



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis prospectivo de la disponibilidad hídrica para la  
operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato al año  
2050, utilizando WEAP**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

Rojas Borbor, Willy Oswaldo (ORCID: 0000-0003-3712-7921)

**ASESOR:**

MSc. Freddy Manuel, Franco Alvarado (ORCID: 0000-0002-6488-3661)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**Lima - Perú**

**2017**

Dedicatoria:

A mis padres Sonia y William que siempre estuvieron ahí para apoyarme. A mis hermanas Angie y Jessica que todos los días me enseñan algo nuevo y que son un ejemplo para mí, y a mi novia que todos los días me brinda de una forma u otra su apoyo incondicional.

## Agradecimiento

A todos los profesores que tuve desde primer ciclo hasta el último. A los que me apoyaron en la elaboración de esta tesis, especialmente a la Ing. Freddy Franco, a la ANA y SENAMHI que, gracias a la recolección de información, al deseo y gran servicio que tuvieron hacia mi persona, hoy en día esta tesis es posible.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA:	I
DEDICATORIA:	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN:	VIII
ABSTRACT:	IX
I. INTRODUCCIÓN	10
II MARCO TEÓRICO	17
III METODOLOGÍA	40
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	41
3.2. VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN	42
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, MUESTREO, UNIDAD DE ANÁLISIS	43
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	44
3.5. PROCEDIMIENTOS	45
3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	45
3.7. ASPECTOS ÉTICOS	76
IV RESULTADOS	78
V. DISCUSIÓN	87
VI. CONCLUSIONES	89
VII RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS	91
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01: TIPOS DE CENTRALES GENERADORAS DE ENERGÍA .....	32
TABLA N° 2: POBLACIÓN CENSADA .....	47
TABLA N° 03: DATOS DE CENSOS REALIZADOS EN EL DEPARTAMENTO DE ANCASH POR EL MÉTODO ARITMÉTICO .....	47
TABLA N° 04: COMBINACIÓN DE 2 CENSOS POR EL MÉTODO ARITMÉTICO .....	47
TABLA N° 05: COMBINACIÓN DE 3 CENSOS POR EL MÉTODO ARITMÉTICO .....	48
TABLA N° 06: COMBINACIÓN DE 4 CENSOS POR EL MÉTODO ARITMÉTICO .....	48
TABLA N° 07: SELECCIÓN DE LA MEJOR CURVA POR EL MÉTODO ARITMÉTICO .....	48
TABLA N° 8: COMBINACIÓN DE 2 CENSOS POR EL MÉTODO GEOMÉTRICO .....	50
TABLA N° 9: COMBINACIÓN DE 3 CENSOS POR EL MÉTODO GEOMÉTRICO .....	50
TABLA N° 10: COMBINACIÓN DE 4 CENSOS POR EL MÉTODO GEOMÉTRICO .....	50
TABLA N° 11: SELECCIÓN DE LA MEJOR CURVA POR EL MÉTODO GEOMÉTRICO .....	51
TABLA N° 12: DATOS DE POBLACIÓN POR EL MÉTODO PARABÓLICO .....	52
TABLA N° 13: COMBINACIÓN DE 3 CENSOS POR EL MÉTODO PARABÓLICO .....	53
TABLA N° 14: COMBINACIÓN DE 3 CENSOS POR EL MÉTODO PARABÓLICO .....	53
TABLA N° 15: COMBINACIÓN DE 3 CENSOS POR EL MÉTODO PARABÓLICO .....	54
TABLA N° 16: COMBINACIÓN DE 3 CENSOS POR EL MÉTODO PARABÓLICO .....	55
TABLA N° 17: COMBINACIÓN DE 4 CENSOS POR EL MÉTODO PARABÓLICO .....	55
TABLA N° 18: TABLA DE RESUMEN ELABORADA POR EL MÉTODO PARABÓLICO .....	55
TABLA N° 19: TABLA DE VALORES CONSTANTE POR EL MÉTODO GEOMÉTRICO .....	56
TABLA N° 20: SELECCIÓN DE LA MEJOR CURVA POR EL MÉTODO GEOMÉTRICO .....	56
TABLA N° 21: TABLA RESUMEN ELABORADO POR EL MÉTODO PARABÓLICO .....	56
TABLA N° 22: TABLA DE LAS POBLACIONES FUTURAS DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS .....	58
TABLA N° 23: POBLACIONES GENERADAS HASTA EL 2051 POR LOS MÉTODOS UTILIZADOS .....	59
TABLA N° 24: VOLUMEN DE LAS DEMANDAS DE LA REGIÓN .....	60
TABLA N° 25: TABLA DE DOTACIONES POR CANTIDAD DE HABITANTES .....	61
TABLA N° 26: TABLA DE AÑOS PROYECTADOS .....	61
TABLA N° 27: TABLA RESUMEN DE LOS CAUDALES MÁXIMOS, PERIODO DE RETORNO Y ÁREAS. ....	66
TABLA N° 28: CUADRO DE PRECIPITACIÓN ANUAL Y PRECIPITACIÓN ACUMULADA .....	67
TABLA N° 29: TABLA DE DATOS DE ENTRADA DEL MODELO .....	69
TABLA N° 30: TABLA DE DEMANDAS PARA LOS USOS DE AGUA .....	70
TABLA N° 31: TABLA DE DEMANDA Y OFERTA HÍDRICA DE LA REGIÓN .....	70
TABLA N° 32: TABLA DE DEMANDA DE AGUA POBLACIONAL HASTA EL AÑO 2050 .....	81

TABLA N° 33: APORTACIÓN DE AGUA DE LA CUENCA DEL RIO SANTA.....	83
TABLA N° 34: AGUA SUBTERRÁNEA .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: CENTRAL HIDROELÉCTRICA .....	37
FIGURA N° 02: MAPA DE LA CUENCA DE ESTUDIO .....	46
FIGURA N° 03: COMBINACIÓN DE 3 CENSOS POR EL MÉTODO ARITMÉTICO .....	49
FIGURA N° 4: CURVA GENERADA POR EL MÉTODO GEOMÉTRICO .....	52
FIGURA N° 5: CURVA GENERADA POR EL MÉTODO PARABÓLICO .....	57
FIGURA N° 6: CURVAS GENERADAS POR LOS MÉTODOS UTILIZADOS .....	59
FIGURA N°7: VOLUMEN UTILIZADO DEL AÑO 2016 .....	61
FIGURA N° 08: MODELO DE LA CUENCA DEL RIO SANTA .....	64
FIGURA N° 09: TABLA DE RESULTADOS DE ANÁLISIS TORMENTA Y PRECIPITACIÓN .....	64
FIGURA N° 10: CUADRO DE PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS .....	65
FIGURA N° 11: CUADRO DE PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS .....	65
FIGURA N° 12: CUADRO DE PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS .....	66
FIGURA N° 13: CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS VS CAUDALES MEDIOS .....	68
FIGURA N° 14: CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS VS CAUDALES MEDIOS .....	68
FIGURA N° 15: MODELO DE LA CUENCA Y LA HIDROLOGÍA .....	71
FIGURA N° 16: INGRESO DE CAUDALES IMPORTADOS DESDE ARCHIVO CSV .....	72
FIGURA N° 17: ESCENARIO “CUENCAS CORRIENTES” EN EL AÑO BASE .....	73
FIGURA N° 18: AGREGANDO DEMANDAS DE AGUA .....	74
FIGURA N° 19: TABLA DE RESULTADOS GENERADOS SIN LA CORRIDA DEL MODELO .....	74
FIGURA N° 20: INGRESANDO DATOS DE DEMANDA DE AGUA PARA AGRICULTURA .....	75
FIGURA N° 21: INGRESO DE DATOS PARA EL MÉTODO DE COEFICIENTE SIMPLIFICADO .....	75
FIGURA N° 22: INGRESO DE DATOS DE COEFICIENTE DE COBERTURA .....	76
FIGURA N° 23: MAPA POLÍTICO DE ANCASH .....	79
FIGURA N° 24 MAPA PROVINCIA DEL SANTA .....	80
FIGURA N° 25: MODELO WEAP .....	82
FIGURA N° 26: GENERACIÓN DE ESCENARIOS SIN PERDIDAS .....	84
FIGURA N° 27: RESULTADOS DE DEMANDA DE AGUA DE POBLACIÓN Y AGRICULTURA .....	84
FIGURA N° 28: RESULTADOS DE DEMANDA DE AGUA DE POBLACIÓN Y AGRICULTURA .....	85
FIGURA N° 29: RESULTADOS DEL COEFICIENTE SIMPLIFICADO .....	85
FIGURA N° 30: GENERACIÓN DE RESULTADOS DE PRECIPITACIÓN .....	86
FIGURA N° 31: CORRIDA DEL MODELO, CAUDALES AFECTADOS POR LOS FACTORES CLIMÁTICOS .....	86

## **RESUMEN:**

El principal objetivo de la siguiente investigación es determinar la disponibilidad hídrica de la cuenca del río Santa por medio del software WEAP; que puede arrojar volúmenes mensualizados de las cantidades de agua que se genera en la cuenca para determinar de forma final la operación y eficiencia de Central hidroeléctrica Cañón del Pato, se busca como objetivo de esta investigación implementar un modelo de gestión para evaluar y gestionar el recurso hídrico para que pueda servir como aporte para futuras investigaciones y concientización de la población sobre el recurso hídrico

Para estos estándares se utilizó las proyecciones de las poblaciones futuras, realizando un análisis comparativo para evaluar el gasto hídrico anual proyectado, incluyendo afectaciones climáticas se pudo asegurar la operación de la central hidroeléctrica al año 2050, puesto que, los caudales disminuyen al pasar de los años, pero no lo suficiente para comprometer la operación de la central hidroeléctrica.

### **Palabras claves:**

- Sistema de Evaluación , Planificación de Agua, modelo de gestión.



## **ABSTRACT:**

The main objective of the following investigation is to determine the water availability of the Santa River basin through the WEAP software; that can yield monthly volumes of the amounts of water that is generated in the basin to finally determine the operation and efficiency of the Cañón del Pato hydroelectric power plant, the objective of this research is to implement a management model to evaluate and manage the resource so that it can serve as a contribution for future research and awareness of the population about water resources

For these standards, the projections of future populations were used, carrying out a comparative analysis to evaluate the projected annual water expenditure, including climatic effects, it was possible to ensure the operation of the hydroelectric power plant by the year 2050, since the flows decrease when passing from the years, but not long enough to compromise the operation of the hydroelectric plant.

### **Keywords:**

- Evaluation System, Water Planning, management model.

# **I. INTRODUCCIÓN**

La escasez de agua se ha convertido en un principal problema actualmente a lo que se ha visto afectado poblaciones del mundo entero. Unas de las principales razones son el deterioro de la calidad y contaminación del agua y el aumento considerablemente grande la población, que han provocado un incremento en la demanda de los recursos hídricos, sin mencionar el calentamiento global de las últimas décadas que está siendo progresivamente más grande mundialmente. Esto conlleva hacia muchos cambios en sus precipitaciones, en su intensidad, cantidad, y escurrimiento. Además de sus efectos sobre la oferta del agua, el cambio de temperatura afecta a la demanda del agua para la mayoría de los usos.

Los cambios climáticos más extremos identificados a nivel mundial son los fenómenos naturales del niño y de la niña, los cuales tienen sus origen en el océano pacífico, a su vez también se los conoce como fenómeno cálido del pacífico y fenómeno frío del pacífico ya que el fenómeno del niño hace que las aguas superficiales del pacífico se calienten más de lo habitual en costas del norte peruano, ecuatorial y sur de Colombia logrando en ocasiones sequías extremas, en cambio el fenómeno de la niña hace lo contrario, es decir, disminuye su temperatura provocando lluvias e inundaciones.

Los glaciares tropicales andinos es uno de los impactos que se ha visto afectado el calentamiento global, su proceso de acción erosiva del hielo (ablación) se han reducido 22% en los últimos 50 años y sabiendo que se depende de la disponibilidad hídrica de las cuencas andinas, lo que nos lleva a entender que los cambios climáticos que son los causantes del calentamiento global generen un inminente impacto hacia la disponibilidad hídrica de las cuencas andinas y los usos que se le da, ya sea por consumo, doméstico, agrícola, industrial, minero y eléctrico; las cuencas con glaciares grandes han presentado un déficit significativo en escurrimiento por lo que se puede objetar que sigue siendo una gran alteración al recurso hídrico.

Debido al incremento de la población y al mal uso del espacio geográfico existe una gran preocupación por el recurso hídrico, ya que puede verse afectado su calidad así como su cantidad, a esta problemática se ha formulado diversas herramientas que ayuden a contrarrestar la demanda de este recurso, y uno de ellos es el programa WEAP que ha sido utilizado por varios países demostrando su eficiencia

y eficacia, porque integra la oferta, demanda y calidad del agua, tomando en cuenta las condiciones hidroclimatológicas de una o varias sub cuencas, siendo el software indicado para ayudar a tomar decisiones en el sector hídrico y sus campos.

La gestión integrada de recursos hídricos fomenta el desarrollo y gestión de los recursos involucrados y así como el suelo de forma sostenible logrando un equilibrio entre lo económico, social y ambiental. Esta gestión se desarrolla evaluando cada punto y los posibles impactos que genera cada proceso en el cual involucra el recurso hídrico, para ello utiliza el análisis de políticas intersectoriales analizando los diversos grupos que intervienen como los agricultores, comunidades, ecologistas y otros ya que pueden aportar ideas estratégicas para la mejora del ecosistema, debido a esto se debe de incorporar los usos de la tierra y clasificarlo para un mejor análisis de la zona de captación de una cuenca debidamente delimitada, ya que según el D.L. 1729 en el 2002 menciona que una cuenca hidrográfica es aquella en el cual las aguas subterráneas y superficiales vierten su caudal y puede desembocar en un río, depósito de agua, pantano o en el mar, pasando diversos procesos en el cual el recurso hídrico se transforma de estado, pasando por encima o por debajo de la tierra logrando completar el ciclo hidrológico.

La cobertura del suelo es el tipo de cubierta ya sea natural o artificial (resultado de actividades humanas) del terreno donde puede encontrarse asentamientos humanos, cultivo, pasto, etc., en cambio el termino uso del suelo son las actividades en las cuales se desarrolla en un terreno con fines económicos, sociales o ambientales ya sea de ganadería, comercial, agricultura, entre otros.

Así como existen fenómenos naturales, también hay antropológicos, resultado de las actividades humanas que afectan la meteorología del lugar como la implementación de embalses, la deforestación, el urbanismo, cambio del tipo de cultivo en la agricultura, y los diversos tipos de riego logrando que sean más intensos los cambios de estación y que afecte la calidad y disponibilidad del agua. (Rodríguez Eraso, Pabón Caicedo, Bernal Suárez, & Martínez Collantes, 2010).

El estudio tuvo como objetivo analizar la disponibilidad hídrica de la cuenca Santa, mediante un modelo de evaluación y gestión del recurso de cada cuenca hidrográfica que se pueda aprovechar verazmente, un análisis de cuencas de la

zona con una visión integrada con resultados fiables y hacer una aplicación de la planificación de dicha evaluación y gestión a base de un modelamiento hidrológico, implementando el software WEAP.

Se tuvo en cuenta el efecto del cambio climático que tuvo en el balance hídrico y la influencia que traería en el futuro, el aumento de precipitación compensa con el de temperatura, Chavimochic y Chincas tienen disponibilidades suficientes en el río Santa que permanecen con su crecimiento sin problema alguno, las conclusiones de la disponibilidad hídrica en las cuencas del río Santa resultaron deficitaria en ciertas subcuencas, aunque cabe resaltar, que la oferta de toda la cuenca es superior a la demanda.

Por lo cual, el problema general de la presente investigación se expone como; ¿Cuál es la disponibilidad hídrica para la operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato al año 2050, utilizando WEAP?

Como problemas específicos. **Problema específico 1** ¿Cuál es el balance hídrico de la cuenca del río Santa al año 2050?; **Problema específico 2** ¿Cómo influye el cambio climático a la operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato al año 2050?; **Problema específico 3** ¿Cómo se realiza la planificación de la disponibilidad hídrica del río Santa al año 2050?; **Problema específico 4** ¿Cuál es el impacto ambiental que genera la operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato al año 2050?

Como **justificación teórica**, el motivo de esta investigación es la evaluación del manejo de agua lo que implica la identificación del potencial hidráulico que tiene el río Santa para la operación de la central hidroeléctrica, por ello es necesario crear un modelo de gestión de los recursos hídricos. En casos como este, los sistemas de modelación relacionados con recursos hídricos son una herramienta útil y necesaria para la gestión integrada de recursos hídricos, dado que contribuyen con el análisis, permitiendo simular el caudal con datos propios de la cuenca en cuestión. En las últimas décadas la demanda de energía en el Perú se visto aumentada en forma sostenida por el incremento en inversiones y los nuevos hábitos de consumo relaciones con el desarrollo, sectores como construcción, comercial, industrial y minero, los que más demandan electricidad en escala

nacional este tipo de energía. Haciendo frente a este aumento de necesidades, no puede escaparse del entorno el calentamiento global, siendo una de las alternativas para el desarrollo sostenible siendo la hidroeléctrica la que se acopla a este objetivo por usar su energía limpia. La energía eléctrica está siendo generada mayormente en hidroeléctricas que conforman el 57.2% del total, los que complementan son gas natural 35.6%, carbón, el diesel y otros combustibles generan 7.2%, teniendo en cuenta que el criterio centra es la rentabilidad en la toma de decisiones. Por lo cual esta opción es la que más destaca y debe ser aprovechada mucho tiempo más por lo que no podemos darnos el lujo de no preocuparnos en un futuro y posible déficit, debemos descartar toda posibilidad para seguir abasteciendo las necesidades que van en progreso

Como **justificación social**; La importancia del desarrollo de la infraestructura hidráulica, es importante porque se han emprendido obras con el fin de mejorar el riego de las tierras y la ampliación de las fronteras agrícolas, que en suma se reflejan en el incremento de las exportaciones de productos agrícolas.

Como **justificación económica**; el propósito de obtener el mayor provecho del agua debe servir para distintos sectores, dentro de los cuales destaque la agricultura, para lo cual también se ha realizado obras de represamiento de agua en las cuencas hidrográficas del país a través de presas y trasvases. El desarrollo de la agricultura como actividad productiva en una región está estrechamente ligado a la disponibilidad de recursos hídricos en la misma; según sea el caso, estos pueden limitar o facilitar su desarrollo, por lo que es muy importante analizar el comportamiento de las fuentes hídricas para prever condiciones futuras, teniendo en cuenta la oferta y la demanda de las mismas tanto para las actividades de producción desarrolladas por el hombre y la prestación de servicios como para el bienestar de los ecosistemas que allí se encuentran. El Estado peruano ha ejecutado obras de infraestructura hidráulica fuera del ámbito de los Proyectos Especiales. Por ejemplo, a lo largo de la costa del país destacan las obras desarrolladas a través de las unidades ejecutoras del ministerio de agricultura (MINAG), como son el Programa Subsectorial de Irrigación (PSI) y Agrorural.

Como **justificación ambiental**; las centrales hidroeléctricas proveen de energía a más del 50% del país, es por ello que el cambio climático que va alterando su

disponibilidad hídrica es muy preocupante. al desarrollarse la central hidroeléctrica afecta un poco al medio ambiente debido a las construcciones que se hacen y su infraestructura pero se puede minimizar el impacto al evaluarse y lograr una planificación tomando en cuenta medidas correctivas en caso ocurra algo inesperado y en el caso de la construcción de embalses hacer un estudio de impacto ambiental detallado en el cual permita obtener los posibles impactos ambientales negativos y tomar medidas sobre el asunto logrando evitar costos ambientales y sociales irreversibles en un futuro. Es necesario evaluar la construcción de presas, el tipo de suelo, el ciclo de vida de la fauna acuática, el flujo del caudal del río , la climatología, el área de influencia, el sustento de cada familia y los cambios que se darán el futuro con el fenómeno del calentamiento global. Para desarrollarse el proyecto se toma en cuenta todos los impactos que se puedan dar y las medidas necesarias para minimizarse

Tenemos identificado como Objetivo General: Determinar la disponibilidad hídrica para la operación de la Central Hidroeléctrica al año 2050, utilizando WEAP.

Nuestros objetivos específicos: Definir el balance hídrico de la cuenca del río Santa al año 2050. Determinar la influencia del cambio climático que afecta a la operación de la central hidroeléctrica Cañón del pato al año 2050. Definir como se realiza la planificación de la disponibilidad hídrica del río Santa al año 2050. Determinar el impacto ambiental que genera la operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato al año 2050.

Como se tuvo en cuenta las justificaciones del estudio, el problema genera y los problemas específicos, se plantea como hipótesis general: Si se aplica el modelo WEAP al 2050 a la disponibilidad hídrica entonces garantizamos la operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato.

Así como las hipótesis específicas: Es satisfactorio el balance hídrico del río Santa al año 2050 con el que opera la central hidroeléctrica. Si aplicamos el modelo WEAP al año 2050, en el cambio climático entonces garantizamos la operación de la central hidroeléctrica. La disponibilidad hídrica tendrá una buena planificación para la operación de la central hidroeléctrica hasta el año 2050 Si aplicamos el modelo

WEAP al año 2050, entonces garantizaremos un bajo impacto ambiental en la operación de la central hidroeléctrica.



## **II. MARCO TEÓRICO**

Según **León, W. (2017)**, nos afirma que: frente a la demanda de agua que vivimos en este tiempo, la disponibilidad es insuficiente ante el aumento de población que se demanda, con el pasar de los años aumentan las alteraciones, sequías e interviene el efecto del cambio climático, con incrementos de temperatura que generan efectos negativos en la disponibilidad de agua, es por ello, que el trabajo que se planteó se llevó a cabo la metodología de aplicar los procedimientos del WEAP, que nos permitió realizar una planificación de agua anual y futura, el cual se llevó a cabo en el río Pativilca, con lo que se buscaba un balance hídrico proyectado y ver cómo iba a tener impacto ante la demanda de agua en la región analizada, con esto se concluyó que estos balance eran estimados y positivos, a excepción de algunas zonas de estudio con demandas no satisfechas, con lo que se planea la idea de realizar dicha planificación para adecuar el tipo de consumo sin exceso y poder llegar sin afectaciones de demandas agrícolas o humanas.

Según **Camarena, O. & Meza, S. (2017)**, nos indica que: en la zona altoandina se decidió abordar por el modelo de planificación y evaluación de agua WEAP, en la sub cuenta Blanco, Huallanga, se optó por este modelo para gestionar el recurso hídrico y evaluar la posible escasez de agua en escenarios futuros que podría comprometer de forma negativa a la localidad estudiada, debido al aumento de población en la zona, la demanda de agua aumentará de forma considerable, viéndose evidente el estrés hídrico, pero, para evitar la escasez de agua en el futuro, se optó por un ahorro en el consumo de agua e infraestructura hidráulica como reservorios o presas, para no comprometer dentro de 30 años a un posible déficit, baja cantidad y calidad del recurso hídrico, con el modelo WEAP se evaluó el suministro y la demanda de agua en escenarios distintos donde se pudo apreciar cuales son las afectaciones con mayor impacto dentro de toda la zona, al adoptar estas estrategias del ahorro y la infraestructura pueden asegurar a un 100% de la demanda con los datos arrojados por la corrida del modelo de WEAP, se puede realizar

una tomar de decisiones basados en escenarios próximos y poder realizar una buena gestión de los recursos hídricos en Huallanga.

**Hernández J. (2014)**, nos señala que: la cuenca del Río Tijuana se ubica en una región con estrés hídrico, debido a que presenta una limitada disponibilidad de agua por parte de sus fuentes naturales; y esto se debe a su clima y sus bajas precipitaciones, el modelo consistió en comparar las salidas obtenidas por el modelo WEAP construido con registros históricos o deducidos de información histórica. En base a esto se optó por dar el modelo en un periodo de tiempo, 1985 - 1998, encontrándose que los escurrimientos por ríos, arrojados por el modelo, son los mismos que reportan los puntos de control, pero difiere en ciertos años con los registros históricos medidos donde existe una diferencia entre los primeros meses de 1993. En este análisis comparativo las diferencias se presentaron principalmente en las entregas a las ciudades de Tijuana y Tecate que son los principales consumidores del sistema, sin embargo, estas diferencias son pequeñas y permite perfectamente a las curvas seguir las tendencias y así no podría a llegarse a alterar la satisfacción de las demandas de agua. El proceso de validación de la simulación en WEAP, en cuanto a los sitios de demanda mostró una cobertura de satisfacción del 100% a lo que se puede afirmar que establece un correcto funcionamiento del modelo, en las que se consideró condiciones que al fin del modelo pudieron satisfacerse las demandas. Como resultado, la Cuenca del Río Tijuana en la plataforma WEAP quedo como un sistema de recursos hídricos operado para satisfacer del lado mexicano las demandas de las ciudades de Tijuana y Tecate. El análisis de la asignación de agua debe enfocarse a que ocurrirá cuando la demanda sea mayor a la oferta, y en cuanto tiempo está rebasará su límite. Esto deja claro que se puede utilizar diversos métodos y que siempre debemos mirar hacia nuevas formas de evaluación que sean eficientes y que contribuyan al análisis del recurso hídrico.

Para **Gonzales A. & Hernández M. (2017)**, nos indica que: el modelo que fue abordado en esta investigación fue en el Rio Apulo,

utilizando el software WEAP, fue necesario verificar bajo un estándar enfocado a la necesidad agrícola, urbana, si el recurso hídrico podría afectar negativamente a estos sectores, por efectos del cambio climático esta interrogante a dejando muchas cuestiones ante una posible demanda imperiosa al pasar de los años, es por esto que se abordó el modelo de gestión hídrico y poder verificar precipitaciones, escorrentía, evapotranspiración para evaluar las áreas planteadas en esta investigación. En el cual se pudo determinar un balance entre la precipitación que se analizó en base a la cobertura, los resultados de la simulación con WEAP, fueron favorables, con el comparativo en el tiempo de análisis de años anteriores y a lo proyectado a futuro, pero también hubo un desfase entre la precipitación y la cobertura de áreas agrícolas, la demanda de coberturas será más grande al pasar de los años y por ende mayor demanda hídrica, por ello, es la necesidad grande de la simulación para poder generar escorrentía.

Para **Azlinda, S & Mohd A. (2014)**, Nos dicen que: en las ciencias atmosféricas de hoy en día, el abastecimiento y demanda de agua sigue siendo un problema, la alta tasa de crecimiento en Malasia, donde se investigó la situación de la demanda de agua en Langat y evaluó un nuevo enfoque analítico basado en el modelo de WEAP, donde se sostuvo que este modelo es aplicable para sistemas agrícolas o municipales, cuencas únicas o complejos. A través de esta investigación se pudo dar a conocer la trayectoria de la oferta y la demanda del agua evaluando la disponibilidad en Langat Catchment, puesto a ello, el almacenamiento de agua en el suministro y demanda de dicha cuenca. Basándose en sus 3 principios, sobre el crecimiento de población más alta, Método del año del agua y una secuencia prolongada a través de un clima seco, en base a esto se determinó el aumento de la población en un 7%, un incremento a través de una variación climática, por lo que se concluyó una escasez de agua a futuro.

Según **Vasquez, L. (2017)**, afirma que: Con muchos fundamentos que aportan directamente a nuestro problema ya

planteado, a la fecha tenemos alcance de información y herramientas útiles que puede correr modelos de simulación hidrológicos, calidad de agua y efectos en el cambio climático en el presente y de forma prospectiva. La herramienta WEAP (WATER EVALUATION AND PLANNING SYSTEM), que es mundialmente utilizado por la confiabilidad y fiabilidad del sistema de evaluación y planificación del agua, que su operación es en base a un modelo de balance hídrico, mediante la disponibilidad de agua incluyendo el análisis del efecto de cambios climáticos, y la demanda de agua que depende de los diferentes sectores y lugares del mundo en general, donde se viene a ser uso bajo el aporte de la Cuenca del Río Soto La Marina perteneciente al estado de Tamaulipas

**Hervis, G. (2017).** Nos detalla que: En el presente sistema que se mantuvo bajo el modelamiento WEAP, tiene cabida por las denominadas demandas hídricas agrícolas que vienen a ser “salidas” y por otra parte la oferta que viene a ser las “entradas”, la cual se mantiene al margen debido a la disponibilidad de agua subterránea, pero esto se debe a que en la simulación del modelamiento no es posible agregar ríos, lagos o presas porque no existen para ingresar en el modelo, se utilizó la información de la base de datos de REPDA, al año 2011 para el acuífero Navidad-Potosí-Raíces y el estudio previamente realizado ese mismo año; La corrida del programa se generó a partir análisis hidrológico donde se tuvo que considerar datos de temperatura, escenarios de cambio climático, precipitación y temperatura para ejecutar la simulación más real posible desde el año base que fue en el 2015-2039; se generaron parámetros como la evapotranspiración y coeficiente de infiltración la cual se trabajó por dar relación entre Volumen de escurrimiento y Volumen de Precipitación Anual, a su vez, la evapotranspiración y el coeficiente de infiltración se determinaron con fórmulas convencionales.

De acuerdo con **López, T. (2017).** Nos indica: En el municipio Los Palacios, se enfatiza que es constante la demanda hídrica y fácil de apreciar el gasto en volumen cuando se incluyen los trabajos de

agricultura, específicamente el cultivo de arroz que genera una demanda de 15,000m<sup>3</sup> por Ha, que supera considerablemente las fuentes de abastecimiento que se manejan; esto es detectable por porque anualmente existe la necesidad de generar más arroz, por ende, existe más demanda hídrica lo que nos deja ante una escases de agua que se va haciendo más notoria, agregando también las paupérrimas infraestructuras de riego que las empresas productoras del mismo grano se pierden miles de m<sup>3</sup> de agua, ocasionadas por el sembrío y la diversificación de la producción agrícola, todo esto sumado a periodos extensos de sequía dejan muy en claro que se requiere un mejor manejo para el recurso hídrico procurando la repercusión del cambio climático y pueda afectarnos directamente al agregar a un problema más de la demanda de agua. El municipio de Los Palacios es desfavorable el manejo de recurso, se sigue en persistir las necesidades nacionales sin verificar y corriendo el riesgo de las sequías que ya existían registradas y llevadas en los años 2011-2012 y 2015-2016 no hay regulación en cuanto a producción, esto sirve de evidencia para poder gestionar mediante un modelo de gestión que facilite la toma de decisiones más en situaciones tan persistentes y que siguen con el rumbo de autoabastecerse; modelos que suponen la planificación y gestión de agua en zonas adversas y de altibajos lo cual resulta útil contar con estas herramientas de modelación para planes existentes y escenarios a futuro, lo que nos ayudará a verificar cuales serían más favorables y en que deberíamos dirigirnos para generar un buen enfoque y poder estabilizar la demanda del recurso hídrico.

Para **Boundjebieur, E (2017)**, en su artículo científico nos detalla que: En Argelina es una problemática principal la gestión de los recursos hídricos a tal punto de considerarse una necesidad absoluta en manejar una buena gestión y satisfacer todos los estándares necesarios para la población y los sectores económicos, ya que, en los sectores de la agricultura, industrias y producción de cultivos y también ganado, han generado mayor demanda y seguirá en aumento, puesto que, dichos sectores ocupan alrededor del 70% en todo el consumo de

agua. Según el IPCC es posible esperar una disminución considerable en las precipitaciones, acompañado con calentamiento superficial por lo que disminuirá la disponibilidad de agua dulce, esta baja considerable está ligada directamente con el aumento demográfico y el incremento de explotación de recursos naturales en el sector agrícola y las industrias que son responsables del aumento de demanda del recurso hídrico. Ante esta adversidad de casos que nos deja efectos negativos, podemos recurrir a modelos de gestión del recurso hídrico que puedan facilitar tomas de decisiones, Lo que se hizo fue recopilar datos sistematiza un modelo de planificación y gestión y combinarlos con parámetros socioeconómicos. En el modelo de WEAP, dicho planificador optó por generar que este método este incluido la variabilidad climática demandas de agua anticipadas, objetivos operativos y todos los escenarios recurrentes en los problemas para considerar cada uno de ellos y mejorar la gestión.

En cuanto a **Elsevier. B (2017)**. Nos dice que: Los lagos del valle de Rift, Abiya, Ziway, una considerable variabilidad en el descenso de volúmen en los lagos que se manifiestan por las extracciones grandes de agua, algunas debido a la escorrentía superficial del agua en diferentes entradas y agua de riego filtradas, pero evidentemente estos descensos se manifiestan por el cambio climático y también por actividades humanas que se realizan disminuyendo el volumen de los lagos en mención, es necesario controlar esta sustracción de agua para riego o para industrias porque podría llevar a un colapso ecológico el desmedir la proporción con la que se vuelve el aumento de agua en los lagos, estas acciones incontroladas dejan alteras a todos, ya que, se requiere una gestión antes de que se sufra niveles de agua muy bajos en los lagos. Se realizaron estudios hidrológicos en estos espacios demográficos de los lagos, para detectar los impactos socioeconómicos que repercutirían, pero todos los estudios dejaron de lado la sustracción del agua, tampoco hubo evidencia de que se utilizaran los escenarios pasados y futuros para poder incluir una gestión llevadera hacia una proporción de agua constante y poco demandante, por lo que se objetó,

que se debe de considerar todos esos puntos para poder obtener una planificación del recursos hídrico, es por eso que se optó por el modelo WEAP (Evaluación y Planificación de Agua), que estos estudios requieren que se analice tanto la oferta como la demanda hídrica de manera integrada.

Nos afirma **Mena, D. (2017)**, que: La correcta gestión del recurso hídrico es una problemática que existe desde ya mucho tiempo, que se dio mayor alerta ante la aceleración del calentamiento global, , por ello, muchas zonas y localidades están planteando una gestión integrada de los recursos hídricos, para poder acudir a este aporte, se encuentra promoviéndose la información y las bases del mismo recurso hídrico para mayores herramientas para facilitar toma de decisiones, con lo cual sostuvo que se debe de diferenciar entre el riesgo que se viene manifestando en la actualidad y en el futuro abastecimiento que deberíamos tener proyectados a las mismas necesidades actuales, como el desarrollo de procesos de riego y las labores industriales, asumiendo también que gran parte de la demanda se debe al sector doméstico, industrial y agrícola, y se debe de regular situaciones y modelos de gestión para cada tipo de sector para asegurar un bueno manejo de agua a futuro; el proyecto que fue abordado por el modelo WEAP, evaluando el cambio climático y régimen hidrológico de los sectores ya mencionados, así si como las repercusiones de demandas de agua insatisfechas del Gualí, Colombia, donde se toman en consideración los ciclos hidrológicos, el clima y las variables de precipitación y temperatura, todo esto con el fin de establecer si el régimen hidrológico puede verse afectado por efectos climáticos y el impacto que se genera ante la demanda actual y futura.

Para la presente investigación se todo en cuenta el **balance hídrico**, que, según Hernández Espinoza, afirma que, el termino balance hídrico o también conocido como balance agua en hidrología es aquella que se emplea para explicar y detallar las entradas y salidas del recurso



hídrico, este concepto se emplea en contabilidad como aquel todo lo que entra y sale de este recurso en un tiempo determinado.

Siendo el tema relevante en el estudio, la **demanda hídrica** como también lo contempla, Centeno Vilca (2013), asegura que los factores que influyen en el consumo de agua son: tamaño y tipo de comunidad, factores sociales y económicos y factores climáticos, a su vez, se debe tener en cuenta si la población es rural o urbana, además del sector al cual va destinado el recurso hídrico, siendo doméstico, comercial, industrial y público, contabilizando las pérdidas que se podrían ocasionar. El consumo de agua varía según a la estación en la que se encuentra, influenciada del clima, temperatura y temporada de lluvias y el consumo per cápita tiene relación con el tamaño de la población.

La demanda de un caudal es la sumatoria de todas las demandas que ocurren por sector, sean las actividades sociales, económicas y antrópicas, expresado con la unidad de millones de metros cúbicos.

La información de demanda sirve como ayuda para la aplicación del software, arrojando valores del volumen mensual de agua que tiene el caudal del río Santa.

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, España 2010 nos afirma que: El termino usos de agua se refiere a las actividades en las cuales está destinada este recurso hídrico y las actividades que tienen influencia sobre ella, en los cuales está el abastecer a la comunidad, regadíos, usos industriales, agrícolas, acuicultura, recreativos, navegación, producción de electricidad y transporte acuático.

La caracterización económica del uso del recurso hídrico abarca el análisis de la importancia de este en el territorio, la economía y el desarrollo sostenible de la delimitación, así mismo las actividades en las cuales influye de manera significativa y el pronóstico de las posibles

evoluciones que se pueden dar de acuerdo con los factores que intervienen en los usos del agua.

La **demanda de agua doméstica** es la cantidad de agua que consume la comunidad urbana y rural para satisfacer sus necesidades, la cual se encuentra expresada en volumen por metros cúbicos.

La **demanda de agua de uso industrial** Es la cantidad de agua que se emplea en la agricultura para suplir la necesidad de recurso hídrico que requiere los cultivos en diversas temporadas de año cuando las precipitaciones son escasas.

La **demanda de agua de uso agrícola** Es la cantidad de agua destinada para la producción de animales los cuales se analiza multiplicando su volumen por un factor de consumo promedio para analizar y determinar la cantidad que se requiere.

La **demanda de agua de uso pecuario** Es la cantidad de agua que es destinada para la población de bovinos, porcinos y aves que se encuentran en un inventario registrado

Para Fernández Reynoso toma en cuenta que: el periodo de diseño se determina analizando una serie de variables que dan a conocer si el proyecto es económicamente viable, definiéndose como el periodo de tiempo en el cual el proyecto es 100% eficaz, evaluando consigo la capacidad de administración de los gastos o las estructuras de las instalaciones. Los factores que se consideran son: el financiamiento del proyecto, la construcción, durabilidad de las instalaciones, tendencias de crecimiento de la población y la ampliación del proyecto. Como para poblaciones rurales, obras de captación 20 años, de conducción de 10 a 20 años, reservorio 20 años y redes de 10 años para tuberías secundarias y 20 años para tuberías principales.

Según Salgado Fariña (2011): el cálculo de la estimación de la población en un futuro es importante para determinar la distribución del recurso hídrico, para eso, el ministerio de vivienda y construcción

recomienda estimar que para población que tenga entre 2,000 hasta 20,000 habitantes tener presente el periodo de 15 años.

Los métodos más conocidos encontramos al método analítico, método racional y el método comparativo, para lo cual, en el presente estudio se utilizó datos estadísticos de los últimos censos realizados por el INEI.

De la torre Villanueva (2015) afirma que: es la cantidad de agua que precipita en la cuenca y luego se traslada a cauces mayores como ríos, alimentando lagos, reservorios y lagunas, llegando a desembocar de forma directa o indirecta en el mar. El agua que escurre por ríos es denominada escorrentía superficial y es uno de los principales temas de estudios en diversos países.

**La oferta hídrica** de la cuenca se mide también cuantificando el volumen que se encuentra disponible para satisfacer las necesidades sociales y económicas de los seres humanos en un área determinada, así mismo, al determinar la escorrentía superficial del balance hídrico se logra valores aproximados de la oferta de agua superficial, tomando en cuenta registros históricos con series extensas que puedan influenciar en los valores de la cuenca.

Según Bastidas C (s.d.) asegura que la hidrología se encarga de analizar la circulación, distribución y circulación del agua en la tierra, incluyendo métodos de planificación, operación y diseño de las estructuras hidráulicas para diagnosticar el caudal.

Se abordó también el **análisis tormenta**, conjunto de lluvias de características bien definidas que obedecen a una misma perturbación meteorológica. Se define sus análisis en Intensidad y Duración,

$$i_m = P/t$$

$i_m$  = Intensidad máxima en mm/h

$P$  = Precipitación en altura de agua en mm

T= Tiempo en horas

**Frecuencia**

$$f = \frac{m}{(n + 1)}$$

M = número de orden

N = número total de años de observación

F = Frecuencia

Datos de registro de una banda pluviográfica, tabulación de la información del pluviograma.

**Modelo WEAP (Sistema de Evaluación y Planificación de Agua).**

Según Phee J y Arrau L, 2011 nos indica que para comprender a cabalidad como llega a funcionar un sistema hidrológico llegaría a ser muy complejo, por lo que se requiere una herramienta que pueda llegar a simular diversos procesos hidrológicos que puedan llegar a ocurrir en el sistema, puesto que, un modelo hidrológico debe ser una representación de un sistema real, pero de manera simplificada

Lema C., M. y Plaza Q., V. (2009) menciona que el programa WEAP es un instrumento de modelación empleado para planificar y distribuir el recurso hídrico, aplicado en diversos tipos de escala, desde la más pequeña hasta la más grande cuenca. Este programa se encuentra disponible en todo el mundo, en diferentes idiomas como el español.

WEAP tiene como objetivo planificar de forma experimental un marco flexible, comprensivo y fácil de manejar para análisis de diversas políticas.

Las principales características de preocupación para emplear el programa son los recursos limitados de agua, el tipo de política que maneja y la calidad ambiental, por eso es necesario utilizar WEAP para lograr un mejor análisis de las estimaciones de agua para preservar el ecosistema y distribuir adecuadamente el recurso hídrico.

Sus capacidades son las siguientes:

- Base de datos del balance del recurso hídrico: Analiza y estima valores de oferta y demanda.
- Herramienta de concepción de escenarios: Estima valores de esorrentía, generación, caudal. Calidad, tratamiento, descarga, oferta, demanda y almacenaje del agua en ríos.
- Herramienta de estudios de políticas: Determina los diversos factores que involucran el desarrollo y manejo del agua.

Para su uso del programa WEAP, Según LEMA C., M. y Plaza, V. (2009) WEAP es un programa conocido a nivel mundial que goza de una gran gama de audiencia, abarcando hidrólogos, economistas, agrónomos incluso funcionarios públicos que desempeñan la función de encargarse del recurso hídrico y las comunidades aledañas. Este programa sirve para planificar y modelar en un futuro el flujo del caudal del agua, así como el suministro y la cantidad del recurso hídrico. Para determinar el balance del agua en la región se ingresan los datos de suministros de agua y demandas del recurso hídrico, observando así la cantidad de agua que se tendría en un futuro.

Según LEMA C., M. y PLAZA., V. (2009) el programa WEAP utilizando el interfaz gráfico que tiene el sistema de información geográfica observa, construye y modifica su configuración, además de poder sobreponer elementos en un mapa.

En WEAP se pueden hacer modificaciones directamente en el diagrama esquemático, realizando consultas en cualquier lugar dentro del programa con la información de resultados arrojados y comprendiendo un mejor análisis, logrando desarrollar informes de salida grafica o tabular, en diversos formatos, ya sean unidades métricas, niveles absolutos, años, tasa de crecimiento o partes porcentuales, adicional a esto, el programa puede realizar deslizamientos de animaciones para observar los cambios que se pueden realizar a través del tiempo.

Para realizar el modelo de simulación con el programa WEAP se debe tener en cuenta cuatro etapas fundamentales las cuales son: definir adecuadamente el estudio, buscar e indagar la información, desarrollar el modelo con el adecuado manejo del programa y generar escenarios para el respectivo análisis.

En primer lugar, se realiza la recopilación de datos en dos etapas, la inicial consiste en buscar información para dar soporte a la justificación del estudio y se puede adquirir datos de estudios previos, información satelital o base de datos internacionales, la cual sirve como hincapié para el otro tipo de etapa. La información inicial debe ser concisa y verdadera para luego adjuntar los datos posteriores al programa.

Para adaptar una sinergia entre la demanda y oferta se optó por abordar el programa HEC-HMS, que para Bastidas C. (s.d.) afirma que. el programa HEC-HMS se emplea para simular el desarrollo de la precipitación y el escurrimiento en diversas regiones geográficas dando soluciones a diferentes problemas hidrológicos. Se utiliza en cuencas de variados tamaños y los resultados sirven para estudios de drenaje urbano, impactos en cuencas, operación de sistemas, observación de flujo, etc.

Para simular una cuenca con el programa HMS se requiere de los componentes, los cuales son: tipo de cuenca, meteorología, especificaciones de control y base de datos de la entrada del caudal. Al definir el tipo de cuenca a y su meteorología, las especificaciones de control se encargan del intervalo de tiempo empleado para la simulación y los datos empleados se refiere a los datos de grilla y la serie de tiempo.

El modelo de cuenca representa la parte física de una cuenca, en la cual, se agregan elementos hidrológicos propios de ella con la ayuda de modelos maticos para fundamentar los procesos físicos.

El modelo meteorológico se encarga de calcular la precipitación en una subcuenca, para lo cual se utilizan grillas de datos de precipitación puntual, modelando precipitaciones líquidas o sólidas además de la evapotranspiración. Para la nieve existen fórmulas de cálculo de derretimiento con algoritmos de temperatura y los métodos de evapotranspiración se desarrollan utilizando métodos de Priestel y Taylor, promedio mensual y grilla y solo es requerido para modelar en largos periodos.

Según Pacheco R. (2012) afirma que para emplear el programa HEC-HMS se requiere no tan solo las especificaciones técnicas sino los datos de la precipitación y la morfología de la cuenca, debido a que se enfoca en la distribución geográfica y variaciones en el tiempo, para lo cual es necesario obtener información verídica para evitar errores espaciales y temporales, teniendo en cuenta el medio físico-ecológico en el cual se encuentra la cuenca, así como las formaciones vegetales evitando etiquetados, para obtener un grado de exactitud que esté entre 60 y 85%.

Según Escalante Varona (2016), asegura que para desarrollar la investigación de un modelo de cuenca se deben tener las variables necesarias y el interés prioritario que se requiera, para poder dar una interpretación adecuada de los resultados obtenidos para la simulación del programa del Sistema WEAP.

Al igual que definir el sistema que se va a adoptar para realizar dicho estudio. Luego de que estas variables estén definidas, se opta por crear el modelo de la cuenca que se analiza, se debe utilizar archivos shape para capturar los aspectos de la cuenca y poder simular a la realidad cerca más posible e ir perfeccionando hasta tener la cuenca modelada.

Se debe hacer previo a esto la debida recolección de datos, ya que el programa WEAP utiliza una gran cantidad de información, para poder ingresarlos al modelo de la cuenca.

Para esta investigación se optó por el método del coeficiente simplificado, donde lo detalla Escalante Varona (2016), El modelo WEAP puede generar un modelo a base de datos de precipitación y escorrentía, método de coeficiente simplificado, que puede simular datos aportados de la cuenca.

Se debe tener definido los datos representativos de este método para su calibración como es datos de evapotranspiración, escorrentía, flujo base etc. Que puedan permitir evaluar la condición del suelo para modelar y simular la lluvia – escorrentía.

Antes de proceder a indagar las realidades de caudales pasado y al año a tratar, se debe sintetizar la zona de estudio y el detalla del mismo, se puede entender que cuando mencionamos una central que produce energía, se infiere que se debe de transformar la energía potencial en trabajo. Existen dos tipos de centrales eléctricas:

Tabla N° 01: tipos de centrales generadoras de energía

RENOVABLES	NO RENOVABLES
HIDROELECTRICA	TERMICA
EOLICA	
SOLAR	
GEOTERMICA	NUCLEAR
HIDROTERMICA	
MAREOMOTRIZ	

Fuente: Elaboración propia

Según Hidalgo, N (2013) menciona que la principal función de las centrales hidroeléctricas y transformar el recurso hídrico que se encuentra almacenado en primer lugar a energía mecánica y posteriormente a energía eléctrica, logrando dar una utilidad, y produciendo energía limpia.

Quezada, C. (2011) nos define que: Una Central Hidroeléctrica puede funcionar mediante diversas estructuras hidráulicas que comparten el mismo fin que es de generar energía, una de estas estructuras es la



presa, que es la que acumula artificialmente una cantidad de agua para llegar a formar un embalse, su objetivo es que adquiera una energía potencial para que luego se convierta en electricidad. Para que se pueda dar, es necesario situar la presa aguas arriba, con una válvula que permite controlar la entrada de agua a la galería de presión, antes de esto se ubica una tubería forzada que conduce el agua hacia las turbinas de la sala de máquinas, esto hace que el agua que llega con tanta presión se disminuya la fuerza aumentando así su velocidad y haga rotar los álabes de dicha turbina, por ende, va transformando su energía potencial en cinética y luego en energía mecánica de rotación.

Para poder conocer la operación de la central hidroeléctrica, primero se debe detallar las partes de la misma central, que según COES (2005) asegura que la central hidroeléctrica Cañón del Pato está conformada por una variedad de estructuras hidráulicas que deben cumplir con una función específica para la optimización de la central.

**Presa de derivación:** La presa de derivación es una estructura de concreto armado que se encuentra fabricada en el cauce del río con gravedad y de forma vertical para que el agua fluya cuesta abajo hacia la bocatoma con longitud de 32 metros y altitud de 1807.65 msnm.

**Las bocatomas** se encuentran al borde del río Santa. La central hidroeléctrica tiene dos bocatomas que son comúnmente conocidas como **antigua y complementaria**.

**Bocatoma antigua:** Está ubicada verticalmente al eje de la represa y cuenta con ranuras para obstruir el paso de las piedras grandes en temporada de lluvias, seguido de la conclusa para impedir que los materiales sólidos y flotantes pasen, contando con compuertas de limpieza y de mantenimiento. Verticalmente a la esclusa está las ventanas de captación con 1803.90 msnm de altitud construida con el objetivo de evitar que pasen los cuerpos flotantes que contienen ocho

pares de rejillas de 3.70 metros de alto y 2.24 de longitud cada una con dirección hacia abajo camino hacia el desarenador.

**Bocatoma complementaria:** Fue construida en el 2000 con el propósito de aumentar el caudal de generación acomodándose a la actual potencia, tiene vertedero de entrada al pozo de sedimentación con medidas de 32 metros de longitud ubicado en la cota 1806.70 msnm reforzado con planchas metálicas, luego se ubica el pozo de sedimentación que tiene muros laterales en el lado derecho e izquierdo para dirigir y cambiar el paso de la corriente. Posee además túnel de limpieza de sedimentos con longitud de 141.70 metros, 6.25 metros de alto y 4 de ancho, iniciándose en la compuerta radial que está en la cota 1792 msnm. Consta de 4 ventanas de captación de 4 metros de alto y doble rejilla metálica de las cuales 2 tienen 33.935 metros y las otras 2 tienen 4.31 metros.

La diferencia entre la bocatoma antigua y la complementaria es su capacidad de captación la cual es de 50m<sup>3</sup>/s para la primera y 70m<sup>3</sup>/s para la nueva.

**Túnel de aducción:** tiene 6 metros de ancho y 560 metros de longitud, sirve para unir la bocatoma con el desarenador, siendo el flujo libre y descubierto en este tramo.

**Desarenador:** se encuentra en cueva con dos caminos hacia el exterior: Uno tiene una altitud de 1795 msnm, cuenta con galería inferior de control de longitud de 143 metros el cual entra a 4 embarcaciones de tableros de control, válvulas de purga y PLC de operaciones que se manejan con equipos de purga. El otro tiene una altitud de 1813 msnm, y en la entrada del túnel de aducción esta la desripiadora o desarenadora comúnmente llamada, que sirve para retirar piedras medianas, seguido a esto están 4 compuertas desarenadoras con el objetivo de retener la arena sedimentada.

El desarenador tiene 4 naves tabicadas con 6.40 metros de ancho y 30 metros de longitud por cada una, además de un sistema de lavado

constituido de válvulas de guillotina aproximadamente entre 40 a 42, abastecidos de un sistema de estrangulamiento conocido como Pinch. La evacuación de los sedimentos se efectúa por las galerías de descarga las cuales tienen 149 metros de longitud. Al final todo se junta en un vertedero que tiene 1804.40 msnm de cota estableciendo un pique hasta la cota de 1771.95 msnm. La cota del comienzo del túnel primordial de conducción es de 1771.95.

**Túnel de conducción:** comienza en el pique del desarenador con medidas de 8385 de longitud con pendiente que cambia entre +- 0.4% con material de concreto armado como herradura, con 2.70 metros de radio en la parte circular, altura de 5.80 metros y área de 14.16 m<sup>2</sup> donde el flujo de agua actúa a presión. El acceso a las 5 ventanas de inspección es por los caminos peatonales u oroyas. En la parte final del túnel es de 70 metros la parte circular con 5 metros de diámetro y 52.30 metros de longitud, el cual está blindado con planchas metálicas hasta la unión con la cámara de distribución.

**Cámara de distribución:** está construida en cueva y verticalmente al túnel de conducción, de esta cámara salen 3 piques las cuales son tuberías de presión que suministran a los 6 grupos de generación. Las tuberías de presión están encajadas en roca de sección circular con aproximadamente de diámetro de 2.20 metros en la parte superior a 1.90 metros en la parte inferior, ramificándose para alimentar a las turbinas.

**Chimenea de equilibrio:** Esta entre la cámara de distribución y el túnel de conducción el cual tiene de altura 65 metros, sección circular de diámetro de 5 metros blindado con planchas metálicas para aspirar las sobrepresiones por el atasco de las válvulas.

**Cámara de expansión:** Está ubicada en cuevas, con 1814.731 msnm de cota, tiene forma rectangular con medidas de 45 metros de ancho y 70 metros de longitud, sección tipo herradura de 5.40 metros de diámetro con material de concreto blindado.

**Casa de fuerza** está ubicada en cuevas con 11 metros de ancho, 117 metros de longitud y 15 metros de altura en medio del piso y la bóveda, además se encuentra conectado por el túnel de acceso a la superficie el cual tiene 360 metros de longitud. Al fondo de la casa está el túnel de ventilación que tiene 446.93 metros de longitud con escape a la zona. Se encuentran 6 grupos de generación en la casa de fuerza con 2 ruedas Pelton cada una de núcleo horizontal, donde las aguas turbinadas desembocan por dos túneles de longitud 550 metros, 4.70 metros de ancho medio y 5.50 metros de altura media devolviéndose al río Santa. En el nivel 1401.60 msnm está ubicada la sala de mandos y control, esta área es comúnmente conocida como mezanine. En la casa de fuerza también se encuentra el ascensor de acceso a partes exteriores de los piques y cámara de distribución.

**Sistema de refrigeración de la central hidroeléctrica:** Se suministra con las aguas superficiales que provienen del río Quitaracsa, donde las estructuras de captación y sedimentación están ubicadas encima del margen izquierdo de este río.

**Sedimentador:** La central cuenta con 3 pozos sedimentadores ubicados a 2 km del lugar, donde se utilizan para el sistema de refrigeración y para tratar aguas y el último para sedimentar aguas abasteciendo a las personas que laboran en la central hidroeléctrica y las personas que habitan el Distrito de Huallanca.

Según Hernández Espinoza (2006) afirma que: La Central hidroeléctrica Cañón del Pato genera 260MW Dependiendo de las condiciones se utilizan distintas turbinas de acuerdo con su caída, pequeña, mediana o alta. La turbina está conectada a un generador eléctrico, que con las revoluciones que genera la velocidad de agua produce electricidad, esta llega a los transformadores para ser transportada a los sitios de consumo por medio de las líneas de transmisión, Luego de ser utilizada el agua es devuelta al río aguas abajo, por medio de un canal de desagüe.

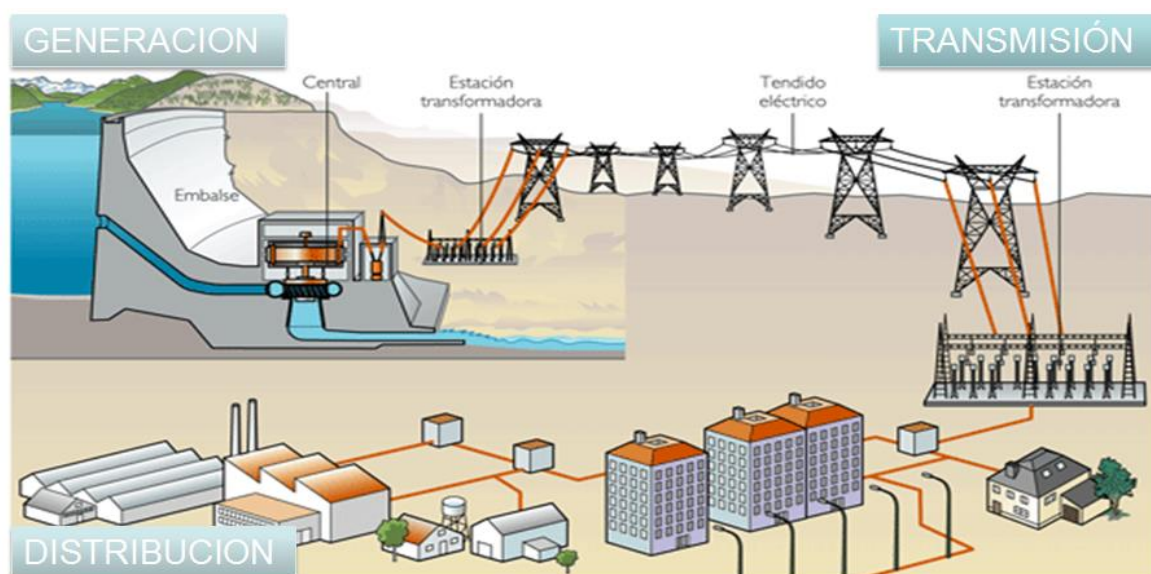
La capacidad máxima instalada con la que opera la central hidroeléctrica Cañón del Pato para poder generar energía de manera óptima es de **72m<sup>3</sup>/s**.

La cuenca del río Santa, en épocas de máximas avenidas llega hasta 250m<sup>3</sup>/s, pero a pesar de que el río tiene cantidades grandes en ciertos periodos del año, en las épocas de estiaje llega a descender hasta 30m<sup>3</sup>/s. y ante dicha necesidad que se genera, se opta por implementar un reservorio de regulación, que tiene el fin de ser usados en las épocas donde la cuenca no genera lo que la central requiere para su máxima operación.

La función de estos reservorios es para mantener su máxima operación de la central, es decir, cuando se registren caudales menores a los 72m<sup>3</sup>/s será utilizado para no poner en riesgo la operación de la central. Existen 2 tipos de operación que realizan estos reservorios, de captación y de descarga, uno para almacenar agua en épocas de máximas avenidas y otra para dejar pasar al agua acumulada, para llegar a cubrir la demanda de caudal requerida

La central tiene una potencia instalada de 260 MW, y cuenta con 6 grupos de generación, que son accionados con turbinas hidráulicas Pelton.

Figura N° 01: Central hidroeléctrica



Fuente: Orazul Energic Perú, Central Hidroeléctrica Cañón del pato

De acuerdo con Oliva, I. [et. al] nos afirman que, la energía eléctrica no se puede almacenar debe ser utilizada en ese momento en que se está produciendo, por eso es necesario saber exactamente la cantidad de agua que se es requerida, para que dicha central tengas las condiciones de generarla, tener detalladamente cuando son los días donde hay más cantidad y cuáles son las horas que existen máximos y mínimos independientemente de las estadísticas de sus años pasados, pues, la centrales hidroeléctricas juegan un papel muy importante sobre todo en forma de facilitar su producción a diferencia de otras centrales, una hidroeléctrica debe generar una respuesta rápida ante los cambios de demanda de agua ya sea en tan solo minutos a diferencia de otras centrales que pueden llegar a hacer más de 18 horas, por eso la hidroeléctrica es una instalación más adecuada para cubrir las demandas altas, al igual que sus bajas imprevistas.

Las compuertas de captación, donde se capta un volumen de agua para ser transmitido a través de un túnel de conducción de 9km hacia la central, es donde se tienen 2 compuertas, donde se aprovecha el agua al llegar al pique donde se aprovecha la fuerza con la que cae y tener la capacidad de generar la energía eléctrica.

Sotelo, A (2014) nos afirma que “La crisis del agua ha sido tema mundialmente tratado durante varios años, los problemas relativos al recurso hídrico se han ido amplificando. Esta visión de la problemática motivó a que su solución estuviera enfocada en la gestión extractiva y céntrica”. Según este enfoque, el problema está centralizado en la escasez del agua y la solución en la construcción de un gran número de infraestructuras. De esta forma, se accede a mayores volúmenes de agua para aumentar la cobertura de las crecientes demandas de los servicios de agua potable.

Al intentar aprovechar las obras hidráulicas para generar energía puede que traigan consigo repercusiones sobre **impacto ambiental**, que debemos analizarlo. Uno de los beneficios más grandes es que se puede producir energía eléctrica y disminuye el consumo de combustible fósil al presentarse esta oportunidad se va reduciendo este efecto negativo sobre el medio ambiente. Al realizarse la implementación de centrales hidroeléctricas afecta positiva y negativamente al ambiente, en el cual, el impacto positivo es la disminución del consumo de fósiles al producir energía limpia y el impacto negativo que se da en construcción del proyecto es lo referente al espacio geográfico que ocupa, realizando pérdidas del suelo, ya que se convertiría en zona industrial, la reducción de las especies vegetales y animales de la misma zona, afectando su hábitat natural así como su diversidad, disminución y alteración en la fauna acuática por la presencia de presas, así mismo los efectos que involucran la cantidad y calidad del recurso hídrico y por último los cambios que se darían en el clima, ya que pertenece a un ambiente frágil en el cual se da modificaciones que tengan impactos positivos y negativos. El presente trabajo consiste en mitigar los impactos negativos, logrando maximizar los positivos para lograr que el proyecto sea viable en el futuro, midiendo y analizando los cambios que se dan a lo largo del tiempo con la ayuda principalmente del programa WEAP.

### **III. METODOLOGÍA**



### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

#### **Tipo de investigación**

Básico Descriptiva – Explicativa. En el presente proyecto de investigación se realizarán dos tipos de investigación, la primera de ellas es la descriptiva, ya que describirá a las variables independiente y dependiente. Por otra parte, Según Hernández, R. Fernández, C. Baptista, P. (2003) la investigación explicativa, busca determinar las causas de los fenómenos y descubrir los mecanismos de su funcionamiento. Por ello se realizará una investigación explicativa debido a que se estudiará la causa y efecto de las variables.

#### **Enfoque de la investigación**

Barragán, R. (2003) define la metodología cuantitativa como aquella cuyos métodos observables, técnicas, estrategias e instrumento concretos se encuentran en lógica de medir, contar, pesar, etc., lo más objetivamente posible algún aspecto de la realidad. Su unidad de análisis fundamental es la cantidad, de ahí su nombre: cuantitativa. Esta metodología produce como resultados relaciones causa-efecto, de correlación o descripciones objetivas de la realidad. Una vez vistas estas definiciones, se puede concluir que el presente trabajo de investigación es cuantitativo porque se medirá la disponibilidad hídrica para la operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato y para esto, se utilizará herramientas de campo hidráulico (Sistema de evaluación y Planificación del agua – WEAP) para poder llegar a esa respuesta.

#### **Diseño de la investigación**

El presente proyecto de investigación es no experimental. Ya que según. Hernández. R., Fernández, C. and Baptista, M. (2014) la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural para luego proceder a analizarlos, a su

vez, no se genera ninguna situación como en el caso de la experimental, sino que se observan situaciones ya existentes.

### **Nivel de la investigación**

Longitudinal prospectivo, ya que tenemos 1 o más recopilaciones de datos del presente para buscar una solución en el futuro. Una vez vista esta definición se puede afirmar que el método a observar en esta tesis es el método observacional ya que se va a analizar la disponibilidad hídrica de la cuenca del río Santa, mediante el programa HEC-HMS como uso de herramienta informativa se medirá la oferta que genera el río Santa, por medio de datos históricos se calculará la oferta energética que se requiere y se recogerá los datos, puesto a ello utilizaremos el programa "WEAP" (Sistema de Evaluación y Planificación de Agua), analizando e interpretando los resultados. Es por ello por lo que las herramientas informáticas ayudan a aproximarse y estimar la realidad que se realiza.

### **3.2. Variables, operacionalización**

**Variable independiente:** Disponibilidad hídrica

La disponibilidad hídrica es el volumen total de agua que se encuentra disponible a lo largo de la cuenca del río, donde es gradual el volumen de descargas por diversos efectos a considerar, la cual podemos utilizar y aprovechar según la demanda y el criterio aplicado.

**Variable dependiente:** Operación de la Central Hidroeléctrica

La operación de una central hidroeléctrica se origina debido al panorama acuífero que se evalúa para medir las cantidades disponibles de agua y poder aprovechar la marcha del caudal de agua para generar movimiento en las turbinas, que, a su vez, genera trabajo en grandes cantidades con la capacidad de generar

energía eléctrica y poder abastecer a la zona y las regiones aledañas a la misma central.

### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

#### **Población**

Distribución los datos históricos de la disponibilidad hídrica de la cuenca del río Santa hasta la actualidad.

#### **Muestra**

La muestra según (Hernández, Fernández y Baptista 2003) puede definirse como: “Una medida de análisis o un grupo de personas, contextos, eventos, sucesos, comunidades, etc., sobre la cual se habrán de recolectar datos” (p. 302). Por considerarse una población finita y accesible se tomó para la investigación una muestra de las cantidades de disposición de agua que se obtuvo desde el año 1958 y se seleccionó cada 3 años hasta la actualidad.

#### **Muestreo**

El tipo de muestreo que se, es el muestreo no probabilístico de conveniencia. Según Icart, M. Fuentelsaz, C. Pulpón, A. (2006) mencionan que en este muestreo el estudiante decide, basándose en los conocimientos que tiene sobre la población, qué elementos entrarán a formar parte de la muestra de estudio, los cuales deberán cumplir los criterios de inclusión y exclusión. Para poder implementar el programa HEC-HMS, se determinó una muestra finita de 19 años a tomar como muestra para determinar la oferta que genera el caudal del río Santa.

#### **Unidad de análisis**

El presente proyecto de investigación se desarrollará con el Programa WEAP, para determinar una planificación del recurso hídrico del río Santa al año 2050, basándose en datos históricos, para calcular y evaluar así su disponibilidad y determinar una óptima operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato.

Programa HEC-HMS, que se podrá utilizar para poder calcular la oferta de agua, a través de datos históricos de la cuenca del río Santa. ArcGIS, para la simulación del lugar y para tener mejor definido la ubicación del sector a analizar.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnicas**

Las técnicas empleadas en la presente investigación son la adquisición de datos de la Autoridad Nacional del Agua y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, también con el apoyo de fotografías adquiridas en el Instituto Geográfico Nacional, planos, trabajos de gabinete e implementación de software diversos.

#### **Instrumentos**

Según Carrasco, (2009, pág. 319) el instrumento que se utilizara para recoger la información de las variables es el HEC-HMS, que va a permitir utilizar datos históricos para definir la oferta de nuestra muestra. Según el modelo del programa WEAP, es una interfaz donde se puede calcular diversos escenarios hidrológicos, donde el elemento a analizar es el recurso hídrico para el cual se implementa para un modelo de balance que pueda permitir estimar los ámbitos actuales y a futuro para luego llevar a cabo una planificación a medio o largo plazo según se establezca el alcance del análisis.

#### **Validez**

Para (Hernández, Fernández y Baptista 2003), los instrumentos siguieron los procedimientos de validez de contenido, para ello se verificó con la presencia de dos expertos en el campo de la investigación. Se requiero que el asesor y un miembro del jurado para expositor estén en observación del ingreso y análisis de lo datos efectuados en la presente investigación.

Según Carrasco, (2009, pág. 128) para el proceso de la confiabilidad de los instrumentos; en cuanto al pensamiento crítico y la toma de decisiones, se tomará una muestra piloto conformada por la cantidad del recurso hídrico cada 3 años y se puso al proceso de la confiabilidad de los instrumentos; para tal efecto se procedió por utilizar la herramienta HEC-HMS a partir de los datos obtenidos para el cálculo de la oferta hídrica. Puesto que son fuentes confiables a la vez se valida más en el momento que se tengan los resultados de la demanda y oferta del recurso hídrico y el modelo de simulación y planificación de agua.

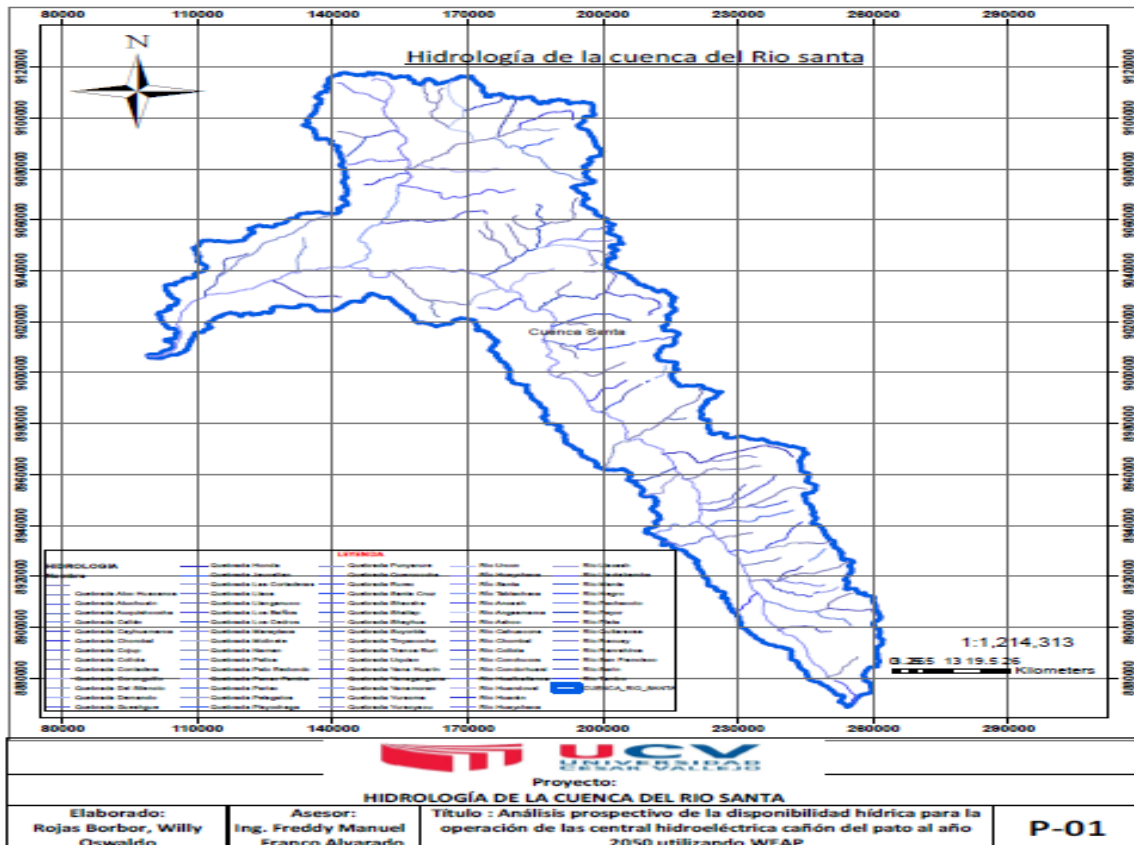
### **3.5. Procedimientos**

El presente proyecto de investigación se desarrollará con el Programa WEAP, para determinar una planificación del recurso hídrico del río Santa al año 2050, basándose en datos históricos, para calcular y evaluar así su disponibilidad y determinar una óptima operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato. Programa HEC-HMS, que se podrá utilizar para poder calcular la oferta de agua, a través de datos históricos de la cuenca del río Santa. ArcGIS, para la simulación del lugar y para tener mejor definido la ubicación del sector a analizar.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para la presente investigación se debe de obtener los datos de la población por diversos métodos para encontrar la población futura en el sector analizado y verificar el movimiento anual en la dinámica poblacional, al igual que la demanda y oferta de agua mediante ambos modelos, donde primero asumiremos que, el caudal del río Santa es de 4897 Km<sup>2</sup> con dimensiones que se encuentra entre 800m<sup>3</sup>/seg a 24m<sup>3</sup>/seg, los cuales sirven para el funcionamiento de la central hidroeléctrica.

Figura N° 02: Mapa de la cuenca de estudio



Fuente: Elaboración propia

Temperatura promedio multianual: La TPMA, es de unos 8°C, estableciéndose entre un rango de -0,6 °C cada 100 m para altitudes mayores y -0,25 °C para altitudes menores a 2500 msnm respectivamente.

Humedad relativa promedio: Según ANA 2013 nos afirma que, se sitúa a un 70%, teniendo una variabilidad anual constante,

Velocidad del viento: La velocidad promedio de 1 m/s según la Autoridad Nacional del Agua

Evaporación: Se producen en los meses de junio y julio mínimos de medida en las cotas bajas, pero en una mayor altura en los meses de noviembre a enero se producen máximos

Evapotranspiración potencial promedio multianual: Se considera 1243 mm/año. Tiene variaciones anuales en altitudes elevadas

Precipitación total promedio multianual: Para este periodo se considerará 758 mm.

Precipitaciones: En el río Santa con respecto a las precipitaciones, en la parte baja los niveles más altos se identifican en el mes de febrero y marzo, aunque por los demás meses no varía mucho, siendo escasa su precipitación en especial en los meses de junio, julio y agosto.

**Dinámica poblacional**, método aritmético:

Tabla N° 2: Población censada

Año	Censada	Total
1940	428 467	469 060
1961	586 214	609 330
1972	732 092	761 441
1981	826 399	862 380
1993	955 023	983 546
2005 a/	1 039 415	1 086 604
2007	1 063 459	1 099 573

Fuente: INEI 2017

$$P_f = P_o (1 + r t)$$

Pf: Población al tiempo "t", en habitantes.

Po: Población del año base o último censo, en habitantes.

r: Tasa de crecimiento poblacional, en tanto por uno y por año.

t: Tiempo en el que se desea estimar la población y es cero para el año base, en años.

Tabla N° 03: Datos de censos realizados en el departamento de Ancash por el método aritmético

<i>Censo y estudio socioeconómico (año)</i>	<i>Población Departamento de Ancash (habitantes)</i>
1,972	761,441
1,981	862,380
1,993	983,546
2,007	1,099,573

Fuente: INEI 2017

Tabla N° 04: Combinación de 2 censos por el método aritmético

Curva	Censo 1	Censo 2	Tasa (%/año)
Pf1	1,972	1,981	1.47
Pf2	1,972	1,993	1.39
Pf3	1,972	2,007	1.27
Pf4	1,981	1,993	1.17
Pf5	1,981	2,007	1.06
Pf6	1,993	2,007	0.84

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 05: Combinación de 3 censos por el método aritmético

Curva	Censo 1	Censo 2	Censo 3	Tasa (%/año)
Pf7	1,972	1,981	1,993	1.30
Pf8	1,972	1,981	2,007	1.16
Pf9	1,972	1,993	2,007	1.17
Pf10	1,981	1,993	2,007	0.99

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 06: Combinación de 4 censos por el método aritmético

Curva	Censo 1	Censo 2	Censo 3	Censo 4	Tasa (%/año)
Pf11	1,981	1,993	2,007	2,017	1.12

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 07: Selección de la mejor curva por el método aritmético

Curva	Población Histórica para los Años Censales				Diferencias
	2,017	1,993	1,981	1,972	
Censo	1,099,573	983,546	862,380	761,441	0
Pf1	1,099,573	872,831	678,480	532,718	523,338
Pf2	1,099,573	885,750	702,473	565,015	454,129
Pf3	1,099,573	904,259	736,846	611,287	354,975
Pf4	1,099,573	919,332	764,840	648,971	274,224
Pf5	1,099,573	936,725	797,141	692,453	181,048
Pf6	1,099,573	969,859	858,675	775,287	31,238
Pf7	1,099,573	899,403	727,829	599,148	380,987

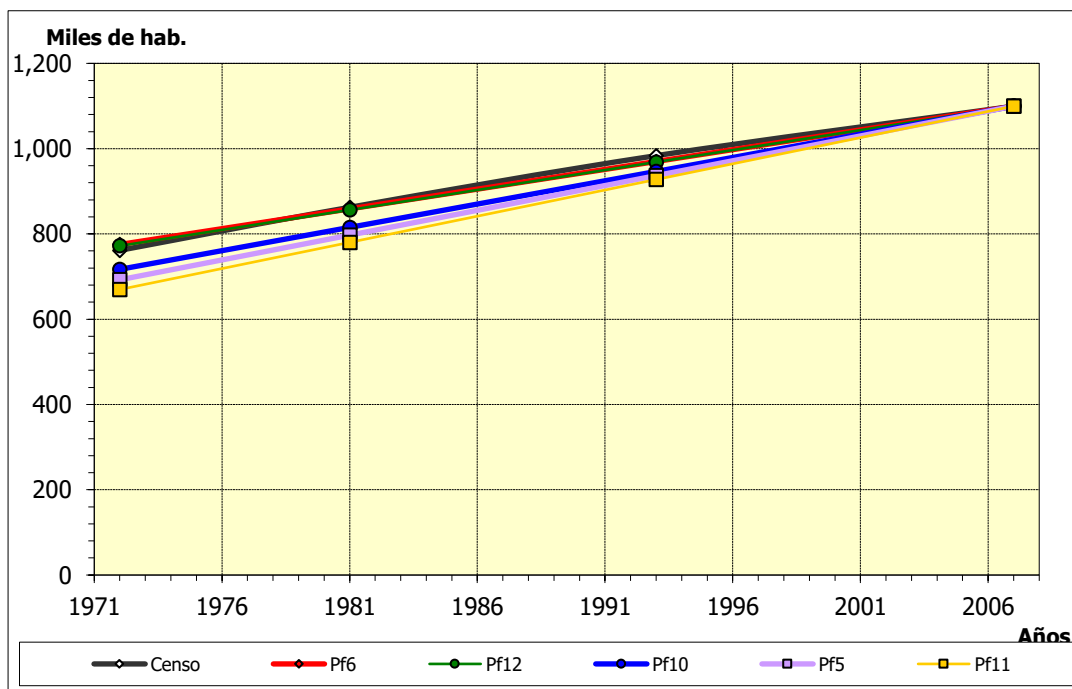


Pf8	1,099,573	920,295	766,629	651,379	269,064
Pf9	1,099,573	919,393	764,954	649,124	273,896
Pf10	1,099,573	946,539	815,366	716,987	128,475
Pf11	1,099,573	927,585	780,167	669,604	230,011
Pf12	1,099,573	968,546	856,237	772,005	31,707

Fuente: Elaboración propia

La curva seleccionada para el método aritmético es Pf = Pf6, para la población de años base tenemos 1, 099,573 habitantes y presentando una Tasa de crecimiento de  $r = 0.84 \%$ /año.

Figura N° 03: Combinación de 3 censos por el método aritmético



Fuente: Elaboración propia

### Método geométrico:

$$Pf = Po (1 + r)^t$$

Pf: Población al tiempo "t", en habitantes.

Po: Población del año base o último censo, en habitantes.

r: Tasa de crecimiento poblacional, en tanto por uno.

t: Tiempo en el que se desea estimar la población y es cero para el año base, en años.

Tabla N° 8: Combinación de 2 censos por el método geométrico

Curva	Censo 1	Censo 2	Tasa (%)
Pf1	1,972	1,981	1.39
Pf2	1,972	1,993	1.23
Pf3	1,972	2,007	1.06
Pf4	1,981	1,993	1.10
Pf5	1,981	2,007	0.94
Pf6	1,993	2,007	0.80

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 9: Combinación de 3 censos por el método geométrico

Curva	Censo 1	Censo 2	Censo 3	Tasa (%)
Pf7	1,972	1,981	1,993	1.22
Pf8	1,972	1,981	2,007	1.04
Pf9	1,972	1,993	2,007	1.03
Pf10	1,981	1,993	2,007	0.93

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 10: Combinación de 4 censos por el método geométrico

Curva	Censo 1	Censo 2	Censo 3	Censo 4	Tasa (%)
Pf11	1,972	1,981	1,993	2,007	1.03

Fuente: Elaboración propia

Curva	Censo 1	Censo 2	Censo 3	Censo 4	Tasa (%)
Pf12	1,972	1,981	1,993	2,007	0.99

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 11: Selección de la mejor curva por el método geométrico

Curva	Población Histórica para los Años Censales				Diferencias
	2,007	1,993	1,981	1,972	
Censo	1,099,573	983,546	862,380	761,441	0
Pf1	1,099,573	905,997	767,439	677,612	256,319
Pf2	1,099,573	927,083	800,939	717,728	161,617
Pf3	1,099,573	949,268	836,899	761,441	59,759
Pf4	1,099,573	943,218	827,020	749,366	87,763
Pf5	1,099,573	964,723	862,380	792,813	50,195
Pf6	1,099,573	983,546	893,889	832,052	102,120
Pf7	1,099,573	928,135	802,628	719,767	156,837
Pf8	1,099,573	951,416	840,419	765,755	58,405
Pf9	1,099,573	952,153	841,628	767,238	57,942
Pf10	1,099,573	966,307	865,011	796,071	54,500
Pf11	1,099,573	952,701	842,528	768,343	57,599
Pf12	1,099,573	957,392	850,249	777,837	54,681

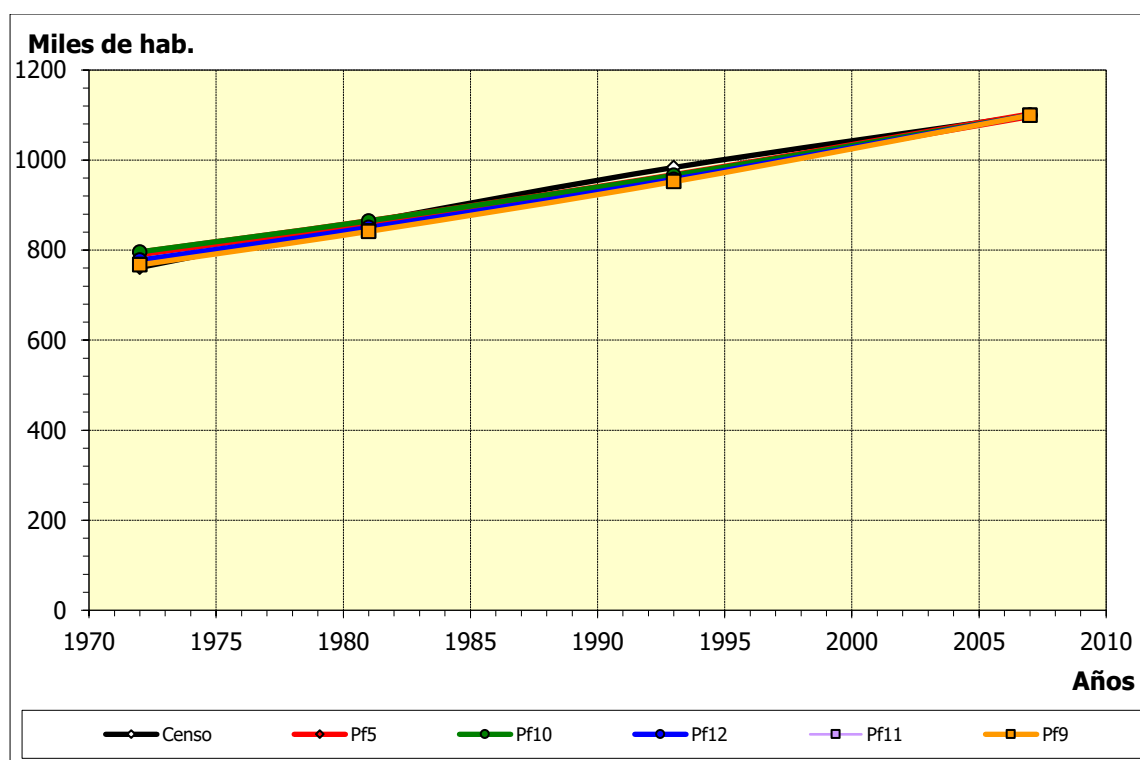
Fuente: Elaboración propia

Curva seleccionada: Pf = Pf5

Población de año base: Po = 1, 099,573 habitantes.

Tasa de crecimiento: r = 0.94%

Figura N° 4: curva generada por el método geométrico



Fuente: Elaboración propia

### Método parabólico

$$Pf = A + B t + C t^2$$

Pf: Población al tiempo "t", en habitantes.

A: Constante de población, en habitantes.

B: Constante de población, en habitantes/año.

C: Constante de población, en habitantes/año<sup>2</sup>.

t: Tiempo en el que se desea estimar la población y es cero para el año base o último censo, en años

Tabla N° 12: datos de población por el método parabólico

<i>Censo</i> (año)	<i>Población</i> (habitantes)
1,972	761,441
1,981	862,380

1,993	983,546
2,007	1,099,573

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 13: Combinación de 3 censos por el método parabólico

Combinación 1	1972	1981	1993
Año	t	t <sup>2</sup>	Pf
1972	-35	1225	761441
1981	-26	676	862380
1993	-14	196	983546

Fuente: *Elaboración propia*

$$A + (-35) \times B + 1225 C \quad A = 1105522.85$$

$$A + (-26) \times B + 676 C \quad B = 7967.11$$

$$A + (-14) \times B + 196 C \quad C = -53.25$$

$$Pf^*1 = 1,105,522.85 + 7,967.11 t + -53.25 t^2$$

$$Pf (t=0) = 1437.39$$

$$\text{Pero: } Pf (1981) = 18993$$

$$\text{Diferencia: } Pf (1981) - Pf (t=0) = -5949.85$$

$$Pf1 = 1,099,573.00 + 7,967.11 t + -53.25 t^2$$

Tabla N° 14: Combinación de 3 censos por el método parabólico

Combinación 2	1972	1981	2007
Año	t	t <sup>2</sup>	Pf
1972	-35	1225	761441
1981	-26	676	862380
2007	0	0	1099573

Fuente: Elaboración propia

$$\begin{aligned}
A + (-35) \times B + 1225 C & \quad A = 1099573.00 \\
A + (-26) \times B + 676 C & \quad B = 7568.28 \\
A + (0) \times B + 0 C & \quad C = -59.79 \\
Pf^*2 & = 1,099,573.00 + 7,568.28 t + -59.79 t^2 \\
Pf (t=0) & = 1437.39 \\
\text{Pero: } Pf (1981) & = 18993 \\
\text{Diferencia: } Pf (1981) - Pf (t=0) & = 0.00 \\
Pf2 & = 1,099,573.00 + 7,568.28 t + -59.79 t^2
\end{aligned}$$

Tabla N° 15: Combinación de 3 censos por el método parabólico

Combinación 3	1972	1993	2007
Año	t	t <sup>2</sup>	Pf
1972	-35	1225	761441
1993	-14	196	983546
2007	0	0	1099573

Fuente: Elaboración propia

$$\begin{aligned}
A + (-35) \times B + 1225 C & \quad A = 1099573.00 \\
A + (-14) \times B + 196 C & \quad B = 7372.13 \\
A + (0) \times B + 0 C & \quad C = -65.39 \\
Pf^*3 & = 1,099,573.00 + 7,372.13 t + -65.39 t^2 \\
Pf (t=0) & = 1437.39 \\
\text{Pero: } Pf (1981) & = 18993 \\
\text{Diferencia: } Pf (1981) - Pf (t=0) & = 0.00 \\
Pf3 & = 1,099,573.00 + 7,372.13 t + -65.39 t^2
\end{aligned}$$

Combinación 4	1981	1993	2007
Año	t	t <sup>2</sup>	Pf
1981	-26	676	862380
1993	-14	196	983546

2007	0	0	1099573
------	---	---	---------

Tabla N° 16: Combinación de 3 censos por el método parabólico

Fuente: Elaboración propia

$$A + (-26) \times B + 676 C \quad A = 1099573.00$$

$$A + (-14) \times B + 196 C \quad B = 7313.28$$

$$A + (0) \times B + 0 C \quad C = -69.60$$

$$Pf^*4 = 1,099,573.00 + 7,313.28 t + -69.60 t^2$$

$$Pf (t=0) = 1437.39$$

$$\text{Pero: } Pf (1981) = 18993$$

$$\text{Diferencia: } Pf (1981) - Pf (t=0) = 0.00$$

$$Pf4 = 1,099,573.00 + 7,313.28 t + -69.60 t^2$$

Tabla N° 17: Combinación de 4 censos por el método parabólico

Curva	Censo 1	Censo 2	Censo 3	Censo 4
Pf5	1,972	1,981	1,993	2,007

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 18: tabla de resumen elaborada por el método parabólico

Año	t	t <sup>2</sup>	t <sup>3</sup>	t <sup>4</sup>	Pf	Pf.t	Pf.t <sup>2</sup>
1972	-35	1225	-42875	1500625	761441	-	932765225
1981	-26	676	-17576	456976	862380	-	582968880
1993	-14	196	-2744	38416	983546	-	192775016
2007	0	0	0	0	1099573	0	0
	-75	2097	-63195	1996017	0	-	1708509121

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 19: tabla de valores constante por el método geométrico

Constante	Valor
A =	1,099,573.0
B =	7,434.79
C =	-63.854

Fuente: Elaboración propia

$$Pf5 = 1,099,573.00 + 7,434.79 t + -63.85 t^2$$

Tabla N° 20: Selección de la mejor curva por el método geométrico

Curva	Censo 1	Censo 2	Censo 3	Constante	Valor
Pf1	1,972	1,981	1,993	A = B = C =	1,099,573.0 7,967.11 -53.251
Pf2	1,972	1,981	2,007	A = B = C =	1,099,573.0 7,568.28 -59.790
Pf3	1,972	1,993	2,007	A = B = C =	1,099,573.0 7,372.13 -65.394
Pf4	1,981	1,993	2,007	A = B = C =	1,099,573.0 7,313.28 -69.597

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 21: tabla resumen elaborado por el método parabólico

Curva	Población Histórica para los Años Censales				Diferencias
	2,007	1,993	1,981	1,972	
Censo	1,099,573	983,546	862,380	761,441	0



Pf1	1,099,573	977,596	856,430	755,491	-17,850
Pf2	1,099,573	981,898	862,380	761,441	-1,648
Pf3	1,099,573	983,546	863,691	761,441	1,311
Pf4	1,099,573	983,546	862,380	758,352	-3,089
Pf5	1,099,573	982,971	863,103	761,134	-159

Fuente: Elaboración propia

Curva seleccionada Pf = Pf5

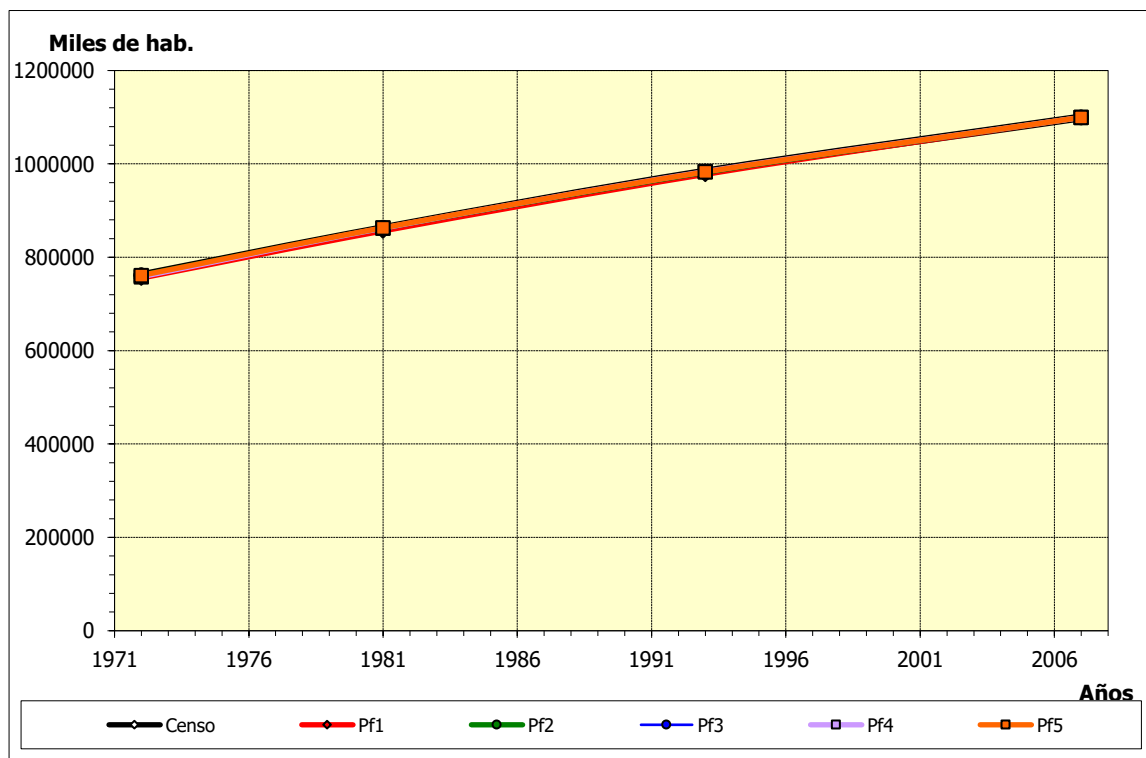
Constante de población (A) A = 1, 099,573.0 habitantes.

Constante de población (B) B = 7,434.79 habitantes/año.

Constante de población (C) C = -63.854 habitantes/año.

$$Pf = 1, 099,573.00 + 7,434.79 t + -63.85 t^2$$

Figura N° 5: Curva generada por el método parabólico



Fuente: Elaboración propia

Las ecuaciones para el método aritmético arrojaron:

$$\text{Ecuación del método aritmético } Pf = Po (1 + r t)$$

Población del año base  $P_0 = 1,099,573$  habitantes

Tasa de crecimiento  $r = 0.84 \%$ /año

Año base  $t = 0$ , en 2016

Las ecuaciones para el **método geométrico** arrojaron:

Ecuación del método geométrico  $P_f = P_0 (1 + r)^t$

Población del año base  $P_0 = 1,099,573$  habitantes

Tasa de crecimiento  $r = 0.94 \%$

Año base  $t = 0$ , en 2016

Las ecuaciones para el **método parabólico** arrojaron:

Ecuación del método parabólico  $P_f = A + B t + C t^2$

Constante de población  $A = 1,099,573.0$  habitantes.

Constante de población  $B = 7,434.79$  habitantes/año

Constante de población  $C = -63.854$  habitantes/año<sup>2</sup>

Año base  $t = 0$ , en 2016

Para generar la proyección de **población futura**, es necesario contemplar la tasa referencial

Curva de la tasa referencial  $P_f = P_0 (1 + r)^t$

Población del año base  $P_0 = 1,099,573$  habitantes

Año base  $t = 0$ , en 2016

$r = 2.00 \%$

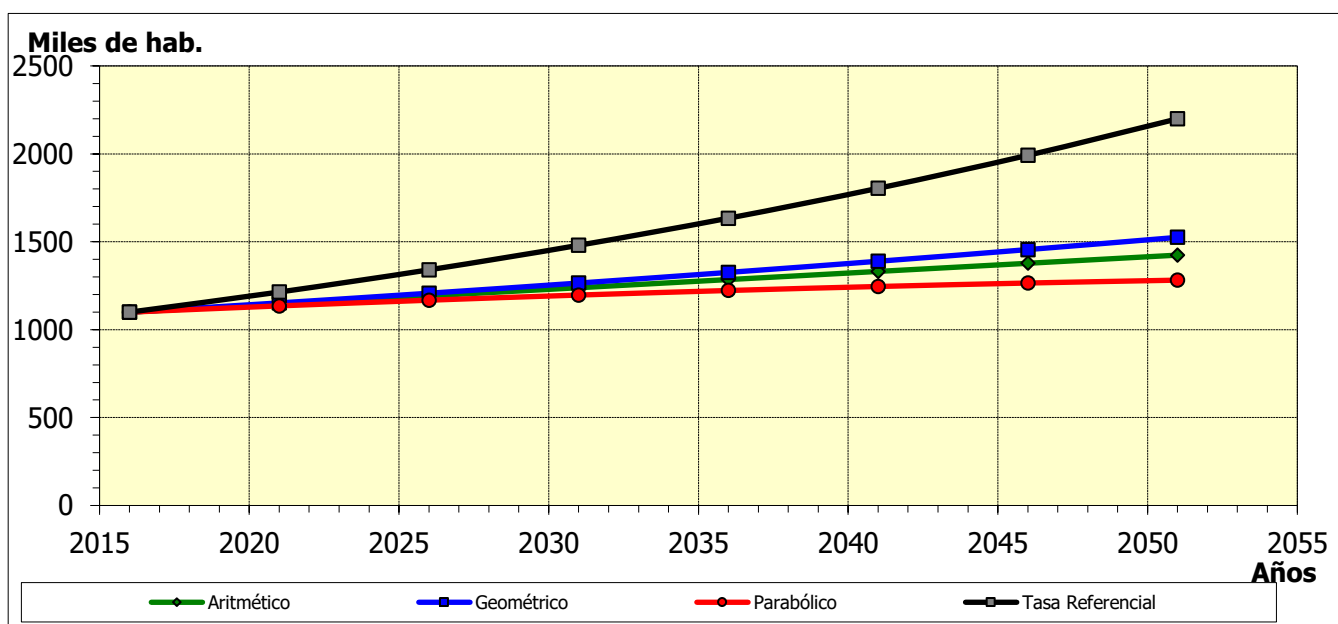
La proyección de **población futura** nos arroja las siguientes tablas

Tabla N° 22: tabla de las poblaciones futuras de los métodos utilizados

Años	Curva	Aritmética	Geométrica	Parabólica	Tasa Referencial
2,016		1,099,573	1,099,573	1,099,573	1,099,573
2,021		1,145,900	1,152,172	1,135,151	1,214,017
2,026		1,192,226	1,207,288	1,167,536	1,340,373
2,031		1,238,553	1,265,040	1,196,728	1,479,880
2,036		1,284,879	1,325,554	1,222,727	1,633,908
2,041		1,331,206	1,388,963	1,245,534	1,803,966
2,046		1,377,533	1,455,406	1,265,148	1,991,724
2,051		1,423,859	1,525,027	1,281,570	2,199,025

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 6: curvas generadas por los métodos utilizados



Fuente: Elaboración propia

Para esta presente investigación se ha tomado la curva de crecimiento de **tipo geométrico**.

Tabla N° 23: Poblaciones generadas hasta el 2051 por los métodos utilizados

Año	Aritmética	Geométrica	Parabólica
2016	1099573	1099573	1099573
2017	1108838	1109897	1106944
2018	1118104	1120318	1114187
2019	1127369	1130837	1121303
2020	1136634	1141455	1128291
2021	1145900	1152172	1135151
2022	1155165	1162990	1141883
2023	1164430	1173910	1148488
2024	1173696	1184932	1154965
2025	1182961	1196058	1161314
2026	1192226	1207288	1167536
2027	1201492	1218623	1173629
2028	1210757	1230065	1179596
2029	1220022	1241614	1185434
2030	1229287	1253272	1191145
2031	1238553	1265040	1196728
2032	1247818	1276917	1202183

2033	1257083	1288907	1207511
2034	1266349	1301008	1212711
2035	1275614	1313224	1217783
2036	1284879	1325554	1222727
2037	1294145	1338000	1227544
2038	1303410	1350563	1232233
2039	1312675	1363244	1236794
2040	1321941	1376043	1241228
2041	1331206	1388963	1245534
2042	1340471	1402005	1249712
2043	1349737	1415168	1253763
2044	1359002	1428456	1257686
2045	1368267	1441868	1261481
2046	1377533	1455406	1265148
2047	1386798	1469071	1268688
2048	1396063	1482865	1272100
2049	1405329	1496787	1275384
2050	1414594	1510841	1278541
2051	1423859	1525027	1281570

Fuente: Elaboración propia

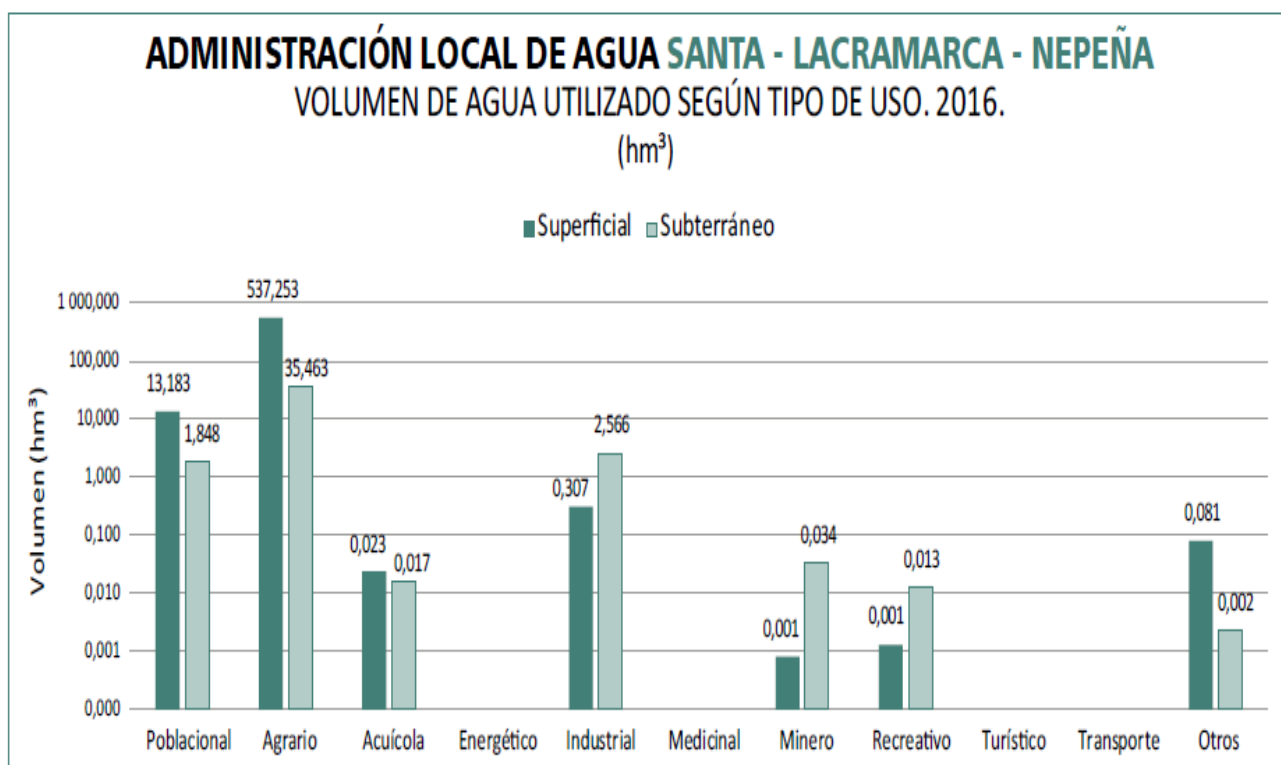
Se utilizará los volúmenes de demanda de agua por región, así como también el volumen utilizado en el año de estudio para modelar el sistema WEAP y obtener datos que actualmente prevalecen.

Tabla N° 24: Volumen de las demandas de la región

Tipo de Fuente	Volumen de agua utilizado (hm³)										
	Poblacional	Agrario	Acuícola	Energético	Industrial	Medicinal	Minero	Recreativo	Turístico	Transporte	Otros
Superficial	13,183	537,253	0,023	-	0,307	-	0,001	0,001	-	-	0,081
Subterráneo	1,848	35,463	0,017	-	2,566	-	0,034	0,013	-	-	0,002
<b>Total</b>	<b>15,031</b>	<b>572,716</b>	<b>0,040</b>	<b>0,000</b>	<b>2,873</b>	<b>0,000</b>	<b>0,034</b>	<b>0,014</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,083</b>

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, DARH/DUMA 2016

Figura N°7: Volumen utilizado del año 2016



Fuente: Autoridad Nacional del Agua, DARH/DUMA

La demanda de dotaciones para los habitantes que se refleja el consumo de habitante por día en la siguiente tabla:

Tabla N° 25: tabla de dotaciones por cantidad de habitantes

Frio	Templado	
120Lt/Hab/Día	150Lt/Hab/Día	De 2,000 hab. a 10,000 hab.
hab.150Lt/Hab/Día	200Lt/Hab/Día	De 10,000 hab. a 50,000
120Lt/Hab/Día	250Lt/Hab/Día	Más de 50,000 hab.

Fuente: Elaboración propia

La demanda hídrica está dada por la dotación por habitante que necesita de consumo diario y para eso primero realizó el cálculo de población futura.

Tabla N° 26: tabla de años proyectados

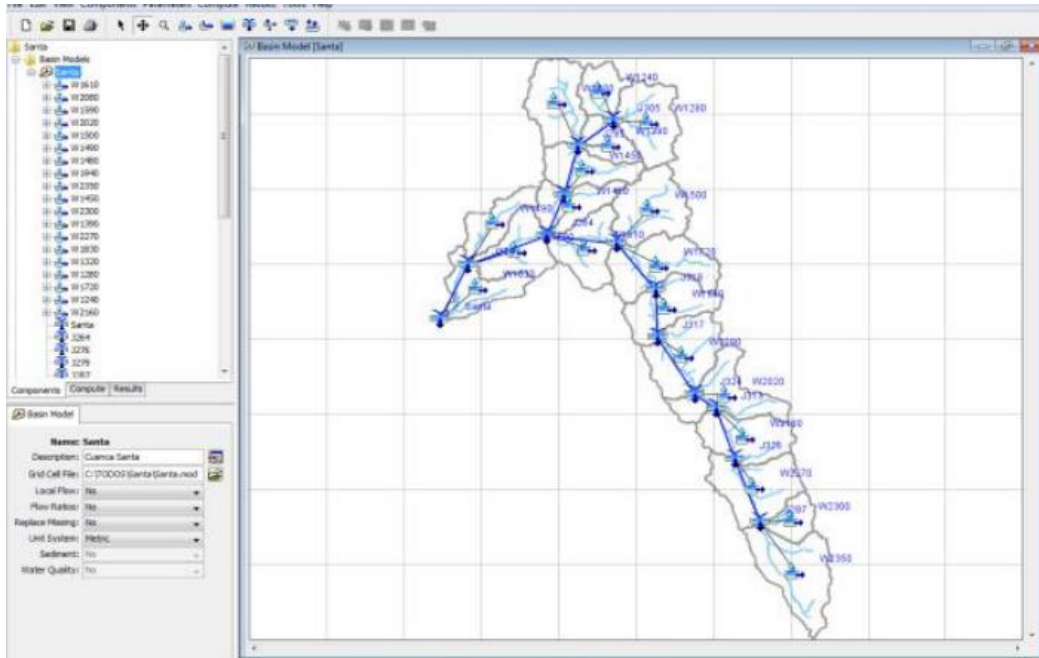
años del proyecto	Poblacion	Demanda de Agua Domestica		DEMANDA AGRARIA	DEMANDA INDUSTRIAL	DEMANDA OTROS	DEMANDA TOTAL	Perdidas de agua	Produccion Total de Agua		Volumenes de Almacenamiento (m³)				Caudales de diseño (lt/seg)		
	Proyectada (2032)	Anual (m³/año)	Diaria (lt/seg)	Anual (m³/año)	Anual (m³/año)	Anual (m³/año)	Anual (m³/año)	%	Anual (m³/año)	Diaria (lt/seg)	Vol. de Regulacion	Vol. Contra Incendio	Vol. de Reserva	Vol. Total	Promedio	Maximo Diario	Maximo Horario
	1099573			41180.82	7871.23	241.095											
	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30	0.00	0.00	0.00	50.00		50.00	0.00	0.00	0.00
0	1109897	8102.25	0.26	41181.00	7871.00	241.00	57395.25	20	71744.06	2.27	49.00	50.00		99.00	2.27	455.00	2.96
1	1120318	8178.32	0.26	41181.00	7871.00	241.00	57471.32	20	71839.15	2.28	49.00	50.00		99.00	2.28	455.60	2.96
2	1130837	8255.11	0.26	41181.00	7871.00	241.00	57548.11	20	71935.14	2.28	49.00	50.00		99.00	2.28	456.21	2.97
3	1141455	8332.62	0.26	41181.00	7871.00	241.00	57625.62	20	72032.03	2.28	49.00	50.00		99.00	2.28	456.82	2.97
4	1152172	8410.86	0.27	41181.00	7871.00	241.00	57703.86	20	72129.82	2.29	49.00	50.00		99.00	2.29	457.44	2.97
5	1162990	8489.83	0.27	41181.00	7871.00	241.00	57782.83	20	72228.53	2.29	49.00	50.00		99.00	2.29	458.07	2.98
6	1173910	8569.54	0.27	41181.00	7871.00	241.00	57862.54	20	72328.18	2.29	50.00	50.00		100.00	2.29	458.70	2.98
7	1184932	8650.00	0.27	41181.00	7871.00	241.00	57943.00	20	72428.75	2.30	50.00	50.00		100.00	2.30	459.34	2.99
8	1196058	8731.22	0.28	41181.00	7871.00	241.00	58024.22	20	72530.28	2.30	50.00	50.00		100.00	2.30	459.98	2.99
9	1207288	8813.20	0.28	41181.00	7871.00	241.00	58106.20	20	72632.75	2.30	50.00	50.00		100.00	2.30	460.63	2.99
10	1218623	8895.95	0.28	41181.00	7871.00	241.00	58188.95	20	72736.18	2.31	50.00	50.00		100.00	2.31	461.29	3.00
11	1230065	8979.47	0.28	41181.00	7871.00	241.00	58272.47	20	72840.59	2.31	50.00	50.00		100.00	2.31	461.95	3.00
12	1241614	9063.78	0.29	41181.00	7871.00	241.00	58356.78	20	72945.98	2.31	50.00	50.00		100.00	2.31	462.62	3.01
13	1253272	9148.89	0.29	41181.00	7871.00	241.00	58441.89	20	73052.36	2.32	50.00	50.00		100.00	2.32	463.30	3.01
14	1265040	9234.79	0.29	41181.00	7871.00	241.00	58527.79	20	73159.74	2.32	50.00	50.00		100.00	2.32	463.98	3.02

15	1276917	9321.49	0.30	41181.00	7871.00	241.00	58614.49	20	73268.12	2.32	50.00	50.00		100.00	2.32	464.66	3.02
16	1288907	9409.02	0.30	41181.00	7871.00	241.00	58702.02	20	73377.53	2.33	50.00	50.00		100.00	2.33	465.36	3.02
17	1301008	9497.36	0.30	41181.00	7871.00	241.00	58790.36	20	73487.95	2.33	50.00	50.00		100.00	2.33	466.06	3.03
18	1313224	9586.54	0.30	41181.00	7871.00	241.00	58879.54	20	73599.42	2.33	50.00	50.00		100.00	2.33	466.76	3.03
19	1325554	9676.54	0.31	41181.00	7871.00	241.00	58969.54	20	73711.93	2.34	50.00	50.00		100.00	2.34	467.48	3.04
20	1338000	9767.40	0.31	41181.00	7871.00	241.00	59060.40	20	73825.50	2.34	51.00	50.00		101.00	2.34	468.20	3.04
21	1350563	9859.11	0.31	41181.00	7871.00	241.00	59152.11	21	74876.09	2.37	51.00	51.00		102.00	2.37	474.86	3.09
22	1363244	9951.68	0.32	41181.00	7871.00	241.00	59244.68	22	75954.72	2.41	52.00	52.00		104.00	2.41	481.70	3.13
23	1376043	10045.11	0.32	41181.00	7871.00	241.00	59338.11	23	77062.49	2.44	53.00	53.00		106.00	2.44	488.73	3.18
24	1388963	10139.43	0.32	41181.00	7871.00	241.00	59432.43	24	78200.57	2.48	54.00	54.00		108.00	2.48	495.94	3.22
25	1402005	10234.64	0.32	41181.00	7871.00	241.00	59527.64	25	79370.18	2.52	54.00	55.00		109.00	2.52	503.36	3.27
26	1415168	10330.73	0.33	41181.00	7871.00	241.00	59623.73	26	80572.60	2.55	55.00	56.00		111.00	2.55	510.99	3.32
27	1428456	10427.73	0.33	41181.00	7871.00	241.00	59720.73	27	81809.22	2.59	56.00	57.00		113.00	2.59	518.83	3.37
28	1441868	10525.64	0.33	41181.00	7871.00	241.00	59818.64	28	83081.44	2.63	57.00	58.00		115.00	2.63	526.90	3.42
29	1455406	10624.46	0.34	41181.00	7871.00	241.00	59917.46	29	84390.79	2.68	58.00	59.00		117.00	2.68	535.20	3.48
30	1469071	10724.22	0.34	41181.00	7871.00	241.00	60017.22	30	85738.88	2.72	59.00	60.00		119.00	2.72	543.75	3.53
31	1482865	10824.91	0.34	41181.00	7871.00	241.00	60117.91	31	87127.41	2.76	60.00	61.00		121.00	2.76	552.56	3.59
32	1496787	10926.55	0.35	41181.00	7871.00	241.00	60219.55	32	88558.15	2.81	61.00	62.00		123.00	2.81	561.63	3.65
33	1510841	11029.14	0.35	41181.00	7871.00	241.00	60322.14	33	90033.04	2.85	62.00	63.00		125.0	2.85	570.99	3.71
34	1525027	11132.70	0.35	41181.00	7871.00	241.00	60425.70	34	91554.09	2.90	63.00	64.00		127.0	2.90	580.63	3.77

Fuente: Elaboración propia

Para poder encontrar la oferta de agua, se abordó el modelo de HEC-HMS.

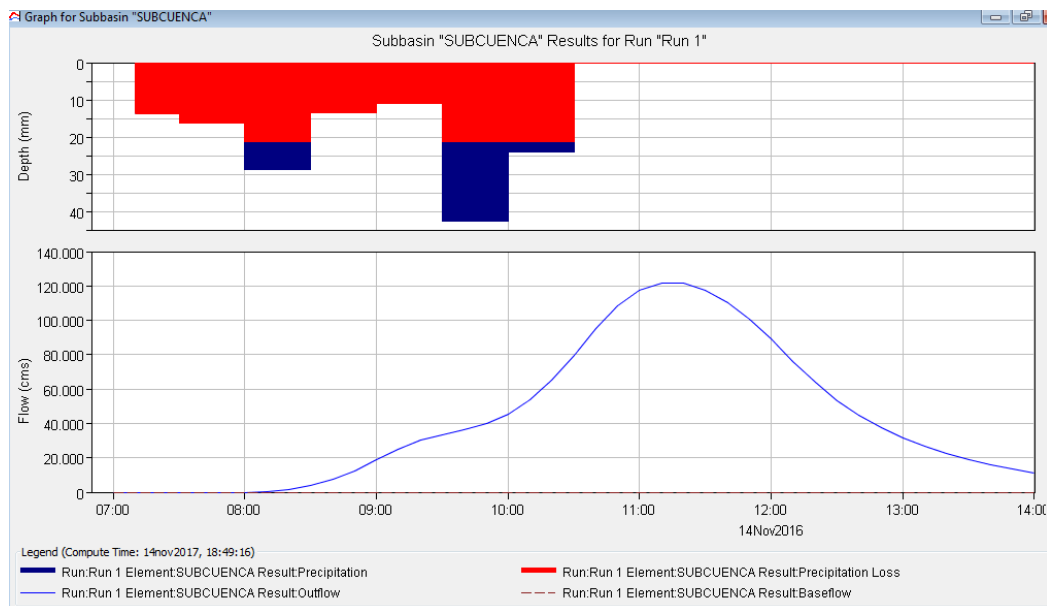
Figura N° 08: Modelo de la cuenca del Rio Santa



Fuente:

Elaboración propia en HEC-HMS

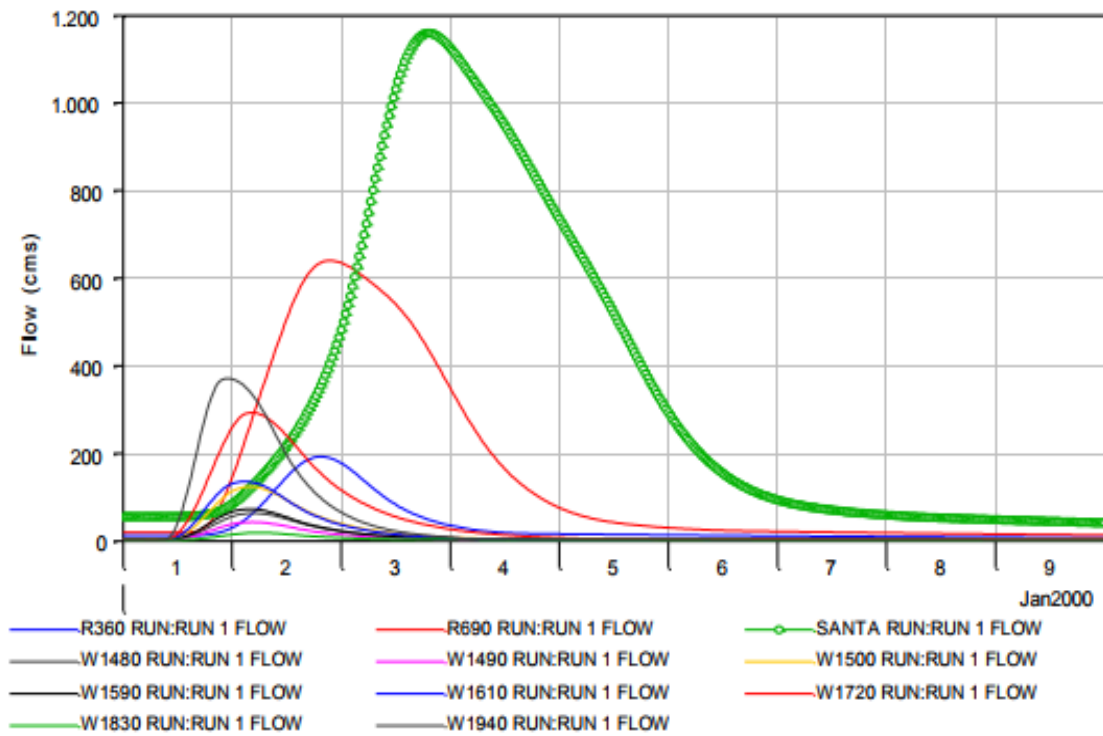
Figura N° 09: Tabla de resultados de análisis tormenta y precipitación



Fuente: Elaboración propia

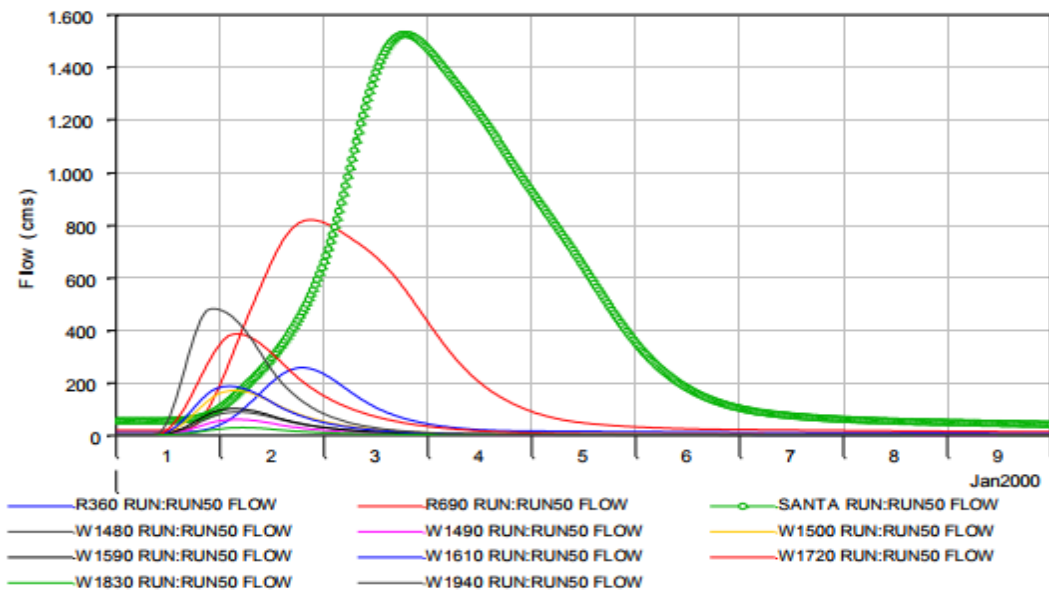


Figura N° 10: Cuadro de periodo de retorno 10 años



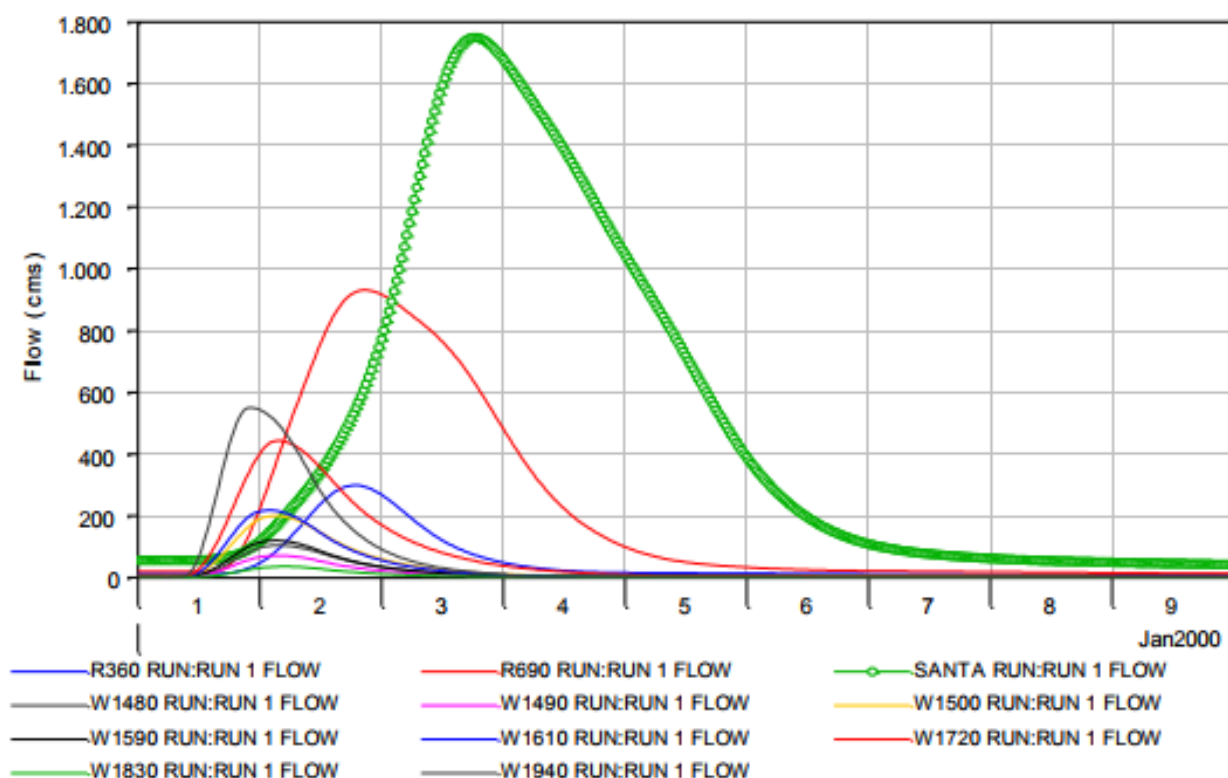
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 11: Cuadro de periodo de retorno 25 años



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 12: Cuadro de periodo de retorno de 50 años



Fuente: Elaboración propia

El caudal máximo total de la cuenca para los periodos de retorno de 10 años es de 976m<sup>3</sup>/s, para 25 años es de 1177 m<sup>3</sup>/s y 50 años es de 1,327 m<sup>3</sup> /s.

Tabla N° 27: Tabla resumen de los caudales máximos, periodo de retorno y áreas.

Escenarios	Caudal de máxima avenida (m <sup>3</sup> /s)	Periodo de retorno (años)	Área inundable (ha)	Área agrícola (ha)
Escenario 1	976	10	2,588	1,290
Escenario 2	1,177	25	2,700	1,310
Escenario 3	1,327	50	2,816	1,346

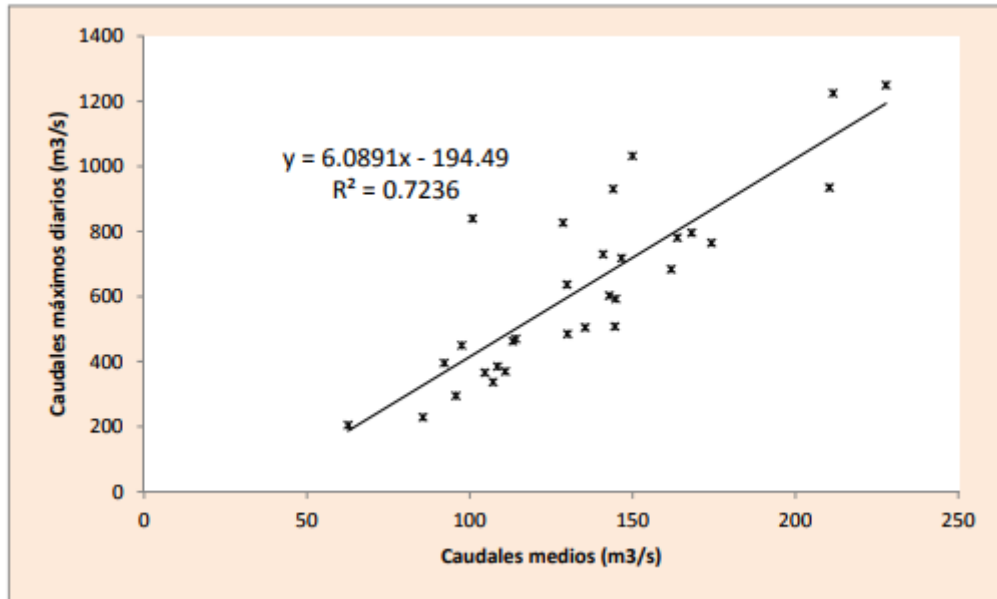
Fuente elaboración propia

Tabla N° 28: Cuadro de precipitación Anual y Precipitación Acumulada

Año		Condorcero	
		Anual	Acumulado
1	1978	107.1	107.1
2	1979	144.0	251.1
3	1980	110.9	362.0
4	1981	163.7	525.7
5	1982	146.6	672.3
6	1983	168.1	840.3
7	1984	211.5	1 051.8
8	1985	92.1	1 143.9
9	1986	113.2	1 257.1
10	1987	135.4	1 392.5
11	1988	130.0	1 522.5
12	1989	144.8	1 667.3
13	1990	85.6	1 752.9
14	1991	100.8	1 853.7
15	1992	62.6	1 916.3
16	1993	227.8	2 144.1
17	1994	161.8	2 306.0
18	1995	104.6	2 410.6
19	1996	140.9	2 551.5
20	1997	97.5	2 648.9
21	1998	210.4	2 859.3
22	1999	149.9	3 009.2
23	2000	129.8	3 139.0
24	2001	174.2	3 313.3
25	2002	144.5	3 457.8
26	2003	114.1	3 571.9
27	2004	95.7	3 667.6
28	2005	108.5	3 776.1
29	2006	128.6	3 904.8
30	2007	142.8	4 047.5

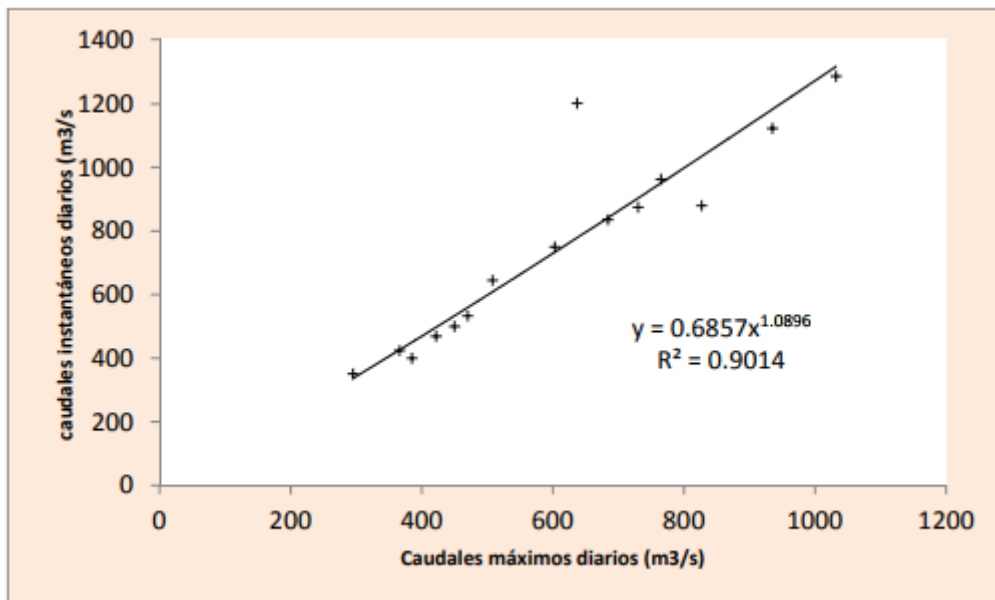
Fuente: Elaboración propia

Figura N° 13: Caudales máximos diarios vs Caudales medios



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 14: Caudales máximos diarios vs Caudales medios



Fuente: Elaboración propia

Para utilizar el **modelo WEAP**, es necesario hacer un análisis temporal y espacial para determinar las cantidades que tiene la cuenca y los datos que necesitamos para modelar el programa, como son la temperatura, precipitación, evaporación, humedad relativa y velocidad del viento, para construir un modelo hidrológico de una manera continua. **Los datos a ingresar al modelo WEAP**, se definirán en las siguientes tablas:

Tabla N° 29: tabla de datos de entrada del modelo

Variable Meteorológica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. °C
Temperatura Prom. (°C)	22.55	22.54	22.97	22.57	22.56	21.86	21.87	21.51	21.43	21.41	21.61	22.40	22.11
Temperatura Min. (°C)	18.03	18.58	18.87	18.64	17.13	16.08	15.64	15.98	15.93	16.10	16.26	16.99	17.02
Temperatura Max. (°C)	28.96	28.49	28.38	28.21	28.04	27.63	28.40	28.65	27.89	27.82	27.91	28.89	28.27

Variable Meteorológica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Anual mm
Evap. Total Mensual(mm)	192.32	173.59	182.68	177.80	172.61	174.82	201.32	226.58	197.80	211.51	197.57	205.89	2,314.49
Precip. Total Mensual (mm)	24.92	69.71	80.16	76.69	19.84	7.04	2.75	1.17	15.20	16.31	13.91	16.37	344.06

Variable Meteorológica	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom. Diaria %
Humedad Relativa(mm)	85.43	85.83	85.36	83.01	82.41	84.42	81.49	80.43	78.09	77.15	79.71	76.65	81.67

Fuente: Orazul, Central hidroeléctrica Cañón del Pato 2016.

Tabla N° 30: tabla de demandas para los usos de agua

Subsistema	DEMANDA POBLACIONAL						DEMANDA AGRÍCOLA						DEMANDA INDUSTRIAL Y MINERA					
	Demanda (hm³/año)			Confiabilidad (%)			Demanda (hm³/año)			Confiabilidad (%)			Demanda (hm³/año)			Confiabilidad (%)		
	Total	Servida	Déficit	Annual	Mensual	Volum.	Total	Servida	Déficit	Annual	Mensual	Volum.	Total	Servida	Déficit	Annual	Mensual	Volum.
Recreta	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	35.02	24.28	10.74	12.2%	63.1%	69.3%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Olleros	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	3.45	3.45	0.00	100%	100%	100%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Rajucolta	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	6.47	6.46	0.01	100%	99.8%	99.9%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Quilcay	7.28	7.28	0.00	100%	100%	100%	32.13	32.13	0.00	100%	100%	100%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Chancos	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	0.02	0.02	0.00	100%	100%	100%
Chinchayhuasi	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	13.84	7.35	6.48	2.0%	53.4%	53.1%	0.09	0.09	0.00	100%	100%	99.7%
San Luis - Yungar	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	43.16	15.68	27.48	0.0%	38.8%	36.3%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Ampu	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	39.08	21.04	18.04	0.0%	55.4%	53.8%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Shupluy	0.60	0.60	0.00	100%	100%	100%	20.42	12.24	8.18	12.2%	50.3%	59.9%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Llanganuco	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	0.94	0.94	0.00	100%	100%	100%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Parón	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	47.31	40.47	6.84	63.3%	73.5%	85.5%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Colcas	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	62.10	61.17	0.93	100%	97.6%	98.5%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Los Cedros	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	5.94	5.94	0.00	100%	100%	100%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Collota - Quitaracsca	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	3.59	3.59	0.00	100%	100%	100%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Corongo	0.14	0.14	0.00	100%	100%	100%	24.07	24.07	0.00	100%	100%	100%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Chuquicara	1.46	1.46	0.00	100%	100%	100%	82.70	82.63	0.07	100%	99.8%	99.9%	2.28	2.27	0.01	100%	99.5%	99.5%
La Balsa	4.63	4.62	0.00	100%	100%	99.9%	166.60	129.14	37.47	36.7%	61.1%	77.5%	1.13	0.91	0.22	63.3%	65.0%	80.9%
Medio Bajo Santa	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-	752.55	752.23	0.33	100%	100%	100%	0.00	0.00	0.00	100%	100%	-
Bajo Santa (Valle)	9.85	9.85	0.00	100%	100%	100%	150.40	149.12	1.28	100%	98.1%	99.1%	1.87	1.87	0.00	100%	100%	100%
<b>CUENCA TOTAL</b>	<b>23.96</b>	<b>23.96</b>	<b>0.00</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>1489.76</b>	<b>1371.92</b>	<b>117.85</b>	<b>100%</b>	<b>95.7%</b>	<b>92.1%</b>	<b>5.40</b>	<b>5.17</b>	<b>0.23</b>	<b>100%</b>	<b>99.5%</b>	<b>95.8%</b>

Fuente: Orazul, Central hidroeléctrica Cañón del Pato 2016.

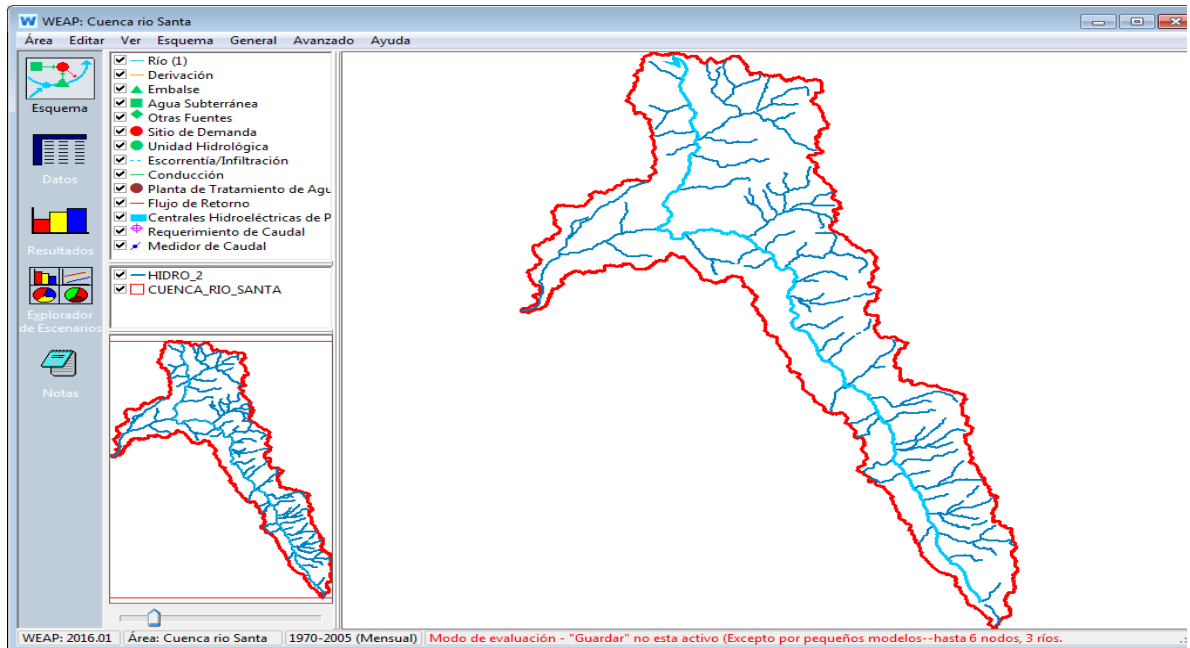
Tabla N° 31: tabla de demanda y oferta hídrica de la región

Subsistema	Oferta natural	Entrada de aguas arriba	Other Supply	Suministro desde acuífero	Demanda Poblacional		Demanda agrícola		Demanda Ind&Minera		Retornos	Variación de reservas	Salida a aguas abajo	Salida acuífero
					Servida	Déficit	Servida	Déficit	Servida	Déficit				
Recreta	93.96				0.00	0.00	24.28	10.74	0.00	0.00	9.71	0.16	79.23	
Olleros	149.27				0.00	0.00	3.45	0.00	0.00	0.00	1.38		147.20	
Rajucolta	59.27				0.00	0.00	6.46	0.01	0.00	0.00	2.59	0.13	55.27	
Quilcay	235.70			0.25	7.28	0.00	32.13	0.00	0.00	0.00	17.69		214.02	0.22
Chancos	248.09				0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01		248.09	
Chinchayhuasi	34.33		0.09		0.00	0.00	7.35	6.48	0.09	0.00	2.94		29.92	
San Luis - Yungar	35.39				0.00	0.00	15.68	27.48	0.00	0.00	6.27		25.98	
Ampu	83.09				0.00	0.00	21.04	18.04	0.00	0.00	8.42		70.46	
Shupluy	36.87				0.60	0.00	12.24	8.18	0.00	0.00	5.32		29.34	
Llanganuco	79.32				0.00	0.00	0.94	0.00	0.00	0.00	0.37	0.96	77.80	
Parón	42.34	5.32			0.00	0.00	40.47	6.84	0.00	0.00	16.19		23.38	
Colcas	168.07				0.00	0.00	61.17	0.93	0.00	0.00	24.47		131.37	
Los Cedros	71.33				0.00	0.00	5.94	0.00	0.00	0.00	2.37		67.77	
Collota - Quitaracsca	311.19				0.00	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	1.44		309.04	
Corongo	287.66		0.14		0.14	0.00	24.07	0.00	0.00	0.00	9.63		273.22	
Chuquicara	1080.19				1.46	0.00	82.63	0.07	2.27	0.01	35.66		1029.49	
La Balsa	1398.19	1194.51	4.00		4.62	0.00	129.14	37.47	0.91	0.22	52.75	0.04	2514.70	
Medio Bajo Santa	367.97	4126.46			0.00	0.00	752.23	0.33	0.00	0.00			3742.21	
Bajo Santa (Valle)	6.20	3742.21		1.87	9.85	0.00	149.12	1.28	1.87	0.00	55.21		3640.95	3.69
<b>CUENCA TOTAL</b>	<b>4788.45</b>	<b>9068.50</b>	<b>4.23</b>	<b>2.13</b>	<b>23.96</b>	<b>0.00</b>	<b>1371.92</b>	<b>117.85</b>	<b>5.17</b>	<b>0.23</b>	<b>252.42</b>	<b>1.29</b>	<b>12709.45</b>	<b>3.91</b>

Fuente: Orazul, Central hidroeléctrica Cañón del Pato 2016

Se ingresan los archivos Shape de la cuenca del río Santa y el Shape de Hidrología, para poder visualizar y trazar el río con el comando del WEAP y delimitar nuestra área a trabajar

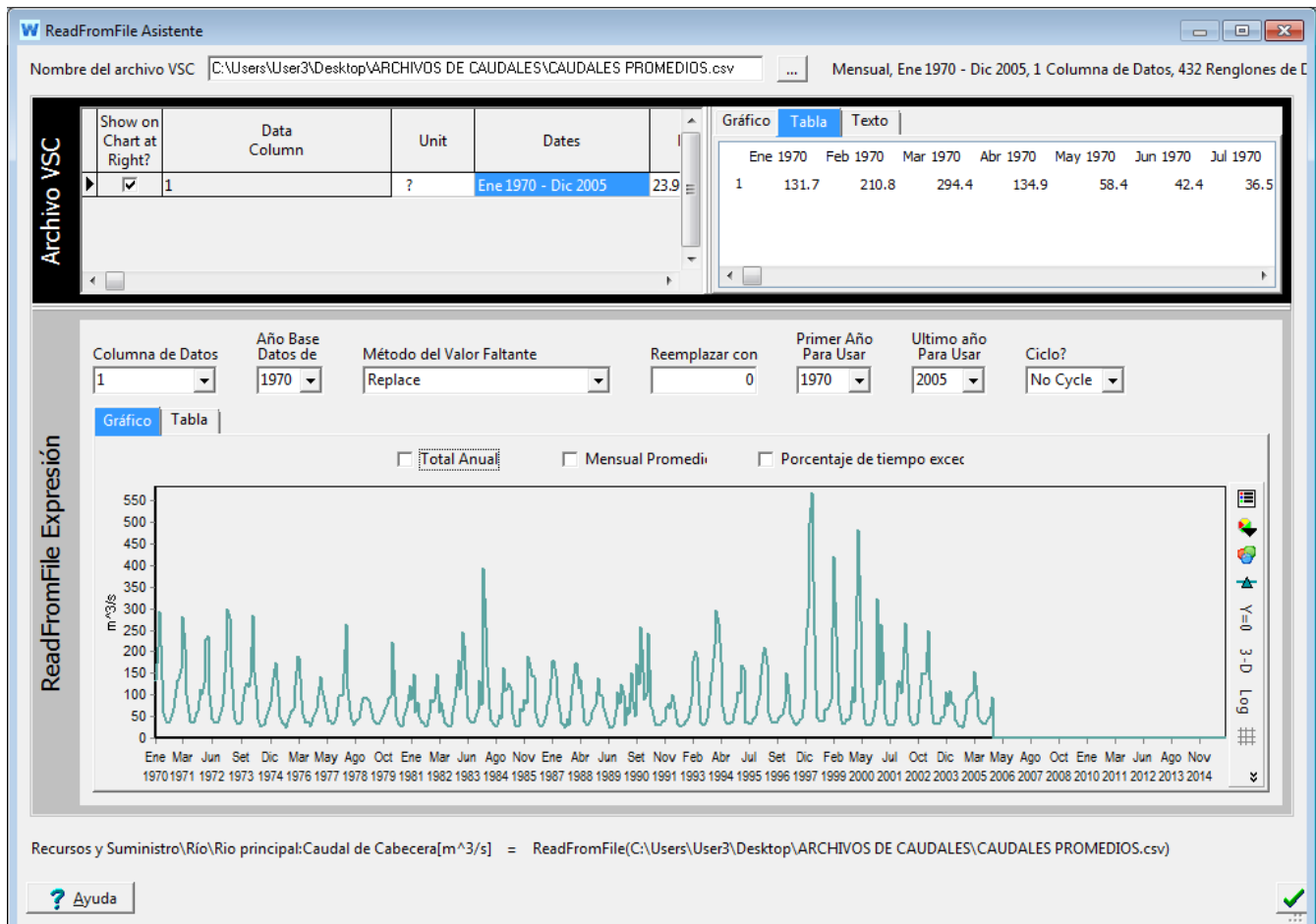
Figura N° 15: Modelo de la cuenca y la hidrología



Fuente: Elaboración propia

Se importan los caudales desde un archivo CSV desde el año 1970 al 2005 a la cuenca del río modelado, para poder garantizar así la eficiencia y veracidad de los resultados que se van a registrar de manera futura.

Figura N° 16: ingreso de caudales importados desde archivo CSV.

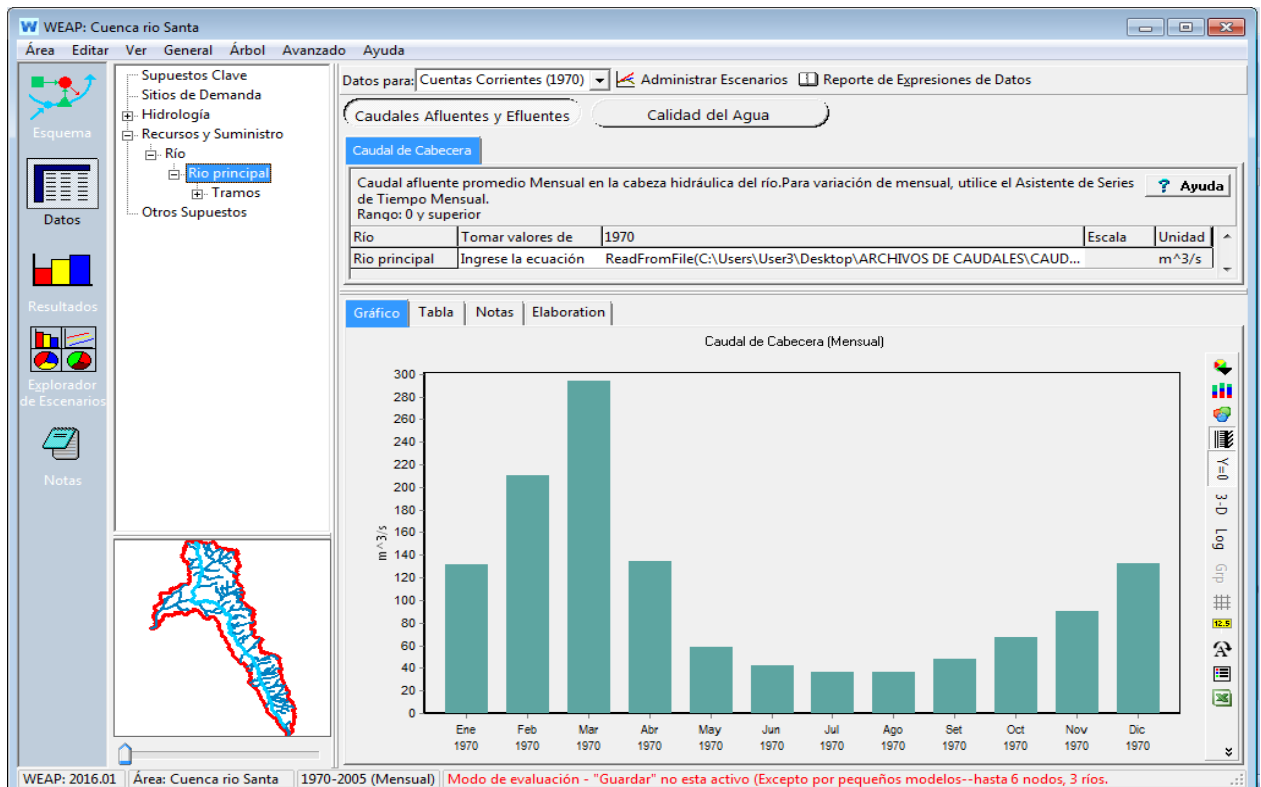


Fuente: Elaboración propia

Se pueden visualizar los caudales del año de 1970, puesto que, ese es el año base que refiere el sistema programa (cuentas corrientes), luego cuando se procesa y corre el modelo se registrarán todos los caudales que fueron importados al modelo WEAP



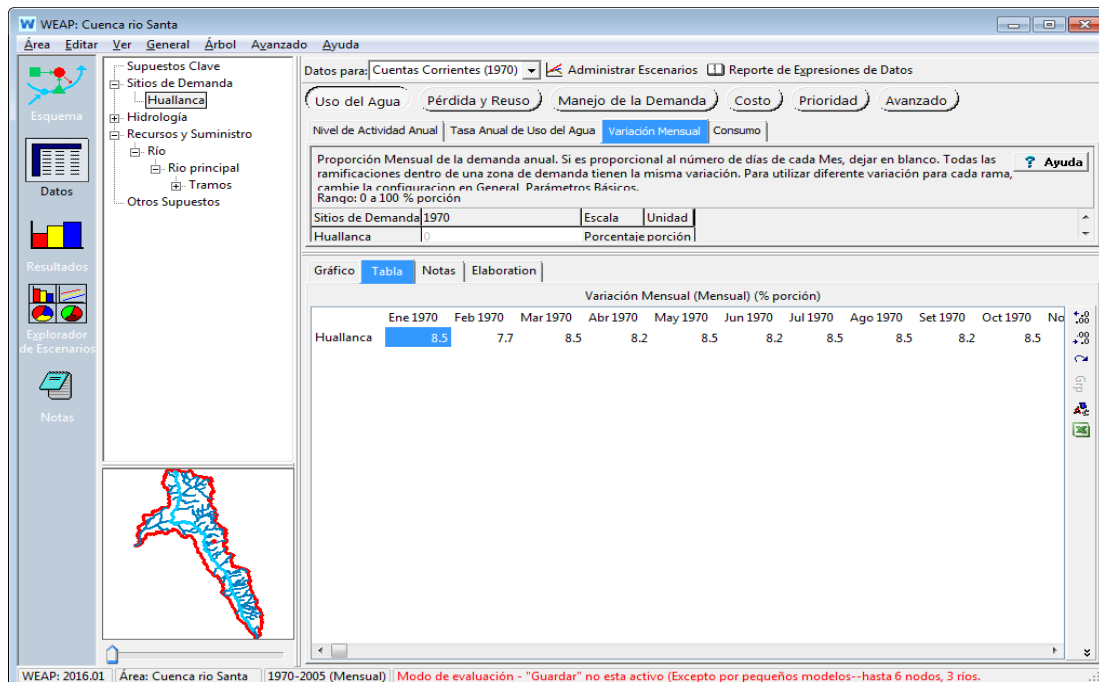
Figura N° 17: Escenario “Cuencas Corrientes” en el año base



Fuente: Elaboración propia

Se crea un **supuesto clave** para los sitios de demanda de Huallanca, para diversos usos de demanda que requiera la localidad, según la ley de recursos hídricos es de mayor prioridad abastecer la demanda poblacional antes que la demanda agrícola. En este caso hemos optado por crear supuestos clave de demanda poblacional y agricultura, según los datos registrados de población y de áreas de riego, luego se propuso a ingresar los datos al modelo.

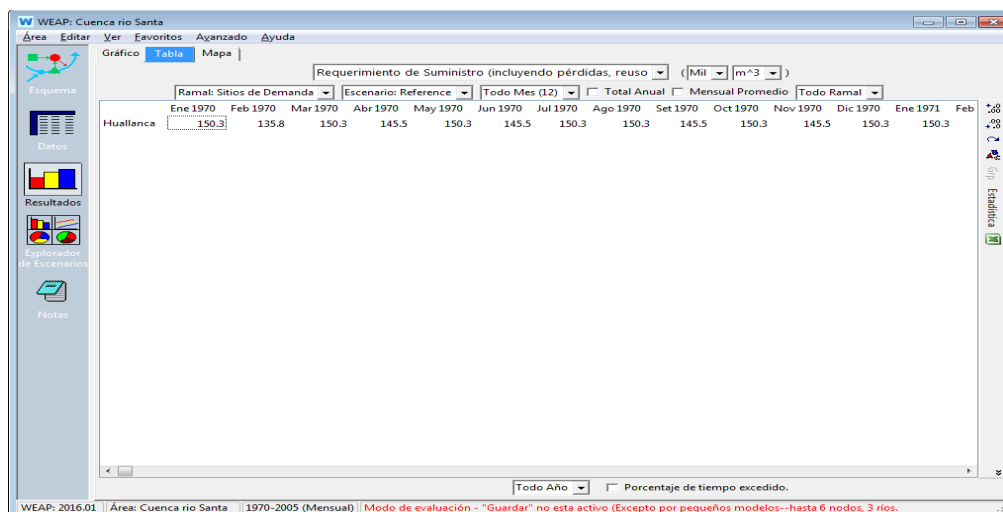
Figura N° 18: Agregando demandas de agua



Fuente: Elaboración propia

La localidad de Huallanca tiene como depende prioritaria a poblacional, los datos que se importar en el programa se pueden generar tanto en gráficos, tablas y mapas como se muestra a continuación. También se pueden exportar los datos a una tabla Excel para tener diversas perspectivas de los resultados.

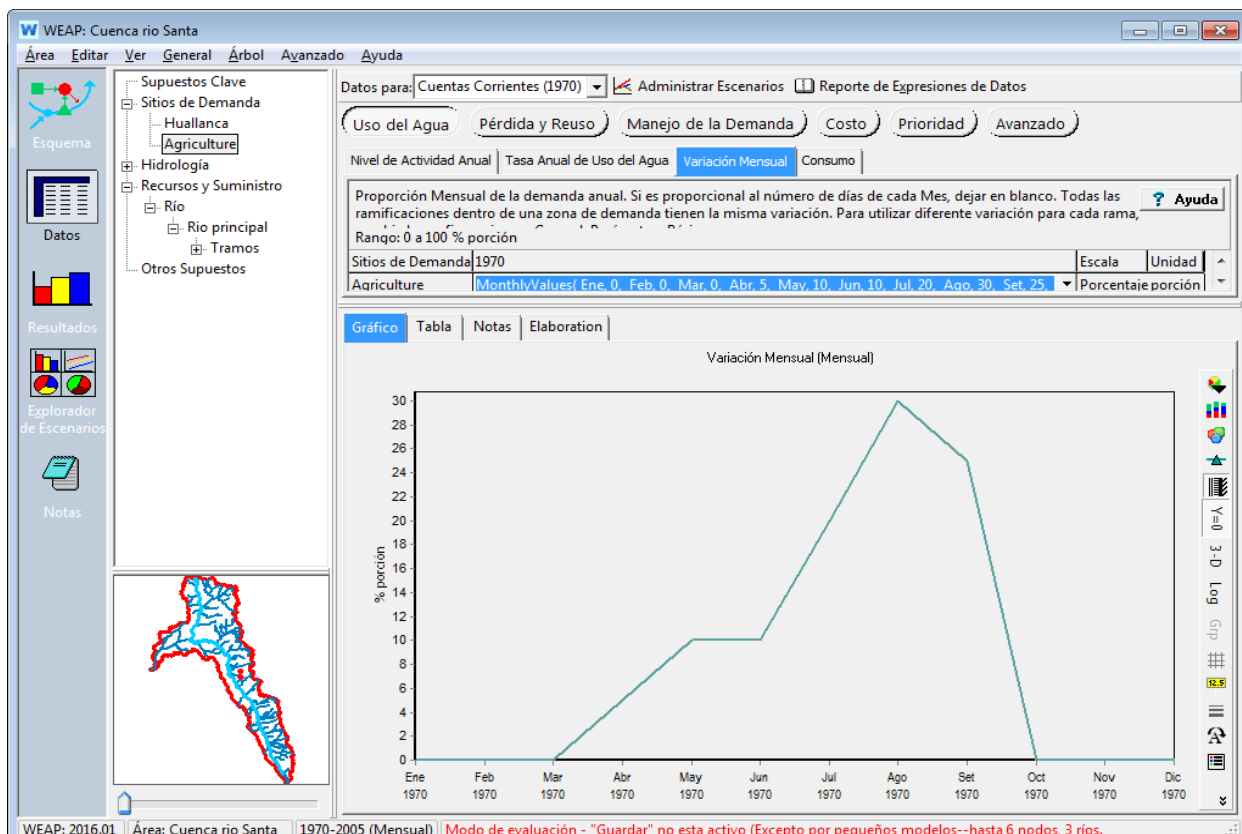
Figura N° 19: Tabla de resultados generados sin la corrida del modelo



Fuente: Elaboración propia

Para realizar esta simulación se define los sitios de demanda tanto poblacional como de agricultura, su conducción (de la cuenca o una derivación) y flujo de la cantidad que retorna al río luego de ser utilizado (flujo de retorno).

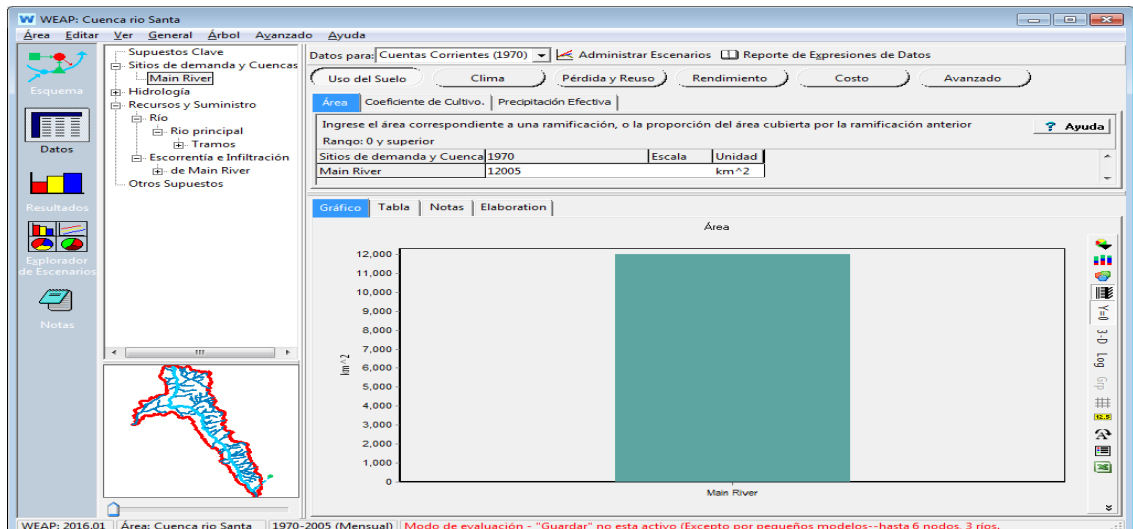
Figura N° 20: Ingresando datos de demanda de agua para agricultura



Fuente: Elaboración propia

En la presente investigación se abordó el modelo de coeficiente simplificado, este método se deriva a trabajar con los factores de precipitación – escorrentía, se tiene que contar con una cantidad de datos de uso de suelo (área, coeficiente de cultivo, precipitación efectiva), también efectos climáticos como lo que son precipitaciones, evapotranspiración, etc. Para crear estos modelos, se tiene que modelar una herramienta llamada Catchment para el método se está utilizando.

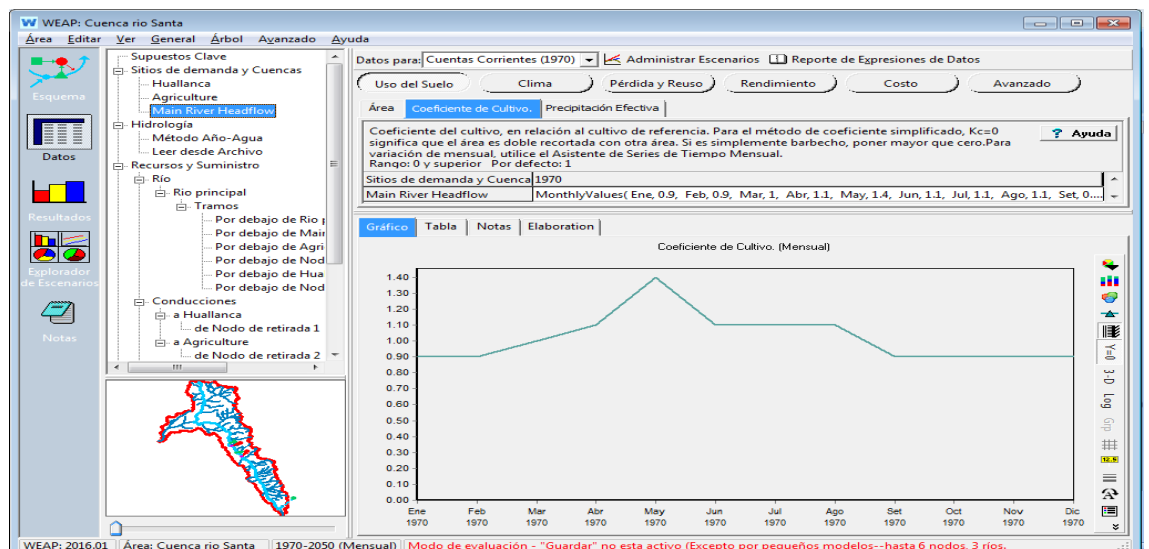
Figura N° 21: Ingreso de datos para el método de coeficiente simplificado



Fuente: Elaboración propia

Coeficientes de cultivo  $K_c$ , modelando según la variabilidad del terreno y los cultivos de la zona. Los datos deben adaptarse al método requerido y los factores establecidos, es decir, si se trabaja con un único valor para toda la corrida del modelo, el ingreso de coeficientes mensuales o anuales.

Figura N° 22: Ingreso de datos de coeficiente de cobertura



Fuente: Elaboración propia

### 3.7. Aspectos éticos

Según Carrasco, (2009) Esta investigación tiene la veracidad de los datos y resultados extraídos para asegurar la operación de la central hidroeléctrica, además respetará la propiedad intelectual y el respeto por las convicciones políticas, religiosas y morales, de igual manera el

respeto por el medio ambiente y la biodiversidad. Esta tesis tendrá también respeto social, político, jurídico y ético; de ser contrario se seguiría haciendo un mal uso, o tal vez, un uso no tan conservador, lo que viene afectado a largo plazo a muchas sociedades que sufren ahora de estrés hídrico, desde locales, nacionales, internacionales y mundiales, debido a no prever ni prevenir estos tipos de cambios a los cuales ya nos encontramos viviendo. En las ciencias atmosféricas de hoy en día, el abastecimiento y demanda de agua sigue siendo un problema, la situación de la demanda de agua en la cuenca evaluó un nuevo enfoque analítico basado en el modelo de WEAP, donde se sostuvo que este modelo es aplicable para sistemas agrícolas o municipales, cuencas únicas o complejos. A través de esta investigación se pudo dar a conocer la trayectoria de la oferta y la demanda del agua evaluando la disponibilidad cuenca del Río Santa, puesto a ello, el almacenamiento de agua en el suministro y demanda de dicha cuenca, el proceso de validación de la simulación en WEAP, en cuanto a los sitios de demanda mostró una cobertura de satisfacción del 100% a lo que se puede afirmar que establece un correcto funcionamiento del modelo, en las que se consideró condiciones que al fin del modelo pudieron satisfacerse las demandas.

## **CAPÍTULO IV RESULTADOS**

### **Ubicación de la zona de estudio**

La presente investigación tuvo lugar en la cuenca del Río Santa, en la provincia de Santa, capital de Chimbote – Ancash.

Figura N° 23: Mapa Político de Ancash



Fuente: Instituto Geográfico Nacional 2020

### **Ubicación del proyecto**

Según ANA (2017). nos afirma que: “La central Hidroeléctrica Cañón del Pato actualmente como propietario Duke Energy Egenor, que se ubica en la provincia de Huaylas, en la región Ancash, tiene una capacidad efectiva de 263.49 MW, benéfica a los pueblos del sector norte, y a la industria siderúrgica costera. Está ubicada a 22 km al norte de Caraz, la energía es aprovechada por las regiones de Cajamarca, Lambayeque, La Libertad y Ancash”.

A lo largo de todo el río Santa, se generan muchas caídas en todo su recorrido, El río Santa nace en la Laguna de Conococha y desembocando en el Océano Pacífico. Este es uno de los ríos más importantes de toda la costa peruana, que, al pasar los años, se

formó entre la cordillera Blanca y Negra un angosto tajo de más de 500m y 2000m de profundidad al que se denomina Cañón del Pato y es esta caída que se aprovechó como fuente principal de la hidroeléctrica Cañón del Pato.

Figura N° 24 Mapa Provincia del Santa



Fuente: Instituto Geográfico Nacional 2020

### Límites

Norte: Con el departamento de La Libertad.

Sur: Con la Provincia de Casma.

Este: Con las provincias de Pallasca, Huaylas y Yungay,

Oeste: Con el Océano Pacífico.

### Clima

El clima en la provincia de Santa es templado, lluvias escasas y alta humedad, pero con las épocas que se produce la llegada del Fenómeno del Niño, alcanza precipitaciones intensas que son variables, aumentan a medida que aumenta la latitud.



**Caudales máximos proyectados** definidos en la siguiente tabla:

Tabla N° 32: tabla de demanda de agua poblacional hasta el año 2050

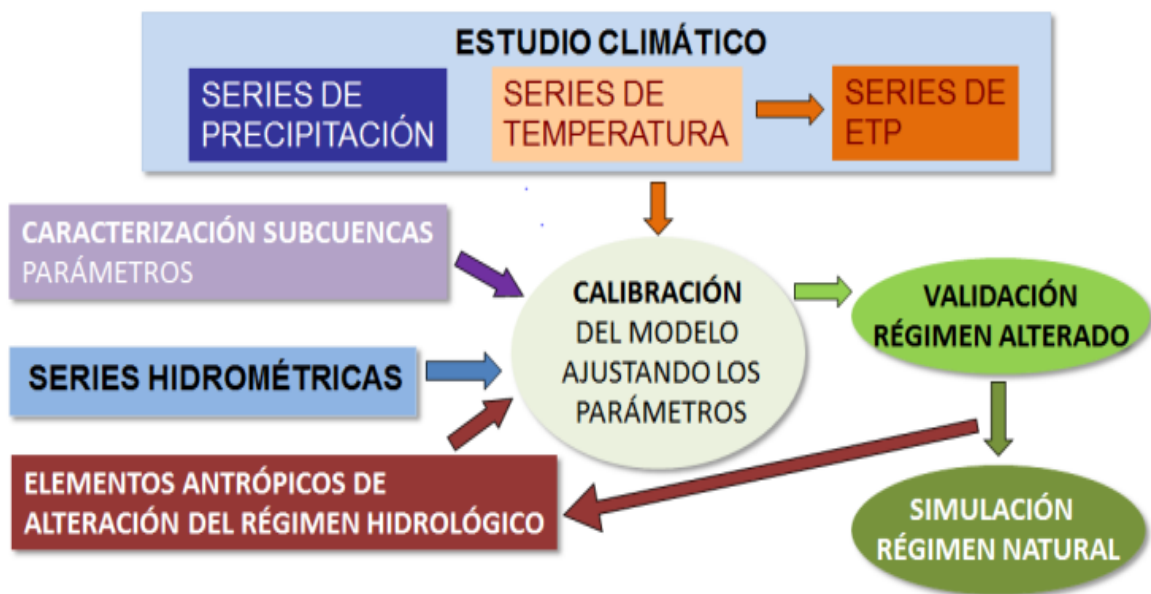
Años	Años del proyecto	Poblacion	Demanda de Agua Domestica		1.3*Qm
		Proyectada (2050)	Vol anual (MMC)	Qm (lt/seg)	Qmax (lt/seg)
2009		1109897			
2017		1120318	61337410.50	1945.00	2528.50
2018	0	1130837	61913325.75	1963.26	2552.24
2019	1	1141455	62494661.25	1981.69	2576.20
2020	2	1152172	63081417.00	2000.30	2600.39
2021	3	1162990	63673702.50	2019.08	2624.80
2022	4	1173910	64271572.50	2038.04	2649.45
2023	5	1184932	64875027.00	2057.17	2674.33
2024	6	1196058	65484175.50	2076.49	2699.44
2025	7	1207288	66099018.00	2095.99	2724.78
2026	8	1218623	66719609.25	2115.66	2750.36
2027	9	1230065	67346058.75	2135.53	2776.19
2028	10	1241614	67978366.50	2155.58	2802.25
2029	11	1253272	68616642.00	2175.82	2828.57
2030	12	1265040	69260940.00	2196.25	2855.13
2031	13	1276917	69911205.75	2216.87	2881.93
2032	14	1288907	70567658.25	2237.69	2908.99
2033	15	1301008	71230188.00	2258.69	2936.30
2034	16	1313224	71899014.00	2279.90	2963.87
2035	17	1325554	72574081.50	2301.31	2991.70
2036	18	1338000	73255500.00	2322.92	3019.79
2037	19	1350563	73943324.25	2344.73	3048.15
2038	20	1363244	74637609.00	2366.74	3076.77
2039	21	1376043	75338354.25	2388.96	3105.65
2040	22	1388963	76045724.25	2411.39	3134.81
2041	23	1402005	76759773.75	2434.04	3164.25
2042	24	1415168	77480448.00	2456.89	3193.96
2043	25	1428456	78207966.00	2479.96	3223.95
2044	26	1441868	78942273.00	2503.24	3254.22
2045	27	1455406	79683478.50	2526.75	3284.77
2046	28	1469071	80431637.25	2550.47	3315.61
2047	29	1482865	81186858.75	2574.42	3346.74
2048	30	1496787	81949088.25	2598.59	3378.17
2049	31	1510841	82718544.75	2622.99	3409.88
2050	32	1525027	83495228.25	2647.62	3441.90

Fuente: Elaboración propia

Para el modelamiento del programa se realizó el análisis lluvia – escorrentía se ha realizado con HEC-HMS a partir de los datos climáticos, con el objetivo de conocer el volumen de escurrimiento de las subcuencas analizadas.

A su vez con el módulo de precipitación – escorrentía de WEAP se ha construido el modelo calibrado, que genera una serie de caudales en régimen alterado puesto que los datos disponibles en las estaciones hidrométricas usadas para calibrar registran series de caudales reales, es decir, alterados por la gestión del sistema. Durante el proceso de calibración se modifican los parámetros para ajustar los caudales en dichas estaciones y además se ajusta la gestión de los embalses que hay en el sistema, puesto que esta interfiere en el flujo del caudal circulante por los cauces.

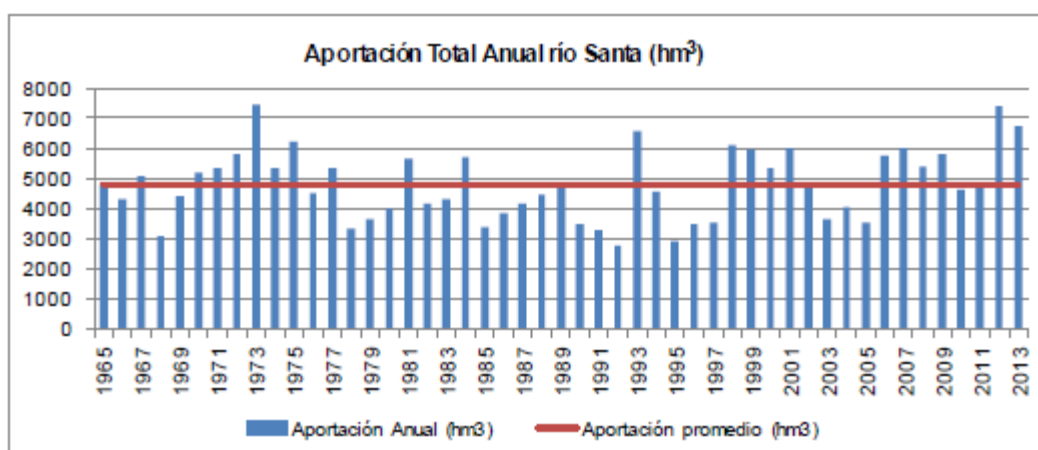
Figura N° 25: Modelo WEAP



Fuente: INCLAM, ANA Esquema del modelo WEAP

Se introdujeron datos de precipitación acumulada mensual y de temperatura media mensual en el periodo de estudio de 1975 - 2005 de las estaciones Balsa, Bocatoma y Cedros.

Tabla N° 33: aportación de agua de la cuenca del rio Santa



Fuente: Elaboración propia

El agua subterránea del acuífero del rio Santa fue estimado en 12,72 hm<sup>3</sup>. Está constituido por salidas de mar y demandas, las salidas al mar de 5.6 hm<sup>3</sup>/a y Las demandas de 1.87 hm<sup>3</sup>/a. El volumen inicial es de 12.72 hm<sup>3</sup>/a, el volumen final 15.90 hm<sup>3</sup>/a, por eso se considera una variación de 3.18 hm<sup>3</sup>/a.

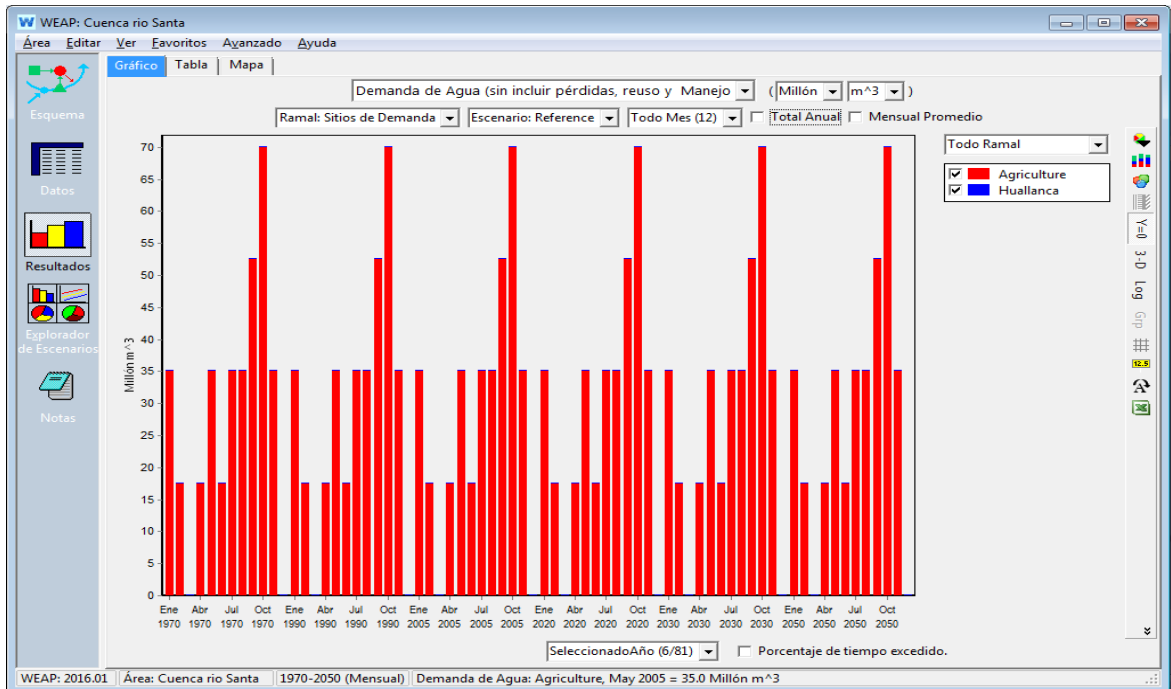
Tabla N° 34: Agua Subterránea

ENTRADAS		SALIDAS		BALANCE	VARIACION DE VOLUMEN		Variación volumen
					Volumen inicial	volumen final	
Recarga Natural-Lluvia	0.0000	Demandas	1.8730	0.0631	12.7226	15.9030	3.1804
Filtraciones Rios	3.7165	Salidas al mar	5.6748				
Retornos	3.8944	-	-				
<b>TOTAL ENTRADAS</b>	<b>7.6109</b>	<b>TOTAL SALIDAS</b>	<b>7.5478</b>				

Fuente: Elaboración propia

**Escenarios futuros**, donde se evaluó un **sin pérdidas**, para esto se utilizó los sitios de demanda poblacional y agrícola sin pérdidas y se puede visualizar en el cuadro los años desde el base de 1970 – 2005 – 2020 – 2030 – 2050 en un futuro sin cambios y constante.

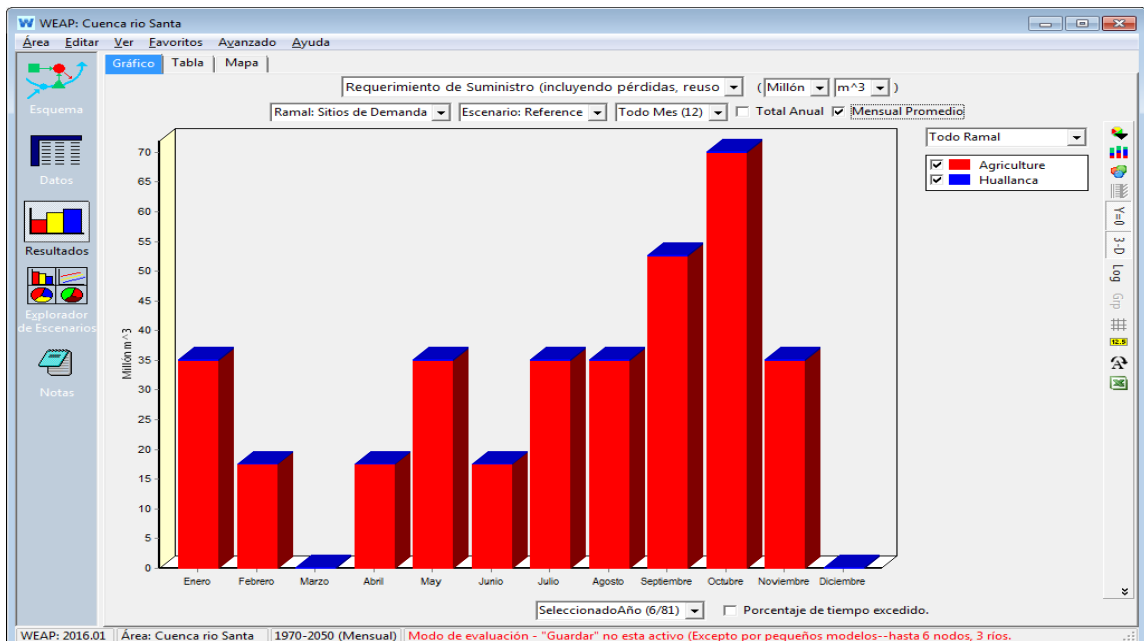
Figura N° 26: Generación de escenarios sin perdidas



Fuente: Elaboración propia.

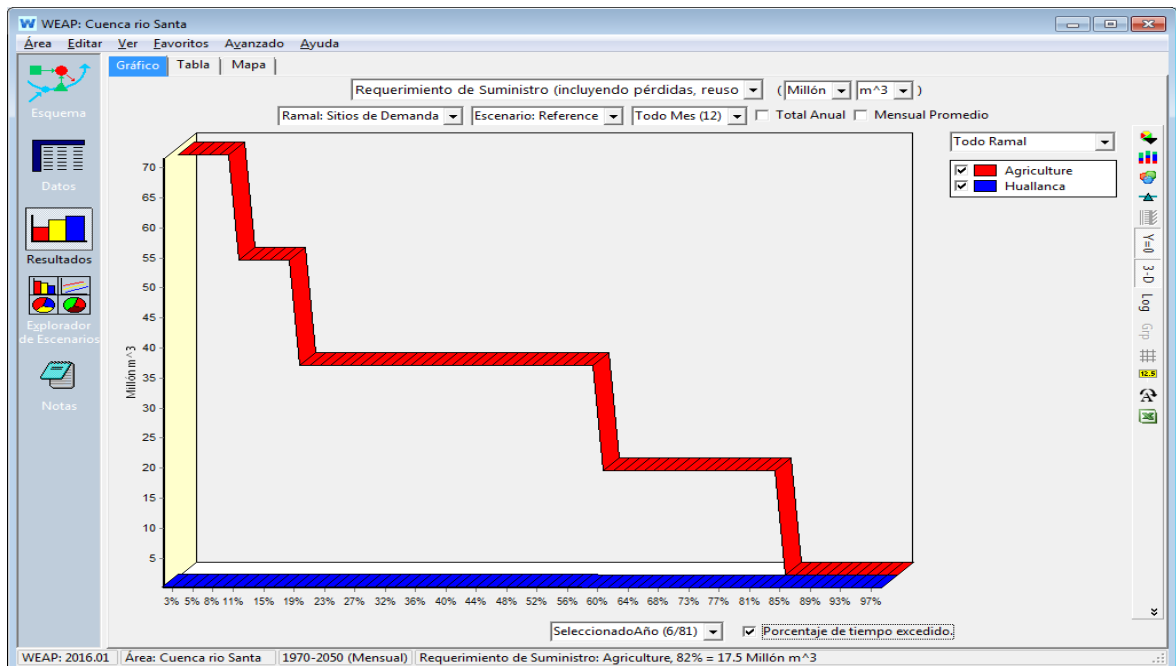
Para llegar al escenario futuro del requerimiento de agua de la población y el uso agrícola se generó la siguiente figura:

Figura N° 27: Resultados de demanda de agua de población y agricultura



Fuente: Elaboración propia

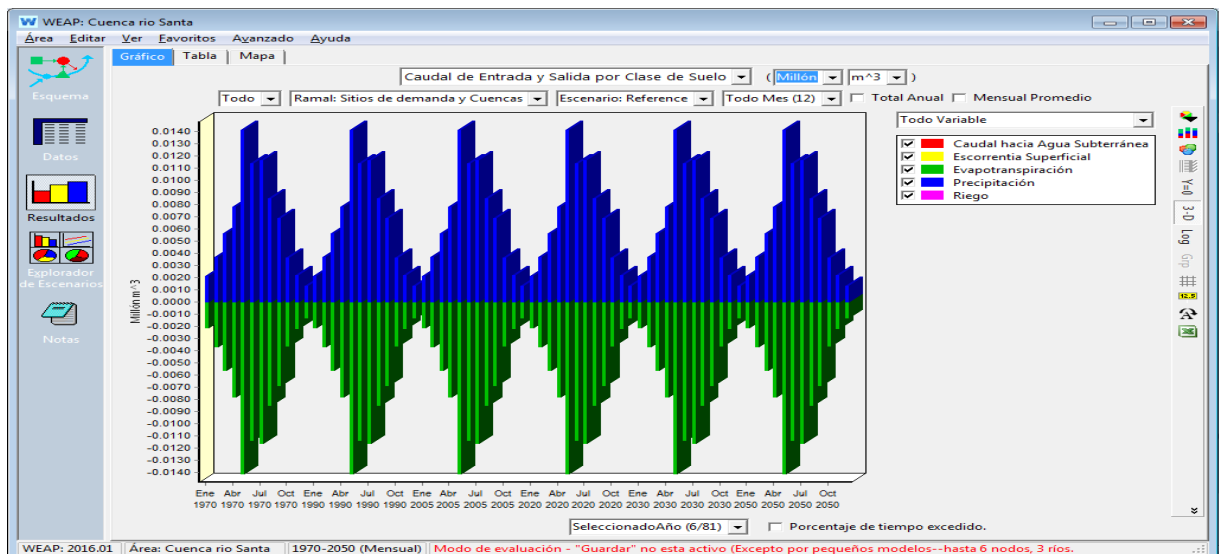
Figura N° 28: Resultados de demanda de agua de población y agricultura



Fuente: Elaboración propia.

Se utilizaron los valores para realizar este catchment los de caudal, escorrentía superficial, evapotranspiración, precipitaciones, riego.

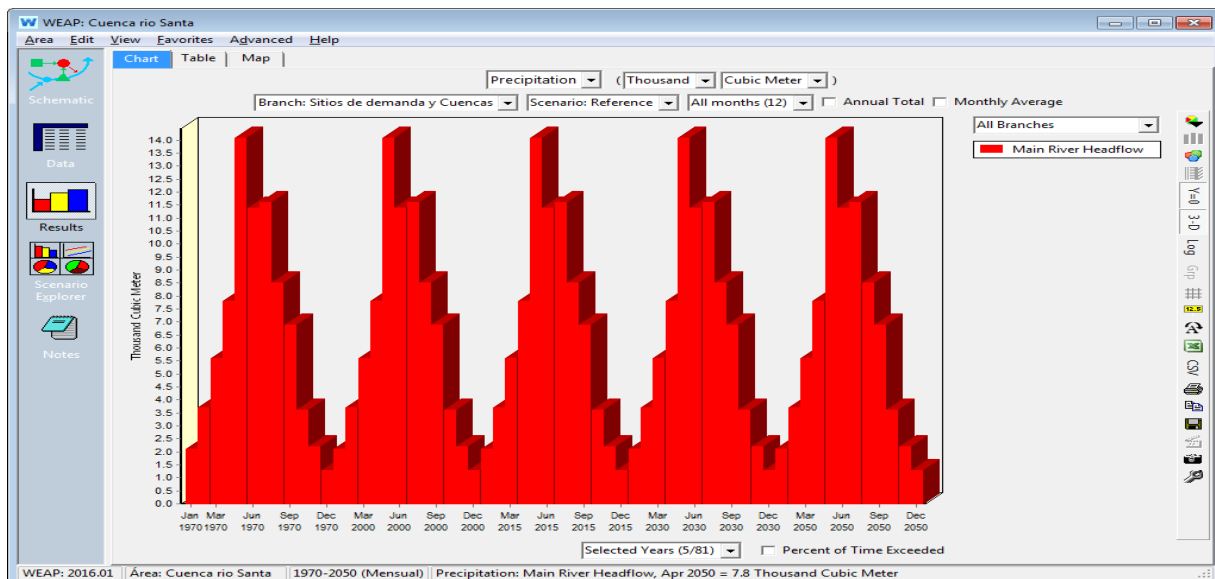
Figura N° 29: Resultados del coeficiente simplificado



Fuente: Elaboración propia.

Rango de precipitaciones que se generaron a partir de los datos de entra de 1970.

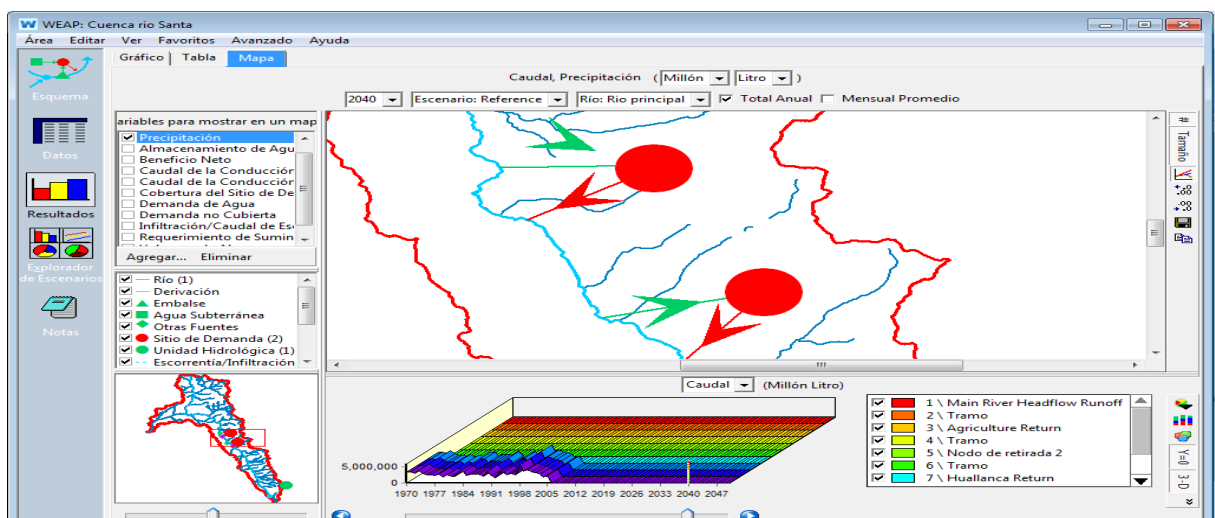
Figura N° 30: Generación de resultados de precipitación



Fuente: Elaboración propia.

Resultados de evaluación del caudal de la cuenca para la estación Balsa, afectada con la precipitación y el cambio de temperatura.

Figura N° 31: Corrida del modelo, caudales afectados por los factores climáticos



Fuente: Elaboración propia.

## V. DISCUSIÓN

1. Para esta presente investigación, se abordó el modelo hidrológico para evaluar el recurso hídrico al igual que el SENAMHI, en un debido momento que realizó el mismo prototipo pero a diferencia de este estudio, los resultados arrojados del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, fueron sobre los usos y no tuvieron margen representativo del caudal necesario para el abastecimiento de energía y no se aborda a los requerimientos de la centrales hidroeléctricas que se encuentran a lo largo de la cuenca, por eso es de relevancia y dados los resultados obtenidos de ambas partes se pudo definir que los caudales establecidos dentro de 50 años serían suficientes para mantener abastecidos a las necesidades y requerimientos que demanda la población pero con un déficit por causas del efecto del cambio climático que afecta directamente a la Cordillera Blanca, que es la principal causa de algunos meses de abundancia del recurso.
2. El modelo hidrológico que se evaluó la cuenca del río Santa por la Autoridad Nacional del Agua, fue implementando el software WEAP, y arrojó como resultado que la influencia del cambio climático su afectaría a la disponibilidad de agua, en comparación de este estudio, es equivalente el resultado, puesto que, presenta degeneraciones en ciertos periodos de años futuros por el cambio de temperaturas, por ende, se llega a estimar que la operación de la central hidroeléctrica que es primordial para esta investigación es factible para este periodo de análisis y que se tenga en cuenta para las investigaciones que puedan estimar a diversos escenarios y tiempos alternos así poder dar un mayor aporte a la región de Huallanca.
3. Según Hernández Jazmín, México, al igual que la presente investigación también arrojó como resultado que para los años estimados existe aún una oferta y demanda de agua reguladas, es decir, en nuestro caso, podrá operar la central hidroeléctrica Cañón del Pato con los 72m<sup>3</sup>/s que necesita porque los caudales al año 2050 no rebajan los 100m<sup>3</sup>/s al igual que el suministro de agua proveniente de los glaciares afectos directamente a las lagunas las cuales muestran un claro aumento en volumen de agua, pero por fenómenos

del cambio climático significa la desaparición del mismo, provocando escasez de agua, pérdidas de cultivos, y como afecta a la estación de aforo “La Balsa” de la central hidroeléctrica.

4. A diferencia del antecedente de S, Azlinda, en Malasia, se optó por abordar el método de año agua, porque tuvieron los valores establecidos, a diferencia de la presente investigación, no se contó con dicha información la cual fue necesaria para la investigación de Malasia, por eso se optó para este modelo por el método de coeficiente simplificado, que por medio de las Autoridades Nacionales se pudo recolectar toda la información necesaria y complementar para arrojar los resultados establecidos y dar un enfoque visual y descriptivo de cada dato que se arrojó con el presente modelo y dando como resultado de las demandas que se ven en la actualidad con respecto a la ley de los recursos hídricos en el Perú están primero la demanda de la población con un 100% con la excepción de un bajo déficit en la zona de Andagua. Luego se considera a los demás sectores como el industrial y minero al 100% con la excepción de La Balsa.



## VI. CONCLUSIONES

- La operación de la Central hidroeléctrica tiene algunas complicaciones en los meses de mayo, junio, julio y agosto, puesto que los caudales se reducen hasta 30m<sup>3</sup>/s por lo tanto se concluye que la operación de la Central Hidroeléctrica Cañón del Pato es factible, puesto que los caudales arrojados no disminuyen en el resto de meses que tenía mayor oferta de agua, de los 100m<sup>3</sup>/s a lo que refiere que para operar la central a su máxima capacidad utiliza 72m<sup>3</sup>/s.
- El balance hídrico que se realizó es de manera eficiente y abastece a la población que se consideró, por tanto, el uso y manejo de agua está regulado hasta el año analizado.
- Esta investigación ayuda a que se optimice el recurso hídrico, para que en el año 2050 debido a los cambios climáticos los efectos ambientales que pueda sufrir la tierra sean mínimas, al igual que el impacto de flora y fauna.
- Para poder abordar este modelo hidrológico y realizar una debida planificación hídrica se debe de contar con una gran cantidad de información que pueda llegar a tener la veracidad y consistencia en los datos para obtener resultados más específicos y estratégicos y que esta presente investigación pueda despertar interés por seguir analizando los factores que intervengan con este recurso y que sirva como aporte para futuras investigaciones.

## VII RECOMENDACIONES

- Se recomienda la importancia y urgencia que tiene una estación hidrométrica en la Cordillera Blanca por eso debemos de recurrir a la Autoridad Nacional del Agua y al SENAMHI para poder realizar con éxito esta operación
- Se recomienda aplicar el modelo de Evaluación y Planificación de Agua para nuevas propuestas de la cuenca con menos interés, pero con mayor influencia por tipo de usos para distintas comunidades, porque el cambio climático y los fenómenos a los cuales estamos expuesto llegarán tarde o temprano.
- Se debe hacer la recolección de datos de manera efectiva y concisa para la elaboración de la simulación y generar los resultados con la mayor veracidad.
- La central hidroeléctrica Cañón del Pato, tendría que generar un mayor almacenamiento de agua para que no se vea afectado dentro del estándar visualizado, puesto que, a pesar de que no llega a ser inoperable la función optima de generación de energía es preocupante los efectos que tendría dentro del rango mayor de años, es decir, luego de los años 2050 en adelante.

## REFERENCIAS

- Hidalgo, N., 2013. 55 años del cañón del pato una proeza en los andes. Historia de la central hidroeléctrica del cañón del pato. Lima: Comunica2 SAC.
- Romero, R., 1962. Influencias y repercusiones de la hidroeléctrica del cañón del pato en el desarrollo económico del callejón de Huaylas en sus distintos aspectos. Lima: UNMSM.
- Solid, L. 1980. Política Hidráulica: Irrigación y energía para el progreso del Perú. Lima: Minerva Miraflores
- Bonifas, J. [et. al], 2012. Plan Nacional de infraestructura 2012 – 2012. Lima: Corporación Gráfica Impressing SAC.
- Sotelo, A., 2014. Santiago Antúnez de Mayolo: Electricidad y desarrollo. Lima: Perú Print E & M
- Flores, Miguel. Gestión integrada de los recursos hídricos de la cuenca hidrológica del río Papagayo, estado de guerrero. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua., 2014,38pp.
- Hernández, Jazmín. Modelación de gestión de recursos hídricos en la cuenca del río Tijuana, mediante el WEAP. México, D.F., 2014,157-158pp
- Colaboradores se capacitan sobre tribología centrada en confiabilidad. Perú, 2017. Orazul Energy
- Matos, L. Congreso de la Republica. Ancash, 2013, pp4 – 44. Oficina Técnica de Apoyo a la Mesa Directiva y de Enlace con los Gobiernos Regionales y Locales.
- Azlinda, S and A.F. Mohd, "Assessment Of Water Demand In Langat Catchment Using Water Evaluation And Planning (WEAP),"Universiti Teknologi Mara, Malaysia, August 2012.
- Gajanan,A, Mishra,S and Singh, R, "Integrated assessment of climate change adaptation options for water resources management using participatory and hydrological modelling approaches," Conference presentation, Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change, Germany, October 2012.

- Gerencia de fiscalización eléctrica. Compendio de centrales hidráulicas y térmicas mayores. Osinerg, 2005.
- Estudio hidrológico del río Santa. COES, 2005.
- Disponible en: ESTUDIO-HIDROLOGICO-DEL-RIO-SANTA-CH-CA%C3%91ON-DEL-PATO-pag8.pdf
- ESCALANTE VARONA, Moisés Miguel. Simulación hidrológica de la laguna Aricota y optimización de la central hidroeléctrica Aricota III. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrícola. Universidad nacional Agraria La Molina. Facultad de ingeniería agrícola, 2016.
- HERNÁNDEZ ESPINOZA, Juan Carlos. Automatización y control a distancia de los reservorios San Diego. Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico. Pontificia universidad católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2006.
- SERNAQUÉ SAAVEDRA, Walter Franklin. Boletín eventos meteorológicos extremos: Sequias y heladas. SENAMHI, 2013.
- INEI Censos Nacionales: XI de Población y VI de Vivienda, 2017. Disponible en: INEI-CANTIDAD-DE-POBLACION-CENSOS.pdf
- JIMÉNEZ MARÍN, Alejandra y MARÍN ARIAS, Marcela. Diseño de un programa de uso eficiente y ahorro del agua para el acueducto "ASAMUN" de la vereda mundo nuevo de la ciudad de Pereira. Trabajo de grado para optar al título de Administrador del Medio Ambiente. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ciencias ambientales. Administración del medio ambiente. Pereira, 2007.
- TACUSI CALLA, Cesar y HACHA CHUCTAYA, Eloy. Modelación hidrológica en la subcuenca de Pitumarca con la aplicación del modelo WEAP (Sistema de evaluación y planeación de agua) Canchis-Cusco. Para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad nacional de San Antonio Abad del Cusco. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Carrera profesional de agronomía, 2015.
- SALGADO FARIÑA, Braulio Alejandro. Disponibilidad y demanda futura del recurso hídrico. análisis del escenario A2 en una cuenca agrícola de la VI región. Memoria para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile.

Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Departamento de ingeniería civil, 2011.

- Propuesta de proyecto de plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Guadalquivir. Usos y demandas de agua. Gobierno de España. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, 2010.
- FERNÁNDEZ REYNOSO, Demetrio S., [et al]. Estimación de las demandas de consumo de agua. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Subsecretaria de desarrollo rural. Dirección general de apoyos para el desarrollo rural. Colegio de Postgraduados.
- Huella hídrica del Perú. Sector agropecuario. Autoridad nacional del Perú. Novaprint S.A.C., 2015.
- CENTENO VILCA, Leonardo Abad. Estudio de Diagnóstico y Plan de Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca Vilcanota Urubamba. Autoridad nacional del agua.
- CASTRO GIRALDO, Norma Lili. Implementación del sistema de modelación WEAP como herramienta para la gestión integral del recurso hídrico en la vereda la bella. Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Administrador Ambiental. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Facultad de Ciencias Ambientales. Administración del Medio Ambiente. Pereira, Risaralda, 2014.
- De LA TORRE VILLANUEVA, Abelardo. La gestión del agua en el Perú. Autoridad nacional del agua.
- Evaluación de Recursos Hídricos en la cuenca Santa. Autoridad Nacional del Agua, 2015.
- Sistema de información hidrológica- SIH Reporte de caudales diarios. Rio Santa. Estación hidrométrica: Puente carretera. Instituto nacional de recursos naturales INRENA. Dirección general de aguas y suelos. Dirección de recursos hídricos e irrigaciones. Autoridad Nacional del Agua, 1998.
- Delimitación de la faja marginal del rio Santa. Resumen ejecutivo. Presidencia de la república. Ministerio de agricultura. Administración técnica del distrito de riego Santa-Lacramarca. Dirección general de aguas y suelos, 1999.

- Boundjebieur, E (2017). LONG-TERM WATER DEMAND ASSESSMENT USING WEAP 21: CASE OF THE GUELMA REGION, MIDDLE SEYBOUSE (NORTHEAST ALGERIA) *Geographia Technica*, Vol. 16, pp 69-79.
- Elsevier. B (2017). Implications of water abstraction on the interconnected Central Rift Valley Lakes sub-basin of Ethiopia using WEAP, *Journal of Hydrology: Regional Studies* pp38.
- Mena, D. (2017). An analysis of unmet water demand under climate change scenarios in the Gualí River Basin, Colombia, through the implementation of Hydro-BID and WEAP hydrological modeling tools, *The Authors Journal of Water and Climate Change*, pp 186-199.
- Hervis, G. (2017). El modelo WEAP: una herramienta para la planificación hidrológica en la adaptación al cambio climático WEAP model: hydrological planning tool for climate change adaptation *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 8, No. 3 pp. 40-47.
- Vasquez, L. (2017). Modelo hidrológico, calidad del agua y cambio climático: soporte para la gestión hídrica de la cuenca del río Soto la Marina Hydrological model, water quality and climate change: support for the integral management of the Soto la Marina river watershed. *CienciaUAT*. ISSN 2007-7521 pp 20-41.
- López, T. (2017). Disponibilidad hídrica bajo escenarios de cambio climático en el Valle de Galeana, Nuevo León, México, *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. VIII, pp. 105-114.
- Gonzales A. & Hernández M. (2017). Implementación del modelo WEAP (Water Evaluation and Planning System) a la cuenca del río Apulo para la determinación de la disponibilidad hídrica de la cuenca bajo escenarios de cambios en usos del suelo. Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.
- Camarena, O. & Meza, S. (2017). Evaluación de estrategias de gestión de recursos hídricos para enfrentar futuras situaciones de escasez, utilizando el modelo weap en la sub cuenca blanco. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.

- León, W. (2017). APLICACIÓN DEL MODELO WEAP PARA DETERMINAR EL BALANCE HÍDRICO SUPERFICIAL EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO PATIVILCA, AQUIA - BOLOGNESI – ANCASH. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.

## ANEXOS

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
¿Cuál es el balance hídrico de la cuenca del río Santa al año 2050?	Definir el balance hídrico de la cuenca del río Santa al año 2050.	Es satisfactorio el balance hídrico del río Santa al año 2050 con el que opera la central hidroeléctrica	Variable Independiente: Disponibilidad Hídrica	Balance Hídrico	Demanda	HEC- HMS	Tipo de investigación Aplicada
					Oferta	ANA	
¿Cómo influye el cambio climático a la operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato al año 2050?	Determinar la influencia del cambio climático que afecta a la operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato al año 2050.	Si aplicamos el modelo WEAP al año 2050, en el cambio climático entonces garantizamos la operación de la central hidroeléctrica.		Cambio climático	Clima	INEI	Enfoque de investigación Cuantitativa
					Precipitación	INEI	
					Escorrentía	HEC-HMS	Diseño de la investigación No Experimental
¿Cómo se realiza la planificación de la disponibilidad hídrica del río Santa al año 2050?	Definir como se realiza la planificación de la disponibilidad hídrica del río Santa al año 2050.	La disponibilidad hídrica tendrá una buena planificación para la operación de la central hidroeléctrica hasta el año 2050		Variable dependiente: Operación de la Central hidroeléctrica	Planificación	Simulación	WEAP
			Evaluación			WEAP	
			Modelación			WEAP	Población Datos históricos de la disponibilidad hídrica
¿Cuál es el impacto ambiental que genera la operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato al año 2050?	Determinar el impacto ambiental que genera la operación de la central hidroeléctrica Cañón del Pato al año 2050.	Si aplicamos el modelo WEAP al año 2050, entonces garantiremos un bajo impacto ambiental en la operación de la central hidroeléctrica.	Impacto Ambiental		Identificación	INEI	Muestra Muestra finita de 19 años de oferta del caudal del Río Santa
					Impactos Negativos	Estadística y observación	Muestreo: No probabilístico de conveniencia
					Mitigación	Evaluación y Planificación	



**Variable independiente - Disponibilidad hídrica.**

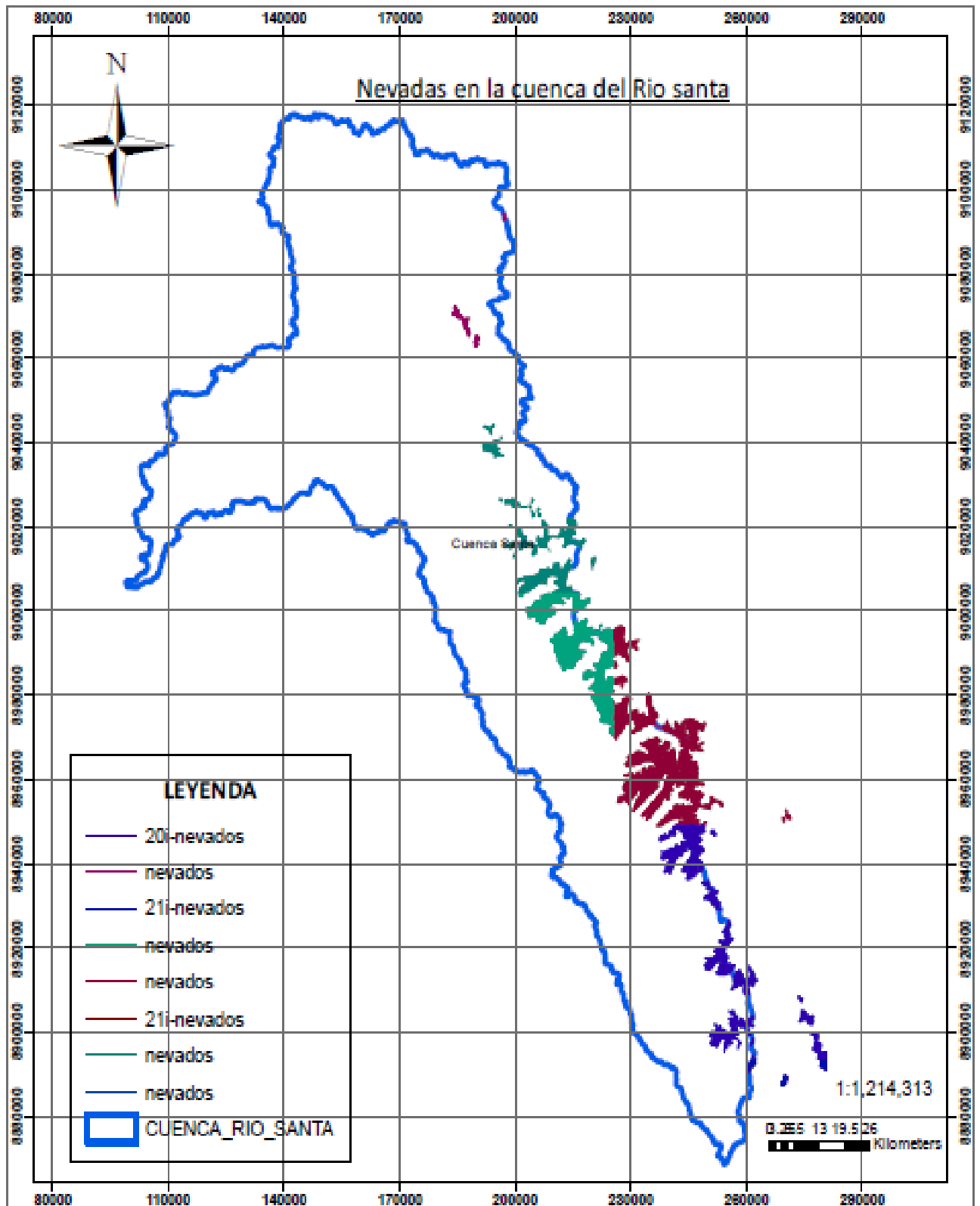
<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Disponibilidad hídrica</b>	La cuenca del río Santa presenta una variabilidad de descargas en sus ríos por lo que ocurren pérdidas a lo que conlleva, que se opte por una solución de planificación correcta y concreta para obtener un mejor provecho del recurso hídrico.	Se elaboró un análisis de datos a partir de datos históricos recolectados para ser procesados en el software WEAP	Demanda	WEAP	Análisis cuantitativo
			Oferta	HEC-HMS	
			Clima	SENAMHI	
			Precipitación	ANA	
			Escorrentía	ANA	

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente - Operación de la Central Hidroeléctrica

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Ítems</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Operación de la Central Hidroeléctrica</b>	La central Hidroeléctrica Cañón del Pato, es la principal fuente energética que tiene la región, por ende, un análisis prospectivo del panorama acuífero sería muy conveniente para futuras referencias y una adecuada planificación	Se realizó una evaluación a la cuenca donde opera la central y se hizo un análisis comparativo de diversos sucesos que afectará al mismo.	Simulación	WEAP	Análisis cuantitativo
			Evaluación		
			Modelación		
			Identificación		
			Impactos Negativos	ANA - MINAGRI	

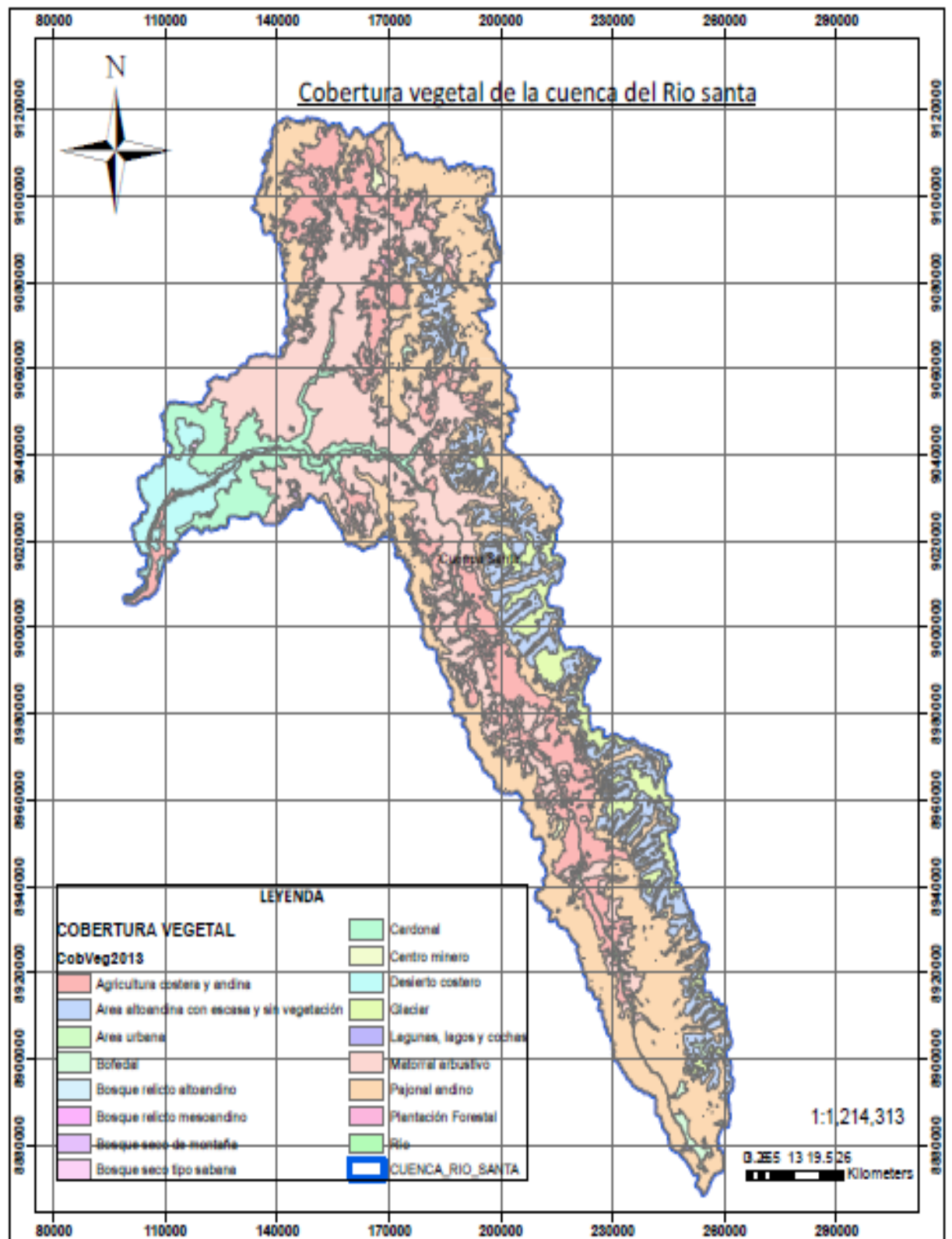
Fuente: Elaboración propia



Proyecto:

**NEVADAS EN LA CUENCA DEL RIO SANTA**

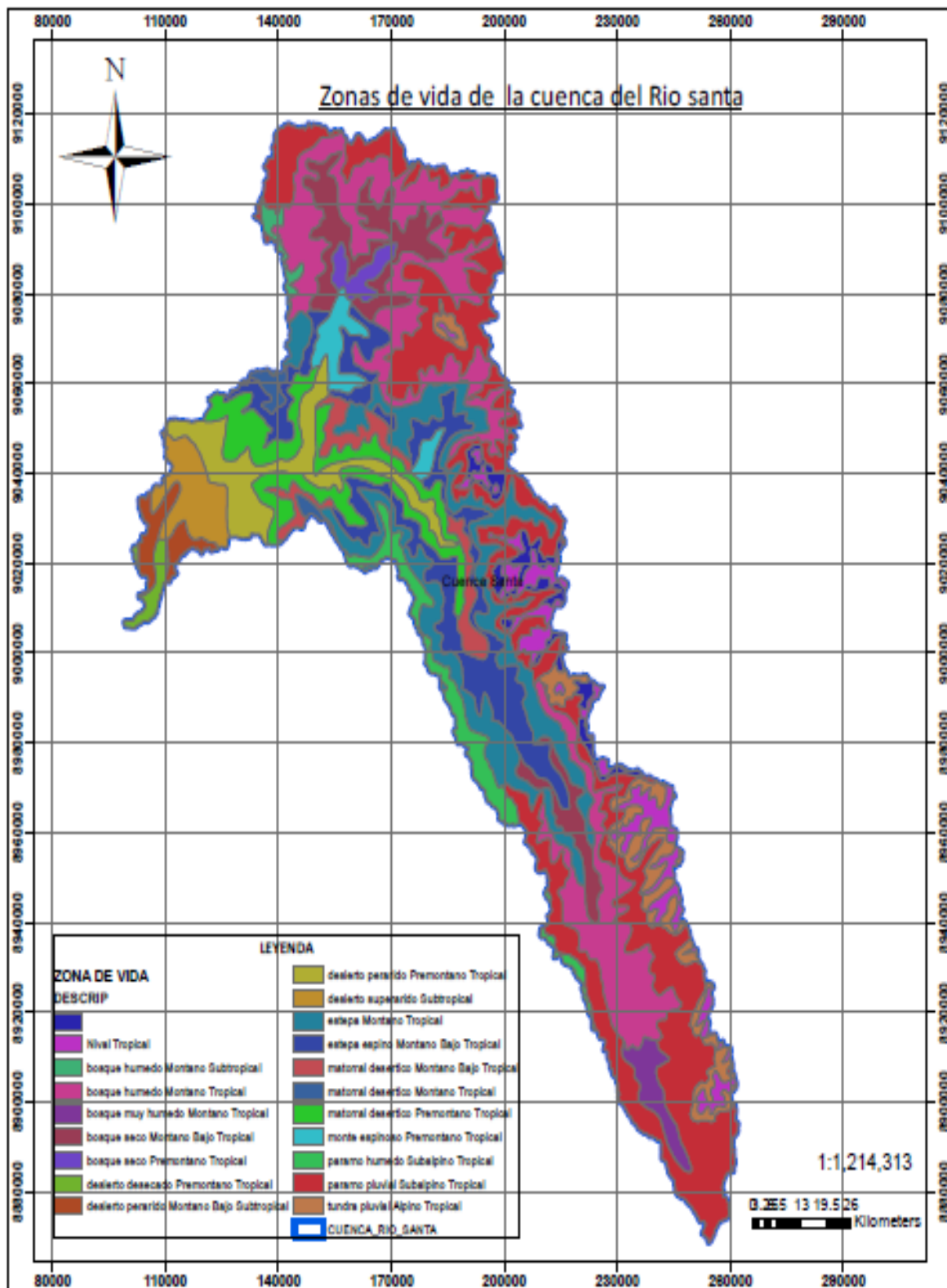
<p>Elaborado: Rojas Borbor, Willy Oswaldo</p>	<p>Asesor: Ing. Freddy Manuel Franco Alvarado</p>	<p>Título : Análisis prospectivo de la disponibilidad hídrica para la operación de las central hidroeléctrica cañón del pato al año 2050 utilizando WEAP</p>	<p><b>P-01</b></p>
---	---	--	--------------------



Proyecto:

**COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA DEL RIO SANTA**

<p>Elaborado: Rojas Borbor, Willy Oswaldo</p>	<p>Asesor: Ing. Freddy Manuel Franco Alvarado</p>	<p>Título : Análisis prospectivo de la disponibilidad hídrica para la operación de las central hidroeléctrica cañón del pato al año 2050 utilizando WEAP</p>	<p><b>P-07</b></p>
---	---	--	--------------------



Proyecto:

**ZONAS DE VIDA DE LA CUENCA DEL RIO SANTA**

<p>Elaborado: Rojas Borbor, Willy Oswaldo</p>	<p>Asesor: Ing. Freddy Manuel Franco Alvarado</p>	<p>Título : Análisis prospectivo de la disponibilidad hídrica para la operación de las central hidroeléctrica cañón del pato al año 2050 utilizando WEAP</p>
		<b>P-01</b>



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS



CAUDAL PROMEDIO MENSUAL (m<sup>3</sup>/s)

Nombre de Estación: BALSA      Río: Santa      Región: ANCASH      Latitud Sur: -8.86667  
 Código de Estación: 201706      Cuenca: Cuenca Santa      Provincia: HUAYLAS      Longitud Oeste: -77.81667  
 Tipo de Estación: HIDROMÉTRICA      Píafstetter: 1376      Distrito: SANTA CRUZ      Altitud: 1,880.00

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2005	92.36	104.59	151.99	88.92	48.05	36.07	32.23	30.60	35.00	43.50	47.58	92.35
2006	83.36	123.17	231.41	268.43	47.59	35.91	29.05	27.57	31.53	40.26	57.27	121.55
2007	121.19	114.83	284.91	218.85	69.58	35.02	26.76	27.95	25.64	40.02	59.84	61.87
2008	131.01	188.85	198.21	146.33	51.86	30.96	26.20	21.73	21.87	48.53	62.04	62.37
2009	166.76	304.64	403.39	335.36	84.64	40.55						
N° Registros	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
<b>Promedio</b>	<b>118.94</b>	<b>167.22</b>	<b>253.98</b>	<b>211.58</b>	<b>60.34</b>	<b>35.70</b>	<b>28.56</b>	<b>26.96</b>	<b>28.51</b>	<b>43.08</b>	<b>56.68</b>	<b>84.54</b>
Máximo	166.76	304.64	403.39	335.36	84.64	40.55	32.23	30.60	35.00	48.53	62.04	121.55
Mínimo	83.36	104.59	151.99	88.92	47.59	30.96	26.20	21.73	21.87	40.02	47.58	61.87

Fuente: Autoridad Nacional del Agua Estación Balsa



AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA - SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS



CAUDAL PROMEDIO MENSUAL (m<sup>3</sup>/s)

Nombre de Estación: LOS CEDROS      Río: LOS CEDROS      Región: ANCASH      Latitud Sur: -8.85000  
 Código de Estación: 201704      Cuenca: Cuenca Santa      Provincia: HUAYLAS      Longitud Oeste: -77.81667  
 Tipo de Estación: HIDROMÉTRICA      Píafstetter: 1376      Distrito: YURACMARCA      Altitud: 1,990.00

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2005	1.98	2.13	2.41	2.26	2.50	2.47	2.18	2.45	2.47	2.58	2.53	2.41
2006	2.72	2.97	3.30	3.94	2.98	2.49	2.34	2.34	2.25	2.25	2.75	3.09
2007	2.93	2.96	3.15	3.13	2.06	2.00	2.01	2.08	2.44	2.11	2.11	2.11
2008	2.62	2.46	2.65	2.96	2.96	2.96	3.48	2.45	2.45	2.71	3.02	2.75
2009	3.89	4.09	4.30	4.58	3.97	3.26						
N° Registros	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
<b>Promedio</b>	<b>2.83</b>	<b>2.92</b>	<b>3.16</b>	<b>3.37</b>	<b>2.89</b>	<b>2.64</b>	<b>2.50</b>	<b>2.33</b>	<b>2.40</b>	<b>2.41</b>	<b>2.60</b>	<b>2.59</b>
Máximo	3.89	4.09	4.30	4.58	3.97	3.26	3.48	2.45	2.47	2.71	3.02	3.09
Mínimo	1.98	2.13	2.41	2.26	2.06	2.00	2.01	2.08	2.25	2.11	2.11	2.11

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, Estación Cedros

PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL (mm)

Nombre de Estación: HUARAZ      Río:      Región: ANCASH      Latitud Sur: -9.53333  
 Código de Estación: 155407      Cuenca: Cuenca Santa      Provincia: HUARAZ      Longitud Oeste: -77.53333  
 Tipo de Estación: CLIMÁTICA      Pfaftetter: 1376      Distrito: HUARAZ      Altitud: 3,052.00

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1996	130.60	61.50	119.10	125.10	12.00	0.00	0.00	3.00	17.20	77.20	45.90	49.90
1997	85.50	187.50	63.70	32.90	14.50	0.00	0.00	0.00	26.50	44.00	83.60	213.70
1998	187.90	213.80	186.20	122.20	0.00	12.70	0.00	0.00	34.70	112.70	55.90	48.00
1999	111.80	245.70	124.00	81.80	46.60	20.30	0.00	0.20	64.50	34.10	95.10	80.90
2000	56.30	136.60	140.30	80.90	42.50	0.00	2.40	10.00	44.50	32.60	39.20	227.20
2001	162.50	97.50	207.00	59.10	14.80	0.00	0.00	0.00	69.40	71.00	124.50	71.40
2002	106.30	123.50	189.40	88.00	17.70	0.00	0.00	0.00	21.30	130.10	121.00	113.80
2003	111.70	75.20	109.00	76.30	23.30	3.00	6.60	0.00		39.80	38.60	
2009		140.50					0.30	2.20	2.00	150.50	137.40	187.00
2010	102.30	49.40										
N° Registros	9	10	8	8	8	8	9	9	8	9	9	8
<b>Promedio</b>	<b>117.21</b>	<b>133.12</b>	<b>142.34</b>	<b>83.29</b>	<b>21.43</b>	<b>4.50</b>	<b>1.03</b>	<b>1.71</b>	<b>35.01</b>	<b>76.89</b>	<b>82.36</b>	<b>123.99</b>
Máximo	187.90	245.70	207.00	125.10	46.60	20.30	6.60	10.00	69.40	150.50	137.40	227.20
Mínimo	56.30	49.40	63.70	32.90	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	32.60	38.60	48.00

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, Precipitación Acumulada Promedio Mensual

PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL (mm)

Nombre de Estación: HUARAZ - UNASAM      Río:      Región: ANCASH      Latitud Sur: -9.51653  
 Código de Estación: 000400      Cuenca: Cuenca Santa      Provincia: HUARAZ      Longitud Oeste: -77.52486  
 Tipo de Estación: CLIMÁTICA      Pfaftetter: 1376      Distrito: INDEPENDENCIA      Altitud: 3,052.00

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1964											41.60	41.50
1965	67.50	98.30	164.30	55.90	31.20	0.00	0.00	0.60	62.90	103.40	49.50	147.00
1966	140.40	84.90	80.00	71.30	23.60	0.30	0.00	0.80	17.20	181.00	86.50	60.90
1967	127.40	164.00	183.40	60.30	46.30	3.00	13.30	8.50	35.20	159.20	40.70	66.00
1968	100.80	56.10	119.60	18.60	12.90	0.00	0.30	27.90		84.50	33.00	36.90
1969	71.50	101.00	154.10	87.10	10.50	1.40	2.10	0.00	3.40	78.70	128.40	130.80
1970	190.00	86.60	96.00	157.30			0.20	6.50	92.00	72.70	72.10	129.70
1971	106.10	129.20	215.10	96.30	3.00	2.70	0.50	34.80	12.60	77.40	54.00	140.40
1972	198.70	140.20	255.30	139.70	24.80	0.60	0.90	30.60	14.60	37.80	69.60	141.50
1973	128.70	109.90	140.50	132.30	37.10	8.30	8.70	14.20	64.30	117.20	137.00	92.50
1974	136.90	141.70	190.50	141.50	0.30	18.50	4.50	21.90	28.60	27.10	34.30	60.10
1975	142.20	183.10	227.30	78.40	78.30	6.90	0.00	18.10	39.90	56.20	61.10	51.10
1976	162.90	76.70			41.40	10.10	1.10	0.70	5.10	9.90	18.60	
1977				28.80	20.10	0.00	0.50	1.30	36.20	24.30	122.30	100.90
1978	62.00	152.40	58.70	68.80	20.20	0.00	2.60					
N° Registros	13	13	12	13	13	13	14	13	12	13	14	13
<b>Promedio</b>	<b>125.78</b>	<b>115.70</b>	<b>157.07</b>	<b>87.42</b>	<b>26.90</b>	<b>3.98</b>	<b>2.48</b>	<b>12.76</b>	<b>34.33</b>	<b>79.18</b>	<b>67.76</b>	<b>92.25</b>
Máximo	198.70	164.00	255.30	157.30	78.30	18.50	13.30	34.80	92.00	181.00	137.00	147.00
Mínimo	62.00	56.10	58.70	18.60	0.30	0.00	0.00	0.00	3.40	9.90	18.60	36.90

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, Precipitación Acumulada Promedio Mensual

Estación : SAUCEPAMPA , Tipo Automtica - Meteorológica

Departamento : ANCASH

Provincia : HUAYLAS

Distrito : CARAZ

Ir : 2017-06 ▾

Latitud : 9° 2' 45.08"

Longitud : 77° 45' 6.22"

Altitud : 2980

Día/mes/año	Temperatura (°c)			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presion (mb)	Velocidad del Viento (m/s)	Direccion del Viento
	Prom	Max	Min					
01-Jun-2017	15.78	26	10.3	61.63	0	742.02		1
02-Jun-2017	15.29	24.9	9.5	63.63	0	741.54		360
03-Jun-2017	15.33	24.8	10.4	64.88	0	741.48		360
04-Jun-2017	15.6	25.2	9.3	61.46	0	740.62		360
05-Jun-2017	15	25.4	8.3	59.46	0	740.56		1
06-Jun-2017	13.95	22.4	8.6	58.83	0	741.5		1
07-Jun-2017	13.83	21.4	8.2	54.67	0	742.2		1
08-Jun-2017	13.6	22.6	7.8	62.67	0	742.92		360
09-Jun-2017	13.4	21.2	8	64.54	0	743.05		1
10-Jun-2017	16.12	23.5	9.6	.65	-999	655.36	-49.94	1
11-Jun-2017	16.22	22.7	10.7	48.43	0	742.3		1
12-Jun-2017	14.9	23.6	8.4	48.23	0	741.93	.01	360
13-Jun-2017	13.65	22.6	7.6	57.54	0	741.6		360
14-Jun-2017	13.75	23.3	9	66.42	0	742.2		360
15-Jun-2017	14.35	23.7	8.6	61.25	0	742.91	.01	360
16-Jun-2017	14.43	24.6	8.4	53.08	0	742.24		360
17-Jun-2017	13.45	22.9	7.7	56.13	0	741.53		360
18-Jun-2017	13.52	23	7.8	59.96	0	741.1		360
19-Jun-2017	13.91	23.4	8.3	66.42	0	740.55	.02	360
20-Jun-2017	13.51	20.2	8.3	71.04	0	741.74		360
21-Jun-2017	14.75	21.7	10.7	70.29	0	741.81		1
22-Jun-2017	15.12	22.3	10.6	63.88	0	741.16		1
23-Jun-2017	14.59	24.1	8.6	62.21	0	740.91		360
24-Jun-2017	14.04	23.1	8.4	64.58	0	741.67		360
25-Jun-2017	14.08	23.6	8.2	64.46	0	742.63		360
26-Jun-2017	14.07	23.8	8.8	60.08	0	741.93		360
27-Jun-2017	13.03	22.2	7.6	62.75	0	741.78		360
28-Jun-2017	14.08	23.5	8	55.73	0	741.69	.01	360
29-Jun-2017	13.76	20.6	8.9	56.17	0	742.21		1
30-Jun-2017	14.08	21.1	9	60.25	0	741.95	.01	360

Fuente: SENAMHI, Estación meteorológica SAUCEPAMPA