidrogeológica para los diversos usos.

**3.22 Extracción de agua superficial:** volumen de agua que se extrae artificialmente de los cauces y embalses superficiales para los diversos usos.

**3.23 Exportación:** es el volumen de agua superficial o subterránea que se transfiere de una cuenca hidrológica o unidad hidrogeológica a otra u otras, hacia las que no drena en forma natural.

**3.24 Hidrograma:** representación gráfica de la variación del gasto o caudal con respecto al tiempo.

**3.25 Importación:** es el volumen de agua que se recibe en una cuenca hidrológica o unidad hidrogeológica desde otra u otras, hacia las que no drena en forma natural.

**3.26 Parteaguas:** límite físico de una cuenca o subcuenca hidrológica, representado por la línea imaginaria formada por los puntos de mayor elevación topográfica, que las separa de las vecinas.

**3.27 Programación hidráulica:** conjunto de programas y estrategias, mediante los cuales se precisan los objetivos nacionales, regionales, estatales y locales de la política en la materia; las prioridades para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales; la conservación de su cantidad y calidad; los instrumentos para la implantación de acciones programadas; los responsables de su ejecución, y el origen y destino de los recursos requeridos.

**3.28 Recarga total:** volumen de agua que recibe una unidad hidrogeológica, en un intervalo de tiempo específico.

**3.29 Retornos:** son los volúmenes que se reincorporan a la red de drenaje de la cuenca hidrológica, como remanentes de los volúmenes aprovechados en los diferentes usos del agua.

**3.30 Subcuenca:** fracción de una cuenca hidrológica, que corresponde a la superficie tributaria de un afluente o de un sitio seleccionado.

**3.31 Transpiración:** es el proceso por el cual la vegetación extrae humedad del suelo y la libera al aire circundante como vapor.

**3.32 Unidad de gestión:** territorio de la cuenca o subcuenca hidrológica superficial, o del acuífero o las unidades hidrogeológicas contenidas en ella, que se definen como una unidad para la evaluación, manejo y administración de los recursos hídricos.

**3.33 Unidad hidrogeológica:** conjunto de estratos geológicos hidráulicamente conectados entre sí, cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales subterráneas.

**3.34 Volumen anual de extracción de agua superficial:** cantidad de agua que se debe preservar para satisfacer los derechos de explotación, uso o aprovechamiento de agua asignada o concesionada, y para satisfacer las reservas establecidas conforme a la Programación Hidráulica.

## 4. Especificaciones

### 4.1 Generales

**4.1.1** Las especificaciones establecidas en la presente Norma Oficial Mexicana se deben aplicar en los estudios para determinar la disponibilidad media anual de aguas nacionales en cuencas hidrológicas y en unidades hidrogeológicas. El método se considerará como el requerimiento técnico mínimo obligatorio y no excluye la aplicación adicional de métodos complementarios o alternos más complicados y precisos, cuando la información disponible así lo permita, en cuyo caso la Comisión revisará conjuntamente con los usuarios y determinará cuáles son los resultados que prevalecen.

En caso de que existan discrepancias entre los resultados obtenidos por la Comisión y los usuarios, los estudios realizados se someterán a dictamen dentro del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, que determinará entonces los valores definitivos.

**4.1.2** La disponibilidad media anual de aguas nacionales superficiales en cuencas hidrológicas clasificadas como grandes (área mayor de 3000 km<sup>2</sup>), deberán subdividirse en función de la problemática regional que enfrente el uso del recurso, de la importancia de sus afluentes, localización de los diferentes usuarios e información hidroclimatológica disponible.

**4.1.3** Los elementos considerados en el balance se deben de ajustar a un periodo común y actual.

### 4.2 Disponibilidad media anual de agua superficial en una cuenca hidrológica

**4.2.1** Se determina en el cauce principal en la salida de la cuenca hidrológica, mediante la siguiente expresión:

$$\text{DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA SUPERFICIAL EN LA CUENCA HIDROLOGICA} = \frac{\text{VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO DE LA CUENCA HACIA AGUAS ABAJO}}{\text{VOLUMEN ANUAL ACTUAL COMPROMETIDO AGUAS ABAJO}}$$

4.2.2 El volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo del sitio de interés, se determina al aplicar la siguiente expresión:

4.2.3 El volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba, se determina con la expresión utilizada para calcular el volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo que corresponde al de la subcuenca en estudio ubicada aguas arriba.

4.2.4 El volumen medio anual de escurrimiento natural, se determina aplicando alguno de los métodos descritos en el Apéndice Normativo A de esta Norma Oficial Mexicana.

**4.2.5** El volumen anual de retornos, se determina mediante aforo o estimación de las salidas de los volúmenes que se reincorporan a la red de drenaje de una cuenca.

**4.2.6** El volumen anual de importaciones, se determina sumando los volúmenes de agua superficial que se reciben en la cuenca hidrológica en estudio, de otra u otras cuencas hidrológicas o unidades hidrogeológicas.

**4.2.7** El volumen anual de exportaciones, se determina sumando los volúmenes de agua superficial que se transfieren de la cuenca hidrológica en estudio, a otra u otras a las que no drena en forma natural.

**4.2.8** El volumen anual concesionado de agua superficial se determina sumando los volúmenes anuales asignados y concesionados por la Comisión, mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua para la explotación, uso o aprovechamiento de agua en la cuenca hidrológica, limitaciones que se establezcan en las vedas y si es el caso, los volúmenes correspondientes a reservas, conservación ecológica y reglamentos conforme a la Programación Hidráulica.

**4.2.9** El volumen anual de evapotranspiración, está considerado de manera implícita, en el volumen medio anual de escurrimiento natural, al restarle a los volúmenes aforados en la estación aguas abajo los volúmenes aforados en la estación aguas arriba.

**4.2.10** El volumen anual actual comprometido aguas abajo se determina como la parte de los escurrimientos de la cuenca hacia aguas abajo, necesaria para cumplir con los volúmenes asignados y concesionados por la Comisión, limitaciones que se establezcan en las vedas y, si es el caso, los volúmenes correspondientes a reservas, conservación ecológica, reglamentos y programación hidráulica.

4.2.11 La disponibilidad media anual de agua superficial en una subcuenca o en un punto específico de la red de drenaje de la cuenca hidrológica, se determina aplicando las expresiones y términos que aparecen en los puntos 4.2.1 a 4.2.10 de este inciso.

#### 4.3 Disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica

#### 4.3.1 Se determina por medio de la siguiente expresión:

DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL = RECARGA - DESCARGA NATURAL - VOLUMEN CONCESIONADO  
DE AGUA SUBTERRANEA EN TOTAL MEDIA COMPROMETIDA DE AGUA SUBTERRANEA  
UNA UNIDAD ANUAL

**4.3.2** La recarga total media anual se determina mediante la metodología descrita en el Apéndice Normativo B de esta Norma Oficial Mexicana.

**4.3.3** La descarga natural comprometida se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que están comprometidos como agua superficial, alimentados por una unidad hidrogeológica, más las descargas que se deben conservar para: no afectar a las unidades hidrogeológicas adyacentes; sostener el gasto ecológico, y prevenir la migración de agua de mala calidad a la unidad hidrogeológica considerada.

**4.3.4** Volumen concesionado de agua subterránea, se determina sumando los volúmenes anuales de agua, asignados y concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua para la explotación, uso o aprovechamiento de agua en una unidad hidrogeológica, adicionando, de ser el caso, los volúmenes correspondientes a reservas, reglamentos y Programación Hidráulica.

#### **4.4 Disponibilidad media anual de aguas nacionales**

**4.4.1** La disponibilidad media anual de aguas nacionales se determina sumando las disponibilidades medias anuales de aguas superficiales y subterráneas.

**4.4.2** Al aplicar la metodología expuesta en los apartados anteriores deberá prestarse especial atención a la conexión hidráulica que puede existir entre las fuentes subterráneas y las superficiales, para evitar que la omisión o la doble cuenta de uno o más términos de los balances, resulte en la mayor o menor estimación de la Disponibilidad de Aguas Subterráneas o de la Disponibilidad de Aguas Superficiales.

**4.4.3** El otorgamiento de nuevas concesiones de aguas superficiales o subterráneas estará supeditado a que haya Disponibilidad de Aguas Superficiales o de Aguas Subterráneas, respectivamente, y no a la disponibilidad total obtenida como la suma de ambas.

**4.4.4** Los volúmenes de agua accesibles en un lugar y tiempo determinado, dependen regional y localmente, de la climatología, de la variación de la precipitación atmosférica y de la estación del año, de las características geomorfológicas, topográficas, hidrográficas y geológicas, así como de la infraestructura hidráulica existente, por lo cual no siempre son suficientes para que los concesionarios puedan captar la totalidad de los volúmenes medios anuales asignados y concesionados por la Comisión.

**4.4.5** En el caso de que la disponibilidad media anual de agua en las cuencas hidrológicas o en las unidades hidrogeológicas, resulte negativa, su valor será representativo de un déficit.

**4.4.6** En el caso de que en la cuenca hidrológica en estudio existan presas de almacenamiento y regulación, los volúmenes aprovechables de aguas superficiales, su distribución y usos por cada sistema o subsistema de usuarios de la cuenca, serán establecidos en los reglamentos y disposiciones de la Comisión y, serán determinados con base en los volúmenes de agua almacenados en los embalses naturales y artificiales al inicio del ciclo de interés y considerando, con base en datos históricos, el escurrimiento probable del mismo ciclo, así como el estudio hidrológico y de funcionamiento de embalses correspondiente.

**4.4.7** En el caso de cuencas y unidades hidrogeológicas compartidas por dos o más entidades federativas y de cuencas o unidades hidrogeológicas transfronterizas internacionales, la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas se fijará considerando, además de lo consignado en los incisos anteriores, las disposiciones establecidas en los respectivos reglamentos, tratados internacionales o en otros ordenamientos análogos.

**4.4.8** Para el caso de las unidades hidrogeológicas en estudio, los volúmenes máximos autorizables para cada sistema o subsistema de usuarios de las aguas subterráneas, serán establecidos en los reglamentos y disposiciones de la Comisión.

**4.4.9** La Disponibilidad de Agua Superficial aguas abajo de un embalse natural o artificial, se determina sumando los derrames del mismo y el volumen medio anual de escurrimiento natural generado entre el embalse y el sitio de interés, y restando al resultado el volumen anual actual comprometido aguas abajo del mismo sitio.

**4.4.10** La información requerida para aplicar los métodos descritos en los Apéndices Normativos A y B de esta Norma Oficial Mexicana, que obre en poder de la CNA, podrá ser consultada por los interesados en las oficinas de las Gerencias Regionales y Estatales de la entidad de que se trate.

## **5. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales**

No se encontró norma internacional similar en la presente Norma Oficial Mexicana.

## **6. Bibliografía**

- ASCE, Groundwater Management, Third Edition, Manuals and Reports on Engineering Practice No. 40, American Society of Civil Engineers, New York, 1987.
- Aparicio Mijares, F.J., Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa, México, 1994.
- Balek, J., Groundwater Resources Assessment, Developments in Water Sciences, No. 38, Elsevier, Amsterdam, 1989.
- Boletines Hidrológicos publicados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, Comisión Federal de Electricidad y Comisión Internacional de Límites y Aguas.
- Bouwer, H., Groundwater Hydrology, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd. Tokio, 1978.
- Bureau of Reclamation, U.S. Department of Interior, Design of Small Dams, 1987.
- Campos Aranda, Daniel, Procesos del Ciclo Hidrológico, Universidad de San Luis Potosí, México, 1992.
- Comisión Nacional del Agua e Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Manual de Ingeniería de Ríos, Capítulos 1 al 25, México 1990.
- Custodio, E. y Llamas, M. Hidrología Subterránea, Tomo 1. Omega, Barcelona, 1983.
- Fetter, C.W., Applied Hydrogeology, Third Edition. Prentice-Hall Inc. New Jersey, 1994.
- Freeze, R.A., Cherry, J. A., Groundwater, Prentice Hall. USA, 1979.
- Gutiérrez-Ojeda, C., Metodologías para Estimar la Recarga de Acuíferos (1a. Etapa), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.
- Lener, D.N., Issar, A.S. and Simmers, I. Groundwater Recharge. A Guide to Understanding and Estimating Natural Recharge. International Contributions to Hydrogeology. International Association of Hydrogeologists. Volume 8. Verlag Heinz Heise. Hannover, 1990.
- Linsley Ray K. Kohler Max A. Hydrology for Engineers, McGraw Hill, 1986.
- Luna N.H., y Rentería, G.S., Balances Hidráulicos del Programa Nacional Hidráulico, XIII Congreso Nacional de Hidráulica, Puebla, Pue., 1994.
- Plan Nacional Hidráulico, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1975.
- Plan Nacional Hidráulico, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1981.
- Planos de Isoyetas Normales Anuales editados por la Comisión Nacional del Agua.
- Pequeños Almacenamientos, del Plan Nacional de Obras de Riego para el Desarrollo Rural de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1965.

- Walton, W.C., *Groundwater Resources Evaluation*. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokio, 1970.

## **7. Observancia de esta Norma**

La Comisión Nacional del Agua es la responsable de coordinar la participación de los gobiernos estatales y municipales y de las demás entidades e instituciones involucradas en la aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana.

La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Comisión Nacional del Agua. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, su Reglamento, la Ley de Aguas Nacionales, su Reglamento y demás disposiciones legales aplicables.

## **8. Vigencia**

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días naturales posteriores a su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

## **TRANSITORIOS**

**PRIMERO.-** Provéase la publicación de esta Norma Oficial Mexicana en el **Diario Oficial de la Federación**.

**SEGUNDO.-** Para efectos de la entrada en vigor de la presente Norma Oficial Mexicana, el gasto ecológico se determinará de acuerdo a la norma correspondiente, o el valor que se determine en un estudio particular.

Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, el veintidós de marzo de dos mil dos.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, **Cristóbal Jaime Jáquez**.- Rúbrica.

## APENDICE NORMATIVO "A"

### METODOS PARA DETERMINAR EL VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL

En este Apéndice se describen los métodos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural. La descripción de los métodos se limita a los conceptos y expresiones básicas.

Las expresiones permiten determinar el escurrimiento natural en los métodos aquí descritos, para cada año del periodo analizado, hidrométrico o climatológico, según sea el caso, y posteriormente se obtiene su promedio.

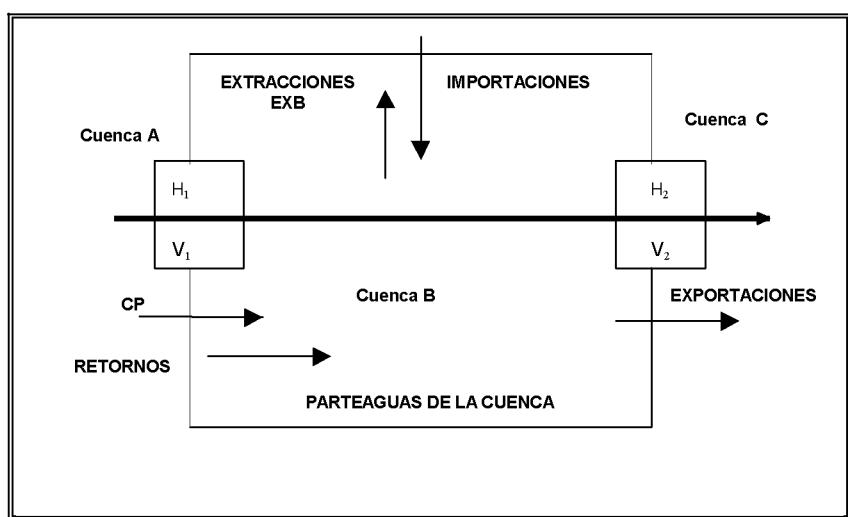
**A.1** El volumen medio anual de escurrimiento natural se determina aplicando alguno de los siguientes métodos:

#### A.1.1 Método Directo

##### A.1.1.1 Registros hidrométricos

Este método se aplica, si en la cuenca en estudio se cuenta con suficiente información hidrométrica para un periodo mínimo de 20 años, en el caso común de tener un sistema de cuencas interconectadas se debe elaborar un esquema de interconexión de la cuenca hidrológica en estudio con las cuencas vecinas, indicando los nombres de los cauces, dirección del flujo y, en su caso, la ubicación de los embalses naturales y artificiales.

ESQUEMA DE INTERCONEXION DE LA CUENCA "B" EN ESTUDIO



Donde:

$H_1$  Estación hidrométrica ubicada aguas arriba en el cauce principal.

$H_2$  Estación hidrométrica ubicada aguas abajo en el cauce principal.

EXB Extracciones para los diferentes usos en la cuenca B.

$V_1, V_2$  Volúmenes aforados en las estaciones hidrométricas  $H_1$  y  $H_2$ , respectivamente.

CP Escurrimiento natural por cuenca propia.

El volumen anual de escurrimiento natural de la cuenca se determina con la siguiente expresión:

$$\begin{array}{lcl} \text{VOLUMEN ANUAL DE} & \text{VOLUMEN ANUAL DE} & \text{VOLUMEN ANUAL} \\ \text{ESCURRIMIENTO} & = & \text{ESCURRIMIENTO} \\ \text{NATURAL DE LA} & & + \\ \text{CUENCA} & \text{AFORADO DE LA CUENCA} & \text{CONCESIONADO DE} \\ \text{(CP)} & & \text{AGUA SUPERFICIAL} \\ & & \text{(EXB)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{VOLUMEN ANUAL DE} \\ \text{ESCURRIMIENTO} \\ \text{AFORADO DESDE LA} \\ \text{CUENCA AGUAS} \\ \text{ARRIBA} (V_1) \end{array}$$

$$+ \quad \text{VOLUMEN ANUAL DE} \quad - \quad \text{VOLUMEN ANUAL DE} \quad - \quad \text{VOLUMEN ANUAL} \\ \text{EXPORTACIONES} \quad \quad \quad \text{IMPORTACIONES} \quad \quad \quad \text{DE RETORNOS}$$

Información requerida:

- Nombre y área de la cuenca hidrológica o subcuenca en estudio.
- Ubicación de la cuenca hidrológica en cartas hidrográficas, indicando su localización con respecto a la región o subregión hidrológica y entidad(es) federativa(s) a la(s) que pertenece.
- Nombre de las estaciones hidrométricas y su ubicación sobre el cauce principal.
- Volúmenes de extracción de la cuenca hidrológica en estudio y sus diversos usos.
- Notas aclaratorias necesarias.
- Anexo con la información utilizada.

En el apéndice informativo "C" se muestra cómo determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural, con el método directo.

### A.1.2 Métodos Indirectos

En caso de que en la cuenca en estudio no se cuente con suficiente información de registros hidrométricos o ésta sea escasa, para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural se aplica el método indirecto denominado: precipitación-escurrimiento.

#### A.1.2.1 Precipitación-escurrimiento

El volumen medio anual de escurrimiento natural se determina indirectamente, mediante la siguiente expresión:

$$\text{VOLUMEN ANUAL DE} \quad \quad \quad \text{PRECIPITACION ANUAL} \quad \quad \quad \text{COEFICIENTE DE} \\ \text{ESCURRIMIENTO NATURAL} \quad = \quad \text{DE LA CUENCA} \quad * \quad \text{AREA DE LA CUENCA} \quad * \quad \text{ESCURRIMIENTO} \\ \text{DE LA CUENCA}$$

##### A.1.2.1.1 Precipitación anual en la cuenca

- A) Si en la cuenca en estudio se cuenta con suficiente información pluviométrica de cuando menos 20 años, la precipitación anual se determina a partir del análisis de los registros de las estaciones ubicadas dentro y vecinas a la cuenca, mediante el método de Polígonos de Thiessen o Isoyetas.
- B) Cuando en la cuenca en estudio no se cuenta con información pluviométrica o ésta sea escasa, la precipitación anual se podrá obtener con apoyo de los planos de Isoyetas Normales Anuales editados por la Comisión.

##### A.1.2.1.2 Coeficiente de escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento se determina a partir de los siguientes procedimientos:

- A) Transferencia de información hidrométrica y climatológica de cuencas vecinas, hidrológicamente homogéneas.
  - En la cuenca vecina se determinan los coeficientes anuales de escurrimiento (Ce), mediante la relación del volumen de escurrimiento anual (Ve), entre el volumen de precipitación anual (Vp) correspondiente.
  - Ce = Ve / Vp
  - Con los valores del volumen de precipitación anual y el coeficiente de escurrimiento anual obtenidos en la cuenca vecina, se establece una correlación gráfica o su ecuación matemática.

- Con apoyo de la ecuación matemática o en la gráfica; y al utilizar los valores del volumen de precipitación anual de la cuenca en estudio, se estiman los correspondientes coeficientes anuales de escurrimiento.

**B)** En función del tipo y uso de suelo y del volumen de precipitación anual, de la cuenca en estudio.

- A falta de información específica, con apoyo en los servicios del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y de visitas de campo, se clasifican los suelos de la cuenca en estudio, en tres diferentes tipos: A (suelos permeables); B (suelos medianamente permeables), y C (suelos casi impermeables), que se especifican en la tabla 1 y al tomar en cuenta el uso actual del suelo, se obtiene el valor del parámetro K (véase Plan Nacional de Obras de Riego para el Desarrollo Rural "Pequeños Almacenamientos". Secretaría de Recursos Hidráulicos, adaptación del Libro: Small Dams).

**TABLA 1 VALORES DE K, EN FUNCION DEL TIPO Y USO DE SUELO**

TIPO DE SUELO	CARACTERISTICAS
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas

USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0,26	0,28	0,30
Cultivos:			
En Hilera	0,24	0,27	0,30
Legumbres o rotación de pradera	0,24	0,27	0,30
Granos pequeños	0,24	0,27	0,30
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% - Poco -	0,14	0,20	0,28
Del 50 al 75% - Regular -	0,20	0,24	0,30
Menos del 50% - Excesivo -	0,24	0,28	0,30
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0,07	0,16	0,24
Cubierto del 50 al 75%	0,12	0,22	0,26
Cubierto del 25 al 50%	0,17	0,26	0,28
Cubierto menos del 25%	0,22	0,28	0,30
Zonas urbanas	0,26	0,29	0,32
Caminos	0,27	0,30	0,33
Pradera permanente	0,18	0,24	0,30

- Si en la cuenca en estudio existen diferentes tipos y usos de suelo, el valor de K se calcula como la resultante de subdividir la cuenca en zonas homogéneas y obtener el promedio ponderado de todas ellas.
- Una vez obtenido el valor de K, el coeficiente de escurrimiento anual (Ce), se calcula mediante las fórmulas siguientes:

K: PARAMETRO QUE DEPENDE DEL TIPO Y USO DE SUELO	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO ANUAL (Ce)
Si K resulta menor o igual que 0,15	$Ce = K (P-250) / 2000$
Si K es mayor que 0,15	$Ce = K (P-250) / 2000 + (K-0,15) / 1,5$

P= Precipitación anual, en mm.

Rango de validez.- Las fórmulas se considerarán válidas para valores de precipitación anual entre 350 y 2150 mm.

La evapotranspiración está incluida en el coeficiente de escurrimiento.

**C)** En aquellos casos en que se cuente con estudios hidrológicos y se conozcan los coeficientes de escurrimiento, éstos se podrán usar para el cálculo del escurrimiento.

Información requerida:

- Procedimiento de cálculo y metodología utilizados para determinar la precipitación media anual en la cuenca.
- Procedimiento de estimación y consideraciones para determinar el coeficiente de escurrimiento.
- Relación de las estaciones climatológicas utilizadas para determinar los escurrimientos, indicando sus coordenadas geográficas, así como las entidades federativas a las que pertenecen, poblaciones próximas importantes y cualquier otra información de utilidad que permita hacer más claro el cálculo del volumen anual de escurrimiento natural.

En el caso de que en la cuenca en estudio no se cuente con suficiente información hidrométrica ni pluviométrica o ambas sean escasas, el volumen medio anual de escurrimiento natural se determina indirectamente transfiriendo la información de otras cuencas vecinas de la región, mismas que se consideran homogéneas y que cuentan con suficiente información hidrométrica o pluviométrica.

Además de la información requerida en los puntos A.1.1.1 y A.1.2.1 es necesaria, la siguiente:

- Descripción del método aplicado, así como la justificación de su empleo en esa cuenca, subcuenca o punto específico.
- Relación de las variables significativas de la cuenca, empleadas en el cálculo del coeficiente de escurrimiento.
- Resultados de las pruebas de homogeneidad hidrológica, climatológica y fisiográfica de las cuencas vecinas y/o registros empleados en la transferencia de información.

#### APENDICE NORMATIVO “B”

##### METODO PARA DETERMINAR LA RECARGA TOTAL MEDIA ANUAL DE LA UNIDAD HIDROGEOLOGICA

En este Apéndice se describen los métodos que deberán aplicarse para determinar la recarga total media anual de la unidad hidrogeológica. La descripción de los métodos se limita a los conceptos y expresiones básicas; su detalle puede consultarse en las referencias bibliográficas de esta Norma Oficial Mexicana.

###### **B.1** Balance de aguas subterráneas

La recarga total que recibe un acuífero o unidad hidrogeológica en un intervalo de tiempo dado, se determina por medio del balance de agua subterránea, que en su forma más simple está representado por la siguiente expresión:

$$\begin{array}{c} \text{RECARGA TOTAL} \\ \text{(SUMA DE ENTRADAS)} \end{array} = \begin{array}{c} \text{CAMBIO DE ALMACENAMIENTO DE LA} \\ \text{UNIDAD HIDROGEOLOGICA} \end{array} + \begin{array}{c} \text{DESCARGA TOTAL} \\ \text{(SUMA DE SALIDAS)} \end{array}$$

Para deducir una recarga media representativa, se planteará el balance a un intervalo de tiempo de varios años en que se disponga de los datos básicos para cuantificar sus términos y que incluya tanto años secos como años lluviosos. En su defecto, el balance se planteará para un intervalo mínimo de un año.

###### **B.2** Cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica

El cambio de almacenamiento en el intervalo de tiempo considerado en el balance, se determina a partir de la evolución de los niveles del agua subterránea correspondientes al mismo intervalo y de valores representativos del coeficiente de almacenamiento del acuífero. El valor de este coeficiente se determina a partir de pruebas de bombeo y/o con base en consideraciones relativas al tipo y litología del acuífero en estudio.

###### **B.3** Descarga total

La descarga total de una unidad hidrogeológica en el intervalo de tiempo considerado en el balance, se calcula como la suma de los volúmenes descargados en forma natural y de los extraídos de la misma por medio de captaciones, durante el mismo intervalo.

#### **B.3.1 Descarga natural**

Para determinar la descarga natural a través de los vertedores más comunes de un acuífero, se utilizará dependiendo del caso, alguno de los métodos indicados a continuación:

##### **B.3.1.1 Caudal base**

La descarga de una unidad hidrogeológica a una corriente superficial, por convención denominada "Caudal Base", se determina a partir de los datos registrados en estaciones hidrométricas instaladas sobre el cauce de la corriente, mediante el análisis de hidrogramas para diferenciar el caudal base. Si se dispone de varias estaciones hidrométricas, el método mencionado se aplicará a los tramos comprendidos entre ellas, para conocer la distribución de esta descarga a lo largo del cauce. Las mediciones para determinar el caudal deberán realizarse a lo largo de los períodos de estiaje.

##### **B.3.1.2 Manantiales**

La descarga de una unidad hidrogeológica a través de un manantial se determina integrando el área bajo el hidrograma, esto es, multiplicando el intervalo de balance por el gasto medio correspondiente. El hidrograma se trazará con base en aforos realizados con frecuencia suficiente para conocer las variaciones estacionales y anuales del gasto. En todo caso, mediante consideraciones topográficas, hidrogeológicas, hidrodinámicas e hidrogeoquímicas, deberá verificarse que el manantial en cuestión es alimentado por una unidad hidrogeológica que se está evaluando.

##### **B.3.1.3 Evapotranspiración**

La descarga de una unidad hidrogeológica a la atmósfera puede tener lugar por evaporación directa de agua freática somera y por la transpiración de la flora.

La descarga de agua subterránea por evaporación directa se estima multiplicando el área donde tiene lugar el fenómeno por una lámina de agua equivalente a una fracción de la evaporación potencial medida en las estaciones climatológicas. El valor de esa fracción varía entre un máximo de uno, cuando el nivel freático aflora, y cero cuando éste se halla a profundidades mayores que la altura de la faja capilar de los materiales predominantes entre la superficie del terreno y el nivel freático; a falta de información, se supondrá que el valor de la fracción varía entre valores extremos linealmente según la profundidad de dicho nivel.

La descarga de agua subterránea por evapotranspiración depende de varios factores climáticos, hidrogeológicos y fisiológicos (tipo y densidad de vegetación), que por su amplia variación en el espacio y en el tiempo no son controlables a la escala de una cuenca o de un acuífero. Ante esta dificultad, la magnitud de este componente de descarga no se estimará por separado y su valor quedará implícito en el resultado del balance, lo cual se traducirá en una estimación conservadora de la recarga y de la disponibilidad de agua subterránea.

##### **B.3.1.4 Flujo subterráneo**

La descarga subterránea del acuífero se determina aplicando la Ley de Darcy a las secciones de salida definidas en la configuración de los niveles del agua subterránea, considerando las variaciones de ésta a lo largo del intervalo de tiempo usado en el balance.

#### **B.3.2 Extracción**

La extracción de agua subterránea en los intervalos de tiempo considerados en el balance se determina a partir de las lecturas registradas en los medidores instalados en las descargas de los pozos o, a falta de ellos, con base en los métodos indirectos -caudal y tiempo de bombeo, consumo de energía eléctrica, población servida y dotación, índices de consumo, superficies y láminas de riego- que sean aplicables según el uso del agua.

#### B.4 Recarga total media anual

La recarga total media anual se obtendrá dividiendo la recarga total deducida del balance, entre el número de años del intervalo de tiempo utilizado para plantearlo.

#### B.5 Información requerida:

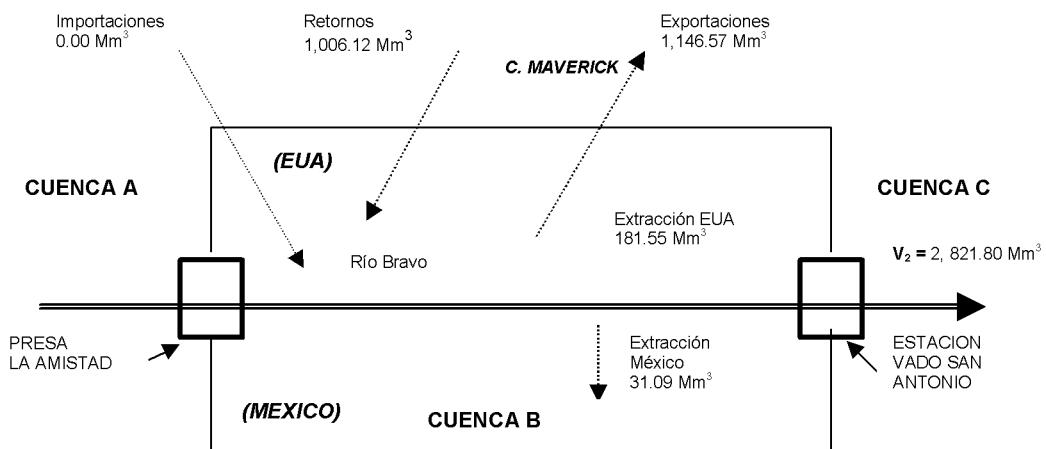
- Plano base de la unidad hidrogeológica (planta y cortes)
- Descripción geológica, hidrológica e hidrogeológica
- Datos climatológicos
- Censo de captaciones de agua subterránea
- Cortes litológicos de pozos
- Investigación geofísica
- Cotas de brocal de los pozos de observación
- Datos del comportamiento de los niveles del agua subterránea a través del tiempo
- Características hidráulicas de las unidades hidrogeológicas
- Registro hidrométrico de extracciones y descargas naturales de agua subterránea
- Información de la infraestructura hidráulica urbana, agrícola o industrial y datos de los volúmenes de agua manejados por medio de ella
- Cálculo de redes de flujo subterráneo (entradas y salidas para diferentes períodos)

#### APENDICE INFORMATIVO "C"

##### EJEMPLO PARA DETERMINAR MEDIANTE EL METODO DIRECTO EL VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL

Utilizando la información hidrométrica, correspondiente al periodo 1960-1992, se calcula el volumen anual de escurrimiento natural en la cuenca del Río Bravo, en el tramo comprendido entre la presa La Amistad y la estación Vado San Antonio.

##### ESQUEMA DE LA CUENCA DEL RIO BRAVO EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LA PRESA LA AMISTAD Y LA ESTACION VADO SAN ANTONIO



Donde:

$H_1; V_1$  Estación y Volumen aforado aguas abajo de la presa La Amistad, en millones de metros cúbicos ( $\text{Mm}^3$ ).

$H_2; V_2$  Estación y Volumen aforado en el Vado San Antonio, en  $\text{Mm}^3$ .

CP Volumen medio anual de escurrimiento natural, en Mm<sup>3</sup>.

INFORMACION HIDROMETRICA (PERIODO 1960-1992)

ANO	V <sub>2</sub>	V <sub>1</sub>	EXTRACCION		EXPORTACION C. MAVERICK	IMPORTA- CIONES	RETORNOS C. MAVERICK	ESC. NATURAL
			MEXICO	USA				
1960	2765,38	2506,23	24,59	154,62	1173,31	0,00	1068,79	542,88
1961	3054,15	2217,59	13,62	154,97	1267,30	0,00	1146,71	1125,73
1962	1813,35	1748,80	20,92	156,89	1203,12	0,00	1041,24	404,23
1963	1572,84	1543,65	16,87	157,24	1189,53	0,00	1036,34	356,49
1964	4025,36	2894,45	18,90	154,36	1131,22	0,00	966,42	1468,99
1965	2156,13	1886,88	16,59	178,40	1210,05	0,00	1081,32	592,96
1966	3023,69	2863,42	10,88	174,53	1200,41	0,00	1090,57	455,53
1967	1939,86	1822,68	23,57	173,69	1178,53	0,00	1012,30	480,68
1968	1451,09	1280,21	17,87	203,06	1170,45	0,00	1054,28	507,98
1969	1282,94	901,44	19,31	203,03	992,38	0,00	839,64	756,57
1970	1591,99	1317,28	9,62	178,07	871,64	0,00	715,88	618,16
1971	2487,15	1478,35	15,98	189,09	851,17	0,00	657,34	1407,71
1972	1105,73	514,10	17,62	190,18	565,72	0,00	405,83	959,32
1973	1990,41	1359,44	15,18	188,16	936,54	0,00	791,06	979,78
1974	4731,40	4390,92	24,62	188,89	1136,24	0,00	953,26	736,97
1975	3459,80	2315,25	23,61	188,87	1185,91	0,00	1021,45	1522,49
1976	4259,15	2345,97	27,55	188,19	1099,54	0,00	972,38	2256,08
1977	2671,32	2019,21	19,95	186,77	974,69	0,00	795,66	1037,86
1978	3291,25	2744,79	22,55	183,00	1251,67	0,00	1076,78	926,90
1979	3317,79	2631,83	19,27	189,89	1251,61	0,00	1081,31	1065,42
1980	3032,83	2435,96	24,28	184,01	1337,17	0,00	1135,74	1006,59
1981	3275,51	2303,47	42,04	191,59	1328,62	0,00	1180,89	1353,40
1982	2704,21	2399,79	36,31	193,92	1308,36	0,00	1120,30	722,71
1983	2027,33	1659,84	34,51	185,71	1240,86	0,00	1073,03	755,54
1984	2294,23	2086,91	44,92	188,61	1075,50	0,00	940,13	576,21
1985	1885,62	1505,49	59,83	183,83	1205,78	0,00	1109,10	720,48
1986	3659,09	2944,38	37,52	183,98	1156,80	0,00	1093,51	999,50
1987	4015,22	2383,62	37,37	175,67	1238,92	0,00	1120,47	1963,08
1988	2779,26	2236,36	37,37	175,67	1207,68	0,00	1043,08	920,54
1989	2425,77	2225,95	57,83	186,24	1237,40	0,00	1055,86	625,45
1990	4435,22	3579,38	56,17	186,82	1316,49	0,00	1219,70	1195,63
1991	4235,55	3759,04	58,07	187,24	1133,28	0,00	1202,88	652,23
1992	4358,91	3248,82	120,73	185,95	1208,88	0,00	1098,66	1526,99

MEDIA	2821,80	2228,83	31,09	181,55	1146,57	0,00	1006,12	946,09
-------	---------	---------	-------	--------	---------	------	---------	--------

**Nota.- Volúmenes en millones de metros cúbicos**

Cálculo del volumen anual de escurrimiento natural para el año de 1960:

Sustituyendo los volúmenes en la fórmula:

CP = V<sub>2</sub> + Extracciones - V<sub>1</sub> + Exportaciones - Importaciones - Retornos

$$\begin{array}{l}
 \text{VOLUMEN ANUAL DE} \\
 \text{ESCURRIMIENTO} \\
 \text{NATURAL DE LA} \\
 \text{CUENCA} \\
 \text{(Cp)} \\
 = \\
 \text{VOLUMEN ANUAL DE} \\
 \text{ESCURRIMIENTO} \\
 \text{AFORADO DE LA} \\
 \text{CUENCA HACIA AGUAS} \\
 \text{ABAJO (V<sub>2</sub>)} \\
 + \text{CONCESIONADO DE} \\
 \text{AGUA SUPERFICIAL} \\
 \text{(EXB)} \\
 - \\
 \text{VOLUMEN ANUAL DE} \\
 \text{ESCURRIMIENTO} \\
 \text{AFORADO DESDE LA} \\
 \text{CUENCA AGUAS} \\
 \text{ARRIBA (V<sub>1</sub>)} \\
 \end{array}$$

$$+ \text{ VOLUMEN ANUAL DE} \\
 \text{EXPORTACIONES} \\
 - \text{ VOLUMEN ANUAL DE} \\
 \text{IMPORTACIONES} \\
 - \text{ VOLUMEN ANUAL} \\
 \text{DE RETORNOS}$$

$$CP = 2,765.38 + 179.21 - 2,506.23 + 1,173.31 - 1,068.79 = 542.88 \text{ Mm}^3$$

**VOLUMEN MEDIO ANUAL DE ESCURRIMIENTO NATURAL:**

El cálculo del Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural se obtiene con el promedio de los Volúmenes Anuales de Escurrimiento Natural:

$$CP = (542.88 + 1,125.73 + 404.23 + \dots + 1,195.63 + 652.23 + 1,526.99) / 33 = 31,221.08 / 33 =$$

$$\text{Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural (CP)} = 946.09 \text{ Mm}^3$$

**APENDICE INFORMATIVO “D”**  
**EJEMPLO PARA DETERMINAR EL ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL NATURAL POR EL**  
**METODO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO**

**Estaciones con influencia en la cuenca del río Tequisistlán, Oax. (mm)**

Año	San Carlos Yautepéc	Ecatepec	Boquilla No. 1	Tequisistlán
1971	924.1	1155.7	452.3	697.9
1972	329.2	890.5	161.2	615.0
1973	726.7	1447.5	486.6	772.7
1974	425.6	978.5	500.0	746.9
1975	590.5	988.3	374.4	463.8
1976	243.7	833.0	242.3	334.7
1977	343.4	565.5	348.6	368.5
1978	728.5	995.2	592.3	643.0
1979	504.3	1400.4	717.6	735.4
1980	467.5	818.5	538.8	365.5
1981	820.7	1380.5	836.2	923.6
1982	466.0	873.0	499.2	361.4
1983	526.3	872.0	472.3	540.7
1984	621.0	1325.5	588.0	678.2
1985	533.9	792.1	662.3	376.0
1986	425.7	1192.7	665.4	440.7
1987	421.5	798.3	441.8	373.6
1988	570.5	1150.5	816.7	679.2
1989	817.5	1094.5	615.5	616.8
1990	471.9	350.0	650.1	407.7
1991	321.0	1121.5	506.0	630.0
1992	584.5	1022.5	709.2	492.9
<b>Promedio</b>	<b>539.3</b>	<b>1002.1</b>	<b>539.9</b>	<b>557.5</b>

**Cálculo de la precipitación anual (P) en la cuenca del río Tequisistlán, Oax. (mm)**

Año	San Carlos Yautepéc PA 10.3%	Ecatepec PA 61%	Boquilla No. 1 PA 5.7%	Tequisistlán PA 23%	Precipitación anual en la cuenca (P)

1971	95.2	705.0	25.8	160.5	986.5
1972	33.9	543.2	9.2	141.5	727.8
1973	74.9	883.0	27.7	177.7	1163.3
1974	43.8	596.9	28.5	171.8	841.0
1975	60.8	602.9	21.3	106.7	791.7
1976	25.1	508.1	13.8	77.0	624.0
1977	35.4	345.0	19.9	84.8	485.0
1978	75.0	607.1	33.8	147.9	863.8
1979	51.9	854.2	40.9	169.1	1116.2
1980	48.2	499.3	30.7	84.1	662.2
1981	84.5	842.1	47.7	212.4	1186.7
1982	48.0	532.5	28.5	83.1	692.1
1983	54.2	531.9	26.9	124.4	737.4
1984	64.0	808.6	33.5	156.0	1062.0
1985	55.0	483.2	37.8	86.5	662.4
1986	43.8	727.5	37.9	101.4	910.7
1987	43.4	487.0	25.2	85.9	641.5
1988	58.8	701.8	46.6	156.2	963.3
1989	84.2	667.6	35.1	141.9	928.8
1990	48.6	213.5	37.1	93.8	392.9
1991	33.1	684.1	28.8	144.9	890.9
1992	60.2	623.7	40.4	113.4	837.7
Promedio	55.5	611.3	30.8	128.2	825.8

PA = Porcentaje de área de influencia (THIESSEN)

**METODO DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO  
VOLUMENES ANUALES CUENCA RIO TEQUISISTLAN, OAX.**

Año	P (mm)	Ce anual	Volumen Anual de Escurrimiento Natural (Mm <sup>3</sup> )
1971	986.5	0.159	346.53
1972	727.8	0.126	203.57
1973	1163.3	0.181	465.52
1974	841.0	0.141	261.57
1975	791.7	0.134	235.44
1976	624.0	0.113	156.62
1977	485.0	0.096	103.08
1978	863.8	0.143	274.11
1979	1116.2	0.175	432.13
1980	662.2	0.118	173.20
1981	1186.7	0.184	482.57
1982	692.1	0.122	186.75
1983	737.4	0.128	208.21
1984	1062.0	0.168	395.23
1985	662.4	0.118	173.29
1986	910.7	0.149	300.80
1987	641.5	0.116	164.12
1988	963.3	0.156	332.19
1989	928.8	0.152	311.43
1990	392.9	0.085	73.50
1991	890.9	0.147	289.38
1992	837.7	0.140	259.78
PROM	825.8	0.139	264.96

$$K = 0.25$$

Como K > 0.15, se emplea la ecuación:

$$Ce = K \frac{(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

Volumen Medio Anual de Escurrimiento Natural = P \* At \* Ce = 0.8258x2213x0.139

Por lo tanto el volumen medio anual natural = 264.96 Mm<sup>3</sup>

P = Precipitación anual

Ce = Coeficiente de escurrimiento anual

At = Área total de la subcuenca = 2213 km<sup>2</sup>

K = Parámetro que depende del tipo, uso y cubierta del suelo

---