

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**



**“VARIABILIDAD DEL CAUCE DEL RÍO SANTA - ZONA
DE CENTENARIO Y SISTEMA DE
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”**

**Presentado por:
FLOR ANGELA JARA REMIGIO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER
SCIENTIAE EN RECURSOS HÍDRICOS**

Lima - Perú

2015

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**



**“VARIABILIDAD DEL CAUCE DEL RÍO SANTA - ZONA DE
CENTENARIO Y SISTEMA DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA”**

Presentado por:

FLOR ANGELA JARA REMIGIO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE EN
RECURSOS HÍDRICOS**

Lima - Perú

2015

PIU,
J37
T
c.1

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	01
1.1. GENERALIDADES	01
1.2. JUSTIFICACION	01
1.3. OBJETIVOS	02
1.3.1. Objetivo General	02
1.3.2. Objetivos Específicos	02
II. REVISIÓN DE LITERATURA	03
2.1. ANTECEDENTES	03
2.1.1. Trabajos similares realizados en otros países	03
2.2. Fundamentación Teórica	05
2.2.2. Clasificación de los ríos de acuerdo con su geometría	05
2.2.3. Concepto de Río en Equilibrio	09
2.2.4. Fisiografía	10
2.2.5. Hidrología	11
2.2.6. Cálculo del Caudal	12
2.3. CONCEPTOS BÁSICOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	12
2.3.2. Definición de Sig:	12
2.3.3. Componentes de un Sig	13
2.3.4. Funciones de un Sig	14
2.3.5. Georeferenciación	15

43854

2.3.6. Ortorectificación	15
2.4. FOTOGRAFÍAS AÉREAS	17
2.4.2. Características Técnicas de las fotografías aéreas	19
2.4.3. Aplicaciones de las fotografías aéreas	21
III. MATERIALES Y METODOLOGIA	22
3.1. Lugar de la Ejecución	22
3.2. Materiales y Equipos	24
3.3. Metodología	26
3.3.2. En el entorno SIG	26
3.3.3. En el entorno CAD	42
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	43
4.1. Analizando cada año la Sinuosidad del Río-Zona de estudio	43
4.2. Analizando los Resultados - Zona de estudio	48
4.3. Cálculo del caudal a partir del ancho de base para la zona de estudio	49
4.4. Analizando los Meandros	52
4.5. Analizando los Tramos del Río – Zona de estudio	55
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES	63
VII. BIBLIOGRAFIA	64
VIII. ANEXO	66

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Resumen de la Sinuosidad Calculada	48
Tabla 02: Análisis de la variabilidad de los Meandros	48
Tabla 03: Cálculo del Caudal mediante Blench, Altunin y Pettit, año 1942	49
Tabla 04: Cálculo del Caudal mediante Blench, Altunin y Pettit, año 1970	50
Tabla 05: Cálculo del Caudal mediante Blench, Altunin y Pettit, año 2004	50
Tabla 06: Cálculo del Caudal mediante Blench, Altunin y Pettit, año 2013	51
Tabla 07: Resultados de los caudales anuales calculados mediante Blench, Altunin y Pettit, para los años de estudio	51
Tabla 08: Resumen - caudales anuales, para los años de estudio	52

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: La llanura de inundación del río Jarama (1956 y 2001)	03
Figura 02: Caracterización Morfológica Del Río Sinú En Tierralta, (1988, 1994, 2002 Y 2005)	04
Figura 03: Evolución Temporal De La Sinuosidad De Los Meandros Aguas Arriba Del Puente De Pto. Lavalle, Río Bermejo,	04
Figura 04: Fuente de Simona y Julian (1984), citado por Rocha 1998	07
Figura 05: Diagrama Típico de un Meandro	07
Figura 06: Clasificación de los ríos (Brice, 1983) citado por Rocha, 1998	09
Figura 07: Producción de información en formato digital, diagrama de flujo esquemático	13
Figura 08: Componentes de un SIG	14
Figura 09: Funciones de un SIG	15
Figura 10: Captura de datos del terreno mediante una fotografía aérea	16
Figura 11: Proyección ortográfica	16
Figura 12: Proyección de Perspectiva Vs Proyección Ortogonal	17
Figura 13: Gráfica de la Evolución de la Sinuosidad y meandros	47
Figura 14: Gráfica de la variabilidad de la evolución de la sinuosidad	47
Figura 15. Gráfica de los caudales generados mediante Blech, Altunin y Petit – años 1942, 1970, 2004 y 2013	52

	Pág.
Figura 16. Puente San Gerónimo Inicio de la Zona de Estudio	55
Figura 17. Vista panorámica del Puente San Gerónimo	55
Figura 18. Defensa Ribereña, en el margen derecha cercana al puente san Gerónimo a unos 50 metros del mismo	56
Figura 19. Boloneria de Roca granítica proveniente de la cordillera Blanca.-56	
Figura 20..Afloramiento Roca Andesita (Volcánica).	57
Figura 21. Desmontera.	57
Figura 22. Zona media del estudio la topografía ha cambiado con el pasar de los años por ser una zona erosionable.	58
Figura 23. Zona Erosionable.	58
Figura 24. Tramo final de la Zona de estudio.	59
Figura 25. Material aluvial en la margen izquierda (cordillera Negra)	59
Figura 26. Base de Información Militar – Punto de Termino	60
Figura 27. Al pie de la Base de Información Militar – Punto final	60

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: DATOS HIDROLOGICOS	67
ANEXO 2: MAPA DE LAS ESTACIONES HIDROLOGICAS E INFLUENCIA DE ESTACIONES HIDROLOGICAS EN LA CUENCA DEL RIO SANTA	74
ANEXO 3. PANEL FOTOGRAFICO	75
Fotografía 1 , tomada en el puente San Gerónimo (Calicantu) lugar de inicio del estudio	75
Fotografía 2 , tomada en el margen derecho del río Santa, reconocimiento del lugar de estudio.	75
Fotografía 3 , tomada en el margen derecho del río Santa tomando las coordenadas UTM, para la elaboración del mapa geológico	76
Fotografía 4 , tomada en el margen izquierdo del río Santa, aguas abajo, haciendo el seguimiento del cauce del río	76
Fotografía 5 , tomada en el margen derecho del río Santa, aguas abajo, haciendo el seguimiento del cauce del río, último tramo antes del BIM	77
ANEXO 4. PLANOS	78
Plano 01: Plano de Ubicación	78
Plano 02: Plano Topográfico	79
Plano 03: Cauce del Río Santa – Zona de estudio, Años 1942. 1970 y 2004	80

Plano 04: Cauce del Rio Santa – Zona de estudio, Año – 1942	81
Plano 05: Cauce del Rio Santa – Zona de estudio, Año - 1970	82
Plano 06: Cauce del Rio Santa – Zona de estudio, Año -2004	83
Fotografía Aérea , N° 34, proyecto N° 108 – 34, año 1942	84
Fotografía Aérea , N° 35, proyecto N° 108 – 35, año 1942	85
Fotografía Aérea , N° 36, proyecto N° 108 – 36, año 1942	86
Fotografía Aérea , N° 120, proyecto N° 6113 – 3 – 7 – 70 – 120, año 1970	87
Fotografía Aérea , N° 121, proyecto N° 6113 – 3 – 7 – 70,- 121, año 1970	88
Fotografía Aérea , N° 75, proyecto N° 516 – 2003 – A - 75, año 2004	89
Fotografía Aérea , N° 76, proyecto N° 516 – 2003 – A - 76, año 2004	90
Fotografía Satelital del Google Earth, año 2013	91

VARIABILIDAD DEL CAUCE DEL RÍO SANTA – ZONA DE CENTENARIO Y SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

RESUMEN

Se hizo un estudio de la variabilidad del cauce del Río Santa desde el Puente San Jerónimo hasta la Base de Información Militar, Huaraz, Ancash, Perú, comparándose fotografías aéreas de los años 1942, 1970 y 2004 y una fotografía satelital del año 2013 previamente georeferenciados, ortorectificados y generados a mosaicos, mediante el sistema de Información Geográfica como el software ArcMap 10 de ArcGIS. Quantum GIS, ERDAS IMAGINE, módulo ERDAS LPS, teniéndose en cuenta que para georeferenciar una fotografía deben tomarse como mínimo cuatro puntos de control que deben ser ubicados en las partes extremas de la fotografía para reducir errores y puntos que no han cambiado a lo largo de los años. Para el traslape deben tenerse fotografías aéreas consecutivas donde la zona de interés abarque la zona del traslape si es de menor altura de vuelo se requerirán más de 2 fotografías y a mayor altura de vuelo bastara solo 2 fotografía, después de vectorizar el mosaico exportamos al Autocad para calcular el ancho de río, el radio de curvatura, la amplitud, etc que son datos necesarios para el cálculo de la sinuosidad del río para la zona y los años de estudio utilizando el Excel. Obteniéndose la Sinuosidad para los años 1942, 1970, 2004 y 2013 los valores: de 4.27, 4.69, 4.77 y 4.79 respectivamente, todos mayores a 1.5 y según la teoría el grado de sinuosidad del tramo en estudio es un río meándrico, también se observó que la zona que cambio más a través de los años fue el meandro 1, pues al analizar su desviación estándar es mayor que todos, seguido de los meandros 3, 4 y 2.

**VARIABILITY IN THE COURSE OF “SANTA RIVER” –
CENTENARIO AREA AND GEOGRAPHIC INFORMATION
SYSTEM**

ABSTRACT

A study of the variability in the course of “Santa” River was made from the “San Geronimo Bridge” to the Army Base in Huaraz. Comparing aerial pictures taken in 1942, 1970, 2004 and a 2013 satellite photograph, previously geo-referenced, orthorectified and generated mosaics by Geographic Information Systems such as Arc Map and ArcGIS 10 software. Quantum GIS, ERDAS IMAGINE, ERDAS LPS module, taking into account that for geo-referencing, a photograph should be taken at least four control points and must be located in the outer parts of the photograph to reduce errors and points that have not changed over the years. For the overlap there must be consecutive aerial photographs where the area of interest covers the area of overlap. In case of a lower flying height more than 2 photographs will be required, and flying higher altitudes 2 photographs should be enough. After vectorizing the mosaic we export to AutoCAD to calculate the width of the river, the radius of curvature, amplitude, etc. which are required data for calculating the sinuosity of the river to the area and the years of study using Excel. Obtaining the Whorl for the years 1942, 1970, 2004 and 2013 values: 4.27, 4.69, 4.77 and 4.79 respectively, all higher than 1.5 and according to the theory of the degree of sinuosity of the section under study is a meandering river, and also was observed that the area that changed more through the years was the meander 1 because when analyzing its standard deviation was greater than the rest, followed by the meandering 3, 4 and 2.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

El enfoque del problema se ve durante el período de lluvias, un mal control de las riberas por fenómenos de la ocurrencia de procesos geodinámicos de movimientos de masas como huaycos, derrumbes, aluviones, procesos de erosión por las aguas fluviales, etc. modificando así el cauce fluvial.

Debido a ello, es que en esta tesis se investigara como ha ido evolucionando el cauce del Río Santa desde el puente San Gerónimo hasta la Base de Información Militar en los años 1942, 1970, 2004 y una fotografía satelital del año 2013 tomada del Google Eart. Y que el mismo sea una base para continuar estudios sobre el modelamiento del río.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto de investigación es importante pues el estudio de la evolución de la variabilidad del cauce del río nos dará a conocer por donde discurrirá el agua a través de la sinuosidad que presenta, de tal manera que se podrá tomar precauciones para dicha zona. Analizar la evolución del cauce de un río a través del tiempo, es requerido para predecir la futura ubicación del mismo y esta predicción es necesaria por cuestiones de planeamiento en casos de futuro desarrollo de zonas urbanas cercanas a ríos, prevención de daños en estructuras civiles como puentes, muelles, etc. y para analizar las estructuras comúnmente conocidas como defensas ribereñas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la evolución de la variabilidad del cauce del río Santa desde el puente San Gerónimo hasta la Base de Información Militar.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar la ortorectificación de las fotografías aéreas.
- Determinar los parámetros: ancho de río y radio de curvatura para el cálculo de la sinuosidad.
- Determinar el valor de la sinuosidad del cauce del río Santa el tramo en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Trabajos similares realizados en otros países.

Es el trabajo realizado para establecer la evolución histórica del cauce y la llanura del río Jarama de la Comunidad de Madrid, en el se han comparado las fotografías aéreas ortorectificadas desde 1946 con el objeto de cuantificar la pérdida de llanura de inundación

De estudios previos existentes y de los realizados recientemente a partir de fotos aéreas ortorectificadas, se deduce que un cambio de la sinuosidad del río de 1.4 desde 1946 hasta 1.2 en la actualidad en todo el tramo paralelo al aeropuerto y por tanto del incremento de su pendiente y con ello de la velocidad. (Ortega y Garzón, 1999)

La llanura de inundación del Río Jarama en 1956 frente a la del 2001. Dentro de esta última se indica la zona ocupada por las nuevas pistas, mallado oblicuo, y la zona remanente a esta construcción, mallado horizontal. (Figura. 1)

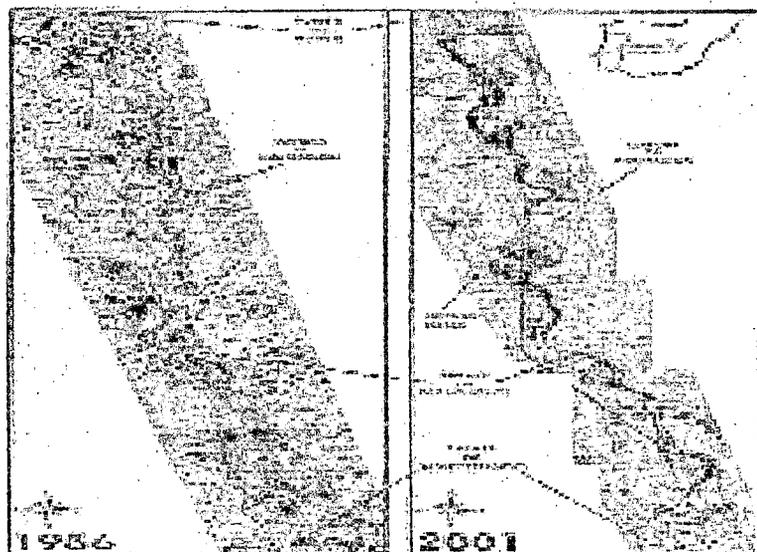


Figura 1: La llanura de inundación del río Jarama (1956 y 2001)

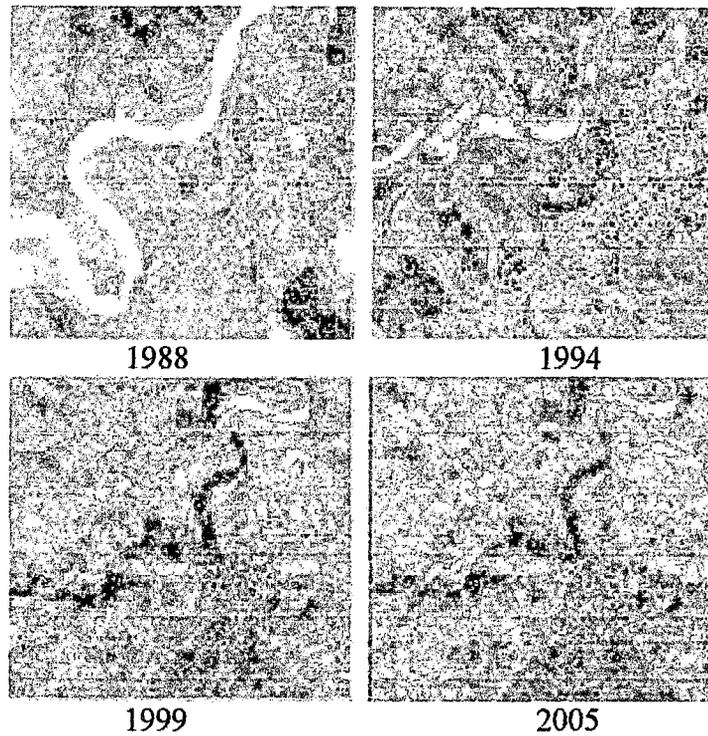


Figura 2: Caracterización Morfológica Del Río Sinú En Tierralta, (1988, 1994, 2002 Y 2005)

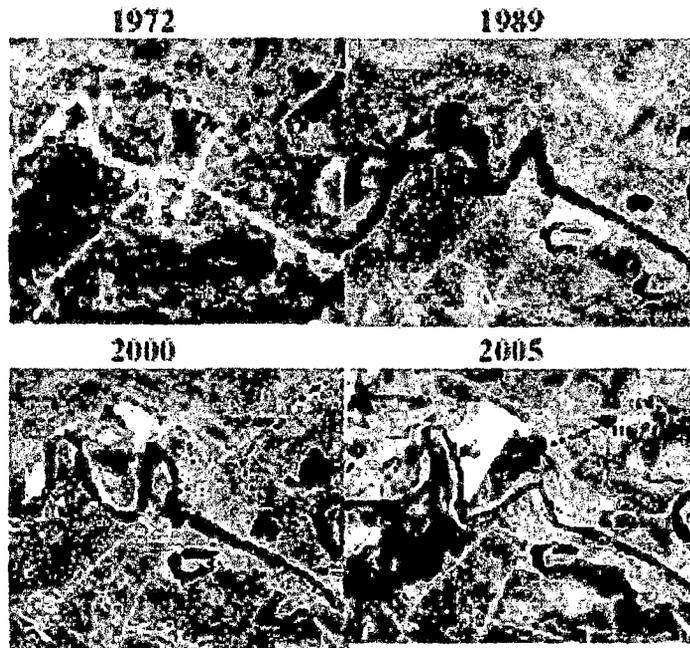


Figura 3: Evolución Temporal De La Sinuosidad De Los Meandros Aguas Arriba Del Pto. Lavalle, Río Bermejo, (1972, 1989, 2000 Y 2005)

En la zona de estudio no se han realizado estudios similares

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La sinuosidad de un río es la relación entre la anchura del cauce y la longitud del meandro. (González y García, 1998)

La sinuosidad de un río es el grado de curvatura del plano del curso de un río. Se mide por la relación entre la distancia que separa dos puntos a lo largo de la parte más profunda del cauce y la distancia en línea recta entre ellos.

Si la sinuosidad de los ríos es definida como la relación entre la longitud del canal y la longitud del valle sobre el cual se desarrollan los sistemas de ríos trezados tienen una baja sinuosidad de entre 1.1 y 1.2 mientras que los sistemas de ríos meándricos alcanzan valores de cuando menos 1.5. (Einsele, 1992),

Según su sinuosidad, se clasifica:

Sinuosidad = 1,	Es un cauce en línea recta
Sinuosidad > 1.5	Es un río meándrico
Sinuosidad < 1.5	Es un río no meándrico

La Morfología Fluvial

Es el estudio de las formas que tienen los ríos, es decir de su apariencia, debe entenderse que esto equivale a describirlos tal como se ven desde el aire. Sin embargo, no debe perderse de vista que la forma de los ríos, no es la misma a lo largo del tiempo, debe añadirse que cuando se habla de la forma de un río se trata de la forma de un tramo fluvial específico, pues los ríos no tienen la misma forma a lo largo de todo su recorrido.

Una vista aérea de los ríos indicaría que sus formas son tantas como ríos existen, pero para fines prácticos la Morfología Fluvial considera tres formas fundamentales, las que aparecen esquemáticamente en la Figura N° 4

2.2.1. Clasificación de los ríos de acuerdo con su geometría

Los ríos en la naturaleza presentan generalmente tres formas: rectos, trezados y meandrantes, como se muestran en la figura:(Rocha, 1998)

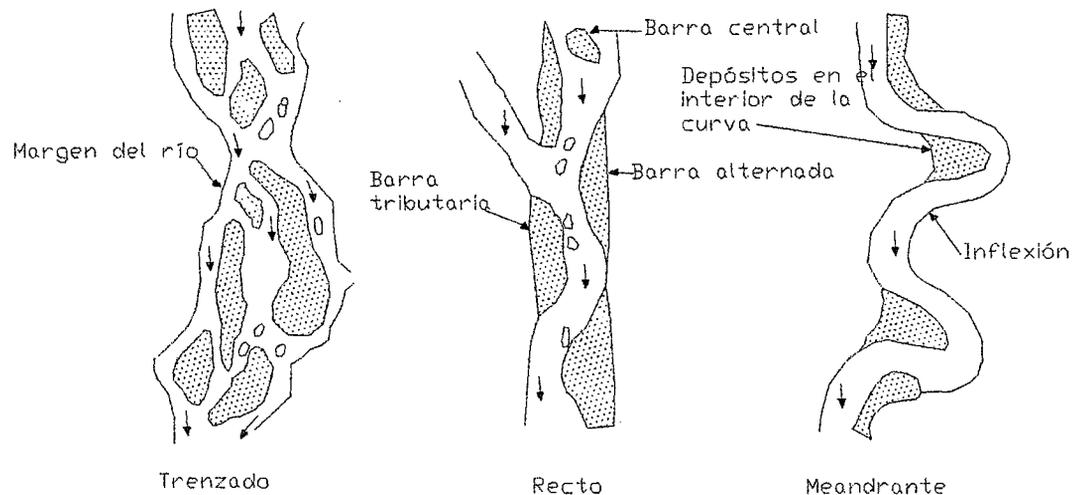


Figura 4: Fuente de Simona y Julian(1984), citado por Rocha 1998

A. Ríos Rectos: Siguen una alineación recta. Ríos realmente rectos son raros en la naturaleza. Un río recto, en esta clasificación, se refiere como aquel que no tiene comportamiento meándrico; esto es, su sinuosidad es menor de 1.5.

B. Ríos Trenzados: Formados por canales interconectados aleatoriamente, separados por barras, que presentan la apariencia de una trenza. Este tipo de ríos se encuentra raramente en pendientes relativamente fuertes.

C. Ríos Con Meandro: Un río con meandro es aquel en el que la configuración se presenta en forma de una serie de curvas consecutivas. La diversidad de formas y tamaños de los meandros se puede explicar por las diferentes circunstancias en las que se originan y por los cambios que surgen durante su evolución en el tiempo, que muchas veces están relacionados con las características del material de los márgenes.

Un río meándrico tiene una sinuosidad mayor de 1.5 y consiste en proporciones alternadas de curvas y formas claramente sinuosas. Aunque la sinuosidad varía entre ríos meándricos, existe una marcada similitud en la relación entre el radio de curvatura y el ancho del cauce, r_c/B . en una muestra de 50 ríos meándricos, Leopold et al.(1964) encontró que las dos terceras partes de las relaciones se encontraban en el rango de 1.5 a 4.3, con un valor medio de 2.7, (Rocha, 1998)

El diagrama típico se muestra en la siguiente figura:

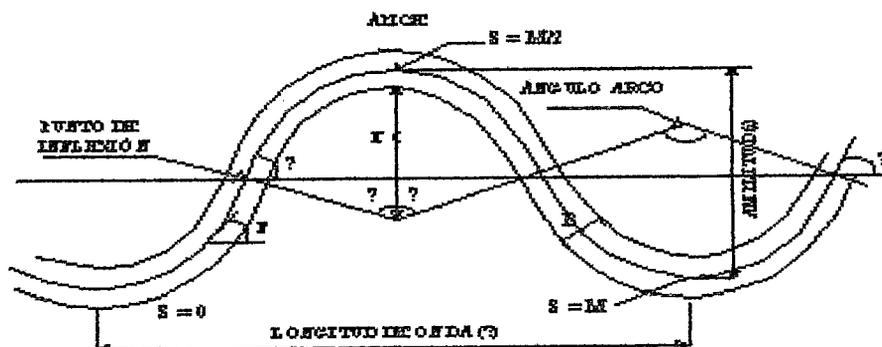


Figura 5: Diagrama Típico de un Meandro

Estas relaciones fueron propuestas por Leopold y Wolman y son:

$$\lambda = 10.9 B^{1.01} \quad \dots (1)$$

$$a = 2.7 B^{1.01} \quad \dots (2)$$

$$\lambda = 4.7 r_c^{0.98} \quad \dots (3)$$

Donde:

B : ancho del cauce

a : amplitud

r_c : centro de radio de curvatura.

λ : Longitud de onda

Todos los términos están medidos en pies. Si el exponente se aproxima a la unidad entonces:

$$r_c = 2.4B \quad \dots (4)$$

Esta ecuación indica la máxima curvatura para meandros y ha sido considerada por Leopold y Colman como consistente para ríos meándricos.

Sin embargo el meandro descrito por las ecuaciones (1) a (3) deben ser considerados como totalmente desarrollados meandricamente (Hey, 1976) debido a que existen muchos ríos sinuosos para los cuales la relación de curvatura r_c/B , es considerablemente mayor que 2.4 o 3.0, correspondientes a sinuosidades menores que 1.5.

La sinuosidad es la relación entre la longitud del río y la longitud del valle. Los ríos con meandro tienen una sinuosidad mayor que 1.2

Según la forma del meandro, los ríos se clasifican en:

Cuatro tipos principales de ríos se presentan en la siguiente figura, estos pueden ser ríos de canal sinuosos, ríos sinuosos con barras,

ríos sinuosos trenzados y ríos no sinuosos trenzados.

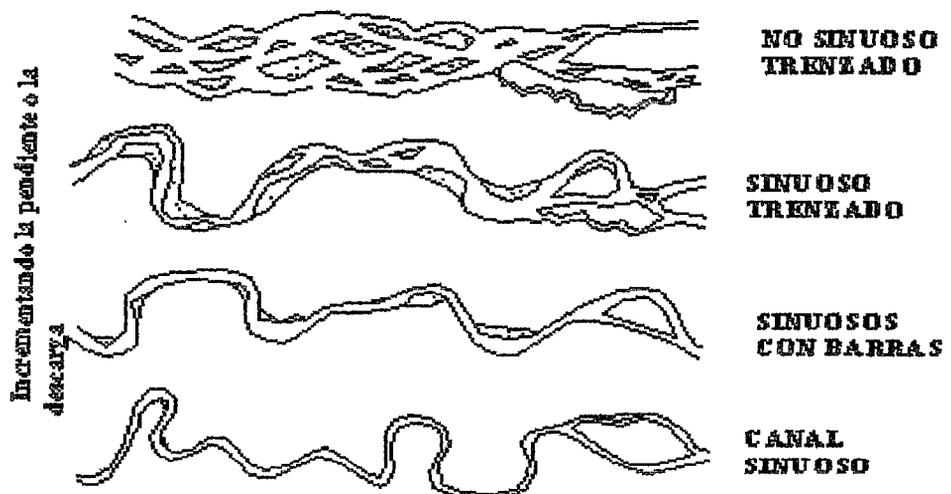


Figura 6: Clasificación de los ríos (Brice, 1983) citado por Rocha, 1998

Los ríos de canal sinuoso tienen una pendiente plana, un ancho uniforme característico y moderado a alta sinuosidad. El canal es relativamente angosto y profundo, con alto contenido de barro arcilloso y gran estabilidad en los taludes.

2.2.2. Concepto de Río en Equilibrio

En los ríos naturales este estado de equilibrio se refiere a la regulación de su morfología y dinámica entre las variables de control independientes (régimen de caudales y de sedimentos) que impone su cuenca vertiente. En un río estable, la forma y trazado se mantienen en el tiempo, aun cuando este último se vea sometido a desplazamientos laterales, pero no se modifica su sinuosidad. (González y García, 1998)

2.2.3. Geología.

El área de estudio se encuentra en el Río Santa entre el tramo del puente San Jerónimo y la Basé de Información Militar, y esta flanqueado por la cordillera Blanca y La cordillera Negra.

La zona de estudio presenta un relieve moderado, con superficies planas en las terrazas que están en los taludes superiores de los márgenes del río Santa, y estas a su vez están cubiertas con tierras de uso agrícola en la parte superficial y más abajo tenemos volcánicos generalmente Andesita todo esto en la margen izquierda, en la margen derecha tenemos las urbanizaciones barriales típicas de la ciudad capital del departamento de Ancash, la ciudad de Huaraz que está compuesto por materiales clásticos de diversos tamaños de fragmentos y granulometría menuda de naturaleza morrénica, y otros de origen Aluvial producto del aluvión de 1941.

2.2.4. Fisiografía

El área en estudio se encuentra ubicada al margen derecho del río Santa y la Cordillera Blanca a una altitud promedio de 3030 m.s.n.m. El río Santa en el tramo de estudio presenta un valle en forma de U con un relieve moderado; de poca pendiente, con un cause serpenteante, adyacente en ambos márgenes se tienen las una del tipo fluvio-glacial, y la otra se observas material volcánico en general podemos decir que la topografía es suave casi horizontal, no consolidado, muy permeable, compuesto por arenas, gravas y cantos rodados.

2.2.5. Hidrología

La naturaleza limita la cantidad de agua disponible para nuestro uso. Aunque hay suficiente agua en el planeta, no siempre se encuentra en el lugar y momento adecuados. Además, existen evidencias de que los desechos químicos eliminados de forma inapropiada tiempo atrás están apareciendo actualmente en las fuentes de agua

La hidrología es el estudio del movimiento, distribución y calidad del agua en todas las zonas de la Tierra y se dedica tanto al ciclo hidrológico como a los recursos de agua. La hidrología se ha desarrollado como ciencia en respuesta a la necesidad de comprender el complejo sistema hídrico de la Tierra y ayudar a solucionar los requerimientos hídricos.

La cuenca del Río Santa tiene una extensión de 11,634 km². El nacimiento del Río Santa ocurre al sur de la cuenca, en la Laguna Conococha, la cual se alimenta de glaciares de la Cordillera Blanca localizada al oriente. Al occidente de la cuenca se encuentra la Cordillera Negra la cual carece de glaciares pero capta y contribuye esorrentía al río. El Río Santa en su trayecto hacia el norte se desplaza por un valle central conformado en la unión entre las dos cordilleras, llamado el Callejón de Huaylas

2.2.6. Cálculo del Caudal

Para poder determinar el caudal se hará uso de las fórmulas de Blench, Altunin y Pettit, que calculan el ancho de río a partir del caudal, para nuestro estudio tendremos el ancho de río a partir de las fotografías aéreas y solo tendremos que despejar el caudal y saber cuánto pasaba en el año tomado

Cálculo Del Ancho Del Rio:

a) Blench:
$$B = 1.81 \sqrt{\frac{Q \times F_b}{F_s}}$$

b) Altunin:
$$B = \frac{aQ^{1/2}}{S^{1/5}}$$

c) Pettit:
$$B = 2.45Q^{1/2}$$

Donde:

Fb = Factor de fondo cuyos valores promedios son:

Para material fino : 0.8

Para material granular : 1.2

Fs = Factor de orilla cuyos valores promedios son:

Para material suelto : 0.1

Para material ligeramente cohesivo : 0.2

Para material cohesivo : 0.3

a = Parámetro que caracteriza al río : 0.76

para planicie : 1

para zona de alta montaña y cauce rocoso : 0.5

2.3. CONCEPTOS BÁSICOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

GEOGRÁFICA (SIG)

2.3.1. Definición de SIG

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una colección organizada de hardware, software y datos geográficos diseñados para

la eficiente captura, almacenamiento, integración, actualización, modificación, Análisis Espacial, y despliegue de todo tipo de información geográficamente referenciada(ESRI,1993).



Figura 7: Producción de información en formato digital, diagrama de flujo esquemático

2.3.2. Componentes de un SIG

Organización y gente: La más importante parte de la estructura de un SIG.

Aplicación: son los usos, preguntas, o clientes del SIG.

Metodología: los procedimientos, técnicas y formas de usar SIG y datos SIG en diversos tipos de aplicaciones.

Datos: es el corazón de las operaciones en SIG.

Aplicaciones (Software): programas de computador necesarios para operar SIG.

Equipos (Hardware): la maquinaria sobre la cual el SIG opera: computadores, impresoras, ploteadores, digitalizadores, y otros.

COMPONENTES DE UN SIG

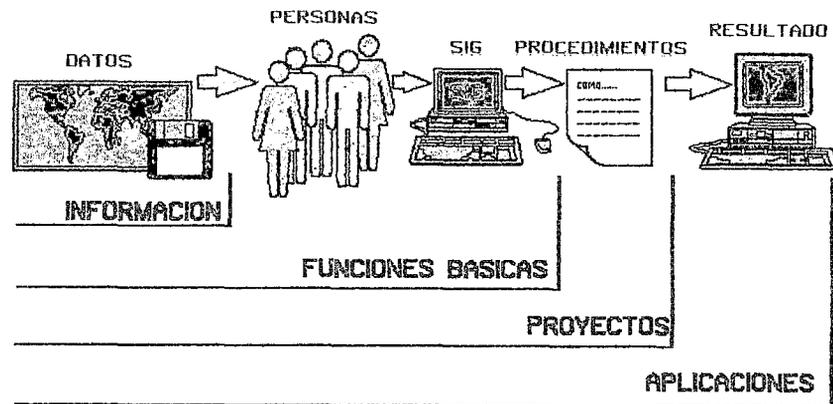


Figura 08: Componentes de un SIG

2.3.3. Funciones de un SIG

- **Las funciones de entrada de datos**, permiten al sistema enlazarse con el mundo real o con los modelos que lo representan a fin de proveer los datos (insumos) necesarios al sistema.
- **Las funciones de manejo**, permiten al sistema: crear, copiar, borrar y renombrar coberturas y archivos entre otras operaciones.
- **Las funciones de análisis**, permiten al sistema transformar los datos espaciales originales, las estructuras (topológicas) de datos espaciales, los atributos de los datos geográficos y a estos dos últimos en forma integrada; a través de operaciones específicas, esto con el fin de generar la información (producto) solicitada al sistema por el usuario.
- **Las funciones de salida**, otorgan la capacidad al sistema de presentar la información obtenida de los análisis, de la manera más adecuada a las necesidades del usuario, esto es, en formatos realmente útiles a él.

Funciones de un GIS

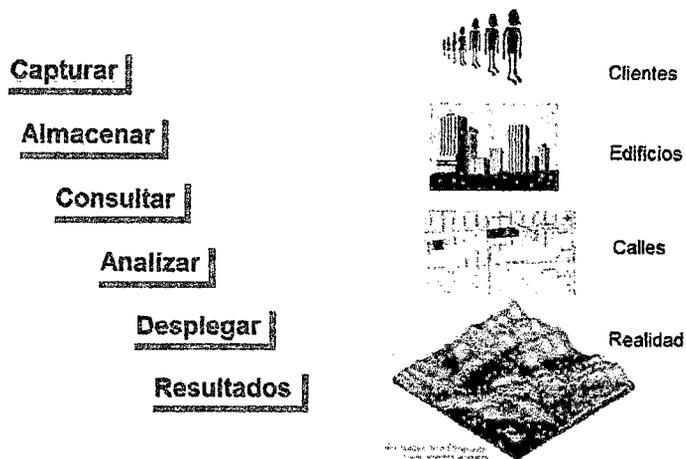


Figura 09: Funciones de un SIG

2.3.4 Georeferenciación.

La Georeferenciación se realiza para poder dimensionar la información digital en el espacio y en su posición real. Esto consiste en la ubicación georeferenciada del archivo tratado, es decir la transformación a coordenadas reales que pueden ser coordenadas geográficas, coordenadas UTM, etc. Para ello se tienen muchos software como el arcview, arcgis, Quantum GIS, etc

2.3.5 Orto rectificación

Las imágenes digitales satelitales y las fotografías aéreas juegan un papel importante en la elaboración general de mapas y en la adquisición y visualización de datos GIS. En primer lugar, ayudan a proporcionar un efecto visual sólido. Muchas personas son capaces de poner conceptos espaciales en perspectiva cuando ven fotografías. Adicionalmente, el papel secundario y quizá el más vital es proporcionar una base para la recogida de información espacial.

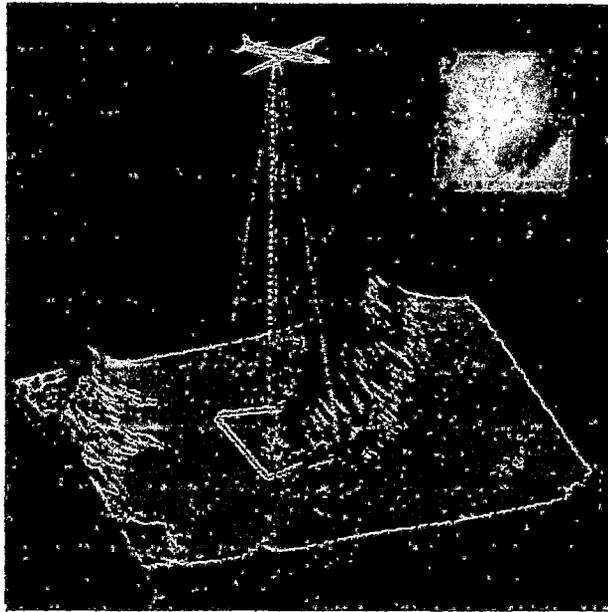


Figura 10: Captura de datos del terreno mediante una fotografía aérea

La ortorectificación elimina las distorsiones geométricas y de escalas inherentes en las fotografías e imágenes satelitales producto de imperfecciones del sensor, variaciones topográficas y la curvatura de Tierra.

Ortorectificación

Proceso

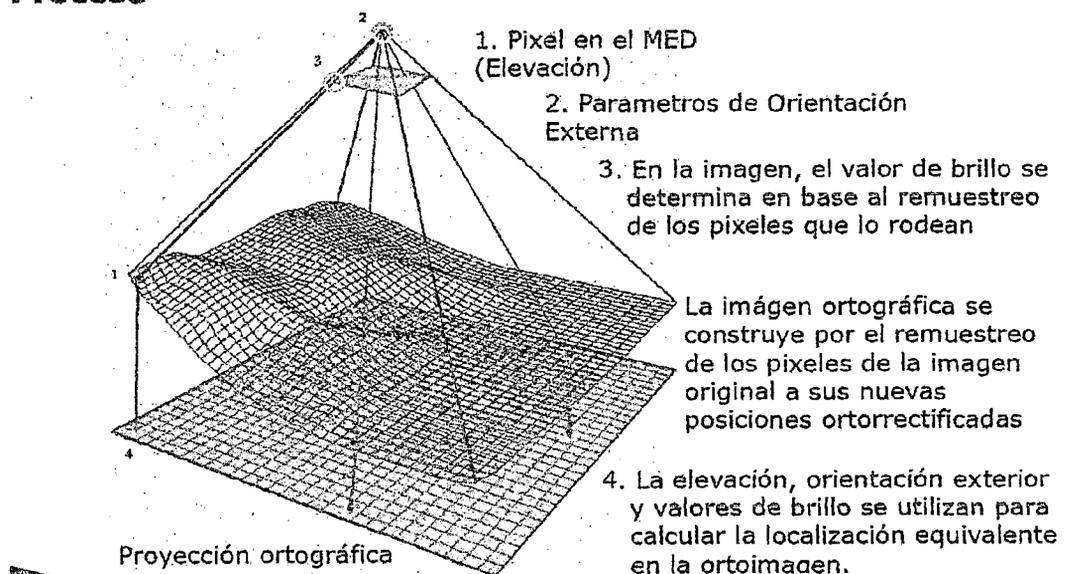
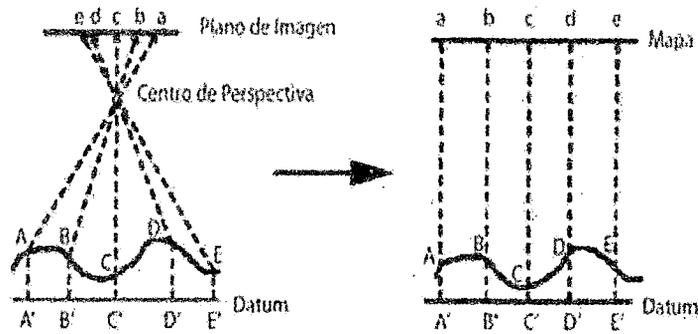


Figura 11: Proyección ortográfica



- | | |
|------------------------------|----------------------------------|
| • Proyección de perspectiva | • Proyección ortogonal |
| • Escala no uniforme | • Escala uniforme |
| • Desplazamiento del relieve | • Sin desplazamiento del relieve |

Figura 12: Proyección de Perspectiva Vs Proyección Ortogonal

La ortorectificación transforma la proyección central de la imagen en una vista ortogonal del terreno, resultando en la remoción de efectos de distorsión. Transforma las imágenes crudas a proyecciones ortogonales precisas. El producto del proceso de ortorectificación se denomina ortoimagen u ortofoto

2.4 FOTOGRAFÍAS AÉREAS

La toma de fotografías desde el aire ha sido utilizada por el hombre casi desde la invención de los aviones. Sus usos son múltiples y se aplica a las distintas áreas del quehacer humano, que incluyen la agricultura y silvicultura, el urbanismo, la ingeniería en todas sus ramas, la minería, la pesquería, el periodismo, la defensa, etc. Su utilidad es evidente, ya que permite tener a muy corto plazo, una visión aérea de sectores extensos, que de otra forma (topografía, geomensura, etc.), sería mucho más lenta y costosa de obtener.

La toma de fotos aéreas ha evolucionado junto con el avance de sus dos apoyos tecnológicos, la cámara fotográfica y las aeronaves (aviones y helicópteros), agregándose además, en las últimas décadas, los satélites. Es así como actualmente es posible disponer de fotos aéreas en blanco y negro de casi todo el país (en escala 1:20.000, 1:30.000 ó 1:40.000 y en zonas urbanas 1:5.000 ó 1:10.000) y asimismo se pueden adquirir imágenes tomadas desde satélites, tanto en forma gráfica como digital.

No obstante lo anterior, cuando se requiere información gráfica detallada y actual de algún sector, es frecuente realizar reconocimientos aéreos, durante los cuales se toman fotografías panorámicas con cámaras convencionales. Esto permite un análisis rápido de diversas situaciones, que sólo es posible estudiar con una visión desde el aire. Estos reconocimientos son de costo muy bajo si se efectúan desde avionetas y más elevado si se efectúan desde helicópteros. Por otra parte, es posible contratar con organismos especializados (como el SAF y otros) la toma de fotografías aéreas verticales, generalmente con traslapes suficientes para obtener estereoscopía ya sea en blanco y negro, color o falso color, las cuales son tomadas desde aviones especialmente equipados que operan desde Santiago. El costo de un trabajo de este tipo es relativamente elevado y se contrata en casos muy especiales, o cuando se requiere además generar un plano de planta con curvas de nivel a partir de la fotografía aérea (aerofotogrametría).

Entre los dos extremos mencionados, se ha desarrollado en los últimos años, una técnica intermedia, de costo relativamente económico, la cual es ampliamente utilizada especialmente en silvicultura, pesquería y últimamente en ingeniería civil. Las características de este tipo de fotos son: verticales, a color, a escala. El hecho de ser verticales permite, a diferencia de las fotos tomadas con cámaras comunes desde la ventanilla de un avión o helicóptero, las cuales normalmente son inclinadas, tener una foto en la cual se mantiene la proporción de las distancias, lo que facilita ejecutar mediciones aproximadas según la escala determinable a partir de medición de longitudes conocidas. Por otra parte, en este tipo de fotografías se utilizan negativos de tamaño grande (60 x 60 mm) lo que permite una buena resolución en ampliaciones grandes (normalmente 20 x 20 a 40 x 40 cm, u otro formato requerido, hasta 1 x 1 m) lo que no es posible conseguir con cámaras convencionales de negativo 35 mm.

2.4.1 Características técnicas de las fotografías aéreas.

La toma de fotografías aéreas del tipo explicado, se realiza normalmente utilizando avionetas del tipo ala alta o avionetas habilitadas especialmente para estos efectos (con una abertura en la parte inferior del fuselaje). De esta manera se asegura la verticalidad de la toma fotográfica, así como el control de deriva en el rumbo, alabeo y pitch.

Las fotografías se obtienen mediante cámaras con chasis de formato medio (60 x 60 mm), película ancha T-120, generando material fotográfico

en color para ampliaciones con formato normal entre 20 x 20 y 40 x 40 cm, u otro formato que se solicite (hasta 1 x 1 m).

La realización de los vuelos se efectúa previa una cuidadosa planificación que contempla los siguientes elementos de diseño:

- Escala final de las fotos aéreas.
- Traslape longitudinal requerido para visión estereoscópica.
- Velocidades de crucero y sobrevuelo.
- Distancia focal y formato de chassis.
- Datum / líneas de vuelo.
- Longitud media de las líneas de vuelo.
- Tiempo de reconocimiento.

Los antecedentes anteriores permiten definir aspectos fundamentales para la ejecución del sobrevuelo tales como: los requerimientos de película, el área efectiva por foto, las distancias para el isocentro longitudinal, distancias para el isocentro lateral, tiempos mínimos de sobrevuelo y número de reabastecimientos por misión.

Finalmente se calculan los parámetros de diseño:

- Altura de sobrevuelo.
- Tiempo de obturación utilizando para esto, los modelos matemáticos adecuados.

Para una visión plana del área, normalmente se utiliza un recubrimiento medio de 30 a 40%; para una visión en tres dimensiones, se requiere como mínimo un traslape del orden del 60%, lo que permite tener estereoscopia.

2.4.2 Aplicaciones de las fotografías aéreas

- Levantar mapas con fines catastrales que ofrezcan información para llevar a cabo proyectos de diseño de mapas que cubran las necesidades de diversos servicios públicos.
- Calcular los costes de construcción, planificación estratégica e impacto medioambiental que pudieran ocasionar los servicios públicos o del sector transporte, diseñando, si fuera necesario, rutas o itinerarios alternativos.
- Clasificar el uso del suelo.
- Identificar los grupos de población de riesgo, para actuar con prontitud y eficacia limitando y evitando los peligros inherentes a las fases del desarrollo urbanístico.
- Las principales aplicaciones se encuentran en estudios de geografía, cartografía, geología, hidrología, geomorfología, glaciología, usos de suelo y planificación urbana y/o rural.

III. MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE LA EJECUCION

UBICACIÓN

UBICACIÓN POLÍTICA

Lugar de ejecución	: Río Santa desde el puente San Gerónimo hasta la Base de Información Militar.
Distrito	: Huaraz - Independencia
Provincia	: Huaraz
Región	: Ancash

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Coordenadas UTM:

Este	: 221 576
Norte	: 8 946 737
Altitud	: 3030 msnm

CLIMA

En esta ciudad la naturaleza ha equilibrado la temperatura (16.2 °C de temperatura media anual) de tal manera que las corrientes atmosféricas de la costa se neutralizan con las de la cordillera, dando así lugar a que en esta región se experimente el influjo de una primavera perpetua, no conociéndose por tanto calores ni fríos excesivos.

(Francisco González INC Ancash.)

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

- Carta Nacional. (hojas; 20h1ne, 19h2se)
- Fotografías aéreas.

3.2.1. AÑO 1942

Fotografía Aérea , N° 34, proyecto N° 108 – 34,

Fotografía Aérea , N° 35, proyecto N° 108 – 35,

Fotografía Aérea , N° 36, proyecto N° 108 – 34,

Escala : 1/7500

Altura de vuelo : 3750pies

3.2.2. AÑO 1970

Fotografía Aérea, N° 120, proyecto N° 6113 –3 – 7 – 70 –120,

Fotografía Aérea, N° 121, proyecto N° 6113 –3 – 7 – 70, –121,

Escala : 1/13000

Altura de vuelo : 6500pies

3.2.3. AÑO 2004

Fotografía Aérea, N° 75, proyecto N° 516 – 2003 – A-75,

Fotografía Aérea, N° 76, proyecto N° 516 – 2003 – A-76,

Escala : 1/20000

Altura de vuelo : 10000pies

- Imagen Satelital.

AÑO 2013

Altura de ojo : 4.22km

- Software:

QUANTUM GIS, ERDAS IMAGINE, ERDAS LPS, ARCGIS 10, AUTOCAD, MICROSOFT EXCEL, google earth.

- Equipos: GPS, Computadora

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

a. Recopilación de información aerofotográfica

La recopilación de aerofotografías se efectuó mediante la adquisición de fotografías aéreas de los años: 1942, 1970 y 2004, proporcionado por el SAN (Servicio Aéreo-fotográfico Nacional) - Lima y una fotografía satelital del año 2013 sacada del Google Earth, para ver la variabilidad que existe entre ellos.

b. Procesamiento, interpretación de la información

El procedimiento y análisis de los datos se hizo de una manera sistemática, de todos los parámetros en estudio como la topografía del lugar (el ancho de cauce, longitud del cauce, la amplitud). Para trabajar con las fotografías aéreas se tuvo en cuenta lo mencionado en la teoría sobre la fotogrametría, luego de ello se realizó el tratamiento de una manera ordenada.

Procedimiento:

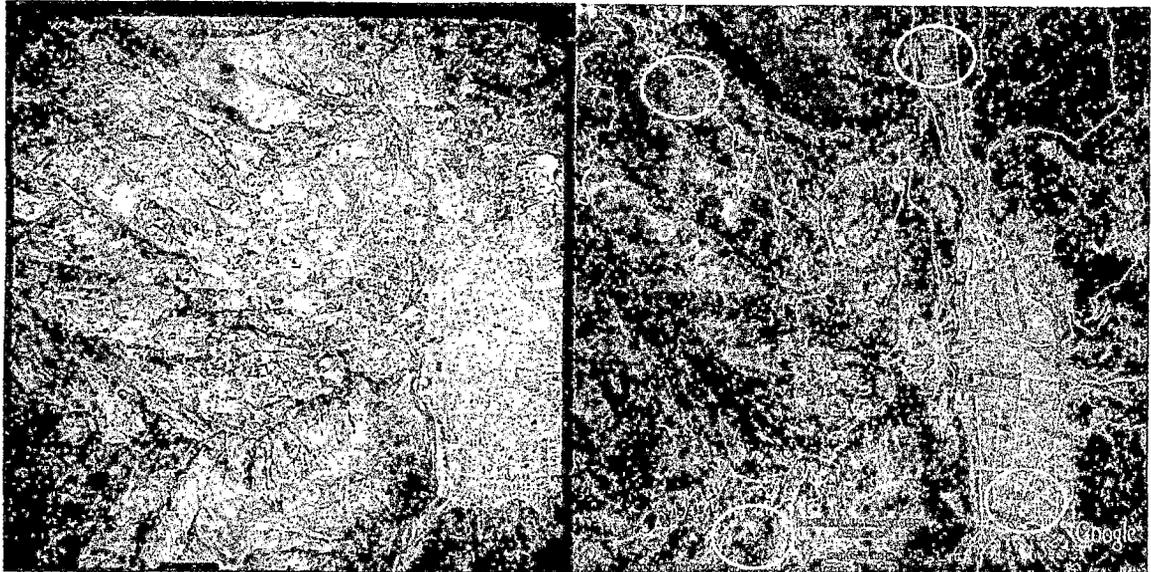
Se asignará el Sistema de Coordenadas a todos nuestros raster o las fotografías aéreas, para este paso se utilizará el software ArcMap 10 de ArcGIS. Para la georeferenciación se tomarán puntos que no han variado con el tiempo tales como el puente San Gerónimo (Puente Calicanto), el Estadio, la Base de Información Militar, etc, pero para los años 1970 y el 2004, se tomarán más puntos de control, debido a que la altura de vuelo son mayores y para un mejor trabajo se deberá tomar puntos de control casi extremos de la fotografía. Para georeferenciar nuestras fotografías aéreas

utilizaremos el software ERDAS IMAGINE , para ello requiere un raster de referencia que se escogió la fotografía del año 2004(por ser la más actual) y para ubicar los puntos de control utilizaremos el programa de google earth, una vez establecido los puntos de control se georeferenciara con el programa Quantum GIS, por la facilidad de su uso, para la georeferenciación de los demás rasters utilizaremos con el software ERDAS IMAGINE, una vez georeferenciado se realizara la ortorectificación de las fotografías aéreas, para ello utilizaremos el módulo ERDAS LPS, para realizar el traslape de fotografías se trabajara con fotografías aéreas consecutivas, para el año 1942, se utilizó 3 fotografías consecutivas para realizar el traslape ya que la escala es menor y se requieren 3 para cubrir toda la zona de estudio a diferencia de los años 1970 y el 2004 que se trabajara con 2 fotografías consecutivas para cada caso ya que la escala es mayor y bastara con solo 2 para la zona de interés de tal manera que se obtendra la ortoimagen u ortofoto que mostrara una imagen de la superficie terrestre sin distorsiones como producto de la ortorectificación, luego se trabajara con el programa arcgis para vectorizar el cauce y eje del rio Santa de la zona de estudio. Después de vectorizar se exportara al autocad, se trabajara por capas donde se podrán observar la variabilidad que exista en el cauce del río Santa desde el puente San Gerónimo (Puente. Calicanto) hasta la Base de Información Militar, luego utilizaremos una hoja de cálculo (Microsoft Excel) y las fórmulas establecidas en la teoría se podrá calcular el grado de sinuosidad para los años de estudio (1942,1970, 2004 y el 2013) el proceso es similar para todos los años.

3.4.METODOLOGÍA

3.4.1. En el entorno SIG

Utilizamos la imagen más actual: 2004-75.tiff para generar puntos en google earth, los cuales utilizaremos de referencia como puntos de control para la georeferenciación de las imágenes.

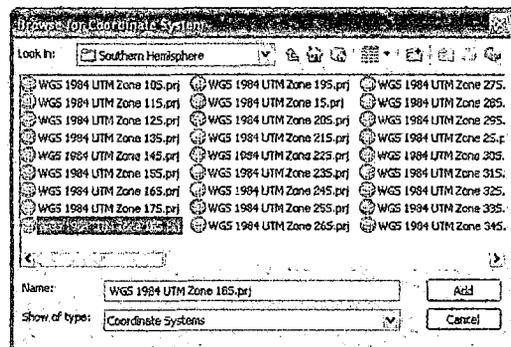
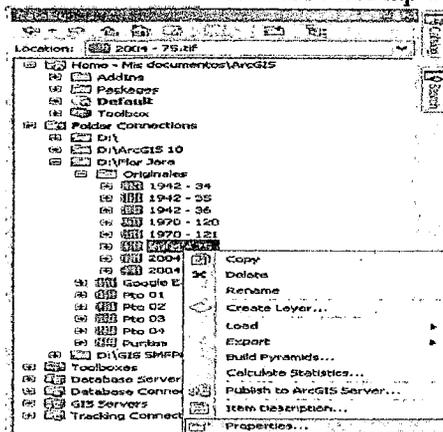


Vista de los 04 puntos de referencia, ubicados en google Earth

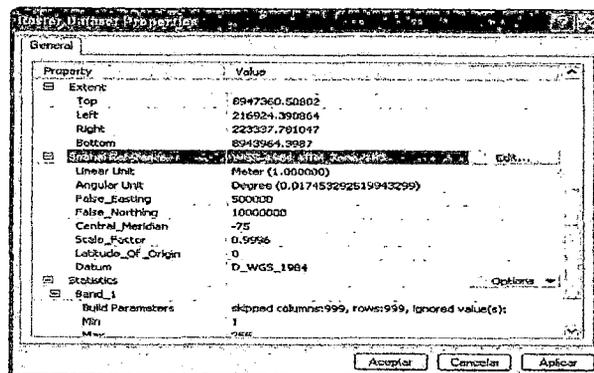
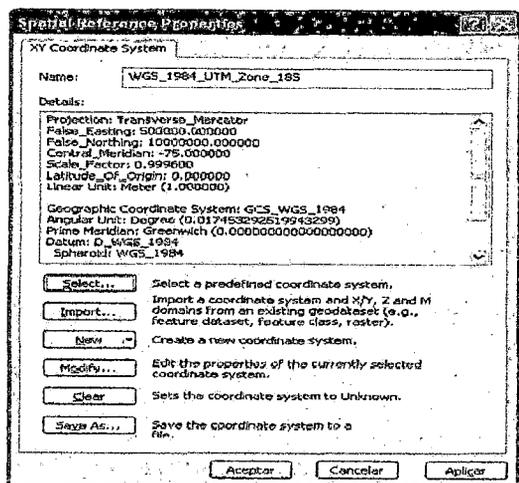
PASO 1: Asignamos Sistemas de Coordenadas a nuestro raster de referencia, para este paso utilizaremos el software ArcMap 10 de ArcGIS.



Abrimos ArcMap 10



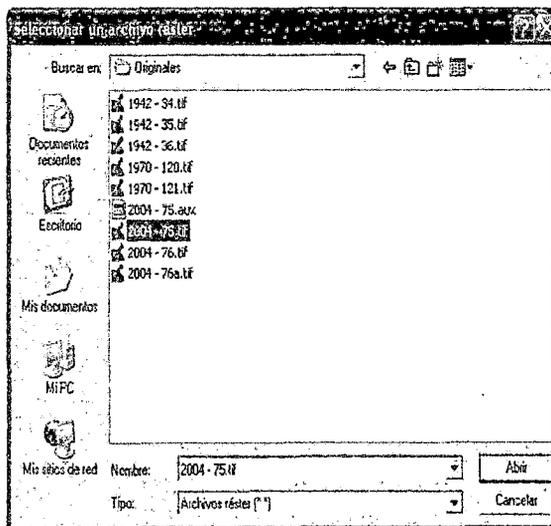
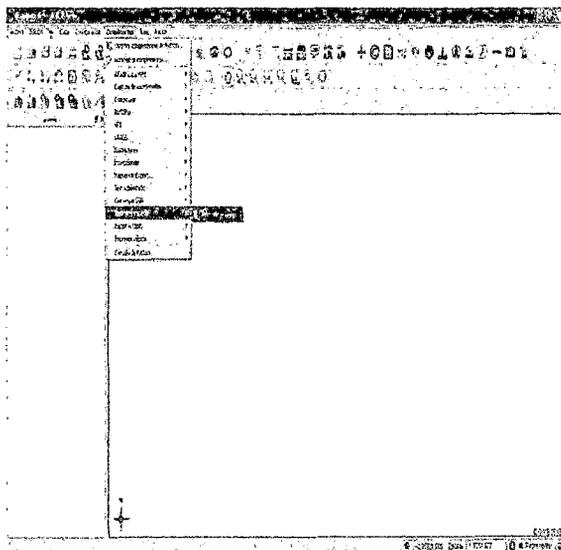
Con ArcCatalog damos anticlick a nuestro raster georeferenciado y en propiedades y elegimos el sistemas de coordenadas UTM WGS84 18S y damos clic en Add



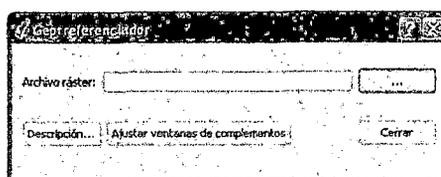
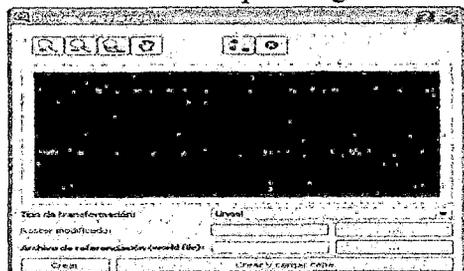
Paso 02: Georeferenciamos nuestro raster de referencia, para este paso utilizaremos el software Quatum GIS



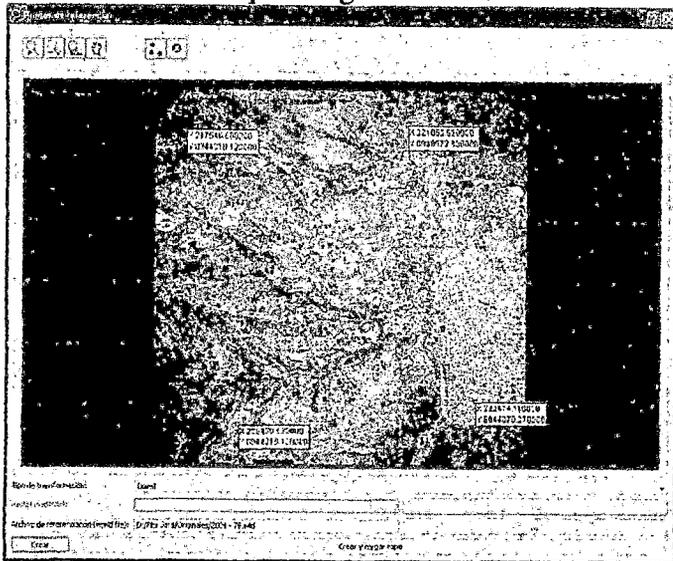
En el menú complementos; Georreferenciador, utilizamos el complemento georreferenciador: para buscar el archivo raster a georeferenciar. Seleccionamos el archivo raster y clic en abrir.



Tenemos nuestro raster cargado, damos click en el icono Añadir punto para empezar a georeferenciar:

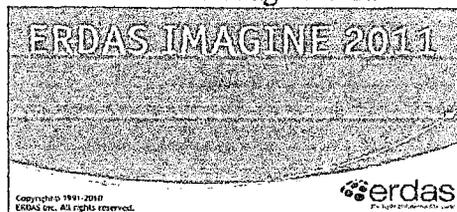


Tenemos nuestro raster cargado, damos click en el icono Añadir punto para empezar a georeferenciar:

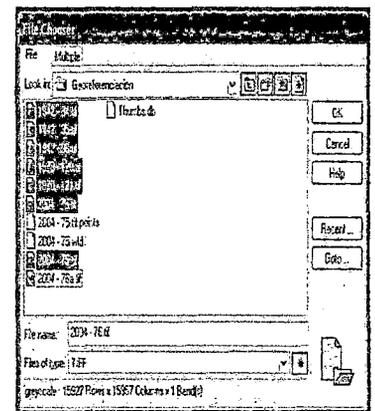
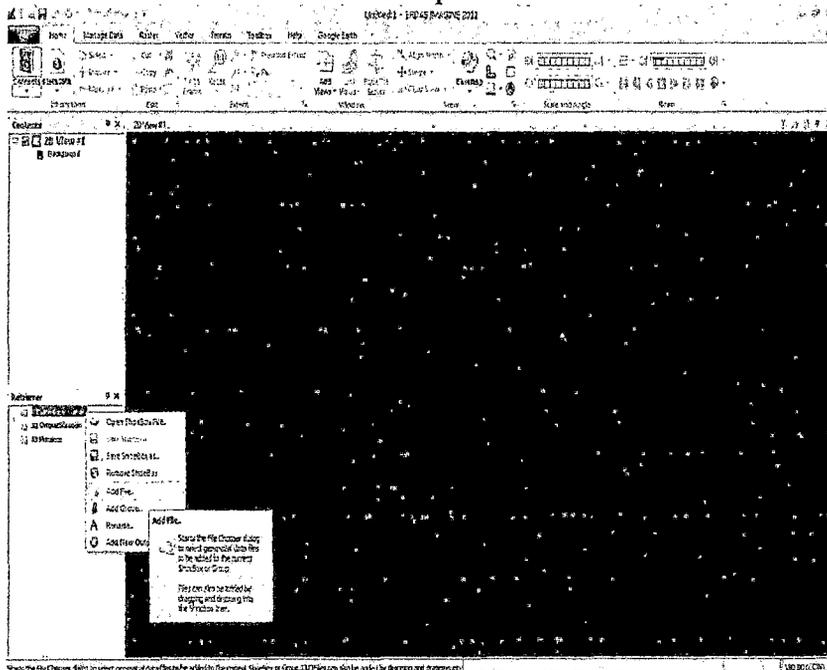


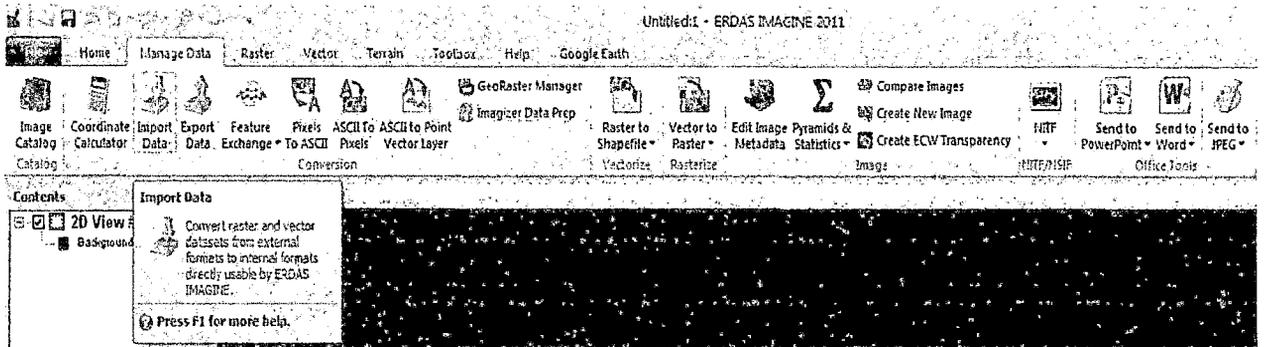
Paso 03: Georeferenciaremos el raster, utilizaremos el software ERDAS Imagine 2011

Abrimos ERDAS Imagine 2011

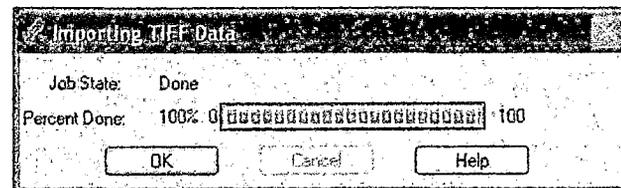
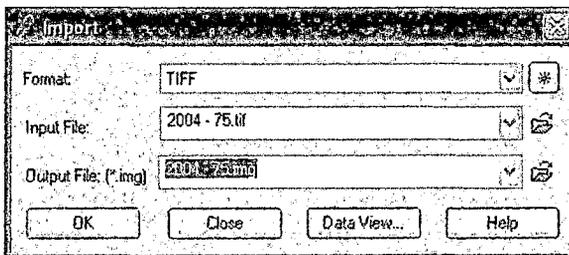


Para mantener una organización adecuada, creamos nuestras carpetas de Georeferenciación, Ortorectificación y Mosaicos luego agregamos los archivos a cada carpeta

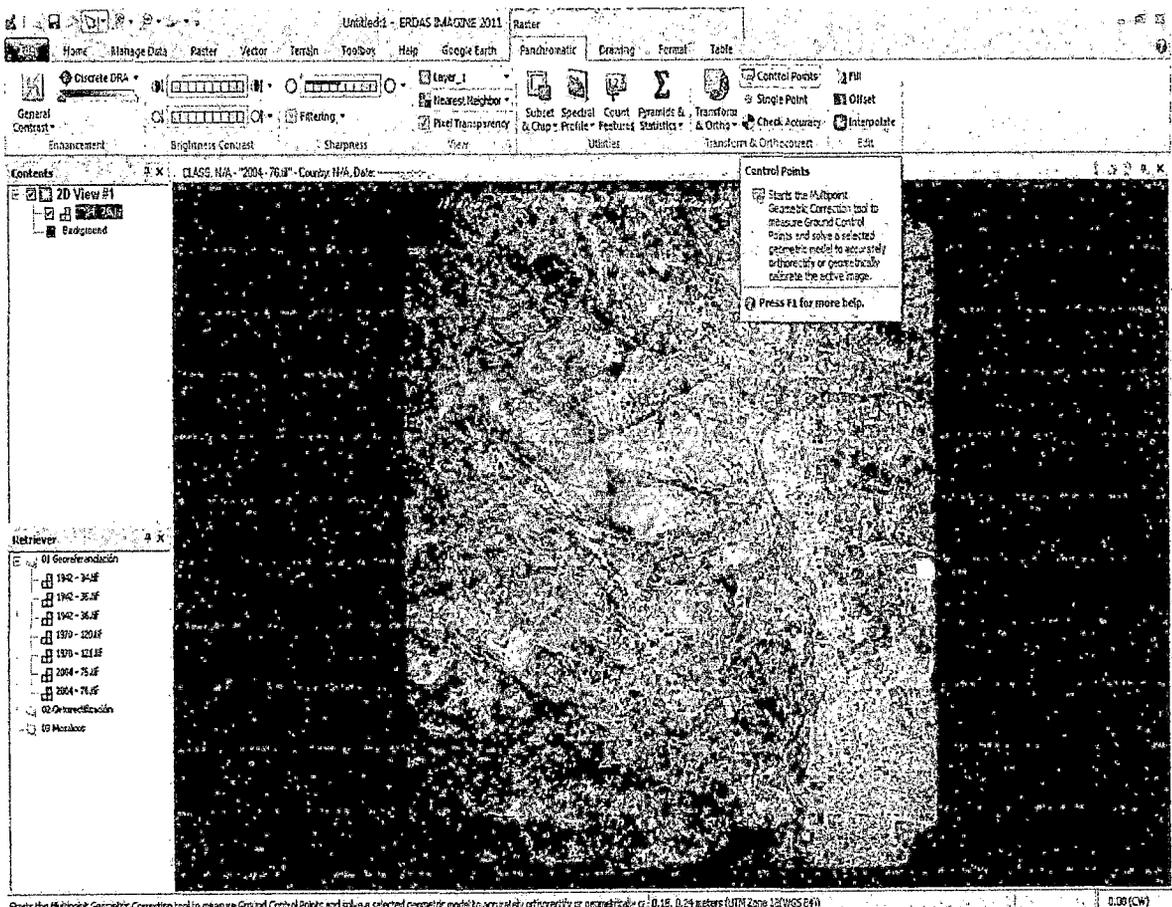




Luego convertimos nuestro raster en formato .img, para poder trabajarlo con erdas. Esto lo realizamos con la herramienta Import Data, dentro del grupo de Herramientas de Manage Data

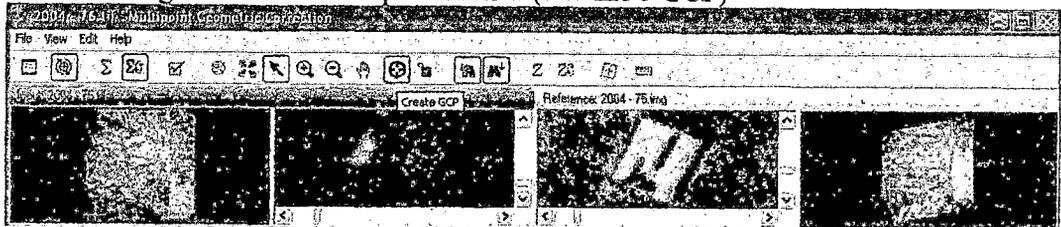


Analizando el año 2004, fotografía 75

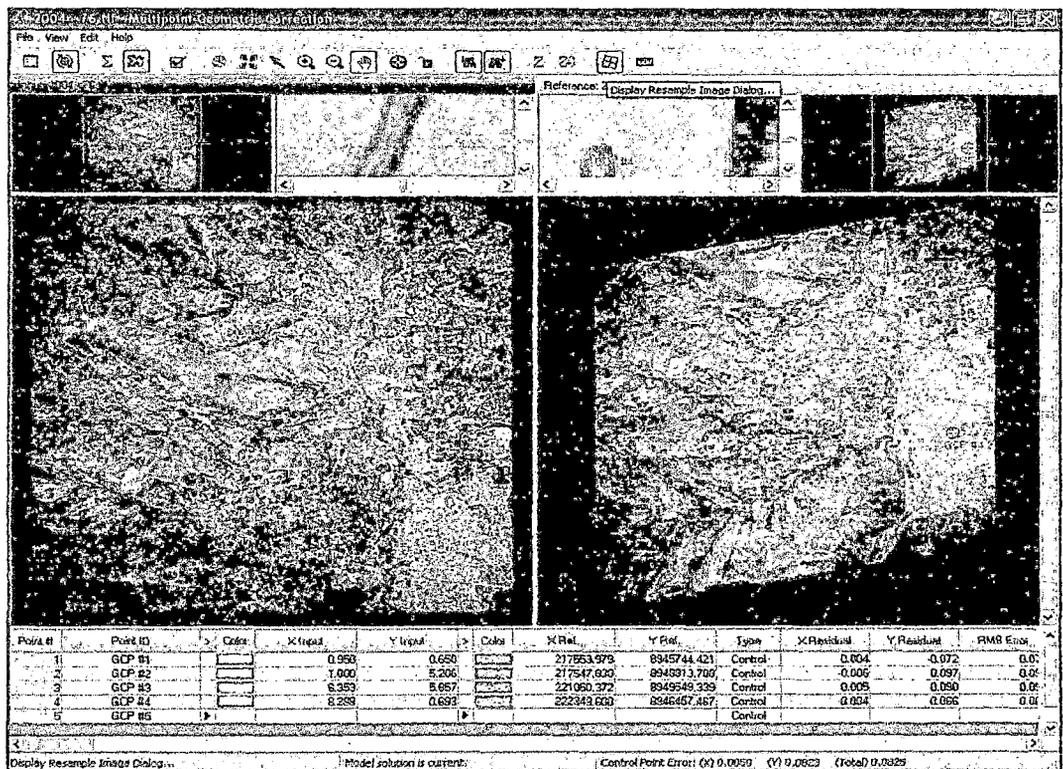
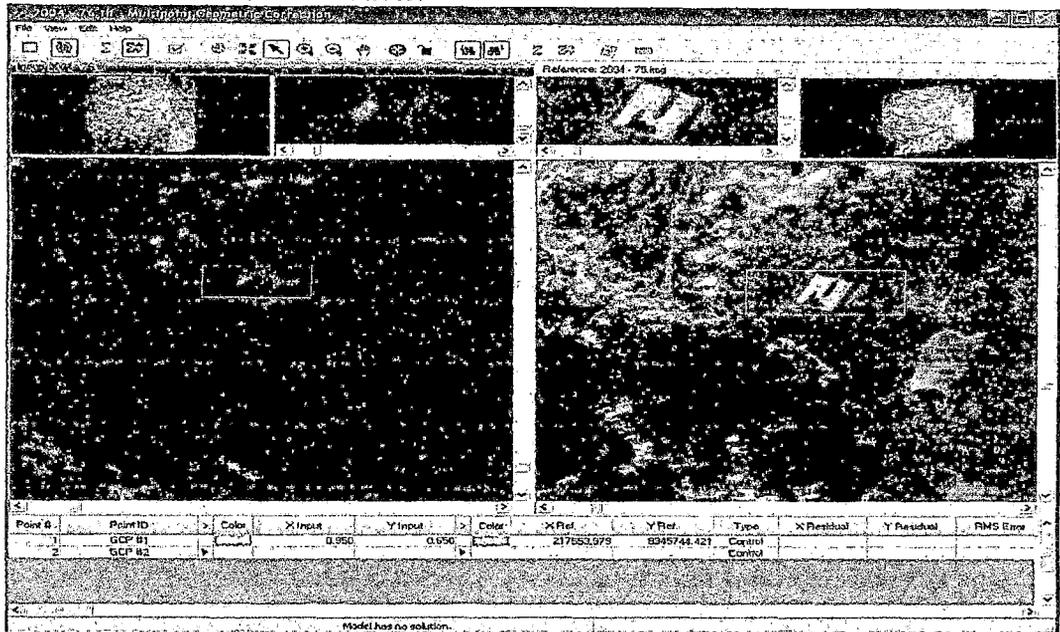


Seleccionamos nuestro archivos a georeferenciar
 Seleccionamos la imagen de referencia para la georeferenciación (2004-75.img)

Elegimos el orden del polinomio 1 (minimo 3 GCP)



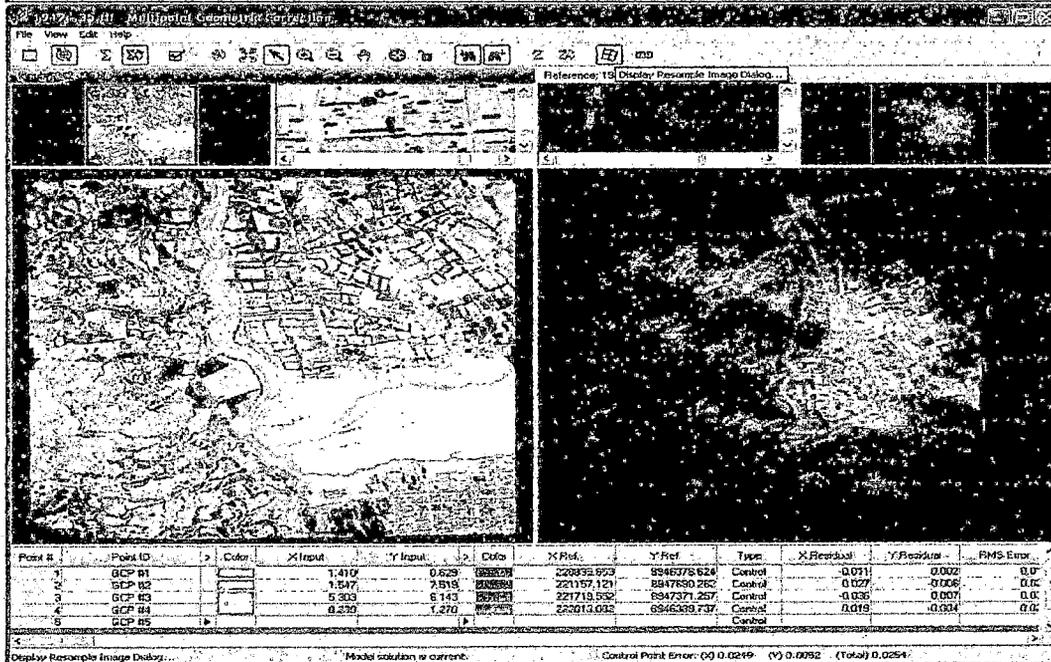
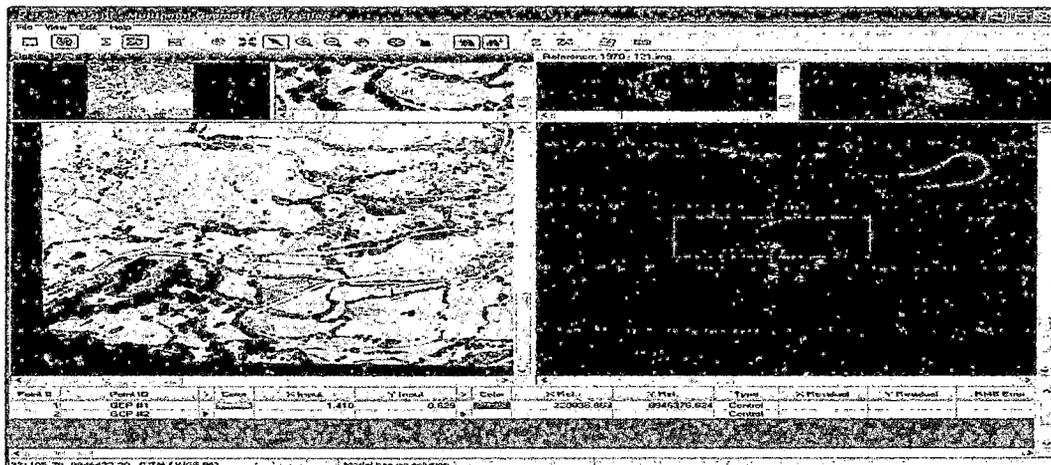
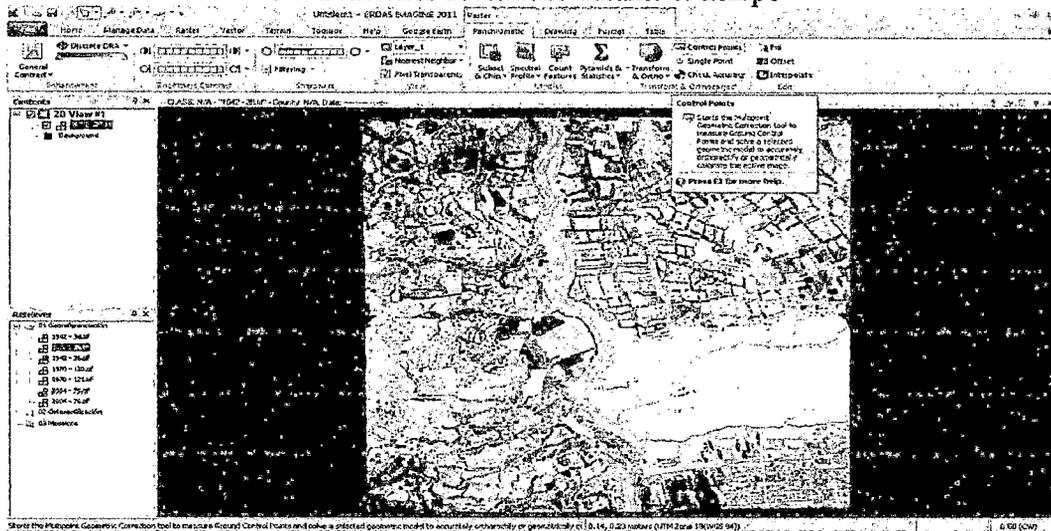
Seleccionamos la herramienta Crear GCP y ubicamos nuestro 1er punto de control en ambos rasters.



El proceso es similar para la fotografía 76, del año 2004

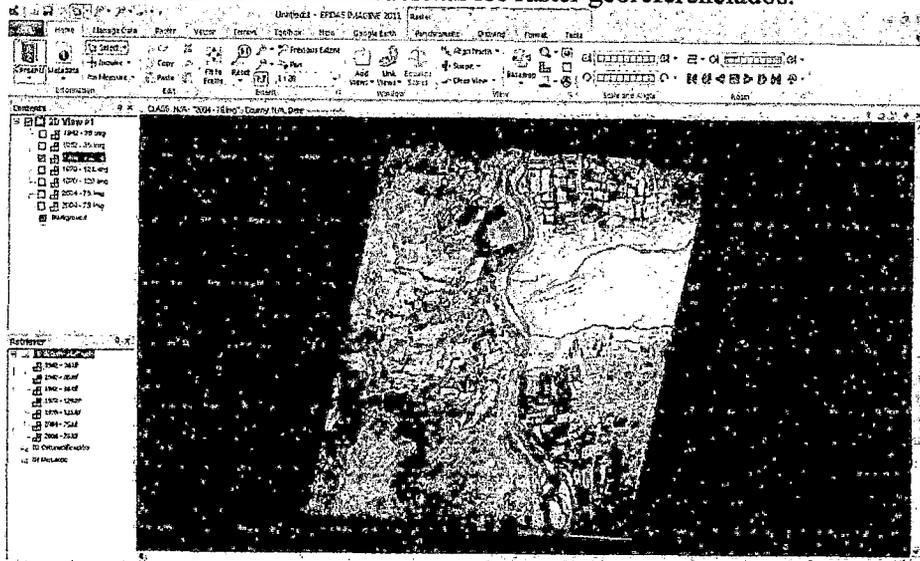
Analizando el año 1970, imagen 120, tomamos de referencia el raster analizado del año 2004

Analizando el año 1942, imagen 35, tomamos de referencia el raster analizado del año 1970, debido a que es el más cercano a la fecha del raster, dado que existen variaciones del terreno durante el tiempo

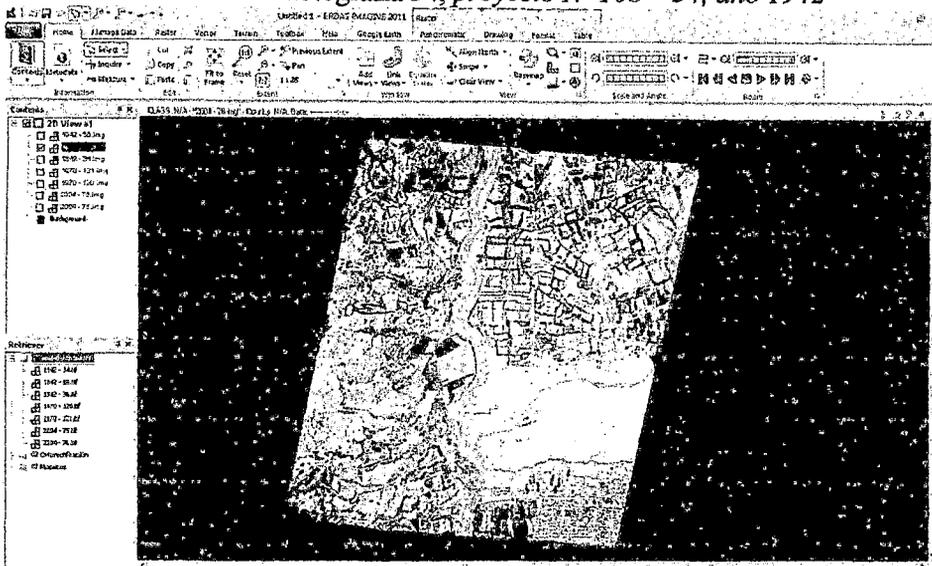


El trabajo es similar para las fotografías 34 y 36 del año 1942,

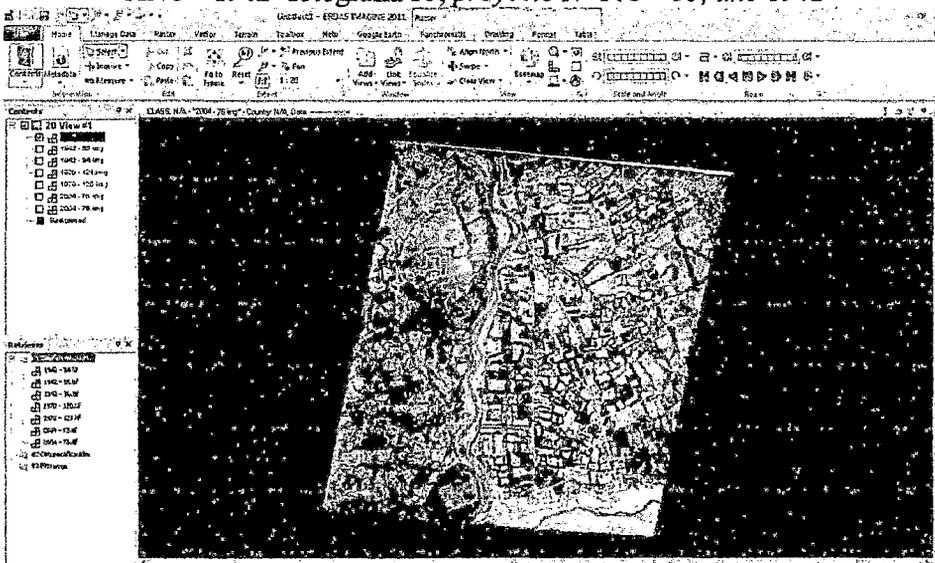
A continuación se muestran los raster georeferenciados:



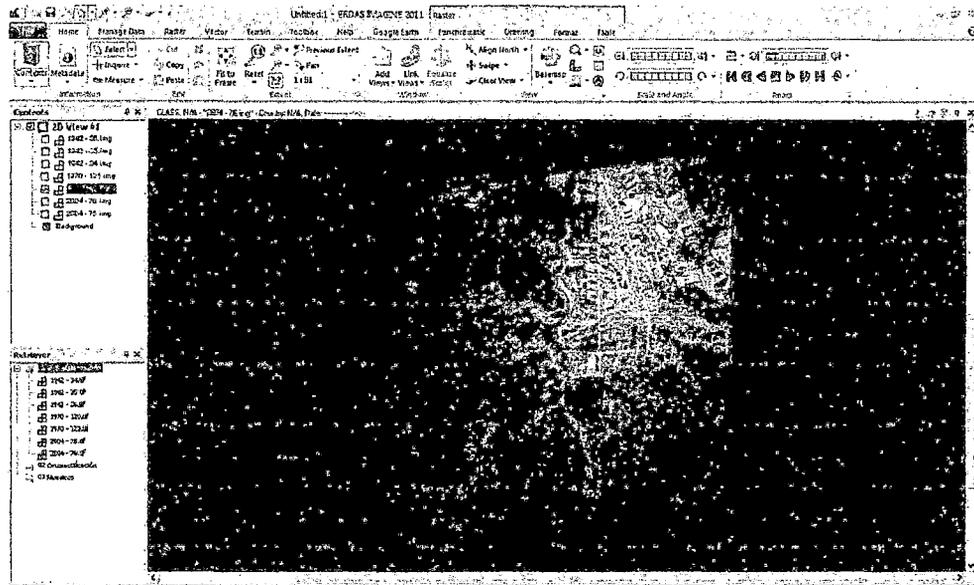
AÑO - 1942- fotografía 34, proyecto N° 108 – 34, año 1942



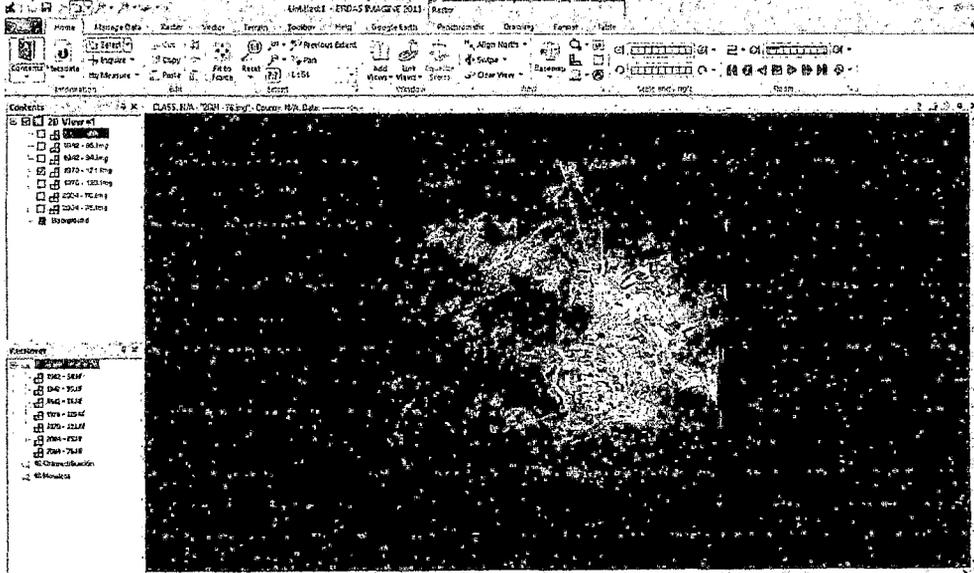
AÑO - 1942- fotografía 35, proyecto N° 108 – 35, año 1942



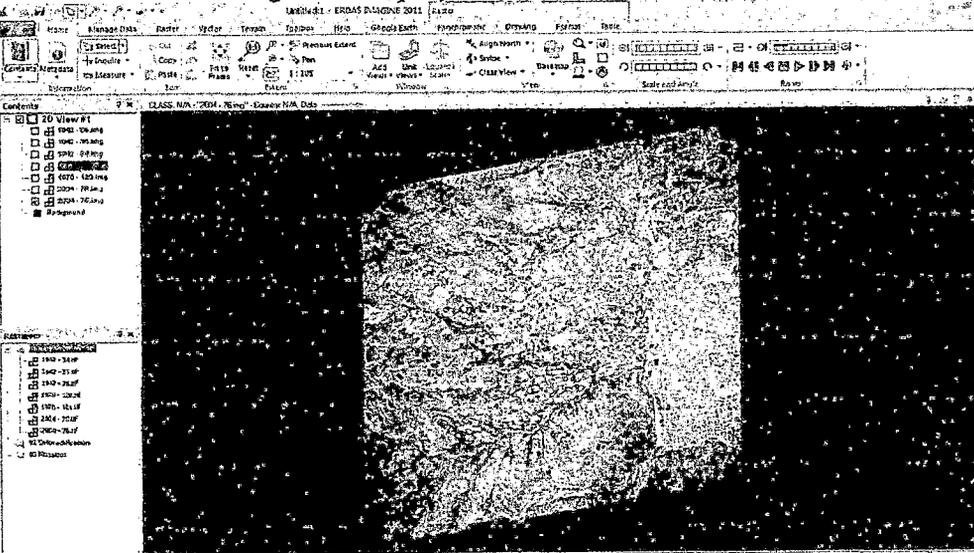
AÑO - 1942- fotografía 36, proyecto N° 108 – 36, año 1942



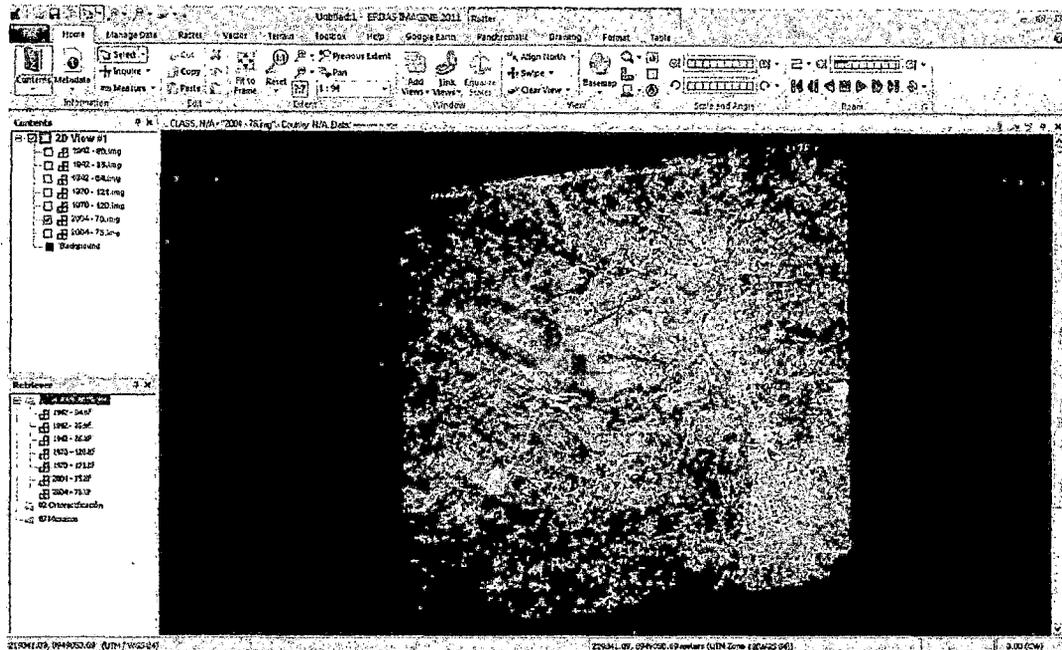
AÑO - 1970- fotografía 120, proyecto N° 6113 -3 - 7 - 70 -120, año 1970



AÑO - 1970- fotografía 121, proyecto N° 6113 -3 - 7 - 70 -121, año 1970



AÑO - 2004 fotografía 75, proyecto N° 516 - 2003 - A-75, año 2004



AÑO - 2004 fotografía 76, proyecto N° 516 - 2003 - A-76, año 2004



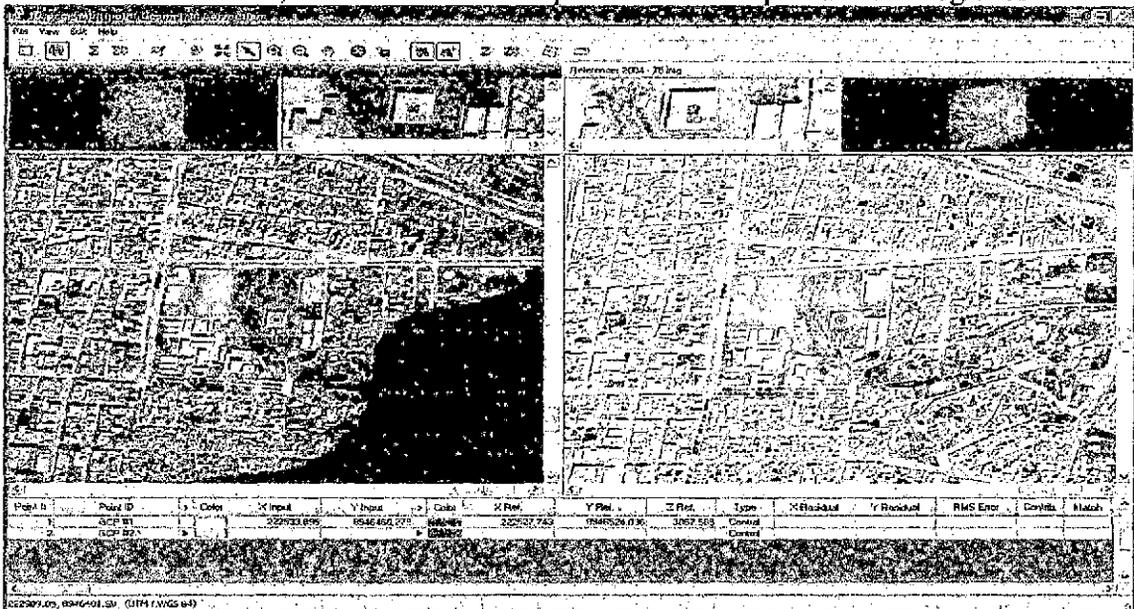
Vista de todos los raster

Paso 04: Ortorectificación de los raster, utilizaremos el software ERDAS Imagine 2011

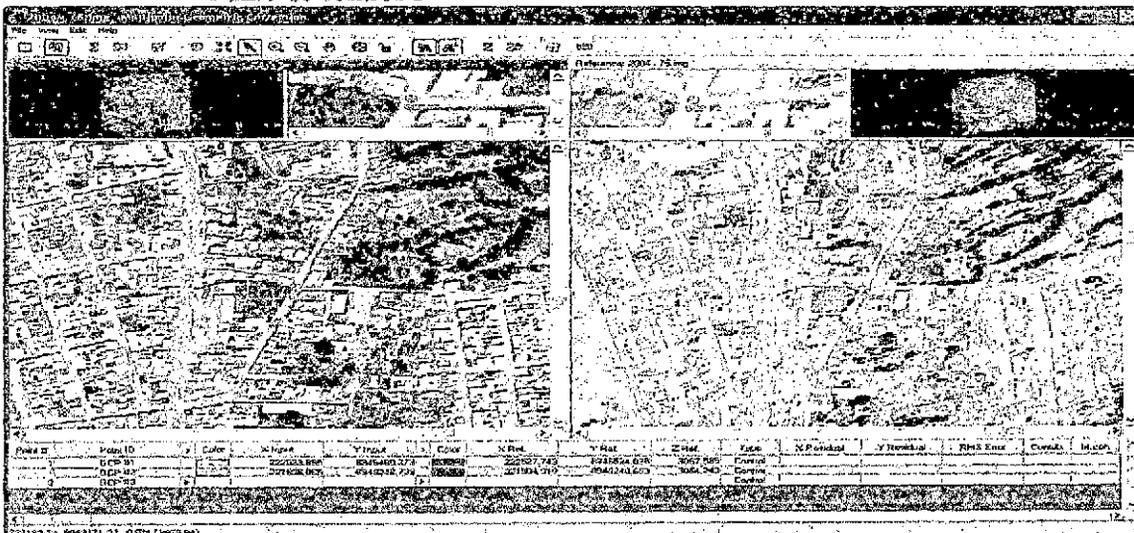
Para la Ortorectificación se utiliza el mismo método, con la variación de que el modelo a utilizar para la ortorectificación es el Direct Linear Transform (DLT) que es un estándar para la ortorectificación de imágenes cuando no tienen información necesaria como la de los sensores GeoEye, QuickBird, Landsat, ikonos, entre otros; en este método se utiliza un DEM de la librería de ERDAS, y un mínimo de 6 GCP.

Ortorectificacion del año 2004

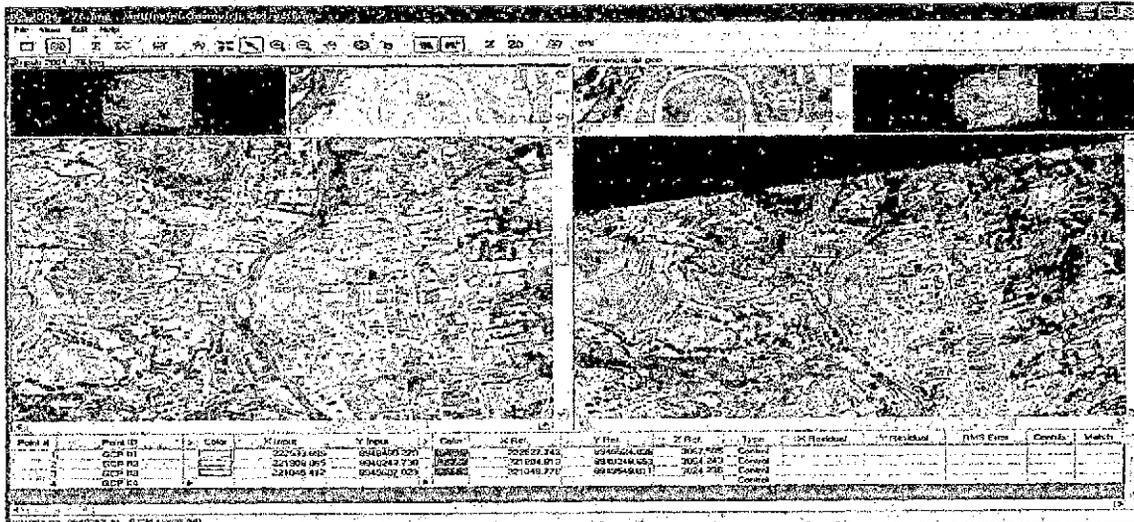
Se realiza el traslape de las dos fotografias consecutivas de ese año, fot.75 y fot.76, se buscan los mismos puntos de control para ambas fotografias



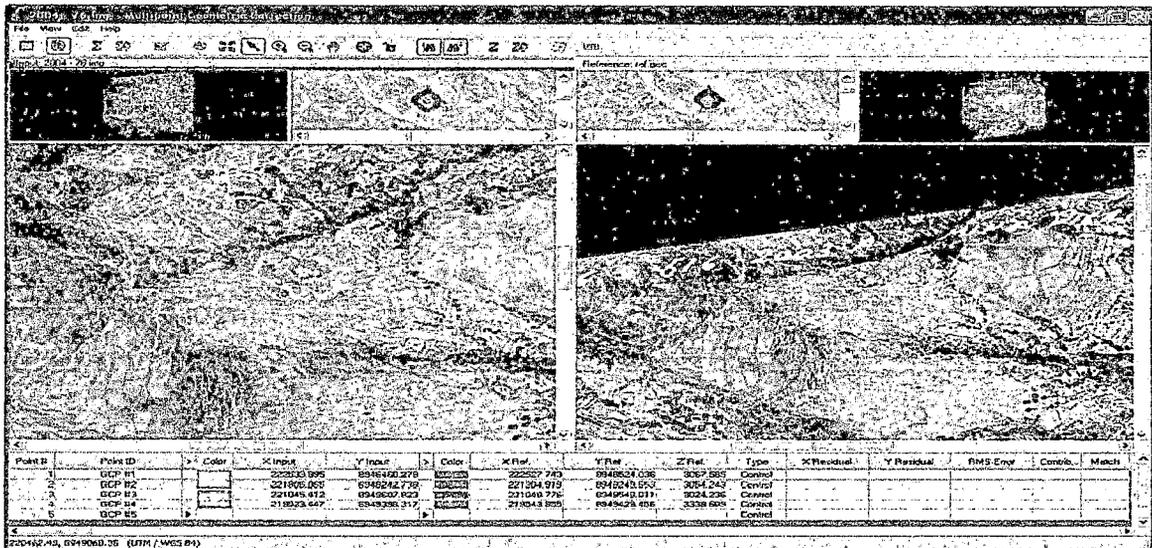
Punto de control 1



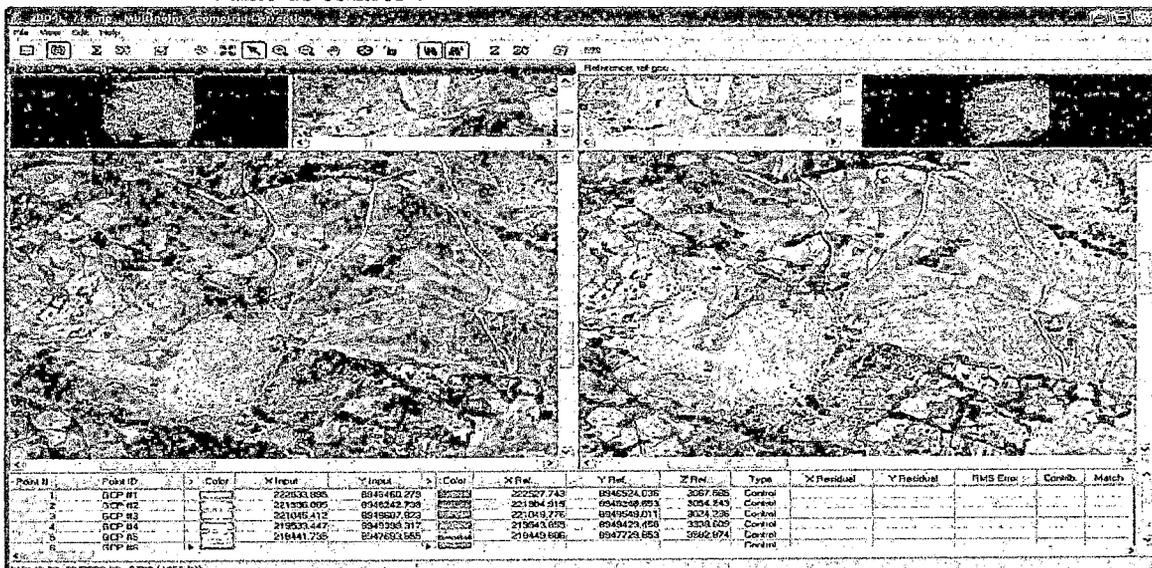
Punto de control 2



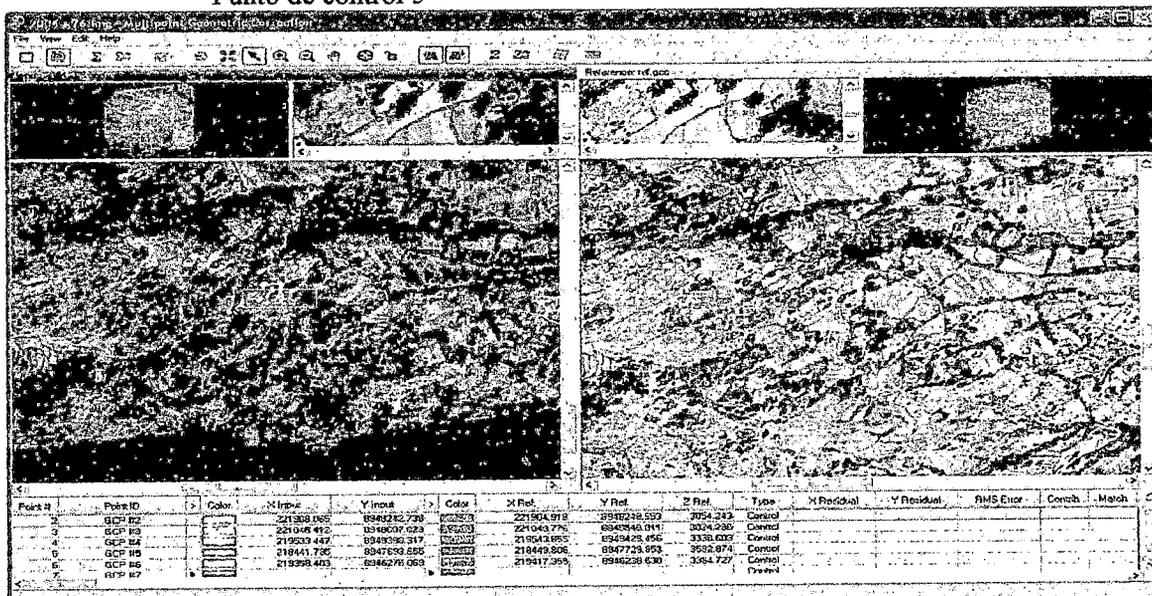
Punto de control 3



Punto de control 4

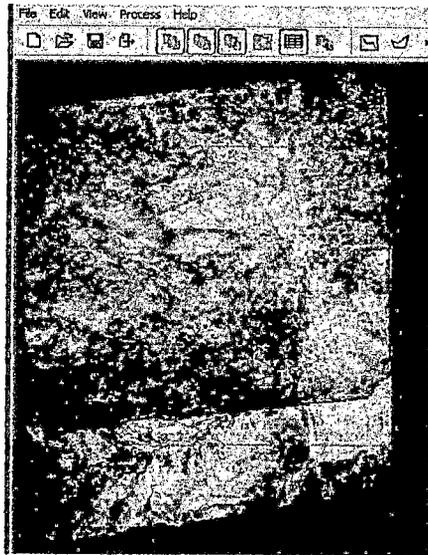


Punto de control 5

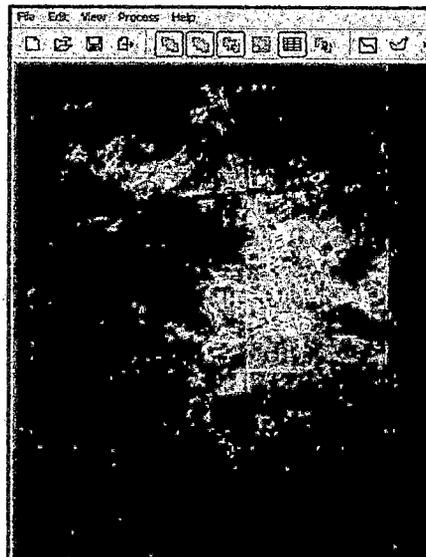


Punto de control 6

El proceso es similar para cada año
Presentacion de cada año



Año 2004

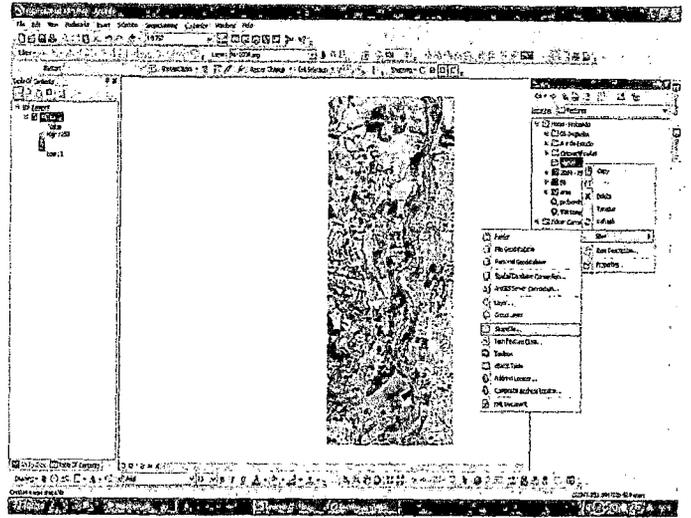
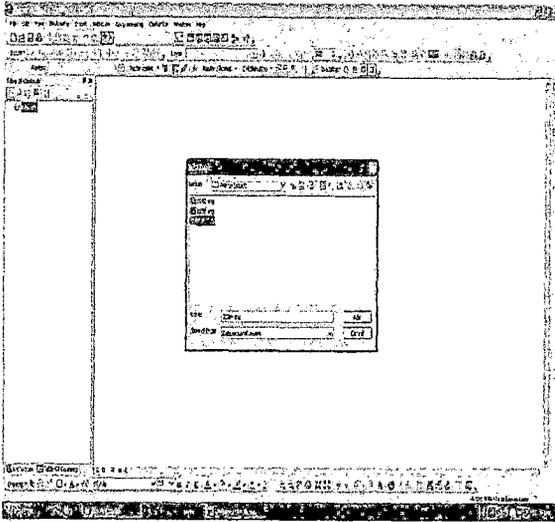


Año 1970

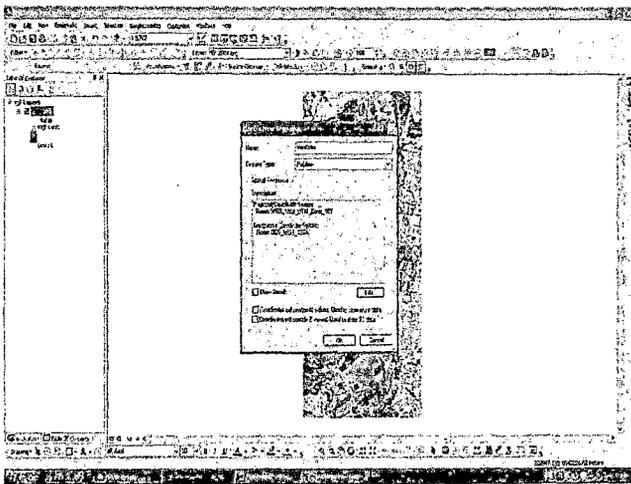


Año 1942

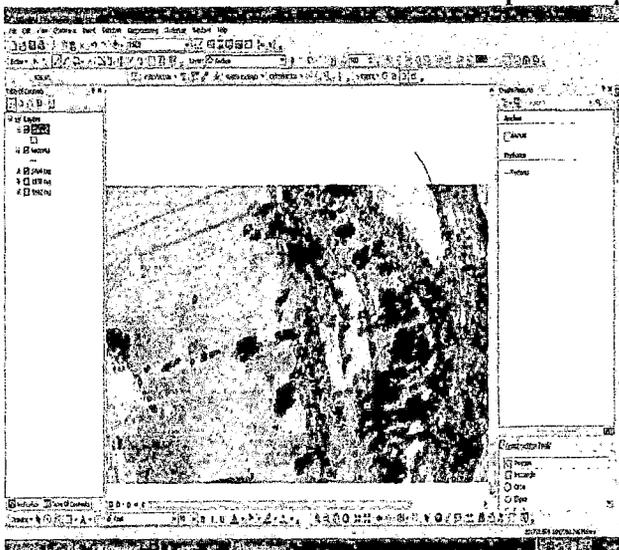
Paso 05: Mosaicos de los raster por año, para este paso utilizaremos el módulo de Mosaicos del software ERDAS Imagine 2011. Una vez ortorectificados nuestros raster, procedemos a realizar los mosaicos:



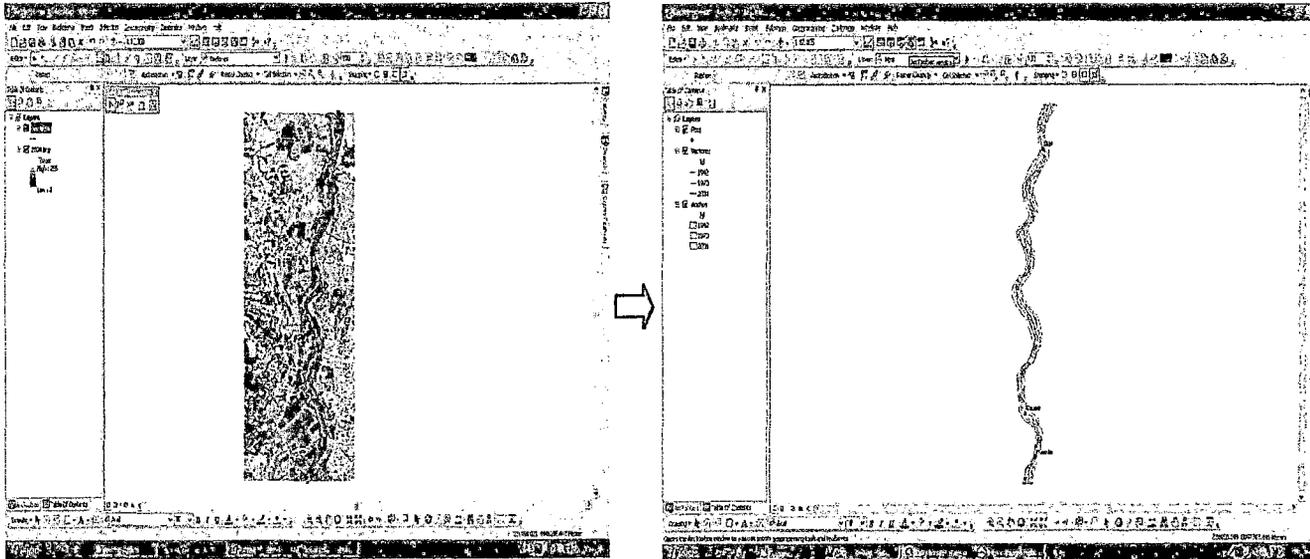
Creamos shapefiles tipo polilinea para vectorizar el eje del rio, poligono para vectorizar el ancho del cauce del rio y puntos para identificar; la union de los rios Santa y Quillcay, la Base de Informacion Militar y el puente San Geronimo



Nos acercamos lo mas posible que se pueda para empezar a vectorizar

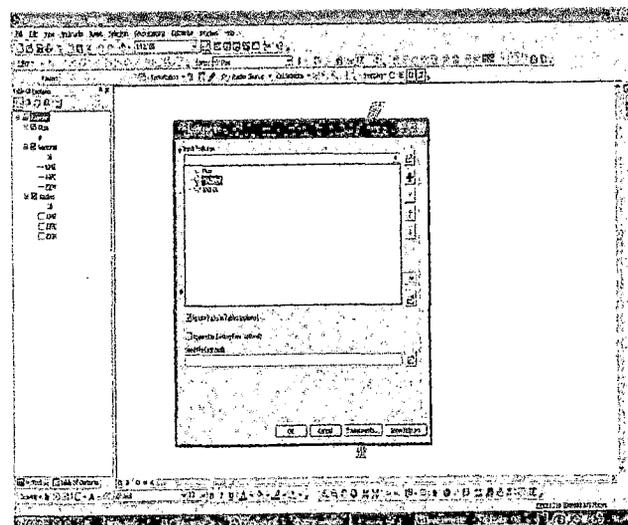
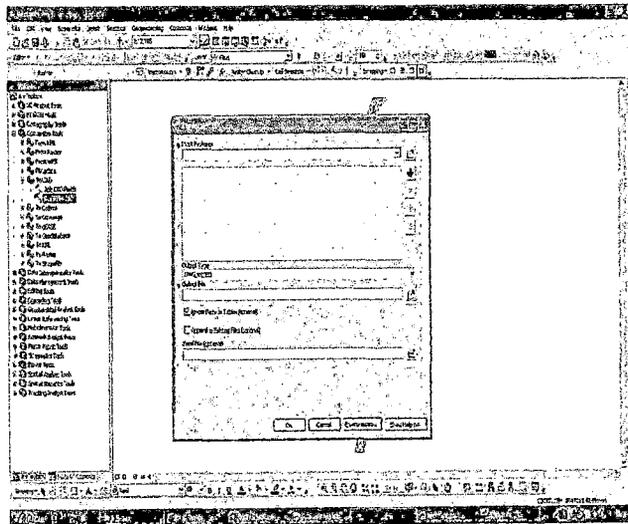


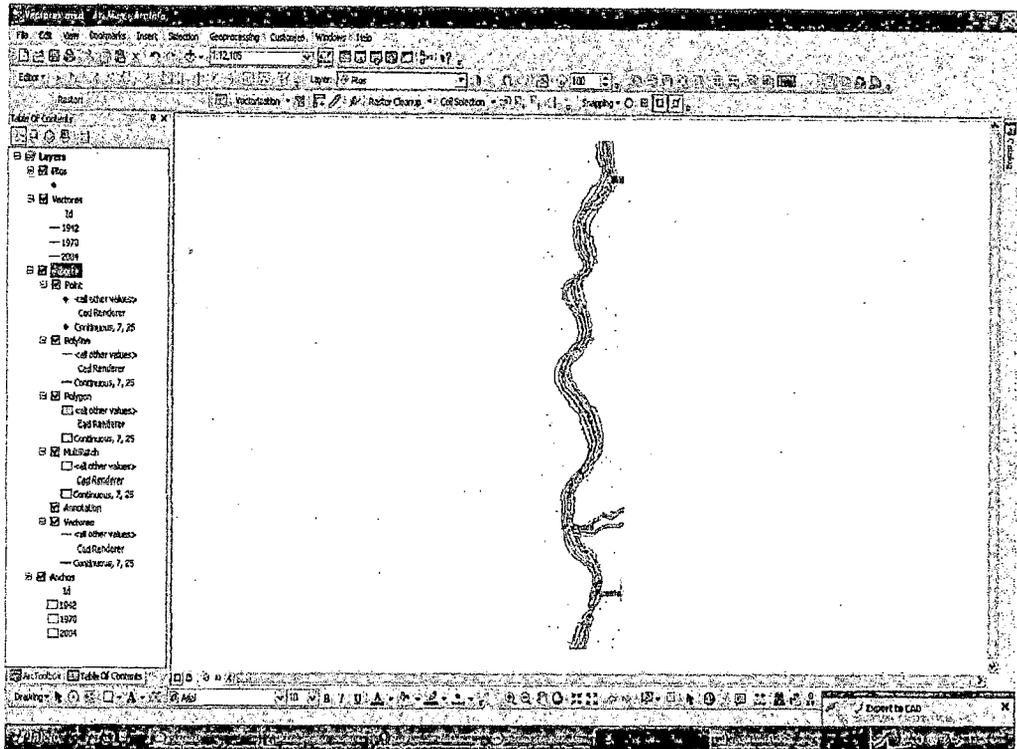
Vista final



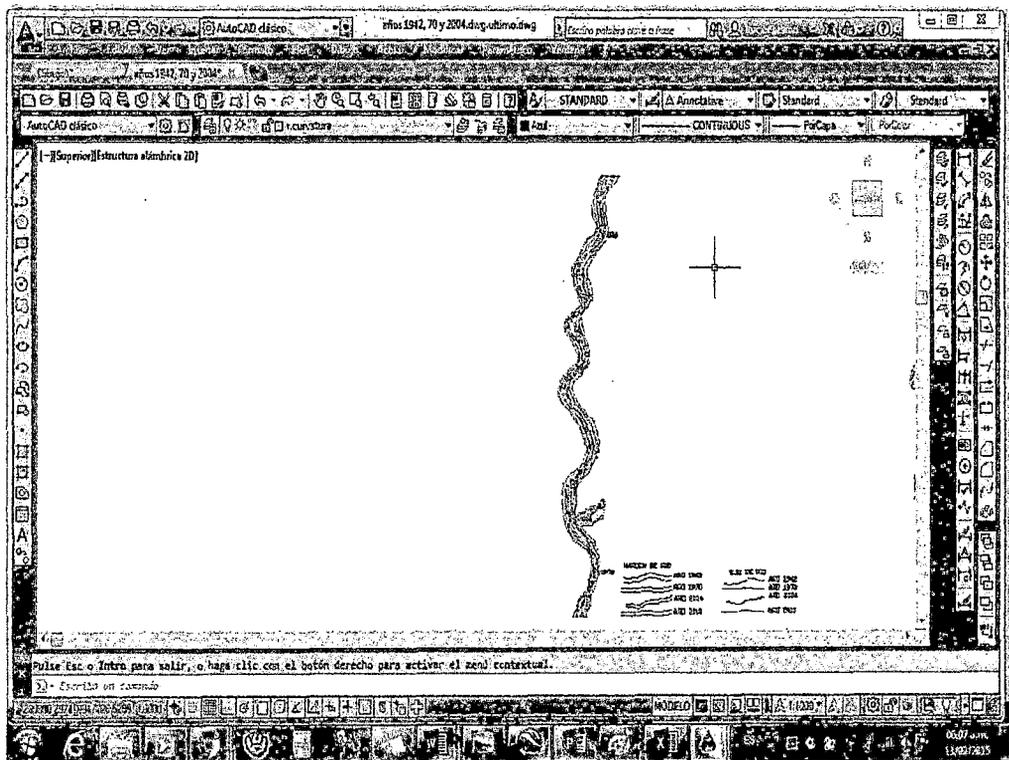
El proceso es similar para cada año

Paso 07: Exportamos al autocad para trabajar, las mediciones de los meandros, amplitud, etc





3.4.2. En el entorno CAD



Se trabaja según lo indicado en teoría, analizando cada meandro de cada año (ver planos 04, 05, 06, 07 y 08 del anexo)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Analizando cada año la Sinuosidad del Rio-Zona de estudio

ANALIZANDO EL AÑO 1942					
Meandro 1					
B =	38.0925	24.5193	38.59	=	33.73
B =	33.73 m				
λ =	539.90 m				
a =	109.38 m				
rc =	218.50 m				
rc/B =	6.48 > 1.5				
Meandro 2					
B =	44.55	34.96	42.25	=	40.59
B =	40.59 m				
λ =	383.09 m				
a =	97.87 m				
rc =	105.54 m				
rc/B =	2.60 > 1.5				
Meandro 3					
B =	23.76	28.03	22.00	=	24.60
B =	24.60 m				
λ =	279.08 m				
a =	58.39 m				
rc =	103.49 m				
rc/B =	4.21 > 1.5				
Meandro 4					
B =	23.43	46.71	24.78	=	31.64
B =	31.64 m				
λ =	289.85 m				
a =	55.04 m				
rc =	119.95 m				
rc/B =	3.79 > 1.5				
	Meandro 1	Meandro 2	Meandro 3	Meandro 4	
Sinuosidad =	6.48	2.60	4.21	3.79	4.27 > 1.5

(Ver plano 05 del anexo)

ANALIZANDO EL AÑO 1970					
Meandro 1					
B =	33.5756	24.2714	22.9746	=	26.94
B =	26.94 m				
λ =	480.65 m				
a =	119.10 m				
rc =	225.00 m				
rc/B =	8.35 > 1.5				
Meandro 2					
B =	43.31	26.06	42.12	=	37.16
B =	37.16 m				
λ =	400.33 m				
a =	106.57 m				
rc =	121.50 m				
rc/B =	3.27 > 1.5				
Meandro 3					
B =	23.45	34.29	28.19	=	28.64
B =	28.64 m				
λ =	178.37 m				
a =	52.86 m				
rc =	100.50 m				
rc/B =	3.51 > 1.5				
Meandro 4					
B =	37.77	29.70	30.31	=	32.59
B =	32.59 m				
λ =	292.03 m				
a =	74.90 m				
rc =	118.45 m				
rc/B =	3.63 > 1.5				
	Meandro 1	Meandro 2	Meandro 3	Meandro 4	
Sinuosidad =	8.35	3.27	3.51	3.63	4.69 > 1.5

(Ver plano 06 del anexo)

ANALIZANDO EL AÑO 2004					
Meandro 1					
B =	17.2769	24.6062	33.1939	=	25.03
B =	25.03 m				
λ =	445.31 m				
a =	126.51 m				
rc =	204.50 m				
rc/B =	8.17 > 1.5				
Meandro 2					
B =	38.60	36.59	25.47	=	33.55
B =	33.55 m				
λ =	424.37 m				
a =	111.39 m				
rc =	112.00 m				
rc/B =	3.34 > 1.5				
Meandro 3					
B =	35.71	21.95	34.89	=	30.85
B =	30.85 m				
λ =	241.56 m				
a =	87.92 m				
rc =	77.37 m				
rc/B =	2.51 > 1.5				
Meandro 4					
B =	26.62	34.64	35.28	=	32.18
B =	32.18 m				
λ =	331.96 m				
a =	79.92 m				
rc =	163.35 m				
rc/B =	5.08 > 1.5				
	Meandro 1	Meandro 2	Meandro 3	Meandro 4	
Sinuosidad =	8.17	3.34	2.51	5.08	4.77 > 1.5

(Ver plano 07 del anexo)

ANALIZANDO EL AÑO 2013					
Meandro 1					
B =	22.2839	23.597	27.3959	=	24.43
B =	24.43	m			
λ =	466.85	m			
a =	143.12	m			
rc =	199.09	m			
rc/B =	8.15	> 1.5			
Meandro 2					
B =	37.96	39.84	21.78	=	33.19
B =	33.19	m			
λ =	402.23	m			
a =	114.73	m			
rc =	110.00	m			
rc/B =	3.31	> 1.5			
Meandro 3					
B =	32.71	21.75	24.52	=	26.33
B =	26.33	m			
λ =	245.40	m			
a =	85.73	m			
rc =	65.23	m			
rc/B =	2.48	> 1.5			
Meandro 4					
B =	21.99	25.12	44.82	=	30.64
B =	30.64	m			
λ =	325.60	m			
a =	88.55	m			
rc =	159.46	m			
rc/B =	5.20	> 1.5			
	Meandro 1	Meandro 2	Meandro 3	Meandro 4	
Sinuosidad	8.15	3.31	2.48	5.20	4.79 > 1.5

(Ver plano 08 del anexo)

Donde:

B : ancho del cauce

a : amplitud

r_c : centro de radio de curvatura.

λ : Longitud de onda

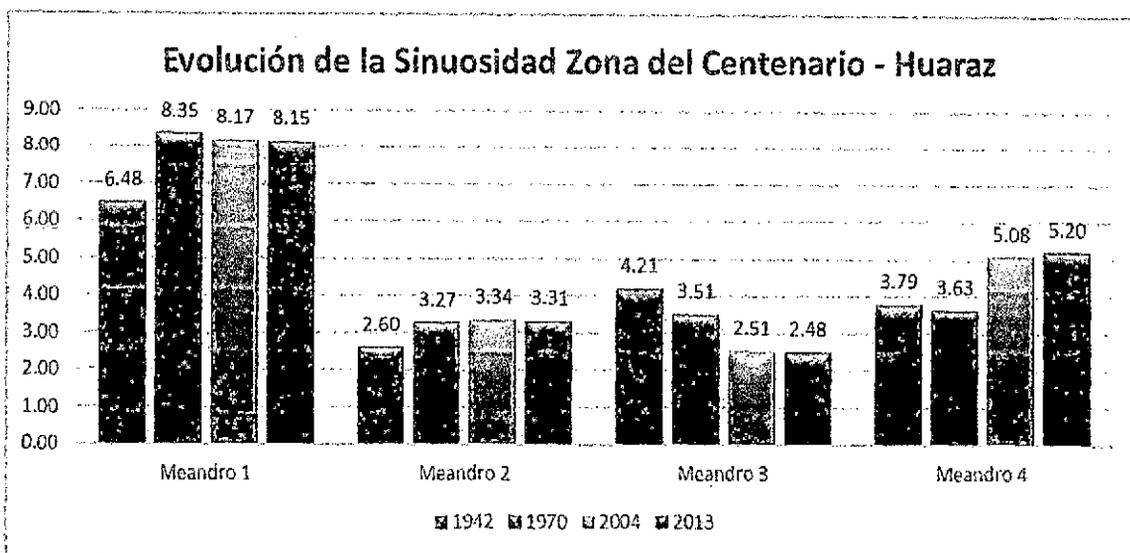


Figura 13 Gráfica de la Evolución de la Sinuosidad y meandros – años 1942, 1970, 2004 y 2013

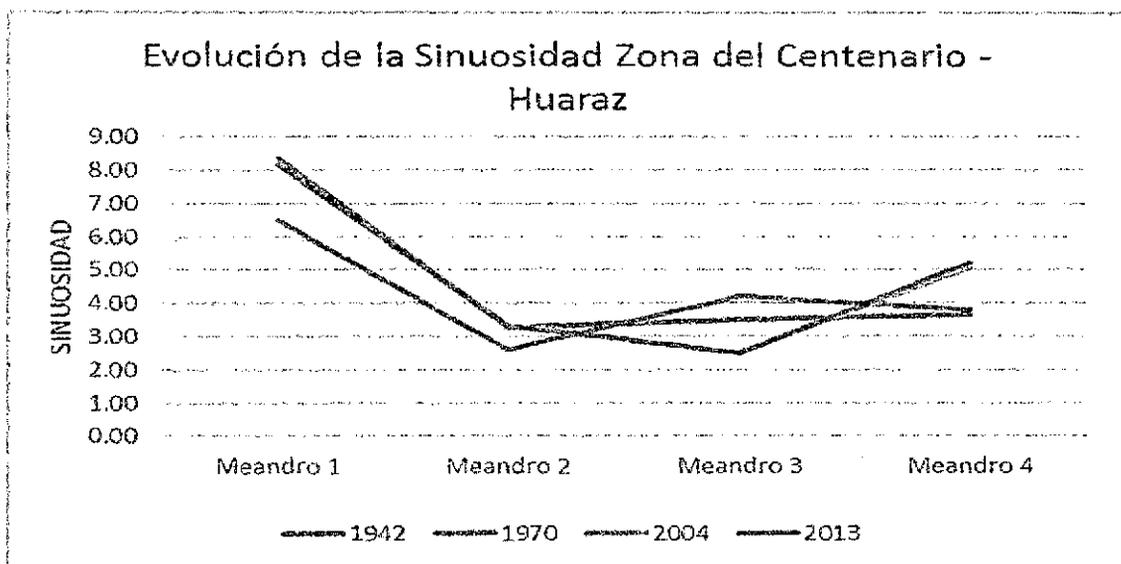


Fig. 14. Gráfica de la variabilidad de la evolución de la Sinuosidad – años 1942, 1970, 2004 y 2013

4.2. Analizando los Resultados - Zona de estudio:

1942	Meandro 1	Meandro 2	Meandro 3	Meandro 4	Promedio	
Sinuosidad	6.48	2.60	4.21	3.79	4.27	> 1.5
1970	Meandro 1	Meandro 2	Meandro 3	Meandro 4	Promedio	
Sinuosidad	8.35	3.27	3.51	3.63	4.69	> 1.5
2004	Meandro 1	Meandro 2	Meandro 3	Meandro 4	Promedio	
Sinuosidad	8.17	3.34	2.51	5.08	4.77	> 1.5
2013	Meandro 1	Meandro 2	Meandro 3	Meandro 4	Promedio	
Sinuosidad	8.15	3.31	2.48	5.20	4.79	> 1.5

Tabla 01: Resumen de la Sinuosidad Calculada

Después de todos los cálculos, obtenemos una sinuosidad, para el año 1942: 4.27, que es mayor a 1.5, para el año 1970: 4.69, que también es mayor que 1.5, para el año 2004 una sinuosidad 4.77 que también es mayor a 1.5, finalmente para el año 2013 una sinuosidad 4.79 que también es mayor a 1.5, lo que podemos decir que la zona de estudio del río Santa, desde el puente San Gerónimo hasta la Base de Información Militar es meándrico. (Ver planos 04, 05, 06, 07 y 08 del anexo)

años	Meandro 1	Meandro 2	Meandro 3	Meandro 4	Promedio	
1942	6.48	2.60	4.21	3.79	4.27	> 1.5
1970	8.35	3.27	3.51	3.63	4.69	> 1.5
2004	8.17	3.34	2.51	5.08	4.77	> 1.5
2013	8.15	3.31	2.48	5.20	4.79	> 1.5
desv.standa	0.88	0.35	0.84	0.83	0.24	

Tabla 02: Análisis de la variabilidad de los Meandros

4.3. Cálculo del caudal a partir del ancho de base para la zona de estudio

Para la zona en estudio, según el plano topográfico se tiene una pendiente de 2°/oo es decir $S=0.002$, presentando material ligeramente cohesivo es decir $F_s=0.2$ y el parámetro que caracteriza el río es $a=0.75$, pues no es alta montaña ni es planicie.

Datos: $F_s=$ 0.2 $a=$ 0.75
 $F_b=$ 1.2 $S=$ 0.002

Blench: $Q = F_s \cdot B^2 / (1.81^2 \cdot F_b)$

Altunin: $Q = ((S^{1/5}) \cdot B^2 / a)^2$

Pettit: $Q = (B/2.45)^2$

CALCULO DE CAUDAL MEDIANTE BLENCH, ALTUNIN Y PETTIT - 1942										
Meandro 1										
B =	38.0925	24.5193	38.59	=	33.73	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM	
B =	33.73	m				Q = 57.892935	Q = 168.43155	Q = 189.584	138.636177	
$\lambda =$	539.90	m								
a =	109.38	m								
rc =	218.50	m								
rc/B =	6.48	> 1.5								
Meandro 2										
B =	44.55	34.96	42.25	=	40.59	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM	
B =	40.59	m				Q = 83.796575	Q = 243.79463	Q = 274.4116	200.667609	
$\lambda =$	383.09	m								
a =	97.87	m								
rc =	105.54	m								
rc/B =	2.60	> 1.5								
Meandro 3										
B =	23.76	28.03	22.00	=	24.60	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM	
B =	24.60	m				Q = 30.77476	Q = 89.534939	Q = 100.7792	73.6962993	
$\lambda =$	279.08	m								
a =	58.39	m								
rc =	103.49	m								
rc/B =	4.21	> 1.5								
Meandro 4										
B =	23.43	46.71	24.78	=	31.64	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM	
B =	31.64	m				Q = 50.934939	Q = 148.18821	Q = 166.7985	121.973869	
$\lambda =$	289.85	m								
a =	55.04	m								
rc =	119.95	m								
rc/B =	3.79	> 1.5				55.849802	162.48733	182.8933	152.4336	

Tabla 03: Cálculo del Caudal mediante Blench, Altunin y Pettit, año

1942

CALCULO DE CAUDAL MEDIANTE BLENCH, ALTUNIN Y PETTIT - 1970												
Meandro 1												
B =	33.5756	24.2714	22.9746	=	26.94	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM			
B =	26.94 m					Q=	36.923595	Q=	107.42413	Q=	120.915	88.4209114
λ =	480.65 m											
a =	119.10 m											
rc =	225.00 m											
rc/B =	8.55											
Meandro 2												
B =	43.31	26.06	42.12	=	37.16	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM			
B =	37.16 m					Q=	70.265974	Q=	204.42921	Q=	230.1025	168.265888
λ =	400.33 m											
a =	105.57 m											
rc =	121.50 m											
rc/B =	3.27											
Meandro 3												
B =	23.45	34.29	28.19	=	28.64	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM			
B =	28.64 m					Q=	41.738486	Q=	121.4324	Q=	136.6825	99.9511284
λ =	178.37 m											
a =	52.86 m											
rc =	100.50 m											
rc/B =	3.51											
Meandro 4												
B =	37.77	29.70	30.31	=	32.59	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM			
B =	32.59 m					Q=	54.036028	Q=	157.21041	Q=	176.9537	129.400045
λ =	292.03 m											
a =	74.90 m											
rc =	118.45 m											
rc/B =	3.13											
						BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM			
						50.741021	147.62404	166.1634	147.781734			

Tabla 04: Cálculo del Caudal mediante Blench, Altunin y Pettit, año 1970

CALCULO DE CAUDAL MEDIANTE BLENCH, ALTUNIN Y PETTIT - 2004												
Meandro 1												
B =	17.2769	24.6062	33.1939	=	25.03	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM			
B =	25.03 m					Q=	31.861257	Q=	92.695955	Q=	104.3372	76.2981346
λ =	445.31 m											
a =	126.51 m											
rc =	204.50 m											
rc/B =	8.17											
Meandro 2												
B =	38.60	36.59	25.47	=	33.55	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM			
B =	33.55 m					Q=	57.270164	Q=	166.61968	Q=	187.5446	137.144828
λ =	424.37 m											
a =	111.39 m											
rc =	112.00 m											
rc/B =	3.34											
Meandro 3												
B =	35.71	21.95	34.89	=	30.85	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM			
B =	30.85 m					Q=	48.415988	Q=	140.85967	Q=	158.5496	115.941738
λ =	241.56 m											
a =	87.92 m											
rc =	77.37 m											
rc/B =	2.51											
Meandro 4												
B =	26.62	34.64	35.28	=	32.18	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM			
B =	32.18 m					Q=	52.672896	Q=	153.24456	Q=	172.4898	126.135754
λ =	331.96 m											
a =	79.92 m											
rc =	163.35 m											
rc/B =	5.08											
						BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM			
						47.555076	138.35497	155.7303	140.933026			

Tabla 05: Cálculo del Caudal mediante Blench, Altunin y Pettit, año 2004

CALCULO DE CAUDAL MEDIANTE BLENCH, ALTUNIN Y PETTIT - 2013									
Meandro 1									
B =	22.2839	23.597	27.3959	=	24.43	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM
B =	24.43 m					Q= 30.351634	Q= 88.303914	Q= 99.39358	72.6830411
λ =	466.85 m								
a =	143.12 m								
rc =	199.09 m								
rc/B =	8.15								
Meandro 2									
B =	37.96	39.84	21.78	=	33.19	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM
B =	33.19 m					Q= 56.043056	Q= 163.04958	Q= 183.5262	134.206273
λ =	402.23 m								
a =	114.73 m								
rc =	110.00 m								
rc/B =	3.31								
Meandro 3									
B =	32.71	21.75	24.52	=	26.33	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM
B =	26.33 m					Q= 35.262674	Q= 102.59191	Q= 115.4759	84.4435049
λ =	245.40 m								
a =	85.73 m								
rc =	65.23 m								
rc/B =	2.48								
Meandro 4									
B =	21.99	25.12	44.82	=	30.64	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM
B =	30.64 m					Q= 47.762503	Q= 138.95845	Q= 156.4096	114.376838
λ =	325.60 m								
a =	88.55 m								
rc =	159.46 m								
rc/B =	5.20					42.354967	123.22596	138.7013	126.539076

Tabla 06: Cálculo del Caudal mediante Blench, Altunin y Pettit, año 2013

Año	Meandros	BLENCH	ALTUNIN	PETTIT	PROM	Qprom. Anual
1942	meandro 1	57.8929	168.4315	189.584	138.6362	133.7434887
	meandro 2	83.7966	243.7946	274.4116	200.6676	
	meandro 3	30.7748	89.53494	100.7792	73.6963	
	meandro 4	50.9349	148.1882	166.7985	121.9739	
1970	meandro 1	36.9236	107.4241	120.915	88.42091	121.5094932
	meandro 2	70.266	204.4292	230.1025	168.2659	
	meandro 3	41.7385	121.4324	136.6825	99.95113	
	meandro 4	54.036	157.2104	176.9537	129.4	
2004	meandro 1	31.8613	92.69595	104.3372	76.29813	113.8801138
	meandro 2	57.2702	166.6197	187.5446	137.1448	
	meandro 3	48.416	140.8597	158.5496	115.9417	
	meandro 4	52.6729	153.2446	172.4898	126.1358	
2013	meandro 1	30.3516	88.30391	99.39358	72.68304	101.4274141
	meandro 2	56.0431	163.0496	183.5262	134.2063	
	meandro 3	35.2627	102.5919	115.4759	84.4435	
	meandro 4	47.7625	138.9584	156.4096	114.3768	

Tabla 07: Resultados de los caudales anuales calculados mediante Blench, Altunin y Pettit, para los años de estudio.

	1942	1970	2004	2013
BLENCH	55.8498	50.74102	47.55508	42.35497
ALTUNIN	162.487	147.624	138.355	123.226
PETTIT	182.893	123.226	155.7303	138.7013
Qprom(m3/s)	133.743	107.197	113.8801	101.4274

Tabla 08: Resumen - caudales anuales, para los años de estudio.

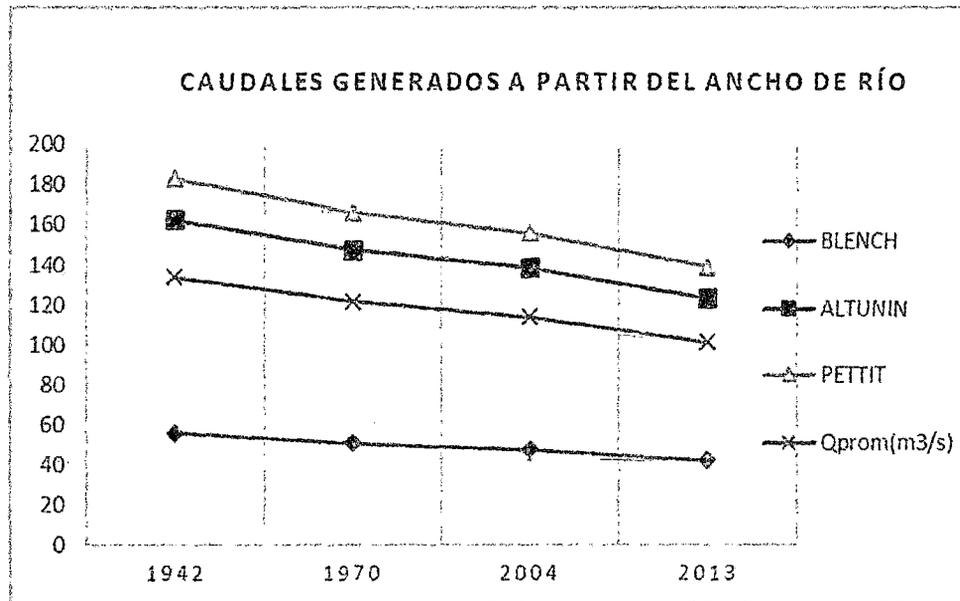


Figura 15: Gráfica de los caudales generados mediante Blech, Altunin y Petit – años 1942, 1970, 2004 y 2013

4.4. ANALIZANDO LOS MEANDROS

Meandro 1

Posee mayor ancho de río en 1942 que es 33.73m, para 1970 disminuye a 26.94m, para el 2004 es de 25.03m y para el 2014 es 24.43m, La longitud de onda para 1942 es de 539.90m, con una amplitud de 109.38m y radio de curvatura 218.50m, para 1970 disminuye su longitud de onda a 480.65m, incrementando su amplitud a 119.10m y radio de curvatura 225m, para el

2004 disminuye su longitud de onda a 445.31m e incrementa su amplitud a 126.51m y radio de curvatura 204.50m, y finalmente para el 2013 la longitud de onda es 466.85m, con una amplitud de 143.12m y radio de curvatura de 199.09m

Meandro 2

Posee mayor ancho de rio en 1942 que es 40.59m, para 1970 disminuye a 37.16m, para el 2004 es de 33.55m y para el 2013 posee 33.19, La longitud de onda para 1942 es de 383.09m, con una amplitud de 97.87m y radio de curvatura 105.54m, para 1970 aumenta su longitud de onda a 400.33m, incrementando su amplitud a 106.57m y radio de curvatura 121.50m, para el 2004 aumenta su longitud de onda a 424.37m e incrementa su amplitud a 111.39m y radio de curvatura 112m y finalmente para el 2013 presenta una longitud de onda de 402.23m, una amplitud de 114.73m y radio de curvatura de 110m.

Meandro 3

Posee mayor ancho de rio en 1942 que es 24.60m, para 1970 aumenta a 28.64m, para el 2004 es de 30.85m y para el 2013 posee 26.33m, La longitud de onda para 1942 es de 279.08m, con una amplitud de 58.39m y radio de curvatura 103.49m, para 1970 disminuye su longitud de onda a 178.37m, disminuyendo su amplitud a 52.82m y radio de curvatura 100.50m, para el 2004 aumenta su longitud de onda a 241.56m e incrementa su amplitud a 87.92m y radio de curvatura 77.37m y finalmente para el 2013

presenta una longitud de onda de 245.40m, con una amplitud de 85.73m y radio de curvatura de 65.23m,

Meandro 4

Posee mayor ancho de río en 1942 que es 31.64m, para 1970 aumenta a 32.59m, para el 2004 es de 32.18m y para el 2013 posee un ancho de río 30.64m, La longitud de onda para 1942 es de 289.85m, con una amplitud de 55.04m y radio de curvatura 119.95m, para 1970 disminuye su longitud de onda a 292.03m, aumentando su amplitud a 74.90m y radio de curvatura 118.45m, para el 2004 aumenta su longitud de onda a 331,96m e incrementa su amplitud a 79.92m y radio de curvatura 163.35m y finalmente para el 2013 aumenta la longitud de onda a 325.60m aumentando su amplitud a 88.55m y radio de curvatura de 159.43m.

Después de analizar la variabilidad de los meandros para los diferentes años, podemos decir, que el meandro 1 cambio considerablemente pues su desviación estándar es mayor que de todos los meandros, seguido del meandro 3, meandro 4 y meandro 2 estos últimos presentan una variabilidad relativamente bajo puesto que la desviación estándar es menor (Ver plano 04 del anexo)

4.5. Analizando los tramos del Rio-Zona de estudio

Geología Local (Zona de estudio de la Tesis)

La zona de estudio tiene las siguientes características:



Figura 16: Puente San Gerónimo Inicio de la Zona de Estudio

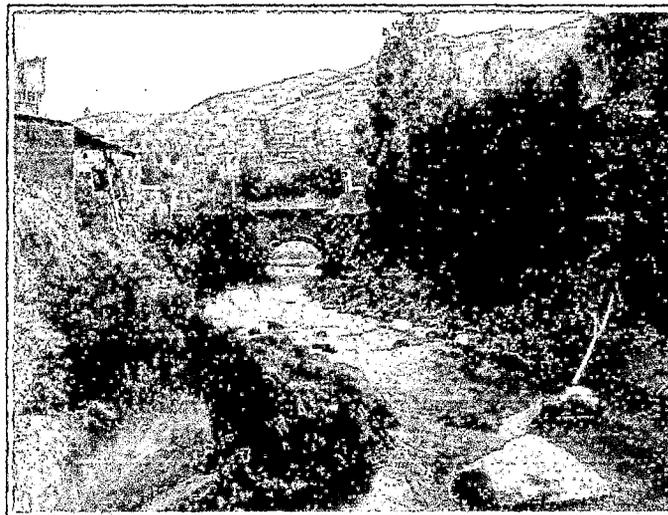


Figura 17: Vista panorámica del Puente San Gerónimo

En la siguiente fotografía se aprecia la defensa ribereña (Muro de gravedad de cemento ciclópeo) que está protegiendo una zona donde si ha cambiado la forma del río



Figura 18: Defensa Ribereña, en el margen derecha cercana al puente san Gerónimo a unos 50 metros del mismo.

Bolonería de piedra granito que sirve como escudo del río, esta piedra proviene de la cordillera blanca es está presente en todo el tramo de estudio, generalmente están comprendidos desde diámetros pequeños hasta los de 3 a 4 metros.



Figura 19: Bolonería de Roca granítica proveniente de la cordillera Blanca.

Afloramiento rocoso frente a la planta concentradora de minerales de la minera Huinac, en esta zona en la margen izquierda del río Santa en esta zona no ha cambiado su forma el río.



Figura 20: Afloramiento Roca Andesita (Volcánica).

La presencia de Botaderos de desmontes provenientes de las obras civiles que se realizan en toda la ciudad de Huaraz y del distrito de Independencia ha cambiado la forma de las riberas del río, pero que un periodo de retorno de épocas lluviosas están son fácilmente erosionadas cambiando la forma del río



Figura 21: Desmontera.

La zona intermedia del tramo en estudio es una zona muy fácilmente erosionable

43854



Figura 22: Zona media del estudio la topografía ha cambiado con el pasar de los años por ser una zona erosionable.

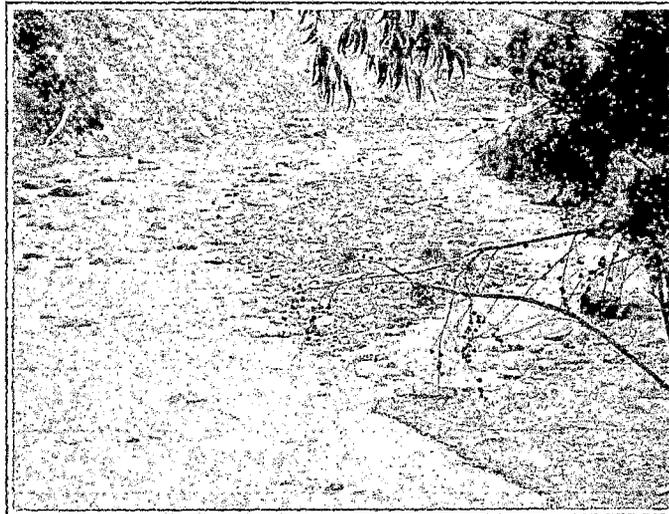


Figura 23: Zona Erosionable.



Figura 24: Tramo final de la Zona de estudio.

Material aluvial en la margen derecha representa por un paquete que tiene material mal seleccionado de roca, arenas y gravas de origen del aluvión de 1970 y de un espesor de 35 metros aproximadamente.



Figura 25: Material aluvial en la margen izquierda (cordillera Negra)

Este material paso a la otra margen al producirse el aluvión, este tramo también cambio.

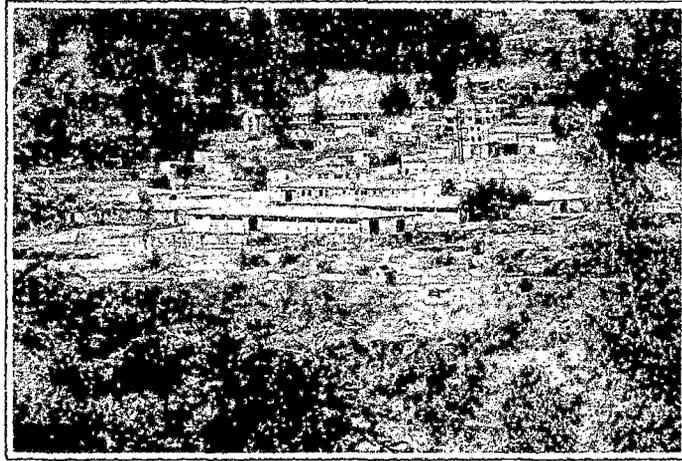


Figura 26: Base de Información Militar – Punto de Termino 60

Ubicada en la Margen derecha del río santa en el Ex Campo Ferial de Quinuacocha.

Al pie de la base acaba el tramo de estudio.



Figura 27. Al pie de la Base de Información Militar – Punto final

V. CONCLUSIONES

- Se determinó la variabilidad del cauce del río Santa desde el puente San Gerónimo hasta la Base de Información Militar, obteniéndose una variabilidad para los meandros 1, 2, 3 y 4: 0.88, 0.35, 0.84 y 0.83 respectivamente. Donde el meandro 1 varío más, por el tipo de suelo aluviónico, seguido del meandro 3, por lo cual se concluye que la zona del estudio del Río Santa: evoluciono su sinuosidad a lo largo de los años.
- Se determinó los parámetros para el cálculo de la sinuosidad, siendo el ancho de río para la zona de estudio 32.64m en el año 1942, 31.33m en 1970, 30.40m en el 2004 y el radio de curvatura de los meandros 1, 2, 3 y 4 para el año 1942 son: 218.50m, 105.54m, 103.49m y 119.95m respectivamente, para el año 1970 son: 225m, 121.50m, 100.50m y 118.45m respectivamente, para el año 2004 son: 204m, 112m, 77.37m y 163.35m respectivamente, esto está relacionado al caudal que fue registrado para los años de estudio, donde se registró el mayor caudal en el año 1970 según los datos de la serie histórica.
- Se determinó la sinuosidad para los años 1942, 1970, 2004 y 2013, obteniéndose: 4.27, 4.69, 4.77 y 4.79 respectivamente, por lo cual se concluye que es un río meándrico pues la sinuosidad, es mayor a 1,5, esta característica es propio de ríos con poca pendiente, la zona en estudio del Río Santa Zona del Centenario presenta una pendiente muy baja de 2°/oo
- A partir de las fotografías aéreas se pudo sacar el ancho de base de río y calcular los caudales para los años de estudio, teniendo en cuenta el factor de fondo que es de material granular $F_b=1.2$, con factor de orilla cuyo valor promedio para material ligeramente cohesivo es $F_s=0.2$, pendiente del cauce

$S=0.002$ que fueron para los años 1942, 1970, 2004 y 2013 : $133.242\text{m}^3/\text{s}$,
 $121.507\text{ m}^3/\text{s}$, $113.88\text{ m}^3/\text{s}$ y $101.43\text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- La zona que se debe tener en cuenta como riesgo de inundación y de desbordamiento es en la desembocadura del río Quilcay en el río Santa, puesto que en ese tramo de estudio el meandro vario mas, también debemos considerar que existen asentamientos humanos en esa zona, sin respetar la franja marginal del río.
- Se recomienda realizar la ortorectificación de las fotografías aéreas, con ello se pudo eliminar las distorsiones sistemáticas causadas por el ángulo de la cámara, la distancia del sensor a la superficie terrestre y los cambios en la elevación de la superficie, lográndose así la corrección geométrica de la fotografía aérea, la falta de este proceso especialmente en sitios montañosos, produce que la escala de las fotografías no sean uniformes, por lo que las mediciones de distancia y dirección son inexactas.
- Se recomienda tener mínimo 4 puntos de control que debe de ser tomados con un GPS, los puntos deberán ser reconocidos en la fotografía aérea y ubicados a los extremos, para tener un mejor resultado y disminuir los errores.
- Este trabajo de investigación puede ser una base para seguir estudios, pues es muy importante por cuestiones de planeamiento en casos de futuro desarrollo de zonas urbanas cercanas a ríos, prevención de daños en estructuras civiles como puentes, muelles, etc. y para analizar las estructuras comúnmente conocidas como defensas ribereñas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- GONZÁLEZ, M.; GARCÍA DE JALÓN, D. 1998
"Restauración De Ríos Y Riberas", Ediciones: Mundi-
Prensa, MADRID – ESPAÑA. 301p
- ROCHA, F, Arturo. 1998, "Introducción A La Hidráulica Fluvial",
Edición: noviembre del 1998, Editorial: Talleres W. H. Editores
Lima – Perú. 271p
- ORTEGA, A.; Garzón, G, 1999, "El desprecio a los ríos y
La administración: la ampliación del aeropuerto de barajas
sobre el Río Jarama"., Departamento de Medio Ambiente
Universidad Europea de Madrid, MADRID – ESPAÑA, 11p.
- ABADI, J. 1999, "Efecto de la construcción del puente Lavalle en
la evolución de Meandros en el río bermejo" 10p. Disponible en
([http:// es. wikipedia. org](http://es.wikipedia.org) Iwikil sinuosidad de un río.) PDF ,
consultado el mayo del 2007.
- BONNOT D. (1984). Néotectonique et Tectonique active de la
Cordillera Blanca et du Callejon de Huaylas, Andes Nord-
Peruvienne. these Universite de Paris Orsay, 115p.
- COBBING J., SANCHEZ A., MARTINEZ W., Y ZARATE H.
(1996). Geología de los Cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La
Unión, Chiquian y Yanahuanca. Bol. N° 76 INGEMMET, serie
carta Geológica Nacional, 298p.

- AENA. (2002). Actuaciones en el río Jarama y otros cauces por la ampliación del Aeropuerto de Madrid-Barajas. Documento 1. Memoria y Anejos.
- Besteiro, J. (1939). Plan Regional de Madrid.
- CHT. (1989). Estudio para la determinación del cauce y zonas de servidumbre, policía e inundables del río Jarama en San Fernando de Henares. MOPU. DGOH.
- CHT. (1991). Proyecto de acondicionamiento del río Jarama. MOPT. DGOH.
- Garzón, G., Garrote, J., Ortega, J. A. y Soler, O (2004). Evolución reciente del río Jarama a partir de ortofotos. Implicaciones morfodinámicas en gestión de riberas. En Benito y Díaz Herrero (eds.): Contribuciones recientes sobre geomorfología. 201-212.
- MOPU. (1990): Instrucción 5.2-IC. "Drenaje superficial". Dirección General de Carreteras.
- Ortega, J. A., Garzón, G., Garrote, J. y Soler, O (2004). Afecciones geomorfológicas de la desviación del río Jarama por la Ampliación del Aeropuerto de Barajas. En Benito y Díaz Herero (eds.): Contribuciones recientes sobre geomorfología. 213-221.
- USACE (1997). Hydrologic Engineering Center, HEC-ras. V.2.0. US. Army Corp of Engineers.

VIII. ANEXO

ANEXO 1: DATOS HIDROLOGICOS

ANEXO B-2

CUADALES CORREGIDOS Y COMPLETADOS (m³/seg)

ESTACION:
CÓDIGO:

RECRETA
SANTA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1956	2.73	7.89	9.20	9.32	3.14	0.97	0.94	0.91	1.06	2.10	0.83	1.13
1957	2.03	6.92	6.61	4.31	1.76	0.63	0.64	0.54	0.50	0.61	1.12	2.03
1959	2.97	6.01	10.14	3.49	1.34	0.63	0.66	0.60	0.59	0.99	1.10	1.44
1959	1.72	6.37	12.39	6.59	2.11	0.88	0.73	0.69	0.54	1.36	1.30	4.87
1960	5.84	8.13	8.61	6.43	2.62	1.27	0.91	0.79	0.51	0.96	1.72	1.90
1961	5.28	7.07	9.74	7.12	2.55	1.19	0.87	0.69	0.67	0.52	2.50	6.28
1962	8.32	9.20	16.45	8.41	2.55	1.34	0.82	0.69	0.68	0.69	1.04	1.41
1963	4.05	9.89	17.04	6.07	2.50	1.15	0.84	0.53	0.42	0.71	1.81	3.90
1964	3.36	6.21	11.81	7.31	2.59	1.28	0.82	0.63	0.63	0.80	1.78	1.31
1965	1.77	3.34	10.68	4.06	1.27	0.73	0.70	0.59	0.60	0.70	0.97	1.62
1968	4.53	3.33	5.21	1.94	1.18	0.67	0.60	0.52	0.56	1.49	1.38	1.80
1967	4.02	16.91	14.38	3.11	1.70	1.14	1.05	0.82	0.77	2.91	1.47	1.63
1968	1.67	2.00	3.58	1.30	0.69	0.48	0.41	0.38	0.36	0.67	1.19	1.64
1969	1.06	2.21	4.37	4.87	0.78	0.47	0.43	0.37	0.39	0.39	1.35	6.65
1970	12.85	4.74	6.16	5.77	4.94	1.51	0.84	0.59	1.10	1.60	2.17	4.67
1971	5.72	11.80	14.25	6.43	1.66	0.60	0.64	0.61	0.47	0.50	0.44	2.74
1972	6.00	5.20	21.02	7.69	2.13	0.96	0.63	0.53	0.36	0.43	0.54	1.78
1973	4.91	7.42	11.83	10.72	2.60	1.05	0.82	0.53	0.51	1.73	2.12	3.71
1974	9.83	16.07	11.04	5.19	1.73	1.36	0.89	0.49	0.43	0.35	0.38	0.51
1975	2.06	3.12	10.79	5.01	2.70	0.95	0.47	0.39	0.39	0.49	0.65	1.20
1976	5.28	10.69	8.29	3.48	1.13	0.25	0.56	0.40	0.40	0.38	0.36	0.63
1977	1.74	7.15	6.64	2.74	1.63	0.66	0.53	0.40	0.39	0.40	1.42	2.14
1978	1.57	4.49	3.01	1.75	0.79	0.51	0.43	0.39	0.41	0.40	0.67	1.14
1979	1.24	3.96	8.71	3.00	1.28	0.54	0.39	0.36	0.35	0.37	0.60	1.03
1980	1.94	1.91	1.99	1.26	0.43	0.31	0.27	0.25	0.12	1.91	4.52	1.91
1981	3.74	14.53	17.89	1.97	0.88	0.59	0.58	0.51	0.37	0.42	1.85	2.54
1982	3.39	10.02	5.40	3.79	1.38	0.74	0.55	0.54	0.44	0.92	1.83	4.75
1983	6.03	2.36	4.69	4.87	2.16	0.89	0.63	0.42	0.41	0.50	0.48	2.16
1984	1.85	18.04	14.21	7.04	3.16	1.97	1.36	0.93	0.75	1.89	1.43	3.89
1985	2.52	3.16	5.29	4.48	1.50	1.05	0.78	0.62	0.62	0.51	0.46	1.21
1986	4.80	4.42	6.93	6.18	1.99	0.78	0.67	0.60	0.53	0.40	0.51	1.55
1987	7.94	7.01	5.35	1.85	1.11	0.78	0.65	0.51	0.52	0.47	1.00	2.24
1988	2.49	5.97	5.02	6.08	2.36	1.03	0.75	0.63	0.59	0.71	0.63	1.16
1989	5.59	6.71	9.35	6.95	1.63	1.00	0.73	0.70	0.54	0.83	0.83	0.39
1990	2.44	1.43	1.38	1.03	0.70	0.69	0.46	0.36	0.34	0.90	2.50	1.66
1991	1.77	2.16	6.91	2.63	2.00	0.69	0.62	0.48	0.40	0.58	0.72	0.56
1992	0.68	0.64	1.34	0.67	0.62	0.58	0.51	0.43	0.33	0.49	0.38	0.38
1993	0.98	5.07	10.99	7.39	1.99	0.74	0.60	0.36	0.47	0.86	1.79	4.27
1994	8.96	14.45	10.95	7.01	2.38	1.31	1.10	0.91	0.83	0.74	0.82	0.60
1995	2.06	2.70	5.06	4.70	1.59	1.10	0.96	0.83	0.82	0.85	1.04	1.81

ANEXO B-2

CUADALES CORREGIDOS Y COMPLETADOS (m³/seg)

ESTACION:
CÓDIGO:

PACHACOTO
PACHACOTO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1956	4.85	8.18	7.55	6.65	2.47	1.08	0.58	0.47	0.87	1.49	1.64	2.50
1957	3.07	7.45	8.28	4.05	2.04	1.17	1.00	0.93	1.33	3.05	3.00	4.57
1958	6.25	6.11	9.57	6.51	3.21	1.39	1.06	1.28	1.67	4.03	4.20	4.11
1959	4.58	7.94	11.61	6.70	2.62	1.02	0.68	0.99	0.90	2.48	2.50	7.22
1960	8.52	9.15	7.43	0.04	3.32	2.59	1.34	1.83	1.78	2.71	3.31	4.85
1961	6.02	5.66	9.68	7.38	3.02	3.37	2.72	2.49	3.35	7.59	8.23	8.23
1962	0.66	9.69	12.07	7.15	3.38	1.87	1.41	1.35	1.80	2.67	3.85	4.42
1963	10.16	10.25	11.90	8.91	3.22	1.24	1.13	1.69	1.76	2.63	6.62	8.77
1964	6.29	8.23	8.85	6.45	3.55	1.81	1.15	0.97	1.16	2.49	3.78	3.45
1965	3.89	5.35	6.89	3.91	2.10	1.15	0.89	0.91	1.33	2.61	7.97	4.60
1966	9.08	6.37	6.91	3.74	2.82	1.71	1.50	1.68	2.00	3.52	3.60	4.77
1967	4.16	13.20	11.72	3.93	2.39	1.47	0.90	0.83	1.00	5.87	3.55	4.19
1968	4.45	4.68	6.01	2.75	1.43	0.81	0.70	0.98	1.46	2.34	2.43	3.65
1969	3.55	5.10	5.69	6.32	2.09	1.47	1.06	1.18	1.43	2.69	4.02	6.95
1970	11.40	7.01	7.02	6.08	4.52	3.14	2.36	1.80	2.43	3.29	4.47	6.89
1971	7.97	10.51	10.65	5.64	2.42	1.51	1.20	1.08	1.29	2.00	2.25	4.61
1972	5.55	5.33	17.31	7.16	3.05	2.05	1.64	1.59	1.69	2.16	3.47	3.69
1973	7.37	9.21	12.89	9.72	3.92	1.60	1.29	1.34	2.03	4.39	4.99	7.15
1974	13.22	13.40	10.55	6.56	2.81	2.68	1.43	1.28	1.31	1.86	3.12	3.77
1975	5.37	5.57	8.46	5.69	4.01	1.74	1.25	1.40	1.55	2.46	2.80	3.35
1976	6.99	6.09	10.19	5.38	3.15	2.24	1.55	1.47	1.76	3.22	3.19	3.42
1977	5.49	8.33	7.93	5.10	2.09	1.38	1.25	1.38	1.84	2.37	5.70	4.82
1978	4.10	7.70	6.55	3.53	2.29	1.50	1.31	1.59	2.47	2.83	3.60	4.66
1979	4.09	7.85	11.29	6.60	3.24	2.37	1.89	2.05	2.13	2.96	3.73	4.27
1980	5.62	6.06	5.30	4.46	2.65	2.83	2.34	2.38	3.18	4.33	4.72	6.29
1981	5.86	12.99	9.65	5.19	3.03	2.15	2.12	2.04	1.80	3.91	6.36	6.58
1982	6.37	10.74	7.18	3.30	1.70	1.13	0.94	1.60	1.90	2.12	4.47	6.76
1983	8.21	5.06	7.73	6.64	3.39	1.99	1.87	1.90	2.19	3.19	4.33	5.32
1984	4.03	10.00	12.60	9.63	4.39	2.59	1.94	1.81	1.84	3.82	3.46	5.60
1985	8.96	5.92	7.94	7.62	3.26	1.89	1.40	1.38	2.31	2.35	2.63	4.06
1986	6.74	8.32	10.05	6.78	3.65	1.89	1.51	1.50	1.85	2.73	3.34	5.30
1987	7.65	7.50	8.54	4.86	3.21	2.28	1.94	2.02	2.17	3.62	6.24	7.38
1988	10.23	11.02	7.05	9.17	4.33	2.27	1.71	2.15	2.53	3.15	3.67	4.27
1989	7.89	10.18	8.33	8.78	2.76	2.39	1.43	1.55	1.56	2.99	3.31	3.67
1990	5.40	4.74	4.02	2.92	1.69	1.40	1.21	1.56	1.54	3.40	4.27	3.89
1991	4.64	5.29	8.57	3.92	3.24	1.63	1.36	1.26	1.68	2.71	2.49	3.65
1992	3.47	3.44	4.03	3.15	2.63	1.82	1.76	1.60	1.65	2.14	2.28	3.10
1993	4.21	7.43	8.97	12.50	4.01	1.88	1.30	1.38	3.32	4.56	10.01	9.15
1994	9.76	11.20	7.15	5.53	3.07	2.02	1.51	1.37	1.80	2.34	2.79	3.45
1995	5.42	4.77	8.09	5.03	2.76	2.00	1.58	1.95	2.11	2.33	4.25	5.64

ANEXO B-2

ESTACION:
CUBRADA:QUEROCOCHA
QUEROCOCHACUADALES CORREGIDOS Y COMPLETADOS (m³/seg)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1956	2.03	3.13	2.56	2.25	0.82	0.46	0.38	0.37	0.53	1.05	0.91	1.12
1957	1.20	2.40	2.62	2.15	1.23	0.66	0.53	0.51	0.57	1.26	1.63	1.21
1958	1.67	2.17	3.11	1.72	1.08	0.65	0.45	0.59	0.71	1.04	0.96	1.16
1959	1.61	3.14	3.93	2.34	1.36	0.65	0.47	0.55	0.52	1.28	1.35	3.54
1960	2.94	1.61	1.90	2.39	1.57	0.66	0.46	0.48	0.53	0.85	1.24	1.41
1961	3.27	2.61	3.78	2.87	1.26	0.80	0.51	0.40	0.50	0.85	2.01	2.86
1962	4.13	3.99	4.72	2.47	1.06	0.54	0.34	0.37	0.46	0.84	0.98	1.26
1963	3.08	3.75	4.38	3.32	1.02	0.62	0.36	0.40	0.60	1.20	2.24	3.23
1964	2.77	3.67	3.30	2.71	1.60	0.71	0.68	0.50	0.58	1.16	1.73	1.55
1965	1.96	1.94	4.75	2.28	1.01	0.47	0.46	0.45	0.49	1.70	1.70	2.69
1966	3.24	3.19	2.21	1.87	1.60	0.76	0.62	0.62	0.77	1.61	1.77	2.07
1967	2.61	6.24	3.92	1.98	1.20	0.62	0.51	0.47	0.57	1.71	1.65	1.67
1968	1.80	2.34	3.19	1.35	0.69	0.45	0.32	0.41	0.60	1.36	1.56	1.23
1969	1.47	1.74	1.82	2.08	0.89	0.60	0.33	0.41	0.47	0.82	1.47	2.93
1970	3.64	2.90	2.87	2.23	1.98	1.03	0.67	0.53	0.81	1.72	1.84	2.67
1971	2.30	3.36	4.09	2.11	0.94	0.53	0.41	0.45	0.48	0.89	0.81	1.53
1972	2.17	2.23	4.89	2.76	1.19	0.64	0.39	0.40	0.42	0.86	0.81	1.37
1973	2.02	3.02	3.11	3.11	1.06	0.67	0.46	0.47	0.54	1.62	2.28	2.87
1974	3.69	4.61	4.19	2.93	0.89	0.67	0.38	0.34	0.57	0.58	0.84	0.92
1975	2.02	2.95	4.37	2.12	1.84	0.88	0.50	0.53	0.68	1.13	1.20	1.56
1976	2.51	4.55	2.95	1.86	0.82	0.59	0.37	0.33	0.38	0.61	0.77	1.14
1977	1.66	2.34	2.47	1.73	1.07	0.59	0.49	0.49	0.63	0.89	2.18	1.95
1978	1.56	3.52	3.09	1.63	1.18	0.70	0.43	0.39	0.49	0.93	1.26	1.90
1979	1.67	3.28	4.85	3.28	1.28	0.65	0.53	0.62	0.74	0.63	0.63	1.34
1980	1.65	1.92	1.66	1.57	0.87	0.57	0.35	0.50	0.48	1.10	1.66	2.30
1981	2.14	4.83	3.54	1.89	0.97	0.54	0.45	0.42	0.44	1.21	3.01	3.17
1982	3.00	4.40	2.79	2.22	1.06	0.62	0.38	0.34	0.53	1.58	2.64	3.52
1983	3.54	2.17	3.39	3.01	1.01	1.09	0.68	0.64	0.61	1.15	1.46	2.87
1984	2.02	4.37	4.82	2.80	1.68	0.91	0.67	0.45	0.44	1.36	1.17	2.05
1985	2.02	2.32	2.98	2.50	1.23	0.57	0.32	0.32	0.44	0.81	1.04	1.93
1986	2.33	2.50	3.15	2.51	1.49	0.74	0.60	0.58	0.76	0.92	1.28	2.37
1987	3.13	2.94	2.78	1.88	1.18	0.66	0.60	0.57	0.71	1.20	1.35	2.52
1988	3.06	3.49	2.29	2.18	1.30	0.76	0.60	0.60	0.75	0.98	1.08	1.49
1989	2.32	3.57	3.70	2.90	1.13	0.69	0.53	0.57	0.50	1.01	1.61	0.94
1990	1.84	1.49	1.56	1.21	0.83	0.65	0.62	0.53	0.62	1.49	1.85	1.56
1991	1.83	2.04	2.89	1.86	1.24	0.74	0.59	0.58	0.60	1.27	1.28	1.29
1992	1.71	1.42	1.42	1.51	1.16	0.87	0.60	0.66	0.63	0.92	1.00	1.58
1993	2.07	3.68	4.11	3.12	1.48	0.84	0.65	0.60	1.11	1.21	3.09	4.19
1994	4.56	6.59	4.54	3.66	1.00	0.65	0.45	0.48	0.52	0.85	1.21	1.49
1995	2.42	1.91	4.92	2.57	1.15	0.67	0.55	0.53	0.78	0.91	1.52	1.67

ANEXO B-2

ESTACION:
CIC:COLCAS
COLCASCUADALES CORREGIDOS Y COMPLETADOS (m³/seg)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1956	6.72	11.11	9.72	9.73	4.97	3.57	2.60	2.74	2.77	3.74	4.55	5.98
1957	5.90	8.73	9.23	7.93	5.91	3.31	2.97	2.90	3.17	3.94	6.89	7.06
1958	7.97	7.49	9.72	9.06	6.06	4.23	3.69	3.63	4.72	5.00	8.13	9.10
1959	11.04	10.64	9.85	7.01	3.85	3.24	2.77	3.21	2.68	4.01	4.70	7.00
1960	7.11	7.95	7.29	5.16	3.08	3.36	3.15	2.66	2.46	3.60	7.85	10.36
1961	11.03	7.86	10.10	7.81	4.06	3.38	3.19	3.20	2.55	3.03	3.86	7.07
1962	9.96	9.84	14.00	6.24	4.34	3.14	2.88	2.82	2.74	3.00	4.12	4.89
1963	5.88	7.12	13.67	8.65	5.01	3.84	3.12	2.98	3.67	3.63	5.11	8.50
1964	8.20	10.10	8.33	7.38	4.55	2.75	3.17	2.72	2.14	3.14	4.50	4.09
1965	5.69	7.69	9.72	6.78	3.92	3.16	3.05	3.08	3.47	4.94	6.19	8.32
1966	10.30	10.06	8.74	6.13	4.48	3.62	3.49	3.85	3.29	6.02	6.27	6.27
1967	7.18	11.61	15.33	5.12	3.87	3.37	2.55	2.19	2.34	4.73	5.94	5.60
1968	7.69	6.54	6.85	4.78	3.43	2.68	2.31	2.04	2.34	3.39	4.48	5.59
1969	7.11	8.03	10.21	7.78	4.30	3.05	2.75	2.87	2.94	4.39	5.47	6.33
1970	9.91	6.69	7.75	6.36	5.27	2.98	2.25	2.07	3.32	4.20	5.27	7.78
1971	6.62	11.23	10.83	7.31	3.52	2.97	3.31	3.34	3.35	3.46	4.78	7.37
1972	7.62	8.39	13.86	7.67	5.43	4.50	4.30	4.93	4.97	5.18	5.42	6.85
1973	10.23	11.40	11.97	10.22	6.10	3.81	3.88	3.01	2.85	4.95	6.28	7.85
1974	11.22	16.42	10.86	6.90	4.76	4.39	3.44	3.36	2.46	2.89	2.97	5.41
1975	6.46	9.33	14.96	11.44	5.08	2.78	2.61	2.59	2.26	2.62	2.79	3.69
1976	9.05	7.27	9.01	6.05	4.38	3.62	2.78	2.86	3.03	4.68	6.39	6.32
1977	7.82	10.08	13.92	4.19	4.36	2.31	2.42	2.82	2.45	3.37	5.84	5.60
1978	6.75	6.31	7.13	10.09	5.40	1.79	1.16	1.16	3.60	3.15	4.58	8.52
1979	11.09	8.98	8.09	8.04	4.83	3.99	3.32	2.92	2.58	4.00	5.79	6.18
1980	6.11	6.67	6.08	6.66	4.67	7.47	5.66	5.74	7.79	9.35	8.65	7.57
1981	6.63	11.08	10.28	4.24	4.43	5.18	2.94	1.94	4.21	4.21	7.08	7.90
1982	7.83	12.37	11.05	5.27	2.50	1.95	1.41	1.29	1.40	2.45	5.08	7.44
1983	10.65	9.42	9.55	8.03	6.49	6.07	5.11	3.62	3.78	3.70	5.50	6.36
1984	5.96	14.18	10.08	7.10	5.76	3.88	3.16	3.25	3.14	4.59	4.71	6.32
1985	8.03	5.47	5.49	5.45	3.77	2.76	2.72	2.79	3.14	3.71	5.46	6.61
1986	9.68	7.78	7.92	7.90	6.06	4.72	4.21	4.19	7.54	8.77	5.19	10.05
1987	18.20	13.29	6.09	6.62	5.14	4.54	3.88	3.52	3.58	4.18	4.79	4.80
1988	9.61	12.22	8.83	7.86	5.69	3.72	4.48	4.33	2.94	3.17	3.32	5.04
1989	4.87	5.83	4.53	3.93	2.87	3.90	1.75	3.20	3.60	5.76	7.25	6.61
1990	9.95	10.59	5.81	4.75	4.11	3.68	3.24	3.15	2.67	4.57	6.05	7.07
1991	7.47	8.09	13.72	5.47	4.56	2.41	1.94	2.01	2.78	2.78	3.50	5.78
1992	6.75	7.68	7.37	5.77	4.01	2.01	1.56	1.74	3.19	3.89	4.32	5.06
1993	5.35	8.47	15.35	11.05	7.97	5.84	4.05	4.28	4.40	3.80	7.16	3.84
1994	6.75	10.13	10.20	7.94	3.16	4.12	2.28	2.08	2.76	3.27	4.39	5.45
1995	6.72	7.04	7.15	6.06	3.91	3.81	3.70	3.59	3.52	2.73	3.55	4.87

EXCO B-2

CUADRALES CORREGIDOS Y COMPLETADOS (m³/seg)

ESTACION: LOS CEDROS
CEDROS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1956	2.57	3.21	3.68	3.88	2.03	1.81	1.82	2.09	1.85	2.56	3.20	3.43
1957	3.76	3.09	2.84	2.59	2.99	2.59	2.47	2.98	3.95	4.36	4.51	4.16
1958	7.59	4.83	3.83	3.08	3.62	3.22	3.27	3.30	3.15	2.89	2.68	3.95
1959	3.74	3.22	4.86	3.83	3.35	3.95	2.97	3.10	3.25	3.58	3.62	4.17
1960	3.63	3.68	3.65	3.21	3.30	3.38	2.90	2.90	2.85	2.98	3.75	4.04
1961	3.95	3.98	5.53	6.20	3.84	3.30	3.33	3.90	2.79	2.56	4.70	5.47
1962	7.29	4.59	7.59	4.81	3.65	3.01	2.60	2.93	2.74	2.80	3.19	3.43
1963	3.45	3.58	7.07	6.22	3.84	2.44	2.18	2.14	2.56	2.58	3.24	4.59
1964	4.19	5.42	5.43	4.97	3.97	2.41	2.05	2.09	2.06	2.67	2.94	2.54
1965	2.69	4.40	5.74	4.15	3.08	2.40	2.23	2.17	2.43	3.17	3.52	4.59
1966	4.91	4.59	3.88	4.26	3.43	2.66	2.75	2.56	3.40	3.92	3.68	3.84
1967	5.67	9.47	7.90	3.82	3.10	2.57	2.31	2.24	2.36	3.67	3.68	3.54
1968	3.80	3.48	4.19	2.90	2.19	2.02	2.09	1.97	2.21	2.82	2.91	3.51
1969	3.71	4.70	6.11	5.50	3.08	2.58	2.25	2.59	2.76	3.39	3.05	4.55
1970	6.09	3.99	4.79	4.96	3.86	2.78	2.90	2.39	2.72	4.48	3.02	3.32
1971	2.85	2.52	5.70	4.68	3.33	2.74	2.37	2.64	2.68	3.00	3.23	4.94
1972	3.51	3.89	6.55	7.65	4.31	3.05	2.85	2.82	2.33	2.82	3.46	4.80
1973	5.46	5.89	7.02	6.54	3.67	3.33	2.66	2.21	2.18	3.40	3.06	4.08
1974	5.11	5.04	9.74	4.99	3.84	2.43	2.28	2.25	2.36	2.64	3.05	3.30
1975	3.28	4.51	7.37	5.31	3.29	2.33	1.86	2.02	2.10	2.44	2.57	2.28
1976	3.14	2.86	3.06	3.74	2.81	2.34	2.18	1.92	1.79	2.45	2.47	3.03
1977	5.67	5.08	3.28	3.14	2.58	2.27	2.66	2.86	2.62	3.23	4.75	4.11
1978	3.60	5.00	3.95	3.93	3.92	2.71	2.13	2.45	2.77	2.67	3.31	3.07
1979	4.42	4.44	5.27	3.63	3.15	2.77	2.47	2.48	2.60	3.38	3.05	4.07
1980	3.88	3.85	3.57	3.65	2.89	3.20	2.51	2.56	3.43	3.38	3.47	4.65
1981	4.13	5.42	5.31	3.83	2.82	2.31	2.15	2.00	1.86	2.85	4.07	4.68
1982	4.30	5.07	4.34	4.26	2.89	2.26	1.84	2.12	2.27	2.87	3.50	4.33
1983	6.45	6.23	6.17	2.85	1.94	1.40	1.31	1.49	1.47	1.64	1.78	2.85
1984	5.74	8.25	6.03	4.43	3.96	2.51	1.88	1.85	2.00	2.78	2.49	3.12
1985	3.07	3.04	3.65	3.42	2.45	1.64	1.45	1.59	2.23	2.47	2.95	2.80
1986	3.83	3.45	3.39	5.00	2.88	2.45	1.79	1.88	2.11	2.71	3.13	4.23
1987	4.88	5.91	4.81	3.66	2.72	2.20	1.96	1.85	2.14	2.42	2.92	3.43
1988	4.68	6.34	9.57	5.61	3.50	2.71	2.40	2.30	2.52	3.18	3.89	3.16
1989	4.86	6.72	6.63	6.40	3.15	2.53	1.73	1.93	1.77	2.67	2.51	2.99
1990	3.51	4.07	3.82	2.80	2.84	1.98	1.88	2.18	1.87	2.97	3.88	3.36
1991	3.50	4.10	3.82	5.24	3.27	2.32	1.85	2.10	2.05	2.12	2.28	3.73
1992	3.14	3.17	4.00	3.60	2.77	2.24	2.16	2.72	1.64	1.94	1.70	2.57
1993	2.45	4.42	8.30	7.83	3.68	2.35	2.37	4.57	3.19	3.43	4.34	7.13
1994	5.35	5.42	5.94	5.10	3.45	1.95	3.41	2.63	2.05	1.84	2.44	3.30
1995	3.54	3.23	4.14	5.26	3.49	2.82	2.86	3.48	3.44	3.11	4.12	4.05

EXCO B-2

CUADRALES CORREGIDOS Y COMPLETADOS (m³/seg)

ESTACION: QUITARACSA
QUITARACSA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1956	12.44	21.95	25.44	16.40	10.10	7.59	6.35	6.24	6.28	9.58	9.24	8.10
1957	8.88	16.88	14.13	14.71	10.18	6.58	4.74	5.04	5.85	8.66	11.78	11.16
1958	14.65	11.34	20.60	15.17	12.20	8.07	6.21	8.53	6.69	8.02	3.00	10.25
1959	10.64	20.93	19.97	17.98	9.08	6.94	6.27	5.82	5.06	7.83	7.35	12.35
1960	14.00	23.59	28.20	18.11	9.48	7.34	5.27	5.44	6.20	6.66	6.82	9.62
1961	21.85	16.02	26.07	19.21	11.65	8.53	5.61	5.17	5.19	5.80	11.00	12.19
1962	19.82	26.03	30.27	18.75	9.98	7.18	8.40	8.37	6.71	6.84	8.81	8.49
1963	12.06	14.52	32.44	18.28	9.12	6.65	5.10	5.27	5.43	9.71	13.24	13.24
1964	15.09	19.14	19.67	16.73	10.80	7.45	6.38	5.79	5.42	8.24	10.38	7.37
1965	8.31	14.80	20.91	14.67	9.26	5.87	4.83	6.57	10.44	8.54	15.13	15.13
1966	10.40	20.31	19.87	13.35	10.81	7.58	6.95	6.45	6.43	8.64	10.79	9.74
1967	10.06	31.18	27.35	13.95	8.34	6.10	4.90	4.29	4.80	14.32	8.23	7.12
1968	13.59	11.80	12.78	9.59	6.17	5.61	4.55	4.45	5.17	8.78	6.68	7.83
1969	6.87	12.35	24.89	21.27	8.32	7.56	6.97	5.79	5.46	7.73	9.80	13.82
1970	21.02	16.69	15.39	18.64	14.74	7.75	6.89	5.56	6.23	6.80	9.25	10.91
1971	15.72	21.13	22.21	16.71	10.01	7.62	6.90	5.71	5.65	8.22	7.87	13.81
1972	12.26	19.21	16.85	19.88	12.45	8.82	6.27	4.55	4.84	7.49	11.49	8.61
1973	14.40	19.78	25.03	22.21	12.00	8.93	8.13	5.85	6.66	11.83	12.95	12.64
1974	17.96	34.75	24.82	17.14	10.20	6.70	7.00	7.31	6.74	7.44	7.77	10.81
1975	18.31	17.35	20.68	17.75	13.20	7.30	5.43	5.60	6.68	9.28	8.51	7.39
1976	14.02	13.03	16.42	12.27	7.18	5.84	5.91	4.64	4.73	5.71	6.07	6.17
1977	13.39	21.09	17.98	12.13	8.57	6.81	5.96	5.45	5.22	9.27	8.73	7.05
1978	7.56	12.15	11.83	6.41	6.43	5.72	5.84	5.01	6.63	6.04	7.46	8.85
1979	7.90	14.70	26.20	11.83	8.15	6.35	5.81	5.57	5.81	6.18	8.38	8.26
1980	9.30	9.29	10.73	10.15	6.88	6.57	5.04	5.98	6.30	8.89	9.48	12.60
1981	11.04	24.44	18.90	11.47	7.01	5.59	4.92	4.58	4.00	7.28	13.37	17.10
1982	13.89	16.56	13.70	13.94	8.35	5.96	4.88	4.80	5.14	9.30	10.75	14.00
1983	16.16	12.36	26.27	19.42	10.55	9.28	11.17	13.05	12.33	13.15	10.55	7.21
1984	11.25	22.19	16.56	14.48	13.01	11.85	8.11	6.17	6.07	8.73	7.39	7.70
1985	8.95	12.41	12.21	13.13	8.19	6.56	8.16	5.73	7.24	7.63	8.83	8.37
1986	14.15	14.14	14.31	17.88	8.33	6.75	4.19	3.74	4.87	6.61	8.45	10.69
1987	21.50	16.35	14.56	11.13	6.14	6.00	5.42	5.24	5.75	5.43	8.48	10.65
1988	19.64	20.58	14.03	17.05	10.53	7.02	6.16	5.87	4.96	9.24	10.31	8.40
1989	14.53	19.09	20.10	15.88	8.88	7.52	4.79	4.80	6.00	10.07	7.97	8.18
1990	9.30	11.55	11.21	8.37	6.72	7.03	5.43	4.65	4.65	8.51	9.76	9.58
1991	10.14	12.45	27.87	10.74	10.00	7.54	6.26	6.40	6.16	8.43	10.43	11.37
1992	9.59	10.12	15.97	11.84	9.68	7.13	5.55	5.62	7.17	12.43	9.54	9.69
1993	9.87	14.64	14.65	10.83	8.72	7.91	7.21	6.72	6.52	8.29	9.04	10.76
1994	11.96	16.55	31.04	25.95	11.30	6.18	7.18	6.94	7.00	7.03	7.91	9.76
1995	12.23	13.70	18.63	15.57	7.53	6.81	6.28	6.34	6.30	6.47	8.02	9.16

EXO B-3

CUADRALES GENERADOS MODELO ESTOCASTICO ARMA (2,1) 40 AÑOS

ESTACION:

REGRETA
SANTA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1.95	2.36	4.74	2.15	0.65	0.61	0.51	0.36	0.29	0.85	1.01	2.82
2	0.03	1.33	3.83	2.07	1.03	0.48	0.37	0.33	0.31	0.03	0.16	0.69
3	3.26	0.23	1.30	2.17	1.26	0.57	0.46	0.31	0.23	0.05	0.57	0.79
4	0.80	3.85	7.89	4.30	1.15	0.72	0.84	0.60	0.49	0.93	1.23	0.66
5	0.90	5.28	13.98	5.71	2.25	1.25	0.84	0.67	0.73	1.24	1.75	2.72
6	7.69	15.76	8.66	4.52	1.96	1.01	0.60	0.45	0.35	0.28	0.92	1.86
7	2.87	2.58	1.52	1.96	1.07	0.82	0.57	0.43	0.41	1.66	1.30	2.34
8	3.79	4.79	2.56	1.36	0.40	0.21	0.34	0.40	0.33	0.30	0.33	0.89
9	2.68	5.58	4.99	1.84	0.74	0.67	0.59	0.46	0.34	1.05	1.01	0.67
10	0.57	2.96	5.18	4.67	1.28	0.52	0.67	0.55	0.40	0.27	1.18	3.72
11	8.85	15.20	20.57	14.97	5.60	1.88	1.26	0.98	0.90	1.37	0.48	2.10
12	9.32	11.62	11.12	11.07	5.11	1.58	0.86	0.60	0.61	0.39	0.46	1.20
13	2.44	3.73	6.16	3.08	1.82	0.86	0.54	0.41	0.44	1.27	1.73	2.43
14	5.18	7.69	6.02	3.34	0.95	0.66	0.54	0.42	0.30	0.20	0.39	1.37
15	0.65	4.85	16.31	11.92	2.53	0.77	0.52	0.40	0.42	0.17	0.77	1.03
16	1.63	4.07	11.75	5.08	1.37	0.85	0.69	0.61	0.68	1.35	1.42	0.61
17	1.28	1.26	3.27	3.16	1.47	0.85	0.61	0.49	0.27	0.41	0.84	3.35
18	3.23	0.78	2.08	2.02	1.13	0.79	0.56	0.47	0.39	0.37	0.54	0.92
19	3.25	10.22	12.54	4.34	1.88	0.90	0.65	0.40	0.60	1.23	1.52	2.05
20	5.32	6.48	7.58	3.48	2.00	1.00	0.82	0.48	0.56	0.48	0.59	1.31
21	5.01	8.00	8.61	4.82	1.49	0.71	0.57	0.44	0.35	0.59	1.30	4.34
22	4.07	3.88	8.30	8.04	2.16	0.73	0.56	0.51	0.48	0.75	0.39	0.60
23	3.59	5.62	4.70	3.14	1.13	0.87	0.56	0.39	0.39	1.07	1.78	7.32
24	6.01	12.08	6.78	2.76	1.55	1.17	0.84	0.73	0.61	1.58	0.93	2.00
25	4.36	4.22	2.52	3.51	1.17	0.91	0.57	0.32	0.42	1.42	2.04	2.55
26	3.82	11.77	10.63	8.09	2.70	1.16	0.82	0.34	0.37	0.54	0.87	2.95
27	6.62	5.28	4.29	3.98	0.66	0.40	0.30	0.22	0.25	0.31	0.49	1.19
28	4.45	3.86	6.21	2.33	1.35	0.50	0.47	0.47	0.29	0.30	1.90	4.37
29	4.47	6.01	6.97	4.52	2.82	1.17	0.98	0.74	0.60	0.82	1.52	2.18
30	8.31	30.80	21.17	4.82	2.50	1.10	0.85	0.67	0.60	1.24	1.71	1.73
31	3.39	14.11	15.36	8.24	3.37	1.13	0.76	0.51	0.54	0.52	1.24	1.40
32	1.21	1.28	2.48	1.79	1.07	1.01	0.83	0.69	0.67	1.61	1.85	1.68
33	1.25	2.04	3.39	2.86	2.37	0.72	0.61	0.49	0.46	1.53	1.39	2.46
34	1.86	6.93	10.27	6.71	1.88	0.98	0.71	0.34	0.48	0.87	2.17	2.52
35	3.58	5.01	6.91	9.17	2.46	1.12	0.90	0.63	0.78	0.91	1.49	2.07
36	3.32	11.09	9.45	1.13	0.52	0.39	0.33	0.26	0.10	0.30	0.64	0.52
37	1.99	2.03	2.80	1.46	0.66	0.47	0.44	0.42	0.46	0.45	0.48	0.05
38	0.34	4.01	3.53	1.64	1.54	1.07	0.72	0.60	0.50	0.88	2.42	4.42
39	9.25	3.01	2.86	2.62	0.92	0.34	0.44	0.46	0.55	1.09	0.60	1.39
40	1.50	11.90	12.30	4.79	2.30	1.14	0.94	0.71	0.72	0.43	0.69	0.71

EXO B-3

CUADRALES GENERADOS MODELO ESTOCASTICO ARMA (2,1) 40 AÑOS

ESTACION:

PACHACOTO
PACHACOTO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	7.46	8.30	11.45	3.89	2.38	2.04	2.49	2.65	2.66	2.78	2.28	2.86
2	6.19	6.52	6.07	6.44	3.77	2.45	1.65	1.36	1.42	2.39	3.08	5.50
3	8.86	5.77	11.73	6.08	2.46	1.35	0.98	1.09	1.29	2.05	2.74	4.94
4	7.96	9.31	8.46	5.00	2.57	1.49	1.14	1.64	2.76	2.42	3.32	4.37
5	3.10	8.03	6.63	6.03	3.27	2.69	2.46	2.05	3.00	2.78	3.46	5.95
6	9.46	8.29	6.68	5.10	2.95	1.39	1.32	1.54	2.11	3.91	5.02	6.51
7	4.53	6.44	6.53	4.52	3.40	2.04	1.25	1.36	1.29	2.15	2.41	2.94
8	5.66	5.40	9.05	5.01	2.98	1.89	1.49	1.89	1.73	2.18	3.15	4.05
9	5.08	5.66	9.89	6.22	2.09	1.17	0.80	0.87	1.04	2.05	3.57	4.56
10	8.06	5.10	6.73	4.87	2.69	1.47	1.16	1.26	1.90	3.67	6.69	5.03
11	6.73	8.32	9.69	5.07	1.75	1.65	1.60	1.75	1.95	3.04	4.48	5.48
12	7.27	9.01	11.60	4.99	2.32	1.53	1.67	1.57	1.96	4.07	7.29	10.20
13	14.04	9.71	17.52	7.22	4.71	2.23	1.36	1.47	2.59	3.08	3.39	3.89
14	4.90	5.79	10.22	7.03	4.33	1.54	1.73	1.61	2.26	1.75	4.98	5.46
15	7.30	8.98	7.61	4.61	2.68	1.84	1.30	0.94	1.00	3.65	2.82	5.31
16	8.21	7.50	9.90	7.08	2.65	1.65	1.10	0.81	1.05	2.75	2.83	4.83
17	6.98	5.93	9.09	5.76	3.55	2.18	1.19	1.55	2.41	3.43	4.75	5.91
18	4.36	11.50	11.03	7.76	3.83	3.76	4.04	2.54	2.17	4.39	6.01	13.13
19	13.50	8.47	12.11	6.18	4.47	2.45	1.62	1.47	1.72	2.38	2.49	4.80
20	9.21	11.14	7.27	5.64	2.38	1.47	0.65	1.51	1.23	2.95	3.02	4.88
21	6.29	8.50	8.47	7.87	3.51	1.56	1.68	1.45	1.95	2.92	5.08	6.24
22	7.59	13.47	10.90	6.04	3.64	2.64	2.27	1.54	2.40	3.57	5.14	6.04
23	5.56	9.75	8.15	6.17	2.69	1.55	1.15	1.21	1.83	3.07	4.03	6.63
24	10.26	13.68	9.46	4.16	3.07	2.04	2.11	1.03	1.72	2.37	2.79	4.27
25	6.14	5.65	7.25	6.37	2.96	1.86	1.25	1.80	1.51	3.14	3.22	3.89
26	5.70	7.81	13.99	7.86	3.26	1.65	1.34	1.10	2.22	2.62	3.94	4.56
27	5.74	8.41	16.83	11.51	4.92	3.29	1.92	2.05	1.77	2.45	2.76	3.90
28	4.72	6.34	9.29	6.94	3.16	1.81	0.75	1.24	1.21	2.72	3.14	5.00
29	6.89	5.71	10.07	3.81	2.37	1.78	1.36	1.25	1.75	3.14	6.83	5.40
30	6.95	6.65	7.27	6.79	3.32	1.69	1.44	1.32	2.05	2.20	2.60	4.69
31	6.09	11.56	9.51	4.89	3.56	2.31	1.82	1.78	1.24	3.45	2.14	3.44
32	5.02	4.69	7.24	4.14	3.27	2.58	2.05	1.99	1.82	2.83	4.34	7.63
33	9.92	7.40	12.30	6.23	2.82	2.25	1.04	2.28	1.62	3.37	3.75	3.84
34	5.35	7.89	6.59	4.39	2.64	1.61	0.96	1.21	1.99	3.23	3.68	6.40
35	7.17	9.04	16.09	10.04	5.04	1.88	0.82	0.92	1.04	3.02	4.23	5.21
36	11.72	5.74	10.13	8.08	4.46	3.12	2.41	2.18	1.76	2.92	2.51	4.15
37	8.42	6.74	11.05	5.72	3.60	2.43	2.12	1.89	1.94	3.10	3.16	5.05
38	10.53	9.71	6.42	3.40	2.23	1.12	1.75	1.21	1.20	3.44	4.28	5.37
39	5.59	7.97	9.13	8.69	2.87	2.20	1.98	1.75	2.48	2.85	5.97	6.45
40	7.44	9.45	8.25	4.83	2.14	1.20	1.05	0.80	1.38	2.11	1.89	3.72

MEMO B-3

CUADRALES GENERADOS MODELO ESTOCASTICO ARMA (2,1) 40 AÑOS

ESTACION: QUEROCOCHA
 LOCALIDAD: QUEROCOCHA

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1950	4.78	3.88	2.37	1.82	1.14	0.63	0.44	0.41	0.61	1.24	1.27	1.41
1951	3.78	3.22	1.62	1.58	1.55	0.95	0.75	0.65	0.85	1.46	1.83	3.75
1952	3.25	7.01	4.51	2.73	1.48	0.83	0.57	0.48	0.42	0.78	1.67	1.70
1953	2.26	1.95	2.55	1.56	0.76	0.61	0.48	0.56	0.56	1.21	1.66	1.93
1954	1.95	2.67	4.57	3.69	1.33	0.65	0.42	0.42	0.53	0.86	1.23	1.79
1955	2.42	3.00	5.76	3.31	1.29	0.65	0.45	0.50	0.60	1.08	1.15	1.17
1956	2.13	3.05	4.01	2.29	0.84	0.60	0.38	0.33	0.61	0.90	2.42	3.59
1957	4.65	3.51	1.87	2.59	1.11	0.60	0.53	0.55	0.52	1.22	1.50	1.80
1958	2.14	4.05	6.37	3.15	1.36	0.59	0.57	0.52	0.61	1.18	0.51	1.24
1959	2.15	2.32	2.35	1.70	1.08	0.72	0.55	0.47	0.71	1.58	1.63	1.64
1960	1.07	2.07	2.88	2.05	1.10	0.68	0.45	0.44	0.65	1.19	1.45	2.10
1961	2.45	2.90	3.70	2.54	1.42	0.67	0.49	0.49	0.80	1.11	0.63	1.35
1962	2.09	1.64	2.41	1.64	1.48	0.81	0.70	0.65	0.76	1.35	1.28	2.70
1963	2.29	2.80	3.09	2.73	1.46	0.67	0.45	0.48	0.33	0.80	0.57	1.09
1964	1.52	2.47	2.79	1.89	0.92	0.58	0.40	0.40	0.62	0.88	1.59	0.89
1965	1.66	1.68	2.89	3.07	1.61	0.88	0.65	0.50	0.41	0.86	0.87	1.36
1966	3.81	3.03	3.40	2.26	1.33	0.65	0.39	0.33	0.54	1.10	2.13	2.99
1967	2.70	3.92	4.87	2.69	1.53	0.69	0.47	0.39	0.51	1.23	0.97	1.63
1968	1.16	2.47	3.17	1.63	0.84	0.64	0.51	0.47	0.55	0.85	1.67	3.04
1969	2.52	2.32	5.23	4.07	1.43	0.55	0.41	0.46	0.50	1.09	0.81	1.80
1970	2.01	4.44	5.65	3.45	1.38	0.71	0.44	0.47	0.61	0.91	0.63	0.70
1971	2.14	1.89	2.39	3.07	0.79	0.56	0.28	0.36	0.64	1.54	1.75	3.11
1972	1.85	1.78	2.17	2.46	1.37	0.60	0.50	0.54	0.51	0.90	0.90	1.74
1973	1.65	2.25	3.72	2.95	1.33	0.64	0.51	0.53	0.95	0.75	1.10	1.97
1974	2.48	2.10	1.91	1.57	0.51	0.53	0.27	0.41	0.41	0.73	0.65	1.63
1975	3.04	4.77	2.81	1.40	1.34	0.75	0.58	0.63	1.02	1.19	2.78	2.01
1976	3.04	2.79	3.95	2.55	0.94	0.69	0.40	0.46	0.69	0.56	1.20	1.91
1977	3.09	3.09	4.15	1.96	0.95	0.55	0.40	0.44	0.44	0.73	0.06	1.03
1978	2.12	2.43	3.02	1.68	1.11	0.64	0.49	0.50	0.79	1.47	2.21	4.51
1979	4.35	4.99	3.17	2.63	0.91	0.61	0.41	0.42	0.53	1.31	1.17	1.91
1980	1.50	2.55	2.68	1.96	1.55	0.68	0.61	0.68	0.73	1.01	1.62	2.16
1981	2.85	5.00	4.42	3.80	1.75	0.95	0.56	0.53	0.67	1.78	1.77	2.02
1982	2.12	2.87	3.10	2.22	1.22	0.99	0.73	0.59	0.65	1.33	1.69	1.74
1983	1.76	2.19	1.84	2.17	1.49	0.68	0.51	0.53	0.60	0.99	1.69	1.78
1984	2.30	1.79	3.05	2.12	0.68	0.56	0.39	0.31	0.45	0.60	1.10	1.59
1985	1.59	2.69	2.47	2.14	1.32	0.61	0.37	0.56	0.85	1.08	1.34	1.49
1986	1.98	3.71	4.19	2.90	1.52	0.78	0.56	0.54	0.65	1.05	1.12	1.38
1987	2.45	2.45	2.35	2.02	1.85	0.82	0.59	0.74	0.65	1.41	0.88	1.50
1988	2.71	2.50	3.80	1.96	0.98	0.71	0.48	0.48	0.61	0.99	0.90	1.40
1989	2.30	2.89	1.57	1.15	1.03	0.76	0.54	0.53	0.69	0.98	1.73	1.79

MEMO B-3

CUADRALES GENERADOS MODELO ESTOCASTICO ARMA (2,1) 40 AÑOS

ESTACION: COLCAS
 LOCALIDAD: COLCAS

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1950	6.47	10.21	16.06	6.70	4.32	3.37	2.26	2.41	2.61	3.36	5.32	6.74
1951	5.82	7.37	7.18	7.84	5.25	3.22	3.28	3.42	2.85	3.60	5.33	5.16
1952	6.06	10.43	8.86	6.41	3.27	2.69	2.38	2.37	3.63	4.84	7.25	5.54
1953	5.55	8.84	14.78	11.59	6.10	2.97	1.97	1.59	2.41	3.18	4.65	5.60
1954	8.06	17.52	16.50	6.99	3.92	2.00	1.93	2.67	2.54	3.11	3.75	4.96
1955	5.73	6.55	7.29	6.16	3.63	3.49	3.60	3.25	3.09	4.19	7.01	6.03
1956	7.83	10.08	14.34	8.46	4.76	2.41	1.81	1.91	3.14	3.14	3.65	4.26
1957	9.07	7.75	11.10	5.80	3.66	3.77	3.23	3.84	4.72	6.23	6.74	7.50
1958	8.74	7.81	7.76	6.41	4.85	4.48	4.15	3.95	2.74	4.75	5.86	8.30
1959	5.68	6.50	10.29	6.10	6.27	6.13	5.60	5.01	3.43	4.22	5.31	8.65
1960	11.16	9.48	9.56	7.56	3.45	1.73	2.25	2.82	1.96	3.63	7.28	6.51
1961	6.09	14.72	13.78	8.93	4.49	2.67	1.74	1.30	1.75	2.16	4.32	5.24
1962	5.23	9.57	9.90	5.05	4.22	2.13	1.47	1.82	2.50	3.32	4.99	5.95
1963	4.08	8.06	11.30	5.16	4.15	3.35	2.55	2.62	3.58	3.97	5.72	6.24
1964	8.98	10.55	9.83	7.55	4.70	2.72	2.72	2.29	2.04	3.75	4.81	5.88
1965	5.76	7.98	11.94	8.87	5.10	2.82	2.41	2.35	2.82	3.03	2.81	3.92
1966	5.03	4.89	6.27	5.39	3.00	2.00	1.95	1.87	2.52	4.34	4.88	5.98
1967	7.44	8.45	9.42	7.75	4.71	3.25	2.54	2.07	2.78	3.24	3.52	3.43
1968	4.69	4.78	8.00	5.72	4.17	3.15	3.10	3.07	2.87	3.71	5.37	5.97
1969	8.67	9.98	6.28	5.84	4.22	2.75	2.07	1.89	1.99	2.72	4.64	5.60
1970	7.15	10.19	12.03	14.03	6.70	2.75	2.30	2.15	2.73	3.01	3.32	4.61
1971	6.87	9.12	7.31	4.71	2.98	3.39	2.30	2.50	3.30	5.56	6.57	6.64
1972	8.11	9.40	14.85	9.44	5.65	4.36	2.82	3.32	3.50	4.05	4.98	6.04
1973	9.35	8.42	12.66	8.96	5.11	2.56	1.80	2.16	2.65	3.01	2.92	6.59
1974	6.33	5.47	9.08	5.87	4.40	2.91	2.15	1.57	1.86	3.69	3.68	8.49
1975	12.12	8.11	6.32	8.70	5.06	4.54	3.12	2.61	2.79	3.37	7.15	4.69
1976	8.22	12.33	8.09	5.41	3.52	4.27	2.06	2.05	4.35	6.72	7.35	6.35
1977	10.93	9.73	6.99	6.79	4.05	4.00	2.50	2.48	2.82	4.35	4.98	6.57
1978	7.19	5.82	5.77	5.94	5.28	5.98	4.82	5.40	5.14	7.42	7.67	8.65
1979	7.31	8.34	7.48	7.04	4.44	2.39	1.85	1.94	1.37	2.23	3.71	4.74
1980	5.79	8.03	10.17	7.28	4.12	5.26	4.10	4.94	7.65	6.15	6.79	7.07
1981	8.41	8.34	11.87	8.67	4.33	5.30	4.14	3.08	8.49	8.76	5.61	5.64
1982	9.20	4.95	4.49	8.68	5.76	8.79	7.30	7.48	6.24	6.27	6.24	8.07
1983	7.91	6.34	8.88	7.09	4.61	2.65	2.65	1.69	1.69	4.05	4.72	7.69
1984	9.19	10.35	8.78	6.49	2.73	2.53	1.25	1.72	3.20	5.45	6.99	6.05
1985	11.43	8.69	11.45	8.25	5.90	7.23	6.73	7.11	7.40	6.58	6.71	9.54
1986	10.81	10.29	9.02	6.45	3.97	3.63	3.27	4.45	5.31	6.16	7.56	6.56
1987	9.26	10.11	8.62	4.70	3.65	4.11	4.08	4.13	4.24	4.28	8.18	4.86
1988	5.77	11.23	10.26	4.30	2.62	1.78	1.77	1.58	1.24	1.93	4.03	4.54
1989	5.45	8.26	9.91	4.09	2.58	2.57	2.10	2.30	3.51	4.92	8.27	6.57

ANEXO B-3

CUADRALES GENERADOS MODELO ESTOCASTICO ARMA (2,1) 40 AÑOS

ESTACION: LOS CEDROS
RÍO: CEDROS

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	5.83	0.76	6.04	4.58	2.88	2.58	2.25	2.80	2.31	2.19	2.25	3.79
2	2.65	2.62	4.41	4.82	2.59	2.27	1.58	1.79	1.57	2.00	2.40	3.29
3	5.80	6.15	5.64	4.56	3.07	2.79	2.27	2.64	2.55	2.94	2.83	5.18
4	3.97	3.21	2.83	2.63	3.11	3.06	3.42	3.03	2.80	3.23	4.08	5.92
5	6.29	4.25	4.58	4.69	2.90	2.25	1.40	1.52	1.57	2.35	2.55	2.99
6	3.54	5.70	5.03	5.01	2.85	2.59	2.49	2.33	2.16	2.67	3.12	4.53
7	4.33	5.88	5.63	3.79	2.73	2.49	1.92	1.64	2.55	3.18	3.93	4.10
8	4.29	4.03	3.98	4.10	3.04	2.70	2.29	3.22	2.21	2.54	2.28	2.42
9	3.27	4.94	6.39	3.64	3.05	2.54	1.93	1.99	1.62	2.02	2.29	2.79
10	3.49	3.34	4.90	4.58	3.69	3.23	3.36	3.65	2.40	3.26	3.26	3.77
11	4.73	6.78	4.95	4.19	3.46	3.15	3.31	2.50	3.53	3.55	3.22	3.64
12	4.63	4.59	4.73	4.60	3.40	3.18	2.27	1.97	1.98	2.93	4.02	4.39
13	3.97	3.22	3.05	2.79	2.36	1.76	1.61	1.71	1.68	2.62	2.80	2.80
14	3.92	4.84	3.92	4.77	3.59	2.81	2.28	2.79	2.58	2.82	3.65	3.99
15	5.51	8.06	6.08	4.26	2.91	2.03	2.19	2.20	2.35	3.03	3.24	3.66
16	3.13	3.04	5.15	3.37	2.73	2.35	1.85	1.98	2.09	2.93	3.00	3.84
17	4.97	5.09	4.47	4.49	3.30	2.86	2.43	2.89	2.61	3.37	3.24	4.11
18	4.68	5.33	6.92	4.00	2.61	2.17	1.49	1.53	1.52	2.38	2.21	2.65
19	2.19	2.93	3.91	1.83	1.69	2.13	1.46	1.77	1.23	2.03	1.94	2.19
20	2.22	3.26	3.81	4.20	2.86	2.72	2.00	2.81	1.80	2.12	2.60	2.83
21	5.18	8.22	4.83	4.05	2.89	2.65	2.39	3.11	3.14	3.39	3.67	3.50
22	3.05	3.28	5.64	5.39	3.58	2.63	2.62	2.07	2.44	2.95	3.08	3.02
23	2.69	3.05	5.22	3.19	2.28	1.76	1.85	1.61	1.85	2.55	2.69	3.10
24	3.23	0.78	7.00	7.00	3.95	3.19	2.63	2.42	2.93	2.10	2.47	3.28
25	5.11	5.78	3.43	2.40	2.22	1.99	1.86	2.61	3.14	3.37	4.40	5.23
26	5.79	5.46	5.84	5.04	3.01	2.01	1.74	1.80	2.04	2.37	2.31	2.44
27	3.13	4.65	5.62	4.32	3.08	2.55	2.39	3.43	2.77	3.42	4.58	4.28
28	5.32	4.24	4.16	3.45	2.33	1.89	1.95	2.54	2.16	1.77	1.93	3.63
29	3.06	3.63	5.28	3.81	2.88	2.97	2.55	2.76	2.68	2.97	3.31	3.16
30	2.84	2.46	5.53	7.34	3.86	2.50	2.19	2.71	3.05	3.45	3.51	4.30
31	4.49	7.11	4.87	4.00	2.41	2.46	2.15	2.13	1.95	2.55	2.85	3.07
32	4.48	6.32	7.92	6.32	4.75	3.94	3.44	3.93	2.97	2.97	2.84	3.89
33	3.45	3.89	4.61	4.44	3.42	2.58	2.71	2.58	2.52	3.34	3.85	4.53
34	6.00	5.69	6.40	5.29	3.49	3.05	2.74	3.65	2.61	2.99	2.83	3.74
35	4.45	5.43	8.22	8.47	4.10	2.60	2.34	2.24	2.39	3.15	2.93	4.04
36	6.42	5.45	4.35	3.57	3.05	2.11	1.80	1.64	2.30	2.95	3.29	3.47
37	4.71	4.69	3.46	3.54	2.72	1.59	1.83	2.24	2.31	2.81	3.38	2.93
38	3.75	5.51	5.44	4.13	3.26	2.64	3.03	3.17	3.09	3.17	4.10	5.14
39	3.62	4.85	5.17	3.80	2.37	1.92	1.84	1.83	1.99	2.71	2.22	3.05
40	4.31	6.15	4.28	3.26	2.45	2.47	2.41	2.55	2.69	3.21	3.32	3.95

ANEXO B-3

CUADRALES GENERADOS MODELO ESTOCASTICO ARMA (2,1) 40 AÑOS

ESTACION: QUITARACSA
RÍO: QUITARACSA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	10.28	19.24	14.85	16.14	7.58	5.16	4.03	4.13	4.57	5.28	8.68	9.92
2	10.35	10.02	18.64	13.81	8.55	7.82	6.92	6.57	6.29	10.13	7.67	9.71
3	9.60	16.19	16.21	10.77	7.80	5.53	4.21	4.04	4.34	6.00	8.61	9.48
4	13.09	23.63	29.23	21.68	11.28	7.31	6.26	6.16	6.72	6.06	9.37	9.24
5	16.05	22.20	27.43	22.57	12.37	11.59	9.57	6.70	6.14	13.17	10.16	11.68
6	14.47	20.35	13.60	19.29	11.18	6.63	6.11	5.43	5.23	6.76	8.52	9.14
7	8.13	13.79	24.07	16.34	9.37	8.14	8.12	6.85	5.91	10.04	9.86	9.43
8	7.91	11.38	13.74	10.45	8.59	8.40	6.54	4.30	5.21	6.65	8.91	12.76
9	15.79	14.44	22.04	16.61	9.76	9.61	10.47	11.52	9.33	13.68	9.55	10.91
10	14.81	13.18	15.97	12.99	8.93	6.57	5.43	5.77	6.97	8.89	10.26	10.35
11	10.36	21.73	12.49	10.45	7.70	6.14	5.62	5.79	6.15	8.70	0.33	8.70
12	19.32	21.52	23.43	20.16	9.31	5.91	5.92	4.34	4.76	7.13	8.26	9.74
13	13.40	20.35	22.00	20.52	11.13	9.01	8.52	6.48	7.74	14.45	8.74	6.50
14	8.03	11.73	15.83	10.15	7.45	7.42	7.61	7.09	8.16	8.66	10.66	11.68
15	8.75	10.51	18.64	13.89	8.56	6.55	5.32	5.57	5.48	9.85	9.77	10.18
16	10.93	11.80	17.51	16.55	9.32	6.19	4.88	4.71	5.21	9.07	11.20	9.91
17	8.67	14.42	14.03	16.84	9.29	7.89	6.00	5.34	6.07	7.86	7.75	8.94
18	12.41	16.81	19.49	14.90	10.46	7.00	5.33	4.79	5.50	6.35	9.07	8.66
19	6.14	10.99	18.32	11.69	11.41	8.49	6.45	5.89	6.27	8.15	12.19	13.91
20	13.49	19.54	12.41	10.67	8.28	6.15	4.02	4.49	5.83	7.37	9.21	7.26
21	9.94	10.50	38.84	17.69	11.16	6.60	6.22	6.00	5.72	4.77	11.65	11.76
22	15.28	16.31	15.61	14.95	10.63	7.56	6.07	7.98	6.89	9.58	7.67	7.70
23	5.94	10.69	22.20	15.92	8.46	6.30	5.19	6.50	8.15	7.41	10.28	10.13
24	13.72	18.90	40.32	25.15	9.95	7.75	7.34	5.28	7.14	6.60	9.84	10.16
25	8.28	19.74	19.74	15.49	10.54	8.42	7.91	6.80	6.57	9.20	12.22	10.80
26	21.99	28.19	32.95	16.48	10.58	7.80	6.60	7.19	7.08	7.90	11.24	14.20
27	16.93	20.75	15.48	13.16	9.49	8.67	6.89	7.31	7.28	8.40	8.54	11.63
28	18.40	19.11	21.69	15.05	9.32	8.74	4.57	4.43	5.44	7.57	6.20	7.55
29	8.23	11.66	15.52	14.46	8.45	6.20	5.65	4.85	4.30	6.45	7.92	11.25
30	7.73	11.31	11.30	8.83	8.14	6.44	4.30	5.06	6.13	9.41	8.67	9.48
31	17.95	18.52	23.65	18.07	11.85	8.46	5.38	5.37	6.19	7.34	11.61	14.15
32	13.22	19.25	9.60	9.13	6.80	7.05	6.04	4.85	5.19	10.31	10.45	13.81
33	12.34	14.25	20.65	13.33	8.10	6.81	4.12	5.22	5.97	7.58	7.48	9.02
34	11.34	15.37	21.40	19.85	12.33	11.46	8.05	6.58	7.28	6.74	9.14	10.30
35	16.93	24.57	21.25	13.77	7.62	5.64	4.05	4.12	5.37	12.92	7.53	9.21
36	6.07	10.47	12.07	12.21	8.56	7.89	7.54	7.16	6.14	6.31	8.85	9.40
37	10.32	17.24	19.35	14.47	10.73	7.51	6.55	6.42	5.26	7.33	10.46	12.14
38	13.72	19.27	24.91	19.29	9.31	7.62	7.57	7.32	7.40	8.83	10.65	10.65
39	7.66	8.85	21.76	19.64	7.80	6.57	6.65	4.54	4.91	6.98	9.75	10.61
40	8.42	15.14	29.09	24.40	11.23	9.10	7.23	5.65	4.92	9.07	13.77	20.88

CARACTERIZACIÓN HIDROMÉTRICA

Tabla 1. Caracterización de las subcuencas de la cuenca del río Santa

Estación	Río	Área km ²	Caudal medio m ³ /s	CV	Caudal específico l/(s*km ²)	Coefficiente asimetría
Recreta	Santa	290	2.78	0.41	9.59	2.19
Pachacoto	Pachacoto	202	4.28	0.69	21.19	1.13
Querococha	Querococha	63	1.61	0.71	25.56	1.17
Olleros	Olleros	174	4.90	0.65	28.16	1.05
Quillcay	Quillcay	250	7.47	0.5	29.88	0.98
Chancos	Marcará	210	7.88	0.49	37.52	0.81
Llanganuco	Llanganuco	86	3.01	0.36	35.00	0.57
Parón	Parón	48	1.60	0.37	33.33	0.66
Colcas	Colcas	235	5.64	0.51	24.00	1.10
La Balsa	Santa	4260	87.88	0.7	20.63	1.40
Cedros	Cedros	115	3.47	0.39	30.17	1.33
Quitaracsa	Quitaracsa	385	10.70	0.52	27.79	1.47
Condorcerro	Santa	10400	146.44	0.83	14.08	2.23
Puente Carretera	Santa	11565	151.10	0.86	13.07	1.55

La población del estudio estuvo constituida por los datos de los caudales medios mensuales de la cuenca del río Santa.

Las muestras las constituyen los registros históricos de las estaciones hidrométricas de: Recreta, Pachacoto, Querococha, Olleros, Quillcay, Chancos, Llanganuco, Parón, Cedros, Quitaracsa, Colcas, Condorcerro y Puente Carretera; desde 1956 a 1995. Los registros históricos fueron proporcionados por ELECTROPERUS.A.

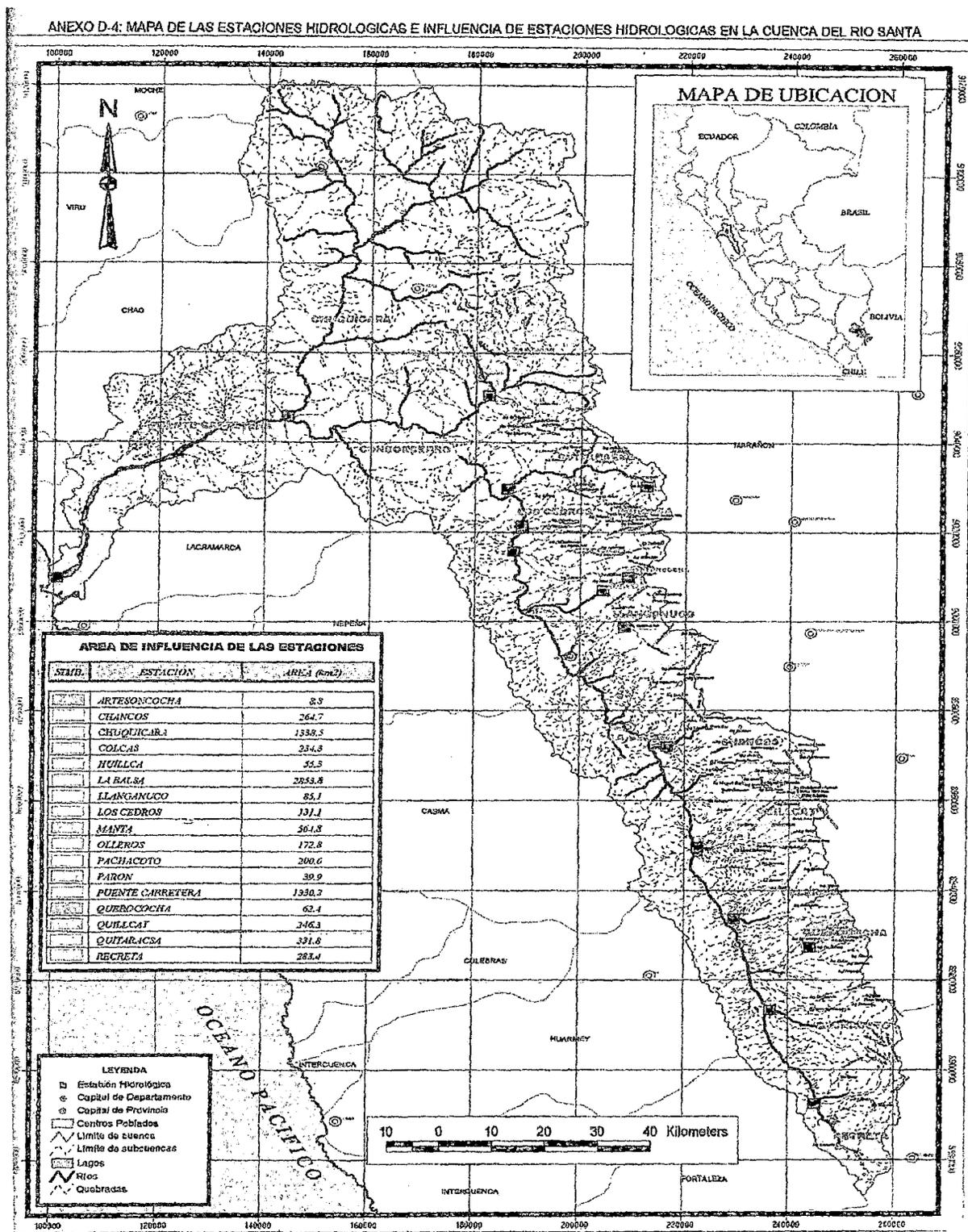
En la tabla 1, se observa que el caudal específico multianual varía de 9.59 l/s*km a 37.52 l/s*km , indicando que las producciones hídricas de las subcuencas no son iguales.

Los coeficientes de variabilidad multianual (CV) indican que los caudales medios mensuales no son constantes a través del tiempo.

Los coeficientes de asimetría positivas indican que los histogramas de los caudales medios mensuales de cada una de las estaciones no son simétricos y tienen cola hacia la derecha, lo cual indica que con mayor frecuencia ocurren caudales menores que el caudal promedio.

ANEXO 2: MAPA DE LAS ESTACIONES HIDROLOGICAS E INFLUENCIA DE ESTACIONES HIDROLOGICAS EN LA CUENCA DEL RIO SANTA

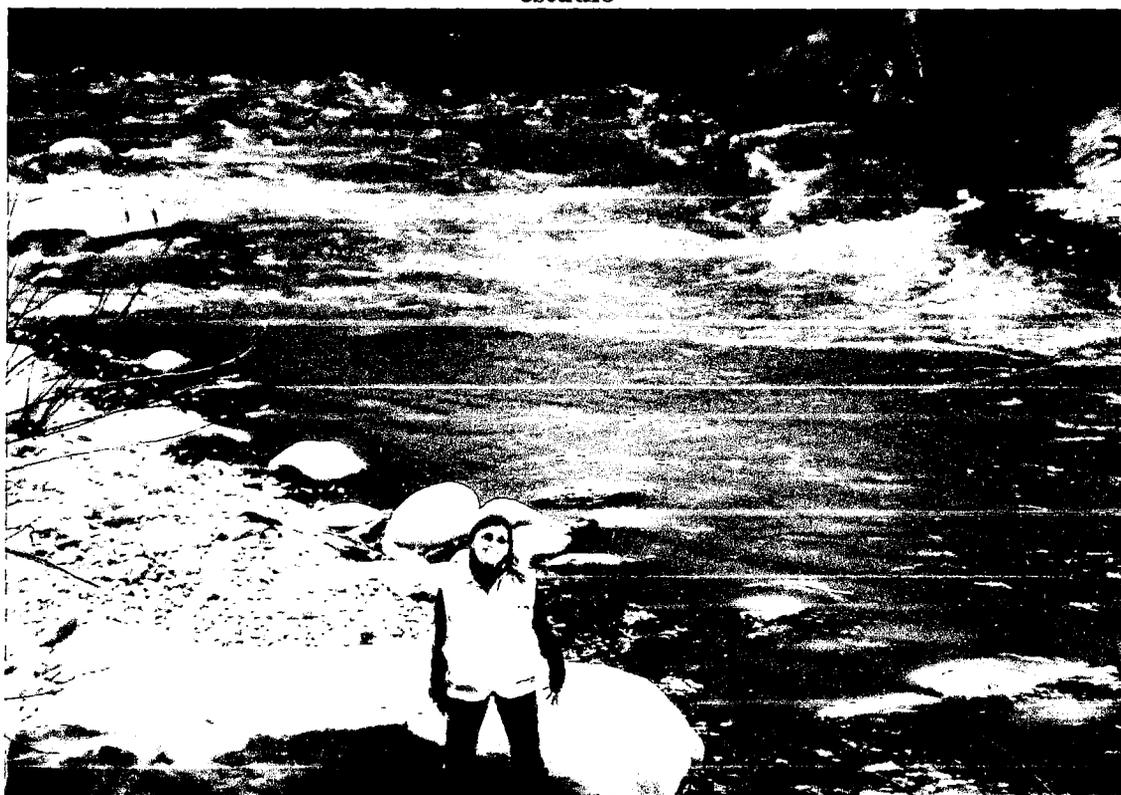
ANEXO D-4: MAPA DE LAS ESTACIONES HIDROLOGICAS E INFLUENCIA DE ESTACIONES HIDROLOGICAS EN LA CUENCA DEL RIO SANTA



ANEXO 3. PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía 1, tomada en el puente San Gerónimo (Calicanto), lugar de inicio del estudio



Fotografía 2, tomada en el margen derecho del río Santa, reconocimiento del lugar de estudio.



Fotografía 3, tomada en el margen derecho del río Santa tomando las coordenadas UTM, para la elaboración del mapa geológico.



Fotografía 4, tomada en el margen izquierdo del río Santa, aguas abajo, haciendo el seguimiento del cauce del río



Fotografía 5: tomada en el margen derecho del río Santa, aguas abajo, haciendo el seguimiento del cauce del río, ultimo tramo antes del BIM.

43854

ANEXO 4. PLANOS