

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



MAESTRIA EN CIENCIAS

MENCIÓN: RECURSOS NATURALES

LÍNEA: RECURSOS HÍDRICOS

TESIS

CÁLCULO DEL CAUDAL ECOLÓGICO DEL RÍO TUMBES EN LA ESTACIÓN EL TIGRE

Para optar el Grado Académico de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presentada por:

FÉLIX ENRIQUE ALCOSER TORRES

ASESOR:

M. Cs. Ing. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE

CAJAMARCA - PERÚ

2014

COPYRIGHT©. 2014 by
FÉLIX ENRIQUE ALCOSER TORRES
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



MAESTRIA EN CIENCIAS

MENCIÓN: RECURSOS NATURALES

LÍNEA: RECURSOS HÍDRICOS

TESIS

CÁLCULO DEL CAUDAL ECOLÓGICO DEL RÍO TUMBES EN LA ESTACIÓN EL TIGRE

Para optar el Grado Académico de
MAESTRO EN CIENCIAS

Presentada por:
FÉLIX ENRIQUE ALCOSER TORRES

COMITÉ CIENTÍFICO

M. Cs. José Francisco Huamán Vidaurre
Asesor

Dr. Teófilo S. Torrel Pajares
Presidente Comité Científico

Dr. Nilton E. Deza Arroyo
Miembro Comité Científico

Dra. Consuelo B. Plasencia Alvarado
Miembro Comité Científico

CAJAMARCA - PERÚ

2014



Universidad Nacional de Cajamarca

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Escuela de Post Grado

CAJAMARCA - PERU

ACTA DE SUSTENTACION PÚBLICA DE TESIS

Siendo las 5:00 de la tarde del día 01 de diciembre del año 2014, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Postgrado, de la Universidad Nacional de Cajamarca, los miembros del Comité Científico presidido por el **Dr. SEVERINO TORREL PAJARES**, en representación de la Directora y como Miembro de Comité Científico, **M.Cs. JOSÉ FRANCISCO HUAMÁN VIDAURRE**, en calidad de Asesor, **Dr. NILTON DEZA ARROYO**, **Dra. CONSUELO PLASENCIA ALVARADO**, como integrantes del Comité Científico Titular; actuando de conformidad con el Reglamento de la Escuela de Post Grado, se dió inicio a la **SUSTENTACIÓN PÚBLICA** de la tesis titulada "**CÁLCULO DEL CAUDAL ECOLÓGICO DEL RÍO TUMBES EN LA ESTACIÓN EL TIGRE**" presentada por el alumno **FÉLIX ENRIQUE ALCOSER TORRES** con la finalidad de optar el Grado Académico de **MAESTRO EN CIENCIAS**, Mención: **RECURSOS NATURALES**, Línea: **RECURSO HÍDRICO**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Comité Científico, y luego de la deliberación, se acordó... **APROBAR**..... la mencionada Tesis con la calificación de **15 CUM LAUDE**.....; en tal virtud, el alumno **FÉLIX ENRIQUE ALCOSER TORRES** está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, Mención: **RECURSO NATURALES**, Línea: **RECURSOS HÍDRICO**.

Siendo las 6:30 horas del mismo día, se dió por concluido el acto.

Dr. Severino Torrel Pajares
Miembro de Comité Científico

M.Cs. José Francisco Huamán Vidaurre
ASESOR

Dr. Nilton Deza Arroyo
Miembro de Comité Científico

Dra. Consuelo Plasencia Alvarado
Miembro de Comité Científico

Que la presente copia fotostática es en su totalidad igual al original que se tiene a la vista
Tumbes

M.G. CARLOS IDROGO VASQUEZ
SECRETARIO GENERAL

DEDICATORIA

A mis padres Félix y Liliam

A mis hermanos:

Elina, Jorge, Rosa, Armando y Rafael.

A mi esposa Bertha Cecilia,

A mis hijos:

Merelyn Viviana, Félix David y Eliana Antonella

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento al profesor M. Cs. José Francisco Huamán Vidaurre, Profesor Principal del Departamento Académico de Ingeniería de los Recursos Hídricos, de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, por su incondicional e incesante apoyo durante el desarrollo de la presente investigación, a pesar de los tropiezos que pudo haberse presentado en el camino. De igual manera, agradezco a toda la plana docente y administrativa de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de Cajamarca, por su apoyo y en forma especial al Dr. Jiefar Díaz Navarro, quienes contribuyeron en mi formación como Maestro en el Área de Recursos Hídricos.

También es importante agradecer al M. Cs. Jaime Otiniano Ñañez, al Ing. Desiderio Atoche Ortiz, profesionales del Proyecto Binacional Puyango Tumbes, por el suministro de la información fononímica de la Estación Hidrométrica “El Tigre”, sin la cual no hubiese sido posible la elaboración del presente trabajo de investigación. A la Ing. Química María del Rosario Silva Puelles, quien brindó la información sobre contaminación del río Tumbes.

A mis compañeros de trabajo del área de Ingeniería Agrícola, especialmente a mi colega Carlos Correa Mogollón.

Por último, le doy gracias a todos mis amigos, y compañeros de la Universidad Nacional de Tumbes que de una u otra manera contribuyeron a la culminación de este trabajo de investigación.

ÍNDICE

	Pagina
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi

CAPÍTULO I

1. Problemas de Investigación	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema	4
1.3. Justificación de la Investigación	4
2. Objetivos de la Investigación	5
Objetivos Generales	5
Objetivos Específicos	5
3. Hipótesis de la Investigación	5
3.1. Hipótesis Intrínseca	5
Variables	5
Variables Independientes	5
Variables Dependientes	5
3.2. Delimitación de la Investigación	6
3.3. Limitaciones de la Investigación	6
4. Diseño de Contrastación de la Hipótesis	6

4.1.	Definición Operacional de Variables	6
4.2.	Unidad de Análisis, Universo y Muestreo	7
a.	Unidad de Análisis	7
b.	Universo	7
c.	Muestreo	7
4.3.	Tipo y Descripción del Diseño Metodológico	7
4.4.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	7
5.	Aspectos Éticos de la Investigación	8

CAPÍTULO II

2.	Marco Teórico	9
	Análisis de Consistencia de la Información Hidrométrica	12
	Análisis Visual de Hidrogramas	12
	Análisis Doble Masa	12
	Tratamiento Estadístico	13
	Identificación de Saltos	13
	Completación de Datos Mediante el Método de Razones Normales	15
	Completación de Datos Mediante Regresión Simple	15
	Curva de Caudales Clasificados	16
	Análisis de Persistencia – Probabilidad de Ocurrencia de Caudales Medios	17
	Concepto Caudal Ecológico	17
	Bases Legales	20
	Demanda de Agua	21
	Métodos para la estimación del Caudal Ecológico	22
	Cuenca del río Tumbes	33
	Sub cuenca	35

Sistema hídrico	36
a. Antecedentes teóricos de la Investigación	39
Mapa Cuenca del Río Tumbes	40
b. Bases Teóricas	42
c. Definición de Términos Básicos	43

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS	52
MATERIAL Y EQUIPO	53
MÉTODOS	54

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
Análisis visual de Hidrogramas	55
Análisis Doble Masa	56
Tratamiento Estadístico	57
Identificación de Saltos	57
Calculo del Caudal Ecológico	58
Calculo del Caudal Ecológico período (1963 – 2011)	59
Calculo del Caudal Ecológico en el período crono-espacial (1963 – 1987) y (1988 -2011)	61
Caracterización Hidrológica	64

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	76
LISTADO DE REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables de la hipótesis.	6
Tabla 2. Tipificación de la investigación según los criterios más importantes.	7
Tabla 3. Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos de las variables	8
Tabla 4. Recomendaciones de caudal según Tennant (1976), para distintas épocas del año.	21
Tabla 5. Recomendaciones de caudales para distintos estados ecológicos	27
Tabla 6. Parámetros geomorfológicos de la cuenca Zarumilla-Tumbes.	32
Tabla 7. Subcuenca de la cuenca Puyango-Tumbes.	32
Tabla 8. Resultados de los Análisis de saltos de las descargas medias mensuales – serie histórica período 1963 – 2011.	58
Tabla 9. Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica El Tigre, período (1963 – 2011).	59
Tabla 10. Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica El Tigre, período (1963 – 2011).	60
Tabla 11. Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica El Tigre período (1963 – 1987).	61
Tabla 12. Caudal Ecológico de la estación hidrométrica El Tigre período (1988 – 2011).	62

Tabla 13. Caudales representativos del río Tumbes en la Estación Hidrométrica El Tigre, sector Higuerón y probabilidad de excedencia.	64
Tabla 14. Determina Caudal Persistencia percentil 15,50, 75,90%.	68
Tabla 15. Caracterización del Régimen Hídrico RH, según caudales, período (1963 – 2011).	68
Tabla 16. Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica El Tigre referida al régimen de humedad Extremo Húmedo.	69
Tabla 17. Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica El Tigre referida al régimen de humedad Extremo Seco.	70
Tabla 18. Volúmenes de las descargas medios mensuales al 75% de persistencia hm ³ , cuenca del río Tumbes, Estación Hidrométrica El Tigre. Período (1963 – 2011).	71
Tabla 19. Oferta de agua al 75% de Persistencia.	72
Tabla 20. Comparando la mensualmente la oferta hídrica, al 75% de persistencia versus Demanda, Balance y el Caudal Ecológicos período (1963-2011).	73
Tabla 21. Correlación Caudal Medio Natural (CMN) versus Caudal Mínimo Ecológico (CME).	74

FIGURAS

Figura 1. Comprobación y verificación experimental del método Montana.	23
Figura 2. Caudales Ecológicos según Tennant para la Estación San Isidro, Río Quito.	28
Figura 3. Cuenca hidrográfica del río Puyango-Tumbes	31
Figura 4. Plano Cuenca del río Tumbes	32
Figura 5. Esquema general de cálculo para la determinación del tipo de caudales máximos (Q_{max}).	51
Figura 6. Hidrograma de descargas medias anuales (m^3/s), serie histórica (1963 – 2011), Estación Hidrométrica El Tigre.	55
Figura 7. Análisis de Doble Masa, (se observa los tres Períodos, Período confiable (1963 - 1981), Período Dudoso (1982 – 1996), y Período Dudoso (1997 – 2011).	56
Figura 8. Diagrama de Doble Masa de las descargas medias anuales para el análisis de consistencia de la Estación Hidrométrica El Tigre, período 1963 – 2011.	57
Figura 9. Caudal medio Natural mensual vs. Caudal Ecológico recomendable en la Estación Hidrométrica El Tigre, período (1963 – 2011).	60
Figura 10. Caudal Medio Natural mensual vs. Caudal Ecológico recomendable en la Estación Hidrométrica El Tigre, período 1963 – 1987.	62
Figura 11. Caudal Medio Natural mensual vs. Caudal Ecológico recomendable en la Estación Hidrométrica El Tigre, período 1988 - 2011.	63

Figura 12. Curva de Duración de Caudales CDC medios del río Tumbes, período (1963 -2011) Estación Hidrométrica El Tigre.	65
Figura 13. Estiaje del río Tumbes Estación Hidrométrica El Tigre, período (1963 – 2011) Comparando el comportamiento de Diferentes período (SC = sin corregir), período (C = consistentes).	66
Figura 14. Caudal Medio Mensual Estación Hidrométrica El Tigre período (1963 – 2011).	66
Figura 15. Curva de Caudales, Clasificación según régimen hídrico del río Tumbes, Estación Hidrométrica El Tigre	68
Figura 16. Caudal Medio Natural Mensual vs. Caudal Ecológico Mínimo Régime Extremadamente Húmedo recomendable en la Estación Hidrométrica El Tigre.	69
Figura 17. Caudal Medio Natural Mensual vs. Caudal Ecológico mínimo Período Extremo Seco recomendable en la Estación Hidrométrica El Tigre.	70
Figura 18. Comportamiento del régimen hídrico másico del río Tumbes.	71
Figura 19. Comportamiento anual de la Oferta, Demanda, Balance y Caudal Ecológico Según régimen de humedad en el río Tumbes Estación Hidrométrica El Tigre.	73
Figura 20. La Oferta Hídrica versus Caudal Ecológico, con una persistencia del 75%.	73
Figura 21. Caudal Medio Natural versus Caudal Ecológico Mínimo.	74

RESUMEN

CALCULO DEL CAUDAL ECOLÓGICO DEL RÍO TUMBES ESTACIÓN EL TIGRE

El río Tumbes es una cuenca binacional, llamada Puyango Tumbes; con un área de 4 800 Km², de las cuales 60% corresponden a Ecuador y 40% a Perú y con una longitud en la parte peruana de 120 Km. La infraestructura a construir modificará el caudal del río, alterando la fauna y flora del mismo por lo que es necesario mantener un caudal ecológico (Q.E). Para esto se cuenta con registros de caudales del río, homogéneos y consistentes. Diversos elementos de cuantificación de incertidumbre hidrológica son utilizados en la presente investigación, elementos como análisis de consistencia y homogeneidad, influencia de la longitud y otras propiedades de la serie de tiempo, estimación de curva de duración de caudales anuales con sus respectivos intervalos de confianza, e incertidumbre en la formulación de curvas de calibración, entre otros, son investigados en diversas metodologías hidrológicas de estimación de caudales ambientales. Para esto utilizamos una serie de caudales del río Tumbes en su punto de control en la estación hidrometeorológica El Tigre, con el propósito de calcular el caudal ecológico a partir de un método hidrológico específicamente el método Tennant o también denominado Montana, en el período 1963 - 2011, en la variación crooespacial (1963 - 1987), (1988 - 2011). El régimen de humedad a partir de percentiles de 15, 50, 75, 90%, (Regímenes hídricos extremo húmedo, húmedo, medio, seco y extremo seco), persistencia al 75%, según requerimiento hídrico; se calculó el 10% al caudal medio anual que se considera el caudal mínimo para la sobrevivencia de los seres vivos de la flora y fauna fluvial. Este caudal ecológico es de 9 m³/s; los caudales aceptables, son: bueno, excelente y excepcional, de acuerdo a Tennant; quien los identificó como niveles recomendados adecuados para la vida acuática en base a diversas proporciones de caudales medios anuales.

Palabras Claves: caudal ecológico, método Tennant, hidráulica, río, estiaje.

ABSTRACT

FLOW CALCULATION OF GREEN RIVER STATION TUMBES TIGER

The Tumbes River is a binational catchment, called Puyango Tumbes; with an area of 4800 km², of which 60% are 40% to Ecuador and Peru, respectively and the Peruvian length is 120 Km. The infrastructure to be built will change the river flow by altering the flora and fauna of the same, so it is necessary to maintain an ecological flow (QE). For this it has been set records of river flow, homogeneous and consistent. Various elements of quantification of hydrological uncertainty is used in this research, items such as analysis of consistency and homogeneity, the influence of the length and other properties of the time series, estimation of duration curve annual flows with their respective confidence intervals and uncertainty in the development of calibration curves, among others, are investigated in different hydrologic methodologies for estimating environmental flows. For this we use a series of flows of the river Tumbes in their checkpoint in hydrometeorological station El Tigre, in order to calculate the ecological flow from a hydrological method specifically the Tennant method or also known as Montana for the period 1963 - 2011 in chrono spatial variation (1963-1987), (1988-2011).

The moisture regime from percentiles 15, 50, 75, 90% (water regimes, moist, medium, dry and extreme dry), persistence 75%, according to water requirements; 10% of the annual average flow is considered the minimum flow for the survival of living beings of fluvial flora and fauna was calculated. This ecological flow is 9 m³/s; acceptable flow rates are good, excellent and outstanding, according to Tennant, who identified them as appropriate recommended levels for aquatic life based on different proportions of annual average flows.

Keywords: ecological flow, Tennant method, hydraulics, river, drought.

INTRODUCCIÓN

La puesta en funcionamiento de la infraestructura hidráulica en el cauce de los ríos como embalses para regadío de zonas agrícolas, instalación de centrales hidráulicas, la prevención y mitigación por desastres e inundaciones; así como la creciente demanda de agua para otros propósitos industriales y domésticos, ha generado una gran alteración en el régimen hidrológico natural de los ríos.

En este sentido, un tema de interés creciente es el establecimiento de un régimen de Caudales Ecológicos, el cual se conoce como aquel caudal que se debe dejar correr en una fuente hídrica después de un aprovechamiento hidráulico (modificación del régimen natural), para mantener las funciones y dinámicas ecológicas de las diferentes comunidades bióticas presentes en un ecosistema fluvial (Palua, 1994). Según González del Tanago y García de Jalón; consultado por Bustamante Toro y Monsalve (2007), el conocimiento de un régimen de Caudales Ecológicos de un río aparece como elemento clave para el desarrollo del ecosistema fluvial, permitiendo de esta manera la existencia de una determinada estructura (condiciones hidráulicas, forma del cauce, flora y fauna acuática), conexión y vitalidad de las zonas ribereñas y de inundación. Por lo anterior, el presente trabajo de investigación describe de manera teórico-conceptual la aplicabilidad de una de las metodologías con enfoque ambiental en el establecimiento de Caudales Ecológicos como herramienta importante y novedosa para la gestión integral de las principales fuentes hídricas superficiales del departamento de Tumbes.

Los métodos existentes para determinar Caudales Ecológicos son numerosos a nivel mundial, sin embargo, los más aceptables se pueden agrupar en los siguientes métodos: a). Método hidrológico, b), Método hidráulico, c). Método de simulación de hábitats, y el d). Método holístico; para nuestro caso nos abocaremos al Método hidrológico (Método de Tennant), debido a que es un método sencillo, de bajo costo, se basa en el

estudio de los registros foronómicos para establecer las recomendaciones de Caudal Ecológico. El objetivo del mismo fue encontrar una relación entre el caudal y la disponibilidad de hábitat para la biota acuática. Tennant, dividió el año en periodos seco y lluvioso, para los cuales propuso caudales expresados como porcentajes del Caudal Medio Anual (CAM), relacionándolos con grados de conservación. A partir del mismo determinó que el hábitat comenzaba a degradarse cuando el flujo era inferior a 10% del flujo medio anual; esto asociado a una velocidad media de 0.25 m/s, a una profundidad media de 0.3 m (Tennant 1976), mencionado por (Bustamante, y Elkin, 2007).

En el cauce del río Tumbes se estaría levantando los principales componentes de infraestructura hidráulica del Proyecto Puyango – Tumbes que son siete, conformada por 03 presas: Guanábano, Angostura y Averías cada uno con obras conexas; estas se refieren a aliviaderos de demasías, bocatomas, diques de cierre, dos túneles: Guanábano-Angostura y Ucumares-Averías y dos sistemas de conducción, el de la margen derecha denominado sistema de conducción Angostura y el sistema de conducción Averías en la margen izquierda, conformados por un canal principal de riego, pequeños túneles y obras de arte, lo que demanda de un estudio de caudal ecológico a implantar en el mencionado cauce; el tramo en estudio es el sector de la Estación Hidrométrica El Tigre, la que cuenta con más de 40 años de registros de caudales, los mismos que se sometieron a pruebas de consistencia para verificar su homogeneidad y su posterior análisis estadístico, con la información ya consistente se determinó el caudal ecológico aplicando el método Tennant. El río Tumbes en época de avenidas transporta una gran cantidad de sedimentos en suspensión ocasionando así un problema de colmatación de sedimentos en la parte baja del mencionado río.

En el Perú la autoridad competente para determinar el Caudal Ecológico es la Autoridad Nacional del Agua (ANA), del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) y el

Ministerio del Ambiente MINAM, que aún no han definido la metodología a aplicar, sin duda debido a la heterogeneidad de regímenes hídricos, pisos ecológicos de cada uno de los cauces de los ríos del país, entre otras variables complejas de determinar. El cálculo del Caudal Ecológico en el Perú, lo están realizando las empresas constructoras y ejecutoras de obras hidráulicas, con bajo criterio de análisis y carencia de la validación experimental en campo.

CAPÍTULO I

I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La cuenca internacional del río Tumbes, ubicada geográficamente entre las coordenadas UTM, 9'530,000 - 9'615,000 N y 536,000 - 680,000 E; abarca una extensión de 4,800 Km², de las cuales 2,880 Km² (60%), se hallan en territorio ecuatoriano y la diferencia (40%) corresponden a territorio peruano 1920 Km²; la porción peruana se halla ocupada por la provincia de Zarumilla y Tumbes; desde su nacimiento en territorio ecuatoriano, el río en estudio toma el nombre de río Puyango, contando con una longitud de 130 Km; al ingresar al Perú, cambia de dirección y de nombre, adoptando el de río Tumbes, este último tramo tiene una longitud de 80 Km, al final del cual desemboca en el Océano Pacífico, cerca de la Punta Mal Pelo, formando un delta.

El uso del agua del río Tumbes es diversificado, manteniéndose un promedio sobre los demás el sector agrícola que utiliza 137,0 millones de m³ por año (88,9% del total); siguiendo en importancia por volumen de uso agrícola, el sector población con un consumo de 14,6 millones de m³, luego la industrial con 2,2 millones y por último, el pecuario con 0,2 millones. El uso total efectuado en la cuenca asciende a los 154,0 millones de m³ anuales. La masa anual promedio del río es del orden de 3,400 MMC, de los cuales solamente se aprovecha menos del 10%.

Un balance preliminar de la situación actual del río Tumbes, indica que la disponibilidad promedio anual es de 113,6 m³/s equivalente a 3,583.98 hm³, para una demanda promedio de los últimos 10 años de 12 m³/s equivalente a 378 hm³, lo que determinó que anualmente se pierdan en el mar 3 205,62 hm³; en épocas de grandes avenidas causa inundaciones en la parte baja de la cuenca como en los períodos 1982 –

1983, 1997 y 1998; afectando la población y la agricultura (Primer Informe Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Margen Derecha 2010).

En el año 1971 se firmó el Convenio para el aprovechamiento de las Cuencas Hidrográficas Binacionales Puyango-Tumbes y Catamayo-Chira, por parte de Perú y Ecuador y desde hace varias décadas, numerosos estudios se han elaborado con el fin del aprovechamiento de las aguas del río Tumbes, bajo el marco del convenio mencionado el principal proyecto es el Binacional Puyango-Tumbes, actualmente en plena preparación para lograr los estudios a nivel de factibilidad, definitivos y la respectiva obra. Los principales componentes de infraestructura hidráulica del proyecto son siete conformada por 03 presas: Guanábano, Angostura y Averías cada uno con obras conexas; estas se refieren a aliviaderos de demasías, bocatomas, diques de cierre, dos túneles: Guanábano-Angostura y Ucumares-Averías y dos sistemas de conducción, el de la margen derecha denominado sistema de conducción Angostura y el sistema de conducción Averías en la margen izquierda, conformados por un canal principal de riego, varios pequeños túneles y obras de arte.

El 09 de Diciembre de 2009, se publica la ley N° 29483, donde se declara de necesidad pública la ejecución del Proyecto de Irrigación Margen Derecha del Río Tumbes; donde los estudios agrológicos realizados, definen una superficie apta para el riego de 31 894,85 ha, de las cuales 26 211,81 ha, se encuentran en la margen derecha del río Tumbes y 5 683,04 ha, en la quebrada Bocapán. El Proyecto de Irrigación Margen Derecha del río Tumbes, involucra incorporar al sector agrícola un total de 19 900 ha, y para la quebrada Bocapán se ha considerado 4 108 ha, de tierras para riego e incremento de la producción agrícola.

Las actividades antrópicas desarrolladas en los ríos, pueden tener diferentes impactos en las comunidades biológicas que los habitan resaltando que los cambios en la velocidad y altura de escurrimiento tienen relación directa con las alteraciones del caudal, mientras que los cambios en temperatura y oxígeno son condiciones de calidad del agua que son efectos indirectos.

Por este motivo, se han desarrollado numerosos métodos y metodologías para determinar los denominados “Caudales Ecológicos” (QE), de los sistemas acuáticos; los más simples son los métodos hidrológicos o estadísticos, que determinan el caudal mínimo a través del estudio de datos de series de tiempos de caudales.

El río Tumbes cuenta con una estación hidrométrica, la cual tiene más de cuarenta años de registro de caudales (1963-2011). La Estación Hidrométrica El Tigre, se ubica en las coordenadas geográficas $03^{\circ}46'S$ y $80^{\circ}27'W$. La información hidrométrica de esta estación se obtuvo en la sede del Proyecto Binacional Puyango Tumbes. El período de registro que se tomó fue de 1963 a 2011 el mismo que se divide en dos períodos (1963 – 1987) y (1988 – 2011), para cada uno de esos períodos se calcularon los caudales medios anuales, medios mensuales y se determinó el período de estiaje y avenidas; con esta información se calculó los Caudales Ecológicos empleando el método Tennant para el río Tumbes.

En tal sentido los objetivos de esta investigación es; estimar el Caudal Ecológico en el río Tumbes aplicando el método Tennant y analizar su variación espacio – temporal, de acuerdo a su caracterización hidrológica, del mismo modo, se fijó el punto, estación “El Tigre” y dos períodos (1963 – 1987) y (1988 – 2011) de análisis. Se empleó el

método Tennant o Montana, por ser este práctico, sencillo y económico; para su aplicación solo se utilizaron datos de Estaciones Hidrométricas, para la obtención de la distribución mensual del caudal de reserva ecológica (García, et al 1999), y así, podrá constituirse en una primera aproximación al caudal ecológico para estas condiciones y en la legislación ambiental peruana.

1.2. Formulación del problema

La problemática descrita permite plantear la siguiente pregunta de investigación:

Pregunta General:

¿Cuál es el Caudal Ecológico del río Tumbes en la estación Hidrométrica El Tigre, sector Higuerón durante el período 1963 - 2011?

1.3. Justificación de la investigación

La instalación de obras hidráulicas en los cauces de los ríos, origina una regulación artificial de sus caudales, que afectan la flora y fauna fluvial; por ello la gestión del agua y de los recursos biológicos con ella relacionados, debe enfrentarse con frecuencia a la problemática que estas obras hidráulicas ocasionan, y en concreto cuantificar los caudales circulantes mínimos, capaces de mantener los ecosistemas de los ríos regulados.

Considerando que en los cauces regulados circule, al menos los caudales ecológicos o caudales mínimos medioambientales se determinó una metodología crono-espacial de Caudal Ecológico.

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Determinar el caudal ecológico del río Tumbes, utilizando el método hidrológico o Tennant en la estación hidrométrica El Tigre, sector Higuerón durante el período 1963 a 2011.

Objetivos Específicos

Determinar la consistencia de los caudales del río Tumbes para calcular el Caudal Ecológico.

Determinar el régimen húmedo de los años; años muy secos, secos, medios, húmedos y muy húmedos, y su relación con el Caudal Ecológico en el río Tumbes.

Estimar el Caudal Ecológico del río Tumbes y analizar su variación espacial temporal.

Comparar el Caudal Ecológico estimado con el balance oferta-demanda.

3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Hipótesis Intrínseca.

Variables.

Variable Independiente.

El caudal del río Tumbes.

Variable Dependiente.

Caudal Ecológico.

3.2. Delimitación de la investigación

El estudio se realizó en la cuenca Binacional Puyango – Tumbes la misma que tiene su origen en la provincia de El Oro y Portovelo en el Ecuador y el río Tumbes ubicado en la provincia y departamento de Tumbes, desde una altura de 3,600 a 0 msnm. El trabajo de investigación se desarrolló en la parte baja de la cuenca, considerándose el

punto de control del caudal del río Tumbes en la Estación Hidrométrica El Tigre, ya que las obras hidráulicas de captación a instalarse se ubicaran en la parte alta de esta y a partir de allí, será modificado el caudal del mismo con la construcción de una presa derivadora por gravedad en el sector Guanábano, seguida de un sistema de conducción de 56 Km de longitud, teniendo en su trayecto un canal abierto, túneles y sifones hasta el embalse denominado Angostura que es una presa de gravedad de 59 m de altura, habiéndose tomado como límite de ejecución del trabajo de investigación los meses de noviembre de 2013 a abril del 2014, para la determinación del Caudal Ecológico.

3.3. Limitaciones de la investigación

Dada la naturaleza del proyecto de investigación, la bibliografía es un tema de actualidad debido que en el mundo se han desarrollado diferentes metodologías para determinar el Caudal Ecológico, por lo que no existe limitante alguno para desarrollar el presente trabajo de investigación.

4. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

4.1. Definición Operacional de Variables

El caudal de los ríos tiene un régimen variable tal como ocurre en el río Tumbes y el Caudal Ecológico debe estar incluido en los caudales que ocurren en dicho río, tabla 1.

Tabla 1. Operacionalización de las variables de la hipótesis

VARIABLES	DEFINICIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	
		INDICADORES	ÍNDICES
I. INDEPENDIENTES			
1. CAUDAL DEL RÍO TUMBES	Cantidad de agua que discurre por un cauce de río	Volumen de agua/tiempo	m ³ /s
II. DEPENDIENTE			
2) CAUDAL ECOLÓGICO	Régimen fluvial de un cauce de río que permite mantener el funcionamiento del ecosistema	Volumen de agua/tiempo	m ³ /s

4.2. Unidad de análisis, universo y muestra

a) Unidad de análisis

Caudal del río Tumbes en el período 1963 al 2011.

b) Universo

Caudales del río Tumbes.

c) Muestra

Registro histórico (1963 – 2011) de los caudales del río Tumbes de la estación hidrométrica El Tigre de la ciudad de Tumbes.

4.3. Tipo y descripción del diseño metodológico

Según los criterios más usados por los investigadores, la investigación se tipifica como se expone en la tabla 2.

Tabla 2. Tipificación de la investigación según los criterios más importantes

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad	Básico
Estratégica o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa
Objetivos (alcances)	Descriptivos explicativa
Fuente de datos	Primaria (de datos primarios)
Control en el diseño de la prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde se realizará	Campo
Intervención disciplinaria	Multidisciplinaria

Fuente: Arévalo et al. (2003)

4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de los datos

En la tabla 3, se presentan los detalles sobre las fuentes de los datos, las técnicas y los instrumentos que se usaron para la recolección de los datos para las variables en estudio.

Tabla 3. Fuentes, técnicas e instrumentos para la recolección de los datos de las variables

VARIABLES	RECOLECCIÓN DE DATOS				
	INDICADORES	ÍNDICE	FUENTE DE DATOS	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
CAUDAL DEL RÍO TUMBES DE LA ESTACIÓN EL TIGRE	Cantidad de agua	m ³ /s	Registro	Observación	Medidor de caudal
	Caracterización de régimen, Oferta	%	Registro	Cálculo	Hoja Excel
CAUDAL ECOLÓGICO DEL RÍO TUMBES	Mínimo caudal de agua	m ³ /s	Registros	Cálculo	Hoja Excel
DEMANDA DE LA ZONA AGUAS ABAJO DE LA ESTACIÓN EL TIGRE	Cantidad de agua para uso agrícola, poblacional, industrial	m ³ /s	Registros	Cálculo	Hoja Excel

Técnicas de procesamiento y análisis de los datos

El análisis de la información se determinó mediante la relación de la calidad, confiabilidad, continuidad y cantidad de datos, sometiéndose esta información al análisis de consistencia de las muestras hidrológicas, incluyendo la detección y corrección de posibles errores sistemáticos, complementación de datos faltantes y extensión de series cortas a periodos más largos; asimismo estadísticos de tendencia central media.

El análisis de la información hidrometeorológica se realizó en las componentes determinísticas transitorias de la serie: saltos y tendencias; en cada una de las cuales se analizó la consistencia de los parámetros estadísticos más importantes: media y varianza.

5. ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Antes de la aplicación de los instrumentos de la investigación se dió a conocer el propósito del estudio y se coordinó con las autoridades del Proyecto Binacional Puyango – Tumbes para solicitarles se proporcione los registros foronómicos de la Estación Hidrométrica El Tigre.

CAPÍTULO II

2) MARCO TEÓRICO

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA

El análisis de consistencia de la información hidrométrica es una técnica que permite detectar, identificar, cuantificar, corregir y eliminar los errores sistemáticos de la no homogeneidad e inconsistencia de una serie hidrométrica.

El análisis de consistencia se realiza con tres métodos tales como son:

- . Análisis visual de hidrogramas.
- . Análisis doble masa.
- . Análisis estadístico.

Análisis visual de hidrogramas

Este análisis se realizó para detectar e identificar la inconsistencia de la información hidrométrica en forma visual, e identificar el período o los períodos en los cuales los datos son dudosos, los que se reflejan como “picos” muy altos o valores muy bajos “saltos” y/o “tendencias”, se efectuaron con el fin de comprobar, si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido o son producidos por errores sistemáticos, mediante un gráfico o hidrógrama de las series de análisis, en coordenadas cartesianas ploteando la información histórica de la variable hidrométrica a nivel anual y mensual; en las ordenadas se ubica los valores anuales o mensuales de la serie hidrométrica en sus unidades respectivas y en las abscisas el tiempo en años o meses.

Análisis doble masa

Después de haber analizado los hidrogramas de las series respectivas se efectuó el análisis de doble masa. El diagrama de doble masa se obtuvo ploteando en el eje de las abscisas, el caudal anual promedio acumulado de la variable hidrométrica de los ríos en sus unidades respectivas y en el eje de las ordenadas el caudal anual acumulado de la

variable hidrométrica en unidades correspondientes de cada una de las estaciones hidrométricas consideradas en el estudio. De los gráficos de doble masa se selecciona una estación más confiable, la que presenta el menor número de quiebres, la cual se usará como estación base para el análisis de otras estaciones

En este análisis, los errores producidos por los fenómenos naturales y sistemáticos son detectados mediante los “quiebres”, que se presentan en los diagramas y permiten determinar el rango de los periodos dudosos y confiables para cada estación en estudio, la cual se corrigió utilizando criterios estadísticos.

TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

IDENTIFICACIÓN DE SALTOS

Se realiza mediante un análisis estadístico o sea mediante un proceso de inferencia para las medias y desviaciones estándar, de ambos períodos, mediante las pruebas de T de Students y F de Fisher respectivamente.

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^n X_i ; \text{ Ec. 01} \quad S_1 = \left[\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_1)^2 \right]^{1/2} \text{ Ec. 03}$$

$$\bar{X}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^n X_i ; \text{ Ec.02} \quad S_2 = \left[\frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_1)^2 \right]^{1/2} \text{ Ec.04}$$

X₁ = información de análisis.

X₁ , X₂ = medias del período 1 y 2 respectivamente.

S₁ , S₂ = desviaciones estándar del período 1 y 2 respectivamente.

n₁ , n₂ = tamaño del período 1 y 2 respectivamente.

n = tamaño de muestra = n₁ , n₂

a. Consistencia en la Media (Prueba de Medias)

H.p. : $\mu_1 = \mu_2$ (media poblacional)

H.a. : $\mu_1 \neq \mu_2$

$\alpha = 0.05$

Cálculo de las desviaciones estándar de promedios y ponderado

$$S_d = S_p \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{1/2} \quad \text{Ec. 05}$$

$$S_1 = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 06}$$

Dónde:

S_d = desviación estándar de los promedios.

S_p = desviación estándar de los promedios.

. Realización de la prueba de “T”

$$T_c = \left[\frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) + (\mu_1 - \mu_2)}{S_d} \right] \quad \text{Ec. 07}$$

Dónde: $\mu_1: \mu_2 = 0$ (por hipótesis); T_c es el estadístico T calculado, El valor T_t = Tabulado), se calculó con: $\alpha = 0.05$ y G.L = $n_1 + n_2 - 2$

. Conclusión

$$\text{Si } |T_c| < T_t(95\%) \quad \bar{X}_1 = \bar{X}_2 \quad (\text{Estadísticamente})$$

$$\text{Si } |T_c| > T_t(95\%) \quad \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2 \quad (\text{Estadísticamente})$$

Consistencia en la Desviación Estándar (Prueba de variancia)

Cálculo de las variancias de ambos períodos S_1^2 y S_2^2

Prueba estadística de “F”

$$H_p: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_a: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

$\alpha = 0.05$

. Cálculo de “F”

$$F_c = \frac{S_1^2 / \sigma_1^2}{S_2^2 / \sigma_2^2} = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{Ec. 08} \quad \text{Si: } S_1^2 > S_2^2$$

$$F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2} \quad \text{Ec. 09} \quad \text{Si: } S_2^2 > S_1^2$$

. Hallar el valor de F_t en las tablas con:

$$\alpha = 0.05$$

$$\text{G.L.N.} = n_1 - 1 \text{ (grados de libertad del numerador)}$$

$$\text{G.L.D.} = n_2 - 1 \text{ (grados de libertad del denominador)}$$

$$F_c = \text{valor de F calculado}$$

$$F_t = \text{valor de F tabulado}$$

Criterios de decisión

$$\text{Si } F_c < F_t(95\%) \quad S_1 = S_2 \quad \text{(Estadísticamente)}$$

$$\text{Si } F_c > F_t(95\%) \quad S_1 \neq S_2 \quad \text{(Estadísticamente)}$$

Corrección de la información

$$X_t^1 = \left[\frac{X_t - \bar{X}_1}{S_1} \right] S_2 + \bar{X}_2 \quad \text{Ec. 10}$$

$$X_t^1 = \left[\frac{X_t - \bar{X}_2}{S_2} \right] S_1 + \bar{X}_1 \quad \text{Ec. 11}$$

En ambos casos: X_t^2 = valor corregido de la información

X_t = valor a ser corregido

COMPLETACIÓN DE DATOS MEDIANTE EL MÉTODO DE RAZONES

NORMALES

$$P_x = \frac{1}{3} \left(\frac{M_x}{M_A} P_A + \frac{M_x}{M_B} P_B + \frac{M_x}{M_C} P_C \right) \quad \text{Ec. 12}$$

COMPLETACIÓN DE DATOS MEDIANTE REGRESIÓN SIMPLE

Regresión lineal simple:

$$Y = a + bX \quad \text{Ec. 13}$$

Regresión logarítmica:

$$Y = a + b \ln (X) \quad \text{Ec. 14}$$

Forma linealizada:

$$\ln(Y) = \ln (a) + b \ln (X) \quad \text{Ec. 15}$$

Regresión Potencial:

$$Y = a X^b \quad \text{Ec. 16}$$

Forma linealizada:

$$\ln(Y) = \ln (a) + b X \quad \text{Ec. 17}$$

Regresión exponencial:

$$Y = a \exp (bX) \quad \text{Ec. 18}$$

Todas estas ecuaciones pueden ser analizados como modelo de regresión lineal simple, usando su forma linealizada, (Mejía, 2012).

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS

La Curva de Caudales Clasificados CCC o Curva de Duración de Caudales CDC, es muy usado en estudios previos de aprovechamiento de un río ya que muestra el porcentaje de tiempo en el que un cierto valor de caudal es igualado o excedido, también indica que los caudales mayores tienen menos probabilidad de ocurrencia durante un año. Se usa también en la definición de Caudal Ecológico, en la planeación de recursos hidráulicos, para evaluar el potencial hidroeléctrico de un río, para estudios de control de inundaciones, en el diseño de sistemas de drenaje, para calcular la carga de sedimentos y para comparar cuencas cuando se desea trasladar registros de caudales. Se puede construir anual, mensual, estacional o diario dependiendo de las necesidades del proyecto. Los promedios que se usan son los promedios de todos los años del registro (Fattorelli, Frenandez, 2012).

ANÁLISIS DE PERSISTENCIA – PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE CAUDALES MEDIOS

El análisis estadístico de probabilidad de ocurrencia de caudales medios mensuales, en el presente estudio está regido por el uso del agua con fines de riego. La disponibilidad hídrica para los ríos a diferentes niveles de persistencia se ha determinado empleando la fórmula de Weibull y que corresponde al 50%, 75% y 95%, persistencia en el tiempo, optándose por este método debido a que, no se trata de extrapolar valores fuera del rango de frecuencias de los valores observados, la fórmula de Weibull, es la de mejor justificación estadística:

$$P(X \geq X_m)_{\text{emp}} = \frac{m}{n + 1} \quad \text{Ec. 19}$$

Donde n es el número total de datos y m es la posición de un valor en una lista ordenada por magnitud descendente del respectivo valor de caudales al que se refiere la probabilidad P de excedencia (Ministerio de Agricultura, 2003).

CONCEPTO CAUDAL ECOLÓGICO

Los Caudales Ecológicos se definen como el régimen fluvial en un cuerpo de agua que permite mantener el funcionamiento del ecosistema acuático en condiciones naturales. La legislación ambiental en México – Ley de Aguas Nacionales (LAN), Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA), en concordancia con la legislación de países europeos, establece la necesidad de definir caudales en las corrientes superficiales perennes que permitan, ante los diversos usos que se le dan al agua que circula por ellas, la existencia o permanencia de la fauna acuática (Santa Cruz y Germán, 2010).

De acuerdo al Manual de “Determinación de Caudales Ecológicos en Cuencas con Fauna Íctica Nativa y en Estado de Conservación” (DGA, 2008), indica que “el caudal

mínimo ecológico implica mantener las condiciones de hábitat que sustentan la flora y fauna acuática, así como también sus interacciones y procesos”

Los caudales ambientales o ecológicos son una herramienta que permite cuantificar las restricciones al uso del recurso (artículo 59.7 texto de la Ley de Aguas 10/01 de 5 de julio). También nos permite cuantificar las demandas ambientales de la cuenca (García 1990); así pueden ser utilizados en la gestión, incluyendo una limitación a la extracción de recursos superficiales y animamos a los gestores a la búsqueda de soluciones, indagando todas las alternativas posibles, para poder implementarlos y así conseguir los objetivos de conservación de los sistemas hídricos que nos impone la Dirección Medio Ambiental DMA (Manual de determinación de Caudales Ecológicos), lo que justifica su consideración en los sistemas de gestión (Sanz, 2008).

Un caudal circulante por un cauce podría ser considerado como ecológico, siempre que fuese capaz de mantener el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que ese cauce contiene en condiciones naturales.

Es evidente, que existe una gama amplia de caudales circulantes que son ecológicos para un determinado cauce; así podríamos definir, dentro de esta gama de caudales, entre unos extremos máximos y otros mínimos. En los casos más frecuentes, en que el agua es considerada un recurso escaso, nos interesará especialmente ese valor mínimo; pero habrá casos en que será necesario variar muy rápidamente un embalse (ante la amenaza de inundaciones, la necesidad de producción hidroeléctrica, o de trasvase de aguas), y en estos casos habrá que fijar también los valores máximos del caudal circulante por el cauce, para mantener la estabilidad de los recursos biológicos.

Se denomina Caudal Ecológico, al volumen mínimo de agua por unidad de tiempo que puede escurrir en forma superficial por un curso fluvial, capaz de garantizar la conservación de la vida acuática fluvial.

El uso de obras hidráulicas origina una regulación artificial de caudales que afectan profundamente la fauna reófila, ya por grandes fluctuaciones de nivel provocadas (la mayoría de ellas mucho más dramáticas que las debidas a la torrencialidad natural), siendo también por desfase temporal en que ocurren respecto a la fenología natural. Las obras hidráulicas son tan abundantes en los ecosistemas fluviales que, en la actualidad, son pocos los ríos cuyos caudales no están regulados artificialmente; por ello, la Gestión del Agua y de los recursos biológicos con ellas relacionados debe enfrentarse con frecuencia a la problemática que estas obras originan y en concreto cuantificar los caudales circulantes mínimos capaces de mantener los ecosistemas de los tramos de río regulados (García y Gonzales, 2009).

La creciente demanda social de un medio ambiente más limpio ha impuesto en la planeación hidráulica la consideración de que los cauces regulados circulen, al menos, unos “Caudales Ecológicos” o “Caudales Mínimos Medioambientales” comprende enfoques científicos que normalmente ocupan a profesionales diferentes, con áreas de trabajo disjuntas. El término caudal es elemento básico de hidráulicos de ingenieros gestores del recurso agua, mientras que el adjetivo ecológico nos refiere al mundo de la biología y de la gestión de la naturaleza. Por ello, la fijación de caudales ecológicos es una tarea con una clara vocación multidisciplinaria.

La modificación del flujo hídrico por la extracción de agua o por el funcionamiento de hidroeléctricas y grandes embalses ha causado cambios en la estructura y funcionalidad de los ecosistemas acuáticos. Por esta razón surge el instrumento “caudal ecológico” con el cual se pretende proteger mediante la mantención de un cierto volumen de agua dentro del cauce los valores ecológicos de los ríos. Sin embargo, las aproximaciones metodológicas utilizadas para determinar esa cantidad de agua necesaria han sido ampliamente criticadas por estimar caudales mínimos constantes sin criterio ecológico y

desconsiderando la importancia de la variabilidad natural del régimen hidrológico (Domínguez, 2008).

BASES LEGALES

El Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley 29338, en su título V Protección del Agua, cap. VII, artículo: 153°, **Caudal Ecológico**, nos indica:

153.1. Se entiende como Caudal Ecológico, al volumen de agua que se debe mantener en las fuentes naturales de agua para la protección o conservación de los ecosistemas involucradas, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico cultural.

153.2. En cumplimiento del principio de sostenibilidad, la Autoridad Nacional del Agua, en concordancia con el Ministerio del Ambiente, establecerá los caudales de agua necesarios que deban circular por los diferentes cursos de agua, así como, los volúmenes necesarios que deban encontrarse en los cuerpos de agua, para asegurar la conservación, preservación y mantenimiento de los ecosistemas acuáticos estacionales y permanentes.

153.3 Los Caudales Ecológicos se mantienen permanentemente en su fuente natural, constituyen una restricción que se impone con carácter general a todos los usuarios de la cuenca, quienes no podrán aprovecharlos bajo ninguna modalidad para uso consuntivo.

153.4. En caso de emergencia de recursos hídricos por escasez, se priorizará el uso poblacional sobre los Caudales Ecológicos.

153.5. Los Caudales Ecológicos se fijarán en los planes de gestión de los recursos hídricos en la cuenca. Para su establecimiento, se realizarán estudios específicos para cada tramo del río.

153.6. Los estudios de aprovechamiento hídrico deberán considerar los Caudales Ecológicos conforme con las disposiciones que emita la Autoridad Nacional del Agua.

En su artículo 154°. Características del Caudal Ecológico, nos indica que pueden presentar variaciones a lo largo del año, en cuanto a su cantidad, para reproducir las condiciones naturales necesarias para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos y conservación de los cauces de los ríos.

Artículo 155° nos indica la metodología para determinar el caudal ecológico, la misma que será establecida por la Autoridad Nacional del Agua, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, con la participación de las autoridades sectoriales competentes, en función a las particularidades de cada curso o cuerpo de agua y los objetivos específicos a ser alcanzados.

DEMANDA DE AGUA

La demanda mensual de agua para uso poblacional se ha considerado un consumo por habitante de 250 litros/habitante/día, en el ámbito urbano y 80 litros/habitante/día en el ámbito rural; observándose un consumo en el departamento de Tumbes un total de 45 437,448.4 m³/año en el año 2010.

Existen un total de 11 930 ha de tierras cultivables y 10 030 ha, bajo riego, de las cuales se cultivan actualmente alrededor de 9 232 ha.

La demanda actual observada en el Plan de Cultivo y Riego PCR en el periodo 2000 – 2001 es de 388.71 MMC anuales, lo que representa un módulo promedio de 25 615 m³/ha. En este caso la Junta de Usuarios ha utilizado el 70% de eficiencia en conducción y distribución.

Los módulos de riego referenciales que maneja la Junta de Usuarios y la Administración Técnica del Distrito de Riego de Tumbes ATDR, para los cultivos de arroz es de 18 000 m³/ha, 21 000 m³/ha, para plátano y 6 500 m³/ha, para maíz.

Otros usuarios como es el sector industrial, esta información es escasa pero se ha reportado pequeñas fábricas de hielo y productos hidrobiológicos en Contralmirante

Villar, que son abastecidos por la Empresa Municipal de Agua Potable de Tumbes, estimándose un 2% del consumo poblacional; también se considera el sector langostinero como uso industrial, existiendo información que se sembraron 5 000 ha. En 1998, con un consumo de agua dulce de 132 MMC anuales, que representan un 30% de lo utilizado, el 70% es agua de mar. La demanda agrícola según la Junta de Usuarios de Tumbes, en la cuenca en gestión Puyango – Tumbes.

MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO

Los métodos para estimar los Caudales Ecológicos se agrupan en los que hacen uso de los caudales medidos en estaciones hidrométricas y los que hacen uso de los métodos de simulación del hábitat, en los que se determinan parámetros hidráulicos que tienen incidencia en la distribución de los organismos acuáticos y con los que se obtiene respuesta de estos parámetros (García, Paz y Soldan 1997).

Actualmente se tienen identificados 200 métodos para la estimación de los Caudales Ecológicos los cuales se usan en más de 50 países (Arthington et al 2005; Stewardson, 2005), estos se agrupan en cuatro tipos: 1). Métodos Hidrológicos; 2). Métodos de Evaluación Hidráulica; 3). Métodos de evaluación del Hábitat y 4). Métodos Holísticos (Arthington et al 2005; Stewardson, 2005; Maunder y Hindley, 2005). Los que pertenecen a los dos últimos grupos son los más complejos. En estos se encuentran el llamado Building Block Methodology que es usado en Sudáfrica (Hughes et al 2003; Uughes, 1999) y el Instream Flow Incremental Methodology (IFIM), que es de los más usados en países desarrollados (Martinez, 2001; McKenny y Read 1999); estos requieren de tiempo, recursos económicos y de experiencia técnica, además de información biológica (Acreman y Dunbar, 2004; García y Paz-Soldan, 1997, Pyrcce, 2004).

Los métodos hidrológicos, son los más empleados en los países en vías de desarrollo, como México (García, et al 1999) y Nepal (Smakhtim, 2001); su principal desventaja es que la significación ecológica de las estadísticas hidrológicas no es clara; el mejor conocido de ellos es el método Tennant, que fue desarrollado en Estados Unidos de Norteamérica (Smakhtim, 2001; Stewardson, 2005); es ampliamente usado en la planeación a nivel de cuencas hidrográficas, (Acreman y Dumbar, 2004), dentro de los métodos hidrológicos también se incluye al método matemático suizo y al criterio establecido en la Ley de aguas de Francia (García y Paz-Soldan, 1997).

El método Tennant establece los siguientes criterios:

1. El 10% del caudal medio anual es el mínimo recomendable para mantener un hábitat que permite en un corto plazo la sobrevivencia de la mayoría de las formas de vida acuática;
2. El 30% del caudal medio anual es recomendable para mantener un hábitat adecuado para la supervivencia de las diversas formas de vida acuática;
3. El 60% del caudal medio anual es recomendable para generar un hábitat de características excelentes a excepcionales para la mayoría de las formas de vida acuática, durante los períodos de crecimiento iniciales, (García, et al, 1999, Maunder & Hindley, 2005 Pyrcce , 2004), en tal sentido, el método Tennant identifica diferentes niveles de caudales recomendados como adecuarlos para la vida acuática como base en diversas proporciones de los caudales medios (Acreman & Dumbar, 2004; Smakhtim, 2001; Stewardson, 2005), proporciona de manera rápida y económica una aproximación de los Caudales Ecológicos, considerando a éstos como un porcentaje del caudal medio anual (Pyrcce, 2004).

Este método está desarrollado y puesto a punto por hidrólogos del Estado de Montana partiendo de datos de once ríos (Elser, 1972; Tennant, 1974, 1976), con poblaciones de salmónidos y de ciprínidos, se basa en la hipótesis de que “las condiciones de hábitat para la vida piscícola son cualitativamente muy parecidas en una corriente de agua o en otra para un mismo porcentaje del caudal medio anual”. Para su aplicación se estudian tres variables, consideradas fundamentales en la capacidad de acogida del medio para especies piscícolas; estas son: el porcentaje de perímetro mojado con respecto a la anchura del lecho, profundidad y la velocidad media.

La evolución de los valores de estas tres variables en función del caudal medio anual, según los autores, justifica los intervalos elegidos. El 10% del caudal medio es un mínimo a respetar imperativamente, para evitar una fuerte degradación del medio. El caudal se obtiene utilizando los criterios expuestos en la tabla 4 (Mayo, 2010).

Tabla 4. Recomendaciones de caudal según Tennant (1976), para distintas épocas del año.

Caudal mínimo instantáneo en % del caudal medio anual		Criterio Cualitativo	Observaciones
Oct - Mar	Abr - Sep		
> 10	> 10	Muy insuficiente	Severa degradación para la mayoría de los elementos del medio acuático
10	10	Débil	Mínimo: permite proteger temporalmente algunos habitats para los organismos acuáticos.
10	30	Aceptable	Caudal recomendado para mantener los habitats y la vida acuática.
20	40	Bueno	—
30	50	Muy Bueno	—
40	60	Excelente	Particularmente para los primeros estadios de desarrollo de la mayoría de los organismos acuáticos y para la mayoría de uso recreativo.
60 - 100	60 – 100	Rango Óptimo	—
200	200	Máximo	Valores mayores pueden causar severos procesos de erosión de rivera y degradación del ecosistema acuático.

El Método Montana (Tennant 1976), es quizás el más conocido de los hidrológicos, y el más popular en Estados Unidos, aplicándose en numerosos estados (Reiser et al., 1989). Basándose en los resultados de numerosos estudios llevados a cabo durante diez años en once ríos de los Estados de Montana, Nebraska y Wyoming (E.E.U.U), Tennant (1976), estableció el principio empírico de que un mismo porcentaje del caudal medio anual crea unas condiciones de hábitat para peces cualitativamente similares en distintos tramos de río. Consecuentemente, propuso una relación cuantitativa entre porcentajes del Caudal Medio Anual (Q_m) y la calidad de hábitat recomendado para la vida piscícola, recreo y diversos usos del agua, partiendo de la afirmación de que el hábitat piscícola se ve altamente degradado con valores del caudal inferior al 10% del caudal medio anual Q_m .

Tennant, observó que la anchura de la lámina de agua, profundidad y velocidad del agua variaban en mayor medida al variar el caudal circulante entre los valores de 0 y 10% del Q_m que en cualquier otro rango de variación de caudal, y que como mediada, el 10% del Q_m cubría aproximadamente el 60% del máximo perímetro mojado. También observó que un caudal equivalente al 10% del Q_m proporcionaba profundidad y velocidades medias de 0.3 m/s y 0.23 m/s respectivamente, valores que consideraba estaban al límite de lo aceptable basándose en otros estudios realizados. También concluyó que un 30% del Q_m creaba un hábitat suficiente para la supervivencia de la mayoría de las formas de vida acuática ya que proporcionaba anchura, profundidades y velocidades satisfactorias, y por otro lado la mayoría de las zonas poco profundas (rápidos y orillas arenosas), quedaban cubiertas con suficiente agua para que los peces adultos pudieran moverse en ellas. Para caudales que representan el 60% del Q_m Tennant concluyó que el 60% del Q_m proporcionaban condiciones de hábitat excelentes. Estas recomendaciones fueron obtenidas del análisis de cientos de regiones

de caudales en una gran variedad de tramos de río próximos a estaciones de aforo con diferentes regímenes de caudales en 21 estados diferentes, durante el periodo de 1959 a 1976 (Tennant 1976), lo que a la vez sirvió para comprobarlo y verificarlo experimentalmente, como se muestra en la figura 1.

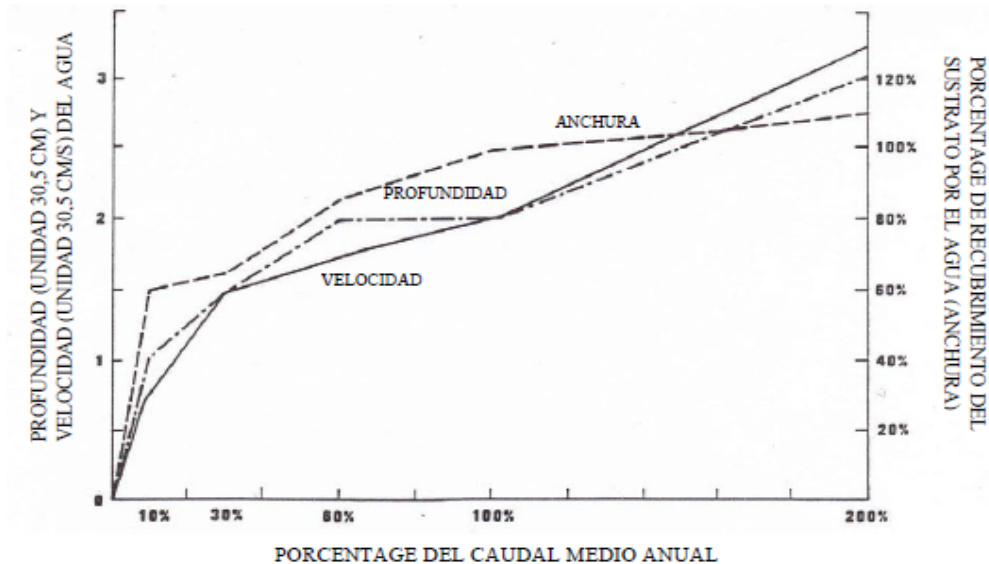


Figura 1. Comprobación y verificación experimental del método Montana (Fuente: Tennant, 1976).

Una ventaja importante de este método es que el único dato que necesita para su aplicación es el caudal medio anual, el cual se puede obtener fácilmente de la red de estaciones de aforo de forma directa, o extrapolando a partir de parámetros conocidos en la mayoría de nuestros ríos. Sin embargo presenta el inconveniente de que al haber sido elaborado para ríos que poseen rangos medios de caudales, y al no tener en cuenta la variabilidad estacional del régimen de caudales en nuestros ríos, puede recomendar en algunos casos valores de caudales mínimos difíciles de defender ya que no se ajustan las características específicas para cada río (en ríos el 10% del Q_m puede dar valores muy pequeños, mientras que en ríos muy variables el 30% puede dar valores excesivamente altos). De hecho, existen estudios que muestran que el método sobrestima las recomendaciones del caudal mínimo en ríos con gran variabilidad estacional. Aunque el

autor concibió el método como una técnica para establecer caudales operativos en un tramo de río, el método puede ser usado para justificar un rango amplio de caudales y las recomendaciones basadas en ese rango no serán por tanto ni específicas para cada caso ni fácil de defender (Alcázar, 2007).

El método Tennant establece los siguientes criterios: 1. El 10% del caudal medio anual es el mínimo recomendable para mantener un hábitat que permita en un corto plazo la sobrevivencia de la mayoría de las formas de vida acuática; 2. El 30% del caudal medio anual es recomendable para mantener un hábitat adecuado para la sobrevivencia de las diversas formas de vida acuática; 3. El 60% del caudal medio anual es recomendable para generar un hábitat de características excelentes a excepcional para mayoría de las formas de vida acuática, durante los períodos de crecimiento iniciales. En tal sentido, el método Tennant, identifica diferentes niveles de caudales recomendados como adecuados para la vida acuática con base en diversas proporciones de los caudales medios. Tabla 4 (Santacruz de León, Aguilar, 2008).

Los métodos hidrológicos, son una serie de procedimientos basados en el análisis de series hidrológicas en régimen natural para la estimación del caudal ecológico a través del empleo de expresiones empíricas o estadísticas. Existe una gran cantidad de métodos, pudiendo diferenciarse entre aquellos en los que el resultado consiste en un valor único para todo el año hidrológico, y aquellos otros que proporcionan un valor de Caudal Ecológico mensual distribuido a lo largo del año hidrológico. Estos últimos son, en principio, más aconsejables ya que se establece un régimen de caudales.

Estos métodos requieren de una serie hidrológica histórica en la que años secos y húmedos están presentes con la adecuada representatividad. Se considera que la duración mínima para que la serie sea suficientemente representativa es de 20 años.

Los métodos hidrológicos no consideran aspectos ecológicos y en su formulación no tienen en cuenta los efectos que sobre el hábitat pueden originar el régimen de caudales ecológicos adoptado. No obstante, son sencillos de aplicar y al necesitar únicamente los caudales en régimen natural pueden dar una primera aproximación de los valores del caudal ecológico en situaciones de escasez de registro de otras variables hidráulicas y geomorfológicas (Perales, 2010)

El método Montano o Tennant desarrollado por Tennant en los Estados Unidos, para ser usado en la planificación a largo plazo en las pisciculturas en ese país. Tennant uso una serie de observaciones personales realizadas en Montana y el medio oeste para categorizar las corrientes de acuerdo a las variaciones de la calidad de hábitat de la trucha dependiendo de los caudales que escurrían por los cauces. El método consiste en determinar un caudal mínimo expresado como un porcentaje del caudal medio anual que sustenta la calidad de hábitat para peces.

Dado que la metodología fue realizada en base a observaciones del autor, este considera la clasificación de la calidad del hábitat de acuerdo al juicio profesional del observador. Este método se aplicó a tramos del río en estudio en función de los registros de caudales medios mensuales en sus cauces, tal como se indica en la tabla 1 (Estudio del caudal ecológico en el río Fuy, proyecto hidroeléctrico Neltume Edensa Chile).

El método Tennant está basado en un estudio realizado por la US Fish and Wildlife Service, en once arroyos ubicados en Estados Unidos de Norteamérica, en los Estados Unidos de Montana, Nebraska y Wyoming. El objetivo del mismo fue encontrar una relación entre el caudal y la disponibilidad de hábitat para la biota acuática. Tennant, dividió el año en un periodo seco y otro lluvioso, para los cuales propuso caudales expresados como porcentajes del Caudal Medio Anual (CMA), relacionándolos con grados de conservación. A partir del mismo, se determinó que el hábitat comenzaba a

degradarse cuando el flujo era inferior a 10% del flujo medio anual; esto asociado a una velocidad media de 0.25 m/s a una profundidad media de 0.3 m (Tennant) (Empresa del Grupo Endesa 2009).

La demanda de agua superficial para fines productivos está aumentando progresivamente como respuesta a un crecimiento económico deseado, a la vez que la sociedad está reclamando una gestión de los ríos verdaderamente ambiental. Las Regiones de caudales ecológicos constituyen una herramienta fundamental en los planes de Ordenamiento de Cuencas, al posibilitar un manejo del agua racional que compagine sus distintos usos y preserve la funcionalidad del ecosistema fluvial; también manifiesta que una de las técnicas de mayor aplicación en el ámbito mundial es el de Tennant (1976). Se referencia su empleo al menos en 25 países y es el segundo método más aplicado en EEUU, Canadá, se fundamenta en la relación observada entre el caudal y la calidad del hábitat para la trucha, evaluada integrando las idoneidades individuales de la profundidad, la velocidad y la anchura del cauce. Los caudales recomendados se desglosan en dos periodos del año, en cada uno de los cuales se especifica unos porcentajes del caudal medio interanual necesario para lograr una calidad de hábitat fluvial determinada basada en la Tabla 4 (Diez, 2005).

El método de Tennant, también llamado método Montana, debido a que fue desarrollado en 1976 para ríos de esta región de los Estados Unidos, es un método basado en los registros históricos de caudales medios diarios (Tennant 1976). La relevancia de este método radica en su popularidad, ya que para 1989 eran utilizados en 16 Estados de EE.UU (Reiser, et al. 1989), siendo superado únicamente por el Instream Flow Incremental Methodology, IFIM, (Redondo, Andrés I.C. 2011).

Para el desarrollo de la metodología se utilizaron diez años de observaciones y mediciones biológicas para la trucha de once ríos de Montana. Con estas mediciones el

método propone relaciones entre parámetros físicos del cauce (ancho, profundidad y velocidad media), y la disponibilidad del hábitat para especies en particular. Con esto, se reconoce la relación existente entre los valores de caudal y las características propias del hábitat (Castro, et al. 2006).

El método propone dividir el año en dos periodos: húmedo y seco, y considera el Caudal Ecológico con un porcentaje del caudal medio anual, diferenciado para la temporada seca (octubre a marzo), y la temporada húmeda (abril a septiembre), para la climatología de los EE.UU. Ver tabla 5, se muestran las recomendaciones de caudales ambientales propuestos por Tennant para diferentes estados ecológicos y en la figura 2 se muestra una aplicación directa del método con los datos de la estación San Isidro, en el río Quito.

Tabla 5. Recomendaciones de caudales para distintos estados ecológicos según el método Tennant (Aguilimpia y Castro 2006).

Estado Ecológico	Régimen de caudales recomendados (Porcentaje del caudal medio)	
	Octubre – Marzo (Período Seco)	Abril – Septiembre (Período Húmedo)
Caudales Generados	200	
Óptimo	60 - 100	
Sobresaliente	40	60
Excelente	30	50
Bueno	20	40
Débil	10	30
Pobre	10	10
Degradación Alta	0 - 10	

La metodología también establece que en la corriente comienza a presentarse condiciones de degradación cuando el caudal de la corriente es menor al 10% del caudal medio mensual, pues la profundidad de flujo, el ancho de la lámina de agua y la velocidad media disminuye drásticamente. Cabe anotar que la relación entre estas características hidráulicas de la corriente y los porcentajes propuestos por el método,

puede variar para corrientes con distintos regímenes hidrológicos, y por ello, en una aplicación estricta a un proyecto de ingeniería, debe ser evaluada para la reformulación de las recomendaciones de mantenimiento de estado ecológico especificados en la tabla 5.

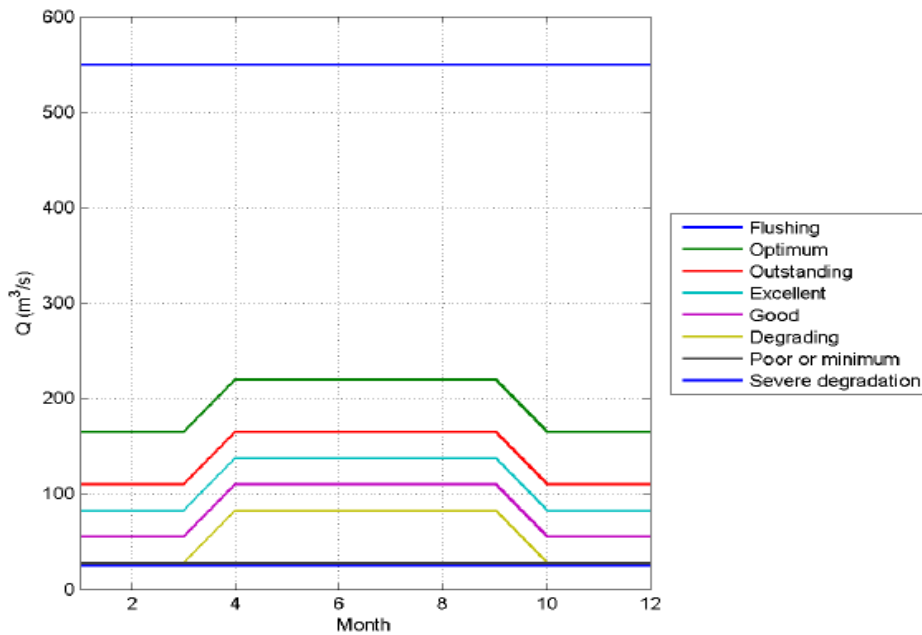


Figura 2. Caudales Ecológicos según Tennant para la Estación San Isidro, Río Quito.

La consideración del parámetro de caudal medio anual como único criterio para determinar los caudales ambientales es una de las principales desventajas del método, pues no describe cambios a corto o largo plazo en las variables de caudal, ni tampoco tiene en cuenta variabilidad temporal en la escala intra-anual.

Los estudios llevados a cabo en las 11 corrientes del estado de Montana fueron codirigidos con biólogos especializados en pesca, y los resultados mostraron que las condiciones de hábitat son impresionantemente similares en la mayoría de cauces con el mismo porcentaje de caudal medio (Tennant 1976). Una ventaja del método es que, al definir diferentes estados ecológicos objetivo, permite gestionar el uso del recurso hídrico según los objetivos de manejo de la cuenca.

Los procesos hidrológicos, deducen el Caudal Ecológico a partir de diversos tratamientos estadísticos de la serie de caudales naturales representativos (análisis de series temporales, caudales clasificados, medias móviles, etc). Esta descarga única se expresa generalmente como un porcentaje de estadística de tendencia central, como percentiles de curvas de duración, o bien asociados a un periodo de retorno. Estos enfoques precisan de unos conocimientos técnicos y datos de entrada relativamente simples, lo que explica su aplicación profusa en contextos de escasa controversia y a distintas escalas operativas. Sin embargo, estos métodos poco flexibles adolecen de una resolución baja e incertidumbre significativa, lo cual limita la transferibilidad a condiciones disimilares a las que fundamentaron sus desarrollo (Vílchez, 2010).

El método Montana, fue desarrollado por Tennant en los Estados Unidos, para ser usado en planificación a largo plazo en las pisciculturas en este país. Tennant uso una serie de observaciones personales realizadas en Montana y el medio oeste para categorizar las corrientes de acuerdo a las variaciones de la calidad del hábitat de la trucha dependiendo de los caudales que escurrían por los cauces. El método consiste en determinar un caudal mínimo expresado como un porcentaje del caudal medio anual que sustente la calidad de hábitat para peces. Dado que la metodología fue realizada en base a observaciones del autor, este considera la clasificación de la calidad del hábitat en base al juicio del experto, véase tabla 4 (Proyecto Central Hidroeléctrica Angostura Rio Bio Bio, 2008).

El Caudal Ecológico se deduce a partir de datos hidrológicos tratados mediante diversos mecanismos (Caudales clasificados, porcentajes de caudales medios, análisis de series temporales). Pueden incorporar diversas fórmulas e índices hidrológicos, variables propias de la cuenca, o consideraciones hidráulicas, biológicas y/o geomorfológicas. En todo caso, sólo requieren ciertos conocimientos hidro-ecológicos. Los índices utilizados

se eligen a partir de combinaciones de análisis estadísticos y observaciones directas en ríos de similares condiciones hidrológicas y/o ecológicas, (Magdaleno, Fernando 2004). El método de Tennant o de Montana, fue desarrollado por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos de América, (US Fish and Wild Life Service). En este se calculan los caudales con base en los promedios anuales de los registros hidrométricos de por lo menos 10 años anteriores a la construcción de la presa elegida. Así mismo señala a la profundidad, la velocidad de la corriente y el ancho del cauce a nivel de la superficie libre del agua como las variables determinantes en el desarrollo de los organismos acuáticos y el buen estado de su hábitat. También indica que estos tres parámetros físicos se incrementan al aumentar el caudal y los cambios que experimentan son mayores a caudales bajos. El ancho de la profundidad y la velocidad de la corriente registran cambios notables en el intervalo que va de cero a 10% (Tabla 1), Tennant concluye que el 10% es el caudal mínimo necesario para garantizar la sobrevivencia de la mayor parte de las especies del río. El empleo de gastos fluviales comprendidos entre los 30 y el 100% del gasto medio anual lo considera dentro de los criterios cualitativos para la determinación de los caudales ambientales como bueno y óptimo para el desarrollo de los organismos acuáticos. Finalmente, con el incremento del caudal fluvial de 100% a 200% del gasto medio anual lo consideran como muy adecuado para el desarrollo de la mayoría de los organismos acuáticos Tennant (Gonzales, Villela, Banderas y Alfonso. 2010).

CUENCA DEL RÍO TUMBES

La cuenca hidrográfica del río Puyango-Tumbes está integrada por los territorios limítrofes del departamento de Tumbes, en el norte del Perú, y las provincias de Loja y El oro, del sureste de Ecuador, descritos por el Consorcio Internacional Puyango-Tumbes en el estudio de Factibilidad - Primera Fase de 1977; drena un área

aproximadamente 4 850 Km², de los cuales 60%, de la cuenca colectora se encuentra en el Ecuador y el 40% corresponden a Perú. El río desciende un total de 532 m, hasta el Océano Pacífico, sobre una longitud de 230 Km, medidos a lo largo de su cauce, desde Portavelo (Ecuador), hasta la desembocadura en el Océano Pacífico.

La cuenca alta del río, está rodeada por montañas con altitudes de 3,500 msnm, tiene cuatro tributarios principales: el río Calera, el río Amarillo, río Luis y río Ambocas, dan origen al río Pindo. La mayor parte del río Puyango tiene una pendiente de tres por mil, en la llanura la pendiente baja a menos de 2 por mil. Los parámetros geomorfológicos más importantes determinados de la cuenca total y sub cuenca que conforman la cuenca Zarumilla y Tumbes respectivamente, correspondiente al sector peruano, ver tabla 6.



Fuente: Plan de Gestión de RH, del río Tumbes

Figura 3. Cuenca hidrográfica del río Puyango-Tumbes.

La cuenca hidrográfica del río Puyango-Tumbes está integrada por los territorios limítrofes del departamento de Tumbes, en el norte del Perú, y las provincias de Loja, El Oro, del sureste de Ecuador; abarca una superficie de 4 800 Km², de los cuales 2 880 Km² (60%) se encuentran en territorio ecuatoriano y 1 920 Km² (40%) en territorio peruano.

Tabla 6. Parámetros geomorfológicos de la cuenca Zarumilla-Tumbes.

PARÁMETROS	UNIDAD	ZARUMILLA			TUMBES		
		CUENCA TOTAL	SUBCUENCA		CUENCA TOTAL	SUBCUENCA	
			SCO1	SCO2		SCO1	SCO2
Área de la cuenca	Km ²	731.2	412.5	318.7	1893.3	571.3	1322.0
Perímetro de la cuenca	Km	177.4	115.5	98.4	371.4	166.5	259.0
Índice de Compacidad	Adimensional	1.8	1.6	1.5	2.4	2.0	2.0
Índice de pendiente de la cuenca	Adimensional	0.09	0.09	0.14	0.08	0.07	0.10
Altura media de la cuenca	Mts.	245.7	200.0	305.0	375.7	200.0	451.6
Coefficiente de Masividad	M/Km ²	0.34	0.48	0.96	0.20	0.35	0.34
Coefficiente Orográfico	M ² /Km ²	82.6	97.0	291.8	74.6	70.0	154.3
Frecuencia o densidad de ríos	Ríos/Km ²	0.32	0.42	0.18	0.42	0.36	0.45
Densidad de drenaje	Km/Km ²	0.79	0.93	0.60	0.60	0.79	0.52
Exten. Med.de escur.superficial	Km ² /Km	0.32	0.27	0.41	0.42	0.32	0.48
Índice de torrencialidad	Rios/Km ²	0.14	0.19	0.07	0.16	0.20	0.15
Pendiente media del rio principal	%	0.64	1.68	3.92	0.28	1.04	0.39

Subcuenca

La representación del área de trabajo se ha dividido en tres subcuencas; Puyango, Cazaderos y Tumbes (Azarte, Acuña, Arévalo, Suarez, Ordóñez, 2008).

Tabla 7. Subcuenca de la cuenca Puyango-Tumbes

Subcuenca	Km ²
Tumbes	769.00
Puyango	209,9
Cazaderos	303

Fuente: Elaboración del Equipo Técnico Consultor – 2010

Políticamente, la parte peruana de la cuenca del río Tumbes forma parte de los distritos: Tumbes, San Juan de la Virgen, Pampas de Hospital, San Jacinto, La Cruz y Corrales de la provincia y departamento de Tumbes.

La subcuenca del río Tumbes (lado peruano), tiene una extensión total de 1 281.9 Km² con una altura que va hasta los 885 m.s.n.m, geográficamente sus puntos extremos de la cuenca se hallan comprendidos entre las coordenadas geográficas 03°30' y 4°15' de latitud sur y los 80°07' y 80°40' de longitud oeste; en el valle destacan cultivos de plátano y arroz y en menor escala maíz amarillo duro, mango, soya y frijol.

Los caudales del río Tumbes son conocidos en la parte peruana solamente en la Estación Hidrométrica El Tigre. En territorio peruano su longitud es de 142.1 Km, sus aguas normalmente llegan hasta el mar, y en los meses de agosto y setiembre alcanzan sus caudales más bajos, debido a la disminución significativa de sus precipitaciones; y al uso intensivo del recurso hídrico con fines agropecuarios principalmente.

Las mayores variaciones del cauce del río Tumbes se relacionan con la presencia del fenómeno “El Niño”. La variación del río de una margen a otra, ocasiona erosión fluvial e inundaciones, afectando terrenos de cultivo, las instalaciones de la industria langostinera y centros poblados (Plan de Calidad Ambiental Perú – Ecuador Catamayo-Chira y Puyango-Tumbes 2010).

Sistema Hídrico

En general el río Puyango-Tumbes drena un área aproximada de 4 800 Km², cerca del 60% de la cuenca colectora se encuentra en el Ecuador, y 40% en Perú. El río desciende un total de 532 m hasta el océano, sobre una longitud de 210 Km medidos a lo largo de su cauce desde Portovelo hasta la desembocadura.

Dentro de su alcance existen 70 000 ha, de tierra de regadío en el Ecuador y un área mayor en Perú. La variabilidad del caudal natural de año en año y de estación en estación requiere de regulación, pero pueden crearse grandes embalses con ese propósito, en varios sitios favorables a lo largo del río.

El proceso de regulación por medio de embalses y transvases hacia las tierras a irrigar, puede además generar grandes cantidades de potencia de energía hidroeléctrica. El control del río también eliminará los daños causados por inundaciones que ocurren periódicamente en los tramos inferiores del río Tumbes, donde se ubican las áreas agrícolas y los centros poblados peruanos.

La cuenca alta del río Puyango-Tumbes, está rodeada por terrenos montañosos con altitudes de alrededor de 3 500 m.s.n.m, cuatro tributarios principales: el río Calera, el río Amarillo, el río Luis y el río Ambocas, dan origen y forman el río Pindo. El río Pindo y sus tributarios tienen una pendiente pronunciada de cerca de 7 por mil. La mayor parte del río Puyango tiene una pendiente moderada de 3 por mil, bajando hacia el mar forma la llanura del río Tumbes, donde la pendiente del cauce es inferior al 2 por mil.

Descripción del medio Físico

a. Fisiografía

El territorio del departamento de Tumbes es accidentado, entre el valle de Tumbes y la quebrada Fernández – Máncora, en la provincia de Contralmirante Villar, en este sector SE el 80% del territorio departamental está comprendido en el nivel de 0 – 500 m.s.n.m, esto explica porque se considera el suelo tumbesino como generalmente poco accidentado en la zona occidental del departamento; mientras que los niveles topográficos 502 – 1 000 y 1 000 - 2 000 m.s.n.m. encuentran diversos niveles de terrazas y colinas de regular altitud, quebradas secas con cauce más o menos profundos y ramificados en su parte superior, que en épocas de lluvias, llevan sus aguas estacionales a la cuenca colectora del Océano Pacífico. Al sur este de su territorio, la Cadena de cerros de Amotape y la llamada Cordillera Larga, constituyen los mayores accidentes del espacio geográfico, y finalmente al norte del valle de Tumbes se encuentra el Tablazo de Zarumilla conformado por terrenos llanos en la zona occidental y accidentadas en la zona nor oeste.

b. Climatología

Presenta un clima subtropical, que corresponde a una zona de transición entre el ecuatorial y el desierto de la costa peruana. Se considera a Tumbes como la región más cálida de la costa peruana, presenta una temperatura promedio casi uniforme en todo el año, siendo las más altas temperaturas promedio entre los meses de enero a abril (30°C) y las más bajas o frescas, entre junio a septiembre (23° C). La Corriente El Niño y la migración hacia el sur del frente ecuatorial ocasionan la caída de fuertes lluvias estacionales en todo el departamento.

Cuando ocurre el fenómeno de “El Niño”, se producen anomalías atmosféricas y en el Océano Pacífico se registra el proceso de calentamiento de las aguas superficial del mar, lo que origina la formación de nubes que a su vez desencadenan las lluvias que producen inundaciones en extensas zonas del territorio.

El fenómeno de “El Niño”, tiene también efectos positivos, pues permite la mayor disponibilidad del recurso hídrico y crecimiento sostenido del bosque seco tropical; incrementando además la presencia de especies Hidrobiológicas de gran importancia comercial.

El clima puede categorizarse como árido en las zonas planas y monzón tropical en las zonas montañosas. Generalmente, el clima de la región está influenciado por la zona de convergencia intertropical (ZCIT), y la corriente fría de Humboldt. Las temperaturas son moderadas a través del año, con un promedio de 25°C en las llanuras y 22°C en las zonas de montañas.

c. Hidrología

Perú y Ecuador comparten bajo el Derecho Internacional el uso de las aguas del río Puyango-Tumbes, cuya masa anual promedio representa aproximadamente

3 400 millones de m³, de los cuales solo se aprovecha al menos el 10%; este importante río que nace en el Ecuador y desemboca en el Océano Pacífico tiene un potencial escasamente utilizado, a pesar de las posibilidades de aprovechamiento y regulación, con la reducción del riesgo de inundación en la parte baja (sector peruano).

PRESAS PROYECTADAS EN EL PROYECTO MARGEN DERECHA

EMBALSE ANGOSTURA

Presa ubicada geográficamente en las coordenadas UTM, 17M 567 645E 9 581 945N, presa de gravedad de 59 m de altura, su longitud en la corona es de 190 m y está prevista para embalsar un volumen de 168 hm³, para un nivel de embalse en la cota 100.00 msnm. Al embalse llega el canal principal con 25m³/s, el cual deriva 5 m³/s y el canal continúa con 20 m³/s en la cota 85.00 msnm.

EMBALSE GUANÁBANO

Presa de ubicada geográficamente en las coordenadas UTM, 17M 562 020E 9 575 874N, ubicada en el río Tumbes a 52 m de altura, que hará posible la captación en la cota 105 msnm, con una longitud de 160 m y una capacidad de 168 MMC.

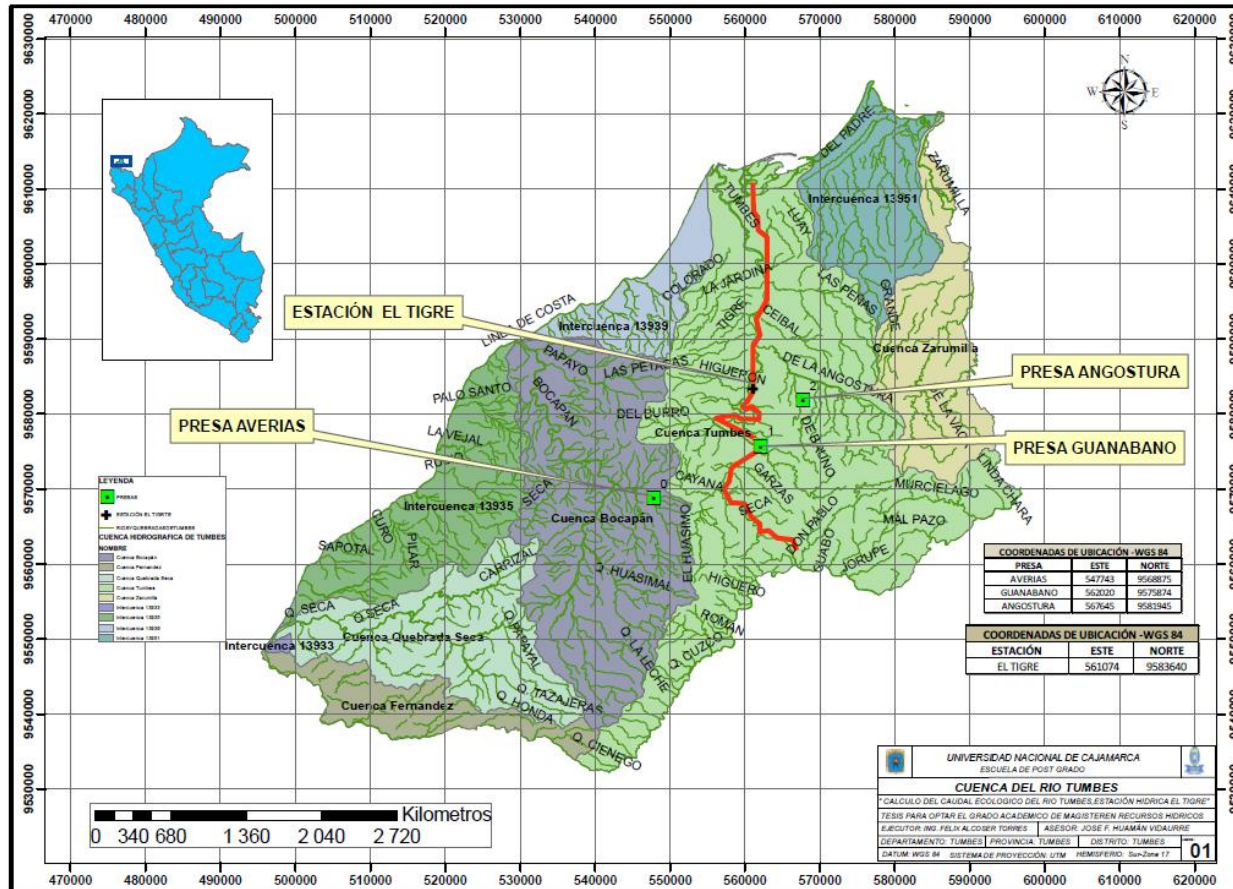
EMBALSE AVERÍAS

Presa de ubicada geográficamente en las coordenadas 17M 547 743 E9 568 875N

Gobierno Regional Estudio del Impacto Ambiental y Estudio a Nivel de Factibilidad del Proyecto de Irrigación Margen Derecha del Río Tumbes. Plano adjunto.

a. Antecedentes teóricos de la Investigación

La aplicación práctica para el cálculo de un régimen de caudal mínimo que mantenga una adecuada población de trucha en el coto de pesca VA-7; un régimen de Caudal Ecológico pretende satisfacer las demandas de todos los organismos que habitan o dependen del ecosistema fluvial. Puesto que en el tramo considerado es la trucha común



La especie más exigente, eligieron a este pez como bioindicador para fijar los caudales aconsejados. Escogieron el método IFIM (Instream Flow Incremental Methodology), el más empleada en este tipo de estudios y el más completo de los existentes hasta la fecha. Esta metodología relaciona los caudales circulantes con la potencialidad del hábitat para la especie seleccionada a través de la APU (Anchura Ponderada Util). Mediante una correlación entre este último parámetro y la biomasa piscícola se obtiene una herramienta de gran utilidad para la gestión integral del mencionado coto (Sanz, Martínez y Paredes, 2010).

El método Tennant identifica diferentes niveles de caudales recomendados como adecuados para la vida acuática en base a diversas proporciones de los caudales medios, además proporciona de manera rápida y económica una aproximación de los caudales ecológicos, considerando a estos como un porcentaje del caudal medio anual, manifiesta también que el caudal ecológico no especifica calidad de agua, solo cantidad y volumen, por lo que a partir de él no se pueden deducir efectos de contaminación (Santa Cruz, Aguilar, 2009).

La curva de caudales clasificados o curva de duración de caudales es el instrumento que mejor representa la variabilidad de caudales a lo largo del año, indicando el % de tiempo como media, en el que un valor determinado de caudal es igualado o superado; existen múltiples referencias al empleo de la curva de caudales clasificados en la estimación de la variabilidad, siendo los percentiles de excedencia de 10%, 20%, 80% y 90%, los empleados más frecuentemente (Martínez, Fernández, 2008).

En la práctica, el Caudal Ecológico busca reproducir en alguna medida el régimen hidrológico natural (RHN), conservando los patrones estacionales de caudales mínimos y máximos-temporada de sequía y lluvias, respectivamente, su régimen de crecidas y tasas de cambio de especial interés para la gestión de infraestructura hidráulica o

hidroeléctrica. Estos componentes del RHN determinan la dinámica de los ecosistemas acuáticos y su relación con los ecosistemas terrestres. La puesta en práctica de los Caudales Ecológicos incluye aguas de diferente naturaleza y diferentes fines. Para conciliar las demandas ambientales y socio-económicas por el agua, la determinación del Caudal Ecológico se basa en las definiciones de objetivos de manejo para cada tramo de río, subcuenta o cuenca, dependiendo de su estado ecológico y del grado de presión de uso (Factsheet, 2010).

Bases teóricas

Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee caudales variables a lo largo del año, y desemboca en el mar, en un lago o en otro río, en cuyo caso se denomina afluente. La parte final de un río es su desembocadura. Las bases teóricas de la presente investigación se fundamenta en:

RÍO: Un río puede definirse como un sistema de canales naturales (cursos de agua) por medio de los cuales se descarga el agua de las cuencas. En el Diccionario de la Lengua Española, encontramos que el río se define como, “corriente de agua continua y más o menos caudalosa que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar”, La palabra río viene del latín riuus, rivus; arroyo.

El río es, pues, el elemento de drenaje de la cuenca; sin embargo, un río no solo lleva agua sino también materiales sólidos que provienen de la erosión de la cuenca. En general los ríos tienen fondo móvil, aunque no todos, ni siempre.

En general los sedimentos están constituidos por materiales no cohesivos, como el limo, arenas, gravas y eventualmente piedras. A los sedimentos así entendidos se les denomina sólidos (Rocha Felices, Arturo); también manifiesta que en 1978 se empezó a preparar el Plan Nacional de Ordenamiento de los Recursos Hidráulicos del Perú, se

elaboró un Glosario en el que a la definición de río dada anteriormente se adicionaron otras, que se mencionan a continuación:

Río con Pendiente Establecida: río que ha alcanzado aparentemente un estado aproximado al de equilibrio entre transporte y aportación de sedimentos (sólidos).

Río Encajonado: río que ha excavado su cauce en el lecho de un valle muy cerrado.

Río Estable: río que en su conjunto mantiene sus pendientes, profundidades y dimensiones de cruces sin elevar o descender su lecho.

Río Fangoso: Flujo de agua en el que, por estar fuertemente cargado de agua y residuos, la masa fluye espesa y viscosa.

Río Kárstico: río que tiene su origen en una fuente karsica, o que corre por una región karsica.

Río Subterráneo: masa de agua en movimiento que pasa a través de un intersticio de gran tamaño, tal como una caverna, cueva o conjunto de grandes intersticios en comunicación. Estas seis definiciones fueron recogidas, en el referido Glosario Hidrológico Internacional de la Organización Meteorológica Mundial, (Rocha, 1998).

CAUDAL: Es la cantidad de agua que transporta un río. Los cambios de caudal que tiene un río a lo largo del año se llama régimen. El nivel más bajo del caudal en algunas épocas del año, debido a la sequía se llama estiaje.

El régimen de Caudales Ecológicos incluyen los siguientes componentes:

a. **CAUDALES MÍNIMOS.**

Deben ser superados con el objeto de mantener la diversidad espacial del hábitat y su conectividad, asegurando los mecanismos de control del hábitat sobre las comunidades biológicas, de forma que se favorezca el mantenimiento de las comunidades autóctonas.

b. CAUDALES MÁXIMOS

No deben ser superados en la gestión ordinaria de las infraestructuras, con el fin de limitar los caudales circulantes y proteger así a las especies autóctonas más vulnerables a estos caudales, especialmente en tramos fuertemente regulados.

c. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

De los anteriores caudales mínimos y máximos, con el objeto de establecer una variabilidad temporal del régimen de caudales que sean compatibles con los requerimientos de los diferentes estadios vitales de las principales especies de fauna y flora autóctonas presentes en la masa de agua.

d. CAUDALES DE CRECIDAS AGUAS DEBAJO DE INFRAESTRUCTURAS.

De regulación de cierta entidad, con objeto de controlar la presencia y abundancia de las diferentes especies, mantener las condiciones y disponibilidad del hábitat a través de la dinámica geomorfológica y favorecer los procesos hidrológicos que controlan la conexión de las aguas de transición con el río, el mar y los acuíferos asociados.

e. TASA DE CAMBIO MÁXIMAS AGUAS DEBAJO DE LA INFRAESTRUCTURA DE REGULACIÓN.

Con el objeto de evitar los efectos negativos de una variación buscada de los caudales, como pueden ser el arrastre de organismos acuáticos durante la curva de ascenso y su aislamiento en la fase de descenso de los caudales. Asimismo, debe contribuir a mantener condiciones favorables a la regeneración de especies vegetales acuáticas y ribereñas.

b. Definición de términos básicos

- a. **CUENCA:** Definición clásica de cuenca hidrográfica; es el área natural o unidad de territorio delimitada por una divisoria topográfica (divorsion aquarium), que capta la precipitación y drena el agua de escorrentía hasta un colector común, denominado río

principal. “Cuenca hidrográfica es la superficie cuyas aguas fluyen a un mismo río, lago o mar”.

- b. **CAUDAL ECOLÓGICO:** Es el caudal mínimo que debe mantenerse en un curso de agua al construir una presa, una captación, o una derivación, de forma que no se alteren las condiciones naturales del biotopo y se garantice el desarrollo de una vida natural igual a la que existía anteriormente.
- c. **BALANCE HÍDRICO:** El concepto de balance hídrico se deriva del concepto de balance en contabilidad, es decir, que es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado.
- d. **OFERTA HÍDRICA:** La oferta de una cuenca es el volumen disponible para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre. Al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca, se está estimando la oferta de agua superficial de la misma.
- e. **DEMANDA HÍDRICA:** Es la cuantificación de la demanda se integran las actividades que requieren del recurso hídrico, mostrándose su comportamiento y distribución en el tiempo para planificar su uso sostenible, también se define como la extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos.
- f. **RÉGIMEN HÍDRICO:** Es el comportamiento del caudal de agua en promedio que lleva un río en cada mes a lo largo del año. Depende, del régimen pluviométrico, pero también de la temperatura de la cuenca (que determina la mayor o menor evaporación), del relieve, la geología, la vegetación y la acción humana. El régimen fluvial también debe incluir los valores extremos de la cuenca meteorología externa, en especial, la

frecuencia de crecidas y estiaje y el módulo con sus desviaciones, con el objetivo de realizar las obras de infraestructura adecuadas.

- g. **TRIBUTARIOS:** Arroyo que contribuye su corriente a un arroyo o a un río más grande. (Cursos de agua con relación al río o mar a donde va a parar).
- h. **CAUCE:** Canal en el que fluye, o alguna vez fluyó un río; también es la zona de terreno que excava el río en su curso.
- i. **CAUDAL:** Es la cantidad de agua que transporta un río. Los cambios de caudal que tiene un río a lo largo del año se llama régimen; el nivel más bajo del caudal en algunas épocas del año debido a la sequía se llama estiaje.
- j. **SEDIMENTOS:** Es una palabra que tiene diferentes significados en ciencias. En hidráulica fluvial entendemos por sedimentos cualquier material, más pesado que el agua, que es transportado en algún momento por la corriente y luego depositado. (Rocha Felices, Arturo)
- k. **ESTIAJE:** Nivel o caudal mínimo de un río o laguna en cierta época del año, debido principalmente a sequía por escasez de lluvia. También se debe a una fuerte evaporación del río por una mayor insolación u otro motivo; o nivel o caudal más bajo de un río que se presenta en una cierta época del año, por causas de la sequía.
- l. **MEANDROS:** Recodo en forma de “S”, redondeada o curvo usualmente visto en un río más viejo o maduro.
- m. **RIBERA:** Declive o talud de tierra en la orilla del río.
- n. **CRECIENTE:** cantidad de agua que desborda los cauces de los ríos debido a grandes precipitaciones de gran intensidad denominadas avenidas, variables en el tiempo, provocan grandes caudales.
- o. **BOCATOMA:** La obra hidráulica de toma o bocatoma, son estructuras hidráulicas construidas sobre un río o canal con el objeto de captar, es decir extraer, una parte o la

totalidad del caudal de la corriente principal de un río. Las bocatomas suelen caracterizarse principalmente por el caudal de captación, el que se define como el gasto máximo que una obra de toma puede admitir, así por ejemplo el caudal de captación de la bocatoma Los Ejidos, sobre el río Piura.

- p. **EMBALSE:** Se denomina embalse a la acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcialmente o totalmente su cauce: regula el caudal de un río almacenando el agua de los periodos húmedos para utilizarlos durante periodos más secos para el riego, abastecimiento de agua potable.
- q. **DELTA:** Depósito formado en la boca de un arroyo o río cuando entra en otro cuerpo de agua, disminuye su velocidad y deja caer la carga de su sedimento. Muchos deltas tienen forma de triángulo y el nombre se deriva de la forma triangular de la letra griega.
- r. **ESTUARIO:** Zona anegada con ecosistema especial y refugio de una gran fauna silvestre.
- s. **CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS**

Las curvas de caudales clasificados diarios a lo largo del año hidráulico lo ordenamos de mayor a menor y dibujamos en ordenadas y abscisas, el número de días del año en que se ha producido un caudal mayor o igual que el expresado en ordenadas, o sea, el número de orden en la lista que ocupa un determinado caudal, tendremos la curva de caudales clasificados. Esta curva expresa la regularidad o irregularidad de los caudales de un río, o dicho de otra forma, el tiempo de permanencia en el cauce de un determinado caudal. En realidad es una curva de distribución de frecuencia de los caudales diarios para un año determinado, y si dividimos, en la escala de abscisas, el número de días por 365 días obtendremos la probabilidad de que se presente (para el año en estudio) un caudal igual o mayor que el que se representa en ordenadas (Custodio, 1983).

Una curva de frecuencia acumulativa de una serie continua, como las descargas medias diarias muestra la duración relativa de diversas magnitudes y se denomina curva de duración. La curva resultante depende mucho del periodo de observación empleado en el análisis, pues los datos medios diarios producen una curva de más pendiente que los datos anuales, y esto debe tenerse presente al aplicar una curva de duración. Para la mayoría de los problemas se recomienda el empleo de los datos diarios. La curva caudal-duración se emplea más frecuentemente con el objeto de determinar el potencial de suministro de agua particularmente provenientes de centrales hidráulicas. En la curva puede leerse directamente el caudal disponible en cualquier porcentaje de tiempo elegido (Linsley, et al, 1968).

La interpretación algebraica y estadística de las curvas de caudales clasificados dada por diversos autores han ensayado “adaptar” a la curva observada de caudales clasificados, una formula clasificada, representándola con una aproximación suficiente y no contenido más que un pequeño número de parámetros; se condensa, así en una corta expresión analítica el conjunto de las observaciones, lo que puede ser muy útil:

1. Para comparar los regímenes de los diferentes ríos.
2. Para introducir la función que representa la distribución de los caudales en los cálculos complejos de probabilidad o de escorrentía (Remenieras, 1974).

La Curva de Duración de Caudales (CDC), es muy usada en estudios previos de aprovechamiento de un río ya que muestra el porcentaje de tiempo en el que un cierto valor de caudal es igualado o excedido. Se usa también para la definición de caudal ecológico; se puede construir anual, mensual, estacional o diario dependiendo de las necesidades del proyecto. Los caudales que se usan son los promedios de todos los años del registro. Una curva que tiende a ser plana indica un río autorregulado, con baja frecuencia de caudales muy altos o bajos, contrariamente una curva con fuerte pendiente

indica un río con alta frecuencia de caudales extremos (altos y bajos). Igualmente, si un río es regulado la curva de caudales se modifica (se aplana).

La Curva de Duración de Caudales se usa para definir (estudios previos), el potencial de un río para satisfacer una demanda, por ejemplo en generación hidroeléctrica. En relación con esta última, tratándose de ríos no regulados y centrales de paso, la curva de duración de caudales de cada uno define límites de generación que tienen fuertes implicancias económicas. Así la potencia en firme, es aquella que puede generar para caudales disponibles el 90% ó 95% del tiempo, mientras que la potencia secundaria es aquella que se puede producir por encima de la potencia en firme.

La curva de duración de caudales se puede también presentar como una tabla. La curva de duración de caudales no debe usarse para estudios de frecuencia de crecientes. En los anteproyectos de derivación, sin regulación se usa como unidad el día, en los de diseño de embalses es suficiente el mes o el año.

En los estudios de disponibilidad hídrica y de manejo de embalses con fines de riego, agua potable y/o industrial y generación de energía, es útil contar con los caudales que se denominan:

Año de caudales de sequía decanal.

Año de caudales medios.

Años de caudales de abundancia decanal (Fattorelli, Fernández, 2010).

Los caudales máximos se definen como aquellos que no deben ser superados durante la operación y gestión ordinaria de las infraestructuras hidráulicas. Los caudales artificiales altos y continuados pueden reducir las poblaciones piscícolas de los estadios y especies más sensibles por agotamiento al superar las velocidades críticas, produciendo su desplazamiento hacia aguas abajo o incluso la muerte. Es recomendable durante la gestión ordinaria no superar las velocidades críticas (V_{crit}) o velocidades de

agotamiento, asegurando el mantenimiento de unas condiciones medias en el cauce asimilables a las velocidades óptimas de desplazamiento (velocidad a las que el pez es capaz de desplazarse grandes distancias manteniendo un coste energético de desplazamiento mínimo).

Para la definición de las velocidades máximas, en los estudios realizados, al existir muy poca información sobre las especies autóctonas, se ha decidido tomar como intervalo limitante de velocidades máximas las propuestas en Instrucción de Planificación Hidrológica IPH, alevinos 0.5 – 1 m/s, juveniles 1.5 – 2 m/s, y adultos < 2.5 m/s .

La distribución temporal de caudales máximos se realiza analizando los percentiles de excedencia mensual de una serie representativa de caudales en régimen natural de al menos 20 años de duración, se recomienda no utilizar percentiles superiores al 90%. El régimen máximo de caudales máximos deberá ser verificado mediante el uso de los modelos hidráulicos asociados a los modelos de hábitat. A falta de estudios de más detalles, se asegura que al menos se mantenga un 50% de la superficie mojada del tramo como refugio en las épocas de predominancia de los estadios más sensibles.

El percentil 90 se ha verificado mediante el uso de los modelos hidráulicos asociados a los modelos de hábitat, para comprobar que se garantiza tanto una adecuada existencia de refugio como el mantenimiento de la conectividad del tramo para los estadios piscícolas. Como criterio general Instrucción de Planeación Hidrológica IPH, se ha de mantener, al menos, un 50% de la superficie mojada del tramo como refugio en las épocas de predominancia de los estadios más sensibles, analizando también la conectividad del tramo para aquellos casos en los que el refugio este entre el 50% y el 70%. El análisis descrito se concreta en una propuesta mensual de caudales máximos que no deben ser superados, según los estadios existentes en los meses, según sea el tramo ciprinícola y/o salmonícola (Martínez, Fernández, 2010).

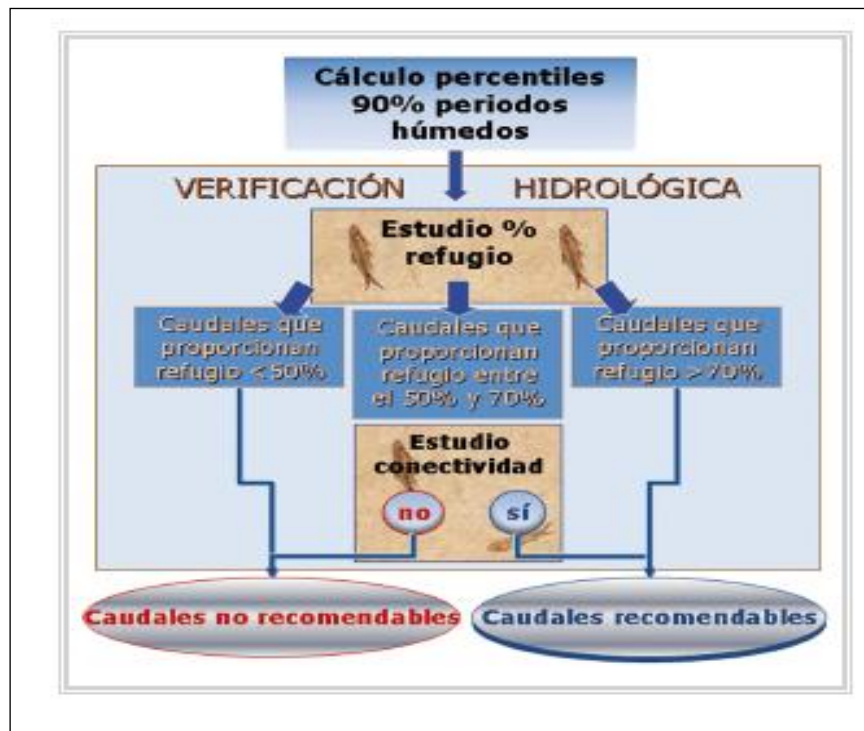


Figura 5. Esquema general de cálculo para la determinación del tipo de caudales máximos (Q_{max}).

CAPÍTULO III

MATERIAL Y MÉTODOS

La cuenca hidrográfica en estudio corresponde a la cuenca Binacional Puyango-Tumbes que tiene su origen en las provincias de Loja, El Oro al sudeste del Ecuador y termina en la parte baja del departamento de Tumbes (Perú); abarca una superficie de 4 800 Km², de las cuales 2 880 Km² (60%), pertenecen a Ecuador y 1 920 Km² (40%) pertenecen a territorio peruano, presenta un clima templado- ecuatorial subhúmedo y subtropical la parte baja en Perú, con precipitaciones con valores promedios de 200 mm, en la parte baja y 1 150 mm, en la parte alta de Perú, llegando hasta los 2 600 mm en las montañas de Ecuador. El cauce principal tiene un recorrido total de 130 Km, desde una altura de 3 500 msnm, la mayor parte del río Puyango tiene una pendiente moderada de 3 por mil, bajando hacia el mar y forma la llanura del río Tumbes, en donde la pendiente del cauce es inferior al 2 por mil; desembocando en el Océano Pacífico donde forma un delta.

En su recorrido el río Puyango-Tumbes cuenta con una sola estación hidrométrica ubicada en la zona denominada Higuerón, Estación El Tigre a una altitud de 400 msnm esta estación está ubicada 17M 561074 E; 9583640.3N, cuenta con registros históricos de más de 40 años.

Para efectos de la presente investigación la información hidrométrica de estas estaciones se obtuvo de la base de datos en las oficinas del Proyecto Binacional Puyango-Tumbes, localizada en la ciudad de Tumbes, para efectos de la presente investigación se aplicó el método de consistencia de la información y puesta a punto para calcular el Caudal Ecológico del río Tumbes, en función de los registros de caudales mensuales en los puntos de cuenca El Guanábano, Puente Carreta y la estación el Tigre, ver anexo A – 1, A – 2, y A –3.

El período en estudio comprendió los años (1963 – 2011), el que se divide en dos períodos (1963- 1987) y (1988 – 2011), para los cuales se calcularon los caudales medios anuales, medios mensuales, desviación estándar, coeficiente de variabilidad, curva doble masa, asimismo se determinó el período de estiaje y avenidas, con toda esta información se calcularon los Caudales Ecológicos, empleando el método hidrológico Tennant , cuyo desarrollo matemático y base de cálculo se adoptó para el sector de Tumbes.

El método Tennant establece los siguientes criterios:

1. El 10% del caudal medio anual es el mínimo recomendable para mantener un hábitat que permite en un corto plazo la sobrevivencia de la mayoría de las formas de vida acuática.
2. El 30% del caudal medio anual es recomendable para mantener un hábitat adecuado para la sobrevivencia de las diversas formas de vida acuática.
3. El 60% del caudal medio anual es recomendable para generar un hábitat de características excelentes a excepcionales para la mayoría de las formas de vida acuática, durante los periodos de crecimiento iniciales.

Así mismo se tomó en cuenta que, el método Tennant, identifica diferentes niveles de caudales recomendados como adecuados para la vida acuática con base en diversas proporciones de los caudales medios; también proporciona de manera rápida y económica una aproximación de los Caudales Ecológicos, considerando a estos como un porcentaje del caudal medio anual.

MATERIAL Y EQUIPOS

Cartas Nacionales a escala 1/100000	Cámara fotográfica
Calculadora científica	Navegador G.P.S.
Computadora Core i5	Hoja de cálculo Excel

MÉTODOS

El proceso de análisis y tratamiento de la información, para obtener el Caudal Ecológico, se aplicó la siguiente metodología:

La información se ordenó utilizando la hoja de cálculo Excel, seguidamente se comprobó su consistencia, aplicando las pruebas análisis gráfico hidrogramas, análisis doble masa y las pruebas estadísticas la mismas que se corrigieron por posibles errores sistemáticos, completación los datos faltantes y extensión de series cortas a períodos más largos.

Verificada la homogeneidad de los datos de los caudales medios mensuales se tomó el registro del período (1963 – 2011), ya consistentes la información de la estación Hidrometeorológica El Tigre; se dividirán en dos períodos crono-espacial (1963-1987) y (1988-2011).

Se caracterizó la hidrología del río Tumbes; según régimen de humedad (Extremo Húmedo, Húmedo, Medio, Seco, Extremo seco), se aplicó la Curva de Caudales Clasificados CCC o Curva de Duración de Caudales CDC, mediante la probabilidad de excedencia.

Para cada período se calculó el caudal medio mensual, caudal medio anual, valores máximos, mínimos promedio, desviación estándar coeficiente de variabilidad, el período de estiaje y de avenidas.

A cada uno de estos períodos y régimen de humedad se calculó el Caudal Ecológico según metodología Tennant, o también denominado Montana.

Al registro histórico (1963 – 2011), se calculó su persistencia al 50%, 75%, 90% y 95%, trabajándose con el 75% que es la adecuada para la oferta hídrica.

Se compararon los resultados de los Caudales Ecológicos con la oferta y el Balance oferta demanda del río Tumbes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA DE LA INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA

El análisis de consistencia se realizó aplicando los tres métodos tales como son:

- . Análisis visual de hidrógramas.
- . Análisis doble masa.
- . Análisis estadístico.

Análisis visual de hidrogramas

Observando la figura 5, se puede apreciar que la información foronómica al ser sometida a la prueba grafica se tiene una gran variabilidad en su comportamiento por lo que se aprecia la ocurrencia de saltos o cambios abruptos en la variabilidad en el período 1963 – 2011, encontrándose inconsistencia en la información, por lo que se tuvo que aplicar la prueba de doble masa para observar con más detalle los períodos confiables y dudosos.

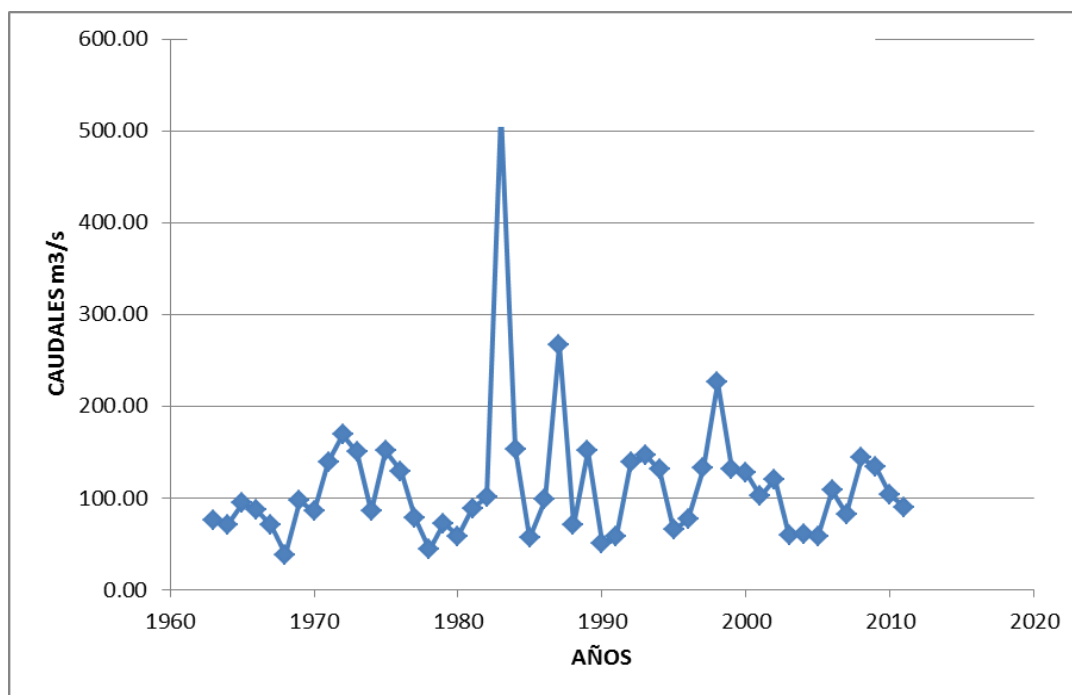


Figura 6. Hidrograma de descargas medias anuales (m³/s), serie histórica (1963 – 2011),

Estación Hidrométrica El Tigre.

Análisis doble masa

Después del análisis cualitativo o análisis de histogramas de los datos mensuales ha permitido detectar que algunos valores puntuales son muy altos, los que se han verificado con los correspondientes datos de caudales donde se observan eventos naturales como son el fenómeno El Niño. En este análisis, los errores producidos por los fenómenos naturales y sistemáticos son detectados mediante los “quiebres” que se presentan en los diagramas y permite determinar el rango de los periodos dudosos y confiables como se observa en la figura 7. Se determinó el período confiable (1963 – 1981) y período dudoso (1982 – 1996), y luego el período confiable (1963 -1996) y el período dudoso (1997 – 2011), tabla 8.

En este caso el análisis de doble masa se trabajó con tres grupos de estaciones hidrométricas con el fin de obtener una comparación adecuada de las series de caudales, se muestran en los cuadros Anexo A – 1, A – 2, y A – 3, y el gráfico 6.

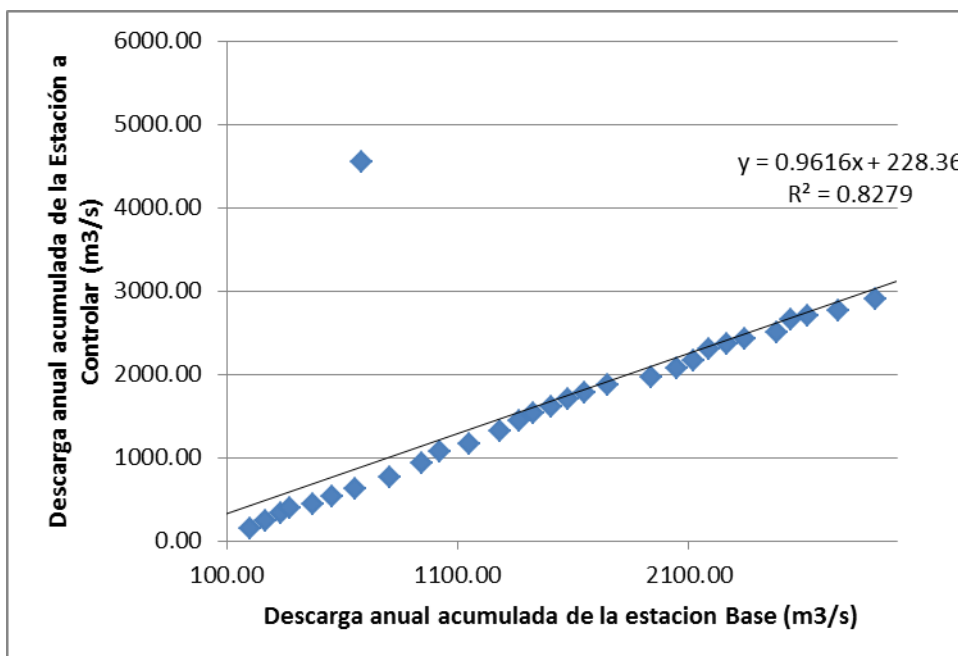


Figura 7. Análisis de Doble masa, (se observa los tres Periodos, Período confiable (1963 - 1981), Período Dudoso (1982 – 1996), y Período Dudoso (1997 – 2011)).

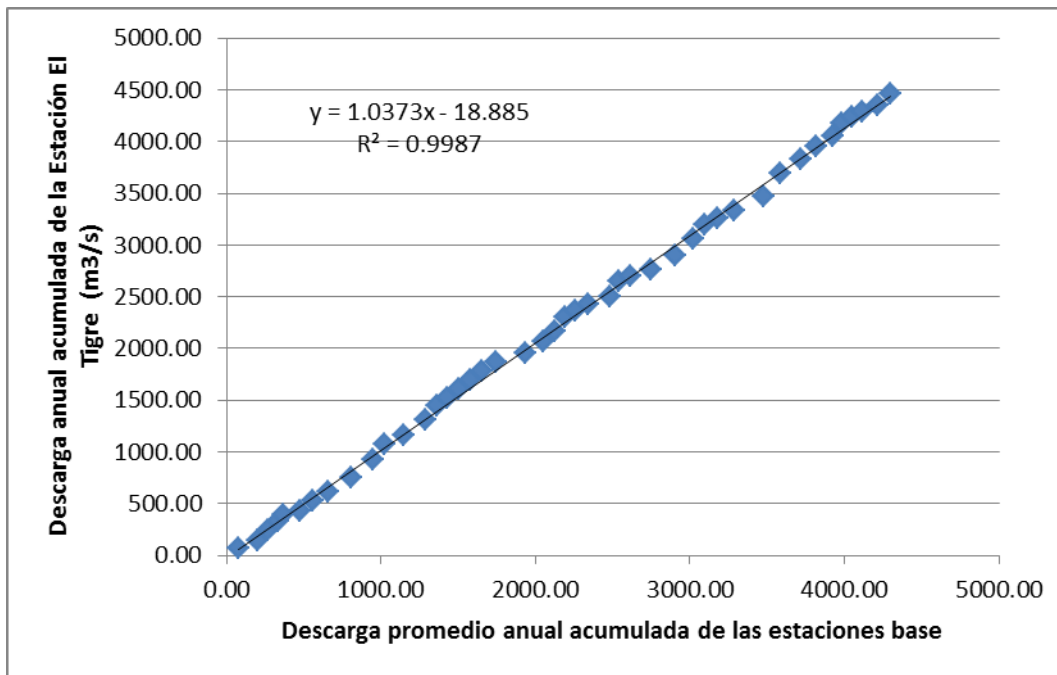


Figura 8. Diagrama de Doble Masa de las descargas medias anuales para el análisis de consistencia de la Estación El Tigre, período 1963 – 2011.

El análisis de consistencia y comprobación de la información foronómica ha seguido la secuencia de la verificación y corrección de saltos y/o tendencias de las series anuales de datos para posteriormente efectuar la completación y/o extensión de la información. Se hace hincapié en que el análisis doble masa tiene como único objetivo la verificación del análisis de consistencia realizado, pues no se utiliza para corregir la información. Después de haber analizado los hidrogramas originales y los diagramas de doble masa se procede al análisis estadístico de saltos, en los parámetros como la media y la desviación estándar.

Análisis estadístico

Análisis de saltos

La consistencia en la media en el período confiable (1963 – 1981) y período dudoso (1982 – 1996) se realizó la prueba estadística de “Ts” de Student, siendo no significativa y la consistencia en la desviación estándar, el análisis estadístico aplicado fue la prueba estadística de “Ft” de Fisher, resultado significativa, como los parámetros de la media y la

desviación estándar en los períodos indicados son diferentes estadísticamente, entonces se corrigió la información; corregido este, se fusiono (1963 – 1996) siendo este el periodo confiable y el dudoso el período (1997 – 2011), sometiéndose a la prueba de consistencia en la media, obteniéndose no significativo en la prueba de Ts de Student y la consistencia en la desviación estándar significativa. El análisis de tendencia de los caudales medios anuales, no se realiza debido a que la tendencia en la desviación se presenta en datos semanales o mensuales pero no en datos anuales. Después de efectuar todos los análisis respectivos y descritos la información obtenida se fundamenta como una serie homogénea, confiable y consistente al 95% de probabilidad, para su aplicación tabla anexo A – 4.

Tabla 8. Resultados de los Análisis de saltos de las descargas medias mensuales – serie histórica período 1963 – 2011.

ESTACION	Período de análisis		CONSISTENCIA EN LA MEDIA							CONSISTENCIA EN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR			
			Nº DATOS	PROMEDIO	Desv Stdr	T calcul Tc	F Tabu (95%) Ft	Comparación	Diferencia Significativa	F calcul Fc	F Tabu (95%) Ft	Comparación	Diferencia Significativa
El Tigre	N = 1	1963 – 1981	19	93.91	37.01	-1.56	2.04	Tc < Ft	No	10.44	2.46	Fc > Ft	Si
	N = 2	1982- 1996	15	139.06	119.59								
	N = 3	1963. 1996	34	93.91	36.44	-1.51	2.04	Tc < Ft	No	1.375	2.30	Fc < Ft	No
	N = 4	1997- 2011	15	111.90	42.74								

CÁLCULO DEL CAUDAL ECOLÓGICO

Con la información libre de saltos y tendencias se dividió el registro histórico natural (1963 – 2011) en los períodos crono-espaciales (1963 – 1987) y (1988 – 2011), a los que se les calculó los valores máximos, mínimos y promedio, aplicándosele el método Tennant, quien considera que el 10%, del flujo medio anual es el recomendable para mantener el hábitat que permite en corto plazo la sobrevivencia de la mayoría de las formas de vida acuática, así mismo determinó que el hábitat comienza a degradarse

cuando el flujo era inferior al 10% del flujo medio anual, esto asociado a una velocidad media de 0.25 m/s y una profundidad media de 0.3 m.

Los porcentajes fueron aplicados de acuerdo al método pero según la observación en Nuestras condiciones se muestran en la tabla 9, así también se consideró el período seco los meses de julio a noviembre y el húmedo diciembre a mayo.

Tabla 9. Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica El Tigre, período (1963 – 2011).

MESES	CAUDAL NATURAL (QN) m ³ /s			CAUDAL ECOLÓGICO (QE) DEL RÍO TUMBES (m ³ /s)				
	Máximo	Mínimo	Promedio	Mínimo	Aceptable	Bueno	Excelente	Excepcionales
ENE	381.70	17.30	89.41	10%	30%	40%	50%	60%
FEB	573.20	41.72	187.42					
MAR	626.90	73.13	264.93					
ABR	622.30	81.83	231.94					
MAY	337.32	48.30	126.72					
JUN	241.42	31.70	68.79					
JUL	120.08	14.20	46.80		10%	10%	20%	30%
AGS	69.04	9.70	36.02					
SET	65.11	8.80	31.48					
OCT	64.34	10.70	30.16					
NOV	88.31	7.70	31.35					
DIC	299.90	8.70	48.02					
Promedio			99.42	Cada uno del promedio anual				

CÁLCULO DEL CAUDAL ECOLÓGICO PERÍODO (1963 – 2011), se consideró calcular el Caudal Ecológico al registro histórico de 49 años, para observar su variación con respecto a su variación en el tiempo, períodos (1963 – 1987) y (1988 – 2011). Como se observa en la tabla 10 el Caudal Ecológico mínimo es de 9.94 m³/s, que es superado por el caudal natural, sin embargo los meses de enero a julio el caudal natural supera al Caudal Ecológico Excepcional, pero los meses de agosto a noviembre los caudales naturales son menores que el caudal excepcional a excepción del mes de diciembre que ya es mayor debido a que en esta época ya empiezan las primeras lluvias. El período julio a noviembre se considera el período de estiaje, ver tabla 10, gráfico 9.

Tabla 10. Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica El Tigre, período (1963 – 2011).

MESES	CAUDAL NATURAL (QN) m ³ /s			CAUDAL ECOLÓGICO (QE) DEL RÍO TUMBES (m ³ /s)				
	Máximo	Mínimo	Promedio	Mínimo	Aceptable	Bueno	Excelente	Excepcionales
ENE	381.70	17.30	89.41	9.94	29.83	39.77	49.71	59.65
FEB	573.20	41.72	187.42	9.94	29.83	39.77	49.71	59.65
MAR	626.90	73.13	264.93	9.94	29.83	39.77	49.71	59.65
ABR	622.30	81.83	231.94	9.94	29.83	39.77	49.71	59.65
MAY	337.32	48.30	126.72	9.94	29.83	39.77	49.71	59.65
JUN	241.42	31.70	68.79	9.94	29.83	39.77	49.71	59.65
JUL	120.08	14.20	46.80	9.94	9.94	29.83	29.83	39.77
AGS	69.04	9.70	36.02	9.94	9.94	29.83	29.83	39.77
SET	65.11	8.80	31.48	9.94	9.94	29.83	29.83	39.77
OCT	64.34	10.70	30.16	9.94	9.94	29.83	29.83	39.77
NOV	88.31	7.70	31.35	9.94	9.94	29.83	29.83	39.77
DIC	299.90	8.70	48.02	9.94	9.94	29.83	29.83	39.77
Promedio			99.42					

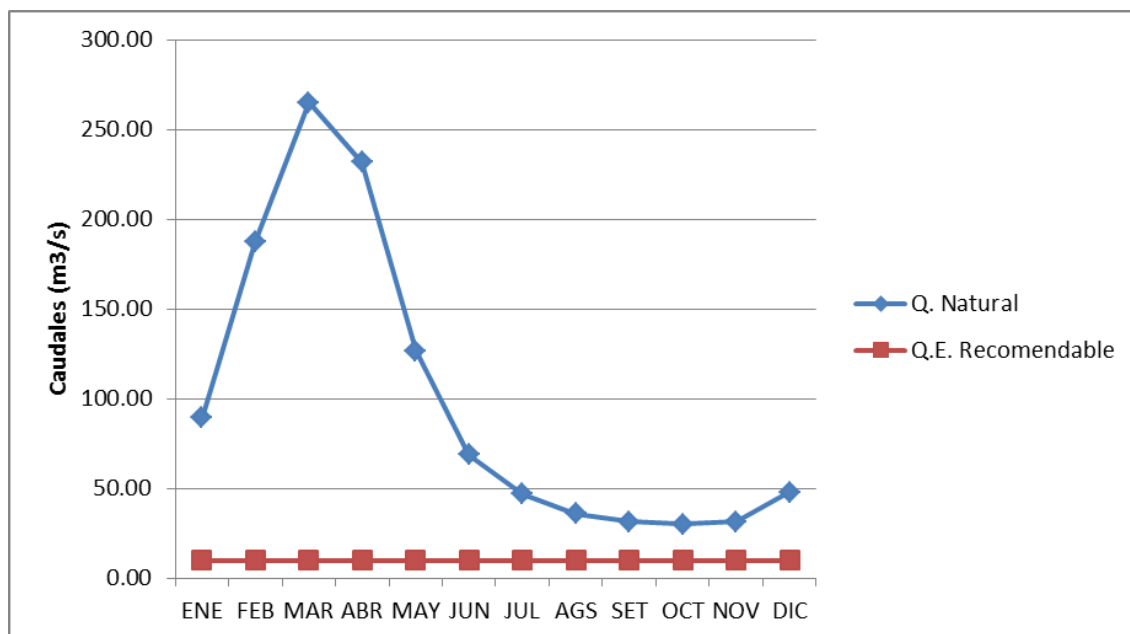


Figura 9. Caudal medio Natural mensual vs. Caudal Ecológico recomendable en la Estación Hidrométrica El Tigre, período (1963 – 2011).

CÁLCULO DEL CAUDAL ECOLÓGICO EN EL PERÍODO CRONO- ESPACIAL
(1963 – 1987) y (1988-2011).

Este período (1963 – 1987), tabla 11, como se observa el caudal medio natural supera al Caudal Ecológico mínimo, sin embargo al comparar el caudal medio natural versus el caudal ecológico excepcional en los meses de enero a junio la diferencia de estos caudales fluctúa entre valores entre 229.09 m³/s a 72.93 m³/s y entre los meses de julio a noviembre los caudales promedio naturales son menores que los excepcionales, a excepción del mes de diciembre que es cuando empiezan las lluvias, no llegando en ningún caso a valores menor de 9.84 m³/s, que deterioran el hábitat acuático.

Tabla 11. Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica El Tigre período (1963 – 1987)

MESES	CAUDALES NATURALES (QN) m ³ /s			CAUDAL ECOLÓGICO (QE) DEL RÍO TUMBES (m ³ /s)				
	Máximo	Mínimo	Promedio	Mínimo	Aceptable	Bueno	Excelente	Excepcionales
ENE	376.75	23.50	89.41	9.84	29.52	39.36	49.36	59.03
FEB	353.70	43.90	180.85	9.84	29.52	39.36	49.36	59.03
MAR	626.90	82.80	264.17	9.84	29.52	39.36	49.36	59.03
ABR	474.50	81.83	229.09	9.84	29.52	39.36	49.36	59.03
MAY	337.32	48.30	134.56	9.84	29.52	39.36	49.36	59.03
JUN	241.42	31.70	72.93	9.84	29.52	39.36	49.36	59.03
JUL	120.08	14.20	46.28	9.84	9.84	19.68	29.52	39.36
AGO	69.04	9.70	34.69	9.84	9.84	19.68	29.52	39.36
SET	65.11	8.80	30.21	9.84	9.84	19.68	29.52	39.36
OCT	64.81	10.70	28.91	9.84	9.84	19.68	29.52	39.36
NOV	81.33	7.70	28.52	9.84	9.84	19.68	29.52	39.36
DIC	175.44	8.70	41.04	9.84	9.84	19.68	29.52	39.36
Promedio			98.39					

En el figura 10, se aprecia que la curva del caudal natural promedio comparada con la curva del caudal ecológico mínimo es ampliamente superada por la primera, siendo los meses de mayor producción de agua entre los meses de enero a julio, en el mes de julio se observa decayendo el caudal debido al bajo escurrimiento superficial, evapotranspiración y el nivel de las aguas subterráneas.

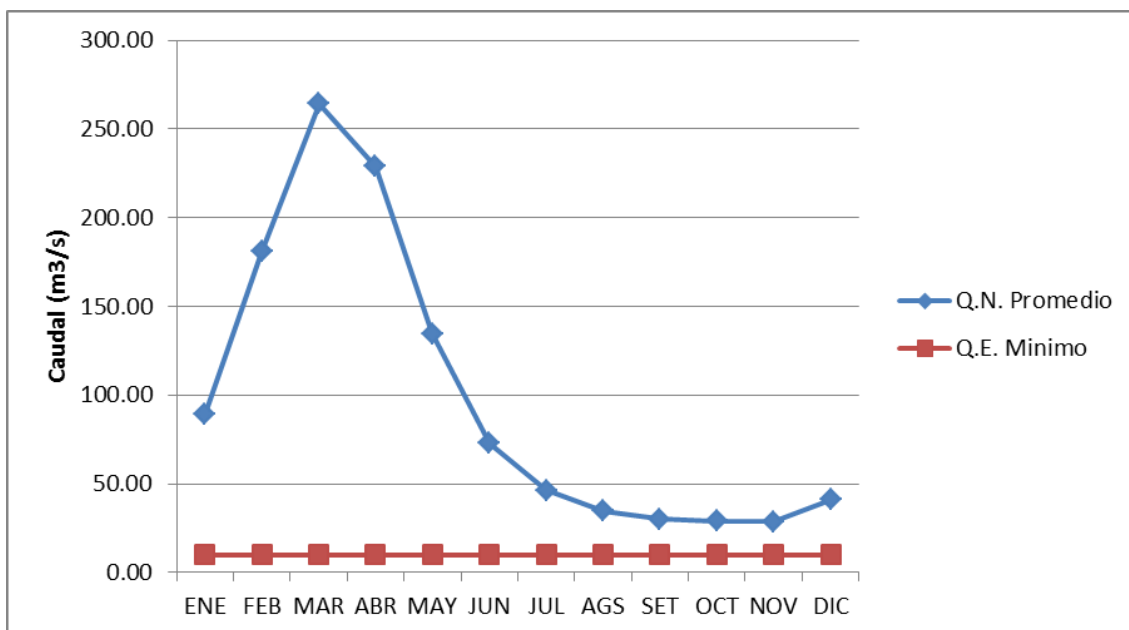


Figura 10. Caudal medio natural mensual vs. Caudal Ecológico recomendable en la Estación Hidrométrica El Tigre, período 1963 – 1987.

Tabla 12. Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica El Tigre período (1988 – 2011).

MESES	CAUDALES NATURALES (QN) m³/s			CAUDAL ECOLÓGICO (QE) DEL RÍO TUMBES (m³/s)				
	Máximo	Mínimo	Promedio	Mínimo	Aceptable	Bueno	Excelente	Excepcionales
ENE	381.70	17.30	89.41	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
FEB	573.20	41.72	194.26	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
MAR	587.10	73.13	265.73	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
ABR	622.30	90.18	234.90	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
MAY	269.20	73.81	118.55	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
JUN	112.60	40.10	64.48	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
JUL	64.59	25.90	47.35	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
AGO	59.61	17.60	37.40	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
SET	57.47	13.40	32.80	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
OCT	57.38	11.61	31.46	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
NOV	88.31	11.00	34.29	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
DIC	299.90	16.60	55.30	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
Promedio			100.49					

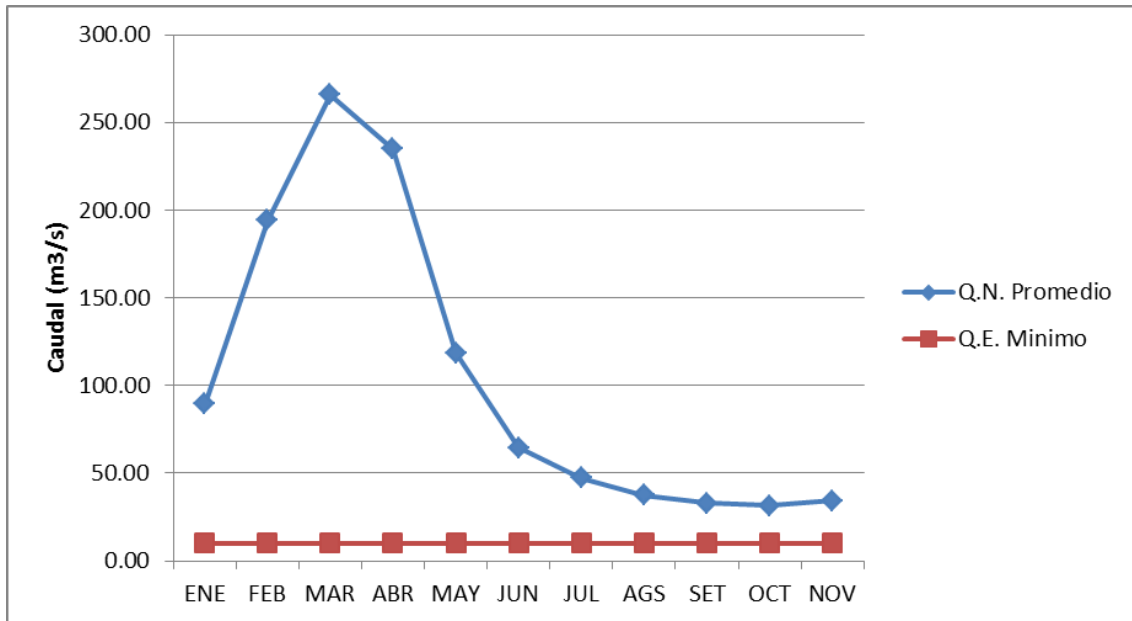


Figura 11. Caudal Medio Natural mensual vs. Caudal Ecológico recomendable en la Estación Hidrométrica El Tigre, período 1988 - 2011.

Considerando el registro histórico de los caudales en la Estación El Tigre, en los años (1963 – 2011), el caudal natural promedio es de 99.42 m³/s, también se observa que el caudal natural promedio se incrementa del período (1963 – 1987) y (1988 – 2011), de 98.39 m³/s a 100.49 m³/s, respectivamente y el Caudal Ecológico mínimo entre estos período es de 9,84 m³/s a 10.05 m³/s respectivamente y el considerado como excelente pasa de 59.03 a 60.30 m³/s, en el mismo período, en términos porcentuales estos se incrementan entre 6.17 % y 2.15% respectivamente.

De ello puede afirmarse que el incremento de los valores de los Caudales Ecológicos, las condiciones ecológicas en el tramo en estudio del río son favorables para la vida acuática.

En el caudal natural promedio mensual en la Estación Hidrométrica el Tigre, para los meses de enero a julio, se observa caudales mayores a los obtenidos con caudales ecológicos excepcionales; sin embargo los caudales naturales promedios de los meses agosto a diciembre son inferiores a los caudales excepcionales.

Los Caudales Ecológicos mínimos de los meses enero a diciembre, resultaron inferiores a los Caudales Ecológicos considerados como excelentes y excepcionales.

Para el período (1988 – 2011), el caudal natural promedio, son mayores a los caudales ecológicos excepcionales, para los meses de enero a junio, no siendo así para los meses de agosto a noviembre (período de estiaje), en ambos períodos se puede observar incremento en el mes de diciembre, de 55.30 a 40.20 m³/s, debido a las precipitaciones que se dan en la parte alta de la República de Ecuador.

Caracterización Hidrológica

A partir de la estadística histórica de los caudales del río Tumbes sector Higuerón, estación El Tigre, período (1963 – 2011), se observa en la Curva de Duración de Caudales CDC, que a medida que los porcentajes de excedencia aumentan los caudales decrecen de 136.54 m³/s a 59 m³/s, en la figura 12 y tabla 13; allí se muestra los caudales medios mensuales para los años con probabilidad de excedencia 15%, 50%, 75%, 90%.

Tabla 13. Caudales representativos del río Tumbes en la Estación Hidrométrica El Tigre, sector Higuerón y probabilidad de excedencia.

Parámetros	Caudales (m ³ /s)
Media Anual	99.42
Desv. Estándar	38.94
Máximo	226.31
Mínimo	38.28
Probabilidad de excedencia	(m ³ /s)
15%	136.54
50%	89.73
75%	71.75
90%	59.02

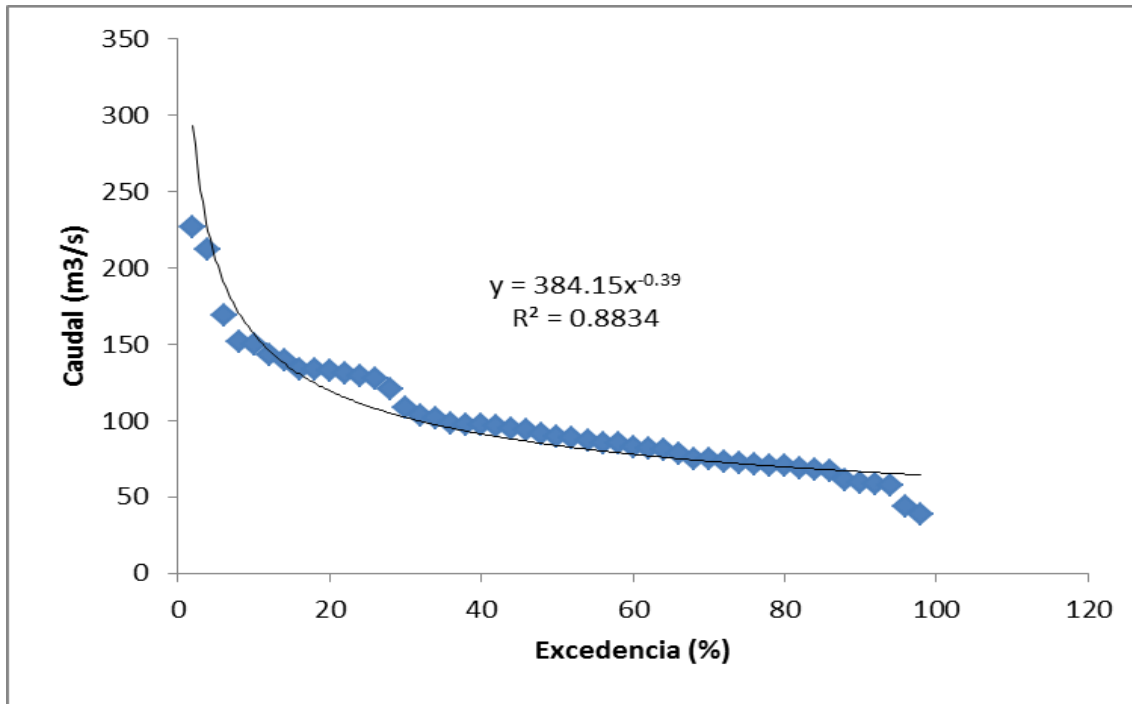


Figura 12. Curva de Duración de Caudales CDC medios del río Tumbes, período (1963 -2011) Estación Hidrométrica El Tigre.

Las descargas máximas de la cuenca del río Tumbes, se presentan generalmente en el primer trimestre de cada año, para el período registrado (1963 - 2011), la descarga máxima instantánea alcanzó 3 713 m³/s; el período de estiaje se presenta en los meses de agosto, septiembre y noviembre, donde alcanzan sus caudales más bajos, debido a la escasez de precipitaciones, a la presencia de mayor insolación y por ende al mayor potencial de evapotranspiración (de las plantas), asimismo a la evaporación más intensa de los cursos de agua.

Las mayores variaciones del cauce del río Tumbes se relacionan con la presencia del fenómeno El Niño, la variación del río de una margen a otra (margen derecha y margen izquierda), ocasiona erosión fluvial e inundaciones, afectando a terrenos de cultivo, las instalaciones de las pozas langostineras, centros poblados y vías de comunicación.

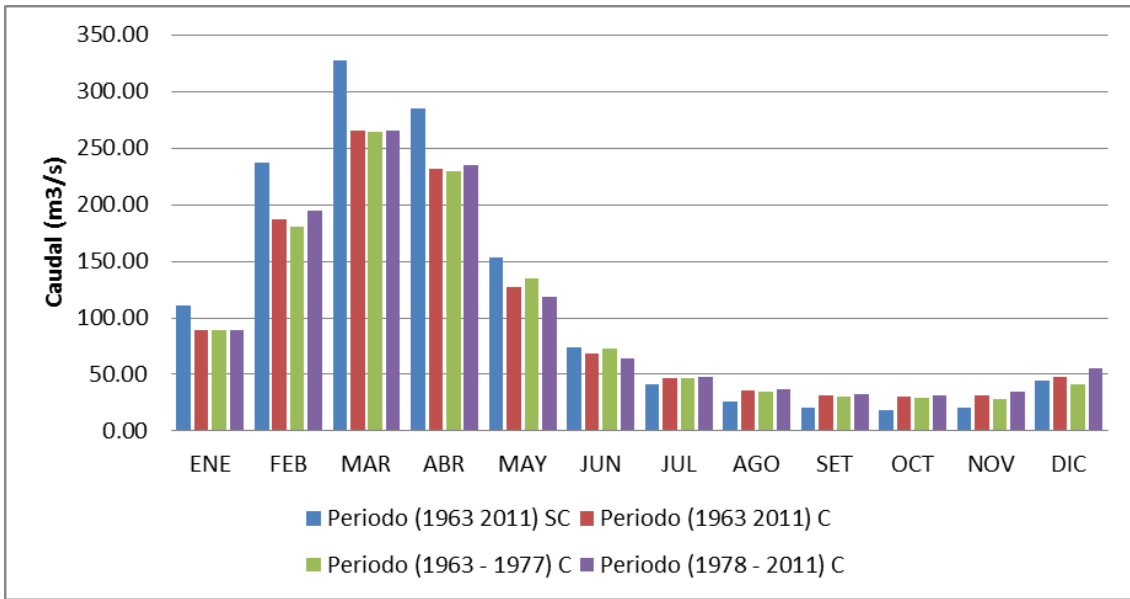


Figura 13. Estiaje del río Tumbes Estación Hidrométrica El Tigre, período (1963 – 2011), comparando el comportamiento de diferentes período (SC = sin corregir), período (C = consistentes).

Se determinó que el río Tumbes presenta un caudal promedio anual de 99.49 m³/s, equivalente a 3 094.54 hm³, en la Estación Hidrométrica El Tigre, para un período histórico de 1963 – 2011, ver figura 14.

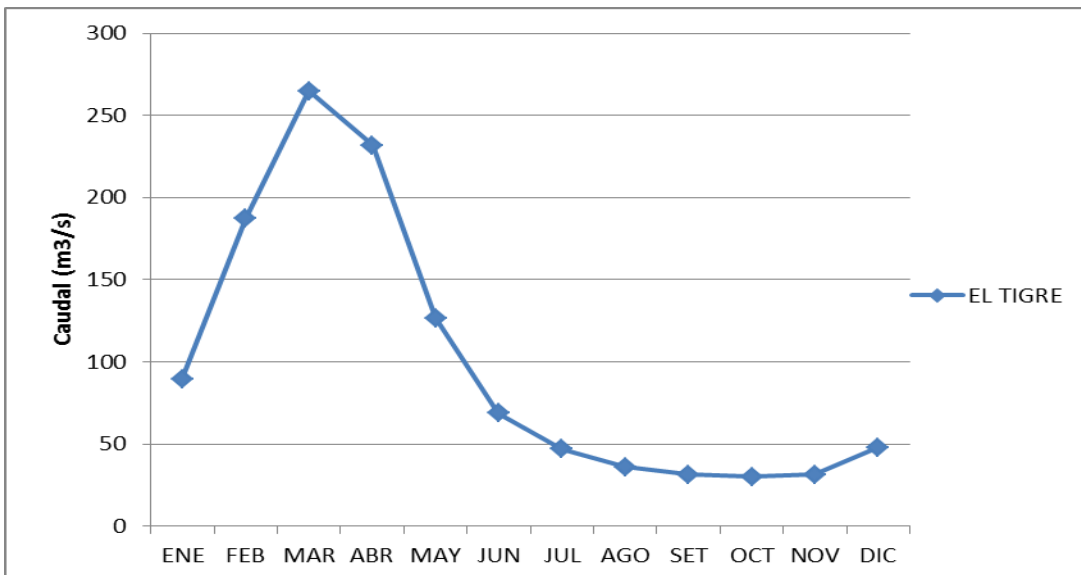


Figura 14. Caudal medio mensual Estación Hidrométrica El Tigre período (1963 – 2011).

CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS CCC

Denominada también Curva de Duración de Caudales CDC, con la que se propone una discriminación previa de los años en base a su aportación anual en nuestro caso en 5 tipos de régimen de humedad, denominados “año extremadamente húmedo”, “año húmedo”, “año medio”, “año seco” y “año extremadamente seco” figura 15, con lo que podremos proyectar que Caudal Ecológico aplicar, para cada una de las clasificaciones según régimen de humedad como año extremadamente húmedo se calificaron los caudales presentados con una probabilidad de ocurrencia cercano al 15%, al húmedo 50%, medio 75%, seco 90 % y más de 90% para extremadamente seco, para nuestro caso corresponde una curva de tendencia del tipo potencial $y = 384.15 * X^{-0.390}$ observar figura 15 y tablas 14 y 15. Se seleccionaron los años en base a la probabilidad de que los caudales se presenten iguales o mayores.

En función a los años que corresponde las clasificaciones del régimen de humedad se ordenaron para el régimen extremadamente húmedo 7 años, régimen húmedo corresponde 18 años, régimen medio 12 años, régimen seco 8 años y el régimen extremo seco 4 años, que corresponde a la serie histórica (1963 – 2011). A cada uno de los regímenes se determinó mensualmente valores máximos, mínimos, promedios anual, desviación estándar y coeficiente de variabilidad, es a este promedio anual que se le aplicó el 10% que determinan el Caudal Ecológico Mínimo recomendable para mantener un hábitat que permita sobrevivir a la mayoría de las formas de vida acuática, ver anexo B-2 a B-6, donde se calculó el caudal medio anual y el Caudal Ecológico de cada régimen hídrico.

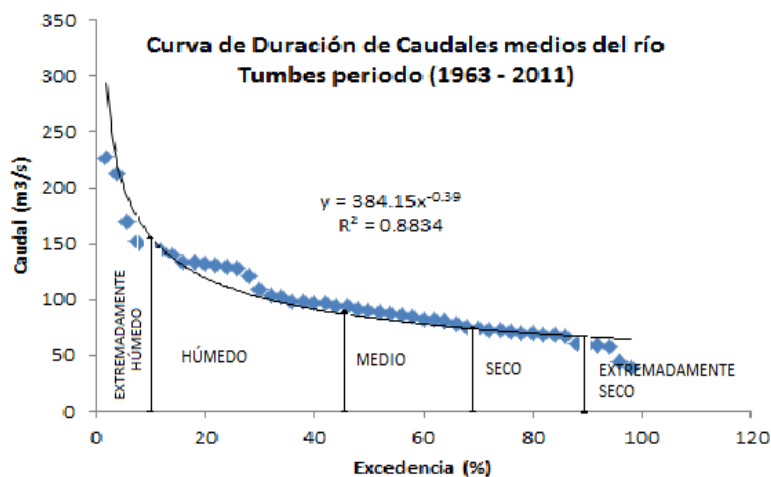


Figura 15. Curva de caudales, clasificación según régimen hídrico del río Tumbes, Estación Hidrométrica El Tigre.

Tabla 15. Caracterización del Régimen Hídrico RH, según caudales, período (1963 – 2011).

Clasificación R.H	%	Rangos de Q
Extremo Húmedo	15	136.54 a +
Húmedo	50	136.54 – 89.73
Medio	75	89.73 – 71.75
Seco	90	71.75 – 59.01
Extremo seco	+90	< 59.01

Tabla 14. Determina Caudal Persistencia percentil 15,50, 75,90%

ORDEN	AÑO	P (%)	Q (m³/s)	TIPO	
1	1998	2	226.31	15% EXTREMO HÚMEDO	
2	1983	4	211.81		
3	1972	6	168.97		
4	1975	8	151.33		
5	1973	10	150.07		
6	2008	12	143.45		
7	1971	14	139.38		
8	2009	16	133.70	50% HÚMEDO	
9	1987	18	133.50		
10	1997	20	132.57		
11	1999	22	131.06		
12	1976	24	129.41		
13	2000	26	127.41		
14	2002	28	120.62		
15	2006	30	108.63		
16	2010	32	103.25		
17	2001	34	102.01		
18	1984	36	98.31		
19	1989	38	97.66		
20	1969	40	97.23		
21	1993	42	96.39		
22	1965	44	94.45		
23	1992	46	93.86		
24	1994	48	91.47		
25	2011	50	89.73		
26	1981	52	88.51	75% MEDIO	
27	1966	54	86.83		
28	1970	56	85.64		
29	1974	58	85.43		
30	2007	60	82.51		
31	1982	62	82.08		
32	1986	64	81.29		
33	1977	66	77.93		
34	1963	68	75.17		
35	1996	70	74.61		
36	1988	72	72.73		
37	1979	74	72.43		
38	1995	76	71.07	90% SECO	
39	1967	78	70.46		
40	1964	80	70.30		
41	1991	82	68.87		
42	1985	84	68.36		
43	1990	86	66.69		
44	2004	88	60.68		
45	2003	90	59.02		
46	1980	92	58.53		EXTREMO SECO
47	2005	94	57.58		
48	1978	96	44.02		
49	1968	98	38.28		

Tabla 16. Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica El Tigre referida al régimen de humedad Extremo Húmedo.

MESES	CAUDALES NATURALES (QN) m ³ /s			CAUDAL ECOLÓGICO (QE) DEL RÍO TUMBES (m ³ /s)				
	Máximo	Mínimo	Promedio	Mínimo	Aceptable	Bueno	Excelente	Excepcional
ENE	381.70	73.90	186.93	17.02	51.06	68.07	85.09	102.11
FEB	573.20	189.04	335.52	17.02	51.06	68.07	85.09	102.11
MAR	626.90	383.45	505.22	17.02	51.06	68.07	85.09	102.11
ABR	622.30	346.70	425.07	17.02	51.06	68.07	85.09	102.11
MAY	337.32	136.20	224.69	17.02	51.06	68.07	85.09	102.11
JUN	241.42	77.70	124.07	17.02	51.06	68.07	85.09	102.11
JUL	120.08	49.24	65.27	17.02	17.02	34.04	51.06	68.07
AGO	69.04	32.80	40.65	17.02	17.02	34.04	51.06	68.07
SET	65.11	23.54	33.44	17.02	17.02	34.04	51.06	68.07
OCT	64.34	19.30	30.63	17.02	17.02	34.04	51.06	68.07
NOV	61.96	17.50	28.42	17.02	17.02	34.04	51.06	68.07
DIC	77.71	16.60	42.33	17.02	17.02	34.04	51.06	68.07
Promedio			170.19	EXTREMO HÚMEDO				

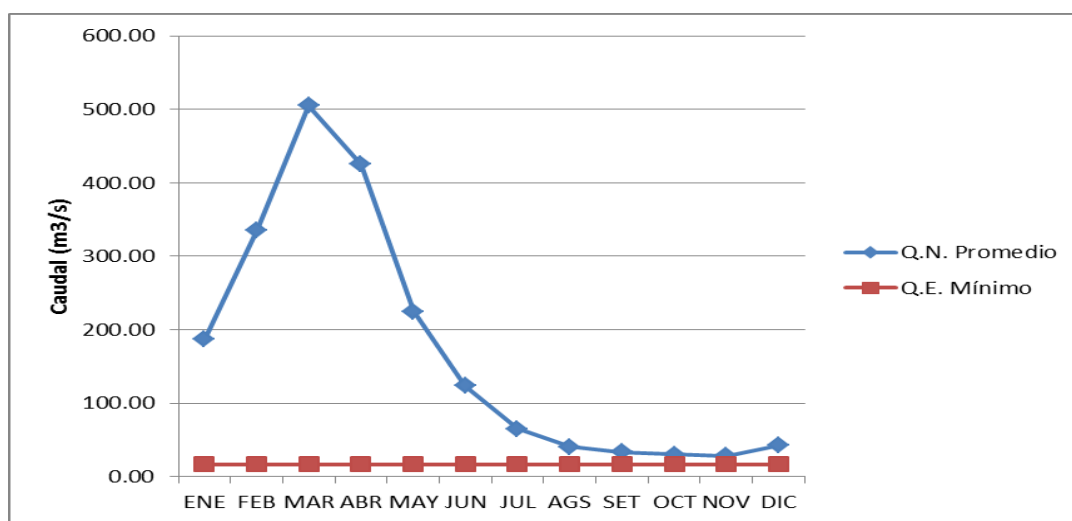


Figura 16. Caudal Medio Natural Mensual vs. Caudal Ecológico Mínimo régimen Extremadamente Húmedo recomendable en la Estación El Tigre.

En un régimen extremadamente húmedo el promedio natural anual es de 170.19 m³/s, así mismo los meses promedio natural de enero a junio superan en valor a los Caudales Ecológicos excepcionales, en este caso desde el mes de julio a diciembre el caudal natural promedio es menor que el Caudal Ecológico Excepcional.

Tabla 17. Caudal Ecológico de la Estación Hidrométrica El Tigre referida al régimen de humedad Extremo Seco.

MESES	CAUDALES NATURALES (QN) m ³ /s			CAUDAL ECOLÓGICO (QE) DEL RÍO TUMBES (m ³ /s)				
	Máximo	Mínimo	Promedio	Mínimo	Aceptable	Bueno	Excelente	Excelentísima
ENE	44.90	25.40	31.54	4.96	14.88	19.84	24.80	29.76
FEB	150.40	41.72	73.28	4.96	14.88	19.84	24.80	29.76
MAR	265.96	82.80	149.24	4.96	14.88	19.84	24.80	29.76
ABR	168.20	87.10	131.84	4.96	14.88	19.84	24.80	29.76
MAY	83.90	48.30	70.90	4.96	14.88	19.84	24.80	29.76
JUN	44.40	35.60	40.98	4.96	14.88	19.84	24.80	29.76
JUL	28.60	14.20	23.43	4.96	4.96	9.92	14.88	19.84
AGO	20.30	9.70	16.15	4.96	4.96	9.92	14.88	19.84
SET	16.20	8.80	13.18	4.96	4.96	9.92	14.88	19.84
OCT	15.80	10.70	12.70	4.96	4.96	9.92	14.88	19.84
NOV	15.60	7.70	11.50	4.96	4.96	9.92	14.88	19.84
DIC	37.80	8.70	20.50	4.96	4.96	9.92	14.88	19.84
Promedio			49.60	EXTREMO SECO				

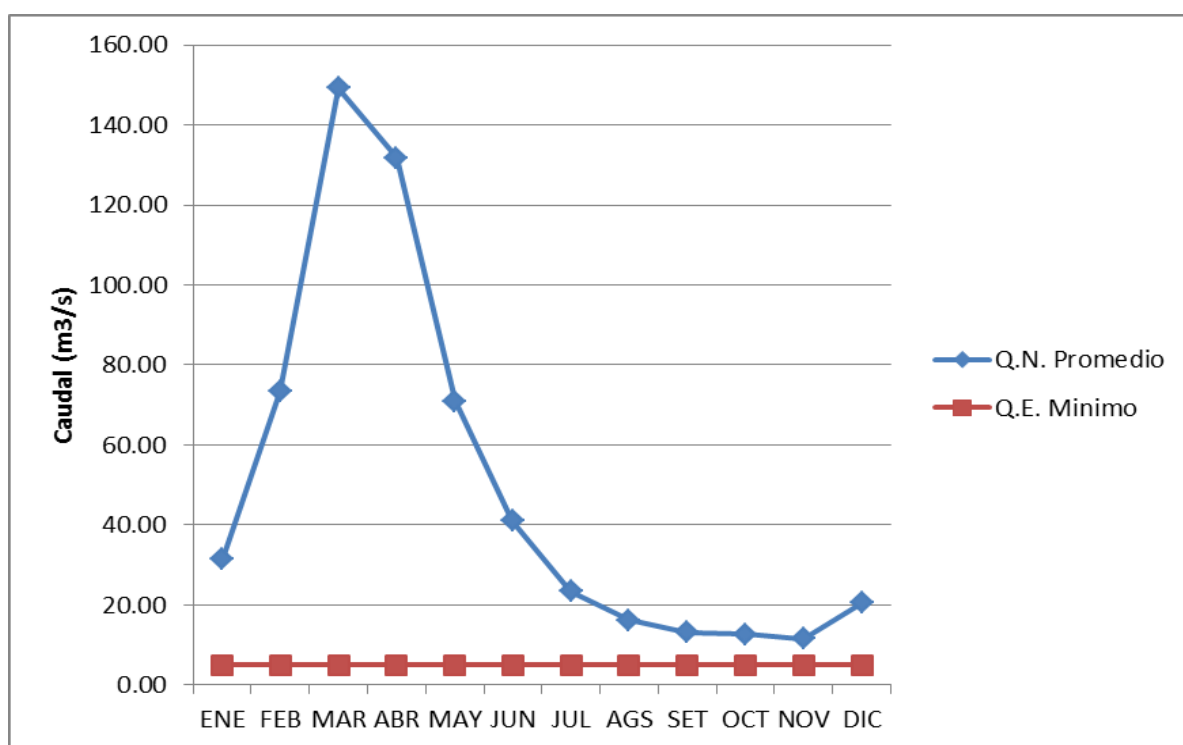


Figura 17. Caudal Medio Natural Mensual vs. Caudal Ecológico mínimo período

Extremo Seco recomendable en la Estación Hidrométrica El Tigre.

En este régimen de humedad extremo seco se observa que el caudal natural promedio es mayor en los meses de enero a julio al Caudal Ecológico excelentísimo pero de agosto a

noviembre son menores al caudal ecológico excelentísimo, el mes de diciembre aumenta debido a que empiezan las lluvias.

PERSISTENCIA DE LOS VOLÚMENES DE AGUA EN hm³

En el cuadro del anexo C-3, se muestra el análisis de frecuencia relativa de los volúmenes de agua del río Tumbes de la Estación Hidrométrica El Tigre, persistencia de 50%, 75%, 90% y 95%. Los cálculos del análisis de persistencia de volúmenes medios mensuales del río Tumbes se ha realizado para la serie naturalizada-correctada de 49 años período 1963 – 2011, se efectuó el ajuste estadístico empírico con el modelo Weibull, que es el que mejor justificación estadísticamente.

En el cuadro del anexo C-3, se observa los resultados del análisis de persistencia para la serie histórica (1963–2011), naturalizada-correctada con información de la probabilidad de ocurrencia de los volúmenes medios mensuales de agua y total del río Tumbes contra el 50%, 75%, 90% y 95% de persistencia y ordenado de mayor a menor; se ha resaltado la persistencia al 75%, dado que este es un porcentaje seguro de ocurrencia de caudales y volúmenes, para que sea tomado como disponible en el sistema de riego del valle del río Tumbes. Se tiene para la serie de volumen medios mensuales naturalizados-correctados una disponibilidad hídrica promedio de 259.62 hm³ y al 75% de persistencia máximos y mínimos de 1 679.09 hm³ que se dio en el mes de marzo y 19.96 hm³ en noviembre respectivamente, lo que se puede apreciar en el cuadro anexo C-2.

Tabla 18. Volúmenes de las descargas medios mensuales al 75% de persistencia hm³, cuenca del río Tumbes, Estación Hidrométrica El Tigre. Período (1963 – 2011).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SET	OCT	NOV	DIC
PROMEDIO	239.48	1386.7	709.59	601.18	339.40	178.30	125.36	96.47	81.60	80.78	81.25	128.63
P(50%)	190.70	383.54	608.80	509.36	281.41	165.97	114.90	85.44	59.10	54.64	50.54	91.07
P(75%)	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56
P(90%)	81.08	176.36	246.51	248.19	197.45	106.27	72.85	47.68	37.07	33.21	32.40	44.46
P(95%)	65.49	114.19	228.76	229.76	166.46	96.16	61.87	44.33	33.96	31.35	28.25	32.54

El análisis estadístico de probabilidad de ocurrencia de caudales medios mensuales en el presente estudio está regido por el uso del agua con fines de riego.

Tabla 19. Oferta de Agua al 75 % DE Persistencia.

OFERTA DE AGUA AL 75 % DE PERSISTENCIA										
	EXT. HÚMEDO		HÚMEDO		MEDIO		SECO		EXT. SECO	
OFERTA	1795.29	%	1795.29	%	1795.29	%	1795.29	%	1795.29	%
DEMANDA	852.06	47.46	852.06	36.9	568.87	31.69	526.29	29.32	471.74	26.27
BALANCE	943.22	52.54	943.22	63.10	1226.42	68.31	1268.99	70.68	1323.55	73.72
Q.E	536.74	29.90	347.23	19.34	253.55	14.12	210.98	11.75	156.42	8.71

En la tabla 19, se observa que en diferentes regímenes de humedad el río Tumbes, tiene un superávit hídrico de 943.22 MMC, a 1 323.55 MMC los mismos que anualmente se pierden al mar, según régimen hídrico.

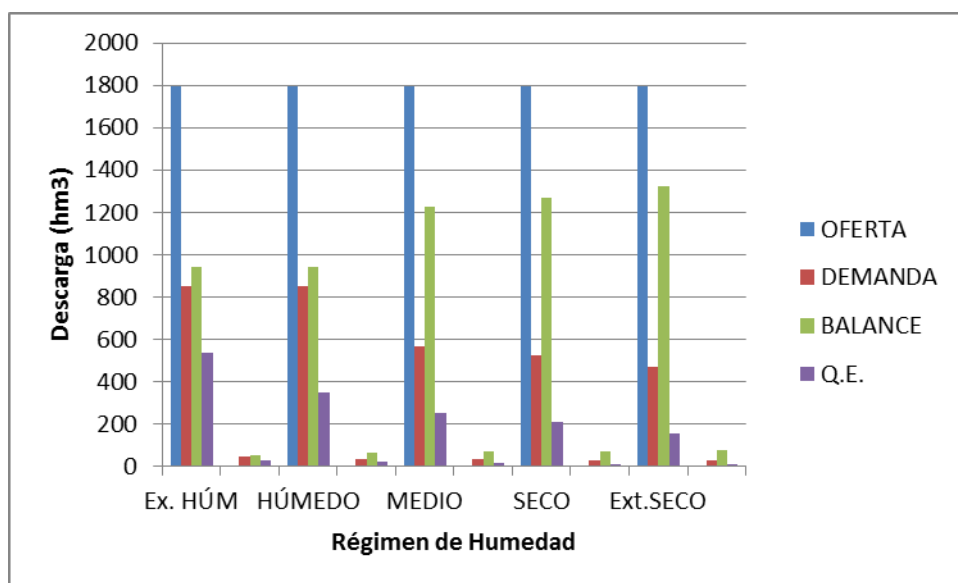


Figura 18. Comportamiento del régimen hídrico másico del río Tumbes.

En la figura 18, se observa la oferta como un valor constante mensualmente debido a que en el historial registrado de 49 años y ordenados de mayor a menor el, 75%, ver anexo C-3, de persistencia sean iguales o mayores a lo observado en dicha tabla teniéndose un total de 1 785.28 MMC, como valores máximos de 352.56 MMC y mínimos de 40.05 MMC, ver fig 18. Que teniendo en cuenta el régimen de humedad el balance aumenta con respecto al régimen de humedad extremo seco y la demanda con el Caudal Ecológico decrece en ese mismo sentido.

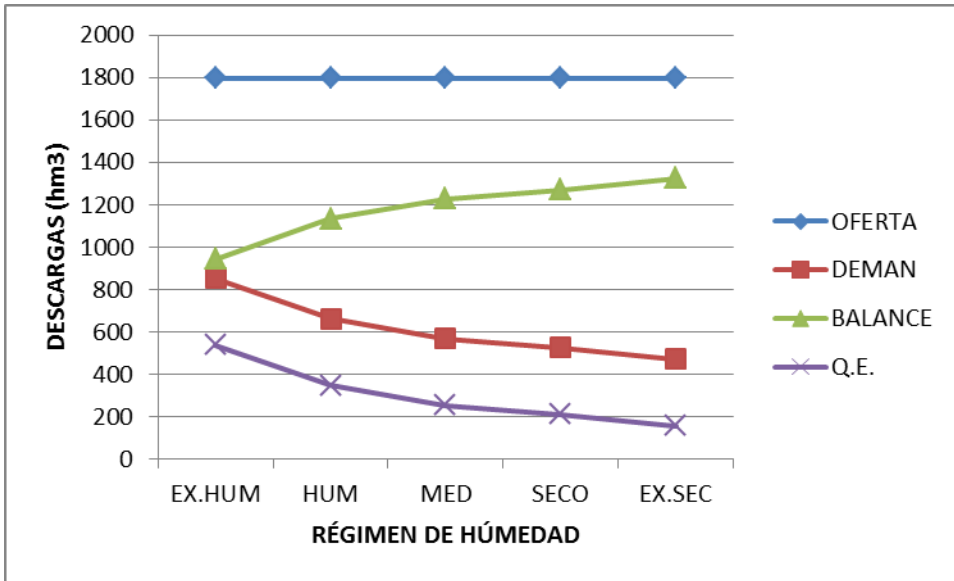


Figura 19. Comportamiento anual de la Oferta, Demanda, Balance y Caudal Ecológico según régimen de humedad en el río Tumbes Estación El Tigre.

Tabla 20. Comparando la mensualmente la oferta hídrica, al 75% de persistencia versus Demanda, Balance y el Caudal Ecológicos período (1963-2011).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGS	SET	OCT	NOV	DIC
OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56
DEMANDA	63.60	52.69	57.83	60.96	55.46	35.38	56.64	54.02	53.67	58.04	52.45	37.62
BALANCE	68.17	208.04	287.65	295.61	155.58	103.47	34.95	11.45	-5.38	-12.12	-8.40	17.94
Q.E.	26.62	24.05	26.62	25.76	26.62	25.76	26.62	26.62	25.76	26.62	25.76	26.62

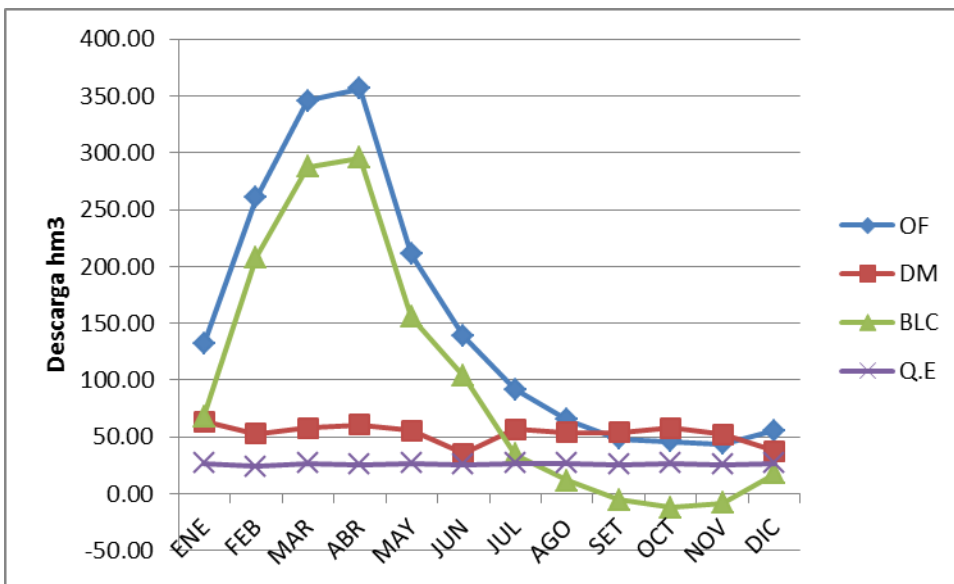


Figura 20. La Oferta Hídrica versus Caudal Ecológico, con una persistencia del 75%.

Correlacionando cada uno de los caudales promedios anuales obtenidos de los parámetros propuestos en el presente trabajo con los Caudales Ecológicos generados al aplicar el 10% Caudal Ecológico mínimo, se observa que este se reduce a una ecuación de correlación del tipo lineal: $Q.E. = 0.1*Q.N - 0.0035$.

Tabla 21. Correlación Caudal Medio Natural (CMN) versus Caudal Mínimo Ecológico (CME).

Qmn	QE min	Parámetros en estudio
99.42	9.49	Período (1963- 2011)
98.39	9.83	Período (1963-1987)
100.49	10.05	Período (1988-2011)
170.19	17.02	R.H. Extremo Húmedo
110.07	11.01	R.H. Húmedo
80.42	8.04	R.H. Medio
66.93	6.69	R.H. Seco
49.60	4.96	R.H. Extremo seco
145.61	14.56	Persistencia al 75%

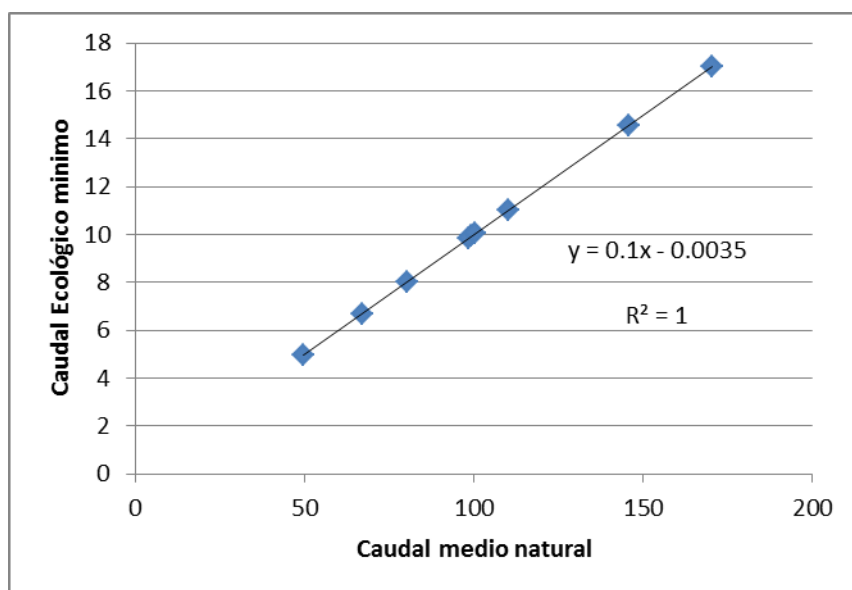


Figura 21. Caudal Medio Natural versus Caudal Ecológico Mínimo

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Contrastando los objetivos y resultados en este trabajo de investigación se concluye que:

1. El Caudal Ecológico según registro histórico (1963-2011), de la Estación Hidrométrica El tigre del río Tumbes, a partir del caudal medio anual 99.42 m³/s, es de 9.94 m³/s
2. El método hidrológico de Tennant, también denominado Montana resulto útil para el cálculo del Caudal Ecológico en la Estación Hidrométrica El Tigre del río Tumbes.
3. Los valores deducidos para el periodo crono espacial, períodos (1963-1987) y (1988-2011), de caudales medios anuales da 98.39 m³/s y 100.49 m³/s, respectivamente y los valor de los Caudales Ecológicos respectivamente son 9.84 m³/s, y 10.04 m³/s.
4. El río Tumbes tiene un superávit en producción de agua que se debe aprovechar.
5. Según régimen hídrico del río Tumbes (Extremadamente húmedo, húmedo, seco y Extremadamente seco), presentando un caudal medio anual cada uno de 170.19 m³/s, 110.07 m³/s, 80.30 m³/s, 60.93 m³/s, 49.60 m³/s, sus caudal ecológico respectivo son de 17.02 m³/s, 11.01 m³/s, 8.03 m³/s, 6.09 m³/s, 4.96 m³/s; denotando una correlación lineal de la forma: $Q.E = 0.1 * Q.N - 0.0035$
6. Comparando el Caudal Ecológico versus el balance hídrico, este supera en volumen al Caudal Ecológico y decrece paralelamente con la demanda hacia el régimen extremo seco, en el río Tumbes.

RECOMENDACIONES

1. Continuar con el estudio y el modelamiento de los parámetros y aplicación de otras metodologías para determinar Caudal Ecológico donde se investigue parámetros como perímetro mojado y las poblaciones de especies acuáticas y vegetales.
2. Las acciones antrópicas sobre las cuencas del río Tumbes condicionan los procesos naturales, afectando el régimen del caudal, de sus corrientes, la calidad del agua y los ecosistemas.
3. La información generada permite establecer relaciones entre caudales naturales y Caudales Ecológicos y tomar decisiones de manejo adecuado en la gestión integral de los recursos hídricos.

LISTADO DE REFERENCIAS

Acreman, A & M. Dunbar, 2004. Defining Environmental river flow requirements – a– river. *Hydrology and Earth System Sciences* 8 (5): 861-876.

Alcázar Montero, Jorge 2007, El Método del Caudal Básico para la determinación de Caudales de Mantenimiento Aplicación a la Cuenca del Ebro; Tesis Doctoral presentada, Universidad de Lleida Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria, Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo. Lleida.
<http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8236/Tjam1d1.pdf?sequence=1>

Arevalo L.J, Alegre, Plm,C. 2003. Manual de determinación de las reservas de carbón en los diferentes sistemas de uso de tierras en Perú. ICRAF, CODESU, INIA. Ediciones graficas Miguel Arévalo. Lima – Perú.

Arthington, A, R Tharme, S. Brizga, B. Pusey & M- Kennard 2005. Environmental flow assessment with emphasis on holistic methodologies. Technical Report. Center for Riverine Landscapes, Faculty of Environmental Sciences, Griffith University, Nathan, Queensland, Australia. 31p.

Azarte, Julio Acuña Vera Arévalo, Héctor; Yerren Suarez, Jorge Ordoñez Gálvez, Juan Julio. 2008, Atlas Hidrológico de las Cuencas Zarumilla y Tumbes ubicadas en el departamento de Tumbes, Dirección General de Hidrología y Recursos Hídricos.
http://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/Paper_BHSTUZA.pdf

Bustamante Toro, Cesar Augusto; Monsalve Durango, Elkin Aníbal; García Reinoso, Pedro León; 2007, Los caudales Ecológicos: Herramienta Fundamental en la Gestión de las Fuentes Hídricas Del Quindío. *Revista Internacional* N°17 – Universidad del Quindío, pp 205-221, Armenia, Año 2007, ISSN 1794-631 X.

Custodio, Emilio/ Llamas Manuel Ramón, 1983, Hidrología Subterránea, Tomo I, Ediciones Omega, S.A. Platón, 26 – Barcelona – 6.

Diez Hernández, Juan, 2005, Bases metodológicas para el establecimiento de caudales ecológicos en el ordenamiento de cuencas hidrográficas.

<http://ingenieria.univalle.edu.co:8000/revistaingenieria/index.php/inymce/article/viewFile/104/103>.

Diagnóstico IC INCLAM, Ministerio de Agricultura Autoridad Nacional del Agua, Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos, 2012; Plan de Gestión de Recursos Hídricos de la cuenca del río Tumbes.

Domínguez, Gabriela Jamett, 2008, Evaluación del instrumento caudal ecológico, panorama legal e Institucional en Chile y Brasil. Universidad de Chile.

Estudio del caudal ecológico en el río Fuy proyecto hidroeléctrico Neltume EDENSA CHILE.

Estudio de Impacto Ambiental y Estudio a Nivel de Factibilidad del Proyecto de Irrigación Margen Derecha del Río Tumbes; Informe Final, 2010. Gobierno Regional de Tumbes, Consorcio Río Tumbes, ENGEVIX-ATA.

Fattorelli, Sergio; Fernández, Pedro C, 2010, Diseño Hidráulico, Associazione Italiana Di Idronomia. Edición digital.

García, M; G. Bergkamp, & J, Scanion (Eds) 2003. Caudal. Elementos esenciales de los caudales ambientales. Traducción de José María Blanch. UICN-ORMA. San José, Costa Rica. 125p.

García Flores, Manuel, Maza Álvarez, José Antonio 1985, Manual de Ingeniería de ríos, México UNAM, Colmatación de embalses

García De Jalon, D 1990, Técnicas hidrobiológicas para la fijación de Caudales Ecológicos mínimos. En: Libro homenaje al profesor D. M. García Viedma 183-196.A. Ramos, A. Notario & R. Baragaño (eds) FUCOVAS.UPM. Madrid.

- García de Jalón, Diego y Gonzales del Tánago, Marta, 2009**, El concepto de Caudal Ecológico y criterios para su aplicación en los ríos españoles. Departamento de Ingeniería Forestal, Escuela de Ingeniería de Montes, Universidad Politécnica de Madrid.
- García, E, R. Gonzales, P. Martinez, J. Athala & G. Paz-Soldan. 1999**. Guía de aplicación de los métodos de cálculo de caudales de reserva ecológicos en México. Libro en CD. Colección Manuales. CNA-IMTA-SEMARNAP. México.
- Guevara Pérez, Edilberto, Cartaya Di Lena, Humberto, 2004**, Hidrología Ambiental.
- García, E. & Paz-Soldan, G. 1997**. Estimación de las necesidades hídricas para la conservación de la ecología fluvial de los ríos regulados. En descentralización en la gestión ambiental. Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. México. P, 1-8.
- Germán Santa Cruz De León. 2010**, Variación Cromo espacial de los caudales ecológicos en la cuenca del río Valles, México.
- Gonzales Villela, Rebeca; Banderas Tarabay Alfonso. 2010**, Estudio comparativo de tres Metodologías para el manejo y cálculo de caudales ambientales en el río Santiago, Nayarit, México.
- Hughes, D.A; P. Hannart & D. Watkins. 2003**. Continuous baseflow separation from time series of daily and monthly streamflow data. Water SA 29 (1): 43-48.
- Linsley, Ray K. Kohler Max, Paulhus Joseph, 1968**, Hidrología para Ingenieros, Libros McGraw – Hill, Panamá, México, New York.
- Magdaleno Más, Fernando 2004**. Caudales Ecológicos: conceptos básicos, métodos de cálculo y nuevas interpretaciones. Ingeniero de Montes. Centro de estudios de Técnicas Aplicadas del CEDEX. Ministerio de Fomento.
- Manual de “Determinación de Caudales Ecológicos en Cuencas con Fauna Ictica Nativa y en Estado de Conservación” (DGA, 2008)**. Introducción al Cálculo del

Caudales Ecológicos, un análisis de las tendencias actuales. Edesa Chile, Una empresa del Grupo Endesa.

Martínez, C & Fernández, J.A. 2010, Conceptos y Métodos sobre el Régimen de Caudales Ecológicos. Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino.

Mayo Rustarazo, Martín; 2010, Determinación de Regímenes de Caudales Ecológicos Mínimos. Adaptación del Método IFIM-PHABSIM y aplicaciones a los ríos Españoles; Departamento de Ingeniería Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes.

McKenny, C, & Read, M. 1999, Ecological flow requirements for the Great Foresteer River. Report Series WRA 99/15. Tasmania. 42 p.

Mejía Marcauzco, Jesús Abel 2012, Hidrología Aplicada. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Ministerio de Vivienda 2002, “Plan de gestión de la oferta de agua en la cuenca del ámbito del Proyecto Puyango-Tumbes” volumen ii, 2002; tomo 2.4 “aspectos ambientales en la gestión de agua” “erosión y sedimentación de la cuenca”. República del Perú Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento instituto nacional de desarrollo proyecto especial Puyango-Tumbes asesor técnico asociado s.a.

Odile Fossati & Roger Calvez, 2005, Plan de trabajo para monitoreo de macroinvertebrados como indicadores para caudales ecológicos. Proyecto para definir Caudales Ecológicos en ríos del sistema Papallacta.

Proyecto Central Hidroeléctrica Angostura Río Bio Bio, 2008; VIII Región, Estudio preliminar Caudal Ecológico, central Hidroeléctrica Angostura.

Perales Pontes, José, 2010, Caracterización del régimen de Caudales Ecológicos Mínimos y análisis de riesgos en los embalses de la cuenca del río Guadalfeo (Granado), Córdova,. Trabajo Profesional fin de carrera. Universidad de Córdova. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes.

Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 29338 2010, Ministerio de Agricultura, Autoridad Nacional del Agua.

Redondo Tilano, Sergio Andrés I.C. 2011, Incertidumbre hidrológica en la estimación de caudales ambientales mediante metodologías basadas en series históricas. Tesis de Maestría. Maestría en Ingeniería – Recursos Hidráulicos Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería civil y Agrícola.

Remenieras, G 1974, Tratado de Hidrología Aplicada, editores técnicos asociados, s.a.Segunda edición. Maignon, 26 – Barcelona – 12.

Rocha Felices, Arturo 1998, Introducción a la Hidráulica Fluvial. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Primera Edición.

Santacruz de León, German y Aguilar Robledo, Miguel; 2008, Estimación de los caudales ecológicos en el Río Valles con el método Tennant.

Sanz D. Martínez P, 2008, Estimación de caudales ecológicos en dos cuencas de Andalucía. Uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas. Ecosistemas, Asociación Española de Ecología Terrestre AEET.

Sanz Ronda, Javier Francisco y De Azagra Paredes, Andrés Martínez 2010. Propuesta de un régimen de caudal ecológico para el Coto de pesca de Melgar de Arriba Valladolid 2010.

Stewardson, M. 2005. Environmental flow analysis. Technical Repory 05/13. Cooperative Research Center for Catchment Hydrology. Australia. 47 p.

Torres, Martin 2009; Teoría Caudal. Teoría Introdutoria de caudal-Modulo Instrumentación, A. Unidad orientativa. (Instrumentación). Torres Eléctricos, <http://torreselecteronico.com>

Vílchez Ochoa, Guillermo, 2010, Servicio de Consultoría para la sistematización y seguimiento de la aplicación de metodologías de determinación del Caudal Ecológico

en cuencas hidrográficas en el marco de la acción de seguimiento e intervención.
Ministerio del Ambiente, Viceministerio de Gestión Ambiental. Dirección General de
Calidad Ambiental.

ANEXO

A - 1

CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS (m ³ /s)					
PTO. DE LA CUENCA	GUANABANO			ÁREA DREN.	4,597.4 Km ²

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,576,028	PAÍS	PERÚ
RIO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,608	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDIA	1,046.7 msnm	DIST	SAN JACINTO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	PROM
1964	36.4	131.8	219.9	299.2	138.2	66.4	40.5	22.6	8.3	8.9	15.1	9.7		83.1
1965	30.0	98.7	388.7	581.8	407.1	163.5	69.6	29.9	18.5	11.2	10.3	70.7		156.7
1966	122.0	92.7	178.9	137.5	57.9	38.6	36.4	22.3	19.1	8.2	11.2	6.8		61.0
1967	83.2	302.0	146.9	56.1	40.5	32.2	32.7	22.9	24.5	18.8	32.4	16.0		67.3
1968	25.6	50.5	152.4	87.1	48.3	35.6	14.2	9.7	8.8	10.7	7.7	8.7		38.3
1969	42.5	80.8	298.5	394.5	174.6	119.3	61.2	30.5	23.6	19.4	13.9	14.6		106.1
1970	122.3	207.8	174.3	119.9	160.5	78.3	42.9	28.8	22.8	18.9	17.2	34.0		85.6
1971	70.4	166.1	337.2	193.9	83.8	35.5	32.4	19.4	11.1	12.5	13.7	9.1		82.1
1972	132.9	232.4	542.7	377.3	260.2	103.1	41.6	13.1	13.7	17.0	9.9	83.4		152.3
1973	158.5	285.9	419.0	377.4	278.3	106.6	58.0	26.6	11.3	16.1	27.9	46.7		151.0
1974	62.1	213.0	264.5	172.0	73.3	36.9	33.9	23.0	18.4	10.2	12.2	6.8		77.2
1975	14.7	222.1	385.9	377.4	181.0	74.1	50.3	21.7	19.3	33.0	38.5	16.4		119.5
1976	199.6	434.9	506.6	277.9	203.8	79.7	43.1	18.7	21.8	22.6	23.1	8.7		153.4
1977	150.7	253.5	201.2	191.4	87.3	45.5	39.6	30.1	18.7	15.1	29.7	11.1		89.5
1978	30.6	73.9	104.4	190.3	88.5	55.3	40.1	23.4	21.5	26.7	32.7	13.3		58.4
1979	63.2	152.2	272.6	170.0	72.5	45.6	38.3	27.4	16.5	22.4	37.3	23.6		78.5
1980	54.5	78.0	76.2	215.9	94.2	51.6	39.3	25.8	26.6	11.6	8.8	67.2		62.5
1981	37.3	169.6	257.8	145.8	68.2	42.3	37.0	28.4	27.7	27.6	27.7	69.5		78.2
1982	75.4	106.2	89.9	102.9	101.6	60.6	45.5	29.0	17.9	40.4	139.3	333.5		95.2
1983	457.0	436.6	595.4	642.9	695.2	412.7	141.4	47.6	22.4	7.5	11.1	105.7		298.0
1984	29.3	413.0	409.2	377.0	161.3	62.2	40.2	25.8	25.1	8.2	20.0	17.0		132.3
1985	78.4	79.8	97.5	41.5	19.0	31.1	32.4	22.3	21.9	22.2	30.2	59.6		44.7
1986	146.8	184.6	67.9	185.8	85.9	52.5	42.4	27.1	28.2	23.4	27.2	12.3		73.7
1987	198.9	185.1	251.7	216.4	111.7	64.5	43.2	20.8	23.0	21.8	24.1	17.7		98.2
1988	160.7	272.7	102.3	132.2	56.6	36.8	31.8	22.5	19.5	20.5	12.6	97.6		80.5
1989	356.7	451.0	516.0	309.6	133.6	54.5	42.4	25.4	27.2	16.1	30.0	14.0		164.7
1990	11.1	103.4	180.7	177.3	77.8	41.2	34.6	26.3	26.7	18.7	22.7	7.7		60.7
1991	29.3	166.2	320.5	175.2	79.8	43.3	38.9	29.1	27.1	19.9	16.9	63.8		84.2
1992	107.0	239.2	578.8	464.3	319.5	124.5	66.1	30.4	22.7	27.1	34.4	8.7		168.6
1993	50.0	397.4	477.6	482.3	229.1	105.2	52.4	29.7	26.0	11.8	13.3	85.8		163.4
1994	220.8	307.3	283.6	214.7	93.2	56.4	43.1	27.7	28.5	26.5	32.0	83.6		118.1
1995	63.7	254.6	231.9	107.8	63.5	48.0	33.2	14.9	18.7	19.2	12.1	28.1		74.7
1996	135.3	199.5	286.6	122.0	64.2	43.7	39.5	28.3	30.7	20.9	34.3	15.6		85.0
1997	45.2	100.5	207.8	249.5	108.7	37.5	35.6	25.2	5.7	38.6	207.4	440.5		125.2
1998	317.0	460.9	578.3	715.6	384.4	148.6	71.6	29.4	23.0	21.3	27.2	10.0		232.3
1999	64.9	293.3	333.1	195.3	105.0	44.6	33.0	26.1	17.2	14.0	10.1	142.8		106.6
2000	103.1	261.1	423.9	374.0	238.2	87.8	48.0	30.4	24.9	27.7	38.4	18.0		139.6
2001	168.8	178.3	450.2	237.6	104.7	63.2	46.3	27.5	27.5	27.0	16.1	14.7		113.5
2002	18.3	220.2	419.3	339.3	148.0	79.2	53.7	30.6	29.7	17.1	13.0	61.7		119.2
2003	70.8	129.9	117.3	97.0	42.2	30.1	33.1	23.7	27.8	24.8	21.8	44.6		55.3
2004	38.3	212.5	185.9	175.6	77.9	48.8	39.0	23.6	13.5	7.9	20.2	13.5		71.4
2005	79.4	108.3	255.4	146.2	98.8	51.9	47.3	13.5	47.8	34.8	50.8	13.5		79.0
2006	69.8	242.5	296.8	249.8	68.4	39.6	64.6	35.2	38.8	13.5	76.6	70.6		105.5
2007	147.9	127.0	195.1	222.6	95.4	81.4	36.7	30.0	13.5	13.5	13.5	13.5		82.5

N' DATOS	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44		44
MEDIA	106.4	213.1	292.7	252.7	142.8	71.8	45.2	25.6	22.0	19.4	30.1	52.5		106.2
P (50%)	72.6	204.1	270.2	206.0	96.9	53.3	40.4	26.7	22.6	18.8	20.6	18.2		87.5
P (75%)	42.3	113.0	177.0	145.2	73.0	40.3	36.9	23.5	16.4	13.5	13.8	12.1		58.9
P (90%)	18.6	85.1	102.0	102.7	53.5	35.7	34.1	18.2	13.2	8.6	7.7	8.8		40.7
DESV. STD	92.3	110.7	148.3	150.9	121.9	60.6	18.4	6.2	7.7	8.1	34.6	80.9		70.0
MIN	11.1	50.5	67.9	41.5	19.0	30.1	14.2	9.7	5.7	7.5	7.7	6.8		22.7
MAX	457.0	460.9	595.4	715.6	695.2	412.7	141.4	47.6	47.8	40.4	207.4	440.5		355.2
MEDIANA	73.1	203.7	268.6	205.0	97.1	53.5	40.4	26.2	22.5	19.1	22.2	17.3		87.4

A - 2

CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS (m³/s)						
PTO. DE LA CUENCA	PUENTE CARRETAS				ÁREA DREN.	2,737.5 Km²

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,571,141	PAÍS	ECUADOR
RIO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	602,928	PROV	LOJA
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDIA	1,120.0 msnm	DIST	LOJA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	PROM
1964	27.9	120.9	200.3	239.3	117.7	61.3	33.3	19.4	13.1	11.6	8.9	5.5		71.6
1965	27.9	86.5	261.6	438.6	322.0	148.4	64.1	26.8	11.7	5.5	5.5	60.2		121.6
1966	104.4	89.7	163.1	126.8	53.1	27.7	22.9	20.1	21.0	5.5	10.0	5.5		54.1
1967	74.6	256.5	165.8	71.7	39.2	28.4	27.2	25.6	21.5	14.8	21.7	8.3		62.9
1968	25.6	50.5	152.4	87.1	48.3	35.6	14.2	9.7	8.8	10.7	7.7	8.7		38.3
1969	43.8	89.4	254.2	350.1	155.4	119.8	61.1	33.8	19.8	21.0	7.5	11.6		97.3
1970	122.3	207.8	174.3	119.9	160.5	78.3	42.9	28.8	22.8	18.9	17.2	34.0		85.6
1971	73.0	167.2	305.3	191.0	87.2	37.6	27.7	17.6	7.2	10.7	7.3	5.5		78.1
1972	113.6	168.8	367.5	284.1	216.3	100.3	41.1	16.6	15.8	24.2	10.7	75.6		119.5
1973	136.4	216.9	345.3	323.3	228.8	99.5	47.6	22.5	6.8	17.1	23.3	47.0		126.2
1974	49.7	167.1	236.0	166.3	67.8	23.4	19.8	12.6	13.1	5.5	5.5	5.5		64.4
1975	32.9	177.7	331.4	348.6	188.9	81.3	43.8	19.5	13.2	37.7	27.6	9.8		109.4
1976	159.9	291.3	393.8	249.7	179.0	80.1	40.9	25.3	19.0	26.8	9.3	5.5		123.4
1977	122.6	194.8	182.7	147.3	64.5	29.4	24.5	25.5	16.0	16.6	21.8	9.2		71.2
1978	31.2	62.7	64.9	113.9	57.4	42.9	31.7	23.2	21.1	34.8	18.8	5.5		42.3
1979	61.2	133.4	276.0	174.2	82.2	50.6	37.1	13.1	13.5	21.9	23.2	5.5		74.3
1980	53.5	94.6	77.1	171.7	80.0	38.8	26.1	29.1	23.9	8.8	14.3	75.1		57.7
1981	53.7	129.7	189.2	113.8	49.0	29.9	27.7	26.8	26.0	17.3	8.6	71.3		61.9
1982	94.4	141.6	148.6	137.7	145.1	80.9	43.0	24.8	12.6	75.8	115.6	245.6		105.5
1983	307.0	235.6	343.2	355.8	332.2	146.5	51.1	28.3	11.7	5.5	5.5	93.1		159.6
1984	27.0	308.2	317.8	287.0	135.4	57.4	34.0	27.0	28.0	17.4	7.5	21.1		105.7
1985	86.2	58.6	81.3	25.8	5.5	22.9	20.8	21.5	21.0	26.9	24.5	49.1		37.0
1986	130.8	134.8	58.6	172.2	76.6	45.0	37.0	30.6	28.0	26.2	15.3	5.5		63.4
1987	125.3	97.0	110.0	113.7	74.2	54.8	31.2	20.0	23.5	26.4	10.6	5.5		57.7
1988	152.2	276.6	127.8	152.3	72.5	45.8	27.2	24.7	18.3	23.7	9.8	45.3		81.3
1989	223.8	286.1	335.7	224.5	97.2	52.0	40.3	32.8	26.1	14.0	16.5	22.2		114.3
1990	28.8	96.3	182.4	202.5	92.9	47.5	28.6	30.5	28.2	22.7	16.3	12.1		65.7
1991	46.3	122.7	265.3	150.8	74.9	42.6	30.2	25.2	26.1	28.4	19.5	85.2		76.4
1992	103.4	161.3	238.8	244.5	167.5	80.5	45.9	34.0	18.9	25.3	20.8	5.5		95.5
1993	57.2	298.6	412.2	370.9	188.9	97.4	42.2	35.5	28.0	13.0	5.5	90.3		136.7
1994	207.2	233.1	267.4	206.6	94.8	57.8	40.0	31.1	33.0	34.1	21.5	62.5		107.4
1995	51.5	143.1	211.4	113.6	82.4	50.3	33.6	29.8	33.4	38.5	13.6	48.2		70.8
1996	149.9	207.5	300.0	166.6	85.2	51.0	37.4	31.4	27.2	24.6	28.0	5.5		92.9
1997	47.8	65.2	128.1	169.2	73.3	32.2	24.6	24.8	12.2	48.8	154.4	211.1		82.6
1998	116.7	186.0	283.5	306.8	196.8	90.1	44.0	30.3	26.0	25.0	17.8	6.8		110.8
1999	71.7	224.8	260.7	134.5	82.9	37.3	33.9	27.8	5.5	8.4	5.5	147.8		86.7
2000	127.8	226.7	380.1	312.7	204.2	81.1	36.5	26.6	9.3	24.6	27.1	17.2		122.8
2001	129.9	135.0	308.3	155.4	72.6	52.6	35.1	26.9	23.7	31.0	15.0	15.3		83.4
2002	24.8	128.0	281.3	214.5	95.9	66.7	42.0	32.0	32.3	24.4	5.5	68.5		84.7
2003	51.7	89.2	119.7	101.8	40.1	23.3	26.2	23.4	25.9	33.4	19.4	47.1		50.1
2004	49.1	150.3	191.2	188.2	82.5	51.1	35.6	33.7	12.7	6.2	5.5	22.9		69.1
2005	68.3	88.0	188.9	114.0	81.6	49.3	46.2	22.9	46.6	37.6	48.7	22.8		67.9
2006	61.6	180.1	217.1	185.0	60.6	40.8	58.1	37.9	40.4	22.9	66.4	62.1		86.1
2007	115.4	100.9	147.4	166.4	79.2	69.6	38.9	34.3	22.8	22.9	22.8	22.8		70.3

N' DATOS	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44		44
MEDIA	90.2	160.9	228.4	197.5	113.5	60.0	36.3	26.0	20.8	22.7	22.0	43.0		85.1
P (50%)	72.4	146.7	226.5	171.9	82.7	51.1	36.0	26.7	21.0	22.9	15.3	22.2		74.6
P (75%)	48.1	96.5	155.1	128.8	72.5	37.9	27.7	22.6	13.2	13.3	7.7	5.5		52.4
P (90%)	29.1	68.9	95.7	107.7	48.6	28.0	23.7	17.1	9.6	5.5	5.5	5.5		37.1
DESV.STD	58.9	70.2	92.6	90.2	70.5	30.1	10.6	6.2	8.9	13.0	27.5	51.9		44.2
MIN	24.8	50.5	58.6	25.8	5.5	22.9	14.2	9.7	5.5	5.5	5.5	5.5		19.5
MAX	307.0	308.2	412.2	438.6	332.2	148.4	64.1	37.9	46.6	75.8	154.4	245.6		214.3
MEDIANA	72.4	146.7	226.5	171.9	82.7	51.1	36.0	26.7	21.1	22.9	15.8	22.5		74.7

A - 3

CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS (m³/s)					
PTO. DE LA CUENCA	ESTACIÓN EL TIGRE			ÁREA DREN.	4,739.9 Km²

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERU
RIO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDIA	400.0 msnm	DIST	SAN JACINTO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	PROM
1964	40.3	138.0	242.3	338.1	142.3	70.9	43.1	25.9	12.9	13.5	13.8	10.8		91.0
1965	27.4	101.8	445.3	654.1	409.8	164.4	75.3	29.9	15.1	13.3	6.9	68.4		167.6
1966	129.4	97.7	197.4	145.4	53.8	39.7	38.4	25.8	21.3	8.7	8.9	8.2		64.6
1967	87.5	325.1	167.9	63.6	34.9	29.5	26.9	22.5	22.0	17.7	23.0	23.9		70.4
1968	25.6	50.5	152.4	87.1	48.3	35.6	14.2	9.7	8.8	10.7	7.7	8.7		38.3
1969	43.5	90.7	337.5	445.8	173.3	110.2	64.1	32.6	25.6	18.2	8.9	12.6		113.6
1970	122.3	207.8	174.3	119.9	160.5	78.3	42.9	28.8	22.8	18.9	17.2	34.0		85.6
1971	68.6	177.0	380.7	222.8	85.2	37.9	33.3	17.8	8.6	10.3	15.7	7.7		88.8
1972	138.4	246.0	614.6	425.7	251.3	100.4	50.1	16.0	15.3	18.0	8.0	81.6		163.8
1973	175.9	300.7	467.1	421.2	276.8	104.8	55.3	24.6	9.5	18.0	20.2	46.4		160.0
1974	65.6	221.4	292.6	190.5	77.1	35.4	31.6	23.7	19.0	12.3	11.3	7.7		82.3
1975	17.3	241.0	445.2	429.8	184.2	76.0	52.5	19.3	17.3	31.8	24.1	15.3		129.5
1976	215.3	469.2	569.9	312.6	207.7	85.0	50.7	24.8	23.6	23.1	21.0	13.9		168.1
1977	158.7	270.8	224.3	211.4	85.2	47.0	39.5	27.4	15.8	16.8	27.1	12.2		94.7
1978	28.8	73.0	116.9	212.9	93.9	53.7	39.5	26.2	23.8	25.9	27.3	12.8		61.2
1979	66.3	161.3	308.2	196.5	77.9	47.4	41.1	24.2	18.0	25.4	29.6	25.0		85.1
1980	59.1	80.6	82.8	240.8	96.9	52.2	43.1	27.0	28.9	13.9	7.7	61.6		66.2
1981	32.6	178.7	284.9	161.8	67.9	40.1	33.2	25.5	27.7	22.7	18.2	60.4		79.5
1982	74.6	105.7	93.4	109.8	95.8	60.2	44.8	26.4	19.1	38.6	107.7	330.1		92.2
1983	483.1	473.9	670.7	723.9	688.5	407.8	139.9	46.6	24.8	9.2	7.6	99.4		314.6
1984	31.6	449.1	456.2	418.0	161.4	70.7	44.4	29.4	26.1	11.3	16.2	9.1		143.6
1985	80.2	80.3	114.4	52.0	24.3	28.2	36.1	25.6	26.2	22.3	28.8	60.3		48.2
1986	155.0	199.9	75.2	212.9	82.6	53.4	43.2	26.2	26.3	22.9	20.2	8.8		77.2
1987	207.0	203.3	290.7	243.0	106.9	62.2	41.5	21.1	25.8	22.1	17.2	11.9		104.4
1988	170.1	289.5	113.0	144.6	59.0	37.9	32.5	25.0	20.6	21.5	7.9	95.0		84.7
1989	379.9	494.7	586.5	347.6	133.0	58.4	44.2	26.3	27.5	18.5	24.5	15.4		179.7
1990	15.4	107.4	199.5	197.1	78.4	45.8	39.0	29.8	29.2	18.4	19.1	7.7		65.6
1991	30.2	176.5	361.3	192.4	74.4	40.2	41.6	29.2	29.9	20.0	18.6	65.8		90.0
1992	114.1	262.0	667.6	546.2	341.7	135.1	71.3	34.6	24.7	27.2	24.6	9.2		188.2
1993	52.4	431.4	539.4	542.5	233.3	109.2	59.7	31.5	27.1	9.1	13.8	80.6		177.5
1994	234.6	331.3	317.0	249.1	99.3	60.9	47.1	31.7	29.8	25.3	21.1	74.4		126.8
1995	59.8	265.6	257.5	114.4	62.0	43.2	28.3	14.9	19.0	18.8	9.1	27.8		76.7
1996	143.8	210.6	319.7	130.4	63.1	46.8	40.8	26.8	31.0	21.6	30.0	14.1		89.9
1997	46.5	106.0	231.6	281.4	112.5	46.4	41.7	28.7	10.3	41.6	168.7	459.4		131.2
1998	365.7	529.7	680.4	820.5	394.3	156.4	73.8	35.4	27.7	23.5	26.0	11.4		262.1
1999	67.4	315.7	376.0	228.3	106.6	47.2	39.4	29.0	16.7	15.1	7.7	136.1		115.4
2000	108.1	283.7	476.6	424.9	244.5	93.6	53.9	32.6	24.3	26.2	28.2	14.1		150.9
2001	177.0	191.5	515.3	265.3	102.2	63.3	47.6	29.3	29.2	28.1	14.5	14.0		123.1
2002	16.3	236.2	483.3	394.1	155.8	82.1	51.2	32.9	31.7	20.2	13.0	60.8		131.5
2003	83.0	140.4	139.8	112.4	45.8	33.6	36.5	26.2	28.1	24.9	16.2	42.1		60.7
2004	38.1	222.5	210.2	200.0	75.8	47.0	37.0	27.7	13.4	6.3	17.5	11.0		75.5
2005	83.0	114.5	275.3	155.9	104.2	52.9	47.9	11.0	48.5	34.2	51.7	11.0		82.5
2006	72.5	261.2	320.5	269.2	71.0	39.5	66.8	34.7	38.6	11.0	79.9	73.3		111.5
2007	157.8	135.0	209.4	239.5	100.5	85.1	36.3	29.0	11.0	11.0	11.0	11.0		86.4

N° DATOS	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
MEDIA	112.5	228.4	329.2	284.0	144.2	73.1	46.8	26.7	22.8	19.7	24.9	51.5		113.6
P (50%)	77.4	209.2	300.4	233.9	99.9	53.5	43.0	26.6	23.8	18.8	17.5	15.3		93.3
P (75%)	41.1	119.7	197.9	157.4	74.8	40.9	37.4	24.6	16.9	13.5	11.5	11.0		62.2
P (90%)	18.8	91.1	113.7	111.1	51.1	35.5	32.0	16.9	10.6	9.2	7.7	8.5		42.2
DESV. STD	100.0	123.0	171.4	173.0	122.4	60.2	18.7	6.4	8.0	7.8	28.5	82.4		75.2
MIN	15.4	50.5	75.2	52.0	24.3	28.2	14.2	9.7	8.6	6.3	6.9	7.7		24.9
MAX	483.1	529.7	680.4	820.5	688.5	407.8	139.9	46.6	48.5	41.6	168.7	459.4		376.2
MEDIANA	77.4	209.2	300.4	233.9	99.9	53.5	43.0	26.6	24.1	18.9	17.9	15.3		93.3

A - 4

CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS (m ³ /s)			
PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE		ÁREA DREN. 4,739.9 Km ²

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RIO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDIA	40.0	DIST	SAN JACINTO

REGISTRO HISTORICO CONSISTENTE (1963 - 2011)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	PROM
1963	63.2	173.8	310.0	165.0	63.3	31.7	21.2	16.1	14.1	13.4	12.9	17.3	1.0	75.17
1964	52.0	72.9	113.0	279.0	137.0	55.9	31.8	22.8	20.3	20.4	19.1	19.4	2.0	70.30
1965	23.5	43.9	191.5	379.5	242.9	54.5	36.1	35.0	29.4	26.7	32.6	37.8	3.0	94.45
1966	140.7	193.6	185.7	195.3	141.7	57.3	33.8	23.1	17.5	20.3	16.7	16.3	4.0	86.83
1967	59.2	258.7	229.0	108.1	61.0	38.6	27.2	19.6	12.8	11.8	10.8	8.7	5.0	70.46
1968	25.6	50.5	152.4	87.1	48.3	35.6	14.2	9.7	8.8	10.7	7.7	8.7	6.0	38.28
1969	36.6	109.8	227.3	432.0	141.3	64.0	44.2	34.6	22.1	18.6	17.3	18.9	7.0	97.23
1970	122.3	207.8	174.3	119.9	160.5	78.3	42.9	28.8	22.8	18.9	17.2	34.0	8.0	85.64
1971	120.2	283.3	497.5	366.3	136.2	77.7	49.3	32.8	27.2	23.0	19.9	39.2	9.0	139.38
1972	92.3	184.9	626.9	474.5	229.2	137.6	70.1	42.7	34.2	30.5	27.0	77.7	10.0	168.97
1973	151.6	353.7	459.1	352.9	187.8	111.1	57.7	35.6	26.4	19.3	17.5	28.1	11.0	150.07
1974	60.5	208.2	256.0	126.7	130.4	63.1	41.3	23.7	18.4	23.8	21.2	51.9	12.0	85.43
1975	73.9	250.9	546.6	413.0	204.2	108.2	57.5	35.2	31.4	35.7	30.8	28.5	13.0	151.33
1976	96.5	340.6	420.6	288.8	172.1	77.5	41.1	33.7	24.3	18.4	17.2	22.1	14.0	129.41
1977	71.2	205.9	181.9	202.0	106.8	43.1	33.6	23.9	21.2	15.5	13.1	16.9	15.0	77.93
1978	44.9	50.5	82.8	130.4	77.2	43.8	25.0	17.0	14.3	12.4	11.7	18.2	16.0	44.02
1979	42.1	104.3	295.9	172.5	78.4	55.3	31.2	23.3	20.7	15.0	14.8	15.6	17.0	72.43
1980	25.4	150.4	95.8	168.2	83.9	44.4	28.6	20.3	16.2	15.8	15.6	37.8	18.0	58.53
1981	53.4	194.6	386.6	176.1	85.5	41.0	29.6	18.8	17.2	14.6	13.8	30.9	19.0	88.51
1982	68.09	100.58	88.02	99.22	73.72	66.26	59.54	56.88	55.89	59.95	81.33	175.44	20.0	82.08
1983	376.75	345.33	435.91	346.70	337.32	241.42	120.08	69.04	65.11	64.34	61.96	77.71	21.0	211.81
1984	83.81	181.97	184.01	173.12	105.07	75.57	66.82	61.93	60.13	61.15	59.70	66.48	22.0	98.31
1985	85.97	84.58	98.88	81.83	67.22	61.03	57.90	56.26	55.52	54.72	54.50	61.93	23.0	68.36
1986	93.65	129.67	98.97	149.04	89.41	67.16	61.09	57.78	55.99	54.93	58.96	58.80	24.0	81.29
1987	171.88	240.86	265.46	240.05	203.48	93.00	75.08	68.67	63.41	62.95	59.67	57.53	25.0	133.50
1988	80.46	126.45	92.04	90.18	76.97	64.90	58.24	56.33	56.36	55.61	56.26	58.96	26.0	72.73
1989	97.79	220.90	211.55	143.66	82.32	69.48	62.24	58.43	56.82	57.38	55.40	55.95	27.0	97.66
1990	61.28	82.72	73.13	99.31	81.89	64.96	59.11	56.64	55.34	55.43	55.03	55.43	28.0	66.69
1991	62.14	78.45	118.93	92.35	73.81	63.51	58.93	56.33	54.96	54.47	54.59	57.97	29.0	68.87
1992	67.16	98.04	211.12	196.51	129.30	78.11	64.03	58.93	57.07	55.40	55.09	55.61	30.0	93.86
1993	64.40	141.21	198.31	204.13	111.91	73.78	64.59	59.61	57.47	56.70	57.97	66.57	31.0	96.39
1994	110.92	158.54	149.91	151.27	100.12	73.69	63.88	59.02	57.29	56.23	56.08	60.66	32.0	91.47
1995	68.09	94.73	110.51	95.75	77.90	65.86	60.16	56.70	54.96	54.38	55.89	57.90	33.0	71.07
1996	86.16	107.94	135.49	96.68	73.81	64.03	59.17	56.08	54.50	54.31	53.42	53.76	34.0	74.61
1997	17.3	236.9	327.2	284.5	153.1	74.1	41.6	26.2	18.3	23.4	88.3	299.9	35.0	132.57
1998	381.7	573.2	587.1	622.3	269.2	112.6	53.0	34.3	26.2	20.0	19.5	16.6	36.0	226.31
1999	48.3	333.0	459.4	221.0	181.3	71.7	48.1	31.9	25.4	20.7	18.7	113.2	37.0	131.06
2000	90.2	227.4	396.6	374.1	210.7	68.3	52.7	22.0	21.4	22.0	21.4	22.0	38.0	127.41
2001	109.8	136.5	410.0	286.3	95.3	53.9	39.4	25.9	17.3	14.1	16.5	19.1	39.0	102.01
2002	43.8	127.3	501.5	449.9	121.7	57.9	35.4	24.0	16.7	16.4	19.5	33.3	40.0	120.62
2003	46.5	122.2	142.5	157.3	77.4	45.7	30.1	19.9	14.6	12.6	12.5	26.9	41.0	59.02
2004	46.1	145.7	119.5	174.95	77.0	46.5	27.5	17.8	14.9	16.0	16.6	25.6	42.0	60.68
2005	30.3	41.7	266.0	141.64	74.2	40.1	25.9	17.6	13.4	11.9	11.0	17.3	43.0	57.58
2006	47.1	281.8	388.8	294.82	74.0	42.6	27.5	18.3	14.6	11.6	17.1	85.2	44.0	108.63
2007	94.9	120.3	255.8	232.61	101.0	60.6	37.4	24.0	17.0	14.2	14.8	17.6	45.0	82.51
2008	112.0	357.3	383.5	399.79	208.9	79.9	49.2	34.9	23.5	21.6	22.3	28.5	46.0	143.45
2009	208.1	415.0	385.3	223.81	160.9	65.7	40.7	29.8	21.4	16.1	13.8	23.8	47.0	133.70
2010	72.4	186.2	363.0	278.29	132.2	59.3	41.1	28.3	21.1	16.0	15.9	25.2	48.0	103.25
2011	99.0	248.7	90.4	326.47	100.3	50.2	36.4	24.6	16.6	18.5	15.3	50.3	49.0	89.73
PROM	89.41	187.42	264.93	231.94	126.72	68.79	46.80	36.02	31.48	30.16	31.35	48.02		99.42
DESEST	71.63	108.45	151.76	124.12	62.32	32.69	18.25	16.89	18.10	18.80	21.53	47.37		38.94
MAX	381.70	573.20	626.90	622.30	337.32	241.42	120.08	69.04	65.11	64.34	88.31	299.90		226.31
MIN	17.30	41.72	73.13	81.83	48.30	31.70	14.20	9.70	8.80	10.70	7.70	8.70		38.28
C.V.	0.80	0.58	0.57	0.54	0.49	0.48	0.39	0.47	0.57	0.62	0.69	0.99		0.39

A - 6

CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS (m ³ /s)					
PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE			ÁREA DREN.	4,800.0 Km²

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RIO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDIA	400.0	DIST	SAN JACINTO

PERIÓDO (1988- 2011)

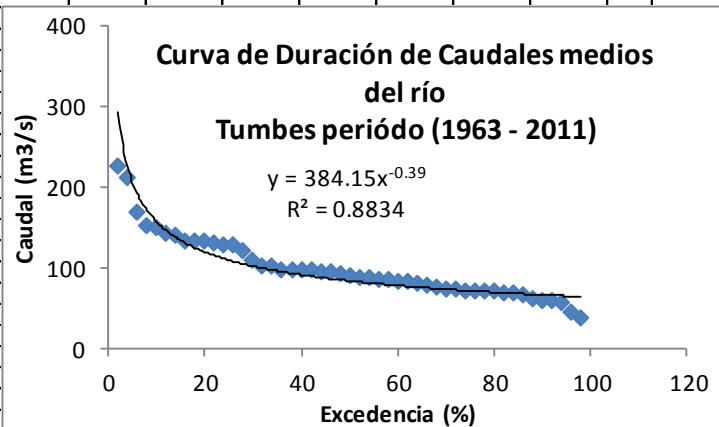
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	PROM
1988	80.46	126.45	92.04	90.18	76.97	64.90	58.24	56.33	56.36	55.61	56.26	58.96	1.0	72.73
1989	97.79	220.90	211.55	143.66	82.32	69.48	62.24	58.43	56.82	57.38	55.40	55.95	2.0	97.66
1990	61.28	82.72	73.13	99.31	81.89	64.96	59.11	56.64	55.34	55.43	55.03	55.43	3.0	66.69
1991	62.14	78.45	118.93	92.35	73.81	63.51	58.93	56.33	54.96	54.47	54.59	57.97	4.0	68.87
1992	67.16	98.04	211.12	196.51	129.30	78.11	64.03	58.93	57.07	55.40	55.09	55.61	5.0	93.86
1993	64.40	141.21	198.31	204.13	111.91	73.78	64.59	59.61	57.47	56.70	57.97	66.57	6.0	96.39
1994	110.92	158.54	149.91	151.27	100.12	73.69	63.88	59.02	57.29	56.23	56.08	60.66	7.0	91.47
1995	68.09	94.73	110.51	95.75	77.90	65.86	60.16	56.70	54.96	54.38	55.89	57.90	8.0	71.07
1996	86.16	107.94	135.49	96.68	73.81	64.03	59.17	56.08	54.50	54.31	53.42	53.76	9.0	74.61
1997	17.3	236.9	327.2	284.5	153.1	74.1	41.6	26.2	18.3	23.4	88.3	299.9	10.0	132.57
1998	381.7	573.2	587.1	622.3	269.2	112.6	53.0	34.3	26.2	20.0	19.5	16.6	11.0	226.31
1999	48.3	333.0	459.4	221.0	181.3	71.7	48.1	31.9	25.4	20.7	18.7	113.2	12.0	131.06
2000	90.2	227.4	396.6	374.1	210.7	68.3	52.7	22.0	21.4	22.0	21.4	22.0	13.0	127.41
2001	109.8	136.5	410.0	286.3	95.3	53.9	39.4	25.9	17.3	14.1	16.5	19.1	14.0	102.01
2002	43.8	127.3	501.5	449.9	121.7	57.9	35.4	24.0	16.7	16.4	19.5	33.3	15.0	120.62
2003	46.5	122.2	142.5	157.3	77.4	45.7	30.1	19.9	14.6	12.6	12.5	26.9	16.0	59.02
2004	46.1	145.7	119.5	174.95	77.0	46.5	27.5	17.8	14.9	16.0	16.6	25.6	17.0	60.68
2005	30.3	41.7	266.0	141.64	74.2	40.1	25.9	17.6	13.4	11.9	11.0	17.3	18.0	57.58
2006	47.1	281.8	388.8	294.82	74.0	42.6	27.5	18.3	14.6	11.6	17.1	85.2	19.0	108.63
2007	94.9	120.3	255.8	232.61	101.0	60.6	37.4	24.0	17.0	14.2	14.8	17.6	20.0	82.51
2008	112.0	357.3	383.5	399.79	208.9	79.9	49.2	34.9	23.5	21.6	22.3	28.5	21.0	143.45
2009	208.1	415.0	385.3	223.81	160.9	65.7	40.7	29.8	21.4	16.1	13.8	23.8	22.0	133.70
2010	72.4	186.2	363.0	278.29	132.2	59.3	41.1	28.3	21.1	16.0	15.9	25.2	23.0	103.25
2011	99.0	248.7	90.4	326.47	100.3	50.2	36.4	24.6	16.6	18.5	15.3	50.3	24.0	89.73
N° DATOS	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00		24.00
PROM	89.41	194.26	265.73	234.90	118.55	64.48	47.35	37.40	32.80	31.46	34.29	55.30		100.49
DESVESTA	73.00	124.72	149.20	131.27	53.39	15.11	13.05	16.58	18.71	19.30	22.28	57.43		57.84
C.V.	0.82	0.64	0.56	0.56	0.45	0.23	0.28	0.44	0.57	0.61	0.65	1.04		0.57
MAX	381.70	573.20	587.10	622.30	269.20	112.60	64.59	59.61	57.47	57.38	88.31	299.90		264.45
MIN	17.30	41.72	73.13	90.18	73.81	40.10	25.90	17.60	13.40	11.61	11.00	16.60		36.03

Meses	Caudal Natural QN (m ³ /s)			Caudal Ecológico Q.E. (m ³ /s)				
	Max	Min	Prom	Min	Aceptable	Bueno	Excel	Excep
ENE	381.70	17.30	89.41	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
FEB	573.20	41.72	194.26	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
MAR	587.10	73.13	265.73	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
ABR	622.30	90.18	234.90	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
MAY	269.20	73.81	118.55	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
JUN	112.60	40.10	64.48	10.05	30.15	40.20	50.25	60.30
JUL	64.59	25.90	47.35	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
AGO	59.61	17.60	37.40	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
SET	57.47	13.40	32.80	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
OCT	57.38	11.61	31.46	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
NOV	88.31	11.00	34.29	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
DIC	299.90	16.60	55.30	10.05	10.05	20.10	30.15	40.20
			100.49					

B - 1

CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS (m ³ /s)					
PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE			ÁREA DREN.	4,739.9 Km ²
CURVA DE CAUDALES CLASIFICADOS					
CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RIO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDIA	40.0	DIST	SAN JACINTO

ORDEN	AÑO	P (%)	Q (m ³ /s)	TIPO
1	1998	2	226.31	15% EXTREM HUMED
2	1983	4	211.81	
3	1972	6	168.97	
4	1975	8	151.33	
5	1973	10	150.07	
6	2008	12	143.45	
7	1971	14	139.38	
8	2009	16	133.70	50% HUMED
9	1987	18	133.50	
10	1997	20	132.57	
11	1999	22	131.06	
12	1976	24	129.41	
13	2000	26	127.41	
14	2002	28	120.62	
15	2006	30	108.63	
16	2010	32	103.25	
17	2001	34	102.01	
18	1984	36	98.31	75% MEDIO
19	1989	38	97.66	
20	1969	40	97.23	
21	1993	42	96.39	
22	1965	44	94.45	
23	1992	46	93.86	
24	1994	48	91.47	
25	2011	50	89.73	
26	1981	52	88.51	
27	1966	54	86.83	
28	1970	56	85.64	90% SECO
29	1974	58	85.43	
30	2007	60	82.51	
31	1982	62	82.08	
32	1986	64	81.29	
33	1977	66	77.93	
34	1963	68	75.17	
35	1996	70	74.61	
36	1988	72	72.73	
37	1979	74	72.43	
38	1995	76	71.07	
39	1967	78	70.46	
40	1964	80	70.30	
41	1991	82	68.87	
42	1985	84	68.36	
43	1990	86	66.69	
44	2004	88	60.68	
45	2003	90	59.02	
46	1980	92	58.53	
47	2005	94	57.58	
48	1978	96	44.02	
49	1968	98	38.28	
49				



B - 3

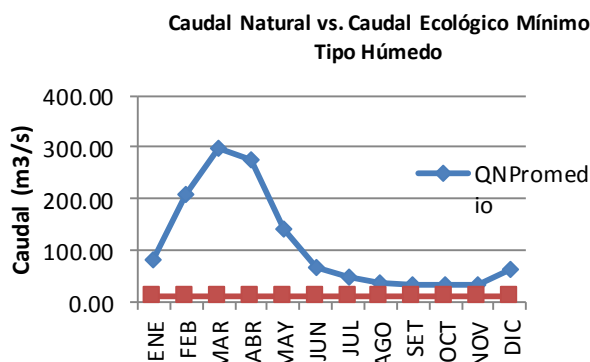
CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS (m³/s)

PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE				ÁREA DREN.	4,739.9	Km ²
CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ		
RIO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES		
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDI	40.0	DIST	SAN JACINTO		

HÚMEDO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	PROM
1965	23.5	43.9	191.5	379.5	242.9	54.5	36.1	35.0	29.4	26.7	32.6	37.8	10	94.45
1969	36.6	109.8	227.3	432.0	141.3	64.0	44.2	34.6	22.1	18.6	17.3	18.9	2.0	97.23
1976	96.5	340.6	420.6	288.8	172.1	77.5	41.1	33.7	24.3	18.4	17.2	22.1	3.0	129.41
1984	83.81	181.97	184.01	173.12	105.07	75.57	66.82	61.93	60.13	61.15	59.70	66.48	4.0	98.31
1987	171.88	240.86	265.46	240.05	203.48	93.00	75.08	68.67	63.41	62.95	59.67	57.53	5.0	133.50
1989	97.79	220.90	211.55	143.66	82.32	69.48	62.24	58.43	56.82	57.38	55.40	55.95	6.0	97.66
1992	67.16	98.04	211.12	196.51	129.30	78.11	64.03	58.93	57.07	55.40	55.09	55.61	7.0	93.86
1993	64.40	141.21	198.31	204.13	111.91	73.78	64.59	59.61	57.47	56.70	57.97	66.57	8.0	96.39
1994	110.92	158.54	149.91	151.27	100.12	73.69	63.88	59.02	57.29	56.23	56.08	60.66	9.0	91.47
1997	17.3	236.9	327.2	284.5	153.1	74.1	41.6	26.2	18.3	23.4	88.3	299.9	10.0	132.57
1999	48.3	333.0	459.4	221.0	181.3	71.7	48.1	31.9	25.4	20.7	18.7	113.2	11.0	131.06
2000	90.2	227.4	396.6	374.1	210.7	68.3	52.7	22.0	21.4	22.0	21.4	22.0	12.0	127.41
2001	109.8	136.5	410.0	286.3	95.3	53.9	39.4	25.9	17.3	14.1	16.5	19.1	13.0	102.01
2002	43.8	127.3	501.5	449.9	121.7	57.9	35.4	24.0	16.7	16.4	19.5	33.3	14.0	120.62
2006	47.1	281.8	388.8	294.82	74.0	42.6	27.5	18.3	14.6	11.6	17.1	85.2	15.0	108.63
2009	208.1	415.0	385.3	223.81	160.9	65.7	40.7	29.8	21.4	16.1	13.8	23.8	16.0	133.70
2010	72.4	186.2	363.0	278.29	132.2	59.3	41.1	28.3	21.1	16.0	15.9	25.2	17.0	103.25
2011	99.0	248.7	90.4	326.47	100.3	50.2	36.4	24.6	16.6	18.5	15.3	50.3	18.0	89.73
PROM	82.69	207.15	299.00	274.90	139.89	66.86	48.95	38.94	33.38	31.80	35.41	61.86		110.07
DES.EST	48.81	95.17	120.31	90.85	47.48	12.16	13.75	16.81	18.79	19.64	23.06	64.69		16.92
C.V.	0.59	0.46	0.40	0.33	0.34	0.18	0.28	0.43	0.56	0.62	0.65	1.05		0.15
MAX	208.06	415.01	501.50	449.90	242.90	93.00	75.08	68.67	63.41	62.95	88.31	299.90		133.70
MIN	17.30	43.90	90.43	143.66	74.00	42.61	27.51	18.34	14.62	11.61	13.77	18.90		89.73

Meses	Caudal Natural QN (m3/s)			Caudal Ecológico Q.E. (m3/s)				
	Max	Min	Prom	Min	Aceptab	Bueno	Excel	Excep
ENE	208.06	17.30	82.69	11.01	33.02	44.03	55.03	66.04
FEB	415.01	43.90	207.15	11.01	33.02	44.03	55.03	66.04
MAR	501.50	90.43	299.00	11.01	33.02	44.03	55.03	66.04
ABR	449.90	143.66	274.90	11.01	33.02	44.03	55.03	66.04
MAY	242.90	74.00	139.89	11.01	33.02	44.03	55.03	66.04
JUN	93.00	42.61	66.86	11.01	33.02	44.03	55.03	66.04
JUL	75.08	27.51	48.95	11.01	11.01	22.01	33.02	44.03
AGO	68.67	18.34	38.94	11.01	11.01	22.01	33.02	44.03
SET	63.41	14.62	33.38	11.01	11.01	22.01	33.02	44.03
OCT	62.95	11.61	31.80	11.01	11.01	22.01	33.02	44.03
NOV	88.31	13.77	35.41	11.01	11.01	22.01	33.02	44.03
DIC	299.90	18.90	61.86	11.01	11.01	22.01	33.02	44.03
			110.07					



B - 4

CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS (m³/s)

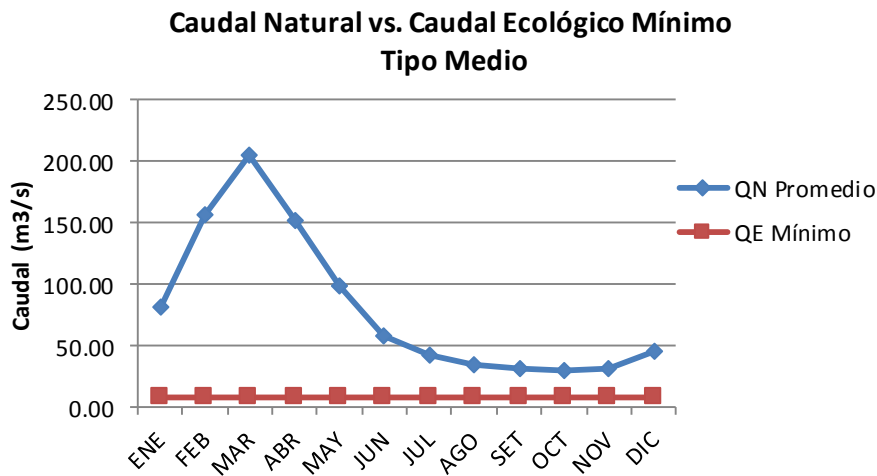
PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE	ÁREA DREN.	4,739.9	Km ²
-------------------	----------	------------	---------	-----------------

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RIO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDIA	40.0	DIST	SAN JACINTO

MEDIO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	PROM
1963	63.2	173.8	310.0	165.0	63.3	31.7	21.2	16.1	14.1	13.4	12.9	17.3	1.0	75.17
1966	140.7	193.6	185.7	195.3	141.7	57.3	33.8	23.1	17.5	20.3	16.7	16.3	2.0	86.83
1970	122.3	207.8	174.3	119.9	160.5	78.3	42.9	28.8	22.8	18.9	17.2	34.0	3.0	85.64
1974	60.5	208.2	256.0	126.7	130.4	63.1	41.3	23.7	18.4	23.8	21.2	51.9	4.0	85.43
1977	71.2	205.9	181.9	202.0	106.8	43.1	33.6	23.9	21.2	15.5	13.1	16.9	5.0	77.93
1979	42.1	104.3	295.9	172.5	78.4	55.3	31.2	23.3	20.7	15.0	14.8	15.6	6.0	72.43
1981	53.4	194.6	386.6	176.1	85.5	41.0	29.6	18.8	17.2	14.6	13.8	30.9	7.0	88.51
1982	68.09	100.58	88.02	99.22	73.72	66.26	59.54	56.88	55.89	59.95	81.33	175.44	8.0	82.08
1986	93.65	129.67	98.97	149.04	89.41	67.16	61.09	57.78	55.99	54.93	58.96	58.80	9.0	81.29
1988	80.46	126.45	92.04	90.18	76.97	64.90	58.24	56.33	56.36	55.61	56.26	58.96	10.0	72.73
1996	86.16	107.94	135.49	96.68	73.81	64.03	59.17	56.08	54.50	54.31	53.42	53.76	11.0	74.61
2007	94.9	120.3	255.8	232.61	101.0	60.6	37.4	24.0	17.0	14.2	14.8	17.6	12.0	82.51
PROM	81.39	156.10	205.06	152.10	98.46	57.73	42.42	34.07	30.97	30.04	31.21	45.62		80.43
DES.EST	28.48	44.73	96.21	46.11	30.73	13.11	13.79	17.04	18.40	19.59	24.15	44.55		5.70
C.V.	0.35	0.29	0.47	0.30	0.31	0.23	0.33	0.50	0.59	0.65	0.77	0.98		0.07
MAX	140.70	208.20	386.60	232.61	160.50	78.30	61.09	57.78	56.36	59.95	81.33	175.44		88.51
MIN	42.10	100.58	88.02	90.18	63.30	31.70	21.20	16.10	14.10	13.40	12.90	15.60		72.43

Meses	Caudal Natural QN (m3/s)			Caudal Ecológico Q.E. (m3/s)				
	Max	Min	Prom	Min aceptable	Bueno	Excel	Excep	
ENE	140.70	42.10	81.39	8.04	24.13	32.17	40.21	48.26
FEB	208.20	100.58	156.10	8.04	24.13	32.17	40.21	48.26
MAR	386.60	88.02	205.06	8.04	24.13	32.17	40.21	48.26
ABR	232.61	90.18	152.10	8.04	24.13	32.17	40.21	48.26
MAY	160.50	63.30	98.46	8.04	24.13	32.17	40.21	48.26
JUN	78.30	31.70	57.73	8.04	24.13	32.17	40.21	48.26
JUL	61.09	21.20	42.42	8.04	8.04	16.09	24.13	32.17
AGO	57.78	16.10	34.07	8.04	8.04	16.09	24.13	32.17
SET	56.36	14.10	30.97	8.04	8.04	16.09	24.13	32.17
OCT	59.95	13.40	30.04	8.04	8.04	16.09	24.13	32.17
NOV	81.33	12.90	31.21	8.04	8.04	16.09	24.13	32.17
DIC	175.44	15.60	45.62	8.04	8.04	16.09	24.13	32.17



B - 5

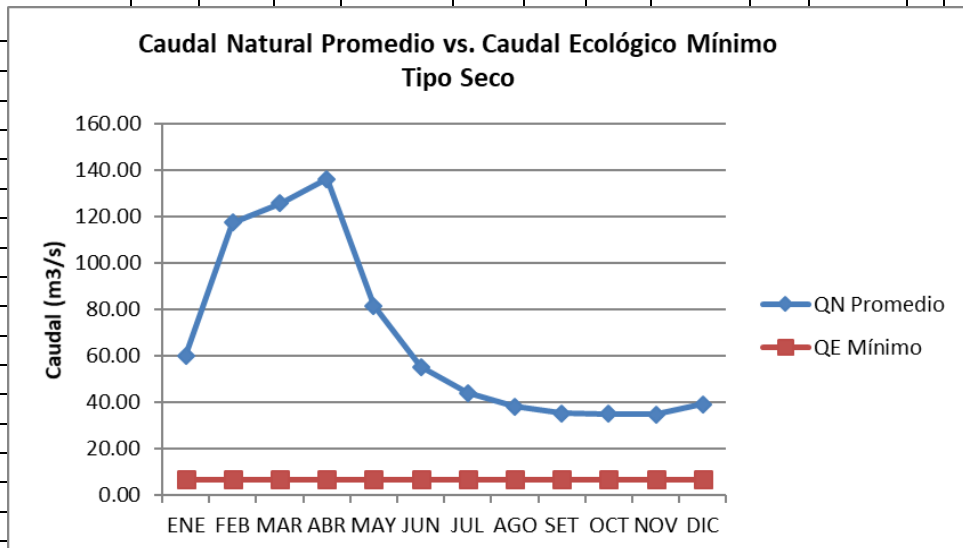
CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS (m³/s)					
PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE			ÁREA DREN.	4,800.0 Km²

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RIO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDIA	400.0	DIST	SAN JACINTO

SECO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	PROM
1964	52.0	72.9	113.0	279.0	137.0	55.9	31.8	22.8	20.3	20.4	19.1	19.4	1.0	70.30
1967	59.2	258.7	229.0	108.1	61.0	38.6	27.2	19.6	12.8	11.8	10.8	8.7	2.0	70.46
1985	85.97	84.58	98.88	81.83	67.22	61.03	57.90	56.26	55.52	54.72	54.50	61.93	3.0	68.36
1990	61.28	82.72	73.13	99.31	81.89	64.96	59.11	56.64	55.34	55.43	55.03	55.43	4.0	66.69
1991	62.14	78.45	118.93	92.35	73.81	63.51	58.93	56.33	54.96	54.47	54.59	57.97	5.0	68.87
1995	68.09	94.73	110.51	95.75	77.90	65.86	60.16	56.70	54.96	54.38	55.89	57.90	6.0	71.07
2003	46.5	122.2	142.5	157.3	77.4	45.7	30.1	19.9	14.6	12.6	12.5	26.9	7.0	59.02
2004	46.1	145.7	119.5	174.95	77.0	46.5	27.5	17.8	14.9	16.0	16.6	25.6	8.0	60.68
PROM	60.16	117.50	125.68	136.07	81.65	55.26	44.09	38.25	35.42	34.97	34.88	39.23		66.93
DES.EST	13.02	62.20	46.16	66.55	23.34	10.38	16.05	19.53	21.25	21.30	21.66	21.18		4.61
C.V.	0.22	0.53	0.37	0.49	0.29	0.19	0.36	0.51	0.60	0.61	0.62	0.54		0.07
MAX	85.97	258.70	229.00	279.00	137.00	65.86	60.16	56.70	55.52	55.43	55.89	61.93		71.07
MIN	46.10	72.90	73.13	81.83	61.00	38.60	27.20	17.80	12.80	11.80	10.80	8.70		59.02

Meses	Caudal Natural QN (m3/s)			Caudal Ecológico Q.E. (m3/s)				
	Max	Min	Prom	Min	Aceptable	Bueno	Excel	Excep
ENE	85.97	46.10	60.16	6.69	20.08	26.77	33.47	40.16
FEB	258.70	72.90	117.50	6.69	20.08	26.77	33.47	40.16
MAR	229.00	73.13	125.68	6.69	20.08	26.77	33.47	40.16
ABR	279.00	81.83	136.07	6.69	20.08	26.77	33.47	40.16
MAY	137.00	61.00	81.65	6.69	20.08	26.77	33.47	40.16
JUN	65.86	38.60	55.26	6.69	20.08	26.77	33.47	40.16
JUL	60.16	27.20	44.09	6.69	6.69	13.39	20.08	26.77
AGO	56.70	17.80	38.25	6.69	6.69	13.39	20.08	26.77
SET	55.52	12.80	35.42	6.69	6.69	13.39	20.08	26.77
OCT	55.43	11.80	34.97	6.69	6.69	13.39	20.08	26.77
NOV	55.89	10.80	34.88	6.69	6.69	13.39	20.08	26.77
DIC	61.93	8.70	39.23	6.69	6.69	13.39	20.08	26.77
			66.93					



CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS (m ³ /s)					
PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE			ÁREA DREN.	4,739.9 Km ²

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RÍO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDIA	40.0	DIST	SAN JACINTO

REGISTRO HISTORICO CONSISTENTE (1963 - 2011) (m3/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	PROM
1963	63.2	173.8	310.0	165.0	63.3	31.7	21.2	16.1	14.1	13.4	12.9	17.3	1.0	75.17
1964	52.0	72.9	113.0	279.0	137.0	55.9	31.8	22.8	20.3	20.4	19.1	19.4	2.0	70.30
1965	23.5	43.9	191.5	379.5	242.9	54.5	36.1	35.0	29.4	26.7	32.6	37.8	3.0	94.45
1966	140.7	193.6	185.7	195.3	141.7	57.3	33.8	23.1	17.5	20.3	16.7	16.3	4.0	86.83
1967	59.2	258.7	229.0	108.1	61.0	38.6	27.2	19.6	12.8	11.8	10.8	8.7	5.0	70.46
1968	25.6	50.5	152.4	87.1	48.3	35.6	14.2	9.7	8.8	10.7	7.7	8.7	6.0	38.28
1969	36.6	109.8	227.3	432.0	141.3	64.0	44.2	34.6	22.1	18.6	17.3	18.9	7.0	97.23
1970	122.3	207.8	174.3	119.9	160.5	78.3	42.9	28.8	22.8	18.9	17.2	34.0	8.0	85.64
1971	120.2	283.3	497.5	366.3	136.2	77.7	49.3	32.8	27.2	23.0	19.9	39.2	9.0	139.38
1972	92.3	184.9	626.9	474.5	229.2	137.6	70.1	42.7	34.2	30.5	27.0	77.7	10.0	168.97
1973	151.6	353.7	459.1	352.9	187.8	111.1	57.7	35.6	26.4	19.3	17.5	28.1	11.0	150.07
1974	60.5	208.2	256.0	126.7	130.4	63.1	41.3	23.7	18.4	23.8	21.2	51.9	12.0	85.43
1975	73.9	250.9	546.6	413.0	204.2	108.2	57.5	35.2	31.4	35.7	30.8	28.5	13.0	151.33
1976	96.5	340.6	420.6	288.8	172.1	77.5	41.1	33.7	24.3	18.4	17.2	22.1	14.0	129.41
1977	71.2	205.9	181.9	202.0	106.8	43.1	33.6	23.9	21.2	15.5	13.1	16.9	15.0	77.93
1978	44.9	50.5	82.8	130.4	77.2	43.8	25.0	17.0	14.3	12.4	11.7	18.2	16.0	44.02
1979	42.1	104.3	295.9	172.5	78.4	55.3	31.2	23.3	20.7	15.0	14.8	15.6	17.0	72.43
1980	25.4	150.4	95.8	168.2	83.9	44.4	28.6	20.3	16.2	15.8	15.6	37.8	18.0	58.53
1981	53.4	194.6	386.6	176.1	85.5	41.0	29.6	18.8	17.2	14.6	13.8	30.9	19.0	88.51
1982	68.09	100.58	88.02	99.22	73.72	66.26	59.54	56.88	55.89	59.95	81.33	175.44	20.0	82.08
1983	376.75	345.33	435.91	346.70	337.32	241.42	120.08	69.04	65.11	64.34	61.96	77.71	21.0	211.81
1984	83.81	181.97	184.01	173.12	105.07	75.57	66.82	61.93	60.13	61.15	59.70	66.48	22.0	98.31
1985	85.97	84.58	98.88	81.83	67.22	61.03	57.90	56.26	55.52	54.72	54.50	61.93	23.0	68.36
1986	93.65	129.67	98.97	149.04	89.41	67.16	61.09	57.78	55.99	54.93	58.96	58.80	24.0	81.29
1987	171.88	240.86	265.46	240.05	203.48	93.00	75.08	68.67	63.41	62.95	59.67	57.53	25.0	133.50
1988	80.46	126.45	92.04	90.18	76.97	64.90	58.24	56.33	56.36	55.61	56.26	58.96	26.0	72.73
1989	97.79	220.90	211.55	143.66	82.32	69.48	62.24	58.43	56.82	57.38	55.40	55.95	27.0	97.66
1990	61.28	82.72	73.13	99.31	81.89	64.96	59.11	56.64	55.34	55.43	55.03	55.43	28.0	66.69
1991	62.14	78.45	118.93	92.35	73.81	63.51	58.93	56.33	54.96	54.47	54.59	57.97	29.0	68.87
1992	67.16	98.04	211.12	196.51	129.30	78.11	64.03	58.93	57.07	55.40	55.09	55.61	30.0	93.86
1993	64.40	141.21	198.31	204.13	111.91	73.78	64.59	59.61	57.47	56.70	57.97	66.57	31.0	96.39
1994	110.92	158.54	149.91	151.27	100.12	73.69	63.88	59.02	57.29	56.23	56.08	60.66	32.0	91.47
1995	68.09	94.73	110.51	95.75	77.90	65.86	60.16	56.70	54.96	54.38	55.89	57.90	33.0	71.07
1996	86.16	107.94	135.49	96.68	73.81	64.03	59.17	56.08	54.50	54.31	53.42	53.76	34.0	74.61
1997	17.3	236.9	327.2	284.5	153.1	74.1	41.6	26.2	18.3	23.4	88.3	299.9	35.0	132.57
1998	381.7	573.2	587.1	622.3	269.2	112.6	53.0	34.3	26.2	20.0	19.5	16.6	36.0	226.31
1999	48.3	333.0	459.4	221.0	181.3	71.7	48.1	31.9	25.4	20.7	18.7	113.2	37.0	131.06
2000	90.2	227.4	396.6	374.1	210.7	68.3	52.7	22.0	21.4	22.0	21.4	22.0	38.0	127.41
2001	109.8	136.5	410.0	286.3	95.3	53.9	39.4	25.9	17.3	14.1	16.5	19.1	39.0	102.01
2002	43.8	127.3	501.5	449.9	121.7	57.9	35.4	24.0	16.7	16.4	19.5	33.3	40.0	120.62
2003	46.5	122.2	142.5	157.3	77.4	45.7	30.1	19.9	14.6	12.6	12.5	26.9	41.0	59.02
2004	46.1	145.7	119.5	174.95	77.0	46.5	27.5	17.8	14.9	16.0	16.6	25.6	42.0	60.68
2005	30.3	41.7	266.0	141.64	74.2	40.1	25.9	17.6	13.4	11.9	11.0	17.3	43.0	57.58
2006	47.1	281.8	388.8	294.82	74.0	42.6	27.5	18.3	14.6	11.6	17.1	85.2	44.0	108.63
2007	94.9	120.3	255.8	232.61	101.0	60.6	37.4	24.0	17.0	14.2	14.8	17.6	45.0	82.51
2008	112.0	357.3	383.5	399.79	208.9	79.9	49.2	34.9	23.5	21.6	22.3	28.5	46.0	143.45
2009	208.1	415.0	385.3	223.81	160.9	65.7	40.7	29.8	21.4	16.1	13.8	23.8	47.0	133.70
2010	72.4	186.2	363.0	278.29	132.2	59.3	41.1	28.3	21.1	16.0	15.9	25.2	48.0	103.25
2011	99.0	248.7	90.4	326.47	100.3	50.2	36.4	24.6	16.6	18.5	15.3	50.3	49.0	89.73
PROM	89.41	187.42	264.93	231.94	126.72	68.79	46.80	36.02	31.48	30.16	31.35	48.02		99.42
DESEST	71.63	108.45	151.76	124.12	62.32	32.69	18.25	16.89	18.10	18.80	21.53	47.37		38.94
MAX	381.70	573.20	626.90	622.30	337.32	241.42	120.08	69.04	65.11	64.34	88.31	299.90		226.31
MIN	17.30	41.72	73.13	81.83	48.30	31.70	14.20	9.70	8.80	10.70	7.70	8.70		38.28
C.V.	0.80	0.58	0.57	0.54	0.49	0.48	0.39	0.47	0.57	0.62	0.69	0.99		0.39

C - 2

Volumen de las descargas medias mensuales (hm3) - registro Historico Completo					
PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE			ÁREA DREN.	4,739.9 Km²

Volumen de las descargas medias mensuales (hm3) - registro Historico Completo

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RIO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	Volumen de Descargas	ALTITUD MEDIA	40.0	DIST	SAN JACINTO

REGISTRO HISTORICO CONSISTENTE (1963 - 2011) EN VOLUMEN

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	PROM
1963	169.3	420.5	830.3	427.7	169.5	82.2	56.8	43.1	36.5	35.9	33.4	46.3	1.0	195.96
1964	139.3	176.4	302.7	723.2	366.9	144.9	85.2	61.1	52.6	54.6	49.5	52.0	2.0	184.02
1965	62.9	106.2	512.9	983.7	650.6	141.3	96.7	93.7	76.2	71.5	84.5	101.2	3.0	248.46
1966	376.9	468.4	497.4	506.2	379.5	148.5	90.5	61.9	45.4	54.4	43.3	43.7	4.0	226.33
1967	158.6	625.8	613.4	280.2	163.4	100.1	72.9	52.5	33.2	31.6	28.0	23.3	5.0	181.90
1968	68.6	122.2	408.2	225.8	129.4	92.3	38.0	26.0	22.8	28.7	20.0	23.3	6.0	100.42
1969	98.0	265.6	608.8	1119.7	378.5	165.9	118.4	92.7	57.3	49.8	44.8	50.6	7.0	254.18
1970	327.6	502.7	466.8	310.8	429.9	203.0	114.9	77.1	59.1	50.6	44.6	91.1	8.0	223.18
1971	321.9	685.4	1332.5	949.4	364.8	201.4	132.0	87.9	70.5	61.6	51.6	105.0	9.0	363.67
1972	247.2	447.3	1679.1	1229.9	613.9	356.7	187.8	114.4	88.6	81.7	70.0	208.1	10.0	443.72
1973	406.0	855.7	1229.7	914.7	503.0	288.0	154.5	95.4	68.4	51.7	45.4	75.3	11.0	390.64
1974	162.0	503.7	685.7	328.4	349.3	163.6	110.6	63.5	47.7	63.7	55.0	139.0	12.0	222.68
1975	197.9	607.0	1464.0	1070.5	546.9	280.5	154.0	94.3	81.4	95.6	79.8	76.3	13.0	395.69
1976	258.5	824.0	1126.5	748.6	461.0	200.9	110.1	90.3	63.0	49.3	44.6	59.2	14.0	336.31
1977	190.7	498.1	487.2	523.6	286.1	111.7	90.0	64.0	55.0	41.5	34.0	45.3	15.0	202.26
1978	120.3	122.2	221.8	338.0	206.8	113.5	67.0	45.5	37.1	33.2	30.3	48.7	16.0	115.36
1979	112.8	252.3	792.5	447.1	210.0	143.3	83.6	62.4	53.7	40.2	38.4	41.8	17.0	189.83
1980	68.0	363.8	256.6	436.0	224.7	115.1	76.6	54.4	42.0	42.3	40.4	101.2	18.0	151.77
1981	143.0	470.8	1035.5	456.5	229.0	106.3	79.3	50.4	44.6	39.1	35.8	82.8	19.0	231.07
1982	182.36	243.32	235.74	257.17	197.45	171.75	159.48	152.36	144.87	160.56	210.81	469.89	20.0	215.48
1983	1009.07	835.43	1167.55	898.64	903.48	625.75	321.61	184.93	168.78	172.33	160.60	208.14	21.0	554.69
1984	224.47	440.22	492.85	448.72	281.41	195.89	178.96	165.87	155.86	163.79	154.74	178.05	22.0	256.74
1985	230.27	204.62	264.83	212.09	180.04	158.19	155.09	150.70	143.91	146.55	141.26	165.87	23.0	179.45
1986	250.82	313.69	265.08	386.32	239.47	174.07	163.63	154.76	145.11	147.13	152.81	157.49	24.0	212.53
1987	460.36	582.69	711.01	622.22	544.99	241.05	201.09	183.94	164.37	168.60	154.66	154.10	25.0	349.09
1988	215.52	305.91	246.51	233.75	206.15	168.22	156.00	150.86	146.08	148.96	145.84	157.91	26.0	190.14
1989	261.93	534.40	566.62	372.36	220.49	180.09	166.69	156.50	147.28	153.68	143.59	149.87	27.0	254.46
1990	164.13	200.12	195.87	257.41	219.33	168.38	158.32	151.69	143.43	148.46	142.63	148.46	28.0	174.85
1991	166.45	189.79	318.54	239.36	197.69	164.61	157.83	150.86	142.47	145.89	141.50	155.26	29.0	180.85
1992	179.87	237.18	565.46	509.36	346.31	202.47	171.50	157.83	147.92	148.38	142.79	148.96	30.0	246.50
1993	172.50	341.62	531.15	529.09	299.73	191.24	172.99	159.65	148.96	151.86	150.25	178.30	31.0	252.28
1994	297.08	383.54	401.51	392.09	268.15	191.00	171.09	158.07	148.48	150.61	145.36	162.47	32.0	239.12
1995	182.36	229.17	296.00	248.19	208.64	170.70	161.14	151.86	142.47	145.64	144.87	155.09	33.0	186.34
1996	230.77	261.14	362.89	250.59	197.69	165.97	158.49	150.20	141.26	145.48	138.46	143.98	34.0	195.58
1997	46.3	573.1	876.3	737.5	410.0	192.2	111.4	70.1	47.4	62.7	228.9	803.3	35.0	346.60
1998	1022.3	1386.7	1572.5	1613.0	721.0	291.9	142.0	91.9	67.9	53.6	50.5	44.5	36.0	588.14
1999	129.4	805.6	1230.5	572.8	485.6	185.8	128.8	85.4	65.8	55.4	48.5	303.2	37.0	341.41
2000	241.6	550.2	1062.4	969.6	564.3	177.0	141.3	58.9	55.5	58.9	55.5	58.9	38.0	332.84
2001	294.1	330.2	1098.3	742.0	255.3	139.7	105.5	69.4	44.8	37.8	42.8	51.2	39.0	267.58
2002	117.3	308.0	1343.2	1166.1	326.0	150.1	94.8	64.3	43.3	43.9	50.5	89.2	40.0	316.39
2003	124.5	295.6	381.7	407.7	207.3	118.5	80.6	53.3	37.8	33.7	32.4	72.0	41.0	153.77
2004	123.5	352.5	320.1	453.47	206.2	120.5	73.7	47.7	38.6	42.9	43.0	68.6	42.0	157.55
2005	81.1	100.9	712.3	367.13	198.7	103.9	69.4	47.1	34.7	31.9	28.5	46.3	43.0	151.84
2006	126.2	681.8	1041.4	764.16	198.2	110.4	73.7	49.1	37.9	31.1	44.4	228.1	44.0	282.21
2007	254.2	291.0	685.0	602.93	270.6	157.0	100.1	64.4	44.0	37.9	38.5	47.3	45.0	216.07
2008	300.1	864.4	1027.0	1036.25	559.5	207.0	131.9	93.4	61.0	57.8	57.8	76.4	46.0	372.71
2009	557.3	1004.0	1032.0	580.11	431.1	170.4	109.1	79.8	55.5	43.0	35.7	63.8	47.0	346.81
2010	193.8	450.5	972.1	721.34	354.1	153.8	110.2	75.8	54.7	43.0	41.1	67.4	48.0	269.82
2011	265.2	601.7	242.2	846.21	268.7	130.0	97.4	66.0	43.0	49.6	39.7	134.7	49.0	232.03
PROM	239.48	453.41	709.59	601.18	339.40	178.30	125.36	96.47	81.60	80.78	81.25	128.63		259.62
DESEST	191.84	262.36	406.48	321.72	166.91	84.74	48.87	45.25	46.91	50.36	55.80	126.88		
MAX	1022.35	1386.69	1679.09	1613.00	903.48	625.75	321.61	184.93	168.78	172.33	228.90	803.25		1679.09
MIN	46.34	100.93	195.87	212.09	129.37	82.17	38.03	25.98	22.81	28.66	19.96	23.30		19.96
C.V.	0.80	0.58	0.57	0.54	0.49	0.48	0.39	0.47	0.57	0.62	0.69	0.99		

C - 3

DESCARGAS MEDIAS MENSUALES GENERADOS hm ³				
PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE			ÁREA DREN. 4,739.9 Km ²

Volumen de las descargas medias mensuales (hm3) - registro Historico Completo

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RIO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	Volumen de Descargas	ALTITUD MEDIA	40.0	DIST	SAN JACINTO

REGISTRO HISTORICO CONSISTENTE (1963 - 2011)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	%
1963	1022.3	1004.0	1679.1	1613.0	903.48	625.75	321.61	184.93	168.78	172.33	228.9	803.3	1.0	2.00
1964	1009.07	864.4	1572.5	1229.9	721.0	356.7	201.09	183.94	164.37	168.60	210.81	469.89	2.0	4.00
1965	557.3	855.7	1464.0	1166.1	650.6	291.9	187.8	165.87	155.86	163.79	160.60	303.2	3.0	6.00
1966	460.36	835.43	1343.2	1119.7	613.9	288.0	178.96	159.65	148.96	160.56	154.74	228.1	4.0	8.00
1967	406.0	824.0	1332.5	1070.5	564.3	280.5	172.99	158.07	148.48	153.68	154.66	208.14	5.0	10.00
1968	376.9	805.6	1230.5	1036.25	559.5	241.05	171.50	157.83	147.92	151.86	152.81	208.1	6.0	12.00
1969	327.6	685.4	1229.7	983.7	546.9	207.0	171.09	156.50	147.28	150.61	150.25	178.30	7.0	14.00
1970	321.9	681.8	1167.55	969.6	544.99	203.0	166.69	154.76	146.08	148.96	145.84	178.05	8.0	16.00
1971	300.1	625.8	1126.5	949.4	503.0	202.47	163.63	152.36	145.11	148.46	145.36	165.87	9.0	18.00
1972	297.08	607.0	1098.3	914.7	485.6	201.4	161.14	151.86	144.87	148.38	144.87	162.47	10.0	20.00
1973	294.1	601.7	1062.4	898.64	461.0	200.9	159.48	151.69	143.91	147.13	143.59	157.91	11.0	22.00
1974	265.2	582.69	1041.4	846.21	431.1	195.89	158.49	150.86	143.43	146.55	142.79	157.49	12.0	24.00
1975	261.93	550.2	1035.5	764.16	429.9	192.2	158.32	150.86	142.47	145.89	142.63	155.26	13.0	26.00
1976	258.5	534.40	1032.0	748.6	410.0	191.24	157.83	150.70	142.47	145.64	141.50	155.09	14.0	28.00
1977	254.2	503.7	1027.0	742.0	379.5	191.00	156.00	150.20	141.26	145.48	141.26	154.10	15.0	30.00
1978	250.82	502.7	972.1	737.5	378.5	185.8	155.09	114.4	88.6	95.6	138.46	149.87	16.0	32.00
1979	247.2	573.1	876.3	723.2	366.9	180.09	154.5	95.4	81.4	81.7	84.5	148.96	17.0	34.00
1980	241.6	498.1	830.3	721.34	364.8	177.0	154.0	94.3	76.2	71.5	79.8	148.46	18.0	36.00
1981	230.77	470.8	792.5	622.22	354.1	174.07	142.0	93.7	70.5	63.7	70.0	143.98	19.0	38.00
1982	230.27	468.4	712.3	602.93	349.3	171.75	141.3	93.4	68.4	62.7	57.8	139.0	20.0	40.00
1983	224.47	450.5	711.01	580.11	346.31	170.70	132.0	92.7	67.9	61.6	55.5	134.7	21.0	42.00
1984	215.52	447.3	685.7	572.8	326.0	170.4	131.9	91.9	65.8	58.9	55.0	105.0	22.0	44.00
1985	197.9	440.22	685.0	529.09	299.73	168.38	128.8	90.3	63.0	57.8	51.6	101.2	23.0	46.00
1986	193.8	420.5	613.4	523.6	286.1	168.22	118.4	87.9	61.0	55.4	50.5	101.2	24.0	48.00
1987	190.7	383.54	608.8	509.36	281.41	165.97	114.9	85.4	59.1	54.6	50.5	91.1	25.0	50.00
1988	182.36	352.5	565.46	456.5	268.7	164.61	110.6	77.1	55.5	53.6	48.5	82.8	26.0	52.00
1989	182.36	363.8	566.62	506.2	270.6	165.9	111.4	79.8	57.3	54.4	49.5	89.2	27.0	54.00
1990	179.87	341.62	531.15	453.47	268.15	163.6	110.2	75.8	55.5	51.7	45.4	76.4	28.0	56.00
1991	172.50	330.2	512.9	448.72	255.3	158.19	110.1	70.1	55.0	50.6	44.8	76.3	29.0	58.00
1992	169.3	313.69	497.4	447.1	239.47	157.0	109.1	69.4	54.7	49.8	44.6	75.3	30.0	60.00
1993	166.45	308.0	492.85	436.0	229.0	153.8	105.5	66.0	53.7	49.6	44.6	72.0	31.0	62.00
1994	164.13	305.91	487.2	427.7	224.7	150.1	100.1	64.4	52.6	49.3	44.4	68.6	32.0	64.00
1995	162.0	295.6	466.8	407.7	220.49	148.5	97.4	64.3	47.7	43.9	43.3	67.4	33.0	66.00
1996	158.6	291.0	408.2	392.09	219.33	144.9	96.7	64.0	47.4	43.0	43.0	63.8	34.0	68.00
1997	143.0	422.97	401.51	386.32	210.0	143.3	94.8	63.5	45.4	43.0	42.8	59.2	35.0	70.00
1998	139.3	265.6	381.7	372.36	208.64	141.3	90.5	62.4	44.8	42.9	41.1	58.9	36.0	72.00
1999	129.4	261.14	362.89	367.13	207.3	139.7	90.0	61.9	44.6	42.3	40.4	52.0	37.0	74.00
2000	126.2	252.3	320.1	338.0	206.8	130.0	85.2	61.1	44.0	41.5	39.7	51.2	38.0	76.00
2001	124.5	243.32	318.54	328.4	206.2	120.5	83.6	58.9	43.3	40.2	38.5	50.6	39.0	78.00
2002	123.5	237.18	302.7	310.8	206.15	118.5	80.6	54.4	43.0	39.1	38.4	48.7	40.0	80.00
2003	120.3	229.17	296.00	280.2	198.7	115.1	79.3	53.3	42.0	37.9	35.8	47.3	41.0	82.00
2004	117.3	204.62	265.08	257.41	198.2	113.5	76.6	52.5	38.6	37.8	35.7	46.3	42.0	84.00
2005	112.8	200.12	264.83	257.17	197.69	111.7	73.7	50.4	37.9	35.9	34.0	46.3	43.0	86.00
2006	98.0	189.79	256.6	250.59	197.69	110.4	73.7	49.1	37.8	33.7	33.4	45.3	44.0	88.00
2007	81.1	176.4	246.51	248.19	197.45	106.3	72.9	47.7	37.1	33.2	32.4	44.5	45.0	90.00
2008	68.6	122.2	242.2	239.36	180.04	103.9	69.4	47.1	36.5	31.9	30.3	43.7	46.0	92.00
2009	68.0	122.2	235.74	233.75	169.5	100.1	67.0	45.5	34.7	31.6	28.5	41.8	47.0	94.00
2010	62.9	106.2	221.8	225.8	163.4	92.3	56.8	43.1	33.2	31.1	28.0	23.3	48.0	96.00
2011	46.3	100.9	195.87	212.09	129.4	82.2	38.0	26.0	22.8	28.7	20.0	23.3	49.0	98.00
PROM	239.48	1386.7	709.59	601.18	339.40	178.30	125.36	96.47	81.60	80.78	81.25	128.63		
P(50%)	190.70	383.54	608.80	509.36	281.41	165.97	114.90	85.44	59.10	54.64	50.54	91.07		
P(75%)	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56		1747.29
P(90%)	81.08	176.36	246.51	248.19	197.45	106.27	72.85	47.68	37.07	33.21	32.40	44.46		
P(95%)	65.49	114.19	228.76	229.76	166.46	96.16	61.87	44.33	33.96	31.35	28.25	32.54		

C - 4

BALANCE HIDRICO														
VOLUMEN DE DESCARGA MENSUAL AL 75% DE PERCISTENCIA (MMC), PERIODO (1963 - 2011)														
OFERTA DE AGUA														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Agua Superficial río Tumbes al 75%	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29	
Aguas subterranas	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	48.00	
TOTAL DE LA OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56	1795.29	
DEMANDA DE AGUA														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Agua uso Agrícola río Tumbes JU	33.43	23.01	27.87	31.11	25.5	5.53	26.67	24.05	23.82	28.07	22.59	7.65	279.3	
Poblacional (ATUSA) Río Tumbes	2.89	2.43	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	31.86	
Poblacional (JASS) aguas subterranas	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.44	
Agrícola (subterranas)	0.23	0.21	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	2.7	
Industrial	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	
Piscicola	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.9	
Caudal Ecologico Minimo (1963-2011)	26.92	26.92	26.92	26.92	26.92	26.92	26.92	26.92	26.92	26.92	26.92	26.92	323	
TOTAL DE LA DEMANDA	63.6	52.69	57.83	60.96	55.46	35.38	56.64	54.02	53.67	58.04	52.45	37.62	638.3	
Balance	68.17	208.04	287.65	295.61	155.58	103.47	34.95	11.45	-5.38	-12.12	-8.40	17.94	1157	
COMPARANDO OFERTA, DEMANDA Y CAUDAL ECOLOGICO														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
TOTAL DE LA OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56	1795.29	
TOTAL DE LA DEMANDA	63.6	52.69	57.83	60.96	55.46	35.38	56.64	54.02	53.67	58.04	52.45	37.62	638.34	
Caudal Ecologico Minimo (1963-2011)	26.62	24.05	26.62	25.76	26.62	25.76	26.62	26.62	25.76	26.62	25.76	26.62	313.47	
Diferencia D vs Q.E	36.97	28.64	31.20	35.19	28.83	9.61	30.01	27.39	27.90	31.41	26.68	10.99		
CONVERSIÓN DEL CAUDAL ECOLOGICO (m3/s) a VOLUMEN hm3														
	d/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
	Q.E m3/s	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	9.94	119.28
	Q.E hm3	26.62	24.05	26.62	25.76	26.62	25.76	26.62	26.62	25.76	26.62	25.76	26.62	313.468
ATUSA	Aguas Tumbes Sociedad Anonima													
JASS	Juntas de Agus de Servicio y Saniamiento													

C - 5														
BALANCE HIDRICO														
VOLUMEN DE DESCARGA MENSUAL AL 75% DE PERCISTENCIA (MMC), PERIODO (1963 - 1987)														
OFERTA DE AGUA														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Agua Superficial río Tumbes al 75%	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29	
Aguas subterranas	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	48.00	
TOTAL DE LA OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56	1795.29	
DEMANDA DE AGUA														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Agua uso Agrícola río Tumbes JU	33.43	23.01	27.87	31.11	25.5	5.53	26.67	24.05	23.82	28.07	22.59	7.65	279.3	
Poblacional (ATUSA) Río Tumbes	2.89	2.43	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	31.86	
Poblacional (JASS) aguas subterranas	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.44	
Agrícola (subterranas)	0.23	0.21	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	2.7	
Industrial	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	
Piscicola	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.9	
Caudal Ecologico Minimo (1963-1987)	26.36	23.8	26.36	25.51	26.36	25.51	26.36	26.36	25.51	26.36	25.51	26.36	310.3	
TOTAL DE LA DEMANDA	63.04	49.57	57.27	59.55	54.9	33.97	56.08	53.46	52.26	57.48	51.04	37.06	625.6	
Balance	68.73	211.16	288.21	297.02	156.14	104.88	35.51	12.01	-3.97	-11.56	-6.99	18.50	1170	
COMPARANDO OFERTA, DEMANDA Y CAUDAL ECOLOGICO														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
TOTAL DE LA OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56	1795.29	
TOTAL DE LA DEMANDA	63.6	52.69	57.83	60.96	55.46	35.38	56.64	54.02	53.67	58.04	52.45	37.62	638.34	
Caudal Ecologico (Q.E) min (1963-1987)	26.36	23.8	26.36	25.51	26.36	25.51	26.36	26.36	25.51	26.36	25.51	26.36	310.31	
Diferencia D vs Q.E	37.24	28.88	31.47	35.45	29.10	9.87	30.28	27.66	28.16	31.68	26.94	11.26		
CONVERSIÓN DEL CAUDAL ECOLOGICO (m3/s) a VOLUMEN hm3														
	d/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
	Q.E m3/s	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	9.84	
	Q.E hm3	26.36	23.8	26.36	25.51	26.36	25.51	26.36	26.36	25.51	26.36	25.51	26.36	
ATUSA	Aguas Tumbes Sociedad Anonima													
JASS	Juntas de Agus de Servicio y Saniamiento													

C - 6														
BALANCE HIDRICO														
VOLUMEN DE DESCARGA MENSUAL AL 75% DE PERCISTENCIA (MMC), PERIODO (1988 - 2011)														
OFERTA DE AGUA														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Agua Superficial río Tumbes al 75%	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29	
Aguas subterráneas	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	48.00	
TOTAL DE LA OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56	1795.29	
DEMANDA DE AGUA														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Agua uso Agrícola río Tumbes JU	33.43	23.01	27.87	31.11	25.5	5.53	26.67	24.05	23.82	28.07	22.59	7.65	279.3	
Poblacional (ATUSA) Río Tumbes	2.89	2.43	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	31.86	
Poblacional (JASS) aguas subterráneas	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.44	
Agrícola (subterráneas)	0.23	0.21	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	2.7	
Industrial	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	
Piscícola	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.9	
Caudal Ecológico Mínimo (1988-2011)	26.92	24.31	26.92	26.05	26.92	26.05	26.92	26.92	26.05	26.92	26.05	26.92	316.94	
TOTAL DE LA DEMANDA	63.60	50.08	57.83	60.09	55.46	34.51	56.64	54.02	52.80	58.04	51.58	37.62	632.26	
Balance	68.17	210.65	287.65	296.47	155.58	104.34	34.95	11.45	-4.52	-12.12	-7.53	17.94	1163.03	
COMPARANDO OFERTA, DEMANDA Y CAUDAL ECOLOGICO														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
TOTAL DE LA OFERTA	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29	
TOTAL DE LA DEMANDA	63.6	52.69	57.83	60.96	55.46	35.38	56.64	54.02	53.67	58.04	52.45	37.62	638.34	
Caudal Ecológico (Q.E) Min (1988-2011)	26.92	24.31	26.92	26.05	26.92	26.05	26.92	26.92	26.05	26.92	26.05	26.92	316.94	
Diferencia D vs Q.E	36.68	28.37	30.91	34.91	28.54	9.33	29.72	27.10	27.62	31.12	26.40	10.70		
CONVERSIÓN DEL CAUDAL ECOLOGICO (m3/s) a VOLUMEN hm3														
	d/mes	31	28	31	30	31	31	31	30	31	30	31		
	Q.E m3/s	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05	10.05		
	Q.E hm3	26.92	24.31	26.92	26.05	26.92	26.05	26.92	26.05	26.92	26.05	26.92		
ATUSA	Aguas Tumbes Sociedad Anonima													
JASS	Juntas de Agus de Servicio y Saniamiento													

C-7

BALANCE HIDRICO

VOLUMEN DE DESCARGA MENSUAL AL 75% DE PERCISTENCIA (M M C), PERIODO EXTREMO HÚMEDO

OFERTA DE AGUA

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Agua Superficial río Tumbes al 75%	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29
Aguas subterráneas	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	48.00
TOTAL DE LA OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56	1795.29

DEMANDA DE AGUA

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Agua uso Agrícola río Tumbes JU	33.43	23.01	27.87	31.11	25.5	5.53	26.67	24.05	23.82	28.07	22.59	7.65	279.3
Poblacional (ATUSA) Río Tumbes	2.89	2.43	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	31.86
Poblacional (JASS) aguas subterráneas	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.44
Agrícola (subterráneas)	0.23	0.21	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	2.7
Industrial	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12
Piscícola	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.9
Caudal Ecológico Mínimo EXTREMO HUMED	45.59	41.17	45.59	44.12	45.59	44.12	45.59	45.59	44.12	45.59	44.12	45.59	536.7
TOTAL DE LA DEMANDA	82.27	66.94	76.5	78.16	74.13	52.58	75.31	72.69	70.87	76.71	69.65	56.29	852.1
Balance	49.50	193.79	268.98	278.41	136.91	86.27	16.28	-7.22	-22.58	-30.79	-25.60	-0.73	943.2

COMPARANDO OFERTA, DEMANDA Y CAUDAL ECOLOGICO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TOTAL DE LA OFERTA	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29
TOTAL DE LA DEMANDA	63.6	52.69	57.83	60.96	55.46	35.38	56.64	54.02	53.67	58.04	52.45	37.62	638.34
Caudal Ecológico (Q.E) Min. Extr. Húmedo	45.59	41.17	45.59	44.12	45.59	44.12	45.59	45.59	44.12	45.59	44.12	45.59	536.74
Diferencia D vs Q.E	18.01	11.51	12.24	16.84	9.87	-8.74	11.05	8.43	9.55	12.45	8.33	-7.97	

CONVERSIÓN DEL CAUDAL ECOLOGICO (m3/s) a VOLUMEN hm3

	d/mes	31	28	31	30	31	30	31	30	31	30	31	
Q.E	m3/s	17.02	17.02	17.02	17.02	17.02	17.02	17.02	17.02	17.02	17.02	17.02	
Q.E	hm3	45.59	41.17	45.59	44.12	45.59	44.12	45.59	44.12	45.59	44.12	45.59	

ATUSA Aguas Tumbes Sociedad Anonima

JASS Juntas de Agus de Servicio y Saniamiento

C - 8														
BALANCE HIDRICO														
VOLUMEN DE DESCARGA MENSUAL AL 75% DE PERCISTENCIA (MMC), REGIMEN HÚMEDO														
OFERTA DE AGUA														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Agua Superficial río Tumbes al 75%	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29	
Aguas subterráneas	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	48.00	
TOTAL DE LA OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56	1795.29	
DEMANDA DE AGUA														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Agua uso Agrícola río Tumbes JU	33.43	23.01	27.87	31.11	25.5	5.53	26.67	24.05	23.82	28.07	22.59	7.65	279.3	
Poblacional (ATUSA) Río Tumbes	2.89	2.43	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	31.86	
Poblacional (JASS) aguas subterráneas	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.44	
Agrícola (subterráneas)	0.23	0.21	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	2.7	
Industrial	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	
Piscícola	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.9	
Caudal Ecológico Mínimo HÚMEDO	29.49	26.64	29.49	28.54	29.49	28.54	29.49	29.49	28.54	29.49	28.54	29.49	347.2	
TOTAL DE LA DEMANDA	66.17	52.41	60.4	62.58	58.03	37	59.21	56.59	55.29	60.61	54.07	40.19	662.5	
Balance	65.59	208.33	285.08	293.99	153.01	101.85	32.37	8.88	-7.00	-14.69	-10.02	15.37	1133	
COMPARANDO OFERTA, DEMANDA Y CAUDAL ECOLOGICO														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
TOTAL DE LA OFERTA	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29	
TOTAL DE LA DEMANDA	63.6	52.69	57.83	60.96	55.46	35.38	56.64	54.02	53.67	58.04	52.45	37.62	638.34	
Caudal Ecológico (Q.E) Min. Húmedo	29.49	26.64	29.49	28.54	29.49	28.54	29.49	29.49	28.54	29.49	28.54	29.49	347.2	
Diferencia D vs Q.E	34.11	26.05	28.34	32.42	25.97	6.84	27.15	24.53	25.13	28.55	23.91	8.13	291.12	
CONVERSIÓN DEL CAUDAL ECOLOGICO (m3/s) a VOLUMEN hm3														
	d/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
	Q.E m3/s	11.01	11.01	11.01	11.01	11.01	11.01	11.01	11.01	11.01	11.01	11.01	11.01	
	Q.E hm3	29.49	26.64	29.49	28.54	29.49	28.54	29.49	29.49	28.54	29.49	28.54	29.49	
ATUSA	Aguas Tumbes Sociedad Anonima													
JASS	Juntas de Agus de Servicio y Saniamiento													

C - 9

BALANCE HIDRICO

VOLUMEN DE DESCARGA MENSUAL AL 75% DE PERCISTENCIA (MMC), REGIMEN MEDIO

OFERTA DE AGUA

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Agua Superficial río Tumbes al 75%	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29
Aguas subterráneas	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	48.00
TOTAL DE LA OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56	1795.29

DEMANDA DE AGUA

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Agua uso Agrícola río Tumbes JU	33.43	23.01	27.87	31.11	25.5	5.53	26.67	24.05	23.82	28.07	22.59	7.65	279.3
Poblacional (ATUSA) Río Tumbes	2.89	2.43	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	31.86
Poblacional (JASS) aguas subterráneas	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.44
Agrícola (subterráneas)	0.23	0.21	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	2.7
Industrial	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12
Piscícola	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.9
Caudal Ecológico Mínimo MEDIO	21.53	19.45	21.53	20.84	21.53	20.84	21.53	21.53	20.84	21.53	20.84	21.53	253.5
TOTAL DE LA DEMANDA	58.21	45.22	52.44	54.88	50.07	29.3	51.25	48.63	47.59	52.65	46.37	32.23	568.9
Balance	73.55	215.51	293.03	301.68	160.97	109.55	40.33	16.83	0.69	-6.74	-2.32	23.32	1226

COMPARANDO OFERTA, DEMANDA Y CAUDAL ECOLOGICO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TOTAL DE LA OFERTA	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29
TOTAL DE LA DEMANDA	63.6	52.69	57.83	60.96	55.46	35.38	56.64	54.02	53.67	58.04	52.45	37.62	638.34
Caudal Ecológico (Q.E) Min. MEDIO	21.53	19.45	21.53	20.84	21.53	20.84	21.53	21.53	20.84	21.53	20.84	21.53	253.55
Diferencia D vs Q.E	42.06	33.24	36.29	40.12	33.92	14.54	35.10	32.48	32.83	36.50	31.61	16.08	

CONVERSIÓN DEL CAUDAL ECOLOGICO (m3/s) a VOLUMEN hm3

	d/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Q.E	m3/s	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04
Q.E	hm3	21.53	19.45	21.53	20.84	21.53	20.84	21.53	21.53	20.84	21.53	20.84	21.53

ATUSA Aguas Tumbes Sociedad Anonima

JASS Juntas de Agus de Servicio y Saniamiento

C - 10

BALANCE HIDRICO

VOLUMEN DE DESCARGA MENSUAL AL 75% DE PERCISTENCIA (hm³), REGIMEN SECO

OFERTA DE AGUA

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Agua Superficial río Tumbes al 75%	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29
Aguas subterráneas	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	48.00
TOTAL DE LA OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56	1795

DEMANDA DE AGUA

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Agua uso Agrícola río Tumbes JU	33.43	23.01	27.87	31.11	25.5	5.53	26.67	24.05	23.82	28.07	22.59	7.65	279.3
Poblacional (ATUSA) Río Tumbes	2.89	2.43	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	31.86
Poblacional (JASS) aguas subterráneas	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.44
Agrícola (subterráneas)	0.23	0.21	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	2.7
Industrial	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12
Piscícola	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.9
Caudal Ecológico Mínimo SECO	17.92	16.18	17.92	17.34	17.92	17.34	17.92	17.92	17.34	17.92	17.34	17.92	210.98
TOTAL DE LA DEMANDA	54.6	41.95	48.83	51.38	46.46	25.8	47.64	45.02	44.09	49.04	42.87	28.62	526.3
Balance	77.17	218.78	296.65	305.18	164.58	113.05	43.95	20.45	4.19	-3.12	1.18	26.94	1269

COMPARANDO OFERTA, DEMANDA Y CAUDAL ECOLOGICO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
TOTAL DE LA OFERTA	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29
TOTAL DE LA DEMANDA	63.6	52.69	57.83	60.96	55.46	35.38	56.64	54.02	53.67	58.04	52.45	37.62	638.34
Caudal Ecológico (Q.E) Min. SECO	17.92	16.18	17.92	17.34	17.92	17.34	17.92	17.92	17.34	17.92	17.34	17.92	210.98
Diferencia D vs Q.E	45.68	36.50	39.91	43.62	37.54	18.04	38.72	36.10	36.33	40.12	35.11	19.70	

CONVERSIÓN DEL CAUDAL ECOLOGICO (m³/s) a VOLUMEN hm³

	d/mes	31	28	31	30	31	30	31	30	31	30	31	
Q.E	m ³ /s	6.69	6.69	6.69	6.69	6.69	6.69	6.69	6.69	6.69	6.69	6.69	
Q.E	hm ³	17.92	16.18	17.92	17.34	17.92	17.34	17.92	17.92	17.34	17.92	17.34	

ATUSA Aguas Tumbes Sociedad Anonima

JASS Juntas de Agus de Servicio y Saniamiento

C - 11														
BALANCE HIDRICO														
VOLUMEN DE DESCARGA MENSUAL AL 75% DE PERCISTENCIA (hm3), REGIMEN EXTREMADAMENTE SECO														
OFERTA DE AGUA														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Agua Superficial río Tumbes al 75%	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29	
Aguas subterráneas	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	48.00	
TOTAL DE LA OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56	1795	
DEMANDA DE AGUA														
CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
Agua uso Agrícola río Tumbes JU	33.43	23.01	27.87	31.11	25.5	5.53	26.67	24.05	23.82	28.07	22.59	7.65	279.3	
Poblacional (ATUSA) Río Tumbes	2.89	2.43	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	2.69	2.60	2.69	2.60	2.69	31.86	
Poblacional (JASS) aguas subterráneas	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.44	
Agrícola (subterráneas)	0.23	0.21	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22	0.23	2.7	
Industrial	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12	
Piscícola	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.08	0.07	0.08	0.9	
Caudal Ecológico Mínimo EXTRE. SECO	13.28	12.00	13.28	12.86	13.28	12.86	13.28	13.28	12.86	13.28	12.86	13.28	156.4	
TOTAL DE LA DEMANDA	49.96	37.77	44.19	46.90	41.82	21.32	43.00	40.38	39.61	44.40	38.39	23.98	471.74	
Balance	81.80	222.96	301.28	309.67	169.22	117.53	48.58	25.08	8.68	1.51	5.66	31.57	1324	
COMPARANDO OFERTA, DEMANDA Y CAUDAL ECOLOGICO														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
TOTAL DE LA OFERTA	127.76	256.73	341.48	352.56	207.04	134.85	87.58	61.47	44.28	41.92	40.05	51.56	1747.29	
TOTAL DE LA DEMANDA	63.6	52.69	57.83	60.96	55.46	35.38	56.64	54.02	53.67	58.04	52.45	37.62	638.34	
Caudal Ecológico (Q.E) Min. EXTRE. SECO	13.28	12.00	13.28	12.86	13.28	12.86	13.28	13.28	12.86	13.28	12.86	13.28	156.42	
Diferencia D vs Q.E	50.31	40.69	44.54	48.10	42.17	22.52	43.35	40.73	40.81	44.75	39.59	24.33		
CONVERSIÓN DEL CAUDAL ECOLOGICO (m3/s) a VOLUMEN hm3														
	d/mes	31	28	31	30	31	30	31	30	31	30	31		
	Q.E m3/s	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96	4.96		
	Q.E hm3	13.28	12.00	13.28	12.86	13.28	12.86	13.28	12.86	13.28	12.86	13.28	156.42	
ATUSA	Aguas Tumbes Sociedad Anonima													
JASS	Juntas de Agus de Servicio y Saniamiento													

C - 13

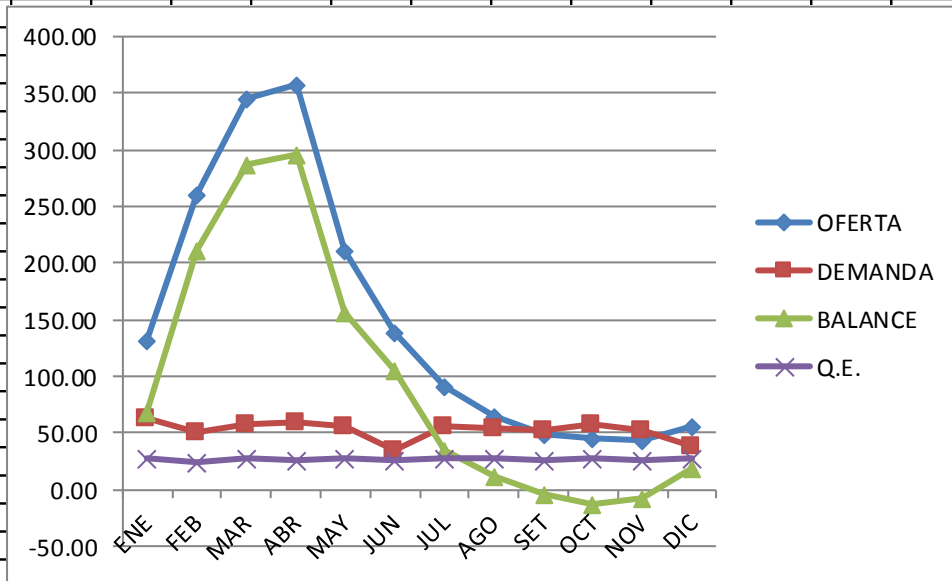
DESCARGAS MEDIOS MENSUALES (hm³)

PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE	ÁREA DREN.	4,739.9	Km²
--------------------------	-----------------	-------------------	----------------	-----------------------

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RÍO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDI	40.0	DIST	SAN JACINTO

COMPARANDO OFERTA, DEMANDA, BALANCE EN EL PERIODO (88 - 2011)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	SUMA
OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56		1795.29
DEMANDA	63.6	50.08	57.83	60.09	55.46	34.51	56.64	54.02	52.8	58.04	51.58	37.62		632.26
BALANCE	68.17	210.65	287.65	296.47	155.58	104.34	34.95	11.45	-4.52	-12.12	-7.53	17.94		1163.03
Q.E.	26.92	24.31	26.92	26.05	26.92	26.05	26.92	26.92	26.05	26.92	26.05	26.92		316.94



C - 14

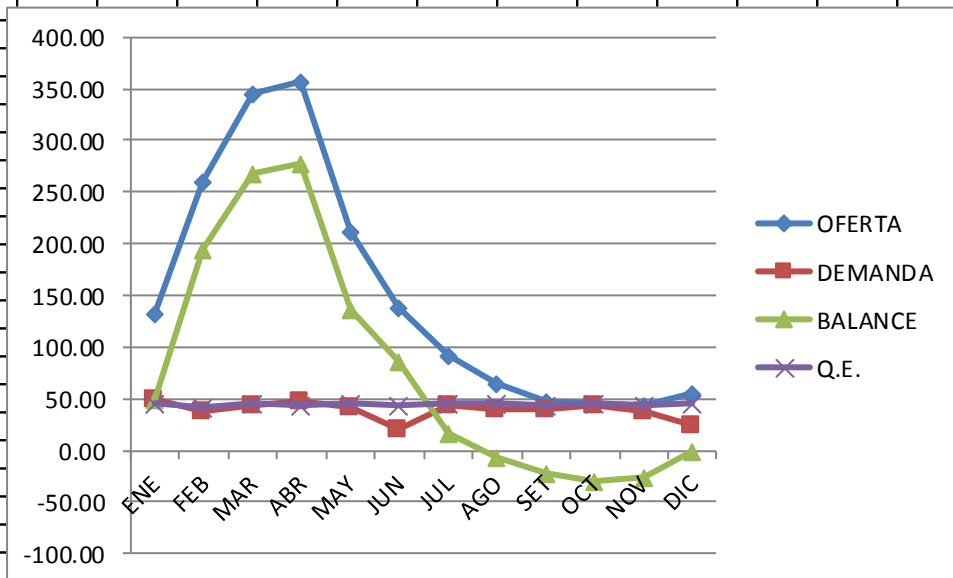
DESCARGAS MEDIOS MENSUALES GENERADOS (hm3)

PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE	ÁREA DREN.	4,739.9	Km ²
-------------------	----------	------------	---------	-----------------

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RÍO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDI	40.0	DIST	SAN JACINTO

Comparacion BH,O,D, Y QE (EXTREMADAMENTE SECO)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	PROM
OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56		1795.29
DEMANDA	49.96	37.77	44.19	46.90	41.82	21.32	43.00	40.38	39.61	44.40	38.39	23.98		471.74
BALANCE	49.50	193.79	268.98	278.41	136.91	86.27	16.28	-7.22	-22.58	-30.79	-25.60	-0.73		943.22
Q.E.	45.59	41.17	45.59	44.12	45.59	44.12	45.59	45.59	44.12	45.59	44.12	45.59		536.74



C - 15

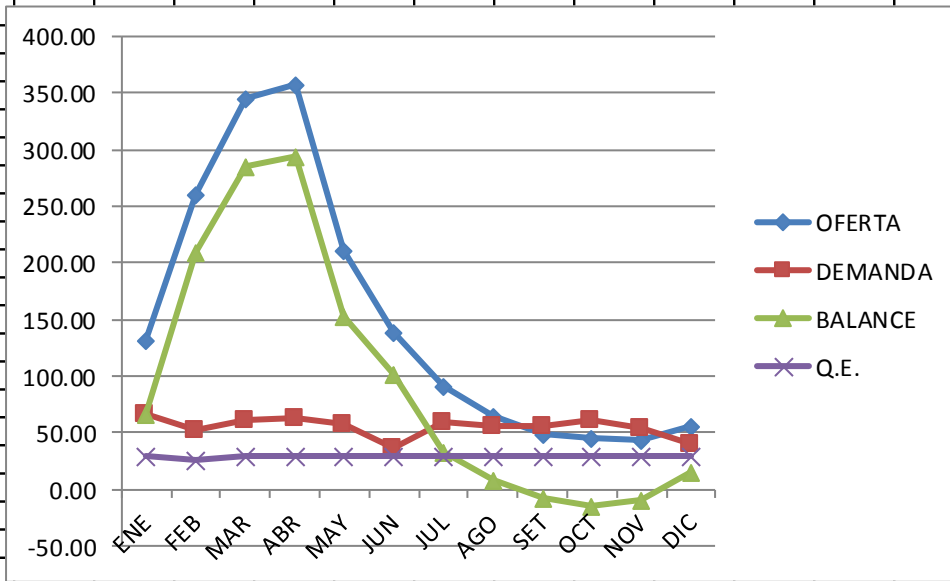
DESCARGAS MEDIOS MENSUALES (hm³)

PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE	ÁREA DREN.	4,739.9	Km²
--------------------------	-----------------	-------------------	----------------	-----------------------

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RÍO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDI	40.0	DIST	SAN JACINTO

COMPARANDO OFERTA, DEMANDA, BALANCE Y REGIMEN HUMEDO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	SUMA
OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56		1795.29
DEMANDA	66.17	52.41	60.40	62.58	58.03	37.00	59.21	56.59	55.29	60.61	54.07	40.19		662.53
BALANCE	65.59	208.33	285.08	293.99	153.01	101.85	32.37	8.88	-7.00	-14.69	-10.02	15.37		132.75
Q.E.	29.49	26.64	29.49	28.54	29.49	28.54	29.49	29.49	28.54	29.49	28.54	29.49		347.21



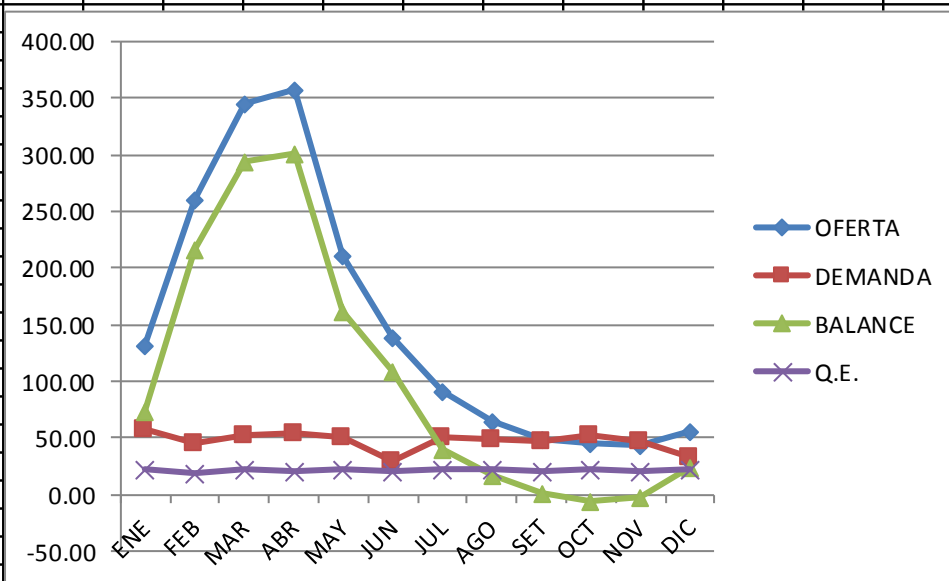
C - 16

DESCARGAS MEDIOS MENSUALES (hm³)

PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE				ÁREA DREN.	4,739.9	Km²
CUENCA	TUMBES		UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ	
RÍO	PUYANGO-TUMBES		UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES	
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES		ALTITUD MEDI	40.0	DIST	SAN JACINTO	

COMPARANDO OFERTA, DEMANDA, BALANCE Y REGIMEN MEDIO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	SUMA
OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56		1795.29
DEMANDA	58.21	45.22	52.44	54.88	50.07	29.30	51.25	48.63	47.59	52.65	46.37	32.23		568.87
BALANCE	73.55	215.51	293.03	301.68	160.97	109.55	40.33	16.83	0.69	-6.74	-2.32	23.32		1226.42
Q.E.	21.53	19.45	21.53	20.84	21.53	20.84	21.53	21.53	20.84	21.53	20.84	21.53		253.55



C - 18

DESCARGAS MEDIOS MENSUALES (hm ³)					
PTO. DE LA CUENCA	EL TIGRE			ÁREA DREN.	4,739.9 Km ²

CUENCA	TUMBES	UTM-NORTE	9,583,640	PAÍS	PERÚ
RÍO	PUYANGO-TUMBES	UTM-ESTE	561,074	PROV	TUMBES
TIPO	CAUDALES MEDIOS MENSUALES	ALTITUD MEDIA	40.0	DIST	SAN JACINTO

COMPARANDO OFERTA, DEMANDA, BALANCE Y REGIMEN EXTREMADAMENTE SECO

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	N	SUMA
OFERTA	131.76	260.73	345.48	356.56	211.04	138.85	91.58	65.47	48.28	45.92	44.05	55.56		1795.29
DEMANDA	49.96	37.77	44.19	46.90	41.82	21.32	43.00	40.38	39.61	44.40	38.39	23.98		471.74
BALANCE	81.80	222.96	301.28	309.67	169.22	117.53	48.58	25.08	8.68	1.51	5.66	31.57		1323.55
Q.E.	13.28	12.00	13.28	12.86	13.28	12.86	13.28	13.28	12.86	13.28	12.86	13.28		156.42

