

Procesos constructivos de Canales

Nicolas Giovanni Cardozo Pardo

Diplomado en Obras Hidráulicas

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería

Civil Pamplona Norte de

Santander 2023

Procesos constructivos de Canales

Nicolas Giovanni Cardozo Pardo

Monografía de Grado para Optar al Título de Ingeniero Civil

Director

Luis Fenel Viracacha

Ingeniero Civil

Universidad de Pamplona

Facultad de ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería

Civil Pamplona Norte de

Santander 2023

Agradecimientos

Doy gracias a Dios por ayudarme y permitirme que pueda alcanzar esta meta que es muy importante en mi vida y también agradezco a mis padres porque sin el apoyo que me brindaron sería más difícil llegar a donde estoy ahora. Agradezco a mis amigos que de una u otra forma me han ayudado por haber jugado un papel importante en este objetivo, y también a los profesores, mi alma mater, la Universidad de Pamplona, por permitirme ser parte de ello, mis hermanos, porque su apoyo y ayuda hicieron posible que yo culminara mis estudios académicos, fueron un pilar en las decisiones importantes y la voz de aliento para poder venir aquí. Gracias a todos.

Nicolas Giovanni Cardozo Pardo.

Tabla de Contenido

Agradecimientos.....	3
Tabla de Contenido	6
Lista de ilustraciones	9
Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
CAPITULO 1. EL RECURSO HÍDRICO	14
1.1. El agua un recurso natural	14
1.2. Definición.....	15
1.3. Importancia del agua	16
CAPITULO 2. OBRAS HIDRAULICAS.....	19
2.1. Generalidades de las obras Hidráulicas.....	20
2.2. Clasificación de las obras hidráulicas	23
CAPITULO 3. CANALES	25
3.1. Canal (ingeniería civil e hidráulica).....	25
CAPITULO 4. HISTORIA DE LOS CANALES.....	26
4.1. Conocimiento de los Canales	26
4.2. Antiguo Egipto	27
4.3. Antigua Grecia y Mesopotamia.....	29
4.3. Antigua Roma	31
4.4. China	33
CAPITULO 5. CLASIFICACION DE LOS CANALES	34

5.1. Clasificación.....	34
5.2. Canal natural	35
5.2. Canales Artificiales	37
5.2.1. Canales según su geometría	37
5.2.1.1. Canal rectangular	37
5.2.1.2. Canal Trapezoidal.....	39
5.2.1.3. Canal Triangular	40
5.2.1.4. Canal Circular	41
5.2.2. Según su función	43
5.2.2.1. Canal de riego.....	43
5.2.2.1.1. Distribución de los canales de riego.....	44
5.2.2.2. Canales de drenaje.....	45
5.2.2.2.1. Tipos de Flujo en canales de drenaje.....	46
5.2.2.2.2. Drenajes y sus tipos.....	46
5.2.2.3. Canal de navegación.....	48
5.2.2.4. Canal de energía hidroeléctrica	49
5.2.3. Según su Flujo.....	50
5.2.3.1. Flujo libre.....	51
CAPITULO 6. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS OBRAS HIDRAULICAS.....	52
6.1. Estudios para la elaboración de un proyecto u obra hidráulica.....	52
6.1.1. Estudios topográficos	53
6.1.2. Impacto ambiental	55
6.1.3. Geológico y geotécnico	55
6.1.4. Hidrológicos	57
6.1.5. Estudios geométricos.....	58

CAPITULO 7. PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN CANAL	58
7.1. Estudios básicos para la construcción de un canal	58
7.2. Construcción de un canal	59
7.2.1. Diseño del canal	59
7.2.2. Limpieza del terreno, despalme y desmonte de este	63
7.2.3. Excavación	63
7.2.4. Formación o estabilización del talud del canal	64
7.2.5. Compactación.....	66
7.2.6. Cerchas o Armaduras	66
7.2.7. Vaciado de concreto o colado	67
7.2.8. Curado del concreto	67
7.2.9. Retiro de la formaleta y cerchas	68
7.2.10. Llenado de juntas	68
CAPITULO 8. AVANCES EN LOS CANALES.....	68
8.1. Diseño y modelado.....	68
8.1.2 Software de diseño	69
8.1.2.1. <i>Hcanales</i>	69
8.1.2.2. <i>HEC-RAS</i>	70
8.2. Materiales	72
8.3. Modelado en tema de Sedimentos.....	75
8.4. Avances en eficiencia y manejo	76
CONCLUSIONES	77
REFERENCIAS.....	79

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Agua como imagen de vida.....	14
Ilustración 2. Biodiversidad y ecosistemas.	18
Ilustración 3. Importancia del Agua.....	19
Ilustración 4. Inundaciones y sequias.....	22
Ilustración 5. Obras Hidráulicas.....	22
Ilustración 6. Canal de riego.....	26
Ilustración 7. Canales en el Antiguo Egipto.....	29
Ilustración 8. Canal de drenaje antigua Grecia.....	30
Ilustración 9. Canales de riego antigua Mesopotamia.....	31
Ilustración 10. Acueducto Romano.....	33
Ilustración 11. Canal Chino.....	34
Ilustración 12. Canal natura o rio.	36
Ilustración 13. Sección transversal irregular.	36
Ilustración 14. Sección rectangular.	38
Ilustración 15. Sección trapezoidal.	39
Ilustración 16. Sección triangular en canales.	41
Ilustración 17. Sección circular de un canal.....	42
Ilustración 18. Tipos de canales de riego.	45
Ilustración 19. Canal de drenaje con rejilla.....	48
Ilustración 20. Canal de Panamá.	49
Ilustración 21. Canal de derivación.....	50
Ilustración 22. Topografía, teodolito.....	54
Ilustración 23. Estudios de mecánica de suelos, geotecnia.	56
Ilustración 24. Estudios hidrológicos en proyectos de infraestructura.....	57
Ilustración 25. Tabla resumen de las secciones utilizadas.	62
Ilustración 26. Excavación con entibados.	64
Ilustración 27. Estabilización de taludes en n canal.....	65
Ilustración 28. Compactación de un talud.....	66

Resumen

El agua es un elemento que se encuentra presente en la vida, esto nos dice que se debe hacer un buen uso de lo que es este recurso, ya que el principal elemento que se ve influenciado en las obras hidráulicas es el agua.

Las obras hidráulicas son construcciones que se destinan al control y gestión del agua estas son, como presas hidráulicas, canales hidráulicos, diques, redes de distribución, tuberías, entre otras. Estas obras involucran diferentes actividades para su debida elaboración y que su debida ejecución sea la adecuada, en los canales algunos de estos procesos constructivos.

Los proyectos hidráulicos cuentan con distintos procesos para su elaboración y estudios que brindan información de esta, estos son como ejemplo, estudios topográficos, hidrológicos, hidráulicos, etc.

Habrà un enfoque a lo que son canales hidráulicos o de riego, esto con el fin de mostrar cómo se elaboran las obras hidráulicas de este tipo y que tipo de estudios se deben hacer para el debido desarrollo de estos, de igual forma se hablara de lo que es un canal, como se diseña y una reseña histórica de este desde sus inicios.

Palabras clave: Obras Hidráulicas, Canales, procesos constructivos, Agua, estudios hidráulicos.

Abstract

Water is an element that is present in life, this tells us that good use must be made of what this resource is, since the main element that is influenced in hydraulic works is water.

Hydraulic works are constructions that are intended for the control and management of water, such as hydraulic dams, hydraulic channels, dikes, distribution networks, pipelines, among others. These works involve different activities for their due preparation and that their due execution is adequate, in the channels some of these construction processes.

Hydraulic projects have different ones for their elaboration and studies that provide information on processes, these are as an example, topographic, hydrological, hydraulic studies, etc.

There will be an approach to what are hydraulic or irrigation canals, this in order to show how hydraulic works of this type are made and what type of studies must be done for the proper development of these, in the same way we will talk about what a channel is, how it is designed and a historical review of it from its inception.

Keywords: Hydraulic Works, Canals, construction processes, Water, hydraulic studies.

Introducción

Las obras hidráulicas desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de nuestra sociedad, brindando soluciones eficientes para el manejo del recurso hídrico y la mitigación de sus efectos adversos. Estas estructuras, que van desde presas y embalses hasta sistemas de drenaje y canales de riego, son esenciales para garantizar un buen suministro de agua potable de igual forma el control de inundaciones y otros usos como la generación de energía hidroeléctrica y el riego de cultivos, entre otras funciones vitales.

En el contexto de la ingeniería civil, la construcción de obras hidráulicas presenta desafíos específicos debido a las características dinámicas del agua y a las condiciones geotécnicas cambiantes. Los procesos constructivos aplicados en estas obras requieren un enfoque preciso, un conocimiento exhaustivo de las técnicas y materiales adecuados, así como una cuidadosa planificación y gestión. Como afirmó el renombrado ingeniero estadounidense Theodore von Karman: "La ciencia de la hidráulica es una de las ramas más antiguas de la ingeniería. Es tan antigua como el deseo del hombre de controlar el agua". (

En esta monografía de compilación, se exploran diversos procesos constructivos utilizados en la edificación de obras hidráulicas, con el objetivo de comprender cómo se llevan a cabo estas complejas estructuras. Para ello, revisaremos la literatura técnica más relevante, investigaciones académicas y estudios de casos exitosos en el campo de la ingeniería hidráulica.

Al considerar la planificación y ejecución de obras hidráulicas, uno de los aspectos

cruciales a tener en cuenta es la elección de los materiales adecuados. Como señaló el ingeniero civil británico Peter W. Rowe: "Los materiales utilizados en la construcción de obras hidráulicas deben ser seleccionados cuidadosamente para garantizar la durabilidad y la resistencia a las condiciones agresivas del entorno acuático". Esta cita pone de manifiesto la importancia de una selección precisa de materiales que cumplan con los requisitos específicos de las obras hidráulicas.

Además, abordaremos las técnicas y maquinarias utilizadas en los procesos constructivos de obras hidráulicas. Desde la excavación y el dragado hasta la colocación de hormigón y la instalación de sistemas de control, cada paso requiere una planificación minuciosa y la aplicación de tecnologías especializadas. Como mencionó el ingeniero civil francés Gustave Eiffel: "Los procesos constructivos son la base de cualquier estructura. La elección de las técnicas y maquinarias adecuadas es esencial para lograr resultados exitosos y duraderos".

A lo largo de esta monografía, examinaremos los diferentes tipos de obras hidráulicas, como las presas, los canales y los sistemas de drenaje, y analizaremos los procesos constructivos específicos aplicados en cada caso. Además, exploraremos los desafíos actuales y futuros que enfrenta la ingeniería hidráulica, como el cambio climático y la gestión sostenible del agua.

Esta monografía tiene como objetivo proporcionar una visión de los procesos constructivos de obras hidráulicas, resaltando la importancia de la planificación, la selección de materiales y las técnicas adecuadas, con la comprensión de estos procesos, podremos contribuir al desarrollo de soluciones cada vez más eficientes y sostenibles en el campo de la ingeniería hidráulica.

CAPITULO 1. EL RECURSO HÍDRICO

1.1. El agua un recurso natural

Como dijo Jacques-Yves Cousteau "El agua es la sangre de la Tierra; se debe preservar este recurso es ya que suple una necesidad ambiental como economica."(Cousteau Jacques-Yves, 2012)

El agua hace parte de la naturaleza y es un elemento fundamental para la vida tanto en su reproducción como en el sostenimiento de la misma, por ende, es de suma importancia para los seres vivos, ya que es de primera necesidad en estos. Es un factor decisivo en lo que es el desarrollo y prosperidad de las sociedades.

Se utiliza en diferentes usos como lo son, beber, cocinar, asearnos, en los cultivos o incluso en la generación de energía.



Ilustración 1. Agua como imagen de vida.
Fuente:(Oceana en México, 2022)

El agua es un recurso renovable, esto quiere decir que se renueva por medio de procesos naturales, esto se puede ver en el ciclo hidrológico del agua. Como se mencionó en el 2018 por parte de United Nations World Water "El agua, el recurso natural más valioso del mundo, es esencial para todas las formas de vida." Por eso se debe siempre preservar este recurso y darle buen uso.

1.2. Definición

El agua, es un elemento de características, transparente, insípido cuando está en su estado puro, incoloro, de suma importancia para la vida, que está formado por tres átomos, uno de oxígeno y un par de hidrogeno, este líquido abarca una gran parte de la superficie de la tierra y posee diferentes características dependiendo de su lugar de origen, y tiene una importante labor en la vida de la mayoría de los organismos vivos en el planeta. Según la (RAE, 2022)

Está compuesto de 3 átomos, uno de oxígeno y dos de hidrogeno, es conocido en su forma química como H_2O , eso nos indica que solamente en una pequeña cantidad de agua se pueden encontrar millones de moléculas de H_2O juntas. Cuando el agua está en movimiento, esto causa que sus moléculas patinen unas sobre otras. Este líquido no cuenta con una forma definida por lo mencionado anterior mente con respecto al movimiento de sus partículas, tiende a tomar la forma de su contenedor. Tiene tres estados en la naturaleza que se pueden encontrar de la siguiente forma, Solido como ejemplo hielo, líquido que es su forma más abundante y gaseoso como vapor de agua. El agua tiene un punto de ebullición de $100^{\circ}C$ y un punto de solidificación de $0^{\circ}C$. En estos cambios de estado se presentan diferentes comportamientos en sus partículas por el cual estas toman estos estados, al llegar al punto de ebullición las partículas de H_2O tienden a separarse entre sí generando lo que es el vapor de agua, al entrar

en solidificación a los 0°C estas tienen de moverse más despacio y agruparse generando lo que es el hielo. El agua es un elemento muy importante y fundamental para la vida, esto la convierte en un elemento muy preciado y único. Según (Funcagua, 2020)

1.3. Importancia del agua

Esto está claro que el agua es esencial para la vida, como lo menciona la Dr. Sandra Postel "El agua no es solo un recurso, sino un componente vital de los sistemas naturales que sostienen la vida en la Tierra." (Dr. Postel, 2017)

El agua desempeña un papel de suma importancia en la vida de gran parte de los organismos en la tierra, un ejemplo de ello es con las plantas que usan esta para la fotosíntesis, y sirve como hábitat de muchos organismos.

Como se dijo anteriormente el agua es un recurso renovable, pero que se debe tener en cuenta que la disponibilidad de agua limpia y fresca está mermando de manera continua.

Esto genera que en diferentes lugares se generen desabastecimientos debido a la creciente población y el mal uso del recurso hídrico.

Con el aumento de la población de igual forma aumenta el consumo y demanda del recurso hídrico y que sea apto para el consumo o su utilización.

Aquí uno de los principales aspectos en los que el agua es de suma importancia para la vida humana y demás especies:

Para el sustento de la vida, el agua es un componente que hace parte de los tejidos y las células de casi todo organismo vivo, y esta lleva varias funciones para su funcionamiento como el caso de las plantas la fotosíntesis, al igual que muchas y diferentes funciones biológicas que

están presentes en los organismos vivos, como lo es la digestión, como llevar nutrientes, etc.

Como se sabe el agua cumple un papel importante en todo ámbito para la sociedad y esto se ve evidenciado con día a día con el uso de este en todo ámbito, y de igual forma es de suma importancia para el avance y para las generaciones venideras, que tengan un futuro. "La importancia del agua como recurso natural es incalculable; su conservación y uso eficiente son esenciales para asegurar un futuro sostenible para las generaciones venideras." (United Nations (UNEP, 2018).

En la salud e hidratación, la mayoría de los seres vivos requerimos de agua para nuestra supervivencia y para mantener un buen estado de salud, el agua cumple diferentes funciones en requerimiento del cuerpo que la consuma como en la nivelación de temperatura corporal, protección de tejidos y órganos, el sistema digestivo que requiere de esta para su funcionamiento, el sistema cardiovascular que para este es de suma importancia en su debido funcionamiento, etc., con esto se da a entender que es importante en la prosperidad de la vida humana y de la fauna y flora del planeta.

En la seguridad alimentaria y en la agricultura, esta es parte fundamental a la hora de producir alimentos, al igual que en todo tema de agricultura ya que esta requiere una gran cantidad de agua para su funcionamiento y que esta se pueda dar. Todo cultivo requiere de este fluido para su desarrollo y que se generen los alimentos necesarios, al igual que una gestión de los recursos a la hora de su producción para que este sea sostenible y se pueda garantizar una buena producción que supla las necesidades buscadas.

Biodiversidad y los ecosistemas, los océanos que es uno de los ecosistemas más grandes en nuestro planeta requieren del agua para su funcionamiento y esta debe estar en su mejor estado para esto, los pantanos, lagos, ríos, humedales que son ecosistemas donde su mayor elemento es el agua y es fundamental para que en estos se conserve la vida y biodiversidad en cada uno de estos, al igual que en bosques, junglas, llanuras, etc. Cada uno de estos tienen como requerimiento el agua para mantener su biodiversidad presente en cada uno de sus ecosistemas y para su sostenibilidad en mayor o menor medida.



Ilustración 2. Biodiversidad y ecosistemas.

Fuente:(Portillo Roper Sandra, 2023)

Como recurso energético y como recurso hídrico, el agua tiene diferentes usos en la sociedad, uno de estos es el abastecimiento de energía a esta misma por medio de obras de infraestructura hidráulica y energética como lo son las hidroeléctricas, al igual que el

suministro de esta misma a cada casa y persona es un bien básico para la vida digna, también se usa en el sector agrícola para la generación de cultivos o para el abastecimiento de agua potable, en la industria también tiene sus usos y otras actividades que realiza el ser humano para su avance y su sustento.



Ilustración 3. Importancia del Agua
Fuente:(Genesis, 2013)

Incluso en el cambio climático juega un papel importante el agua, ya que debido a la alteración de esta se general cambios en las precipitaciones, y esto afecta la disponibilidad de esta en diferentes lugares generando así inundaciones o sequias en diferentes regiones.

Esto genera un impacto en la agricultura, en la biodiversidad, en la fauna y flora de las regiones y también en los ecosistemas que se proveen de esta.

CAPITULO 2. OBRAS HIDRAULICAS

2.1. Generalidades de las obras Hidráulicas

Como se dijo en United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization "Las obras hidráulicas no solo abastecen de agua a comunidades y cultivos, sino que también son pilares de la gestión del agua y la resiliencia ante desastres naturales."(UNESCO, 2016).

Por eso tenemos obras Hidráulicas, estas son construidas con un fin, este puede ser como extraer, almacenar, reducir, conducir, controlar, aprovechar y captar el recurso hídrico, en estas siempre se debe tener en su construcción unos criterios y parámetros a la hora de su construcción estos son criterios hidráulicos en todo lo que abarca la ejecución de la obra e hidrológicos para su correcto funcionamiento.

Se debe tener en cuenta la naturaleza para la construcción de estas obras y saber bien en que aspectos pueden afectar estas a la naturaleza y la sociedad "Las obras hidráulicas no solo son estructuras físicas, sino también símbolos de cómo la colaboración entre la naturaleza y la ingeniería puede beneficiar a la sociedad."(RICS, 2023)

Hoy en día se tienen en cuenta los impactos del cambio climático ahora están influyendo tanto directa como indirectamente en el ciclo del agua que se utilizan para estimar los parámetros de diseño de las diferentes obras como las centrales hidroeléctricas y para llevar a cabo una planificación adecuada de los recursos hídricos. Estos pequeños cambios en el clima pueden causar problemas que pueden llegar a ser significativos con los recursos hídricos en varias regiones.

Últimamente los fenómenos hidrológicos observados alrededor del mundo (La temperatura del agua, el aumento de nivel del mar, sequías extremas, inundaciones...) y los resultados que

se presentan en las últimas conferencias internacionales que abarcan este tema, se debe tener en cuenta la importancia de este tema y la importancia del tema. mostrando estos factores que se deben tenerse en cuenta cuando se debe diseñar estas obras para moderar o soportar los picos mínimos y máximos.

El propósito a la hora de dar un diseño de ingeniería hidráulica se basa en alterar el curso de la naturaleza para el beneficio humano. Gran parte del trabajo hidráulico que se diseña y realiza es versátil. La mayoría de ellos si no su totalidad están destinados al brindar abastecimiento de agua agrícola, urbano y industrial como finalidad principal, pero también pueden utilizarse como estructuras de control como canales o regulación como tuberías con válvulas de paso, estas brindan control y regulación al mismo tiempo.

De lo anterior, se puede ver que la construcción se puede clasificar según su función como de suministro de agua, de navegación, construcción de defensas, de mantenimiento, entre otras.

Esta se enfoca en resolver problemas que van relacionados con la estimación de valores, en la ingeniería hidráulica los valores tienden a ser extremos, que son requeridos a la hora de dar el diseño de obras hidráulicas, y la predicción y simulación de variables hidrológicas que son requeridas para la operación de sistemas de embalses, sistemas hidráulicos y sistemas de riego, distribución urbana, etc.....

El cambio climático puede afectar problemas del pasado, y el material matemático de los nuevos enfoques utilizados para estimar los parámetros que se utilizan para los nuevos diseños de instalaciones hidroeléctricas y controlar la escorrentía en las condiciones actuales y a futuro.

Las diferentes sociedades siempre han tenido en cuenta y han sido conscientes de la

necesidad a la hora de diseñar formas de obras de control de inundaciones y planificar los recursos hídricos. Por eso, los avances en ingeniería hidráulica e hidrológicos se han centrado en desarrollar técnicas para mejorar del control de los recursos al igual que su variabilidad en el tiempo.



Ilustración 4. Inundaciones y sequías.
Fuente:(IGAC Y CORPOICA, 2016)

En todo momento es importante que se actualicen las investigaciones y se hagan adaptaciones dirigidas a la mejora de las obras hidráulicas, esto para mejorar las predicciones donde ocurren estos posibles eventos que se generan por el cambio climático, y poder evitarlos o prevenirlos. (María Sofía Iglesias, 2020)



Ilustración 5. Obras Hidráulicas
Fuente: (Cerero, 2014)

Se entiende en la ingeniería civil como una obra hidráulica toda estructura que tenga como su mayor uso el agua en todas las situaciones que esta los amerita, se puede decir que son elementos o estructuras que tienden a estar conformadas por estructuras destinadas al control del agua, tal cual sea su destino, aprovechamiento de esta misma o defensas o prevenciones del agua. (Peralta Angel, 2020)

2.2. Clasificación de las obras hidráulicas

Por lo que se estas se clasifican dependiendo de los autores, para mi después de investigar las obras hidráulicas son y se constituyen de diferentes estructuras destinadas al manejo y control del agua sin importar su origen, esto como se dijo anterior mente con el fin de dar un aprovechamiento del agua o generar una defensa contra esta.

- Aprovechamiento del agua:
 - a) Producción de energía
 - b) Riego
 - c) Abastecimiento de agua potable
 - d) Navegación
 - e) Recreación
- Defensa:
 - a) Defensa para inundaciones

b) Defensa contra azolves

Con el tiempo han cambiado la finalidad de las obras de infraestructura hidráulica sin importar cuales sea, anterior mente se tenía con su finalidad única, pero actualmente y por temas económicos convenientes se están dando a conocer más obras hidráulicas con una o más funcionalidades de destino, esto con el fin de satisfacer más necesidades o más finalidades.

Esto se pudo gracias a su estudio diseño y simultáneamente su funcionamiento con el fin de generar mejoras económicas en estas, por lo tanto, mientras no se defina una sola necesidad estas estructuras pueden ser diseñadas para cumplir más de una finalidad, tanto de forma de defensa como de aprovechamiento de la misma.

En base a estas clases de obras hidráulicas surgen diferentes estructuras y obras hidráulicas como lo son:

a) Canales**b) Bocatomas****c) Redes de abastecimiento de agua potable (PTAP)****d) Embalses y presas****e) Estaciones de bombeo****f) Esclusas****g) Sistemas de recogida de agua residual (PTAR)****h) Defensas ribereñas**

i) Estructuras y elementos de corrección de cause

Estas son algunas de las obras y estructuras que entran en el apartado de obras hidráulicas, todas tienen como atributo y mayor elemento el agua.

Muchas de estas son de suma importancia para nuestro día a día.

CAPITULO 3. CANALES

3.1. Canal (ingeniería civil e hidráulica)

Como se nombró en Principles of Hydraulic Engineering sobre los canales hidráulicos "Son obras de ingeniería para el transporte controlado del recurso hídrico (agua), desempeñando un papel de suma importancia en la gestión de este recurso."(Smith, J. A., 2015)

Sabemos que los canales hacen parte de la ingeniería civil e hidráulica y son construcciones que tienen como destino el transporte o movilización de toda clase de fluidos y en especial se usan para el transporte de agua, se construyen de distintos materiales y hay variedad de estos dependiendo de su diseño o materiales utilizados en su construcción.

De igual forma estos se pueden encontrar en la naturaleza creados de forma natural, y hay diferentes tipos de canales según su destino, entre estos tenemos canales de navegación y canales de riego, también los ya nombrados canales naturales.

Los canales hacen parte de la hidráulica y son una parte muy importante de esta, ya que su diseño hace parte de la ingeniería hidráulica y es un área muy estudiada de esta y de igual forma hacer parte como una de las especialidades de los ingenieros civiles su construcción y diseño.



Ilustración 6. Canal de riego.
Fuente:(Antonio Roldan, 2019)

CAPITULO 4. HISTORIA DE LOS CANALES

4.1. Conocimiento de los Canales

Como se dijo en Principles of Open Channel Hydraulics "El conocimiento de los canales hidráulicos es esencial para comprender cómo el agua fluye y se comporta en sistemas artificiales, lo que a su vez contribuye a un diseño y gestión eficiente de recursos hídricos."(García, M. A., 2020)

Por lo que investigue el conocimiento de estos se remonta a milenios atrás y este conocimiento empezó siendo empírico, en antiguas civilizaciones se puede ver como era su funcionamiento como el caso de la antigua Mesopotamia donde se usaban como canales de riego de cultivos, otra de las grandes civilizaciones antigua era la romana que los usaban para abastecerse de agua por medio del uso de canales, estos eran de gran magnitud y tenían de igual forma acueductos de gran tamaño a su disposición.

Incluso se conocen canales construidos en el antiguo Perú que aun funcionan estos construidos en los andes por civilizaciones como lo eran los Cumbe mayo.

El conocimiento más sistemático del estudio de los canales remonta al siglo XVIII, con diferentes autores como Bazin, Chezy, entre otros.

4.2. Antiguo Egipto

En el antiguo Egipto hay como evidencia de esto el intento de unificar el mar Mediterráneo con el mar Rojo por medio de un canal que su construcción empleo a más de 50000 mil hombres, este canal había desaparecido con anterioridad por la arena y se encontraba debajo de esta.

La civilización Egipto fue de las primeras civilizaciones que empleo canales en su agricultura ya que en estas se ven evidencias de su uso en los campos de cosecha, estos empleaban agua proveniente del rio Nilo.

Incluso llegaron al uso de máquinas para cuando se presentaban cambios en la elevación y poder entregar el recurso hídrico en ese lugar, estas las empleaban para elevar el agua a su lugar de destino.

Estas máquinas tienen como inventor a Arquímedes que cuando paso por Egipto creo varias de estas a su paso en su viaje por Egipto.

Se dice que gran parte de las bocas del Nilo en su inicio eran canales hidráulicas que se crearon con mano de obra humana.

Sesostris I intento con sus sucesores crear un canal que uniera el mar Rojo con el rio Nilo, en esta obra se estima que perdieron la vida más de 120.000 hombres. Esta obra fue abandonada ya que un oráculo predijo que al finalizar este proyecto podría dar paso a ataque de los barbaros.

Darío continuo con la construcción del canal un tiempo después.

El pasaje ya tenía cuatro días de navegación.

Este príncipe no termino de construir el canal al demostrar una diferencia de nivel entre el mar Rojo y el rio Nilo que ponía en peligro el país, se dice que este podría inundar Egipto.

En Egipto se tiene información de más canales que servían para navegación y riego de este mismo, había obras de gran envergadura como lo fue el canal que Moeris mando a construir con el fin de captar aguas del rio Nilo a un gran lago que este mando a hacer.

Se dice que este canal es un proyecto de 300 pies de ancho y 80 estadios de largo, con una entrada que podía mantenerse abierta o incluso cerrarse según lo que se necesitara.

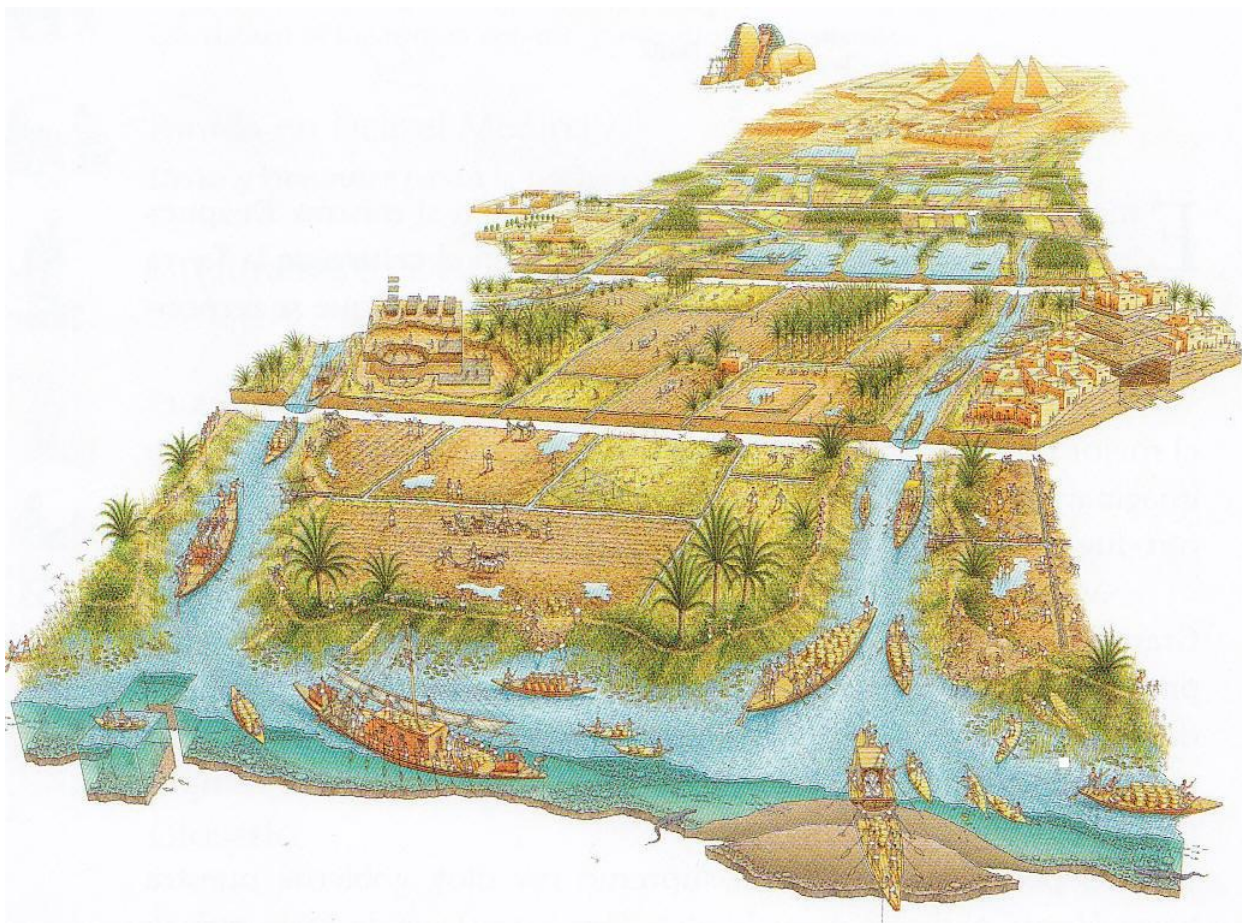


Figura 6 Egipto, don del Nilo

Ilustración 7. Canales en el Antiguo Egipto

Fuente:(Trenco Andrea, 2013)

4.3. Antigua Grecia y Mesopotamia

El río Tigris y el río Éufrates se encontraban comunicados gracias a un canal que se construyó, se dice que la persona responsable de la obra fue Nabucodonosor.

También hay información de otro canal que se construyó que comunicaba el río Euleo con el Tigris y dicho canal ayudo a Alejandro con sus conquistas.

Romanos y griegos quisieron construir un canal que tenía como finalidad cortar el istmo de

Corinto y este une Mórea con Acaya con la finalidad de que se pudiera pasar del Archipiélago al mar Jónico.

Esta obra de la hidráulica ayudaba con disminuir los tiempos de las embarcaciones ahorrando bastantes leguas en recorrido y ayudo a evitar peligros en los muchos escollos que se encontraban en el camino.

Periandrio fue de los primeros en darle forma a este proyecto, esto data entre 5 a 6 años antes de que iniciara la era cristiana, como se dice antes de cristo.

El rey de Macedonia inicio un proyecto el cual consistía en una isla del Peloneso, después de un tiempo abandono este proyecto, este rey fue Demetrio Poliorcetas, este proyecto data de 3 siglos después del inicio de la era cristiana.

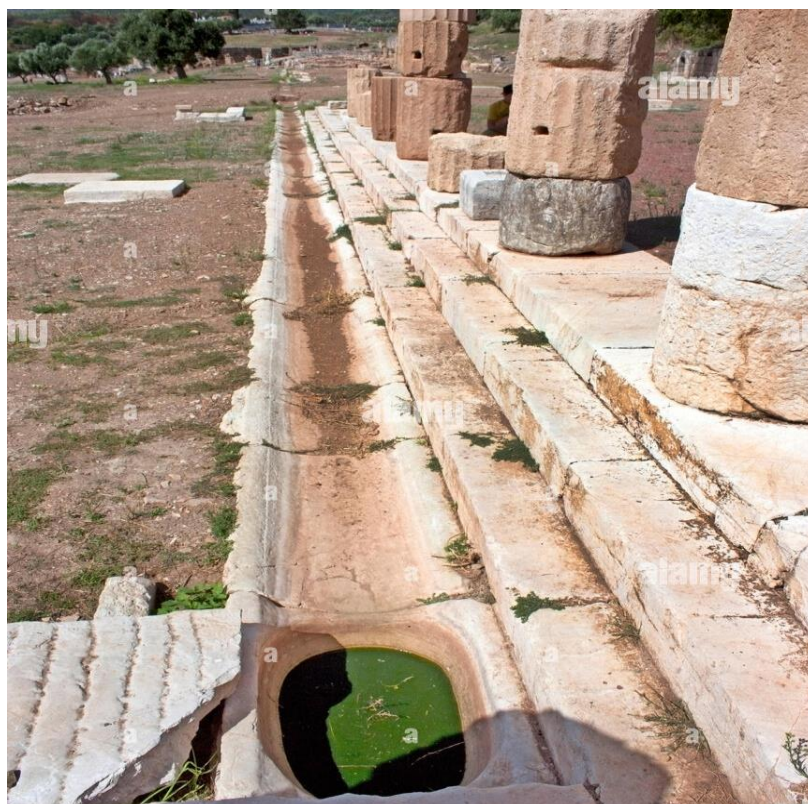


Ilustración 8. Canal de drenaje antigua Grecia.
Fuente:(Brown Peter, 2014)

En la antigua Grecia se tenían canales con varias funciones como lo eran los canales de drenaje, canales de conducción para cultivos, canales de abastecimiento, tenían en su tiempo una buena infraestructura hidráulica para cumplir con sus necesidades con respecto al recurso hídrico.



Ilustración 9. Canales de riego antigua Mesopotamia.
Fuente:(De la Fuente Blanca Lidia, 2020)

4.3. Antigua Roma

En la antigua roma se abrió un canal que comunico el rio Ródano con el mar, haciendo así que se facilitara el movimiento de comercio y alimentos por medio de este canal, eso mejoro la movilidad de la época, y suplió la necesidad de la antigua roma en el momento.

Druso Nerón en la necesidad de poder movilizar de forma más rápido su ejército busco la

forma de crear un canal que en el año 712 de Roma dio inicio, y que en el año 16 después del inicio de la época cristiana empezó a servir, que era en el periodo Germánico.

Mas adelante se realizó un canal con el fin de no dejar el ejercito a su ocio, un canal que tenía alrededor de 22 millas de longitud, este con el fin de comunicar el rio Rhin con el rio Mosa.

Los Romanos principal meten generaban canales con el fin de poder transportar y movilizar sus ejércitos, todo esto siempre con el fin de facilitar el movimiento y el transporte de estos y poder hacer marchas con más velocidad y prontitud esta era su principal necesidad.

A diferencia de los pueblos griegos y asiáticos que tenían como prioridad los canales de riego para la agricultura e incluso canales de drenajes y abastecimiento como el caso de los griegos.

En roma los escritores consideraban los canales de riego de suma importancia para sus cultivos, diciendo así que estos eran los causantes de la fertilidad en los campos de riego, y los recomendaban a la hora de generar cultivos. (Gallego Duban, 2020)

Los romanos contaban con muy buena infraestructura hidráulica en sus ciudades, tenían grandes acueductos que hasta el día de hoy perduran como es el caso del acueducto de Segovia que sigue en pie en Roma, estos eran hechos de muy buena forma. Los acueductos romanos sirven de muestra de lo que era una obra hidráulica hecha para durar a lo largo del tiempo, ya que tienen una buena durabilidad gracias a sus materiales y su diseño.



Ilustración 10. Acueducto Romano.
Fuente:(E1, 2023)

4.4. China

China se ocupó desde lo más pronto en su antigüedad a dar conducción al agua por medio de canales a todos sus pueblos, eso mostraba ventaja a otras civilizaciones como lo fueron griegos, romanos o mesopotámicos, se tienen registros muy antiguos de que desde tiempos muy antiguos se dedicaron a la distribución del agua y la conducción de la misma por medio de canales.

El más celebre de estos canales es el canal en China Yun-leang.

Este canal real tiene una longitud de 140 leguas y fue iniciado en el año 1289 por el jefe de

la dinastía Fu.



Ilustración 11. Canal Chino
Fuente:(Shutterstock, 2023)

CAPITULO 5. CLASIFICACION DE LOS CANALES

5.1. Clasificación

los canales cuentan con una gran variedad de clasificaciones dependiendo del autor, una de las más generales en su clasificación es, en canales naturales y canales artificiales, esta clasificación separa los creados por el hombre de los que se encuentran en la naturaleza, se va a iniciar en esta, pero se va a tomar una más específica para ver una división o clasificación de los canales más específica en el caso de los canales artificiales.

Estas clasificaciones como lo mencioné anteriormente son por el autor, después de

investigar un poco me pareció esta la mejor forma de clasificarlos.

5.2. Canal natural

Los canales naturales son los que normalmente encontramos en la naturaleza que lleven consigo un cuerpo de agua, es decir todo afluyente que se pueda encontrar de forma natural tiene un canal que conduce el fluido que este alberga.

Esto incluye desde pequeños afluyentes como arroyuelos hasta ríos como lo son el río Amazonas o el Nilo, de igual forma el agua que se encuentra bajo la superficie o lo que es el agua subterránea se transporta por medio de canales cerrados.

Los canales naturales tienden a tener secciones irregulares a lo largo de sus trayectorias.

Los ríos son los canales naturales más visibles en la actualidad gracias a su gran envergadura, en estos podemos ver el comportamiento del agua a través de su trayectoria por lo largo de su envergadura.

Gracias a estos es que se determinaron distintas formas de calcular las propiedades de los ríos como lo son la velocidad, caudal, etc.



Ilustración 12. Canal natura o rio.
Fuente: (Silva José Adán, 2013)

Las propiedades de estos canales tienden a ser muy variadas por sus constantes cambios de profundidad, ancho se sección, velocidad, esta última dependerá del cambio de sección y profundidad que se encuentre en el momento, al igual que los materiales de los cuales estos se componen.

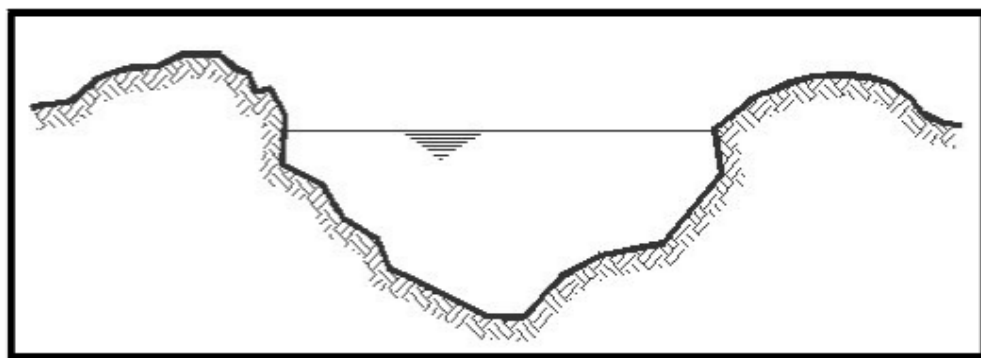


Ilustración 13. Sección transversal irregular.
Fuente: (Ayala Walter Nina, 2011)

De igual forma los canales subterráneos son secciones irregulares cerradas.

5.2. Canales Artificiales

Los canales artificiales son todos los que se han construido y creado por el hombre, con una finalidad dada.

Estos tienen diferentes secciones que se hablarán más adelante, de igual forma tienen una clasificación de estos al tener gran variedad de canales.

Estos son proyectos con una finalidad específica como lo podría ser los canales de riego, canales de conducción, canales de drenaje, canales para centrales hidroeléctricas, canales de navegación, etc.

Estos se diseñan con una forma definida y con una profundidad constante, estos comúnmente tienen forma de figuras prismáticas, hablando de lo que es la sección transversal del canal.

5.2.1. Canales según su geometría

Los canales según su geometría se dividen en cuatro clases, estas son canal rectangular, triangular, trapezoidal y circular. Esta información que se mostrara a continuación es dada por el autor de la monografía según sus conocimientos a la hora de cursar sus estudios superiores y de información realizada por medio de una investigación previa para fortalecer los conocimientos del tema.

5.2.1.1. Canal rectangular

Los canales rectangulares hacen parte de los canales abiertos, estos tienen como principal característica que su sección como su nombre indica es de forma rectangular, se pueden encontrar de distintos materiales en diferentes obras de infraestructura hidráulica.

Se conocen también como una variante del canal de sección trapezoidal.

Estos están hechos de materiales estables por su forma.

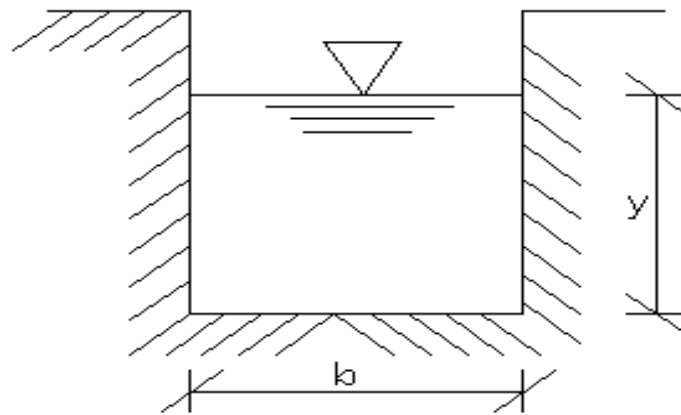


Ilustración 14. Sección rectangular.
Fuente: (Blog Alex, 2012)

Donde se tiene que:

Área mojada de la sección: $A = b \cdot y$

Radio hidráulico: $R_h = A/P$

Perímetro mojado: $P = b + 2 \cdot y$

Aclarando de las formulas

y: Altura del fluido

b: Ancho del canal

5.2.1.2. Canal Trapezoidal

Al igual que el canal rectangular hacer parte de los canales abiertos, este cuenta con dos taludes a cada uno de sus lados.

Mayor mente se elaboran en material del suelo ya que estas dan estabilidad a sus laterales, el material del suelo o tierra dan estabilidad a la sección, estos igual pueden ir revestidos de distintos materiales y son mayor mente utilizados en riegos.

Estos pueden ir revestidos con concreto en su construcción.

Estos son de la clase de canales más antiguas y más utilizada en el mundo, ya que es la sección más utilizada en riego.

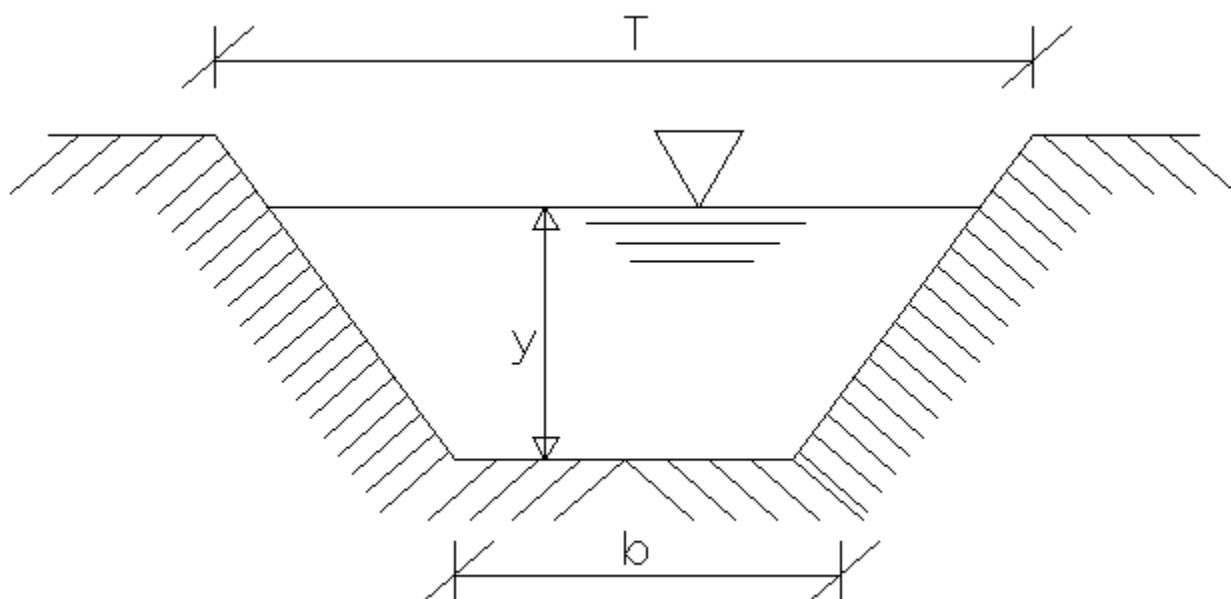


Ilustración 15. Sección trapezoidal.
Fuente: (Blog Alex, 2012)

Donde se tiene que:

$$\text{Perímetro mojado: } P = b + 2 * y * (1 + k * y)^{\left(\frac{1}{2}\right)}$$

$$\text{Área mojada: } A = (b + k * y) * y$$

$$\text{Radio hidráulico: } R_h = \frac{A}{P}$$

Aclarando de las formulas

k: talud del canal trapezoidal

y: Altura del fluido en el canal

b: base del canal

5.2.1.3. Canal Triangular

El canal triangular como su nombre lo indica su sección es de forma triangular con dos lados únicamente, los dos están a cierto angulo de inclinación.

También se puede basar en que uno de sus lados este recto y el otro inclinado.

Se usan generalmente para desagüe en vías y carreteras.

De igual forma los usan como pequeños canales de material de suelo por el hecho de que son fáciles de diseñar.

Esto nos dice que son canales de bajo costo a la hora de su construcción.

Este canal al igual que los anteriores nombrados tiene un lado libre, es decir es un canal

abierto, estos tienen un encofrado de madera y es raro de encontrar uno en la naturaleza.

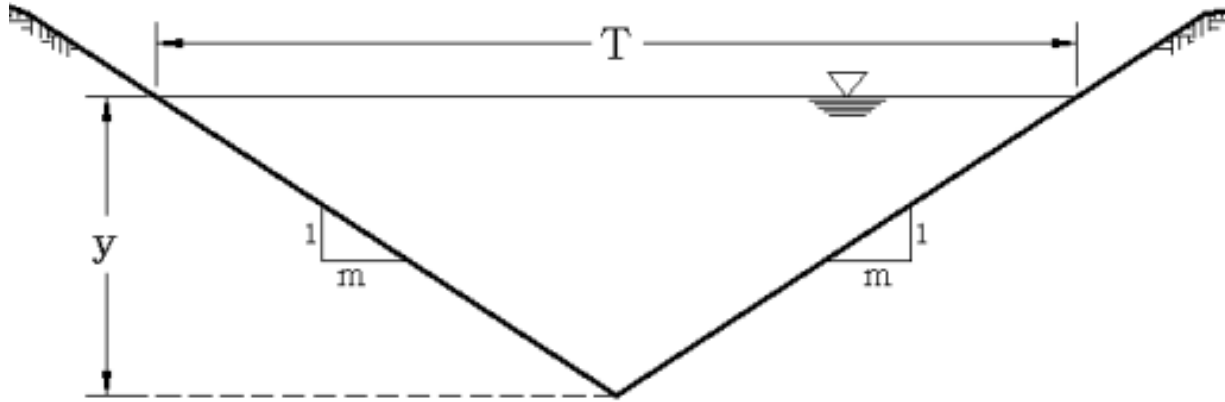


Ilustración 16. Sección triangular en canales.

Fuente: (Andrés & Lozano, 2020)

Donde se tiene que:

Área mojada: $A = z * y^2$

Perímetro mojado: $P = 2 * y * \sqrt{1 + z^2}$

Radio hidráulico: $\frac{z*y}{(2*\sqrt{1+z^2})}$

Aclarando de las formulas

z: el talud de la sección triangular

y: altura de la lámina del agua en el canal

5.2.1.4. Canal Circular

Este tipo de canal se utiliza más que todo para alcantarillados y sistemas de alcantarillas, esto en tamaños medianos y pequeños.

A diferencia de los canales pasados nombrados este es un canal cerrado, es decir no tiene contacto con la atmosfera.

Estos pueden ir a diferentes alturas de lámina de agua en su interior al igual que puede ir a tubo lleno o a presión.

Estos pueden ir al aire libre, también conocidos como canales circulares abiertos.

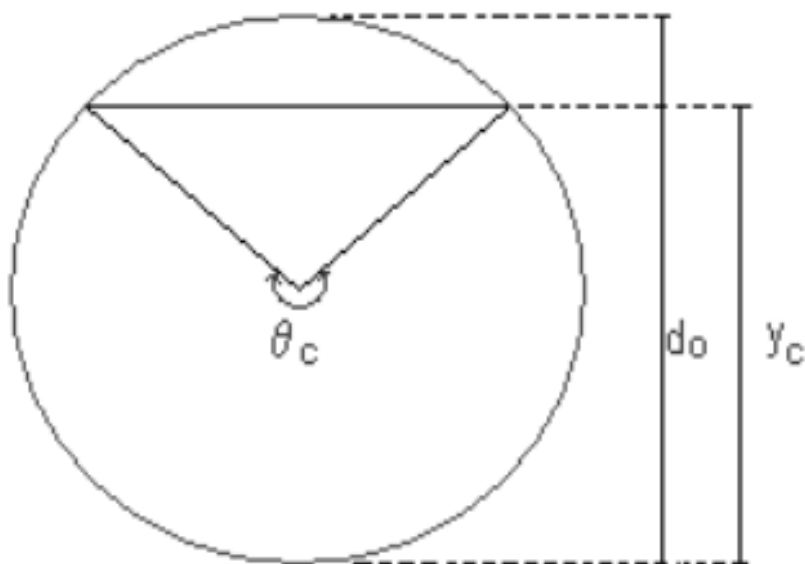


Ilustración 17. Sección circular de un canal.

Fuente: (Vicente et al., 2018)

Donde se tiene que

$$\text{Área mojada: } A = \frac{(\theta - \text{sen}\theta) * D^2}{8}$$

$$\text{Perímetro mojado: } P = \frac{\theta * D}{2}$$

$$\text{Radio hidráulico: } Rh = \left(1 - \frac{(\frac{\text{sen}\theta}{\theta})D}{4}\right)$$

Para aclarar las formulas

θ : es el Angulo de el circulo con respecto a su corte o su lámina de agua.

D: el diámetro del canal circular

5.2.2. Según su función

Los canales tienen distintas funciones y entre esas tenemos los canales de drenaje, canales de navegación, canales de energía hidroeléctrica, canales de riego.

De esto depende el diseño del canal.

5.2.2.1. Canal de riego

Estos son de los canales más antiguos de los cuales se tiene información y son de los más importantes como se dijo en un artículo de irrigación "Los canales de riego son arterias vitales que llevan el agua desde las fuentes hasta las tierras agrícolas, desempeñando un papel esencial en la producción de alimentos y la seguridad alimentaria."(Rodríguez, E. M., 2022)

Los canales de riego son canales construidos con la finalidad de abastecer de agua los campos de siembra o cultivos, estos se construyendo con mano de obra y según sus dimensiones pueden ser hechos por medio de excavaciones manuales o ya si son de gran

envergadura se emplea maquinaria.

Estos son canales de bajo costo, ya que la mayoría de estos son hechos de material de suelo.

Para resolver algunos problemas que estos pueden llegar a presentar por diversos factores como el material del suelo o el paso del tiempo, también se construyen de concreto, ladrillo, piedra, o incluso algunos tipos de membrana que asegura que no se infiltre el agua evitando la erosión del suelo.

Se usan principal mente para distribuir el agua, se diseñan sistemas completos de distribución del agua a través de la zona que lo requiera.

Estos canales tienen sus propias distribuciones.

5.2.2.1.1. Distribución de los canales de riego

Esta distribución también cambia dependiendo de los autores y constructores, en el caso esta fue la que mas me llamo la atención.

Los canales de riego se utilizan mayormente para el sector agrícola.

Aquí una distribución de lo que es este sistema que lleva:

Un canal principal que tiene como objetivo transportar el agua a toda la zona necesitada.

Canales ramales que salen del canal principal para llevar agua a lugares más específicos.

Canales distribuidores, estos salen de los canales ramales con el fin de distribuir el agua.

Canal menor, este tiene como objetivo llevar un pequeño caudal de agua de forma más continua.

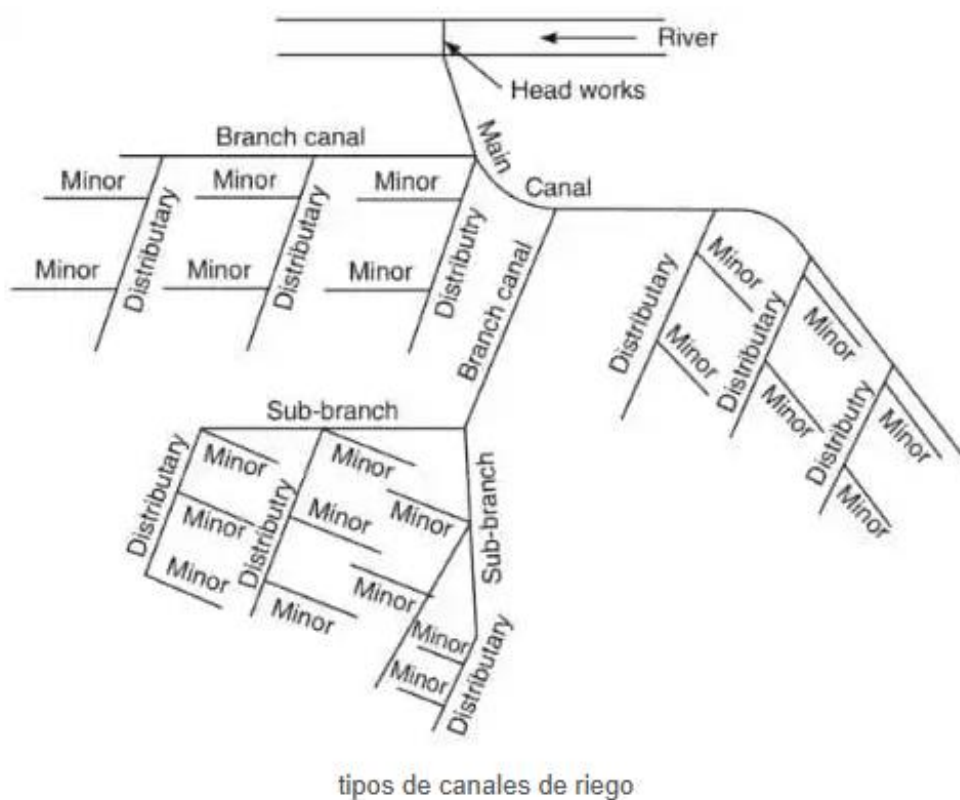


Ilustración 18. Tipos de canales de riego.

Fuente: (AGROnomo, 2022)

En estos sistemas de canales se recomienda mantener los canales alineados sin añadir muchas curvaturas más que la necesaria por el canal principal.

Las curvas tienden a influir en el flujo del agua, esto causa diversos problemas para las estructuras de los taludes y también en la sedimentación en el fonde de estos.

5.2.2.2. *Canales de drenaje*

Como lo dice su nombre los canales de drenaje son utilizados como su nombre dice como drenes de aguas servidas de diversas fuentes, estas pueden provenir de aguas de riego o de

precipitaciones "Los canales de drenaje sostenibles incorporan técnicas de manejo de aguas pluviales como la infiltración, retención y reutilización, con el fin de minimizar la escorrentía y promover la recarga de acuíferos."(Green, S. J.)

Su principal función es evitar la erosión de los suelos a su paso y darles dirección a estas aguas servidas.

Los canales de drenaje ayudan con la captación de flujos de agua pluvial o provenientes de riego que se acumulan en zonas bajas provocando erosión en los suelos.

Estos tienen diferentes tipos de flujos

5.2.2.2.1. Tipos de Flujo en canales de drenaje

Se pueden deber a variadas causas:

- a)** Vertidos
- b)** Limpiezas
- c)** Precipitaciones
- d)** Escurrimiento

Crecidas de la napa freática por causa del riego o el aumento del nivel de los ríos aledaños.

5.2.2.2.2. Drenajes y sus tipos

Dependiendo del tipo de flujo que se requiera captar estos drenes tienen distintas características y diseños que facilitan su captación.

Drenaje por puntos, este tipo de drenaje tiene como sistema el dividir el flujo con pendientes, esto con el fin de evacuar las aguas a lugares destinados reuniéndolas en menor cantidad en tuberías subterráneas.

Drenaje superficial, este tipo de drenaje emplea como lo dice su nombre canales superficiales que dirigen el agua a un destino final (este dependerá de la calidad del agua recogida).

Tiene algunos inconvenientes al no poseer una gran variedad de materias y rejillas de recogida.

Drenaje por Línea, este tipo de drenaje tiene como sistema el uso de canales que recogen el agua en toda su longitud y esta cuenta con diversas líneas de recogida, tiene diversas ventajas con respecto al drenaje por puntos, como lo es su facilidad de construcción, tiene menor riesgo de que se presente algún tipo de obstrucción y su limpieza es sencilla.

Información sacada de (Construmatica, 2007)

Sobre decir que es información de una fuente en línea con la opinión del autor sobre el tema.



Ilustración 19. Canal de drenaje con rejilla.

Fuente:(Dilaya, 2019)

5.2.2.3. Canal de navegación

Estos por lo que se sabe son de los canales más antiguos y como se dijo en el significado histórico de la historia de los canales "Los canales de navegación son una manifestación del ingenio humano para superar obstáculos naturales y conectar regiones a través de rutas acuáticas, facilitando el intercambio cultural y económico a nivel global."(Williams, D. L., 2013)

Ahora este tipo de canal llamado canales de navegación son de los más antiguos con los de riego ya que se han implementado como método de transporte a lo largo del tiempo.

Estos comunican lo que son ríos, lagos u océanos con el fin de dar movilidad por la zona de construcción con el fin de facilitar la movilización de las distintas actividades de la zona.

Muchos de estos canales precedieron lo que son los ferrocarriles, estos hicieron que muchos canales de navegación se secaran para construir nuevas vías ferroviarias.

En la actualidad se tienen grande ejemplo de lo que son los canales de navegación alrededor del mundo, un ejemplo de estos es el canal de Panamá que cuenta con compuertas y conecta dos mares.

Estos también se pueden encontrar dentro de las ciudades y permiten navegar al interior de estas como es el caso de Venecia.(Diccionarios, 2020)



Ilustración 20. Canal de Panamá.

Fuente:(ComEx, 2019)

5.2.2.4. Canal de energía hidroeléctrica

Estos son de los canales más modernos en la actualidad ya que son para el dar uso a la fuerza del agua y poder aprovecharla para generar energía.

Estos son canales que conecta a embalses que son los que tiene el sistema para generar energía por medio del movimiento de turbinas con el agua.

El propósito de estos canales es el desviar parte del cauce o la totalidad de este a un embalse donde se tiene una central hidroeléctrica.

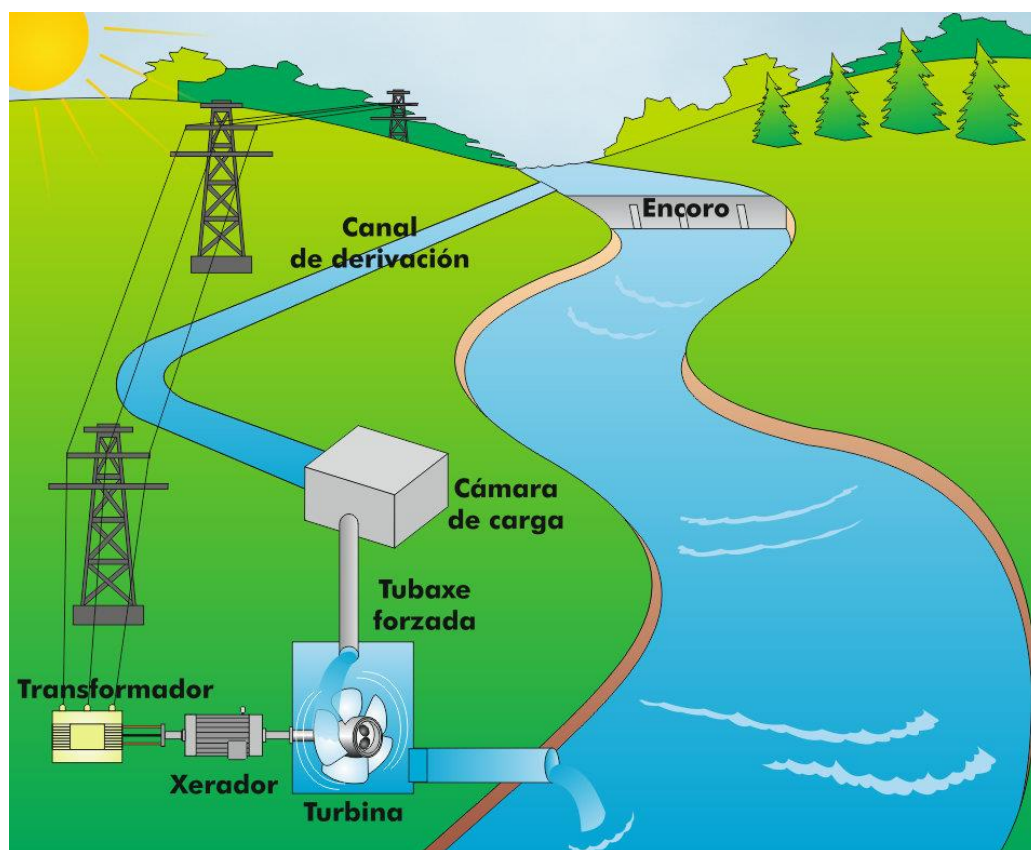


Ilustración 21. Canal de derivación.

Fuente:(Sotavento, 2019)

5.2.3. Según su Flujo

Los canales se dividen en dos tipos de flujo, estos son el flujo libre y el flujo a presión o

confinado.

Estos dos tipos tienen diferentes características y como se ha venido mostrando muchos de los otros tipos de clasificaciones entran en estas dos.

5.2.3.1. Flujo libre

El flujo libre nos indica que una cara del flujo del agua está libre a la atmosfera, esto nos dice que su presión va a ser igual a la presión atmosférica y también nos indica que su sección tiene una cara abierta, en esta tenemos lo que son los canales de secciones rectangulares, trapezoidales, triangulares, etc.

Entre estos también tenemos lo que son los canales naturales ya que tienen su flujo libre a la atmosfera.

Estos son el tipo de canal de menor costo a la otra de su construcción ya que no se emplean excavaciones mayores, claro dependiendo del tamaño de la obra que se desea construir.

En el flujo libre encontramos lo que son distintos tipos de flujo al interior del canal.

Como lo son:

Flujo uniforme, este nos dice que se mantiene un flujo uniforme a lo largo del canal, y que no varía ni la velocidad ni la profundidad, estos son constantes a lo largo del tiempo.

Flujo variado, este nos dice varían los parámetros a lo largo del canal, parámetros como velocidad, caudal, profundidad, esto por la implementación de elementos externos como lo son compuertas, cambios de pendiente en el canal, etc.

Flujo permanente, este nos indica que la velocidad dentro del canal en cada partícula es constante y la misma en todo momento, es la más usada a la hora de plantear problemas prácticos.

Flujo no permanente, este solo indica que el flujo del agua a través del canal no es permanente y tiene cortes o pausas a lo largo del tiempo.

Flujo permanente uniforme, este indica que el flujo en el canal es uniforme y permanente a lo largo del tiempo que este el agua en el canal.

Flujo no permanente uniforme, nos da a entender que el flujo del agua es uniforme pero no permanente, es decir que a lo largo del canal se da un flujo uniforme mientras fluya el agua a través de él.

Flujo variado permanente, en este tipo de flujo se dan variaciones solamente en el espacio, este tipo de flujo no presenta variaciones en el tiempo, y suele dividirse en rápidamente variado y gradualmente variado.

Flujo inestable, el cual varia tanto en el espacio como en el tiempo que se da en el canal, ejemplo de este tipo de flujo tenemos los mares con sus olas y mareas.

Información tomada de (Guevara A. M., 2014).

CAPITULO 6. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS OBRAS HIDRAULICAS

6.1. Estudios para la elaboración de un proyecto u obra hidráulica

Estos van a dependiendo del tipo de obra se pueden tener diferentes estudios a la hora de

poder dar inicio a una obra, estos estudios tienden a ser de suma importancia a la hora de diseñar el proyecto ya que estos nos dan a conocer las características de la zona de estudio o en la cual se realizará el proyecto, es normal que las obras tengan un conjunto en común de estudios para su debido inicio. "Los estudios hidráulicos son fundamentales para comprender el comportamiento del agua en diversas condiciones y garantizar la seguridad, eficiencia y sostenibilidad de las obras hidráulicas."(Lopez, A. M., 2022)

Las obras hidráulicas en general requieren un cierto estudio básico para su elaboración, estos son:

- a)** Topográfico
- b)** Impacto ambiental
- c)** Geológico y geotécnico
- d)** Hidrológicos
- e)** Estudio geométrico
- f)** En estos estudios se obtienen datos para los proyectos hidráulicos, estos los tienen a las obras hidráulicas en general.

6.1.1. Estudios topográficos

Los estudios topográficos son los primeros en ser realizados para las obras hidráulicas y en la mayoría de las obras para saber cómo es la distribución del terreno y como son sus características.

Estos estudios nos dan información de elevaciones, desniveles, cotas, dimensiones del terreno, trazado de la obra, estos datos son usados para el diseño del proyecto.

La topografía es de suma importancia a la hora de elaborar un proyecto ya que también nos dará información de cómo se encuentra el terreno y que camino se deben tomar para facilitar la debida elaboración de este ya que en algunos casos las obras hidráulicas pueden estar en lugares remotos donde es difícil el acceso de maquinaria que facilite el transporte y la elaboración de la obra.



Ilustración 22. Topografía, teodolito.

Fuente:(TANS-P (Topografia), 2015)

Además de esto una topografía mal hecha puede causar grandes problemas a la hora de construir, porque, si los datos dados al diseñador de la obra están mal, a la hora de generar el

diseño tendrá problemas en las diferentes áreas del proyecto, ejemplo, si se dan mal las elevaciones del terreno se pueden obtener pendientes erróneas dando así errores en los caudales calculados o velocidades que se van a usar en la obra.

Estos se verán a la hora de la construcción y funcionamiento de la obra hidráulica.

6.1.2. Impacto ambiental

Según lo investigado los estudios de impacto ambiental tienen como finalidad dar a conocer que perjuicios se causaran al medio ambiente con la elaboración de la obra. "Las obras hidráulicas pueden tener efectos significativos en el entorno natural, y es esencial realizar evaluaciones de impacto ambiental exhaustivas para minimizar los efectos negativos y promover la conservación."(García, E. A., 2022)

Por eso en el caso de las obras hidráulicas se debe tener especial cuidado a la hora de ser estudiadas ya que el agua es un recurso de suma importancia para los ecosistemas, con esto se debe ser estrictos a la hora de la elaboración de elaborar este estudio técnico.

Estos estudios están para dar a conocer que cambios podrían ocurrir en la zona si se realiza el proyecto, tanto al medio ambiente como a las comunidades aledañas del proyecto.

6.1.3. Geológico y geotécnico

Los estudios geológicos y geotécnicos nos brindan información sobre el suelo sobre el cual se va a realizar la obra, estos sin estudios que dan a conocer características del suelo y el subsuelo en el cual se planea construir con el fin de poder dar un desarrollo del proyecto adecuado a la hora de realizar su diseño. Información sacada de (Geosand, 2023).

Como sabemos estos estudios nos brindan información geológica como lo es la litología, comportamiento hidrogeológico de la zona, geométrico, estos con el fin de poder dar un buen diseño estructural de la obra, estos solo es una parte de la información que estos estudios nos brindan.

Hacerlos Los estudios de geotecnia nos dan información del comportamiento del suelo como lo son sus características como resistencia, materiales, como se comportan esos materiales, etc.



Ilustración 23. Estudios de mecánica de suelos, geotecnia.

Fuente: (Tandrilling, 2019)

A la hora de realizar estos estudios se sabe si el suelo en el que se planea la construcción de la obra será el óptimo para su construcción, ya que si el suelo no cumple con las condiciones necesarias para llevar a cabo el proyecto se debe reacondicionar el suelo o buscar otra ruta en la construcción de la obra.

6.1.4. Hidrológicos

Los estudios hidrológicos dan información del movimiento de agua tanto superficial como subterránea de la zona. "Los estudios hidrológicos desempeñan un papel crucial en el diseño y planificación de obras hidráulicas al proporcionar información sobre los patrones de flujo del agua, las crecidas y la disponibilidad de recursos hídricos."(Rodríguez, A., 2022)

Por eso este tipo de estudio se elabora siempre a la hora de realizar un proyecto o una infraestructura, con el fin de conocer que causas, ríos, afluyentes alrededor del proyecto pueden verse afectados a la hora de su construcción u elaboración.

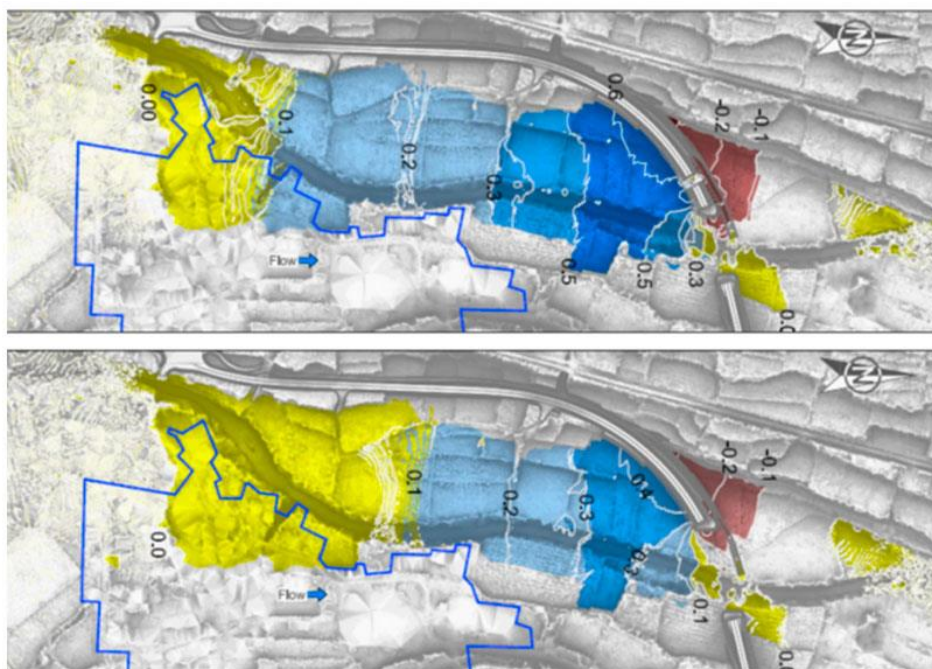


Ilustración 24. Estudios hidrológicos en proyectos de infraestructura.

Fuente: (eid consultores, 2021)

Normalmente estos estudios nos dan información muy amplia sobre lo que es en el área de estudio, el clima, la topografía, el caudal hidrológico que se presenta en el área, un modelo hidrológico que nos brinda más información y este se realiza en software, etc.

6.1.5. Estudios geométricos

El estudio geométrico un estudio donde se ven todas las características geométricas que va a poseer la obra y su realización es debido a que se debe garantizar una buena infraestructura hidráulica en la obra con el fin de que cumpla con las condiciones dadas a la hora de su elaboración y funcionamiento.

CAPITULO 7. PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN CANAL

7.1. Estudios básicos para la construcción de un canal

"El proceso constructivo de un canal no solo abarca aspectos técnicos, sino también la consideración de impactos ambientales y sociales, asegurando que la obra beneficie a las comunidades y al entorno."(Brown, G. W., 2020) como se dijo en la construcción sostenible de canales, integración de la ingeniería y las preocupaciones ambientales.

Por ende, se deduce que los canales al igual que la mayoría de las obras necesitan de unos estudios para su realización, estos ya nombrados anterior mente son:

Una topografía de la zona en la cual se planea construir el canal.

Estudios de suelo o geotécnicos para saber propiedades del suelo y subsuelo.

Hidrológicos e hidráulicos para ver el comportamiento del agua y demás afluentes que se encuentre en la zona, con el fin de que tenga un debido funcionamiento.

Ambientales para ver que impactos puede generar la construcción del canal y de qué forma puede afectar el medio ambiente.

Geológicos, con el fin de ver la distribución del terreno y ver la geometría de este.

Entre otros estudios que se requieren para su elaboración, esto en lo que es la construcción de un canal o un sistema de canales de riego.

Otra información básica para llevar a cabo este tipo de proyectos son las topografías y planos catastrales de la zona, fotografías recientes de como se ve la zona del proyecto, vías o rutas de comunicación para llegar a la zona y por donde se llevarán los materiales, en caso de ser un canal de riego pues fotografías del área del cultivo para ver su distribución.

7.2. Construcción de un canal

Esta construcción va según la experiencia del autor y lo investigado sobre cómo se construyen los canales actualmente.

Para la construcción de un canal se requiere de 10 pasos en total, después de tener los datos de los estudios anterior mente realizados. En algunos casos más pasos o menos.

7.2.1. Diseño del canal

El diseño del canal se basará de los resultados obtenidos en los estudios de geotecnia, hidráulicos, hidrológicos, etc.

Como se dijo en Los principios y aplicaciones de la hidráulica de canales, "El diseño de un canal hidráulico es un proceso que combina principios de hidráulica, mecánica de fluidos y geometría para crear una estructura que permita el transporte eficiente y controlado del agua."(López, A. M., 2022)

Estos nos darán información de que caudal debe transportar y soportar el canal, actualmente

existen muchas formas de calcular lo que es la sección del canal que cumpla con lo requerido.

Hay diferentes fórmulas en las cuales nos podemos basar para calcular la sección del canal, de igual forma se debe conocer qué tipo de sección se desea construir para elaborar el diseño, esto se tomará dependiendo de que tipo de canal se va a elaborar.

Aquí unas de las fórmulas más utilizadas a la hora del diseño de canales y unas de las que se usan actualmente. Se pueden encontrar más fórmulas para el cálculo de canales en diferentes fuentes, pero estas son las que considero de más fácil uso.

Formula de Chézy

$$V = C\sqrt{(R * S)}$$

Donde se tiene que:

V= velocidad media

R= radio hidráulico

S= pendiente de fondo

C= Coeficiente de Chézy

Formula de Bazin

$$C = 87 / (1 + (\frac{m}{\sqrt{r}}))$$

Donde se tiene que:

m = depende de la rugosidad que tiene el material de la pared

R = radio hidráulico

Formula de Manning

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde se tiene que:

n : número de Manning (este hace referencia a la rugosidad)

R : radio hidráulico

S : pendiente longitudinal

Esta fórmula es de las más utilizadas, es normal el diseño con esta ya que tiene un buen grado de eficiencia y es bastante acertada a la hora de dar resultados.

Entre otras, esto acompañado de lo que es las fórmulas geométricas de la sección.

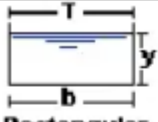
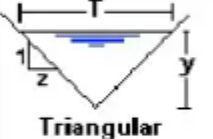
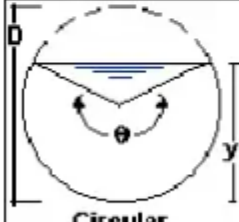
Tipo de sección	Área A (m ²)	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b+2zy$
 Triangular	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta \cdot \text{sen} \theta) D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen} \theta}{\theta}) \frac{D}{4}$	$(\text{sen} \frac{\theta}{2}) D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Ilustración 25. Tabla resumen de las secciones utilizadas.

Fuente: (Nihua, 2016)

En esta tabla encontramos información de como diseñar las secciones más comunes y usadas de los canales, nos muestra cómo se calculan las diferentes variables necesarias para el diseño de un canal, la tabla muestra lo que es el perímetro mojado, área mojada o de la sección, radio hidráulico y el espejo de agua.

Hoy en día existen diferente software para el cálculo de la sección de un canal, y estos dependerán de los datos de entrada que en la mayoría de estos son el caudal, tipo de sección, y dependiendo de la formula con la que funcione el software la rugosidad.

Un software de estos es Hcanales, este nos da información de la sección y todo lo que se necesita saber a la hora de su construcción, también nos da los valores y parámetros con los que cumplen la sección calculada.

7.2.2. Limpieza del terreno, despalme y desmonte de este

La limpieza, desmonte, despalme del terreno consiste en quitar del terreno en el cual se va a construir la capa vegetal, esto ya que esta capa no cumple con los requisitos adecuados para su construcción.

De igual forma se debe ver si es el caso que se encuentren algunos árboles en medio de la ruta del canal para que se prevean medidas.

El retiro de material de escombros, basuras, maleza, etc., desperdicios que puedan estar en la zona de construcción.

7.2.3. Excavación

La excavación dependerá del diseño y de que profundidad se debe encontrar el canal para que cumpla con las características calculadas del proyecto.

Esta excavación puede ser tanto manual dependiendo del tamaño de la obra o con maquinaria como lo puede ser una retro excavadora, esto también dependiendo del tipo de suelo que se encuentre en el área de construcción.

Se deben tener en cuenta lo que son cotas y profundidades a la hora de realizar esto respetando el diseño dado.

El material retirado, según sus características puede ser utilizado en la obra e igual miente si

es un canal de material del suelo.

Estas excavaciones pueden llegar a superar los 2m de profundidad, si es el caso se debe usar entibados para evitar que los taludes se caigan provocando accidentes.



Ilustración 26. Excavación con entibados.

Fuente: (DEMOL, 2014)

7.2.4. Formación o estabilización del talud del canal

Los canales según su sección pueden tener diferentes muros, estos también pueden estar hechos de material de suelo o de concreto u otro material que garantice su estabilidad y seguridad.

Esta formación de taludes también tiene que ir con respecto a lo que es el diseño y estos se elaboran con material de suelo que se compacta y se le da la inclinación adecuada para que se

pueda generar la sección deseada, en casi de ser una sección rectangular se usan formaleta o entibados para evitar que estos se caigan.

A la hora de elaborar estos se busca que sea estable para su construcción y que resista a las deformaciones a largo y corto plazo.

Si el material del suelo retirado en la excavación no cumple con las características que brinde estabilidad al talud se hacen rellenos con un material que cumpla con estas.



Ilustración 27. Estabilización de taludes en n canal.

Fuente: (Projar Group, 2023)

7.2.5. Compactación

La compactación se da para mejorar las características del suelo en el proyecto, esta con el fin de aumentar lo que es la capacidad de carga del suelo, su peso específico seco, esto gracias a que disminuye los vacíos en este.

En los canales se deben compactar toda la superficie que se van a emplear de esta, es decir, las expuestas en el canal.

Principalmete se usa un vibro para esta tarea, pero si es el caso se puede usar un rodillo compactador si se amerita de su ayuda.



Ilustración 28. Compactación de un talud.

Fuente: (Motores y carretas, 2015)

7.2.6. Cerchas o Armaduras

Las cerchas o armaduras se colocan con el fin de evitar que la estructura de la excavación o

taludes de esta colapsen en el transcurso de la obra, además brindan seguridad para los trabajadores en la construcción.

Estas deben estar bien colocadas para evitar desalinearse en la construcción del canal, van aplomadas y alineadas respectivamente.

7.2.7. Vaciado de concreto o colado

Es cuando se vacía el concreto sobre el molde que se estableció con la excavación y la compactación, esto dependerá de que tipo de material se desea usar para la construcción del canal.

En el caso de solo ser material del suelo, no se realiza ningún vaciado en el proyecto.

En el caso de usarse piedras de tamaños seleccionados, solo se deben colocar y con mortero de pegue asegurar a los taludes.

Si es el caso de que la sección del canal es de concreto se debe verter en la formaleta o en las cerchas petróleo o aceite quemado para su colocación y evitar que este se pegue a las cerchas o formaleta.

7.2.8. Curado del concreto

En el caso de que se requiera algún tipo de concreto en su elaboración se debe esperar que el concreto llegue a la resistencia óptima para su utilización, esta dependerá del tipo de concreto que se realizó para la obra y si este lleva algún tipo de aditivo.

El curado consiste en verter agua a los cajones para que estén húmedos, en el mejor de los casos que estén llenos de agua para asegurar esto, esto por al menos 10 días.

7.2.9. Retiro de la formaleta y cerchas

Esto se hace después de que el concreto usado haya fraguado y alcanzado una resistencia adecuada para seguir con la obra.

Esto permite que el concreto se expanda o se contraigan gracias a las cerchas de contracción, esto evita diversos problemas como que los cajones se agrieten.

7.2.10. Llenado de juntas

Al retirar las formaletas y cerchas se deben rellenar las juntas que están entre las placas del canal.

Inicialmente se deben limpiar estas para aplicar el material de llenado.

La información del proceso constructivo es de fuente de investigar y dar opinión propia del proceso que se lleva a cabo a la hora de elaborar un canal hidráulico o de riego.

CAPITULO 8. AVANCES EN LOS CANALES

8.1. Diseño y modelado

"El uso de herramientas computacionales y técnicas de modelado numérico ha revolucionado el proceso de diseño de canales hidráulicos al permitir la evaluación de múltiples escenarios de manera eficiente y precisa."(Smith, J. R., 2019)

Como lo dijo Smith en Modelado computacional en diseño de canales, estas nuevas alternativas que encontramos a la hora de realizar el diseño de un canal nos dan más certeza de que los resultados están correctos y nos facilitan el cálculo de estos.

Si se busca un poco de los tipos de software que podemos encontrar para estos diseños tenemos lo que son SWMM, un software libre, que se puede usar y no es de difícil comprensión, otro puede ser HEC-RAS.

En mi opinión el software de más fácil uso, pero más limitado es el H-CANALES, que nos ayuda con el cálculo de la sección del canal.

Es fácil ver como avanzan las tecnologías en este ámbito.

8.1.2 Software de diseño

8.1.2.1. Hcanales

Tenemos a H-Canales es un software que permite elaborar secciones de canales ABIERTOS, este tiene como finalidad el ayudar con los cálculos de diseño de sección, y otros cálculos como lo son el tirante crítico, caudales del canal según la sección seleccionada, resaltos hidráulicos, tirante normal. Etc.

Para usar este programa debemos asumir un ancho de base para poder dar valores y hallar el caudal o los valores necesarios que se buscan en el diseño, claro esto cumpliendo con la norma vigente en el lugar del canal, en el caso si se toma un canal de sección trapezoidal se asume un ancho de base y se meten el dato al programa con el caudal que se planea manejar calculado anterior meten y este nos dará las demás medidas necesarias para cumplir con este.

Otra forma es calcular un ancho de base teórico despejando de la fórmula de perímetro mojado y de Manning para su cálculo, se despega la b de la formula.

Ilustración 29. H-canales

Fuente: (Hcanales, 2023)

Este programa tiene un interfaz sencillo fácil de comprender gracias a sus gráficos, y pues nos da información de cálculos simplificada al máximo.

8.1.2.2. HEC-RAS

Tenemos otro software llamado HEC-RAS, que como lo dice Rebeca Benayas Lic. En ciencias ambientales y master en hidrología y gestión en recursos hídricos “Este software nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua, incluso podemos incluir en el modelo la existencia de obras hidráulicas como puentes, conducciones, presas, etc.”(Benayas Polo Rebeca, 2021)

Este software aparte de ser al igual que Hcanales un software libre y gratis para el uso, se enfoca más en el cálculo de la lámina de agua dependiendo de su tipo de flujo, y es ya para un

sistema de canales que como lo dice Benayas se puede hacer simulaciones con distintos datos, en el caso distintos caudales o secciones, igual mente se pueden colocar distintos periodos de retorno si se toman cuencas.

La finalidad de este programa es facilitar el cálculo de estas variables y estos datos que tenemos de entrada a la hora de hacer diseños.

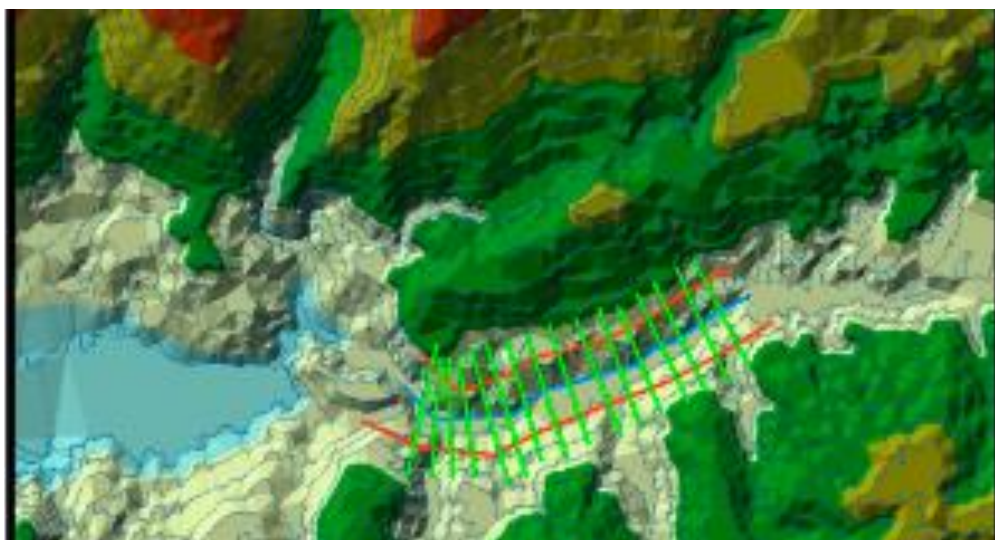


Ilustración 30. HEC-RAS software

Fuente: (Benayas Polo Rebeca, 2021)

Este si es un poco más complejo por el tema de que se modelan sistemas completos en el programa, pero es más completo gracias a esto, en la imagen podemos ver el modelado de un canal natural, este con sus respectivas cuencas hidrográficas que surten al canal y con esto se modela con respecto a los datos de escorrentía, precipitaciones, y demás datos necesarios para el modelado del sistema, esto con el fin de busca los cálculos que se necesitan saber.

Recordar que estos datos se buscan en las bases de datos del instituto encargado de recopilarlos, en el caso de Colombia el IDEAM.

Este programa igual nos permite el modelar con diferente régimen de flujo, tales como

permanente, no permanente, los regímenes nombrados anterior mente.

De igual forma como se comportan los sedimentos a través del modelo que se está ejecutando, da análisis de calidad de agua, y el cálculo de los canales tanto artificiales (construidos por el obre) como los canales naturales.

Los resultados de este programa se pueden dar en distintos formatos como los son tablas, gráficos, imágenes.

Igual mente tenemos otros programas que se pueden usar como SWMM, FlowMaster, EPANET, el uso de estos dependerá de la persona encargada del diseño.

Cada uno de estos programas tiene distintos veneficios la hora de se usó como en SWMM que principal mente se usa para el cálculo de sistemas de tuberías y drenajes, pero se puede usar para calcular sistemas de canales y sistemas de canales de riego.

8.2. Materiales

"Los avances en materiales para canales hidráulicos han impulsado la durabilidad y la eficiencia de las obras, al permitir la selección de revestimientos y estructuras que resisten la erosión, la corrosión y otros desafíos del entorno." (López, A. M., 2022)

Dicho en Avances materiales para la Hidráulica de Canales podemos conocer nuevos materiales que mejoras las cualidades de los canales y su resistencia al paso del tiempo, estos avances van más reflejados en los canales de riego por lo que pude investigar. Ya que se están implementando geotextiles en sus pendientes mejorando así su resistencia al volcamiento y a la socavación del canal ya que estos en su mayoría van hechos de material del suelo.



Ilustración 31. Canal cubierto con geomalla.

Fuente: (*Canales - EMIN SISTEMAS GEOTECNICOS S.A.*, 2023)

Por lo que se puede ver en diferentes estudios, los materiales nuevos dan mejor resultado en estos canales, dando más durabilidad, resistencia, facilitan la construcción y instalación de estos o como lo dice en Innovación en irrigación de canales, "Los avances en tecnología de materiales han permitido la creación de estructuras de canal de riego más livianas y duraderas, lo que reduce costos y facilita la instalación y el mantenimiento." Además, este tipo de nuevos materiales que se dan a conocer brindan mejoras en todo aspecto como lo son los económicos, gracias a que facilitan el mantenimiento de estos.

Los materiales nuevos para revestir canales, son formados por algunos que se usan hace ya un tiempo, pero con mejoras en sus composiciones mejorando su rendimiento, entre esos

materiales tenemos

Poliuretano, que este compuesto de dos capas de plástico sobre un refuerzo que es de un material no permeable.

PVC, este a la hora de su uso requiere del uso de concreto armado para su confinamiento.

Poliéster, que este es de los más usados en lo que son canales de riego, este se usa hace décadas, pero hoy en día hay nuevas combinaciones de este.

FPP-R reforzado, es una membrana de caucho o polipropileno que mejora las cualidades del canal.

Igual mente estos materiales como lo dice el Ingeniero civil Armenta Humberto “la importancia del cuidado y mantenimiento de estos sistemas de riego, ya que es fundamental para planear, programar, distribuir y entregar el agua a los productores en forma eficiente y oportuna, sin recurrir a la pérdida económica o del recurso por mal funcionamiento de las mismas”(Armenta Humberto, 2021)

Estas geomembranas y geomallas se usan principal mente en el sector agrícola, aquí en Colombia se están dando su uso en los canales de riego, principal mente en cultivos de gran envergadura.

Un ejemplo del uso de estas geomembranas HDPE, es Perú que las uso en la rehabilitación de un canal de riego Callo, Ancash en el año 2022, la principal razón del uso de la geomembrana en este caso fue para que se impermeabilizara la zona donde este se aplicaría y se redujera la socavación del suelo, este fue su primer objetivo al usar este material, el segundo fue poder evidenciar el uso de la geomembrana en los canales para la impermeabilización y

como tercer y último objetivo buscaban ver el factor económico del uso de este material, el cual dio resultados positivos, ya que es más económica que el concreto armado, y demostró ser un material muy impermeable al igual que tiene unas buenas características de resistencia mecánica, también podemos decir que su proceso constructivo es mucho más rápido y económico que el concreto armado, ya que se saltan varios pasos como lo son el encofrado, fraguado, desencofrado, vertido, minimizando y bajando los costos del uso de este material.

Información sacada de la tesis de Tolentino Cerna, Jhan Jossel, (Tolentino Cerna, 2022)

Otro ejemplo de esta en una obra hidráulica distinta, es en la ciudad de Suizhong en china, en la cual se usó en una represa para evitar infiltraciones en los perfiles de esta, al igual que en el caso anterior se recurre a esta por tener grandes propiedades impermeables y bajos costos de construcción, en este caso especifican que para el uso de esta se debe tener conexiones en las geomembranas ermiticas y en estanca, igual mente por que reduce costos en lo que es el mantenimiento de esta ya que tiene una vida útil de más de 20 años. Información sacada de (TINM, 2022)

8.3. Modelado en tema de Sedimentos

Los diseños y modelados de los canales también han mejorado el tema de manejo de sedimentos, esto gracias a nuevas tecnologías y los materiales nuevos que van apareciendo mejoran su manejo.

"El avance en el modelado de sedimentos en canales hidráulicos y de riego está alineado con la búsqueda de soluciones sostenibles, integrando aspectos de conservación del suelo y

gestión eficiente de recursos hídricos."(Brown, 2020)

Podemos atribuir estas mejoras en los canales a los materiales y las nuevas formas de diseño, es normal que esto avance si se conocen diferentes materiales que ayudan en estos casos, he igual mente si se conocen nuevas formas de facilitar los cálculos realizados.

Este tipo de modelados se utiliza más para los canales naturales donde se tienen diversos tipos de material en la base de estos, se da en al Artículo de Luis Alberto Ramos Castillo y Ismael Orozco Medina, donde se investigó sobre la producción de sedimentos en una cuenca con poca información, en la cual se busca mejorar y establece modelos matemáticos para poder establece como se puede modelar la sedimentación en cuencas, en el caso la información que se usa en este es información indirecta, y nos dicen que el modelo matemático de cálculo puede ser más preciso si se tiene información más contextualizada del lugar estudio, el estudio tuvo lugar en Guanajuato, en una subcuenca de Lerma Santiago que es una gran región hidrológica de México, en este se usó el software Terrset, este se usó principalmente para la simulación del clima y distintos factores del suelo, para la modelación sedimentológico se usó un software libre de nombre TETIS, un software del IIAMA, o Universidad Politécnica de Valencia. Información de (Ramos Castillo et al., 2020)

8.4. Avances en eficiencia y manejo

Según Diego Intriglolo y José Manuel Miras, “Los avances científicos y técnicos de que hoy en día disponemos permiten alcanzar importantes mejoras en el manejo y eficiencia del riego.”

Los sistemas de riego son de suma importancia para el continuo suministro de alimentos, y en grandes cultivos se buscan automatizar sistemas que mejoren el uso del recurso hídrico ya que este puede generar grandes impactos económicos en el sector.

Entre estos avances se tienen las mediciones con sensor del nivel de agua en los canales.

De igual forma estos sensores se utilizan como lo dice este artículo en canales hidráulicos de pendiente variable "La implementación estratégica de sensores en canales hidráulicos ha revolucionado la gestión del agua y la seguridad de las infraestructuras. Estos dispositivos inteligentes permiten una monitorización en tiempo real del flujo, nivel y calidad del agua, proporcionando datos cruciales para la toma de decisiones informadas en la gestión del agua y la prevención de desastres. Esta integración de sensores en canales hidráulicos marca un hito en la eficiencia operativa y en la protección de comunidades ante eventos hidrometeorológicos extremos". (Castellanos E., Collazos A. Javier C. Melendez F., 2017)

La función de estos sensores es facilitar el obtener información necesaria sobre canales, en el artículo anterior mente nombrado se usaron para obtener datos de lo que era un canal de pendiente variable, este sensor ayuda mucho en obtener datos de forma sencilla y rápida sobre el caudal que va por este.

CONCLUSIONES

Como primera conclusión podemos decir que las obras hidráulicas nos han acompañado desde edades muy tempranas de la humanidad, ya que son construidas con el fin de ayudar a las poblaciones en diferentes aspectos, esto hizo que se impulsara el desarrollo de estas y que

fueran estudiadas a lo largo del tiempo con el fin de que se mejoraran las finalidades de estas, como lo son hoy en día las presas hidroeléctricas o canales como el canal de Panamá.

Los procesos constructivos de las obras hidráulicas tienen diversos estudios para su elaboración, pero se puede ver que en estos se ve como en toda obra hidráulica se debe tener unos estudios base que son hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos, estos son estudios que nos dan a conocer el comportamiento del agua en dicho sector en todo lo que se puede ver influenciado por esta.

Los canales son de las obras hidráulicas más antiguas de las que se tiene información, tanto canales de riego como de navegación, estos perduran al día de hoy como infraestructura tanto de movilidad como de conducción, y es de suma importancia que sean bien diseñados para que no generen daños a lo que es el medio ambiente y que tengan su debido funcionamiento.

Un canal es un proyecto hidráulico que por lo general es de baja complejidad a la hora de su construcción ya que su diseño y su desarrollo no es complicada, cuando son de tamaños medianos y pequeños, en el caso de los canales de gran envergadura, su complejidad aumenta, pero no en gran medida.

Por último, se pudo dar a entender que son procesos constructivos de obras hidráulicas y de igual forma un poco de lo que son las obras hidráulicas, que son canales y como es su proceso constructivo dando a conocer paso a paso como se elaboran estos y que clase de estudios se deben tener en cuenta para el desarrollo de estos.

REFERENCIAS

- AGROnomo. (2022, May 3). ▷ ¿Qué son los canales de riego? Características y ventajas. <https://huertosycultivos.com/que-son-los-canales-de-riego-caracteristicas-y-ventajas/>
- Andrés, F., & Lozano, M. (2020). *Comparación de la eficiencia hidráulica en cunetas de secciones triangular, trapezoidal, y circular, usando proyectos de la Universidad de La Salle*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civilhttps://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/31
- Antonio Roldan. (2019). *CANALES HIDRÁULICOS 1 | Monografías, Ensayos de Hidrogeología | Docsity*. <https://www.docsity.com/es/canales-hidraulicos-1/4628610/>
- Armenta Humberto. (2021). *Innovación en materiales para el recubrimiento de los canales de riego - Humberto Armenta*. <https://humbertoarmenta.mx/innovacion-en-materiales-para-el-recubrimiento-de-los-canales-de-riego/>
- Ayala Walter Nina. (2011, July 19). *Canales Naturales Hidraulica | PDF | Viscosidad | Ingeniería hidráulica*. Canales Naturales Hidraulica. <https://es.scribd.com/doc/60295442/canales-naturales-hidraulica>
- Benayas Polo Rebeca. (2021). *¿Qué es HEC-RAS y para qué sirve? | Tutoriales HEC-RAS | GEASIG*. <https://www.geasig.com/que-es-hec-ras-y-para-que-sirve/>
- Blog Alex. (2012, January 18). *un blog normal*. <http://alexshidraulic.blogspot.com/>
- Brown Peter. (2014). *Canal de drenaje en el ágora de la antigua o Messene Mesenia, el Peloponeso, Grecia Fotografía de stock - Alamy*. <https://www.alamy.es/foto-canal-de-drenaje-en-el-agora-de-la-antigua-o-messene-mesenia-el-peloponeso-grecia-82155880.html>
- Canales - EMIN SISTEMAS GEOTECNICOS S.A.* (2023). <https://www.industriaminera.cl/producto/emin-sistemas-geotecnicos-sa-canales/>
- ComEx, T. (2019, October 16). *Canal de Panamá analiza la desalinización para mantener sostenibilidad de la navegación - Fundación NUESTROMAR*. <https://www.nuestromar.org/transporte-y-comercio-exterior/canal-de-panama-analiza-la-desalinizacion-para-mantener-sostenibilidad-de-la-navegacion/>
- Construmatica. (2007). *Canales de Drenaje - Construmatica*. https://www.construmatica.com/construpedia/Canales_de_Drenaje
- Cousteau Jacques-Yves. (2012). *A-Z quotes*. <https://www.azquotes.com/quote/1618896>
- De la Fuente Blanca Lidia. (2020). *TEMA 10 LAS PRIMERAS CIVILIZACIONES: MESOPOTAMIA Y EGIPTO - PDF Descargar libre*. <https://docplayer.es/163048505-Tema-10-las-primeras-civilizaciones-mesopotamia-y-egipto.html>
- Diccionarios. (2020). *Canal de navegación : definición de Canal de navegación y sinónimos de Canal de navegación (español)*. 2020. <https://diccionario.sensagent.com/Canal%20de%20navegaci%C3%B3n/es-es/>
- Dilaya. (2019). *Standartpark storm grate and 2 types of paving stones 3D model | CGTrader*. <https://www.cgtrader.com/3d-models/architectural/architectural-street/standartpark-storm-grate-and-2-types-of-paving-stones>
- E1. (2023). *Ingeniería romana - Los acueductos I. E1*. <https://www.rtve.es/play/videos/ingenieria-romana/acueductos/5781769/>
- Funcagua. (2020). *Qué es el agua – Funcagua*. <https://funcagua.org.gt/que-es-el-agua/>
- Gallego Duban. (2020). *Historia de Canales | PDF | Canal | Agua*. Histría de Canales. <https://es.scribd.com/document/441660065/Historia-de-canales#>
- Genesis. (2013). *El agua y su importancia mundial | Fuentesdeciencia's Weblog*. Agua y Su Importancia Mundial. <https://fuentesdeciencia.wordpress.com/2011/03/23/el-agua-y-su-importancia-mundial/el-agua-y-su-importancia-mundial-2/>
- Geosand. (2023). *Qué es un estudio Geotécnico - Geológico | Geosand*. <https://www.geosand.com/blog/estudios-geotecnicos-finalidad-construccion/>
- Guevara A. M. (2014). *Flujo EN Canales - Apuntes 1 - FLUJO LIBRE El flujo libre se presenta cuando los líquidos fluyen por - Studocu*. Guevara A. M. <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-del-nordeste/construcciones-ii/flujo-en-canales-apuntes-1/5926667>
- Hcanales. (2023).  *Descargar Hcanales 3.0 Gratis para Windows*. <https://hcanales.programas-gratis.net/>

- IGAC Y CORPOICA. (2016). *IGAC y CORPOICA realizan análisis de inundaciones y sequía en 68 municipios de 18 departamentos de Colombia*. | Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Análisis de Inundaciones y Sequia . <https://igac.gov.co/es/noticias/igac-y-corpoica-realizan-analisis-de-inundaciones-y-sequia-en-68-municipios-de-18>
- María Sofía Iglesias. (2020, January 19). *Diseño de obras hidráulicas y sus objetivos - Eadic*. Diseño de Obras Hidráulicas y Sus Objetivos. <http://eadic.com/blog/entrada/disenio-de-obras-hidraulicas/>
- Nihua, L. G. B. (2016). *CANALES DE SECCION TRAPEZOIDAL*. https://www.academia.edu/14101470/CANALES_DE_SECCION_TRAPEZOIDAL
- Oceana en México. (2022). *¿Qué son los humedales y por qué deben importarnos? - Oceana México*. Que Son Los Humedales . <https://mx.oceana.org/blog/que-son-los-humedales-y-por-que-deben-importarnos/>
- Peralta Angel. (2020). *Proceso Constructivo en El Area Hidraulica | PDF | Evaluación de impacto ambiental | Represa*. <https://es.scribd.com/document/366293464/Proceso-Constructivo-en-El-Area-Hidraulica#>
- Portillo Roper Sandra. (2023). *Diversidad de ecosistemas: qué es y ejemplos - Resumen*. Diversidad de Ecosistemas . <https://www.ecologiaverde.com/diversidad-de-ecosistemas-que-es-y-ejemplos-2907.html>
- Projar Group. (2023). *Estabilización de taludes en canal de drenaje - Paimed*. https://paimed.com/portfolio_page/estabilizacion-de-taludes-en-canal-de-drenaje/
- RAE. (2022). *agua | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE*. <https://dle.rae.es/agua>
- Ramos Castillo, L. A., Orozco Medina, I., Ramos Castillo, L. A., & Orozco Medina, I. (2020). Modelado de la producción de sedimentos en una cuenca con poca información incluyendo los potenciales efectos del cambio climático y el cambio de uso de suelo. *Acta Universitaria*, 30, 1–19. <https://doi.org/10.15174/AU.2020.2901>
- RICS. (2023). *Conduct & Competence*. <https://www.rics.org/profession-standards/rics-standards-and-guidance/conduct-competence>
- Shutterstock. (2023). *1.727 imágenes de Grand canal china - Imágenes, fotos y vectores de stock | Shutterstock*. <https://www.shutterstock.com/es/search/grand-canal-china>
- Silva José Adán. (2013). *Nicaragua se juega el agua dulce por canal interoceánico | Servindi - Servicios de Comunicación Intercultural*. Canal Natural En Nicaragua. <https://www.servindi.org/actualidad/92198>
- Sotavento. (2019). *Hidráulica – Sotavento*. <https://www.sotaventogalicia.com/zona-interactiva/energias-renovables/hidraulica/>
- Tandrilling. (2019). *Geología , Geotécnia y Mecánica de suelos | TAMDRILLING*. <https://tamdrilling.com/servicios/geologia-geotecnia-y-mecanica-de-suelos/>
- TANS-P (Topografía). (2015, July 15). *TANS-P (Topografía A Nivel Socio-productivo) : TANS-P (TOPOGRAFIA A NIVEL SOCIO-PRODUCTIVO)*. <https://tans-p.blogspot.com/2015/07/importancia-de-la-topografia-la.html>
- TINM. (2022). *Revestimiento de geomembrana para canales y embalses - 20 años de garantía*. <https://idgeomembrane.com/es/geomembrana-para-canales/>
- Tolentino Cerna, J. J. (2022). Aplicación de geomembrana HDPE para minimizar la pérdida de agua en la rehabilitación de canal de riego Callo, Ancash, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104645>
- Trenco Andrea. (2013). *¿Cómo aprovechar al máximo el Nilo? | Egipto: Don del Nilo*. https://rea.ceibal.edu.uy/elp/egipto-don-del-nilo/cmo_aprovechar_al_mximo_el_nilo.html
- Vicente, R., Pérez, M., María, A., & Láinez, Á. (2018). *452 Ecuaciones General y Particulares para el Cálculo de la Pendiente Crítica Límite de Canales Abiertos. Ecuaciones General y Particulares para el Cálculo de la Pendiente Crítica Límite de Canales Abiertos*.