

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

**MAESTRÍA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN GESTIÓN
AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**EFFECTO DEL VOLUMEN DE EMBALSAMIENTO Y LA
DOTACIÓN HÍDRICA AL VALLE DE SAMA SOBRE LA
SALINIDAD DEL RÍO SAMA, 2020**

TESIS

PRESENTADA POR:

ZENÓN PACORICONA SANGA

Para optar el Grado Académico de:

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

TACNA – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN GESTION AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE

EFECTO DEL VOLUMEN DE EMBALSAMIENTO Y LA DOTACION HIDRICA
AL VALLE DE SAMA SOBRE LA SALINIDAD DEL RIO SAMA, 2020

Tesis sustentada y aprobada el 22 de Setiembre del 2023 estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE


.....

Dr. Dante Ulises Morales Cabrera

SECRETARIO


.....

Dr. Alberto Savino Pacheco Pacheco

MIEMBRO


.....

M.Sc. Luis Lloja Lozano

ASESOR


.....

M.Sc. Luis Lloja Lozano

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo **MSc. LUIS LLOJA LOZANO** en mi condición de asesor acreditado por la **RESOLUCION ESCUELA DE POSGRADO N° 10185-2021-ESPG/UNJBG** de la tesis titulado: **“EFECTO DEL VOLUMEN DE EMBALSAMIENTO Y LA DOTACION HIDRICA AL VALLE DE SAMA SOBRE LA SALINIDAD DEL RIO SAMA, 2020”**, Presentado por el **ING. ZENÓN PACORICONA SANGA** para optar el grado académico de **MAESTRO EN CIENCIAS (MAGÍSTER SCIENTIAE) CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual **TURNITIN – UNJBG** cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es **09% DE SIMILITUD GENERAL**; Por lo que, **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis está de acuerdo al nivel **PERMITIDO**, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del grado/ título/ especialidad.



Firma del Asesor



MSc. Luis Lloja Lozano

DEDICATORIA

A quienes creyeron en mis aptitudes para ser un profesional competente y demostrarme que, con perseverancia y paciencia, todo se puede en esta vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis padres y a mi pareja, por darme la vida, el apoyo y la fuerza suficiente para seguir adelante.

A todos mis compañeros de trabajo que hicieron posible esta investigación, al colaborar con la información necesaria.

Al M.Sc. Luis Lloja Lozano, docente de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, quien me apoyó en la tutoría de este estudio, de forma incondicional.

A las personas que creyeron en mí, quienes permitieron desarrollar la travesía de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	3
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	4
1.5 OBJETIVOS	4
1.5.1 Objetivo General.	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
1.6 HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	5
2.2 BASES TEÓRICAS	7
2.2.1 Conceptos de modelación.....	7
2.2.2 Fundamento de embalses – Modelamiento volumétrico.....	9
2.2.3 Fundamento de embalses – Formulación general para embalses.....	12
2.2.4 Fundamento de embalses - Modelamiento calidad de agua GESCAL	13
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	14
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	18
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	20
3.3.1 Variables independientes.....	20
3.3.2 Variables dependientes.....	21
3.3.3 Tabla de operacionalización de variables.....	21
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	22
3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	22
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	24

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	35
5.1 PROCESO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	35
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
6.1 CONCLUSIONES	37
6.2 RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXOS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Esquema de la modelación de la calidad de embalses.....	14
Figura N° 2: Variables del Sistema.....	21
Figura N° 3: Caja y Bigotes de la serie histórica del Caudal en la estación La Tranca – Río Sama.....	25
Figura N° 4: Curva de persistencia del Caudal en la Estación La Tranca – Río Sama ..	26
Figura N° 5: Modelo Ajustado de correlación Caudal – Conductividad eléctrica del agua en la estación La Tranca – Río Sama.....	27
Figura N° 6: Ecuación del Modelo Ajustado.....	29
Figura N° 7: Diagrama de Pareto del Modelo Ajustado.....	30
Figura N° 8: Efectos principales del modelo ajustado.....	31
Figura N° 9: Superficie de Respuesta Estimada del Modelo Ajustado -SAL	32
Figura N° 10: Superficie de Respuesta del Modelo Ajustado - Deseabilidad	33
Figura N° 11: Contornos de la superficie de respuesta estimada	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Población y muestra del estudio.....	20
Tabla N° 2: Tabla de Operacionalización de Variables.....	21
Tabla N° 3: Objetivos de optimización.....	23
Tabla N° 4: Recuento de los datos históricos de caudal en la estación La Tranca – Río Sama.....	24
Tabla N° 5: Respuesta al Diseño Experimental de la investigación.....	28
Tabla N° 6: Análisis de Varianza del Modelo Ajustado.....	29
Tabla N° 7: Valores óptimos del proceso	34

RESUMEN

En la zona de estudio de la presente investigación, la variación de las descargas hídricas es de carácter temporal, quiere decir que en época de lluvias, que es un periodo de 03 meses, se presentan las descargas máximas y, asimismo, se presenta una mejora en la calidad del agua; y en el resto del año los caudales en los ríos principales son bajas y que, asimismo, la calidad de agua se empeora por la presencia de flujos hidrotermales que presentan características de alta salinidad y altas concentraciones de metales pesados.

La presente investigación, tiene como objetivo principal estudiar el efecto que produciría una futura obra de embalsamiento sobre la salinidad del río Sama en la zona de Yarascay.

Como resultado de la investigación se tiene que, efectivamente, existe una relación matemática de hidroquímica que gobierna el proceso y sustenta, asimismo, la hipótesis; la misma que, en su condición óptima, el volumen del embalse capaz de disminuir la salinidad del agua significativamente, es 129.629 Hm^3 y la dotación hídrica al valle de Sama es $50.2338 \text{ Hm}^3/\text{año}$, estos parámetros óptimos permiten que la salinidad del agua disminuya de 2.075 mS/cm como promedio multianual a 1.52 mS/cm .

Por los resultados obtenidos, esta investigación se constituye en una herramienta fundamental para definir la gestión del recurso hídrico del río Sama en la zona de Yarascay y complementa a las diferentes investigaciones, mencionadas en la presente tesis.

Palabras clave: Calidad de agua, salinidad del agua, modelamiento hidroquímico, optimización, diseño estadístico.

ABSTRACT

In the study area of the present investigation, the variation of the hydric discharges is temporary, it means that in the rainy season, which is a period of 03 months, the maximum discharges are presented and an improvement in the water quality is also presented and in the rest of the year the flows in the main rivers are low and that the quality of the water is also worsened by the presence of hydrothermal flows that present characteristics of high salinity and high concentrations of heavy metals.

The main objective of this research is to study the effect that a future damming work would produce on the salinity of the Sama River in the Yarascay area.

As a result of the investigation, there is indeed a mathematical relationship of Hydrochemistry that governs the process and also supports the hypothesis; the same, that in its optimal condition the volume of the reservoir capable of significantly reducing the salinity of the water is 129,629 Hm³ and the water supply to the Sama Valley is 50.2338 Hm³/year, these optimal parameters allow the salinity of the water to decrease by 2.075 mS /cm as a multi-year average at 1.52 mS/cm.

Due to the results obtained, this research constitutes a fundamental tool to define the management of the water resource of the Sama River in the Yarascay area and complements the different investigations mentioned in this thesis.

Keywords: Water quality, water salinity, hydrochemical modeling, optimization, statistical design

INTRODUCCIÓN

La calidad del agua en los sistemas naturales es función de diversos factores naturales y no naturales. El desarrollo de la humanidad siempre ha estado ligado desde la antigüedad a la disponibilidad del agua. El hombre ha utilizado las aguas continentales como fuente de recurso para multitud de funciones.

A medida que la sociedad evoluciona, la presión sobre el recurso hídrico superficial y subterráneos es cada vez es mayor. Por un lado, debido al incremento de población y, por otro, al desarrollo creciente de las actividades agrarias y no agrarias, las cuales influyen directamente, tanto en la cantidad como en la calidad del agua.

Por otro lado, en la gestión real de los recursos hídricos no se suele tener en cuenta la calidad del agua o, en su caso, sólo como una restricción en el momento en que la calidad supone un problema para el uso. La gestión de los sistemas de recursos hídricos ha ido de la mano del desarrollo de la teoría de optimización y de la creación de modelos de simulación y optimización, sin que se realizasen grandes esfuerzos en considerar en los mismos aspectos relacionados con la calidad del recurso.

En la zona sur del país, existe una necesidad de conjugar la gestión de los sistemas de recursos con la cantidad y calidad de los mismos, siendo para ello imprescindible unir las herramientas que se están utilizando en la actualidad: los modelos de simulación de sistemas y los de modelación de la calidad.

Como un aporte a la gestión integral de los recursos hídricos del agua, a continuación, se presenta el análisis de cómo influye la implementación de la regulación del recurso hídrico del río Sama sobre la calidad de agua agrícola.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El valle de Sama, satisface, en cierta medida, su demanda de agua con los recursos hídricos provenientes del río Sama, mediante una bocatoma denominada La Tranca, que se ubica transversalmente sobre el río Sama, que está diseñada para una captación máxima de hasta 2,0 m³/s. (Distrito de Riego Locuma Sama, 2004) & (Proyecto Especial Tacna, 2015).

El río Sama, presenta una característica especial en relación a la temporalidad del recurso hídrico, presentándose 02 épocas bien definidas, la época lluvias en los periodos de enero a abril, donde el recurso hídrico es abundante (70 % del Volumen Anual) y la época de estiaje en el periodo de mayo a diciembre donde el recurso hídrico es deficitario (30 % del volumen anual), por lo que del balance hídrico entre la oferta y la demanda, existe un déficit hídrico de 0,8 MMC (Proyecto Especial Tacna, 2009).

La calidad del recurso hídrico del río Sama captada en la bocatoma la Tranca para uso agrícola y poblacional, presenta un promedio de conductividad eléctrica de 2,09 mS/cm y tienen altos contenidos de elementos químicos contaminantes como es el arsénico (0,264 mg/l) y el boro (6,65 mg/l), (Dirección Regional de Salud Tacna, 2006).

El comportamiento de la calidad de agua al igual que las descargas hídricas, presenta también una temporalidad, presentándose aguas de calidad aceptable en las épocas de lluvia y aguas de calidad poco aceptables en las épocas de estiaje (Proyecto Especial Tacna, 2003).

El déficit hídrico, la salinidad y la presencia de altos contenidos de elementos químicos contaminantes, no permiten el normal desarrollo de los cultivos que se desarrollan en el valle de sama por lo que el rendimiento y la productividad son bajos (Dirección Regional de Agricultura, 2010).

La temporalidad del recurso hídrico en la época de lluvia (altas descargas hídricas), provoca pérdidas de suelos agrícolas e inundaciones, por lo que los agricultores ven afectados significativamente la economía de sus hogares (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2002).

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De todo lo expuesto se plantea el problema de investigación siguiente:
¿El volumen de embalsamiento y la dotación hídrica al valle de Sama, afecta la salinidad del agua del río Sama en la zona de Yarascay?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La disminución del déficit hídrico en el valle de Sama y el mejoramiento de la calidad de agua del recurso hídrico en el valle de Sama, es una intervención necesaria, la cual permitirá mejorar significativamente la productividad agrícola y, por consiguiente, la calidad de vida de los agricultores asentados en el valle de Sama.

En tal sentido, el resultado de la investigación brindará una herramienta de evaluación, que permitirá plantear y/o desarrollar proyectos que aprovechen sosteniblemente la temporalidad de los recursos hídricos del río Sama, con la finalidad de disminuir el déficit hídrico del valle de sama y mejorar la calidad del agua.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General.

Determinar el efecto del volumen de embalsamiento y la dotación hídrica al valle de Sama, sobre la salinidad del río Sama.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar la relación matemática que existe entre la salinidad y el caudal del río Sama.
- Determinar la relación de la salinidad del río Sama con respecto al volumen de embalsamiento, así como la relación de la salinidad con respecto a la dotación hídrica.

1.6 HIPÓTESIS

$H_0=$ El volumen de embalsamiento y la dotación hídrica al valle de Sama, no varían significativamente el promedio multianual de la salinidad del agua del río Sama.

$H_1=$ El volumen de embalsamiento y la dotación hídrica al valle de Sama, varían significativamente el promedio multianual de la salinidad del agua del río Sama.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Andrea Momblanch, Javier Paredes-Arquiola, Antoni Munné, Andreu Manzano, Javier Arnau y Joaquín Andreu (2014) realizaron el estudio denominado “La gestión de la calidad del agua en condiciones de sequía en la cuenca del río Llobregat”, el mismo que tiene como objetivo desarrollar un modelo integrado para la cuenca del río Llobregat, que permita examinar la sequía 2004-2008, que es un ejemplo de un período en que el sistema de agua fue cuantitativo y cualitativamente afectado, para lo cual se han utilizado dos modelos coordinados para combinar los aspectos de los recursos hídricos asignación y evaluación de la calidad del agua; la gestión del agua se ocupa de cuestiones de asignación de agua considerando los elementos de almacenamiento, transporte y consumo, y por otra parte, el modelo de la calidad del agua genera series de tiempo de concentraciones de varios contaminantes de acuerdo con la calidad del agua de la escorrentía y las descargas de demanda; y como resultado se tiene que la gestión del agua tiene un gran efecto sobre el estado de la calidad del agua, que a su vez determina la idoneidad del agua para los diversos usos en la cuenca del río, este hallazgo pone de manifiesto la relevancia de incorporar la calidad del agua en la planificación y gestión del agua, asimismo la capacidad de predicción de este tipo de modelo integrado permiten efectuar el ensayo de muchas alternativas sin llegar a implementarlas; combinado con el desarrollo y la realización de una metodología adaptada al caso analizado, este enfoque genera indicadores útiles a la ayuda decisiones para hacer frente a situaciones de sequía de varios aspectos, que puede ayudarnos a aprender de las experiencias pasadas y definimos la regla de operación, serie de medidas o protocolos que mejoran la funcionalidad sistemas de recursos hídricos durante las sequías futuras.

Javier Paredes, Joaquín Andreu y Abel Solera (2010) realizaron el estudio denominado Sistema de ayuda a la decisión para los problemas de calidad del agua en el río Manzanares (Madrid, España), el mismo que tiene como objetivo evaluar el efecto de las mejoras de tratamiento en cuerpos de agua, en este trabajo se utilizó el módulo GESCAL del Aquatool para simular la calidad del agua en el Río Manzanares, el mismo que es apropiado para el modelado de calidad del agua de forma integrada para todo el sistema hídrico, incluidos los embalses y ríos, para lo cual se ha construido un modelo que simula conductividad, fósforo, materia orgánica, oxígeno disuelto, nitrógeno orgánico, amoníaco y nitratos, el período entre octubre de 2006 a septiembre de 2008 se seleccionó para la calibración debido a los muchos tratamientos modificaciones que se produjeron durante este momento, y el periodo de octubre de 2000 a septiembre 2.006, se utilizó para la validación. Una vez que el modelo GESCAL fue validado, diferentes escenarios fueron considerados y simuladas. En primer lugar, diferentes combinaciones de eliminación de nutrientes entre los diferentes EDAR que fueron simuladas; y como resultado se tiene que los esfuerzos en la eliminación de nutrientes debe concentrarse en los tres mayores EDAR, y que la eliminación de los nutrientes en las otras plantas no es tan necesario. La alternativa óptima es acumular volumen en China, Butarque y Sur EDAR y mejorar sus tratamientos tanto como sea posible, será necesario introducir medidas adicionales para mejorar las concentraciones de oxígeno disuelto en el río. En medio de estas medidas, dos posibles soluciones han sido probadas. El primero medida es el incremento de las concentraciones de oxígeno disuelto por los medios de difusores ubicados en la sección baja del río. La segunda medida adicional es aumentar el flujo natural del río por la liberación más agua desde el embalse de El Pardo. Los resultados del modelo muestran que esta medida mejoraría la calidad del agua en términos de todos los constituyentes, Las inversiones en mejoras de tratamiento de aguas residuales deben ser concentradas en las plantas Viveros, Butarque y Sur, como lo ha hecho una mayor influencia en el río. El modelo desarrollado ha demostrado ser una herramienta valiosa para el análisis de los procesos de calidad de agua en el río y para evaluar la eficacia de diferentes medidas para la mejora

de esta cuestión, constituyendo un DSS para preguntas relacionadas con calidad del agua.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Conceptos de modelación

Los modelos de calidad de aguas tienen por finalidad determinar las nuevas concentraciones de contaminantes del cuerpo de agua en cada punto y a lo largo de zonas de interés, cuando las condiciones de modificación y el estado primitivo son conocidas (Castaño, 2015).

De acuerdo con lo anterior, se puede inferir que un modelo de simulación es la herramienta adecuada para la predicción del comportamiento de la calidad del agua en un río u otro cuerpo de agua, correspondiendo a un conjunto de expresiones matemáticas definir los procesos físicos, biológicos y químicos que tienen lugar en este medio. Estas ecuaciones están basadas fundamentalmente en la conservación de la masa y/o energía, de tal forma que existen fenómenos como: a) ingreso de contaminantes al cuerpo de agua desde el exterior del sistema, b) transporte y las reacciones en el cuerpo de agua (Campillo, A.; Betancur, T.; Garcia, V., 2011). El transporte puede ser por advección y/o dispersión, dependerá de las características hidrológicas e hidrodinámicas del cuerpo de agua (Bedoya, 2007).

La confiabilidad de un modelo de calidad de aguas se basa primordialmente en que haga una buena predicción de las condiciones de los diversos parámetros de calidad que se estén modelando, así como en reproducir aceptablemente las condiciones actuales. Los procesos fundamentales que rigen la calidad del agua de un cuerpo acuático, ya sean lacustres o fluviales, son los hidrológicos, térmicos y bioquímicos. Los procesos hidrológicos deben entenderse, como aquellos exclusivamente relativos a la hidrología del cuerpo de agua, como aquellos referidos al comportamiento hidrodinámico. (Bedoya, 2007).

De acuerdo con Bedoya (2007) el objetivo primario del desarrollo de cualquier modelo de calidad del agua, es producir una herramienta que tenga la capacidad de simular el comportamiento de los componentes hidrológicos y de calidad de un cuerpo de agua. El desarrollo de esta herramienta para simular el comportamiento del prototipo, se hace aplicando un modelo matemático, producto de tres fases generales:

1. Representación conceptual.
2. Representación funcional.
3. Representación computacional.

La representación conceptual comprende una idealización gráfica del prototipo, considera la descripción de las propiedades geométricas que van a ser modeladas y la identificación de las condiciones de borde e interrelación entre las partes del prototipo. Normalmente, este proceso impone divisiones del prototipo en elementos discretos de un tamaño compatible con los objetivos que el modelo debe servir, estos elementos se definen de acuerdo a algunas simples reglas geométricas, y se diseña el modo por el cual serán conectados tanto física como funcionalmente para ser parte integrante de un todo (Castaño, 2015).

Una parte de esta estructuración es la designación de aquellas condiciones de borde a ser consideradas en la simulación. La representación funcional vincula las características físicas, procesos, y condiciones de borde en conjuntos de ecuaciones matemáticas. Esto implica la definición precisa de cada variable y sus relaciones con todos los otros parámetros que caracterizan el modelo (sus relaciones de entrada-salida). (Bedoya, 2007).

La representación computacional es el proceso por el cual, el modelo funcional es traducido a fórmulas matemáticas y procedimientos computacionales requeridos para la solución del problema (Bedoya, 2007).

2.2.2 Fundamento de embalses – Modelamiento volumétrico

Paredes, Solera y Andreu (2014) indican que los embalses superficiales, como es sabido, corresponden a puntos del esquema en los que existe capacidad de almacenamiento de agua. Son elementos básicos de la gestión. La simulación se efectúa simplemente por balance de masas, con lo que el volumen a final de mes, V_f , viene dado por la expresión [1].

$$V_f = V_i + A_e + A_a - P_f - E - S_c - S_v \quad [1]$$

Donde:

- V_i Es el volumen a principio de mes,
- A_e Es la denominada aportación a embalse,
- A_a Son las aportaciones de la parte del esquema aguas arriba del embalse,
- P_f Son las pérdidas por filtración,
- E Son las pérdidas por evaporación,
- S_c Son las sueltas controladas, o sea aquellas que no sobrepasan la capacidad de desagüe del embalse, incluidas tomas dentro del vaso,
- S_v Son los vertidos, o sea los desembalses producidos por superarse la capacidad máxima, y no caber por los dispositivos de desagüe controlables.

Para la aplicación de la fórmula [1] en el primer mes es necesario definir el volumen inicial del embalse al comienzo de la simulación (Paredes, Solera & Andreu, 2014).

Para el cálculo de las pérdidas por filtración se considera una ley del tipo:

$$P = a + bV^c \quad [2]$$

donde P y V son las pérdidas y volumen instantáneos, y a, b y c son parámetros suministrados por el usuario y requeridos por el modelo. La integración lineal de la ecuación [2] para un período (un mes) nos da la ecuación utilizada siguiente:

$$P_f = a + \frac{b}{(c+1)(V_f - V_i)} (V_f^{c+1} - V_i^{c+1}) \quad [3]$$

con unidades de P en fórmula [2] de Hm³/mes y V, V_f y V_i en Hm³.

Para el cálculo de las pérdidas por evaporación se aplica la fórmula:

$$E = \frac{S_f + S_i}{2} e \cdot 10^{-5} \quad [4]$$

donde S_f y S_i son las superficies, en Ha, de la lámina de embalse correspondientes al volumen final e inicial, respectivamente, y e es el dato de evaporación en mm.

Para que se produzcan vertidos es necesario que el agua embalsada supere el "volumen máximo", V_{max}, definido para cada mes y que el sobrante no quepa por los dispositivos de desagüe controlables, dicha capacidad máxima se ha supuesto variable mensualmente para poder definir los resguardos para avenidas. Si los vertidos no son aprovechables puede definirse como nudo de aprovechamiento el final del sistema. Téngase también en cuenta que el modelo requiere un dato de caudal máximo de sueltas controladas (Sc) y si las demandas que ha de servir el embalse superan este valor, el modelo no será capaz de servir toda la demanda desde este embalse a pesar de tener reservas utilizables (Paredes, Solera & Andreu, 2014).

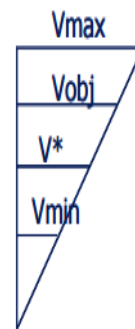
La gestión de los embalses de la cuenca se realiza de forma que se mantengan todos ellos en la medida de lo posible dentro de una misma zona de llenado. Para la definición de las zonas de llenado se ha recurrido en principio a la definición por parte del usuario de un "Volumen objetivo mensual", V_{obj} , y de un "Volumen mínimo mensual", V_{min} , quedando las zonas definidas automáticamente como sigue:

Zona superior: entre V_{max} y V_{obj}

Zona intermedia: entre V_{obj} y $V^* = \frac{1}{2}(V_{obj} + V_{min})$

Zona inferior: entre V^* y V_{min}

Zona de reserva: entre V_{min} y embalse vacío.



También se define un "número de prioridad de almacenamiento" en embalse, N_p , para cada embalse.

De esta forma, el modelo no utilizará agua de la zona intermedia de un embalse hasta que no haya agotado el agua de la zona superior de todos los demás. Y entre dos embalses en la misma zona tomará agua primero de aquel que tenga el valor del número de prioridad de almacenamiento más alto (Paredes, Solera y Andreu, 2014).

Cuando un embalse se halle en la zona de reserva para meses siguientes no le estará permitido desembalsar ningún volumen de agua con ciertas excepciones.

El esquema de gestión descrito es un esquema de reconocida eficacia (Hisch et al., 1977; Loucks y Sigvaldason, 1979) y es suficientemente flexible como para que el usuario pueda evaluar diferentes estrategias de gestión superficial y de gestión conjunta con los recursos subterráneos mediante el manejo de los V_{obj} y V_{min} definidos anteriormente (Paredes, Solera y Andreu, 2014).

2.2.3 Fundamento de embalses – Formulación general para embalses

Según Paredes, Solera & Andreu (2014) La estimación de las concentraciones de cada constituyente pasa por la resolución de un sistema de ecuaciones diferenciales que es común para todos los constituyentes excepto un sumando. Este sistema de ecuaciones diferenciales es el siguiente:

$$V_1 \frac{dC_1}{dt} + C_1 \frac{dV_1}{dt} + C_{1/2} \frac{dV}{dt} = Q_{1e}C_e - Q_{1s}C_1 + E'_{12}(C_2 - C_1) + V_1 \sum W_i$$

[5]

$$V_2 \frac{dC_2}{dt} + C_2 \frac{dV_2}{dt} - C_{1/2} \frac{dV}{dt} = Q_{2e}C_e - Q_{2s}C_2 + E'_{12}(C_1 - C_2) + Sed + V_2 \sum W_{i2}$$

[6]

Donde: El subíndice “1” representa el epilimnion o capa superior; el subíndice “2” el hipolimnion o capa inferior; V_1 y V_2 son los volúmenes de las capas (m^3); V es la ganancia o pérdida (si es negativo) de volumen del epilimnion sobre el hipolimnion debido al calentamiento o enfriamiento a lo largo del mes (m^3); C_1 y C_2 son las concentraciones de cada capa (M/V); $C_{1/2}$ es la concentración del hipolimnion si el incremento de volumen es negativo y del epilimnion si es positivo ($mg\ l^{-1}$); C_e es la concentración del agua de entrada ($mg\ l^{-1}$); t representa la variable tiempo; Q_{1e} y Q_{2e} son las entradas de caudal en el intervalo de tiempo (m^3t^{-1}); Q_{1s} y Q_{2s} son las salidas en el intervalo de tiempo (m^3t^{-1}); Sed es el flujo de constituyente desde el sedimento (M/T); W_{i1} y W_{i2} son el conjunto de procesos de degradación o aporte de constituyente en la masa de agua. E'_{12} representa el coeficiente de dispersión entre ambas capas (m^3t^{-1}). El cual se estima de la siguiente forma:

$$E'_{12} = \frac{E_{12}A_{12}}{Z_{12}}$$

[7]

Donde: E_{12} representa la difusión vertical (m^2t^{-1}); A_{12} es el área entre las dos capas (m^2); Z_{12} es la cota de la termoclina (m).

Para el caso de una modelación como una sola celda completamente mezclada la ecuación a resolver es la siguiente:

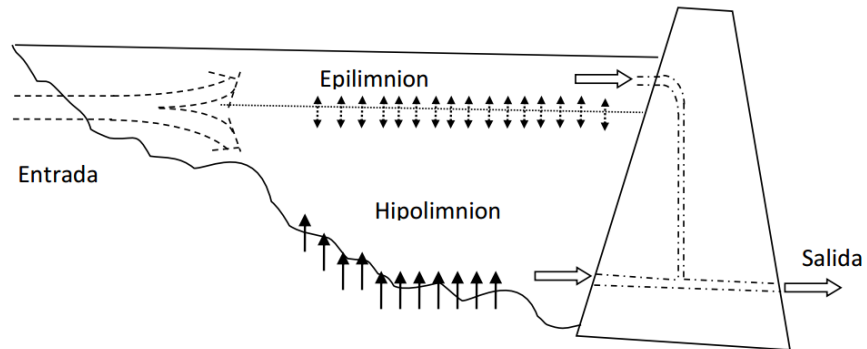
$$V_1 \frac{dC_1}{dt} + C_1 \frac{dV_1}{dt} = Q_{1e}C_e - Q_{1s}C_1 + V_1 \sum W_i \quad [8]$$

2.2.4 Fundamento de embalses - Modelamiento calidad de agua GESCAL

Paredes, Solera y Andreu (2014) indican que el programa GESCAL permite la modelación de la calidad del agua en los embalses con las siguientes características:

- Se ha concebido la posibilidad de modelarlos en dos capas representando el epilimnion y el hipolimnion o como un sólo elemento de mezcla completa.
Esta consideración puede ser variable según el mes de simulación.
- En los embalses se establece, de forma variable mensualmente, la cota de la termoclina y el reparto de entradas y salidas entre ambas capas. Además el programa, de forma automática, estima si el volumen no es suficiente para que se produzca la estratificación térmica y la elimina.
- Cuando se modela de forma estratificada se considera la difusión entre las dos capas.
- Debido a la variabilidad del volumen de los embalses a lo largo del tiempo se realiza una estimación de la calidad de forma dinámica.
- Además, se incluye, para todos los contaminantes, la posibilidad de introducir flujos de constituyentes desde el sedimento. Esto permite modelar demandas de oxígeno disuelto desde el sedimento, aporte de nutrientes, etc.

Figura N° 1: Esquema de la modelación de la calidad de embalses



Fuente: Paredes, Solera y Andreu (2014).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Caudal: Es la cantidad de agua que pasa por una sección determinada en una unidad de tiempo (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Ciclo hidrológico: 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 (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Conductividad: Es un parámetro que mide la cantidad de iones disueltos en el agua, el cual se mide en Siemens (S/cm) y/o micro siemens ($\mu\text{S/cm}$) (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Cuenca hidrográfica: Porción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Cuerpo de agua: Extensión de agua, tal como un río, lago, mar u océano que cubre parte de la Tierra. Algunos cuerpos son artificiales, como los estanques, aunque la mayoría son naturales. Pueden contener agua salada o dulce (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Embalse: Extensión de agua formada en el lecho de un río o arroyo cuando, con algún medio físico se cierra parcialmente o totalmente su cauce (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Estación hidrométrica: Estación en la cual se obtienen datos sobre el agua de ríos, lagos y embalses, referidos a uno o más de los elementos siguientes: nivel, transporte y depósito de los sedimentos, temperatura del agua y otras propiedades físicas y químicas del agua, características de la capa de hielo (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Estándar de Calidad Ambiental (ECA): Es la medida que establece el nivel de concentración del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua, suelo, en condiciones de cuerpo receptor; que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Frecuencia de monitoreo: Es la periodicidad del monitoreo de calidad del agua, el cual está determinado por la estacionalidad hidrológica del cuerpo de agua continental y la hidrodinámica del cuerpo marino (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Aguas continentales: Son cuerpos de aguas permanentes que comprenden las aguas superficiales y subterráneas (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Límite Máximo Permisible (LMP): Es la medida de la concentración o del grado de elementos sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Monitoreo de la calidad del agua: es el proceso que permite obtener como resultado la medición de la calidad del agua, con el objeto de realizar el

seguimiento sobre la exposición de contaminantes a los usos de agua y el control a las fuentes de contaminación (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Muestra de agua: Parte representativa del material a estudiar (para este caso agua natural, agua para consumo humano, agua superficial, agua subterránea, agua residual) en la cual se analizaran los parámetros de interés (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Muestreo de agua: Es una herramienta del monitoreo. Su función básica es la extracción de un parte del cuerpo de agua para determinar sus características y condiciones actuales (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Parámetros de Calidad: Compuestos, elementos, sustancias, indicadores y propiedades físicas, químicas o biológicas de interés para la determinación de la calidad de agua (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Protocolo: Es un documento guía que contiene pautas, instrucciones, directivas y procedimientos establecidos para desarrollar una actividad específica (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Puntos de Monitoreo: 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 vigilancia (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Puntos de Control: Representa aquel lugar previamente establecido en un cuerpo de agua para llevar a cabo la evaluación de su calidad y cantidad, como parte de las actividades de fiscalización de vertimientos autorizados y/o re usos (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Recurso hídrico: Recurso natural renovable que fluyen en los cuerpos naturales de agua continental y marino. También son los bienes naturales asociados al agua,

por ejemplo: los cauces de los ríos, playas, lechos y riberas, barriales, bienes artificiales como presas, canales, entre otras (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Red de Monitoreo: Es un sistema de monitoreo ambiental continuo. Cuenta con puntos de medición con disponibilidad de datos sobre la calidad del agua. Su objetivo es obtener información de la calidad del agua, de forma confiable y clara, para evaluar el cumplimiento de estándares de calidad y verificar la tendencia de la concentración de los contaminantes, como información base para la definición de políticas de control de contaminación (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Excedente: Corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado y desemboca en el mar, en un lago o en otro río (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

Vigilancia: La vigilancia, consiste en el monitoreo del comportamiento de la calidad del agua o de procesos que se encuentran insertos dentro de un determinado sistema, con el objetivo de detectar a aquellos que interfieren con la conformidad de las normas vigentes, deseadas o esperadas (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Retrospectivo - Longitudinal

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

En relación a descargas hídricas, la población y muestra de estudio considerados, corresponde a los eventos enmarcados a la serie histórica de descargas medias mensuales del año 1964 al año 2020, observada en la estación limnométrica denominada La Tranca, emplazada en el río Sama.

En relación al Volumen de Embalsamiento (VOLEMB), la población analizada se define como población a todos los eventos enmarcados en el rango de 30 Hm³ a 140 Hm³, y la muestra del estudio corresponde específicamente a volúmenes de embalsamiento de 30 Hm³, 85 Hm³ y 140 Hm³, de acuerdo al requerimiento de información del diseño experimental seleccionado.

En relación a la Dotación Hídrica (DOTHID), la población analizada se define como población a todos los eventos enmarcados en el rango de 50 Hm³/año a 140 Hm³/año, y la muestra del estudio corresponde específicamente a volúmenes de regulación de 50 Hm³/año, 95 Hm³/año y 140 Hm³/año, de acuerdo al requerimiento de información del diseño estadístico seleccionado.

Se utilizarán herramientas de diseño estadístico para la optimización de un modelo que minimice los impactos en la calidad de agua del valle de Locumba. Se ha seleccionado un diseño factorial de 03 niveles 3² sin repeticiones en el centro por ser datos retrospectivos con un total de 09 corridas aleatorias según se muestra a continuación:

Atributos de la Superficie de Respuesta

Clase de diseño: Superficie de Respuesta

Nombre del Diseño: Factorial de 3 niveles: 3^2

Diseño Base

Número de factores estadísticos: 2

Número de bloques : 1

Número de respuestas: 1

Número de corridas : 09

Grados de libertad para el error: 3

Aleatorizar: Sí

Factores	Bajo	Alto	Unidades	Continuo
VOLEMB	30	140	Hm ³	Sí
DOTHID	50	140	Hm ³ /año	Sí

Respuestas	Unidades
SAL	mS/cm

El StatAdvisor: Ha creado un diseño factorial de 3 niveles: 3^2 el cual estudiará los efectos de 2 factores en 9 corridas. El diseño deberá ser ejecutado en un solo bloque. El orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas (Montgomery, Douglas & Runger, George. 1996).

Tabla N° 1: Población y muestra para la optimización

N°	Bloque	Variable sin codificar		Variable codificados		Respuesta
		VOLEMB	DOTHID	VOLEMB (Hm ³)	DOTHID (Hm ³ /año)	SAL (mS/cm)
1	1	O	+	85	140	
2	1	+	O	140	95	
3	1	-	-	30	50	
4	1	+	+	140	140	
5	1	O	O	85	95	
6	1	-	O	30	95	
7	1	-	+	30	140	
8	1	O	-	85	50	
9	1	+	-	140	50	

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

VOLEMB : Volumen de Embalsamiento del río Sama

DOTHID : Dotación Hídrica al Valle de Sama

SAL : Salinidad del Agua de Uso Agrario

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variables independientes

Volumen de Embalsamiento: Es el volumen máximo de diseño del embalse, se mide en Hm³; Nivel de medición.- Escalar

Dotación Hídrica: Es el volumen hídrico que recibe el área agrícola del valle de sama, se mide en Hm³/año; Nivel de medición.- Escalar

3.3.2 Variables dependientes

Salinidad del Agua en la Descarga: Es la conductividad eléctrica del recurso hídrico, como producto del balance másico en el sistema de regulación, se mide en mS/cm; Nivel de Medición. - Escalar

3.3.3 Tabla de operacionalización de variables

Tabla N° 2: Operacionalización de Variables

Variable	Tipo de Variable	Definición	Indicador	Unidad de Medida
Volumen de Embalsamiento (VOLEMB)	Cuantitativa Discreta	Es el volumen de embalsamiento del río Sama en la zona de Yarascay	Volumen	Hm ³
Dotación Hídrica (DOTHID)	Cuantitativa Discreta	Es la dotación hídrica al valle de Sama	Volumen Anual	Hm ³ /año
Salinidad (SAL)	Cuantitativa Continua	Es la Salinidad del agua	Conductividad Eléctrica	mS/cm

Fuente: Elaboración Propia

Las Variables del sistema, se dividen básicamente en variables de entrada que son 02, los cuales son variables manipulables y las variables de salida que son 01, como se puede observar en el gráfico siguiente:

Figura N° 2: Variables del Sistema



Fuente: Elaboración Propia

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas y métodos de recolección de datos utilizados, fueron los siguientes:

Serie histórica

Se utilizó la serie histórica de descargas medias mensuales de la estación La Tranca desde 1964 al 2020, la misma que es información oficial de una entidad del estado.

Correlaciones fisicoquímicas

Se utilizaron correlaciones fisicoquímicas, a fin de generar información de salinidad, paralelo a las descargas hídricas, las mismas que serán validadas estadísticamente. Mediante la valoración del índice de correlación (Walpole, Ronald, Myers, Raymond, & Sharon, 1999) & (Montgomery, Douglas, & George, 1996).

Diseño estadístico de optimización

Se utilizó 01 gestor de diseño estadístico de optimización de variables, validado internacionalmente. Denominado Statgraphics Centurión XV versión 15.2.05. (Statistical Graphics Corporation, 2002).

Plataforma de simulación hidroquímica

Se utilizó una plataforma de simulación hidroquímica validada, de la Universidad Politécnica de Valencia denominada Aquatool (SIMGES Y GESCAL), dicha plataforma se usó para obtener las respuestas de las preguntas del diseño estadístico seleccionado y los valores promedios para la hipótesis.

3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

En una primera etapa, se procedió a efectuar la recopilación y validación de información, así como de los instrumentos de la investigación.

En una segunda etapa, se efectuó las correlaciones numéricas de la salinidad del río Sama como una función del caudal del mismo.

En una tercera etapa se configuró la topología del sistema en la plataforma de simulación hidroquímica.

En una cuarta etapa, se efectuó la simulación utilizando la plataforma de simulación hidroquímica.

En una quinta etapa, las respuestas obtenidas de la plataforma de simulación hidroquímica, se integraron al diseño estadístico y se definió el comportamiento, las correlaciones de las variables intervinientes y se dio respuesta a la hipótesis de la tesis; en la misma, se procedió a efectuar un proceso de optimización de las variables con la finalidad de obtener respuesta a la hipótesis planteada en la mejor versión del sistema, el mismo que satisfizo la siguiente función objetivo:

Tabla N° 3: Objetivos de optimización

Variable	Objetivo
Dotación Hídrica al valle de Sama	Maximizar
Salinidad del Recurso Hídrico para uso agrario	Minimizar

Fuente: Elaboración Propia

Luego del proceso de optimización múltiple se obtuvo un índice de deseabilidad cercano a 1, lo cual indicaría también las condiciones en que el embalsamiento y/o aprovechamiento será viable y sostenible (Canahua, 2005).

CAPÍTULO IV
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla N° 4

Recuento de los datos históricos de caudal en la estación La Tranca – Río Sama

Muestra	Recuento	Media	Sigma
ENE	57	4.17265	4.29994
FEB	57	8.42353	8.24345
MAR	57	6.40388	6.70639
ABR	57	1.69974	1.31338
MAY	57	1.08935	0.523416
JUN	57	1.12505	0.401888
JUL	57	1.0393	0.355492
AGO	57	0.824895	0.285026
SET	57	0.625982	0.206943
OCT	57	0.530684	0.176376
NOV	57	0.490281	0.180362
DIC	57	0.786386	0.674014
	684	2.26764	4.16934

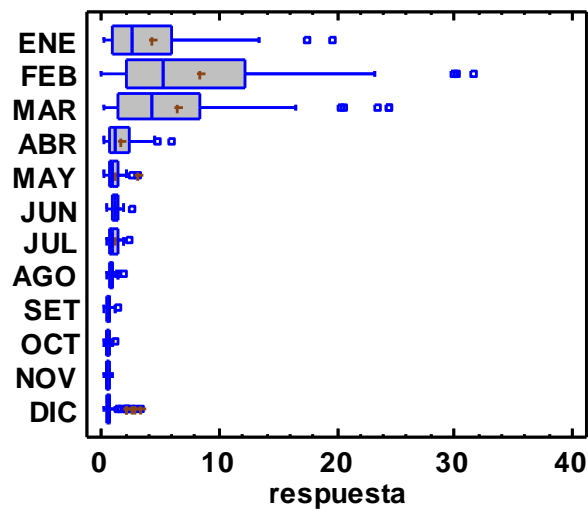
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación

Se ha utilizado la serie histórica de paso mensual, de caudales correspondientes al periodo 1964 – 2020 de la estación La Tranca – Río Sama, que totaliza 684 eventos observados, con una media multimensual de 2.267 m³/s, media máxima multimensual de 8.423 m³/s en el mes de febrero y una media mínima multimensual de 0.490 m³/s en el mes de noviembre.

Figura N° 3

Caja y Bigotes de la serie histórica del Caudal en la estación La Tranca – Río Sama



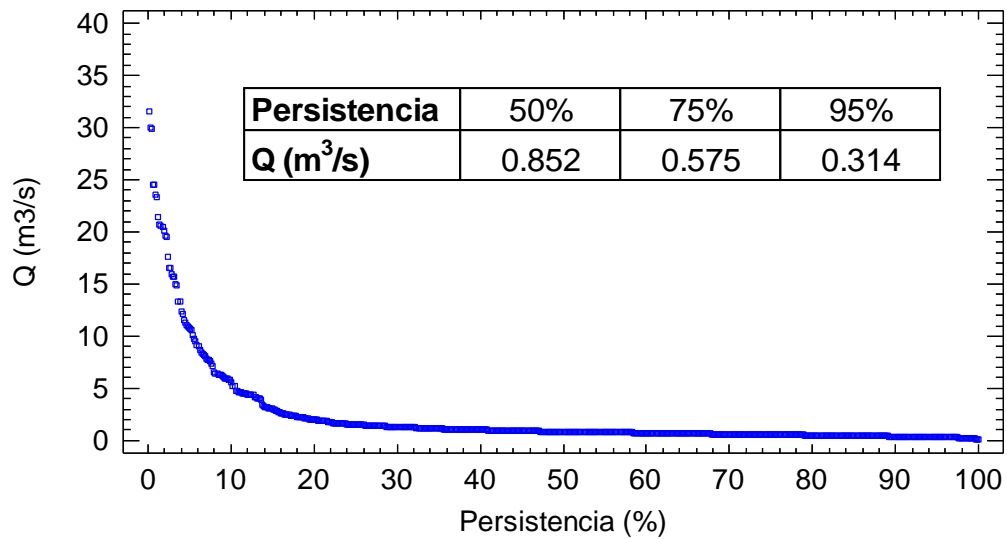
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación

Del gráfico de Cajas y Bigotes de la serie histórica de caudales 1964 – 2020 en la estación La Tranca – Río Sama, se puede observa claramente la temporalidad de las descargar hídricas, donde se ve claramente que de enero a marzo ocurren las mayores descargas hídricas, y el resto del año abril a diciembre las descargas son mínimas.

Figura N° 4

Curva de persistencia del Caudal en la Estación La Tranca – Río Sama

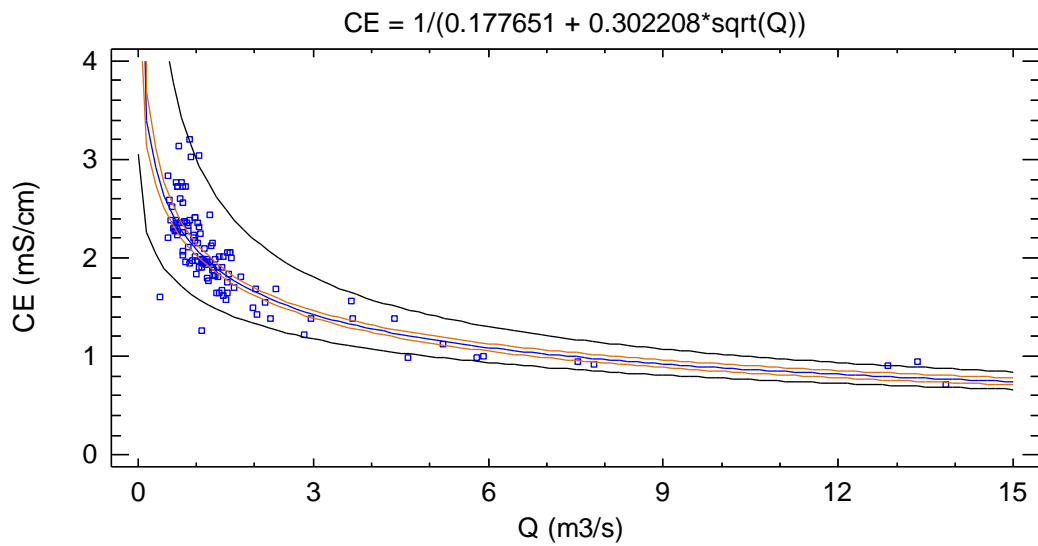


Interpretación

Del análisis de persistencia de la serie histórica de caudales periodo 1964 – 2020 en la estación La Tranca – Río Sama, el rango de persistencia de 50 % a 95 %, varía desde 0.852 m³/s a 0.314 m³/s, lo que muestra que la mayor persistencia corresponde a caudales bajos.

Figura N° 5

Modelo Ajustado de correlación Caudal – Conductividad eléctrica del agua en la estación La Tranca – Río Sama



Coefficiente de Correlación = 0.919482; R-cuadrada = 84.5448 por ciento

Interpretación

Existe relación entre los caudales medidos en campo y la conductividad eléctrica del agua, la misma que tiene sustento estadístico en el coeficiente de correlación de 0.92 y R² de 84.5 %, correlación numérica que es utilizada en la presente investigación.

Tabla N° 5

Respuesta al Diseño Estadístico de la Optimización

N°	Bloque	Variable sin codificar		Variable codificados		Respuesta
		VOLEMB	DOTHID	VOLEMB (Hm ³)	DOTHID (Hm ³ /año)	SAL (mS/cm)
1	1	O	+	85	140	1.6510
2	1	+	O	140	95	1.5690
3	1	-	-	30	50	1.7210
4	1	+	+	140	140	1.5920
5	1	O	O	85	95	1.6280
6	1	-	O	30	95	1.8240
7	1	-	+	30	140	1.8720
8	1	O	-	85	50	1.5630
9	1	+	-	140	50	1.5190

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación

De las respuestas de la plataforma al diseño estadístico de optimización, se tiene una máxima de conductividad eléctrica de 1.8240 mS/cm para un volumen de embalsamiento de 30 Hm³ y una dotación de 95 Hm³/año, y una mínima de 1.5190 mS/cm para un volumen de embalsamiento de 140 Hm³ y una dotación de 50 Hm³/año.

Figura N° 6

Ecuación del Modelo Ajustado

$$\text{SAL} = 1.71651 - 0.00535317 \cdot \text{VOLEMB} + 0.00376435 \cdot \text{DOTHID} + 0.0000227548 \cdot \text{VOLEMB}^2 - 0.00000787879 \cdot \text{VOLEMB} \cdot \text{DOTHID} - 0.0000102058 \cdot \text{DOTHID}^2$$

Tabla N° 6

Análisis de Varianza del Modelo Ajustado

Análisis de Varianza para SAL

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:VOLEMB	0.0905282	1	0.0905282	1054.92	0.0001
B:DOTHID	0.016224	1	0.016224	189.06	0.0008
AA	0.00947606	1	0.00947606	110.42	0.0018
AB	0.001521	1	0.001521	17.72	0.0245
BB	0.000854222	1	0.000854222	9.95	0.0511
Error total	0.000257444	3	0.0000858148		
Total (corr.)	0.118861	8			

R-cuadrada = 99.7834 por ciento

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99.4224 por ciento

Error estándar del est. = 0.00926363

Error absoluto medio = 0.00461728

Estadístico Durbin-Watson = 1.42523 (P=0.2078)

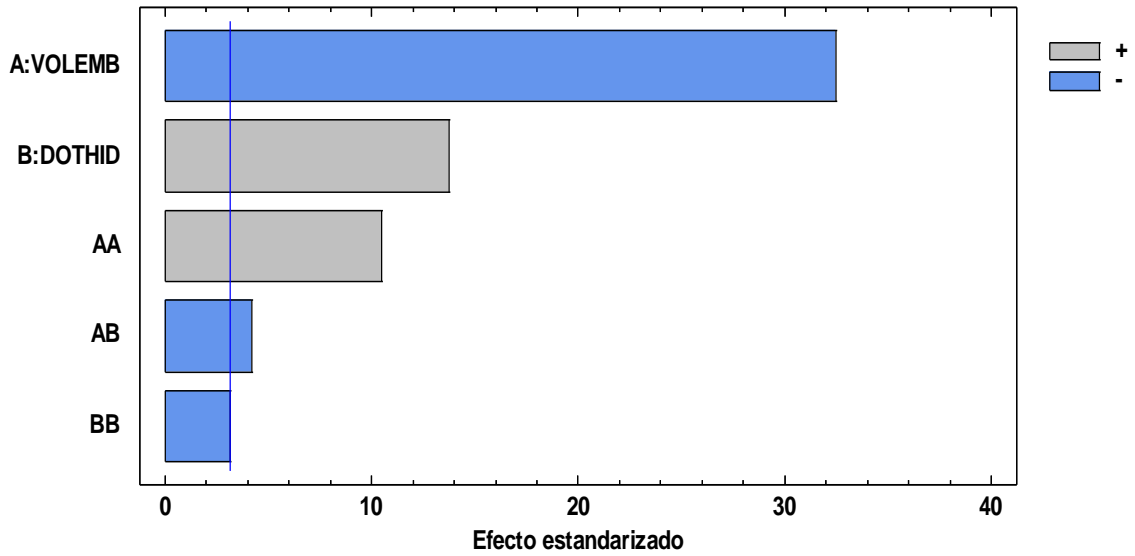
Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.15457

Interpretación

El modelo que gobierna el proceso, es el indicado para la presente investigación ya que presenta un R²= 99.7834 %, la misma que se sustenta en el análisis de varianza del modelo de la Tabla N° 6.

Figura N° 7

Diagrama de Pareto del Modelo Ajustado

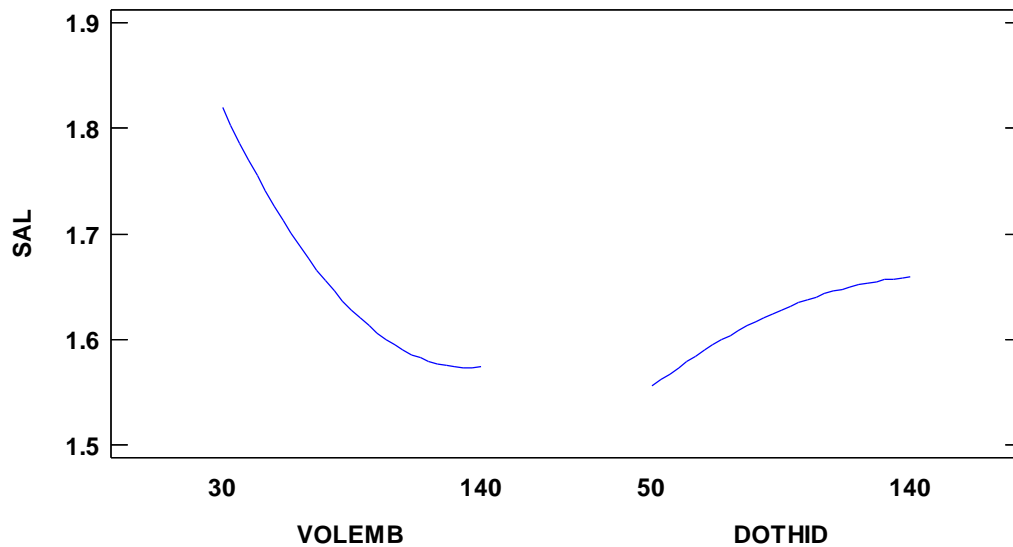


Interpretación

Del análisis del diagrama de Pareto, se muestra que todos los factores son significativos, por lo que para utilizar la fórmula ajustada es necesario considerar los efectos principales y las interacciones de los mismos.

Figura N° 8

Gráfico de efectos principales del modelo ajustado

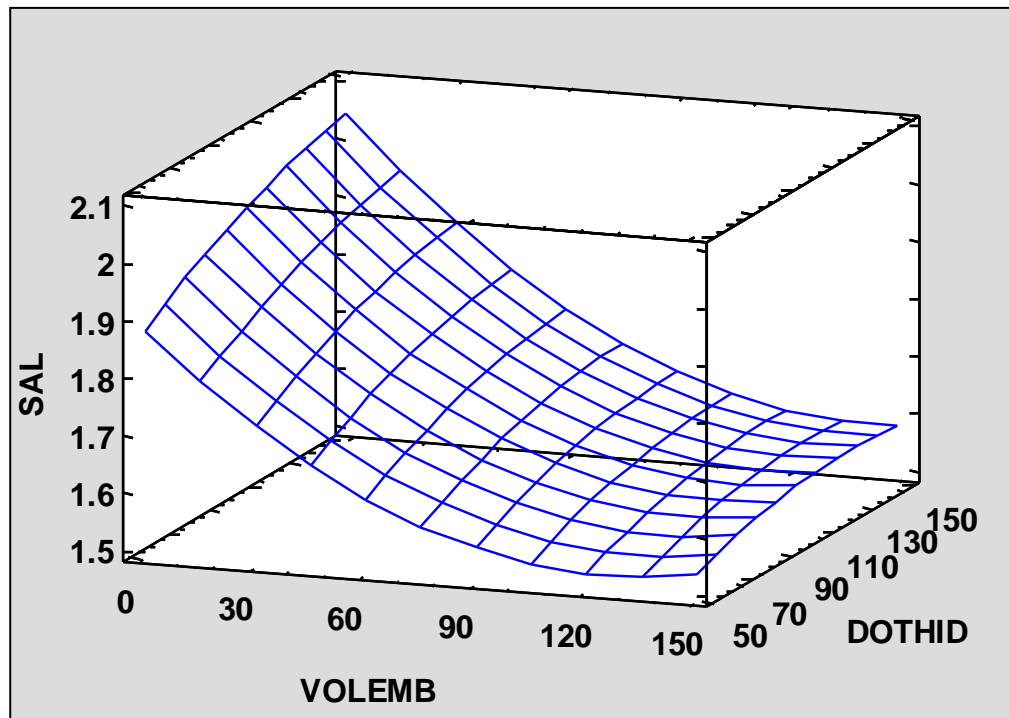


Interpretación:

En el gráfico de efectos principales, se observa que la salinidad con respecto al volumen de embalsamiento es inversamente proporcional hasta cierto punto donde presenta un máximo descenso; por otro lado, la salinidad con respecto a la dotación hídrica presenta una relación directa, también hasta cierto punto donde presenta un máximo incremento.

Figura N° 9

Superficie de Respuesta Estimada del Modelo Ajustado -SAL

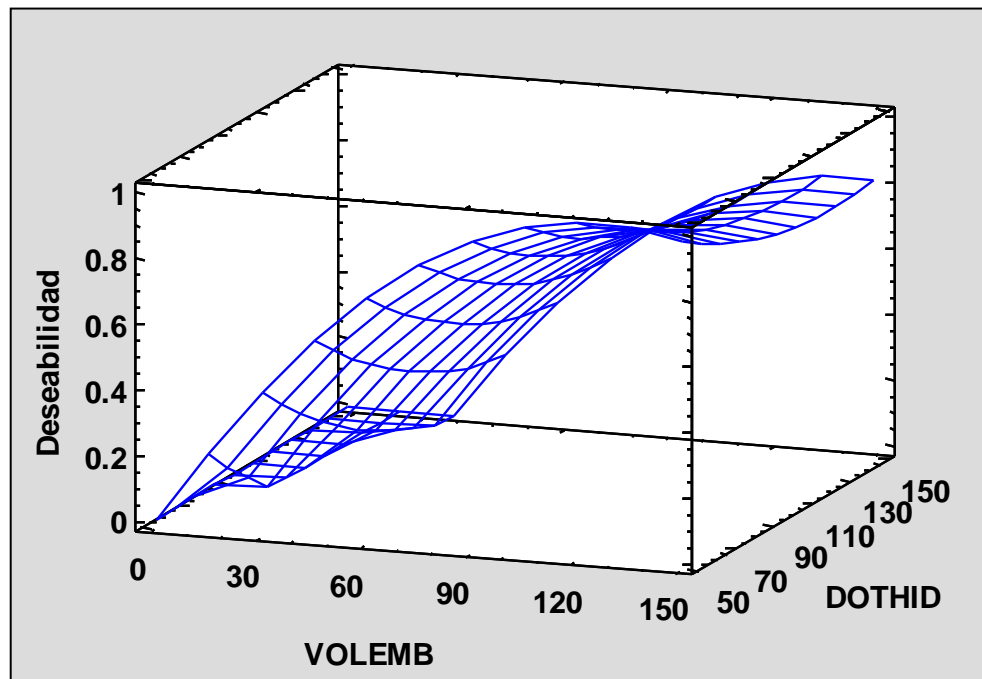


Interpretación

En la superficie de respuesta, se puede observar claramente que el proceso tiene un óptimo.

Figura N° 10

Superficie de respuesta del modelo ajustado - Deseabilidad



Interpretación

La superficie de respuesta en función a la deseabilidad, muestra un óptimo del proceso.

Figura N° 11

Contornos de la superficie de respuesta estimada

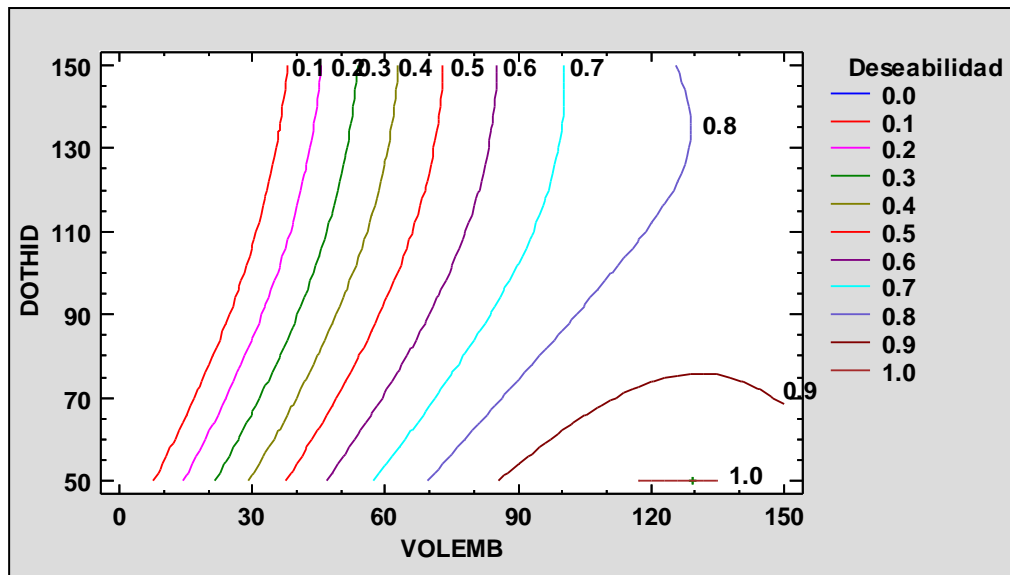


Tabla N° 7

Valores óptimas del proceso

Optimizar Deseabilidad: Valor óptimo = 1.0

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
VOLEMB	30.0	140.0	129.629
DOTRID	50.0	140.0	50.2338

<i>Respuesta</i>	<i>Óptimo</i>
SAL	1.51699

interpretación

Para una deseabilidad e 1.0, se tiene un punto óptimo de 129.629 Hm³ para VOLEMB y 50.234 Hm³/año para DOTRID, dando como resultado una disminución de la conductividad eléctrica máxima a 1.51699 mS/cm.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

5.1 PROCESO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

A continuación se realiza la validación de las hipótesis de investigación mediante la prueba Z por tratarse de una muestra mayor a 30 datos.

Formulación de las hipótesis

Ho: $\mu_1 = \mu_2$ No existen diferencias significativas entre el grupo de control y el grupo experimental.

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$ Existen diferencias significativas entre el grupo de control y el grupo experimental.

Nivel de significación

De manera análoga el nivel de significancia o error utilizado es del 5 % ó $\alpha=0.05$ con un nivel de confianza del 95 %.

Elección de la prueba estadística

Debido a que la muestra es mayor a 30 datos, $n_1=684$ para el grupo de control y; $n_2=684$ grupo experimental, se eligió la prueba de distribución normal que tiene la siguiente fórmula:

$$Z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Pruebas de Hipótesis

Medias muestrales = 2.07525 y 1.51699

Desviaciones estándar muestrales = 0.589084 y 0.363

Tamaños de muestra = 684 y 684

Intervalo aproximado del Intervalos de confianza del 95.0 % para la diferencia entre medias: 0.55826 +/- 0.0518553 [0.506405,0.610115]

Hipótesis Nula: diferencia entre medias = 0.0

Alternativa: no igual

Estadístico Z calculado = 21.1005

Valor-P = 0.0

Rechazar la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Dada una muestra de 684 observaciones con una media de 2.07525 y una desviación estándar de 0.589084 y una segunda muestra de 684 observaciones con una media de 1.51699 y una desviación estándar de 0.363, el estadístico Z calculado es igual a 21.1005. Puesto que el valor-P para la prueba es menor que 0.05, puede rechazarse la hipótesis nula con un 95.0 % de nivel de confianza. El intervalo de confianza muestra que los valores de $\mu_1 - \mu_2$ soportados por los datos caen entre 0.506405 y 0.610115.

Decisión

Rechazamos la H_0 y aceptamos la H_1 , por lo que podemos afirmar que existen diferencias significativas entre el grupo de control y el grupo experimental a un nivel de confianza del 95 % y significancia del 5 %.

Es decir que la salinidad del río Sama varía significativamente con la regulación del mismo en la zona de Yarascay, por lo que se tiene una mejora significativa en la calidad del agua.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Se ha logrado demostrar que el volumen de embalsamiento y la dotación hídrica al valle de Sama, en su condición óptima de volumen de embalsamiento de 129.629 Hm³ y la dotación hídrica al valle de Sama de 50.2338 Hm³/año, varía significativamente la salinidad del agua del río Sama de 2.075 mS/cm a 1.52 mS/cm como promedio multianual.

Se ha logrado demostrar, que existe una función matemática de la salinidad del río Sama como una función de los caudales media mensuales que existen en los registros históricos la misma que es $CE=1/(0.177651 + 0.302208*\sqrt{Q})$.

Se ha logrado demostrar, del gráfico de efectos principales, que la relación de la salinidad con respecto al volumen de embalsamiento es inversamente proporcional y la relación de la salinidad, con respecto a la dotación hídrica presenta una relación directa.

6.2 RECOMENDACIONES

A la Autoridad Nacional del Agua, a fin de que en los planes de gestión de recursos hídricos, considere en las medidas estructurales se efectúe la simulación no solo de la cantidad del recurso hídrico si no también la calidad del mismo, con el objetivo de planificar adecuadamente su aprovechamiento.

A los operadores de infraestructura hidráulica, que implementen en sus plataformas de simulación hídrica el modulo de la calidad de agua, para que tengan conocimiento de la calidad de agua captada y la calidad de agua entregada.

A las universidades, que promuevan en las investigaciones en recursos hídricos, no solo la gestión relacionada a la cantidad, sino también se involucre el tema de la calidad del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional del Agua. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hidricos Superficiales*. Lima: ANA.
- Bedoya, J. (2007). *Modelo de simulacion de metales pesados en la cuenca del río Tunjuelo (Tesis de Grado)*. Bogotá D.C.: Universidad de la Salle, Facultad de Ingenieria Ambiental y Sanitaria.
- Campillo, A.; Betancur, T.; García, V. (2011). Una metodología para la formulacion de planes de ordenamiento del recurso hidrico. *Revista Ingenierías Universidad de Maedellín* , 67-78.
- Canahua, L. (2005). *Diseños Experimentales en Medio Ambiente*. Tacna.
- Castaño. (2015). *Modelación de la calidad de agua del río Tunjuelo en dos escenarios de implementación del plan de saneamiento de Bogotá*. Bogotá.
- Dirección Regional de Agricultura. (2010). *Informe estadistico de los rendimientos de cultivos Tacna*. Tacna: DRAGT.
- Dirección Regional de Salud Tacna. (2006). *Control de Calidad de Aguas Superficiales Tacna*. Tacna: DIRESA Tacna.
- Distrito de Riego Locuma Sama. (2004). *Inventario de infraestructura de riego en el ámbito del sub distrito de riego Sama Inclán - Las Yaras*. Tacna: DRLS.
- Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. (2011). *Norma para la presentacion de tesis*. Tacna: ESPG - UNJBGT.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2002). *Levantamiento de información sobre los principales sectores vulnerables ante inundacion en Tacna*. Tacna: INDECI.
- Momblanch, A., Paredes - Arquiola, J., Munne, A., Manzano, A., & Arnau, J. &. (2014). La gestión de la calidad del agua en condiciones de sequia en la cuenca del río Llobregat - España. *Revista Científica Science Direct* , 300 - 318.

- Montgomery, Douglas, & George, R. &. (1996). *Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería* (1 ed.). México: Ed. Mc Graw Hill.
- Paredes, J., & Andreu, J. (2010). Sistema de ayuda a la decisión para los problemas de calidad de agua en el río Manzanares (Madrid, España). *Revista Científica Science Direct* , 2576 - 2589.
- Paredes, J., Solera, A., & Andreu, J. (2014). *Modelo GESCAL para la simulación de la calidad de agua en sistemas de recursos hídricos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Paredes, J., Solera, A., & Andreu, J. (2014). *Modelo SIMGES de simulación de la gestión de recursos hídricos*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Proyecto Especial Tacna. (2003). *Calidad de agua en todo el ámbito del PET*. Tacna: PET.
- Proyecto Especial Tacna. (2009). *Estudio hidrológico de la cuenca del río Sama*. Tacna: PET.
- Proyecto Especial Tacna. (2015). *Inventario de infraestructura hidráulica sector hidráulico menor Clase B - Jarumas*. Tacna: PET.
- Statistical Graphics Corporation. (2002). *Statgraphics user manual 5.0*. USA.
- Walpole, Ronald, Myers, Raymond, & Sharon. (1999). *Probabilidad y estadística para ingenieros* (6 ed.). México: Ed. Prentice Hall.

ANEXOS

- Serie histórica de descargas media mensual del río Sama en la Estación la Tranca periodo 1964 - 2020
- Serie histórica generada media mensual de la salinidad del río Sama expresada como Conductividad Eléctrica Periodo 1964 – 2020
- Mediciones de Parámetros Fisicoquímicos In Situ – Cadena de Custodia, para la correlación de la Conductividad Eléctrica como una función del Caudal.
- Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales, efectuada por la Autoridad Nacional del Agua al río Sama en la Estación La Tranca.
- Ficha Técnica de la Conductividad Eléctrica del Agua – Según Sistema Internacional de Unidades.

PROYECTO ESPECIAL TACNA GERENCIA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS AREA DE HIDROLOGIA														
DESCARGAS MEDIAS MENSUALES (m³/s)														
CODIGO DE ESTACION	: 19111117													
NOMBRE DE ESTACION	: LA TRANCA										LONGITUD : 70° 28'			
CATEG. DE ESTACION	: LIMNIMETRICA										DPTO. : TACNA LATITUD : 17° 43'			
CUENCA	: SAMA										PROV. : TACNA ALTITUD : 620 m.s.n.m.			
RIO	: SAMA										DIST. : INCLAN FUENTE : DRAG-T			
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	D.STD
1964	0.652	0.766	1.160	0.768	1.047	1.244	1.168	0.964	0.689	0.615	0.288	0.712	0.839	0.282
1965	6.390	5.212	0.765	0.677	0.813	0.801	0.866	0.843	0.733	0.401	0.208	0.173	1.490	2.043
1966	0.109	0.085	0.985	0.341	0.555	0.570	0.551	0.566	0.347	0.341	0.278	0.405	0.428	0.242
1967	0.472	4.471	6.349	1.571	0.768	1.016	0.925	0.983	0.556	0.459	0.313	0.368	1.521	1.893
1968	3.313	2.261	1.530	1.530	0.846	1.255	1.143	0.547	0.404	0.427	0.376	0.284	1.160	0.909
1969	0.620	4.364	3.117	0.678	0.661	0.756	0.540	0.386	0.417	0.505	0.332	0.232	1.051	1.293
1970	1.838	2.450	2.273	1.140	0.498	0.495	0.517	0.494	0.474	0.348	0.253	0.262	0.920	0.807
1971	2.505	6.203	5.955	1.102	0.785	0.852	0.832	0.575	0.363	0.351	0.354	1.053	1.744	2.106
1972	17.587	21.379	16.534	4.413	1.546	1.395	1.428	0.945	0.571	0.467	0.465	1.561	5.691	7.868
1973	6.029	19.546	14.966	3.209	1.507	1.453	1.354	1.135	0.873	0.670	0.479	0.436	4.305	6.321
1974	19.644	20.706	13.365	1.809	1.327	1.612	1.339	1.945	1.273	0.612	0.500	0.434	5.381	7.755
1975	5.812	31.562	20.598	2.268	1.670	1.850	1.507	1.059	0.696	0.541	0.474	1.966	5.834	9.842
1976	13.273	11.326	11.486	2.439	1.452	1.463	1.387	1.002	1.099	0.720	0.565	0.442	3.888	4.958
1977	4.448	23.304	23.520	1.891	1.335	1.343	1.204	1.059	0.584	0.571	0.454	0.396	5.009	8.664
1978	4.144	10.884	0.861	0.940	0.930	1.074	1.013	0.843	0.654	0.443	0.344	0.359	1.874	3.011
1979	1.073	0.472	1.279	0.747	0.978	1.051	0.879	0.750	0.515	0.373	0.390	0.658	0.764	0.294
1980	0.670	0.457	4.435	0.552	0.769	0.819	0.842	0.600	0.488	0.371	0.299	0.215	0.876	1.138
1981	0.388	7.356	4.083	0.685	0.680	0.833	0.791	0.674	0.558	0.327	0.311	1.053	1.478	2.111
1982	1.407	2.459	1.231	0.753	0.608	0.855	0.743	0.594	0.418	0.289	0.342	0.282	0.832	0.623
1983	0.220	0.202	0.492	0.208	0.292	0.513	0.587	0.426	0.345	0.173	0.119	0.186	0.314	0.156
1984	2.290	15.720	5.904	1.789	1.203	1.588	1.841	1.352	0.750	0.381	0.589	0.406	2.818	4.323
1985	0.424	16.509	9.512	4.521	1.539	1.666	1.293	0.713	0.482	0.450	0.557	0.836	3.209	4.944
1986	5.588	9.747	6.440	2.389	1.195	1.603	1.484	1.287	0.587	0.629	0.829	1.187	2.747	2.916
1987	8.349	3.005	1.038	1.077	1.338	1.335	1.023	0.857	0.524	0.400	0.653	0.587	1.682	2.207
1988	3.074	2.408	1.508	0.858	0.726	0.822	0.782	0.556	0.447	0.297	0.236	0.399	1.009	0.887
1989	0.820	9.153	2.026	4.005	1.058	1.149	0.976	0.816	0.665	0.372	0.313	0.330	1.807	2.527
1990	0.296	0.313	1.721	0.380	0.455	0.669	0.641	0.438	0.281	0.279	0.226	0.203	0.644	0.596
1991	8.179	0.948	3.485	0.807	0.851	0.969	0.892	0.760	0.574	0.452	0.389	0.434	1.562	2.241
1992	0.461	0.318	0.273	0.346	0.453	0.545	0.543	0.377	0.330	0.277	0.356	2.666	0.579	0.664
1993	11.099	2.346	4.735	0.666	0.811	0.923	0.852	0.806	0.433	0.423	0.403	0.693	2.016	3.114
1994	2.332	20.090	1.321	1.944	0.994	1.071	1.130	0.779	0.590	0.462	0.424	0.550	2.641	5.526
1995	3.063	0.371	4.402	0.651	0.575	0.692	0.626	0.560	0.510	0.451	0.388	0.299	1.049	1.291
1996	0.507	2.169	1.285	0.677	0.698	0.612	0.643	0.497	0.377	0.431	0.468	0.425	0.732	0.512
1997	10.759	14.897	7.164	1.392	1.170	1.284	1.115	0.864	0.887	0.651	0.692	0.616	3.458	4.811
1998	10.772	1.349	0.925	0.979	0.794	0.880	0.751	0.812	0.535	0.496	0.436	0.568	1.591	2.902
1999	0.961	12.354	24.550	5.978	2.056	1.358	1.256	1.124	0.871	0.741	0.647	0.664	4.380	7.216
2000	5.840	12.092	9.077	4.173	2.677	2.617	2.313	1.206	0.655	0.683	0.623	0.725	3.557	3.704
2001	3.008	30.064	20.425	2.853	1.823	1.427	1.390	0.815	1.059	0.618	0.709	0.909	5.425	9.515
2002	1.128	8.082	7.778	2.133	1.644	1.697	1.652	1.461	0.773	0.688	0.774	0.808	2.385	2.631
2003	1.092	1.088	1.678	1.083	0.739	0.866	0.858	0.842	0.588	0.683	0.519	0.519	0.880	0.327
2004	2.573	4.603	0.986	1.244	1.144	1.085	0.755	0.702	0.579	0.536	0.607	0.590	1.284	1.185
2005	2.195	3.924	1.712	1.099	0.960	1.069	0.994	0.871	0.940	0.731	0.641	0.549	1.307	0.944
2006	1.962	8.665	8.421	4.414	1.277	1.138	0.890	0.757	0.781	1.061	0.763	0.779	2.576	2.969
2007	4.075	4.548	6.266	1.512	0.835	0.858	0.798	0.776	0.695	0.608	0.576	0.718	1.855	1.952
2008	7.627	1.863	6.259	1.072	0.925	0.991	1.036	0.730	0.646	0.763	0.736	1.441	2.007	2.349
2009	1.110	5.225	4.746	0.669	0.689	0.760	0.769	0.579	0.491	0.450	0.434	0.441	1.364	1.706
2010	0.568	1.465	0.802	0.579	0.674	0.770	0.769	0.610	0.477	0.394	0.306	0.467	0.657	0.298
2011	2.790	10.624	2.142	1.096	0.821	0.868	0.863	0.622	0.456	0.623	0.594	2.226	1.977	2.828
2012	7.742	29.862	15.731	4.656	3.185	1.624	1.546	1.173	0.953	0.904	0.901	3.196	5.956	8.657
2013	6.546	10.110	15.984	1.824	1.279	1.503	1.330	0.948	0.691	0.711	0.759	1.027	3.559	4.871
2014	4.563	0.785	0.747	0.882	0.887	0.945	0.920	0.948	0.589	0.539	0.573	0.441	1.068	1.115
2015	1.297	7.809	24.488	2.563	1.314	0.913	0.999	0.825	0.827	0.652	0.625	0.564	3.573	6.887
2016	0.660	10.273	1.465	1.071	0.769	0.900	0.817	0.825	0.544	0.558	0.581	0.581	1.587	2.748
2017	8.781	5.621	11.223	2.499	1.723	1.714	1.450	0.847	0.684	0.578	0.581	0.700	3.033	3.578
2018	2.543	5.040	4.194	1.063	1.115	1.301	1.231	0.861	0.611	0.596	0.391	0.437	1.615	1.524
2019	5.947	18.243	3.102	1.354	1.139	1.172	1.122	0.761	0.810	0.778	0.729	0.623	2.982	5.042
2020	6.226	12.993	6.522	2.866	1.491	1.494	1.274	1.072	0.932	0.899	0.774	2.915	3.288	3.650
PROM.	4.173	8.424	6.404	1.700	1.089	1.125	1.039	0.825	0.626	0.531	0.490	0.786	2.268	71.512
D.STD	4.262	8.171	6.647	1.302	0.519	0.398	0.352	0.283	0.205	0.175	0.179	0.668	--	--
MAX	19.644	31.562	24.550	5.978	3.185	2.617	2.313	1.945	1.273	1.061	0.901	3.196	31.562	--
MIN	0.109	0.085	0.273	0.208	0.292	0.495	0.517	0.377	0.281	0.173	0.119	0.173	0.085	--



PROYECTO ESPECIAL TACNA
 GERENCIA DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
 ÁREA DE HIDROLOGÍA

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA MEDIAS MENSUALES (mS/cm)

CÓDIGO DE ESTACIÓN : 19111117
 NOMBRE DE ESTACIÓN : LA TRANCA
 CATEG. DE ESTACIÓN : LIMNIMÉTRICA
 CUENCA : SAMA
 RÍO : SAMA

DPTO. : TACNA
 PROV. : TACNA
 DIST. : INCLÁN

LONGITUD : 70° 28'
 LATITUD : 17° 43'
 ALTITUD : 620 m.s.n.m.
 FUENTE : DRAG-T.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM	D.STD
1964	2.372	2.262	1.988	2.260	2.054	1.943	1.983	2.108	2.334	2.412	2.943	2.311	2.247	0.274
1965	1.062	1.153	2.263	2.346	2.222	2.232	2.179	2.197	2.292	2.710	3.170	3.297	2.260	0.660
1966	3.605	3.763	2.094	2.824	2.483	2.464	2.488	2.469	2.812	2.824	2.967	2.703	2.791	0.480
1967	2.596	1.224	1.065	1.797	2.260	2.074	2.135	2.095	2.481	2.615	2.884	2.770	2.166	0.574
1968	1.374	1.582	1.813	1.813	2.195	1.937	1.997	2.493	2.705	2.666	2.755	2.952	2.190	0.514
1969	2.406	1.236	1.406	2.345	2.362	2.271	2.502	2.737	2.682	2.548	2.843	3.094	2.369	0.544
1970	1.703	1.537	1.579	1.999	2.558	2.562	2.532	2.564	2.593	2.810	3.033	3.009	2.373	0.533
1971	1.524	1.075	1.093	2.021	2.245	2.190	2.206	2.458	2.780	2.804	2.798	2.050	2.104	0.604
1972	0.692	0.635	0.711	1.231	1.807	1.871	1.856	2.121	2.463	2.603	2.606	1.801	1.700	0.727
1973	1.087	0.661	0.743	1.391	1.823	1.845	1.889	2.002	2.174	2.353	2.585	2.651	1.767	0.669
1974	0.659	0.644	0.780	1.712	1.902	1.781	1.896	1.669	1.928	2.415	2.555	2.654	1.716	0.696
1975	1.103	0.533	0.645	1.580	1.760	1.699	1.823	2.046	2.327	2.500	2.593	1.663	1.689	0.661
1976	0.782	0.837	0.832	1.539	1.846	1.841	1.874	2.083	2.022	2.304	2.470	2.642	1.756	0.639
1977	1.227	0.611	0.609	1.686	1.898	1.894	1.964	2.046	2.447	2.463	2.623	2.719	1.849	0.716
1978	1.261	0.851	2.183	2.125	2.132	2.037	2.075	2.197	2.369	2.640	2.818	2.788	2.123	0.575
1979	2.038	2.596	1.925	2.279	2.099	2.051	2.169	2.276	2.535	2.761	2.729	2.365	2.319	0.281
1980	2.353	2.618	1.228	2.486	2.259	2.217	2.198	2.429	2.572	2.765	2.916	3.147	2.432	0.477
1981	2.733	1.003	1.269	2.338	2.343	2.205	2.240	2.349	2.479	2.853	2.889	2.050	2.229	0.575
1982	1.865	1.535	1.949	2.273	2.420	2.188	2.282	2.436	2.681	2.940	2.822	2.957	2.362	0.443
1983	3.131	3.190	2.567	3.170	2.933	2.537	2.444	2.667	2.816	3.297	3.547	3.247	2.962	0.353
1984	1.575	0.727	1.097	1.719	1.964	1.791	1.702	1.890	2.276	2.746	2.441	2.701	1.886	0.603
1985	2.671	0.711	0.901	1.219	1.810	1.761	1.918	2.310	2.581	2.629	2.480	2.203	1.933	0.679
1986	1.121	0.892	1.059	1.551	1.968	1.785	1.832	1.921	2.444	2.396	2.208	1.973	1.763	0.513
1987	0.952	1.425	2.060	2.036	1.897	1.898	2.069	2.186	2.523	2.712	2.370	2.444	2.048	0.484
1988	1.413	1.547	1.822	2.185	2.298	2.214	2.248	2.481	2.634	2.921	3.082	2.713	2.297	0.515
1989	2.216	0.916	1.645	1.278	2.047	1.994	2.100	2.219	2.358	2.763	2.884	2.847	2.106	0.603
1990	2.923	2.884	1.742	2.748	2.621	2.354	2.383	2.648	2.960	2.965	3.112	1.644	2.582	0.476
1991	0.960	2.119	1.348	2.227	2.191	2.105	2.159	2.267	2.459	2.626	2.731	2.654	2.154	0.522
1992	2.612	2.873	2.980	2.814	2.624	2.495	2.498	2.753	2.847	2.970	2.794	1.490	2.646	0.399
1993	0.844	1.561	1.197	2.357	2.223	2.137	2.190	2.227	2.656	2.672	2.706	2.330	2.092	0.591
1994	1.565	0.653	1.905	1.669	2.088	2.039	2.004	2.250	2.440	2.611	2.671	2.489	2.032	0.559
1995	1.415	2.765	1.232	2.373	2.458	2.331	2.399	2.476	2.541	2.627	2.733	2.916	2.356	0.514
1996	2.546	1.606	1.922	2.346	2.325	2.415	2.381	2.559	2.753	2.659	2.602	2.669	2.399	0.333
1997	0.855	0.744	1.014	1.872	1.982	1.923	2.013	2.181	2.163	2.373	2.331	2.411	1.822	0.601
1998	0.855	1.892	2.135	2.098	2.237	2.169	2.275	2.415	2.508	2.561	2.651	2.467	2.189	0.474
1999	2.110	0.807	0.597	1.091	1.637	1.887	1.937	2.008	2.175	2.284	2.377	2.359	1.772	0.614
2000	1.101	0.814	0.919	1.258	1.488	1.500	1.569	1.963	2.368	2.340	2.403	2.299	1.668	0.589
2001	1.425	0.545	0.648	1.453	1.707	1.856	1.873	2.220	2.046	2.408	2.314	2.147	1.720	0.610
2002	2.006	0.965	0.980	1.615	1.769	1.750	1.767	1.842	2.256	2.335	2.255	2.226	1.814	0.460
2003	2.027	2.029	1.757	2.032	2.286	2.179	2.185	2.198	2.443	2.340	2.529	2.529	2.211	0.231
2004	1.510	1.211	2.093	1.943	1.996	2.031	2.271	2.321	2.453	2.507	2.421	2.440	2.100	0.401
2005	1.599	1.288	1.745	2.022	2.111	2.040	2.088	2.175	2.125	2.293	2.383	2.490	2.030	0.339
2006	1.664	0.937	0.948	1.231	1.926	2.000	2.161	2.270	2.249	2.045	2.264	2.250	1.829	0.513
2007	1.270	1.216	1.071	1.821	2.204	2.185	2.234	2.253	2.328	2.420	2.457	2.306	1.980	0.506
2008	0.988	1.695	1.071	2.039	2.135	2.090	2.061	2.294	2.378	2.264	2.289	1.850	1.929	0.463
2009	2.016	1.151	1.196	2.354	2.334	2.267	2.259	2.453	2.568	2.629	2.654	2.643	2.210	0.520
2010	2.467	1.840	2.231	2.453	2.349	2.258	2.259	2.417	2.588	2.722	2.900	2.603	2.424	0.272
2011	1.465	0.860	1.613	2.024	2.215	2.178	2.182	2.404	2.620	2.403	2.436	1.591	1.999	0.515
2012	0.982	0.547	0.727	1.205	1.395	1.777	1.807	1.980	2.116	2.151	2.153	1.393	1.519	0.565
2013	1.052	0.878	0.722	1.707	1.925	1.824	1.901	2.119	2.332	2.312	2.268	2.066	1.759	0.566
2014	1.215	2.245	2.279	2.167	2.163	2.121	2.139	2.119	2.441	2.503	2.461	2.643	2.208	0.358
2015	1.916	0.978	0.598	1.512	1.908	2.144	2.085	2.212	2.210	2.372	2.401	2.472	1.901	0.586
2016	2.363	0.872	1.840	2.039	2.259	2.154	2.218	2.212	2.497	2.479	2.451	2.451	2.153	0.449
2017	0.932	1.118	0.840	1.526	1.741	1.744	1.847	2.194	2.339	2.455	2.451	2.323	1.792	0.587
2018	1.516	1.168	1.255	2.044	2.013	1.914	1.949	2.183	2.416	2.433	2.728	2.650	2.023	0.507
2019	1.093	0.681	1.409	1.889	1.999	1.981	2.009	2.266	2.224	2.251	2.295	2.403	1.875	0.537
2020	1.073	0.789	1.053	1.451	1.829	1.828	1.928	2.039	2.130	2.154	2.255	1.442	1.664	0.491
PROM.	1.647	1.360	1.410	1.940	2.100	2.052	2.099	2.252	2.437	2.555	2.623	2.428	2.075	65.445
D.STD	0.687	0.751	0.576	0.456	0.286	0.227	0.215	0.221	0.221	0.238	0.281	0.442	--	--
MAX	3.605	3.763	2.980	3.170	2.933	2.562	2.532	2.753	2.960	3.297	3.547	3.297	3.763	--
MIN	0.659	0.533	0.597	1.091	1.395	1.500	1.569	1.669	1.928	2.045	2.153	1.393	0.533	--



RESULTADOS DE MEDICION DE CAUDAL Y AMBIENTE IN SITU CUENCA : RIO SAMÁ
CADENA DE CUSTODIA - MEDICIONES DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS IN SITU

TIPO DE MUESTRA: AGUA SUPERFICIAL **AREA RESPONSABLE DE LA MEDICION : GR7/PET/GEF-Meta 01103 Monitoreo y Evaluacion Recursos Hidricos**

PUNTOS DE CONTROL CON FINES DE EVALUACION		COORDENAS		ALTITUD	CAUDAL Q = m ³ /s	TEMPERATURA (°C)		CE (mStcm)	T.D.S. (g/l)	pH	UNIDADES	mV	H.R. (%)	FECHA D-M-A	HORA min.	OBSERVACIONES Helice Nº, H-M.
CÓDIGO EN CAMPO		ESTE	NORTE			AIRE	AGUA									
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.528	27.9	27.2	2.06	1.03	7.28		-0.41	43.7	17/01/2001	14:28	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	13.850	27.5	23.0	0.71	0.36	7.03		-0.36	44.0	6/02/2001	12:55	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	7.528	27.6	23.4	0.94	0.47	8.20		-0.45	43.8	16/04/2001	12:35	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	3.674	19.2	19.9	1.39	0.69	8.60		-0.42	46.9	15/05/2001	16:25	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	2.258	19.2	17.1	1.38	0.69	7.93		-0.51	49.4	19/06/2001	12:54	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	2.186	22.2	18.0	1.55	0.77	8.10		-0.17	39.7	31/07/2001	12:37	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.645	14.5	13.5	1.70	0.85	7.83		-0.68	60.3	18/08/2001	10:25	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.270	23.5	22.1	1.90	0.95	8.40		-0.65	33.9	20/09/2001	13:12	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.315	19.1	19.5	1.98	0.99	8.02		-0.43	62.9	29/10/2001	09:55	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.321	22.6	19.7	1.82	0.91	8.12		-0.54	50.3	28/11/2001	09:45	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.430	23.2	20.5	1.67	0.83	7.93		-0.45	63.1	22/12/2001	08:25	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	2.033	19.0	17.5	1.42	0.71	8.11		-0.49	54.5	31/05/2002	12:30	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.504	17.5	15.0	1.57	0.79	7.06		19.5	52.0	22/06/2002	11:20	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.968	16.5	15.4	1.49	0.75	7.25		-4.0	60.2	23/07/2002	11:08	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.532	15.9	14.6	1.64	0.82	7.70		-28.6	62.5	17/08/2002	10:43	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.102	20.5	20.2	1.97	0.99	8.02		-41.5	50.1	21/09/2002	11:05	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.292	27.5	23.2	1.82	0.91	7.89		-32.3	35.7	19/10/2002	11:40	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.115	26.5	23.0	1.94	0.97	8.13		-46.8	41.0	30/11/2002	10:32	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.148	26.6	23.0	1.96	0.98	7.71		-23.5	40.7	11/12/2002	10:55	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.180	26.8	22.5	1.80	0.90	7.97		-37.5	47.4	31/01/2003	10:10	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	0.758	28.1	22.7	2.03	1.02	8.01		-42.7	42.3	15/03/2003	10:35	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.194	23.4	21.5	1.96	0.98	7.85		-30.2	48.2	28/04/2003	12:45	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	0.988	21.3	17.5	1.83	0.92	7.20		10.5	46.1	24/05/2003	11:55	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.192	20.9	19.0	1.98	0.99	7.96		-27.1	44.8	27/06/2003	16:25	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	1.170	17.5	17.5	1.93	0.96	6.40		36.8	56.1	15/07/2003	17:25	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	0.773	18.3	19.5	2.07	1.04	8.27		-43.8	57.9	13/08/2003	18:10	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	0.606	23.4	23.4	2.30	1.15	8.18		-39.8	41.4	19/09/2003	14:05	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	0.642	23.8	24.7	2.28	1.14	8.44		-49.2	45.0	25/10/2003	13:20	
RS-24	Rio Sama- Estación Limnométrica La Tranca	343897	8037487	602	0.713	27.5	25.5	2.36	1.18	8.56		-31.3	38.8	29/11/2003	12:36	





**RESULTADOS DE MEDICION DE CAUDAL Y AMBIENTE IN SITU CUENCA : RIO SAMA
 CADENA DE CUSTODIA - MEDICIONES DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS IN SITU**

TIPO DE MUESTRA: AGUA SUPERFICIAL AREA RESPONSABLE DE LA MEDICION : GRT/PET/GEF-Meta 01103 Monitoreo y Evaluacion Recursos Hidricos

PUNTOS DE CONTROL CON FINES DE EVALUACION		COORDENADAS		ALTITUD	CAUDAL Q = m ³ /s	TEMPERATURA (°C)		CE (m/cm)	T.D.S. (g/l)	pH UNIDADES	mV	H.R. (%)	FECHA D-M-A	HORA min.	OBSERVACIONES Helice Nº, H-M.
CÓDIGO EN CAMPO	NORTE	ESTE	AIRE			AGUA									
RS-24	343897	8037487	602	1.360	20.5	20.7	1.81	0.92	7.75	-18.6	57.4	30/04/2004	17:10		
RS-24	343897	8037487	602	1.290	22.2	21.8	1.88	0.95	7.92	-19.6	45.2	15/05/2004	15:40		
RS-24	343897	8037487	602	1.083	21.5	18.5	1.90	0.96	7.27	42.4	42.4	16/06/2004	14:50		
RS-24	343897	8037487	602	1.080	22.8	14.4	1.98	1.00	7.79	39.1	34.3	19/07/2004	10:10		
RS-24	343897	8037487	602	0.970	17.0	16.5	2.18	1.09	7.85	-16.4	64.2	22/08/2004	12:50		
RS-24	343897	8037487	602	0.684	22.3	21.2	2.36	1.18	7.31	-13.1	43.2	20/09/2004	11:30		
RS-24	343897	8037487	602	0.683	25.3	23.5	2.23	1.12	8.30		38.0	27/10/2004	11:45		
RS-24	343897	8037487	602	0.629	26.5	24.3	2.28	1.14	7.71		35.0	24/11/2004	11:30		
RS-24	343897	8037487	602	0.630	28.3	24.7	2.35	1.18	7.95	-57.9	41.2	19/12/2004	11:00		
RS-24	343897	8037487	602	1.390	23.9	14.0	1.64	0.82			40.3	1/06/2005	09:36	128248	
RS-24	343897	8037487	602	1.280	24.5	15.8	1.88	0.84	8.29	-80.5	39.6	23/07/2005	03:36	128248	
RS-24	343897	8037487	602	0.930	21.3	19.0	1.97	0.89	8.48	-91.2	48.0	27/08/2005	04:48	128248	
RS-24	343897	8037487	602	1.280	12.8	19.1	2.15	1.08	8.42	-87.6	79.5	18/09/2005	07:12	128248	
RS-24	343897	8037487	602	0.562	22.0	21.8	2.38	1.19	8.44	-88.2	47.7	29/10/2005	01:12	128248	
RS-24	343897	8037487	602	0.652	22.0	21.8	2.38	1.19	8.44	-88.2	47.7	21/11/2005	12:00	128248	
RS-24	343897	8037487	602	3.658	33.7	21.2	1.56	0.78			4.7	21/01/2006	06:00	2	
RS-24	343897	8037487	602	7.807	32.5	25.2	0.92	0.46	6.71		39.8	16/02/2006	13:12		
RS-24	343897	8037487	602	5.916	33.5	25.0	1.00	0.50	7.45		45.1	17/02/2006	10:04		
RS-24	343897	8037487	602	5.232	29.5	23.3	1.12	0.56	7.67		47.8	18/02/2006	12:14		
RS-24	343897	8037487	602	4.382	32.6	23.1	1.39	0.69	7.60		49.0	21/02/2006	06:00		
RS-24	343897	8037487	602	13.350	30.2	20.5	0.94	0.47	7.47		43.8	24/02/2006	03:07		
RS-24	343897	8037487	602	2.955	32.9	28.3	1.39	0.70	7.96		26.1	15/03/2006	07:12		
RS-24	343897	8037487	602	5.795	24.9	21.8	0.99	0.49	7.44		49.1	16/03/2006	04:48		
RS-24	343897	8037487	602	1.536	23.2	16.6	1.75	0.88	7.95		38.6	30/06/2006	02:52		
RS-24	343897	8037487	602	1.215	23.1	19.4	1.77	0.89	7.05	-2.7	39.2	26/07/2006	12:00	75369	
RS-24	343897	8037487	602	1.110	23.6	22.5	1.99	0.99	8.33	-83.4	36.7	26/08/2006	06:00	Sección medición nueva	
RS-24	343897	8037487	602	1.470	24.3	22.2	1.62	0.80	8.29	-81.9	47.4	30/09/2006	03:36	Sección medición nueva	
RS-24	343897	8037487	602	1.335	19.5	22.2	1.64	0.82	7.96	-63.0	59.0	19/10/2006	03:36	126110	
RS-24	343897	8037487	602	0.870	26.5	23.4	2.11	1.04	8.39	-77.2	44.6	13/11/2006	10:48	126110	



**RESULTADOS DE MEDICION DE CAUDAL Y AMBIENTE IN SITU CUENCA : RIO SAMA
 CADENA DE CUSTODIA - MEDICIONES DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS IN SITU**

TIPO DE MUESTRA: AGUA SUPERFICIAL AREA RESPONSABLE DE LA MEDICION : GR7/PET/GEF-Meta 01103 Monitoreo y Evaluacion Recursos Hidricos

PUNTOS DE CONTROL CON FINES DE EVALUACION EN CAMPO	CÓDIGO	COORDENAS ESTE NORTE	ALTITUD	CAUDAL Q = m³/s	TEMPERATURA (°C)		CE (mSc/m)	T.D.S. (g/l)	pH UNIDADES	mV	H.R. (%)	FECHA D-M-A	HORA min.	OBSERVACIONES Helice Nº, H.M.
					AIRE	AGUA								
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA LA TRANCA	RS-24	343897	602	1.362	19.9	23.6	1.91	0.94	7.15	-19.7	57.0	19/12/2006	07:12	126110
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA LA TRANCA	RS-24	343897	602	4.613	26.2	24.5	0.99	0.48	7.60	-47.3	44.3	31/03/2007	02:24	B1-06-09
RIO SAMA EN ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.890	17.5	21.2	1.95	0.94	7.68	-39.5	50.5	15/10/2007	13:12	126110
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	1.550	26.2	24.7	1.83	0.91	7.51	-40.7	41.3	8/04/2008	12:00	126110
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	1.428	21.5	16.5	1.90	0.97	7.75	-86.4	42.7	31/05/2008	10:08	126110
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	1.135	24.1	18.7	2.09	1.05	8.26	-101.1	39.1	2/07/2008	13:45	75031-126110
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	1.050	19.6	17.2	2.31	1.17	8.00	-83.8	41.6	2/08/2008	12:15	75031-126110
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.855	20.6	21.1	2.33	1.18	8.19	-97.5	45.6	1/09/2008	17:30	75031
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.972	28.6	26.7	2.01	1.01	8.20	-110.3	38.5	15/11/2008	12:45	75031
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	2.850	28.8	25.9	1.22	0.60	8.11	-100.6	34.5	23/12/2008	15:30	126110
RIO SAMA ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	1.015	26.0	20.4	1.97	0.99	8.06	-98.6	36.0	12/06/2009	15:00	75031
ESTACION BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	1.087	19.4	12.6	0.63	7.61	7.79	40.0		17/07/2009	16:55	0.54
RIO SAMA ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.765	18.2	17.3	2.26	1.14	7.79	-79.4	56.4	3/09/2009	15:00	Lec.Mira H=0.49 m.
RIO SAMA EN LA ESTACION LIMNIMETRICA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.765	18.2	17.3	2.26	1.14	7.79	-79.4	56.4	3/09/2009	08:40	
RIO SAMA EN LA ESTACION LIMNIMETRICA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.628	15.5	16.3	2.32	1.17	7.96	-91.7	70.8	17/09/2009	08:20	
RIO SAMA ESTACION HLM ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.675	28.2	28.2	2.73	1.44	7.77	-87.8	39.4	3/12/2009	12:45	Lec.Mira H=0.49 m.
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.713	30.1	28.2	2.60	1.33	8.13	-108.0	34.3	23/01/2010	12:50	Lec.mira H=0.51 m.
RIO SAMA ESTACION HLM ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.705	26.5	27.5	3.13	1.68	8.18	-115.4	39.4	16/02/2010	13:45	Lec.Mira H=0.52 m.
RIO SAMA ESTACION HLM ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.770	28.4	22.9	2.72	1.39	8.60		44.3	30/04/2010	11:00	Lec.Mira H=0.46 m.
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.770	23.8	20.7	2.56	1.30			45.2	29/05/2010	11:20	Lec.Mira H=0.48 m.
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.669	23.2	18.7	2.73	1.39			33.6	21/09/2010	12:00	Lec.mira H=0.44 m.
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.523	23.2	20.7	2.83	1.44	6.72	-12.3	38.2	17/09/2010	12:00	Lec.mira H=0.415 m.
RIO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.366	30.9	24.6	1.60	0.80	8.05	-65.1		27/11/2010	11:40	Lec.mira H=0.38m.
RIO SAMA EN ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.912	27.4	25.7	3.02	1.55	8.22	-85.4	36.0	26/03/2011	13:15	Lec.mira H=0.48m.
RIO SAMA EN ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.890	21.5	22.2	3.21	1.65	8.25	-86.4	51.6	30/04/2011	12:35	Lec.mira H=0.49 m.
RIO SAMA EN ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	1.040	22.6	19.1	3.04	1.56	8.48	-98.8	47.4	31/05/2011	17:20	Lec.mira H=0.47m.
RIO SAMA EN ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	1.240	18.5	17.4	2.44	1.24	8.46	-97.5	57.2	25/06/2011	12:30	Lec.mira H=0.47m.
RIO SAMA EN ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.744	20.8	22.5	2.77	1.41	8.12	-84.5	44.1	27/08/2011	13:20	Lec.mira H=0.46m.
RIO SAMA EN ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	602	0.653	21.2	22.3	2.76	1.40	8.23	-92.8	41.1	18/10/2011	17:30	Lec.mira H=0.46m.




**RESULTADOS DE MEDICION DE CAUDAL Y AMBIENTE IN SITU CUENCA : RÍO SAMA
 CADENA DE CUSTODIA - MEDICIONES DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS IN SITU**

TIPO DE MUESTRA: AGUA SUPERFICIAL

AREA RESPONSABLE DE LA MEDICION : GRT/PET/GEF-Meta 01103 Monitoreo y Evaluacion Recursos Hidricos

PUNTO DE CONTROL CON FINES DE EVALUACION EN CAMPO	CÓDIGO EN CAMPO	COORDENADAS		ALTITUD	CAUDAL Q = m ³ /s	TEMPERATURA (°C)		CE (mS/cm)	T.D.S. (g/l)	pH UNIDADES	mV	H.R. (%)	FECHA D-M-A	HORA min.	OBSERVACIONES Helice Nº, H=H.M.
		NORTE	ESTE			AIRE	AGUA								
CUENCA : RÍO SAMA Y MANANTIALES DESDE CABECERA-VALLE	RS-24	343897	8037487	602	0.819	27.0	23.8	2.73	1.39				17/12/2011	10:55	75369
RÍO SAMA ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	2.364	22.8	20.9	1.69	0.84	7.82	-71.4	43.1	28/05/2012	15:35	128110
RÍO SAMA ANTES LA CAPTACION LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.757	23.0	21.3	1.81	0.90	8.54	-119.0		20/07/2012	15:40	75369
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.866	20.2	20.7	2.27	1.15	8.07	-84.5	52.1	27/09/2012	12:00	
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.951	28.0	23.5	2.23	1.13	8.17	-59.8		18/10/2012	11:03	75369
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.070	31.5	23.7	2.25	1.14	8.36	-71.3		17/11/2012	10:30	75369
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.883	26.3	25.6	2.39	1.21	8.56	-121.8	38.3	30/11/2012	11:10	249717
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.597	28.5	26.0	2.00	1.01	8.61	-112.9		14/12/2012	16:45	
RÍO SAMA EN BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	12.840	25.8	19.1	0.90	0.44	6.85	-28.5	53.8	23/02/2013	08:25	B1 - 06 - 09
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA EN CAUCE NATURAL	RS-24	343897	8037487	602	2.017	23.8	19.6	1.69	0.85	7.80	-77.5	32.6	7/06/2013	13:10	249717
RÍO SAMA ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.248	23.9	18.5	2.12	1.07	7.73	-84.5	35.5	16/08/2013	11:10	249717
RÍO SAMA ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.794	18.3	21.1	2.37	1.20	8.35	-113.3	48.5	26/09/2013	17:50	249717
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.794	18.3	21.1	2.37	1.20	8.35	-113.3	48.5	26/09/2013	17:50	
RÍO SAMA ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.022	27.1	25.7	2.35	1.19	8.14	-98.7	34.4	17/10/2013	11:50	249717
RÍO SAMA ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.980	29.7	24.1	2.41	1.22	8.26	-97.8	35.8	21/11/2013	10:45	249717
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.980	29.7	24.1	2.41	1.22	8.26	-97.8	35.8	21/11/2013	10:45	
RÍO SAMA ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.583	27.1	24.9	2.06	1.03	7.69	-63.5	41.9	16/12/2013	10:35	Lec. mira H=0.40 m.
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.583	27.1	24.9	2.06	1.03	7.69	-63.5	41.9	16/12/2013	10:35	
RÍO SAMA ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.012	22.3	21.1	2.15	1.10	7.33	-43.2	52.3	14/02/2014	09:50	249717
RÍO SAMA ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.050	34.2	26.6	1.91	0.96	8.14	-65.1		23/03/2014	19:30	75369
RÍO SAMA ANTES DE LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.455	24.6	18.6	2.01	1.01	7.05	-41.1		16/05/2014	10:05	75369
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.388	24.8	16.5	2.02	1.02	7.32	-15.3		13/06/2014	09:36	
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	1.219	22.5	15.8	1.96	0.99	6.35	45.8		11/07/2014	09:30	
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.959	29.1	17.9	2.20	1.10	7.57	-27.8		15/08/2014	10:33	
RÍO SAMA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.817	22.1	18.3	1.96	0.98	6.81	1.4		26/09/2014	09:52	Lec. Mira H=0.38 m.
RÍO SAMA EST. H.L.M. ANTES LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.514	31.0	22.1	2.20	1.10	7.61	-33.9		25/10/2014	10:26	Lec. Mira H=0.365 m.
RÍO SAMA EN ESTACION LIMNIMETRICA ANTES BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.585	29.6	23.7	2.52	1.28	7.74	-40.0		27/11/2014	09:45	LEC.MIRA H=0.375 m
RÍO SAMA EST. H.L.M. ANTES LA BOCATOMA LA TRANCA	RS-24	343897	8037487	602	0.535	28.6	22.7	2.59	1.33	7.57	-33.3		6/12/2014	09:32	Lec. Mira H=0.37 m.



AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA	UNIDAD HIDROGRÁFICA		CURSO DE AGUA				
	Código UH	Nombre	Nº	Código Curso	Nombre	Longitud (Km)	Categoría ECA-Agua
 <p>CAPLINA - OCOÑA</p>	13156	Cuenca Caplina	15	13156	Río Caplina	74,76	CATEGORÍA 1A2
			16	13156	Río Caplina	43,6	CATEGORÍA 3
	13157	Intercuenca 13157	17	131572	Quebrada Botijas	56,11	CATEGORÍA 3
			18	131574	Quebrada Honda	84,57	CATEGORÍA 3
	13158	Cuenca Sama	19	131581	Río Sama	12,59	CATEGORÍA 3
			20	131582	Quebrada del Canal	103,09	CATEGORÍA 3
			21	131583	Río Sama	2,13	CATEGORÍA 3
			22	131584	Quebrada Las Brujas	68,37	CATEGORÍA 3
			23	131585	Río Sama	0,12	CATEGORÍA 3
			24	131586	Quebrada Honda	59,57	CATEGORÍA 3
			25	131587	Río Sama	102,71	CATEGORÍA 3
			26	131588	Río Salado	38,62	CATEGORÍA 3
			27	131588	Río Salado	4,93	CATEGORÍA 4
			28	131589	Río Tala	34,81	CATEGORÍA 3
			29	131589	Río Tala	22,78	CATEGORÍA 4
	1316	Cuenca Locumba	30	13161	Río Locumba	21,53	CATEGORÍA 3
			31	13161	Río Locumba	0,23	CATEGORÍA 1A2
			32	13162	Quebrada Seca	80,1	CATEGORÍA 1A2
			33	13163	Río Locumba	21,91	CATEGORÍA 1A2
			34	13164	Río Cinto	76,41	CATEGORÍA 1A2
			35	13165	Río Salado	30,29	CATEGORÍA 1A2
			36	13166	Río Ilabaya	70,91	CATEGORÍA 1A2
			37	13167	Río Curbaya	30,34	CATEGORÍA 1A2
			38	13167	Río Curbaya	8,21	CATEGORÍA 4
			39	13168	Río Jaruma	49,86	CATEGORÍA 4
	13172	Cuenca Ilo - Moquegua	40	13169	Río Callazos	88,78	CATEGORÍA 4
			41	131721	Río Ilo	15,17	CATEGORÍA 3
			42	131722	Quebrada Honda	32,91	CATEGORÍA 3
			43	131723	Río Ilo	6,42	CATEGORÍA 3
			44	131724	Quebrada Guaneros	91,59	CATEGORÍA 3
			45	131725	Río Osmore	60,41	CATEGORÍA 3
			46	131726	Río Tumilaca	58,61	CATEGORÍA 1A2
			47	131726	Río Tumilaca	9,31	CATEGORÍA 3
			48	131727	Río Torata	2,33	CATEGORÍA 3
			49	131728	Río Torata	69,94	CATEGORÍA 3
	50	131729	Río Huaracané	65,48	CATEGORÍA 3		
	13174	Intercuenca 13174	51	13174	Quebrada Carrizal	11	CATEGORÍA 3
	13176	Intercuenca 13176	52	13176	Quebrada Caleta	13,29	CATEGORÍA 3
	13178	Cuenca Honda	53	13178	Quebrada Honda	101,01	CATEGORÍA 3
	1318	Cuenca Tambo	54	13181	Río Tambo	32,15	CATEGORÍA 3
			55	13181	Río Tambo	1,99	CATEGORÍA 4
			56	13182	Quebrada Linga	62,7	CATEGORÍA 3
			57	13183	Río Tambo	3,91	CATEGORÍA 3
			58	13184	Quebrada Huayrondo	79,53	CATEGORÍA 3
			59	13185	Río Tambo	158,57	CATEGORÍA 3
			60	13186	Río Coralaque	86,18	CATEGORÍA 3
			61	13186	Río Coralaque	31,45	CATEGORÍA 4
			62	13187	Río Tambo	35,2	CATEGORÍA 3
			63	13188	Río Ichuña	66,62	CATEGORÍA 3
			64	13189	Río Paltutire	72,36	CATEGORÍA 3

FICHA TECNICA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL AGUA

UNIDAD DE MEDIDA:

La unidad internacional de la conductividad eléctrica es siemens por centímetro (S/cm).

MÚLTIPLOS DEL SIEMENS:

A continuación, una tabla de los múltiplos y submúltiplos del [Sistema Internacional de Unidades](#).

Múltiplos del Sistema Internacional para siemens (S)					
Submúltiplos			Múltiplos		
Valor	Símbolo	Nombre	Valor	Símbolo	Nombre
10^{-1} S	dS	decisiemens	10^1 S	daS	decasiemens
10^{-2} S	cS	centisiemens	10^2 S	hS	hectosiemens
10^{-3} S	mS	milisiemens	10^3 S	kS	kilosiemens
10^{-6} S	μS	microsiemens	10^6 S	MS	megasiemens
10^{-9} S	nS	nanosiemens	10^9 S	GS	gigasiemens
10^{-12} S	pS	picosiemens	10^{12} S	TS	terasiemens
10^{-15} S	fS	femtosiemens	10^{15} S	PS	petasiemens
10^{-18} S	aS	attosiemens	10^{18} S	ES	exasiemens
10^{-21} S	zS	zeptosiemens	10^{21} S	ZS	zettasiemens
10^{-24} S	yS	yoctosiemens	10^{24} S	YS	yottasiemens
10^{-27} S	rS	rontosiemens	10^{27} S	RS	ronnasiemens
10^{-30} S	qS	quectosiemens	10^{30} S	QS	quettsiemens

Prefijos comunes de unidades están en negrita.

Esta unidad del [Sistema Internacional](#) es nombrada así en honor a [Werner von Siemens](#). En las unidades del SI cuyo nombre proviene del nombre propio de una persona, la primera letra del [símbolo](#) se escribe con [mayúscula](#) (S), en tanto que su nombre siempre empieza con una letra [minúscula](#) ([siemens](#)), salvo en el caso de que inicie una frase o un título. Basado en [The International System of Units](#), sección 5.2.

MÚLTIPLOS MAS COMUNES DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA USADOS EN EL PERU:

Según la Autoridad Nacional del Agua, Las medidas más usadas, en el Perú es el μ S/cm (Valores Bajos) y el mS/cm (Valores altos).