



Uleam

**UNIVERSIDAD LAICA
“ELOY ALFARO DE MANABÍ”**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:
“ESTUDIO DINÁMICO DE DOS OBRAS DE REGULACIÓN HIDRÁULICAS
APLICABLES PARA EL MODELAMIENTO FÍSICO”.**

**AUTOR:

ASTHER ROLANDO ARTEAGA MENDOZA**

**DIRECTOR DE TESIS

ING. HORACIO A. CEDEÑO**

2020

MANTA

MANABÍ

ECUADOR

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, certifico:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de proyecto técnico, cuyo tema del proyecto es **“ESTUDIO DINÁMICO DE DOS OBRAS DE REGULACIÓN HIDRÁULICAS APLICABLES PARA EL MODELAMIENTO FÍSICO”** el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo CERTIFICO, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde al señor **Arteaga Mendoza Asther Rolando** estudiante de la carrera de **Ingeniería Civil**, período académico **2019-2020**, quienes se encuentran apto para la sustentación de su trabajo de titulación.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 21 de Enero de 2020.

Lo certifico,

Ing. Horacio A. Cedeño. Mg.

Docente Tutor

DECLARACIÓN

Yo, **ASTHER ROLANDO ARTEAGA MENDOZA**, Egresado de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, DECLARO QUE:

El desarrollo de la Tesis “**ESTUDIO DINÁMICO DE DOS OBRAS DE REGULACIÓN HIDRÁULICAS APLICABLES PARA EL MODELAMIENTO FÍSICO**”, es de mi autoría, en la que se han respetado los principios de autenticidad en el uso de la bibliografía consultada, aplicando normas y principios de investigación que para este fin tiene aprobado la Universidad y la Facultad.

Las conclusiones y recomendaciones que se plasman en este documento investigativo son de mi exclusividad responsabilidad

.....
ASTHER ROLANDO ARTEAGA MENDOZA

Manta, 21 de enero de 2020

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto Técnico, titulado: **“Estudio dinámico de dos obras de regulación hidráulicas aplicables para el modelamiento físico”** elaborado por el egresado: **Arteaga Mendoza Asther Rolando** de la Carrera de Ingeniería Civil.

Ing. Darío Páez Cornejo

DECANO

Ing. Horacio Cedeño Muñoz

TUTOR

Ing. Javier Baque Solís

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Geovanny Delgado Castro

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador de todas las metas alcanzadas, por darme la fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi esposa, por su amor, sacrificio en todos estos años, gracias por acompañarme en todo momento, a mi hijo que llegó para completar mis ánimos de concluir este proceso.

A la familia que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Asther Rolando Arteaga Mendoza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mi esposa: Cristina Cedeño, por ser la principal promotora de mis objetivos, por confiar y creer en mis expectativas.

A los docentes de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por haber compartido sus experiencias y conocimientos en mi formación profesional.

Asther Rolando Arteaga Mendoza

INDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR.....	iv
DEDICATORIA.....	v
INDICE DE CONTENIDO.....	vii
INDICE DE FIGURAS	x
INDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	1
EXECUTIVE SUMMARY.....	2
CAPÍTULO I MEMORIA DESCRIPTIVA.....	3
1.1 Descripción general.....	3
1.2 Ubicación y localización del proyecto.....	6
1.3 Justificación.....	8
1.4 Objetivos	9
1.4.1 Objetivo general.....	9
1.4.2 Objetivos específicos.....	9
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	10
2.1 Obras hidráulicas	10
2.2 Obras de regulación hidráulica.....	11
2.3 Diques	11
2.3.1 Elementos del dique	12
2.4 Embalses	13
2.5 Trasvase	14
2.6 Represa.....	14
2.7 Canal.....	15
2.8 Clasificación de las obras de regulación	15

2.8.1	Por el uso de agua.....	16
2.8.2	Por el propósito.....	16
2.8.3	Por su uso principal	17
2.8.4	Por su proyecto hidráulico	17
2.9	Modelación.....	18
2.9.1	Antecedentes.....	18
2.9.2	Modelación hidráulica	20
2.9.3	Aplicación y aporte de los modelos hidráulicos	21
2.10	Clasificación de los modelos hidráulicos	24
2.10.1	Modelo físico.....	24
2.10.2	Movilidad y deformabilidad del contorno.....	25
2.10.3	Modelo analógico.....	26
2.10.4	Modelo matemático	26
2.10.5	Modelo Determinístico	27
2.10.6	Modelos estocásticos	27
2.10.7	Modelos simuladores de número.....	27
2.11	Importancia de modelos	28
CAPITULO III DISEÑO DEL PROYECTO		32
3.1	Elección de las obras de regulación.....	32
3.2	Descripción del prototipo.....	33
3.2.1	Presa rio grande.....	33
3.3	Aliviadero.....	34
3.4	Criterio de selección de escala.....	34
3.5	Selección de escala.....	35
3.6	Modelo Físico.....	38
3.7	Materiales.....	39
3.8	Proceso constructivo	40

3.8.1	Construcción de la caja de acrílico	40
3.8.2	Construcción del cuerpo de la Presa	40
3.8.3	Construcción del Aliviadero	40
3.8.4	Instalación de válvulas y tubos en el recipiente	41
3.9	Presupuesto	42
3.10	Discusión.....	43
CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		44
4.1	Conclusiones.....	44
4.2	Recomendaciones.....	45
BIBLIOGRAFÍA.....		46
PLANOS.....		48
ANEXOS.....		51

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Cuenca Rio Grande - Chone	6
FIGURA 2: Ubicación de la represa con respecto a Chone	7
FIGURA 3: Lugar de Implantación de la represa.	7
FIGURA 4: Sección Típica de la Presa Rio Grande.....	33
FIGURA 5: Planta Arquitectónica de los modelos físicos (Presa y Aliviadero)	38
FIGURA 6: Corte transversal del modelo físico 1 (Presa).....	38
FIGURA 7: Corte transversal del modelo físico 2 (Aliviadero)	38
FIGURA 8: Esquema renderizado del perfil de la Prensa	51
FIGURA 9: Render del prototipo (Presa y Aliviadero) aguas arriba.	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Selección de la escala del modelo.....	36
Tabla 2: Selección de la escala del modelo.....	37
Tabla 3: Lista de Materiales para la construcción de la Presa.....	39
Tabla 4: Lista de Materiales para la construcción del Aliviadero	39
Tabla 5: Presupuesto.....	42

RESUMEN

La ingeniería hidráulica en la transición del tiempo ha permitido una serie de cambios, innovaciones, mediante sus herramientas y procesos hidráulicos, los mismos que han permitido como factor determinante, el beneficio colectivo de una sociedad. Por tal motivo, dentro de sus propiedades la modelación hidráulica tiene como finalidad la simulación de situaciones reales, las mismas que son analizadas según la escala y posterior aquello precisar el desarrollo del proyecto.

Para el efecto, el contexto de la presente investigación a lo largo de su desarrollo y en todos sus capítulos, trata de evidenciar la importancia y la necesidad de los modelos hidráulico, dentro de la memoria descriptiva, en el que se establecen los lineamientos de la descripción general, la misma que evidencia, las principales causas del desarrollo e importancia del estudio, el cual se enfoca en extraer aspectos importantes y trasladarlos al laboratorio en escala reducida, la misma que se complementará de métodos científicos de modelación de obras hidráulicas, de esta manera se pretende conseguir lograr diseños virtuosos y controlar defectos e imprevistos, estos modelos a escalas permitirán al equipo técnico prever que sucede en el prototipo en situaciones críticas. Dentro del segundo capítulo, se encuentran las bases teorías que sustentan la presente investigación. En el capítulo tres, se establece el prototipo de la investigación, y al mismo tiempo, en el capítulo cuatro, la implantación del modelo físico.

Palabras claves. Modelación hidráulica, Prototipo, Escala, Diseño.

EXECUTIVE SUMMARY

Hydraulic engineering in the transition of time has allowed a series of changes, innovations, through its hydraulic tools and processes, which have allowed as a determining factor, the collective benefit of a society. For this reason, within its properties the hydraulic modeling has the purpose of simulating real situations, the same ones that are analyzed according to the scale and later what is required to develop the project.

For this purpose, the context of the present investigation throughout its development and in all its chapters, tries to demonstrate the importance and the need of the hydraulic models, within the descriptive memory, in which the guidelines of the general description, the same as evidence, the main causes of the development and importance of the study, which focuses on extracting important aspects and transfer them to the laboratory on a reduced scale, which will be complemented by scientific methods of modeling hydraulic works, of this This way, it is intended to achieve virtuous designs and control defects and unforeseen events, these scale models will allow the technical team to anticipate what happens in the prototype in critical situations. Within the second chapter, there are the basis theories that support the present investigation. In chapter three, the research prototype is established, and at the same time, in chapter four, the implementation of the physical model.

Keywords. Hydraulic modeling, Prototype, Scale, Design.

CAPÍTULO I MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 Descripción general

El líquido vital en su evolución se ha convertido en sinónimo de vida por los seres humanos, la cual contribuye al desarrollo y demanda de las necesidades del cuerpo humano, la misma que en función del tiempo ha ido evolucionando en función de las poblaciones, civilizaciones y estilo de vida de las personas. La finalidad común del uso del agua, desde sus inicio siempre estuvo marcada por la satisfacción que esta genera ante las diversas necesidad de la población de aquel entonces, por lo cual, se constituyó como un elemento de superveniencia de las personas, la misma que necesita ser controlada para ser distribuida de manera eficiente y eficaz, en función de las necesidades de la población.

De esta manera, el ser humano en la transición de su evolución, data del implemento de estrategias, métodos y procedimiento para implementar el uso correcto y el control de la distribución de agua, por lo mencionado, se instauró la hidráulica como aquella ciencia, que dentro de sus propiedades tiene como finalidad controlar el agua y otorgar un uso global buscado el beneficio social.

Por lo establecido, las primeras apariciones de la hidráulica se iban a iniciar con la Rueda Nonia, posterior aquello el Molino de Viento, de igual forma Da Vinci, también implemento su revolución con la regulación del agua, cuando estableció los flujos del agua y los acueductos en regiones Italianas. De igual forma, existieron otros autores que también aportaron con el desarrollo hidráulico del agua, las cuales aportaron al beneficio de la sociedad, como lo fue Pascal, Galileo, Newton y Torricelli.

En contexto, la evolución del uso del agua siempre ha tenido una estrecha relación con el bien social; es decir, que se fueron desarrollando herramientas tecnológicas que permiten optimizar el uso del agua y al mismo tiempo brindar un sinnúmero de características e interés destinitos. Por lo mencionado, es de vital importancia, el desarrollo de la presente investigación, la cual tiene como finalidad extraer aspectos importantes y trasladarlos al laboratorio en escala reducida, la misma que se complementará de métodos científicos de modelación de obras hidráulicas, de esta manera se pretende conseguir lograr diseños virtuosos y controlar defectos e imprevistos, estos modelos a escalas permitirán al equipo técnico prever que sucede en el prototipo en situaciones críticas.

Con base a lo expuesto, el desarrollo de la presente investigación surge de la necesidad de identificar las propiedades, características y el impacto social, que genera la represa, así como también, el túnel del proyecto multipropósito Chone. Para el efecto, se necesita trasladarlo al laboratorio mediante la implementación de técnicas de modelamiento físico.

Continuando con aquello, la represa Rio Grande se ha convertido de gran importancia para la provincia de Manabí, aunado aquello, el túnel que se proyectó en la primera fase del multipropósito Chone, aproximadamente hace 32 años, ambas obras tiene un impacto beneficioso para la sociedad, este último se implementó con la necesidad de reducir las inundaciones producto de las lluvias en el cantón Chone, al mismo tiempo, se estableció con la finalidad de proveer agua, en época de sequias. Las cuales generaban un impacto

económico en este cantón, principalmente en actividades comerciales y agrícolas, las cuales son parte de la dinamización de la economía de este cantón.

Por lo expuesto, es importante señalar que el cantón Chone en la zona que genera mayor productividad agrícola, para el efecto y la consecución de mejoras, se necesita implementar que la distribución del agua sea eficiente y eficaz, esto generaría un incremento en la producción y mayor generación de ingresos para los agricultores de esta zona, al mismo tiempo, la terminación del proyecto multipropósito Chone mejoraría la calidad de vida de sus habitantes.

De esta manera, el multipropósito Chone, está compuesto por diversas construcciones traducidas en obras, la cuales tienen como principal objetivo controlar y embalsar el agua en la represa, la misma que podrá distribuir los caudales del Río Grande en su cuenca alta, esto se realizará con la finalidad de reducir el impacto de las inundaciones de aproximadamente de 10.500 hectáreas que son tierras productivas del cantón Chone, las mismas que son fuente de empleo y generadora de ingresos de 120.000 habitantes de los diversos sectores aledaños, de los cuales se beneficiaran con esta obra, como lo es el multipropósito Chone.

Por otra parte, es relevante destacar que la capacidad del embalse es de 112 millones de m³ de agua. Esta obra inicialmente se inició con una empresa denominada TIESIJU-MANABÍ, la misma que debido al incumplimiento de la fecha pactada para la entrega de esta obra, el Estado se vio en la necesidad de contratar a una empresa ecuatoriana denominada Equitesa-Equitransa, la misma que está llevando a cabo el proceso y desarrollo de esta obra.

1.2 Ubicación y localización del proyecto

La cuenca del Río Chone se encuentra ubicada en la República de Ecuador en la provincia de Manabí y está comprendida entre las coordenadas 1°4'15.04"S, 0°27'20.14"S; 80°27'14.23"W, 79°52'11.79"W, la misma que se compone de una área que cubre 2.257 km². De igual manera, sus limitaciones geográficas, están compuestas por el norte, en las que se encuentran las cuencas del Río Briseño y Jama, al mismo tiempo limita al sur con las cuencas del Río Portoviejo y Guayas y este último con el océano pacífico.



FIGURA 1: Cuenca Río Grande - Chone

La represa se encuentra situada entre el jobo 1 y el jobo 2, tiene una magnitud de 211m, la cual se sitúa a 17 kilómetros, la misma que nace del centro de

Chone. Esta se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas, este: 612531 m, norte: 9922683m.



FIGURA 2: Ubicación de la represa con respecto a Chone



FIGURA 3: Lugar de Implantación de la represa.

1.3 Justificación

El estudio del desempeño de obras hidráulicas y el análisis de procesos de flujo, se fundamenta en la transición y amalgama de la modelización espacial y la modelización numérica. De esta manera se establece, la importancia de implementar un estudio que tenga como finalidad validar y autenticar los resultados finales obtenidos de cualquier modelo espacial a escala reducida, así como realizar optimizaciones en algunas estructuras del proyecto.

En función de lo mencionado, el desarrollo del presente trabajo determina la necesidad de modelar y contextualizar una obra de regulación hidráulica, la misma que consistirá en una realización de una modelación física a escala, la cual tiene como referencia a una obra que está operativa, como lo es el Multipropósito Chone, la misma que es de vital importancia para actividades agrícolas y beneficio de la población de este cantón,

En contexto, las obras hidráulicas son de vital importancia para satisfacer necesidades de la población, las cuales deben ir de la mano de un modelo hidráulico, los cuales son fundamentales para establecer lineamientos operaciones. Por lo cual, el pilar fundamental de las operaciones radican en la capacidad de la estructuración del proceso continuo de mejoramiento, es decir; que el primer análisis estará en función de las necesidades del proyecto.

Se sabe que la determinación de la mejor forma de operación de una estructura es un proceso de continuo mejoramiento. Es decir que la primera versión de la estructura es ofrecida por el proyectista. Por lo expuesto, en los procesos se

pueden realizar modificaciones de manera técnica un modelo físico de dos obras de regulación hidráulica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Estudio de la dinámica de dos obras de regulación hidráulica aplicables para la implantación de un modelo físico a escala.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recopilación y análisis de información de las obras de regulación a estudiar.
- Llevar a escala digital y describir los procesos hidráulicos de las dos obras de regulación.
- Implantación digital de las dos obras de regulación hidráulicas en el área del laboratorio de hidráulica de la facultad de ingeniería de la ULEAM.

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Obras hidráulicas

Las obras hidráulicas son parte importante del desarrollo de la ingeniería civil, de esta manera se convierten en un eje esencial en la formación y funcionamiento de la ingeniería. Por lo cual, Simons (1998), expresa que “Las obras hidráulicas son aquellas construcciones que se realizan con un fin social colectivo o individual, el mismo que se compone de la captación, control, procesos y tratamiento e inducción del agua”. (p.23)

De esta forma, las obras hidráulicas dentro de sus prioridades siempre han fomentado el desarrollo y crecimiento del ser humano, mediante diversos aspectos, uno de ellos, es proveer del agua para su consumo, o proveer de agua para llevar a cabo procesos productivos agrícolas o industrializados, así como también generar energías y reducir los riesgos de sequía. En función de aquello, Carillo (2000), establecía que:

Las obras hidráulicas se implementarán en función de las necesidades del entorno, las cuales dentro de sus propiedades se consideran como una amplia gama de obras, como represas, embalses, diques, canales, alcantarillas, colectores, encauzamientos, control de corrientes, plantas de tratamiento, tanques y depósitos y estaciones de aforo.

De tal manera, que es esencial la implementación de las obras hidráulicas para suministrar el control de agua, mediante los diversos mecanismos y propiedades que ofrecen las obras hidráulicas, en cuanto al funcionamiento y distribución, las cuales estarán establecidas en función de las necesidades y el bien común de la población.

2.2 Obras de regulación hidráulica

Las obras de regulación hidráulica son infraestructuras capaces de almacenar grandes volúmenes de agua, captadas de los cauces en embalses creados artificialmente aprovechando condiciones naturales y topográficas de un sitio con el objetivo principal de controlar un volumen de agua, precautelando los efectos de crecidas río abajo y su posterior irrigación o distribución en época de escasez de lluvias, constituyéndose en obras de multipropósitos. De acuerdo con Cevallos (2000), los propósitos de las obras de regulación hidráulica son los siguientes:

- Diques.
- Embalses.
- Trasvases.
- Represas.
- Canales.

2.3 Diques

Los diques se constituyen como una parte fundamental al momento de realizar la infraestructura de las represas. Por tal motivo, Bishmark (2014) manifiesta que “Los diques representan la estructura que actúa como barrera para detener o represar un volumen de agua, sea para prevenir inundaciones o para acumular agua para su posterior uso en muchos casos el dique cumple las dos funciones (proteger y represar) constituyéndose en una represa.

Dentro de las propiedades de los diques, se presentan una serie de elementos, los cuales inciden en el tipo y la importancia, por tal motivo, el tipo de dique estará en función de la necesidad del proyecto.

Continuando con aquello, dentro del funcionamiento de la represa, cuando los niveles de agua se incrementan, es de vital importancia que los factores exógenos como son la estructura de la tubería, así como también el entorno de la macro y micro estabilidad, presenten alternativas para controlar el flujo del agua. Intriago (2013), manifiesta que “La capacidad de retener el agua dentro de un dique, está en función de la capacidad de la corona y la estabilidad de la infraestructura del dique, así como también del tipo de material utilizado, como es el pétreo”. Por lo cual, el diseño de la represa debe contemplar situaciones de riesgos, es decir; debe contener la erosión entre otros factores.

2.3.1 Elementos del dique

- Corona. Se encarga de establecer la cota del dique, y reducir las posibilidades de desbordes, por tal motivo, el modelo del diseño debe tener en cuenta, factores de seguridad, altura y la base adecuada.
- Núcleo. Se encarga de proveer estabilidad a las fuerzas externas, así como también a los elementos y partes del dique.

Por lo mencionado, es importante señalar que para calcular la composición del dique, se debe establecer los lineamientos de las características del terreno, en el cual se constituirá, con la finalidad de evitar efectos capilares e inestables en el dique. Según (Díaz (2011), expresa la función de los elementos del dique.

- Pendientes. Proveen de estabilidad al dique.
- Lado húmedo. Soporta la carga hidráulica producida por el nivel del agua.
- Lado seco: garantiza la estabilidad del dique.

2.4 Embalses

Un embalse es la acumulación artificial de agua en lugares donde la topografía del suelo permite represar el agua para su uso y consumo. Mendoza (2006), expresa que “Un embalse regularmente se obtiene colocando una barrera para interceptar el curso de un río y aprovechar el recurso del agua con complicidad de la naturaleza, la misma que debe proveer la condición topográfica y conseguir un inmenso recipiente natural”. (p.39)

Por lo cual, los embalses tienen como finalidad controlar el volumen e incremento del agua, estableciendo los mecanismos necesarios para transferir el agua en función de la necesidad demanda, al mismo tiempo, permite receptor el recurso hídrico en épocas invernales y de esa manera proyectar y abastecer de agua, independiente de la época climática.

En contexto, el embalse también contribuye a prevenir situaciones naturales, como son las inundaciones producidas por el incremento de las lluvias o en su defecto fenómenos naturales como la corriente del niño. Domínguez (2013), establece que “Las ventanas que proveen los embalses son diversas y funcionales para la recepción de agua, la cual debe ser acumulada en función de las necesidades de la población”. De igual manera, la acumulación del agua genera ciertos inconvenientes, Domínguez (2013), los establece de la siguiente manera.

- Pérdida de agua por evaporación
- Pérdida de agua por infiltración
- Pérdida de volumen útil por sedimentación
- Afectación de la calidad del agua por estancamiento y cambios bioquímicos

- Elevación de napas freáticas
- Afectación de los causes agua abajo
- Riesgo para la población agua abajo
- Contaminación del agua

2.5 Traslase

La transportación del agua, independientemente del medio utilizado para extraer el agua y dirigirlo a otro lugar de necesidad, se lo denomina trasvase. Por lo expresado, Gutiérrez (2007), expresa que “los trasvases son parte de la actividad humana, motivo por el cual, existen zonas de mucha carencia de agua versus zonas con abundante agua; de esta forma, el recurso lógico es transferir el líquido por cualquier medio. La forma más usual de traslado es mediante la construcción de canales, que permiten la desviación de aguas superficiales a los lugares de su utilización”. (p.41)

Por lo expuesto, es necesario recalcar que estos canales fueron construidos por primera vez en las civilizaciones mesopotámicas y egipcias entre 3000 a 5000 mil años antes de cristo. De igual manera, fue la civilización romana la que alcanzó el mayor desarrollo en la construcción de infraestructura hidráulica con acueductos que podían alcanzar los 100 kilómetros hace 2000 años atrás.

2.6 Represa

Las represas dentro de sus propiedades hidráulicas tienen como finalidad la recepción del agua de manera exorbitante, para el uso correcto de su distribución. Campos (2004), expresa que “Las represas son necesarias para contener el agua, y al mismo tiempo distribuirla en función de las necesidades de las personas, generando productividad y recursos energéticos para la

población”. De esta manera las represas se constituyen como parte fundamental en el desarrollo y crecimiento de una población.

2.7 Canal

Los canales aportan con mecanismos que permiten la fluidez del agua de manera eficiente, en función de la dirección de la misma, la cual permite que el líquido vital sea destinado por un conducto en función de las necesidades. De esta manera, Campos (2004), determina que “Los canales permiten la circulación del agua sin presión, lo cual es importante para realizar canales de riegos, así como también en obras donde no se necesite la presión del agua, sino que transite de manera libre”. Es así como los canales, se convierten en la fuente de circulación del agua importante para llevar a cabo ciertos procesos de circulación de la misma.

2.8 Clasificación de las obras de regulación

Existen algunos tipos de obras de regulación hidráulica, estos vienen dados por un sinnúmero de variables que se analizan para su diseño y buscando el mejor rendimiento, tanto de los recursos naturales como de los recursos económicos y analizando el costo-beneficio de la obra. La consecución de una obra de regulación es beneficiar a la población en aspectos sociales y económicos. En función de aquello, Peth (2008), clasificar este tipo de obras en:

- Por el uso de agua.
- Por su propósito.
- Por sus formas de operación.
- Por su uso principal.
- Por su característica de proyecto.

2.8.1 Por el uso de agua

El agua desde su descubrimiento por las primeras civilizaciones fue utilizada para subsistir producto de la sequía incontrolable de aquel entonces, y posterior aquello, tuvo un uso universal sofisticado, sirviendo en otros aspectos, uno de ellos la productividad. Dávila (2000), expresa que “El agua es indispensable para el desarrollo social, económico y productivo de la población”. De esta forma, se clasifica de la siguiente manera.

- Uso consuntivo.

Son aquellas situaciones, en donde el agua se recupera de una manera más lenta, es el caso del consumo humano, así como también, el agua para sectores agrícolas.

- Uso no consuntivo.

Son aquellos aspectos, en donde el agua no se consume, la cual puede estar compuesta en hidroeléctricas o lagunas.

2.8.2 Por el propósito

Las necesidades del proyecto, estará en función de las necesidades a satisfacer, las cuales pueden tener múltiples propósitos. Dávila (2000), clasifica las necesidades de la siguiente manera.

- Propósito simple. Tiene un solo objetivo con demanda individual.
- Propósito múltiple. Tiene como finalidad la satisfacción social, económica de la población, mediante la distribución del agua para uso

de consumo y productivo, así como la generación de energía para el país.

2.8.3 Por su uso principal

Dentro del uso de las obras de regulación, se establecen en función del uso y necesidad de la misma. Pisco (2013), las determina de la siguiente manera.

- Obras de almacenamiento.

Almacenan el agua para distribuirla en tiempo de escasez.

- Obras de derivación.

Consiste en establecer la fuerza necesaria para derivar el agua hacia los canales, en función de la necesidad.

- Obras reguladoras.

Se encarga de reducir el efecto e impacto de las crecidas, de esa manera reducir riesgos posibles ante el aumento de los niveles del agua.

2.8.4 Por su proyecto hidráulico

Dentro de la situación del proyecto, se determina dos aspectos fundamentales característicos. Según Pisco (2013), los expresa de la siguiente manera.

Obra vertedora:

- La construcción debe establecerse mediante material rígido, como concreto, de esa manera se reducir posibles riesgos.

Obra no vertedora:

- El agua implementada no será distribuida por la corona, lo cual contribuirá al desarrollo de alternativas respecto a los materiales a implementar.

2.9 Modelación

2.9.1 Antecedentes

La modelación tuvo sus inicios en la década del año ochenta, la misma que se iniciaba como aquellos modelos que simulaban diferentes aspectos importantes en proyectos y obras de ingeniería. Chocat (1997), afirma “Que esto es producto del desarrollo del incremento significativo de los soportes físicos, los mismo que han descubierto e implementado sistemas y aplicaciones, en función de sus necesidades”. En ese aspecto, las implementaciones de la modelación han significado un espacio virtual, el cual ha sido desarrollado de manera virtual, en donde se deben seguir diversos lineamientos y parámetros que permitan el control de los aciertos y reducir los errores.

En la actualidad, la ingeniería se ha convertido en una herramienta indispensable para realizar e implementar grandes proyectos, la misma que dentro de sus propiedades, cuenta con la ingeniería hidráulica, la misma que tiene como características, el desarrollo de proyectos que tengan como objetivo la optimización y el control de los proyectos en obras tecnológicas, infraestructura, entre otras.

Dentro de estos proyectos relacionado con la ingeniería hidráulica, a lo largo del tiempo, se han presentado como soluciones al control del flujo y circulación del agua, el cual siempre ha estado ligado al bien social, al abastecimiento de

agua, generación de energía y reducción de inundaciones. Saltos (1998), afirma “Que en estos proyectos se pueden implementar efectos naturales de difícil control, como es la lluvia y la direccionalidad del agua, redes de agua potable”. Por la motivo, la ingeniería hidráulica ha sido relevante para la humanidad.

Por otra parte es importante recalcar, que dentro de las funcionalidades de la modelación de se puede establecer fenómenos de ingeniería hidráulicas que no pueden ser medidos de manera minuciosa, es el caso de la distribución de velocidad.

De igual manera, la ingeniería hidráulica debe ser competente para brindar soluciones tangibles en función de la necesidad colectiva, la misma que necesita ciertos lineamientos, debido a las condiciones del proyecto a implementar. Por tal motivación, Hernández (2002), afirma “Que la ingeniería debe decidir técnicas y procedimientos a aplicar con la finalidad de que el proyecto a desarrollar obtenga éxito y soluciones a los problemas planteados, el mismo que necesidad definir parámetros y aspectos económicos que fundamenten la realización de la obra hidráulica”. (p.45)

Continuando con aquello, dentro de la ingeniería hidráulica, existen diversos problemas que tiene un grado de dificultad elevado, como lo es el diseño hidráulico de la circulación del agua, dirigirse por una represa derivadora y ser atraída por una toma.

En este contexto, se debe implementar un tipo de mecanismo que contribuya al desarrollo de la misma, el mismo que debe contextualizarse en el marco de la ingeniería, mediante las propiedades técnicas, así como también físicas y

posterior mediante un modelo matemático para identificar el problema. Este proceso es denominado como modelación. En contexto, la modelación tiene diversas connotaciones, la misma que dentro de la ingeniería hidráulica, es más representativa, aquella que consiste en virtualizar un diseño de un fenómeno previamente analizado y contextualizado de manera real, reduciéndolo en su medida, para posterior aquello, detallarlo y poderlo cuantificar.

En definitiva, la modelación implica simular un fenómeno real, conceptualizándolo y simplificándolo en mayor o menor medida, para luego, por último, describirlo y cuantificarlo.

2.9.2 Modelación hidráulica

La modelación ha tenido sus incidencias considerables, dentro de la ingeniería hidráulica, la cual ha generado desarrollos significativos que son evidencias de épocas pasadas, en donde la ingeniería empezaba a ser parte de un proceso de desarrollo que tenía como finalidad la satisfacción social y colectiva de las personas. Los primeros desarrollos de la ingeniería hidráulica se implementaron por maquinarias e infraestructuras pequeñas, con el transcurso del tiempo, se fueron implementando mejoras tecnológicas y el desarrollo de nuevas maquinarias, permitieron que la ingeniería hidráulica implemente mejores procedimientos y tenga un campo de acción más amplio, la cual podía realizar nuevas implantaciones en tuberías, represas entre otras.

En la transición del tiempo, la modelación hidráulica ha tenido importantes avances. De tal manera, que los resultados han sido de gran aporte a la contribución de la ingeniería hidráulica, uno de ellos es el establecimiento de

prototipos simulados, es decir; el sistema reducido se denomina modelo, el cual se asocia a la realidad y de establecer como prototipo.

La finalidad de estos lineamientos es establecer una composición basada en la similitud de la ingeniería hidráulica. De esta forma, en la actualidad todas las obras hidráulicas demanda de una modelación hidráulica, la cual tiene como finalidad establecer un posible escenario de la obra a implementar, con el objetivo de estudiar el impacto de la misma.

2.9.3 Aplicación y aporte de los modelos hidráulicos

En la ingeniería hidráulica, la modelación es de vital de importancia para simular contextualizaciones del entorno reales, las mismas que son establecidas y producidas por prototipos con la finalidad de lo que se desea implementar, para aquello es necesario adelantarse al desarrollo del proyecto mediante la simulación. Burrai (1997), expresa que “Los modelos y la implementación de los prototipos tiene una relación directa, así como también, las indicaciones y el análisis de los modelos, son dos aspectos esenciales para diagnosticar la esencia del prototipo, de esa forma su relación es estrictamente indispensable”. (p.36)

En contexto, las diversas simulaciones en función de la necesidad del proyecto establecen parámetros controlados en los laboratorios con la implementación de los modelos, los mismos que tienen diversas finalidades. De tal manera, que los modelos hidráulicos dentro de sus funcionalidades, destaca aquella que tiene como finalidad solucionar problemas sociales colectivos, con implantaciones hidráulicas, mediante sus estructuras, como tramos, sedimentos entre otras.

En función de aquello, los modelos representan varias características debido a su estructura, las mismas que son usadas para desarrollar situaciones adversas y brindar una solución factible. Guerrero (1996), manifiesta que “Los modelos con base a la ingeniería hidráulica son una conexión con una diversidad de implantaciones hidráulicas, las cuales contribuyen a determinar la capacidad de las mismas”. Las cuales permiten desarrollar las cargas de manea interna o externa hacia los canales que se componen de tuberías o en secciones compuestas de transición.

De esta forma, el aporte de los modelos hidráulicos es desarrollar diversos métodos que contribuyan de manera eficiente a disipar la energía, la cual dentro de sus características, se encuentran al pie de las represas con componentes de sobre flujo o en la parte superior de la atarjeas, de esa manera se reduce la erosión en los cauces de los ríos.

Continuando con lo mencionado, los modelos hidráulicos establece parámetros de descarga de las represas de sobre flujo, así como también implementa la mejor estructura para la represas, pozos y al mismo tiempo contribuye al desarrollo de los embalses. Cáter (2000) expresa “Que es de esencial para llevar a cabo obras hidráulicas en puertos, la misma que permite determinar el transvase, magnitud de la altura, y al mismo tiempo prevé la implementación del rompeolas, de esta forma es fundamental la implementación de los modelos hidráulicos, debido al establecimiento de los barcos y el desarrollo de las esclusas”. (p.36)

Por lo expuesto, el conjunto de modelos de infiltración es realizado con la finalidad de analizar los diversos fenómenos que infiltran los suelos, así como también en los diversos medios con condición granular de forma globalizada.

De igual forma, también forma parte de este conjunto, el estudio que se compone de la infiltración de subsuelo, la misma que está compuesta por diques y terraplenes. Es así, como para la construcción y elaboración de los suelos en granular, se debe contener estructuras realizadas con base a los mismos suelos.

De tal manera, que el desarrollo de las investigaciones en los modelos hidráulicos, en estructuras del control de agua en ríos, son diseñadas para mejorar las conducciones del agua en los canales del río, debido a un posible desbordamiento del río.

Por lo cual, dentro de las propiedades del aporte de los modelos hidráulicos, se encuentran aquellas, que permiten llevar el control del flujo del cauce del río de manera eficiente. De acuerdo con Alarcón (1997), manifiesta que “Los estudios realizados con la implementación de modelos hidráulicos determinan y reducen la capacidad de las orillas del río, mediante la implantación de los componentes de los diques. Por lo cual, se debe considerar, la dirección y la corriente del flujo del agua, y cómo impacta a la navegación”. (p.64)

Con base a lo evidenciado, es importante establecer que los modelos hidráulicos, una vez que consiguen determinar el flujo de los ríos, mediante la estructura planteada, esto permite generar mayor confianza en la eficiencia del proyecto. Es decir, los diseños de los modelos hidráulicos están influenciados para el contexto real de la situación, el mismo que genera un impacto económico considerable.

La finalidad de los modelos hidráulicos es reducir la capacidad de riesgos al implementar estructuras y llevar a cabo diversos proyectos relacionados con la

ingeniería, de esa manera se evita cualquier tipo de deficiencia y se resguarda la seguridad e integridad de las personas. Al mismo tiempo, los modelos también contribuyen a la reducción de la implementación de sobredimensionar el diseño, y así evitar presupuestos económicos en obras innecesarias. Por tal motivo, los modelos hidráulicos constituyen la eficacia en las obras de ingeniería civil.

Continuando con aquello, estos modelos se basan en la importancia de encontrar una solución de aspecto económico sustentable. De esta forma, se adelanta al entorno, y se evita realizar prototipos, los cuales tienen un coste muy elevado, por lo expresado, es necesario identificar las causas de implementar un modelo hidráulico.

2.10 Clasificación de los modelos hidráulicos

2.10.1 Modelo físico

Este modelo se constituye como una diversificación hidráulica controlada y flexible. Por esta razón, Moreno (1998), expresa que “La simulación física se relaciona directamente con la hidráulica, la cual está ligada a las obras con base a la ingeniería, la cual conlleva al control de manera fácil y al mismo tiempo comprobar la composición de la obra, los mismos que deben ser analizados y contemplados dentro de la realización del proyecto. (p.6)

De acuerdo con Moreno (1998) , el modelo físico tiene ciertas propiedades que se clasifican de la siguiente manera:

- Semejanza geométrica con el prototipo

Este tipo de modelos se fundamentan en la conservación del conjunto de variables relacionadas a la geometría. Por su parte, cuenta con un solo factor de disminución, el cual se denomina escala, indistintamente de su capacidad y magnitud geométrica y las diversas connotaciones, al mismo tiempo la equidad de los ángulos relacionados entre el modelo hidráulico y el prototipo.

- Modelo geométrico distorsionado

Este modelo dentro de sus propiedades conserva la relación de semejanza y el prototipo, sin embargo, los diversos tipos de factores implementados en la disminución o aumento son diversos para aplicarlos en las mismas dimensiones. De tal manera, es común que las dimensiones que se implementen de manera horizontal obtengan una medición de escala y de igual forma las verticales, deben obtener un factor distinto.

La utilización de las distorsiones, en la mayoría de los casos es necesaria, principalmente cuando existe un solo factor, el cual produce una disminución exorbitante en la dimensión vertical, esto provocaría un impacto considerable en las fuerzas del modelo que son impávidas en el prototipo. Es importante señalar que ese modelo normalmente se aplica es infraestructuras marinas.

2.10.2 Movilidad y deformabilidad del contorno

Dentro de estos modelos se encuentran aquellos, que necesitan ser clasificados según su contorno. Para lo cual, Rodríguez (1997), establece dos clases de modelos, como lo es el de contorno fijo y contorno móvil.

Contorno fijo.- La deformabilidad del diseño con base al contorno no es importante al escenario estricto, por tal motivo, puede establecerse de manera

sistemática en el modelo. La diversificación de esta clase de modelo se enfoca en sistemas bajo presión, canales con condiciones revestidos, todo aquello que tenga como consecuencia que el fondo no sea variado.

Contorno móvil.- Este tipo de modelo, presentan escenarios de fidelidad; es decir el contorno debe reflejar seguridad, esto es producto, de que los eventos ocurre, causados por la deformabilidad, este tipo de problemas se ven comúnmente en estructuras hidráulicas así como también, en mecanismo fluviales. Este modelo debe contener bordes complementarios y fijos.

2.10.3 Modelo analógico

El sistema analógico es la diversificación del análisis de los prototipos en un sistema tangible y físico distinto al inicial, el cual se enfoca en aprovechar las similitudes del conocimiento matemático.

De esta forma, la aplicación de este modelo no es frecuente actualmente, de tal manera que existen fenómenos de menor complejidad, el mismo que contribuye a resolver cualquier tipo de complejidad en la implementación de modelos hidráulicos, el cual se basa en medidas análogas.

2.10.4 Modelo matemático

Este modelo se compone de la complejidad matemática para analizar y establecer propuestas en función del cálculo matemático. Stone (1989), expresa que “El modelo matemático está relacionado con las ecuaciones

matemáticas, las cuales contribuyen a reducir y precisar el desarrollo de los proyectos y al mismo tiempo la implementación de los prototipos.

2.10.5 Modelo Determinístico

Son aquellos parámetros que se establecen de manera física que se expresan mediante conexiones funcionales, y de los cuales no se consideran probabilidad de que pueda ocurrir cualquier eventualidad no prevista.

2.10.6 Modelos estocásticos

Son aquellos procesos que se establecen de manera física y se determinan mediante diversas variables las cuales son de carácter aleatorio y diseño probabilístico, que inciden en el desarrollo del estudio.

2.10.7 Modelos simuladores de número

Este modelo emplea el sistema matemático de ecuaciones diferenciales, de igual forma se establece mediante la implementación de condiciones, las cuales para realizarlas, se necesita de técnicas y procesos numéricos, como son los elementos finitos.

Continuando con aquello, las diferencias de los métodos finitos son iguales a diversos procesos que son irreversibles de resolver con un fácil cálculo matemático.

De tal forma, cuando existe algún tipo de problema matemático se pueden aplicar diferentes ecuaciones para solucionarlo, determinando siempre, aquella ecuación que este en función de la necesidad del mismo.

Los cálculos matemáticos se relacionan con los métodos de interpolación, los cuales se aplican en función del tirante, así como también la velocidad entre otros, motivos por el cual, estos factores necesitan ser aproximados, para aquello se recurre a la interpolación. Talledo (1990), manifiesta que “Los modelos numéricos establecen y proveen detalles de manera minuciosa y exacta que los modelos analógicos convencionales, de esa manera, contribuyen a determinar condiciones complejas, y poder brindar soluciones factibles en función de la necesidad del proyecto.

Por otra parte, el complemento de los métodos compuestos por factores finitos alinea el área del análisis mediante la composición de una malla reducida, la cual se forma de manera triangular o cuadrangular. De igual forma, los vértices de estos aspectos significan los nodos implementados de la malla, los mismos que tienen como finalidad obtener una variable desconocida, la misma que podría ser el agua o en su defecto la velocidad.

Los modelos matemáticos son diseños establecidos basados en ciertas teorías matemáticas, como lo es la algebra lineal, la cual contribuye de manera esencial al desarrollo y posibles soluciones en función de la necesidades del proyecto. Aportar a la direccionalidad de la geometría, la cual acomoda los factores del proyecto en función de la modelación del mismo.

2.11 Importancia de modelos

Los modelos físicos contribuyen de manera técnica a la implementación del diseño y obras de ingeniería hidráulica, la misma que en función de la complejidad del fenómeno, son de vital importancia para resolver cualquier tipo

de dificultad al momento de ejecutar el proyecto. Estos fenómenos complejos suelen aparecer en aspectos turbulentos así como también los contornos, los mismos que suelen aparecer en las orillas del río.

Por tal motivo, en estos modelos es fundamental observar y analizar los fenómenos, en cuestión, aquellos que tienen una relación directa en el desarrollo del diseño, de esa forma determinar la información necesaria para diagnosticar las primeras impresiones del diseño.

Por otra parte es necesario recalcar que los modelos físicos son implementados para un modelo particular específico.

De esta forma, existen distintas situaciones, las cuales tienen como finalidad implementar nuevos modelos, los mismos que otorguen seguridad y confianza al momento de realizar cualquier tipo de modelación hidráulica. Por esta razón, Talledo (1990), expresa que “Los modelos físicos necesitan ser evaluados de manera real y en función de la necesidad del proyecto, con el objetivo de reducir el error y aumentar la probabilidad de éxito”. Por lo cual, empezar a realizar un diseño de un prototipo podría resultar un costo elevado y con un beneficio nulo.

Las obras hidráulicas mediante la implementación de modelos físicos demandan de simulaciones y ensayos, esto genera un ahorro, debido a las modificaciones del proyecto, en función del desarrollo del mismo, esto se lleva a cabo con la finalidad de corregir errores y aumentar la seguridad y confianza en el proyecto, el cual debe tener como objetivo el bienestar colectivo.

En función de aquello, es normal que el desarrollo del modelo en su etapa inicial antes de la elaboración del prototipo será menos compleja y más fácil y

lo más importante es que es el aspecto económico será flexible, por lo cual, se ejecutará el modelo disminuido, posterior a aquello se optimizará el prototipo a realizar.

Continuando con aquello, es importante resaltar que los modelos matemáticos presentan una serie de ventajas, los cuales se basan en métodos numéricos y en el desarrollo de las ecuaciones. Por este motivo, Rodríguez (1997), afirma que “Las ecuaciones matemáticas contribuyen a analizar el objeto de estudio de manera precisa y exacta” .

De tal manera que en los modelos hidráulicos existen una variedad de modelos que pueden describirse de manera matemática y otros que no tienen la necesidad de hacerlo por métodos numéricos, como es el caso, de aquellos que tienen relación con las partículas sólidas y la erosión local, para aquello se aplican los modelos compuestos de manera física.

Por lo expuesto, la importancia de los modelos hidráulicos radica en la facilidad y la diversidad de posibles soluciones matemáticas o físicas que pueden proveer, de esta manera, se pretende establecer mediante la obtención de una manera geométrica, identificar el conjunto de propiedades del flujo, así como también, las líneas de corrientes, el aumento de las velocidades y la composición de las turbulencias.

Por otra parte, las semejanzas en conjunto de la composición dimensional forman parte del compuesto teórico de los modelos físicos. De tal manera que las propiedades dimensionales forman parte de los parámetros y técnicas, los mismos que han sido muy positivos para disminuir en porcentajes pequeños, los experimentos necesarios.

En contexto, aunque no genera soluciones de aspectos analíticos en función de los problemas, prevé mucha información en función de los compuestos y relaciones directas entre las variables que engloban a los modelos hidráulicos y a los proyectos, con la finalidad de formar un conjunto de variables para crear las leyes de semejanza.

Aunado aquello, es importante destacar que el análisis dimensión es la relación de las variables. De tal manera, Rodríguez (1997), manifiesta “Que la semejanza están en función de las características, así como también en el tipo de modelo y en el prototipo a implementar”. De esta forma, se establecen las observaciones ejecutadas y en el modelo que pueden ser desarrolladas para predecir y adelantarse al entorno de la evolución del comportamiento y su prototipo.

Continuando con lo expuesto, la igualdad dimensional establece ciertos lineamientos y condiciones sobre los modelos físicos y de esa manera establece una serie de características que aportan al desarrollo de los modelos hidráulicos. De esta manera se determina los análisis dimensionales, los mismos que son de gran ayuda para el desarrollo de los modelos hidráulicos.

Consecuente de aquello, los datos obtenidos del análisis dimensional serán dados en función de la necesidad y del objeto de estudio, para lo cual es de vital importancia utilizar modelos hidráulicos que contribuyan a un análisis más preciso.

De esta manera, el análisis basado en las dimensiones no establecerá la solución de manera integral, pero permitirá establecer las posibles soluciones

mediante los diversos modelos hidráulicos existentes, y de igual manera, la técnica que establece estos parámetros son una guía para recolectar la información necesaria en función de la reducción de experimentos.

CAPITULO III DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 Elección de las obras de regulación.

Para la elección de las obras de regulación se tomó el proyecto Multipropósito Chone, el cual está compuesto por varias obras de regulación hidráulica. Para el modelamiento físico se escogió la Represa Rio Grande y el Aliviadero, los mismos que serán llevados a escala para ser implantados en el modelo físico.

3.2 Descripción del prototipo.

3.2.1 Presa rio grande.

La Presa Rio Grande del Cantón Chone, está construida de materiales sueltos diseñada así por las condiciones geológicas y sísmicas en sector, la presa tiene forma de trapecio altura de 57.5 metros sobre la cota de cimentación, la corona posee un ancho de 10 metros y corresponde la cota 72.50 metros sobre el nivel del mar con una longitud de corona de la presa de 292.62 m y con un ancho de cimentación de 345 metros es una estructura monolítica, es decir un bloque sólido.

El talud aguas arriba tiene una pendiente de relación 3/1 y la inclinación aguas abajo posee una relación 2.5/1. El talud aguas abajo cuenta con una berma a 30 metros de altura con un ancho de 2 m. La presa cuenta con una pantalla de hormigón de espesor de 20 cm aguas arriba, cubriendo todo el talud con el fin de mitigar las filtraciones; a su vez en la parte baja, se incluye una capa de arena y grava de la misma longitud y espesor para orientar el curso del agua filtrada hacia el exterior del cuerpo de la presa.



FIGURA 4: Sección Típica de la Presa Rio Grande.

3.3 Aliviadero.

El Aliviadero, está construido de una estructura de hormigón armado como parte integral e importante del proyecto Multipropósito Chone, ya que permite evacuar de manera controlada lo excesos de agua producidas por eventos de máximas crecidas, cumpliendo el objetivo de mantener el nivel máximo de diseño de la presa.

El Aliviadero se encuentra constituido por el Azud de entrada, Canal de descarga con juntas transversales cada 20 metros, Túnel de desagüe de fondo, Cuenco disipador y canal de restitución.

La obra, presenta una longitud total de 143,10 m, de esta longitud, 137,5 corresponden a la rápida la mismo que presenta dos tramos, el primero de 75 m de longitud con una pendiente de 0,0285 de sección rectangular de 3 m de altura con un ancho entre 20 m y 11 m y el segundo tramo de 63 m de sección rectangular con un ancho constante de 11 m.

3.4 Criterio de selección de escala.

Todo modelo físico debe ser elaborado de tal manera que cumpla con ciertos lineamientos como la facilidad de operación del lugar a implantar, adecuada accesibilidad tanto para mediciones y observaciones y que el costo de construcción sea moderado y asequible.

Consecuentemente si desarrollamos un modelo físico muy grande podemos obtener precisión en las observaciones y mediciones a realizar ya que el proyecto no se vería muy afectado por la escala, sin embargo la construcción del mismo será mayor en costo, tiempo y operación, lo que lo convierte en un

elemento poco viable. De esta manera se establecen los elementos del prototipo a plasmar en los modelos, buscando reproducir los fenómenos que se suscitan por la naturaleza.

3.5 Selección de escala.

En selección de la escala se considera que el flujo de la masa de agua en el modelo del prototipo permanece a libre superficie, donde la gravedad es la fuerza que predomina sobre el fluido; dicho esto se toma la Ley de Similitud según Froude para el escalamiento adecuado del modelo físico. La ley de similitud según Froude establece las siguientes formulas.

Distancia.

$$L_p = L_e * L_m$$

Donde:

L_p = Longitud del prototipo

L_m = Longitud homóloga en el modelo

L_e = Escalas de Longitudes.

Caudal

$$Q_e = V_e * A_e = L_e^{5/2}$$

Donde:

Q_e = Escala de Caudal

V_e = Escala de volúmenes

A_e = Escala de áreas

Por tanto nuestra incógnita como tal será L_m , despejando la formula tenemos:

Longitud

$$L_m = L_e * L_p \quad L_m = \frac{1}{100} * 292.62 \quad L_m = 2.93 \text{ m}$$

Ancho

$$L_m = L_e * L_p \quad L_m = \frac{1}{100} * 345.00 \quad L_m = 3.45 \text{ m}$$

Altura

$$L_m = L_e * L_p \quad L_m = \frac{1}{100} * 57.50 \quad L_m = 0.58 \text{ m}$$

Caudal Aliviadero

$$Q_e = L_e^{5/2} \quad Q_e = 233.09^{5/2} \quad L_m = 0.0023 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal Presa

$$Q_e = L_e^{5/2} \quad Q_e = 310.50^{5/2} \quad L_m = 0.0031 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 1: Selección de la escala del modelo.

Parametros	Prototipo	Modelo Físico			
		1:45	1:50	1:55	1:100
CAUDAL	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s	m³/s
Aliviadero	233,09	0,0172	0,0132	0,0104	0,0023
Tunel de desagüe	310,5	0,0229	0,0176	0,0138	0,0031
CARGAS	m	m	m	m	m
Aliviadero	2,5	0,056	0,050	0,045	0,025
Tunel de desagüe	2	0,044	0,040	0,036	0,020
DIMENSIONES					
Presa	m	m	m	m	m
Altura	57,50	1,28	1,15	1,05	0,58
Ancho	345,00	7,67	6,90	6,27	3,45
Largo	292,62	6,50	5,85	5,32	2,93
Aliviadero	m	m	m	m	m
Altura máxima	47,50	1,06	0,95	0,86	0,48
Ancho variable	25	0,56	0,50	0,45	0,25
Largo	143,1	3,18	2,86	2,60	1,43

Analizando la tabla 4.1 se descarta la escala 1:45, 1:50 y 1:55, debido a que el espacio dado en el laboratorio de hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la ULEAM para implantar el modelo físico es limitado, ya que se requiere un espacio extra para realizar las respectivas observaciones y medidas del modelo físico. Por tanto se toma la escala 1:100 para llevar el prototipo a un modelo físico, ya que las dimensiones obtenidas con la escala antes mencionada hacen el modelo factible y económico de construir dentro de las instalaciones del laboratorio. A continuación se presenta una tabla con el resumen de la relación de magnitudes usadas en el diseño del modelo siguiendo los parámetros de la similitud de Froude.

Tabla 2: Selección de la escala del modelo.

Magnitud	Símbolo	Equivalencia	Valor Numérico	Valor (Prototipo)	Valor (Modelo)
Longitud	L_e	L_e	100	1 m	1 cm
Superficie	A_e	A_e^2	10000	10 m ²	1 cm ²
Caudal	Q_e	$L_e^{5/2}$	35335,69	100 m ³ /s	2,83 lts/s
Presión	P_e	L_e	100	10 m	10 cm

3.7 Materiales

Para la construcción de los modelos físicos se requerirán de diversos tipos de materiales, cuales son de suma importancia tanto para la estructura de los modelos como para el funcionamiento del mismo, incorporando sistemas electrónicos de medición.

Tabla 3: Lista de Materiales para la construcción de la Presa.

MATERIALES (PRESA)	UNIDAD	CANTIDAD
Acrilico de 6 mm de espesor	Plancha	2
Cloroformo	Botella	2
Codos de 45°	Unidad	2
Codos de 90°	Unidad	4
Tubos de PVC de 1"	Unidad	1
Valvula tipo bola PVC 1"	Unidad	3
Llave de paso de 1/4"	Unidad	10
Pegamento para tubería	Unidad	2
Ángulos	Unidad	3
Cemento gris	Libra	20
Piedra chispa	M ³	0,2
Silicona	Unidad	2
Manguera transparente	Metro	7
Arcilla	M ³	0,3
Suelo Granular	M ³	0,5

Tabla 4: Lista de Materiales para la construcción del Aliviadero

MATERIALES (ALIVIADERO)	UNIDAD	CANTIDAD
Sika Ground	Saco	2
Piedra Chispa	M ³	0,3
Plancha de Pywood de 3 mm	Unidad	2
Malla electrosoldada 4,5	M ²	2,5
Malla de tumbado	M ²	2,5
Alambra Galvanizado #18	Libra	2
Tubos de PVC de 1"	Metro	1,5
Valvula tipo bola PVC 1"	Unidad	1
Llave de paso de 1/4"	Unidad	10
Pegamento para tubería	Unidad	1
Sensores de caudal	Unidad	3

3.8 Proceso constructivo

3.8.1 Construcción de la caja de acrílico

Antes de la construcción de la presa y el aliviadero, se debe realizar primero la construcción del recipiente que contenga a los modelos físico y en este caso tendrá forma de paralelepípedo de tipo ortoedro cuyas dimensiones serán de 3 metros de largo, 2 metros de ancho y 0.80 metros de alto.

Dicho recipiente se construirá con acrílico de 6 mm de espesor, la unión de los cortes, las planchas para formar el paralelepípedo se realizará utilizando el cloroformo como pegamento el cual deberá ser aplicado con jeringas.

3.8.2 Construcción del cuerpo de la Presa.

Para el cuerpo de la presa se deberá realizar primero la construcción del núcleo impermeable (Arcilla), consecuentemente se procede a realizar los rellenos que conformaran los espaldones aguas arriba y aguas abajo. Una vez conformado los espaldones con las bermas propuestas en el prototipo. Con la ayuda de cemento gris y piedra chispa se simulará la capa de roca basáltica que protege al talud aguas arriba y en la segunda parte aguas abajo.

3.8.3 Construcción del Aliviadero

El aliviadero se construirá con una muestra de mortero elaborada a partir de la mezcla de grout y piedra chispa. Inicialmente se debe elaborar los moldes, para lo cual se recomienda usar Plywood, una vez listos los moldes es necesario realizar la armadura o tejido del aliviadero usando para ello malla de 4.5 y malla de tumbado para tener una superficie compacta al recibir el mortero.

Prematuramente armado el tejido de mallas se debe dejar lista el tubo de que representara el túnel de desagüe del aliviadero ubicando la respectiva válvula y el dispositivo a medir el caudal a circular por dicho túnel.

Una vez listo tanto la tubería como válvula y dispositivos se procede a fundir o construir el aliviadero con el mortero a base de grout y piedra chispa; para posterior a los tiempos de curado podrá ser retirado de los moldes y ubicado en el recipiente que lo contendrá tanto al aliviadero como a la presa siendo ambos parte de un solo proyecto.

3.8.4 Instalación de válvulas y tubos en el recipiente

Se deberá realizar la instalación de los tubos y válvulas al recipiente ya que los mismos controlaran el paso del agua hacia los modelos físicos.

Se iniciará con la instalación del tubo de PVC de 1" ya que es el tubo que le dará operación la presa y al aliviadero, para esto se deberá perforar el acrílico de 6 mm dando paso a la instalación de los tubos y sus accesorios, asegurándonos de que una vez instalado no exista fugas en los contornos del tubo instalado ni en sus accesorios.

3.9 Presupuesto

Tabla 5: Presupuesto

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO	V. TOTAL
PRESA - CAJA DE ACRILICO				SUBTOTAL 1	\$ 816,52
01	Acilico de 6 mm de espesor	Plancha	2,00	\$ 190,00	\$ 380,00
02	Cloroformo	Botella	2,00	\$ 35,60	\$ 71,20
03	Codos de 45°	Unidad	2,00	\$ 3,60	\$ 7,20
04	Codos de 90°	Unidad	4,00	\$ 3,55	\$ 14,20
05	Tubos de PVC de 1"	Unidad	1,00	\$ 46,90	\$ 46,90
06	Valvula tipo bola PVC 1"	Unidad	2,00	\$ 23,90	\$ 47,80
07	Llave de paso de 1/4"	Unidad	10,00	\$ 17,60	\$ 176,00
08	Pegamento para tubería	Unidad	2,00	\$ 3,85	\$ 7,70
09	Ángulos	Unidad	3,00	\$ 12,60	\$ 37,80
10	Cemento gris	Saco	1,00	\$ 7,85	\$ 7,85
11	Piedra chispa	M ³	0,30	\$ 6,30	\$ 1,89
12	Silicona	Unidad	2,00	\$ 5,30	\$ 10,60
13	Manguera transparente	Metro	7,00	\$ 0,60	\$ 4,20
14	Arcilla	M ³	0,30	\$ 1,60	\$ 0,48
15	Suelo Granular	M ³	0,50	\$ 5,40	\$ 2,70
ALIVIADERO				SUBTOTAL 2	\$ 1.258,67
16	Sika Ground	Saco	2,00	\$ 16,75	\$ 33,50
17	Piedra Chispa	M ³	0,30	\$ 6,30	\$ 1,89
18	Plancha de Pywood de 3 mm	Unidad	2,00	\$ 8,60	\$ 17,20
19	Malla electrosoldada 4,5	M ²	2,50	\$ 2,12	\$ 5,30
20	Malla de tumbado	M ²	2,50	\$ 1,25	\$ 3,13
21	Alambre Galvanizado #18	Libra	2,00	\$ 1,20	\$ 2,40
22	Tubos de PVC de 1"	Metro	1,50	\$ 7,00	\$ 10,50
23	Valvula tipo bola PVC 1"	Unidad	1,00	\$ 23,90	\$ 23,90
24	Llave de paso de 1/4"	Unidad	10,00	\$ 16,20	\$ 162,00
25	Pegamento para tubería	Unidad	1,00	\$ 3,85	\$ 3,85
26	Medidor de Caudal	Unidad	1,00	\$ 795,00	\$ 795,00
27	Materiales varios (Tornillos, Cables, Grapas Pernos,etc)	Global	1,00	\$ 200,00	\$ 200,00
				SUBTOTAL	\$ 2.075,19
				IVA 12%	\$ 249,02
Total: Dos mil trescientos veinticuatro con 21/100				TOTAL	\$ 2.324,21

3.10 Discusión.

- El objeto principal de esta tesis es de implantar un modelo físico a partir del prototipo del Multipropósito Chone, específicamente la presa y el aliviadero, para lo cual se realizó una investigación de campo analizando la proporcionalidad de ambas obras de regulación hidráulico.
- En el escalamiento de los prototipos para ser llevados a un modelo físico se interactuó con varias propuestas de escalas de las cuales se tomó la óptima para poder implantar el prototipo en el área destinada dentro del laboratorio de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la ULEAM.
- Dentro de la selección de materiales, propuesto para los modelos físicos se incorpora en un 70 % similitud en sus componentes, esto con el objetivo de obtener resultados similares escalados a los del prototipo.

CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

En base al trabajo realizado se puede concluir que:

- A partir de los datos recopilados se logró obtener todas las características tanto de la Presa como el Aliviadero, elementos que fueron de gran aporte para el análisis de las dos obras de regulación calificándolas como aptas para un modelo del prototipo.
- Después de la selección y análisis del prototipo se procedió a la selección de la escala para ser llevado a un modelo físico por lo que se recurrió a la Ley de Similitud según Froude, metodología que nos permite tener una mayor semejanza entre el modelo físico y el prototipo.
- Dentro del área del laboratorio de hidráulica, se pudo implantar el modelo físico con la escala obtenida, siendo este acto tanto para el espacio propuesto como para la construcción del modelo, evitando limitantes al momento de realizar las observaciones y mediciones respectivas.

4.2 Recomendaciones

Para la correcta funcionabilidad de los modelos físicos se plantean las siguientes recomendaciones:

- Para la construcción de la presa se debe realizar la granulometría de material de rellenos, con el objeto de clasificar el mismo y realizar la correcta compactación para la creación del cuerpo y espaldones de la presa.
- Investigar sensores que puedan permitir tomar medidas de las líneas de corriente y las curvas equipotenciales del modelo físico.
- Realizar el modelo numérico del modelo físico concluyendo en análisis entre ambos modelamientos.
- Para la evacuación final de las aguas del modelo físico es importante simular una leve pendiente en dirección de la tubería de desagüe.

BIBLIOGRAFÍA

Alarcón, C. (1997). Relevancia de los Modelos hidráulicos y la Aplicación en Infraestructuras. Colombia.

Bishmark, C. (2014). Infraestructura y Composición de la Represa. Colombia.

Burrai, S. (1997). Modelos Hidráulicos y la importancia de la Simulación. Argentina.

Campos, V. (2004). La importancia de las represas en zonas rurales. Ecuador.

Carillo, A. (2000). Funcionalidades de las Obras Hidráulicas en el Desarrollo Humano. Colombia: Universidad de Bogotá.

Cáter, J. (2000). Contribuciones de los Modelos Hidráulicos para la Colectividad. Colombia.

Cevallos, D. (2000). Obras de regulación hidráulica. Colombia.

Chocat, A. (1997). Modelación y Modelos Físicos. España.

Dávila, L. (2000). Importancia del agua en el desarrollo productivo. México.

Díaz, A. (2011). Elementos que aportan al desarrollo del Dique. Colombia.

Domínguez, M. (2013). Propiedades del embalse en una represa. México.

Guerrero, A. (1996). Modelación Hidráulica - Importancia y Análisis. México.

Gutiérrez, C. (2007). La importancia del trasvase. México.

Hernández, P. (2002). Importancia de la Modelación en las Simulaciones Hidráulicas . España.

- Intriago, A. (2013). Impacto de las Represas y su Evolución. Ecuador.
- Mendoza, J. (2006). Partes de las represas y la funcionalidad del embalse.
Ecuador.
- Moreno, A. (1998). Clasificación General de los Modelos Hidráulicos. Colombia.
- Peth, P. (2008). Clasificación de las obras de regulación. España.
- Pisco, R. (2013). Clasificación de las obras de regulación. México.
- Rodríguez, E. (1997). Movilidad y Deformabilidad del Contorno. Ecuador.
- Rodríguez, P. (1997). Ecuaciones Diferenciales y su Importancia en los
Modelos Hidráulicos. Ecuador.
- Saltos, J. (1998). Ingeniería Civil y sus herramientas en proyectos hidráulicos .
Ecuador.
- Simons, A. (1998). Contribución de las Obras Hidráulicas en el Desarrollo de la
Ingeniería Civil. México: Universidad Autónoma de México.
- Stone, A. (1989). Modelos Implementados en el Desarrollo de la Ingeniería Civil.
España.
- Talledo, A. (1990). Modelos Matemáticos - Análisis y Presición Hidráulica .
Colombia.

PLANOS.

ANEXOS.

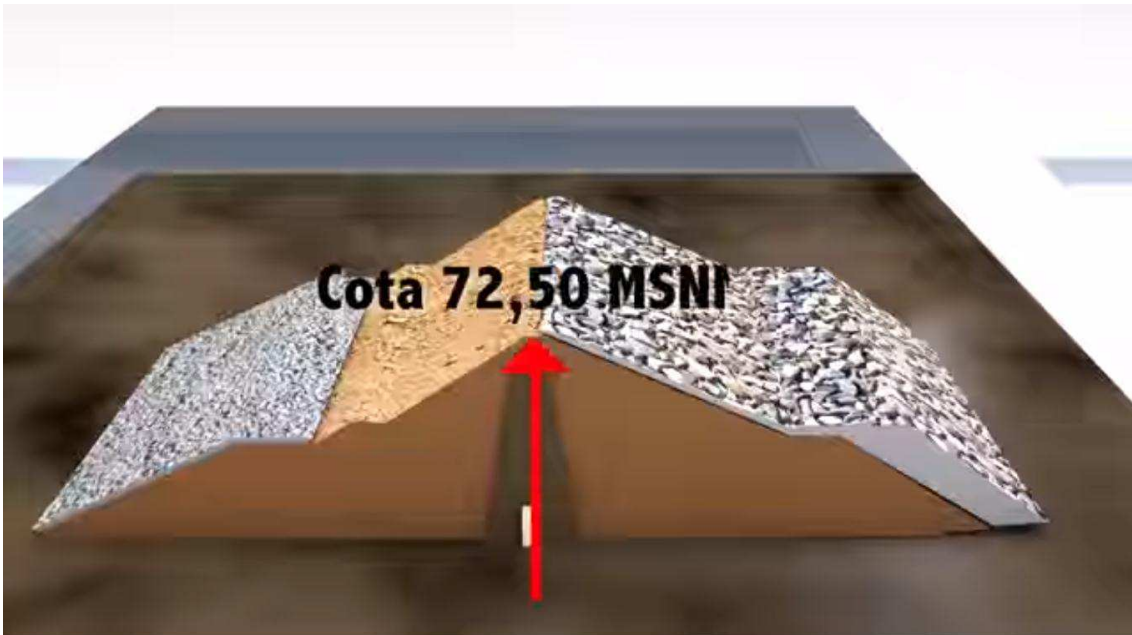


FIGURA 8: Esquema renderizado del perfil de la Presa

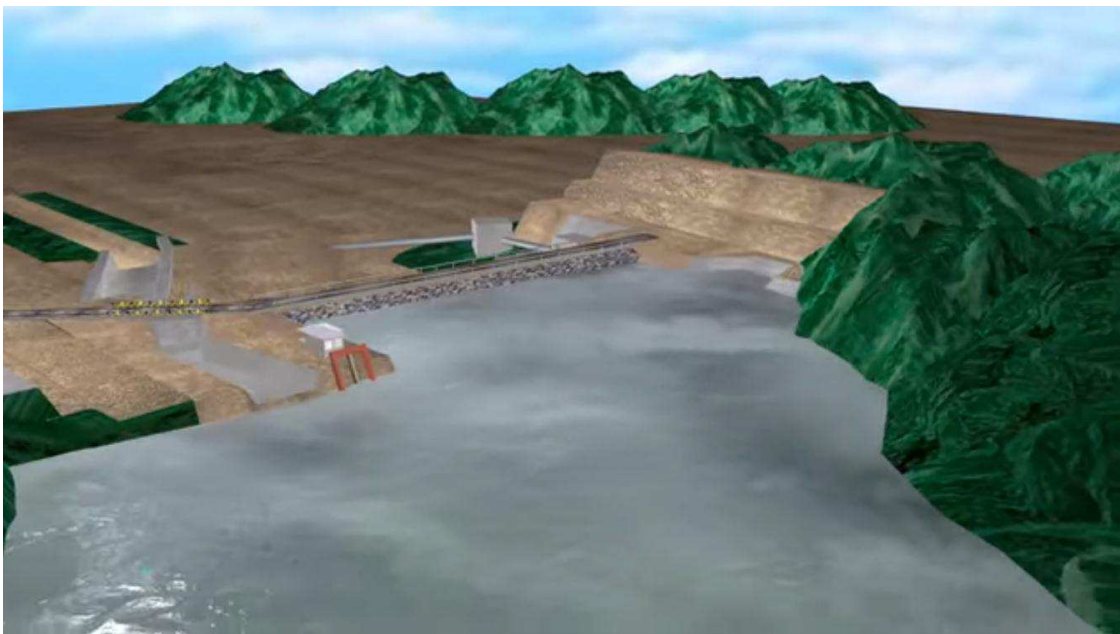


FIGURA 9: Render del prototipo (Presa y Aliviadero) aguas arriba.