UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

"ANALISIS DEL CAUDAL DEL RIO OSMORE EN TIEMPO DE ESTIAJE Y AVENIDA, COMO ALTERNATIVA DE SOLUCION AL ALTO CONTENIDO DE ARSENICO Y BORO DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE LOCUMBA ITE, PROVINCIA DE ILO 2012 - 2013"

TESIS

PRESENTADA POR RONY ALEXANDER BERNAL VILLANUEVA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL

Ilo – Perú
2014

01

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTÁCION.

El Jurado suscribiente ha calificado el trabajo de Tesis,

TITULADO..ANÁLISIS DEL CAUDAL DEL RÍO OSMORE EN TIEMPO DE ESTIAJE Y AVENIDA, COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN AL ALTO CONTENIDO DE ARSÉNICO Y BORO DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE LOCUMBA ITE, PROVINCIA DE ILO 2012 - 2013

PRESIDENTE....EDUARDO LUIS FLORES QUISPE.....

MIEMBROS.....M. Sc. JUAN LUIS CCAMAPAZA AGUILAR.....

.....Mg. KATY CONSUELO ALEJANDRO PÉREZ.....

ASESOR..Mg. DEYMOR BEYTER CENTTY VILLAFUERTE, M.Sc. MARCO ALEXIS VERA ZUÑIGA

PRESENTADO POR EL BACHILLER ..RONY ALEXANDER BERNAL VILLANUEVA.....

..... DE LA PROMOCIÓN:....2012.....

CUYOS RESULTADOS HAN SIDO LOS SIGUIENTES:.....

CALIFICATIVO DEL TRABAJO .....12. (DOCE).....

CALIFICATIVO DE LA SUSTENTACIÓN ...13...(TRECE).....

CALIFICATIVO FINAL .....13...(TRECE).....

POR LO EXPUESTO, EL BACHILLER ..RONY ALEXANDER BERNAL VILLANUEVA....

HA SIDO DECLARADO EXPEDITO PARA QUE SE LE CONFIERA EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

EN FE DE ELLO QUEDA ASENTADA LA PRESENTE ACTA

Ilo, a los.....05.... días de.....JUNIO.....de.....2014....

Presidente
EDUARDO LUIS FLORES QUISPE

1er Miembro
M.Sc. Juan L. Ccamapaza Aguilar

2do Miembro
Mg. Katy C. Alejandro Pérez

FEDATARIO

02

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis padres que han sabido formarme con buenos sentimientos y valores como principios, carácter, empeñó, perseverancia, coraje para conseguir mis objetivos, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles

.

De igual forma a mi esposa Jocabet y mi hijo Greco, quienes por ellos soy lo que soy, en especial a mi esposa, pues desde que antes de ingresar a la universidad siempre he tenido su apoyo incondicional.

A mis abuelitos queridos Luis y Lucia, por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayuda en los momentos difíciles.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Moquegua de la Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental, por haberme dado la oportunidad de avanzar un paso más en el campo del conocimiento y de haber provisto de excelentes docentes.

A mis docentes de la Universidad Nacional de Moquegua, gracias por su tiempo, por su paciencia, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

A los miembros del Jurado de tesis por sus oportunos aportes para el mejoramiento de la presente tesis.

A mis asesores de tesis el Magister Deymor Beyter Centty Villafuerte y al Ingeniero Marco Vera Zúñiga, por la orientación y ayuda que me brindaron para la elaboración de la presente tesis, por su tiempo, apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más que lo estudiado en el proyecto.

Al Ingeniero Christian Terry Kahn por el apoyo en la obtención de equipos de monitoreo de campo para calidad de agua, por su aporte profesional y experiencia en el campo de consultoría ambiental que fue de gran ayuda para el desarrollo de mi tesis.

A mi esposa, la Ingeniera Jocabet por su colaboración en el desarrollo de estudio de campo (rio Osmore).

A mi mamá Candy y a mis primos Gianfranco y Gabriel por su colaboración en el desarrollo de estudio de campo (rio Osmore).

A mi amiga María Alanoca Chambilla por su colaboración en el desarrollo de estudio de campo (rio Osmore).

A la secretaria de Ingeniería Ambiental, la Sra. Marcela Checalla Paye por su apoyo y colaboración en el desarrollo de este estudio.

ÍNDICE GENERAL

CARATULA.....i

DICTAMEN DEL JURADO.....ii

DEDICATORIA.....iii

AGRADECIMIENTO.....iv

ÍNDICE GENERAL.....v

ÍNDICE.....vi

ÍNDICE DE CUADROS.....viii

ÍNDICE DE GRÁFICOS.....x

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS.....xii

ÍNDICE DE IMAGENES.....xiii

ÍNDICE

RESUMEN 14

ABSTRACT 15

INTRODUCCION 16

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18

1.1PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 18
1.2ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 19
1.3OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION 21

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO 22

2.1 MARCO TEORICO 22
2.2 MARCO CONCEPTUAL 23
2.3 MARCO LEGAL 25
2.4 MARCO CONTEXTUAL 27
2.4.1 Ubicación del ámbito de estudio 27
2.4.2 Fuentes de captación de agua 30
2.4.3 Uso actual del agua 31
2.4.4 Información ecológica 32
2.4.5 Información climática 35
2.4.6 Información meteorológica 36
2.4.7 Características del área de investigación 38
2.5 MARCO REFERENCIAL 39
2.5.1 Caudales 39
2.5.2 Hidráulica de ríos 40
2.5.3 Metodologías para medición de caudales 41
2.5.4 Caudal ecológico 46
2.5.5 Calidad de agua 46
2.5.6 Situación hídrica en el Perú 47

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS DE LA INVESTIGACION 50

3.1 MATERIAL EXPERIMENTAL 50
3.2 ANALISIS ESTADÍSTICO 50
3.3 VARIABLES EN ESTUDIO 51
3.4 CONDUCCION DEL EXPERIMENTO 52
3.4.1 Selección de la sección del río para los aforos 52
3.4.2 Determinación de la muestra 52
3.4.3 Estimación de la sección transversal del río 54
3.4.4 Estimación del caudal 55
3.4.5 Método de aforo empleado 56
3.5 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO 57
3.6 OBSERVACIONES REALIZADAS 58

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES 61

4.1 DETERMINACION DEL CAUDAL DEL RIO OSMORE 61
4.2 DETERMINACION DE LA CURVA DE PERMANENCIA 66
4.3 DETERMINACION DEL CAUDAL ECOLOGICO 73
4.4 CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE AGUA DEL RIO OSMORE 76
4.4.1 Cálculo matemático de disponibilidad de agua 76
4.4.2 Cálculo probabilístico de disponibilidad de agua 76
4.4.3 Proyección de la demanda de agua potable (20 años) 78

CONCLUSIONES 85

RECOMENDACIONES 86

BIBLIOGRAFÍA REVISADA 87

ANEXOS 90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Ubicación geográfica de la zona de estudio.....28

Cuadro 2 Captación de agua para la provincia de Ilo.....31

Cuadro 3 Composicion floristica de la zona de estudio.....33

Cuadro 4 Composicion de fauna de la zona de estudio.....34

Cuadro 5 Fauna acuatica encontrada en la zona de estudio.....34

Cuadro 6 Información meteorológica, correspondiente al periodo agosto 2012 - agosto 2013 (Estación: ALGARROBAL).....36

Cuadro 7 Ubicación de las estaciones meteorológicas consultadas en la región Moquegua.....37

Cuadro 8 Información meteorológica, correspondiente al periodo agosto 2012 - agosto 2013 (Estación: ICHUÑA).....37

Cuadro 9 Información meteorológica, correspondiente al periodo agosto 2012 - agosto 2013 (Estación: CARUMAS).....38

Cuadro 10 Calculo para el método del correntómetro.....42

Cuadro 11 Análisis físico, químico y microbiológico de la fuente de abastecimiento de Ite norte.....59

Cuadro 12 Análisis físico, químico y microbiológico de la fuente de abastecimiento de Pasto Grande (rio Osmore).....60

Cuadro 13 Resumen de información estadística sobre el caudal del río Osmore.....63

Cuadro 14 Métodos utilizados.....73

Cuadro 15 Disponibilidad de agua en la provincia de Ilo.....76

Cuadro 16 Informacion estadística anual del caudal del rio Osmore.....77

Cuadro 17 Estadística anual de caudal de los 2 puntos de monitoreo.....78

Cuadro 18 Demanda de agua de la poblacion de Ilo.....79

Cuadro 19 Resultados estadísticos de la prueba de hipótesis del primer punto de monitoreo.....82

Cuadro 20 Resultados estadísticos de la prueba de hipótesis del segundo punto de monitoreo.....84

Cuadro 21 Datos de caudal de agosto del 2012 a agosto del 2013.....90

Cuadro 22 Población estimada de la provincia de Ilo.....92

Cuadro 23 ECA para el agua categoría 1: poblacional y recreacional.....93

Cuadro 24 Límites Máximos Permisibles de parámetros químicos.....95

Cuadro 25 Fuentes de abastecimiento de la provincia de Ilo - 2010.....96

Cuadro 26 Fuentes de abastecimiento de la provincia de Ilo – 2011.....96

Cuadro 27 Registro de análisis de caudal de los ríos de la región sur.....96

Cuadro 28 Coeficiente de Manning.....97

Cuadro 29 Cálculo de caudal del rio Osmore.....98

Cuadro 30 Demanda de agua potable (proyección de 20 años).....99

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Promedio mensual del caudal del río Osmore en épocas de estiaje y avenida (agosto 2012 – Agosto 2013).....62

Gráico 2 Caudales promedio, máximo y mínimo mensual del río Osmore.....64

Gráfico 3 Precipitación del año de estudio (estación Ichuña) vs caudal.....64

Gráfico 4 Precipitación del año de estudio (estación Carumas) vs caudal.....65

Gráfico 5 Curva de permanencia del 1er punto de monitoreo (Algarrobal).....67

Gráfico 6 Curva de permanencia del 2do punto de monitoreo (San Gerónimo).....68

Gráfico 7 Análisis comparativo del contenido de Arsénico de la fuente Pasto Grande y su correspondiente LMP del 2011 a julio del 2012.....69

Gráfico 8 Análisis comparativo de Boro de la fuente Pasto Grande y su correspondiente LMP del 2011 a julio del 2012.....70

Gráfico 9 Análisis comparativo de Arsénico de la fuente Locumba y su correspondiente LMP del 2011 a Julio del 2012.....71

Gráfico 10 Análisis comparativo de Boro de la fuente Locumba y su correspondiente LMP del 2011 a Julio del 2012.....72

Gráfico 11 Caudal Ecológico método Ecuatorianoó ó 5% del Promedio Anual.....74

Gráfico 12 Caudal ecológico método Escoces ó 20% de 3 meses más bajo.....75

Gráfico 13 Proyeccion de la demanda de agua potable de la provincia de Ilo para 20 años 80

Gráfico 14 pH ECA Cat.3 vs pH de muestras de rio punto final (San Gerónimo).....101

Gráfico 15 Oxigeno disuelto de ECA Cat.3 vs Oxigeno disuelto de muestras de rio punto final (San Gerónimo).....103

Gráfico 16 Conductividad electrica de ECA Cat.3 vs conductividad electrica de muestra de rio punto final (San Gerónimo).....103

Gráfico 17 Turbidez LMP de DIGESA vs Turbidez de muestra de rio Punto final (San Gerónimo).....104

Gráfico 18 Calculo del area transversal 1,2 y 3 - Aplicación de la formula con respecto al cuadro N° 29.....105

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1 Ubicación de los puntos de monitoreo - WGS84.....29

Fotografía 2 Medición del area transversal del rio Osmore.....55

Fotografía 3 Medición del tirante del agua.....55

Fotografía 4 Uso del método del flotador con botella lastrada.....56

Fotografía 5 Medición de regla. Punto final (época de estiaje).....108

Fotografía 6 Comunidad de la zona. Punto final.....108

Fotografía 7 Cria de sapo en punto inicial y final.....108

Fotografía 8 Medicion de profundidades . Punto final.....109

Fotografía 9 Medición transversal del rio. Punto final.....109

Fotografía 10 Apoyo en medicion de caudal. Punto final.....109

Fotografia 11 Tramo uniforme. Punto final.....110

Fotografía 12 Uso de multiparametro. Punto final.....110

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1 Esquema hidráulico de las 2 Fuentes de abastecimiento de la provincia de Ilo.....106

Imagen 2 Sistema hidráulico satelital de las 2 Fuentes de abastecimiento de la Provincia de Ilo.....107

RESUMEN

El presente estudio titulado "Análisis del caudal del rio Osmore en tiempo de estiaje y avenida, como alternativa de solución al alto contenido de arsénico y boro de la fuente de abastecimiento de Locumba Ite, provincia de Ilo 2012 - 2013 " se desarrolló en un tramo del río Osmore, que se encuentra entre el distrito de El Algarrobal y el distrito de Ilo, ambos pertenecientes a la provincia de Ilo, región de Moquegua, este estudio se desarrolló durante un año con 74 mediciones de caudal; el mismo que tuvo el siguiente objetivo: Determinar el caudal del Rio Osmore en época de Estiaje y Avenida de la provincia de Ilo de Agosto del 2012 a Agosto del 2013. Se utilizó como material de investigación la corriente de agua del río Osmore, estableciéndose un tramo de evaluación cuyo extremo superior se ubica geográficamente a 17°37'15.7" Latitud Sur y a 71°16'10.4" Longitud Oeste y a una altitud de 84 m.s.n.m.; el extremo inferior, geográficamente se ubica a 17°37'25.1" Latitud Sur y a 71°20'15.8" Longitud Oeste y a una altitud de 12 m.s.n.m.; una vez establecido el tramo del río en donde se realizaron las mediciones de caudal, se procedió a establecer el área transversal de los puntos de evaluación, dato que, conjuntamente con la velocidad de la corriente de agua, permitió establecer el caudal del río. Para el cálculo del caudal del rio Osmore se utilizó el método del flotador y la prueba de hipótesis del estadístico Z con un nivel de confianza del 95% .Para la prueba de hipótesis se utilizó la demanda de agua, más el caudal ecológico, que es igual a 0.334 m^3/s (hipótesis nula). El resultado de prueba de hipótesis del estadístico Z = 4.70, cayendo fuera de la zona de aceptación, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa. Acerca de las metodologías de cálculo de caudal ecológico, se utilizó el método Ecuatoriano y método Escoces). De los resultados obtenidos, se ha llegado a las siguientes conclusiones: 1) El caudal promedio del rio Osmore en época de estiaje es de 0.807 m^3/s, 2) el caudal promedio en época de avenida es de 5.941 m^3/s y 3) su caudal ecológico es de 0.110 m^3/s. En lo referente a la calidad de agua, cabe mencionar que el agua del rio Osmore es de mejor calidad para el consumo humano con respectó a la fuente de Ite.

PALABRAS CLAVE: Caudal, caudal ecológico, avenida, estiaje.

ABSTRACT

The current study entitled " Analysis of the Osmore river flow at low water level and flood time, as an alternative solution to the high content of arsenic and boron in the source of supply Locumba Ite, in the province of Ilo 2012 - 2013 " took place in a stretch of the Osmore river, located between the district of Algarrobal and the district of Ilo, both places belonging to the province of Ilo, Moquegua region This study was developed over a year with 74 flow measurements ;which had the following objective: to determine the Osmore river flow at low water level and flood in the province of Ilo, from August 2012 to August 2013. Some water stream from the Osmore River was used as research material, establishing a section of evaluation whose upper end is geographically located at 17°37'15.7" of South Latitude and 71°16'10.4" of west Longitude; the lower end is geographically located at 17°37'25 .1 of south latitude and 71°20'15.8" of west longitude and an altitude of 12 meters above sea level; once established the stretch of the river where the flow measurements were done, we proceeded to establish the cross-sectional area of the assessment points, in combination with the speed of water stream, allowed to establish the river flow. For flow calculation of the Osmore river, the float method and the hypothesis testing of Z statistics with a confidence level of 95% were used, as well as the information about the calculation of methodologies of ecological flow. Hypothesis testing for water demand is used, plus the ecological flow, which is equal to 0.334 m^3/s (null hypothesis). The result of the statistical hypothesis test Z = 4.70, falling outside the acceptance region, the null hypothesis is rejected and the alternative hypothesis was accepted, as well as the information about the calculation of methodologies of ecological flow, the Ecuadorian method and Scottish method) was used. From the results obtained, we got the following conclusions: 1) The average flow of the Osmore river at low water time is 0.827 m^3/s, 2) the average of flood time is 5.941 m^3/s and 3) its ecological flow is 0.110 m^3/s. Regarding water quality, it is noteworthy that the Osmore river water is of better quality for human consumption than Ite fountain.

KEY WORDS: Flow, ecological flow, flood, low water level.

INTRODUCCION

El abastecimiento de agua de la provincia de Ilo, se realiza a través de dos fuentes, la fuente de Ite Norte y la fuente de Pasto Grande (rio Osmore), entre las dos fuentes se realizó una captación de agua para el año 2011 de 0.19075 m^3/s. De la fuente Ite Norte se captó 0.12668 m^3/s, que representa el 66.41% y de la fuente Pasto Grande 0.6407 m^3/s, que representa el 33.59%, siendo esta ultima la que presenta mejor calidad de agua.

Por ello la necesidad de determinar el caudal del rio Osmore en tiempo de estiaje y avenida, para saber si este volumen que se pierde en el mar, puede satisfacer la suma de las dos fuentes que en la actualidad utiliza la EPS Ilo, puesto que la fuente de Ite Norte es de mala calidad (alto contenido de arsénico y boro).

Otro dato que suma a esta investigación es que en la actualidad no existe información histórica sobre el caudal del rio Osmore, ni por parte del estado peruano (ANA) ni por el sector privado, solo existen datos puntuales de un solo día, en Diciembre del 2011 por parte de la ANA y en 1976 por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.

Por otro lado actualmente las leyes ambientales peruanas tratan someramente sobre la importancia del caudal ecológico, tal es así, que principalmente los ríos que desembocan en el mar de Grau no cuentan con registros de caudales históricos, como consecuencia no se tiene claramente establecido los parámetros que, determinen el caudal ecológico para cada zona.

Frente a esta realidad, el determinar el caudal del rio Osmore permitirá conocer si podrá contribuir a incrementar la dotación de agua para la población de la provincia de Ilo, considerando el establecimiento de mantener un caudal ecológico.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el abastecimiento de agua que se da a la población de la provincia de Ilo es a través de 3 fuentes: La primera corresponde a la toma de agua de Ite, cuyas aguas provienen de la laguna de Aricota, la misma que es alimentada principalmente por los Ríos Salado y Callazas que nacen en las partes altas del altiplano, a más de 4,000 m.s.n.m. al sur del Perú; sin embargo, presenta un problema álgido, relacionado a la calidad de agua, debido a que contiene elementos contaminantes como el Arsénico y Boro en altas concentraciones, sobrepasando los Límites Máximos Permisibles (LMP) del reglamento de la calidad de agua para consumo humano de la normativa peruana vigente, así como también se ha detectado altas concentraciones de iones de cloruro y sulfato (Ambiental-MINSA, 2010). Ver en anexos cuadro N° 21. La segunda fuente, es de Pasto Grande (rio Osmore), que es de buena calidad, sin embargo su aporte es de aproximadamente del 67.0%, porcentaje que debería de ser mayor, puesto que estamos frente a una fuente de agua que es apta para el consumo humano, si lo comparamos con la fuente de Ite Norte (EPS, 2011). Ver en anexos cuadro N° 25 y 26.

En el caso de la tercera fuente que corresponde a los Pozos del Valle (2 pozos tubulares) del distrito de El Algarrobal, se mantienen, como reserva para cualquier plan de acción de emergencia, o al fallo de una de las dos primeras fuentes de agua. Cabe mencionar que, en cuanto a la calidad de agua de esta fuente, no es muy recomendable para el consumo humano, dados sus altas concentración de Hierro y Manganeso, requiriendo un proceso adicional de tratamiento, lo que eleva el costo de tratamiento.

Finalmente el proceso de migración hacia la provincia de Ilo, crecimiento industrial minero, energético y la posibilidad que se desarrolle la industria petroquímica, hace en este contexto la proyección de un aumento considerable de consumo de agua, para satisfacer las necesidades futuras. (INEI, 2012). Ver anexos cuadro N° 22.

1.2 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Burbano (2006), analizó la problemática de la regulación de caudales y abordo la necesidad de fijar los regímenes de caudal ecológico a fin de proteger el medio ambiente y su entorno. Para determinar el caudal del rio, empleo el método del molinete, ya que, los cálculos que se utilizan son similares al del método del flotador.

Betin (2009), al efectuar las metodologías de diseño de obras hidráulicas en estudios de pre factibilidad de pequeñas centrales hidroeléctrica, sostiene que el uso del método del flotador tiene imprecisiones

si no se busca un tramo del rio con pendiente suave y regular, así mismo afirma el autor que el objeto flotante en recorrer una longitud preestablecida del río, puede variar entre 10 m y 20 m.

Méndez (2012), determinó los caudales para la preservación del ecosistema, estableciendo una propuesta integral del recurso hídrico con visión holística.

Hernández (2002), al realizar el análisis, de aforo de la estación hidrométrica de Obrajillo, determino que el método teórico y el método Ruso representaron mejor el comportamiento de los caudales en el periodo de septiembre 2000 - agosto 2001, con errores respectivos de 0.9% y 0.5% referente al promedio y máximos caudales de 42,811 m^3/s y 42,733 m^3/s respectivamente. Cabe mencionar que el método de aforo empleado fue el método del correntómetro por tener que realizar mediciones de caudal a diferentes profundidades.

Por otro lado el mismo autor precisa que el método del correntómetro es más exacto, sin embargo su ejecución es más difícil a la excesiva velocidad del agua; por lo que sugiere emplear el método del flotador para medir la velocidad superficial del flujo.

Villanueva Ure y Alata (2011), al desarrollar las metodologías para determinar el caudal ecológico del rio Molloco, los autores concluyen que es de 0.8165 m^3/s y que la presente metodología es aplicable a las centrales

hidroeléctricas ubicados en los ríos costeros del país con una potencia mayor a 20 MW, debido al alto caudal de agua que requieren para generar energía.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1. Determinar el caudal del rio Osmore en época de estiaje.
2. Determinar el caudal del rio Osmore en época de avenida.
3. Establecer el caudal ecológico.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1 MARCO TEORICO

Ranald y Giles (1972), menciona que, los fluidos son sustancias capaces de fluir y que se adaptan a la forma de los recipientes que los contienen. Cuando están en equilibrio, los fluidos no pueden soportar fuerzas tangenciales o cortantes. Así mismo indica que, los fluidos pueden dividirse en líquidos y gases. Las diferencias esenciales entre líquidos y gases son: a) los líquidos son prácticamente incompresibles y los gases son compresibles, por lo que en muchas ocasiones hay que tratarlos como tales, y b) los líquidos ocupan un volumen definido y tienen superficies libres, mientras que una masa dada de gas se expansiona hasta ocupar todas las partes del recipiente que lo contenga.

Ranald y Giles (1972), mencionan que son tres los principios fundamentales que se aplican al flujo de fluidos son: **a)** el principio de conservación de la masa, a partir del cual se establece la ecuación de continuidad; **b)** el principio de la energía cinética, a partir del cual se deducen ciertas ecuaciones aplicables al flujo y, **c)** el principio de la cantidad de movimiento, a partir del cual se deducen ecuaciones para calcular las fuerzas

dinámicas ejercidas por los fluidos en movimiento.

Ranald y Giles (1972), sobre la ley de continuidad del flujo, refiere que ésta ley es consecuencia de la ley de la conservación de la materia. Hace referencia a la constancia del flujo a lo largo del camino recorrido por el fluido, su enunciado es el flujo de un fluido en movimiento es el mismo en dos puntos diferentes del camino recorrido por el fluido.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Caudal (ANA, 2011) Es la cantidad de agua que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo.

Ciclo Hidrológico (ANA, 2011) Es un proceso continuo en el que una partícula de agua evaporada de un cuerpo de agua vuelve después de pasar por las etapas de precipitación escorrentía superficial y/o escorrentía subterránea.

Cuenca Hidrográfica (ANA, 2011) Porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural.

Cuerpo de Agua (ANA, 2011) Extensión de agua, tal como un rio, lago, mar u océano que cubre parte de la tierra .algunos cuerpos de agua pueden son artificiales, como los estanques, aunque la mayoría son naturales. Pueden contener agua salada o dulce.

Desembocadura (ANA, 2011) La parte más baja de un cuerpo de agua (quebrada, rio), donde vierte sus aguas a un rio, lago o mar.

Protocolo (ANA, 2011) Es un documento guía que contiene pautas, instrucciones, directivas y procedimientos establecidos para desarrollar una actividad específica.

Punto de Monitoreo (ANA, 2011) Es la ubicación geográfica de un punto, donde se realiza la evaluación de la calidad y cantidad en un cuerpo natural de agua en forma periódica, en el marco de las actividades de la vigilancia.

Rio (ANA, 2011) Corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado y desemboca en el mar, lago o en otro rio.

Aforar (RAE, 2010) Medir la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.

Avenida (RAE, 2010) Creciente impetuosa de un río o arroyo.

Estiaje (RAE, 2010) Nivel más bajo o caudal mínimo que en ciertas épocas del año tienen las aguas de un río, estero, laguna, etc., por causa de la sequía.

2.3 MARCO LEGAL

Constitución Política del Perú 1993 Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. Estado es soberano en su aprovechamiento.

Ley N° 2861, Ley General del Ambiente: Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Ley Recursos Hídricos Ley N° 29338: La presente Ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.

Según en el artículo 153, menciona: "Se entenderá 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 involucrados, la estética del paisaje u otros aspectos de interés científico o cultural." El referido artículo 153, señala en sus 6 incisos las responsabilidades de la ANA

y del MINAM.

Finalmente, el artículo 155 dispone que, "Las metodologías para la determinación del caudal ecológico, serán establecidas 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".

Ley General Aguas D.L. N° 17752 y sus modificatorias al Reglamento de los Títulos I, II y III según D.S. N° 007-83-SA. Clasificación de los cursos de agua y zonas costeras: Las aguas, sin excepción alguna, son de propiedad del Estado, y su dominio es inalienable e imprescriptible. No hay propiedad privada de las aguas ni derechos adquiridos sobre ellas. El uso justificado y racional del agua, sólo puede ser otorgado en armonía con el interés social y el desarrollo del país.

D.L. Ley N° 26839 Ley sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible dela Diversidad Biológica: La presente ley norma la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes.

Conservar la diversidad de ecosistemas, especies y genes, así como mantener los procesos ecológicos esenciales de los que dependen la supervivencia de las especies.

Resolución Directoral N° 1152/2005/DIGESA/SA: Se aprueba Clasificación de Ríos y Tributarios.

Ley Orgánica de Municipalidades Ley N° 27972 y su Reglamento: Las municipalidades provinciales y distritales son los órganos de gobierno promotores del desarrollo local, con personería jurídica de derecho público y plena capacidad para el cumplimiento de sus fines. Es competencia de las municipalidades: Formular, aprobar, ejecutar y monitorear los planes y políticas locales en materia ambiental, en concordancia con las políticas, normas y planes regionales, sectoriales y nacionales. Proponer la creación de áreas de conservación ambiental. Promover la educación e investigación ambiental en su localidad e incentivar la participación ciudadana en todos sus niveles.

2.4 MARCO CONTEXTUAL

2.4.1 Ubicación del ámbito de estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el río Osmore, el mismo que forma parte de la cuenca del río Moquegua. El periodo de ejecución de la investigación fue de 1 año iniciándose en agosto del 2012 y concluyendo en agosto de 2013.

Geopolíticamente el ámbito donde se desarrolló la investigación, se encuentra entre los distritos de El Algarrobal e Ilo, provincia de Ilo, región de

Moquegua; geográficamente se encuentra entre las coordenadas que se muestran en el cuadro N° 1.

Cuadro N° 1: Ubicación geográfica de la zona de estudio

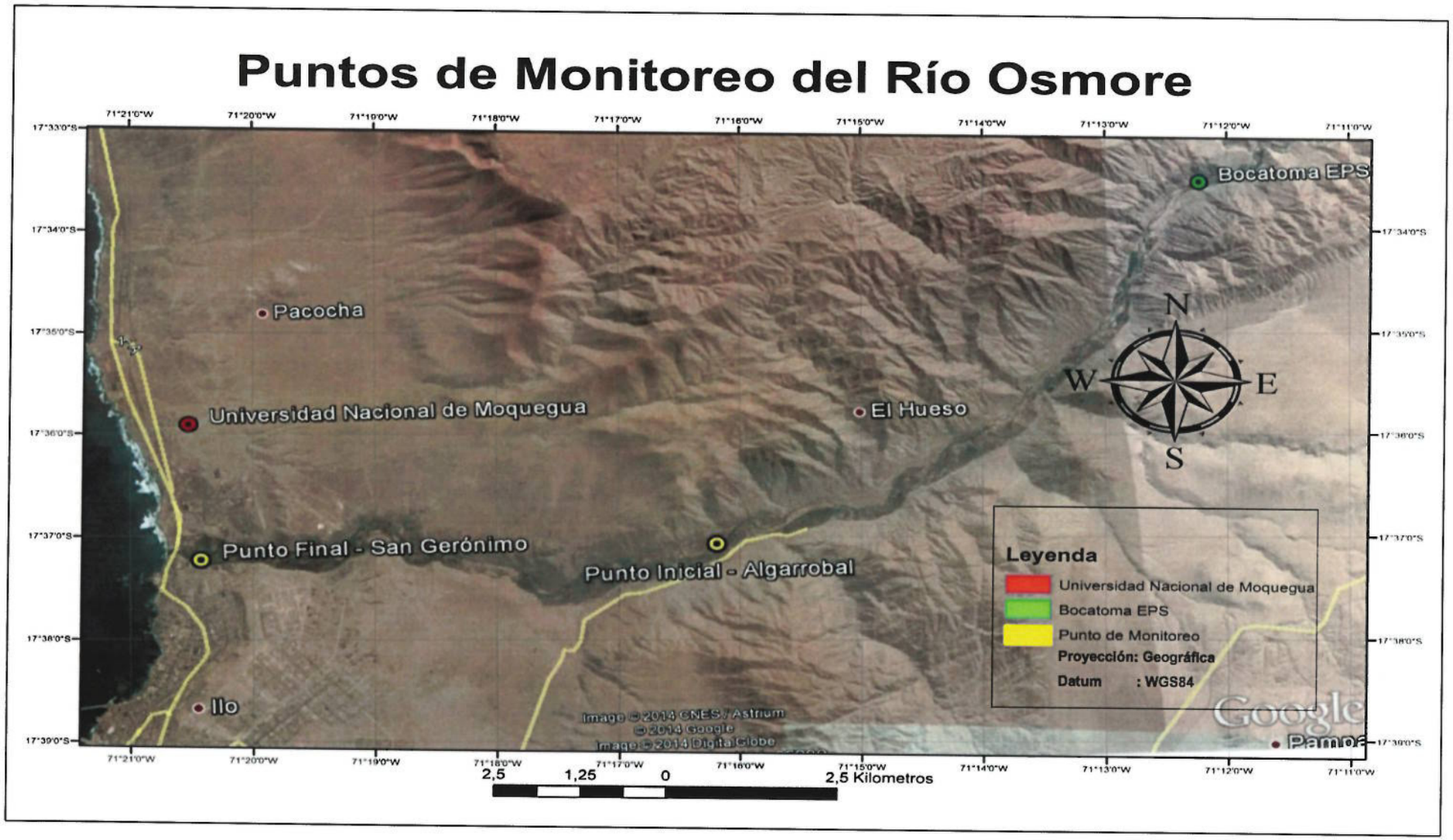
Aguas arriba (Distrito Algarrobal) Punto de muestreo N. 1	Aguas abajo Distrito de Ilo Punto de muestreo N. 2
Latitud:17°37'15.7" S	Latitud:17°37'25.1" S
Longitud:71°16'10.4" W	Longitud:71°20'15.8" W
Altitud: 84 m.s.n.m.	Altitud: 12 m.s.n.m.

Fuente: (Elaboración propia)

La cuenca del río Moquegua se encuentra localizada al sur del país, en el departamento de Moquegua, Provincias de Ilo y de Mariscal Nieto, geográficamente se encuentra comprendida entre los paralelos 16°52' y 17°43' de latitud sur y entre los meridianos70°26' y 71°20' de longitud oeste, forma parte del sistema hidrográfica de la vertiente del Pacífico; cubriendo una extensión de aproximadamente 3,431.07 km² de los cuales 680 km² corresponden a la cuenca húmeda o imbrífera, ubicada por encima de los 3,900m.s.n.m..

La cuenca limita al norte con la cuenca del río Tambo, sub cuenca del río Vizcachas; al este y al sur con la cuenca del río Locumba, al oeste con el Océano Pacífico y la inter cuenca entre Moquegua y Tambo, conformado por una serie de quebradas de corto y mediano recorrido que drenan sus aguas temporales al océano.

Fotografía N° 1: Ubicación de los puntos de monitoreo – WGS84



Fuente:(Elaboración propia)

2.4.2 Fuentes de captación de agua

En Ilo, como en toda zona desértica, la principal limitación para la vida humana es la escasez de agua, la cual tiene que ser conducida de fuentes relativamente lejanas. Las fuentes de agua que abastecen a la provincia son:

- El río Ilo (aguas arriba conocido como Osmore o Moquegua)
- El río Ite (aguas arriba conocido como Locumba)
- Aguas subterráneas, estas fuentes son utilizadas en parte para la agricultura, actividad que se desarrolla en menos del 0.5% del territorio y que consume más del 70% del volumen de agua que se capta.

Estas fuentes no cubren con suficiente margen las necesidades de agua de la provincia,

En lo que respecta a la ciudad actualmente esta se abastece de dos fuentes principales: **1)** captación y conducción de aguas superficiales desde el cauce del río Ilo, provenientes de la cuenca del río Moquegua y del proyecto Pasto Grande, aguas que en su origen son de alta calidad, pero, al ser vertida al cauce, sufren pérdidas y contaminación, **2)** captación y conducción de aguas superficiales de Ite (Locumba) que contienen contaminantes minerales, como el boro y el arsénico. Estas fuentes se consideran potencialmente suficientes para cubrir la demanda de la ciudad por algunos años, sin embargo en la actualidad, debido a las pérdidas, deterioro y poca capacidad del sistema de distribución del agua potable el abastecimiento urbano es

deficiente en amplias zonas de la ciudad. (Sólo el 6% de las viviendas tiene agua todos los días, todo el día; un gran porcentaje sólo tiene 2 días x semana, 3 horas al día).

2.4.3 Uso actual del agua

El agua captada para el distrito de Ilo, se destina a los siguientes sectores: Agricultura, población, minería, industrial y pecuario. Siendo el sector agrícola el que mayor consumo de agua registra seguido del sector minero, entre ambos utilizan el 96.2% del agua captada.

A continuación se muestra en el cuadro N.2 la captación de agua de las tres fuentes de abastecimiento de la provincia de Ilo, del 2008 al 2012.

Cuadro N° 2: Captación de agua de la provincia de Ilo

CAPTACION DE AGUA CRUDA (m3)					
Descripción	2008	2009	2010	2011	2012
Volumen captado de agua cruda	7'103,890	7'304,970	6'487,687	5'933,045	6'235,564
Volumen captado de agua de Pasto Grande	4'849,960	4'854,110	4'248,764	3'940,124	3'431,752
Volumen captado de agua de Ite	2'253,940	2'450,860	2'238,923	1'992,921	2'803,812
Volumen captado de pozos de emergencia	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Área de administración directa población estimada	68,314	69,346	70,393	71,456	72,534
Población servida	64,672	65,456	64,325	68,809	69,292
Cobertura de agua potable	94.64%	94.39%	91.38%	96.30%	95.53%
Cobertura de alcantarillado	75.73%	75.92%	76.24%	86.81%	87.67%
Distribución final del agua captada en el año para la población (m3)	6'832,980	7'025,575	6'234,888	5'702,680	6'009,876
Caudal que se pierde en el mar aun cuidando el 97% de permanencia (m^3)	15'925,248	15'925,248	15'925,248	15'925,248	15'925,248

Fuente: (EPS, Memoria Anual EPS Ilo, 2008 - 2012)

2.4.4 Información ecológica

En el ambiente biótico es importante porque permite explicar la relación que hay entre un proyecto y el medio ambiente, con las especies de flora y fauna, que sirven de bioindicadores.

2.4.4.1 Ecología de zonas de vida

El autor Holdridge, indica que la ecología de la zona de vida, a la cual pertenece este estudio se caracteriza de la siguiente manera:

(ds – T) desierto superarido-TROPICAL

Vegetación

La vegetación natural es escasa existiendo sectores cubiertos de arbustos xerofíticos muy dispersos, graminales utilizadas para pastoreo estacional, denominados algarrobo y sapote, respectivamente.

2.4.4.2 Flora y vegetación

Existe muy poca variedad de especies de flora en la zona de estudio. A continuación se muestra en el cuadro N°4 la variedad florística:

Cuadro N° 3: Composición florística de la zona de estudio

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	CATEGORIA DE CONSERVACION (DS. N043-2006- AG)
Poaceae	*Distichlia epicata*	grama salada	NO CATEGORIZADO
Arecaceae	*Washintoia robusta*	palmera	NO CATEGORIZADO
Poaceae	*Polypogon sp.*	pega pega	NO CATEGORIZADO
Verbenaceae	*Lippia nonflora*	tikil –tikil	NO CATEGORIZADO
Fabaceae	*Schinus molle*	molle	NO CATEGORIZADO
Chenopodiaceae	*Acacia macracantina*	yaro	NO CATEGORIZADO
Boragnaceae	*Chenopodium curassavicum*	jacon del diablo	NO CATEGORIZADO
Asteraceae	*Heliotropium curassavium*	cola de alcran y hierba blanca	NO CATEGORIZADO
Asteraceae	*Baccharis latfolia*	chilca	NO CATEGORIZADO
Asteraceae	*Spilanthes urens*	venadillo	NO CATEGORIZADO
Poaceae	*Pragmites australis*	carricillo	NO CATEGORIZADO
Poaceae	*Arundo donax*	cana común, carrizo, junco gigante	NO CATEGORIZADO
Plantainaceae	*Pantago major*	llantén	NO CATEGORIZADO
Cyperaceae	*Scirpus maritimus*	junco, totorilla	NO CATEGORIZADO
equiseaceae	*Equisetum arvente*	cla de caballo	NO CATEGORIZADO
fabaceae	*Mellotus indica*	alfalfilla, trébol	NO CATEGORIZADO
polygonoceae	*Rumex crispus*	lengua de vaca	NO CATEGORIZADO
Typhaceae	*Thypha angustifolia*	totora, matara, tifa	NO CATEGORIZADO

Fuente: (Regional Gobierno, 2013)

2.4.4.3 Fauna

Se han podido identificar en el cuadro N° 4 una mínima diversidad de especies tanto mamíferos, aves, roedores y reptiles, los cuales depende del recurso hídrico del rio Osmore, para su desarrollo de vida.

Así mismo, se puede observar en el cuadro en mención, que el sapo y la lagartija es una especie categorizada como (casi amenazado), lo que conlleva a protegerlos, estas especies además son consideradas como especies bioindicadoras.

Cuadro N° 4: Composición de fauna de la zona de estudio

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	CATEGORIA DE CONSERVACION (DS. N043-2006- AG)
Tyrannidae	*Pyrocephalus rubinus*	Mosquero, cardenal, bermellón	NO CATEGORIZADO
Cuculidae	*Crotophagasulcirostris*	Matacaballo, garrapatero	NO CATEGORIZADO
Strigidae	*Athene cunicularia*	Lechuza terrestre	NO CATEGORIZADO
Culumbidae	*Columba eonops*	Paloma	NO CATEGORIZADO
Culumbidae	*Metripelia melanoptera*	Tortolita, cuculi	NO CATEGORIZADO
Falconidae	*Phalcoboenus megalopterus*	Caracará, cordillerano	NO CATEGORIZADO
Falconidae	*Falco sparverius*	Cernícalo	NO CATEGORIZADO
Burhinidae	*Burhinus superciliaris*	Huerequeque, alcavan, chorlo cabezón	NO CATEGORIZADO
Ardeidae	*Bubulcus ibis*	Garza bueyera, garza blanca	NO CATEGORIZADO
Muridos	*Apodemus sylvaticus*	Ratón de campo	NO CATEGORIZADO
Emberizidae	*Zonotrivinia capensis*	Gorrión de collar, ruffo, gorrión americano	NO CATEGORIZADO
Bufonidae	*Bufo spinulosus*	Sapo	CASI AMENAZADO
Liolaemidae	*Microlophus tigris*	Lagartija	CASI AMENAZADO

Fuente:(Regional Gobierno, 2013)

Cuadro N° 5: Fauna acuática encontrada en campo

FAMILIA	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	CATEGORIA DE CONSERVACION (DS. N043-2006- AG)
Poeciliidae	*Poecilia reticulata*	Guppy de rio	NO CATEGORIZADO
Poeciliidae	*Poecilia velifera*	Guppy de rio	NO CATEGORIZADO
Mugilidae	*Neomyxus chaptalii*	Lisa de rio	NO CATEGORIZADO
Atherinidae	*Basilichthys semotilus*	Pejerrey de rio	NO CATEGORIZADO
Palaemonidae	*Cryphiops caementarius*	Camarón de rio	Componentes Valiosos del Ecosistema (VETs)

Fuente: (Elaboración propia)

Se han podido identificar en el cuadro N° 5 una mínima

diversidad de especies acuáticas mediante la observación directa en el estudio de campo del rio Osmore, para lo cual se tomó en consideración realizar entrevistas a los pobladores y revisiones bibliográficas de la zona, para tener referencia de cuáles son las posibles especies que se encuentran en el lugar. Teniendo en consideración todos estos datos, se ha elaborado el mencionado cuadro.

2.4.5 Información climática

El clima de la costa (ILO), en la región Moquegua, es templado y uniforme durante todo el año; presenta buenas condiciones para el desarrollo de la agricultura y ganadería, conforme uno se va acercando a la cordillera el clima se torna seco y es en esta zona en donde las precipitaciones pluviales se dan con mayor intensidad y cantidad, principalmente durante el verano; en los valles interandinos el clima es frígido con altas temperaturas y escasa precipitación.

El promedio de precipitación anual registrado en la zona árida oscila entre 5.3 mm a 48.5 mm; en tanto en la zona alta (2,000 m y los 2500 m) el promedio anual es de 125 mm; siendo la zona de mayor precipitación a entre los 3700 m y 3900 m.s.n.m., con un promedio que varía de 150 mm a 250 mm.

Entre los 3,900 y 4,800 m.s.n.m. la precipitación promedio registrada

en esta zona es de 315.9 mm y finalmente por encima de los 4800 m.s.n.m. el promedio de precipitación es de 500 mm.

En cuanto a la temperatura la media anual registrada para la zona de estudio, ésta oscila de 9.4 °C a 18.3°C, con una máxima de 26.8°C y una mínima de 3.6°C. En las zonas altas el promedio es de 4°C (2,500 m.s.n.m.) y sobre los 3,900 m.s.n.m. se tiene un promedio de 10.2 °C.

Cuadro N° 6: Información meteorológica, correspondiente al periodo agosto 2012- agosto 2013 (estación: ALGARROBAL)

Estación : ILO, Tipo Convencional - Meteorológica			
mes/año	Temperatura Max (°C)	Temperatura Min (°C)	Precipitación mm
ago-12	21.49	12.20	0.0
sep-12	22.55	12.65	0.0
oct-12	23.26	13.34	0.0
nov-12	25.28	14.64	0.0
dic-12	27.42	16.67	0.0
ene-13	29.01	18.17	0.4
feb-13	31.73	18.63	0.0
mar-13	30.44	18.03	0.0
abr-13	28.55	16.32	0.0
may-13	25.84	15.15	0.2
jun-13	23.10	13.58	0.0
jul-13	21.52	11.81	0.0
ago-13	21.04	11.24	0.0
Total de precipitación			0.6

Fuente: (SENAMHI, 2014)

2.4.6 Información meteorológica

Los datos meteorológicos que se presentan, se obtuvieron del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, de los registros de las estaciones de Ichuña, Carumas y Algarrobal. Las ubicaciones de las

estaciones meteorológicas se muestran en el cuadro N° 7.

Cuadro N° 7: Ubicación de las estaciones meteorológicas consultadas en la región Moquegua

Distrito	Provincia	Latitud	Longitud	Altitud
Ichuña	Gral. Sánchez Cerro	16° 8'26"	70° 32'14"	3,792
Carumas	Mariscal Nieto	16°48'6"	70°41'40"	2,796
Algarrobal	Ilo	17°37' 7"	71° 17'17"	75

Fuente: (SENAMHI, 2014)

Por otra parte en los siguientes cuadros N°8 y N°9, se presentan los datos de precipitación y temperatura, de las zonas aledañas de cabecera de cuenca:

Cuadro N° 8: Información meteorológica, correspondiente al periodo agosto 2012- agosto 2013 (estación: ICHUÑA)

Estación : ICHUÑA, Tipo Convencional - Meteorológica			
mes/año	Temperatura Max (°C)	Temperatura Min (°C)	Precipitación mm
ago-12	24.50	-1.20	0.0
sep-12	21.49	1.44	4.0
oct-12	22.45	3.22	5.7
nov-12	22.90	4.30	27.3
dic-12	20.54	5.34	89.8
ene-13	20.37	6.39	89.0
feb-13	20.0	6.36	89.8
mar-13	21.10	5.35	69.3
abr-13	22.12	1.47	1.8
may-13	19.62	1.37	8.6
jun-13	17.32	-0.73	6.5
jul-13	17.96	-0.09	6.2
ago-13	19.45	-0.94	5.5
Total de Precipitación			403.5

Fuente: (SENAMHI, 2014)

Cuadro N° 9: Información meteorológica, correspondiente al periodo agosto 2012- agosto 2013 (estación: CARUMAS)

Estación : CARUMAS, Tipo Convencional - Meteorológica			
mes/año	Temperatura Max (°C)	Temperatura Min (°C)	Precipitación (mm)
ago-12	20.68	2.51	0.0
sep-12	21.00	3.79	0.0
oct-12	20.90	4.20	1.8
nov-12	20.87	4.00	0.0
dic-12	19.94	3.49	117.2
ene-13	19.87	4.34	75.6
feb-13	18.35	5.08	187.6
mar-13	19.11	4.48	52
abr-13	20.70	3.42	0.0
may-13	19.50	3.76	5.0
jun-13	19.54	2.91	1.5
jul-13	19.91	2.40	0.0
ago-13	20.30	3.48	0.0
		Total de Precipitación	440.7

Fuente: (SENAMHI, 2014)

2.4.7 Características del área de investigación

La cuenca del río Osmore tiene una extensión total de 3,415 km^2 y un longitud de recorrido de 146 km.; durante su recorrido enfrenta una pendiente promedio de 3.6%. En cuanto a su superficie este es de 680 km^2, representando el 19.9% de la cuenca "imbrífera" o húmeda, denominada así por encontrarse por encima de los 3,900 m.s.n.m., cota fijada como límite superior del área seca; a partir de lo cual, se considera que la precipitación pluvial es un aporte efectivo al escurrimiento superficial.

El escurrimiento del río Osmore, se inicia en los nevados de Chuquinanta y Arundane, y de las precipitaciones que caen las laderas occidentales de la cordillera de los Andes y con menos incidencia del aporte del

deshielo de los nevados, los cuales, contribuye a mejorar el régimen de descargas en la época de estiaje (junio a noviembre).

El módulo anual descargado por el río Osmore es de 2.87 m^3/s. Existen dos estaciones de aforo, Torata y Tumilaca; en la estación de Tumilaca el módulo promedio anual registrado es de 1.56 m^3/s. La máxima descarga es de 80.00 m^3/s, registrada en el mes de marzo de 1953 y la mínima descarga de 0.08 m^3/s ocurrido en setiembre de 1954.

2.5 MARCO REFERENCIAL

2.5.1 Caudales

Según la ANA (2011), refiere que es la cantidad de agua que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo. En lo que respecta al cuerpo de agua, indica que, es una extensión de agua, tal como un rio, lago, mar u océano que cubre parte de la tierra .algunos cuerpos de agua pueden ser artificiales, como los estanques, aunque la mayoría son naturales. Pueden contener agua salada o dulce.

Morán (1987), señala que los cuerpos en la naturaleza, atendiendo a su aspecto físico, pueden ser sólidos y fluidos, comprendiendo estos últimos a los líquidos y a los gases; el autor refiere que cuando volcamos sobre una mesa un poco de agua o echamos una bocanada de humo apreciamos que tanto el agua como el humo fluyen con facilidad. Los fluidos, a diferencia de

los sólidos, y debido a su constitución molecular, pueden cambiar continuamente las posiciones relativas de sus moléculas sin ofrecer resistencia apreciable a la deformación.

Morán (1988), avala que el cauce completo de un rio consta de uno principal y dos laterales. Los canales laterales son normalmente rugosos que el caudal principal de modo que la velocidad media en el canal principal es mayor que la velocidad media de los laterales.

2.5.2 Hidráulica de ríos

Morán (1988), afirma que existen tipos de canales artificiales y naturales. Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua de la superficie terrestre, en toda su amplia gama de tamaños; es decir desde los arroyos más pequeños hasta los ríos más grandes. Su estudio corresponde a la rama de la hidráulica aplicada conocida como Hidráulica de Ríos o Ingeniería de Ríos. Los canales artificiales son todos aquellos construidos por el hombre.

Martín (2002), manifiesta que para el caudal dominante, debe emplearse el caudal que da lugar a la geometría hidráulica que se estudia. Esto significa reconocer que la geometría es consecuencia del caudal y, más concretamente, que si una geometría es permanente se debe a que ciertos caudales, por su magnitud, por su frecuencia o por combinación de ambas, se convierten en caudales determinantes.

Por otro lado el mismo autor aclara que las secciones fluviales resultan de la interacción del agua, los sólidos y la resistencia ofrecida por la vegetación, tanto en el sentido de resistencia al flujo (rugosidad) como en el de resistencia frente al arrastre del material aluvial. El papel morfológico de la vegetación es lógicamente más importante en los ríos pequeños que en los grandes, porque la vegetación no guarda proporción con el tamaño del rio.

Hernández (2009), proclama que el caudal de un río es siempre variable según el régimen hidrológico de la cuenca, en una escala de tiempo estacional o bien restringido a un episodio meteorológico.

Así mismo sostiene que el régimen de un río generalmente procede de las precipitaciones que caen desde las nubes o de los depósitos que estas forman siguiendo la fuerza de la gravedad, los ríos discurren hasta desembocar en el mar o en zonas sin salida que llamamos lagos.

2.5.3 Metodologías para medición de caudales

Mateus (2013), concluye que, para la medición de caudales del agua existen varios métodos, pero para la determinación del caudal utilizo el método del correntómetro y el flotador, esto en función de las características de cada río y la accesibilidad para la medición.

ANA (2011), indica que, el correntómetro mide la velocidad en un punto, para obtener la velocidad media de un curso de agua, se debe medir en varios puntos del rio. En la sección trasversal se tiende una cinta métrica

para la medición del ancho. Luego después se mide la velocidad y la profundidad a lo largo de la sección en distancias regulares.

La distancia de medición se define en función de la medida del cuerpo de agua y varía entre 0,1m para quebradas de 1m de ancho y 1m para ríos con un ancho de 20m o más. La velocidad media en cada segmento vertical se determina en una medición o, en ciertos casos en dos, tres o más mediciones en diversas profundidades. Las profundidades en las que se mide las velocidades con el correntómetro están en función de la altura del tirante de agua (d).

Cuadro N° 10: Calculo para el método del correntómetro

Tirante de agua (d)	**Profundidad de lectura del correntómetro**
cm	cm
<15	d/2
15<d<45	0,6d
>45	0,2d y 0,8d o 0,2d; 0,6 y 0,8d

Fuente: (ANA, 2011)

La velocidad media en cada segmento se calcula a partir de la suma de varias mediciones cuyo valor total se divide entre el número de mediciones realizadas:

$V_{media} = (V_1+V_2+....+V_i) / i$

Dónde:

î : Es el número de mediciones en un segmento.

Cálculo del caudal de cada segmento

$Qx = Ax * V_{mediaX}$

Dónde:

Q=Caudal.

X= Número de segmento

V_{media}= Velocidad media del flujo

Ax = Área en sección del segmento calculada con:

Cálculo del área en sección del segmento

Ax=bx * hx

Dónde:

bx = Ancho del segmento.

hx = Altura del segmento (distancia del espejo de agua al fondo del cauce en el eje central del segmento.).

Cálculo del caudal total del río

$Q_H = Q1 + Q2 + Q3 + ... + Qx$

Así mismo, existen varios tipos de correntómetros, siendo los más empleados los de hélice, de los cuales hay varios tamaños: cuando más grandes sean los caudales o más altas sean las velocidades, mayor debe ser el tamaño del equipo.

ANA (2011), menciona que, el método del flotador se utiliza generalmente en ríos y quebradas con bajo caudal, y se determina generando una relación caudal altura para un punto estable a lo largo del curso de agua, usando un aforador en una serie de condiciones que pueden ser de caudal bajo, medio y alto. Así mismo, refiere los pasos a seguir para la medición de caudales, tal como se muestra a continuación

Medición de velocidad: V

- Seleccionar un tramo homogéneo del rio.
- Medir un tramo de aproximadamente 20 m – 100 m.
- Tener disponible un cronometro y un flotador de plástico visible.
- Se requieren dos personas intercomunicadas.
- Se inicia la operación lanzando el flotador al inicio del tramo.
- Se mide el tiempo transcurrido del recorrido en segundos para la distancia de 20 m ó 100 m. Repetir las veces que sean necesarias para obtener un valor constante.
- La unidad de medida representativa m/s.

En cuanto a la estimación de la sección transversal del rio, indica los siguientes pasos a seguir:

Extender una cinta métrica entre ambas orillas para medir el ancho del rio.

Medir profundidades tomando como referencia la cinta. La distancia de medición se define en función de la medida del cuerpo de agua y varía entre

0.1m para quebradas de 1m de ancho y de 1m para ríos con un ancho de 20 m a más. En este estudio se midió las profundidades cada 0.5 m para un ancho del rio de 3 a 10 m.

Luego anotar la longitud y profundidad empezando desde una de las orillas.

Calcular el Área de cada segmento: $A_x = b_x * h_x$

Dónde:

b_x = Es el ancho del segmento.

h_x = Es la altura del segmento (distancia del espejo de agua al fondo del cauce en el eje central del segmento).

Finalmente refiere que para la estimación del caudal, se debe emplear la siguiente formula: Q= Velocidad por área; siendo su unidad de medida m^3/s.

Entonces, el cálculo del caudal se realiza al multiplicar el área de la sección transversal (A) por la velocidad obtenida (V).

$$Q = V * A$$

ANA (2011), refiere que en cuanto al método volumétrico, este es utilizado para la medición del caudal en una tubería (emisor) y no tiene aplicabilidad para los cuerpos naturales de agua.

2.5.4 Caudal ecológico

García de Jalón et al (2010), mencionan que, no existe un método óptimo o ideal, para determinar el caudal ecológico; sin embargo refiere que existen diferentes metodologías para determinar el caudal ecológico en función a criterios técnicos y servicios ambientales, el cual ofrece el recurso hídrico a lo largo de su cauce.

Calvo et al (2008), sostiene que, para la determinación preliminar del caudal ambiental en el río Tempisque, en Costa Rica, propusieron tres caudales ambientales: máximo, medio y mínimo; cada uno fue evaluado contra el escenario actual y los requerimientos del hábitat de las especies acuáticas seleccionadas. En términos generales, los caudales propuestos son más aceptables que el escenario actual, que es muy degradante.

2.5.5 Calidad de agua

Villanueva Ure , et al (2011), refieren que, los parámetros de calidad del agua que son monitoreados entre la captación y la descarga de las instalaciones hidráulicas y mineras, tienen que guardar relación con los contaminantes potenciales que pueden estar presentes en las aguas residuales. Los parámetros que se muestran a continuación, deben estar incluidos, como mínimo, en cualquier programa de monitoreo de calidad del agua, como en centrales hidráulicas, extracción de petróleo, aguas residuales de las refinerías de petróleo, y explotación minera.

Así mismo los autores indican la relación de parámetros de monitoreo que mínimamente deberían de ser considerados, estos son:

- Temperatura.
- pH.
- Aceites y grasas.
- Demanda bioquímica de oxígeno.
- Sólidos totales disueltos.
- Oxígeno disuelto.
- Conductividad eléctrica.
- Cianuro libre.
- Sólidos totales suspendidos.
- Nitritos.
- Nitratos.
- Fosfatos.
- Cloruros.
- Sulfatos.
- Demanda química de oxígeno.
- Nitrógeno amoniacal.
- Sulfuros.
- Fenoles.
- Hidrocarburos totales de petróleo.
- Metales totales.
- Mercurio.
- Coliformes totales.

2.5.6 Situación hídrica en el Perú

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ubica al Perú en el puesto 17 a nivel mundial, en relación

con la cantidad de agua disponible por persona.

Según datos del Ministerio del Ambiente el Perú cuenta con 106 cuencas hidrográficas por las que escurren 2'046,287 m^3 al año. Así mismo, cuenta con 12,200 lagunas en la sierra y más de 1,007 ríos, con los que se alcanza una disponibilidad media de recursos hídricos de 2,458 millones de metros cúbicos concentrados principalmente en la vertiente amazónica. Sin embargo, su disponibilidad en el territorio nacional es irregular, puesto que casi el 70% de todo el agua precipitada se produce entre los meses de diciembre y marzo, teniéndose épocas de extrema aridez en todo el año y de abundante lluvia en algunos meses. Además, muchas lagunas han sufrido el impacto de la contaminación por desechos mineros, agrícolas y urbanos, y el asentamiento de pueblos o centros recreativos en sus orillas.

En la vertiente amazónica reside el 26% de la población y cuenta con 97.7% de agua mientras que en la vertiente del Pacífico reside el 70% de la población y cuenta tan solo con el 1.8% de agua. Es en la costa donde se halla concentrada la actividad agroexportadora con altos requerimientos de agua. En la vertiente del Titicaca reside el 4% de la población y cuenta con el 0.5% de agua.

De esta manera, aunque el Perú cuenta con la mayor disponibilidad per cápita de agua dulce renovable en América Latina (74,546 m^3/persona al año), la distribución de los recursos hídricos es muy asimétrica en sus tres vertientes hidrográficas. La concentración de núcleos urbanos y de las actividades

productivas en las tres vertientes hidrográficas, genera una situación donde las demandas por recursos hídricos son máximas en las zonas donde la disponibilidad y el abastecimiento de agua son más escasos.

Finalmente cabe destacar, que en la vertiente del Pacífico, las descargas de los ríos se concentran en 3 a 4 meses del año, generando déficit en el resto del año para cubrir la demanda poblacional y de las actividades productivas.

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS DE LA INVESTIGACION

3.1 MATERIAL EXPERIMENTAL

El material experimental empleado en el trabajo de investigación, estuvo constituido por la corriente de agua de un tramo del río Osmore, cuyas coordenadas geográficas se presentan en el cuadro N° 2, tramo que se encuentra entre los distritos de El Algarrobal e Ilo.

Entre el equipo empleado para las mediciones de caudal se tuvo.

- GPS.
- Equipo multiparametro.
- Equipo turbidímetro.
- Cordel (50 m).
- 3 Botellas de plástico vacías de 750 cc (Flotador).
- Regla de aluminio de 1.5 m.
- Cinta métrica de 30 m.
- Cronómetro.
- Wincha de 5 m.

3.2 ANALISIS ESTADÍSTICO

Para la determinación del número de mediciones del caudal que

representen a un periodo anual se recurrió a la aplicación del estadístico Z mediante el cual se determinó una muestra representativa de 74 mediciones.

La fórmula estadística empleada fue la siguiente:

$$N_o = \frac{Z^2 . pq}{e^2}$$

Para el análisis de la información obtenida de las mediciones de caudales se recurrió a la aplicación de la estadística no paramétrica aplicando los ratios estadísticos de promedios, mediana, coeficientes de variación y desviación estándar.

Así mismo para una mejor interpretación de los resultados se realizó la prueba de hipótesis del estadístico Z con un nivel de confianza del 95%. Así como el uso de la estadística no paramétrica, aplicando los ratios estadísticos de promedios, la media, la desviación estándar, la desviación estándar tipificada y el valor de Z tipificado.

3.3 VARIABLES EN ESTUDIO

a) Caudal del río Osmore en época de estiaje.

b) Caudal del río Osmore en época de avenida.

c) Variación mensual del caudal

d) Caudal ecológico o escorrentía mínima necesaria del rio Osmore

3.4 CONDUCCION DEL EXPERIMENTO

3.4.1 Selección de la sección del río para los aforos

La sección de evaluación del rio Osmore fue establecida en el último vtramo del rio Osmore (San Gerónimo y Algarrobal), antes de desembocar su aguas al mar; con la finalidad de conocer cuánto de agua se pierde en el mar; que a partir de ello se calcularía el caudal ecológico, la curva de permanencia y finalmente la cantidad de agua que podría captarse para cubrir las necesidades hídricas de la población de Ilo.

3.4.2 Determinación de la muestra

Con la finalidad de establecer el número de mediciones de caudal (tamaño de muestra), que nos den un valor que represente a la población (365 días de mediciones del caudal), de esta población se trabajó con un nivel de confianza del 40%, utilizando para su desarrollo la tabla de distribución normal (Z) y las siguientes formulas:

$$N_o = \frac{Z^2 . pq}{e^2}$$

$$n' = \frac{n_o}{1 + \frac{(n_o - 1)}{N}}$$

Luego una vez calculado el tamaño de muestra se procedió a garantizar que los datos calculados de caudal sean confiables, para ello se realizó lo siguiente:

En el segundo punto de monitoreo (final) se tomaron 10 áreas transversales diferentes para poder obtener datos de caudal y determinar si hay variación o uniformidad en el caudal, este estudio estadístico se hizo durante los primeros 6 monitoreo (muestra) aproximadamente mes y medio. Los resultados del monitoreo de caudal eran casi similares, por lo tanto se procedió a disminuir el número de áreas transversales diferentes a 2 y 3 (repeticiones.), el cual también resultaron con caudales similares, por lo tanto se trabajó con 2 y 3 áreas transversales diferentes para el análisis del caudal, tal como se muestran en anexos en el cuadro N° 29 y gráfico N° 18.

Para el estudio del comportamiento del caudal se utilizó las siguientes formulas estadísticas y estas fueron desarrolladas en la hoja de cálculo Excel:

Media Aritmética:

$$\ddot{X} = \frac{X1+\cdots Xn}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Xi}{n}$$

Mediana:

$$Me = \frac{n+1}{2}$$

Varianza muestral:

$$s1^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Xi-\ddot{X})^2}{n-1}$$

Coeficiente de Variación de Pearson:

$$CV = \frac{S}{|X|}(100\%)$$

Desviación Estándar Muestral o Desviación Típica Muestral o Error Muestral:

$$S1 = +\sqrt{S1^2}$$

Se utilizó el estadístico Z de la Prueba de Hipótesis con un nivel de confianza del 95%.

3.4.3 Estimación de la sección transversal del río

- Se extendió una cinta métrica entre ambas orillas para medir el ancho del rio.
- Luego se midió las profundidades tomando como referencia la cinta o cordel. La distancia de medición se definió en función de la medida del cuerpo de agua y su variación entre 0.1 m para quebradas de 1 m de ancho y 1 m para ríos con un ancho de 20 m a más. En este estudio se utilizó 0.5 m para un ancho de 3 a 10 m.
- Luego se anotó la longitud y la profundidad desde una de las orillas.
- Se calculó el Área Ax de cada segmento: $A_x = b_x * h_x$

Dónde:

b_x = Ancho del segmento.

h_x = Altura del segmento (distancia del espejo de agua al fondo del cauce en el eje central del segmento).

3.4.4 Estimación del caudal

Para el cálculo del caudal se realizó la multiplicación del área de la sección transversal (A) por la velocidad obtenida (V).

$$Q = V * A$$

Así mismo, los cálculos de las áreas de las secciones transversales se muestran en la sección de anexos, en el cuadro N° 29 y en el grafico N°18, concerniente a un día de monitoreo.

Fotografía N° 2: Medición del área transversal del rio Osmore



Fuente: (Elaboración propia)

Fotografía N° 3: Medición del tirante del agua



Fuente: (Elaboración propia)

3.4.5 Método de aforo empleado

Para el cálculo de la velocidad de las aguas del rio Osmore se procedió de la siguiente manera:

Medición de velocidad

- Se seleccionó un tramo homogéneo del rio en los 2 puntos de monitoreo.
- Se midió tramos de 10 m y 30 m.
- Se extendió con un cordel en el ancho de cada tramo del rio, al inicio y final del tramo, para tomar el tiempo en que demora en desplazarse el flotador (botella).
- Se tuvo disponible un cronometro y un flotador de plástico visible (botella de 750 cc de capacidad); para efecto de la medición se procedió a llenar la botella hasta un volumen de 300 cc.
- Luego me dirigí a unos 5 m. del punto de partida del tramo y se lanzó en el centro del rio el flotador (botella con agua). Luego se tomó el tiempo hasta llegar al punto final de la medición del tramo. Esta operación se repitió las veces que fueron necesario, luego se sacó el promedio.
- La unidad de medida establecida es m/s.

Fotografía N°4: Uso del método del flotador con botella lastrada



Fuente: (Elaboración propia)

3.5 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO

Los métodos hidrológicos se basan en el análisis estadístico de los regímenes de caudales históricos (de décadas o más tiempo). La complejidad con que se analizan estos datos, dan como resultado estimaciones de caudales fijos (expresados como caudales mínimos) o de caudales variables. (Villanueva Ure, 2011). Entre los métodos hidrológicos más utilizados se encuentran: Método de Curva de Permanencia, método de Tennat, método del caudal mínimo de siete días con periodo de ocurrencia de diez años (7Q10) y entre otros. Debido a que no hay información de caudal histórico en el rio Osmore se utilizó los siguientes métodos:

a) Método de Curva de Permanencia

Este método consiste en la construcción de una curva a partir de datos de caudales diarios, mensuales o anuales donde se presenta la relación entre ciertos rangos de caudales y el porcentaje de tiempo en que cada uno de esos rangos es igualado o excedido (grafico N°5). El caudal ecológico es expresado como un valor fijo que corresponde a un rango de caudal que se mantiene igualado o excedido un cierto porcentaje de tiempo.

La expresión utilizada para calcular la probabilidad de permanencia de los caudales es:

$$P = \frac{i}{n+1}$$

Donde **P** es la probabilidad de permanencia, n es tamaño de la muestra; y la letra i es el flujo de orden.

b) Métodos para la Determinación de Caudal Ecológico

b.1 Método Ecuatoriano (5% del promedio anual)

Este método consiste en tomar el 5% del caudal medio anual de los últimos 10 años, este método es muy usado por varios países de América Latina. En este método se reconoce que la variación hidrológica juega un papel importante en la estructura de la diversidad biótica, además de controlar las Condiciones de hábitat dentro del canal, llanuras de inundación y humedales.

b.2 Método Escocés (3 meses críticos)

Consiste en tomar el 20% del caudal medio mensual de 3 meses críticos consecutivos, es usado también por varios países de América Latina. Este método considera la importancia del factor ecológico, como la conservación de las especies de la zona, a fin de preservar el ecosistema.

3.6 OBSERVACIONES REALIZADAS

El uso y requerimiento de agua de la provincia de Ilo es a través de dos fuentes de captación, cuyos resultados muestran a continuación la calidad de agua en los cuadros N° 11 y 12 respectivamente.

Cuadro N° 11: Análisis físico, químico y microbiológico de la fuente de abastecimiento de Ite norte

N°	Parámetro	Unidad	LMP	%M>LMP Valor obtenido	N° de Muestras Totales	Valor de las muestras		
						Mínimo	Mediana	Máximo
1	Temperatura	°C			47	17.0	18.3	19.2
2	pH	.+ H.	6.5 - 8.5		47	7.99	8.31	8.66
3	Turbiedad	NTU	5	100	47	33.8	145	524
4	Color	NCU	15	100.00	7	75	180	320
5	Solidos Totales Disueltos	mg/L	1000	15	47	1017	1102	1189
6	Conductividad	25 °C uS/cm	1500	33	47	2004	2140	2227
7	Alcalinidad Carbonatada	mg/L CO_3Ca			6	10	10	20
8	Alcalinidad Bicarbonatada	mg/L CO_3Ca			6	190	225	225
9	Alcalinidad Total				6	200	235	245
10	Dureza Cálcica	mg/L CO_3Ca			5	332	342	354
11	Dureza Magnésica	mg/L CO_3Ca			5	162	178	186
12	Dureza Total	mg/L CO_3Ca	500	16.67	5	497	520	538
13	Cloruros	mg/L	250	50	5	398	411	423
14	Sulfatos	mg/L	250	500	4	398	426	446
15	Nitratos	mg/L	50	0.00	4	2.20	3.52	5.40
16	Hierro	mg/L	0.3	0.00	4	0.15	0.225	0.30
17	Manganeso	mg/L	0.4	0.00	31	0.0	0.05	0.05
18	**Arsénico**	**mg/L**	**o,o1**	**100**	**2**	**0.42**	**0.44**	**0.51**
19	**Boro**	**mg/L**	**1.5**	**50**		**8.1**	**8.85**	**9.6**
20	Plomo	mg/L	o,o1					
21	Aluminio	mg/L	0.2					
22	Cobre	mg/L	2					
23	Zinc	mg/L	3					
24	Sodio	mg/L	200					
25	Coliformes Fecales	Col. /100 ml	0	100	4	110	144	160
26	Coliformes Totales	Col. /100 ml	0	100	4	146	190	236
27	DBO 5	mg/L						

Fuente: (Laboratorio-EPS, 2012)

Como se aprecia en el cuadro N° 11, la fuente de Ite Norte tiene alto contenido de Arsénico y Boro sobrepasando los Límites Máximos Permisibles (LMP) de la normativa peruana vigente, Por otra parte si es >0.01 mg/L de arsénico y >1.5 mg/L de boro en el agua, no se garantiza la salud de la población. Fuente: (OMS, 2012).

Cuadro N° 12: Análisis físico, químico y microbiológico de la fuente de abastecimiento de Pasto Grande (rio Osmore)

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	LMP	%M>LMP Valor obtenidos	N° Muestras Totales	Valor de las muestras		
						Mínimo	Mediana	Máximo
1	Temperatura	°C			46	17.4	18.2	18.9
2	P^H	.+ H.	6.5 - 8.5	8	46	7.9	8.30	8.49
3	Turbiedad	NTU	5	4.35	46	0.44	0.71	11.9
4	Color	NCU	15	5.26	19	5	9	17
5	Solidos Totales Disueltos	mg/L	1000	0	45	743	793	826
6	Conductividad	25 °C uS/cm	1500	89.13	46	1463	1559	1699
7	Alcalinidad Carbonatada	mg/L CO_3Ca			5	0	0	0
8	Alcalinidad Bicarbonatada	mg/L CO_3Ca			5	130	140	170
9	Alcalinidad Total				5	130	140	170
10	Dureza Cálcica	mg/L CO_3Ca			7	284	315	330
11	Dureza Magnésica	mg/L CO_3Ca			7	118	129	150
12	Dureza Total	mg/L CO_3Ca	500	0.00	7	416	439	460
13	Cloruros	mg/L	250	33.33	6	238	246	272
14	Sulfatos	mg/L	250	0.00	3	249	250	297
15	Nitratos	mg/L	50	0.00	4	3.52	5.06	5.72
16	Hierro	mg/L	0.3	0.00	4	0.03	0.045	0.07
17	Manganeso	mg/L	0.4	0.00	4	0.0	0.01	0.01
18	**Arsénico**	**mg/L**	**o,o1**	**0.00**	**4**	**0.010**	**0.010**	**0.010**
19	**Boro**	**mg/L**	**1.5**	**0.00**	**3**	**1**	**1.5**	**1.7**
20	Plomo	mg/L	o,o1					
21	Aluminio	mg/L	0.2					
22	Cobre	mg/L	2	0.00	1	0.002	0.002	0.002
23	Zinc	mg/L	3	0.00	1	0.034	0.034	0.034
24	Sodio	mg/L	200	0.00	1	156	156	156
25	Coliformes Fecales	Col. /100 ml	0	100	4	190	208	265
26	Coliformes Totales	Col. /100 ml	0	100	4	270	298	410
27	DBO 5	mg/L						

Fuente: (Laboratorio-EPS, 2012)

Como se aprecia en el cuadro N°12, la fuente de Pasto Grande tiene muy bajo contenido de Arsénico y bajo Boro cumpliendo los Límites Máximos Permisibles (LMP) del reglamento de la calidad de agua para consumo humano. Por otra parte si es <0.01 mg/L de arsénico y <1.5 mg/L de boro en el agua, se garantiza la salud de la población. Fuente: (OMS, 2012).

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

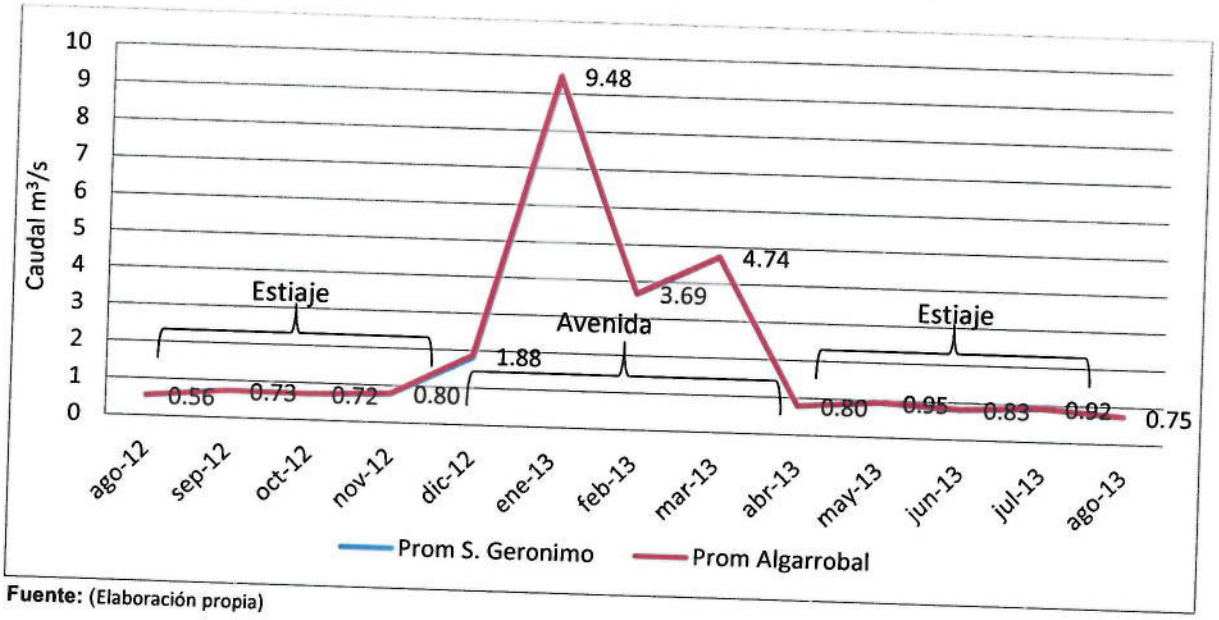
4.1 DETERMINACION DEL CAUDAL DEL RIO OSMORE

Para la determinación del caudal del río Osmore, se ha realizado 74 evaluaciones en cada punto establecido, correspondiendo el 1er punto inicial a la zona de El Algarrobal y el 2do punto final la zona de San .Cuyos resultados se presentan en anexos en el cuadro N° 18.

Cabe mencionar que no se cuenta con información histórica del caudal que presenta el río Osmore, por lo que en el presente estudio de investigación no se pudo establecer un análisis comparativo con los resultados encontrados.

De las 74 evaluaciones realizadas para la determinación del caudal, 20 de ellas corresponde al período de estiaje de los meses de agosto – noviembre del 2012; en tanto que, 25 se realizaron entre los meses de diciembre 2012 a marzo del 2013 período que representan la época de avenidas y, finalmente 29 evaluaciones, se realizaron en el periodo de estiaje correspondiente a los meses de abril – agosto del 2013; con lo que se ha logrado cumplir una evaluación anual.

Gráfico N° 1: Promedio mensual del caudal del río Osmore en épocas de estiaje y avenida (agosto 2012 – Agosto 2013)



Fuente: (Elaboración propia)

Observando el gráfico N° 1, sobre el comportamiento anual del caudal del río Osmore, se aprecia la evolución anual presenta dos fases bien marcadas, que estarían relacionadas con las épocas de precipitaciones pluviales (estiaje y avenida). Estas fases presentan un valor promedio alto de 9.48 m^3/s y un mínimo de 0.560 m^3/s.

Realizando el análisis mensual del caudal del río Osmore, se encuentra que, las variancias obtenidas así como las respectivas desviaciones estándar son bajas, lo que nos muestra una cierta homogeneidad de caudales en el tiempo; salvo en los meses de enero y marzo del año 2013, en los que se obtiene una variancia de 51.11 y 6.47 respectivamente, valores que nos indican una acentuada dispersión de los caudales obtenidos con respecto al promedio mensual, tal como se muestra en el cuadro N° 9.

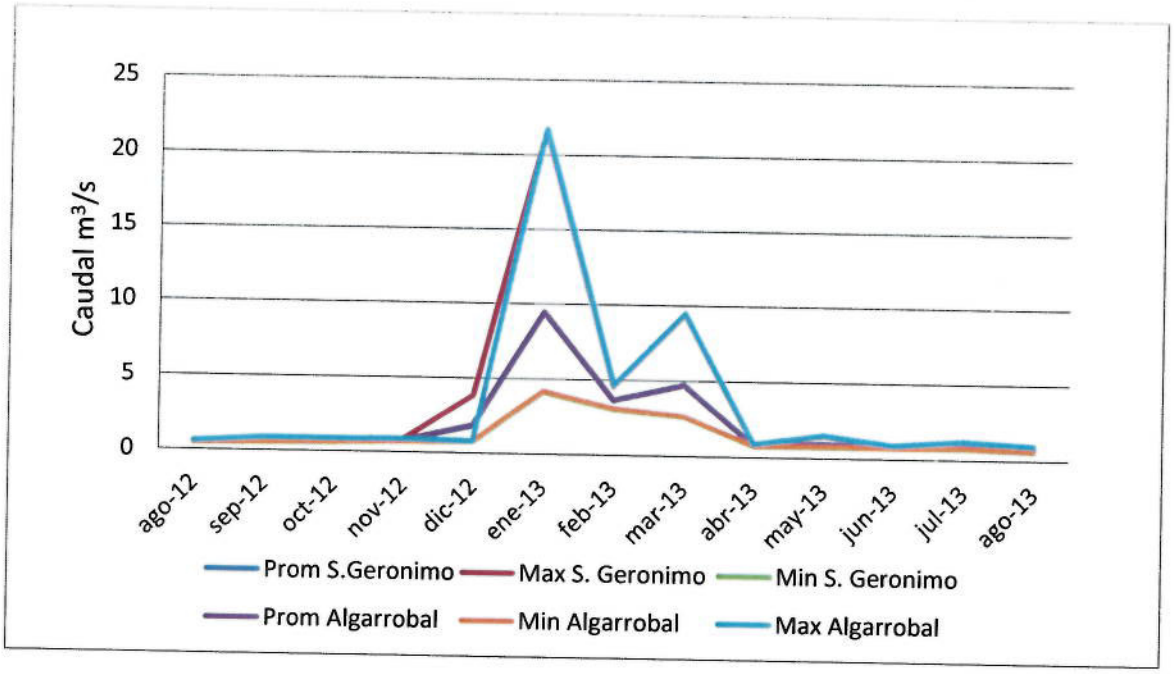
Cuadro N° 13: Resumen de información estadística sobre el caudal del río Osmore

		San Gerónimo					Algarrobal				
Nro.	Mes	Prom S. Geron.	Var	Desvest	Max S. Geron.	Min S. Geron	Prom Algarr.	Var	Desvest	Max Algarr.	Min Algarr.
1	ago-12	0.55	0.004	0.066	0.594	0.501	0.56	0.003	0.054	0.600	0.523
2	sep-12	0.73	0.010	0.101	0.815	0.552	0.73	0.011	0.107	0.863	0.558
3	oct-12	0.71	0.009	0.096	0.878	0.613	0.72	0.008	0.090	0.878	0.632
4	nov-12	0.77	0.003	0.053	0.874	0.734	0.80	0.004	0.060	0.899	0.738
5	dic-12	1.80	1.143	1.069	3.869	0.769	1.88	1.165	1.079	0.795	0.795
6	ene-13	9.42	51.113	7.149	21.604	4.170	9.48	51.577	7.182	21.700	4.198
7	feb-13	3.66	0.388	0.597	4.611	3.075	3.69	0.402	0.634	4.660	3.120
8	mar-13	4.71	6.470	2.544	9.443	2.647	4.74	6.542	2.558	9.500	2.660
9	abr-13	0.78	0.001	0.029	0.846	0.763	0.80	0.002	0.044	0.900	0.775
10	may-13	0.94	0.095	0.308	1.483	0.765	0.95	0.097	0.312	1.503	0.775
11	jun-13	0.80	0.001	0.028	0.836	0.764	0.83	0.003	0.051	0.910	0.768
12	jul-13	0.90	0.026	0.161	1.177	0.77	0.92	0.036	0.189	1.237	0.781
13	ago-13	0.74	0.023	0.151	0.981	0.609	0.75	0.020	0.142	0.985	0.622
	Prom	2.04					2.07				
	C. V.	125.76					124.69				
	Desvest	2.56					2.58				

Fuente: (Elaboración propia)

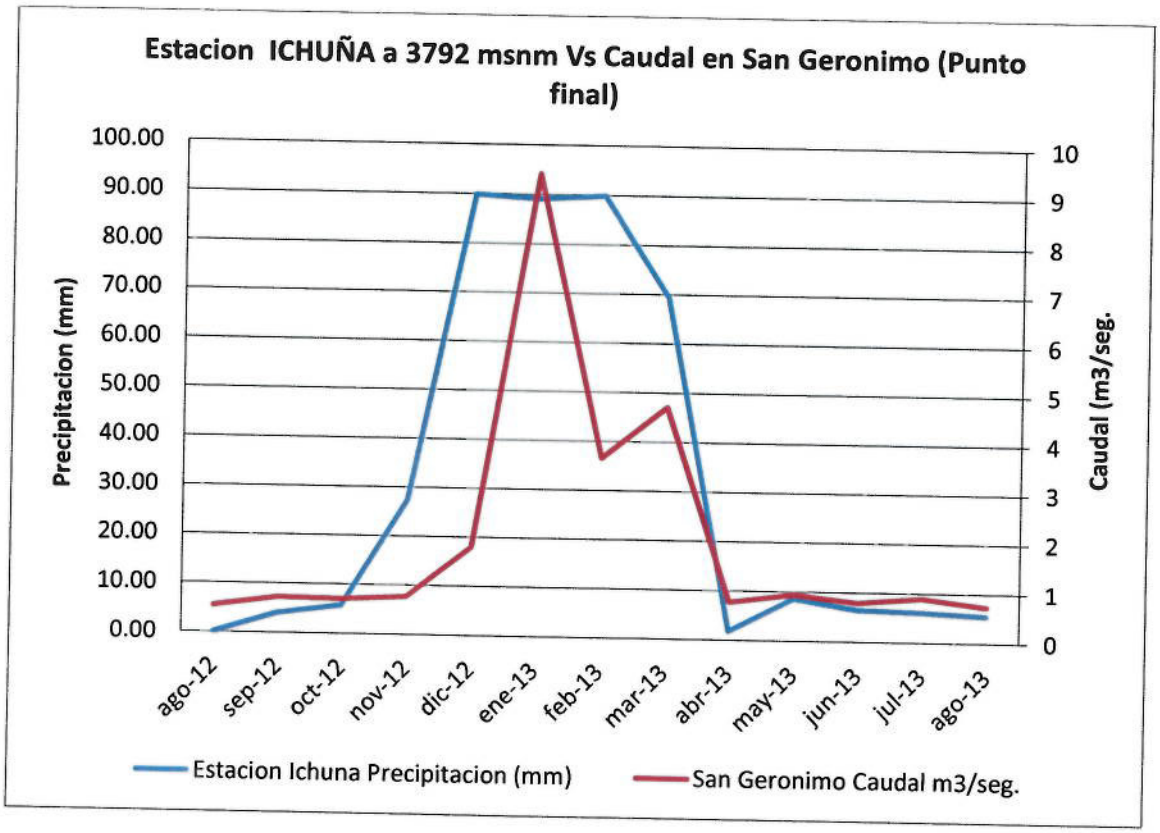
Realizando el análisis anual de caudales, se obtiene un promedio de 2.04 m^3/s, con un coeficiente de variación de 125.76% y una desviación estándar de 2.56, el mismo que significa que los caudales obtenidos se alejan o dispersan de la media en promedio 2.04 m^3/s; ratios estadísticos, que nos indican que el río Osmore no presenta una uniformidad de caudal durante todo el año, sino que tiene dos fases bien marcadas (gráfico N° 1) la de estiaje y de avenida; e incluso, dentro de la fase de avenida, el caudal no es uniforme, presenta una considerable variabilidad de promedio de caudales.

Gráfico N° 2: Caudales promedio, máximo y mínimo mensual del río Osmore



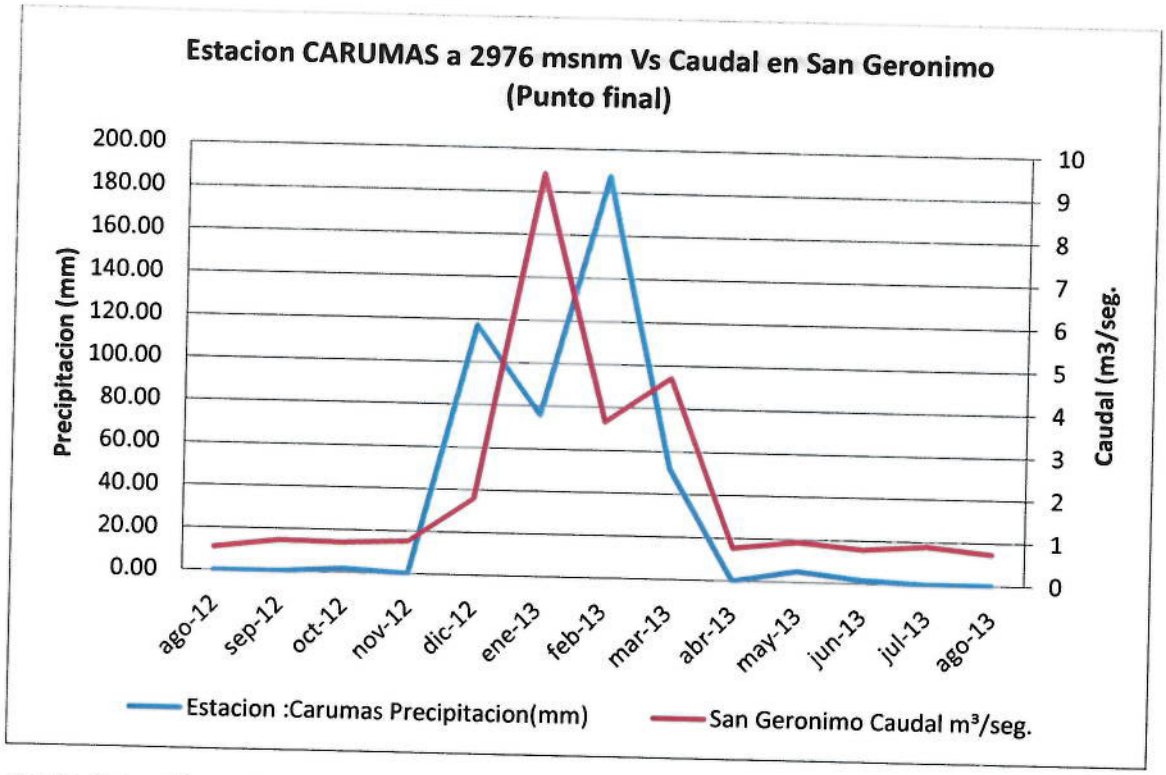
Fuente: (Elaboración propia)

Gráfico N° 3: Precipitación del año de estudio (estación Ichuña) vs caudal



Fuente: (Elaboración propia)

Gráfico N° 4: Precipitación del año de estudio (estación Carumas) vs caudal



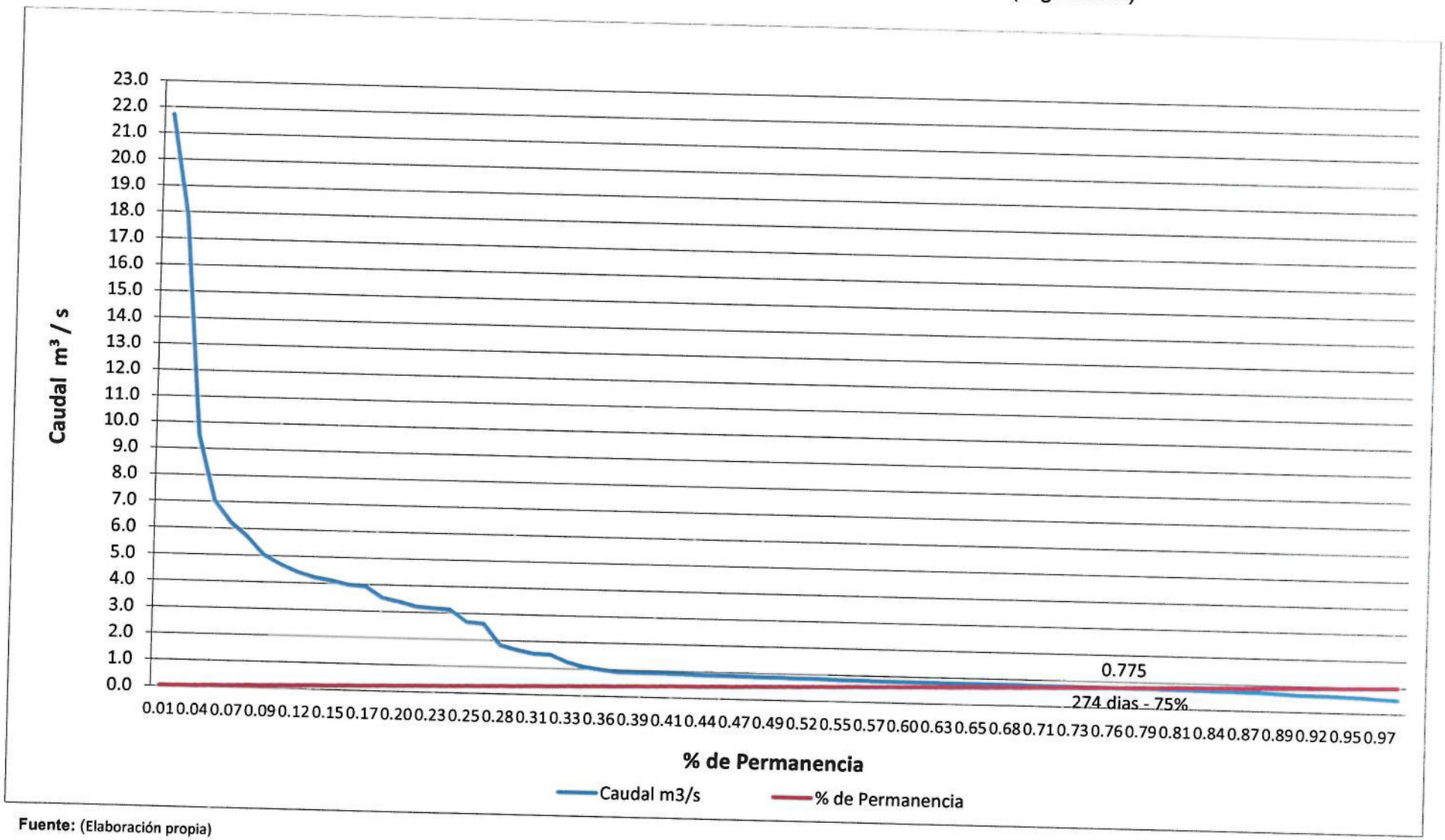
Fuente: (Elaboración propia)

Observando los gráficos N° 3 y 4, obtenidos de las mediciones de caudal en los puntos de monitoreo de San Gerónimo y Algarrobal y al compararlos con el registro de precipitaciones de las estaciones meteorológicas correspondientes al año de estudio (gráficos N° 3 y 4); podemos observar que en el gráfico N° 3, las precipitaciones de diciembre a febrero es constante, sin embargo el promedio del caudal disminuyo en los meses de diciembre y febrero, por lo que se asume que hubo una mayor captación para regadío en la zona de Moquegua en estos meses, por lo tanto el caudal disminuyo en el tramo de estudio. Sin embargo en el gráfico N° 4 se muestra que la precipitación es variable por ende el caudal también.

4.2 DETERMINACION DE LA CURVA DE PERMANENCIA

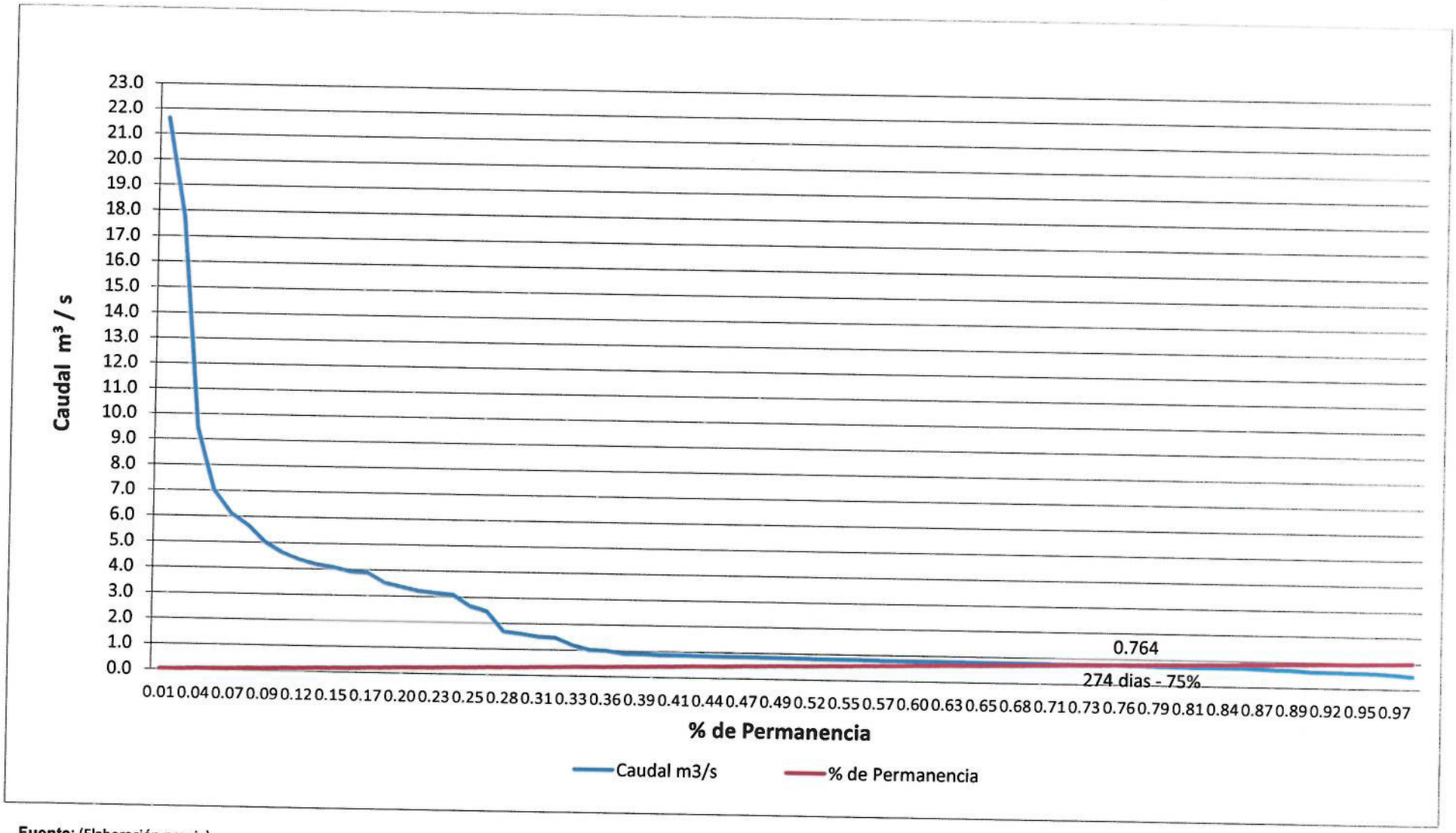
Considerando que la determinación de la curva de permanencia es un método hidrológico que indica la cantidad de caudal que se tiene en un año, es por ello, que en el presente estudió, se determinó la referida curva de permanencia. Encontrando, que al 75% del periodo anual de evaluación del caudal del rio Osmore, se cuenta con un caudal que es igual o superior a 0.775 m^3/s en el primer punto de monitoreo (Algarrobal) y un caudal que es igual o superior a 0.764 m^3/s en el segundo punto de monitoreo (San Gerónimo)., los mismos que son aproximadamente 1.6 veces mayor que el caudal requerido por la provincia de Ilo, que serviría para satisfacer las necesidades hídricas de la población, tal como se muestra más adelante en el gráfico N° 5 y 6.

Gráfico N°5: Curva de Permanencia del 1er Punto de Monitoreo (Algarrobal)



Fuente: (Elaboración propia)

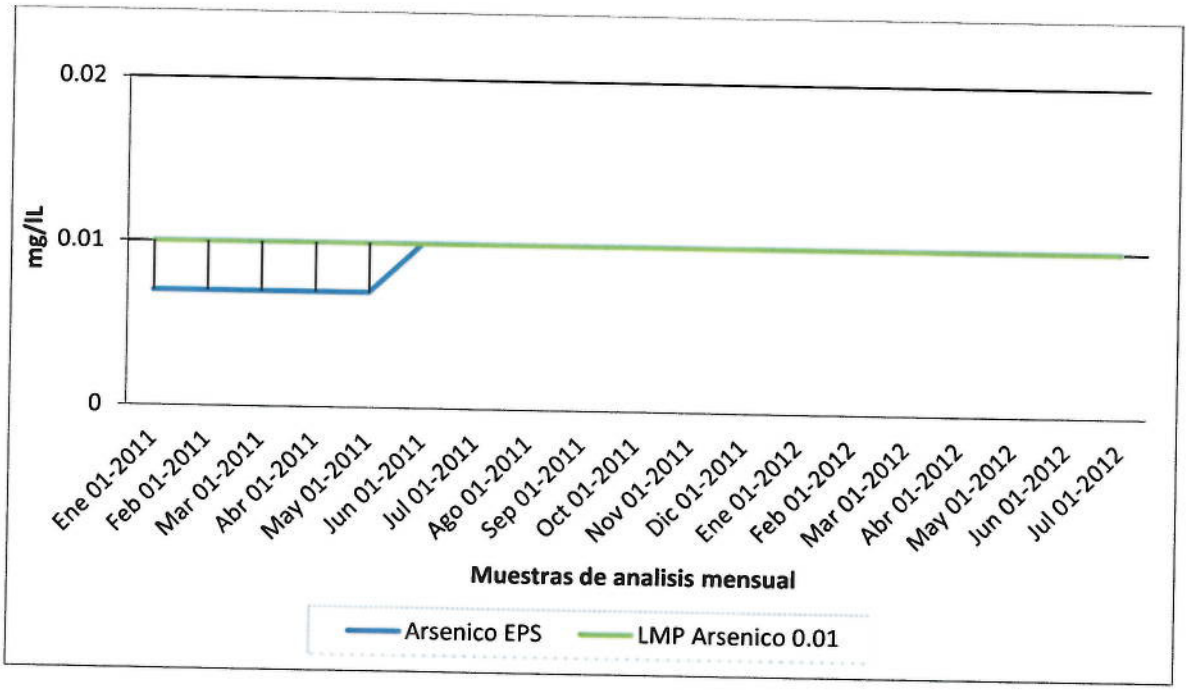
Gráfico N° 6: Curva de Permanencia del 2do Punto de Monitoreo (San Gerónimo)



Fuente: (Elaboración propia)

Esta información se considera relevante, toda vez que el abastecimiento de agua para la provincia de Ilo viene de las fuentes de abastecimiento de Locumba-Ite y de Pasto Grande (Río Osmore), resaltando que las aguas de Ite, están contaminadas por la presencia arsénico y boro, considerados como cancerígenos, tal como se presenta en los gráficos del N°7 al 10.

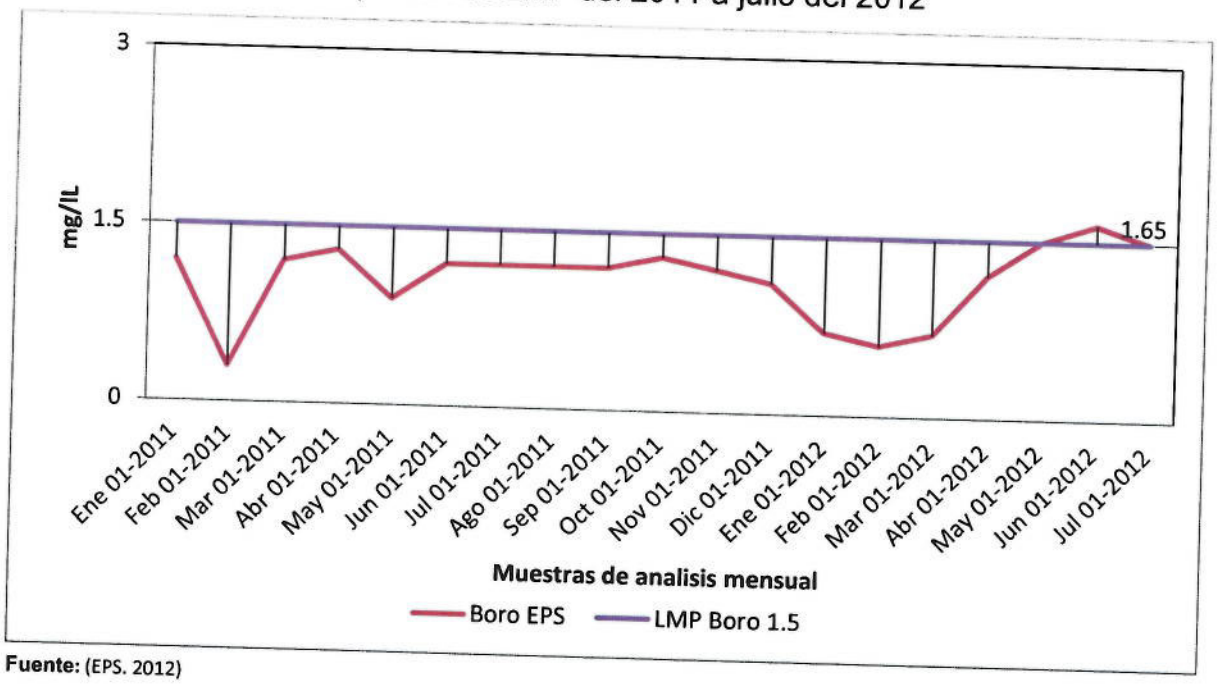
Gráfico N° 7: Comparativo del contenido de Arsénico de la fuente Pasto Grande y su correspondiente LMP del 2011 a julio del 2012



Fuente: (EPS. 2012)

Como se puede observar en el gráfico N° 7, los resultados del análisis para arsénico en las aguas de Pasto Grande (rio Osmore), se encuentran por debajo del límite máximo permisible (LMP) hasta el mes de mayo, el resto de los meses se encuentra en el LMP (0.01 mg/L), por lo que estas aguas cumplen con la normativa peruana para su consumo doméstico.

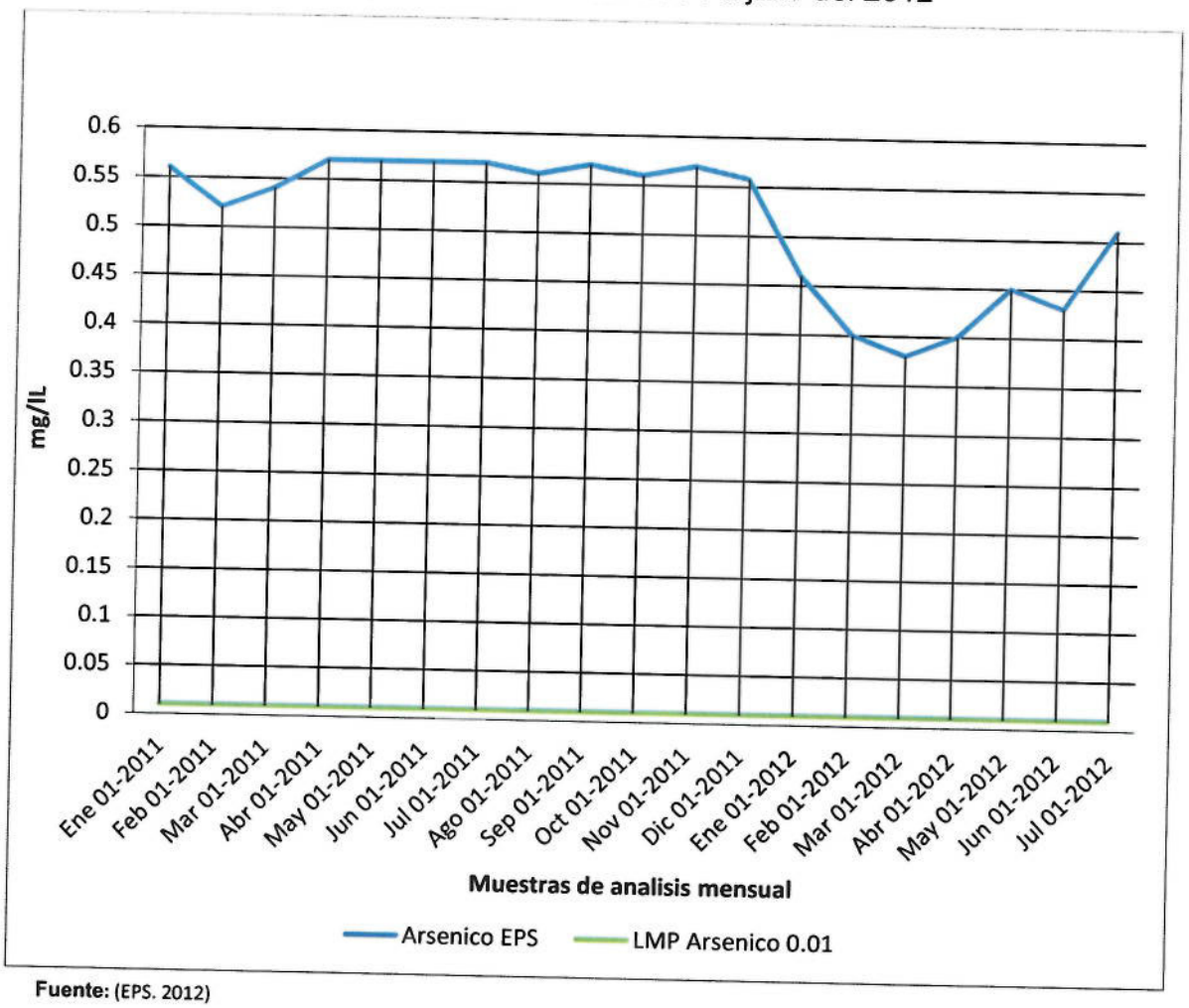
Gráfico N° 8: Comparativo del contenido Boro de la fuente Pasto Grande y su correspondiente LMP del 2011 a julio del 2012



Fuente: (EPS. 2012)

El gráfico N° 8 nos indica que la fuente de Pasto Grande (rio Osmore), cumple con el LMP de boro, excepto el mes de junio del 2012 que llegó a 1.65 mg/L, sobrepasando ligeramente el LMP. Estos resultados nos garantizan que se cuenta con una fuente de agua de buena calidad, la misma que podría ser utilizada para el abastecimiento de la ciudad de Ilo, sin que la población corra riesgo alguno.

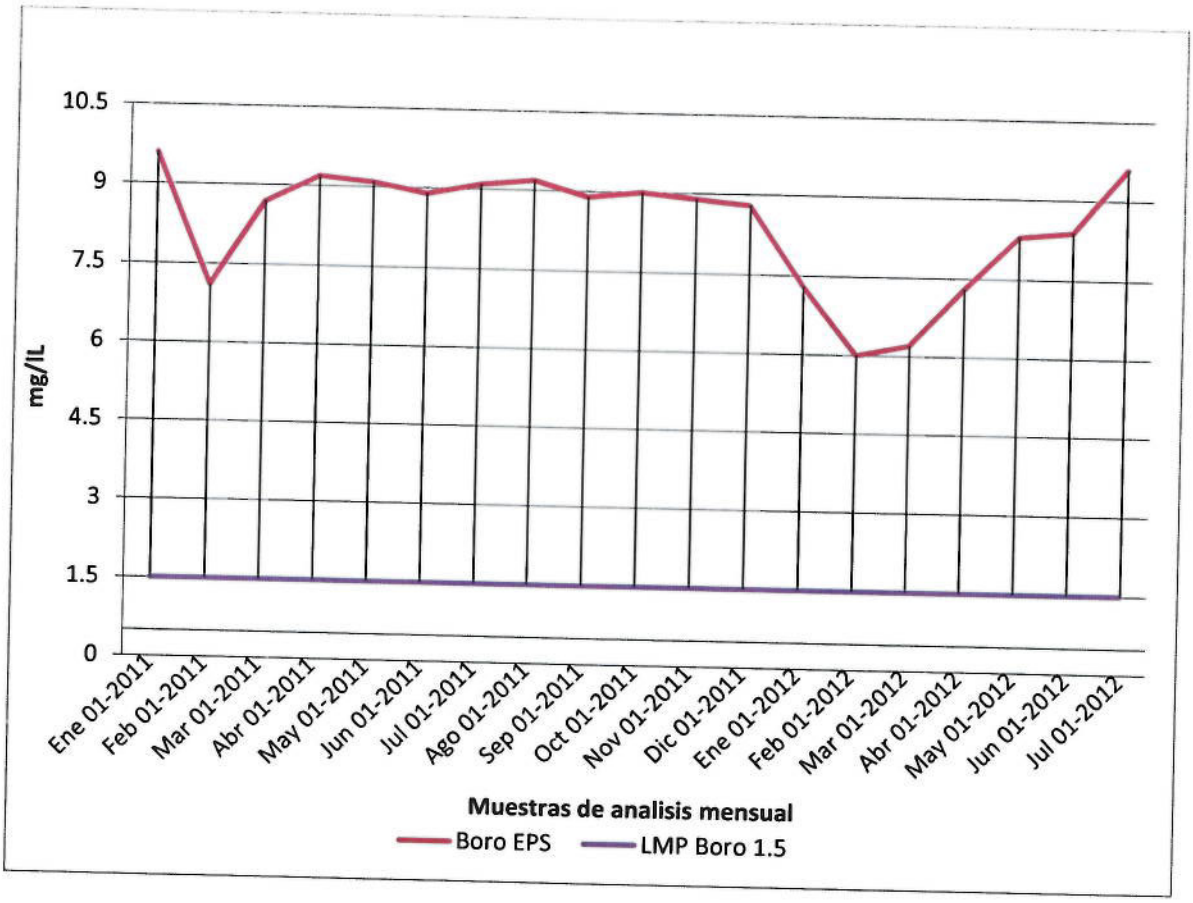
Gráfico N° 9: Comparativo del Arsénico de la fuente Locumba y su correspondiente LMP del 2011 a julio del 2012



Fuente: (EPS. 2012)

Este gráfico N° 9 nos indica que la fuente Locumba no cumple con el LMP de arsénico de la normativa peruana, siendo muy perjudicial para la salud de la población. De diciembre a junio presenta una ligera dilución de la concentración de Arsénico, en estos meses hay precipitaciones en las alturas, por ende el caudal del rio aumenta produciéndose una ligera dilución, pero aun así la concentración de arsénico de la fuente de Locumba no cumple con el LMP de la normativa peruana.

Gráfico N° 10: Comparativo del Boro de la fuente Locumba y su correspondiente LMP del 2011 a Julio del 2012



Fuente: (EPS. 2012)

El gráfico N° 10 nos indica que la fuente Locumba no cumple con el LMP de boro de la normativa peruana. En el caso de los meses de enero a junio presenta una ligera dilución de la concentración de boro, en estos meses hay precipitaciones en las alturas, por ende el caudal del rio aumenta produciéndose una ligera dilución, pero aun así la concentración de boro de la fuente de Locumba no cumple con el LMP de la normativa peruana, siendo perjudicial para la salud de la población.

4.3 DETERMINACION DEL CAUDAL ECOLOGICO

Las metodologías para determinar el caudal ecológico en este estudio, solo se realizaron los métodos que se muestran en el cuadro N° 14, debido a que existe información de medición de caudal del año en estudio y para el desarrollo de otras metodologías, se necesitan información histórica de caudales, por lo tanto se da la siguiente aproximación de caudal ecológico:

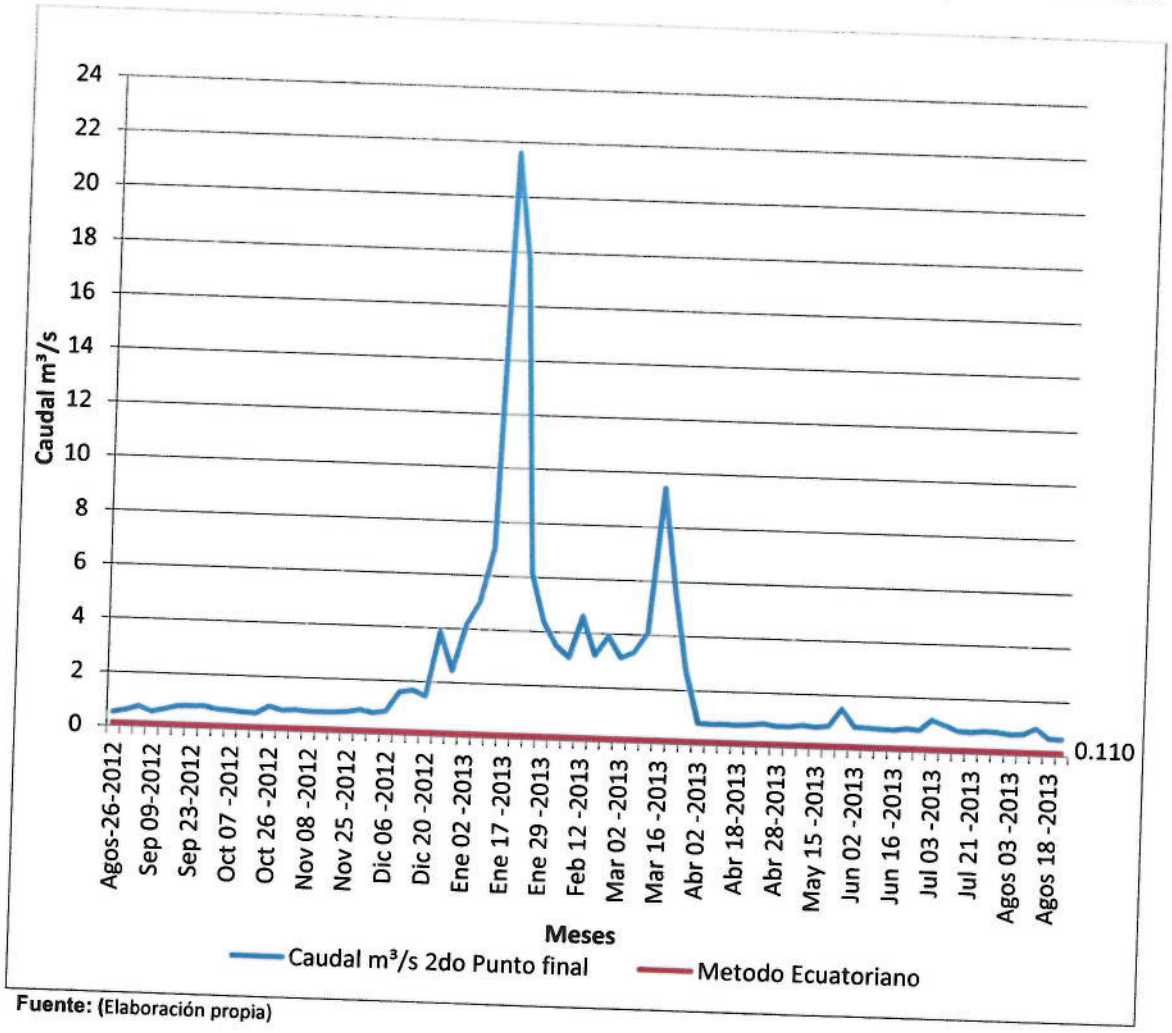
Cuadro N° 14: Métodos utilizados

N°	Métodos de Caudal Ecológico	Caudal Ecológico(m^3/s)	Es Aplicable para el rio Osmore	Observaciones
1	Método Ecuatoriano (1 año)	0.110	Si	Cumplen los ECA
2	Método Escoces	0.110	Si	Cumplen los ECA
	Promedio (1 y2)	0.110		

Fuente: (Elaboración propia)

El caudal ecológico promedio del rio Osmore es 0.110 (m^3/s), siendo este caudal 7 veces menor que la curva de permanencia (0.764 m^3/s), pudiéndose aprovechar para su potabilización y no perderse en el mar.

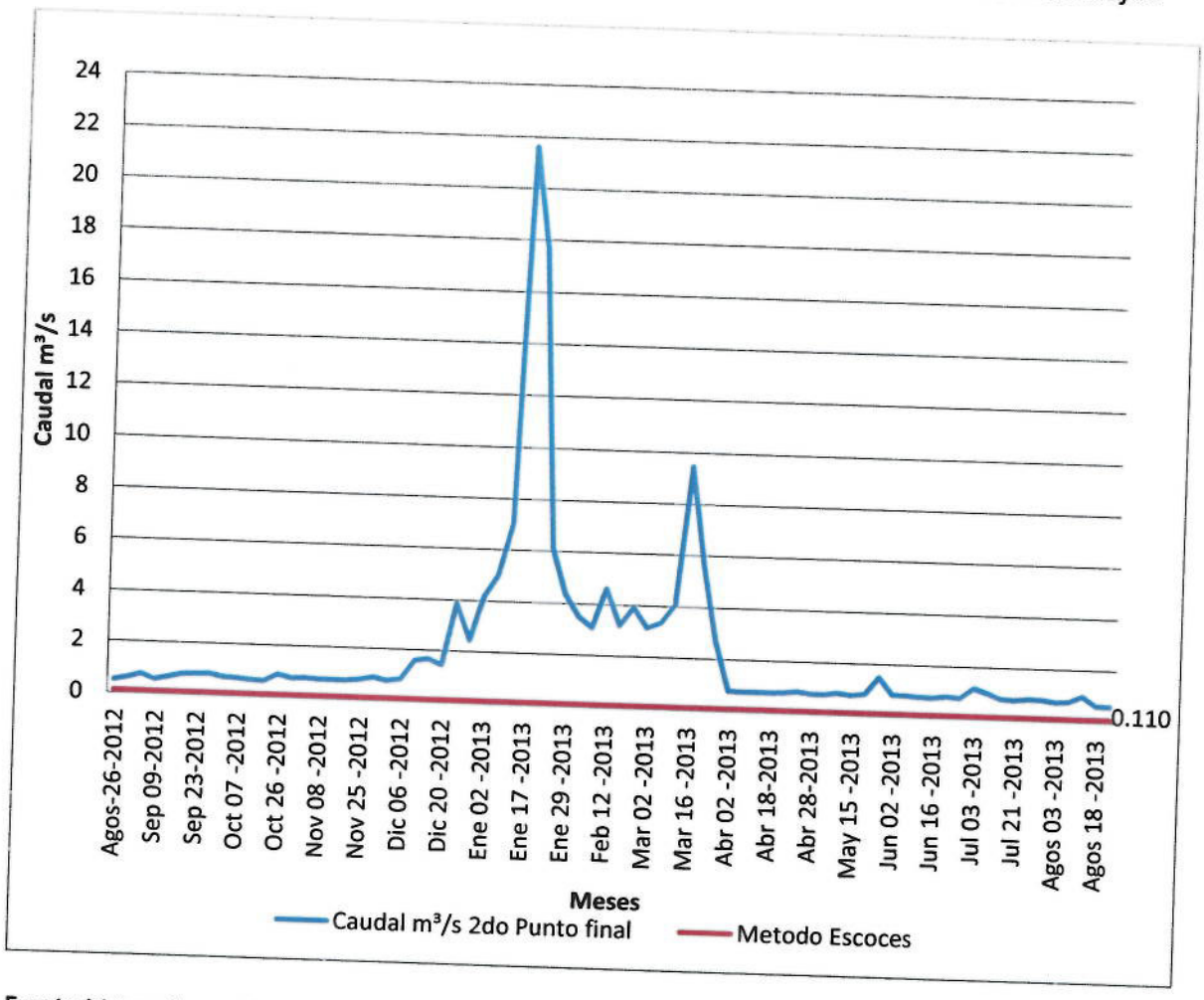
Gráfico N° 11 Caudal ecológico método Ecuatoriano ó 5% del promedio anual



Fuente: (Elaboración propia)

En el grafico N° 11 muestra que el caudal ecológico mínimo que deberá tener el rio Osmore, para garantizar la conservación de los ecosistemas que alberga el rio en estudio, según el método Ecuatoriano o del 5% del caudal medio anual es de 0.110 m³/s. Esta metodología nos ayuda a proteger de manera más rápida los ríos y por ende la conservación de los ecosistemas, que habitan en ellos, a pesar de contar con poca información de caudal, pues otras metodologías necesitan caudales históricos.

Grafico N.12 Caudal ecológico método Escoces ó 20% de 3 meses más bajos



Fuente: (Elaboración propia)

En el gráfico N° 12, muestra que el caudal ecológico mínimo que deberá tener, para garantizar la conservación de los ecosistemas que alberga el rio Osmore, según el método Escocés ó método de los tres meses más bajos, es de 0.110 m^3/s. Esta metodología nos ayuda a proteger de manera más rápida los ríos y por ende la conservación de los ecosistemas, que habitan en ellos, a pesar de contar con poca información de caudal, pues otras metodologías necesitan caudales históricos.

4.4 CALCULO DE DISPONIBILIDAD DE AGUA DEL RIO OSMORE

4.4.1 Cálculo matemático de disponibilidad de agua

La información de la demanda de agua de la provincia de Ilo (captación), se tomó como referencia de los datos proporcionados por la EPS Ilo de los años 2010 y 2011, obteniendo un promedio de 224L/s , tal como se muestra en anexos en los cuadros N° 22 y N° 23. Así mismo el cuadro N° 15 da a conocer la pérdida de agua de buena calidad hacia el mar.

Cuadro N° 15: Disponibilidad de agua en la provincia de Ilo

DATOS	m^3/s	Perdida de agua en (m^3/s)	Perdida de agua en 1 año (m^3/s)
Promedio del caudal mínimo del rio Osmore en época de estiaje	0.827		25'723,008
Demanda poblacional de agua de la EPS Ilo (captación)	0.224		
Caudal ecológico del rio Osmore	0.110		
Caudal al 75% de permanencia 1er punto de monitoreo – Algarrobal	0.775	0.441	13'716,864
Caudal al 75% de permanencia 2do punto de monitoreo – San Gerónimo	0.764	0.430	13'374,720
Caudal que se pierde en el mar, respetando el promedio del caudal mínimo del rio Osmore época de estiaje.	0.493		15'334,272

Fuente: (EPS, Infraestructura de la EPS Ilo S.A., 2011) – (Elaboración propia)

Como se observa en el cuadro N° 15, aun conservando el caudal ecológico más la demanda, existe una pérdida de agua que se va al mar de 15' 334,272 m^3/año, que deberían ser aprovechados para abastecer a la población de la provincia de Ilo.

4.4.2 Cálculo probabilístico de disponibilidad de agua

Para una mejor evaluación del caudal del rio Osmore se calculó estadísticamente por separado, tanto el caudal en época de estiaje así

como en época de avenida, tal como se observa a continuación en el cuadro N° 16:

Cuadro N° 16: Estadística Anual del Caudal del rio Osmore

Rio Osmore Estiaje	
Media	0.827
Varianza	0.054
Desviación Estándar	0.232
Coeficiente de Variación	28.022
Mediana	0.774
X min.	0.501
X max.	1.665
Rio Osmore Avenida	
Media	5.941
Varianza	25.114
Desviación Estándar	5.011
Coeficiente de Variación	84.357
Mediana	4.116
X min.	2.445
X máx.	21.604

Fuente: (Elaboración propia)

Como se aprecia en el cuadro N° 16, el promedio de caudal en época de estiaje es aproximadamente 7.5 veces mayor que el caudal ecológico, permitiendo de esta manera solucionar el déficit de agua de buena calidad para el consumo de la población de la provincia de Ilo.

Por otra parte el caudal promedio en época de avenida es 54 veces más que el caudal ecológico, el cual podría ser una buena alternativa de solución para la agricultura y la forestación. Este gran volumen que se pierde en el mar en esta época de avenida resulta muy caro, para potabilizarla, debido a que su composición físico química, contiene

abundante materia orgánica y concentración de minerales que solo necesitan las plantas.

Finalmente el coeficiente de variación tanto en época de estiaje como en época de avenida nos indica que los datos de caudal están dispersos dando como resultado que el caudal del rio Osmore es irregular, sobre todo en época de avenida.

Cuadro N° 17: Estadística Anual de Caudal de los 2 Puntos de Monitoreo

Caudal General 1er Punto de Monitoreo – Punto Inicial (Algarrobal)	
Media	2.240
Varianza	11.898
Desviación Estándar	3.449
Coeficiente Variación	1.540
Mediana	0.841
X mínimo	0.523
X máximo	21.700
Moda	0.790
Caudal General 2do Punto de Monitoreo - Punto Final (San Gerónimo)	
Media	2.209
Varianza	11.803
Desviación Estándar	3.435
Coeficiente Variación	1.555
Mediana	0.814
X mínimo	0.501
X máximo.	21.604
Moda	0.769

Fuente: (Elaboración propia)

4.4.3 Proyección de la demanda de agua potable (20 años)

A continuación se presenta la demanda de agua de la provincia de Ilo, en el cuadro N° 18:

Cuadro N° 18: Demanda de Agua de la Provincia de Ilo

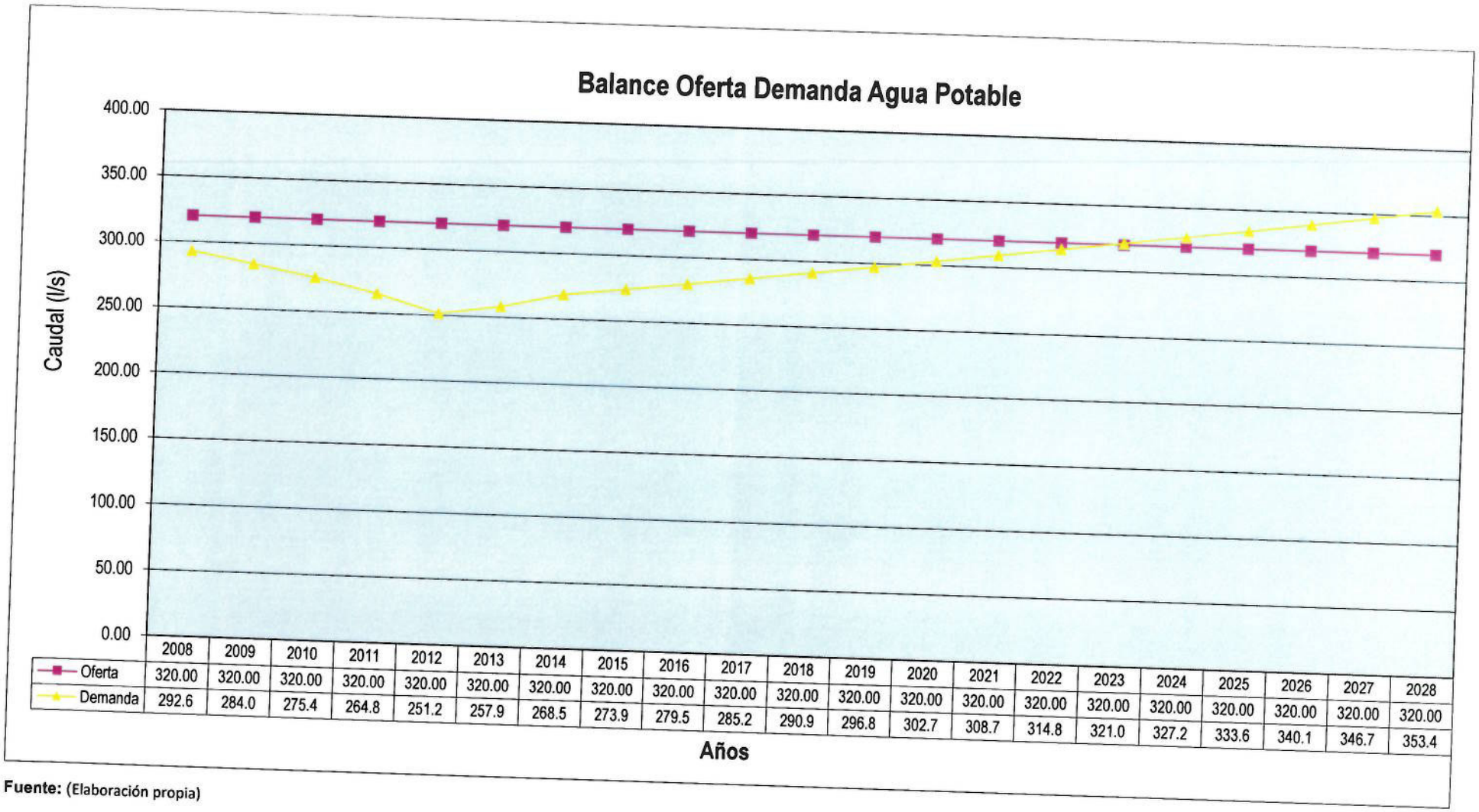
N° - Año	Oferta (L/s.)	Demanda (L/s)
0 - (2008)	320.00	292.6
1 - (2009)	320.00	284.0
2 - (2010)	320.00	275.4
3 - (2011)	320.00	264.8
4 - (2012)	320.00	251.2
5 - (2013)	320.00	257.9
6 - (2014)	320.00	268.5
7 - (2015)	320.00	273.9
8 - (2016)	320.00	279.5
9 - (2017)	320.00	285.2
10 - (2018)	320.00	290.9
11 - (2019)	320.00	296.8
12 - (2020)	320.00	302.7
13 - (2021)	320.00	308.7
14 - (2022)	320.00	314.8
15 - (2023)	**320.00**	**321.0**
16 - (2024)	320.00	327.2
17 - (2025)	320.00	333.6
18 - (2026)	320.00	340.1
19 - (2027)	320.00	346.7
20 - (2028)	320.00	353.4

Fuente: (Ilo U. F., 2014)

El cuadro N° 18, nos muestra información sobre la oferta y la demanda de agua potable, que necesita la población, con una proyección de 20 años, para lo cual la proyección inicia en el año 2008 y culmina en el año 2028.

Por otra parte, a continuación se muestra en el grafico N° 12, que en el año 2023, la demanda no será cubierta por la oferta dada por la Empresa Prestadora de Servicios S. A. (EPS Ilo.).Por lo tanto se debe captar el agua cruda de la fuente Pasto Grande y no perderse en el mar para poder satisfacer dicha demanda.

Grafico N.13 Proyección de la Demanda de Agua Potable de la Provincia de Ilo para 20 Años



	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Oferta	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00	320.00
Demanda	292.6	284.0	275.4	264.8	251.2	257.9	268.5	273.9	279.5	285.2	290.9	296.8	302.7	308.7	314.8	321.0	327.2	333.6	340.1	346.7	353.4

Fuente: (Elaboración propia)

Hipótesis nula y alternativa del Primer Punto de Monitoreo Algarrobal.

Ho: El $\bar{X}$ del caudal ecológico y la demanda de agua de la provincia de Ilo es 0.334 m^3/s.

Ha: El $\bar{X}$ del caudal ecológico y la demanda de agua de la provincia de Ilo no es 0.334 m^3/s.

$$Ho: \mu = 0.334\ m^3/s$$

$$Ha: \mu \neq 0.334\ m^3/s$$

Nivel de significancia

Este nivel representa la posibilidad de rechazar una hipótesis nula verdadera, matemáticamente se puede considerar cualquier valor entre cero y uno, pero para estudios de prueba de hipótesis normalmente esta entre 0.05 y 0.1

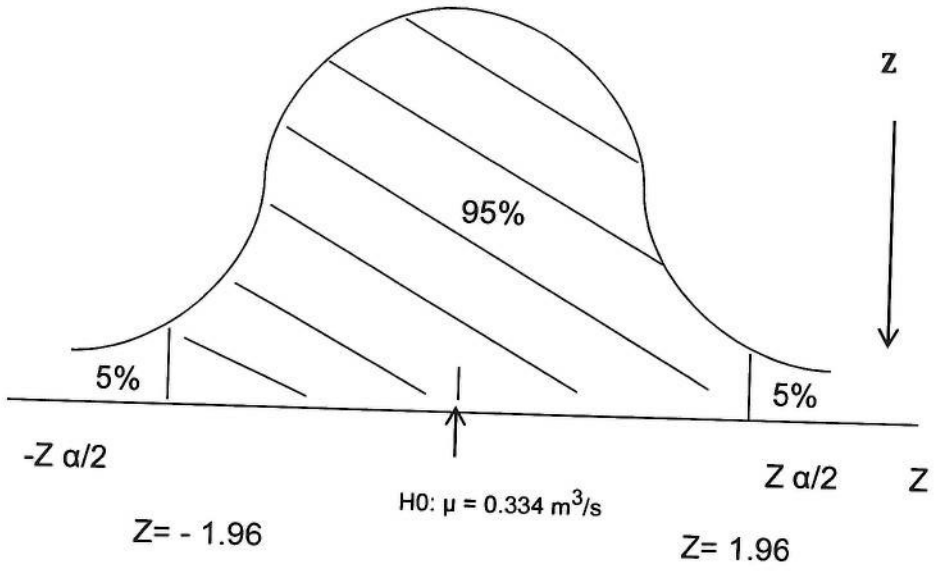
Nivel de significancia de esta investigación es de $\alpha = 0.05$

Alfa= 0.05

Nivel de confianza= 100% - 5%= 95%

Z= 1.96 se obtuvo de la tabla y se comprobó también usando la hoja de cálculo Excel.

Nivel de Confianza al 95%

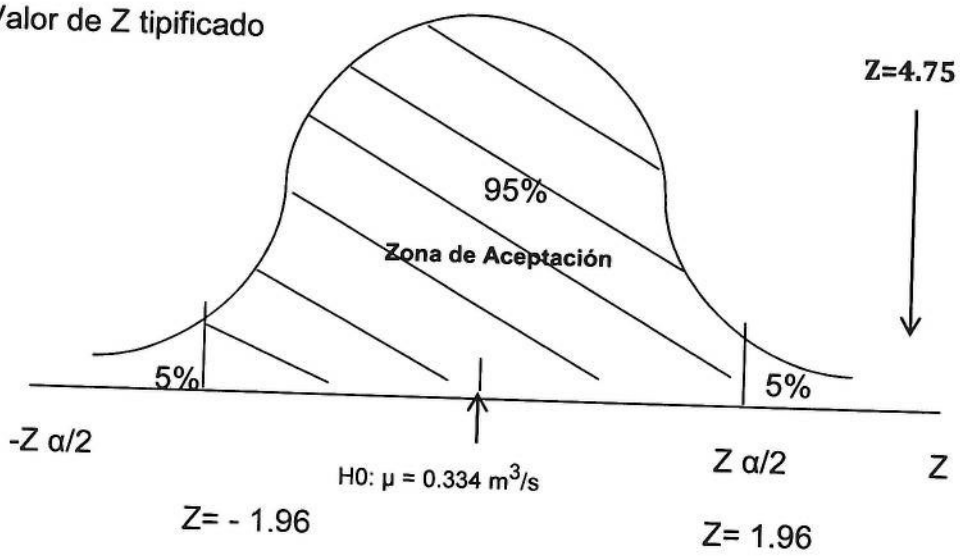


Cuadro N° 19 Resultados Estadísticos de la Prueba de Hipótesis del primer punto de monitoreo

Datos	Cantidad	Descripción
μ	0.334	Promedio considerado por la hipótesis nula + caudal ecológico (Media Poblacional)
$\ddot{X}$	2.240	Media de la muestra tomada
ϑ	3.449	Desviación estándar de la muestra
N	74	Número de elementos muestreados
$\vartheta_{\ddot{x}}$	0.40094	Desviación estándar tipificada
Z	4.75	Valor de Z tipificado

Fuente: (Elaboración propia)

Valor de Z tipificado



Entonces como se muestra el estadístico de prueba de hipótesis, Z= 4.75, por lo tanto cae fuera de la zona de aceptación, y se rechaza la Ho y se acepta la Ha.

Hipótesis nula y alternativa del Segundo Punto de Monitoreo San Gerónimo

Ho: El $\ddot{X}$ del caudal ecológico y la demanda de agua de la provincia de Ilo es 0.334 m^3/s.

Ha: El $\ddot{X}$ del caudal ecológico y la demanda de agua de la provincia de Ilo no es 0.334 m^3/s.

$$Ho: \mu = 0.334\ m^3/s$$

$$Ha: \mu \neq 0.334\ m^3/s$$

Nivel de significancia

Este nivel representa la posibilidad de rechazar una hipótesis nula verdadera, matemáticamente se puede considerar cualquier valor entre cero y uno, pero para estudios de prueba de hipótesis normalmente esta entre 0.05 y 0.1

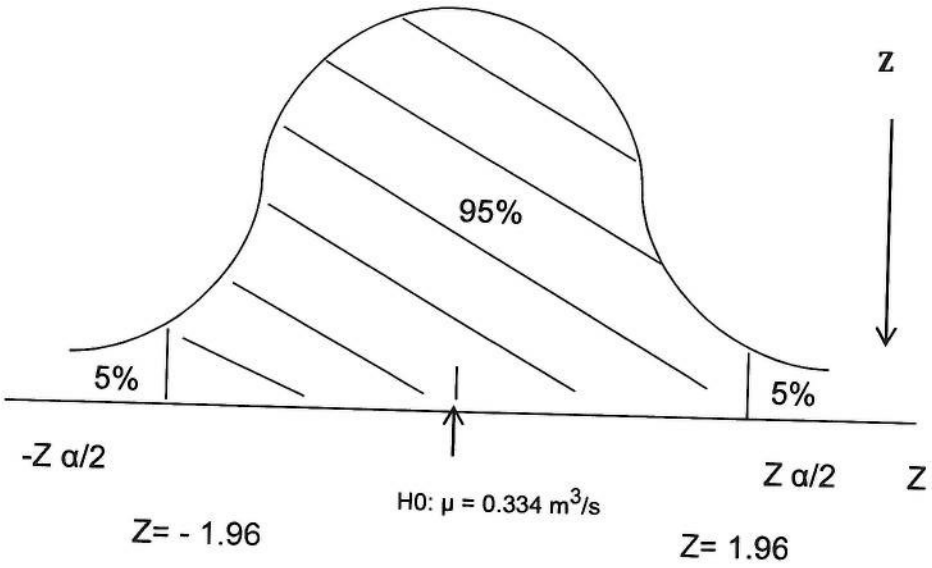
Nivel de significancia de esta investigación es de $\alpha = 0.05$

Alfa= 0.05

Nivel de confianza= 100% - 5%= 95%

Z= 1.96 se obtuvo de la tabla y se comprobó también usando la hoja de cálculo Excel.

Nivel de Confianza al 95%

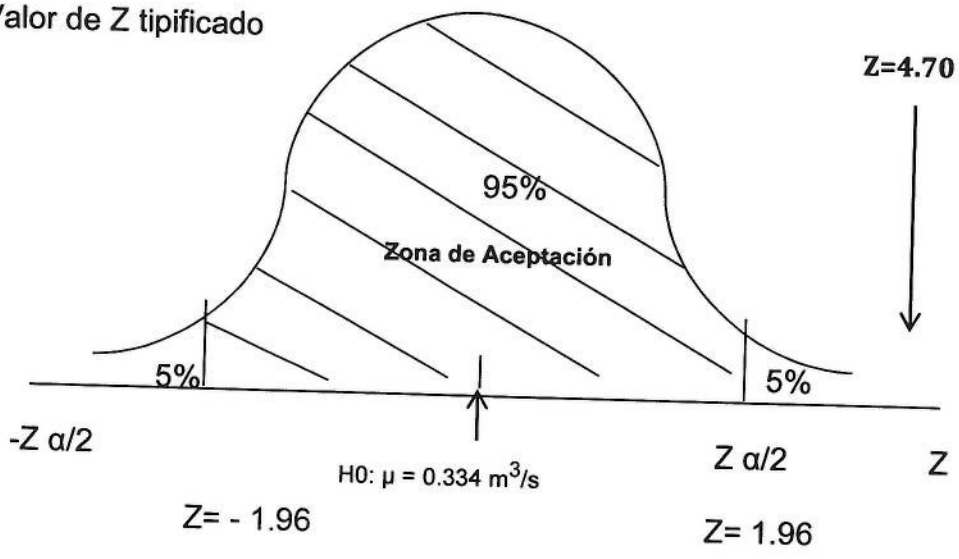


Cuadro N° 20 Resultados Estadísticos de la Prueba de Hipótesis del segundo punto de monitoreo

Datos	Cantidad	Descripción
μ	0.334	Promedio considerado por la hipótesis nula + caudal ecológico (Media Poblacional)
$\ddot{X}$	2.209	Media de la muestra tomada
ϑ	3.435	Desviación estándar de la muestra
N	74	Número de elementos muestreados
$\vartheta_{\ddot{x}}$	0.39931	Desviación estándar tipificada
Z	4.6956	Valor de Z tipificado

Fuente: (Elaboración propia)

Valor de Z tipificado



Entonces como se muestra el estadístico de prueba de hipótesis Z= 4.70, por lo tanto cae fuera de la zona de aceptación, y se rechaza la Ho y se acepta la Ha.

CONCLUSIONES

1) Luego del análisis de las mediciones de caudal en el punto final (San Gerónimo) se encontró un caudal promedio en época de estiaje de 0.827 m^3/s.

2) Las mediciones de caudal en el punto final (San Gerónimo) se encontró un caudal promedio en época de avenida de 5.941 m^3/s.

3) El desarrollo del método ecuatoriano y el método escoces obtuvo un promedio de caudal ecológico de 0.110 m^3/s.

4) Finalmente se concluye que la capacidad hídrica de carga permanente al 75% del rio Osmore es de 0.764 m^3/s, la misma que si se le resta el caudal ecológico y la demanda de la población (0.334 m^3/s), tendríamos un excedente de 0.430 m^3/s, que multiplicado por un año obtendríamos 13' 374,720 m^3 de agua cruda que fácilmente podría ser captado para satisfacer las necesidades hídricas de la población de la provincia de Ilo.

RECOMENDACIONES

1) Considerar la posibilidad de captar las aguas del rio Osmore en lugar de las aguas de Ite que vienen contaminadas con alto contenido de arsénico y boro.

2) A partir del presente estudio se recomienda a las autoridades responsables del área, que se inicie la evaluación de medición de caudales de manera permanente, lo que nos permitirá contar con datos históricos para la toma de decisiones futuras (adecuado manejo del recurso hídrico).

3) Recomiendo la realización de un estudio que permita comparar las metodologías de determinación de caudal ecológico.

BIBLIOGRAFÍA REVISADA

1. Ambiental-MINSA, (2010). Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Lima, Perú.
2. ANA. (2011). Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad en Cuerpos Naturales de Agua Superficial. Lima, Perú.
3. Betin, (2009). Metodologías de diseño de obras hidráulicas en estudios de pre factibilidad de pequeñas centrales hidroeléctricas. Tesis de la Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas - Escuela de Ingeniería Civil Medellín, Colombia.
4. Burbano, (2006). Técnicas Avanzadas para la Evaluación de Caudales. Revista Ingeniería e Investigación-Universidad Nacional de Colombia. Colombia..
5. Calvo, (2008). Articulo Cientifico:Determinación Preliminar del Caudal Ambiental en el río Tempisque . Kurú: Revista Forestal, 18 Costa Rica.
6. Eart, G. (2013). Esquema Hidrografico de las Fuentes de Abastecimiento de la Provincia de Ilo. Lima, Perú.
7. EPS. (2008 - 2012). Memoria Anual EPS Ilo, Perú.
8. EPS. (2010). Infraestructura de la EPS Ilo S.A. Ilo, Perú.
9. EPS. (2011). Infraestructura de la EPS Ilo S.A. Moquegua, Ilo.
10. EPS. (2012). Laboratorio Informe Mensual EPS. Ilo, Perú.
11. FAO. (2012). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Cantidad de agua disponible por persona.
12. Hernandez, (2009). "Hidraulica de Rios". Tesis.Mexico.
13. Hernandez, (2002). Análisis de aforo de la estación hidrometrica Obrajillo

periodo 2000 -2001. Tesis digitales de la Universidad Mayor de San Marcos - Ingeniería Mecánica de Fluidos. Lima, Perú.

14. Ilo, U. F. (2014). Unidad Formuladora de la Eps Ilo. Perú.

15. INEI, (2012). Proyección realizada en base a la población estimada al 30 de Junio,por años calendario y sexo,según departamentos y provincias del INEI 2012 - 2015. Moquegua, Ilo, Perú.

16. Jalon, (2010). El concepto de caudal ecológico y criterios para su aplicación en los ríos españoles. Paper Estudio Cientifico. Madrird, España.

17. Laboratorio-EPS. (2012). Análisis físico químico y microbiológico de la Fuente de abastecimiento de Locumba - Ite. Moquegua.

18. Mateus, (2013). Tesis: Estudio hidroquimico y de calidad de agua superficial en la cuenca del rio Mira. Quito, Ecuador.

19. Méndez, (2012). Aprovechamiento Responsable del Recurso Hídrico Fluvial. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, XXXIII, 18-32. (A. a. PROGASP, Ed.) Colombia.

20. MINAM. (2013). Situación del Agua en el Perú- Portal del Ministerio del Ambiente. Lima-Perú.

21. Moran, (1987). Mecánica de Fluidos 1. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú

22. Moran, (1988). Mecánica de Fluidos 2. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú

23. OMS, (2012). Salud Ambiental. Nota descriptiva N° 372.

24. ONERN. (1976). Inventario Evaluación y Uso racional de los Recursos Naturales de la Costa. Lima, Perú.

25. ONERN. O. N., (1984). Inventario de Fuentes de Agua Superficial. Inventario

de Fuentes de Agua Superficial Ilo- Moquegua. Lima, Perú.

26. El Peruano. (31 de Julio de 2008). ECA. Diario El Peruano. Lima, Perú.

27. RAE. (2010). La Real Academia Española. Vigésima Segunda Edición - La Real Academia Española. España.

28. Ranald V. Giles, (1972). Mecánica de los Fluidos e Hidráulica ,3ra Edición. EDIGRAFOS, S.A. Madrid, España.

29. Regional, Gobierno. (2013). Declaración de Impacto Ambiental del proyecto: "Mejoramiento y Ampliación del servicio de energía eléctrica,. Moquegua, Perú.

30. SENAMHI. (2014). Información Meteorológica de Precipitación- Moquegua, Perú.

31. Vide, (2002). Ingeniería de Rios. Primera ed. Edicions de la Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona, España

32. Villanueva Ure, (2011). Análisis y propuesta de una metodología para la determinación del caudal ecológico en centrales hidroeléctricas del Perú, aplicación a un caso típico. Universidad Nacional de Ingeniería - Tesis Facultad de Ingeniería Mecánica. Lima, Perú.

33. Walpole, (1999). Probabilidad y Estadística para Ingenieros.Sexta ed. P. E. Vasquez, Ed., & J. B. Talavera, Trad. México.

34. Woodward, (1941). Hydraulics of Steady Flow in Open Channels. USA

ANEXOS

Cuadro N° 21: Datos de caudal de agosto del 2012 a agosto del 2013

Datos		Punto Inicial Algarrobal	Punto Final San Gerónimo
Meses	Día/mes/ano	Caudal m^3/s	Caudal m^3/s
Agosto 2012	26/08/2012	0.523	0.501
	29/08/2012	0.600	0.594
Septiembre 2012	02/09/2012	0.772	0.742
	09/09/2012	0.558	0.552
	16/09/2012	0.712	0.664
	20/09/2012	0.795	0.784
	23/09/2012	0.810	0.802
	30/09/2012	0.863	0.815
Octubre 2012	03/10/2012	0.720	0.703
	07/10/2012	0.678	0.678
	15/10/2012	0.648	0.629
	21/10/2012	0.632	0.613
	26/10/2012	0.878	0.878
	31/10/2012	0.751	0.746
Noviembre 2012	04/11/2012	0.824	0.769
	09/11/2012	0.738	0.734
	12/11/2012	0.802	0.738
	18/11/2012	0.741	0.737
	25/11/2012	0.800	0.777
	29/11/2012	0.899	0.874
Diciembre 2012	02/12/2012	0.795	0.769
	06/12/2012	0.891	0.848
	10/12/2012	1.649	1.581
	15/12/2012	1.808	1.665
	20/12/2012	1.517	1.449
	26/12/2012	3.907	3.869
	30/12/2012	2.611	2.445
Enero 2013	02/01/2013	4.198	4.170
	06/01/2013	5.012	5.012
	12/01/2013	7.015	6.997
	17/01/2013	21.700	21.604
	21/01/2013	17.820	17.711
	26/01/1900	6.204	6.113
	29/01/2013	4.390	4.352
Febrero	02/02/2013	3.500	3.492
	07/02/2013	3.120	3.075

Datos		Punto Inicial Algarrobal	Punto Final San Gerónimo
2013	12/02/2013	4.660	4.611
	19/02/2013	3.200	3.193
	27/02/2013	3.950	3.902
Marzo 2013	02/03/2013	3.150	3.127
	08/03/2013	3.360	3.338
	12/03/2013	4.100	4.061
	16/03/2013	9.500	9.443
	22/03/2013	5.680	5.651
	27/03/2013	2.660	2.647
Abril 2013	02/04/2013	0.790	0.784
	09/04/2013	0.775	0.767
	15/04/2013	0.780	0.771
	18/04/2013	0.790	0.763
	21/04/2013	0.790	0.787
	25/04/2013	0.900	0.846
	28/04/2013	0.780	0.767
Mayo 2013	03/05/2013	0.775	0.765
	09/05/2013	0.840	0.833
	15/05/2013	0.775	0.769
	22/05/2013	0.850	0.827
	29/05/2013	1.503	1.483
Junio 2013	02/06/2013	0.842	0.827
	08/06/2013	0.860	0.813
	12/06/2013	0.832	0.782
	16/06/2013	0.768	0.764
	23/06/2013	0.910	0.836
	30/06/2013	0.790	0.786
Julio 2013	03/07/2013	1.237	1.177
	08/07/2013	1.074	1.002
	14/07/2013	0.789	0.796
	21/07/2013	0.781	0.770
	24/07/2013	0.849	0.823
	28/07/2013	0.809	0.805
Agosto 2013	03/08/2013	0.735	0.733
	11/08/2013	0.759	0.758
	15/08/2013	0.985	0.981
	18/08/2013	0.658	0.616
	26/08/2013	0.622	0.609

Fuente: (Elaboración propia)

Como se aprecia en el cuadro N° 21, para este estudio la época de avenida fue de 3 meses, en esta época el agua se enturbió y el caudal fue mayor a 2.4 m^3/s, llegando hasta 21.6 m^3/s, comenzó el 26 de diciembre y

terminó el 27 de marzo, el resto del año fue época de estiaje, el agua estuvo clara con baja turbidez y su caudal estuvo aproximadamente entre 0.500 m^3/s a 1.7 m^3/s y tuvo una duración de 9 meses.

Cuadro N° 22: Población estimada de la provincia de Ilo

Provincia de Ilo			
Año	Población Estimada (Habitantes)	Año	Población Estimada (Habitantes)
2012	68,694	2033	83,930
2013	69,364	2034	84,736
2014	70,033	2035	85,549
2015	70,694	2036	86,370
2016	71373	2038	87,199
2017	72058	2039	88,036
2018	72750	2040	88,881
2019	73448	2041	89,734
2020	74153	2042	90,595
2021	74865	2043	91,465
2022	75584	2044	92,343
2023	76310	2045	93,229
2024	77043	2046	94,124
2025	77783	2047	95,028
2026	78530	2048	95,940
2027	79284	2049	96,861
2028	80045	2050	97,791
2029	80813	2051	98,730
2030	81559	2052	99,678
2031	82342	2053	100,635
2032	83132	2054	101,601

Fuente: (INEI, 2012) - (Elaboración propia)

Como se aprecia en el cuadro N° 22, el incremento de la población en Ilo es de 0.96% según el INEI en el censo del 2007, por lo que es muy necesario, captar mayor volumen de agua de buena calidad, para satisfacer la futura demanda. Según los datos calculados para el año 2054 se estima una población de 101, 601 habitantes.

Cuadro N° 23: Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el agua categoría 1: poblacional y recreacional

Parámetro	Unidad	Aguas superficiales destinadas a la Producción de Agua Potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1.00	1.00	Ausencia de Película Visible	"
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	"
Cloruros	mg/L	250	250	250	"	"
Color	Color verdadero Pt/Co	15	100	200	Sin cambio normal	Sin cambio normal
Conductividad	Us/cm (2)	1500	1600	"	"	"
DBO_5	mg/L	3	5	10	5	10
DQO	mg/L	10	20	30	30	30
Dureza	mg/L	500	"	"	"	"
Detergentes(SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fosfato Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	"	"
Materiales Flotantes		Ausencia	"	"	Ausencia de Material Flotante	Ausencia de Material Flotante
Nitratos	mg/L N	10	10	10	10	"
Nitritos	mg/L N	1	1	1	1(5)	"
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	"	"
Olor		Aceptable	"	"	Aceptable	"
Oxigeno Disuelto	mg/L	>=6	>=5	>=4	Aceptable	"
pH	Unidad de pH	6,5-8,5	5,5-9,0	5,5-9,0	6-9(2,5)	"
Solidos Disuelto Totales	mg/L	1000	1000	1500	"	"
Sulfatos	mg/L	250	"	"	"	"
Sulfuros	mg/L	0,05	"	"	0,05	"
Turbiedad	UNT (1)	5	100	"	100	"
INORGANICOS						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	"
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	"
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	"
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	"
Cobre	mg/L	2	2	2	2	"
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	"
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	"
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	"
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	"
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	"
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	"

Fuente: (El Peruano, 2008)

CATEGORÍA 4: Conservación del medio acuático

Parámetro	Unid.	Lagunas y lagos	Ríos		Ecosistema Marino Costeros	
			Costa y Sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS Y QUÍMICOS						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película Visible	Ausencia de película Visible	1	1
DBO_5	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno amoniacal	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					Delta 3°C
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=5	>=5	>=5	>=4	>=4
pH	Unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,5-8,5	6,5-8,5
Sólidos Disuelto Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<=25	<=25 - 100	<=25 - 100	<=25 - 100	30,00
INORGANICOS						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,70	1	1	-
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cobre	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,05	0,05
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	-
Clorofila A	mg/L	10	-	-	-	-
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfato Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 – 0,093
Hidrocarburo de petróleo Aromáticos Totales	mg/L	Ausente			Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N- NO3)	mg/L	mg/L	0,01	0,01	*	*

Fuente:(El Peruano, 2008)

Nota: Aquellos parametros que no tienen valor asiganado se debe reporta cuando se dispone de analisis.

Dureza: Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir a la interpretacion de los datos (metod/tecnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C).

Nitrogeno Total: Equivalente a la suma de nitrogeno Kjeldahl total (Nitrogeno organico y amoniacal), nitrogeno en forma de nitrato y nitrogeno en forma de nitrito (NO).

Amonio: Como NH3 no ionizado.

NMP/100 mL: Numero mas probable de 100 mL.

Ausente: no deben estar presentes en concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuaticos comestibles, que puedan formar depositos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como peliculas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuaticos presentes.

Cuadro N° 24: Límites Máximos Permisibles de parámetros químicos

Parámetro Inorgánico	Unidad de Medida	Límite Máximo Permisible
Antimonio	mg Sb L^{-1}	0,020
Arsénico (nota 1)	Mg As L^{-1}	0,010
Bario	mg Ba L^{-1}	0,700
Boro	mg B L^{-1}	1,500
Cadmio	mg Cd L^{-1}	0,003
Cianuro	mg CN L^{-1}	0,070
Cloro (nota 2)	mg L^{-1}	5
Clorito	mg L^{-1}	0,7
Clorato	mg L^{-1}	0,7
Cromo total	mg Cr L^{-1}	0,050
Flúor	mg F L^{-1}	1,000
Mercurio	mg Hg L^{-1}	0,001
Níquel	mg Ni L^{-1}	0,020
Nitratos	mg NO_3 L^{-1}	50,00
Nitritos	mg NO_2 L^{-1}	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
Plomo	mg Pb L^{-1}	0,010
Selenio	mg Se L^{-1}	0,010
Molibdeno	mg Mo L^{-1}	0,07
Uranio	mg U L^{-1}	0,015

Fuente: (Ambiental-MINSA, 2010)

Nota 1: En caso de los sistemas existente se establecerá en los planes de Adecuación Sanitaria el para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mg L^{-1}.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mg L^{-1}.

Cuadro N° 25: Fuentes de abastecimiento de la provincia de Ilo - 2010

Item	Fuente	Tipo	Captación actual (L/s)	Captación actual (L/s) en %
1	Pasto Grande(rio Osmore)	Superficial	179.14	69.39%
2	Ite Norte	Superficial	79.04	30.61%
3	Pozos Del valle	Subterráneo	0	
			258.18	**100%**

Fuente: (EPS, Infraestructura de la EPS Ilo S.A., 2010)

Cuadro N°26: Fuentes de abastecimiento de la provincia de Ilo - 2011

Item	Fuente	Tipo	Captaciónactual (L/s)	Captación actual (L/s) en %
1	Pasto Grande(rio Osmore)	Superficial	126.68	66.41%
2	IteNorte	Superficial	64.07	33.59%
3	Pozos del Valle	Subterráneo	0	
			190.75	**100%**

Fuente: (EPS, Infraestructura de la EPS Ilo S.A., 2011)

Como se aprecia en el cuadro N° 25 y 26, la captación de agua cruda para abastecer a la provincia de Ilo en los años 2010 y 2011, tuvo un promedio de 224.47 L/s.

Cuadro N° 27: Registro de análisis de caudal de los ríos de la región sur

Código	Rio	Longitud (Km)	Latitud (msnm)	Área (Km^2)	Pendiente Promedio (%)	Modulo (m^3/s)	Lugar
P-50	Ilo- Osmore	146	0	3415	3.6	2.87	d. Océano Pacifico
P-5001	Qda. Honda	31	180	307	-	0	d. Rio Moquegua
P-5002	Qda. Seca de Guaneros	89	240	920	2.8	0	d. rio Osmore
P-5003	Tumilaca	63	1275	624	5.8	1.10	d. rio Torata y Tumilaca
P-500301	Capillune	36	2350	152	6.3	0.12	d. rio Tumilaca
P-5004	Huacarane	62	1345	491	6.2	0.50	d. rio Torata
P-50401	Chujulay	38	1785	118	-	0.09	d. rio Huacarane

Fuente: (ONERN, 1976) (ONERN N. O., 1984)

Como se aprecia en el cuadro N° 27, la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales en 1976, realizó una medición de caudal de 2.87 m^3/s en la desembocadura del rio Osmore, teniendo un caudal similar a las mediciones de este estudio.

Cuadro N° 28: Coeficiente de Manning

	Coeficiente de Manning
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0,025-0,035
En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie uniforme y lisa	0,030-0,035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0,035-0,045
Cunetas y canales revestidos	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016
Corrientes naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,200[1]
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,200[1]

Fuente: (Woodward, 1941)

Como se aprecia en el cuadro N° 28, el coeficiente de manning, es utilizado para el cálculo hidráulico, los factores que se muestran se calculan según la característica del tipo de canal con respecto a su rugosidad.

Cuadro N° 29: Cálculo de caudal del rio Osmore

Monitoreo de Caudal del rio Osmore				
Ubicación: San Gerónimo - 17°37'25.1" - 71°20'				
Fecha: 03 de Agosto del 2013				
Transepto	Área Transversal	Área Transversal	Área Transversal	Tiempo: 20m
metros	**3**	**2**	**1**	
0	0.000	0.000	0.000	19.65
0.5	0.161	0.145	0.145	19.56
1	0.151	0.183	0.169	19.98
1.5	0.161	0.217	0.201	19.83
2	0.182	0.212	0.148	19.87
2.5	0.190	0.193	0.223	
3	0.200	0.181	0.178	
3.5	0.162	0.136	0.121	
4	0.121	0.123	0.132	
4.5	0.096	0.057	0.136	
5	0.072	0.023	0.011	
5.4	0.000	0.000	0.000	
6				
6.5				
Ancho del rio	5.40	5.40	5.40	
Profundidad Media	**0.124667**	**0.122500**	**0.122000**	
Promedio del tiempo (segundos) en una distancia de 20 m.				19.78
Velocidad del Caudal (m/s)				1.022
Promedio del Caudal Calculado por formula en 2 Transeptos continuos (m^3/s)				0.733

Fuente: (Elaboración propia)

Nota: Una vez calculadas las áreas, se suman y se obtiene el área total.

Finalmente el caudal=área x velocidad (Q=A x V). Q= 0.693 x 1.022=0.708 m^3/s.

Ubicación: San Gerónimo - 17°37'25.1" - 71°20'15.8"- 12msnm			
Fecha 03 Agosto del 2013			
Transepto	**3**	**2**	**1**
1	0.04025	0.03625	0.03625
2	0.078	0.082	0.0785
3	0.078	0.1	0.0925
4	0.08575	0.10725	0.08725
5	0.093	0.10125	0.09275
6	0.0975	0.0935	0.10025
7	0.0905	0.07925	0.07475
8	0.07075	0.06475	0.06325
9	0.05425	0.045	0.067
10	0.042	0.02	0.03675
11	0.0144	0.0046	0.0022
Área (m^2)	0.7300	0.72925	0.693
Caudal (m^3/s)	0.7458112	0.745045	0.708010

$$Q = \left[\frac{(D_1 + D_2)}{2}W + \frac{(D_2 + D_3)}{2}W \ldots\ldots + \frac{(D_{13} + D_{14})}{2}W\right]V$$

$$A = \left[\frac{(0 + 0.145)}{2} x\ 0.50\right] \quad A = 0.03625$$

$$A = \left[\frac{(0.145 + 0.169)}{2} x\ 0.50\right] \quad A = 0.0785$$

$$A = \left[\frac{(0.169 + 0.201)}{2} x\ 0.50\right] \quad A = 0.0925$$

$$A = \left[\frac{(0.145 + 0.169)}{2} x\ 0.50\right] \quad A = 0.08725$$

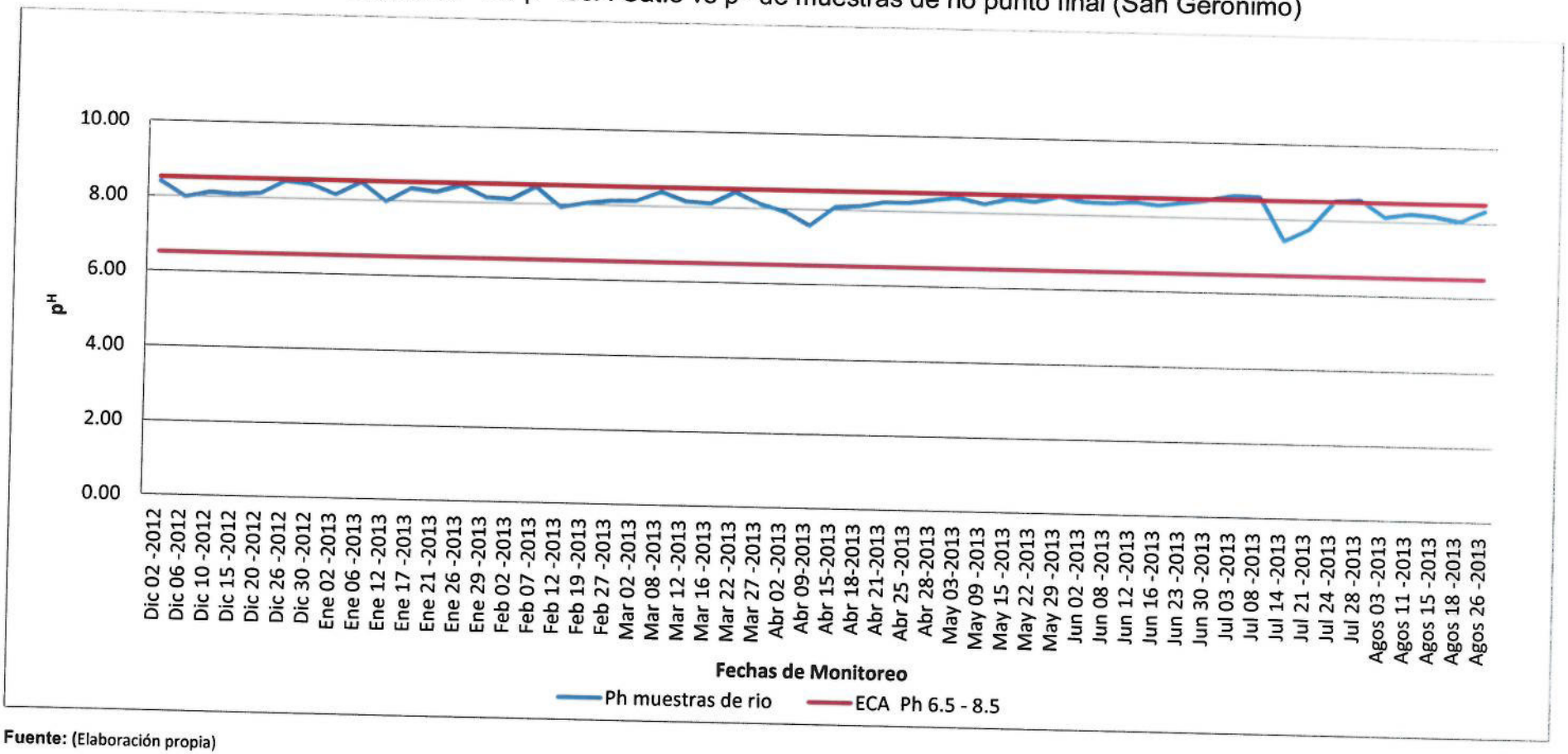
Cuadro N° 30 Demanda de Agua Potable (Proyección de 20 años)

AÑO (1)		POBLACION (2)	COBERTURA (%) CONEX. (3)	CONSUMO DE AGUA (l/día)						DEMANDA PRODUC. PROMEDIO		
				CONSUMO DOMESTICO (25)	CONSUMO COMERCIAL (26)	CONSUMO INDUSTRIAL (27)	CONSUMO ESTATAL (28)	CONSUMO SOCIAL (29)	CONSUMO TOTAL CONECTADO (30)	L/s (31)	L/día (32)= (30)/(1-%pérdidas)	m^3/año (33)= (30)X365/1000
2007	0	63,780	88.49%	10,757,674	1,069,086	1,726,237	1,676,578	710,460	15,940,036	355.6	30,653,916	11,188,679
2008	0	65,005	88.49%	9,653,138	1,089,533	1,849,540	1,708,557	722,973	15,023,741	292.6	25,220,314	9,205,415
2009	0	66,253	88.49%	9,681,612	1,110,954	1,911,191	1,740,535	736,877	15,181,169	284.0	24,485,756	8,937,301
2010	0	67,525	88.49%	9,861,032	1,132,374	1,911,191	1,772,513	752,170	15,429,282	275.4	23,737,356	8,664,135
2011	1	68,821	88.49%	10,050,729	1,153,795	1,972,843	1,804,492	767,464	15,749,323	264.8	22,825,105	8,331,163
2012	2	70,142	90.00%	10,411,926	1,176,189	2,034,494	1,836,470	782,758	16,241,837	251.2	21,655,782	7,904,361
2013	3	71,489	95.00%	11,155,069	1,198,584	2,096,145	1,868,448	798,051	17,116,298	257.9	22,228,958	8,113,570
2014	4	72,862	98.00%	11,728,218	1,220,978	2,157,797	1,900,427	813,345	17,820,764	268.5	23,143,850	8,447,505
2015	5	74,261	98.00%	11,953,524	1,244,346	2,219,448	1,932,405	828,639	18,178,362	273.9	23,608,262	8,617,016
2016	6	75,687	98.00%	12,183,150	1,267,714	2,281,099	1,973,520	845,323	18,550,806	279.5	24,091,956	8,793,564
2017	7	77,140	98.00%	12,416,966	1,292,056	2,342,751	2,014,635	862,007	18,928,414	285.2	24,582,356	8,972,560
2018	8	78,621	98.00%	12,655,036	1,316,397	2,404,402	2,055,750	878,691	19,310,276	290.9	25,078,281	9,153,572
2019	9	80,131	98.00%	12,898,409	1,341,713	2,466,053	2,096,865	895,375	19,698,414	296.8	25,582,356	9,337,560
2020	10	81,670	98.00%	13,145,970	1,368,002	2,527,705	2,137,980	912,059	20,091,715	302.7	26,093,137	9,523,995
2021	11	83,238	98.00%	13,398,376	1,394,291	2,589,356	2,179,095	928,743	20,489,860	308.7	26,610,208	9,712,726
2022	12	84,836	98.00%	13,655,494	1,421,553	2,651,007	2,220,210	946,817	20,895,082	314.8	27,136,470	9,904,812
2023	13	86,465	98.00%	13,917,980	1,448,816	2,712,659	2,261,325	964,891	21,305,671	321.0	27,669,703	10,099,442
2024	14	88,125	98.00%	14,185,179	1,477,052	2,774,310	2,302,440	982,966	21,721,947	327.2	28,210,321	10,296,767
2025	15	89,817	98.00%	14,457,222	1,505,289	2,835,961	2,343,555	1,001,040	22,143,067	333.6	28,757,230	10,496,389

AÑO (1)		POBLACION (2)	COBERTURA (%) CONEX. (3)	CONSUMO DE AGUA (l/día) CONSUMO DOMESTICO (25)	CONSUMO COMERCIAL (26)	CONSUMO INDUSTRIAL (27)	CONSUMO ESTATAL (28)	CONSUMO SOCIAL (29)	CONSUMO TOTAL CONECTADO (30)	DEMANDA PRODUC. PROMEDIO L/s (31)	L/día (32)= (30)/(1-%pérdidas)	m^3/año (33)= (30)X365/1000
2026	16	91,541	98.00%	14,735,026	1,533,525	2,897,613	2,389,238	1,020,505	22,575,906	340.1	29,319,359	10,701,566
2027	17	93,299	98.00%	15,017,607	1,562,735	2,959,264	2,434,922	1,041,360	23,015,888	346.7	29,890,763	10,910,129
2028	18	95,090	98.00%	15,306,080	1,591,945	3,020,915	2,480,605	1,062,215	23,461,760	353.4	30,469,818	11,121,484
2029	19	96,916	98.00%	15,600,313	1,622,129	3,082,567	2,530,857	1,083,070	23,918,935	360.3	31,063,552	11,338,196

Fuente: (EPS, Memoria Anual EPS Ilo, 2008 - 2012)

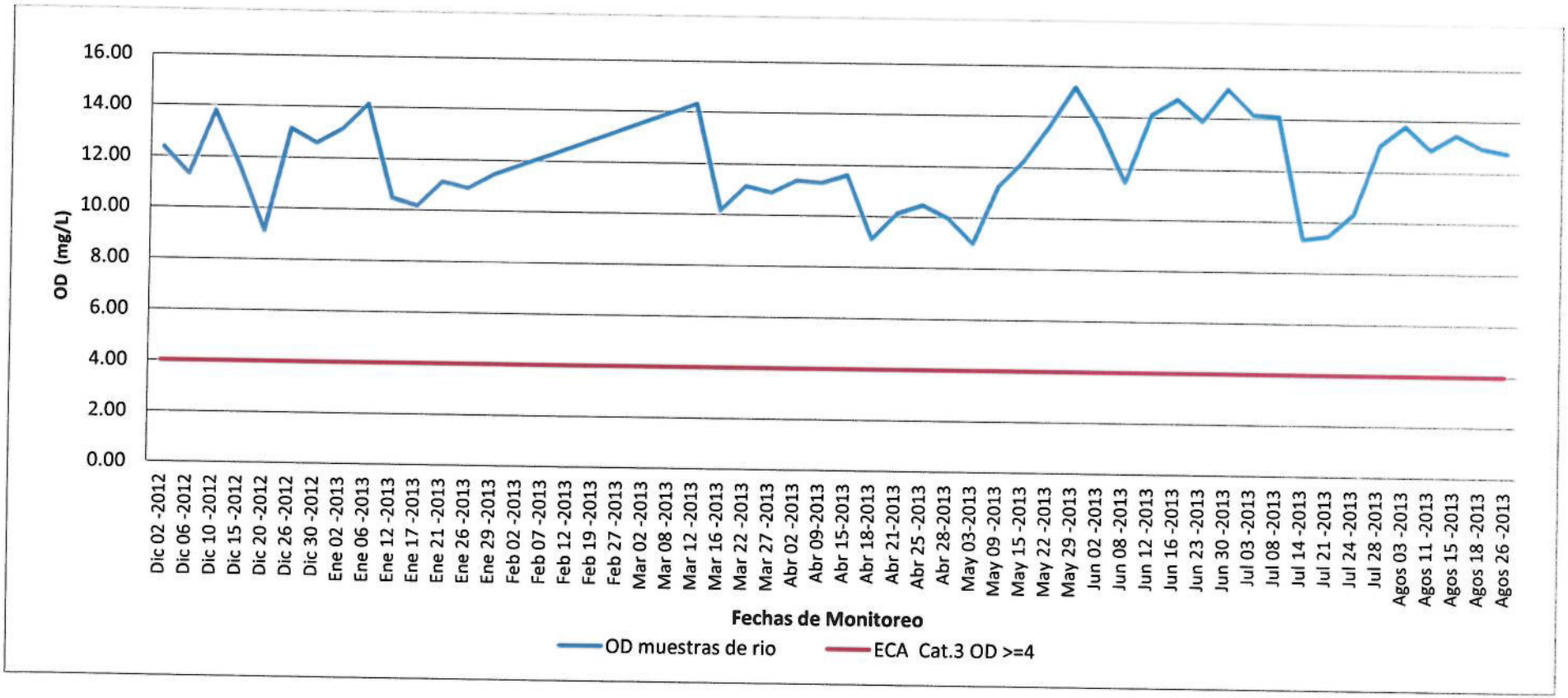
Gráfico N° 14: p^H ECA Cat.3 vs p^H de muestras de rio punto final (San Gerónimo)



Fuente: (Elaboración propia)

Este gráfico N° 14, nos indica que la fuente de Pasto Grande (punto final San Gerónimo) si cumple con el p^H del ECA. Pues se encuentra dentro de los parámetros de buena calidad, garantizando la salud de la población y de los organismos acuáticos.

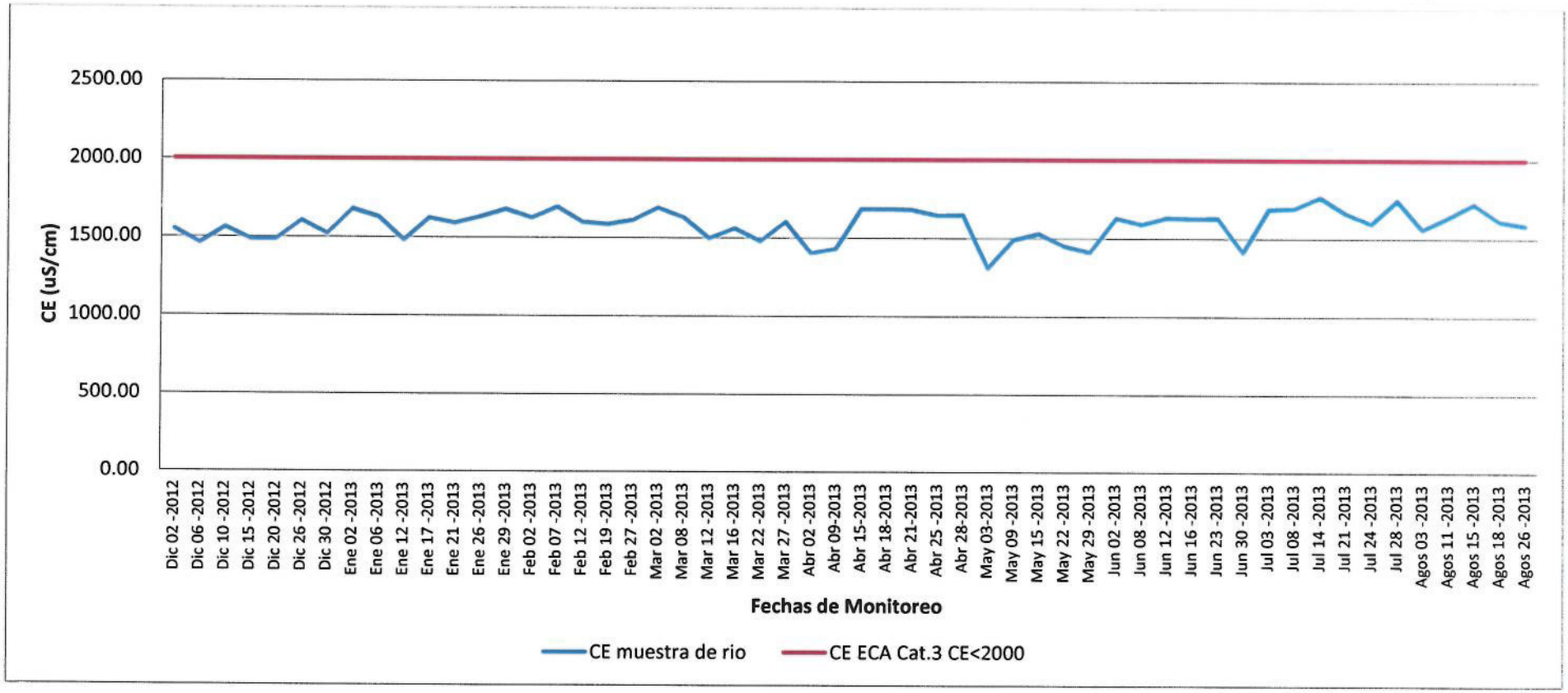
Gráfico N° 15: Oxígeno Disuelto (OD) ECA Cat.3 vs Oxígeno Disuelto de muestras de rio punto final (San Gerónimo)



Fuente: (Elaboración propia)

Este gráfico N° 15, nos indica que la fuente de Pasto Grande (punto final San Gerónimo) si cumple con el oxígeno disuelto del ECA. . Pues se encuentra dentro de los parámetros de buena calidad, garantizando la vida de los organismos acuáticos.

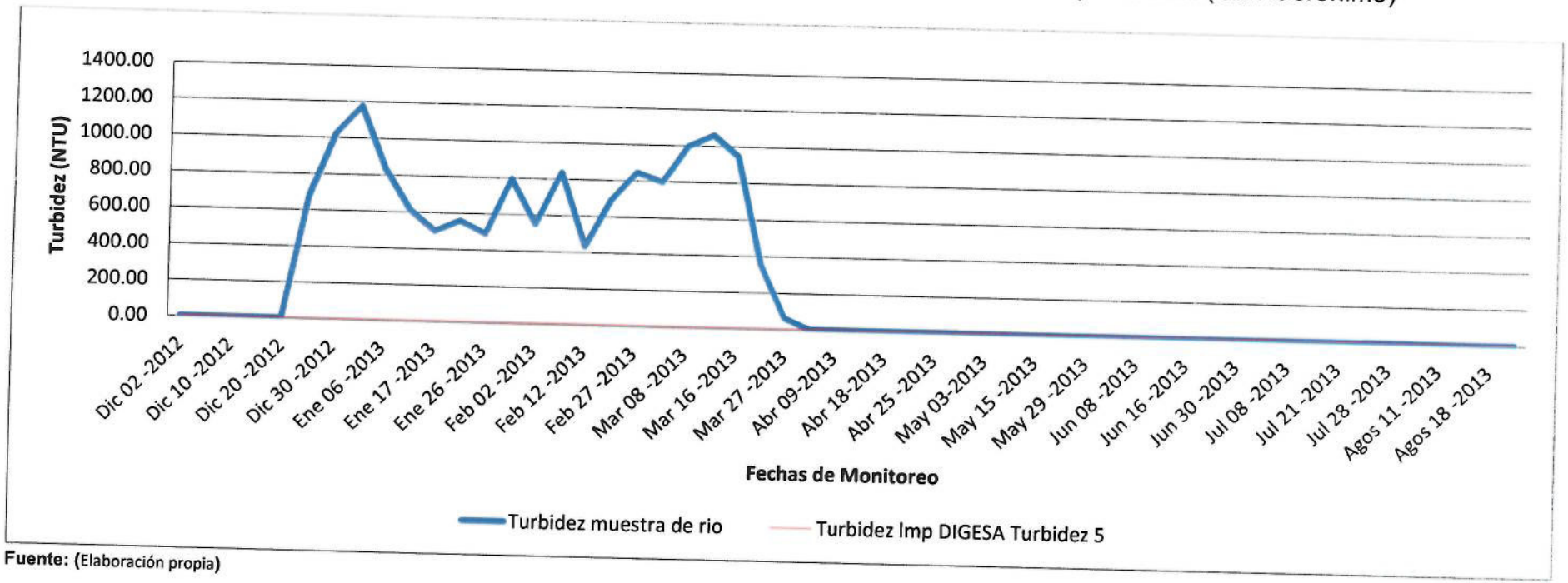
Gráfico N° 16: Conductividad eléctrica (CE) ECA Cat.3 vs CE de muestra de rio punto final (San Gerónimo)



Fuente: (Elaboración propia)

Este gráfico N° 16, nos indica que la fuente de Pasto Grande (punto final San Gerónimo) si cumple con la conductividad eléctrica del ECA. Pues se encuentra dentro de los parámetros de buena calidad, garantizando la salud de la población.

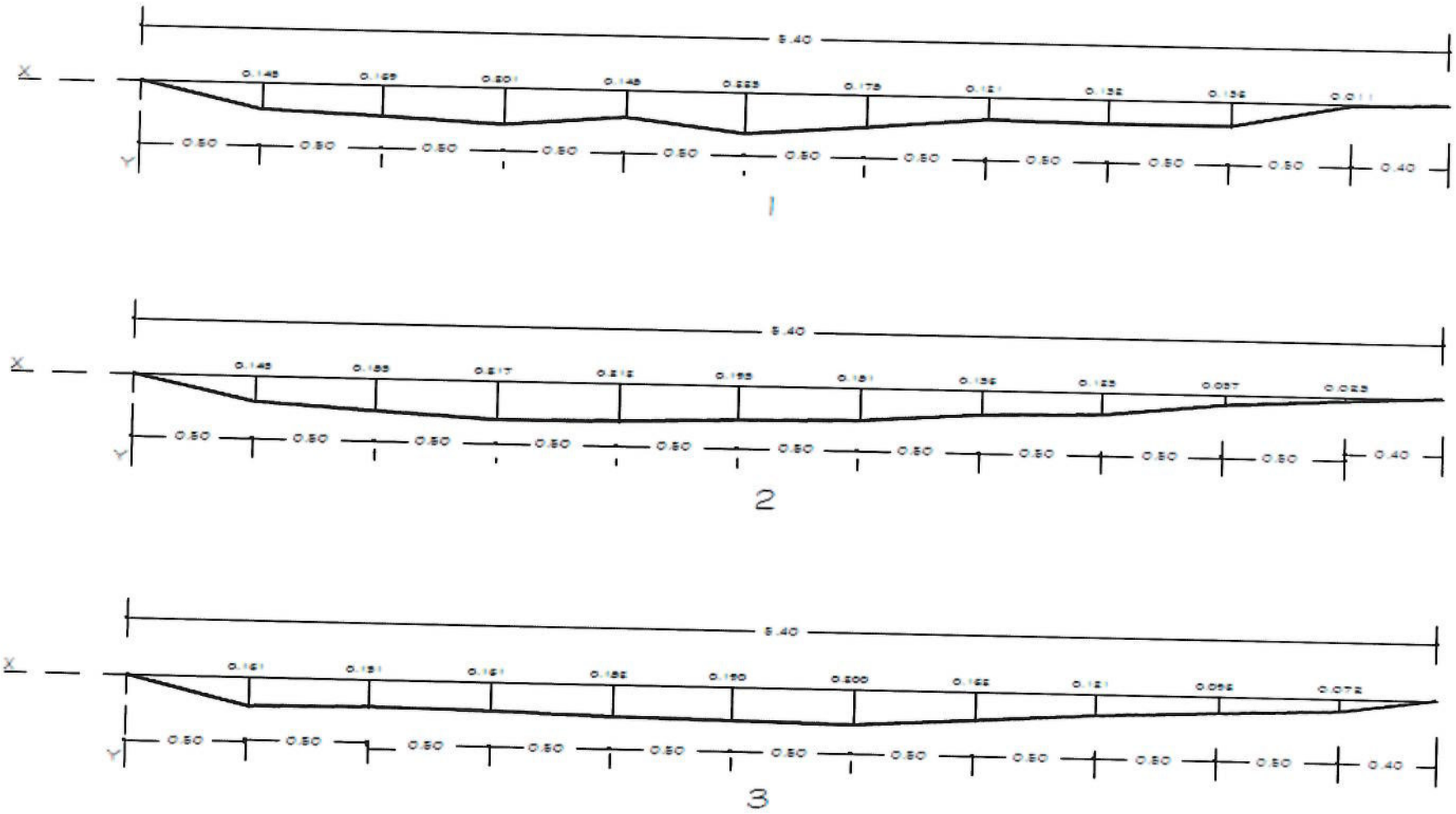
Gráfico N° 17: Turbidez LMP DIGESA vs Turbidez de muestra de rio punto final (San Gerónimo)



Fuente: (Elaboración propia)

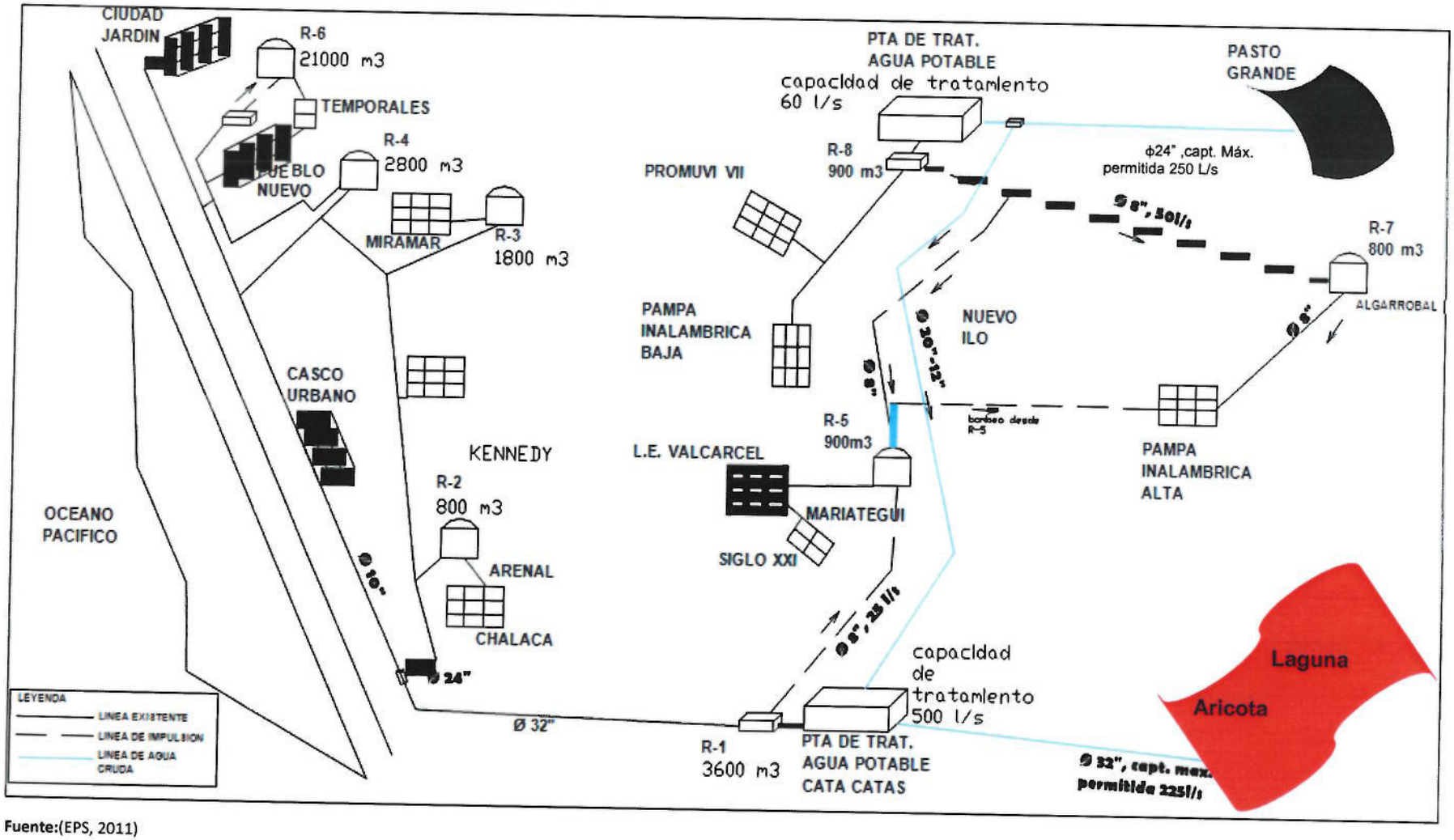
Este gráfico N° 17, nos indica que la fuente de Pasto Grande (punto final San Gerónimo), si cumple con el LMP de turbidez de la normativa peruana en época de estiaje, sin embargo. Del 20 de diciembre del 2012 al 27 de marzo del 2013 la turbidez se eleva por encima de los LMP, esto debido a que hay precipitaciones en zonas aledañas de cabecera de cuenca, provocando el aumento del caudal y por ende el arrastre de materiales que incrementan la turbidez en todo el recorrido del cauce, esta etapa de incremento de caudal con alta turbidez, se le denomina época de avenida.

Gráfico N° 18: Calculo del área de la sección transversal 1, 2 y 3 – Aplicación de la formula con respecto al cuadro N°29



Fuente: (Elaboración propia)

Imagen N° 1: Esquema hidráulico de los 2 fuentes de abastecimiento de la provincia de Ilo



Fuente:(EPS, 2011)

Imagen N° 2: Sistema hidráulico satelital de las 2 fuentes de abastecimiento de la provincia de Ilo



Fuente: (Eart G., 2013) - (Elaboración propia)

Fotografía N° 5 Medición de regla. Punto final (época de estiaje)



Fuente: (Elaboración propia)

Fotografía N° 6 Comunidad de la zona. Punto final



Fuente: (Elaboración propia)

Fotografía N° 7 Cría de sapo en punto inicial y final



Fuente: (Elaboración propia)

Fotografía N° 8 Medición de profundidades. Punto final



Fuente: (Elaboración propia)

Fotografía N° 9 Medición transversal del rio. Punto final



Fuente: (Elaboración propia)

Fotografía N° 10 Apoyo en medición de caudal. Punto Final



Fuente: (Elaboración propia)

Fotografía N° 11 Tramo uniforme. Punto inicial



Fuente: (Elaboración propia)

Fotografía N° 12 Uso de multiparametro. Punto final



Fuente: (Elaboración propia)