



*Informe referativo en
Opción al título de Ingeniero Hidráulico*



*TÍTULO: Construcción de las Curvas de Caudales Clasificados
en la CHE Trásvase Sabanalamar – Pozo Azul.*

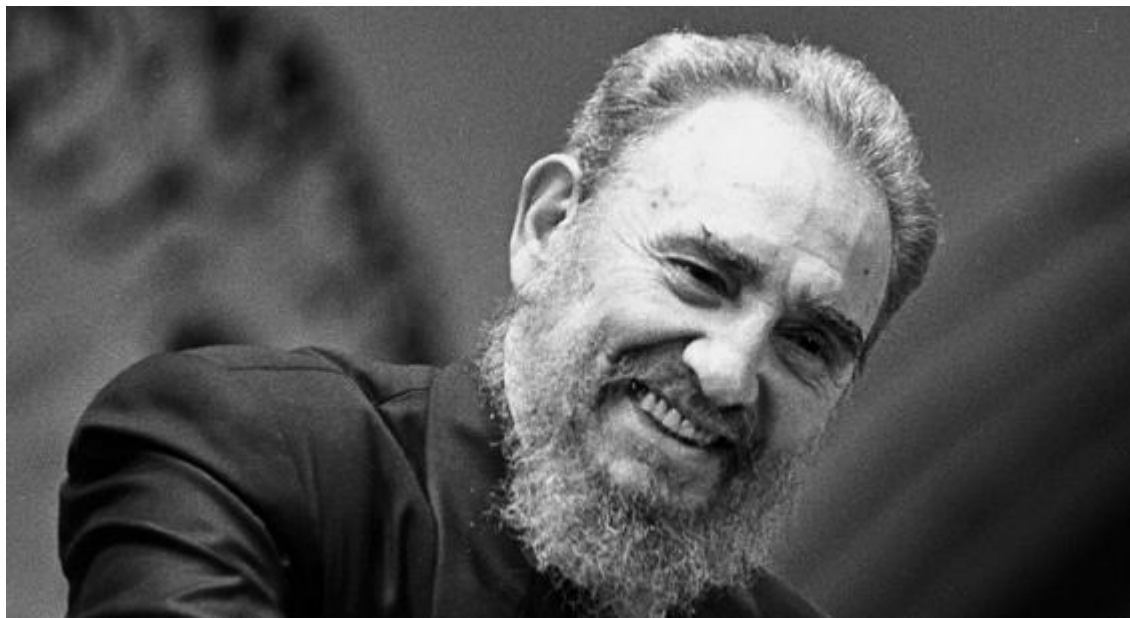
Autor: José Luis Guerra Anazco.

Tutores: Ing. Iván Gómez Ojea.

Ing. Guadalupe Bermúdez Diéguez

*Santiago de Cuba, Julio de 2020.
"Año 62 de la Revolución"*

Pensamiento:



«A los revolucionarios más jóvenes, especialmente recomendando (...) Usar la ciencia y la computación sin caer en el lenguaje tecnicista e ininteligible de élites especializadas. Sed de saber, constancia, ejercicios físicos y también mentales.»

*Fidel Castro Ruz.
Reflexiones, 14 de enero del 2008.*

Dedicatoria: Le dedico este trabajo especialmente a:

- ✚ Mis padres, por el apoyo incondicional que me han brindado y al resto de mi familia en general.
- ✚ A mis hermanos por ser los complementos de mis debilidades en esta dura batalla para lograr el objetivo final.
- ✚ A mis compañeros, que han peleado a mi lado estos años y han creado en mi los conceptos de que el hombre no se mide por las veces que se cae sino por las que se levanta y que uno puede perder una batalla, pero no la guerra.
- ✚ Especialmente a mi abuelo materno, Hernanis Anazco, que no vivió para disfrutar de esta última etapa como estudiante y el inicio de otra totalmente desconocida para mí, en la que seguro estoy, sus consejos me iban a servir de mucho.

Agradecimientos:

- ✚ Le agradezco a todas las personas que de una forma u otra han contribuido a la materialización de mi sueño como estudiante, convertirme en profesional para defender, desde nuestra trinchera, los ideales de nuestro Invicto Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y la Revolución Cubana. A todos mis profesores especialmente a Mayelín González Trujillo, Guadalupe Bermúdez Diéguez y a mi tutor Iván Gómez Ojea.

Resumen:

El siguiente trabajo plantea como principal problemática el desconocimiento de las interrelaciones de los caudales trasvasados en diferentes periodos de tiempo en las estructuras hidráulicas de Sabanalamar y Pozo Azul pertenecientes al Valle Caujerí. Tiene como objetivo general construir una serie de curvas que vinculen los posibles caudales trasvasados en destiempo teniendo en cuenta el año hidrológico y que esto posibilite la correcta interpretación de los parámetros económicos ideales para el correcto funcionamiento de una pequeña central hidroenergética. Para materializar el anterior objetivo tuvimos en cuenta las principales particularidades del escurrimiento y las estrategias para su aprovechamiento, después seleccionamos los parámetros hidrológicos en el cierre de interés. Luego proseguimos a la selección de una cuenca análoga con una estación hidrométrica poseedora de datos superiores a los diez años, analizamos y procesamos las observaciones medias diarias registradas del escurrimiento de dicha estación. Finalmente construimos las curvas de caudales clasificados de dicha cuenca análoga y determinamos los diferentes coeficientes modulares partiendo de las observaciones realizadas. Dicho algoritmo fue tomado como referencia para la confección de las curvas de caudales clasificados del Trasvase Sabanalamar y la Presa Pozo Azul, el cual nos permitió concluir que todo el caudal determinado en la mencionada cuenca, aún el alterado, no debe ser derivado. También obtuvimos una detallada información de los diferentes posibles momentos por los que puedan transitar los caudales en el cierre seleccionado.

Abstract:

The following work raises as the main problem the ignorance of the interrelationships of the flows transferred in different periods of time in the hydraulic structures of Sabanalamar and Pozo Azul belonging to the Caujerí Valley. Its general objective is to construct a series of curves that link the possible flows transferred at the wrong time taking into account the hydrological year and that this enables the correct interpretation of the ideal economic parameters for the correct operation of a small hydroelectric power plant. To materialize the previous objective, we took into account the main characteristics of the runoff and the strategies for its use, then we selected the hydrological parameters in the closure of interest. Then we continued to select an analogous basin with a hydrometric station with data greater than ten years old, we analyzed and processed the daily recorded average observations of runoff from said station. Finally, we constructed the classified flow curves for said analog basin and determined the different modular coefficients based on the observations made. Said algorithm was taken as a reference for the preparation of the classified flow curves of the Sabanalamar Transfer and the Pozo Azul Dam, which allowed us to conclude that all the flow determined in the mentioned basin, even the altered one, should not be derived. We also obtained detailed information on the different possible moments through which flows may pass in the selected closure. The following work raises as the main problem the ignorance of the interrelationships of the flows transferred in different periods of time in the hydraulic structures of Sabanalamar and Pozo Azul belonging to the Caujerí Valley. Its general objective is to construct a series of curves that link the possible flows transferred at the wrong time taking into account the hydrological year and that this enables the correct interpretation of the ideal economic parameters for the correct operation of a small hydroelectric power plant. To materialize the previous objective, we took into account the main characteristics of the runoff and the strategies for its use, then we selected the hydrological parameters in the closure of interest. Then we continued to select an analogous basin with a hydrometric station with data greater than ten years old, we analyzed and processed the daily recorded average observations of runoff from said station. Finally, we constructed the classified flow curves for said

analog basin and determined the different modular coefficients based on the observations made. Said algorithm was taken as a reference for the preparation of the classified flow curves of the Sabanalamar Transfer and the Pozo Azul Dam, which allowed us to conclude that all the flow determined in the mentioned basin, even the altered one, should not be derived. We also obtained detailed information on the different possible moments through which flows may pass in the selected closure.

Índice:

Pensamiento	2
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos	4
Resumen	5
Abstract.....	6
1.- Introducción	10
Diseño de investigación.....	11
1.1-Principales particularidades del escurrimiento y estrategia para su aprovechamiento	12
2- Desarrollo	14
2.1- Derivadora Arroyón	16
2.2- Derivadora Trasvase Sabanalamar Presa Pozo Azul	16
2.3-Presa Pozo Azul	16
2.4- Determinación y Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en el Trasvase Sabanalamar Presa Pozo Azul	17
2.5- Aspectos generales a tener en cuenta para la Construcción de Curva de Caudales Clasificados.....	17
3- Selección de los parámetros hidrológicos en el cierre de interés (Trasvase Sabanalamar – Presa Pozo azul	20
3.1- Selección de la cuenca análoga con una estación hidrométrica con periodos de observación mayor de 10 años	21
3.2- Análisis y procesamiento de las observaciones medias diarias registradas del escurrimiento en la estación hidrométrica seleccionada	22
4. Construcción de la curva de caudales clasificados (C.C.C.) en la cuenca análoga (Est.Hid. Palenquito) y determinación de los diferentes coeficientes modulares (K) partiendo de las observaciones registradas	24
4.1. Construcción de la Curva de Caudales Clasificados.....	24
5. Confección de la Curva de Caudales Clasificados en el cierre seleccionado partiendo de los K modulares determinado en la cuenca análoga	25

5.1. Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en el cierre Trasvase Sabanalamar – Presa Pozo Azul considerando el escurrimiento Natural	25
5.2. Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en la Deriv. Sabanalamar – Presa Pozo Azul sobre la base del escurrimiento Alterado.....	28
5.3. Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en el cierre Trasvase Sabanalamar – Presa Pozo Azul considerando el escurrimiento derivado.....	28
5.3.1. Principios aplicados para el Cálculo del Escurrimiento Derivado cuando no se dispone de información Hidrométrica.	28
5.3. 2. Datos de partida para efectuar el escurrimiento derivado	29
5.3.3 Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en la Central hidronérgica (CHE) Trasvase Sabanalamar – Presa Pozo Azul considerando el Escurrimiento Natural Derivado	31
5.3.4. Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en la CHE Trasvase Sabanalamar – Presa Pozo Azul considerando el escurrimiento derivado alterado.....	32
5.3.3. – Características Topográficas de la Presa Pozo Azul.	34
6 – Conclusiones.....	36
7 - Recomendaciones	37
8. Bibliografía	39
9-Otras Referencias Bibliográficas.....	40

1.- Introducción:

Desde tiempos ancestrales el hombre con su propio ingenio ha luchado utilizando las virtudes de la naturaleza su propia subsistencia construyendo barreras en los ríos para almacenar, controlar o derivar el agua. Las presencias de esas barreras han generado lagos artificiales; el sistema formado por ese vaso de almacenamiento y la barrera, denominada cortina, es conocida como presa teniendo como objetivo más común regular los escurrimientos de un río, almacenando temporalmente el volumen que escurre en época de lluvias, para que luego este sea usado en el estiaje. Aunque el principal fin es la satisfacción de la demanda con múltiples propósitos, tales como: abasto a la población, riego e hidroenergía, estos embalses pueden cumplir dos funciones de acuerdo a la relación que existe entre el volumen demandado y el escurrimiento a esa probabilidad planteada, de esta forma pueden funcionar con regulación anual o hiperanual siempre y cuando cumplan una de las dos situaciones planteadas.

El agua a pesar de ser un líquido vital en la vida para la subsistencia de todos los seres vivos, se utiliza también para accionar máquinas giratorias llamadas turbinas, que a su vez mueven generadores transformando la energía mecánica (el movimiento) en eléctrica, dando lugar a la hidroenergía. Dicho proceso tiene como principio la primera ley de la termodinámica que lo contempla:

La energía eléctrica no puede almacenarse, debe ser consumida en el mismo instante que se produce. Por tanto, es necesario conocerse la cuantía en la que va a ser requerida cada momento, o al menos tener una previsión lo más aproximada posible, para estar en condiciones de generarla y no sobredimensionar la obra o emplear un dimensionamiento insuficiente, eso es pura ingeniería.

Todo comienza cuando el sol calienta las masas de agua esta se evapora y se forman nubes, eventualmente una vez saturadas, éstas se precipitan en forma de lluvia en toda la cuenca hidrográfica formando caudalosos ríos. El agua en estos ríos tiene una enorme cantidad de energía mecánica potencial, para aprovecharlas se seleccionan cauces con las características idóneas (Caudal, diferencia de nivel, características topográficas, geología, necesidades etc.)

Diseño de investigación:

Situación problemática: Se desconocen las interrelaciones de los caudales trasvasados en diferentes periodos de tiempo en las estructuras hidráulicas Sabanalamar y Pozo Azul pertenecientes al Valle Caujerí.

Objeto de estudio: Inexistencia de las curvas de caudales clasificados en el Tránsito Sabanalamar y la Presa Pozo Azul.

Problemas de investigación: No existe una metodología o algoritmo específico que nos permita realizar un sistema de curvas de caudales clasificados vinculado a los parámetros hidrológicos pertenecientes al Tránsito Sabanalamar y la Presa Pozo Azul.

Campo de acción: Valle Caujerí: (Tránsito Sabanalamar y la Presa Pozo Azul.)

Objetivo general: Construir una serie de curvas que vinculen los posibles caudales trasvasados en destiempo teniendo en cuenta el año hidrológico y que muestre los parámetros económicos ideales para el funcionamiento de una pequeña central hidroenergética.

-Objetivos específicos:

1- Buscar soluciones en aras de disminuir el periodo de amortización de esta obra destinada a trasvasar cierto volumen de la cuenca del río Sabanalamar a la presa Pozo Azul como fuente principal de este emporio hidráulico.

2- Aprovechar las características topográficas de la zona, así como las condiciones hidráulicas existentes para la construcción de una obra que sea capaz de aprovechar el caudal trasvasado en la producción de energía eléctrica sobre la base de soluciones económicas y eficientes.

3- Obtener la información concreta que nos permita desarrollar los parámetros económicos ideales para el funcionamiento de una pequeña central hidroenergética.

Hipótesis de investigación: Estas curvas de caudales proporcionan una valiosa información gráfica sobre el volumen de agua existente, el turbinado y el vertido como caudal ecológico, así como la potencia a generar más estable.

Tarea de la investigación:

- Búsqueda y revisión bibliográfica relacionada con el informe referativo.
- Emplear las informaciones obtenidas.

- Emplear la informática como herramienta de trabajo.

Aportes de la investigación:

- Evitar pérdidas materiales que ocasionen desgastes a la economía del país.
- Contribuir a la obtención de energía renovable; de esta forma estamos eliminando los efectos de gas invernadero y estimulando al Medio Ambiente.
- Propiciar un eficiente sistema de curvas de caudales para obtener una información detallada de los volúmenes de agua existentes, el turbinado etc., además tiene la peculiaridad de poner en nuestras manos la posible selección de la turbina más económica y de mayor eficiencia.

1.1-Principales particularidades del escurrimiento y estrategia para su aprovechamiento.

- Los recursos hidráulicos son escasos y la isla rodeada por todas partes de agua en realidad es relativamente pobre en agua dulce.
- El escurrimiento fluvial es caracterizado por una gran dispersión en ríos no muy grandes y otros bastante pequeños.
- Presenta irregularidad territorial, hiperanual y en otros casos anual.

Partiendo de los elementos expuesto anteriormente sobre la formación del escurrimiento, podemos llegar a la conclusión de que parte de éstos son consecuencia de dichos elementos y otras pueden considerarse como orientaciones en la estrategia general con respecto a la utilización de las aguas considerando que:

- La dispersión aleatoria del escurrimiento en numerosos ríos obliga a buscar la utilización del agua por medio de diferentes obras hidráulicas de captación y regulación.
- Determinar la necesidad de conducir volúmenes razonables de agua de un lugar a otro, teniendo en cuenta la distancia desde estas fuentes hasta los usuarios y hacia cuencas vecinas y por otro lado se hace necesario la construcción de diferentes tipos de obras hidráulicas con justificaciones económicas, ejemplo el Trasvase Este-Oeste.

Al cursar el agua en su trayectoria, naturalmente existe una energía hidráulica que se

disipa de diferentes formas, remolinos, erosión de riberas, cauces, choques, arranque de material de las rocas sueltas y en los ruidos del torrente. Para extraerla y convertirla en energía mecánica utilizable, con la construcción de diferentes tipos de obras en los cauces de los ríos, las pérdidas naturales ocurren de forma mínima. Aquí interviene el aprovechamiento con fines hidroenergéticos, que, a pesar de los diversos esquemas hidráulicos en el mundo, todos ellos pueden reducirse a dos tipos básicos:

- Aprovechamiento por derivación de las aguas.
- Aprovechamiento por regulación de las aguas.

El régimen de caudales de un río suele ser muy variable en el tiempo, y su conocimiento es imprescindible para la determinación de la potencia instalable y de la energía producible en una obra de aprovechamiento hidroenergetico.

Esta situación a la cual está expuesta esta zona del Valle de Caujerí y partiendo de las soluciones dadas a las necesidades planteadas por los usuarios como respuesta inmediata partiendo de los recursos disponibles, proponemos los siguientes objetivos:

- Buscar soluciones en aras de disminuir el periodo de amortización de esta obra destinada a trasvasar cierto volumen de la cuenca del río Sabanalamar a la presa Pozo Azul como fuente principal de este emporio hidráulico.
- Aprovechar las características topográficas de la zona, así como las condiciones hidráulicas existentes para la construcción de una obra que sea capaz de aprovechar el caudal trasvasado en la producción de energía eléctrica sobre la base de soluciones económicas y eficientes.
- Construir una curva que interrelacione los posibles caudales trasvasados en diferentes periodos de tiempo representada y que muestre los parámetros económicos ideales para el funcionamiento de una pequeña central hidroenergética.

2- Desarrollo:

El conocimiento de las variaciones en las fuentes de abastecimiento de agua en relación con sus características, niveles, caudal, turbiedad, en un periodo de varios años (hiperannual), constituyen alteraciones en cuanto a la cantidad, tiempo y distribución del escurrimiento liquido, y pueden manifestarse a través de egresos e ingresos del escurrimiento buscando la forma más adecuada de crear volúmenes en los cierres o en las derivaciones que satisfagan las necesidades de los usuarios y se logre una adecuada garantía.

Para materializar los objetivos propuestos en aras de darle solución a la problemática planteada, se han realizados los estudios correspondientes, dando lugar a un gran avance en la actividad de Hidromejoramiento y al alto desarrollo en las construcciones Hidrotecnias ,en el cual el escurrimiento de las obras afectadas por las inclemencias del Clima, es compensado por el de cuencas vecinas mas prolíferas, sin afectar las demandas de los usuarios contemplados aguas abajo, en el siguiente esquema se refleja esta situación:



Construcción de las Curvas de Caudales Clasificados en la CHE Traslase Sabanalamar-Pozo Azul. José Luis Guerra Anazco.

La Derivadora Trasvase Sabanalamar – Presa Pozo Azul, está ubicada en el río Sabanalamar aguas arriba de la Presa los Asientos, la cual dispone de un muro de contención provisto de una obra de toma que al subir los niveles se podrá derivar cierto volumen de agua hacia la Presa Pozo Azul ubicada en una cuenca aledaña a través de un sistema de canales y túneles con capacidad para trasvasar $1 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua por proyecto, es decir de (9 a 10) $\text{hm}^3/\text{año}$, es bueno destacar que del posible escurrimiento aportado por la cuenca hidrorreguladora, solo una parte será derivada, ya que aguas abajo existe una Infraestructura Hidráulica unido a un ecosistema que debe mantenerse con sus mismas exigencias.

Como puede verse sólo se dispondrá de un volumen derivado que estará en correspondencia con:

1. Con la acuosidad del año.
2. Las exigencias de la capacidad de la obra de derivación.
3. La infraestructura hidráulica y el ecosistema, aguas abajo.

2.1 Derivadora Arroyón:

La Derivadora Arroyón está ubicada en la cuenca del río Toa y por derivación aprovechando la gravedad, brinda sus aguas a la cuenca del río Sabanalamar, (150 l/s) a través de la mini hidroeléctrica Arroyón.

Derivadora Arroyón (afluente del río Toa.)



2.2- Derivadora Trasvase Sabanalamar Presa Pozo Azul. Se utiliza además de su escurrimiento natural, el caudal Turbinado por la Mini CHE “Arroyón”.

Derivadora Trasvase Sabanalamar Presa Pozo Azul



2.3-Presa Pozo Azul.

Es el reservorio principal para abastecer las demandas planteadas planificados a esta fuente de abasto (Sistema de riego, abasto a la población e industria) y recibe el caudal de su propia cuenca y un volumen que oscila entre (10 y 14) hm³/ año proporcionado por la derivadora Trasvase Sabanalamar Presa Pozo Azul.

Con el propósito de garantizar las demandas planteadas por los usuarios en lo que al agua se refiere y teniendo en cuenta la gran variabilidad de la afluencia, estas obras funcionan compensando su escurrimiento mediante derivaciones como se expresa en los puntos anteriores.

En nuestra provincia existe una red de estaciones hidrométricas que nos proporcionan informaciones sobre los caudales de los ríos en la cual ellas están situadas, registrando los valores medios, diarios, máximos y mínimos instantáneos que circulan por ese tramo del río, a tales efectos y para cumplir con uno de los objetivos de este trabajo.

2.4- Determinación y Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en el Trasvase Sabanalamar Presa Pozo Azul.

.Se seleccionó como cuenca análoga la Estación Hidrométrica Palenquito situada en el río Yateras.

A partir de los caudales medios diarios, se conforma la Curva de Caudales Clasificados, que es aquella que relaciona los distintos caudales del río con el número total de días que se superan en un año hidrológico, siempre es necesario obtener una serie de observación anual suficientemente grande que incluya años secos, húmedos y normales.

Con esta serie seleccionada y su distribución estadística, nos tipifica los años en función de la aportación registrada. Esta curva de caudales proporciona una valiosa información gráfica sobre el volumen de agua existente, el turbinado y el vertido como caudal ecológico, así como la potencia a generar más estable durante el año.

Además, tiene la peculiaridad de poner en nuestras manos la posible selección de la turbina más económica y de mayor eficiencia. Para ello es necesario seguir las siguientes orientaciones sobre la base de la confección de **la Curva de Caudales Clasificados.**

2.5- Aspectos generales a tener en cuenta para la Construcción de Curva de Caudales Clasificados.

Los avances tecnológicos, el uso progresivo de equipos normalizados y el cada vez más extendido empleo de la automatización y telemandos han propiciado un desarrollo

acelerado de la hidroenergía en todas sus dimensiones, a través de diseños más racionales y una reducción de los costos.

Todos estos elementos, ponen de manifiesto la importancia de continuar profundizando en el conocimiento de los recursos hidráulicos en todo el planeta y en especial en los países del tercer mundo y en nuestro país, teniendo en cuenta que su evolución es bastante compleja debido a factores climáticos, medioambientales y económicos.

Cuba, una isla alargada y estrecha, sin grandes cuencas ni ríos caudalosos, que junto a los bajos precios de los derivados del petróleo, debido a las antiguas relaciones de intercambio mutuamente ventajosas con la desaparecida URSS, antes no estimulaban al estudio del potencial hidroenergético aprovechable, aunque por otra parte fueron precisamente estas características las que motivaron el desarrollo vertiginoso de la construcción de numerosos embalses, presas y micropresas, cuyo estimado alcanza la cifra de alrededor de 800 obras posterior a 1959. Esta infraestructura representa una oportunidad para el desarrollo de un programa de construcción de micro, mini y pequeñas centrales hidroeléctricas, cuya etapa de oro se desarrolló a finales de la década de los 80, con la construcción de más de 200 obras.

Una de las primeras etapas en la elaboración de un proyecto de Pequeña Central Hidroeléctrica es la evaluación anual de producción de energía; para realizar esto se utilizan métodos basados sobre análisis hidrológicos.

La estimación del flujo de agua que puede turbinar la planta durante su vida útil es el problema más crítico. Una forma práctica y útil para el tratamiento de la variabilidad en el tiempo del caudal es utilizando las curvas de duración de flujo o curvas de caudal clasificado.

Las observaciones de caudal, efectuadas durante una serie de años en una estación de aforo, forman un conjunto importante de cifras y gráficos que conviene examinar y clasificar según métodos que faciliten su análisis y permitan extraer los elementos que interesan al hidrólogo.

Frecuentemente, para la solución de una serie de problemas relacionados con la mejor utilización de los recursos hídricos en la agricultura (ubicación de estaciones de bombeo, toma de agua, etc.) así como con fines energéticos, en calidad de distribución

del escurrimiento dentro del año, se utilizan las curvas de duración de los gastos medios diarios del agua, los cuales dan una idea sobre la duración(permanencia) de los gastos del agua, de un valor determinado, en el transcurso del año, o, lo que es lo mismo, el porcentaje del tiempo total de ocurrencias en que un gasto fue igualado o excedido. Es decir, estas curvas reflejan de una manera integral el potencial hídrico de la cuenca en estudio; igualmente proporcionan también una imagen clara de la naturaleza del gasto. Una curva plana deriva de un río de pocas avenidas y de gran caudal de agua subterránea, mientras que una curva empinada indica una corriente torrencial, sujeta a caudales muy bajos. Otras de las peculiaridades de estas curvas de duración es que, a diferencia de otros tipos de curvas de probabilidades, en ellas están definidas los finales de la curva, es decir, son conocidos (para determinados años o medios para el período) los valores absolutos máximos o mínimos.

El caudal relativo a un mismo día o a un mismo mes varía grandemente de un año a otro, y para resumir los resultados de muchos años de observaciones es que se establece la curva de caudales (diarios o mensuales) del “año medio”. Se admite, a este efecto, como caudal de un período determinado (día, mes) de ese año medio, la media aritmética de los caudales observados durante ese mismo período en toda la duración de las observaciones.

Para la confección de la Curva de Caudales Clasificados en la derivadora Trasvase Sabanalamar.- Presa Pozo Azul, con el objetivo de su aprovechamiento hidroenergético con la instalación de una Hidroeléctrica en el vaso de Presa Pozo Azul. Será necesario hacer una evaluación de la mencionada Curva para diferentes posibles momentos por la que puedan transitar los caudales en el cierre seleccionado, considerando la cota máxima de inundación de la Presa Pozo Azul, por encontrarse en el vaso de la presa.

Pueden presentarse diferentes momentos con respecto al comportamiento del escurrimiento líquido en la derivadora y que mencionaremos a continuación:

1. Se dispone en la derivadora Trasvase Sabanalamar de una aportación natural propia de la cuenca colectora, aunque esta es una subcuenca de la Presa Los Asientos.

2. Esta aportación natural es beneficiada por los aportes de una cuenca vecina (Río Arroyón por gravedad) dando lugar a que se alteren los parámetros hidrológicos de la cuenca en estudio.

En la derivadora Trásvase existe un escurrimiento derivado hacia la presa Pozo Azul ubicada en una cuenca aledaña con una demanda por proyecto de un volumen que fluctúa entre (10 – 14) hm³ según la acuosidad del año.

Teniendo en cuenta lo antes expresado y siguiendo el método propuesto por diferentes autores, para construir la Curva de Caudales Clasificados, desarrollamos los siguientes pasos:

3- Selección de los parámetros hidrológicos en el cierre de interés (Trásvase Sabanalamar – Presa Pozo Azul).

Para darle cumplimiento a este acápite, nos auxiliamos en el estudio realizado por la Lic. Onilsa Leyva y el Ing. Iván Gómez Ojea sobre la reevaluación de los parámetros hidrológicos de cálculos en el cierre seleccionado partiendo de dos posibles Variantes:

Sobre la base del escurrimiento **natural** en la derivadora Trásvase Sabanalamar Presa Pozo Azul, trabajar con el escurrimiento derivado, partiendo de una demanda de Trásvase por Proyecto de 1 m³/s.

Sobre la base del escurrimiento **alterado** en la derivadora Trásvase Sabanalamar - Pozo azul, producto al incremento de su escurrimiento natural debido al caudal Turbinado por la Mini CHE Arroyón, trabajar que contribuirá a un mayor volumen derivado hacia la Presa Pozo Azul considerando la misma demanda.

Tabla 1 Resumen de los parámetros de cálculos del escurrimiento medio hiperanual.

Parámetros	U/M	Derivad.Arroyón		Der.Trasv. Sab - Pozo Azul			
		Esgurrimiento		Esgurrimiento			
		Natural	Derivado	Natural	Alterado	Derivado	
Natural	Alterado						
Ac	Km ²	4.9		55.8			
Wo	Hm ³	4.4	3.016	26.3	29.016	13.176	13.762
Qo	M ³ /s	0.14	0.096	0.834	0.92	0.418	0.454
Mo	l/s/Km ²	28.57	19.59	14.9	16.49	7.49	8.14
Yo	mm	900	616	471	520	236	247
Cv		0.43	0.48	0.53	0.51	0.63	0.62
W ₂₅	Hm ³	5.48	3.248	33.9	37.148	13.648	14.322
W ₅₀	Hm ³	4.13	3.054	23.9	26.37	11.802	12.966
W ₇₅	Hm ³	3.02	2.69	16.1	18.79	10.01	10.92
Po	mm	1960		1590			

3.1- Selección de la cuenca análoga con una estación hidrométrica con periodos de observación mayor de 10 años.

Para la construcción de la curva de probabilidades de los gastos medios diarios del agua en cualquier cierre de cálculo es necesario tener las tablas de los resúmenes anuales de los gastos medios diarios de todo el año de observación.

De estas tablas-resumen se sacan los valores de los gastos diarios de cada año, situándolos en orden descendente, de donde tomamos, para cada año, los valores característicos de cálculo, es decir, los gastos asegurados en el transcurso de 10, 30, 90, 180, 270, y 355 días, así como el valor máximo, medio y mínimo de cada año. Escribiendo todos los gastos característicos en una tabla se determinan sus valores medios.

Para la mayor simplificación, así como para facilitar su comparación con los materiales de otros ríos, los valores medios obtenidos se expresan en por ciento de la norma de escurrimiento (K). Si por el eje de las ordenadas situamos los valores de los gastos (en por ciento del escurrimiento medio) y por las abscisas su correspondiente duración en

días (30, 90, 180, etc.), al unir los puntos obtenemos la curva de probabilidad de los gastos diarios del agua.

Para ello, seleccionamos la **Estación Hidrométrica Palenquito**, situada en el Río Yateras, que, aunque su cuenca difiere un tanto en extensión de la cuenca objeto de estudio, refleja cierta similitud con la cuenca del cierre de interés, ya que además se encuentra situada en la misma zona, cuenca vecina a continuación veamos algunas características que las identifican:

Tabla 2. Características de las cuencas a analizar:

Denominación	Ac (Km²)	Hm (m)	Po (mm)
Der.Trasv. Sab.P. Azul	55.8	511	1590
Est.Hidrom. Palenquito	144	598	1523

3.2- Análisis y procesamiento de las observaciones medias diarias registradas del escurrimiento en la estación hidrométrica seleccionada.

Este análisis se hizo partiendo de las observaciones medias diarias registradas en la mencionada estación durante 47 años (1960 – 2008), exceptuando los años 1983 y 2003 por tener fallos en los registros por más de 4 meses.

Después de ordenar la información sobre los gastos medios diarios, se seleccionó el escurrimiento para días excedidos con los siguientes rangos en por cientos. (10,15,30,50,60,70,90), es decir (36,55,109,183,219,255,329) días de ocurrencia, representando además el caudal máximo promedio, el medio alcanzado en el periodo seleccionado y el mínimo. Consideramos que de cierta manera la curva propuesta abarca periodos bien representativos respecto a los años **muy húmedos** (0 – 15) %, años **húmedos** de (15 – 30) %, años **normales** de (30 – 70 % y años **secos** de (70– 90%).

Teniendo en cuenta estos criterios, a continuación, reflejamos en forma de tablas, la frecuencia de aparición de los caudales dentro de la serie estudiada en la referida estación hidrométrica:

Tabla 3. Frecuencia de Aparición de los Caudales Estación Palenquito.

Año	Q max m³/s	Q min m³/s	Q med m³/s	10% N = 36	15% N = 55	30% N = 109	50% N = 183	60% N = 219	70% N = 255	90% N = 329
1960	396	0.35	3.09	5.42	4.76	3.15	2.02	1.57	1.14	0.49
1961	777	0.45	3.16	5.05	3.56	1.99	1.14	0.95	0.83	0.62
1962	256	0.2	1.45	1.98	1.68	1.29	1.02	0.95	0.88	0.72
1963	458	0.66	15.9	10.7	8.01	3.2	1.28	0.89	0.65	0.38
1964	89	0.77	3.83	3.68	3.05	2.05	1.52	1.33	1.23	0.92
1965	26.5	0.42	2.61	1.52	1.15	0.92	0.77	0.64	0.61	0.47
1966	51	0.33	3.25	3.82	2.89	1.6	1.09	0.77	0.64	0.47
1967	19.9	0.27	1.86	1.15	1.07	0.84	0.64	0.58	0.55	0.43
1968	14.2	0.21	1.14	0.68	0.51	0.3	0.27	0.26	0.25	0.23
1969	35.6	0.19	2.62	2.76	2.12	1.36	0.72	0.58	0.44	0.2
1970	64	0.28	2.07	1.71	1.34	0.93	0.65	0.51	0.44	0.3
1971	31.7	0.23	1.74	2.34	1.72	0.92	0.48	0.38	0.31	0.29
1972	356	0.68	4.36	4.06	2.81	1.79	1.17	1.03	1.03	0.78
1973	444	0.33	5.04	4.05	3.1	1.57	1	0.75	0.68	0.53
1974	56.3	0.4	2.93	2.3	1.59	1.01	0.75	0.69	0.63	0.52
1975	27	0.22	1.44	1.24	0.88	0.61	0.46	0.4	0.38	0.27
1976	71	0.264	1.99	2.88	2.06	1.14	0.71	0.56	0.41	0.31
1977	172	0.24	4.16	5.1	3.42	1.88	1.08	0.81	0.61	0.31
1978	142	0.708	4.2	4.23	3.48	2.33	1.46	1.31	1.08	0.82
1979	201	0.38	7.13	6.64	5.71	3.85	1.8	1.31	0.83	0.46
1980	221	0.442	3.56	3.17	2.58	1.35	0.94	0.82	0.71	0.54
1981	96.5	0.514	2.6	3	2.46	1.52	0.93	0.85	0.81	0.62
1982	117	0.2	2.74	2.66	1.81	0.98	0.62	0.56	0.51	0.33
1983	218	0.28	1.93	1.67	1.32	1.03	0.82	0.75	0.62	0.33
1984	212	0.14	2.23	1.74	1.27	0.87	0.58	0.47	0.4	0.25
1985	68	0.075	2.29	2.7	2.02	1.22	0.909	0.77	0.58	0.33
1986	75.2	0.46	2.66	2.8	1.45	0.984	0.676	0.676	0.632	0.544
1987	82	0.34	2.64	2.55	2.05	1.37	1.06	0.776	0.672	0.42
1988	53.3	0.34	2.06	2	1.64	1.17	0.956	0.885	0.724	0.58
1989	167	0.1	1.79	1.9	1.41	0.79	0.542	0.46	0.388	0.296
1990	147	0.08	2.49	3.76	3.53	1.14	0.782	0.638	0.56	0.272
1991	44.4	0.32	1.87	2.13	1.58	0.932	0.748	0.696	0.644	0.496
1992	106	0.32	2.58	1.67	1.33	0.92	0.7	0.644	0.566	0.452
1994	757	0.49	4.12	6.99	6.09	5.21	4.6	1.78	1.24	0.63
1995	44.4	0.49	1.28	3.77	3.54	2.67	1.92	1.16	1	0.7
1996	89.6	0.4	3.86	2.39	2.03	1.49	1.24	1.12	1	0.658
1997	565	0.23	4.16	1.95	1.84	1.14	0.916	0.76	0.668	0.5
1998	999	0.91	4.84	5.22	4.14	3.06	2.16	1.86	1.62	1.21
1999	87.4	1.98	4.31	6.25	5.72	4.72	3.85	3.29	2.6	2.16
2000	175	0.28	4.16	2.22	1.63	1.13	0.889	0.82	0.7	0.52
2001	373	0.52	2.05	3	2.43	1.72	1.05	0.898	0.76	0.58
2002	4.72	0.58	1.6	2.32	1.97	1.54	1.37	1.21	1.05	0.76
2004	83.9	0.28	0.659	0.58	0.52	0.376	0.328	0.424	0.76	0.472
2005	110	0.28	1.59	3.98	2.54	1.38	1.05	0.76	0.424	0.232
2006	254	0.4	2.24	3.78	3.27	2.33	1.51	1.02	0.68	0.472
2007	361	0.678	4.89	7.5	4.56	2.28	1.34	1.1	1.02	0.748
2008	284	0.28	1.91	2.19	1.69	1.38	0.896	0.8	0.724	0.496
Total	9483.62	18.991	147.079	155.2	121.33	77.432	53.412	42.267	35.682	25.118
Prom.	201.779	0.404	3.129	3.302	2.581	1.647	1.136	0.899	0.759	0.534
K	64.4798	0.12912	1.00	1.05522	0.82493	0.52647	0.36315	0.28738	0.2426	0.17078

Una vez seleccionada la serie, fue sometida a una secuencia de análisis estadísticos propuestos para estos casos en la que se puede apreciar a continuación el resultado de la aplicación de los métodos empleados para estos casos:

- 1 – Coeficiente de correlación --- 0.95
- 2 – Calidad de los datos. (Ver tabla 4.)

Tabla 4. Secuencia de análisis estadísticos.

	Homogeneidad		Auto correlación		Grado de Significación	
	si	no	si	no	1%	5 %
Students	x		x		x	x

4. Construcción de la curva de caudales clasificados (C.C.C.) en la cuenca análoga (Estación Hidrométrica Palenquito) y determinación de los diferentes coeficientes modulares (K) partiendo de las observaciones registradas.

Tabla 5. Coeficientes modulares (K) partiendo de las observaciones registradas.

Año	Q	Q min	Q	10%	15%	30%	50%	60%	70%	90%
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	N =36	N =55	N =109	N=185	N=219	N=255	N=329
Tota	9483.	18.99	147.0	155.2	121.3	77.432	53.412	42.267	35.682	25.118
Pro	201.7	0.404	3.129	3.302	2.581	1.647	1.136	0.899	0.759	0.534
K	64.47	0.129	1.00	1.055	0.824	0.5264	0.3631	0.2873	0.2426	0.1707

Con los valores obtenidos sobre los diferentes gastos en la estación Palenquito de acuerdo a los periodos de ocurrencia, se construye la Curva de Caudales Clasificados en la referida estación, pero además estos valores nos sirvieron para determinar los **Coefficientes Modulares (K)** para **cada** rango de excedencia, que en lo adelante nos permitirá determinar las C.C.C. en los restantes puntos de interés.

4.1. Construcción de la Curva de Caudales Clasificados.

Tabla 6. Curva de Caudales Clasificados estación Palenquito.

m ³ /s	m ³ /s	10 %	15 %	30 %	50 %	60 %	70 %	90 %	m ³ /s
Q	Q	N=36	N=55	N =109	N =185	N =219	N =255	N =329	Q
201.8	3.13	3.30	2.58	1.65	1.14	0.899	0.759	0.534	0.404

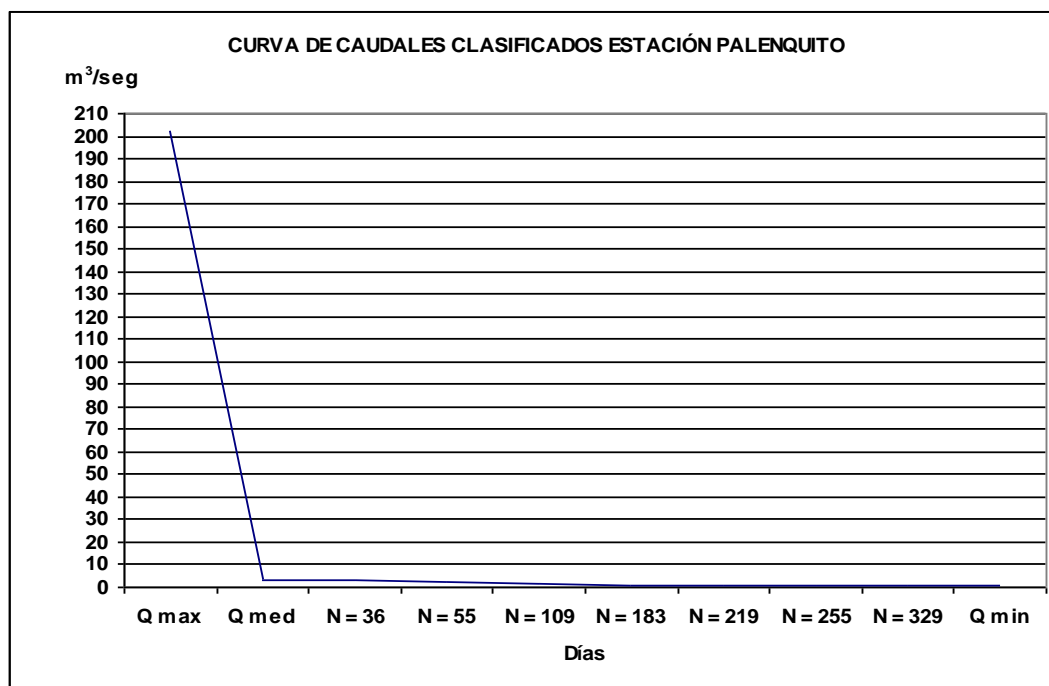


Gráfico 1. C.C.C. Estación Palenquito.

5. Confección de la Curva de Caudales Clasificados en el cierre seleccionado partiendo de los K modulares determinado en la cuenca análoga

5.1. Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en el cierre Trasvase Sabanalamar – Presa Pozo Azul considerando el escurrimiento Natural

$$Q_0 = 0.834 \text{ m}^3 / \text{s} = 26.3 \text{ hm}^3$$

Tabla 7. Curva de Caudales Clasificados Der. Trasv. Saban.Pozo Azul escurrimiento natural.

Año	Q max	Q min	Q med	10 %	15 %	30 %	50 %	60 %	70 %	90 %
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	N = 36	N = 55	N = 109	N = 183	N = 219	N = 255	N = 329
K	64.48	0.129	1.00	1.055	0.825	0.526	0.363	0.287	0.243	0.171
Q m ³ /s	53.78	0.108	0.834	0.880	0.688	0.439	0.303	0.239	0.203	0.143

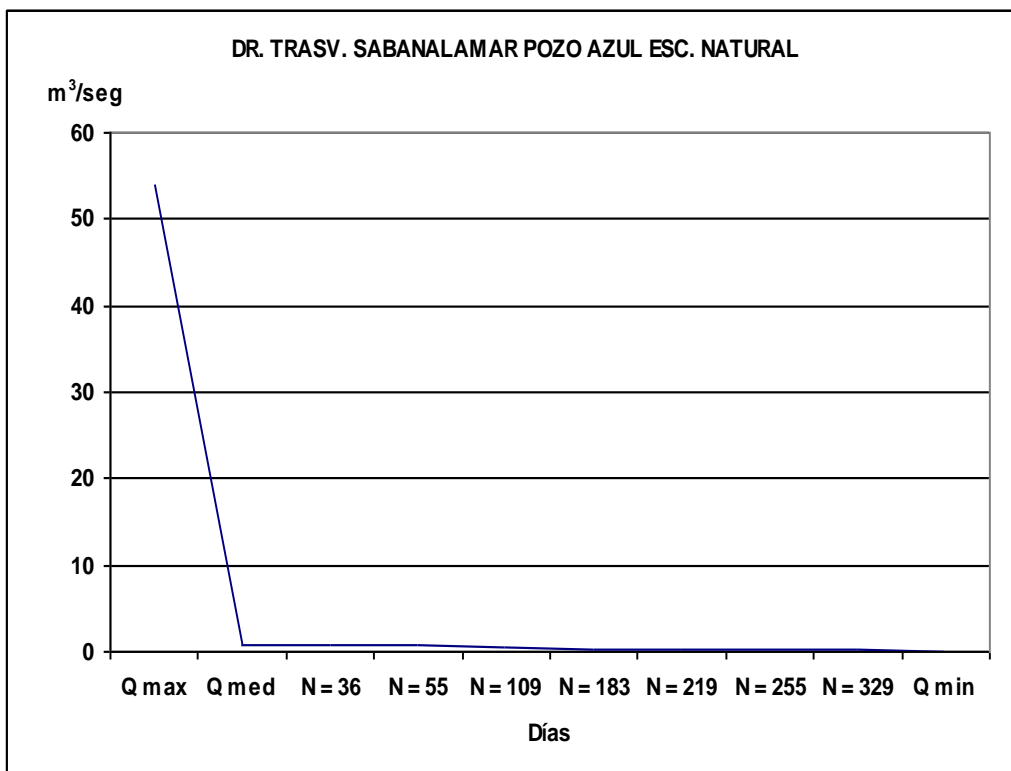


Gráfico 2. Derivadora trasvase Sabanalamar- Pozo Azul. Esgurrimento Natural.

Construcción de las Curvas de Caudales Clasificados en la CHE Trasvase Sabanalamar-Pozo Azul. José Luis Guerra Anazco.

5.2. Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en la Derivadora. Sabanalamar – Presa Pozo Azul sobre la base del escurrimiento alterado.

$$Q_0 = 0.920 \text{ m}^3 / \text{s} = 29.016 \text{ Hm}^3$$

Tabla 8. Curva de Caudales Clasificados Derivadora Trasvase Sabanalamar- Pozo Azul. Escurrimiento Alterado.

Año	Q max	Q min	Q med	10 %	15 %	30 %	50 %	60 %	70 %	90 %
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	N = 36	N = 55	N = 109	N = 183	N = 219	N = 255	N = 329
K	64.48	0.129	1.00	1.055	0.825	0.526	0.363	0.287	0.243	0.171
Q	m ³ /s									
	59.32	0.119	0.920	0.971	0.759	0.484	0.334	0.264	0.224	0.157

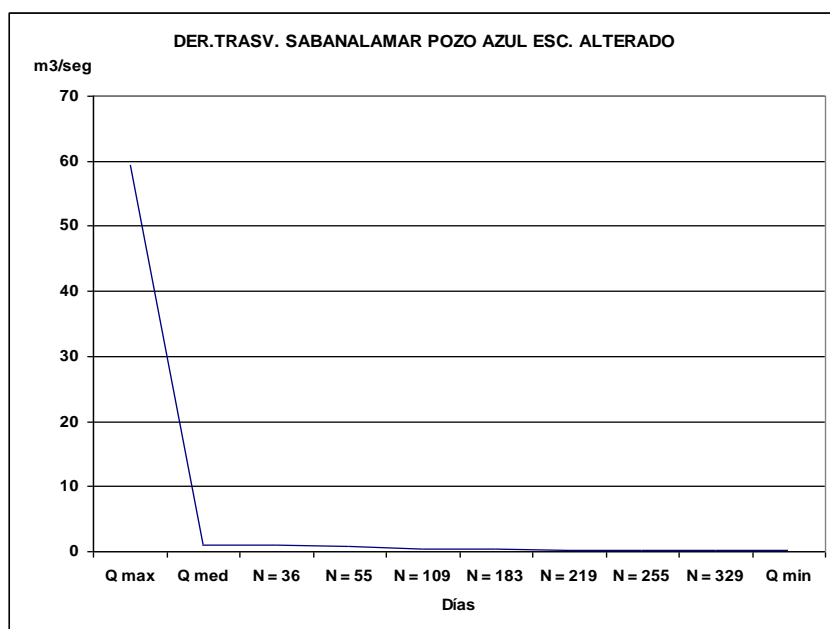


Gráfico 3. Derivadora Trasvase Sabanalamar-Pozo Azul Escurrimiento Alterado.

Construcción de las Curvas de Caudales Clasificados en la CHE Trasvase Sabanalamar-Pozo Azul. José Luis Guerra Anazco.

5.3. Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en el cierre Trasvase Sabanalamar – Presa Pozo Azul considerando el escurrimiento derivado.

Para llevar a cabo este punto es necesario determinar el escurrimiento derivado en esta derivadora sobre la base de los siguientes principios.

5.3.1. Principios aplicados para el Cálculo del Escurrimiento Derivado cuando no se dispone de información Hidrométrica.

Para su determinación se siguen los siguientes pasos, partiendo de las recomendaciones que proponen algunos autores para estos casos específicos, cuando no se dispone de informaciones sobre la medición histórica y constante de los caudales trasvasados, es el caso del Ing. Stephan Chanev en la que utiliza el método abreviado publicado en las Conferencias de Hidroeconomía en la que aplica los siguientes criterios:

$W_d = 0.5 \sqrt{W \cdot D}$ dentro de los siguientes límites

$W > W_d \leq R$, Donde **R** es la Demanda, **W** es el escurrimiento y **W_d** , el Esc. Derivado

Por otro lado, tiene presente el Escurrimiento Mensual Aprovechable (**W_a**), que se obtiene mediante la siguiente expresión:

$W_a = a \cdot W_d$, donde (**a**) representa el Coeficiente de Aprovechamiento del Escurrimiento Derivado, el cual se obtiene al dividir las horas funcionando de las obras de derivación (**tf**), en el mes, sobre las horas del mes (**t**), es decir : **$a = tf / t$**

Para determinar el escurrimiento derivado en los años húmedos, medios y medio secos, se siguió el mismo método antes mencionado, con mayores coeficientes de derivación

buscando menos probabilidad de que ocurran Fallos en cuanto a la satisfacción de la demanda en los meses de estiaje, es decir:

$$W_d = 0.7 \sqrt{W \cdot D}$$

Donde:

W_d - Ecurrimiento derivado mensual

W - Volumen mensual de afluencia en el cierre de la derivadora

D - Volumen mensual de demanda en el cierre de la derivadora

Estos coeficientes aplicados en la fórmula consideran de esta forma derivar la mayor afluencia posible y mantener dentro del escurrimiento ecológico, al menos un por ciento mínimo de estas aguas abajo de la derivadora, con el propósito de preservar el ecosistema (No son estáticos, pueden variar de acuerdo al volumen de escurrimiento y a la demanda planteada.)

5.3.2. Datos de partida para efectuar el escurrimiento derivado.

- a. Estudio sobre la demanda planteada por la obra derivadora y su distribución Interanual, teniendo en cuenta su garantía.
- b. Datos sobre el escurrimiento medio en el cierre de la derivadora de acuerdo a la probabilidad deseada
 - ❖ Ecurrimiento medio natural en la derivadora
 - ❖ Coeficiente de variación
 - ❖ Coeficiente de asimetría
 - ❖ Distribución típica de la afluencia para diferentes probabilidades

Tabla 9. Distribución típica del esc. derivado natural en el cierre Trasvase Sabanalamar-Pozo Azul partiendo de una demanda 1m/s considerando el año hidrológico.

Denomina	%	T	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
Esc.Natur	25	3	4.1	1.4	1.4	0.5	2.0	14.0	4.9	2.5	1.0	0.6	0.4	0.6
Demanda		3	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.67	2.5	2.6	2.6	2.4	2.6	2.5
Esc.		1	1.6	0.9	0.9	0.5	1.1	2.67	1.7	1.2	0.8	0.6	0.4	0.6
Esc.Natur	50	2	1.2	4.4	1.1	0.7	1.6	7.09	3.7	1.5	0.6	0.9	0.4	0.3
Demanda		3	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.67	2.5	2.6	2.6	2.4	2.6	2.5
Esc.		1	0.9	1.7	0.8	0.6	1.0	2.18	1.5	1.0	0.6	0.7	0.4	0.3
Esc.Natur	75	1	1.1	2.4	1.3	0.8	4.3	2.07	1.4	0.9	0.5	0.3	0.4	0.1
Demanda		3	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.67	2.5	2.6	2.6	2.4	2.6	2.5
Esc.		1	0.8	1.2	0.9	0.7	1.7	1.17	(1.0)	0.7	0.5	0.3	0.4	0.1
Esc.Natur	Med	2	2.1	5.0	1.1	2.1	2.0	7.80	2.7	1.1	0.8	0.5	0.5	0.5
Demanda		3	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	2.67	2.5	2.6	2.6	2.4	2.6	2.5
Esc.		1	1.2	1.8	0.8	1.1	1.1	2.28	1.3	0.8	0.7	0.5	0.5	0.5

Tabla 10. Distribución típica del escurrimiento derivado alterado en el cierre trasvase Sabanalamar Presa Pozo Azul.

Denominación	%	Total	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
Esc.Alterado	25	37.148	4.532	1.635	1.560	0.632	2.226	15.379	5.424	2.749	1.114	0.708	0.446	0.743
Demanda		31.533	2.678	2.59	2.678	2.592	2.678	2.678	2.592	2.678	2.678	2.419	2.678	2.592
Esc. Derivado		14.322	1.742	1.029	1.023	0.640	1.221	2.678	1.875	1.356	0.964	0.654	0.446	0.694
Esc.Alterado	50	27.101	1.409	5.068	1.274	0.813	1.816	8.049	4.255	1.762	0.705	1.084	0.515	0.352
Demanda		31.533	2.678	2.59	2.678	2.592	2.678	2.678	2.592	2.678	2.678	2.419	2.678	2.592
Esc. Derivado		12.966	0.971	1.811	0.924	0.726	1.103	2.321	1.660	1.086	0.687	0.810	0.515	0.352
Esc.Alterado	75	18.790	1.372	2.894	1.560	0.940	5.056	2.424	1.710	1.052	0.658	0.357	0.545	0.225
Demanda		31.533	2.678	2.59	2.678	2.592	2.678	2.678	2.592	2.678	2.678	2.419	2.678	2.592
Esc. Derivado		10.92	0.958	1.369	1.022	0.780	1.840	1.274	1.053	0.839	0.658	0.357	0.545	0.225
Esc.Alterado	Med	29.016	2.296	5.455	1.248	2.350	2.263	8.415	2.960	1.305	0.929	0.609	0.551	0.638
Demanda		31.533	2.678	2.59	2.678	2.592	2.678	2.678	2.592	2.678	2.678	2.419	2.678	2.592
Esc. Derivado		13.762	1.240	1.879	0.914	1.221	1.231	2.374	1.385	0.935	0.787	0.607	0.551	0.638

5.3.3 Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en la Central hidronegética (CHE) Trasvase Sabanalamar – Presa Pozo Azul considerando el Esguerrimiento Natural Derivado

Como la derivadora entregara su agua a la presa por gravedad, ubicada en una cuenca vecina, con una demanda de 1.00 m³/s y un régimen de explotación de 24 Hr, tendremos un volumen a trasvasar de acuerdo al rango de excedencia partiendo de la siguiente expresión general y como se puede ver en tabla que se muestra mas abajo:

$$1,00 \text{ m}^3 / \text{s} * 24 / 24 \text{ (Horas de Trabajo)} * 0.0864 * 10^6 \text{ seg.} * N$$

cuyos resultados se expresan en la siguiente tabla:

Donde N = Números de días seleccionados

Tabla 11. Determinación del esguerrimiento derivado para diferentes días de excedencia en la Der. Trasv. Saban.Pozo Azul sobre la base del esguerrimiento natural.

Año	Q	Q min	Q	10 %	15 %	30 %	50 %	60 %	70 %	90 %
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	N =	N =	N =	N = 183	N =	N= 255	N = 329
Q	53.78	0.108	0.834	0.880	0.688	0.439	0.303	0.239	0.203	0.143
Dem	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.7 √ w *	5.13	0.230	0.639	0.657	0.581	0.464	0.385	0.342	0.315	0.265
Deriv.	1.00	0.108	0.639	0.657	0.581	0.439	0.303	0.239	0.203	0.143

Tabla 12. Curva de Caudales Clasificados en la CHE Derivadora Trasvase Sabanalamar Pozo Azul Esguerrimiento Natural derivado

m ³ /s	m ³ /s	10%	15%	30%	50%	60%	70%	90%	m ³ /s
Q	Q	N=	N =	N =	N =	N =	N =	N =	Q
5.13	0.639	0.657	0.581	0.439	0.303	0.239	0.203	0.143	0.108

Construcción de las Curvas de Caudales Clasificados en la CHE Trasvase Sabanalamar-Pozo Azul. José Luis Guerra Anazco.

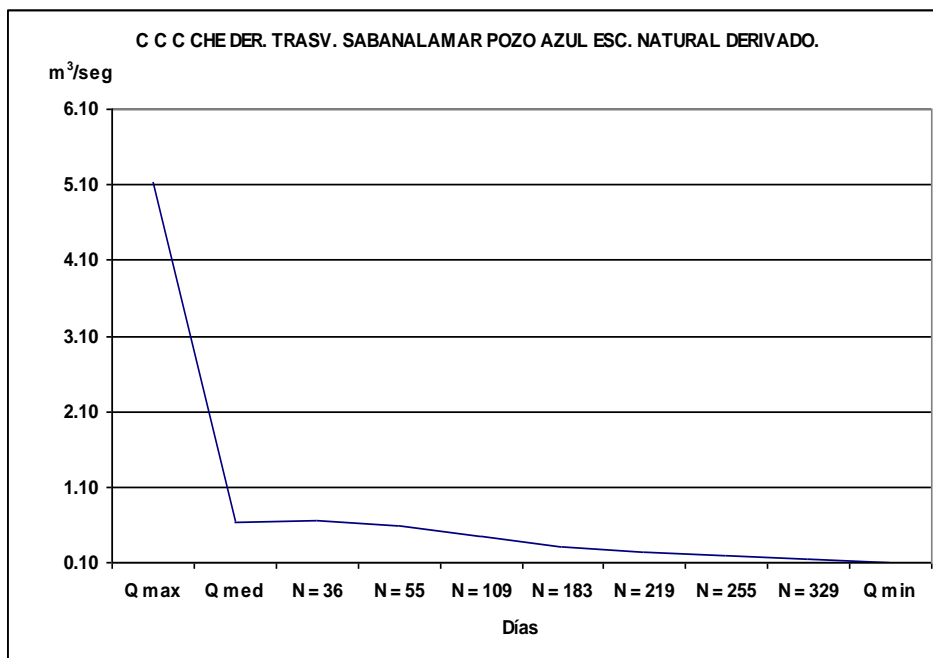


Gráfico 4. C.C.C. CHE Derivadora Traslase Sabanalamar- Pozo Azul. Ecurrimiento Natural Derivado.

5.3.4. Construcción de la Curva de Caudales Clasificados en la CHE Traslase Sabanalamar – Presa Pozo Azul considerando el escurrimiento derivado alterado

Debido a los incrementos que recibe la cuenca en el cierre Traslase Sanaba Lamar- Presa Pozo Azul aportado por la cuenca de la Derivadora Arroyón (150 l/s), se alteran los parámetros hidrológicos, sobre esta base fue realizado el análisis para la construcción de la C.C.C; así como la posible derivación hacia la Presa P. Azul partiendo de la demanda propuesta para el traslase ($1 \text{ m}^3 / \text{s}$) cuyos resultados se plasman en la siguiente tabla:

Tabla 13. Determinación del escurrimiento derivado para diferentes días de excedencia en la CHE Derivadora Trasvase Sabanalamar-Pozo Azul sobre la base del escurrimiento alterado.

Año	Q max	Q min	Q med	10 %	15 %	30 %	50 %	60 %	70 %	90 %
	m³/s	m³/s	m³/s	N = 36	N = 55	N = 109	N = 183	N = 219	N = 255	N = 329
Q	59.32	0.119	0.920	0.971	0.759	0.484	0.334	0.264	0.224	0.157
Dem	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
0.7 √ w * D	5.39	0.241	0.671	0.690	0.610	0.487	0.405	0.360	0.331	0.278
Deriv.	1.00	0.119	0.671	0.690	0.610	0.484	0.334	0.264	0.224	0.157

Tabla 14. Curva de Caudales Clasificados en la CHE Derivadora Trasvase Sabanalamar Pozo Azul teniendo en cuenta el escurrimiento alterado derivado.

m³/s	m³/s	10%	15%	30%	50%	60%	70%	90%	m³/s
Q max	Q med	N = 36	N = 55	N = 109	N = 183	N = 219	N = 255	N = 329	Q min
5.39	0.671	0.690	0.61	0.484	0.334	0.264	0.224	0.157	0.119

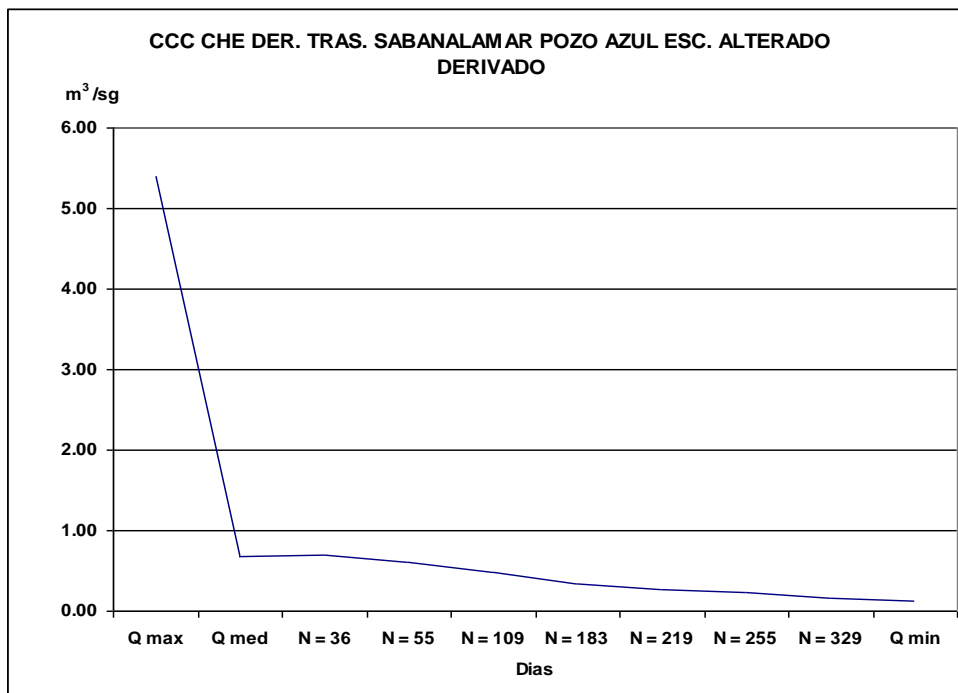


Gráfico 5. C.C.C. CHE Derivadora Trasvase Sabanalamar-Pozo Azul.

Tabla 15. Características Topográficas de la Presa Pozo Azul.

n/o	Denominación	u/m	Valor
1	Ubicación	U.E.B. Este	
2	Coordenadas	N: 171.500, E: 709.900	
3	Usos	Abasto y Riego Cult. Varios	
4	Volumen		
4.1.	N.A.Max.	hm ³	17.72
4.2.	N.A.N.	hm ³	14.80
4.3.	N.A.Min.	hm ³	0.50
5	Área ocupada		
5.1.	N.A.Max.	ha	105.27
5.2.	N.A.N.	ha	96.05
5.3.	N.A.Min.	ha	11.50
6	Cotas		
6.1.	N.A.Max.	m	213.60

Construcción de las Curvas de Caudales Clasificados en la CHE Trasvase Sabanalamar-Pozo Azul. José Luis Guerra Anazco.

6.2.	N.A.N.	m	210.80
6.3.	N.A.Min.	m	182.00
6.4.	Corona	m	215.00
6.5.	Cauce del Río	m	175.00

6 – Conclusiones

6.1. – Las cuencas que intervienen en la realización de este trabajo, fueron estudiadas hidrológicamente, cuyos resultados nos sirvió de base para aplicar los métodos propuestos por diferentes autores para estos casos específicos.

6.2. Los parámetros del escurrimiento natural de la cuenca de la Derivadora Trasvase Sabanalamar Presa Pozo Azul determinados, se alteran, producto a los incrementos realizados por la Derivadora Arroyón que abastece a la Mini CHE Arroyón I, después de la generación, por lo que fue considerado.

6.3. Todo el caudal determinado en la mencionada cuenca, aún el alterado, no debe ser derivado, para ello consideramos las propuestas por diferentes autores para estos casos, partiendo del criterio de la preservación de la infraestructura hidráulica aguas abajo de las derivadoras.

6.4- Considerando los criterios anteriores, entendimos prudente construir varias **Curvas de Caudales Clasificados (C.C.C.)** partiendo de los registros Hidrométricos en la Estación Palenquito con una amplitud de 47 años y diferentes rangos de excedencias, de forma tal que dentro del año Hidrológico se engloben bien diferenciados los periodos muy húmedos (0 - 15) %, periodos húmedos (15 – 30) %, periodos normales (30 – 70 %) y periodos secos (70 – 90) %, según aparece en las Tablas y Gráficos.

6.5- Las Curvas de Caudales Clasificados en la Estación Hidrométrica Análoga , la Natural en la Derivadora Trasvase Sabanalamar –Presa Pozo Azul, y la alterada por los incrementos de la Derivadora Arroyón, en la Derivadora Trasvase Sabanalamar Pozo Azul ;nos sirvieron de base para poder construir las Curvas de Caudales Clasificados en la CHE Trasvase Sabanalamar- Presa Pozo Azul teniendo en cuenta el escurrimiento natural derivado y el escurrimiento alterado derivado; que es donde se producirá la generación.

7 - Recomendaciones

7.1. Es necesario tener un control estricto sobre los caudales derivados, para poder realizar una operación y manejo de los recursos hídricos acorde a lo planificado.

7.2. Como estamos en presencia de una generación hidronegética sin regulación, es decir a filo de agua, la C.C.C. juega un papel imprescindible, sirviéndonos de comparación la distribución típica del escurrimiento derivado en la derivadora según el año hidrológico.

Comportamiento del Traspase Sabanalamar Pozo Azul en el 2019

Mes	Entregas Pr.P.Azul m³	Gasto Promedio m/s	Volumen Trasvado m³		Dias de Trabajo	Ahorro proporcionado por el Traspase 2019						Mayor escurrimiento	
			mes	Acumulado		Energía Mwh		Combustible Tm		C.U.P.		Trasvasado	
						m³		mes	Acumulado	mes	Acumulado	mes	Acumulado
año 2018	11937669	0,127	3165725	76775039	260	1137,9	27597,1	300,1	5795,4	180053,46	3477230,38	1,633	03-jun
Enero	588002	0,008	22464	76797503	31	8,1	27605,1	1,7	5797,1	1017,42	3478247,80	0,015	16
Febrero	597398	0,036	64800	76862303	24	23,3	27628,4	4,9	5802,0	2934,87	3481182,67	0,070	15,16,17
Marzo	649706	0,002	4320	76866623	5	1,6	27630,0	0,3	5802,3	195,66	3481378,32	0,010	1,2,3,4,5
Abril	195794	0,013	34128	76900751	14	12,3	27642,3	2,6	5804,9	1545,70	3482924,02	0,080	24
Mayo	121592	0,045	119446	77020197	31	42,9	27685,2	9,0	5813,9	5409,85	3488333,87	0,110	13,30,31
Junio	269219	0,150	402451	77422648	30	144,7	27829,9	30,4	5844,3	18227,47	3506561,34	0,416	10
Julio	423544	0,134	386899	77809547	31	139,1	27968,9	29,2	5873,5	17523,10	3524084,44	0,500	8
Agosto	150636	0,113	269654	78079201	31	0,0	28065,9	0,0	5893,8	0,01	3536297,39	0,360	1,2
Septiem.	90536	0,300	852250	78931451	30	306,3	28372,2	64,3	5958,2	38599,39	3574896,77	1,355	24
Octubre	283992	0,892	2245104	81176555	31	807,0	29179,2	169,5	6127,6	101683,36	3676580,13	1,500	19
Noviem.	474736	0,666	1666656	82843211	30	599,1	29778,3	125,8	6253,4	75484,78	3752064,91	1,500	14
Diciem.	1015000	0,322	824256		31	296,3			62,2		37331,51	0,750	7
Total	4860155	2,681	6869964	83667467	319	2469,4	30074,6	499,9	6315,7	299953,11	3789396,42		
Promedio	405012,92	0,223	572497		27	205,8			41,7		24996,09		
Nota :						En el año			Acumulado hasta la fecha				
1 - 1 Mwh = 2 782 m³						Se trasvasaron			6869964	m³	83667467		
2 - 1 Mwh = 0,21 Tm						Se ahorraron			2469,4	Mwh	30074,6		
3 - 1 Mwh = 600 C.U.C.						Se dejaron de consumir			499,9	Tm	6315,7		
						Se ahorraron			299953,11	C.U.P.	3789396,42		
						Total a trasvasar			365		3429		
						Dias con trasvase			310	Dia	2954		
						Dias sin trasvase			49		475		

8. Bibliografía

8.1. Materiales de Estudios utilizados en el Diplomado sobre Regulación del Ecurrimiento en Gamma, 2007

8.2. Metodología propuesta por el Ing. Stephan Chane publicadas en los materiales de Hidroeconomía, fundamentos y Cálculos.

8.3. Sistema de Mantenimiento Preventivo Planificado de Equipos Energéticos. Ministerio de la Industria Sidero Mecánica, dirección de Mantenimientos, (Secretaria Permanente OLADE).

8.4. Manual Minicentrales Hidroeléctricas, conjunto de autores, instituto para la Divulgación y Ahorro de Energía (IDEA).

8.5. Esquema de Aprovechamiento Hidroenergético en el Valle de Caujerí y compensación del Volumen de la Presa Pozo Azul, autores, Ing. Ivan Gómez Ojea (INRH) Y Tec. Lorenzo Roger Rodríguez (Comisión de Energía PPP)

8.6. Proyecto Técnico Ejecutivo, presa Sabanalamar, Tomo I, Memoria Explicativa

8.7. Determinación del Ecurrimiento Alterado y Derivado en la Derivadora Trasvase Sabanalamar Presa Pozo Azul, autores Ing Iván Gómez Ojea e Ing. Onilsa Leyra Moreira (Emp. Aprov. Hidráulico Gtmo)

8.8. Registro de Observación del Ecurrimiento Histórico de la Estación Hidrométrica Palenquito.

8.9. Otros materiales de consulta

8.10. Informe Técnico sobre la Presa Pozo Azul.

8.11. Influencia de los aportes de la Derivadora Arroyón y los Egresos Determinación y Regulación del Escurrimiento Alterado en la Presa Los Asientos.

9-Otras Referencias Bibliográficas.

1- Brown Lester R y otros. State of the World. W.W. Norton. 1994

2- Comisión Nacional de Energía. Revista Energía 1/84. Ciudad de la Habana. 1984.

3- Comisión Nacional de Energía. Revista Energía 1/87. Ciudad de la Habana. 1987.

4- Deudney Daniel and Flavier Christopher. Renewable Energy. W.W. Norton. 1983

5- Electrobas. Manual de minicentrales hidroeléctricas. Tomo I. 1987

6- IDAE. Jornada sobre Energías Renovables 1986 "Biomasa e hidráulica". CIRSA. 1986

7- IDAE. Manual de minicentrales hidroeléctricas. 1992

8- Harvey Adam. Microhydro Design Manual. ITG. 1993

Construcción de las Curvas de Caudales Clasificados en la CHE Trasvase Sabanalamar-Pozo Azul. José Luis Guerra Anazco.

9- Madruga Rodríguez Emir y otros. Micro-mini y pequeñas centrales hidroeléctricas. CNE. 1987

10-Zoppetti Judez Gaudencio. Centrales hidroeléctricas. Editorial Gustavo Gili SA. 1969