



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

II PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL

TÍTULO:
**“EVOLUCIÓN DE LA SEDIMENTACIÓN
EN EL EMBALSE TINAJONES”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

Bach. CRISTHIAN POOL QUEVEDO ROJAS

ASESOR:

M.I. Juan Vicente Hernández Alcántara



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

II PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN PROFESIONAL

**“EVOLUCIÓN DE LA SEDIMENTACIÓN
EN EL EMBALSE TINAJONES”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentada a la Facultad de Ingeniería Agrícola, como requisito
parcial para optar el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA

En la

“UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO”

Sustentado ante el jurado:


M.Sc. JORGE CUMPA REYES
PRESIDENTE


ING. GERARDO SANTANA VERA
SECRETARIO


M.I. JUAN VICENTE HERNÁNDEZ ALCÁNTARA
ASESOR



INDICE

DEDICATORIA.....	8
AGRADECIMIENTO.....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I: REALIDAD PROBLEMÁTICA	13
1.1. Planteamiento del Problema.....	13
1.2. Formulación del Problema.....	13
1.3. Justificación e Importancia	13
• Justificación.....	13
• Importancia del Estudio	14
1.4. Objetivos.....	14
1.4.1. Objetivo General.....	14
1.4.2. Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. CONCEPTOS.....	14
2.1.1. CONCEPTOS BÁSICOS.....	14
2.2. CONCEPTOS COMPLEMENTARIOS.....	15
2.3. REVISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA.....	16
2.3.1. REFERENTE A ESTUDIOS HIDROLÓGICOS DE LA CUENCA DEL CHANCA Y.....	16
2.3.1.1. Año 1965. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRESA TINAJONES, SALZGITTER INDUSTRIEBAU.....	17
2.3.1.2. Año 1999. ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE INUNDACIÓN AGUAS ABAJO DEL RESERVORIO TINAJONES, Volumen I. CESEL S.A. Ingenieros Consultores.....	17
2.3.2. REFERENTE A ESTUDIOS GEOLÓGICOS DE LA CUENCA DEL CHANCA Y.....	18
2.3.2.1. Año 2006. DIAGNÓSTICO DE LOS PROBLEMAS Y CONFLICTOS DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA CUENCA CHANCA Y- LAMBAYEQUE.....	18



2.3.2.2. Año 1997. REPOTENCIACIÓN DE PRESA TINAJONES, MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, DEPOLTI. Capítulo III.....	19
2.3.3. REFERENTE A ESTUDIOS HIDRÁULICOS EN EL EMBALSE TINAJONES	15
2.3.3.1. Año 1965. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRESA TINAJONES, SALZGITTER INDUSTRIEBAU GMBH.....	20
2.3.3.2. Año 1983. RESERVORIO TINAJONES. CONTROL DE LOS DIQUES Y SEDIMENTACIÓN EN EL RESERVORIO, por el Ingº Roll G. Niemeyer. Gesellschaft für Agrarentwicklung.....	20
2.3.3.3. Año 1997. REPOTENCIACION DE PRESA TINAJONES, MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, DEPOLTI. Capítulo IX.....	21
2.3.4. REFERENTE A LOS ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS DEL MANEJO DE CUENCAS EN LA COSTA DEL PERÚ.....	21
2.3.4.1. AÑO 2006. DR. ING. ARTURO ROCHA FELICES, SITUACIÓN ACTUAL.....	21
2.3.4.2. AÑO 2006. EL FENÓMENO DEL NIÑO Y SU INCIDENCIA EN LA EROSIÓN. DR. ING. ARTURO ROCHA FELICES.....	22
2.3.5. REFERENTE A ESTUDIOS SOBRE SEDIMENTOS EN EMBALSES LATERALES.....	23
2.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO TINAJONES.....	24
2.4.1. Generalidades.....	24
2.5. Principales obras hidráulicas.....	25
2.5.1. Obras de Trasvase.....	25
2.5.2. Obras de Captación.....	26
2.5.3. Obra de Almacenamiento.....	27
2.5.4. Obras de Distribución e Irrigación.....	27
2.5.5. Obras de Drenaje.....	28
CAPÍTULO III: ASPECTOS GENERALES.....	29
3.1. Origen y causas que ocasionan el problema de Sedimentación del Embalse.....	29
3.2. Aspectos Hidrológicos y Sedimentológicos del Reservorio Tinajones.....	30
3.2.1. Transporte de Sedimentos y Sedimentación del Embalse.....	30
3.2.2. Volúmenes almacenados en el reservorio tinajones.....	30
3.3. Estudio del transporte de sedimentos y sedimentación en el Embalse Tinajones.....	34



3.3.1. Generalidades.....	34
3.3.2. Propiedades de los sedimentos depositados en el embalse tinajones.....	34
3.3.3. Mecánica del transporte de sedimentos.....	35
3.3.4. Provenientes del río chancay.....	36
3.3.5. Provenientes del canal alimentador.....	37
3.3.6. Provenientes de las quebradas adyacentes al embalse.....	37
3.4. ESTIMACIÓN DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL RÍO CHANCAY.....	37
3.5. TRANSPORTE DE SÓLIDOS HACIA EL EMBALSE TINAJONES.....	39
3.5.1. DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 1969 – 1985.....	39
3.5.1.1. Aporte de sedimentos a través del canal alimentador (1969 - 1985).....	39
3.5.1.2. Aporte de sedimentos a través de las quebradas adyacentes (1969 - 1985).....	40
3.5.2. DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 1986 - 1997.....	40
3.5.2.1. Aporte de Sedimentos a través del Canal Alimentador (1986 - 1997).....	40
3.5.2.2. Aporte de Sedimentos a través de las Quebradas Adyacentes (1986 - 1997).....	41
3.5.3. DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 1998 -2006.....	41
3.5.3.1. Aporte de Sedimentos a través del Canal Alimentador (1998 - 2006).....	41
3.5.3.2. Aporte de Sedimentos a través de las Quebradas Adyacentes (1998 - 2006).....	41
3.6. DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL SEDIMENTADO EN EL INTERIOR DEL EMBALSE TINAJONES.....	42
3.6.1. DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL SEDIMENTADO DURANTE LOS AÑOS 1969 Y 1985.....	43
3.6.2. DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL SEDIMENTADO DURANTE LOS AÑOS 1985 Y 1997.....	45
3.6.3. DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL SEDIMENTADO DURANTE LOS AÑOS 1997 Y 2006.....	45



3.7. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE RETENCIÓN DEL EMBALSE TINAJONES.....	46	
3.8. TASA DE DEPOSICIÓN DE SEDIMENTOS EN EL EMBALSE TINAJONES.....	46	
3.9. DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE VIDA ÚTIL DEL EMBALSE TINAJONES.....	47	
CAPÍTULO IV: MATERIAL Y MÉTODO		
4.1. MATERIAL.....	48	
4.1.1.EQUIPAMIENTO DE LA EMBARCACION HIDROGRAFICA.....	48	
4.1.2.EQUIPAMIENTO EN TIERRA PARA LA BATIMETRIA.....	43	
4.2. METODOS.....	49	
4.2.1.LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y BATIMETRIA DEL RESERVORIO TINAJONES Y DETERMINACION DEL VOLUMEN DE SEDIMENTOS ACUMULADOS.....	44	
4.2.2.METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE SEDIMENTOS ACUMULADOS EN EL EMBALSE TINAJONES – BATIMETRIA.....	50	
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCICIÓN		51
5.1. TOPOGRAFIA Y BATIMETRIA REALIZADA EN EL RESERVORIO TINAJONES.....	51	
5.1.1. Topografía del Reservoirio Tinajones, Año 1969.....	51	
5.1.2. Topografía del Reservoirio Tinajones, Año 1997.....	52	
5.1.3. Topografía del Reservoirio Tinajones, Año 2006.....	53	
5.1.4. Topografía del Reservoirio Tinajones, Año 2007.....	55	
5.2. RESULTADOS DEL ÚLTIMO AÑO QUE SE REALIZADO EN EL RESERVORIO TINAJONES PARA HALLAR LA DESIMENTACIÓN.....	57	
5.2.1. Cubicación del Reservoirio Tinajones, Año 2017.....	58	
5.2.2. Relación Cota-Volumen del Año 2017.....	59	
5.2.3. Relación Cota-Área del Año 2017.....	61	
5.2.4. Relación Área-Volumen Año 2017.....	63	
5.2.5. Consolidación Relación Cota-Volumen (1969-2017).....	65	
5.2.6 Consolidación Relación Cota-Área (1969-2017.....	66	
5.3. CONSOLIDACIÓN DE LA SEDIMENTACIÓN DEL RESERVORIO TINAJONES.....	67	



5.4. NIVELES CARACTERÍSTICOS E IMPORTANTES PARA UNA ADECUADA OPERACIÓN DEL EMBALSE DEL RESERVORIO TINAJONES.....	68
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.....	71
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES.....	72
CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
CAPÍTULO IX: ANEXOS.....	74
FOTOS.....	87
FIGURAS.....	95
PLANOS	96



DEDICATORIA

A la memoria de mi querido padre, que desde el cielo me guía para así poder seguir con todos mis proyectos.

A María Aurora Rojas Salcedo, mi madre, cuyo apoyo incondicional, sacrificio y esfuerzo, sirvió para poder construir todo lo que he logrado y convertirme en una gran persona.

A mi hermano mayor, Aldo Gabriel Quevedo Rojas, por ser una por ser un ejemplo de persona y seguir con todos mis proyectos de vida. A mi hermano Tito Daniel Quevedo Rojas, por darme siempre su apoyo en todo lo que necesito.

A mi pareja, Pamela Julcamoro Zapo, por entenderme en todo, por motivarme y ayudarme hasta donde sus alcances lo permitan.

A mi estimado amigo y compañero de trabajo, Miguel Sosa Ballena, por sus sabios consejos y por enseñarme a ser una gran persona.

Al Ing. Jorge Cumpa Reyes y al Ing. Gerardo Santana Vera, por sus grandes consejos, por compartir conmigo sus valores y su gran estima hacia mi persona.

Al Ing. Juan Hernández Alcántara, quien se ha tomado el arduo trabajo de transmitirme sus conocimientos para poder lograr mis metas.



AGRADECIMIENTO

Mi más cordial agradecimiento a todos los ingenieros de la Facultad de Ingeniería Agrícola, que, con sus sabias enseñanzas y experiencias profesionales, me dieron los conocimientos necesarios para desarrollarme como profesional.

Mi agradecimiento al Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT), por su colaboración y orientación del presente trabajo de investigación.

De igual modo mi agradecimiento a los Ingenieros de la facultad, por su acertado asesoramiento en el desarrollo del presente trabajo de investigación, gracias a su apoyo se pudo concluir el presente trabajo de investigación.



RESUMEN

El presente trabajo de investigación realizado “Evolución de la sedimentación en el Embalse Tinajones”, es realizado con el fin de saber cómo se ha ido depositando los sedimentos año tras año para que su almacenamiento de 317’000,000 m³ no se vea afectado con el pasar de los años por dichos sedimentos de las diferentes quebradas y el canal alimentador que llega directamente al reservorio.

En esta investigación se recopiló información topográfica de diferentes años, procedentes del archivo técnico del PEOT, datos que servirán para el desarrollo del trabajo de investigación y datos sobre los volúmenes de sedimentación.

Mediante el método de batimetría que es un procedimiento especial por tratarse de un levantamiento empleando medidas indirectas pero precisas, ya que se usa la ecosonda que permite medir los tiempos de viaje que demoran las ondas acústicas emitidas desde un transductor (en la superficie del agua) y el eco de estas luego de reflejarse en el fondo sólido.

Luego del procesamiento de datos y cálculos mediante el software AUTOCAD CIVIL 3D, se obtuvo volúmenes mediante diferentes métodos de los cuales se tomó el volumen promedio de esta manera se obtuvieron los datos del volumen de sedimentación para los diferentes años, en el presente proyecto se encuentran los datos obtenidos, los cuales muestran el avance de la sedimentación año tras año, por lo cual se ha recomendado seguir realizando estudios parecidos para obtener un sistema de modelación matemática que permita estimar los cambios sufridos por el lecho y determinar diversos parámetros del embalse Tinajones.

Palabras clave: sedimentación, embalse, batimetría, ecosonda.



ABSTRACT

This research work carried out "Evolution of sedimentation in Tinajones Reservoir", is carried out in order to know how sediments have been deposited year after year so that its storage of 317'000,000 m³ is not affected by the passing of the years by said sediments of the different streams and the feeder channel that arrives directly to the reservoir.

In this research, topographic information was compiled from different years, from the technical file of the PEOT, data that will be used for the development of the research and data on sedimentation volumes.

Using the bathymetry method, which is a special procedure because it is a survey using indirect but precise measures, since the echo sounder is used to measure the travel times that delay the acoustic waves emitted from a transducer (on the surface of the water) and the echo of these after reflecting in the solid background.

After the processing of data and calculations using the AUTOCAD CIVIL 3D software, volumes were obtained by different methods, from which the average volume was taken, in this way the sedimentation volume data were obtained for the different years. the data obtained, which show the progress of the sedimentation year after year, for which it has been recommended to continue carrying out similar studies to obtain a mathematical modeling system that allows to estimate the changes suffered by the bed and determine various parameters of the Tinajones reservoir.

Keywords: sedimentation, reservoir, bathymetry, echo sounder.



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se ha elaborado para analizar los trabajos de investigación y así nos permita conocer el volumen de la sedimentación del vaso de almacenamiento y de informar el proceso de sedimentación ocurrido en el Reservorio Tinajones, desde el inicio de su operación hasta la actualidad (desde 1,969 hasta el 2,017), tomando en consideración los levantamientos topográficos realizados en el embalse en los años 1969, 1997, 2006, 2017 y la batimetría realizada entre los meses de octubre y diciembre del 2007, enero del 2008, mayo y junio del 2017, que son mencionados en la referencias bibliográficas.

La Región Lambayeque es una zona semiárida, y padece cada vez con mayor frecuencia del FENÓMENO DEL NIÑO (FDN), evento que descontrola los niveles de precipitación con lluvias que producen terribles inundaciones que conllevan a pérdida de vidas humanas y cuantiosas pérdidas económicas. Lo más perjudicial para nuestra cuenca desde el punto de vista hidráulico es que con la turbulencia el agua arrastra sedimentos hacia el sistema de riego, que es reparable; y hacia el Embalse Tinajones cuya descolmatación sería más costosa que la construcción de un nuevo Embalse.

Considerando que la presa principal y los tres diques secundarios ubicados en la margen derecha del río Chancay-Lambayeque forma un almacenamiento lateral, es necesario extender su vida útil por el mayor tiempo posible, pues es almacenamiento para agua de riego y abastecimiento de agua para Chiclayo y Lambayeque.

En consecuencia, el presente trabajo de investigación evalúa su proceso de sedimentación año tras año considerando las dos fuentes más importantes de azolves: el canal Alimentador y las quebradas aledañas al vaso del embalse; con ello se determinará el volumen muerto por sedimento en el vaso del embalse, la eficiencia del embalse para retener los sedimentos, los años de vida útil que tendrá el embalse antes de llegar a su valor crítico, etc. También se evalúa el proceso de erosión de estas quebradas y de las partes altas de la cuenca del Chancay para recomendar obras de prevención a corto y mediano plazo.

Cuando la reducción del volumen útil alcanza un cierto valor crítico, característico de cada proyecto, se ha llegado al fracaso económico; por cuanto cada metro cúbico de sedimentos depositados representa un metro cúbico menos de volumen de regulación y, en algunos casos, varios metros cúbicos menos de volumen regulado.

La información a ser obtenida en el presente trabajo de investigación referente al volumen de sedimentos existentes en el vaso, la eficiencia del reservorio para retener la sedimentación, permitirá estimar la capacidad real del embalse.

CAPÍTULO I: REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1. Planteamiento del Problema

Actualmente el problema que se presenta en el reservorio Tinajones son los aportes de sólidos en suspensión y de fondo de las quebradas Chaparrí y Arequipaña que drenan directamente al embalse, así como los sedimentos propios del río Chancay-Lambayeque que son captados por la Bocatoma Raca Rumi y conducidos por el canal alimentador. El desarenador existente en Bocatoma Raca Rumi está diseñado para capturar partículas mayores a 2 mm y los de menor tamaño pasan al reservorio.

Las lluvias en nuestro país generalmente están comprendidas entre octubre y marzo es por eso que se ve en la necesidad de captar agua en grandes o pequeños embalses o en este caso el reservorio a través de sistemas sofisticados para que luego se aproveche en épocas de sequía.

Pero las lluvias que por consecuencia forman los ríos, arroyos no solo traen agua, sino que también transportan sólidos, que han sido erosionados en la parte alta de la cuenca y que se aloja en la tasa del reservorio, esto esté sujeto a un grado de sedimentación y por lo que disminuye la capacidad del reservorio.

Los eventos extremos que puedan producirse en la cuenca del río Chancay-Lambayeque como se vio en el primer trimestre del año 2017, el fenómeno “El Niño Costero”, esto sumado al proceso de sedimentación por descuido de los parámetros que regulan la erosión, originan un proceso de colmatación acelerada en el Reservorio Tinajones, acarreando grandes volúmenes de sedimentos.

1.2. Formulación del Problema

La cuenca del Río Chancay-Lambayeque no solamente trae consigo agua, sino también grandes cantidades de sedimentos los cuales son atrapados por el Desarenador en épocas de intensas lluvias. Sin embargo, en los años en que aparece fenómenos extremos como el que vivimos el año 2017 “El Niño Costero” que se vio afectada gran parte de la región Lambayeque causando daños de bastante índole, el desarenador ya no cumple su función por las grandes velocidades del agua impidiendo así la decantación de las partículas pasando una cantidad considerable de sedimentos hacia el Reservorio Tinajones a través del Canal Alimentador, por lo que disminuye su capacidad del Reservorio Tinajones.

1.3. Justificación e Importancia

- **Justificación**

Se hace esta investigación para evaluar y conocer, el volumen de sedimentos en el Embalse Tinajones que depende mucho de los aportes de las quebradas aledañas al embalse y del buen funcionamiento del desarenador que al producirse grandes avenidas del Río Chancay, el desarenador poco o nada puede hacer para evitar el ingreso de sedimentos por las altas velocidades que se producen en el cauce del Río Chancay; a la vez que permitirá ofrecer una guía o instructivo que permita orientar a futuras investigaciones y dar las pautas para resolver problemas de sedimentación en embalses.

- **Importancia del Estudio**

Es de mucha importancia el estudio y análisis de la sedimentación que se da en el vaso del Reservorio Tinajones porque así podremos saber su capacidad del reservorio, las demandas de agua para el riego, uso poblacional e industrial y la generación de energía eléctrica, se requieren durante todo el año.

Es importante también porque hay pocos estudios de conservación de suelos, prevención de desastres, y de obras de protección de estructuras hidráulicas, tan costosas como es el Embalse Tinajones, y cuya colmatación ocasionaría severos daños a la comunidad y la economía de la región Lambayeque.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Estimar y evaluar cronológicamente la evolución del volumen de sedimentos depositados en el vaso del Embalse Tinajones.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Reconocer los diversos factores de sedimentación en los reservorios laterales y diferenciarlos de un reservorio frontal.
- Conocer en forma concisa y elemental los aspectos más importantes relacionados con la acumulación de sedimentos en el Embalse Tinajones.
- Evaluar el crecimiento de la Sedimentación que se produce en la Tasa del Embalse Tinajones año tras año, considerando la información topográfica y batimétrica realizada.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTOS

2.1.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Correspondiente a la terminología oficial adoptada por la **Comisión Internacional de Grandes Presas – ICOLD (International Commission on Large Dams)**, a continuación, se presenta las definiciones para los principales términos que se usan al estudiar los embalses. Las palabras entre paréntesis corresponden a la terminología oficial en inglés, francés y alemán, respectivamente

Embalse (Reservoir, Retenue, Speicher). Lago o estanque artificial en el que se puede almacenar una gran cantidad de agua. Es frecuente, en algunos países, usar la palabra reservorio para designar a un embalse. En España se les conoce como pantanos.

Volumen Útil (Active storage, reserve utile, Speichernutzdrawn).

Es el volumen del embalse que está disponible para su uso en generación de energía, irrigación, control de avenidas u otro propósito. No incluye el volumen de agua durante el tránsito de una avenida y que está por encima de la cresta del aliviadero. El Volumen útil es el volumen total menos el volumen inactivo y el volumen muerto.

Volumen muerto por cota de derivación (Dead storage, Tranche morte, Totraum).

Es el volumen ubicado por debajo del punto más bajo de descarga que exista en el embalse.

Volumen de control de avenidas (Flood storage, Tranche de ente, Hochwasserrückhalt). Es la parte del volumen útil usada específicamente para este fin.

Otros conceptos básicos

Erosión. Es un proceso natural que se desarrolla continuamente desde los tiempos geológicos y que determina inmoderada forma de la corteza terrestre. El glosario de la organización meteorológica mundial define la erosión como el desgaste del suelo por acción del agua en movimiento, de los glaciares, vientos y olas. FRIJLIINK, en su libro “Rivers”, nos dice que la erosión es el proceso natural de destrucción (“demolition”) de la superficie de la tierra y la remoción por el viento y el agua de los productos resultantes.

Sedimento. Materia que habiendo estado suspendida en un líquido se posa en el fondo por su mayor gravedad. Son partículas no consolidadas creadas por la meteorización y la erosión de rocas, por precipitación química de soluciones acuosas o por secreciones de organismos, y transportadas por el agua, el viento o los glaciares.

Levantamiento Batimétrico. Es la técnica asociada a la obtención de valores de profundidad del agua. Ésta puede ser de tipo marina, lacustre o fluvial. La hidrografía se preocupa de representar los valores de profundidad de un lugar en un mapa. La información batimétrica puede utilizarse para diversos fines, como la ingeniería costera (instalación de estructuras, construcción de muelles, dragados, etc.) y para operación de Embalses.

2.2. CONCEPTOS COMPLEMENTARIOS

Precipitación: Agua procedente de la atmósfera que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la tierra.

Escorrentía: Parte del agua de precipitación que discurre por la superficie de la tierra hacia corrientes u otras aguas superficiales.



Dique: Es una presa de tierra con material zonificado, conformada por un núcleo central impermeable de arcilla y espaldones de material granular aluvial. El talud aguas arriba se encuentra protegido por material de enrocado.

Cota de Corona: Cota del borde más alto del dique, es el nivel más alto al que puede llegar el agua antes de evacuar por encima del dique.

Nivel de Aguas Mínimas (NAMI): Es la cota del volumen mínimo que debe almacenar el embalse para mantener estable las condiciones del fondo impermeable y las subpresiones en los diques.

Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO): Es la cota del volumen máximo a la que llega el agua en ocasiones ordinarias. Estadísticamente es la proyección del volumen que puede almacenarse en el embalse en años de precipitación normales.

Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME): Es la cota del volumen máximo que se puede embalsar antes de iniciar un proceso de falla de los diques, representa el punto crítico de seguridad en el proyecto por lo que se deben aplicar los métodos necesarios de desfogue para evitar el fracaso.

Material de lecho: Es la mezcla de materiales que componen el lecho de la corriente.

Transporte o carga del material de lecho: Es la parte del transporte total de sedimentos compuesto por tamaños de granos existentes en el material del lecho de la corriente.

Material fino: Es el material transportado por la corriente, principalmente en suspensión, compuesto por tamaños de granos más pequeños que aquellos que componen el material de lecho.

Transporte de material fino o carga lavada: Es la parte del transporte total de sedimento compuesto de granos menores a los encontrados en el material de lecho de la corriente. En su mayor parte proviene de la Hoya hidrográfica.

Sedimento de fondo: Es el que se mueve por saltación, rodamiento, y Deslizamiento sobre o cerca al lecho de la corriente. Proviene del material de lecho.

Sedimento suspendido: Es el que permanece en suspensión en la corriente por intervalos apreciables de tiempo, Por efecto de la turbulencia del flujo. El sedimento en suspensión se compone de Material fino y material de lecho en suspensión.

2.3. REVISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA

2.3.1. REFERENTE A ESTUDIOS HIDROLÓGICOS DE LA CUENCA DEL CHANCAY



2.3.1.1. Año 1965. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRESA TINAJONES, SALZGITTER INDUSTRIEBAU.

a. Delimitación de la Cuenca de Gestión

La Cuenca de gestión del río Chancay-Lambayeque se ubica en el Norte del Perú. Comprende dos partes claramente definidas el valle (costa) en la región Lambayeque y la sierra en la región Cajamarca. Su afluente principal es el río Chancay perteneciente a la vertiente del Pacífico, de régimen irregular, con una longitud total de 170 Km.

Geográficamente, se encuentra entre los paralelos 6° 20' y 6° 56' de Latitud Sur, y entre el meridiano 78° 38' y 80° 00' de Longitud Oeste. Políticamente su territorio corresponde a las Regiones de Lambayeque y Cajamarca.

La Cuenca de gestión tiene una extensión de 5702 Km², de los cuales, 5309 Km² corresponden a la cuenca propia y 391 Km² corresponden a la cuenca del río Chotano y 2 Km² a la cuenca del río Conchano. Se divide en el Subdistrito de Riego Regulado que se extiende desde la Bocatoma Racarumi hasta el límite con el Océano Pacífico y el Subdistrito de Riego No Regulado, desde la Bocatoma Racarumi hacia aguas arriba.

La cuenca de gestión limita por el Norte con las cuencas de los ríos Motupe - La Leche por el Sur con las cuencas del Jequetepeque - Zaña, por el Este con las cuencas de los ríos Llaucano y Chotano y por el Oeste con el Océano Pacífico.

b. Capacidad de Transporte de sólidos en el Río Chancay

De los estudios realizados por la firma alemana **SALZGITTER INDUSTRIEBAU GmBH**, por el periodo de tres años consecutivos en estación Carhuaquero, se obtuvo que el aporte medio anual de sólidos en suspensión registrados en este periodo, incluyendo un factor de 1.2 para compensar errores en la medición, es de 591,000 Ton/año, los que representan un volumen de 438,000 m³/año, tuvo un máximo de 516,000 m³/año para ese periodo. En cuanto al transporte de sólidos de fondo, fue estimado en un promedio anual de 253,300 Ton/año, que para un peso específico promedio de 2.65 Ton/m³ y una porosidad de 21%, representan 115,700 m³/año, con un máximo de 136,200 m³/año. Entonces tenemos que el río Chancay transporta un volumen de 553,700 m³ de sedimentos al año.

2.3.1.2. Año 1999. ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE INUNDACIÓN AGUAS ABAJO DEL RESERVORIO TINAJONES, Volumen I. CESEL S.A. Ingenieros Consultores

Del estudio se concluye que: La precipitación máxima para un periodo de retorno de 10,000 años en las quebradas Chaparrí y Arequipaña que drenan en el embalse Tinajones son 186.40 mm y 196.90 mm respectivamente, dan un promedio en la cuenca de 192.00 mm. Si se compara con el valor hallado en el estudio original de la **SALZIGITTER INDUSTRIEBAU GmbH** de 210.00 mm, la discrepancia es de 18.00 mm. Así mismo, la avenida para un periodo de retorno de 10,000 años calculada con las precipitaciones mostradas asciende a 890 m³/s. En el estudio original calcularon 900 m³/s. La diferencia también es pequeña. El caudal máximo probable obtenido es de 2860.00 m³/s e integra las avenidas de la misma naturaleza de las quebradas Chaparrí y Arequipaña, en las cuales las precipitaciones máximas probables son 186.4 mm y 196.90 mm respectivamente.

EL caudal máximo probable obtenido en el río Chancay resulta 2100.00 m³/s, menor que el obtenido para el Embalse Tinajones 2860.00 m³/s. Esto se explica por lo siguiente, el río Chancay tiene una superficie de cuenca 2330 Km² y tiene un efecto laminador mayor que las quebradas Chaparrí (67 Km²) y Arequipaña (80 Km²), de allí la diferencia en los valores picos. Pero en volumen de agua causada por la avenida la diferencia es inversa, la onda en el río Chancay tiene un tiempo base mucho mayor y, por lo tanto, el volumen es grande, en cambio en las quebradas Chaparrí y Arequipaña la onda es angosta y con volumen reducido.

2.3.2. REFERENTE A ESTUDIOS GEOLÓGICOS DE LA CUENCA DEL CHANCAY

2.3.2.1. Año 2006. DIAGNÓSTICO DE LOS PROBLEMAS Y CONFLICTOS DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA CUENCA CHANCAY-LAMBAYEQUE.

El relieve topográfico de la cuenca es muy variable a causa de la diversidad de estructuras geológicas en las que se sustenta; así, el valle es mayormente plano, y sólo en los sectores Reque y Eten ubicados hacia el sur, es ondulado.

La mayor parte de las tierras (82%) presenta una inclinación mínima (0.1 a 2 por mil); y en el resto, que corresponde a las partes más altas es ligeramente inclinado (2.1 a 5 por mil), Fisiográficamente se distinguen los siguientes paisajes:

- a. Paisaje del Valle Encañonado (aprox. 53,000 ha.):** Nace en la unión del río Chancay con el Maichil, en las faldas del cerro Baicon (480 m.s.n.m), dirigiéndose hacia el sur oeste hasta las faldas de los cerros Puntilla, Desaguadero y Campana (150 m.s.n.m). En este sector se encuentra el Embalse Tinajones.

b. Paisaje de la Llanura Aluvial (aprox. 147,000 ha): Se inicia en el río Chancay, en las faldas del cerro La Puntilla. Se encuentra limitada por el norte con el Nuevo Canal Taymi y la Acequia Túcume y colindante con éstos las Pampas de Motupe - Jayanca y la Mariposa Vieja; por el sur está limitado por el río Reque, colindante éste con los cerros Guitarra, Negro, Reque y el Morro de Eten; por el este, con los cerros de Piedra Blanca, Azul Mirador, Plácido, Las Salinas, Las Pampas de Yahuary Negro y Quinaquina y por el oeste con las pampas de Los Perros, Pimentel y las Salinas.

La llanura Aluvial que sustenta una agricultura importante (caña de azúcar y arroz), está formada por los depósitos de materiales transportados por los ríos Lambayeque y Reque, en la parte Sur; y los ríos La Leche, Mórrope, Motupe y sus afluentes, por el noroeste hacia el denominado Valle Nuevo. La Llanura cubre casi toda la extensión del paisaje; en ésta se encuentran diseminadas y aisladas pequeñas lomas y colinas; la parte más ancha tiene aproximadamente 45 Km. de longitud; los terrenos son planos y con escasa gradiente.

c. Paisaje de Abanicos Aluviales Locales (aprox. 16,200 ha): Se encuentra limitando la Llanura Aluvial hacia el este. Estos abanicos, formados por numerosas quebradas, no tienen importancia, pues solamente la Playa Querque (300 ha) sostiene una pequeña agricultura establecida (cultivos de temporada).

d. Paisaje de Médanos (aprox. 21,000 ha): Se ubica en las partes irrigadas de las Pampas de Mórrope, La Mariposa Vieja y los Perros. Estos médanos son característicos de la llanura costera y están constituidos por arena cuaternaria, que es desintegración física de la roca madre. Estos terrenos no tienen vegetación.

e. Paisaje de Formaciones Eólicas (9,500 ha): Se halla en forma dispersa en diferentes sectores del valle. En el sector Lambayeque están agrupadas formando cadenas.

f. Paisaje de Terrenos Litorales (aproximadamente 3,300 Has): Está representado por una estrecha faja, cerca al mar, y está constituido por depósitos marinos que actúan como una barrera impermeable para la evacuación del flujo subterráneo.

2.3.2.2. Año 1997. REPOTENCIACIÓN DE PRESA TINAJONES, MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, DEPOLTI. Capítulo III.

Según el estudio, geológicamente los bordes del embalse están constituidos exclusivamente por formaciones de serie compuesta de areniscas, arcillitas y cuarcitas con intercalaciones de masas espesas de rocas volcánicas, el

fondo del vaso del Embalse Tinajones está formado principalmente por material suelto (aluvión) de la serie compuesta de bloques arenoso-lodoso, capas de grava, arena, limos, arcillas finamente estratificados lodos limosos de carácter arenoso e incluso grano muy fino y estratos arcillosos puros.

2.3.3. REFERENTE A ESTUDIOS HIDRÁULICOS EN EL EMBALSE TINAJONES

2.3.3.1. Año 1965. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRESA TINAJONES, SALZGITTER INDUSTRIEBAU GMBH.

a. Estimación de los Volúmenes de Sedimentos Transportados hacia el Embalse Tinajones por el Canal Alimentador

En el marco de las investigaciones hidrológicas del Río Chancay se realizaron mediciones de los volúmenes del material en suspensión. Como resultado de las mediciones se determinó un volumen promedio de material en suspensión de 0,50 Kg/m³ en la Estación Carhuaquero en los años 1964-1965. La curva de distribución de gránulo del material en suspensión demuestra que, el 36% de los gránulos son más pequeños que 0,02 mm, el 78% de los gránulos son más pequeños que 0.2 mm y el 97% son más pequeños que 1 mm.

Como no existen otras mediciones sobre volúmenes de material en suspensión en el Río Chancay se calcula los sedimentos que ingresan anualmente al Reservorio Tinajones con esos resultados de medición. Los volúmenes de descarga anual en el Canal Alimentador varían entre 170 a 645 millones de m³ (valor promedio: 389 millones de m³), es decir entre el 13 y 79 % del volumen de descarga del río Chancay. El volumen anual del material en suspensión se ha calculado con un promedio de material en suspensión de 0.5 Kg/m³. En la planificación hidrológica de los volúmenes promedio anuales, que deberían ingresar al Embalse Tinajones, se han calculado 147 millones de m³/año.

Con el mismo contenido de material flotante de 0,50 Kg/m³ entonces se debería sedimentar 0.074 millones de toneladas/a ó 0.055 millones de m³/año.

2.3.3.2. Año 1983. RESERVORIO TINAJONES. CONTROL DE LOS DIQUES Y SEDIMENTACIÓN EN EL RESERVORIO, por el Ing° Roll G. Niemeyer. Gesellschaft für Agrarentwicklung.

a. Evaluación de los Volúmenes de Sedimentos Transportados hacia el Embalse Tinajones por el Canal Alimentador

Según cálculos en los 13 primeros años de funcionamiento del Embalse Tinajones, en promedio se sedimentaron 0.195 millones Ton/año con un peso específico del material flotante de 1.35 Ton/m³ han ingresado 0,144 millones de m³ en promedio por año al vaso receptor del Embalse Tinajones. Comparando con la sedimentación que hay en los embalses instalados en valles de los ríos que originan pérdidas mayores

en el volumen del embalse, la sedimentación ocurrida en el Embalse Tinajones hasta 1983 es muy poca. Sin embargo, la cantidad de sedimentación es mayor a lo planificado y se podría disminuir todavía con una operación diferente del sistema del Embalse.

2.3.3.3. Año 1997. REPOTENCIACION DE PRESA TINAJONES, MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, DEPOLTI. Capítulo IX.

a. Hidrología del Río Chancay. Régimen de Descargas

Según el estudio el río Chancay presenta un régimen de descargas muy irregulares, con un período de avenidas en los meses de verano y un período de estiaje en el resto del año. Este río recibe además los aportes del río Chotano y Conchano a través de túneles de trasvase del mismo nombre.

b. Sedimentos en la tasa del Embalse Tinajones al año 1997

Según el estudio el volumen de sedimentos existentes en la tasa del embalse al año 1997 fue de 16.425 millones de metros cúbicos. Apreciaron que la pérdida de área con respecto al original a consecuencia de la sedimentación de la tasa fue entre las cotas 175 m.s.n.m. y 186 m.s.n.m.

c. Capacidad de almacenamiento del Embalse Tinajones al año 1997

La capacidad de almacenamiento del embalse, al Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO), presento 4.95% del volumen ocupado por lo sedimentos (16.425 millones de m³), a la cota de 213.30 m.s.n.m. que corresponde al nivel del Aliviadero de Demasías el volumen de almacenamiento fue de 315.124 millones de m³, a diciembre de 1997.

d. Estimación de los años de Vida Útil del Embalse Tinajones al año 1997

Según el estudio a los 28 años de operación, con dos años “secos” (1985 y 1992), el volumen muerto por sedimentación ha sido colmatado en su totalidad, teniendo un excedente de 5.225 millones de m³, que constituyen pérdida de volumen regulador. Sin embargo, por la distribución batimétrica de los sedimentos, aseguran que el embalse cumplirá con los 50 años de vida útil.

2.3.4. REFERENTE A LOS ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS DEL MANEJO DE CUENCAS EN LA COSTA DEL PERÚ

2.3.4.1. AÑO 2006. DR. ING. ARTURO ROCHA FELICES, SITUACIÓN ACTUAL.

Las cuencas ubicadas en la costa norte del Perú, son zonas áridas y semi áridas, sujetas además a la aparición eventual del Fenómeno del Niño, suelen tener graves problemas originados por la fuerte erosión que sufren, cuya consecuencia es una gran producción de sedimentos que resultan sumamente perjudiciales para numerosos proyectos hidráulicos, tales como irrigaciones, centrales hidroeléctricas y los de abastecimiento de agua

poblacional. Los daños causados por los sólidos a las estructuras hidráulicas, y los esfuerzos por contrarrestar sus efectos, tienen un costo, generalmente muy grande, que debe ser considerado dentro de los proyectos de aprovechamiento integral de la cuenca. En el Perú se vive intensamente estos problemas en proyectos nacionales y binacionales, especialmente en lo que respecta a la conservación del volumen útil de los embalses de almacenamiento en zonas áridas y semiáridas sujetas al Fenómeno del Niño. La pérdida de volumen útil de nuestros embalses en actual funcionamiento es una realidad que estamos afrontando.

En su libro¹⁴ el Dr. Rocha demuestra que la solución de los problemas originados por la erosión de cuencas, producción de sedimentos y consiguientes daños a las estructuras hidráulicas, debe ser necesariamente parte de la planificación del uso de la cuenca y de su manejo. En conclusión debemos reconocer la enorme vinculación existe entre la concepción de proyectos de aprovechamiento hidráulico, el diseño de las respectivas estructuras y el manejo de cuencas hidrográficas. Se concluye también que en el manejo de la cuenca y en la concepción de los proyectos de aprovechamiento es necesario conocer y respetar la unidad hidrológica y sedimentológica de la cuenca.

2.3.4.2. AÑO 2006. EL FENÓMENO DEL NIÑO Y SU INCIDENCIA EN LA EROSIÓN. DR. ING. ARTURO ROCHA FELICES.

El Fenómeno del Niño (FDN) es un fenómeno natural que representa para la ingeniería, la economía y las actividades humanas en general, una modificación transitoria, eventualmente fuerte, y algunas veces desastrosa, del clima predominante en una parte importante del planeta. Algunas veces el FDN aparece con gran magnitud e intensidad y entonces recibe el nombre de Meganiño. En los últimos 112 años el Fenómeno del Niño se ha presentado en el Perú varias veces, cuatro de ellas como Meganiño, en las que produjo ingentes daños materiales, económicos y, lo que es más lamentable, con pérdida de vidas humanas. En el siglo XX, principalmente a partir de la década de los setenta, se emprendió el estudio y construcción de grandes proyectos hidráulicos, algunos de los cuales implicaban embalses de regulación, cuyo volumen útil debía conservarse. Las circunstancias de la época hicieron que se considerase por lo general un periodo de 50 años para la ocupación del volumen muerto previsto para los sedimentos. Pero, ahora sabemos que un periodo tan corto es incompatible con el lento proceso de maduración de los proyectos, la necesidad de su permanencia en el tiempo, la gran erosión de las cuencas áridas y semi áridas de nuestro territorio sujetas al FDN, y sobre todo, con el periodo de recurrencia de los grandes Niños. Como es sabido, en las partes bajas de las cuencas de la costa norte peruana suele llover muy poco o casi nada.

Cuando se presenta el FDN uno de sus aspectos más característicos es la aparición de fuertes lluvias, especialmente en las zonas de la costa norte

próximas al mar, es decir, en las partes bajas de las cuencas. Las descargas de los ríos de la costa son muy variables en el tiempo. Las avenidas que ocurren durante el Fenómeno del Niño se caracterizan por su larga duración. Por lo tanto, además de alcanzarse valores instantáneos muy altos, se tiene un volumen descargado sumamente importante y dañino.

Generalmente, las grandes descargas fluviales van acompañadas de enormes cantidades de sólidos.

Los meses de avenidas son muy importantes (especialmente los días de mayores concentraciones) y los años del Fenómeno del Niño, en el transporte de sedimentos. Tratar de controlar tan grandes cantidades de sólidos a nivel de proyecto (desarenadores, decantadores, etc.) es una labor ardua, dado que se trata de partículas muy finas, de lenta decantación. Frente a estas enormes cantidades de sólidos es imprescindible actuar sobre el origen, es decir sobre la cuenca, y la concepción, desarrollo y operación de los grandes proyectos hidráulicos no pueden separarse de lo que ocurre con la cuenca.

2.3.5. REFERENTE A ESTUDIOS SOBRE SEDIMENTOS EN EMBALSES LATERALES

La construcción de embalses laterales está limitada por las condiciones particulares que su implementación exige. Entre estas condiciones podría decirse que las más importantes son: la topografía de la zona y la constitución geológica del vaso del receptor del embalse.

Por lo común, la instalación de un embalse en el cauce de un río altera su equilibrio natural, cambiando las características hidráulicas del flujo y la capacidad de transporte de sedimentos. En el proceso de ajuste a un nuevo perfil de equilibrio para las condiciones recientes, se crean problemas adicionales aguas abajo y aguas arriba del embalse. Frente a ello los embalses laterales son recomendables porque minimizan el impacto ambiental, dado que no perjudican el tránsito regular del agua, sino más bien, sirven para almacenar las avenidas en exceso, manteniendo el caudal suficiente como para no alterar el equilibrio.

Podemos decir entonces que: los embalses laterales minimizan el impacto ambiental en el cauce y laderas del río, pero a su vez generan cambios climatológicos en la subcuenca del vaso receptor, esto es por la alteración de la temperatura y humedad, debido a la presencia del enorme volumen de agua.

La derivación de las aguas también genera un desequilibrio en el ecosistema, dado que los nutrientes que contienen las partículas arrastradas por la corriente, se depositan en el embalse y no llegan a las tierras después del embalse, en la zona baja de la cuenca. Dado que un embalse lateral constituye todo un proyecto de ingeniería hidráulica, es diseñado con todas las prevenciones y parámetros de seguridad suficientes para preservar sus condiciones y obtener el mayor tiempo de vida útil; la primera de estas medidas es la instalación de un desarenador que permita la purga de sedimentos, el mismo que debe estar ubicado inmediatamente después de la obra de captación.

Considerando que el desarenador trabaje a máxima eficiencia, aun no es suficiente para purgar todas las partículas arrastradas por el agua, y es inevitable que las mismas lleguen al vaso del embalse. Es entonces que se produce la sedimentación. El proceso de sedimentación de un embalse lateral es explicado por el Dr. Leo Van Rijn desde un punto de vista teórico de la siguiente manera: “cuando el flujo proveniente por el canal alimentador entra al embalse, la sección transversal del cauce se incrementa notoriamente y eso es acompañado de un decrecimiento en la magnitud de la velocidad del flujo, hasta que llega a ser insuficiente para transportar el sedimento y las partículas comienzan a decantar y depositarse”.

La forma como se distribuyen los sedimentos en el embalse depende de varios factores interrelacionados, pero puede decirse que siguen un modelo más o menos común en todos los vasos, esto es: “los sedimentos más gruesos son depositados en el remanso que la corriente forma al entrar al embalse y en el inicio del vaso formando los denominados deltas; en cambio las partículas finas, son transportadas dentro del vaso, frecuentemente por las corrientes de densidad y son depositadas en las partes más bajas y quietas del embalse”.

La sedimentación de un embalse lateral, está directamente relacionada con la eficiencia de retención del embalse. Un embalse que presente mucha eficiencia sufrirá un proceso de colmatación acelerada, y ese es el caso de la mayoría de embalses de la costa norte del Perú.

Del análisis simple de la situación de los embalses laterales se establece que las tres fuentes principales de sedimentos son:

- Los sedimentos provenientes de la cuenca del río a través del canal alimentador.
- Los sedimentos provenientes de las quebradas que cruzan y aportan escurrimiento en el trayecto del canal alimentador.
- Los sedimentos provenientes de la erosión de la subcuenca del embalse.

2.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO TINAJONES

2.4.1. GENERALIDADES

El Proyecto Especial Olmos Tinajones (PEOT) es responsable de la supervisión de la operación y mantenimiento de las obras de infraestructura que componen ambos proyectos de irrigación. Desde el 4 de julio de 2003 es un órgano desconcentrado del Gobierno Regional de Lambayeque, constituye una Unidad Ejecutora presupuestal que cuenta con autonomía de gestión: técnica, económica, financiera y administrativa. El PEOT depende jerárquica y funcionalmente de la Presidencia del Gobierno Regional, y está representado por un Consejo Directivo liderado por un Presidente designado por el Presidente Regional actualmente Sr. Anselmo Lozano Centurión. La Gestión del PEOT es asumida por el Gerente General; estructuralmente está compuesta por tres gerencias de línea: Gerencia de Desarrollo Olmos, Gerencia de Desarrollo Tinajones y Gerencia de Promoción e Inversiones. El Proyecto Tinajones está ubicado físicamente en la costa norte del Perú y comprende un sistema de canales de irrigación, un sistema de drenaje y un sistema de captación y almacenamiento. El Embalse Tinajones es la principal obra de almacenamiento, se ubica fuera del cauce del río Chancay por lo que es clasificado

como un embalse lateral. El volumen de agua almacenada que proviene, tanto de la cuenca del Pacífico del río Chancay, como de la cuenca del Atlántico de los ríos Chotano y Conchano, sirve de suministro para el riego de las superficies agrícolas ubicadas aguas abajo del embalse y que corresponden a la Región Lambayeque comprendidas en sus tres provincias.

El Embalse Tinajones se encuentra en servicio desde el año 1969 y permite el almacenamiento para regulación de las aguas captadas del río Chancay a través de la Bocatoma Racarumi, estas aguas son conducidas al embalse mediante un canal alimentador de 70 m³/s de capacidad y 17 Km. de longitud. El Embalse tuvo 41 m de altura que permitían la regulación de un volumen de 317 millones de m³, según los registros de 1997. Está conformado por una presa principal y tres diques secundarios, los cuales tienen una cota de corona de 216.50 m.s.n.m., con un Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) de 213.30 m.s.n.m. y un Nivel de Aguas Mínimas (NAMI) de 185 m.s.n.m.

Si bien el riesgo potencial por efectos de las avenidas del río Chancay es mínimo por la ubicación de la presa fuera del cauce principal, a y quebradas que deberán sus aguas directamente al embalse y constituye un riesgo potencial de desbordamiento del aliviadero de la presa en los años en que se presenta el **Fenómeno del Niño**, estas quebradas son también una fuente importante de sedimentos hacia el embalse.

Otro aspecto importante que tiene que ver con la seguridad de la presa es su ubicación en la zona 1, de alto peligro, en el mapa de zonificación sísmica del Perú.

2.5. Principales obras hidráulicas

2.5.1. Obras de Trasvase

a. Túnel Conchano y obras conexas (ver Foto N° 01)

Ubicado en el distrito de Conchán, provincia de Chota, región Cajamarca, a 230 Km. de la ciudad de Chiclayo y a una altitud de 2370 m.s.n.m.

Permite el trasvase de un caudal máximo de 13 m³/s del río Conchano al río Chancay.

Está compuesto por las siguientes obras hidráulicas: bocatoma Conchano, barraje fijo, canal de entrada de 48.20 m, transición de entrada, túnel propiamente dicho con una longitud de 4213 metros con sección de excavación tipo Herradura y sección revestida circular 2.50 m de diámetro y pendiente de 0.2%, transición de salida, colchón amortiguador, canal de salida de 57.20 m. Tiene las siguientes obras conexas: Mini Central Hidroeléctrica Conchán y captación de agua para la ciudad de Chota.

b. Túnel Chotano y obras conexas (ver Foto N° 02)

Ubicado en el distrito de Cochabamba, provincia de Chota, región Cajamarca, a una altitud de 2012.5 m.s.n.m. Permite el trasvase de un caudal máximo de 35 m³/s del río Chotano al río Chancay.

Está compuesto por las siguientes obras hidráulicas: bocatoma Chotano, barraje fijo, barraje móvil, despedrador, transición de entrada, túnel N° 1 de 397 metros con un caudal máximo de 35 m³/s, túnel N° 2 de 150 metros con un caudal máximo de 30 m³/s, dos canales revestidos, uno para cada túnel,

túnel principal con una longitud de 4766 metros con sección revestida circular 3.37 metros de diámetro y pendiente de 0.365%, transición de salida. Tiene la siguiente obra conexas: Mini Central Hidroeléctrica Chiriconga.

2.5.2. Obras de Captación

a. Bocatoma Racarumi (ver Foto N° 03)

Ubicada en el río Chancay, distrito de Chongoyape, provincia de Chiclayo, región Lambayeque, a una altitud de 280.0 m.s.n.m.

Es una estructura convencional de barraje mixto (fijo y móvil), de captación directa. Con un caudal máximo de captación de 75 m³/s.

b. Desarenador (ver Foto N° 04)

Ubicado inmediatamente aguas abajo de las compuertas de captación de la bocatoma Racarumi. Posee seis cámaras en total, son de concreto armado. Un conducto de evacuación para los sólidos de las seis cámaras (nave) del Desarenador y se comunica a la salida del canal evacuador. Una transición de salida y canal evacuado de concreto armado y sección rectangular.

Estas obras de captación han sido construidas en el período de septiembre de 1966 a abril de 1968, y entraron en servicio en el año 1969, han trabajado donde entonces hasta la fecha habiendo soportado los eventos extraordinarios del **Fenómeno del Niño** en 1983 y 1998.

c. Canal Alimentador (ver Foto N° 05 A-B)

Se inicia en la bocatoma Raca Rumi, inmediatamente después de la estructura de salida del Desarenador, termina en una estructura de entrega al Reservorio Tinajones, tiene una longitud de 16.080 Km.

Presenta dos secciones durante su recorrido, ambas trapezoidales, capaces de conducir un máximo de 70 m³/s.

En su recorrido existen: dos tomas laterales: en el Km. 0+000 la toma Huanabal-Carniche, con caudal 1.00 m³/s y la toma Majín-Paredones en el Km. 7+300 y Km. 8+130 respectivamente, con caudal 1.50 m³/s, ubicado en las siguientes coordenadas: (**Ver cuadro N° 01**)

COORDENADA UTM – WGS 84 Datum / Zona 17 M				
PUNTO	ESTE	NORTE	ALTITUD (m.s.n.m.)	DESCRIPCIÓN
01	687271.77	9267351.61	281.00	Toma Huanabal Carniche
02	681280.23	9267236.94	268.00	Toma Majín
03	680683.64	9267045.72	279.00	Toma Granja Paredones

(Cuadro N° 01) Cuadro de coordenadas Este y Norte de las tomas laterales.

Además, en su recorrido cuenta con: una caída vertical de concreto armado y, una cascada de concreto armado que sirve para salvar un desnivel de 42.70 m

en el curso del canal con una longitud de 245.70 m y doce caídas de 3.70 m cada una.

Presenta también dos tramos en el canal Alimentador, la cual es una estructura de concreto armado que cubre el canal. Una de ellas permite proteger del ingreso de material de arrastre y en suspensión de la quebrada Majín y Palo Blanco, en una longitud de 180 m., y la otra, de la quebrada Chiriquipe, en una longitud de 126 m. La ubicación de estas estructuras está en las siguientes coordenadas: **(Ver cuadro N° 02)**

COORDENADA UTM – WGS 84 Datum / Zona 17 M			
PUNTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCIÓN
01	677783	9268654	Intersección de la Qda. Majín con canal Alimentador
02	676591	9268846	Intersección de la Qda. Chiriquipe con canal Alimentador

(cuadro N° 02) Cuadro de coordenadas Este y Norte de las quebradas.

Esta obra fue ejecutada por fases, desde el año 1961 hasta 1968, las cuales se encuentran operativas actualmente.

2.5.3. Obra de Almacenamiento

a. Embalse Tinajones (ver Foto N° 06 A - B - C)

La principal obra de almacenamiento del sistema Tinajones es el Reservorio Tinajones, constituido por un dique principal y tres diques secundarios y una capacidad máxima repotenciada de 331.550 Hm^3 a la cota 213.300 (NAMO), cuyo volumen útil inicial fue de 320.350 Hm^3 . **(Ver planos ET-01 y ET-02)**

El volumen muerto de diseño fue de 11.20 Hm^3 .

Comprende Diques Secundarios

Son tres diques, cuya sección transversal es similar a la Presa Principal, sin carpeta de arcilla, aguas arriba y con zanja de drenaje aguas abajo, la base de rodadura en la corona de estos diques, no tienen carpeta asfáltica, sus características, son:

- Dique 1-A : Longitud 771.00 mt, ancho coronación 8.00 mt, altura máxima 23.00 mt.
- Dique 2-A : Longitud 286.00 mt, ancho coronación 8.00 mt, altura máxima 23.00 mt.
- Dique 3-A : Longitud 276.00 mt, ancho coronación 8.00 mt, altura máxima 22.00 mt.

2.5.4. Obras de Distribución e Irrigación

a. Canal de Descarga (ver Foto N° 07 A-B)

Se inicia inmediatamente después de la estructura de salida del túnel del embalse, termina en la estructura de entrega al río Chancay, tiene una longitud total de 3.40 Km.

Su sección hidráulica es trapezoidal, cuyas características son: caudal: 70 m³/s, talud: 0.75/1, espesor revestimiento 0.30 m, ancho plantilla: 6.40 m, ancho superior: 11.00 m, pendiente 1 ‰, está revestido con mampostería de piedra en los taludes, concreto simple en la plantilla y asfalto en las juntas.

Posee también varias caídas, puentes, obra de protección, pasarelas, entregas de agua pluvial y estación Limnigráfica. La ubicación de la estación Limnigráfica se encuentra en el Km. 1+254, contando además con puente de aforos de caudal.

b. Partidor la Puntilla (ver Foto N° 08)

Ubicado en el río Chancay, a la altura de la cota 119.00 m.s.n.m., distrito de Pucallá, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque. Es una estructura que consta de barraje mixto y ventana de captación, estructurada por muros y diques encauzamiento. El barraje fijo o aliviadero de demasías es de tres cuerpos de concreto armado con una longitud total de cresta de 113.2 m. El barraje móvil (Río Reque), está compuesto por pilares de concreto armado con cuatro compuertas tipo Wagon. A través de estructura se derivan las aguas hacia el canal Taymi y hacia el Río Reque.

c. Desarenador Desaguadero (ver Foto N° 09)

Ubicado inmediatamente aguas abajo de las compuertas de captación de la bocatoma Raca Rumi. Posee seis cámaras en total, son de concreto armado. Además, posee un conducto de evacuación para los sólidos de las seis cámaras (nave) del Desarenador y se comunica a la salida del canal evacuador. Una transición de salida y canal evacuador de concreto armado y sección rectangular.

Estas dos primeras estructuras, han sido construidas en el período de septiembre de 1966 a abril de 1968, y entraron en servicio en el año 1969, han trabajado hasta la fecha habiendo soportado los eventos extraordinarios del Fenómeno del Niño en 1983 y 1998.

d. Repartidor Desaguadero (ver Foto N° 10)

La infraestructura del repartidor se ubica aguas abajo del Desarenador, es una estructura convencional de barraje mixto y de captación directa. Distribuye las aguas para irrigación de los diferentes sectores del Valle Chancay-Lambayeque a través de sus tres captaciones hacia el canal Taymi, río Lambayeque y canal Pátapo.

e. Canal Taymi (ver Foto N° 11)

Se encuentra ubicada en la jurisdicción de los distritos Mesones Muro y Pítipo (provincia de Ferreñafe) y el distrito de Mochumí (provincia de Lambayeque).

Su origen es el repartidor Desaguadero, desde donde recorre 48.8 Km. hasta finalizar en el repartidor Cachinche.

2.5.5. Obras de Drenaje

El sistema drenaje construido comprende 466.00 Km. de canales de drenaje que cubre un área total de 76,000 hectáreas lo que hace un promedio de 0.61 Km. por cada 100 Ha. Aun así los estudios indican que aproximadamente el 80% a la superficie afectada por sales, en el Valle Chancay-Lambayeque, tienen relación con un nivel freático alto, es decir corresponde a problemas de drenaje. El sistema drenaje es el componente más afectado durante el acontecimiento del Fenómeno del Niño, debido a que al intentar evacuar los enormes volúmenes de agua, estas le dejan a su paso una sección hidráulica sobredimensionada.

Otro problema que afrontan las obras de drenaje es la proliferación de malezas y otras plantas en su cauce, disminuyendo así su capacidad hidráulica y produciendo el empozamiento de las aguas que conduce, acarreado así el deterioro de la calidad del agua y favoreciendo la aparición de enfermedades como el dengue.

2.6. CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE TINAJONES

El acceso al Embalse Tinajones se realiza a través de la carretera Chiclayo – Chongoyape, hasta la altura del Km. 52 que se encuentra total asfaltada y luego se continúa por medio de una carretera de acceso afirmada de aproximadamente 2 Km. de longitud.

El embalse tiene instalaciones de servicio con su equipamiento respectivo; cuenta con un túnel de descarga, equipamiento en boca de entrada al túnel, equipamiento en el extremo aguas abajo del túnel de descarga y casetas de control.

Además cuenta con un aliviadero de crecidas, que es una estructura de concreto armado que tiene su equipamiento de ataguías metálicas. El Embalse Tinajones está conformado por una presa principal y tres diques secundarios los cuales cuentan con una cota de corona de 216.50 m.s.n.m. para almacenar 317 millones m³ con un Nivel de Aguas Máximas Ordinarias (NAMO) de 213.30 m.s.n.m. y un Nivel de Aguas Mínimas (NAMI) de 185 m.s.n.m.

El dique principal es una presa de tierra con material zonificado, de 2380 m de longitud y una altura mínima de 41 m, conformada por un núcleo central impermeable de arcilla y espaldones de material granular aluvial. El talud aguas arriba se encuentra protegido por material de enrocado el cual se ubica sobre una zona denominada material de quebrada, el mismo que sirve de protección al talud aguas abajo.

El núcleo de arcilla posee un ancho mínimo de 4 m en su parte superior y unos taludes laterales de 4V:1H el cual empalma con un blanket arcilloso construido aguas arriba en la zona del lecho del río existente para complementar el blanket material existente en el valle. En la base del núcleo y por debajo del nivel del terreno se excavó una trinchera de hasta 15 m de profundidad con ancho mínimo de 5 m la cual fue rellena con material arcilloso. Los espaldones de aguas arriba y aguas abajo fueron contruidos de material gravo areno limoso y se instalaron filtros debajo del blanket, a los costados de la trinchera impermeable donde el material aluvial expuesto era muy grueso y debajo del espaldón aguas abajo. La

presa fue construida con una cota de corona de 216.50 m para contrarrestar los asentamientos esperados, la cota superior del núcleo fue de 215.50 m y colocándose en encima del núcleo un material gravoso similar al utilizado en el espaldón aguas abajo. Los diques secundarios son también de tierra zonificada con una sección transversal similar al del dique principal, pero sin el blanket arcilloso aguas arriba.

El embalse es abastecido por un canal alimentador de 17 Km. de longitud y 70 m³/s de capacidad el cual conduce las aguas captadas del río Chancay en la Bocatoma Racarumi; en su recorrido este canal es cruzado por las quebradas Majín y Palo Blanco. El sistema de descarga de aguas reguladas está compuesto por un túnel de 371 metros de longitud ubicado en el estribo derecho de la presa principal. El diámetro del túnel es 3.60 metros y la pendiente es 1.25%.

El control y regulación se realiza por medio de una compuerta radial ubicada a la salida del túnel y para operaciones de emergencia existe una compuerta Wagon de 4.58 m x 4.70 m que cierra la sección de entrada y es operada desde una casa de guinches ubicada cerca de la corona de la presa en la margen derecha. La capacidad de descarga en condiciones normales es 70 m³/s y la capacidad en casos de operación extraordinaria de acuerdo al diseño es 160 m³/s.

El aliviadero de demasías está constituido por vertedero de concreto armado de 42 m. de longitud y 2.95 m. de altura. Inicialmente la cota de la cresta del vertedero fue de 212.50 m.s.n.m y estuvo dimensionado para una capacidad de 165 m³/s, correspondiendo a un Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME) de 214.00 m.s.n.m y un borde libre de 2.50 m.

En el año 1988 se ejecutó la obra “Aumento de la Altura del Vertedero de Demasías en el Embalse de Tinajones” con lo cual la cresta del vertedero de demasías se sobreelevó de 212.50 m.s.n.m. a 213.30 m.s.n.m. correspondiendo para un NAME de 214.50 m.s.n.m una capacidad de 180 m³/s. Con esta sobreelevación el volumen de almacenamiento de embalse aumentó 317 a 331.9 millones de m³. Uno de los problemas del embalse es la progresiva sedimentación que viene sucediendo debido al transporte de sólidos de las quebradas Chaparrí y Arequipaña que descargan directamente al embalse, así como los sedimentos captados en la Bocatoma Racarumi, que no logran ser atrapados en el desarenador y son conducidos al embalse por medio del canal alimentador.

Del mismo modo, en años en que se presenta el Fenómeno del Niño las quebradas Majín y Palo Blanco desbordan su capacidad de encauzamiento en la zona de cruce con el canal alimentador, entrando en éste caudal líquido y sólido causando su desborde y obstrucción. El plano adjunto detalla las curvas de nivel que tenía el vaso del embalse Tinajones en el año 2017.

CAPÍTULO III: ASPECTOS GENERALES

3.1. Origen y causas que ocasionan el problema de Sedimentación del Embalse

La deforestación que se produce en la parte alta de la cuenca del río Chancay, por la falta de cuidado y conservación de la cobertura vegetal, es una de las causas de erosión y producción de azolves.

Una de la fuente de transporte de sedimentos en suspensión en años hidrológicos normales, son provenientes del río Chancay, captados en la bocatoma Raca Rumi, que son transportados hacia el Reservorio Tinajones a través del canal alimentador.

En la subcuenca del Reservorio Tinajones, los sedimentos provenientes de las quebradas aledañas al vaso del embalse, representan la fuente más importante de azolves. Es por lo tanto importante estudiar su proceso de erosión y determinar soluciones a corto y mediano plazo ante la pérdida de suelos, ya que estos van directamente al vaso del embalse, disminuyendo la capacidad de regulación del mismo.

Los eventos extremos de precipitación que puedan producirse en la cuenca del río Chancay y el evento extraordinario como el fenómeno “El Niño”, esto sumado al proceso de sedimentación por descuido de los parámetros que regulan la erosión como los proyectos de reforestación de la parte media y alta de la cuenca como en las riberas del río, originan un proceso de colmatación acelerada en el Reservorio Tinajones, acarreado grandes volúmenes de sedimentos en la tasa de embalse.

3.2. Aspectos Hidrológicos y Sedimentológicos del Reservorio Tinajones

3.2.1. Transporte de Sedimentos y Sedimentación del Embalse

Las fuentes de sedimentos están formadas por las quebradas Chaparrí y Arequipaña que drenan directamente al reservorio, así como los sedimentos que trae el canal alimentador. El desarenador existente en Bocatoma Raca Rumi está diseñado para capturar partículas mayores a 2 mm y los de menor tamaño pasan al reservorio.

Además cabe precisar que en el primer trimestre de este año 2017, en la costa del Perú se presentó una anomalía climática, ocasionando el Fenómeno del Niño Costero, que en la región de Lambayeque estuvo inmersa, en el Distrito de Chongoyape, se desataron lluvias intensas, activando las quebradas aledañas del reservorio, ingresando material de arrastre y sólidos en suspensión y, por ende la ocurrencia del incremento del embalse del reservorio Tinajones por encima de los 10 Hm³ /día. (ver Anexo N°08 y N°09)

La cantidad de sedimentos que ingresan al embalse depende de:

- Porcentaje de sedimentos que son acarreados del río Chancay
- Intensidad de las precipitaciones en el área de influencia del embalse.
- Geología y tipo de suelos, en este caso de las quebradas Yaipon, Arequipaña y Chaparri que drenen directamente al embalse.
- Cobertura vegetal
- Geomorfología

Para el cálculo de sólidos en suspensión que ingresan al Embalse se realiza un estudio con equipo TSS (instrumento de medición de sólidos en suspensión) tanto en canal alimentador como en canal descarga.

3.2.2. Volúmenes almacenados en el reservorio tinajones

Las actividades diarias de registros hidrométricos que realizan los operadores corresponden a las lecturas cada dos horas de la cota del nivel de embalse y el



volumen almacenado, incluyendo lectura las 24 horas; pero además de la operación de las estructuras se realiza la verificación de caudales en la estación limnimétrica del Km. 1+250 del canal de descarga, auscultación en los instrumentos de los diques del Reservorio y toma de muestras de agua que ingresa y sale del reservorio que permita evaluar la magnitud de sólidos en suspensión (**ver cuadro N° 04 de volúmenes del reservorio**).



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA

CUADRO N°04
VOLUMENES DIARIOS DEL RESERVORIO (24 horas) (Año: 2009)

	ENE-09	FEB-09	MAR-09	ABR-09	MAY-09	JUN-09	JUL-09	AGO-09	SET-09	OCT-09	NOV-09	DIC-09
1	150,360,000	105,483,000	20,938,000	81,267,500	169,133,500	217,020,000	204,446,500	180,919,000	149,268,000	132,512,500	120,808,000	175,411,000
2	149,502,000	102,041,000	20,189,000	85,300,000	171,955,000	217,290,000	203,939,000	179,839,000	148,839,000	132,025,000	120,364,000	176,531,500
3	148,393,000	98,037,000	20,315,000	89,875,000	173,494,000	217,305,000	203,460,500	179,042,500	148,120,000	131,337,500	119,392,000	177,287,500
4	147,418,000	104,978,000	20,774,000	93,978,000	174,628,000	217,230,000	203,112,500	177,760,000	147,548,000	130,750,000	118,180,000	177,598,000
5	146,135,000	90,029,000	22,111,250	97,685,000	175,438,000	217,110,000	202,503,500	176,801,500	146,859,000	130,050,000	116,896,000	177,625,000
6	144,796,000	85,850,000	26,639,200	101,436,000	176,275,000	216,885,000	201,778,500	175,708,000	146,109,000	129,362,500	115,534,000	177,733,000
7	143,314,000	82,075,000	29,969,000	104,054,000	176,923,000	216,495,000	201,213,000	174,614,500	145,303,000	128,712,500	114,763,500	177,625,000
8	141,013,000	78,018,500	34,385,000	107,955,500	178,124,500	216,060,000	200,749,000	173,413,000	144,679,000	128,284,000	114,878,500	177,287,500
9	139,362,500	75,425,000	35,490,000	112,808,500	182,247,000	215,580,000	199,937,000	172,319,500	144,055,000	127,984,000	115,465,000	176,869,000
10	137,975,000	72,594,000	35,815,000	118,756,000	187,684,500	214,755,000	199,487,500	171,145,000	143,522,000	126,940,000	116,477,000	176,248,000
11	136,075,000	70,798,500	38,271,300	123,676,000	190,715,000	214,515,000	198,603,000	169,916,500	143,106,000	126,320,000	117,376,000	175,694,500
12	134,625,000	68,490,000	38,505,900	127,168,000	192,832,000	214,245,000	197,878,000	168,634,000	142,560,000	126,392,000	118,204,000	175,411,000
13	132,837,500	65,336,000	37,244,200	130,325,000	194,427,000	214,050,000	197,037,000	168,323,500	141,936,000	126,080,000	120,940,000	175,330,000
14	130,512,500	63,348,000	37,512,200	135,812,500	196,196,000	213,855,000	196,065,500	167,743,000	141,260,000	127,780,000	123,028,000	174,925,000
15	127,948,000	60,424,000	38,954,400	140,275,000	197,776,500	213,450,000	195,355,000	167,378,500	140,700,000	127,264,000	125,080,000	174,547,000
16	124,408,000	57,288,000	39,458,100	143,509,000	199,342,500	213,150,000	194,659,000	166,933,000	140,175,000	125,488,000	129,337,500	174,169,000
17	120,700,000	54,000,000	39,534,000	145,303,000	200,676,500	212,730,000	193,789,000	166,452,400	139,662,500	123,832,000	133,662,500	171,833,500
18	118,024,000	50,896,000	44,470,000	147,392,000	201,749,500	212,280,000	193,107,500	166,096,000	139,000,000	122,440,000	136,575,000	169,768,000
19	117,628,000	47,248,000	49,680,000	147,938,000	202,837,000	211,665,000	192,411,500	165,650,500	138,437,500	121,360,000	138,850,000	167,405,500
20	116,764,000	43,300,000	52,896,000	148,995,000	204,519,000	211,065,000	191,527,000	164,611,000	138,025,000	120,952,000	140,500,000	165,002,500
21	115,120,000	39,837,600	54,384,000	149,333,000	206,012,500	210,405,000	190,541,000	163,612,000	137,337,500	120,556,000	141,598,000	162,478,000
22	113,073,000	36,218,000	55,760,000	149,710,000	207,680,000	209,869,500	189,859,500	162,532,000	136,837,500	120,544,000	143,977,000	160,250,500
23	110,347,500	32,488,500	57,320,000	149,450,000	208,927,000	209,231,500	189,497,000	161,560,000	136,275,000	120,988,000	147,366,000	157,618,000
24	107,300,000	30,374,000	58,344,000	151,257,000	209,840,500	208,622,500	188,801,000	160,453,000	135,850,000	121,912,000	151,517,000	155,012,500
25	107,380,500	28,143,000	58,616,000	153,142,000	210,855,000	208,086,000	188,047,000	158,900,500	135,475,000	121,900,000	154,553,500	152,362,000
26	109,600,000	25,652,800	58,464,000	154,189,000	212,130,000	207,520,500	187,206,000	157,334,500	135,150,000	123,052,000	159,400,000	149,853,000
27	111,750,500	22,695,500	59,327,500	155,930,500	213,075,000	206,810,000	186,060,500	155,687,500	134,575,000	123,244,000	164,287,000	147,470,000
28	111,877,000	21,740,750	61,908,000	159,022,000	214,815,000	206,114,000	185,002,000	154,067,500	134,187,500	122,668,000	167,851,000	145,030,000
29	111,463,000		67,616,000	163,126,000	215,985,000	205,302,000	183,827,500	152,583,000	133,737,500	121,804,000	171,280,000	143,158,000
30	110,232,500		72,679,500	166,447,000	216,315,000	204,794,500	182,870,500	150,945,000	133,250,000	120,760,000	174,142,000	141,182,000
31	108,174,000		76,375,000		216,675,000		181,841,000	149,788,000		120,676,000		139,125,000
PRO	126,584,145	61,171,755	43,998,244	131,170,517	196,105,919	212,449,683	194,342,339	166,476,239	140,727,967	125,482,903	134,409,417	166,059,371
MAX	150,360,000	105,483,000	76,375,000	166,447,000	216,675,000	217,305,000	204,446,500	180,919,000	149,268,000	132,512,500	174,142,000	177,733,000
MIN	107,300,000	21,740,750	20,189,000	81,267,500	169,133,500	204,794,500	181,841,000	149,788,000	133,250,000	120,544,000	114,763,500	139,125,000

3.3. Estudio del transporte de sedimentos y sedimentación en el Embalse Tinajones

3.3.1. Generalidades

El presente capítulo está dedicado al procesamiento de todos los registros de muestreo sedimentológico realizados en el Río Chancay, en el canal alimentador y en las quebradas adyacentes, durante el periodo de funcionamiento del Embalse Tinajones. Para tal efecto se analizaron y evaluaron completamente las características sedimentológicas del río Chancay, del Canal alimentador y de las quebradas aledañas al Embalse Tinajones. Para ello se contó con información recopilada en el campo, laboratorios y gabinete; para establecer los parámetros físicos, químicos, mecánicos e hidráulicos, que tienen los sedimentos que arrastran.

El movimiento de los sedimentos en las corrientes y ríos presenta dos formas. Los sedimentos en suspensión están constituidos por las partículas más finas mantenidas en suspensión por los remolinos de la corriente y sólo se asientan cuando la velocidad de la corriente disminuye, o cuando el lecho se hace más liso o la corriente descarga como en este caso en un Embalse. Las partículas sólidas de mayor tamaño son arrastradas a lo largo del lecho de la corriente y se designan con el nombre de arrastre de fondo. Existe un tipo intermedio de movimiento en el que las partículas se mueven aguas abajo dando rebotes o saltos, a veces tocando el fondo y a veces avanzando en suspensión hasta que vuelven a caer al fondo. A este movimiento se le denomina saltación y es una parte muy importante del proceso de transporte por el viento; en la corriente líquida la altura de los saltos es tan reducida que no se distinguen realmente del arrastre de fondo.

Las cantidades relativas que avanzan en suspensión y el arrastre de fondo varían considerablemente. En un extremo, cuando el sedimento procede de un suelo de grano fino como el limo depositado por el viento, o una arcilla aluvial, el sedimento puede estar casi totalmente en suspensión. En el otro extremo, una corriente de montaña limpia y rápida puede tener cantidades insignificantes de materia en suspensión y casi la totalidad del movimiento de la grava, los guijarros y las piedras se produce en el lecho de la corriente. Concentraciones elevadas de sedimento como las que se dan en algunos ríos, como el río Amarillo de China y el Mississippi de los Estados Unidos, pueden causar cambios significativos en las propiedades de resistencia del agua. La viscosidad será mayor y la velocidad de asentamiento de las partículas inferior, por lo que el umbral entre el sedimento en suspensión y el arrastre del fondo resulta confuso.

3.3.2. Propiedades de los sedimentos depositados en el embalse tinajones

Conocer las propiedades de los sedimentos depositados en el vaso del Embalse Tinajones es de mucha importancia para establecer parámetros para el control de su producción y evacuación, por ejemplo la distribución granulométrica es importante porque permite asignar un valor de la eficiencia de atrape del embalse,

predecir la distribución espacial de sedimentos depositados y predecir el espacio requerido para la acumulación de material sólido en un tiempo determinado. La erosión laminar produce sedimento granular fino, la erosión del río Chancay aporta sedimento granular fino y grueso por las altas velocidades del flujo concentrada que mantiene una fuerza mayor, mientras que la erosión eólica produce sedimento limitado o partículas menores de 0.5 mm de diámetro. En el transporte desde el sitio de su producción hasta el embalse, el sedimento está sujeto procesos de abrasión y selección hidráulica.

3.3.3. Mecánica del transporte de sedimentos

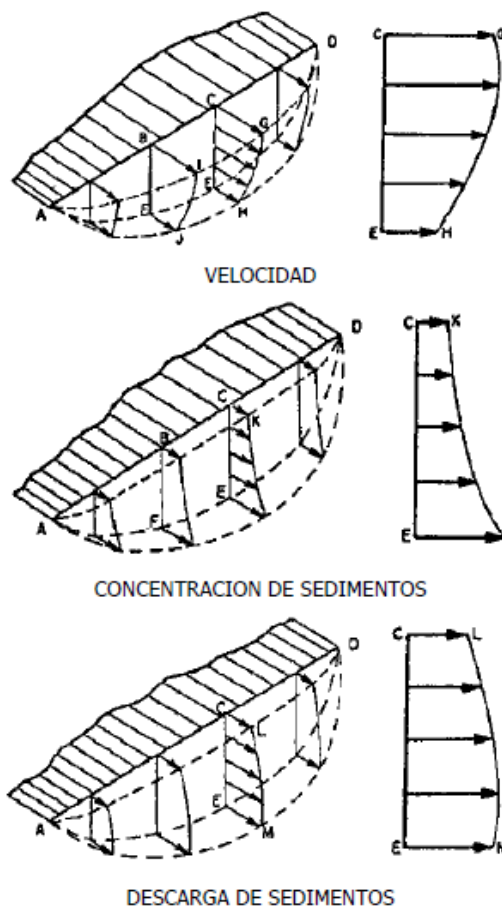


Figura N° 01. Mecánica del Transporte de Sedimentos

Aceptando que la carga de sedimentos en suspensión y de arrastre es alimentada por la erosión en la sub cuenca y la erosión pluvial a lo largo del río Chancay (controlada por el desarenador), la explicación de la mecánica del transporte de sedimentos viene de los conceptos dinámicos más básicos, como son: velocidad, densidad y peso específico.

La capacidad de un conductor para transportar sedimentos en suspensión depende de las fuerzas de sustentación que se generan como componentes verticales de la velocidad del flujo. La magnitud de estas fuerzas de sustentación depende de la magnitud de la velocidad de flujo y, por tanto, del caudal. Mientras la componente

vertical que sostiene una partícula de sedimento sea mayor que el peso de esta, la partícula se mantiene en suspensión; de esta forma, el caudal clasifica las partículas que el conducto puede transportar, tanto en tamaño como en número.

Cuando se presenta una creciente la capacidad de transporte del conducto aumenta, pero el transporte real depende de la duración de la escorrentía superficial directa, del área donde se haya producido el aguacero causante de la creciente y de las características del sedimento que alcance a llegar hasta el conducto. Esto implica que la carga en suspensión no es función única del caudal sino que depende además de la erosión en la cuenca o sub cuenca.

A medida que el caudal disminuye en el conducto también disminuye su capacidad de transporte; esto hace que las partículas que no se pueden sostener en suspensión se sedimenten. Posteriormente, cuando las velocidades se incrementen por aumento del caudal, parte de estos sedimentos serán puestos en estado de saltación temporal y algunos de ellos volverán a formar parte de la carga en suspensión.

Como lo dicho anteriormente, la tarea de estimar analíticamente la carga de sedimentos en suspensión y de arrastre con una aproximación razonable no es fácil. Actualmente, la mejor manera que existe para determinar la carga real en suspensión y de arrastre, consiste en la medición de esa carga, utilizando medidores normalizados. Los procedimientos de toma de datos y procesamiento de los mismos tropiezan, sin embargo, con una serie de inconvenientes derivados de las simplificaciones que deben hacerse para que el método resulte práctico.

Dentro de esas simplificaciones está, por ejemplo, la de suponer que existe una relación única entre los caudales líquido y sólido, lo cual es cierto solamente en contadas ocasiones. Los pares de puntos que se obtienen a partir de series de aforos líquidos y sólidos simultáneos presentan siempre una gran dispersión alrededor de las curvas teóricas de ajuste que se calculan por métodos numéricos. Para poder explicar la causa de esa dispersión es necesario tener en cuenta otras variables que se derivan de los procesos erosivos en la cuenca y del régimen de transporte del conducto, lo cual implica necesariamente la investigación, punto por punto, de la procedencia de los caudales sólidos medidos.

A pesar de sus deficiencias, el método de medición directa es el más aceptado para estimar la carga en suspensión y para elaborar las curvas de duración del caudal sólido.

3.3.4. Provenientes del río chancay

Los sedimentos provenientes del río Chancay son controlados por la primera defensa del proyecto Tinajones contra los azolves: EL DESARENADOR. Esta obra hidráulica está ubicada inmediatamente después de la Bocatoma Racarumi y teóricamente permite solo el paso de las partículas de diámetros menores a los 2 mm. Y aunque hasta el momento su eficiencia está en duda, es razonable pensar que impide el ingreso de las partículas grandes y medianas, y solo permite el paso de las pequeñas.

3.3.5. Provenientes del canal alimentador

Durante la mayor parte del recorrido desde el Desarenador hasta el delta de ingreso al Embalse Tinajones, el canal alimentador está revestido con mampostería de piedra lo que impide la erosión en el fondo, sin embargo al no tener cobertura ingresan al flujo diversas partículas provenientes de la erosión a sus costados.

Y si a eso le agregamos un pequeño tramo no revestido, que aunque es muy difícil erosionar puede proporcionar sedimentos, es lógico pensar que hay aporte de sedimentos en el trayecto del canal alimentador.

3.3.6. Provenientes de las quebradas adyacentes al embalse

Esta puede convertirse en la mayor fuente de sedimentos en embalses fuera del cauce como en este caso, debido a las condiciones que se presentan durante la época de lluvias donde las partículas desprendidas del suelo por parte de la erosión son evacuadas en su totalidad directamente al vaso receptor del embalse, siendo para nuestro caso las quebradas Arequipaña y Chaparrí las de más influencia.

3.4. ESTIMACIÓN DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL RÍO CHANCAY

La medición directa del transporte de sedimentos es el mejor método de evaluación tanto en suspensión como de fondo. Consisten en obtener muestras del río o canal alimentador, y éstas van desde usar un balde (método muy rudimentario), pasando por el clapé, ambos métodos puntuales, el primero prácticamente superficial y el segundo en un punto interior predeterminado. El método más recomendable sería mediante integradores que, captan las muestras en verticales predeterminadas en una sección transversal del río. Es indispensable medir el caudal al momento de tomar muestras de sedimentos para relacionarlos de la siguiente manera:

$$Q_s = 0.0864 C Q_w$$

Donde:

Q_s = Transporte de sólidos en suspensión, en t/día

C = Concentración, en mg/l

Q_w = Caudal líquido en m³/s

También la época dentro del año es importante, en nuestro país las fuertes precipitaciones se producen dentro de los meses de diciembre y abril, y es donde se deben tomar las muestras. Especialmente es conveniente tener información del transporte de sedimentos no sólo en un punto dado del cauce. Es necesario contar con mediciones en otros lugares, sobre todo cuando se planifica un control de la erosión en una cuenca. Se han realizado estudios regionales para estimar el transporte de sólidos usando parámetros más fáciles de tener como el caudal del río e incluso el área de cuenca. Entre las fórmulas regionales se tienen dos obtenidas con información de 23 cuencas peruanas siendo la mayoría ubicada en la costa peruana. Estas son:

$$Q_s = 4800 Q_w^{0.080}$$

$$Q_s = 3283 A^{0.76}$$

En este caso:

Q_s = Transporte de sólidos en suspensión, en t/día

Q_w = Caudal líquido en Hm^3

A = Área de la cuenca, en Km^2

Los datos que se cuentan sobre el transporte sólido del río Chancay figuran en la **Cuadro N° 05**, y provienen de los estudios realizados por **SALZGITER INDUSTRIEBAU GmBH52** entre los años **1963 y 1966**. Se consideró un período de mediciones de tres años consecutivos en la estación Carhuaquero. En dicho estudio los resultados de las mediciones del material sólido en

suspensión fueron multiplicados por un factor 1.2 para compensar los errores de medición.

Cuadro N° 05. Transporte Sólido Anual del Río Chancay (1963-1966)

Modalidad de Transporte	Gasto sólido medio anual (ton/año)	Gasto sólido máximo anual para el periodo estudiado (ton/año)	Volumen ($\text{m}^3/\text{año}$)	Volumen en 35 años de operación (ton/año)
Suspensión	591,000.00	696,000.00	438,000.00	15'330,000.00
Fondo	253,300.00	298,300.00	115,700.00	4'049,500.00
Total	844,300.00	994,300.00	553,700.00	19'379,500.00

El análisis granulométrico de muestras del material en suspensión tomadas en la estación Carhuaquero presenta la siguiente distribución de sedimentos.

Cuadro N° 06. Distribución relativa del material sólido transportado en suspensión

Material	Porcentaje (%)
Arcilla	43
Limo	48
Arena	9

Se observa que el 91 % del transporte sólido en suspensión está constituido por partículas finas (Arcilla + Limo) con tamaños inferiores a los 0.0625 mm, el 43 % está constituido por partículas de tamaños inferiores a los 0.004 mm. Estos tamaños tan pequeños de las partículas en suspensión son un indicativo de su posible origen: erosión laminar en las partes altas de la cuenca del río Chancay.

Las fracciones más gruesas de las descargas sólidas del río Chancay en la estación Racarumi se han visto reducidas a partir del año 1990, esto debido a la puesta en funcionamiento del Embalse Cirato ubicado aproximadamente a 65 Km. aguas arriba de la Bocatoma Racarumi. Este embalse retiene en su interior un porcentaje del material sólido transportado por el río Chancay, sin embargo no ha sido posible acceder a esta información. Existen indicios que el transporte sólido medio del río Chancay podría ser mucho mayor que el registrado durante los estudios realizados por la empresa Alemana SALZGITTER INDUSTRIEBAU GmBH52:

Primero, este transporte sólido fue estimado de acuerdo a mediciones correspondientes al período 1963-1966, en dicho período el aporte líquido medio anual fue de 22.3 m^3/s

mientras que el aporte líquido medio anual correspondiente al periodo 1969-2006 ascendió a 30.4 m³/s, se sabe que el transporte de sedimentos es muy sensible a los cambios de caudal.

Segundo, se ha observado en otros ríos del Perú que las descargas sólidas anuales pueden aumentar su valor si se considera años de eventos extraordinarios como el Fenómeno del Niño.

Tercero, las aguas del río Chancay fueron incrementadas por el trasvase del río Chotano y posteriormente por medio del trasvase de las aguas del río Concha no a través del túnel del mismo nombre.

Cuarto, se tiene conocimiento que el Embalse Cirato ubicado en el río Chancay aguas arriba de la Bocatoma Racarumi viene presentado problemas de colmatación debido a los sedimentos.

3.5. TRANSPORTE DE SÓLIDOS HACIA EL EMBALSE TINAJONES

En el caso particular del Embalse Tinajones los valores de colmatación son medidos a través de continuos levantamientos topográficos (parte seca) y batimetrías (parte sumergida).

La cantidad de sedimentos que ingresan al embalse depende, de:

- ✓ Porcentaje de sedimentos que es atrapado por el mismo.
- ✓ Densidad de los sedimentos.
- ✓ Volumen e intensidad de las precipitaciones en el área de influencia del embalse.
- ✓ Geología y tipo de suelos, en este caso de las quebradas Chaparrí y Arequipaña que drenan directamente al embalse.
- ✓ Cobertura vegetal
- ✓ Características del sedimento (granulometría, etc.)
- ✓ Geomorfología
- ✓ Hidráulica de las quebradas Chaparrí y Arequipaña

El Embalse Tinajones de acuerdo a su ubicación y esquema hidráulico tiene como dos únicas fuentes de sedimentos al canal alimentador y a las quebradas adyacentes al embalse, en particular a las quebradas Chaparrí y Arequipaña.

3.5.1. DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 1969 - 1985

La topografía efectuada en el año 1985 reporta un volumen de sedimentos almacenados de 8.20 millones de m³, la medición topográfica fue realizada en un año seco después de ocurrido un Meganiño en el año 1983.

3.5.1.1. Aporte de sedimentos a través del canal alimentador (1969 -1985)

La información histórica disponible de las descargas sólidas del río Chancay correspondiente al período 1963 –1966 muestra un transporte sólido anual de 844,300 Ton/año de los cuales

591,000 Ton/año corresponden al material transportado en suspensión y 253,300 Ton/año al material transportado en la modalidad de arrastre de fondo.

Tomando como válidos los valores históricos del transporte sólido del río Chancay, asumiendo como caso extremo que la bocatoma Racarumi capta el 30% del gasto sólido en suspensión del río Chancay y considerando que el desarenador nunca operó eficientemente para caudales altos de captación, se tendría que al cabo de 15 años de funcionamiento (1969 – 1985) habrían ingresado al Embalse Tinajones vía el canal alimentador 2'659,500 toneladas de material sólido en suspensión. Debe resaltarse que la asunción de un 30% para el porcentaje de material sólido captado por la toma ha sido corroborada en campo y pero no se dispuso de los estudios de diseño de la bocatoma para usar los valores de diseño.

Adoptando una eficiencia de retención de **0.97**, obtenida por el método de Churchill, y un peso específico sumergido de **1.105 t/m³**, se tendría que las masas sólidas transportadas por el canal alimentador ocuparían un volumen de 2.334 millones de m³ en el interior del Embalse Tinajones.

3.5.1.2. Aporte de sedimentos a través de las quebradas adyacentes (1969 - 1985)

El análisis efectuado en las quebradas adyacentes del embalse muestran aportes sólidos de 6.898 y 3.592 millones de toneladas para eventos extremos con periodos de retorno de 200 y 25 años, respectivamente, los cuales representarían volúmenes de 6.056 y 3.153 millones de m³ en el interior del embalse. Considerando que durante el período 1969-1985 se presentó solo un Fenómeno del Niño de gran magnitud y asignándole un período de retorno de 200 años, los portes sólidos provenientes de las quebradas Chaparrí y Arequipaña, ocuparían un volumen de 6.056 millones de m³. Se tendría así que el aporte sólido que se depositó en el embalse Tinajones durante el período 1969-1985 vía canal alimentador y vía quebradas habría ascendido a solo 8.39 millones de m³ de acuerdo a las hipótesis usadas. Este valor es próximo a los 8.20 millones de m³ de material sólido reportados por la batimetría de 1985.

La conclusión principal del análisis de este periodo es la identificación del aporte de las quebradas adyacentes son la principal fuente de sedimentos con 6.056 millones de m³, y del flujo del canal alimentador como la segunda fuente de sedimentos que ingresan al embalse, con 2.334 millones de m³.

3.5.2. DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 1986 -1997

El levantamiento topográfico efectuado en el año 1997 reporta un volumen de sedimentos almacenados de 18.20 millones de m³, la medición topográfica fue realizada durante época de sequía, después de ocurrido el Fenómeno del Niño en los años 1987 y 1992.

3.5.2.1. Aporte de Sedimentos a través del Canal Alimentador (1986 -1997)

Con los parámetros del periodo anterior al cabo de 12 años de funcionamiento (1986 – 1997) habrían ingresado al Embalse Tinajones vía el canal alimentador 2'127,600 toneladas de material sólido en suspensión. Entonces se tendría que las masas sólidas transportadas por el canal alimentador ocuparían un volumen de 1.868 millones de m³ en el interior del Embalse Tinajones.

3.5.2.2. Aporte de Sedimentos a través de las Quebradas Adyacentes (1986 - 1997)

Considerando que durante el período 1986-1997 se presentaron dos Fenómeno del Niño de mediana magnitud y asignándoles un período de retorno de 25 años, los aportes sólidos provenientes de las quebradas ocuparían un volumen de 7.184 millones de m³.

Se tendría así que el aporte sólido que se depositó en el embalse Tinajones durante el período 1986-1997 vía canal alimentador y vía quebradas habría ascendido a 9.052 millones de m³ de acuerdo a las hipótesis usadas. Este valor es próximo a los 10 millones de m³ de material sólido reportados como diferencia entre la batimetría de 1985 y el levantamiento topográfico de 1997.

En conclusión, en este periodo el aporte de las quebradas adyacentes vuelve a ser la principal fuente de sedimentos con 9.052 millones de m³, y del flujo del canal alimentador como la segunda fuente de sedimentos que ingresan al embalse, con 1.868 millones de m³.

3.5.3. DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE LOS AÑOS 1998 -2006

La batimetría efectuada en el año 2006 reporta un volumen de sedimentos almacenados de 28.61 millones de m³, la medición batimétrica fue realizada 8 años después de ocurrido el Fenómeno del Niño en 1998 y en época de estiaje con el nivel mínimo de operación.

3.5.3.1. Aporte de Sedimentos a través del Canal Alimentador (1998 -2006)

Con los parámetros del periodo anterior al cabo de 9 años de funcionamiento (1998 – 2006) habrían ingresado al Embalse Tinajones vía el canal alimentador 1'595,700 toneladas de material sólido en suspensión. Entonces se tendría que las masas sólidas transportadas por el canal alimentador ocuparían un volumen de 1.401 millones de m³ en el interior del Embalse Tinajones.

3.5.3.2. Aporte de Sedimentos a través de las Quebradas Adyacentes (1998 - 2006)

Considerando que durante el período 1998-2006 se presentó solo una vez el Fenómeno del Niño, en la mayor magnitud y asignándoles un período de retorno de 200 años, los aportes sólidos provenientes de las quebradas ocuparían un volumen de 6.056 millones de m³.

Se tendría así que el aporte sólido que se depositó en el embalse Tinajones durante el período 1998-2006 vía canal alimentador y vía quebradas habría ascendido a 7.457 millones de m³ de acuerdo a las hipótesis usadas. Este valor difiere de los 13.04 millones de m³ de material sólido reportados como diferencia entre el levantamiento topográfico de 1997 y la batimetría del año 2006. Esta diferencia se puede sustentar en que los sedimentos que ingresaron a través del canal alimentador durante la ocurrencia del Meganiño de 1998 no presentaron la concentración de sólidos en suspensión que el estudio original reportaba, sino concentraciones mayores. Por lo tanto debemos asumir que el restante del material ha ingresado a través del canal alimentador durante la ocurrencia de dicho fenómeno.

En conclusión, en este periodo el aporte de las quebradas adyacentes pasa a ser la segunda fuente de sedimentos con 6.056 millones de m³, y del flujo del canal alimentador la principal fuente de sedimentos que ingresan al embalse, con 6.984 millones de m³, de las cuales 5.583 millones de m³ de aporte son debido al Fenómeno del Niño en el año 1998. Esto debido a la poca preparación que se tenía para afrontar un evento de tan grande magnitud.

3.6. DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL SEDIMENTADO EN EL INTERIOR DEL EMBALSE TINAJONES

Según la tesis de postgrado del Magíster Daniel Campos Aranda de la Universidad Autónoma de México la distribución teórica de los sedimentos en los embalses es como se muestra en la **Figura N° 02**, sin embargo, esta predicción esta simulada en condiciones diferentes al de nuestro embalse por las siguientes razones:

- a. Nuestro embalse es del tipo lateral, su proceso de sedimentación es diferente.
- b. El embalse teórico no fue simulado expuesto al Fenómeno del Niño, no presenta el mismo sistema de ingreso de sedimentos, en la frecuencia e intensidad en que las escorrentías producto del FDN arrastran.
- c. El delta de ingreso de nuestro embalse es mucho más angosto que en el caso teórico, dado que el canal alimentador tiene mucha menor sección que el río considerado en la situación teórica.
- d. La topografía y geomorfología del embalse teórico son ideales, muy diferentes a nuestro caso.
- e. El embalse teórico considera un adecuado y eficiente sistema de purga de sedimentos, con el que no opera el Embalse Tinajones.
- f. El embalse teórico es de grandes proporciones comparado con nuestro caso, la variación entre cotas para nuestro caso es de 36.3 metros y la longitud del vaso receptor es de 5.5 kilómetros, entonces la relación profundidad – largo en nuestro caso es de apenas 0.66%. Esta relación es muy pequeña y produce un transporte de sedimentos en el interior del embalse diferente al teórico, más lento por así decirlo.
- g. Hay un alto grado de estabilidad en las aguas, sin embargo, es posible la formación de corrientes de densidad, durante las épocas de verano por el aumento de la temperatura,

en las zonas más profundas del embalse, es decir, cerca de la compuerta de descarga y al dique principal.

- h. Nuestro embalse está sometido a épocas de operación máxima y operación mínima de forma intercalada y cada vez con más frecuencia. Esto genera una especie de estratificación y formación de capas de costra débiles que con la próxima escorrentía intensa se precipitan al fondo en bloques y junto con el material que se erosiona de las quebradas modifican la topografía del vaso receptor del embalse.

Debido a estas causas y a otras de menor importancia la distribución de los sedimentos en el Embalse Tinajones es muy diferente a cualquier estimación teórica, más por lo contrario se rige de parámetros muy poco ortodoxos.

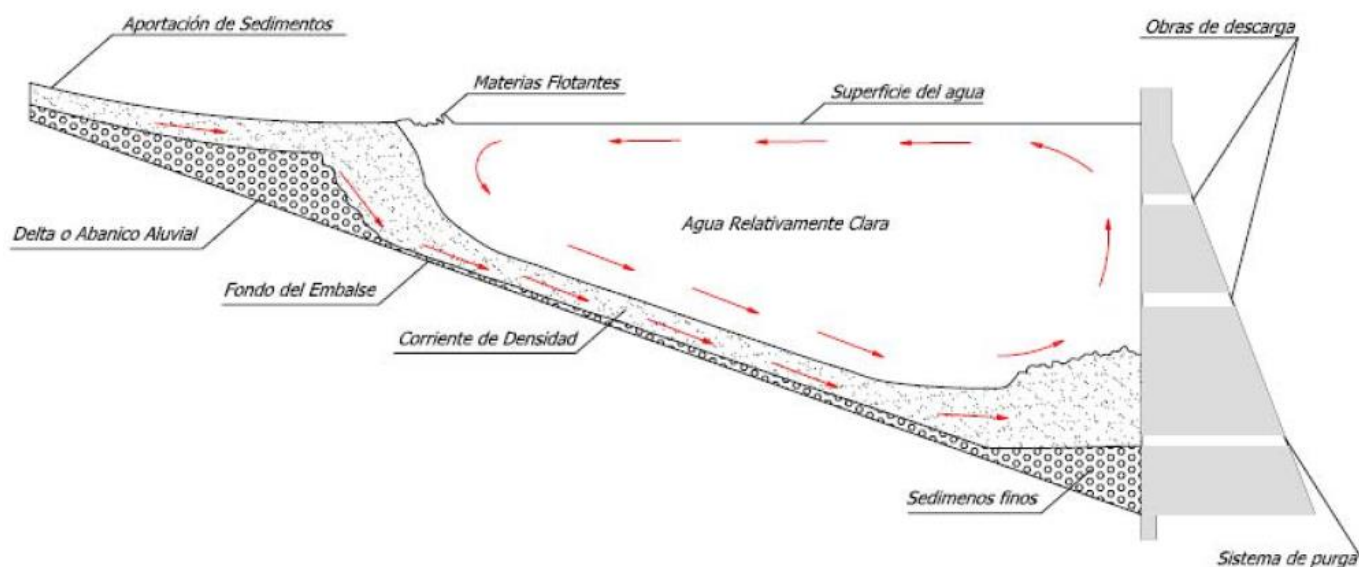


Figura N° 02. Distribución Teórica de los Sedimentos en el Embalse

3.6.1. DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL SEDIMENTADO DURANTE LOS AÑOS 1969 Y 1985

Es preciso indicar que los resultados obtenidos fueron alterados en comparación a la realidad por la extracción indocumentada de material de préstamo del vaso receptor para la construcción del dique principal, por tanto, el volumen que representa esta extracción entre los años 1966 a 1969, se confunde con erosión (deslizamiento) en el año 1985. Sin embargo, se conoce que por la calidad del material de préstamo requerido (arcilla y grava) estos deberían provenir de la zona nor oeste del vaso receptor, es decir más o menos de las zonas que indican la **Figura N° 03**.

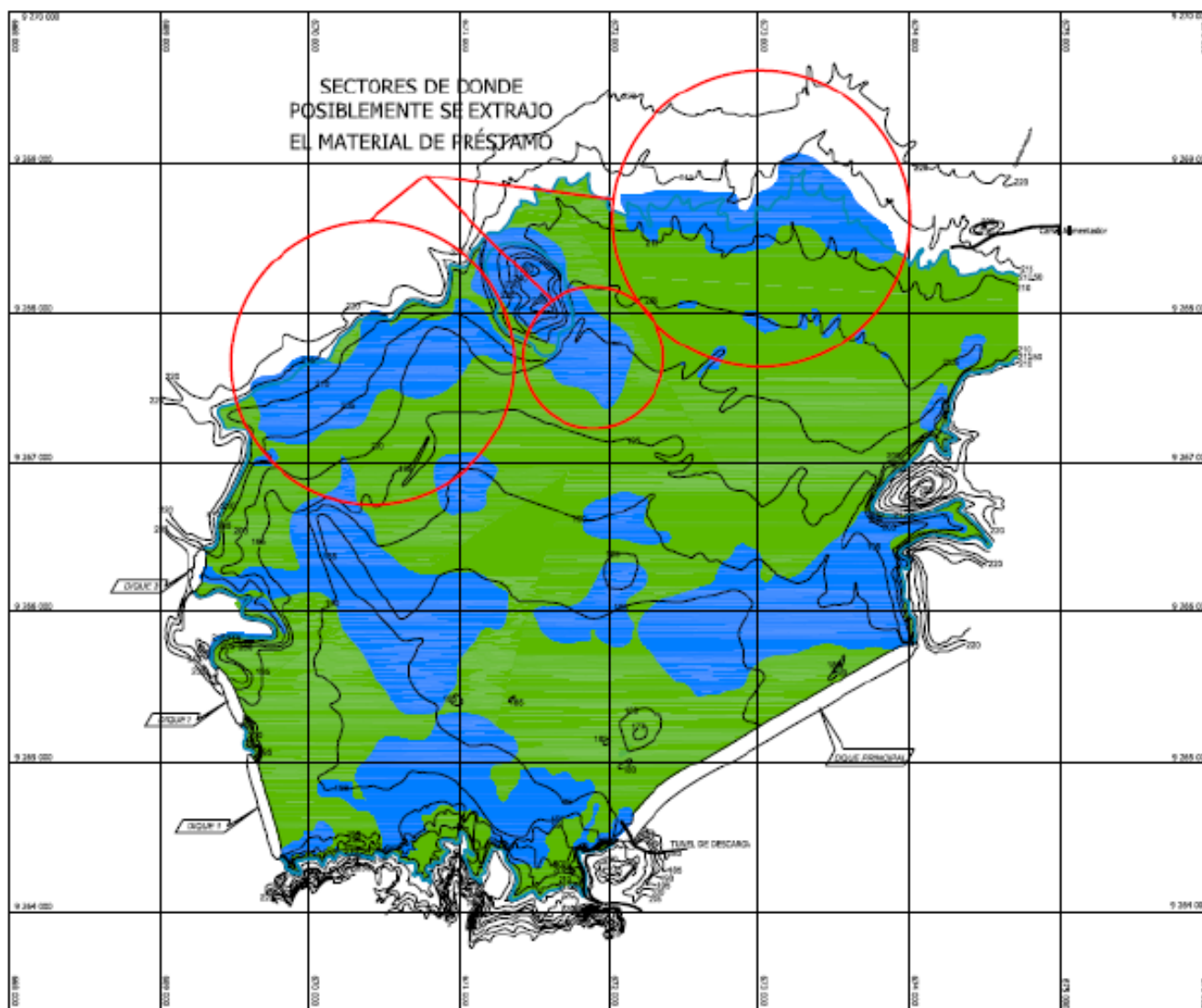


Figura N° 03. Sector de donde posiblemente se extrajo el material de préstamo para la construcción del dique principal.

Después de soportar en cuatro ocasiones el Fenómeno del Niño, uno de ellos Meganiño, hubo sedimentación en todo el embalse, formándose una capa de sedimentos que varía desde los 4 centímetros en el sector oeste cerca de los diques secundarios hasta los 2.98 metros al costado del dique principal en la zona que fue la más profunda del vaso en el año 1962. El 68 % de la superficie fue cubierta por una capa menor de los 25 cm, 27 % por una capa de sedimentos entre los 25 cm y 85 cm, y el resto por una capa entre 85 cm y 2.98 m. Entonces podemos decir que el espesor promedio de esta capa en 1985 fue de 54.85 cm.

En los antecedentes, podemos apreciar los sectores donde hubo sedimentación, sin embargo, se puede notar que también hubo erosión (deslizamientos) en sectores aislados. Entre estos sectores el más importante está ubicado en la desembocadura de las quebradas Chaparrí y Arequipaña. También es importante resaltar los

deslizamientos en sectores cercanos al dique principal, los que suponen erosión del material seco sedimentado, durante las épocas que el embalse estuvo seco y se presentaron fuertes escorrentías.

En la última batimetría del Embalse Tinajones, se aprecian sectores que se convirtieron en depósitos de fondo por su posición topográfica y por las condiciones de estabilidad que presentaban sus suelos. Destacan los ubicados cerca de la desembocadura del canal de descarga y de las quebradas adyacentes.

El principal depósito de sedimentos se ubica en las cercanías del dique principal, por debajo de la cota 182.00 m.s.n.m. por ser el lugar más profundo, y en el sector cercano al delta del canal alimentador por la disminución de la velocidad del agua y la pronta decantación del sedimento.

3.6.2. DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL SEDIMENTADO DURANTE LOS AÑOS 1985 Y 1997

Después de soportar en dos ocasiones el Fenómeno del Niño, el Reservorio Tinajones Evidencio la distribución del sedimento dentro del vaso receptor del Embalse Tinajones mediante una capa con espesor que varía desde los 14 cm en el sector nor oeste hasta los 4.15 metros al costado del dique principal en la zona que fue la más profunda del vaso en el año 1962. El 57 % de la superficie fue cubierta por una capa menor de los 25 cm, 37 % por una capa de sedimentos entre los 25 cm y 85 cm, y el resto por una capa entre 85 cm y 4.15 m. Entonces podemos decir que el espesor promedio de esta capa en 1997 fue de 90.10 cm.

Se concentraron una gran cantidad de sedimentos en la franja del cauce sumergido de la quebrada Arequipaña, en especial cerca al dique principal. También hay una gran deposición de sedimentos en el sector de la desembocadura de la quebrada Chaparrí y en el delta del canal alimentador. Existe evidencia del deslizamiento de material en el sector nor oeste y en sector paralelo al cauce sumergido de la quebrada Arequipaña, este último abarca un amplio sector cerca del dique principal por debajo de la cota 180 m.s.n.m. y entre las cotas 183 a 190 m.s.n.m.

3.6.3. DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL SEDIMENTADO DURANTE LOS AÑOS 1997 Y 2006

Después de soportar un Meganiño en el año 1998, se pudo evidenciar la distribución del sedimento dentro del vaso receptor del Embalse Tinajones mediante una capa con espesor que varía desde los 16.8 cm en el sector nor oeste hasta los 7.2 metros al costado del dique principal en la zona que fue la más profunda del vaso en el año 1962. El 46.7 % de la superficie fue cubierta por una capa menor de los 25 cm, 42.4 % por una capa de sedimentos entre los 25 cm y 85 cm, y el resto por una capa entre 85 cm y 7.2 m. Entonces podemos decir que el espesor promedio de esta capa en 2006 fue de 112.60 cm.

Se concentraron una gran cantidad de sedimentos en la franja del cauce sumergido de la quebrada Arequipaña, en especial cerca al dique principal. También hay una

gran deposición de sedimentos en el sector de la desembocadura de la quebrada Chaparrí y en el delta del canal alimentador.

Existe evidencia del deslizamiento de material en el sector nor oeste y oeste entre las cotas 189 a 210 m.s.n.m.

3.7. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE RETENCIÓN DEL EMBALSE TINAJONES

Es una medida de la capacidad de almacenamiento de sedimentos por parte del vaso receptor del Embalse Tinajones. Está representada por la relación entre la cantidad de sólidos que aporta el escurrimiento que ingresa al Embalse, y los sólidos que se depositan convirtiéndose en sedimentos. Dentro de los numerosos factores que influyen en la eficiencia de retención del Embalse Tinajones podemos mencionar:

- a. El régimen irregular de operación del embalse, que ha tenido varios años trabajando con el valor mínimo, incapaz de cubrir la demanda de agua para las campañas agrícolas, debido a la falta de lluvias en la parte alta de la cuenca.
- b. El hecho de que no hay un correcto mecanismo de purga de sedimentos en el vaso receptor del embalse.
- c. La magnitud del aporte sólido al vaso receptor del embalse y su régimen hidrológico son muy irregulares, dado que esta expuesto a los efectos del Fenómeno del Niño así como a prolongados periodos de estiaje.
- d. Las propiedades y características de los sólidos depositados en el vaso receptor, son de naturaleza variable.
- e. La posibilidad de formación de corrientes de densidad.

Como medio de determinación de la eficiencia de retención en este caso es recomendable el criterio de Churchill. Este criterio se basa en una gráfica logarítmica (**Figura N° 06**), que relaciona la eficiencia de retención con el denominado “Índice de Sedimentación”.

3.8. TASA DE DEPOSICIÓN DE SEDIMENTOS EN EL EMBALSE TINAJONES

Según la batimetría 2006, al cabo de 37 años de funcionamiento, regularmente casi seco, se han depositado en el interior del embalse un volumen de sedimentos de 28.61 millones de m³. De los cuales según sus parámetros de diseño el aporte regular de sedimentos a través del canal alimentador debería ser de 1.556 millones de m³ al año, y según el presente estudio el volumen adicional de sedimentos que ingresaron solo durante la ocurrencia del FDN de 1998 fue de 5.583 millones de m³ al año, valor que aumentaría para próximos eventos similares con el empeoramiento de las condiciones climáticas globales.

Así mismo el presente estudio define que el aporte de sedimentos a través de las quebradas adyacentes al embalse es de 6.056 millones de m³ en los años con precipitaciones extraordinarias (FDN), valor que aumentaría con el empeoramiento de las condiciones climáticas globales.

De lo anteriormente descrito podemos resumir que la tasa de deposición de sedimentos en años regulares es de aproximadamente 0.16 millones de m³ y de 5.8 millones de m³ en años con precipitaciones extraordinarias (FDN). Si bien no se ha comprobado estadísticamente la ocurrencia del FDN, podemos inferir su ocurrencia regular cada 6 años

y una ocurrencia a nivel de meganiño cada 12 años; y que con el paso del tiempo esta frecuencia está disminuyendo y los plazos se están acortando entre un evento y otro, esto debido a los cambios climáticos desfavorables a nivel global.

3.9. DETERMINACIÓN DEL PERIODO DE VIDA ÚTIL DEL EMBALSE TINAJONES

No es posible aplicar los métodos convencionales para la determinación de la vida útil restante al Embalse Tinajones por tres importantísimas razones:

Primero, no hay registro confiable de la topografía final del embalse al año 1969 antes de su puesta en operación, por cuanto no se detalló la procedencia del material de préstamo extraído del vaso receptor para la construcción del dique principal y diques secundarios; por lo tanto, no hay punto de comparación del proyecto original.

Segundo, los registros topográficos de los años 1962, 1985, 1997 y 2006, tienen precisión de un (01) metro, lo que hace imposible precisar exactamente como ha sido la evolución en el tiempo del volumen muerto del embalse, esto debido a que esa precisión tiene variaciones muy altas en valores de área; por lo tanto, no serían valores reales los estimados.

Tercero, si bien es cierto que se pueden evitar el ingreso de caudales a través del canal alimentador durante la ocurrencia del Fenómeno del Niño para no colmar aceleradamente el embalse, esta investigación demuestra que actualmente no hay control sobre los sedimentos provenientes de las quebradas adyacentes al embalse, especialmente sobre la Quebrada Arequipaña, tampoco hay posibilidad de estimar la intensidad ni la frecuencia de ocurrencia del Fenómeno del Niño; por lo tanto, no se puede predecir el ingreso de sedimentos al embalse.

Entonces, un indicador relativamente útil, es estimar el tiempo transcurrido para que la cota más cercana a la compuerta se eleve, por la sedimentación, desde la cota original hasta alcanzar la cota 179.50 m.s.n.m., que es el punto más bajo de la compuerta de descarga; luego con ese tiempo estimamos la velocidad de colmatación y estimamos el tiempo que le tomará a los sedimentos alcanzar la cota 183.10 m.s.n.m., que es la cota superior de la compuerta de descarga, ya que al alcanzarla sería imposible el funcionamiento del embalse.

Tenemos entonces que en el año 1969 (se mantuvo la topografía de esta zona respecto al proyecto original de 1962) la cota de fondo justo delante de la compuerta de descarga fue de 175.82 m.s.n.m.; para el año 1985 esta cota se elevó a 177.97 m.s.n.m., lo que indica una variación para el periodo 1969 – 1985 de 12.65 cm/año; en 1997 el valor de la cota se incrementó a 178.54 m.s.n.m., lo que indica una variación para el periodo 1985 – 1997 de 4.75 cm/año; finalmente en el año 2006 la cota fue de 178.99 m.s.n.m., lo que indica una variación para el periodo 1997 – 2006 de 5.00 cm/año. Por consiguiente, sin considerar el primer periodo, el promedio de la velocidad con la que se eleva la cota de sedimentos delante de la compuerta de descarga es de 4.85 cm/año, es decir alcanzará la cota 183.10 m.s.n.m. dentro de 53 años.

Por lo tanto podemos estimar que el periodo de vida útil que le resta al Embalse Tinajones es de 53 años, entendiéndose que desde su puesta en operación serán 91 años, 41 años más

que lo estimado en el estudio original de la empresa alemana SALZGITTER INDUSTRIEBAU GMBH52.

CAPÍTULO IV: MATERIAL Y MÉTODO

4.1. MATERIAL

4.1.1. EQUIPAMIENTO DE LA EMBARCACION HIDROGRAFICA

a) Embarcación base

Se empleó una lancha modelo MANTA 16, del fondo “V” profundo que permite dominar los oleajes costeros y marejadas normales, lancha comúnmente conocida en el Peru como Chalupas, tiene 16’ de eslora, 63’’ de manga, 48’’ de ancho fondo y 20’’ de fondo.

Cuenta con un motor fuera de borda de 60 HP de marca YAMAHA, lo que solo permite transitar a velocidades bajas a través de embalse.

Con capacidad para seis personas, incluido el operario de la embarcación, capacidad suficiente para el personal responsable del levantamiento y supervisores a bordo.

b) Bastón porta prisma

El bastón porta prisma cumple una función importante para la ubicación del embarcación, específicamente para dar coordenadas a cada punto que sondee la ecosonda en un instante determinado por el topógrafo en tierra, mediante un aviso emitido por radio.

Este bastón está ubicado en la parte superior de la tolva mediante una sabrosa de las que le permiten girar sobre el transducer empotrado.

La punta del bastón porta prisma gira en una plancha de metal que tapa y proteger al transducer.

c) Equipamiento hidrográfico

Los equipos necesarios para realizar el levantamiento batimétrico convencional fueron: Ecosonda hidrográfica Bathy 500 MF mono haz de alta frecuencia.

4.1.2. EQUIPAMIENTO EN TIERRA PARA LA BATIMETRIA

Se emplearon diversos equipos como es una estación total que ubicada las coordenadas de los puntos levantados con la embarcación, un nivel y teodolito para el levantamiento taquímetro.

a) Estación Total

- ✓ Modelo: Leica TC407
Capacidad: 10,000 puntos
3 prismas incluido baston OMMI
- ✓ Modelo: Sokkia SET530R

4 prismas incluidos baston SOKKIA

b) Nivel topográfico

✓ Modelo: Wild NA20

Aproximacion al minuto

Limbo horizontal

2 miras de madera

Además de otros equipos como radios portátiles Motorola EP 450 para la comunicación entre la embarcación y el personal de topografía.

4.2. METODOS

4.2.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y BATIMETRIA DEL RESERVORIO TINAJONES Y DETERMINACION DEL VOLUMEN DE SEDIMENTOS ACUMULADOS.

Los levantamientos topográficos realizados en el vaso del Reservoir Tinajones fueron de 2 formas: El altímetro y la Batimetría.

El altímetro se realizó con la finalidad de obtener las variaciones que pudiesen haberse presentado por la depositacion de los sedimentos, en comparación con el plano original del vaso y la batimetría con fines de complementar el levantamiento anterior.

Los levantamientos topográficos en el vaso de almacenamiento del Reservoir Tinajones, se realizaron en los años 1969 y 1997, trazando ejes particulares al dique principal y distanciados entre 250 y 500 m. En cada eje se efectuó el estacado cada 50 m. El alineamiento de los ejes se realizó con teodolito marca wild. La nivelación de los puntos estacados en cada eje se efectuó partiendo de Bms. de cotas absolutas, ubicados en la Corona del dique principal. Dicha información se procesó y permitió determinar la cuantificación del volumen de sedimentos y su distribución en el espacio y el tiempo.

Se realizó la Batimetría del embalse, es decir cuando el terreno estuvo cubierto por agua.

La batimetría es un procedimiento especial por tratarse de un levantamiento empleando medidas indirectas pero precisas como lo explicaremos en el presente capitulo.

A mediados del siglo XX, se utilizó un instrumento que empleaba los principios físicos de la propagación del sonido en el agua del mar, con el fin de conseguir un registro continuo y medidas más confiables de las profundidades.

Este instrumento fue un sonar (aparato que emite sonido), llamado ecosonda, el cual mide los tiempos de viaje que demoran las ondas acústicas emitidas desde un transducer (en la superficie del agua) y el eco de estas luego de reflejarse en el

fondo sólido. Posteriormente la información de los tiempos se transforma en distancias verticales o profundidades.

En la ecosonda, la energía acústica se transmite de manera tal que se obtienen los ecos de solo una parte del fondo bajo el agua, lo cual se logra dirigiendo el sonido a través de un haz especial, que tiene una forma parecida a un cono. Una ecosonda es de tipo monohaz, si la energía acústica transmitida esta confinada a un solo haz.

Durante el periodo comprendido entre octubre y diciembre, el área de Operación del Sistema Mayor del Sistema Hidráulico Tinajones de la Junta de Usuarios Chancay del Distrito de Riego Chancay Lambayeque se encargó de realizar estos estudios.

4.2.2. METODOLOGIA PARA LA DETERMINACION DE SEDIMENTOS ACUMULADOS EN EL EMBALSE TINAJONES – BATIMETRIA

Se realizó el cálculo mediante el software AUTOCAD LAND versión 2006, en el cual se aprovechó las bondades que este ofrece al tener tres métodos de cálculo ya sea para las áreas como para los volúmenes y que después se llevó a una hoja de cálculo Excel y se obtuvo los promedios. Los métodos que emplea este software son:

1. Método de Grid
2. Método del Composite
3. Método de las Secciones

El proceso del cálculo se realizó de la siguiente manera:

A. Fase de Campo

Se obtuvo toda la data del método convencional, es decir empleando un ecosonda montada sobre una embarcación y una estación total con 3 prismas de bastón.

En esta fase se trazó una malla sobre el espejo de agua, con líneas perpendiculares al dique principal espaciadas cada 25m. y puntos sobre estas líneas espaciadas cada 12m. aproximadamente (top), la separación de estos puntos depende de la rapidez con que el láser de la estación localice a la embarcación, la cual va siguiendo una línea (eje) y con una velocidad constante.

Cada vez que la estación total ubicada en su recorrido a la embarcación, el topógrafo comunica inmediatamente via radio portátil al operador de la ecosonda para que sea marcada simultáneamente la profundidad en el ecograma (top).

Para completar la data del área total que ocupa el espejo de agua del reservorio ya que el embalse se encontraba bajo, se tuvo que realizar un levantamiento taquimétrico.

En este levantamiento batimétrico se obtuvo más de cinco mil puntos o top's, los cuales fueron vaciados del ecograma a una hoja de cálculo en Excel para

poder unir las tres coordenadas (x,y,z), de las cuales a estación total proporciona dos (x,y) y la ecosonda una (z), la cual debe ser calculada tomando en cuenta la cota del embalse y descontar la profundidad a la que se encuentra sumergida el transducer afectada directamente por el peso de la embarcación producido por el número de pasajeros a bordo.

B. Fase de Gabinete

1. Se ingresó la base de datos obtenidas de la fase de campo (coordenadas x, y,z), en una hoja de cálculo de Excel, siguiendo el formato PENZD de tal manera que el Autocad Civil lo pueda procesar.
2. Se siguió el procedimiento propio del Autocad Land para el cálculo con estos tres métodos (Grid, Composite y Secciones), elaborando las mallas, luego las curvas y posteriormente las áreas y volúmenes.
3. Las áreas y volúmenes fueron calculadas para cada 25 cm de desnivel, en los tres métodos obteniéndose como resultado final el promedio de estos tres. Como se muestra en los cuadros del anexo.
4. Se elaboró el plano con las curvas de nivel, así como el de zonificación de los sólidos acumulados en el lecho del reservorio, identificando los espesores con código de colores. Esto se obtuvo de trasponer las curvas de nivel del levantamiento que se hizo en 1969 con el del levantamiento del 2009. Encontrándose cierta incompatibilidad en ciertas cotas debido a la falta de información del levantamiento del 1969, pero que se espera corregir con posteriores estudios.

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. TOPOGRAFIA Y BATIMETRIA REALIZADA EN EL RESERVORIO TINAJONES

5.1.1. Topografía del Reservorio Tinajones, Año 1969

Se recopiló información topográfica del año 1969, procedente del archivo técnico del PEOT. Dicha información se procesó y finalmente se determinaron las curvas de nivel en el Reservorio Tinajones, tomando como referencia el Nivel de Aguas Máximas Ordinarias – NAMO de la puesta en operación del embalse (cota 212.500 msnm) y con ayuda de software especializado, el PEOT determinó los siguientes volúmenes:

CUADRO N° 07
VOLUMEN LÍQUIDO ENTRE COTAS LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
DE 1969

Nivel	Área (Km ²)	Volumen entre cotas (MMC)	Volumen acumulado (MMC)
175.00	0.0000	0.0000	0.000
178.00	0.3000	0.4500	0.450
180.00	0.8500	1.1500	1.600
182.00	1.7300	2.5800	4.180
184.00	2.5900	4.3200	8.500
185.00	2.8100	2.7000	11.200
186.00	3.7900	3.3000	14.500
188.00	4.5100	8.3000	22.800
190.00	6.4900	11.0000	33.800
192.00	7.7100	14.2000	48.000
194.00	8.7900	16.5000	64.500
196.00	10.2100	19.0000	83.500
198.00	11.2900	21.5000	105.000
200.00	12.2100	23.5000	128.500
202.00	13.2900	25.5000	154.000
204.00	13.7100	27.0000	181.000
206.00	15.2900	29.0000	210.000
208.00	15.2100	30.5000	240.500
210.00	17.2900	32.5000	273.000
212.00	17.7100	35.0000	308.000
212.50	18.2900	9.0000	317.000

FUENTE: Documento Técnico del Levantamiento topográfico el año 1969 - PEOT

CUADRO N° 08
VOLUMEN DEL EMBALSE Y DE LOS SÓLIDOS ACUMULADOS AÑO 1969

Descripción	Volumen (MMC)	%
Volumen Embalse (N.A.M.O. = 212.50 m.s.n.m.)	317.000	100.00

FUENTE: Documento Técnico del Levantamiento topográfico el año 1969 - PEOT

5.1.2. Topografía del Reservorio Tinajones, Año 1997

A fines del año 1997, se sobre-elevó la cota de la cresta del vertedero de demasías del Reservorio Tinajones, pasando de la cota 212.50 m.s.n.m. a 213.30 m.s.n.m.

El Nivel de Aguas Máximas Ordinarias – NAMO, es ahora la cota 213.30 m.s.n.m.; determinándose los volúmenes siguientes:

CUADRO N° 09
VOLUMEN LÍQUIDO ENTRE COTAS-LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
DE 1997

Nivel	Área (Km ²)	Volumen entre cotas (MMC)	Volumen acumulado (MMC)
182.00	0.0000	0.000	0.000
184.00	0.5589	0.559	0.559
186.00	2.6339	3.193	3.752
188.00	4.0631	6.697	10.449
190.00	5.8390	9.902	20.351
Nivel	Área (Km ²)	Volumen entre cotas (MMC)	Volumen acumulado (MMC)
192.00	7.4654	13.304	33.655
194.00	8.7015	16.167	49.822
196.00	10.0004	18.702	68.524
198.00	11.2044	21.205	89.729
200.00	12.2291	23.434	113.162
202.00	13.1573	25.386	138.548
204.00	14.1914	27.349	165.897
206.00	14.9572	29.149	195.046
208.00	15.6271	30.584	225.630
210.00	16.4403	32.067	257.697
212.00	17.4884	33.929	291.626
212.50	17.7106	8.800	300.426
213.30	18.0661	14.311	314.737

FUENTE: Levantamiento topográfico el año 1997

CUADRO N° 10
VOLUMEN DEL EMBALSE Y DE LOS SÓLIDOS ACUMULADOS AÑO 1997

Descripción	Volumen (MMC)	%
Volumen Embalse - 1969 (N.A.M.O. = 212.50 m.s.n.m.)	317.000	100.00
Volumen Embalse - 1997 (N.A.M.O. = 213.30 m.s.n.m.)	314.737	99.29
Volumen en Embalse año 1997 - Cota 212.50 m.s.n.m.	300.426	94.77
Volumen de Sedimentos Periodo (1969-1997) Cota 200.00 m.s.n.m.	15.338	5.23

FUENTE: Levantamiento topográfico el año

5.1.3. Topografía del Reservoirio Tinajones, Año 2006

Durante el periodo comprendido entre octubre y noviembre del año 2006, el Proyecto Especial Olmos Tinajones - PEOT, realizó el trabajo de campo para el levantamiento Batimétrico del Reservoirio Tinajones a través de la Gerencia de Desarrollo Tinajones, la Sub Gerencia de Operación y Mantenimiento del Sistema

Tinajones, y la Comisión de Operación y Mantenimiento (COPEMA) de la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay - Lambayeque.

Los trabajos consistieron en realizar la batimetría en la zona del embalse cubierto con agua; complementándose con el levantamiento topográfico con teodolito en la zona seca del vaso de almacenamiento.

Los resultados obtenidos de los volúmenes en el embalse, son los siguientes:

CUADRO N° 11
VOLUMEN LÍQUIDO ENTRE COTAS LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y
BATIMÉTRICO DEL 2006

Nivel	Área (Km ²)	Volumen entre cotas (MMC)	Volumen acumulado (MMC)
177.00	0.0000	0.000	0.000
178.00	0.0000	0.000	0.000
179.00	0.0001	0.000	0.000
180.00	0.0002	0.000	0.000
181.00	0.0004	0.000	0.001
182.00	0.0236	0.012	0.013
183.00	0.0588	0.041	0.054
184.00	0.7939	0.426	0.480
185.00	1.4361	1.115	1.595
186.00	2.1590	1.798	3.393
187.00	2.7239	2.441	5.834
188.00	3.3317	3.028	8.862
189.00	3.9409	3.636	12.498
190.00	4.8035	4.372	16.870
191.00	5.5966	5.200	22.070
192.00	6.4235	6.010	28.080
193.00	7.4086	6.916	34.996
194.00	8.1891	7.799	42.795
195.00	8.7713	8.480	51.276
196.00	9.4975	9.134	60.410
197.00	10.1991	9.848	70.258
198.00	10.9070	10.553	80.811
199.00	11.4490	11.178	91.989
200.00	11.9163	11.683	103.672
201.00	12.3381	12.127	115.799
202.00	12.7679	12.553	128.352
203.00	13.2386	13.003	141.355
204.00	13.7259	13.482	154.838
205.00	14.1356	13.931	168.768
206.00	14.5436	14.340	183.108
207.00	14.9714	14.757	197.866
208.00	15.4150	15.193	213.059
209.00	15.9035	15.659	228.718
210.00	16.4477	16.176	244.894
211.00	17.0374	16.743	261.636
212.00	17.7083	17.373	279.009
212.50	18.0720	8.945	287.954
213.00	18.4358	9.127	297.081
213.30	18.6103	5.557	302.638

FUENTE: Levantamiento topográfico y batimetría año 2006

CUADRO N° 12
VOLUMEN DEL EMBALSE Y DE LOS SÓLIDOS ACUMULADOS AÑO 2006

Descripción	Volumen (MMC)	%
Volumen Embalse - 1969 (N.A.M.O. = 212.50 m.s.n.m.)	317.000	100.00
Volumen Embalse - 1997 (N.A.M.O. = 213.30 m.s.n.m.)	314.737	99.29
Volumen Embalse - 2006 (N.A.M.O. = 213.30 m.s.n.m.)	302.638	95.47
Volumen de Sedimentos Periodo (1998-2006) Cota 200.00 m.s.n.m.	9.490	3.02
Volumen de Sedimentos Periodo (1969-2006) Cota 200.00 m.s.n.m.	24.828	7.83

FUENTE: Levantamiento topográfico y batimetría año 2006

5.1.4. Topografía del Reservorio Tinajones, Año 2007

Durante el periodo comprendido entre octubre y diciembre del año 2007 se realizaron los trabajos sobre el embalse del reservorio al igual que en el año 2006. Complementario a estos trabajos se realizó una taquimetría sobre el área seca del vaso, esto con la finalidad de tener completa toda el área que conforma el vaso hídrico bajo la cota máxima registrada hasta esa fecha de 213.300 msnm.

Los resultados obtenidos de los volúmenes en el embalse se muestran en el cuadro N° 14 en donde se resalta los valores: Nivel de reserva técnica, de Barraje de Demasías y del nivel de agua máximo de operación (NAMO) que son: 200.00, 212.50 y 213.30 msnm respectivamente.

CUADRO N° 13
VOLUMEN LÍQUIDO ENTRE COTAS LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y
BATIMÉTRICO DEL 2007

Nivel	Área (Km ²)	Volumen entre cotas (MMC)	Volumen acumulado (MMC)
181.75	0.000	---	---
182.00	0.000	0.000	0.000
183.00	0.015	0.010	0.024
184.00	0.093	0.053	0.128
185.00	0.990	0.257	0.858
186.00	1.652	0.436	2.321
187.00	2.493	0.625	4.551
188.00	3.237	0.818	7.499
189.00	4.198	1.049	11.365
190.00	4.995	1.249	16.077
191.00	5.834	1.463	21.601
192.00	6.707	1.685	28.016
193.00	7.503	1.876	35.234
194.00	8.119	2.030	43.138
195.00	8.644	2.165	51.593
196.00	9.312	2.337	60.671
197.00	9.967	2.496	70.424
198.00	10.630	2.656	80.820
199.00	11.148	2.778	91.756
200.00	11.571	2.890	103.148
201.00	12.004	3.003	114.984
202.00	12.503	3.126	127.302
203.00	13.067	3.265	140.142
204.00	13.574	3.405	153.563
205.00	14.088	3.519	167.475
206.00	14.501	3.623	181.812
207.00	14.934	3.732	196.574
208.00	15.374	3.841	211.774
209.00	15.784	3.945	227.394
210.00	16.245	4.062	243.462
211.00	16.747	4.198	260.044
212.00	17.401	4.635	277.238
212.50	17.922	4.452	286.100
213.00	18.159	4.548	295.147
213.30	18.529	5.520	300.667

CUADRO N° 14
VOLUMEN DEL EMBALSE Y DE LOS SÓLIDOS ACUMULADOS DESDE EL
AÑO 1969 AL 2007

Descripción	Volumen (MMC)	%
Volumen de Embalse		
Volumen Embalse - 1969 (N.A.M.O. = 212.50 m.s.n.m.)	317.000	100.00
Volumen Embalse - 1997 (N.A.M.O. = 212.50 m.s.n.m.)	300.426	94.77
Volumen Embalse - 1997 (N.A.M.O. = 213.30 m.s.n.m.)	314.737	99.29
Volumen Embalse - 2006 (N.A.M.O. = 212.50 m.s.n.m.)	287.954	90.84
Volumen Embalse - 2006 (N.A.M.O. = 213.30 m.s.n.m.)	302.638	95.47
Volumen Embalse - 2007 (N.A.M.O. = 212.50 m.s.n.m.)	286.100	90.25
Volumen Embalse - 2007 (N.A.M.O. = 213.30 m.s.n.m.)	300.667	94.85
Volumen de Sedimentos Acumulados		
Volumen de Sedimentos Periodo 1969-1997 Cota 200.00 m.s.n.m.	15.338	4.84
Volumen de Sedimentos Periodo 1998-2006 Cota 200.00 m.s.n.m.	9.490	3.02
Volumen de Sedimentos Periodo 1969-2006 Cota 200.00 m.s.n.m.	24.828	7.83
Volumen de Sedimentos Periodo 2006-2007 Cota 200.00 m.s.n.m.	0.524	0.17
Volumen de Sedimentos Periodo 1969-2007 Cota 200.00 m.s.n.m.	25.352	8.00

FUENTE: Levantamiento topográfico y batimetría año

5.2. RESULTADOS DEL ÚLTIMO AÑO QUE SE REALIZADO EN EL RESERVORIO TINAJONES PARA HALLAR LA DESIMENTACIÓN.

5.2.1. Cubicación del Reservoirio Tinajones, Año 2017

Durante los meses de Mayo y Junio del año 2017, el PEOT a través del Área de Operaciones de la Gerencia de O&MSHMT, realizaron un estudio de Sedimentación y Capacidad útil en la tasa de embalse del Reservoirio Tinajones, empleando Ecosonda monohaz y DGPS (gps diferencial), que además se complementó con la data obtenida con levantamiento topográfico de la tasa de embalse cuando los

niveles de embalse estaban a cotas promedio de 190.827 - 191.264 m.s.n.m. en los meses de Noviembre y Diciembre del 2016 respectivamente. (**Anexo N°05**)

Este estudio comprende analizar los datos obtenidos en campo de la tasa de embalse del reservorio Tinajones a NAMO (213.300 m.s.n.m.) para conocer la capacidad actual de embalse y por ende el volumen de sedimentos acumulados hasta el presente año; por lo que, a la cota 213.300 m.s.n.m. se presenta una superficie de espejo de agua de 18.47 Km².

Además la cota mínima obtenida es de 183.096 m.s.n.m. y la profundidad máxima de agua a la cota de 213.300 m.s.n.m. es de 30.204 m., además a la cota de corona del dique principal (216.08 m.s.n.m.), el reservorio tendría una altura actual de 32.984 m., habiendo perdido una altura de 7.096 m. por sedimentación en el período de 48 años (1969-2017), conformando así el actual fondo del reservorio teniendo como curva a nivel base de 184 m. (**Anexo N°01**)

La capacidad de embalse del reservorio Tinajones al año 2017, en NAMO (213.300 m.s.n.m.), tiene un volumen de agua total de 293.886 Hm³ y un volumen útil de **272.886 Hm³**. (*ver reporte 01*).

El volumen de sedimentos acumulados desde el año de 1969 hasta Junio del 2017, es de **37.664 Hm³**.

REPORTE N°01: Resultado de cálculo con Autocad Civil 3d

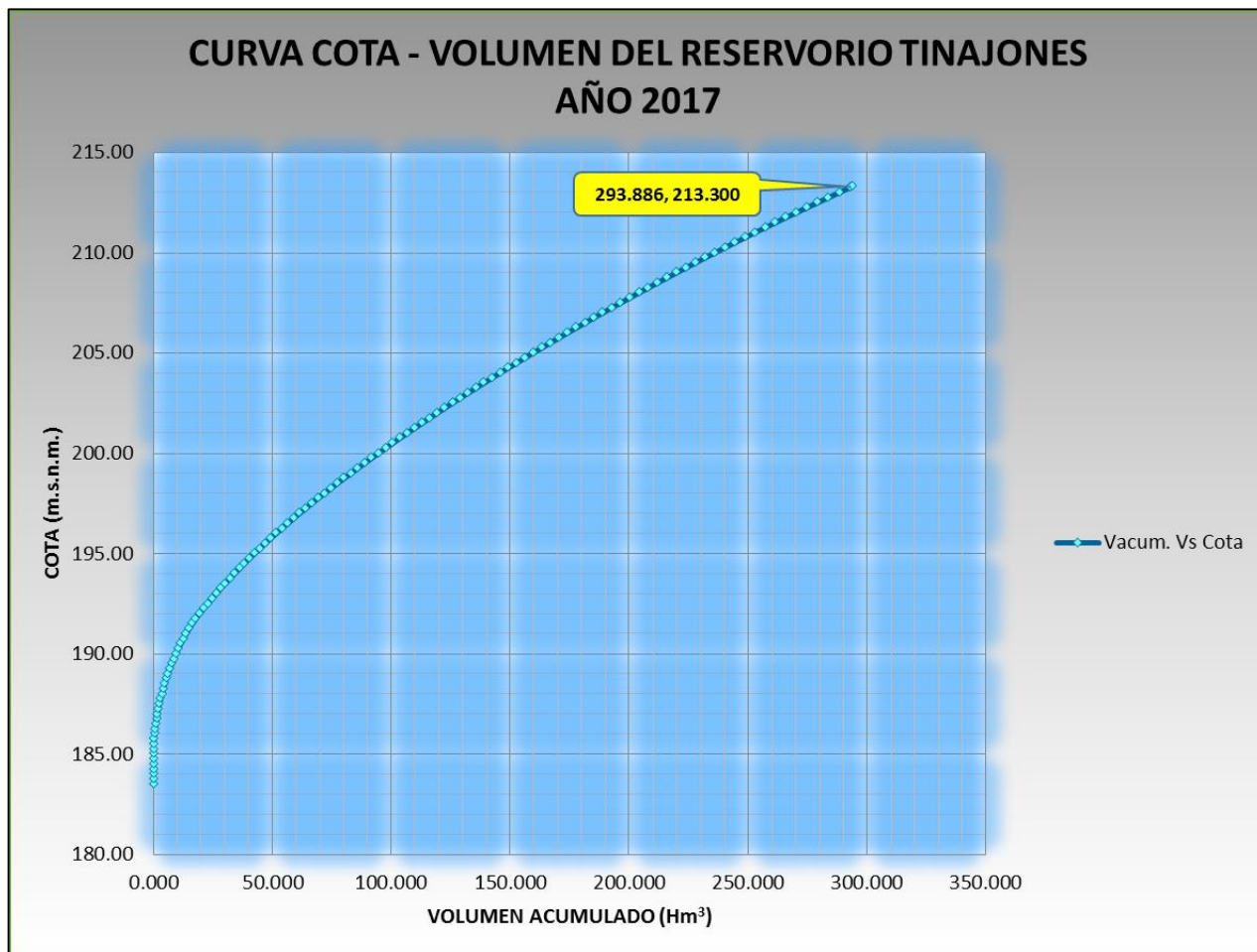
Cut/Fill Report							
Generated: 2017-11-22 13:11:22							
By user: LGuerrero							
Drawing: Z:\CHRISTIAN_VILLEGAS\batty\BATIMETRÍA_FINAL\DWG_CIVIL_3D\Z:\CHRISTIAN_VILLEGAS\batty\BATIMETRÍA_FINAL\DWG_CIVIL_3D\BATIMETRÍA_TINAJONES_2017_PEOT_CURVAS_NIVEL_DEFIN							
Volume Summary							
Name	Type	Cut Factor	Fill Factor	2d Area (sq.m)	Cut (Cu. M.)	Fill (Cu. M.)	Net (Cu. M.)
CAPACIDAD ÚTIL_2017_BATIMETRÍA_PEOT	full	1.000	1.000	18470554.32	675.75	293885509.78	293884834.03<Fill>
Totals							
				2d Area (sq.m)	Cut (Cu. M.)	Fill (Cu. M.)	Net (Cu. M.)
Total				18470554.32	675.75	293885509.78	293884834.03<Fill>

* Value adjusted by cut or fill factor other than 1.0

5.2.2. Relación Cota-Volumen del Año 2017

Se obtuvo la cubicación del vaso de embalse, en base a la superficie encerrada por cada curva a nivel, del año 2017. Determinando el gráfico Cota-Volumen, el cual se muestra en el Gráfico N° 01 y Cuadro N° 09.

GRÁFICO N° 01: CURVA COTA-VOLUMEN DEL RESERVORIO TINAJONES AÑO 2017.



FUENTE: Estudio de Sedimentación y Capacidad útil de Embalse del Reservoirio Tinajones con GPS Diferencial y Ecosonda Monohaz - Año2017

CUADRO N° 15: VOLÚMENES POR COTA DEL RESERVORIO TINAJONES AÑO 2017.

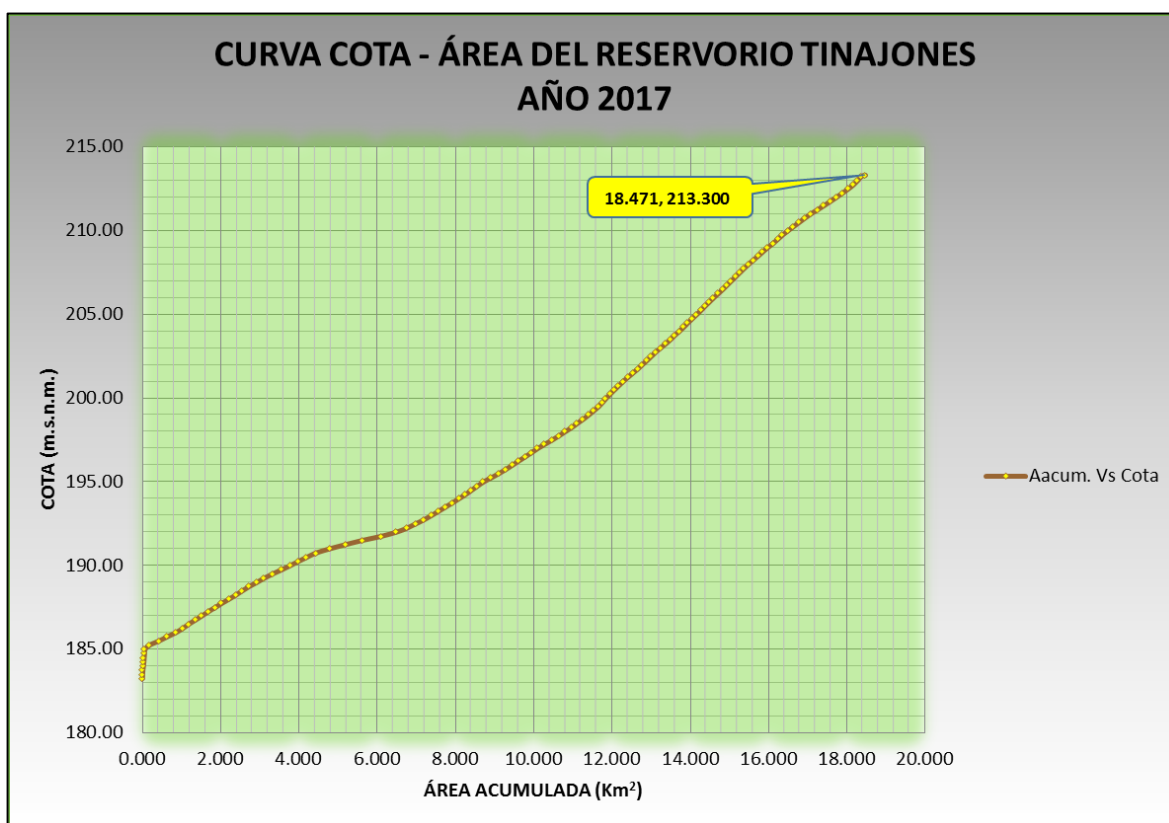
COTA-VOLUMENES AÑO 2017			COTA-VOLUMENES AÑO 2017			COTA-VOLUMENES AÑO 2017		
N°	COTA MÍNIMA (m.s.n.m.)	VOL ACUMULADO (Hm ³)	N°	COTA MÍNIMA (m.s.n.m.)	VOL ACUMULADO (Hm ³)	N°	COTA MÍNIMA (m.s.n.m.)	VOL ACUMULADO (Hm ³)
1	183.00		42	193.25	28.195	83	203.50	138.921
2	183.25		43	193.50	30.111	84	203.75	142.309
3	183.50	0.001	44	193.75	32.071	85	204.00	145.726
4	183.75	0.003	45	194.00	34.074	86	204.25	149.171
5	184.00	0.007	46	194.25	36.120	87	204.50	152.643
6	184.25	0.015	47	194.50	38.205	88	204.75	156.143
7	184.50	0.026	48	194.75	40.327	89	205.00	159.671
8	184.75	0.038	49	195.00	42.488	90	205.25	163.227
9	185.00	0.053	50	195.25	44.694	91	205.50	166.810
10	185.25	0.085	51	195.50	46.949	92	205.75	170.420
11	185.50	0.163	52	195.75	49.250	93	206.00	174.057
12	185.75	0.297	53	196.00	51.595	94	206.25	177.723
13	186.00	0.485	54	196.25	53.980	95	206.50	181.417
14	186.25	0.722	55	196.50	56.407	96	206.75	185.140
15	186.50	1.000	56	196.75	58.874	97	207.00	188.889
16	186.75	1.318	57	197.00	61.382	98	207.25	192.665
17	187.00	1.679	58	197.25	63.932	99	207.50	196.469
18	187.25	2.081	59	197.50	66.528	100	207.75	200.300
19	187.50	2.526	60	197.75	69.168	101	208.00	204.159
20	187.75	3.014	61	198.00	71.850	102	208.25	208.048
21	188.00	3.546	62	198.25	74.574	103	208.50	211.967
22	188.25	4.124	63	198.50	77.336	104	208.75	215.918
23	188.50	4.744	64	198.75	80.136	105	209.00	219.898
24	188.75	5.406	65	199.00	82.971	106	209.25	223.911
25	189.00	6.114	66	199.25	85.840	107	209.50	227.957
26	189.25	6.870	67	199.50	88.740	108	209.75	232.033
27	189.50	7.677	68	199.75	91.668	109	210.00	236.142
28	189.75	8.539	69	200.00	94.620	110	210.25	240.285
29	190.00	9.458	70	200.25	97.596	111	210.50	244.464
30	190.25	10.430	71	200.50	100.599	112	210.75	248.679
31	190.50	11.455	72	200.75	103.630	113	211.00	252.931
32	190.75	12.536	73	201.00	106.688	114	211.25	257.223
33	191.00	13.690	74	201.25	109.775	115	211.50	261.558
34	191.25	14.939	75	201.50	112.894	116	211.75	265.934
35	191.50	16.292	76	201.75	116.044	117	212.00	270.349
36	191.75	17.761	77	202.00	119.224	118	212.25	274.804
37	192.00	19.339	78	202.25	122.434	119	212.50	279.297
38	192.25	21.000	79	202.50	125.672	120	212.75	283.824
39	192.50	22.721	80	202.75	128.938	121	213.00	288.381
40	192.75	24.497	81	203.00	132.234	122	213.25	292.964
41	193.00	26.323	82	203.25	135.562	123	213.30	293.886

FUENTE: Estudio de Sedimentación y Capacidad útil de Embalse del Reservoirio Tinajones con GPS Diferencial y Ecosonda Monohaz - Año2017

5.2.3. Relación Cota-Área del Año 2017

Se obtuvo la cubicación del vaso de embalse, en base a la superficie encerrada por cada curva a nivel, del año 2017. Determinando el gráfico Cota-Área, el cual se muestra en el Gráfico N° 02 y Cuadro N° 10.

GRÁFICO N° 02: CURVA COTA-ÁREA DEL RESERVORIO TINAJONES AÑO 2017.



FUENTE: Estudio de Sedimentación y Capacidad útil de Embalse del Reservorio Tinajones con GPS Diferencial y Ecosonda Monohaz - Año 2017

CUADRO N° 16: ÁREA POR COTA DEL RESERVORIO TINAJONES AÑO 2017.

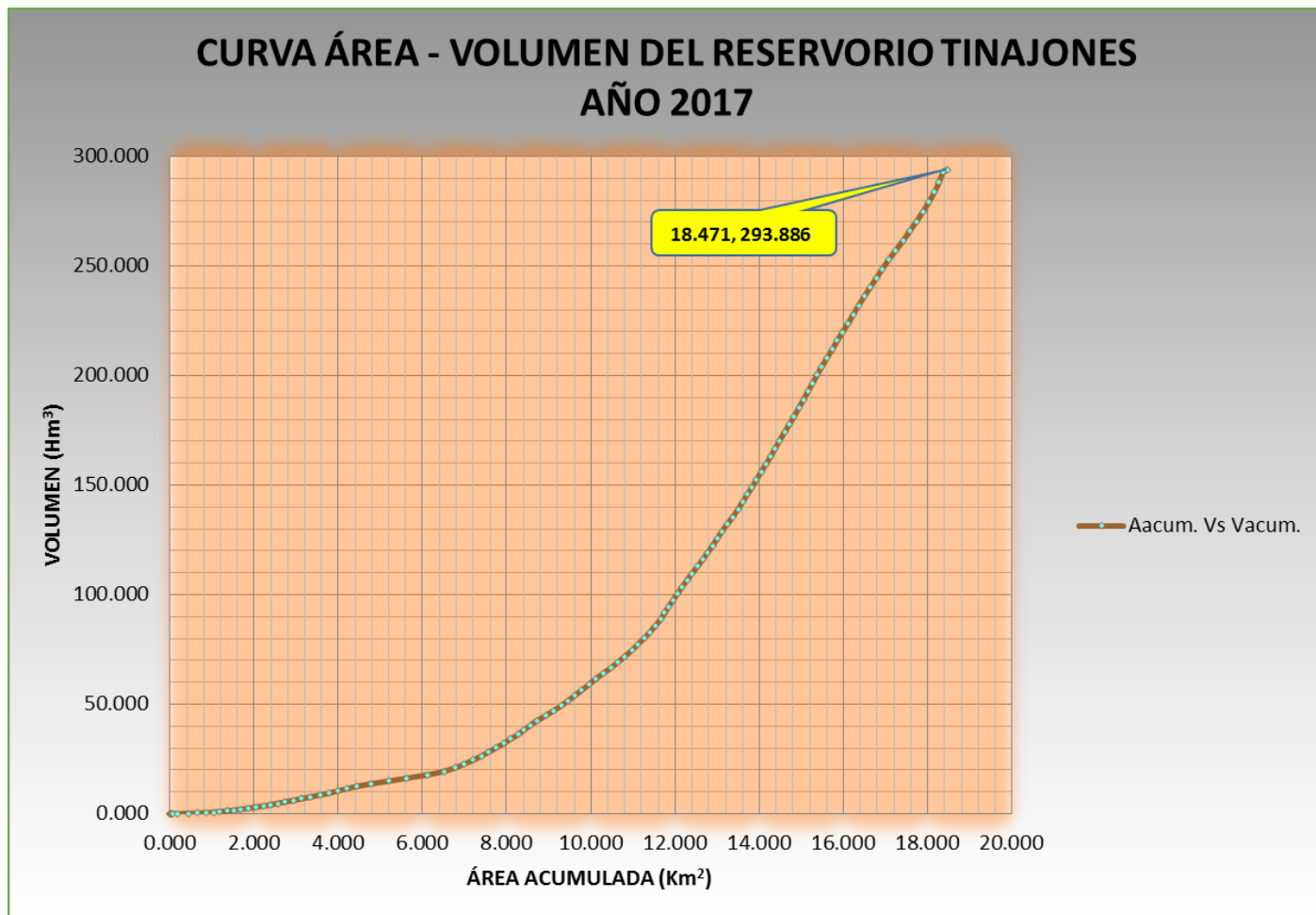
COTA-ÁREA AÑO 2017			COTA-ÁREA AÑO 2017			COTA-ÁREA AÑO 2017		
N°	COTA MÍNIMA (m.s.n.m.)	ÁREA ACUM (Km ²)	N°	COTA MÍNIMA (m.s.n.m.)	ÁREA ACUM (Km ²)	N°	COTA MÍNIMA (m.s.n.m.)	ÁREA ACUM (Km ²)
1	183.00		42	193.25	7.575	83	203.50	13.497
2	183.25	0.000	43	193.50	7.753	84	203.75	13.609
3	183.50	0.004	44	193.75	7.930	85	204.00	13.723
4	183.75	0.012	45	194.00	8.096	86	204.25	13.838
5	184.00	0.027	46	194.25	8.268	87	204.50	13.943
6	184.25	0.037	47	194.50	8.414	88	204.75	14.055
7	184.50	0.045	48	194.75	8.566	89	205.00	14.169
8	184.75	0.054	49	195.00	8.722	90	205.25	14.280
9	185.00	0.068	50	195.25	8.924	91	205.50	14.384
10	185.25	0.189	51	195.50	9.116	92	205.75	14.494
11	185.50	0.432	52	195.75	9.294	93	206.00	14.604
12	185.75	0.643	53	196.00	9.461	94	206.25	14.722
13	186.00	0.860	54	196.25	9.622	95	206.50	14.835
14	186.25	1.036	55	196.50	9.789	96	206.75	14.944
15	186.50	1.185	56	196.75	9.949	97	207.00	15.051
16	186.75	1.361	57	197.00	10.113	98	207.25	15.159
17	187.00	1.528	58	197.25	10.289	99	207.50	15.270
18	187.25	1.689	59	197.50	10.477	100	207.75	15.380
19	187.50	1.866	60	197.75	10.647	101	208.00	15.494
20	187.75	2.039	61	198.00	10.811	102	208.25	15.615
21	188.00	2.222	62	198.25	10.977	103	208.50	15.741
22	188.25	2.397	63	198.50	11.122	104	208.75	15.861
23	188.50	2.561	64	198.75	11.274	105	209.00	15.983
24	188.75	2.733	65	199.00	11.413	106	209.25	16.122
25	189.00	2.932	66	199.25	11.539	107	209.50	16.244
26	189.25	3.122	67	199.50	11.660	108	209.75	16.365
27	189.50	3.330	68	199.75	11.761	109	210.00	16.503
28	189.75	3.566	69	200.00	11.853	110	210.25	16.645
29	190.00	3.785	70	200.25	11.959	111	210.50	16.787
30	190.25	3.992	71	200.50	12.066	112	210.75	16.931
31	190.50	4.208	72	200.75	12.177	113	211.00	17.082
32	190.75	4.442	73	201.00	12.288	114	211.25	17.255
33	191.00	4.792	74	201.25	12.411	115	211.50	17.424
34	191.25	5.197	75	201.50	12.538	116	211.75	17.584
35	191.50	5.631	76	201.75	12.664	117	212.00	17.742
36	191.75	6.119	77	202.00	12.778	118	212.25	17.896
37	192.00	6.505	78	202.25	12.897	119	212.50	18.044
38	192.25	6.779	79	202.50	13.009	120	212.75	18.175
39	192.50	6.995	80	202.75	13.120	121	213.00	18.279
40	192.75	7.209	81	203.00	13.245	122	213.25	18.383
41	193.00	7.399	82	203.25	13.378	123	213.30	18.471

FUENTE: Estudio de Sedimentación y Capacidad útil de Embalse del Reservoirio Tinajones con GPS Diferencial y Ecosonda Monohaz - Año2017

5.2.4. Relación Área-Volumen Año 2017

Se obtuvo la cubicación del vaso de embalse, en base a la superficie encerrada por cada curva a nivel, del año 2017. Determinando el gráfico Área-Volumen, el cual se muestra en el Gráfico N° 03 y Cuadro N° 11.

GRÁFICO N° 03: CURVA ÁREA-VOLUMEN DEL RESERVORIO TINAJONES AÑO 2017.



FUENTE: Estudio de Sedimentación y Capacidad útil de Embalse del Reservoirio Tinajones con GPS Diferencial y Ecosonda Monohaz - Año2017

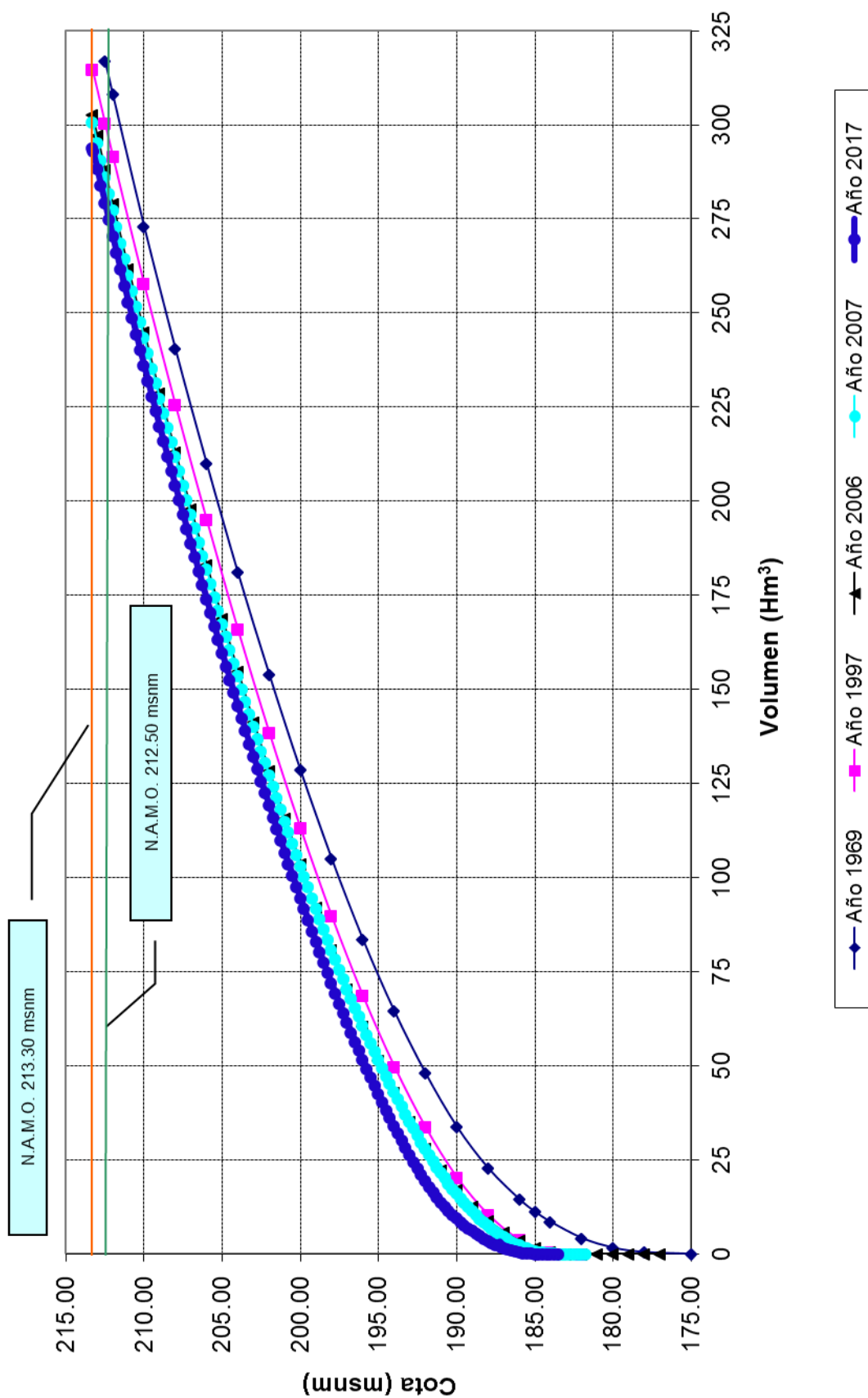
CUADRO N° 17: ÁREA - VOLUMEN DEL RESERVORIO TINAJONES AÑO 2017.

ÁREA-VOLUMENES AÑO 2017			ÁREA-VOLUMENES AÑO 2017			ÁREA-VOLUMENES AÑO 2017		
N°	ÁREA ACUM (Km ²)	VOL ACUMULADO (Hm ³)	N°	ÁREA ACUM (Km ²)	VOL ACUMULADO (Hm ³)	N°	ÁREA ACUM (Km ²)	VOL ACUMULADO (Hm ³)
1			42	7.575	28.195	83	13.497	138.921
2	0.000		43	7.753	30.111	84	13.609	142.309
3	0.004	0.001	44	7.930	32.071	85	13.723	145.726
4	0.012	0.003	45	8.096	34.074	86	13.838	149.171
5	0.027	0.007	46	8.268	36.120	87	13.943	152.643
6	0.037	0.015	47	8.414	38.205	88	14.055	156.143
7	0.045	0.026	48	8.566	40.327	89	14.169	159.671
8	0.054	0.038	49	8.722	42.488	90	14.280	163.227
9	0.068	0.053	50	8.924	44.694	91	14.384	166.810
10	0.189	0.085	51	9.116	46.949	92	14.494	170.420
11	0.432	0.163	52	9.294	49.250	93	14.604	174.057
12	0.643	0.297	53	9.461	51.595	94	14.722	177.723
13	0.860	0.485	54	9.622	53.980	95	14.835	181.417
14	1.036	0.722	55	9.789	56.407	96	14.944	185.140
15	1.185	1.000	56	9.949	58.874	97	15.051	188.889
16	1.361	1.318	57	10.113	61.382	98	15.159	192.665
17	1.528	1.679	58	10.289	63.932	99	15.270	196.469
18	1.689	2.081	59	10.477	66.528	100	15.380	200.300
19	1.866	2.526	60	10.647	69.168	101	15.494	204.159
20	2.039	3.014	61	10.811	71.850	102	15.615	208.048
21	2.222	3.546	62	10.977	74.574	103	15.741	211.967
22	2.397	4.124	63	11.122	77.336	104	15.861	215.918
23	2.561	4.744	64	11.274	80.136	105	15.983	219.898
24	2.733	5.406	65	11.413	82.971	106	16.122	223.911
25	2.932	6.114	66	11.539	85.840	107	16.244	227.957
26	3.122	6.870	67	11.660	88.740	108	16.365	232.033
27	3.330	7.677	68	11.761	91.668	109	16.503	236.142
28	3.566	8.539	69	11.853	94.620	110	16.645	240.285
29	3.785	9.458	70	11.959	97.596	111	16.787	244.464
30	3.992	10.430	71	12.066	100.599	112	16.931	248.679
31	4.208	11.455	72	12.177	103.630	113	17.082	252.931
32	4.442	12.536	73	12.288	106.688	114	17.255	257.223
33	4.792	13.690	74	12.411	109.775	115	17.424	261.558
34	5.197	14.939	75	12.538	112.894	116	17.584	265.934
35	5.631	16.292	76	12.664	116.044	117	17.742	270.349
36	6.119	17.761	77	12.778	119.224	118	17.896	274.804
37	6.505	19.339	78	12.897	122.434	119	18.044	279.297
38	6.779	21.000	79	13.009	125.672	120	18.175	283.824
39	6.995	22.721	80	13.120	128.938	121	18.279	288.381
40	7.209	24.497	81	13.245	132.234	122	18.383	292.964
41	7.399	26.323	82	13.378	135.562	123	18.471	293.886

FUENTE: Estudio de Sedimentación y Capacidad útil de Embalse del Reservorio Tinajones con GPS Diferencial y Ecosonda Monohaz - Año2017

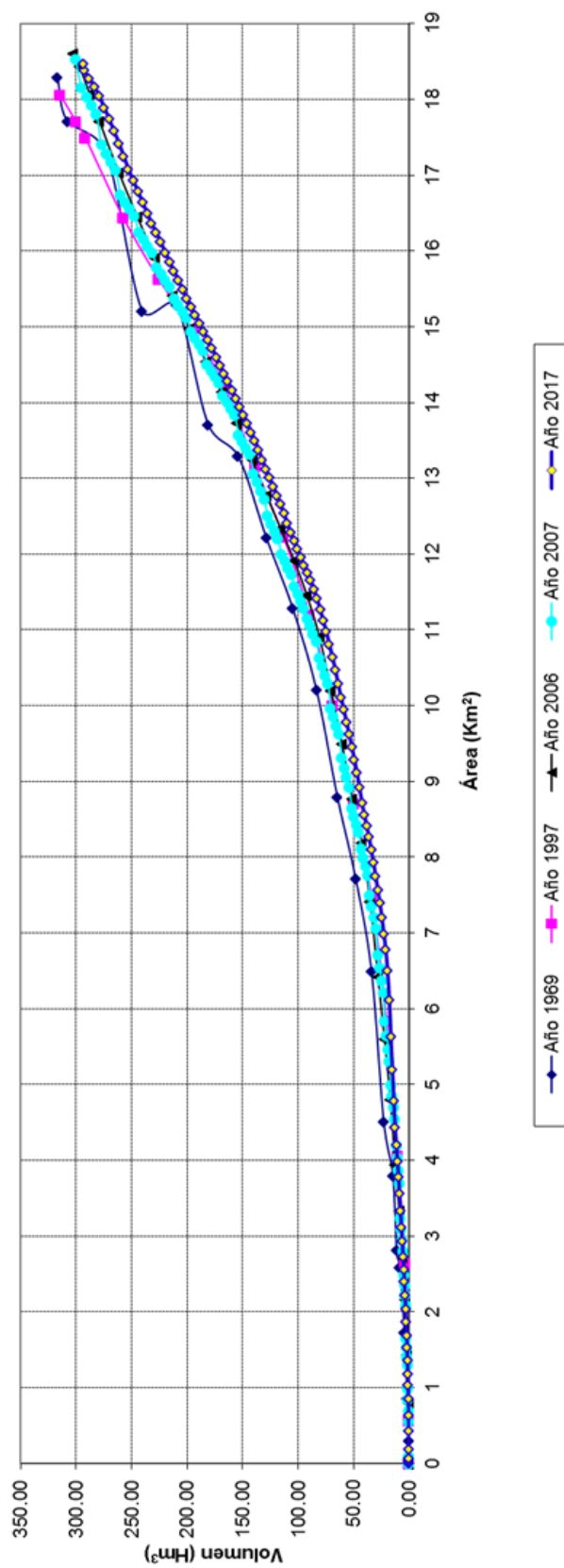
5.2.5. Consolidación Relación Cota-Volumen (1969-2017)

GRÁFICO 04
RELACIÓN COTA - VOLUMEN
EMBALSE TINAJONES - AÑO 1969-2017



5.2.6. Consolidación Relación Cota-Área (1969-2017)

GRÁFICO 05
RELACION ÁREA - VOLUMEN
EMBALSE TINAJONES - AÑO 1969-2017



5.3. CONSOLIDACIÓN DE LA SEDIMENTACIÓN DEL RESERVORIO TINAJONES

Para el análisis de la sedimentación del Reservoirio Tinajones en el tiempo, se muestra el siguiente cuadro:

CUADRO N° 18: VOLUMEN DEL EMBALSE Y DE LOS SÓLIDOS ACUMULADOS DESDE EL AÑO 1969 AL 2017.

CUADRO RESUMEN DE LA SEDIMENTACIÓN EN EL RESERVORIO TINAJONES					
DATA HISTÓRICA	VOL. SEDIMENTOS (Hm ³)	VOL. ACUM. SEDIMENTOS (Hm ³)	VOL. AGUA TOTAL INICIAL (Hm ³)	VOL. AGUA TOTAL FINAL (Hm ³)	GRADO DE SEDIMENTOS (%)
Batimetría 2007	25.352	25.352	331.55	306.198	7.65%
Informe de Sólidos 2007	0.091	25.443		306.107	8.31%
Informe de Sólidos 2008	0.030	25.473		306.077	8.32%
Informe de Sólidos 2009	0.051	25.524		306.026	8.34%
Informe de Sólidos 2010	0.025	25.549		306.001	8.35%
Informe de Sólidos 2011	0.214	25.763		305.787	8.42%
Informe de Sólidos 2012	1.473	27.236		304.314	8.91%
Informe de Sólidos 2013	0.908	28.143		303.407	9.25%
Informe de Sólidos 2014	0.061	28.204		303.346	9.30%
Informe de Sólidos 2015	0.046	28.250		303.300	9.31%
Sólidos depositados 2007 - 2015	2.898				
Sedimentación al 2015	28.250				
Sedimentación del 2015 - 2017	9.414			293.886	
sedimentación 1969-2017	37.664				11.36%

Según los resultados obtenidos de este estudio, observamos que desde el año 1969 hasta mediados de este año 2017, el reservorio ha perdido un 11.36 % de su capacidad de embalse repotenciada a la cota de 213.300, logrando almacenar actualmente en su NAMO un volumen de 293.886 Hm³, cuyo volumen útil es de 272.886 Hm³.

- ✚ El informe de sólidos del Reservoirio Tinajones se toma de referencia para evaluar sólo el ingreso de sólidos por el canal Alimentador y los evacuados por canal descarga.
- ✚ Lo que ha ingresado por las quebradas Chaparrí, Yaipon y Arequipena no han podido ser evaluadas hasta el momento y que al darse la ocurrencia de avenidas en el transcurso del periodo, estas quebradas han aportado caudales al embalse con el traslado de sólidos que se han depositado y sólo se puede estimar su cantidad por diferencia con los sedimentos calculado en la batimetría.

5.4. NIVELES CARACTERÍSTICOS E IMPORTANTES PARA UNA ADECUADA OPERACIÓN DEL EMBALSE DEL RESERVORIO TINAJONES

De acuerdo al estudio de Sedimentación y Capacidad útil en la tasa de embalse del Reservoirio Tinajones al año 2017, mediante técnicas de topografía y batimetría, se obtuvo la cubicación actual de la tasa de embalse y las relaciones: cota-volumen, cota-área y área-volumen, permitiendo determinar los siguientes parámetros:

- **NAME.** - Según Plan de Descarga 2016-2017 y 2017-2018, el Nivel de Agua Máximo Extraordinario se encuentra en la cota **214.000 m.s.n.m.** y que según relación cota-volumen, actualmente corresponde un volumen a embalsar de **306.851 Hm³**. Además, cabe resaltar que en el año 2001 la Dirección Ejecutiva del Proyecto Especial Olmos Tinajones **DEPOLTI**, realizó trabajos de rehabilitación y repotenciación en la estructura del reservorio Tinajones como parte de su afianzamiento y modernización, rehabilitando el núcleo impermeable de arcilla a la cota 215.00 m.s.n.m. Por lo tanto, para resguardar la seguridad de la Presa y evitar fisuras e infiltraciones hacia el núcleo por aumento de los niveles de agua en la tasa de embalse, se determinó que el NAME sea a la cota **214.00 m.s.n.m.**
- **NAMO.-** Según Plan de Descarga 2016-2017 y 2017-2018, el Nivel de Agua Máximo de Operación se encuentra en la cota **213.300 m.s.n.m.** y que según relación cota-volumen, actualmente corresponde un volumen a embalsar de **293.886 Hm³**.
- **NAMINO.-** Según Plan de Descarga 2016-2017 y 2017-2018, el Nivel de Agua Mínimo de Operación se encuentra en la cota **192.250 m.s.n.m.** y que según relación cota-volumen, actualmente corresponde un volumen a embalsar de **21.000 Hm³**; la cota inferior es de 185.000 m.s.n.m.
- **VOLUMEN TOTAL DE EMBALSE INICIAL A LA COTA 213.300.-** A fines del año 1997, se aumentó la altura de la cota de la cresta del vertedero de demasías del reservorio Tinajones, pasando de la cota de 212.500 m.s.n.m. a 213.300 m.s.n.m., obteniéndose un volumen total de embalse de **331.550 Hm³**.
- **VOLUMEN MUERTO DE DISEÑO.-** El reservorio Tinajones fue construido en los años 1965 a 1968 y se puso en servicio en 1969, diseñándose un volumen muerto por sedimentación y por resguardo a la captación y protección a la erosión de la estructura de trasvase (túnel) y estructura de conducción (canal descarga), el cual contemplaba una capacidad de embalse **11.200 Hm³**, y que según Topografía del Reservorio Tinajones del año 1969, dicho volumen se encuentra a la cota de **185.000 m.s.n.m.**, correspondiéndole un área de **2.81 Km²**. (ver Cuadro N°07).

Actualmente la capacidad de embalse a la cota 185.000 m.s.n.m. es de **0.053 Hm³** (53, 231.75 m³), correspondiéndole un área de **0.068 Km²** (6.812 Ha). (Ver Cuadro N°15, N°16 y N°19).

CUADRO N° 19: NIVELES Y VOLÚMENES INICIALES Y ACTUALES DE EMBALSE DEL RESERVORIO TINAJONES AL AÑO 2017

NIVELES Y VOLÚMENES REPOTENCIADOS (AÑO 1997)			
DESCRIPCIÓN	COTA (m.s.n.m.)	ÁREA (Km ²)	Vol. Almacenar (Hm ³)
NAMO	213.30	18.410	331.550
NAMINO (Vol. Muerto de diseño)	185.00	2.810	11.200
Vol. Útil Inicial (NAMO-NAMINO)			320.350
NIVELES Y VOLÚMENES ACTUALES (AÑO 2017)			
DESCRIPCIÓN	COTA (m.s.n.m.)	ÁREA (Km ²)	Vol. Almacenar (Hm ³)
NAME	214.00	18.552	306.851
NAMO	213.30	18.471	293.886
NAMINO	192.25	6.779	21.000
Vol. Útil Actual (NAMO-NAMINO)			272.886

- **SEDIMENTACIÓN ACTUAL.-** Teniendo como nivel de referencia la cota 213.300 m.s.n.m., el volumen a almacenar total desde el año 1969 fue de 331.550 **Hm³**, evolucionando en el tiempo y que al año 2017 se logró calcular un nuevo volumen a almacenar total de 293.886 **Hm³**, permitiendo obtener por diferencia de volúmenes el volumen de colmatación por sedimentos al año 2017, siendo éste **37.664 Hm³** que representa el **11.36 %** de su capacidad repotenciada de 331.550 **Hm³**.
- La distribución actual del volumen colmatado (37.664 Hm³) en el vaso del reservorio Tinajones en función al espacio ocupado del volumen útil y al espacio ocupado del volumen muerto es la siguiente:

✚ **Volumen de sedimentos ocupando el espacio del Volumen Muerto.** - Teniendo como nivel de referencia la cota 185.000 m.s.n.m. y que según relación cota-volumen (ver Cuadro N°15), corresponde a almacenar un volumen de agua de 0.053 Hm³, y que restando el volumen muerto por diseño de 11.200 Hm³, resulta que el volumen colmatado por sedimentos que se encuentra ocupando el espacio del volumen Muerto al año 2017 es de **11.147 Hm³**.

✚ **Volumen de sedimentos ocupando el espacio del Volumen Útil.** - Si el volumen colmatado por sedimentos desde el año 1969 al 2017 es de **37.664 Hm³** y el volumen de sedimentos ocupados en el espacio del volumen muerto de diseño al año 2017 es de 11.147 **Hm³**, entonces el volumen colmatado por sedimentos que se encuentra ocupando el espacio del volumen Útil al año 2017 es de **26.517 Hm³**.



- **VOLUMEN ÚTIL.-** Al año 2017, el volumen útil a la cota 213.300 m.s.n.m., resulta de la diferencia de los volúmenes actuales de NAMO (cota 213.300 m.s.n.m.) y el NAMINO (cota 192.250 m.s.n.m.), obteniendo el reservorio Tinajones actualmente un volumen útil de **272.886 Hm³**.
- **VOLUMEN DE CRECIDAS.-** Al año 2017, el volumen de crecidas a la cota 214.000 m.s.n.m., resulta de la diferencia de los volúmenes actuales de NAME (cota 214.000 m.s.n.m.) y el NAMO (cota 213.300 m.s.n.m.), obteniendo el reservorio Tinajones teóricamente en la actualidad un volumen de crecidas de **12.965 Hm³**.
- **VOLUMEN TOTAL.-** Matemáticamente el volumen total de una presa se calcula mediante la sumatoria del volumen útil, volumen muerto por sedimentos y el volumen de crecidas, que siendo así *teóricamente el volumen total del reservorio Tinajones al año 2017* de 306.851 Hm³ y que se relaciona con la cota 214.000 m.s.n.m., pero cabe mencionar que por ser un embalse fuera de su cauce (se controla y se hace seguimiento del volumen que ingresa), por regla de operación y por resguardo y seguridad de la presa, el nivel normal y continuo operacional es a la cota 213.300 m.s.n.m. por lo que *el volumen total a embalsar desde el año 2017* es de **293.886 Hm³**, siendo este la suma del volumen útil y volumen muerto por sedimentos para el caso del reservorio Tinajones.



CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- Según lo expuesto a lo largo de este trabajo el volumen de sedimentos acumulados desde el año de 1969 hasta junio del 2017, es de **37.664 Hm³**, que representa un **11.36 %** de su capacidad repotenciada de 331.550 **Hm³**.
- La distribución de **37.664 Hm³** que representa el volumen de sedimentos acumulados desde el año 1969 hasta el año 2017, ocupa el **99.52%** (11.147 **Hm³**) del espacio del volumen muerto de diseño y el **8.28%** (26.518 **Hm³**) del espacio del volumen útil inicial (320.350 **Hm³**).
- Por los tanto podemos decir entonces que: los embalses laterales minimizan el impacto ambiental en el cauce y laderas del río, pero a su vez generan cambios climatológicos en la subcuenca del vaso receptor, esto es por la alteración de la temperatura y humedad, debido a la presencia del enorme volumen de agua.



CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

Al Proyecto Especial Olmos Tinajones

- Se recomienda hacer estudios batimétricos al menos cada dos años para conocer su volumen útil y la evolución del nivel de sedimentos que se va acumulando, ya que son las quebradas las que aportan la mayor parte del sedimento.
- Desarrollar programas que concienticen en la conservación del suelo y así poder minimizar la erosión.
- Desarrollar programas que sensibilicen e informen sobre la conservación de suelos y la erosión y así poder minimizar la erosión.
- Se debe adquirir equipos modernos para trabajos de batimetría que permitan una obtención de la información en el menor tiempo posible y ahorrar costos operativos.
- Se recomienda dar alternativas de procedimientos adecuados para la purga hidráulica de sedimentos del reservorio.
- Se recomienda el continuo mantenimiento y monitoreo del desarenador ya que no está al 100% de su eficiencia.
- Se debe de monitorear diariamente los sedimentos que llegan al canal alimentador, bocatoma Raca Rumi y al Reservorio Tinajones.
- Capacitación de los agricultores en la parte alta de la cuenca y la sub cuenca con el fin de que se pueda controlar la contaminación del suelo, el uso adecuado de materia orgánica en el suelo.

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Torres Sales, L.G. (2006): "ESTUDIO DE LA SEDIMENTACION DEL RESERVORIO TINAJONES". Lambayeque, Perú.*
- *Mendoza Medina, J.W.A (2008): "ESTUDIO SOBRE LA SEDIMENTACIÓN EN EL EMBALSE TINAJONES". Lambayeque, Perú.*
- *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRESA TINAJONES, SALZGITTER INDUSTRIEBAU GMBH. Chiclayo 1965.*
- *Felices, A. R. (2006). LA PROBLEMÁTICA DE LA SEDIMENTACIÓN DE EMBALSES EN EL APROVECHAMIENTO DE LOS RÍOS PERUANOS, APLICADA AL EMBALSE DE POECHOS. Piura, Perú.*
- *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PRESA TINAJONES, SALZGITTER INDUSTRIEBAU GMBH. Chiclayo 1965.*
- *ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE INUNDACIÓN AGUAS ABAJO DEL RESERVORIO TINAJONES. CESEL S.A. Ingenieros Consultores. Lima, 1999.*
- *INFORME: REPOTENCIACIÓN DE PRENSA TINAJONES. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y EVALUACIÓN DEL RESERVORIO TINAJONES. Ing. Víctor Manuel Cerna Vera. Dirección de Estudios DEPOLTI. Chiclayo 1998.*
- *RESERVORIO TINAJONES, CONTROL DE LOS DIQUES, SEDIMENTACION EN EL RESERVORIO. Ing. Roll G. Niemeyer. Gesellschaft für Agrarentwicklung (Gmbll). Chiclayo 1983.*
- *ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS DEL MANEJO DE CUENCAS EN ZONAS ARIDAS SUJETAS AL FENÓMENO DE EL NIÑO. Ing. Arturo Rocha Felices, Dr. II Simposio Latinoamericano de Control de Erosión. 2004.*

CAPÍTULO IX: ANEXOS

Anexo N°01: Cuadro de la Evolución de las Profundidades de los Niveles de Embalse y Altura del reservorio Tinajones en un período de 48 años.

Se aprecia lo siguiente:

- ✓ La cota mínima obtenida es de 183.096 m.s.n.m. y la profundidad máxima de agua a la cota de 213.300 m.s.n.m. es de 30.204 m.
- ✓ A la cota de corona del dique principal (216.08 m.s.n.m.), el reservorio tendría una altura actual de 32.984 m., habiendo perdido una altura de 7.096 m. por sedimentación en el período de 48 años (1969-2017), conformando así el actual fondo del reservorio teniendo como curva a nivel base de 184 m.

Anexo N°02: Descargas diarias del canal Alimentador (m^3/s) – Año 2017.

Se aprecia lo siguiente:

- ✓ Los caudales diarios registrados son los caudales promedios del día.

Anexo N°03: Descargas diarias del canal Descarga (m^3/s) – Año 2017.

Se aprecia lo siguiente:

- ✓ Los caudales diarios registrados son los caudales promedios del día.

Anexo N°04: Volúmenes diarios del reservorio Tinajones (m^3) – Año 2017.

Anexo N°05: Registro diario de las cotas del reservorio Tinajones (m) – Año 2016.

Se aprecia lo siguiente:

- ✓ En los meses de Noviembre y Diciembre del 2016 se registran cotas bajas en el nivel de embalse del Reservorio Tinajones por período atípico de sequía en la Cuenca Chancay Lambayeque.
- ✓ El día 28 de Noviembre del 2016, se registra una cota mínima mensual de 190.664 m.s.n.m.
- ✓ El día 01 de Diciembre del 2016, se registra una cota mínima mensual de 190.730 m.s.n.m.

Anexo N°06: Registro diario de las cotas del reservorio Tinajones (m) – Año 2017.

Anexo N°07: Aporte de Quebradas al reservorio Tinajones (m^3/s) – Enero 2017.

Se aprecia lo siguiente:

- ✓ Las quebradas Chaparrí, Yaipon y Arequipaña en el mes de Enero del 2017, aportaron un volumen de agua mensual de 961, 682.00 m³.
- ✓ El caudal máximo aportado es de 3.539 m³/s, el día 08 de Enero 2017.
- ✓ Los valores negativos en la 4^{ta} columna cuyo encabezado es la Variación diaria del volumen del reservorio Tinajones, indican el descenso en el volumen de agua del día.
- ✓ Los valores positivos en la 4^{ta} columna cuyo encabezado es la Variación diaria del volumen del reservorio Tinajones, indican el incremento en el volumen de agua del día.
- ✓ Los valores negativos en la 12^{ava} columna cuyo encabezado es Caudal de Aporte de Quebrada, indican que no hubo aporte de caudal hacia la tasa de embalse del reservorio Tinajones.
- ✓ Los valores positivos en la 12^{ava} columna cuyo encabezado es Caudal de Aporte de Quebrada, indican que el aporte de caudal hacia la tasa de embalse del reservorio Tinajones.

Anexo N°08: Aporte de Quebradas al reservorio Tinajones (m³/s) – Febrero 2017.

Se aprecia lo siguiente:

- ✓ Las quebradas Chaparrí, Yaipon y Arequipaña en el mes de Enero del 2017, aportaron un volumen de agua mensual de 17'617, 517.60 m³.
- ✓ El caudal máximo aportado es de 72.046 m³/s, el día 04 de Febrero 2017.
- ✓ Los valores negativos en la 4^{ta} columna cuyo encabezado es la Variación diaria del volumen del reservorio Tinajones, indican el descenso en el volumen de agua del día.
- ✓ Los valores positivos en la 4^{ta} columna cuyo encabezado es la Variación diaria del volumen del reservorio Tinajones, indican el incremento en el volumen de agua del día.
- ✓ Los valores negativos en la 12^{ava} columna cuyo encabezado es Caudal de Aporte de Quebrada, indican que no hubo aporte de caudal hacia la tasa de embalse del reservorio Tinajones.
- ✓ Los valores positivos en la 12^{ava} columna cuyo encabezado es Caudal de Aporte de Quebrada, indican que el aporte de caudal hacia la tasa de embalse del reservorio Tinajones.

Anexo N°09: Aporte de Quebradas al reservorio Tinajones (m³/s) – Marzo 2017.

Se aprecia lo siguiente:

- ✓ Las quebradas Chaparrí, Yaipón y Arequipaña en el mes de Enero del 2017, aportaron un volumen de agua mensual de 92'023, 069.60 m³.
- ✓ El caudal máximo aportado es de 134.557 m³/s, el día 14 de Marzo 2017, cuyo valor es un caudal histórico para un período de retorno de 100 años para el aporte de la quebrada Arequipaña, según Modelo Hidrometeorológico Hec Hms de las sub cuencas Chaparrí, Arequipaña, Pablo Blanco y Majín/ INFORME TÉCNICO DE BATIMETRÍA Y SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE TINAJONES 2006 - PEOT.
- ✓ Los valores negativos en la 4^{ta} columna cuyo encabezado es la Variación diaria del volumen del reservorio Tinajones, indican el descenso en el volumen de agua del día.



- ✓ Los valores positivos en la 4ta columna cuyo encabezado es la Variación diaria del volumen del reservorio Tinajones, indican el incremento en el volumen de agua del día.
- ✓ Los valores positivos en la 12ava columna cuyo encabezado es Caudal de Aporte de Quebrada, indican que el aporte de caudal hacia la tasa de embalse del reservorio Tinajones.

Anexo N°10: Modelo Hidrometeorológico Hec Hms de las sub cuencas Chaparrí, Arequipaña, Pablo Blanco y Majín/ INFORME TÉCNICO DE BATIMETRÍA Y SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE TINAJONES 2006 - PEOT.

ANEXO N° 01: EVOLUCIÓN DE LAS PROFUNDIDADES DE LOS NIVELES DE EMBALSE Y ALTURA DEL RESERVORIO TINAJONES EN UN PERÍODO DE 48 AÑOS.


EVOLUCIÓN DE LAS PROFUNDIDADES DE LOS NIVELES DE EMBALSE Y ALTURA DEL RESERVORIO TINAJONES EN UN PERÍODO DE 48 AÑOS				
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS	SEGÚN ESTUDIOS DE TOPOGRAFÍA Y BATIMETRÍA			
	1969	1997	2007	2017
NIVEL DE LA CORONA DE LA PRESA	216.080	216.080	216.080	216.080
COTA MÍNIMA	176.000	182.000	181.750	183.096
PROFUNDIDAD AL NIVEL DE EMBALSE A LA COTA 212.500	36.500	30.500	30.750	29.404
PROFUNDIDAD AL NIVEL DE EMBALSE A LA COTA 213.300	37.300	31.300	31.550	30.204
ALTURA NETA DEL RESERVORIO TINAJONES A LA COTA 216.080	40.080	34.080	34.330	32.984

FUENTE: Estudio de Sedimentación y Capacidad útil de Embalse del Reservorio Tinajones con GPS Diferencial y Ecosonda Monohaz - Año 2017.

ANEXO N° 02: DESCARGAS DIARIAS DEL CANAL ALIMENTADOR m³/s.

<div>  GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE </div> <div> PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SISTEMA MAYOR - TINAJONES </div>								
DESCARGAS DIARIAS DEL CANAL ALIMENTADOR m3/seg.								
	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17
1	21.673	40.550	43.390	5.655	45.532	46.159	11.275	6.860
2	41.060	43.190	53.833	7.794	46.730	40.700	12.607	8.527
3	30.267	52.680	51.002	6.851	46.355	38.578	10.563	6.192
4	23.763	65.028	43.392	14.912	43.683	35.199	12.585	7.502
5	21.456	46.918	53.402	29.117	44.954	34.495	12.375	5.373
6	34.284	41.847	43.956	54.831	56.640	33.907	12.313	8.116
7	52.421	27.351	46.428	56.259	47.495	29.914	12.681	4.985
8	53.800	22.891	46.345	55.778	46.757	28.415	10.778	6.781
9	50.957	50.469	52.114	34.763	50.620	27.169	8.241	5.576
10	36.177	60.610	54.837	46.808	47.855	24.725	11.426	6.671
11	29.834	62.637	56.242	59.560	47.386	22.687	11.516	6.976
12	19.152	46.188	56.776	61.182	47.429	18.859	9.474	7.439
13	25.803	36.704	13.676	58.602	50.291	11.656	9.718	7.882
14	50.233	38.289	31.089	61.244	49.909	15.130	10.583	9.688
15	55.997	30.923	42.375	61.204	47.887	12.840	6.448	10.401
16	49.013	29.592	45.503	61.100	39.196	12.769	8.582	9.680
17	35.040	35.256	51.726	59.223	48.542	11.930	7.982	6.828
18	24.166	30.786	39.475	58.692	51.153	11.357	9.026	16.086
19	22.716	26.863	50.539	56.057	46.983	12.058	6.609	14.247
20	20.271	25.962	58.876	56.876	52.280	10.955	7.394	10.822
21	17.503	45.351	60.363	57.969	47.749	10.952	7.859	14.560
22	20.357	42.024	30.706	59.355	48.552	10.521	7.956	11.189
23	34.155	39.775	11.341	54.762	47.984	9.354	10.010	11.038
24	30.430	42.248	15.240	44.758	47.029	8.565	10.310	9.157
25	25.613	22.455	17.919	44.454	50.393	14.720	8.246	7.149
26	29.824	31.783	0.678	46.891	50.979	12.546	10.085	9.454
27	42.544	39.967	-	44.013	49.636	11.733	7.149	8.447
28	34.600	41.789	-	46.456	47.424	12.754	8.582	8.820
29	27.794		3.255	46.951	47.344	11.833	7.209	10.038
30	22.809		4.907	44.670	48.145	12.996	9.287	8.153
31	29.009		4.458		46.700		7.378	8.320
SUMA	1,012.721	1,120.126	1,083.843	1,396.787	1,489.612	595.476	296.247	272.957
PRO	32.668	40.005	34.963	46.560	48.052	19.849	9.556	8.805
MAX	55.997	65.028	60.363	61.244	56.640	46.159	12.681	16.086
MIN	17.503	22.455	0.000	5.655	39.196	8.565	6.448	4.985
MASA	87,499,094	96,778,886	93,644,035	120,682,397	128,702,477	51,449,126	25,595,741	23,583,485
Fuente: Área de Operaciones								

ANEXO N° 03: DESCARGAS DIARIAS DEL CANAL DESCARGA m³/s.

<div>  <div> PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SISTEMA MAYOR - TINAJONES </div> </div>								
DESCARGAS DIARIAS DEL CANAL DESCARGA m3/seg.								
	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17
1	4.264	30.013	0.073	15.321	40.295	40.530	11.222	14.375
2	4.991	3.334	3.175	15.321	40.530	38.791	11.222	14.375
3	5.533	0.073	1.684	15.321	40.530	33.063	10.731	14.028
4	5.533	0.073	0.073	5.258	42.260	31.421	11.872	13.812
5	6.919	0.073	0.073	0.227	45.319	31.421	11.872	14.140
6	11.528	0.073	0.073	0.227	46.147	31.421	11.872	14.673
7	10.659	14.189	11.969	0.227	46.347	28.940	11.872	14.673
8	6.146	13.569	0.073	21.059	46.347	24.407	11.872	14.409
9	5.201	5.600	0.073	46.347	46.347	20.736	11.988	13.732
10	2.319	0.153	0.073	51.047	46.347	20.736	10.469	14.554
11	4.754	0.073	0.073	59.696	46.347	20.736	15.346	14.509
12	10.426	0.073	0.073	59.696	46.347	20.166	15.574	14.954
13	29.631	7.696	0.073	59.388	46.347	13.396	15.758	14.219
14	27.323	38.299	0.073	59.285	46.347	11.437	15.603	14.406
15	29.298	40.067	0.073	58.671	46.347	11.437	14.321	14.534
16	29.310	38.840	0.073	48.751	36.393	10.390	12.559	16.864
17	29.061	37.974	0.073	40.577	44.864	9.761	12.091	17.423
18	29.198	48.633	0.073	41.571	44.864	9.761	12.986	16.216
19	29.911	51.055	0.073	45.801	44.864	9.761	13.200	16.023
20	32.038	51.087	2.049	47.030	44.864	11.296	12.313	16.064
21	32.917	47.777	10.170	40.884	44.864	10.170	12.313	15.693
22	32.389	41.108	17.973	39.128	44.864	10.170	13.826	15.321
23	32.714	27.661	28.898	30.165	44.864	10.170	14.612	12.727
24	32.958	16.255	28.898	29.471	44.864	12.038	14.436	16.500
25	33.695	3.736	28.898	21.802	44.864	11.222	12.161	16.148
26	33.613	22.528	28.898	23.174	44.864	11.222	13.674	15.921
27	33.366	2.728	28.590	38.224	44.864	11.222	14.171	17.719
28	33.230	11.325	28.281	39.387	44.864	11.222	14.375	17.059
29	32.768	-	25.041	39.826	44.864	11.222	14.375	17.591
30	31.813	-	15.321	39.826	44.864	11.222	14.375	18.555
31	30.281	-	15.321	-	42.697		14.375	17.572
SUMA	673.787	554.065	276.334	1,032.708	1,379.390	539.487	407.436	478.789
PRO	21.735	19.788	8.914	34.424	44.496	17.983	13.143	15.445
MAX	33.695	51.087	28.898	59.696	46.347	40.530	15.758	18.555
MIN	2.319	0.073	0.073	0.227	36.393	9.761	10.469	12.727
MASA	58,215,197	47,871,216	23,875,258	89,225,971	119,179,296	46,611,677	35,202,470	41,367,370
Fuente: Área de Operaciones								

ANEXO N° 04: VOLÚMENES DIARIOS DEL RESERVORIO TINAJONES m³

		VOLUMENES DIARIOS DEL RESERVORIO TINAJONES m ³											
		ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
1	54,416,000	76,707,500	139,812,500	302,837,500	331,457,500	331,457,500	331,550,000	331,550,000	318,728,000				
2	56,128,000	79,130,000	145,290,000	302,925,000	331,365,000	331,550,000	331,550,000	331,550,000	317,936,000				
3	58,920,000	84,440,000	150,425,000	302,872,500	331,550,000	331,476,000	331,550,000	331,550,000	317,216,000				
4	60,764,000	95,210,000	155,890,000	302,732,500	331,550,000	331,550,000	331,550,000	331,550,000	316,442,000				
5	62,250,000	101,458,000	160,439,500	304,360,000	331,383,500	331,550,000	331,550,000	331,550,000	315,704,000				
6	63,375,000	106,173,000	167,770,000	307,230,000	331,254,000	331,550,000	331,550,000	331,550,000	314,840,000				
7	65,583,000	109,082,500	178,165,000	312,140,000	331,550,000	331,365,000	331,550,000	331,550,000	314,156,000				
8	69,497,000	110,117,500	188,612,500	317,000,000	331,550,000	331,272,500	331,550,000	331,550,000	313,274,000				
9	73,439,500	112,337,000	195,427,500	318,764,000	331,439,000	331,383,500	331,550,000	331,550,000	312,464,000				
10	76,935,500	117,460,000	202,822,500	317,900,000	331,550,000	331,550,000	331,494,500	331,550,000	311,798,000				
11	79,462,500	123,316,000	210,645,000	317,594,000	331,550,000	331,550,000	331,494,500	331,550,000	310,592,000				
12	81,134,500	129,000,000	217,320,000	317,630,000	331,513,000	331,550,000	330,865,500	330,865,500	309,836,000				
13	81,258,000	132,812,500	228,131,000	317,756,000	331,476,000	331,513,000	330,310,500	330,310,500	308,990,000				
14	81,106,000	134,150,000	240,932,000	317,810,000	331,513,000	331,365,000	329,607,500	329,607,500	307,422,500				
15	82,749,500	133,625,000	246,820,000	317,900,000	331,383,500	331,550,000	328,997,000	328,997,000	306,635,000				
16	84,630,000	132,587,500	253,988,000	317,954,000	331,420,500	331,550,000	328,220,000	328,220,000	305,725,000				
17	86,120,000	132,212,500	258,892,500	318,980,000	331,457,500	331,550,000	327,757,500	327,757,500	304,745,000				
18	86,140,000	131,625,000	265,509,000	320,204,000	331,410,000	331,550,000	326,629,000	326,629,000	304,605,000				
19	85,700,000	129,587,500	275,292,500	321,410,000	331,457,500	331,550,000	326,074,000	326,074,000	304,080,000				
20	84,800,000	127,240,000	282,590,000	322,130,000	331,457,500	331,550,000	325,406,000	325,406,000	303,362,500				
21	83,357,500	125,404,000	288,750,000	323,030,000	331,550,000	331,550,000	324,938,000	324,938,000	302,977,500				
22	81,932,500	125,068,000	297,465,000	323,966,000	331,550,000	331,550,000	324,380,000	324,380,000	302,190,000				
23	80,678,500	125,620,000	300,335,000	325,388,000	331,494,500	331,550,000	323,768,000	323,768,000	301,787,500				
24	80,479,000	127,120,000	300,247,500	327,017,500	331,550,000	331,550,000	323,300,000	323,300,000	300,860,000				
25	79,871,000	128,875,000	300,370,000	327,979,500	331,494,500	331,550,000	322,832,000	322,832,000	299,915,000				
26	78,940,000	129,937,500	302,785,000	329,811,000	331,550,000	331,550,000	322,550,000	322,550,000	298,935,000				
27	78,275,000	132,000,000	303,275,000	331,365,000	331,550,000	331,550,000	321,644,000	321,644,000	297,780,000				
28	78,626,500	135,375,000	302,330,000	331,550,000	331,550,000	331,550,000	320,870,000	320,870,000	296,625,000				
29	78,275,000		300,615,000	331,457,500	331,550,000	331,550,000	320,096,000	320,096,000	295,575,000				
30	77,534,000		299,897,500	331,494,500	331,550,000	331,550,000	319,430,000	319,430,000	294,175,000				
31	76,783,500		300,737,500	331,402,000	331,550,000	331,550,000	319,430,000	319,430,000	294,175,000				
VFM	76,783,500	135,375,000	300,737,500	331,494,500	331,550,000	331,550,000	319,430,000	319,430,000	294,175,000	-	-	-	-
MAX	86,140,000	135,375,000	303,275,000	331,550,000	331,550,000	331,550,000	331,550,000	331,550,000	318,728,000	-	-	-	-
MIN	54,416,000	76,707,500	139,812,500	302,732,500	331,254,000	331,272,500	331,430,000	331,430,000	294,175,000	-	-	-	-

Fuente: Área de Operaciones

ANEXO N° 05: REGISTRO DIARIO DE COTAS DEL RESERVORIO TINAJONES (m).

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA
DE COLOMBIA

COMANDO EN JEFE
FUERZA ARMADA

Fuente: Área de Operaciones

ANEXO N° 06: REGISTRO DIARIO DE COTAS DEL RESERVORIO TINAJONES (m).

GOBIERNO REGIONAL DE LAMBAYEQUE		PROYECTO ESPECIAL OLMOS TINAJONES											
		COTAS DEL RESERVORIO TINAJONES (06 HORAS) m ³ .											
		ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17
1		192.802	195.285	200.905	211.705	213.295	213.295	213.300	212.596				
2		193.016	195.540	201.330	211.710	213.290	213.300	213.300	212.552				
3		193.365	196.094	201.725	211.707	213.300	213.296	213.300	212.512				
4		193.584	197.110	202.140	211.699	213.300	213.300	213.300	212.469				
5		193.750	197.678	202.477	211.792	213.291	213.300	213.300	212.428				
6		193.875	198.102	203.020	211.956	213.284	213.300	213.300	212.380				
7		194.114	198.355	203.790	212.230	213.300	213.290	213.300	212.342				
8		194.526	198.445	204.525	212.500	213.300	213.285	213.300	212.293				
9		194.941	198.638	204.995	212.598	213.294	213.291	213.300	212.248				
10		195.309	199.080	205.505	212.550	213.300	213.300	213.297	212.211				
11		195.575	199.568	206.043	212.533	213.300	213.300	213.297	212.144				
12		195.751	200.040	206.488	212.535	213.298	213.300	213.263	212.102				
13		195.764	200.345	207.202	212.542	213.296	213.298	213.233	212.055				
14		195.748	200.452	208.027	212.545	213.298	213.290	213.195	212.005				
15		195.921	200.410	208.395	212.550	213.291	213.300	213.162	211.967				
16		196.113	200.327	208.843	212.553	213.293	213.300	213.120	211.922				
17		196.262	200.297	209.145	212.610	213.295	213.300	213.095	211.870				
18		196.264	200.250	209.546	212.678	213.295	213.300	213.063	211.814				
19		196.220	200.087	210.131	212.745	213.300	213.300	213.034	211.806				
20		196.130	199.895	210.548	212.785	213.295	213.300	213.004	211.776				
21		195.985	199.742	210.900	212.835	213.300	213.300	212.967	211.735				
22		195.835	199.714	211.398	212.887	213.300	213.300	212.941	211.713				
23		195.703	199.760	211.562	212.966	213.297	213.300	212.910	211.688				
24		195.682	199.885	211.557	213.055	213.300	213.300	212.876	211.645				
25		195.618	200.115	211.564	213.107	213.297	213.300	212.850	211.592				
26		195.520	200.030	211.702	213.206	213.300	213.300	212.824	211.538				
27		195.450	200.280	211.730	213.290	213.300	213.300	212.792	211.482				
28		195.487	200.550	211.676	213.300	213.300	213.300	212.758	211.416				
29		195.450		211.578	213.295	213.300	213.300	212.715	211.350				
30		195.372		211.537	213.297	213.297	213.300	212.672	211.290				
31		195.293		211.585		213.292		212.635	211.210				
CFDM		195.293	200.550	211.585	213.297	213.297	213.300	212.635	211.210				
PRO		195.175	199.146	207.793	212.592	213.297	213.298	213.078	211.940				
MAX		196.264	200.550	211.730	213.300	213.300	213.300	213.300	212.596				
MIN		192.802	195.285	200.905	211.699	213.284	213.285	212.635	211.210				

Fuente: Área de Operaciones

ANEXO N° 07: APOORTE DE QUEBRADAS AL RESERVORIO TINAJONES (m3/s).

VOLUMENES DIARIOS DEL RESERVORIO TINAJONES m³.																		
RESERVORIO TINAJONES			RESERVORIO TINAJONES			CANAL ALIMENTADOR			CANAL DESCARGA			BALANCE (ALIM-DESC)			APOORTE QUEBRADAS			COMPARACIÓN
DÍA	dic-16	ene-17	ene-17	Q (m3/s)	ene-17	ene-17	Q (m3/s)	Vol (m3)	ene-17	Q (m3/s)	Vol (m3)	ene-17	Q (m3/s)	Vol(m3)	Q (m3/s)	Vol(m3)	Variación (m3)	
1	38.637.000	54.416.000	1.056.000.000	12.222	21.673	1.872.547.200	4.264	368.409.600										
2	39.002.700	56.128.000	1.712.000.000	19.815	41.060	3.547.584.000	4.991	431.222.400						17.409	1.504.137.600	2.406	207.862.400	
3	39.285.600	58.920.000	2.792.000.000	32.315	30.267	2.615.068.800	5.533	478.051.200						36.069	3.116.361.600	-3.754	-324.361.600	
4	39.292.500	60.764.000	1.844.000.000	21.343	23.763	2.053.123.200	5.533	478.051.200						24.734	2.137.017.600	-3.391	-293.017.600	
5	39.182.100	62.250.000	1.486.000.000	17.199	21.456	1.853.798.400	6.919	597.801.600						18.230	1.575.072.000	-1.031	-89.072.000	
6	39.471.900	63.375.000	1.125.000.000	13.021	34.284	2.962.137.600	11.528	996.019.200						14.537	1.255.996.800	-1.516	-130.996.800	
7	39.382.200	65.583.000	2.208.000.000	25.556	52.421	4.529.174.400	10.659	920.937.600						22.756	1.966.118.400	2.800	241.881.600	
8	39.485.700	69.497.000	3.914.000.000	45.301	53.800	4.648.320.000	6.146	531.014.400						41.762	3.608.236.800	3.539	305.763.200	
9	39.506.400	73.439.500	3.942.500.000	45.631	50.957	4.402.684.800	5.201	449.366.400						47.654	4.117.305.600	-2.023	-174.805.600	
10	39.471.900	76.935.500	3.496.000.000	40.463	36.177	3.125.692.800	2.319	200.361.600						45.756	3.953.318.400	-5.293	-457.318.400	
11	39.672.000	79.462.500	2.527.000.000	29.248	29.834	2.577.657.600	4.754	410.745.600						33.858	2.925.331.200	-4.610	-398.931.200	
12	39.782.400	81.134.500	1.672.000.000	19.352	19.152	1.654.732.800	10.426	900.806.400						25.080	2.166.912.000	-5.728	-494.912.000	
13	39.637.500	81.258.000	123.500.000	1.429	25.803	2.229.379.200	29.631	2.560.118.400						8.726	753.926.400	-7.297	-630.426.400	
14	39.458.100	81.106.000	-152.000.000	-1.759	50.233	4.340.131.200	27.323	2.360.707.200						-3.828	-330.739.200	2.069	178.739.200	
15	39.382.200	82.749.500	1.643.500.000	19.022	55.997	4.838.140.800	29.298	2.531.347.200						22.910	1.979.424.000	-3.888	-335.924.000	
16	39.396.000	84.630.000	1.880.500.000	21.765	49.013	4.234.723.200	29.310	2.532.384.000						26.699	2.306.793.600	-4.934	-426.293.600	
17	40.161.900	86.120.000	1.490.000.000	17.245	35.040	3.027.456.000	29.061	2.510.870.400						19.703	1.702.339.200	-2.458	-212.339.200	
18	40.626.000	86.140.000	20.000.000	0.231	24.166	2.087.942.400	29.198	2.522.707.200						5.979	516.585.600	-5.748	-496.585.600	
19	40.990.000	85.700.000	-440.000.000	-5.093	22.716	1.962.662.400	29.911	2.584.310.400						-5.032	-434.764.800	-0.061	-5.235.200	
20	41.949.000	84.800.000	-900.000.000	-10.417	20.271	1.751.414.400	32.038	2.768.083.200						-7.195	-621.648.000	-3.222	-278.352.000	
21	43.265.000	83.357.500	-1.442.500.000	-16.696	17.503	1.512.259.200	32.917	2.844.028.800						-11.767	-1.016.668.800	-4.929	-425.831.200	
22	44.200.000	81.932.500	-1.425.000.000	-16.493	20.357	1.758.844.800	32.389	2.798.409.600						-15.414	-1.331.769.600	-1.079	-93.230.400	
23	44.747.500	80.678.500	-1.254.000.000	-14.514	34.155	2.950.992.000	32.714	2.826.489.600						-12.032	-1.039.564.800	-2.482	-214.435.200	
24	45.344.000	80.479.000	-199.500.000	-2.309	30.430	2.629.152.000	32.958	2.847.571.200						1.441	124.502.400	-3.750	-324.002.400	
25	46.080.000	79.871.000	-608.000.000	-7.037	25.613	2.212.963.200	33.695	2.911.248.000						-2.528	-218.419.200	-4.509	-389.580.800	
26	47.088.000	78.940.000	-931.000.000	-10.775	29.824	2.576.793.600	33.613	2.904.163.200						-8.082	-698.284.800	-2.693	-232.715.200	
27	48.384.000	78.275.000	-665.000.000	-7.697	42.544	3.675.801.600	33.366	2.882.822.400						-3.789	-327.369.600	-3.908	-337.630.400	
28	49.288.000	78.626.500	351.500.000	4.068	34.600	2.989.440.000	33.230	2.871.072.000						9.178	792.979.200	-5.110	-441.479.200	
29	50.616.000	78.275.000	-351.500.000	-4.068	27.794	2.401.401.600	32.768	2.831.155.200						1.370	118.368.000	-5.438	-469.868.000	
30	52.080.000	77.534.000	-741.000.000	-8.576	22.809	1.970.697.600	31.813	2.748.643.200						-4.974	-429.753.600	-3.602	-311.246.400	
31	53.360.000	76.783.500	-750.500.000	-8.686	29.009	2.506.377.600	30.281	2.616.278.400						-9.004	-777.945.600	0.318	27.445.600	
VPM	53.360.000	76.783.500																
MAX	53.360.000	86.140.000																
MIN	38.637.000	54.416.000																

ANEXO N° 08: APOORTE DE QUEBRADAS AL RESERVORIO TINAJONES (m³/s).

VOLUMENES DIARIOS DEL RESERVORIO TINAJONES m ³			RESERVORIO TINAJONES		CANAL ALIMENTADOR		CANAL DESCARGA		BALANCE (ALIM-DESC)		APOORTE QUEBRADAS		COMPARACIÓN
DÍA	ene-17	feb-17	feb-17	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Vol (m ³)	Q (m ³ /s)	Vol (m ³)	Q (m ³ /s)	Vol (m ³)	Q (m ³ /s)	Vol (m ³)	Variación (m ³)
1	54,416,000	76,707,500	-76,000,000	-0.880	30.013	3,503,520,000	30.013	2,593,123,200	-1.272	-109,900,800	0.392	33,900,800	-76,000,000
2	56,128,000	79,130,000	2,422,500,000	28.038	3.334	3,731,616,000	3.334	288,057,600	10.537	910,396,800	17.501	1,512,103,200	2,422,500,000
3	58,920,000	84,440,000	5,310,000,000	61.458	0.073	4,551,552,000	0.073	6,307,200	39.856	3,443,558,400	21.602	1,866,441,600	5,310,000,000
4	60,764,000	95,210,000	10,770,000,000	124.653	0.073	5,618,419,200	0.073	6,307,200	52.607	4,545,244,800	72.046	6,224,755,200	10,770,000,000
5	62,250,000	101,458,000	6,248,000,000	72.315	0.073	4,053,715,200	0.073	6,307,200	64.955	5,612,112,000	7.360	635,888,000	6,248,000,000
6	63,375,000	106,173,000	4,715,000,000	54.572	0.073	3,615,580,800	0.073	6,307,200	46.845	4,047,408,000	7.727	667,592,000	4,715,000,000
7	65,583,000	109,082,500	2,909,500,000	33.675	14.189	2,363,126,400	14.189	1,225,929,600	41.774	3,609,273,600	-8.099	-699,773,600	2,909,500,000
8	69,497,000	110,117,500	1,035,000,000	11.979	13.569	1,977,782,400	13.569	1,172,361,600	13.162	1,137,196,800	-1.183	-102,196,800	1,035,000,000
9	73,439,500	112,337,000	2,219,500,000	25.689	5.600	4,360,521,600	5.600	483,840,000	9.322	805,420,800	16.367	1,414,079,200	2,219,500,000
10	76,935,500	117,460,000	5,123,000,000	59.294	0.153	5,236,704,000	0.153	13,219,200	44.869	3,876,681,600	14.425	1,246,318,400	5,123,000,000
11	79,462,500	123,316,000	5,856,000,000	67.778	0.073	5,411,836,800	0.073	6,307,200	60.457	5,223,484,800	7.321	632,515,200	5,856,000,000
12	81,134,500	129,000,000	5,684,000,000	65.787	0.073	3,990,643,200	0.073	6,307,200	62.564	5,405,529,600	3.223	278,470,400	5,684,000,000
13	81,258,000	132,812,500	3,812,500,000	44.126	7.696	3,171,225,600	7.696	664,934,400	46.115	3,984,336,000	-1.989	-171,836,000	3,812,500,000
14	81,106,000	134,150,000	1,337,500,000	15.480	38.299	3,308,169,600	38.299	3,309,033,600	29.008	2,506,291,200	-13.528	-1,168,791,200	1,337,500,000
15	82,749,500	133,625,000	-525,000,000	-6.076	40.067	2,671,747,200	40.067	3,461,788,800	-0.010	-864,000	-6.066	-524,136,000	-525,000,000
16	84,630,000	132,587,500	-1,037,500,000	-12.008	38.840	2,556,748,800	38.840	3,355,776,000	-9.144	-790,041,600	-2.864	-247,458,400	-1,037,500,000
17	86,120,000	132,112,500	-375,000,000	-4.340	37.974	3,046,118,400	37.974	3,280,953,600	-9.248	-799,027,200	4.908	424,027,200	-375,000,000
18	86,140,000	131,625,000	-587,500,000	-6.800	48.633	2,659,910,400	48.633	4,201,891,200	-2.718	-234,835,200	-4.082	-352,664,800	-587,500,000
19	85,700,000	129,587,500	-2,037,500,000	-23.582	51.055	2,320,963,200	51.055	4,411,152,000	-17.847	-1,541,980,800	-5.735	-495,519,200	-2,037,500,000
20	84,800,000	127,240,000	-2,347,500,000	-27.170	51.087	2,243,116,800	51.087	4,413,916,800	-24.192	-2,090,188,800	-2.978	-257,311,200	-2,347,500,000
21	83,357,500	125,404,000	-1,836,000,000	-21.250	47.777	3,918,326,400	47.777	4,127,932,800	-25.125	-2,170,800,000	3.875	334,800,000	-1,836,000,000
22	81,932,500	125,068,000	-336,000,000	-3.889	41.108	3,630,873,600	41.108	3,551,731,200	-2.426	-209,606,400	-1.463	-126,393,600	-336,000,000
23	80,678,500	125,620,000	552,000,000	6.389	27.661	3,436,560,000	27.661	2,389,910,400	0.916	79,142,400	5.473	472,857,600	552,000,000
24	80,479,000	127,120,000	1,500,000,000	17.361	16.255	3,650,227,200	16.255	1,404,432,000	12.114	1,046,649,600	5.247	453,350,400	1,500,000,000
25	79,871,000	128,875,000	1,755,000,000	20.313	3.736	1,940,112,000	3.736	322,790,400	25.993	2,245,795,200	-5.681	-490,795,200	1,755,000,000
26	78,940,000	129,937,500	1,062,500,000	12.297	22.528	2,746,051,200	22.528	1,946,419,200	18.719	1,617,321,600	-6.422	-554,821,600	1,062,500,000
27	78,275,000	132,000,000	2,062,500,000	23.872	2.728	3,453,148,800	2.728	2,35,699,200	9.255	799,632,000	14.617	1,262,868,000	2,062,500,000
28	76,626,500	135,375,000	3,375,000,000	39.063	11.325	3,610,569,600	11.325	978,480,000	37.239	3,217,449,600	1.824	157,550,400	3,375,000,000
29	78,275,000		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	77,534,000		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	76,783,500		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VFM	76,783,500	135,375,000											
MAX	86,140,000	135,375,000											
MIN	54,416,000	76,707,500											

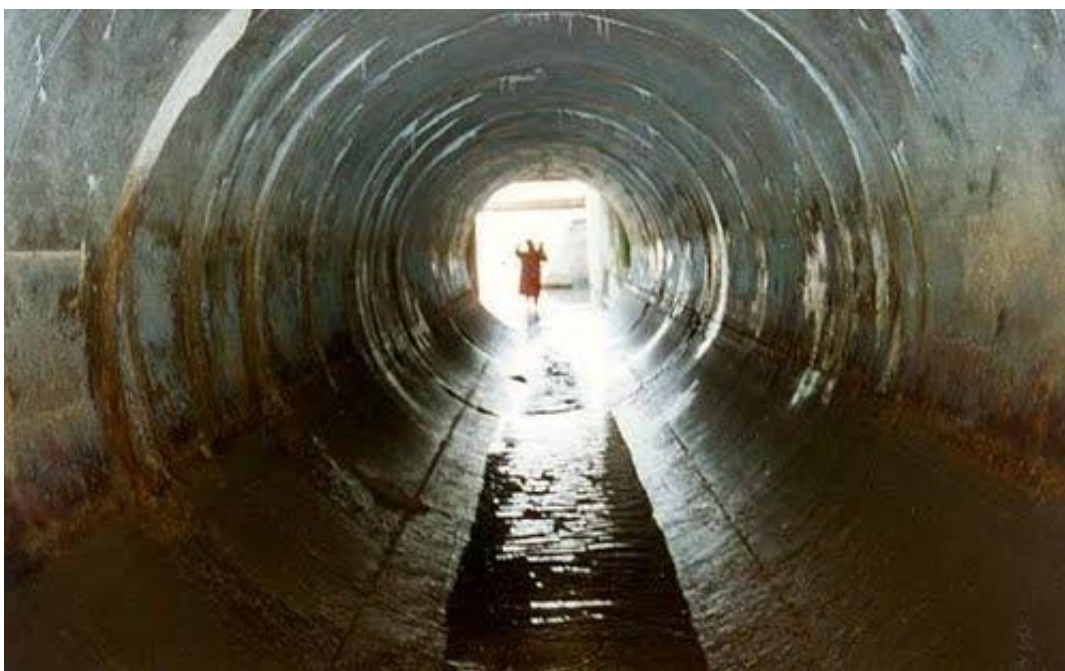
ANEXO N° 09: APOORTE DE QUEBRADAS AL RESERVORIO TINAJONES (m³/s).

VOLUMENES DIARIOS DEL RESERVORIO TINAJONES m³				RESERVORIO TINAJONES		CANAL ALIMENTADOR		CANAL DESCARGA		BALANCE (ALIM-DESC)				APOORTE QUEBRADAS		COMPARACIÓN
DÍA	feb-17	mar-17	mar-17	Variación (m3)	Q (m3/s)	Q (m3/s)	Vol (m3)	Q (m3/s)	Vol (m3)	Q (m3/s)	Vol (m3)	Q (m3/s)	Vol (m3)	Q (m3/s)	Vol (m3)	Variación (m3)
1	76,707.500	139,812.500	4,437,500.000	51.360	43.390	3,748,896.00	0.073	6,307.20	30.464	2,632,089.600	20.896	1,805,410.400	4,437,500.000			
2	79,130.000	145,290.000	5,477,500.000	63.397	53.833	4,651,171.20	3.175	274,320.00	43.317	3,742,588.800	20.080	1,734,911.200	5,477,500.000			
3	84,440.000	150,425.000	5,135,000.000	59.433	51.002	4,406,572.80	1.684	145,497.60	50.658	4,376,851.200	8.775	758,148.800	5,135,000.000			
4	95,210.000	155,890.000	5,465,000.000	63.252	43.392	3,749,088.80	0.073	6,307.20	49.318	4,261,075.200	13.934	1,203,924.800	5,465,000.000			
5	101,458.000	160,439.500	4,549,500.000	52.656	53.402	4,613,932.80	0.073	6,307.20	43.319	3,742,761.600	9.337	806,738.400	4,549,500.000			
6	106,173.000	167,770.000	7,330,500.000	84.844	43.966	3,797,798.40	0.073	6,307.20	53.329	4,607,625.600	31.515	2,722,874.400	7,330,500.000			
7	109,082.500	178,165.000	10,395,000.000	120.313	46.428	4,011,379.20	11.969	1,034,121.60	43.883	3,791,491.200	76.430	6,603,508.800	10,395,000.000			
8	110,117.500	188,612.500	10,447,500.000	120.920	46.345	4,004,208.00	0.073	6,307.20	34.459	2,977,257.600	86.461	7,470,242.400	10,447,500.000			
9	112,337.000	195,427.500	6,815,000.000	78.877	52.114	4,502,649.60	0.073	6,307.20	46.272	3,997,900.800	32.605	2,817,099.200	6,815,000.000			
10	117,460.000	202,822.500	7,395,000.000	85.590	54.837	4,737,916.80	0.073	6,307.20	52.041	4,496,342.400	33.549	2,898,657.600	7,395,000.000			
11	123,316.000	210,645.000	7,822,500.000	90.538	56.242	4,859,308.80	0.073	6,307.20	54.764	4,731,609.600	35.774	3,090,890.400	7,822,500.000			
12	129,000.000	217,320.000	6,675,000.000	77.257	56.776	4,905,446.40	0.073	6,307.20	56.169	4,853,001.600	21.088	1,821,998.400	6,675,000.000			
13	132,812.500	228,131.000	10,811,000.000	125.127	13.676	1,181,606.40	0.073	6,307.20	56.703	4,899,139.200	68.424	5,911,860.800	10,811,000.000			
14	134,150.000	240,932.000	12,801,000.000	148.160	31.089	2,686,089.60	0.073	6,307.20	13.603	1,175,299.200	134.557	11,625,700.800	12,801,000.000			
15	133,625.000	246,820.000	5,888,000.000	68.148	42.375	3,661,200.00	0.073	6,307.20	31.016	2,679,782.400	37.132	3,208,217.600	5,888,000.000			
16	132,587.500	253,988.000	7,168,000.000	82.963	45.503	3,931,459.20	0.073	6,307.20	42.302	3,654,892.800	40.661	3,513,107.200	7,168,000.000			
17	132,212.500	258,892.500	4,904,500.000	56.765	51.726	4,469,126.40	0.073	6,307.20	45.430	3,925,152.000	11.335	979,348.000	4,904,500.000			
18	131,625.000	265,509.000	6,616,500.000	76.580	39.475	3,410,640.00	0.073	6,307.20	51.653	4,462,819.200	24.927	2,153,680.800	6,616,500.000			
19	129,587.500	275,292.500	9,783,500.000	113.235	50.539	4,366,569.60	0.073	6,307.20	39.402	3,404,332.800	73.833	6,379,167.200	9,783,500.000			
20	127,240.000	282,590.000	7,297,500.000	84.462	58.876	5,086,886.40	2.049	177,033.60	50.466	4,360,262.400	33.996	2,937,237.600	7,297,500.000			
21	125,404.000	288,750.000	6,160,000.000	71.296	60.363	5,215,363.20	10.170	878,688.00	56.827	4,909,852.800	14.469	1,250,147.200	6,160,000.000			
22	125,068.000	297,465.000	8,715,000.000	100.868	30.706	2,652,998.40	17.973	1,552,867.20	50.193	4,336,675.200	50.675	4,378,324.800	8,715,000.000			
23	125,620.000	300,335.000	2,870,000.000	33.218	11.341	979,862.40	28.898	2,496,787.20	12.733	1,100,131.200	20.485	1,769,868.800	2,870,000.000			
24	127,120.000	300,247.500	-87,500.000	-1.013	15.240	1,316,736.00	28.898	2,496,787.20	-17.557	-1,516,924.800	16.544	1,429,424.800	-87,500.000			
25	128,875.000	300,370.000	122,500.000	1.418	17.919	1,548,201.60	28.898	2,496,787.20	-13.658	-1,180,051.200	15.076	1,302,551.200	122,500.000			
26	129,937.500	302,785.000	2,415,000.000	27.951	0.678	58,579.20	28.898	2,496,787.20	-10.979	-948,585.600	38.930	3,363,585.600	2,415,000.000			
27	132,000.000	303,275.000	490,000.000	5.671	-	-	28.590	2,470,176.00	-28.220	-2,438,208.000	33.891	2,928,208.000	490,000.000			
28	135,375.000	302,330.000	-945,000.000	-10.938	-	-	28.281	2,443,478.40	-28.590	-2,470,176.000	17.653	1,525,176.000	-945,000.000			
29		300,615.000	-1,715,000.000	-19.850	3.255	281,232.00	25.041	2,163,542.40	-28.281	-2,443,478.400	8.431	728,478.400	-1,715,000.000			
30		299,897.500	-717,500.000	-8.304	4.907	423,964.80	15.321	1,323,734.40	-21.786	-1,882,310.400	13.482	1,164,810.400	-717,500.000			
31		300,737.500	840,000.000	9.722	4.458	385,171.20	15.321	1,323,734.40	-10.414	-899,769.600	20.136	1,739,769.600	840,000.000			
VFM	76,783.500	135,375.000														
MAX	86,140.000	135,375.000														
MIN	54,416.000	76,707.500														



ANEXO N° 10: Modelo Hidrometeorológico Hec Hms de las sub cuencas Chaparrí, Arequipeña, Pablo Blanco y Majín/ INFORME TÉCNICO DE BATIMETRÍA Y SEDIMENTACIÓN DEL EMBALSE TINAJONES 2006 - PEOT

FOTOS



FOTOS N° 01 (TUNEL CONCHANO)



FOTOS N° 02 (TUNEL CHOTANO)



FOTO N° 03 BOCATOMA RACA RUMI



FOTO N° 04 (DESARENADOR)



FOTO N° 05 A (CANAL ALIMENTADOR)

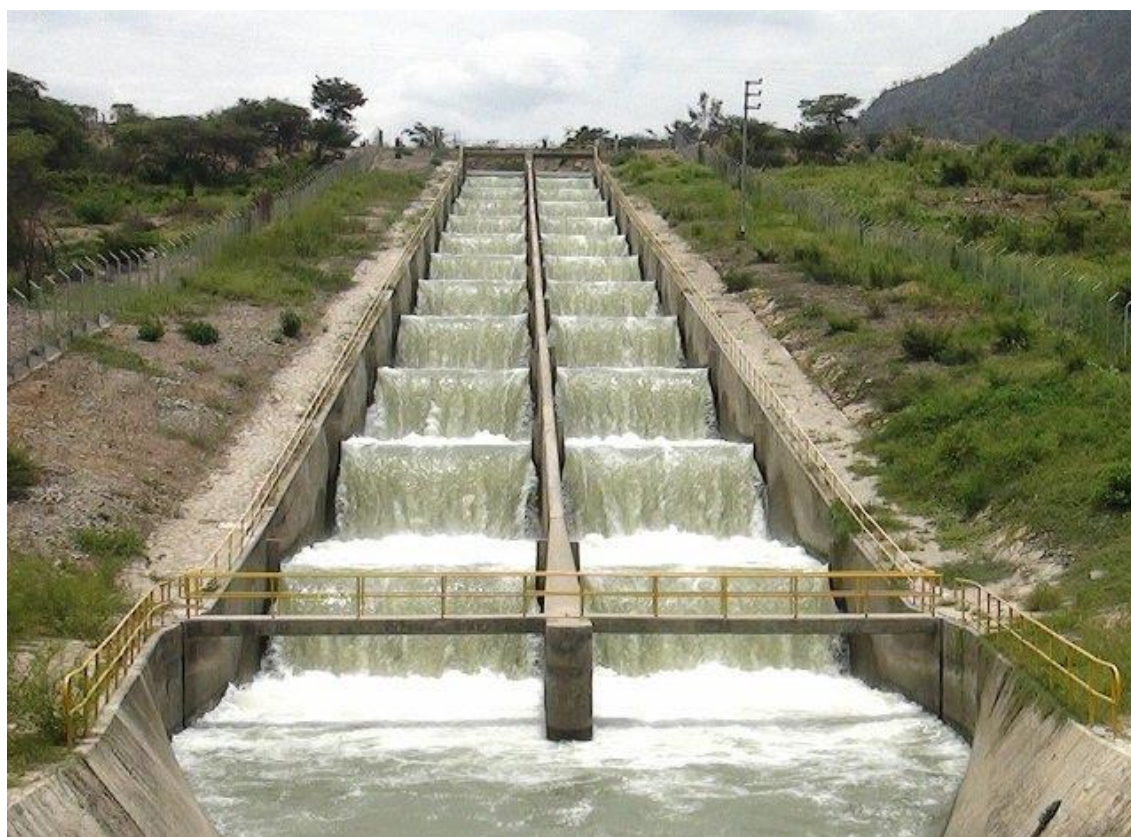


FOTO N° 05 B (CANAL ALIMENTADOR)



FOTO N° 06 A (EMBALSE TINAJONES)



**FOTO N° 06 B (UNO DE LOS DIQUES SECUNDARIOS DEL EMBALSE
TINAJONES)**



FOTO N° 06 C (DIQUE PRINCIPAL DEL EMBALSE TINAJONES)



FOTO N° 07 A (CANAL DE DESCARGA)

)



FOTO N° 07 B (CANAL DE DESCARGA)

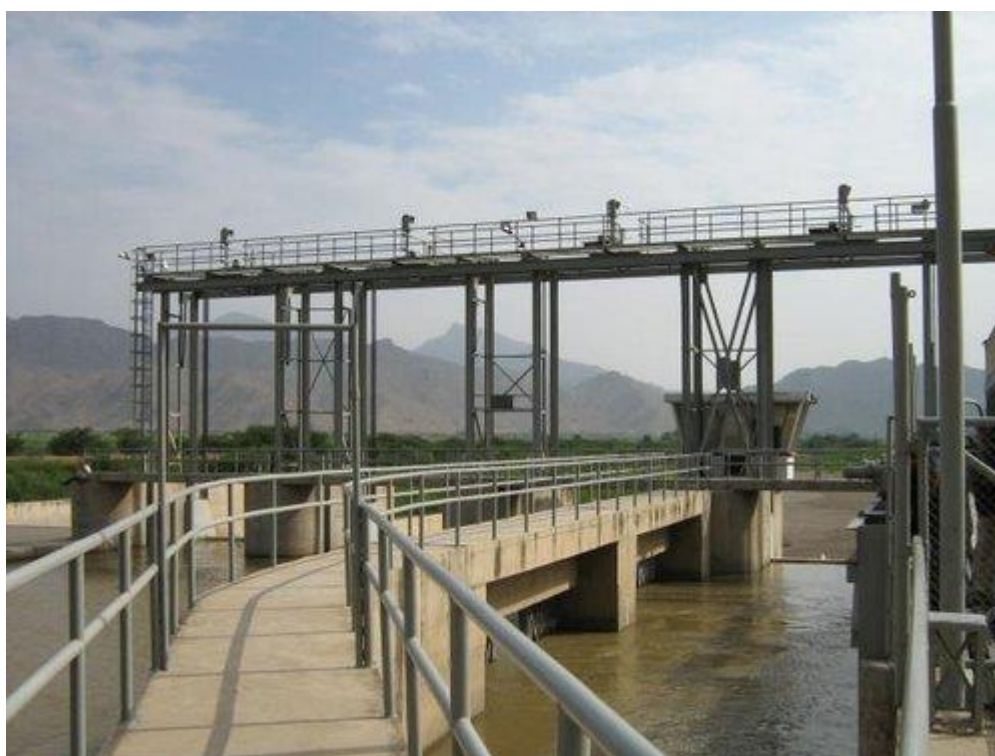


FOTO N° 08 (PARTIDOR LA PUNTILLA)



FOTO N° 09 (DESARENADOR DESAGUADERO)



FOTO N° 10 (DEPARTIDOR DESAGUADERO)



FOTO N° 11 (CANAL TAYMI REVESTIDO)

FIGURAS

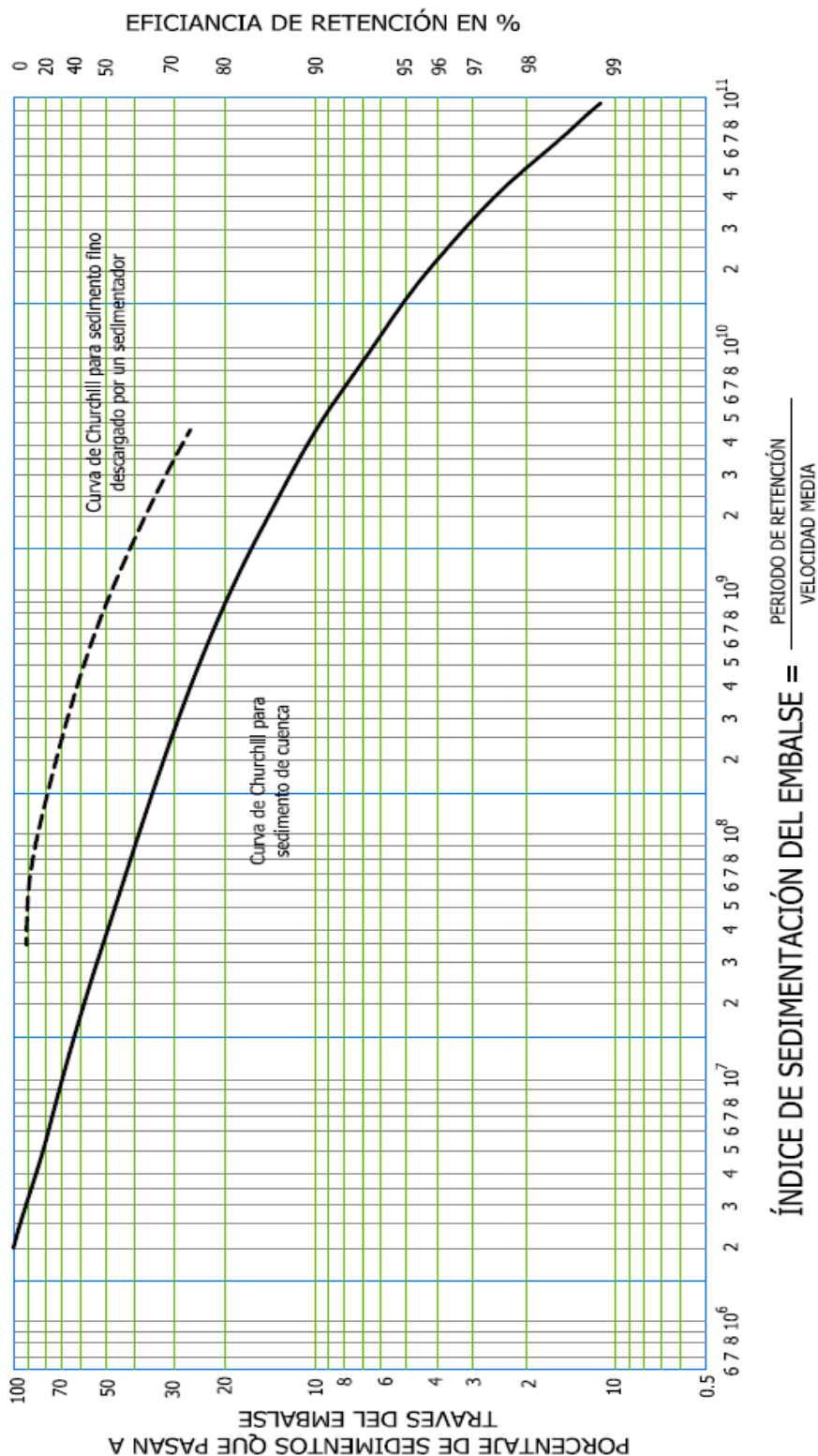


Figura N° 06. Curva logarítmica para el cálculo de la eficiencia de retención de M.A
Churchill



PLANOS