

TESIS 1214

Ej 2

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PLANEAMIENTO DEL SISTEMA DE AFOROS POR EL  
METODO DE CONTEO TOTAL USANDO ISOTOPOS  
RADIOACTIVOS. SU APLICACION AL RIO GUAIRE  
PARA LA DETERMINACION DE SU CURVA DE GASTO.

OSCAR STOPELLO PERDOMO

CARACAS, 1964

Tes  
0175  
Ej: 2. ..

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

PLANEAMIENTO DEL SISTEMA DE AFOROS POR EL  
METODO DE CONTEO TOTAL USANDO ISOTOPOS  
RADIOACTIVOS. SU APLICACION AL RIO GUAIRE  
PARA LA DETERMINACION DE SU CURVA DE GASTO.

**OSCAR STOPELLO PERDOMO**

CARACAS, 1964

## **DEDICATORIA**

A mi adorada esposa.

A la sagrada memoria de mi padre.

A mi madre.

Al Dr. Rafael Convit.

Al Dr. P. P. Pacheco.

## **AGRADECIMIENTO**

**Deseo expresar en estas palabras mi profundo agradecimiento a quienes han colaborado conmigo en la elaboración de este modesto trabajo. En especial al Dr. Rafael Convit preclaro valor entre los cultores de la Hidrología en nuestro país, y al Dr. J. A. Velandía quien desde la escuela de isótopos en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas desarrolla encomiable labor en pro de nuestro avance científico.**

## PROLOGO

*Desde épocas remotas, desde el principio de la misma vida, se puso de manifiesto ante la mente del hombre la importancia del elemento agua, que lejos de representar sólo una ayuda o mejora fue y es para el ser viviente un elemento vital sin el cual, en dosis de acuerdo a cada ser, no puede sobrevivir; de allí deriva básicamente la importancia de la Hidrología.*

*Pero no se quedó allí únicamente el raciocinio humano, sino que poco a poco se dio cuenta de que por uno u otro método, aprovechando el elemento agua podía conseguir innumerables beneficios tanto individuales como colectivos, y allí comenzó el estudio hidrológico; estudios que de acuerdo a las épocas, a través de las civilizaciones privilegiadas de cada periodo histórico y con las armas a su alcance fueron desarrollando sistemas de trabajo, métodos de mejoramiento, etc.*

*Es este progreso constante en los elementos de trabajo y en los métodos el que nos obliga hoy, viviendo como vivimos una era que marcha al impulso del átomo, a buscarle una aplicación útil a los elementos que ella nos brinda.*

*Siendo el aforo uno de los pilares en que descansa el estudio hidrológico, hemos creído que la aplicación a él, en nuestro medio, de los isótopos radioactivos... es asunto de interés para todos los que en una u otra forma participan en estas inquietudes del saber; más aún, poseyendo el sistema ventajas claras e inobjetables en ciertos aspectos del aforo mismo y de los cálculos de curvas de gasto.*

*Debido fundamentalmente a los limitados recursos actuales de consecución de elementos de trabajo en este sentido, no he podido abarcar, como era mi deseo, el objetivo total del trabajo; sin embargo, he tratado al máximo de alcanzarlo señalando teorías y métodos, procedimientos y substancias, equipos, ventajas y desventajas y algunos otros conceptos que he creído útiles para el progreso del sistema en nuestro país; dejando en manos del futuro dominio de los elementos necesarios la realización de experiencias en el río capitalino, que puedan llevarnos a la elaboración de su curva de gasto por este procedimiento y más allá, a la aplicación en mayor escala del proceso en el resto de nuestra red hidrológica.*

## ESTUDIO PRELIMINAR

Como aclaratoria inicial de conceptos, más para recordar que para aprender, haré inicialmente un pequeño recuento de términos, conceptos y clasificación de procesos, que nos será útil a través del trabajo; conceptos que necesariamente deben tenerse en claro para la mejor comprensión del proceso en objeto.

### **CORRIENTE**

Consideramos una corriente a todo flujo de agua, bien sea superficial o interno respecto de la corteza terrestre; bien vaya por canales naturales o artificiales.

En nuestro estudio nos interesan básicamente las corrientes de tipo superficial, pero en lo relativo al tipo de canal por el cual fluyan nos interesan ambos casos, es decir tanto cuando van por canales naturales con todos los factores que éstos llevan consigo como son: la erosión, infiltración, percolación, etc., como cuando vaya por canales artificiales, tales como canales preestruidos para dicho fin, como es el caso preciso del río Guaire, en una gran parte de su recorrido por la ciudad de Caracas.

Las corrientes podemos dividir las en tres grandes grupos, tomando como base el tipo de escurrimiento, el cual depende de las características del área drenada y de sus condiciones climáticas; en efímeras, intermitentes y perennes. Consideramos **efímeras** aquellas que sólo fluyen después de un período de precipitación aprovechando los desniveles y depresiones naturales del terreno.

### **INTERMITENTES**

Son corrientes que fluyen normalmente dentro de la época lluviosa pero permanecen sin flujo durante la sequía.

### **PERENNES**

Es el tipo de corriente que fluye durante todo el año debido básicamente a que la mesa de agua en ningún momento cae por debajo del fondo de la corriente; este tipo de corriente mantiene un cierto flujo mayor o menor según la época y la intensidad de ésta, pero nunca el flujo llega a desaparecer.

Dentro de este grupo está clasificado nuestro río capitalino. De allí que hayamos hecho hincapié en ellas.

### **CONCEPTO DE GASTO**

Se llama gasto de una corriente al volumen de ella que fluye por unidad de tiempo. Expresándose mayoritariamente en  $m^3/seg$  para corriente de cierta envergadura y para corrientes de menor flujo en  $lit/seg$ .

### **AFORO**

Aforo es la determinación del gasto de una corriente. En otras palabras, el aforo engloba o lleva consigo todo un conjunto de pasos y medidas, de procesos, determinaciones y cálculos prefijados por el sistema a usarse, que conducen al cálculo de un gasto.

Es obvio entonces que el sistema de aforo a usarse dependerá del tipo de corriente, de su magnitud dentro de este tipo, de las características del cauce por el cual fluye, del objeto del trabajo y de las facilidades tanto del medio de trabajo como de equipo y personal disponible; añadamos también que el sitio donde se practica el aforo es el denominado estación de aforo; y que el tramo seleccionado previamente para ello, el cual reúne ciertas condiciones de longitud, sinuosidad y uniformidad de flujo, es el llamado tramo de aforo.

Entre los tipos de aforo más usuales tenemos:

- Aforos Volumétricos.
- Aforos con orificios.
- Aforos con vertederos.
- Aforos por método de pendiente.
- Aforos con tubo de Pitot.
- Aforos mediante resistencia eléctrica.
- Aforos por método de sección y velocidad.
- Aforos químicos.
- Aforos por sondeo acústico.
- Aforos con isótopo radioactivo y entre ellos los aforos por el método de conteo total.

Aforos con sustancias inactivas activadas posteriormente al aforo.

Seguidamente haré una breve exposición de términos relativos a los isótopos, términos que usaremos y cuyo conocimiento nos será útil para la comprensión posterior del método y de por qué deba o pueda usarse un determinado isótopo en aforos, haciendo la salvedad de que sólo un experto en isótopos es el llamado a decidir cuál ha de ser el isótopo a usarse en determinado aforo.

### **ISOTOPOS**

Llamamos así a los átomos de una misma sustancia que poseen sin embargo distintos valores de masa. Su nombre proviene del griego iso = igual, topos = lugar, es decir igual lugar y ello se originó porque siendo átomo de distinta masa pero de un mismo elemento debían situarse en un mismo lugar en la tabla periódica de ellos.

La obtención de ellos está condicionada como es de suponer a una serie de recursos que no todos los países poseen.

### **CONCEPTO DE PERIODO DE SEMI-DESINTEGRACION**

Este concepto, tal vez el más conocido respecto a los isótopos, puede enunciarse como el tiempo en el que la cantidad de elemento radiactivo se reduce a la mitad por haberse desintegrado la otra mitad.

A un período de semi-desintegración breve corresponde una gran actividad y viceversa.

En nuestro caso tanto en Venezuela como en las experiencias en mayor escala realizadas en otros países se usan radioisótopos de vida breve, es decir, de apreciable actividad durante la experiencia y muerte posterior bastante rápida.

### **UNIDADES DE MEDIDA DE LA RADIOACTIVIDAD**

Entre las varias unidades existentes definiremos la más usual: el curie, el cual es la cantidad de Radón en equilibrio con un gramo de Radio; posteriormente, esta definición fue extendida a todos los elementos radioactivos como la cantidad de ellos que producían el mismo número de desintegraciones que un gramo de Radio. Su valor es  $3,70 \cdot 10^{10}$  desintegraciones por segundo.

Más corrientemente se usan el milicurie y el microcurie.

### **CONCEPTO DE CURVA DE GASTO**

Llamamos curva de gasto a la curva parabólica que nos relaciona gráficamente los valores correspondientes de gasto y altura de mira.

Se pone entonces de manifiesto la gran importancia de la curva de gasto de una corriente, ya que ella para cualquier altura de mira nos da el gasto correspondiente, y precisamente la zona que podríamos llamar peligrosa en la curva de gasto, es decir la zona alta de ella, en la cual están localizados los gastos de creciente, es la zona en la que más difícilmente se garantiza el gasto de dicha corriente, siendo inclusive desconocidas las verdaderas trayectorias de muchas curvas de gasto una vez llegadas a ciertas alturas de mira anormales.

## METODO DE CONTEO TOTAL

### ORIGEN DEL METODO. SU TEORIA GENERAL. SUS ECUACIONES

Dentro de estudios realizados con el fin de medición de flujos de corrientes se encontró durante la realización de un análisis de experimentos en tuberías de oleoducto una relación que más tarde desarrollada y aplicada en forma concreta de método se convirtió en el método de medición de corrientes (gastos) por conteo total usando isótopos radioactivos.

Analizando las curvas construídas ploteando, registros de radioactividad por segundo contra tiempo se observó que a medida que el pico o máximo de dichas curvas aumentaba o disminuía la base disminuía o aumentaba obteniéndose una zona o área bajo dichas curvas constante.

Los isótopos habían sido originalmente añadidos a la corriente del oleoducto y en diferentes estaciones a lo largo de su recorrido se fue midiendo la rata de registros y el tiempo en el cual se mantenía la radiación.

Reflexionando en base a la observación de las áreas iguales comprendidas debajo de las diferentes curvas se concluyó que el número de conteos registrados debe ser independiente de la distribución de los átomos a lo largo de la corriente; si el isótopo está mezclado homogéneamente a través del tubo un átomo radioactivo pasando por la estación de conteo tiene una cierta oportunidad "p" de emitir un rayo gamma el cual registrará el contador, esta oportunidad no es afectada por la presencia o ausencia de otros átomos radioactivos en la vecindad. Si un número "A" de átomos están radiando, el número de conteos observados es simplemente A.p, independientemente de la distribución de los A átomos a lo largo de la corriente.

La oportunidad p está condicionada por tres factores: R, t, G, siendo R la constante de desintegración de radio elemento, p es el tiempo que el átomo gasta en la región del contador y G es el producto promedio de factores sensibles de desintegración que ocurren en esa región.

Si el gasto se incrementa, el tiempo t en la vecindad del contador, decrece y el número de conteos decrece también en proporción. Así, el conteo total es inversamente proporcional al gasto.

Los gastos relativos pueden ser expresados por la relación:

$$Q_1/Q_2 = N_2/N_1$$

para una cantidad constante de radiación.

Generalmente la cantidad A de isótopos usados en diferentes experimentos varía y por consiguiente el número de conteos es proporcional al número de átomos radioactivos usados.

Visto esto podremos escribir nuestra proporción:

$$Q_1/Q_2 = A_1N_2/A_2N_1$$

o simplemente

$$Q = FA/N \quad \text{en galons/min.}$$

Si el factor F puede ser determinado, obtendremos un método para medir gastos de corrientes. Este factor es en efecto posible determinarlo de la siguiente manera:

A un tubo a través del cual fluye un cierto gasto, se le añade un tubo contador y un inyector mediante el cual se suministra una solución de isótopo de concentración conocida; el contador es añadido al tubo con la misma configuración geométrica que llevará en el experimento.

La rata de conteo R es medida en conteos por minuto, por otra parte la concentración de isótopos se mide en milicuries por galón.

La rata es en consecuencia proporcional a la concentración C, y un factor de conteo F' es establecido, ese factor será entonces:

$$F' = \frac{R_{\text{cont/min}}}{C_{\mu\text{c/gal}}} \quad \text{siendo } \mu\text{c} = \text{microsuries}$$

Nótese que las unidades de este factor pueden ser reorganizadas así:

$$F' = \frac{\text{cont}}{\mu\text{c}} \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

y que dimensionalmente  $F'$  es igual a  $F$  en la ecuación

$$F \frac{\text{cont}}{\mu\text{c}} \frac{\text{gal}}{\text{min}} \times \frac{Q = F \frac{A/N}{A_{\mu\text{c}}}}{N_{\text{cont}}} = Q \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

¿Es este factor en realidad igual a  $F$ ? El siguiente análisis demuestra que sí lo es; supon- gamos que  $N$  es el número total de conteos y  $R$  sea la rata de conteo instantánea asumida como correcta.

Entonces integrando respecto al tiempo requerido por el isótopo para pasar:

$$N = \int R dt$$

Ahora,  $R$  es proporcional a la continua variación de concentración  $C$  del radioactivo. El factor constante de proporcionalidad es  $F'$

$$R = F' C$$

Y sustituyendo:

$$N = F' \int C dt$$

Llamemos  $Q$  al gasto el cual es considerado constante. Entonces  $dq$ , el incremento de volumen pasando durante el intervalo  $dt$ , es:

$$dQ = Q dt$$

y sustituyendo de nuevo:

$$N = \frac{F'}{Q} \int C dq$$

Pero la integral de la concentración de radioisótopos respecto al volumen total es simple- mente la cantidad total  $A$  de radioisótopo:

$$\int C dq = A$$

De donde:

$$N = \frac{F' A}{Q}$$

y despejando el gasto:

$$Q = \frac{F' A}{N}$$

quedando así demostrada la igualdad de los factores  $F$  y  $F'$ .

El método de conteo total usando isótopos radioactivos es un caso especial del más general principio de medidas por integración. En los casos que hemos visto y las considera- ciones hechas se ha trabajado con tuberías; ahora bien, el principio de conteo total con radioisótopos se puede aplicar a un vasto campo en lo referente a gases y líquidos.

## **METODO DE CONTEO TOTAL USANDO ISOTOPOS RADIOACTIVOS APLICADOS A LAS CORRIENTES NATURALES**

El método es perfectamente aplicable en todas sus partes al cálculo de gasto de ríos. Es necesario solamente una buena mezcla del radioactivo a través de la corriente.

La realidad del sistema fue demostrada en ríos del Estado de California e inclusive efectuando el chequeo siguiente.

Se midieron los gastos de dos ríos que se juntaban para formar un tercero, del cual también fue medido el gasto, los resultados concordaron entre sí muy aceptablemente.

También se efectuaron chequeos de comparación con los gastos obtenidos por el método de sección y velocidad en los mismos sitios.

Posteriormente han sido muchos los ríos aforados en Europa y Norteamérica por este moderno y preciso método. En las experiencias realizadas en California se usaron soluciones en clorhídrico del isótopo cesio 134 para el cual estaba calibrado el detector, para esos experimentos se usó un conjunto de cuatro tubos Geiger de doce pulgadas montados en un tubo plástico de tres pies, éste flotaba verticalmente en el agua con los tubos de aproximadamente diez pulgadas debajo de la superficie.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL METODO DE CONTEO TOTAL

El método de conteo total tiene indudablemente varias ventajas sobre otros procedimientos para cálculo de gasto.

La simplicidad del método de conteo total está en claro contraste con las complejas fórmulas que generalmente se nos presentan en la hidrodinámica.

Los gastos vienen dados directamente en unidades absolutas; siendo la fórmula del método completamente general se puede aplicar a todo el rango de las corrientes, desde una pequeña quebrada hasta un río con las mayores turbulencias, inclusive cataratas.

Ningún tipo de construcción es preciso efectuar, todo lo contrario, el equipo necesario es fácilmente transportable y por ello es posible efectuar mediante el sistema mediciones de gastos en sitios donde no se han hecho determinaciones métricas previas y en donde las haya pueden ser chequeadas mediante el sistema.

El método presenta una clara ventaja sobre otros métodos en los cuales se usan isótopos radioactivos y la determinación de los gastos se hace en base a las relaciones existentes entre concentraciones de isótopos recogidas en el río y la concentración originalmente suministrada a una rata fija; el método de conteo total requiere además menor cantidad de isótopos y de equipo.

La mayor objeción al sistema se refiere al hecho de que añade radioactividad a aguas utilizables probablemente hasta para beber.

Sin embargo, los cálculos realizados en base al isótopo usado y de la concentración de radioactividad en las aguas en las cuales se ha realizado el trabajo, demuestran claramente que dicha actividad por unidad de volumen de líquido se mantiene muy por debajo de los límites ya fijados a partir de los cuales podría la radioactividad causarle perjuicios al ser humano. Es claro que conocidos perfectamente los factores tanto del isótopo como de su concentración y límites no dañinos, es fácil para un técnico en la materia evaluar las cantidades a usarse.

## EXPERIENCIAS Y ESTADO ACTUAL DEL METODO EN NUESTRO PAIS

En nuestro país se han realizado experiencias aplicando este método en muy poca escala, quedándose dentro de los límites de la simple experimentación de los métodos y sistemas ya definidos; han sido únicamente hechas en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, en corrientes controladas artificiales y en una pequeña quebrada cerca del reactor atómico, en dichas experiencias han utilizado como isótopo radioactivo el oro 198 en disolución coloidal; este isótopo es el que ha sido escogido debido a que su período de semi-desintegración es de aproximadamente dos días y medio dando tiempo dicho período al transporte y utilización del isótopo ya que es preciso importarlo de E.E. U.U. o de Inglaterra, y debido a ese lapso de horas que abarca su período de semi-desintegración es posible al llegar realizar las experiencias obteniendo de él una buena actividad, sucediéndose poco después su inactividad. Se podría, claro está, realizar experiencias en nuestro país con otros de menor período de semi-desintegración como serían unas 15 ó 20 horas, pero esto implicaría una mayor protección del isótopo en su transporte debido a que como ya hemos visto, a menor período de semi-desintegración mayor por unidad de tiempo sería la radiación, lo cual nos obligaría a protegerlo con un fuerte blindaje, y otros problemas derivados, además, generalmente estaría muy debilitada su actividad para los momentos de su utilización.

Como proceso de utilidad real, pasando ya de esas experiencias de menor escala a experiencias en ríos de mayor envergadura o de importancia especial en algún sentido útil, el método se encuentra prácticamente anulado en nuestro estudio y trabajo hidrológico, ya que aún no se ha realizado otro trabajo que no sea el mencionado en pequeña y limitada escala.

En realidad el sitio de desuso en que se encuentra se debe mayormente a la falta de material radioactivo, de personal especializado en su manejo y en el procedimiento concreto a este tipo de aforo. En general, para otros variantes de aforos con isótopos podría necesitarse equipos de mayor complicación, pero en ésta el problema instrumental no es muy grave.

El problema de personal se resolvería en base a un adiestramiento de ingenieros o técnicos, el cual no abarcaría un período muy dilatado, por quienes en nuestro país dominan a cabalidad el campo de los isótopos y sus técnicas, una vez hecho esto la consecución de los isótopos radioactivos no sería mayor obstáculo; lo cual nos lleva a pensar, y es ésta la opinión pulsada en los ambientes interesados, que lo que actualmente falta es el impulso directivo, es decir la decisión a concretar el método en una realidad en nuestro país; tal como lo han hecho otros países obteniendo resultados altamente provechosos, además, este primer paso nos llevaría a la posterior aplicación de métodos que como el de doble chequeo completaría un gran período de desarrollo en el campo hidrológico.

Este método de doble chequeo, en el cual se usan sustancias inactivas activadas previamente al aforo, nos permite chequear en base a los valores de gasto obtenidos por el proceso inactivo y por el radioactivo.

## APLICACION DEL METODO PARA CALCULO DE LA CURVA DE GASTO DEL RIO GUAIRE

Partiendo de las condiciones actuales en nuestro país del sistema, ya expuesto en el aparte correspondiente, es lógico suponer que en la actualidad nada se ha podido hacer en pro de la elaboración de dicha curva de gasto.

Ya los problemas de índole nacional han sido contemplados y explicado el por qué aún en nuestro país no se ha unido como elemento efectivo de trabajo dentro de nuestro estudio hidrológico el método.

En el aspecto técnico del método en sí, no habría el menor obstáculo en su aplicación y determinar así la curva de gasto en cuestión, es más, por la situación capitalina del río, con un cauce empotrado dentro de la mayoría de su curso urbano, se facilitarían en mucho los estudios previos al aforo, como son los de estructura del fondo o lecho del río, y topografía a lo largo del tramo de aforo escogido, otra ventaja es el fácil control que podría tenerse en el área urbana, del acceso al río, el cual de por sí está muy condicionado en virtud de ser el río colector de aguas de la ciudad.

El problema representado por la radiación que podría proseguir por su corriente hacia zonas en las cuales el río es utilizado para el riego y que están bastantes próximas a la capital, quedaría sólo en manos de los técnicos en isótopos, quienes serían los encargados en base a los datos conocidos ya previamente respecto a él, o los isótopos a usar, de determinar el momento propicio dentro de la vida del isótopo escogido para utilizar el aforo.

Es de hacer notar que la curva de gasto del río Guaire en su tramo superior, es decir, en el que abarcaría los gastos de crecientes, es muy deficiente, y esa deficiencia o falta de exactitud se debe básicamente a la imposibilidad de aforarlo por los métodos usuales, una vez que las alturas de mira sobrepasan los niveles más o menos comunes, alturas de mira a las cuales corresponden grandes turbulencias en las aguas, y las cuales dificultan y alteran los valores de gasto; y precisamente esas condiciones de turbulencia son beneficiosas en el caso de los aforos con isótopos radioactivos ya que favorece una mejor mezcla de su disolución en la corriente del río.

Esto acarrearía como es natural un registro de gran precisión en cualquier condición y nos suministraría la realidad existente en dicha curva de gasto.

Hagamos constar en este apartado que la precisión obtenida por experiencias reales en ríos de Norteamérica y Europa han demostrado una precisión mayor del sistema, punto que trataremos en el relativo a ventajas y desventajas del mismo, pero que en este momento traigo a colación con el fin de plantear la realidad de que una vez aplicado el método y obtenida la curva de gasto del río Guaire mediante el mismo, obtendremos indudablemente variantes en la curva de gasto del río capitalino, las cuales hasta hoy en día, con los sistemas aplicados, es poco menos que imposible determinar.

Otro punto que hay que aclarar es que no existen condiciones especiales locales que puedan introducir variantes en el sistema en cuanto a su método standard de realización.

## CONCLUSIONES

Tomando como base lo expuesto en el aparte de ventajas y desventajas del método y en general todo lo que sobre él hemos hablado, podemos hacer un análisis que indudablemente será positivo a favor del método.

Su precisión, comodidad, equipo necesario, métodos y resultados le dan ventaja clara respecto de los métodos usualmente utilizados en nuestro campo hidrológico.

El gran punto de discusión, el relativo a la contaminación de las aguas con substancias radioactivas, hemos visto que ha sido resuelto satisfactoriamente por los técnicos en otros países manteniendo el límite de concentración inicial del isótopo muy por debajo de los límites mínimos prefijados por las comisiones de salubridad, lo cual determina que en ningún momento posterior del trabajo habrá peligro de causar daños.

En conclusión, creo que es necesario incorporar el método a nuestro conjunto de sistemas de aforo y obtener también en nuestro país los beneficios claros que él ha brindado a otros, en los estudios de sus redes hidrológicas.

## BIBLIOGRAFIA

HIDROLOGY FOR ENGINEERS. Ray K. Linsley Jr., Max A. Kohler, Joseph L. H. Paulhus.

HIDROLOGIA. Butter.

THE TOTAL-COUNT TECHNIQUE: A NEW PRINCIPLE IN FLOW MEASUREMENT. D. E. Hull.

CHEMISTRY FOR ENGINEERS. D. E. Hull.

RADIOISOTOPE APPLICATION ENGINEERING. R. D. Zenter & H. R. Lukens.

## I N D I C E

	Pág.
Título del Trabajo .....	1
Dedicatoria .....	2
Agradecimiento .....	3
Prólogo .....	4
Estudio Preliminar .....	5-6
Definición de Corriente	
División de las Corrientes	
Concepto de Gasto	
Concepto de Aforo	
Tipos de Aforo	-
Definición de Isótopos .....	6
Concepto de período de semidesintegración	
Unidades de medida de la Radioactividad	
Concepto de curva de gasto	
Método de Conteo Total .....	7-8
Origen del Método. Su Teoría General. Sus Ecuaciones	
Método de Conteo Total con Isótopos Radioactivos aplicado a las corrientes naturales	9
Ventajas y desventajas del Método de Conteo Total .....	10
Experiencias y estado actual del método en nuestro país .....	11
Aplicación del método para cálculo de la curva de gasto del río Guaire .....	12
Conclusiones .....	13
Bibliografía .....	14
Indice .....	15

