

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISION DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

"Diseño y Calculo de una Obra Hidrotecnica
De uso Múltiple"

Por:

Edwin Fernando Ramírez Santiago.

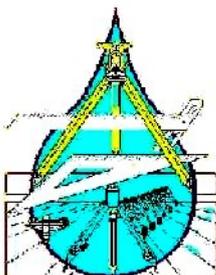
Tesis

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Buenavista, Saltillo Coahuila, México.

Diciembre del 2008



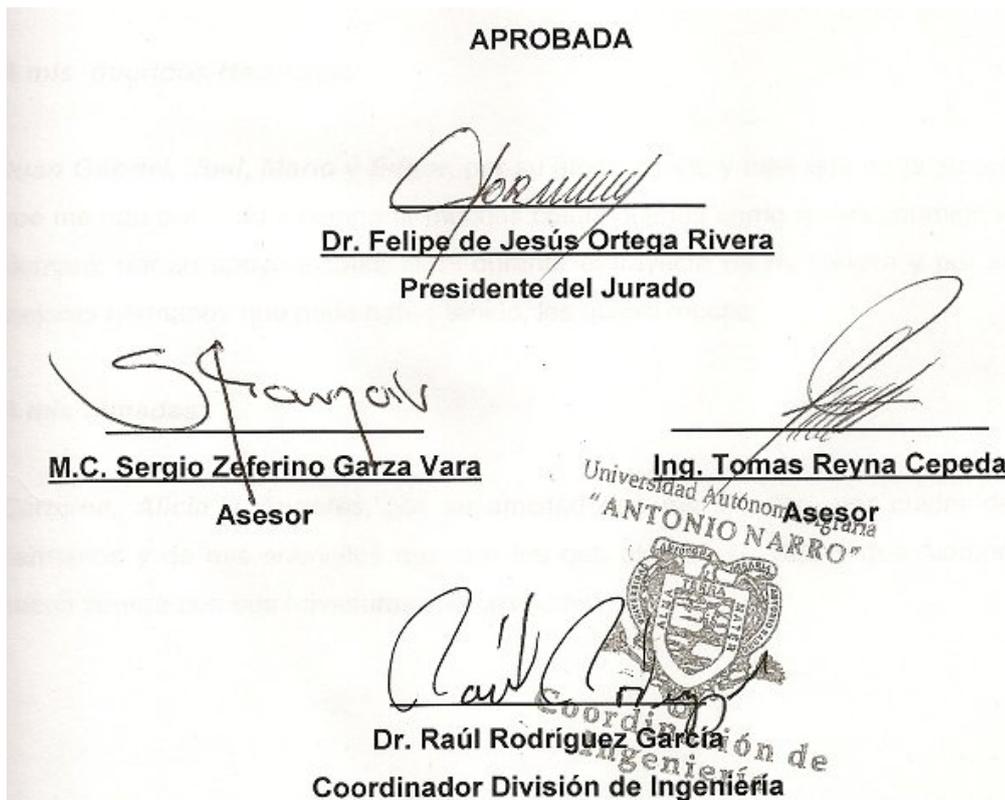
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

TESIS

Por:

EDWIN FERNANDO RAMÍREZ SANTIAGO

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial
Para Obtener el Título de:
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre del 2008

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pagina
DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	II
ÍNDICE DE CUADROS	III
ÍNDICE FIGURAS	IV
I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	3
1.2 OBJETIVOS	4
II.- REVISIÓN DE LITERATURA	5
Precipitación.....	5
2.1 Precipitación en zonas áridas y semiáridas.....	6
2.2 Escurrimientos.....	6
Clasificación de tipos de presas	6
3.1 Generalidades	6
3.2 Clasificación según su uso	7
3.3 Clasificación según su funcionamiento hidráulico	8
3.4 Clasificación según los materiales.....	8
Factores físicos que gobiernan la selección de la presa	10
4.1 Topografía	10
Las condiciones geológicas y la cimentación	11
Obras de excedencia para presas.....	12
Presas de almacenamiento	13
5.1 Definición de términos de la presa de almacenamiento	14
5.2 Fuerzas que obran sobre la presa.....	15
5.3 Requisitos de estabilidad de la presa.....	15
5.4 Vaso de la presa.....	15

5.5 Obra de toma de la presa	16
5.6 Vertedor de demasías	17
5.7 Estudio de avenidas	17
Método para calcular el gasto de la avenida máxima probable	19
6.1 Método directo	19
6.2 Método indirecto	19
Turbinas Hidráulicas	21
7.1 Clasificación de las centrales hidroeléctricas	23
7.2 Tipos de turbinas y sus aplicaciones	24
7.3 Turbina Pelton	28
7.4 Turbina Francis	36
7.5 Turbina Kaplan	44
Piscicultura	46
Cultivo de la trucha	48
8.1 Crecimiento	49
8.2 Reproducción	49
8.3 Condiciones para el cultivo	50
8.4 Siembra y rendimientos	50
8.5 Atención al cultivo	51
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	52
Aspectos generales	52
Propósito de la obra	52
Localización	52
Vías de comunicación	52
Climatología	53
9.1 Temperatura	54
9.2 Régimen de lluvias	54
9.3 Evaporación	54
9.4 Vientos	54
Estudios hidrológicos	54
10.1 Características ambientales	56

10.2 Vegetación	56
10.3 Geología.....	57
10.4 Características del suelo	57
10.5 Área de la cuenca.....	57
10.6 Cálculo del coeficiente de escurrimiento	58
10.7 Cálculo del escurrimiento medio anual.....	59
10.8 Cálculo del volumen anual escurrido.....	60
10.9 Cálculo del volumen aprovechable medio anual	61
11.0 Cálculo de la avenida máxima.....	61
Métodos para el cálculo de avenidas máximas en cuencas no aforadas .	62
11.1 Método de Ryves.....	63
11.2 Método de Valentini.....	63
11.3 Método de Kuichling	63
11.4 Método de Creager.....	64
11.5 Método de Lowry	64
Vaso de la presa	66
12.1 Capacidad de almacenamiento	67
Características de la obra.....	68
13.1 Obra hidrotécnica	68
Obra de excedencia	68
14.1 Cálculo del vertedor de demasías	68
14.2 Estimación de los coeficientes de seguridad del muro	71
14.3 Fuerza resultante de la presión hidrostática sobre el muro	72
14.4 Área del muro	72
14.5 Volumen del muro	73
14.6 Peso del muro	73
Obra de toma	75
Calculo de la turbina a emplear para la generación de energía eléctrica .	76
16.1 Potencia	76
16.2 Velocidad específica.....	77
16.3 Velocidad de giro.....	78

16.4 velocidad sincrónica para un generador de 60 ciclos	78
16.5 Velocidad específica por chorro.....	79
16.6 Diámetro de la rueda	79
16.7 Valor del diámetro al punto de incidencia del chorro	81
Sistema hidroeléctrico	82
Descripción del sistema.....	83
17.1 Equipo necesario para la instalación del sistema	86
Perdida de carga en la tubería	89
Condiciones para el establecimiento de la piscicultura en la región.....	91
19.1 Biología de la trucha.....	91
19.2 Taxonomía.....	91
19.3 Instalaciones para el cultivo	92
19.4 Estanques	92
19.5 Tipos de estanques	92
19.6 Forma y tamaño de estanques	93
19.7 Jaulas	96
19.8 Alimentación	97
19.8.1 Reglas de alimentación	100
19.9 Sanidad piscícola	101
19.9.1 causa de enfermedades	102
20.0 Comercialización	102
Turismo	102
CONCLUSION	103
LITERATURA CITADA	104
APENDICE	108

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
1.	Diagrama de proporciones y factores para turbinas de reacción	41
2.	Precipitación de 40 años de Arteaga, Coahuila.....	55
3.	Coefficiente de escurrimiento de la cuenca de estudio	58
4.	Coefficiente de escurrimiento	59
5.	Valores de C para la avenida máxima.....	62
6.	Cálculo de avenidas	65
7.	Coordenadas para el diseño del perfil del vertedor tipo Creager.....	69
8.	Valores para obtener el diseño del perfil tipo Creager.....	70
9.	Dimensiones de estanques por etapa biológica de la trucha	94
10.	Dimensiones de estanques por etapa de crecimiento	94
11.	Estanques por etapa de crecimiento	95
12.	Referencia para siembra de alevinos de trucha en estanques	96
13.	Índice de conversión alimenticia	98
14.	Porcentaje por biomasa	99

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
1.	Esquema de una central hidroeléctrica	21
2.	Vista en planta de una central hidroeléctrica	22
3.	Grafico de curvas de rendimiento de las turbinas	26
4.	Grafico de velocidades especificas de las turbinas	28
5.	Partes de una turbina Pelton	30
6.	Esquema del rodete a la entrada del chorro	31
7.	Esquema de velocidad del chorro de entrada	32
8.	Dimensión de las cucharas a punto de incidencia del chorro	36
9.	Esquema de una turbina Francis	38
10.	Sección de una turbina Francis completa	39
11.	Algunas proporciones y factores de diseño de una turbina Francis .	40
12.	Interior de una turbina Kaplan	45
13.	Carta de climas.....	53
14.	Curva de la probabilidad de las precipitaciones máximas diarias.....	56
15.	Área de la cuenca de Nuncio.....	57
16.	Vaso de la presa.....	66
17.	Grafico de carga y gasto del vaso de la presa.....	67
18.	Capacidad de almacenamiento del vaso	67
19.	Cálculo del perfil del vertedor tipo Creager.....	70
20.	Diagrama de presiones.....	74
21.	Obra de toma.....	75
22.	Limites de velocidad especifica	77
23.	Valores del coeficiente del diámetro en función de N_s	80
24.	Relación del diámetro de la rueda en una turbina Pelton	81

25.	Ilustración del sistema hidroeléctrico	83
26.	Casa de maquinas	84
27.	Elementos al interior de la casa de maquinas	84
28.	Esquema de una turbina Pelton	86
29.	Línea de tubería por el cauce del arroyo	90
30.	Partes que conforman un estanque en tierra	95

INTRODUCCIÓN

La crisis agrícola por la que atraviesa nuestro país ha originado la proliferación de estudios y programas en el sector rural. Tanto en su aspecto técnico como social y económico, los estudios de tipo socioeconómicos han demostrado que las zonas más afectada de esta crisis han sido las regiones más precarias del sector rural.

Las regiones donde se manifiesta esta crisis, se enmarca dentro de las zonas áridas y semiárida al norte del país, ya hablar de zonas áridas en México es hablar de prácticamente de todo el país, ya que más del 82% de su área es árida en diversos grados.

De acuerdo con Copen los climas en nuestras zonas áridas se pueden clasificar como: secos o esteparidos CBSO, y muy seco o desértico CBWO; teniendo un régimen de lluvias en verano que se presentan en forma torrencial e irregular durante los meses de junio a septiembre y generalmente varían entre 250 y 350 mm. Anuales.

Se estima que el 68% de la cantidad del agua dulce disponible es utilizada por la agricultura y debido al rápido crecimiento de nuestras poblaciones también se incrementa la demanda de alimentos cada día más, por lo que siempre sea tratado de optimizar el agua en materia de riego.

Las presas de almacenamiento tiene la función del suministro de agua a una población, ya sea para uso domestico, generación de energía o para el riego de cultivos. Independientemente de cual sea el uso que se le da a una presa de almacenamiento, su función principal es mantener el depósito lleno para asegurar la disponibilidad del recurso en tiempos de sequía.

Las obras hidráulicas agrícolas incrementan el avance de la agricultura del mundo, principalmente en las regiones donde las lluvias son escasas o donde caen fuera del tiempo en que más se les necesita, en estos lugares es indiscutible la construcción de una obra de almacenamiento. Las obras de almacenamiento cuyo fin es el de conservar el agua principalmente en épocas en que esta deja de presentarse e forma de lluvia, benefician a la humanidad resolviendo el problema de la sobrepoblación.

El sistema Hidrotecnico se va aprovechar el escurrimiento superficial de las lluvias y el cauce del arroyo. Este sistema no es muy barato pero presenta una alternativa muy importante para la solución de problemas ya que será de uso múltiple almacenar agua para riego, piscicultura, generación de energía eléctrica mediante una turbina, turismo, para combatir incendios forestales. La zona se encuentra en una zona marginada, con estas cualidades todos los habitantes de la región serian los beneficiados ya que contarían con todos los servicios.

Situación actual de la producción de temporal

Los habitantes de las zonas áridas y semiáridas, tiene como actividad el dedicarse a la agricultura de temporal y al pastoreo de ganado caprino, ovino y vacuno. En estas zonas la falta de agua es un factor limitante. Actualmente los productores de la llamada agricultura de temporal tiene los rendimientos muy bajos pues su agricultura es muy deficiente en lo que se refiere al aprovechamiento del escurrimiento superficial por lo cual se hace necesario aplicar nuevas tecnologías para aprovechar mejor las escasas y erráticas precipitaciones motivo por el cual se propone la aplicación del sistema hidrotecnico.

PALABRAS CLAVE:

Sistema hidrotecnico, precipitación, escurrimientos, presa, avenida máxima, turbinas, cuenca, muro, sistema hidroeléctrico, piscicultura.

JUSTIFICACIÓN

El estudio tiene como meta el desarrollo integral de las zonas áridas por que poseen un gran potencial, en sus suelos y en su gente, para integrar una sociedad más armónica y más justa. La extensión y la distribución de las zonas áridas de México y la diversidad de recursos que ahí se localizan, han hecho que se desarrolle una compleja estructura productiva, de gran importancia por su magnitud y peso en la economía nacional. El grado de desarrollo alcanzado por la mayor parte de las entidades federativas localizadas en el territorio árido sitúa a esta en una posición de ventaja frente a muchas de las que se ubican en regiones con condiciones más favorables. Los niveles de educación, salud e ingresos más altos en el país corresponden a estados de las zonas desérticas y semidesérticas.

Desde el punto de vista agropecuario las zonas desérticas y semidesérticas del país presentan una gran cantidad de problemas, debido a las bajas y erráticas precipitaciones, la alta evaporación y sus temperaturas extremas, lo que obliga a la población rural a realizar enormes esfuerzos a cambio de mínimas remuneraciones con su limitada infraestructura y las uso de los recursos naturales. La promoción del desarrollo en las áreas rurales de las zonas áridas deberá realizarse, considerando siempre que éstas se hagan con una estrategia que forme parte del progreso de los agricultores.

Las obras hidráulicas tienen como fin solventar las necesidades de la producción agropecuaria, mejorando las condiciones socioeconómicas de las comunidades en el campo.

Con la aplicación de este sistema hidrotécnico a estas zonas áridas y semiáridas a futuro se reducirán los índices de siniestralidad por sequía. Contribuirá al incremento de la productividad y la producción de alimentos básicos y fortalecerá la relación estado-productores, así como también fomentara las bases para la autonomía-económica y crecimiento sostenido de los productores.

OBJETIVO GENERAL

Aprovechamiento racional del recurso hídrico en las zonas de escasa precipitación.

OBJETIVOS EPECIFICOS

- a) Almacenamiento y derivación del agua.
- b) Hacer producir las tierras de temporal mediante el riego.
- c) Producir energía eléctrica para la región.
- d) Implementar la piscicultura y el turismo en la localidad.

REVISIÓN DE LITERATURA

PRECIPITACIÓN.

Comisión Federal de Electricidad (1981a), Manual de Diseño de Obras Civiles Número A.1.2, dice que se denomina precipitación al agua que llega a la superficie terrestre proveniente de la atmósfera. La precipitación es un componente fundamental del ciclo hidrológico. La precipitación puede ser convectiva, ciclónica u orográfica.

Precipitación ciclónica, es la que está asociada al paso de una perturbación ciclónica.

Precipitación convectiva, tiene su origen en la inestabilidad de una masa de aire más caliente que las circundantes. La masa de aire caliente asciende, se enfría, se condensa y se forma la nubosidad, origen de las precipitaciones en forma de chubascos o tormentas. El ascenso de la masa de aire se debe, generalmente, a un mayor calentamiento en superficie.

Precipitación orográfica, es aquella que tiene su origen en el ascenso de una masa de aire, forzado por una barrera montañosa. A veces, en caso de una masa de aire inestable, el efecto orográfico no supone más que el mecanismo de disparo de la inestabilidad convectiva.

Se entiende por precipitación la caída de partículas líquidas o sólidas de agua. La precipitación es la fase del ciclo hidrológico que da origen a todas las corrientes superficiales y profundas.

PRECIPITACIÓN EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS.

La zona árida se caracteriza por tener una precipitación anual menor a los 400 mm. y una época de secas de 8 a 12 meses, y la semiárida por tener una precipitación anual entre 400 a 700 mm. con 6 a 8 meses seca.

ESCURRIMIENTOS

García (1985), indica que la cantidad de agua que cae sobre una cuenca, una parte se evapora, otra se infiltra y una tercera escurre por las laderas. La primera debe considerarse como pérdida, pero la segunda y la tercera van a parar a los ríos, constituyendo su caudal, pero influyendo en el de distinta manera: las aguas que escurren por la superficie y que rápidamente se reúnen en las vaguadas dan origen a las riadas, mientras que las de infiltración tienden a mantener la constancia del caudal.

Comisión Federal de Electricidad (1981b), Manual de Diseño de Obras Civiles Número A.1.3, menciona que cuando la lluvia es de tal magnitud que exceda la capacidad de infiltración o retención del terreno y la vegetación, el excedente da origen al proceso de escurrimiento.

CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE PRESA

Generalidades.

Las presas se pueden clasificar en un número de categorías diferentes, que dependen del objeto de estudio, es conveniente considerar tres amplias clasificaciones de acuerdo con: el uso, el funcionamiento hidráulico, o los materiales que forman la estructura (Arthur, 1976).

Clasificación según su uso (Arthur, 1976).

Las presas se pueden clasificar de acuerdo con la función más general que van a desempeñar, como de almacenamiento, de derivación, o regulación. Se pueden precisar más las clasificaciones cuando se consideran sus funciones específicas.

Presas de almacenamiento, se construyen para embalsar el agua en los periodos en que sobra, para utilizarla cuando escasea. Estos periodos pueden ser estacionarios, anuales, o más largos. Muchas presas pequeñas almacenan los escurrimientos de primavera para usarse en la estación seca de verano. Las presas de almacenamiento se pueden a su vez clasificar de acuerdo con el objeto del almacenamiento, como para abastecimientos de agua, para recreo, para la cría de peces y animales salvajes, para la generación de energía hidroeléctrica, irrigación, etc. El objeto específico u objetos en los que se va a utilizar el almacenamiento tienen a menudo influencia en el proyecto de la estructura, y pueden determinar conceptos como el de la magnitud de las fluctuaciones del nivel que pueden esperarse en el vaso y el del volumen de filtraciones que pueden permitirse.

Presas de derivación, se construyen ordinariamente para proporcionar la carga necesaria para derivar el agua hacia zanjas, canales, u otros sistemas de conducción hasta el lugar en el que se va a usar. Se utilizan en los sistemas de riego, para la derivación de una corriente natural hacia un vaso de almacenamiento que se localiza fuera del cauce natural de la corriente, para usos municipales e industriales, o para una combinación de los mismos.

Presas reguladoras, se construyen para recargar el escurrimiento de las avenidas y disminuir el efecto de las ocasionales. Las presas reguladoras se dividen en dos tipos. En uno de ellos, el agua se almacena temporalmente, y se deja salir por una obra de toma con un gasto que no exceda de la capacidad del cauce de aguas abajo. En el otro tipo, el agua se almacena tanto tiempo como sea posible y se deja

infiltrar en las laderas del valle o por los estratos de grava de la cimentación. A este tipo se le llama algunas veces de distribución o dique, por que su principal objeto es recargar los acuíferos. Las presas reguladoras también se construyen para detener los sedimentos. A menudo a éstas se le llaman para arrastres.

Clasificación según su funcionamiento hidráulico (Arthur, 1976).

Las presas se pueden clasificar también como presas vertedoras o no vertedoras.

Presas vertedoras, se proyectan para descargar sobre su cresta vertedora. Deben estar hechas de materiales que no se erosionen con tales descargas. Es necesario emplear concreto, mampostería, acero y madera, excepto en las estructuras vertedoras muy bajas de unos cuantos pies de altura.

Presas no vertedoras, son las que se proyectan para que no rebase el agua por su crestas vertedoras. Este tipo de proyectos permite ampliar la elección de materiales incluyendo las presas de tierra y las de enrocamiento.

Con frecuencia se combinan los dos tipos, para formar una estructura compuesta, que consiste, por ejemplo, una parte vertedora de concreto de gravedad con extremos formados por terraplenes.

Clasificación según los materiales (Arthur, 1976).

La clasificación más común que se usa en la discusión de los procedimientos de construcción se basa en los materiales que forman la estructura. En esta clasificación se menciona el tipo básico de proyecto como, por ejemplo, presa de concreto de gravedad, o de concreto del tipo de arco.

Presas de tierra, las de tierra constituyen el tipo de presas más común, principalmente por que en su construcción intervienen materiales en su estado natural que requieren el mínimo de tratamiento. Además, los requisitos para sus cimentaciones son menos exigentes que para los otros tipos. Es probable que las presas de tierra continúen prevaleciendo sobre los demás tipos para fines de almacenamiento parcialmente, debido a que el número de emplazamientos favorables para las estructuras de concreto está disminuyendo como resultado de los numerosos sistemas de almacenamiento de agua que se han emprendido, especialmente en las regiones áridas y semiáridas en las que la conservación del agua para riego es una necesidad fundamental.

Presas de enrocamiento, en las presas de enrocamiento se utiliza roca de todos los tamaños para dar estabilidad a una membrana impermeable. La membrana puede ser una capa de material impermeable del lado del talud mojado, una losa de concreto, un recubrimiento de concreto asfáltico, placas de acero, o cualquier otro dispositivo semejante; o puede ser un núcleo interior delgado de tierra impermeable.

El tipo de enrocamiento se adapta a los emplazamientos remotos, donde abunda la roca buena, donde no se encuentra tierra buena para una presa de tierra, y donde la construcción de una presa de concreto resultaría muy costosa.

Presas de concreto, del tipo de gravedad, Son estructuras de tales dimensiones que por su propio peso resisten las fuerzas que actúan sobre ellas. Las presas de gravedad, de concreto se adaptan a los lugares en los que se dispone de una cimentación de roca razonablemente sana, aunque las estructuras bajas se pueden establecer sobre estratos aluviales si se construyen los dados adecuados. Se adaptan bien para usarse como cresta vertedora y, debida a esta ventaja, a menudo se usan formando la parte vertedora de las presas de tierra y de enrocamiento o de una presa derivadora.

Presas de concreto tipo de arco, las presas de concreto del tipo de concreto de arco se adaptan a los lugares en los que la relación de la distancia entre los arranques del arco a la altura no es grande y donde la cimentación en estos mismos arranques es roca sólida capaz de resistir el empuje del arco.

Presas de concreto del tipo de contrafuertes, las presas del tipo de contrafuertes comprenden las de losa y las de arco. Requieren aproximadamente el 60 % menos de concreto que las presas macizas de gravedad pero los aumentos debido a los moldes y al refuerzo de acero necesario, generalmente contrarrestan las economías de concreto. Se construyeron varias presas de contrafuerte en la década de los 30's, cuando la relación del costo de la mano de obra al costo de los materiales era comparativamente baja. Este tipo de construcción no se puede competir generalmente con los otros tipos de presas cuando la mano obra es cara.

Otros tipos de presas, se han construido presas de otros tipos aparte de los mencionados, pero la mayor parte de los casos satisfacen los requisitos poco usuales o son de naturaleza experimental. En pocos casos, se ha usado acero estructural para la pantalla de aguas arriba y en armaduras de soporte en las presas. Antes de 1920, se construyeron numerosas presas de madera, especialmente en el noreste. La cantidad de mano de obra necesaria en la construcción de las presas de madera, combinada con la corta vida de la estructura, hace que este tipo sea antieconómico en la construcción moderna.

FACTORES FÍSICOS QUE GOBIERNAN LA SELECCIÓN DE LA PRESA.

TOPOGRAFÍA.

La topografía, en gran parte, dicta la primera elección del tipo de presa. Una corriente angosta corriendo entre desfiladeros de roca sugiere una presa vertedora. Las llanuras bajas, onduladas, con la misma propiedad, sugieren una presa de tierra con vertedor de demasías separado. Cuando las condiciones son intermedias, otras

consideraciones toman mayor importancia, pero el principio general de la conformidad con las condiciones naturales sigue siendo la guía principal.

La localización del vertedor es un factor importante que dependerá en gran parte de la topografía local y que, a su vez, tendrá una gran importancia en la selección final del tipo de presa (Arthur, 1976).

LAS CONDICIONES GEOLÓGICAS Y LA CIMENTACIÓN (Arthur, 1976).

Las condiciones de la cimentación dependen de las características geológicas y del espesor de los estratos que van a soportar el peso de la presa; de su inclinación, permeabilidad, y la relación con los estratos subyacentes, fallas y fisuras. La cimentación limitara la elección del tipo de presa en cierta medida, aunque estas limitaciones se modifican con frecuencia al considerar la altura de la presa propuesta. Se discuten en seguida las diferentes cimentaciones comúnmente encontradas.

Cimentación de roca sólida, debido a su relativamente alta resistencia a las cargas, y resistencia a la erosión y filtración, presentas pocas restricciones por lo que al tipo de presas que puede construirse encima de ellas. El factor decisivo será la economía que se pueda obtener en los materiales o en el costo total. Con frecuencia será necesario remover la roca desintegrada y tapar grietas y fracturas con inyecciones de cemento.

Cimentación de grava, si está bien compactada, es buena para construir presas de tierra, de enrocamiento, y presas bajas de concreto. Como las cimentaciones de grava son con frecuencia muy permeables, deben tomarse precauciones especiales construyendo dados efectivos o impermeabilizantes.

Cimentación de limo o de arena fina, se pueden utilizar para apoyar presas de gravedad de poca altura si están bien proyectadas, pero no sirve para las presas de enrocamiento. Los principales problemas son los asentamientos, evitar las tubificaciones, y las pérdidas excesivas por filtración, y la protección de la cimentación en el pie del talud seco, contra la erosión.

Cimentación de arcilla, se pueden usar para apoyar las presas, pero requieren un tratamiento especial. Como pueden producirse grandes asentamientos de la presa si la arcilla no está consolidada y su humedad es elevada, las cimentaciones de arcilla, generalmente no son buenas para la construcción de presas de escolleras. Generalmente es necesario efectuar pruebas del material en su estado natural para determinar las características de consolidación del material y su capacidad para soportar la carga que va a sostener.

Cimentaciones irregulares, ocasionalmente pueden ocurrir situaciones donde no será posible encontrar cimentaciones razonablemente uniformes que correspondan a alguna de las clasificaciones anteriores y que obligara a construir sobre una cimentación irregular formada de roca y materiales blandos. Estas condiciones desfavorables pueden a menudo resolverse empleando detalles especiales en los proyectos. Cada lugar, sin embargo presenta un problema que deben tratar ingenieros experimentados.

OBRAS DE EXCEDENCIA PARA PRESAS.

Definición.

El Colegio de Posgraduados de Chapingo (1980), define la obra de excedencia como una estructura que tiene por objeto proteger al sistema de almacenamiento permitiendo el paso encauzado de los volúmenes de agua excedentes a la capacidad normal del vaso de almacenamiento y su descarga en el arroyo, aguas abajo del bordo.

Clasificación.

Existen diferentes tipos de obras de excedencias que se seleccionan tomando en cuenta principalmente la topografía del lugar, el gasto por desalojar, su costo y las condiciones de cimentación. En general para el caso de pequeñas obras, se utilizan las estructuras conocidas como: lavaderos y vertedores.

Los lavaderos, son estructuras que constan de un canal de acceso, una sección de control o cresta vertedora y un canal de descarga. Su característica principal es que la cresta tiene la misma elevación que la cota de arranque de la rasante de la plantilla del canal de descarga. Las condiciones ideales para su selección son en laderas que tienen una pendiente suave en el sitio donde van a quedar alojados los canales de acceso y descarga.

Vertedor tipo Creager, este tipo de obra de excedencia es una estructura que consta de un canal de acceso, sección de control, tanque amortiguador o disipador de energía y canal de descarga. Se caracteriza por que su sección de control está formada por un cimacio que adopta la forma del flujo de agua y se conoce como perfil Creager. Las condiciones para su selección son las que existen en aquellas laderas que presentan una pendiente fuerte y que el material es duro para la excavación, por lo que se requiere un vertedor de longitud corta, que pueda compensar esa longitud con un aumento de carga y logre desfogar la avenida de diseño.

PRESAS DE ALMACENAMIENTO

Mora (1993), menciona que a partir de las estadísticas, sean de operación o de proyecto, es muy importante tener una clara apreciación de la capacidad de la presa en relación con los escurrimientos del río: si es menor, los frecuentes derrames del vertedor de excedencias los harán evidentes en la estadística; si es mayor, la presa raramente alcanzará su capacidad de almacenamiento.

Además no debe de ignorarse que el comportamiento meteorológico es variable y que las avenidas de los ríos, producto de la captación y del escurrimiento de agua meteórica de su cuenca, suelen tener para distinta magnitud ciclos de retorno mucho mayores que el tiempo de registro estadístico.

Por lo que siempre podrá presentarse una avenida fuerte de serie, para la que no fue calculada la presa, sin que esto signifique falla para el proyecto. No así el vertedor, que tiene o debe tener una base de cálculo para su capacidad mucho más conservadora. Lo importante para la operación, es aproximarse lo más posible a la predicción del volumen anual que captara la presa.

Definición de términos de la presa de almacenamiento.

Cortina: estructura que tiene por objeto crear un almacenamiento de agua; **boquilla o sitio:** lugar escogido para construir la cortina; **sección de la cortina:** en general, es cualquier corte transversal de la presa; **altura de la cortina:** es la distancia vertical máxima entre la corona y la cimentación; **corona o cresta:** es la superficie superior de la cortina, normalmente, es parte de la protección de la presa contra oleaje y sismos, y sirve de acceso a otras estructuras; **talud:** es cualquier plano que constituye una frontera entre los materiales de la cortina o con el medio circundante. **El corazón impermeabilizante:** es el elemento de la presa que sierra el valle al paso del agua contenida en el embalse o vaso; **respaldos impermeables:** son las masas granulares que integran, con el corazón impermeable, la sección de la cortina, puede estar formada por filtros, transiciones y enrocamiento; **NAME:** abreviación del nivel de aguas, máximo extraordinario; es la elevación del agua en el vaso cuando la presa está llena y además funciona el vertedor a su máxima capacidad. La diferencia entre la elevación de la corona y el NAME es el bordo libre (Marsal y Resendiz, 1983).

Fuerzas que obran sobre la presa.

United States Department of the Interior Bureau of Reclamation (1978), manifiesta que para el proyecto de las presas de gravedad, es necesario determinar las fuerzas que se puede suponer que afectan la estabilidad de las estructuras. Las que deben de considerarse para las presas de gravedad son las debidas a: la presión del agua, (o subpresión), la presión del azolve, la presión del hielo, las fuerzas producidas por los terremotos, el peso de la estructura y la reacción resultante de la cimentación. Otras fuerzas, entre las que se incluyen los vientos y las olas, son insignificantes para las presas pequeñas y no es necesario considerarlas en los análisis de estabilidad.

Requisitos de estabilidad de la presa.

United States Department of the Interior Bureau of Reclamation (1978), menciona que las presas de concreto de gravedad deben proyectarse para que resistan, con un amplio factor de seguridad, estas tres causas de destrucción: el vuelco, el deslizamiento y esfuerzos excesivos.

El cálculo de la estabilidad se hace comparando las fuerzas que tienen al producir el deslizamiento de una cierta masa de tierra (fuerzas desestabilizadoras) con aquellas que tienden a contrarrestar el movimiento (fuerzas resistentes) (Lambe y Whitman, 1984).

Vaso de la presa.

Comisión Federal de Electricidad (1980c), Manual de Diseño de Obras Civiles Número A.1.9, menciona que un vaso de almacenamiento cumple una función de regulación, esto es, permite almacenar los volúmenes que escurren en exceso para que puedan aprovecharse cuando los escurrimientos sean escasos.

Obra de toma de la presa.

Comisión Federal de Electricidad (1983), Manual de Diseño de Obras Civiles Número A.2.2, señala que la función principal de una obra de obra de toma es permitir y controlar las extracciones del agua de una presa o un río, en la cantidad y momento que se requiera. Los elementos indispensables de una obra de toma deben diseñarse de tal manera que cumplan los propósitos siguientes:

- a) Regular y conducir el gasto necesario.
- b) Asegurar, con pequeñas pérdidas de energía, el gasto en la conducción.
- c) Evitar la entrada de basuras, escombros y otros materiales flotantes.
- d) Prevenir, o al menos reducir, el asolvamiento de la conducción.

El colegio de Posgraduados de Chapingo (1980), define a la obra de toma de un bordo de almacenamiento como una estructura que tiene como función, regular las extracciones que se hagan de él para satisfacer las demandas de agua, en el tiempo oportuno y en cantidad necesaria para riego, abrevadero y uso domestico.

Consideraciones necesarias.

Las obras de toma se deben planear de manera que las extracciones se pueden hacer con un mínimo de disturbios de flujo, así como de pérdidas de carga a través de compuertas, rejillas y transiciones.

Clasificación.

El Colegio de Posgraduados de Chapingo (1980), las clasifica como: obras de toma con válvulas a la salida y obras de toma con muros de cabeza de mampostería y compuertas deslizantes. La elección del tipo de obra a escoger estará determinada por la cantidad de agua que se maneje y el aspecto económico de la obra.

Vertedor de demasías.

United States Department of the Interior Bureau of Reclamation (1978), la función de los vertedores de demasías en las presas de almacenamiento y en las reguladoras es dejar pasar el agua excedente o de avenidas que no cabe en el espacio destinado para el almacenamiento y en las presas derivadas dejar pasar los excedentes que no se envían al sistema de derivación. La importancia que tiene un vertedor seguro no se puede exagerar, muchas de las fallas de las presas se a debido a vertedores mal proyectados o de capacidad insuficiente. Además de tener suficiente capacidad, el vertedor debe ser hidráulico y estructuralmente adecuado, y debe estar localizado de manera que las descargas del vertedor no erosionen ni socaven el talón de aguas debajo de la presa. Las superficies que forma el canal de descarga del vertedor deben ser resistentes a las velocidades erosivas creadas por la caída desde la superficie del vaso a la de descarga y generalmente es necesario algún medio para disipación de la energía al pie de la caída.

Estudio de Avenidas

La avenida es el producto del escurrimiento por la lluvia, el control de avenidas es la prevención de daños por desbordamientos o derrames de las corrientes naturales, las medidas comúnmente aceptadas para reducir los daños de las avenidas son: reducción del escurrimiento máximo con vasos de almacenamiento y encauzamiento del escurrimiento dentro de la sección de un cauce previamente determinado por medio de bordos, muros de encauzamiento, o un conducto cerrado.

La función de un vaso para control de avenidas, es almacenar una porción del escurrimiento de la avenida, de tal manera que se reduzca el máximo de la avenida en el punto por protegerse. En un caso ideal el vaso está situado inmediatamente aguas arriba del área protegida y se opera para “cortar” el pico o máximo de avenida (Linsley y Franzini, 1975).

Comisión Federal de Electricidad (1980d), Manual de Diseño de Obras Civiles Número A.1.10, recomienda que para diseñar una obra de excedencias se necesita determinar las avenidas con las que supuestamente va a trabajar, ya sea las que se presentan únicamente en condiciones extraordinarias, o las que frecuentemente se tendrán que manejar.

Secretaria de Recursos Hidráulicos (1973), la determinación de la máxima avenida probable se basa en la consideración racional de las probabilidades de la ocurrencia simultánea de los diferentes elementos o condiciones, que contribuyen a la formación de la avenida. Uno de los factores más importantes, es la determinación del escurrimiento que pueda resultar de la ocurrencia de una tormenta máxima probable, basada en factores meteorológicos.

La Comisión Federal Electricidad (1980), Manual de Diseño de Obras Civiles Número A.2.9, cita que el escurrimiento se origina cuando la lluvia es de tal magnitud que excede la capacidad de infiltración o retención del terreno y vegetación, el excedente da origen al proceso de escurrimiento y se desplaza por efecto de gravedad hacia las partes mas bajas de la cuenca, reconociendo arroyos mas cercanos. También cita que la estimaciones del gasto por medio del método de secciones y pendiente es un problema hidráulico distinto para cada avenida, pero se puede utilizar para tomarse un parámetro y situar la magnitud de las avenidas, basándose en las hullas máximas dejadas por la corriente y a la topografía de la sección transversal, esto utilizando la formula de Manning bajo ciertas recomendaciones.

Secretaria de los Recursos Hidráulicos (1975), menciona que un gran porcentaje de fracaso en las obras hidráulica se deben a la subestimación de la avenida máxima de la corriente que es posible esperar, y por lo tanto a la deficiente capacidad de la obra de excedencia para dar paso a la dicha avenida.

MÉTODOS PARA CALCULAR EL GASTO DE LA AVENIDA MÁXIMA PROBABLE.

Método directo:

Método de secciones y pendientes:

La Secretaria de los Recursos Hidráulicos, (1975); dice que la determinación del gasto de una avenida utilizando el método de sección y pendiente es de utilidad para fijar el gasto de diseño para la obra de excedencias y servirá de comparación con el gasto determinado con las curvas envolventes.

Método indirecto:

Curva envolvente: Creager obtuvo datos sobre avenidas máximas registradas en diferentes cuencas del mundo y se formó una grafica de envolventes mundiales en las que se relaciona el área de cada cuenca (A), con el gasto por unidad de área (q), trazó una envolvente cuya ecuación resultó:

$$q = 1.303 (C (0.386 A)^{\alpha}) A^{-1}$$

Donde:

$$\alpha = 0.936 / (A)^{0.048}$$

A = área de la cuenca, en km²

q = gasto máximo por unidad de área de la cuenca, en m³/seg./km²

Fórmula racional: Es de las más antiguas (1889) y probablemente todavía una de las más utilizadas, considera que el gasto máximo se alcanza cuando la precipitación se mantiene con una intensidad constante durante un tiempo igual al tiempo de concentración. La fórmula racional es:

$$Q_p = 0.278 C i A$$

Donde:

Q_p = gasto máximo o de pico, en m^3 / seg

C = coeficiente de escurrimiento

i = intensidad media de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca, mm / h

A = área de la cuenca, en km^2

Para estimar el tiempo de concentración se utiliza la formula de Kirpich.

$$t_c = (0.86 L^3 / H)^{0.325}$$

Donde:

t_c = tiempo de concentración, en hrs.

L = longitud del cauce principal, en km^2

H = desnivel entre los extremos del cauce principal, en m

TURBINAS HIDROELÉCTRICAS

Las Centrales eléctricas son instalaciones en las que la energía de un fluido se transforma en energía mecánica en un motor, que a su vez la transfiere al eje del rotor de un generador eléctrico, obteniéndose la energía eléctrica correspondiente. Al conjunto formado por el motor-generador se le llama grupo. En las grandes centrales el motor es una turbina (hidráulica, de vapor o gas, según el caso).

En las centrales hidroeléctricas la energía potencial la suministra el agua, para la que se ha buscado, a partir de presas, una cierta elevación respecto a la turbina. Esta elevación puede variar desde 1 metro (grandes caudales) hasta cerca de 2.000 metros (pequeños caudales). Precisamente estos datos son los que van a originar diseños de turbinas muy diferentes.

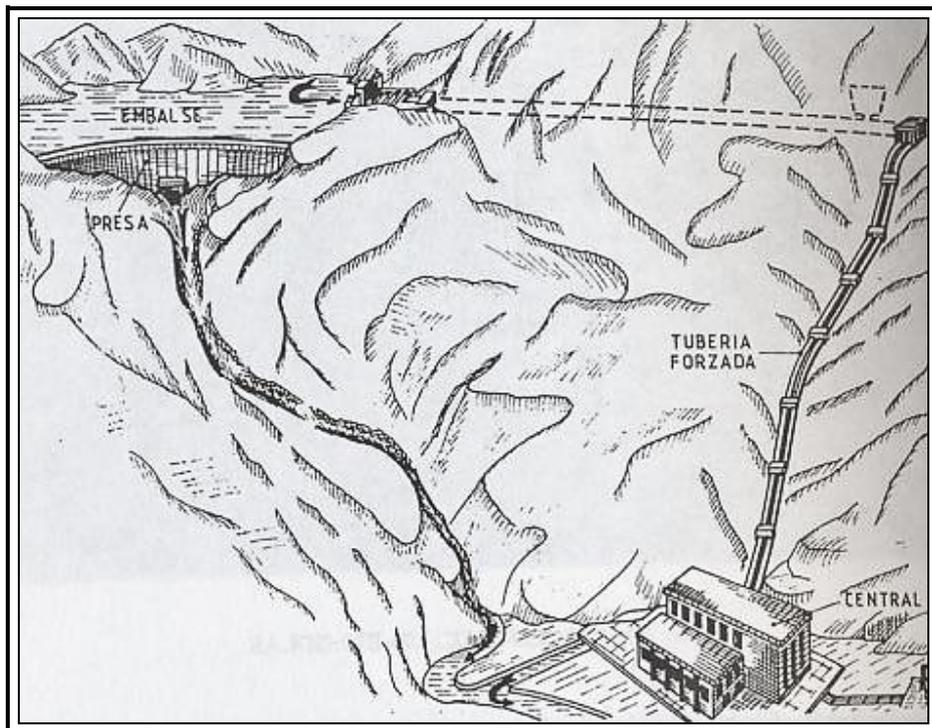


Figura 1. Esquema de una central hidroeléctrica.

Las hidroeléctricas se construyen en las cuencas de los ríos. A pesar de su elevado costo de instalación, son las centrales más rentables debido a su bajo costo de explotación; esto suponiendo condiciones pluviométricas favorables. Además no son contaminantes. El problema es que las cuencas están ya muy explotadas y cada vez son más costosas las posibles nuevas instalaciones. De todas formas, en el mejor de los casos las hidroeléctricas no cubren ni mucho menos la demanda actual, por lo que hay que recurrir a otras fuentes de energía primaria.

Ya que la energía eléctrica no puede almacenarse, últimamente se han construido centrales de bombeo, o de acumulación; en las mismas, se eleva agua en horas de bajo consumo, donde existe excedente de energía eléctrica en la red proveniente de otras centrales generadoras y se baja en horas punta, generando de nuevo energía eléctrica; a pesar de las pérdidas correspondientes a esta doble función, el tema es rentable. El motor eléctrico y la bomba hidráulica de la noche se transforman por la mañana en alternador y turbina respectivamente.

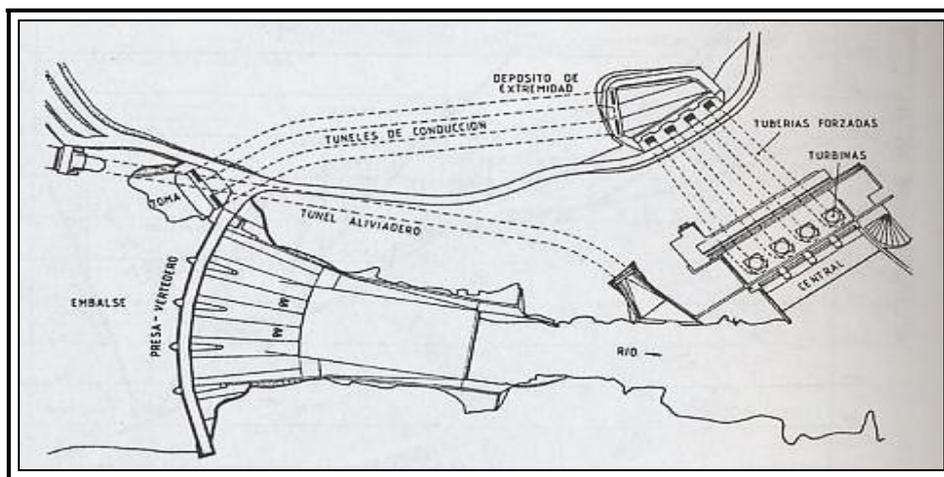


Figura 2. Esquema en planta de una central hidroeléctrica.

CLASIFICACIÓN DE LAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Las centrales hidroeléctricas se pueden clasificar de distintos modos atendiendo a sus características principales, una primera clasificación puede ser:

- Centrales de agua fluente. Son centrales que aprovechan el cauce natural del río. Son poco frecuentes, pues requieren caudales importantes en cualquier época del año.
- Centrales de agua embalsada. Almacenan agua en un embalse valiéndose de presas, con objeto de regular el caudal, variable dependiendo de la época del año.

A este segundo grupo de centrales, las que embalsan el agua tras una presa se pueden clasificar en:

- Centrales de regulación (de caudal). Son las centrales convencionales.
- Centrales de bombeo. Para su instalación se necesita de dos embalses. Son aquellas en función de la demanda pueden volver a bombear el agua que ha pasado por la turbina desde el embalse inferior hacia el embalse superior.

Podemos hacer otra clasificación en base a la altura del salto:

- Centrales de alta presión. Aquellas cuyo salto está por encima de los 200 metros de altura (alcanzando incluso los 2.000 metros). En estas los caudales son relativamente pequeños de unos 20 m³/s máximo por turbina. Suelen estar ubicadas en zonas de alta montaña.
- Centrales de media presión. Comprende los saltos entre 20 y 200 metros de altura. Según que altura la central puede estar bajo la presa o alejada de ella si con ello se consigue más altura. Los caudales en este caso alcanzan los 200 m³/s.

- Centrales de baja presión. Corresponden a saltos pequeños de menos de 20 metros, con caudales en la turbina de unos 300 m³/s, aunque los hay de más del doble, llegando a 600 ó 800 m³/s.

En función del tipo de presa, que dependerá de la configuración del terreno y las características de la tierra en al que se va a asentar:

- Presa de arco o bóveda. Es adecuada para presa de gran altura y no excesiva longitud. Es de hormigón armado y sus extremos han de quedar bien estribados.
- Presa de gravedad. La estabilidad de esta presa se consigue por su propia fuerza de gravedad. Es de hormigón sin armar, y su base resulta mayor que en la de arco. Requiere terreno de buena calidad.
- Presa de tierra o escollera. Su base resulta bastante mayor a las anteriores. Dependiendo la de altura y el tipo de tierra. Se usa para poca altura y con una calidad de terreno de cimentación mala. La mayor parte del volumen de tierra produce de la propia excavación.

TIPOS DE TURBINAS Y SUS APLICACIONES

Una turbomáquina consta fundamentalmente de una rueda de alabes, rodete, que gira libremente alrededor de un eje cuando pasa un fluido por su interior. La forma de los alabes es tal que cada dos consecutivos forma un conducto que obliga al flujo a variar su cantidad de movimiento, lo que provoca una fuerza, esta fuerza al desplazarse el alabe provoca un trabajo. La clasificación fundamental de una turbina (convierte la energía del flujo en una energía mecánica en el eje, lo contrario sería una bomba) es las de acción y las de reacción.

- Turbinas de acción: Se llaman así cuando la transformación de la energía potencial en energía cinética se produce en los órganos fijos anteriores al rodete (inyectores o toberas).

En consecuencia el rodete solo recibe energía cinética. La presión a la entrada y salida de las cucharas (o alabes) es la misma e igual a la atmosférica.

- Turbinas de reacción: Se llama así (en el caso de pura) cuando se transforma la energía potencial en cinética íntegramente en el rodete. Este recibe solo energía potencial. La presión de entrada es muy superior a la presión del fluido a la salida. Esto ocurre en un aspersor. En la realidad no se ha desarrollado este tipo de turbina industrialmente. Se llaman así aun que habría que considerarlas como un tipo mixto.

Otra clasificación muy distinta es en función de la dirección del flujo en el rodete, lo que puede hacer que clasifiquemos a las turbomáquinas en:

- Axiales: El desplazamiento del flujo en el rodete es paralelo al eje. Es axial y tangencial (giro).
- Radiales: El desplazamiento en el rodete es perpendicular al eje. No tiene componente axial.
- Mixtas: Tiene componente Axial, radial y tangencial.

En la actualidad, las turbinas que dominan el campo en las centrales hidroeléctricas son:

- Pelton (de acción)
- Francis (de reacción)
- Hélice y Kaplan (de reacción)
- Bulbo (de reacción)

El rendimiento de todas ellas supera el 90%. Podemos comparar sus rendimientos en función con el porcentaje del caudal nominal para las que fueron diseñadas.

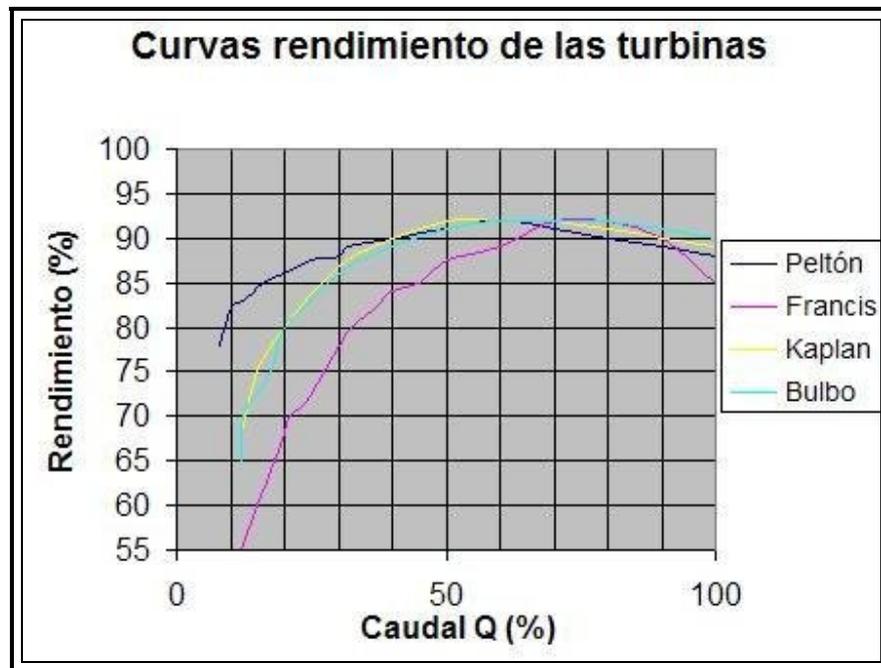


Figura 3. Grafica de curvas de rendimiento de las turbinas.

La potencia de la instalación vendrá determinada por la altura del salto y por el caudal del que se disponga en dicho salto, esto es, podemos conseguir potencia o por la altura o por el caudal, como podemos comprobar:

$$F = m \cdot a$$

$$W = F \cdot X = m \cdot a \cdot X = m \cdot g \cdot H$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{m \cdot g \cdot H}{t} = \frac{V \cdot \rho \cdot g \cdot H}{t} = \frac{V \cdot \rho \cdot H}{t} = Q \cdot \rho \cdot H$$

Para todas las turbinas hidráulicas que son geoméricamente semejantes se mantiene constante la relación entre la potencia de salida y la altura del salto, a esta constante, que diferencia a una familia de turbinas con otras se les llama velocidad específica n_s .

La velocidad específica n_s de las turbinas es el parámetro clave para fijar el tipo de turbina y su diseño, viene expresada por la siguiente ecuación:

$$n_s = \frac{n * P_e^{1/2}}{H^{5/4}}$$

Las velocidades específicas n_s pueden abarcar desde $n_s= 10$ hasta $n_s=1150$. Para una potencia P_e y un número de revoluciones n , los saltos de alta presión nos llevan a una velocidad específica n_s baja. Por el contrario, los saltos de baja presión (baja altura) nos conducen a velocidades específicas n_s altas. En función de la altura del salto y la velocidad específica de la turbina podemos clasificar el uso de los distintos tipos de turbinas.

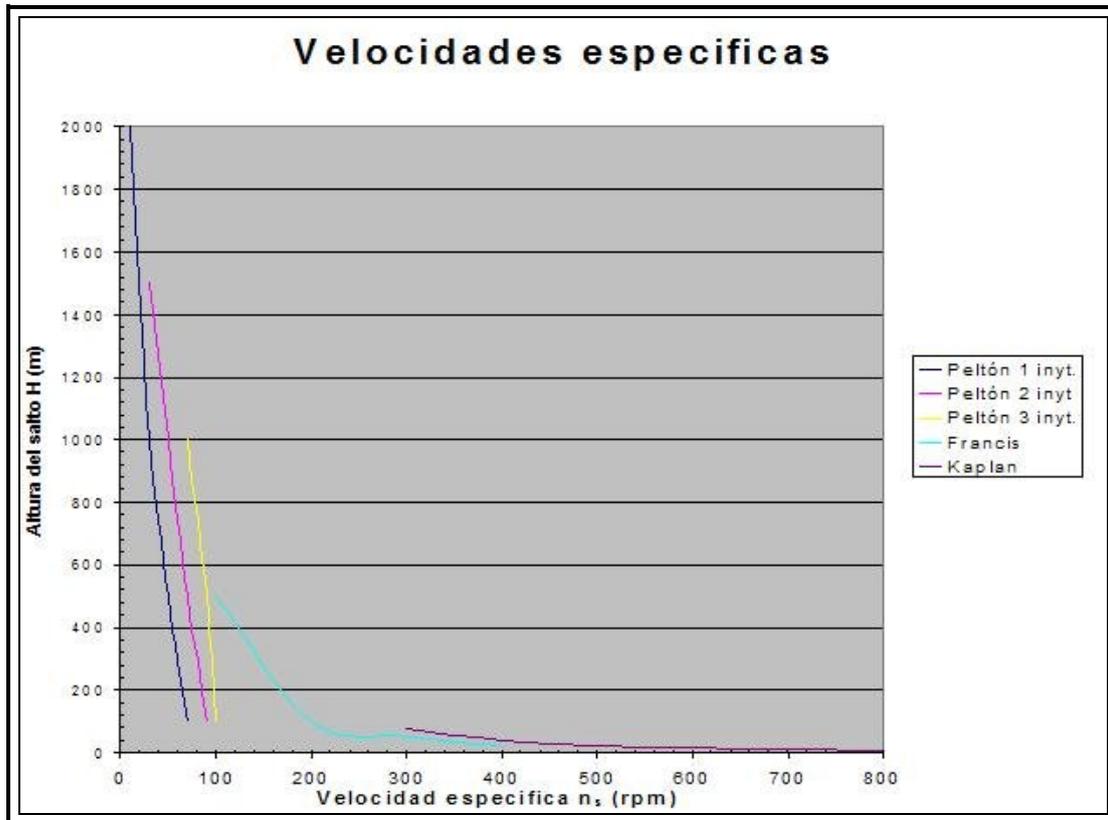


Figura 4. Grafica velocidades específicas de las turbinas.

En el gráfico podemos comprobar como la potencia en una turbina Pelton se consigue más por la altura que por el caudal. La altura de los saltos característicos para estas turbinas varían entre los 100 y 2000 metros. Su velocidad específica n_s resulta baja entre 10 y 30 con un solo inyector.

Las turbinas Francis, siguen en utilización a las Pelton. Han evolucionado desde un paso del flujo a través del rodete casi radial a un paso casi axial, adaptándose bien a alturas de entre 30 y 550 metros a una gran variedad de caudales. Sus velocidades específicas están entre n_s 75 y 400.

Las turbinas hélice son una prolongación de las Francis en las que el flujo a su paso por el rodete es totalmente axial. En las turbinas hélice los alabes del rodete

son fijos, en cambio en la Kaplan estos cambian automáticamente de posición, buscando que el agua entre tangente a los mismos sea cual fuere la demanda de carga de la central. La turbina Kaplan se adapta de pequeñas alturas y grandes caudales. Las alturas varían entre los 4 y 90 metros y su velocidad específica n_s esta comprendida entre los 300 y 900.

Finalmente, la demanda creciente de energía obliga al diseño de toda clase de aprovechamiento (menores alturas y mayores caudales, aparece entonces la turbina bulbo, capaz de aprovechar saltos de entre 1 u 15 metros de altura. Con ella el campo de aplicación de las turbinas aumenta hasta n_s 1150.

TURBINA PELTON

Inyector

El inyector es una tobera diseñada para reducir hasta los valores deseados el caudal, y con ello las pérdidas de carga en la conducción. Las perdidas de carga se producen por la fricción (rozamiento) del fluido con la superficie de la tubería de conducción forzada. Las perdidas de carga dependen de la naturaleza de las paredes internas de dicha conducción, del caudal, de la sección y de la longitud de las mimas. A mayor caudal o menor sección (aumento de la velocidad del fluido) aumentan las perdidas de carga. A mayor longitud de la tubería mayor son dichas perdida. Si el caudal se hace cero la perdida de carga desaparece.

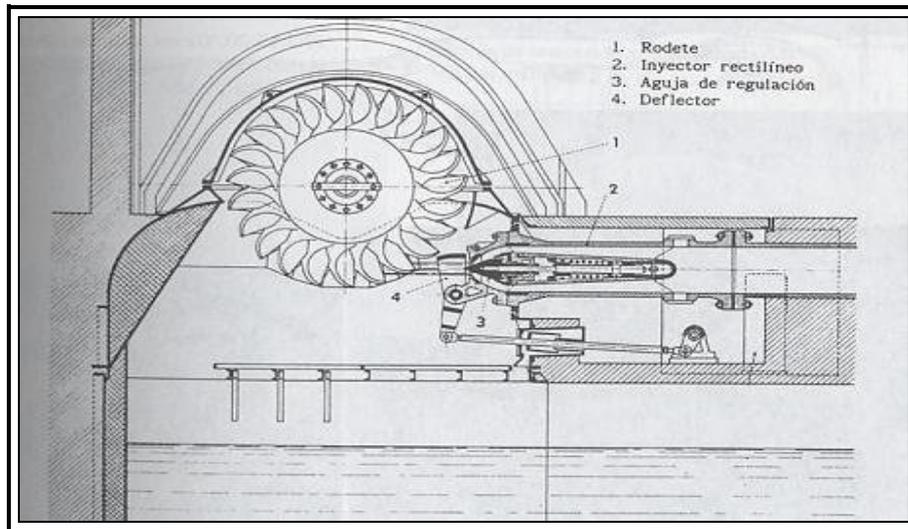


Figura 5. Partes de una turbina Pelton.

El inyector lleva en su interior una aguja de regulación, que se desplaza entre dos posiciones límite de caudales nulo y máximo. Mandada por un servomotor, mediante aceite a presión, esta aguja ocupa en cada momento la posición correspondiente a la potencia exigida a la turbina.

Cuando disminuye la carga, hay que actuar sobre el caudal más rápidamente de lo que interesa a efectos del golpe de ariete. Un cierre rápido puede provocar una situación desastrosa. Para ello cada inyector lleva incorporado un deflector que intercepta el chorro inmediatamente parcial o totalmente, cerrando la aguja más lentamente y así no crear el golpe de ariete.

Rodete

Consta de una rueda con cucharas alrededor, a las que podemos llamar también alabes y/o cangilones, sobre las que actúa el chorro inyector. El tamaño y número de cucharas dependen de las características de la instalación y/o de la velocidad específica n_s . Cuanto menor sea el caudal y mayor la altura del salto,

menor será el diámetro del chorro. Las dimensiones de la cuchara vienen ligadas directamente por el diámetro del chorro.

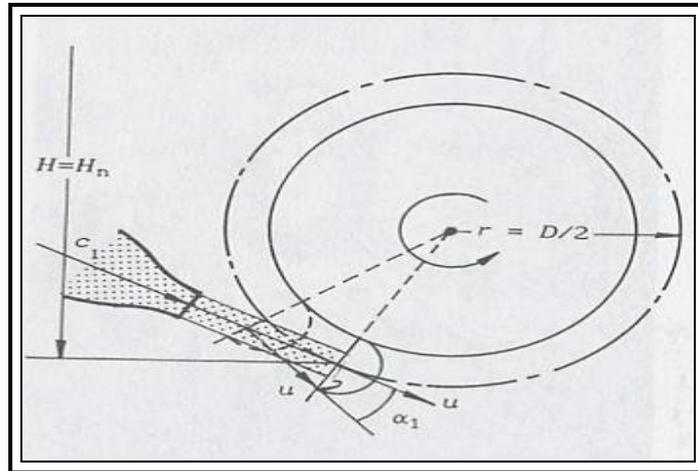


Figura 6. Esquema del rodete a la entrada del chorro.

Cada vez que va a entrar una cuchara en el campo de acción del chorro sufriría un rechazo, por lo que a esta se le practica una mella de aproximadamente un 10% mayor a diámetro del chorro. La cuchara tiene forma elíptica dividida por una cresta afilada en dos partes simétrica. Al estar dividida en dos la componente axial de la fuerza se contrarresta y de esta forma no sufren los cojinetes. La longitud de la cuchara es de 2.1 veces el diámetro del chorro y la anchura de la cuchara es de 2.5 veces el mismo diámetro.

Triangulo de velocidades de entrada

Si tomamos como punto 2 el embalse y punto 1 la salida del inyector. La velocidad absoluta c_1 de entrada en el rodete es la velocidad V_1 de salida del inyector:

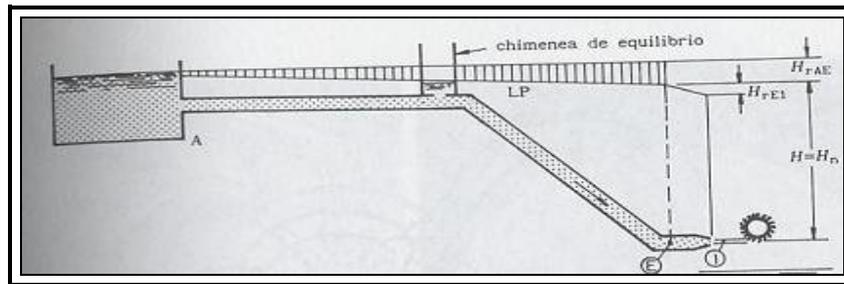


Figura 7. Esquema de velocidad del chorro de entrada.

Para el desarrollo hemos tomado como masa la unidad. Como a la entrada (embalse) y a la salida de la tobera o inyector la presión es la atmosférica se anulan los términos de presión. Por otro lado la velocidad en el embalse V_2 la tomamos como nula:

$$E_2 = E_1$$

$$E = E_{\text{cinética}} + E_{\text{potencial}} + E_{\text{presión}}$$

$$E = \frac{1}{2} m * v^2 + m * g * H + \frac{P}{\rho}$$

$$\frac{1}{2} m_2 * v_2^2 + m_2 * g * H_2 + \frac{P_2}{\rho} = \frac{1}{2} m_1 * v_1^2 + m_1 * g * H_1 + \frac{P_1}{\rho}$$

$$\frac{1}{2} v_2^2 + g * H_2 + \frac{P_2}{\rho} = \frac{1}{2} v_1^2 + g * H_1 + \frac{P_1}{\rho}$$

$$\frac{1}{2} \frac{v_2^2}{g} + H_2 + \frac{P_2}{\rho * g} = \frac{1}{2} \frac{v_1^2}{g} + H_1 + \frac{P_1}{\rho * g}$$

$$\frac{1}{2} \frac{v_2^2}{g} + H_2 + \frac{P_2}{\rho} = \frac{1}{2} \frac{v_1^2}{g} + H_1 + \frac{P_1}{\rho}$$

Si tenemos que el rendimiento de la tobera es el cociente entre la altura efectiva (altura total menos las pérdidas divididas por el total) queda:

$$\eta_{tobera} = \frac{H - H_r}{H}$$

La expresión anterior puede quedarse:

$$c_1 = v_1 = \sqrt{2g(H - Hr)} = \sqrt{2g(\eta_{tobera} * H)} = \sqrt{\eta_{tobera}} \sqrt{2gH}$$

$$C_1 = \text{factor_velocidad_absoluta} = \sqrt{\eta_{tobera}}$$

$$c_1 = C_1 \sqrt{2gH}$$

Siendo C_1 (factor de velocidad absoluta), en lugar del rendimiento de la tobera. El rendimiento de la tobera $\eta_{(tob)}$ a valores de entre 0,94 y 0,98 por lo que los valores de C_1 varían entre 0,97 y 0,99. Tomaremos como valor a falta de otra información 0,98.

La altura disponible H a la entrada de la turbina, se mide con relación al punto de tangencial del eje del chorro con el círculo correspondiente del rodete, es a lo que nos refiere como diámetro D del rodete.

La velocidad tangencial u_1 viene dada por la expresión:

$$u = \frac{\pi * D * n}{60}$$

Como la distancia del eje del chorro al eje del rodete ($r=D/2$) es prácticamente la mitad a la entrada y a la salida de la cuchara ($D_1=D_2=D$), se tiene que $u_1=u_2=u$.

La velocidad tangencial a la hora de diseño se tomara como: $u=0,46 c_1$

Calculo elemental de una turbina pelton

Las turbinas hidráulicas no pueden fabricarse en serie. Cada salto (H, Q) requiere un diseño concreto. La velocidad especifica salto n_s es el parámetro clave para fijar en primer lugar el tipo de turbina y en segundo lugar la forma y el dimensionamiento correspondientes.

Los datos que necesita el fabricante son la altura neta H y el caudal normal, o de diseño Q^* . Para calcular la potencia normal P_e^* que vamos a disponer a partir de H y Q, tenemos la expresión antes desarrollada:

$$P_e = \phi * Q * H * \eta$$

En Europa la frecuencia de la corriente eléctrica es de 50 Hz (en América es de 60Hz, por lo que la velocidad (el número de revoluciones) en rpm será de 3000 (para 1 par de polos en el alternador), 1500 (para 2 pares de polos), 1000 (para 3 pares de polos), 750 (para 4 pares de polos), y así sucesivamente. En turbinas hidráulicas estos valores estén comprendidos entre las 75 rpm para un alternador de 40 polos y las 1000 rpm para un alternador de 3 pares de polos.

Para una instalación en concreto, según las características H-Q, tomamos un tipo de turbina y tanteamos su n_s de forma aproximada, de modo que obtenemos las revoluciones de n, según la expresión:

$$n_s = \frac{n * P_e^{1/2}}{H^{5/4}}$$

Donde las unidades de la expresión son:

Velocidad n rpm

Potencia normal P_e CV

Altura salto m

Calculamos la velocidad absoluta, conociendo la altura del salto y en factor de velocidad, para el que tomaremos $C_1 = 0,98$.

$$V_1 = c_1 = C_1 \sqrt{2gH}$$

La velocidad tangencial viene determinada por el acuerdo adoptado para diseño de $u = 0.46 C_1$

Conocida la velocidad absoluta, es decir la de salida de la tobera y el caudal, demos calcular el diámetro del chorro, a partir del cual tomaremos las dimensiones de la cuchara según ecuaciones empíricas:

$$Q = \frac{\pi * d^2}{4} * c_1 \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * c_1}}$$

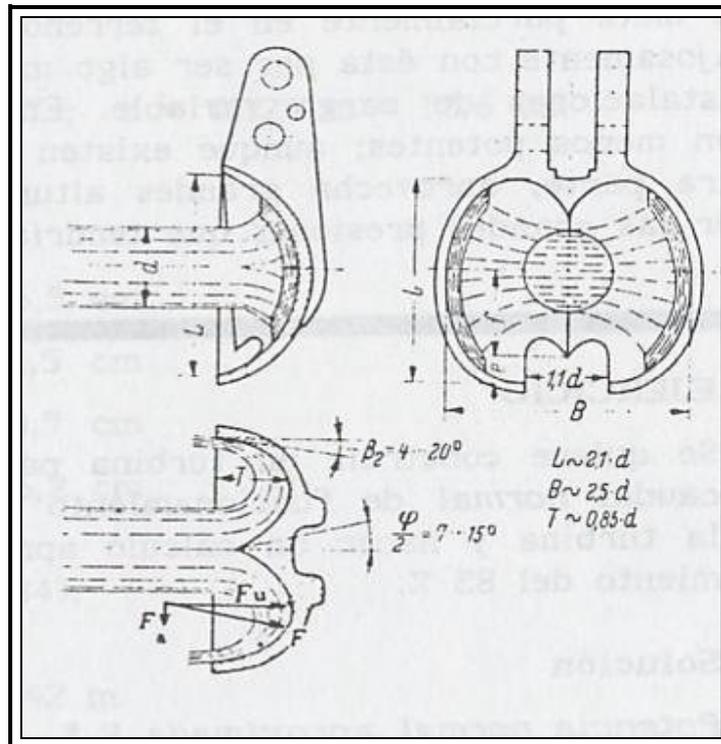


Figura 8. Dimensión de las cucharas al punto de incidencia del chorro.

Longitud cuchara $L = 2,1 \cdot d$

Anchura cuchara $B = 2,5 \cdot d$

Profundidad cuchara $T = 0,85 \cdot d$

Mella en cuchara $m = 1,1 \cdot d$

Paso de cuchara $t = 2 \cdot d$

Para conocer el diámetro D del rodete, conocido la velocidad angular n (rpm) y la velocidad tangencial u calculo el diámetro:

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$$

Por último, conociendo el diámetro D del rodete y el paso de las cucharas puede calcular el número de ellas (z):

$$z = \frac{\pi * D}{t}$$

Si la relación D/d es grande, saldrán muchas cucharas y pequeñas (n_s bajo), en cambio si la relación D/d es pequeña, tendremos pocas cucharas y grandes (n_s alto). El valor de $D/d=12$ lo que nos lleva a un $n_s=20$ proporciona el mejor rendimiento.

Turbina Francis

La turbina Francis, como todas las turbinas de reacción, es de admisión total, el agua entra por toda la periferia del rodete. En consecuencia, un mismo caudal así repartido requiere un rodete que puede resultar mucho menor que el de una rueda Pelton equivalente.

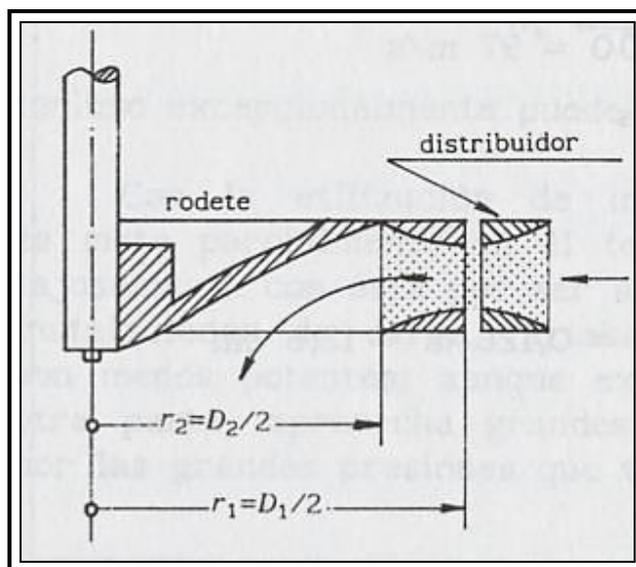


Figura 9. Esquema de una turbina Francis.

Este tipo de turbina fue diseñada por el ingeniero inglés James B. Francis (1815-1892). Era una turbina totalmente centrípeta totalmente radial. Podemos observar dos partes, el distribuidor que es una parte fija a través de la que se admite el agua en el rodete que es móvil y solidario al eje.

Distribuidor

El agua procedente del embalse entra en una cámara espiral que se encarga de hacer uniforme la velocidad de agua por toda la periferia del distribuidor. Para alturas importantes esta caja espiral es metálica, mientras para pequeñas alturas (de grandes secciones) se construyen de hormigón.

El distribuidor de la turbina Francis, y en general de todas las turbinas de reacción, está formado por aletas de guía pivotadas. El agua es acelerada a una velocidad V_1' . Las aletas de guía giran sobre sus pivotes, para modificar la sección transversal de los canales y así ajustar en todo momento el caudal a la carga de la central.

El movimiento de las aletas guía o palas directrices, se consigue con la acción de sus correspondientes bielas, unidas todas a un anillo. Este anillo gira ligeramente, por la acción de uno o dos brazos de un servomotor.

Al girar las aletas forman un ángulo α_1 con la dirección tangencial del rodete. Con $\alpha_1=0^\circ$ se considera para un caudal nulo y con $\alpha_1=15^\circ$ a $\alpha_1=40^\circ$ según la velocidad específica de la turbina para el caudal máximo.

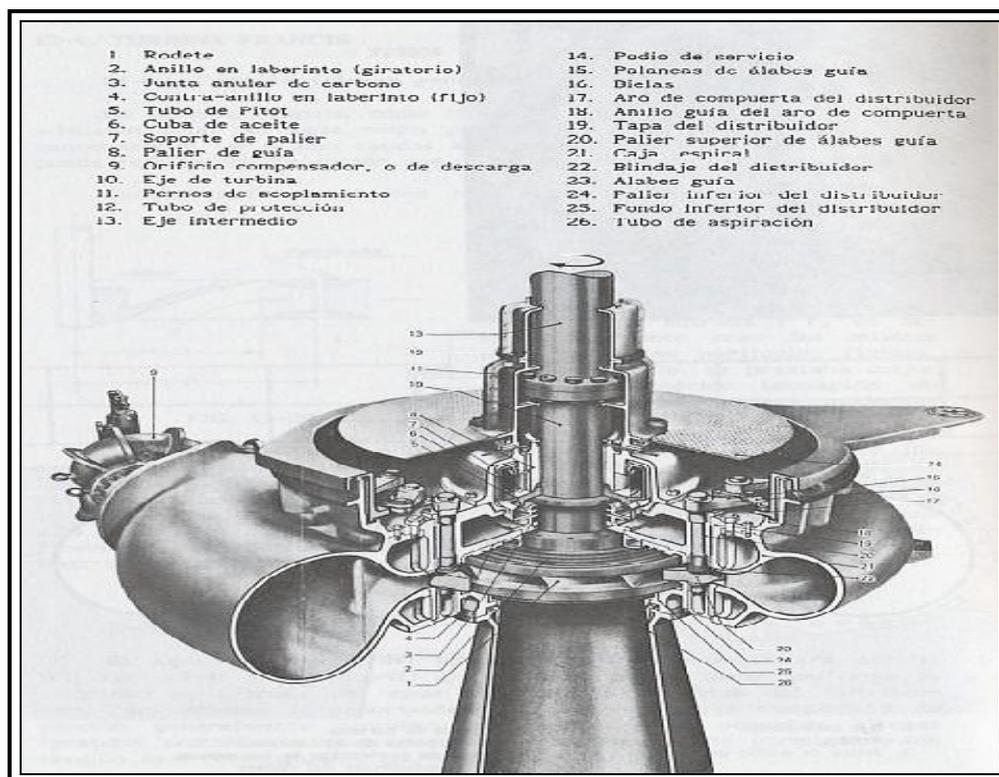


Figura 10. Sección de la turbina Francis completa.

Rodete

El agua sale del distribuidor y gira como un vórtice libre en el espacio comprendido entre éste y los bordes de entrada de los álabes del rodete. La velocidad V_1' de salida del distribuidor no corresponde con la velocidad de entrada en el rodete c_1 .

Con mayores caudales y menores alturas (n_s mayor), la forma del rodete va evolucionando a mayores secciones de entrada y flujo más axial. Las potencias unitarias máximas instaladas son mayores que las Pelton, hasta aproximadamente 500.000 CV. Las alturas máximas son de unos 520 m, valores antes reservados a las Pelton y que ahora se solapan.

Calculo elemental de una turbina Francis

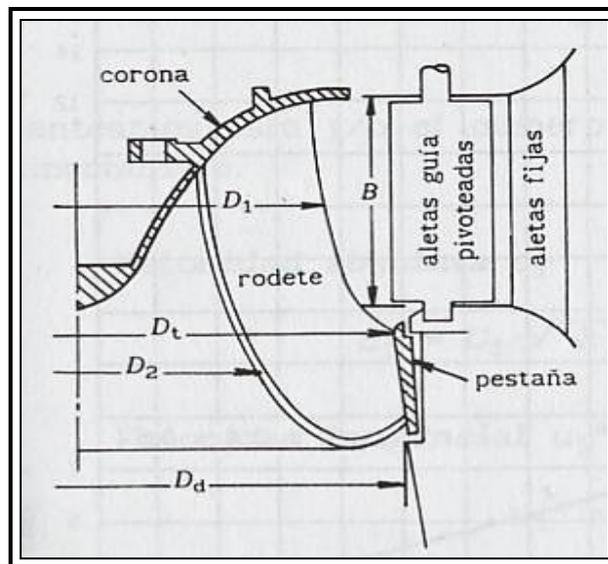
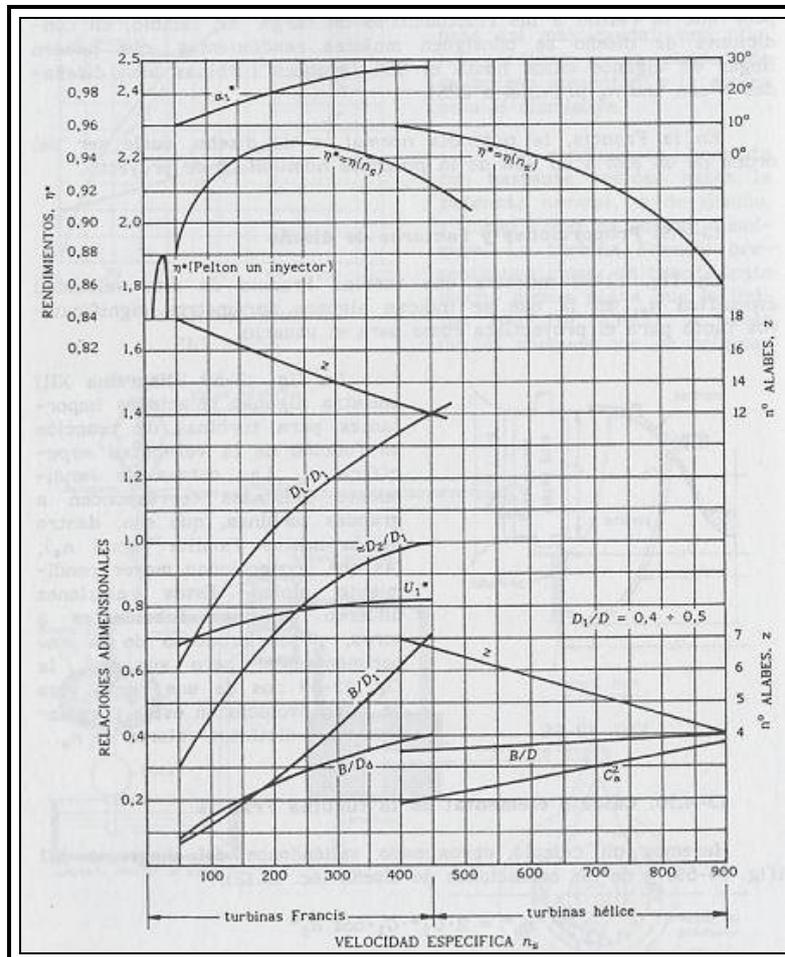


Figura 11. Turbina Francis algunas proporciones y factores de diseño.

Cuadro 1. DIAGRAMA de proporciones y factores para turbinas de reacción.



Supongamos como datos de partida la altura H y el caudal normal de funcionamiento Q , para ello determinaremos la potencia normal, tomando un 90% de rendimiento:

$$P_e^* = \phi * Q * H * \eta$$

Tantearémos con el n_s , los datos de partida y la potencia normal, las revoluciones de trabajo:

$$n_s = \frac{n * P_e^{1/2}}{H^{5/4}}$$

Según el triángulo de entrada de velocidad absoluta c_1 . En la turbina Pelton toda la altura H del salto se transforma en velocidad antes de entrar en el rodete, de forma que:

$$c_1^2 \approx 2gH$$

Pero en las turbinas de reacción sólo se transforma en velocidad (cinética) antes del rodete (en el distribuidor) parte de la energía potencial, de forma que nos encontramos con:

$$c_1^2 \approx C_1^2 2gH$$

$$c_1 = C_1 \sqrt{2gH} \approx 0,66 \sqrt{2gH}$$

De forma que aproximadamente el valor de C_1 (factor de velocidad) que en la turbina Peltón se acercaba a la unidad (0,98), en el caso de la Francis debe de tomar el valor de $C_1 = 0,66$. Es decir se transforma en energía cinética en el distribuidor un 44%. Tenemos por tanto como expresión para el cálculo de la velocidad absoluta:

Para el cálculo de la velocidad tangencial u_1 aplicaremos la siguiente expresión, donde el factor de velocidad tangencial se obtendrá del DIAGRAMA:

$$u_1 = U_1 \sqrt{2gH}$$

Conocidos los valores de n y u_1 calcularemos el diámetro del rodete D_1 :

$$D_1 = \frac{60 * u_1}{\pi * n}$$

$$\eta_h = 2 * U_1 * C_1 * \cos \alpha_1$$

Para el rendimiento hidráulico y el ángulo β de entrada al rodete utilizaremos la siguiente ecuación ya que conocemos U_1 , C_1 y α_1 tomada también del DIAGRAMA:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{C_1 * \operatorname{sen} \alpha_1}{U_1 - C_1 * \cos \alpha_1}$$

Para el cálculo de las dimensiones de los parámetros D_2 , D_t , D_d y B nos dirigiremos de nuevo al DIAGRAMA donde encontraremos las relaciones de ellos mismos con D_1 . Lo mismo haremos para obtener el número de alabes y el rendimiento de diseño, a través de la cual obtendremos la potencia de entrada de diseño (rehacer dicho cálculo, que en un primer momento era estimado el rendimiento al 90%).

Turbina Kaplan

Entre 1910 y 1918 el ingeniero austriaco Kaplan desarrolla una turbina hélice con los alabes de rodete orientables, y que lleva su nombre. Al poder variar la posición de los alabes, puede buscarse que su inclinación coincida en cualquier punto de funcionamiento con la dirección del flujo a la entrada del rodete, por lo que se adapta bien a cualquier carga.

Al ser un desarrollo de las turbina hélice, podemos decir que el paso de flujo es totalmente axial, es decir, paralelo al eje de giro del rodete. Son el paso siguiente a las Francis, es decir su campo de aplicación va desde $n_s=450$ a un $n_s=900$, aunque podemos forzarla y llevarlas a trabajar solapando parte del campo de las Francis hasta $n_s=300$. Las turbinas hélice tienen un buen rendimiento a carga normal, es decir mayor del 90% de la Q de diseño, después decaen fuertemente. Con las Kaplan, gracias a su sistema de variación de posición de los alabes, aprovechamos un mayor rango de Q manteniendo el rendimiento. Para el cálculo de este tipo de turbinas nos apoyaremos en el DIAGRAMA y operaremos de forma similar a la turbina Francis.

El cambio de posición de los alabes del rodete se realiza mediante un servomotor colocado preferentemente en el interior del cubo de dicho rodete.

Como las turbinas Kaplan ah evolucionado en el sentido de grandes potencias con un máximo campo de aplicación. Existen algunas de hasta $550 \text{ m}^3/\text{s}$ y alturas de hasta 60,5 metros.

Son un modelo especial de las Kaplan. Son aptas para aprovechar saltos de muy poca altura y gran caudal. El alternador queda dentro de la envolvente. El agua que circula entre esta y la otra pared concéntrica de mayor diámetro, pasa en primer lugar por los canales que forman unas aletas guía fijas, que sirven de soporte estructural, a continuación por el canal de las aletas guía pivotadas para la regulación, y por último atraviesan un rodete tipo Kaplan. El conjunto queda sumergido como si fuera un submarino. Se accede a él a través de un pozo con diseño exterior aerodinámico para evitar obstaculizar el paso el agua.

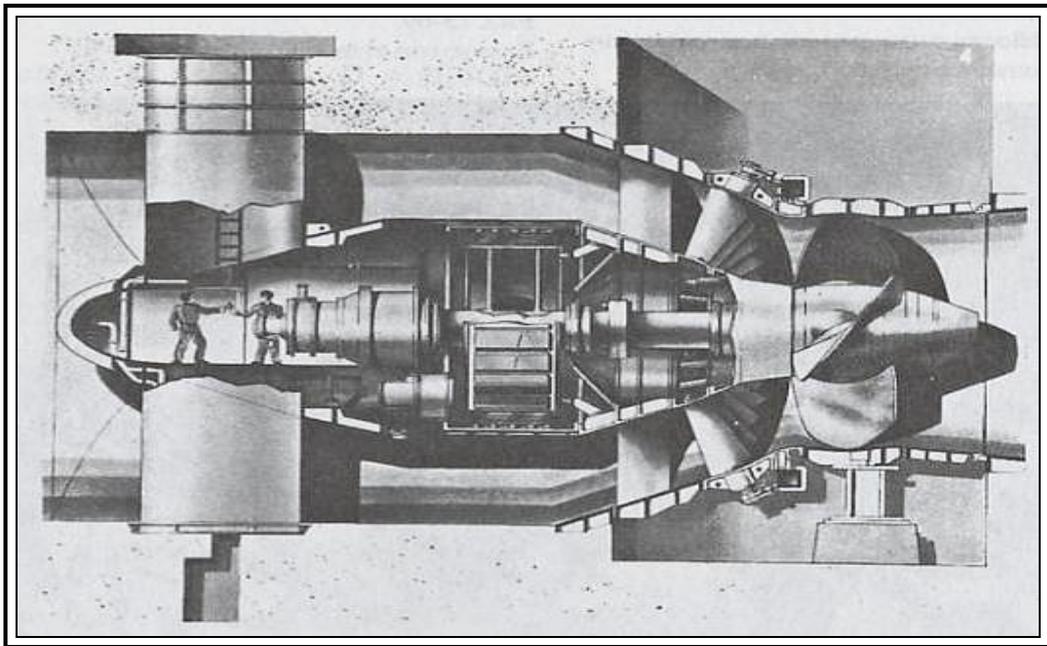


Figura 12. Interior de una turbina Kaplan.

La velocidad específica de una turbina bulbo es muy alta de entre 600 y 1150, solapándose parcialmente con las turbinas tipo Kaplan. Su número de revoluciones es pequeño, por lo que obliga a tener un alternador con un gran número de polos, y en consecuencia un gran diámetro.

PISCICULTURA

Conceptos generales

La Acuicultura es el cultivo controlado de animales y plantas acuáticas hasta su cosecha, proceso, comercialización y consumo final. Estas técnicas se han venido desarrollando en Colombia con relativo éxito durante las tres últimas décadas con el propósito de mejorar la dieta de los campesinos y mercadear los excedentes, en el nivel tecnológico inferior, y recientemente producir en forma industrial proteína de excelente calidad en los niveles tecnológicos superiores.

Al cultivo de peces se le denomina "Piscicultura" y a la especie que se cultiva se le da el nombre de la actividad, por ejemplo: al cultivo de la trucha, truchicultura, al de la carpa, carpicultura, en el caso de los camarones, a su cultivo se le denomina camaronicultura, etc.

Con la Piscicultura podemos utilizar sitios que no son aptos para la agricultura, permite hacer un buen aprovechamiento del agua y la tierra que posee en la finca, además es una buena forma de solucionar los problemas de alimentación y generación de empleo.

TIPOS DE CULTIVO

Según su Densidad y Manejo

a. Extensivos: se realiza con fines de repoblamiento o aprovechamiento de un cuerpo de agua determinado. Se realiza en embalses, reservorios y jagüeyes, dejando que los peces subsistan de la oferta de alimento natural que se produzca. La densidad está por debajo de un pez por metro cuadrado (1 pez/m^2).

b. Semi-intensivos: se practican en forma similar a la extensiva pero en estanques construidos por el hombre, en donde se hace abonamiento y algo de alimento de tipo casero o esporádicamente concentrados. La densidad de siembra final está entre 1 y 5 peces / m^2 .

c. Intensivos: se efectúa con fines comerciales en estanques construidos. Se realiza un control permanente de la calidad de agua. La alimentación básicamente es concentrada con bajos niveles de abonamiento. La densidad de siembra final va de 5 a 20 peces /m² dependiendo del recambio y/o aireación suministrada al estanque.

d. Superintensivos: aprovecha al máximo la capacidad del agua y del estanque. Se hace un control total de todos los factores y en especial a la calidad del agua, aireación y nutrición. Se utilizan alimentos concentrados de alto nivel proteico y nada de abonamiento. Las densidades de siembra finales están por encima de 20 peces / m².

Según las especies trabajadas

a. Monocultivo: Se utiliza una sola especie durante todo el cultivo.

b. Policultivo: cultivo de dos o más especies en el mismo estanque con el propósito de aprovechar mejor el espacio y el alimento. Un ejemplo es de sembrar la especie mojarra y la especie cachama en el mismo estanque, la mojarra es de agua alta (mantiene en la superficie) y la cachama es de agua baja (mantiene por debajo de 50 centímetros de la superficie), por lo que el alimento que no alcance a consumir la mojarra será consumido por la cachama y no habrán desperdicios en el fondo del estanque, aparte de que se está aprovechando toda el área del estanque.

c. Cultivos integrados: se fundamenta en el aprovechamiento directo del estiércol de otros animales como patos o cerdos para la producción de plancton (fito plancton) que sirve de alimento para los peces. Un ejemplo sería construir en una parte del estanque un galpón de pollos con piso de malla con el ánimo de que el estiércol caiga en el estanque.

Especies de peces recomendadas para clima medio y cálido.

Las especies que actualmente se están cultivando en estos climas son la Mojarra roja o plateada y las Cachamas blanca y negra. Estos peces ofrecen ventajas para el cultivo ya que además de rústicos y resistentes al transporte y manejo, soportan condiciones externas de calidad de agua, crecen rápido y toleran altas densidades de siembra y permiten la práctica del policultivo. Además se adaptan muy bien a las raciones alimenticias artificiales convirtiendo muy eficazmente el alimento en carne.

Antes de comenzar podemos decir que las Cachamas son los peces más recomendables para lograr un proceso de cultivo a nivel de las comunidades rurales.

Las Mojarras son los peces exóticos más promisorios para cultivo. La Mojarra roja es muy demandada por el consumidor dada su presentación, buen color de la carne y tamaño del filete. La Mojarra plateada es una línea potencial o complementaria si las condiciones del mercado regional se modifican en el futuro.

Además de las especies mencionadas se ven con potencialidades de cultivo las especies Yamú, Bocahico y Bagre rayado, las cuales actualmente se cultivan en pequeña escala o como especies secundarias en los cultivos de más de una especie o policultivos.

Cultivo de trucha.

Es originaria de la vertiente del Pacífico en Estados Unidos, su cuerpo es alargado, de color verde olivo a negro en el dorso y blanco en el vientre, con colores longitudinales en los costados que asemejan un arcoiris y presenta pequeñas manchas oscuras en la región dorsal.

En su hábitat natural prefieren aguas que fluyan, aunque se adaptan a aguas estancadas como presas y lagos.

Es una especie carnívora y voraz que persigue activamente a su presa, además gusta de nadar contra corriente, de ahí que su cuerpo tenga una constitución alargada y ligeramente aplanada, este patrón no les permite acumulo de grasa en tejidos, lo que lo hace atractiva al consumidor.

Su contenido proteico y la textura de su carne hacen que sea un alimento de alta calidad nutricional, la cual es una alternativa al complemento alimenticio, ya que 250 grs. proporcionan el 88% de las proteínas requeridas por los niños y el 68% en los adolescentes.

Crecimiento.

Su selección genética le ha permitido su difusión como un organismo adecuado a la piscicultura dada sus características favorables en el crecimiento y conversión alimenticia que permiten la creación de proyectos para explotaciones intensivas y semiintensivas, que son económicamente rentables.

La trucha arco iris alcanza un peso de 250 a 300 grs. en un período de 7 a 12 meses dependiendo de las condiciones ambientales y manejo de los organismos.

Reproducción.

El macho alcanza la madurez sexual al año la hembra a los dos años, siendo la época de reproducción en los meses de septiembre a febrero. El macho se diferencia por su mandíbula inferior alargada y en forma de gancho.

El número de óvulos por Kg. de hembra es de 1,000 a 2,800. La mortalidad de huevo en incubación hasta su eclosión varía de 10 al 30%.

Condiciones para su cultivo.

El cultivo en forma controlada puede realizarse en estanquería rústica o de concreto, aunque también puede emplearse presas y lagos con fines de pesca deportiva, el agua debe ser de buena calidad libre de contaminantes, sólidos en suspensión y reunir las siguientes características:

Oxígeno disuelto >5 mg/lit.

Temperatura del agua 7.2 18°C

pH 6.7 9

Alcalinidad 20-200mg/lit.

Bióxido de carbono < 2 mg/lit.

Amonio <0.012 mg/lit.

Nitrito < 0.55 mg/lit.

Siembra y rendimientos.

La cantidad de peces a sembrar depende del tipo de estanquería, flujo de agua, temperatura, altitud y oxígeno disuelto, entre otros; se recomienda una talla de 3 a 6 cm., con la finalidad de que la tasa de mortalidad durante el manejo y transportación sea mínima.

En su cultivo se pueden obtener rendimientos superiores a los 50 Kg./m², aunque los más comunes oscilan entre los 10 y 30 kg./m².

Atención al cultivo.

Es recomendable durante el proceso de engorda proporcionar al cultivo los siguientes cuidados:

- “ Seleccionar a los peces por tallas para evitar el canibalismo proporcionando adecuadamente la ración alimenticia.

- “ Emplear un tamaño de alimento adecuado a la talla de los peces, almacenando el alimento en un lugar seco y ventilado.

- “ Mantener estricta limpieza del equipo, artes de pesca y estanquería.

- “ Vigilar que el flujo de agua sea constante y adecuado.

- “ Llevar una carpeta técnica con los datos de las actividades cotidianas y registro de los organismos.

MATERIALES Y MÉTODOS.

I. ASPECTOS GENERALES:

Nombre de la obra: Nuncio

Municipio: Arteaga

Estado: Coahuila

Inversión: \$ 15,558,647.00 pesos

Finalidad de la obra: generación de energía eléctrica, riego, turismo y piscicultura.

II. PROPÓSITO DE LA OBRA:

Reconvertir las tierras de agricultura de temporal a riego, contar con el suministro de energía eléctrica en la localidad, mediante el sistema hidrotécnico. Derivar parte de las escorrentías del arroyo donde se localiza la obra, para después conducir las hasta las áreas de siembra y al área de generación de corriente eléctrica.

III. LOCALIZACIÓN:

La obra de uso múltiple se encuentra en el ejido Nuncio municipio de Arteaga Coahuila, localizada a 150 Km. de la ciudad de Saltillo, su ubicación geográfica es: 25° 16' latitud norte, y 101° 18' longitud oeste, a 1700 msnm.

IV. VIAS DE COMUNICACIÓN:

Para llegar a Nuncio se parte de Saltillo Coahuila, por la carretera a Arteaga Coahuila hasta el entronque con la carretera a los Lirios siguiendo a Jame (70 Km.) y se recorren 80Km. de terracería dando un total de 150Km.

V. CLIMATOLOGÍA:

El clima de la región es el $C(w_0)$ y $C(w_0)X'$, que se ubica dentro de los templados subhúmedos, con lluvias predominantes en el periodo de Mayo-Septiembre con una precipitación media anual de 380.5 mm. (Cuadro1).

Cartografía de climas

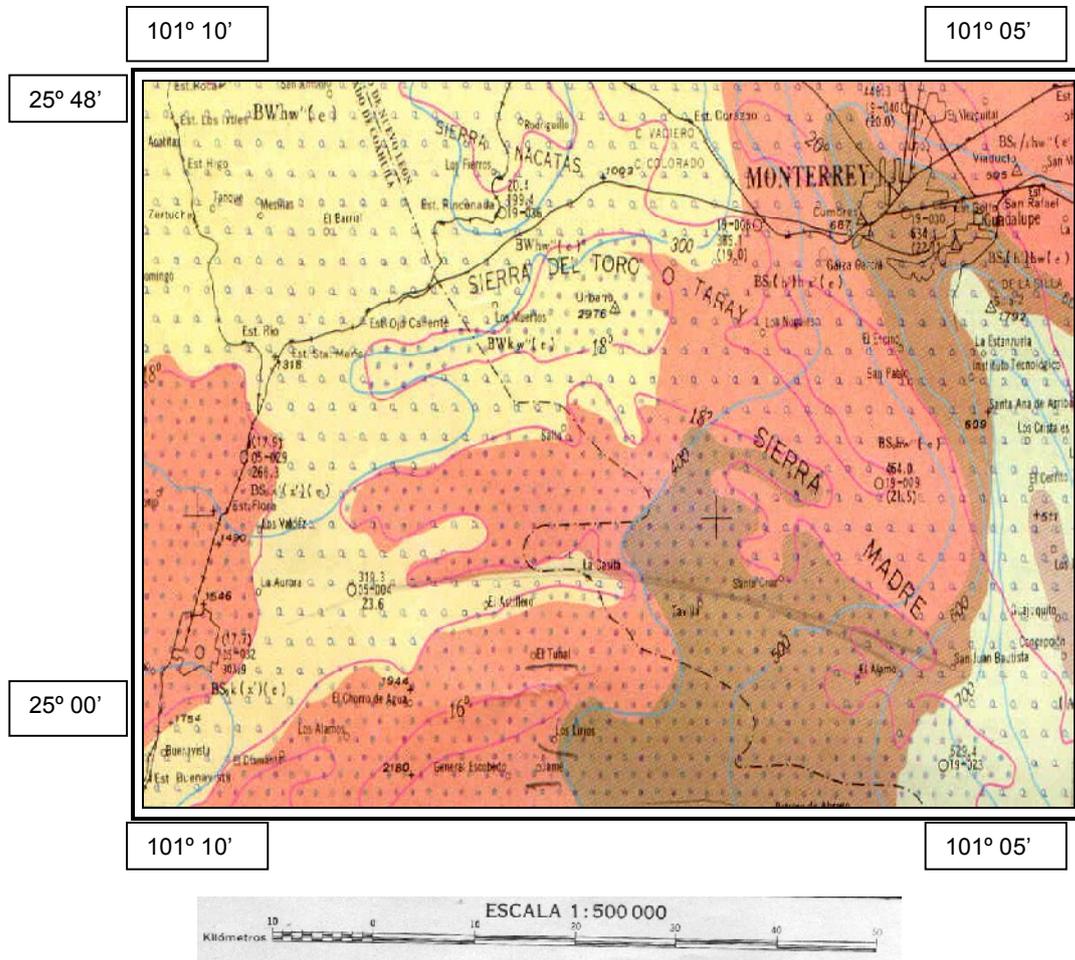


Figura 13. Carta de climas, escala 1:500,000. Monterrey 14R – VII

Temperaturas.

La temperatura media anual es de 12°C a 16°C.

Régimen de lluvias.

La precipitación media anual se encuentra en el rango de los 400 a 500 milímetros con régimen de lluvias en los meses de mayo, junio, julio, noviembre y enero.

Evaporación

La evaporación que presenta es de 200 a 300 mm. Siendo más alta a finales de primavera y todo el verano y la más baja en invierno. El más alto puede ser de hasta más de 300 mm. y el más bajo hasta de 100 mm.

Vientos.

Los vientos prevalecientes tienen dirección noreste con velocidad de 15 a 20 k/h anuales; la frecuencia anual de heladas en el municipio es de 40 a 60 días y el de granizadas de 2 a 3 días.

VI. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS:

Para el análisis del estudio hidrológico se tomo en cuenta los datos de las precipitaciones de Arteaga Coahuila, las primeras se describen en el Cuadro 1. y conforme a estas precipitaciones se obtuvo el periodo de retorno de lluvias máximas Figura 1. Las curvas de probabilidad de las precipitaciones de Arteaga se encuentran en el Apéndice A.

Cuadro 2. Precipitaciones de 40 años de Arteaga, Coahuila.

Números	Años	Lluvias máximas (mm)	$(K - 1)^2$	Probabilidad P, (%)
1	1988	116.0	5.39554	2.44
2	1961	81.0	1.74307	4.88
3	1995	71.5	1.09856	7.32
4	1967	61.0	0.55853	9.76
5	1978	55.0	0.33118	12.20
6	1996	51.0	0.21243	14.63
7	1963	49.0	0.16290	17.07
8	2002	44.0	0.06780	19.51
9	1966	43.0	0.05370	21.95
10	1985	40.0	0.02126	24.39
11	1976	40.0	0.02126	26.83
12	1974	40.0	0.02126	29.27
13	1981	36.0	0.00097	31.71
14	1977	36.0	0.00097	34.15
15	1990	35.0	0.00001	36.59
16	1989	34.0	0.00068	39.02
17	1983	32.0	0.00695	41.46
18	1973	31.0	0.01254	43.90
19	1971	31.0	0.01254	46.34
20	1992	29.0	0.02866	48.78
21	1979	28.0	0.03918	51.22
22	1972	28.0	0.03918	53.66
23	1987	27.0	0.05134	56.10
24	1970	26.0	0.06514	58.54
25	1965	26.0	0.06514	60.98
26	1998	25.5	0.07266	63.41
27	1991	24.0	0.09767	65.85
28	1997	23.5	0.10682	68.29
29	1964	23.5	0.10682	70.73
30	1993	22.0	0.13676	73.17
31	1975	22.0	0.13676	75.61
32	2001	21.5	0.14756	78.05
33	1969	21.0	0.15876	80.49
34	1986	20.0	0.18241	82.93
35	1968	20.0	0.18241	85.37
36	1962	20.0	0.18241	87.80
37	1982	19.0	0.20770	90.24
38	1984	15.0	0.32527	92.68
39	1980	15.0	0.32527	95.12
40	1994	14.0	0.35876	97.56
	Σ	1396.50	12.73885	
	Media	34.91		
			$K = \text{Prec}/\text{Media}$	
			$P = (N/m+1) * 100$	

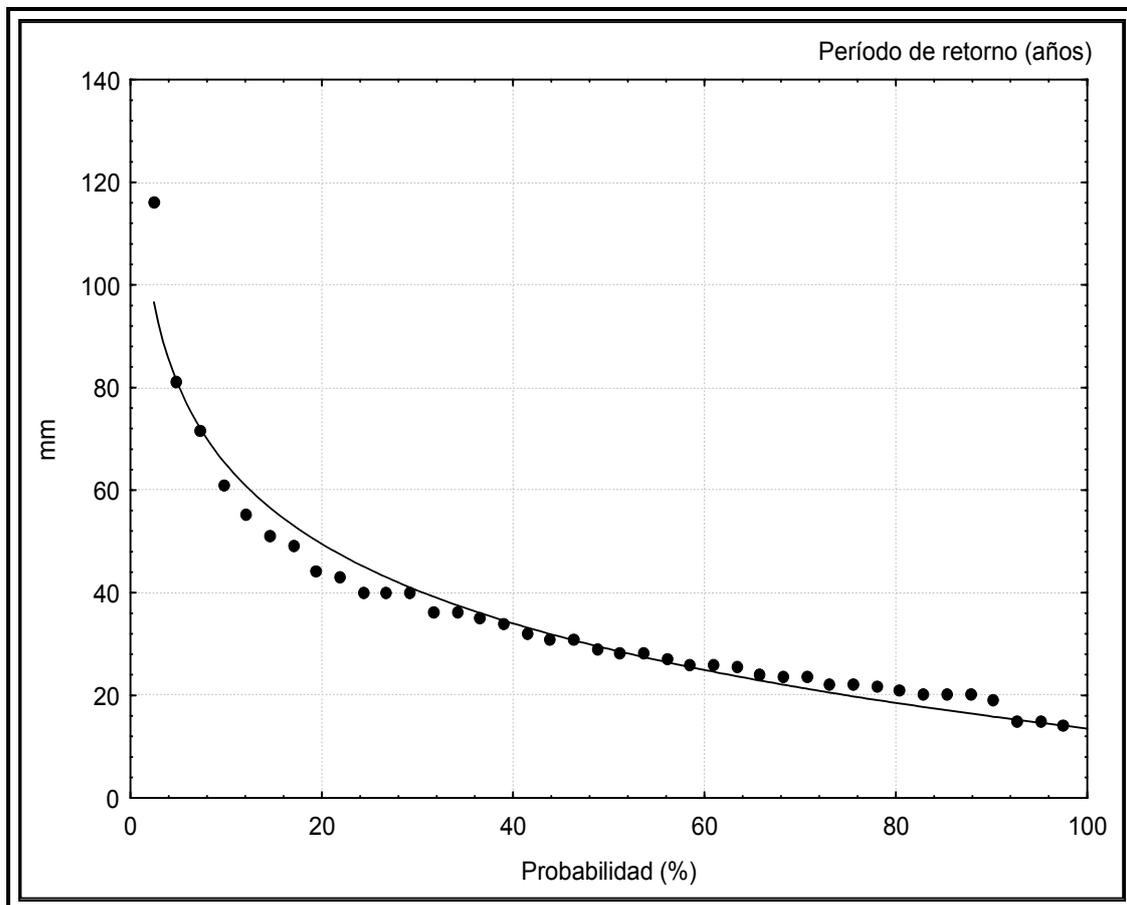


Figura 14. Curva de la probabilidad de las precipitaciones máximas diarias (mm).

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

VEGETACIÓN

La vegetación bastante variada, consta de pino, cedro, encino, oyamel, lechuguilla, álamo, abeto, tejocote, pinabete, alamillo, sauz, palma, biznaga, maguey, pingüica, capulín, pirul, nopal, membrillo, manzano, durazno, chabacano, nogal, orégano, menta, laurel, hierbanís, rosa de castilla, gordolobo, hierba de San Nicolás, manzanilla, suelda y romero.

GEOLOGÍA

El tipo de roca del que esta compuesto el suelo pertenece a los aluviales de origen sedimentarios, construidos básicamente por lutita areniscas.

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

En la mayor parte de esta zona predominan los suelos tipo litosol, castañozen subdividido en calcico, haplico, luvico.

AREA DE LA CUENCA

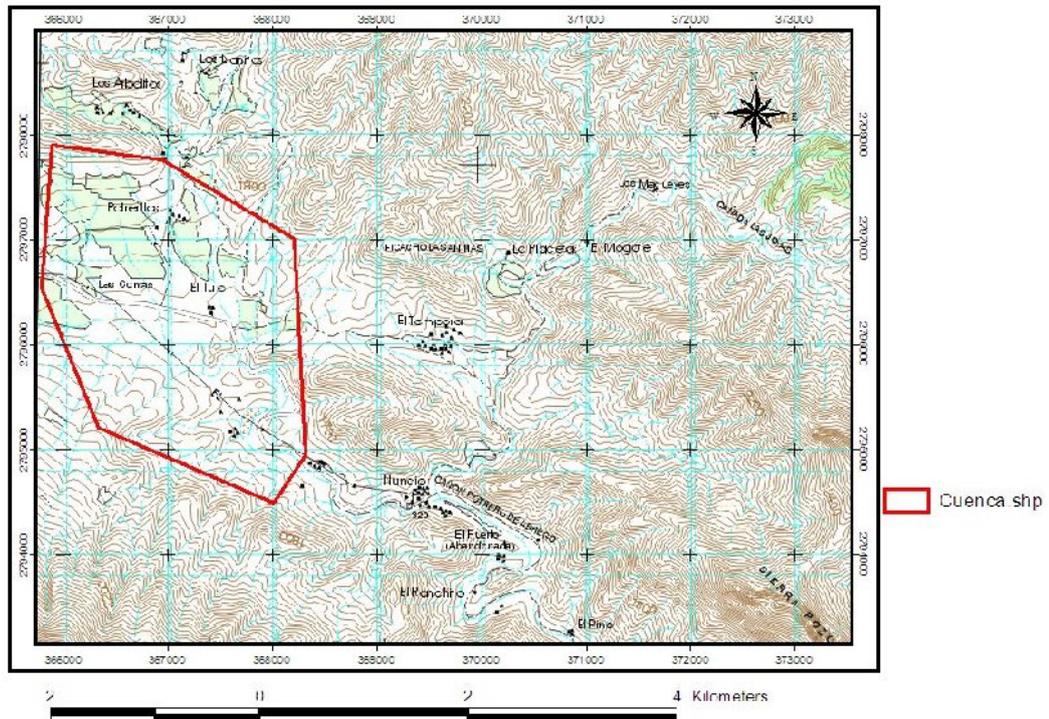


Figura 15. Área de la cuenca de estudio en km².

CUENCA

La obra hidrotécnica tiene una cuenca de 120.2 Km². tomando en cuenta las precipitaciones medias anuales 380.5 mm. El volumen de escurrimiento anual es de 457, 361 m³.

Área de cuenca..... 120.2 KM². = 120,200,000 m².

Precipitación media anual.....380.5 mm. = 0.3805 m.

Volumen anual por lluvia precipitada..... 45,736, 100. 0 m³.

Coefficiente de escurrimiento..... 0.1 = 10 %.

Volumen anual escurrido..... 457, 361.0 m³.

Coefficiente de escurrimiento.

Para el cálculo del coeficiente de escurrimiento del Cuadro 2, se tomaron en cuenta las cartas topográficas de la región (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1992), los cálculos incluyen valores del cuadro 3 y que a la vez se hace uso de la siguiente ecuación;

$$Ce = (Ce/Ac + Ce/Pm + Ce/Cv + Ce/Gs) / 4$$

Cuadro 3. El coeficiente de escurrimiento de la cuenca en estudio.

Descripción		Coefficiente de escurrimiento
Área de la cuenca	120.2 km ²	0.10
Precipitación	380.5 mm	0.05
Cubierta vegetal	Bosque matorral	0.10
Permeabilidad del terreno	Moderada permeabilidad	0.15

$$Ce = (0.10 + 0.05 + 0.10 + 0.15) / 4$$

$$Ce = 0.1$$

Cuadro 4. Coeficientes de escurrimientos.

Coeficiente de escurrimiento por área de cuenca	Área de cuenca (km²)	Ce/Ac
	Menor de 10	0.20
	11 a 100	0.15
	101 a 500	0.10
Coeficiente de escurrimiento por precipitación	Precipitación media anual (mm.)	Ce/Pm
	Menor de 800	0 a 0.05
	801 a 1,200	0.06 a 0.15
	1,201 a 1,500	0.16 a 0.25
	Mayor de 1,500	0.35
Coeficiente de escurrimiento por cubierta vegetal	Cubierta vegetal	Ce/Cv
	Bosque matorral	0.05 a 0.20
	Pastos y cultivos	0.01 a 0.30
	Sin vegetación	0.25 a 0.50
Coeficiente de escurrimiento por permeabilidad del terreno	Grupos de suelo	Ce/Gs
	Alta permeabilidad	0.05 a 0.25
	Moderada permeabilidad	0.15 a 0.30
	Baja permeabilidad	0.25 a 0.60

ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL

Considerando el área de la cuenca (11.71 km²) y considerando la precipitación media anual de la zona de los últimos años (261.5mm). El cálculo del escurrimiento medio anual se realizó aplicando la siguiente fórmula:

$$EmA = (A \times Ce \times Pm)$$

Donde:

EmA = Escurrimiento medio anual (m³).

Ce = Coeficiente de escurrimiento.

A = Área de cuenca (km²).

Pm = Precipitación media anual (mm).

$$EmA = (120,200,000 \text{ m}^2 \times 0.1 \times 0.385 \text{ m})$$

$$EmA = 4,573,610 \text{ m}^3$$

CALCULO DEL VOLUMEN ANUAL ESCURRIDO

Calculando el volumen anual por lluvia podemos calcular el volumen anual escurrido basta con solo hacer una conversión y multiplicarlo por un coeficiente de escurrimiento. Este coeficiente se estima por un valor promedio de los escurrimientos anuales. Debido a que el durante el año los escurrimientos son uniformes o muy variables, que ocurren escurrimientos hasta del 50 %, 20 %, 10 %, 5 %, 4 % aproximadamente, aquí en esta zona o lugar se estima para la región 0.1125 que es igual a un 11.25 %.

Por lo tanto:

$$Va_{esc} = (Ce \times EmA)$$

Donde:

Ce = Coeficiente de escurrimiento.

EmA = Escurrimiento medio anual (m^3).

$$Va_{esc} = (0.1 \times 4,573,610 \text{ m}^3)$$

$$Va_{esc} = 457,361 \text{ m}^3$$

CALCULO DEL VOLUMEN APROVECHABLE MEDIO ANUAL

$$VAMA = 0.7 (EmA)$$

$$VAMA = 0.7 (4,573,610 m^3)$$

$$VAMA = 3,201,527 m^3$$

CALCULO DE LA AVENIDA

AVENIDA MÁXIMA

La avenida máxima se determino utilizando el método de Dickens traduciendo al sistema métrico y también se utilizaron otros que también son aceptables para realizar una comparación.

$$Q = 0.0139 C (A)^{0.75}$$

Donde:

Q = Gasto de proyecto, en (m³/seg.).

A = Área de la cuenca, en (km²).

C = Coeficiente que depende de las características de la cuenca y de la precipitación.

0.0139 = Factor de conversión y de homogeneidad de unidades.

$$Q = 0.0139 \times 350 (120.2 km^2)^{0.75}$$

$$Q = 173.608 m^3 / seg.$$

Cuadro 5. La secretaría de comunicaciones y transportes propone valores de C extraídos del “Manual para Ingenieros de Carreteras” de Harger y Bonney.

Características topográficas de la cuenca.	Para precipitaciones de 10 cm en 24 horas.	Para precipitaciones de 15 cm en 24 horas.
Terreno plano	200	300
Con lomerío suave	250	325
Con mucho lomerío	300	350

Métodos para calcular avenidas en cuencas no aforadas

Los métodos estarán en función de los datos que se tengan en cuanto a parámetros de precipitación, características de la cuenca, y de más datos que pueda haber en la región; en todos estos métodos es indispensable tener la carta topográfica del área a analizar donde se va a realizar el estudio. Es necesario tener en cuenta, que los datos de precipitación, no precisamente son de la cuenca en estudio dado que uno de los mayores problemas que existen es la falta de estaciones climatológicas. En algunas estaciones climatológicas existen solamente pluviómetros, razón de tomar como dato la lluvia máxima en 24 horas y en otras, no se tiene la descripción de la lluvia, lo cual nos indica que se deben tomar los datos de precipitación de la estación más cercana, asumiendo que las características de la lluvia son semejantes, por ser una región con características similares (áridas y semiáridas).

Método de Ryves

$$Q = 10.106 (A)^{0.67}$$

$$A = \text{área de la cuenca, en km}^2$$

$$A = 120.2 \text{ km}^2$$

$$Q = 10.106 (102.2 \text{ km}^2)^{0.67}$$

$$Q = 250.10 \text{ m}^3 / \text{seg.}$$

Método de Valentini

$$Q = 27 (A)^{0.5}$$

$$A = \text{área de la cuenca, en km}^2$$

$$A = 120.2 \text{ km}^2$$

$$Q = 27 (120.2 \text{ km}^2)^{0.5}$$

$$Q = 296.01 \text{ m}^3 / \text{seg.}$$

Método de Kulching

$$Q = \left(\left(\frac{3596.24}{A + 958.296} \right) + 0.081 \right) A$$

$$A = \text{área de la cuenca, en km}^2$$

$$A = 120.2 \text{ km}^2$$

$$Q = \left(\left(\frac{3596.24}{120.2 + 958.296} \right) + 0.081 \right) (120.2)$$

$$Q = 410.54 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

Método de Creager

$$Q = 0.503 (C) 0.386 (A) \left(\frac{A}{((0.386(A))^{0.048})^{-1}} \right)$$

$$C = 24.6$$

$$Q = 0.503 (24.6) 0.386 (120.2) \left(\frac{120.2}{((0.386(120.2))^{0.048})^{-1}} \right)$$

$$Q = (5.14 m^3 / seg. / km^2) (120.2 km^2)$$

$$Q = 616.8 m^3 / seg.$$

En la Figura 5. el valor de interpolación usando el área de la cuenca es igual a $9.6 m^3/seg./km^2$.

Método de Lowry

$$Q = \frac{C}{(A + 259)^{0.8}}$$

$$C = 20,422.31$$

$$Q = \frac{20,422.31}{(120.2 + 259)^{0.8}}$$

$$Q = 176.61 m^3 / seg.$$

Cuadro 6. Cálculo de avenidas (S.A.R.H., 1985)*, (S.C.T., 1984)**

Método	Avenidas m³/seg.
Método de Dickens	173.608
Método de Ryves	250.10
Método de Valentíni	296.01
Método de Kulching	410.54
Método de Creager	616.80
Método de Lowry	176.61

* Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

** Secretaria de Comunicación y Transporte.

VASO DE LA PRESA

El vaso de la presa se obtuvo a través de un levantamiento topográfico, tiene un área de y tiene la capacidad de almacenar 24,500m³.

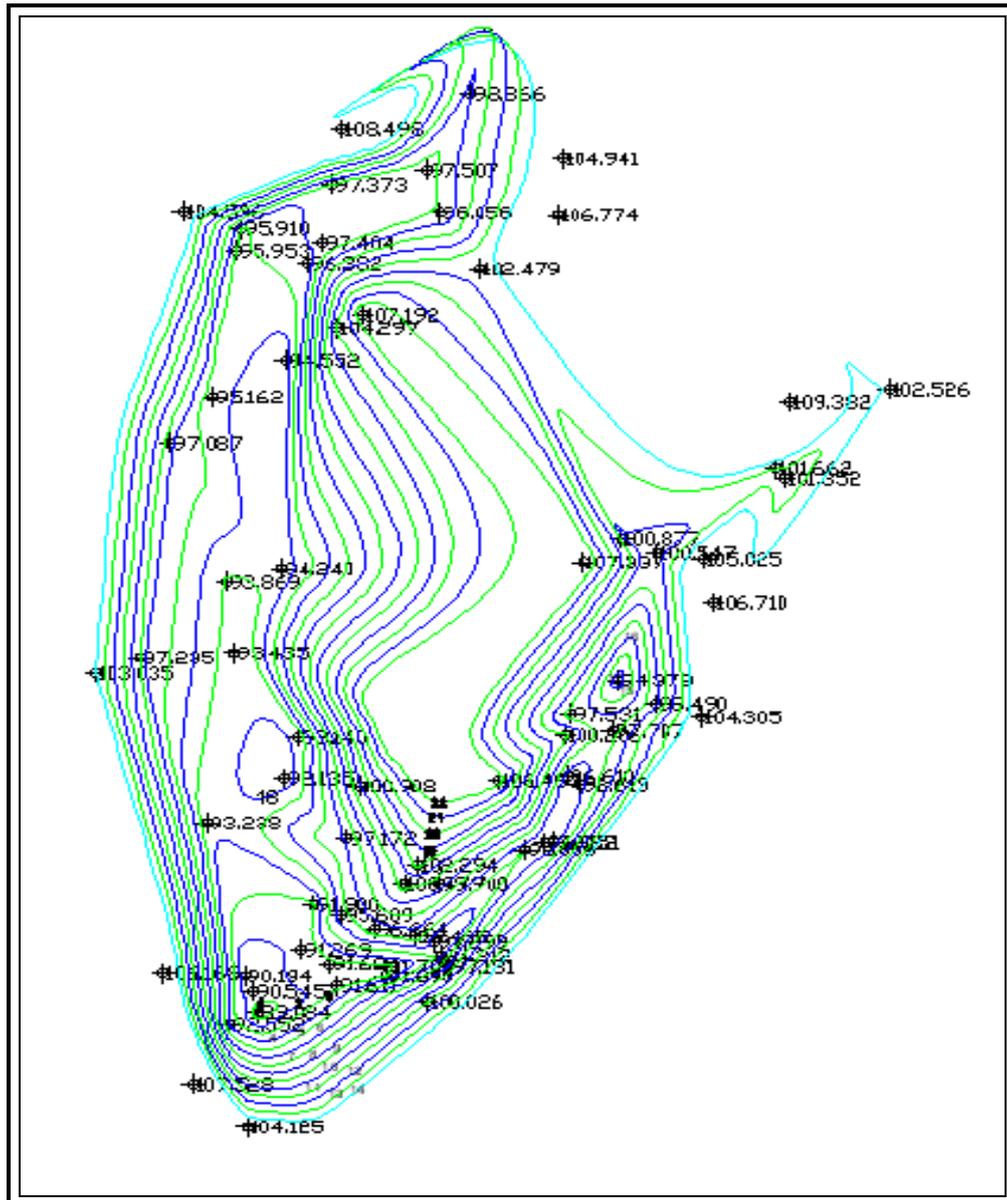


Figura 16. Vaso de la presa "Nuncio".

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

El vaso presenta una forma regular, la altura hasta el nivel del vertedor de demasías es de 14 m, el volumen de almacenamiento hasta esa altura es de aproximadamente 24,500 m³.

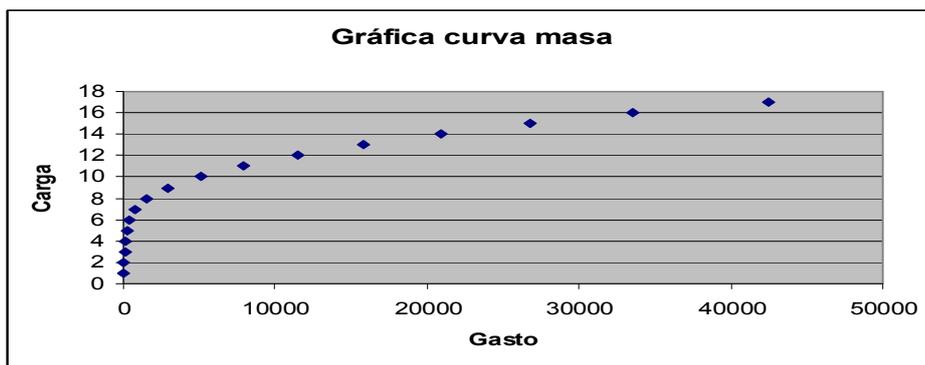


Figura 17. Grafica de carga y gasto del vaso de la presa.

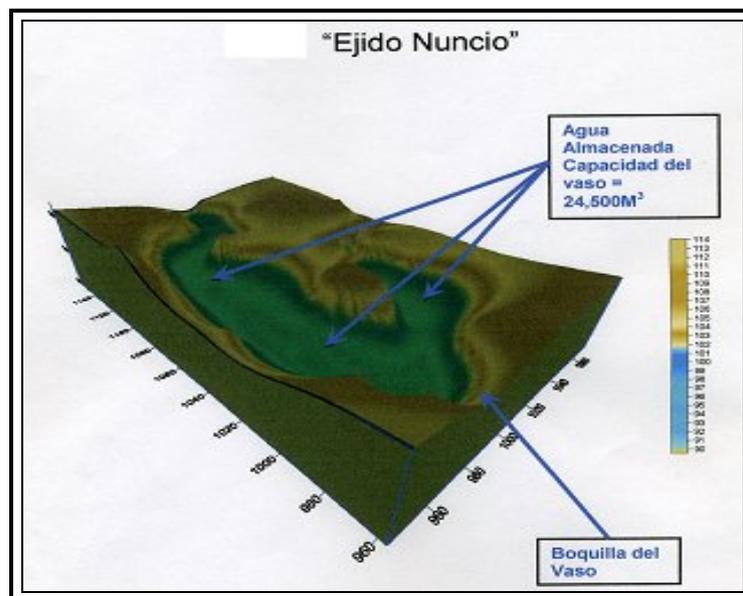


Figura18. Capacidad de almacenamiento del vaso de la presa.

DISEÑO DE LA OBRA

CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

Obra hidrotécnica:

La obra hidrotécnica se construye con ciclopio.

Esta obra cuenta con un vertedor de demasías y obra de toma.

Longitud de la cortina.....	66 m.
Ancho de la corona.....	1 m.
Altura máxima.....	14 M
Elevación de la corona.....	1714 msnm.
Elevación de embalse máximo.....	1716.7 msnm.
Ancho de la base.....	10.5 m.

OBRAS DE EXCEDENCIAS

Calculo del vertedor

En este apartado, primero se diseña el perfil del vertedor tipo Creager de ciclopio con las coordenadas que se encuentran en el cuadro.

Cuadro 7. Coordenadas para el diseño del perfil del vertedor tipo Creager .

Coordenadas para X	Coordenadas Para Y	Coordenadas para X	Coordenadas para y
0.0	0.126	1.6	0.764
0.1	0.036	1.7	0.873
0.2	0.007	1.8	0.987
0.3	0.000	1.9	1.108
0.4	0.006	2.0	1.235
0.5	0.027	2.1	1.369
0.6	0.060	2.3	1.653
0.7	0.100	2.4	1.894
0.8	0.146	2.5	1.960
0.9	0.198	2.6	2.122
1.0	0.256	2.7	2.289
1.1	0.321	2.8	2.462
1.2	0.394	2.9	2.640
1.3	0.475	3.0	2.824
1.4	0.564	3.1	3.013
1.5	0.661	3.2	3.207

Para obtener los valores que nos dará el perfil Creager, los valores de cada una de las coordenadas se operaron contra carga H sobre el vertedor de 1.05 m.
Cuadro 8.

Cuadro 8. Valores para obtener el diseño del perfil tipo Creager.

Coordenadas para X	Coordenadas Para Y	Coordenadas para X	Coordenadas para Y
0.000	0.132	1.680	0.802
0.105	0.038	1.785	0.917
0.210	0.007	1.890	1.036
0.315	0.000	1.995	1.163
0.420	0.006	2.100	1.297
0.525	0.028	2.205	1.437
0.630	0.063	2.310	1.583
0.735	0.105	2.415	1.736
0.840	0.153	2.625	2.058
0.945	0.208	2.730	2.228
1.050	0.269	2.835	2.403
1.155	0.337	2.940	2.585
1.260	0.414	3.045	2.772
1.365	0.499	3.150	2.965
1.470	0.592	3.255	3.164
1.575	0.694	3.360	3.367

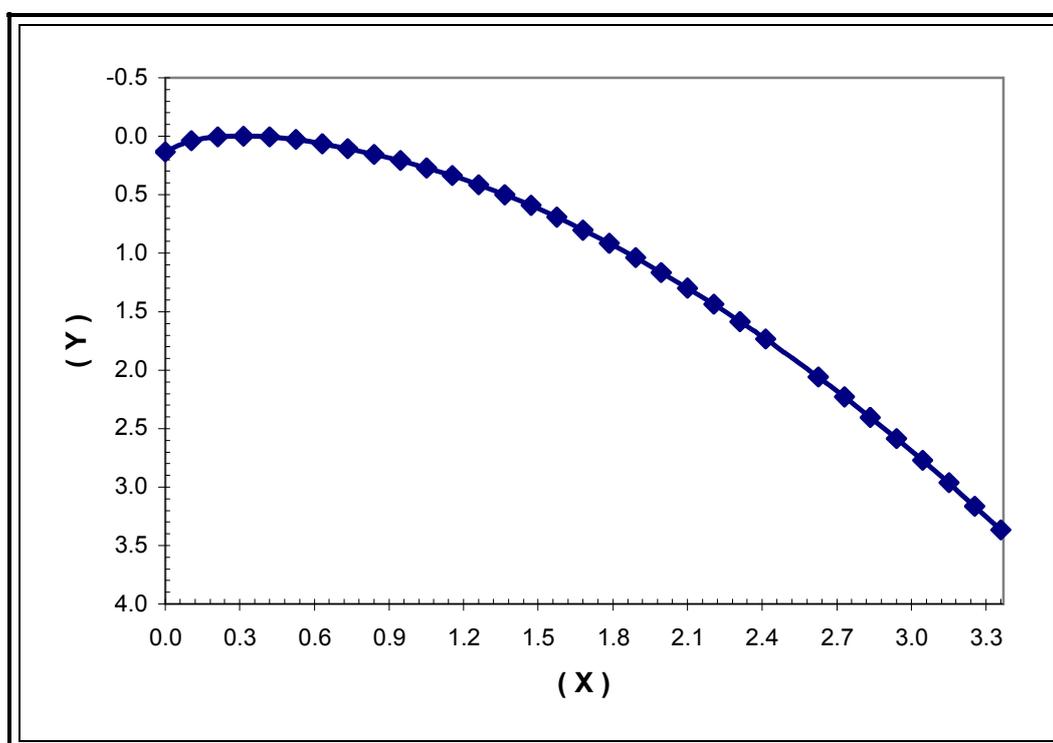


Figura 19. Perfil del vertedor tipo Creager.

El vertedor de demasías de la obra Hidrotecnica tiene capacidad para desfogar 197.95 m³/seg. Para calcularlo se usó la siguiente fórmula:

$$Q = b m (2g)^{1/2} (H)^{3/2}$$

Donde:

m = Coeficiente de gasto.

b = Ancho del vertedor (m).

b = 20 m.

m = 0.49; vertedor tipo Creager.

H = 2.75 m.

$$Q = 20m \times 0.49 \times (2 \times 9.81)^{1/2} (2.75m)^{3/2}$$

$$Q = 197.95 m^3 / seg.$$

Estimación de los coeficientes de seguridad del muro de ciclopio

La presa es un muro vertical de media luna con un solo lado, es de ciclopio con un altura(h) hasta la cresta desde el nivel del suelo de 14 m, más la altura del nivel del agua H = 2.75 m, el peso especifico del ciclopio (γ_c) es de 2,300 Kg./m³, (B) es la sección del muro de un metro de ancho, el peso especifico del agua (γ) es de 1000 Kg./m³, a continuación se tiene el desarrollo de todos los cálculos.

Fuerza Resultante de la Presión Hidrostática sobre el muro.

$$F_{R.P.H} = A_{D.P} \times B$$

Donde:

$A_{D.P}$ = Área del diagrama de presiones.

B = Sección del muro de un metro de ancho.

Tenemos que el área del diagrama de presiones es:

$$A_{D.P} = \frac{(\gamma_{AGUA} \times H_1 + \gamma_{AGUA} \times H_2) \times H}{2}$$

$$A_{D.P} = \frac{((1000 \text{ kg/m}^3 \times 2.75 \text{ m} + 1000 \text{ kg/m}^3 \times 16.75) \times 14 \text{ m})}{2}$$

$$A_{D.P} = 136,500 \text{ kg/m.}$$

Por lo tanto:

$$F_{R.P.H} = A_{D.P} \times B$$

$$F_{R.P.H} = 136,500 \text{ kg/m} \times 1 \text{ m}$$

$$F_{R.P.H} = 136,500 \text{ kg.}$$

$$F_{R.P.H} = 136.5 \text{ ton.}$$

Área del muro

$$A = B \times h$$

$$A = 14 \text{ m} \times 1 \text{ m}$$

$$A = 14 \text{ m}^2$$

Volumen del muro

$$V = A \times B$$

$$V = 14 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m}$$

$$V = 14 \text{ m}^3$$

Peso del muro

$$W = V \times \gamma_{\text{CICLOPIO}}$$

$$W = 14 \text{ m}^3 \times 2,300 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$W = 32,200 \text{ kg}.$$

$$W = 32.2 \text{ ton}.$$

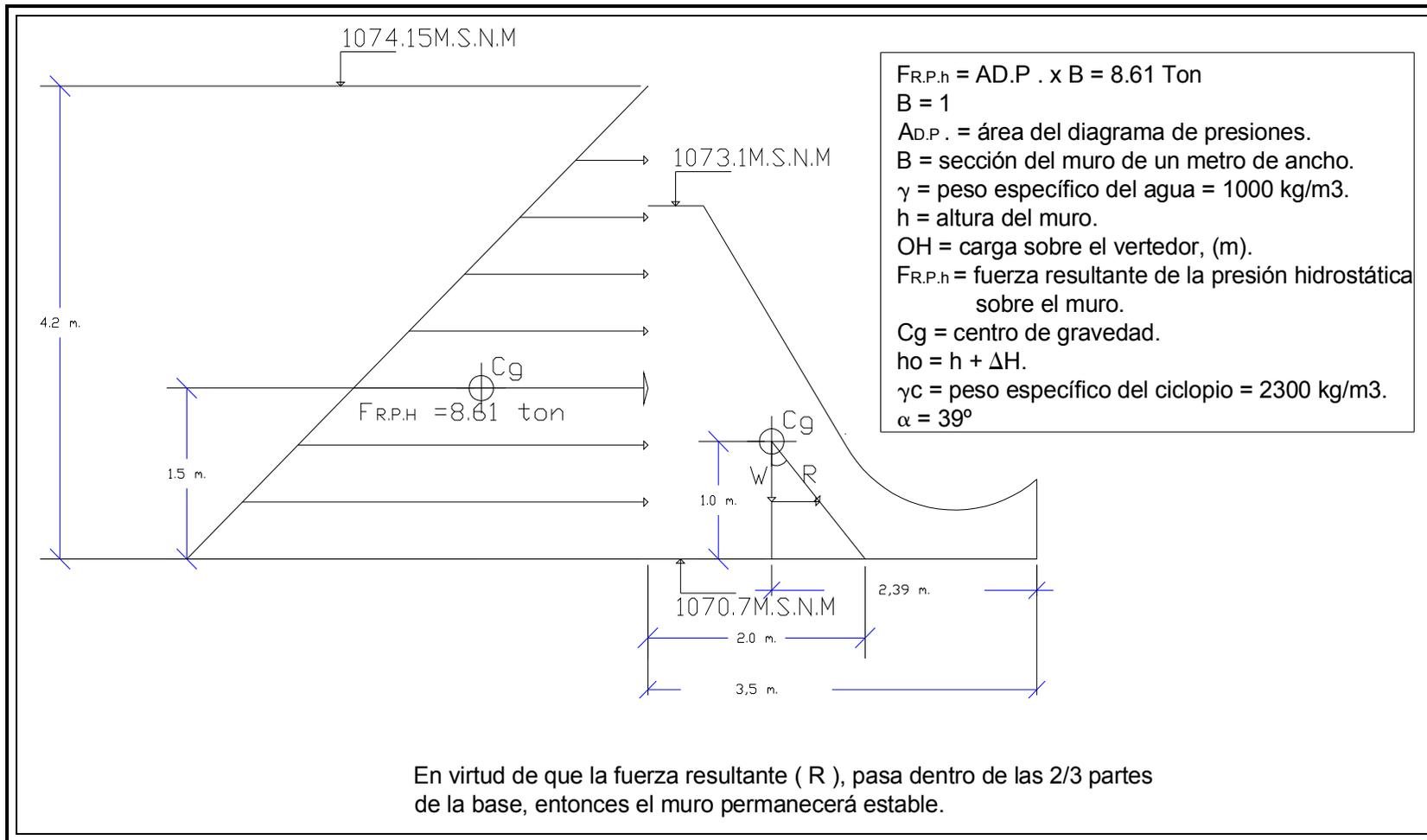


Figura 20. Diagrama de presiones.

OBRA DE TOMA

La obra de toma se proyecta en el marco derecho del muro visto aguas abajo con una salida en tubería de 8".

CALCULO DE LA TURBINA A EMPLEAR PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Calculo de la turbina pelton con la grafica de velocidad especifica (n_s) con los datos de diseño.

Se dispone de un caudal de 100 lps. (0.1 m^3) y una carga de $H= 100 \text{ mts}$.

POTENCIA: Considerando un rendimiento del 90% la potencia de la turbina será:

$$P = \frac{\eta \lambda Q H}{75}$$

Donde:

$P =$ potencia

$\eta =$ rendimiento (0.90)

$\lambda =$ peso del agua 1000

$Q =$ gasto 0.1 m^3

$H =$ carga 100mts.

$$P = \frac{0.90 \times 1000 \times 0.1 \times 100}{75} = 120 \text{ cv} = 89 \text{ kw}$$

VELOCIDA ESPECÍFICA:

Se determino para 100m de carga y 4 chorros del sistema métrico la cual se muestra en la figura, la velocidad especifica es $n_s = 67$.

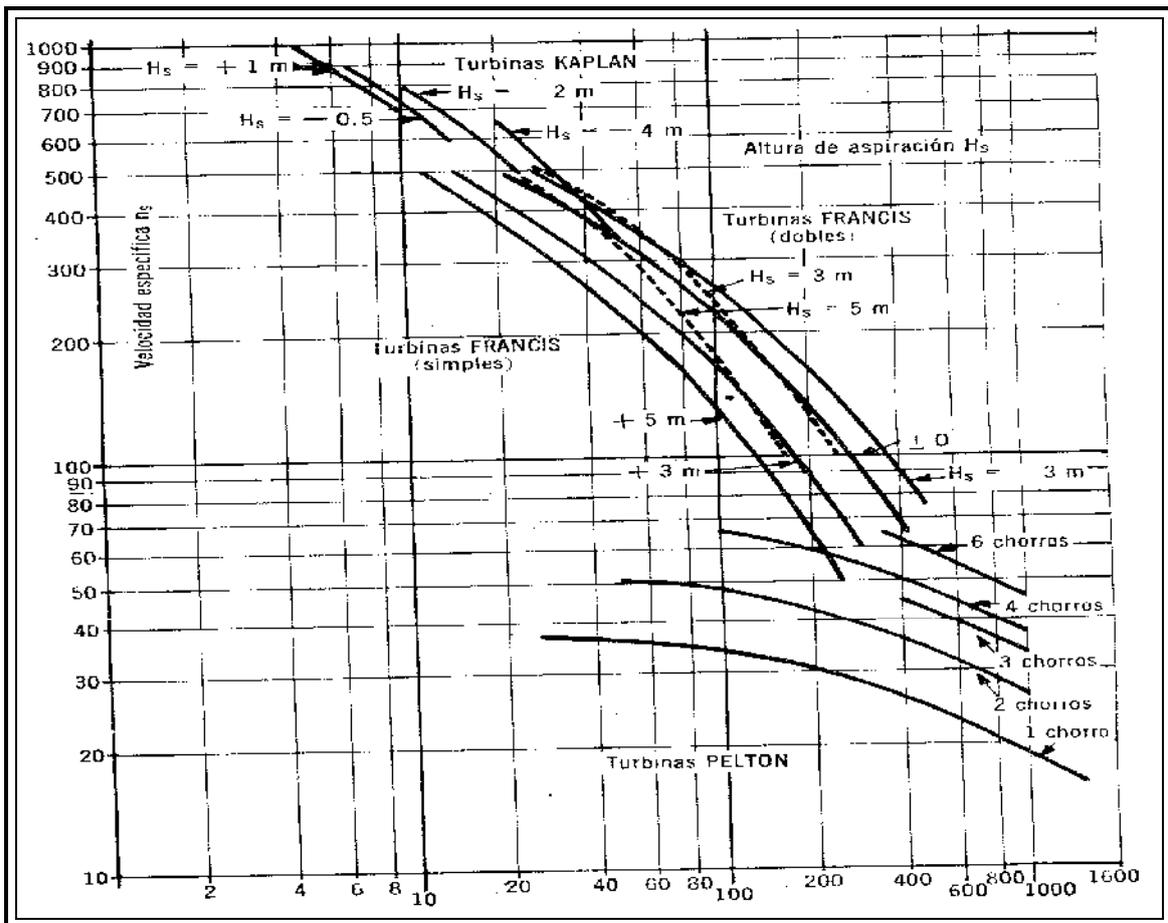


Figura 22. Límites de velocidad específica (métrica) en función de la carga en m, para turbinas Francis, Kaplan y Pelton.

VELOCIDAD DE GIRO:

$$N = \frac{n_s H^{1.25}}{CV^{0.5}}$$

Donde:

N = velocidad de giro.

N_s = velocidad específica 67.

H = carga 100mts.

CV = caballos de vapor.

$$N = \frac{67(100)^{1.25}}{120^{0.5}} = 1934rpm \quad N = 1900rpm$$

VELOCIDAD SINCRONICA PARA UN GENERADOR DE 60 CICLOS POR SEGUNDO.

$$P = \frac{120F}{N}$$

Donde:

P = número de polos.

F = frecuencia en ciclos.

N = velocidad de giro en rpm.

$$P = \frac{120 \times 60}{1900} = 3.78 = 4 \text{ polos}$$

VELOCIDAD ESPECÍFICA POR CHORRO

$$N_{so} = \frac{N(CV)^{0.5}}{H^{1.25}}$$

Donde:

N_{so} = velocidad especifica por chorro

N = velocidad de giro en rpm.

CV = caballos de vapor.

H = carga en mts.

$$N_{so} = \frac{1900\left(\frac{120}{4}\right)^{1/2}}{(100)^{5/4}} = \frac{10,406.72}{316.22} = 32.9$$

$$N_{so} = 32.9$$

DIAMETRO DE LA RUEDA

Con el valor de N_{so} de 32.9 se determino en la figura 6.6 el valor del coeficiente del diámetro, el cual es $\Phi = 0.53$.

$$Dp = \frac{\phi(2gH)^{0.5}}{\pi N}$$

Donde:

D_p = diámetro de la rueda.

Φ = coeficiente del diámetro

g = aceleración de la gravedad en m/s.

H = carga en mts.

π = 3.1416.

N = velocidad de giro en rpm.

$$D_p = \frac{0.53(2 \times 9.81 \times 100)^{0.5}}{3.1416 \frac{1900}{60}} = 0.23m$$

D_p = 0.23m.

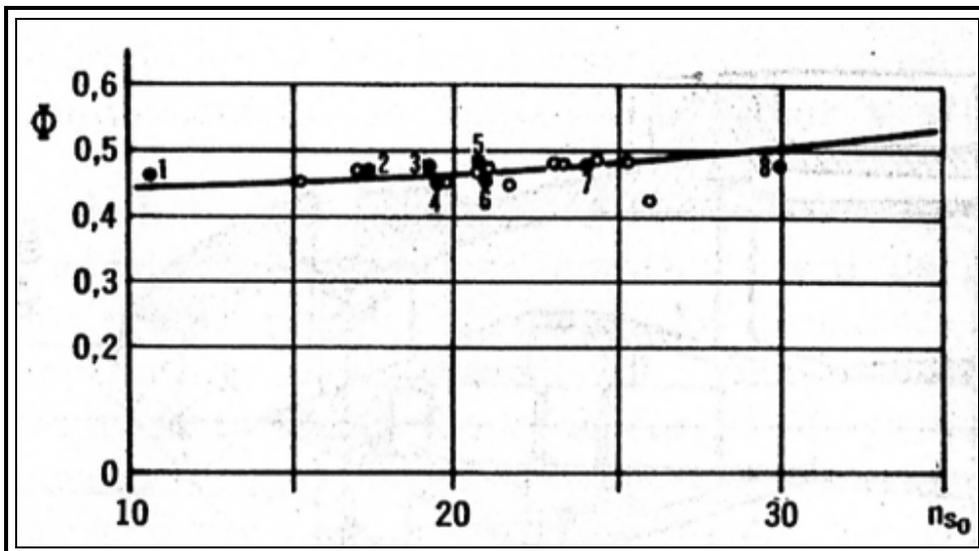


Figura 23. Valores del coeficiente del diámetro en función de la N_s por chorro en una turbina Pelton.

VALOR DEL DIAMETRO A PUNTO DE INCIDENCIA DEL CHORRO.

$$d_o = \frac{d_o}{D_p}(D_p)$$

Donde:

d_o = diámetro a punto de incidencia del chorro en cm.

$\frac{d_o}{D_p}$ = valor en relación del diámetro del chorro al diámetro de la rueda.

D_p = diámetro de la rueda en mts.

$$d_o = 0.15(0.23) = 0.0345m$$

$$D_o = 3.45cm.$$

El valor de $\frac{d_o}{D_p}$ se obtuvo de la figura con el valor de la N_{s0} .

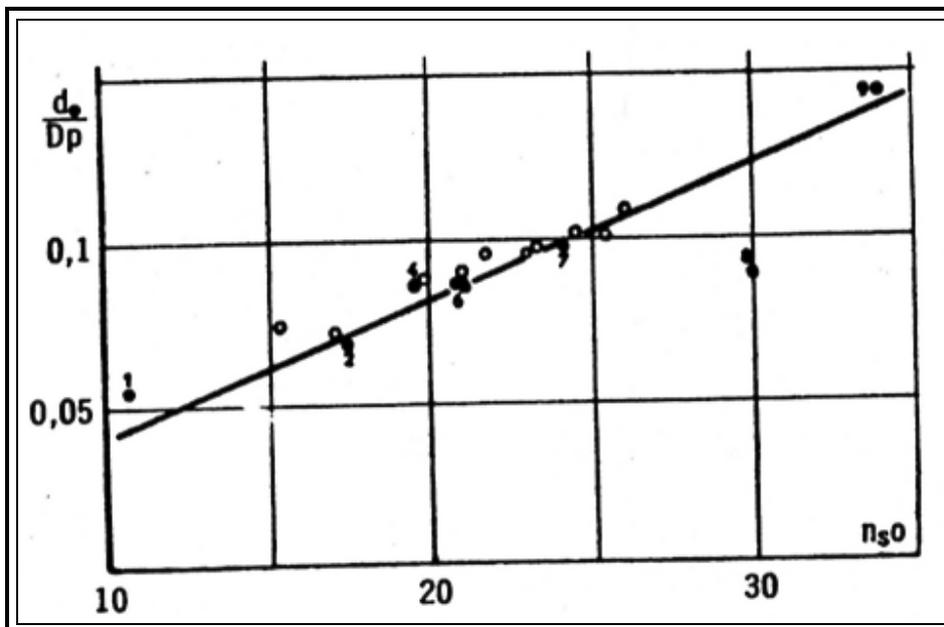


Figura 24. Relación del diámetro del chorro al diámetro de la rueda en una turbina Pelton, en función de la velocidad específica por chorro.

CON EL CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DE LA TURBINA LA CUAL OBTUVIMOS ANTERIORMENTE PODEMOS INTEGRAR UN SISTEMA HIDROELÉCTRICO PARA LA REGIÓN DE ESTUDIO.

Los sistemas microhidroeléctricos aprovechan los recursos hídricos sin deteriorar el medio ambiente. Sus obras civiles son de bajo impacto ambiental pues en la mayoría de casos no requieren de represas que inundan tierras fértiles o de reserva natural. Por el contrario promueven la conservación de las cuencas ya que crean conciencia en los usuarios de la importancia del agua y su conservación debido a la íntima relación que existe entre el caudal de agua y la cantidad de energía generada. La microhidroenergía hace uso de un recurso natural renovable de una forma sostenible.

El esquema básico de los aprovechamientos hidroeléctricos comprende una obra de toma sencilla, desarenador rectangular, cámara de carga, tubería de presión, casa de máquinas, y equipo turbo-generador. Adicionalmente podrá ser necesario instalar una red de baja o media tensión para interconexión eléctrica con el centro de consumo.

Descripción del Sistema

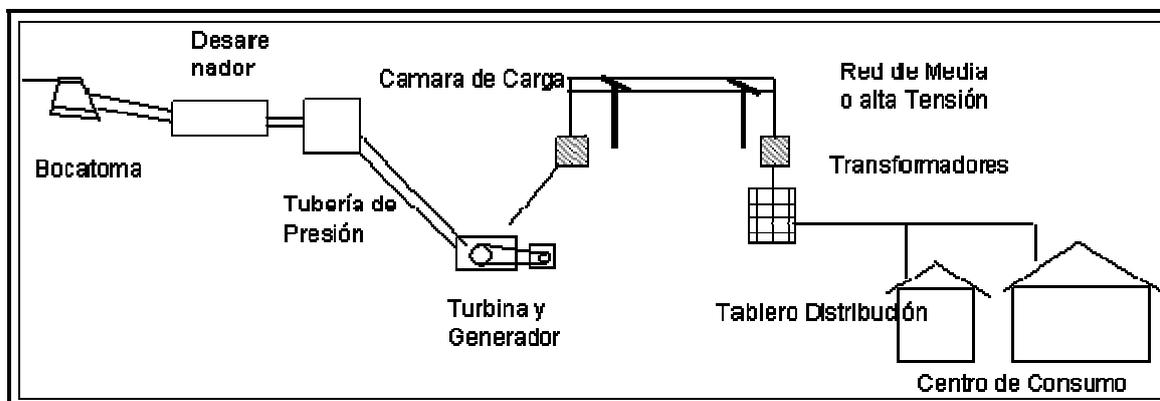


Figura 25. Ilustración del sistema hidroeléctrico.

Las aguas se derivan de la quebrada a través de una obra de toma sencilla hacia un tanque desarenador y cámara de carga a partir de la cual se desprende la tubería de presión hacia la casa de máquinas que alberga el equipo turbo-generador.

Electrificación Rural de Poblaciones cercanas.

La mejor alternativa para la electrificación de poblaciones cercanas es la instalación de pequeñas centrales hidroeléctricas con capacidad de generación inferior a 200 KW. Este esquema requiere de obras civiles sencillas, de una inversión financiera baja y permite la participación de la comunidad durante la construcción, puesta en marcha y operación.

Casa de Máquinas

Una pequeña caseta cubierta con piso y canal de desagüe en concreto, alberga el equipo de generación y regulación: turbina, generador, regulador electrónico de carga, y tablero eléctrico de distribución.



Figura 26. Casa de maquinas.

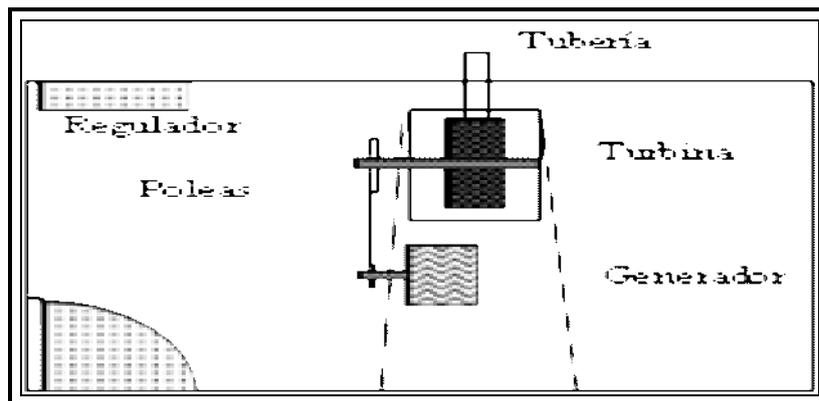


Figura 27. Elementos al interior de la casa de maquinas

Obras Civiles

Será indispensable encausar una porción de la quebrada fuera del lecho de la misma hacia un tanque desarenador y cámara de carga. Esto se llevará a cabo desviando parte del caudal a través de un pequeño canal abierto o a través de tubería de baja presión.

Desarenador y Cámara de Carga

El desarenador y/o cámara de carga tiene la función de decantar los sólidos en suspensión para evitar que ingresen a la tubería de presión y causen desgaste innecesario en la turbina. También ofrece una reserva mínima de agua para el trabajo de la misma. Su forma es por lo general rectangular y en su extremo se coloca una rejilla en diagonal de trama fina para retener los sólidos suspendidos y livianos como hojas y ramas. La tubería de conducción, generalmente en tubería de PVC presión, se conecta en este extremo para desalojar el caudal por la parte inferior hacia la casa de máquinas.

EQUIPO NECESARIO PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA.

Turbina:

La turbina es la encargada de transferir la fuerza del agua al equipo de generación. Puede construirse tipo pelton con cucharas o de flujo cruzado (Michell Banki). Estas últimas se construyen con alerón de control bipartido de tal forma que pueda operarse eficientemente en temporadas de baja, media y alta precipitación pudiéndose operar con una tercera parte, dos terceras partes o la totalidad de su caudal de diseño.

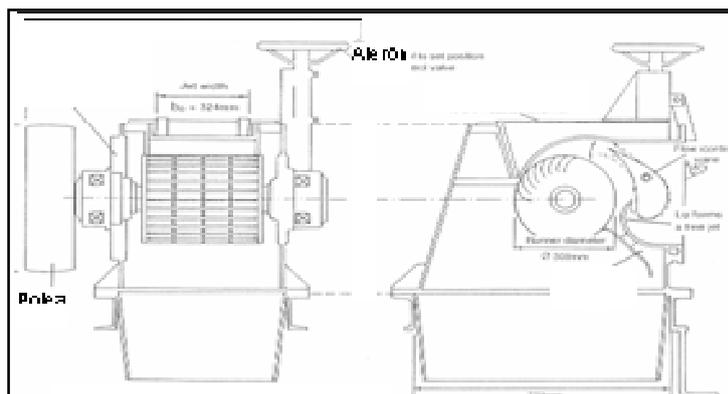


Figura 28. Esquema de una turbina Pelton.

Regulador de Carga:

Todo sistema hidroeléctrico requiere de un sistema electrónico o electromecánico de control a fin de asegurar una buena calidad de energía. El regulador deberá mantener estables voltaje y frecuencia a pesar de las variaciones en la carga eléctrica conectada. Su función será disipar al aire a través de resistencias eléctricas la carga no consumida. Esto se hará fase por fase para

asegurar el balance de las mismas y ofrecer compensación automática en caso de desbalances.

Tablero de Interconexión y Control:

Instalado en la casa de máquina este tablero contiene los dispositivos de control y medición necesarios. Incluye sistemas de protección, barrajes, un totalizador, voltímetros, amperímetros, y frecuencímetros digitales así como un indicador de potencia disipada en resistencias.

Generador:

La turbina se acoplará a un generador sincrónico monofásico o trifásico de doble rodamiento de acuerdo a la potencia máxima generada. Generalmente cuenta con tarjeta de regulación de voltaje AVR que mantiene un riguroso control sobre el voltaje y la frecuencia.

Sistema de Transmisión y Multiplicación:

Dado que las velocidades de giro de turbina y generador son diferentes, se requiere necesario instalar un sistema de multiplicación. Se pueden utilizar correas dentadas o convencionales en V.

Redes Eléctricas e Interconexión

La energía generada deberá transmitirse mediante una red de baja, media o alta tensión hasta el centro de consumo. Dependiendo de la distancia entre casa de máquinas y centro de consumo será necesario tender redes de transmisión al voltaje apropiado para generar las menores pérdidas. Para ello puede requerirse instalar transformadores de corriente a fin de elevar, conducir y luego reducir el voltaje para consumo.

Diseño e Instalación

La hidrografía y la topografía son determinantes de las características básicas de los aprovechamientos. Pero son las necesidades de la comunidad las que dan la pauta de diseño con respecto al tamaño y características del sistema. Proyectos básicos de electrificación rural con extensión de redes se pueden realizar con poblaciones nucleadas donde la gente viva cercana una de otra. Alternativamente pueden instalarse centros de carga de baterías para la población dispersa.

Para garantizar el éxito, la instalación se hace con la activa participación de la comunidad y su compromiso de trabajo. De esta forma se puede garantizar la sostenibilidad del proyecto pues asegura el contacto de los residentes con todos los componentes y procesos de construcción y operación de la micro central. Solo así se logrará una verdadera y eficaz transferencia tecnológica.

PERDIDA DE CARGA EN LA TUBERIA

$$hf = \frac{fl}{D^5} 0.0826Q^2$$

Donde:

Hf= perdida de carga.

f= 0.02.

l= longitud en mts.

D= diámetro en pulgadas.

Q= gasto en lps.

$$hf = \frac{0.02 \times 600}{8^5} 0.0826(100)^2 = 0.302m$$

Hf= 0.302mts.

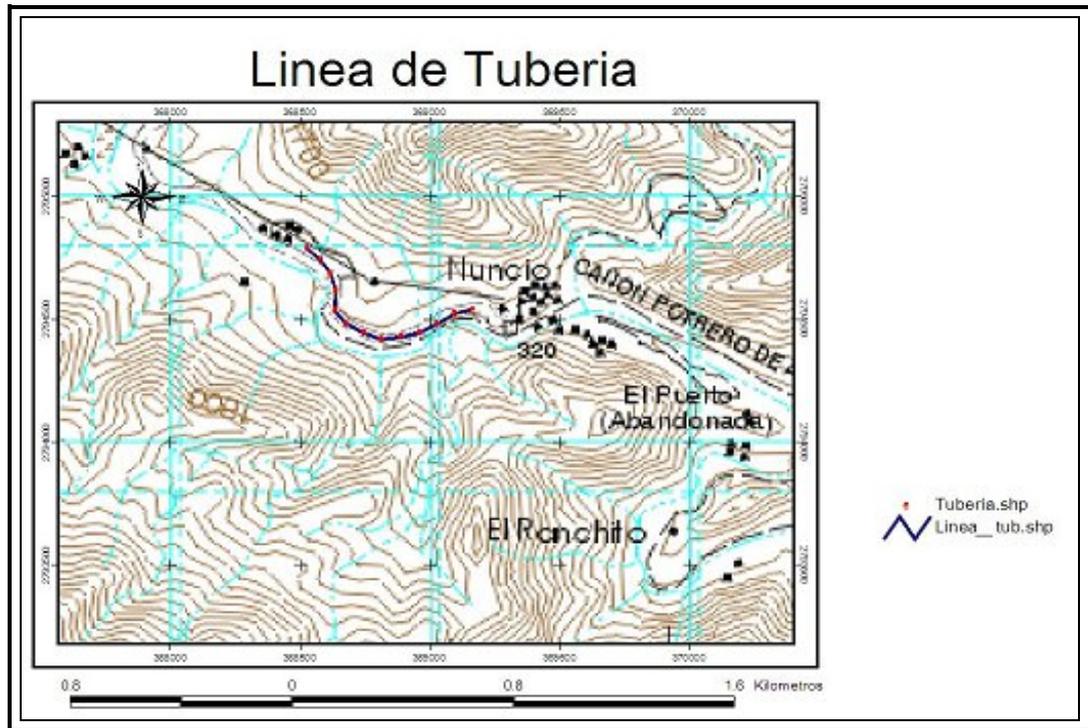


Figura 29. Línea de tubería por la orilla del margen principal del arroyo de polietileno termofusionado de 8".

CONDICIONES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA PISICULTURA EN LA REEGION DE ESTUDIO.

BIOLOGÍA DE LA TRUCHA

Esta especie se caracteriza por tener el cuerpo cubierto con finas escamas y de forma fusiforme (forma de huso), la coloración de la trucha varía de acuerdo al ambiente en que vive, edad, estado de maduración sexual y otros factores, como por ejemplo la influencia del ambiente en riachuelos sombreados presentan color plomo oscuro mientras que en un estanque bien expuesto a los rayos del sol ofrece una tonalidad mucho mas clara, verde oliva en su parte superior luego una franja rojiza para finalizar con el abdomen blanco; además posee gran número de máculas negras en la piel, a manera de lunares, por lo que en otros lugares se le llama también trucha pecosa. La denominación de trucha arco iris se debe a la presencia de una franja de colores de diferentes tonalidades, con predominio de una franja rojiza sobre la línea lateral en ambos lados del cuerpo.

TAXONOMIA

Reino: Animal

Sub Reino: Metazoa

Phylum: Chordata

Sub Phylum: Vertebrata

Clase: Osteichthyes

Sub Clase: Actinopterygii

Orden: Isospondyli

Sub Orden: Salmoneidei

Familia: Salmonidae

Género: *Oncorhynchus*

Especie: *Oncorhynchus mykiss*

Nombre Vulgar: "Trucha arco iris"

INSTALACIONES PARA EL CULTIVO

ESTANQUES:

Recinto cerrado donde se almacena y circula una determinada cantidad del recurso hídrico, a fin de permitir el confinamiento de los peces para lograr su crianza y desarrollo, a expensas de una alimentación ofrecida por el piscicultor. Un estanque hace las veces de un hábitat artificial capaz de satisfacer las exigencias biológicas del animal en su medio natural, siendo de responsabilidad del piscicultor a su vez, la atención de las necesidades alimenticias y de protección sanitaria de los peces en cultivo, a fin de obtener resultados favorables en los niveles de producción esperados.

TIPO DE ESTANQUES

- 1. Estanque semi-natural.** Cuerpo de agua confinado que sufren cierto acondicionamiento por parte del hombre y se utiliza de preferencia aquel que se encuentran sobre terreno arcilloso, a fin de evitar filtraciones.
- 2. Estanque artificial.-** Diseñado y construido especialmente con fines piscícolas, puede ser a tajo abierto o con material de concreto armado (cemento, ladrillo, refuerzo de piedras, etc.)
- 3. Estanque de presa.** Puede construirse a manera de un embalse y también como una secuencia de estanques aprovechando un declive del terreno, también es conocido como estanque con dique o de interceptación, generalmente se instala en la parte más baja de un valle, construyéndose un muro transversal que forma una pequeña presas de contención. El agua para este estanque proviene generalmente de un manantial o pequeños cursos de agua.

4. Estanques de derivación.- Se construyen aprovechando las características topográficas del terreno, de tal manera que el agua que los abastece es derivada del río, riachuelo o manantial hacia los estanques mediante un canal. Según la topografía del terreno y la cantidad de agua a utilizar dentro de los estanques de derivación, se pueden clasificar en:

4.1 Estanques en rosario o serie.- Se encuentran uno a continuación de otro, unidos por un solo canal, el abastecimiento del agua se produce mediante la llegada del canal al primer estanque, y el agua que sale de éste ingresa al siguiente y así sucesivamente.

4.2 Estanques en paralelo.- Se construye uno al costado del otro en forma paralela presentando cada uno de ellos abastecimiento y desagüe independiente que facilita la limpieza.

4.3 Estanques mixto.- Son estanques en paralelo y continuo.

FORMA Y TAMAÑO DE ESTANQUES.

Depende de la topografía del terreno y de las etapas de crianza, pueden ser rectangulares o circulares, prefiriéndose los primeros. Los estanques de menor dimensión se utilizan para la fase de alevinaje, medianos para los juveniles y mayores para adultos y reproductores. Los estanques de tierra pueden tener cualquier tamaño pero deben ser manejables y frecuentemente tiene dimensiones de 30 mt. de largo por 10 mt. de ancho. Una vez que se elige el recurso hídrico y el terreno a utilizar, se selecciona el tipo de estanques, determinando la forma y tamaño, los puntos de llegada del agua, nivel de agua en los estanques y el punto de vaciado.

Cuadro 9. Dimensiones de estanques por etapa biológica de la trucha.

Etapa biológica de la trucha	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Nivel del agua (m)
Alevines iniciales	4-5	0.4-0.5	0.5-1.0	0.4-0.8
Alevines	5-10	1.0-2.0	0.8-1.0	0.6-0.8
Juveniles	15-20	2.0-3.0	1.0-1.2	0.8-1.0
Engorde	25-30	3.0-5.0	1.9-1.2	0.8-1.0
Reproductores	30-40	4.0-5.0	1.5-2.0	1.2-1.5

Cuadro 10. Dimensiones de estanques por etapa de crecimiento.

Estanque No. 1

Área del estanque:	2.500 metros cuadrados
Tiempo de cultivo:	140 días
Recambio de agua:	60 litros/segundo
Densidad de siembra:	18 peces por metro cuadrado
Peso final:	270 gramos
Tipo de alimento:	Concentrado peletizado al 32% en proteína
Conversión Alimenticia:	1.6
Densidad final	14 peces por metro cuadrado.

Cuadro 11. Dimensiones de estanques por etapa de crecimiento.

Estanque No. 2

Área del estanque:	800 metros cuadrados
Tiempo de cultivo:	138 días
Recambio de agua:	5 litros/segundo
Densidad de siembra:	14 peces por metro cuadrado
Peso final:	265 gramos
Tipo de alimento:	Concentrado extrudizado al 24% en proteína
Conversión Alimenticia:	1.4
Densidad final	10 peces por metro cuadrado

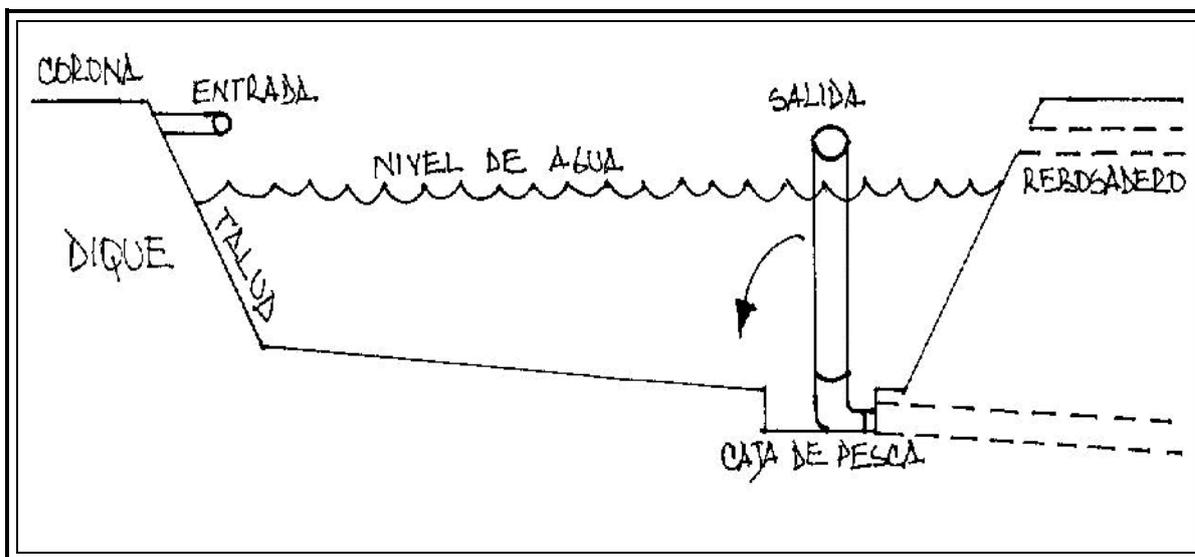


Figura 30. Partes que conforman un estanque en tierra.

Cuadro 12. Referencia para siembra de alevinos de trucha en estanques con recambio constante de agua.

Entrada de agua	Densidad de siembra
1 – 3 litros/segundo	Hasta 4 peces por metro cuadrado
6 – 10 litros/segundo	Hasta 15 peces por metro cuadrado
40 – 60 litros/segundo	Hasta 20 peces por metro cuadrado. (aunque en varias piscícolas han retado los estanques con este recambio de agua hasta 30 peces por metro cuadrado).

JAULAS

Estructuras flotantes que se instalan en lagunas, reservorios o represas, generalmente están conformadas por una plataforma flotante la cual sostiene una “bolsa” o “jaula” de malla sumergida, siendo los peces mantenidos dentro de éstas por períodos predeterminados suministrándoles alimentación y realizando todas las labores de control como cualquier piscigranja. Se colocan aisladamente o unidas entre ellas, dependiendo de la intensidad de cultivo y las características de la zona.

Las ventajas de este tipo de estructuras en entre otros la posibilidad de utilizar grandes cuerpos de agua localizados en lugares donde no es posible o es muy costoso bombear agua. Las jaulas de diseño moderno y materiales avanzados facilitan mucho el manejo, sin embargo se pueden lograr resultados muy satisfactorios con instalaciones artesanales.

Dimensiones de las Jaulas.- Las dimensiones más adecuadas para optimizar la facilidad de manejo varían entre los 5 y 6 metros de lado (5x5; 6x6) y entre 3,5 y 4,5 metros de profundidad. La jaula es manejable hasta los 150-200 m³ de volumen, margen en el que están las dimensiones propuestas

Densidades de carga en Jaulas .- En Jaulas con dimensiones de 5x5; 6x6 metros por lado y entre 3,5 y 4,5 metros de profundidad se pueden mantener, sin problemas, una densidad de alevines de 15-20 Kg, de truchas de engorde de 30-40 Kg/m³; siempre y cuando la renovación de agua sea suficiente.

Para favorecer la circulación de agua y reducir el riesgo de contaminación de los fondos que también es perjudicial para los peces, las jaulas deben ubicarse en lugares de al menos 15m de profundidad; así mismo, se debe evitar zonas de corrientes fuertes para prevenir posibles daños y problemas de manejo con las jaulas.

ALIMENTACIÓN

Es un aspecto muy importante que se debe tener en cuenta a fin de proporcionarles el alimento adecuado, la ración adecuada en el momento adecuado. El alimento debe cubrir las necesidades de los peces tanto en lo que a energía se refiere, como a los diferentes tipos de aminoácidos y nutrientes que son requeridos para su desarrollo y crecimiento.

En la truchicultura se utilizan alimentos artificiales balanceados puesto que la trucha arco iris es una especie carnívora. Como nutrientes necesarios se puede citar proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales, fibras y vitaminas.

La formulación del alimento y tasa de alimentación diaria, se hace de acuerdo a los requerimientos del pez, tomando como referencia determinados parámetros como: tamaño, peso y estadio sexual del animal.

Para estimar la cantidad de alimento a suministrar diariamente a un estanque o jaula, se debe tener en cuenta la temperatura del agua, estadio del pez, biomasa total por estanque. Hay que tener en cuenta que la calidad y rendimiento del alimento se puede medir a través del índice de conversión alimenticia (cantidad de alimento que come y se transforma en peso vivo).

Cuadro 13. Índice de conversión alimenticia.

Peso (g)	Talla (cm.)	Tasa de alimento	Conversión alimento	Dieta	Estadio
0.19-0.7	2.56-4.0	10%	1.7:1	Inicio (polvo) 0.6mm	Dedinos
0.7-3.0	4.0-6.5	8%	1.8:1	Inicio	Alevinos
3.0-11	6.5-10	7%	1.9:1	(1.0mm)	
11.0-40	10-15	6%	1.7:1	Crecimiento	Juveniles
40-90	15-20	4%	1.8:1	1 (1.5mm) 2 (3.0mm)	
90-180	20-25	3%	1.9:1	Acabado	Talla comercial
180-333	25-31	2%	2:1	(4.8mm)	
333	31	1%	1.5:1	Acabado granulado (6mm)	Reproductores

Para tener éxito y rentabilidad en el cultivo es importante controlar al parámetro quizá más costoso, la alimentación. El mejor método para saber cuanto alimento suministrar al día es utilizar el muestreo de población, que consiste en sacar el 10% al 15 % de los peces, tomar su peso promedio, multiplicarlo por el número total de animales del estanque obteniendo la BIOMASA que nos sirve para ajustar la ración diaria según un porcentaje establecido para cada peso promedio.

Ejemplo:

Peso promedio = 60 gramos.

Número de peces en el estanque = 1.000

$60 \times 1.000 = 60.000$ gramos La biomasa es de 60.000 gramos en el estanque y se le saca el porcentaje correspondiente:

Cuadro 14. Porcentaje por biomasa.

<i>Tabla de porcentajes por biomasa</i>	
<i>Peso promedio en gramos</i>	<i>Porcentaje de biomasa</i>
Menos de 5 gramos	10
De 5 a 20 gramos	8
De 20 a 50 gramos	6
De 50 a 100	4
De 100 a 200	3.5
De 200 a 300	3
De 300 a 500	2.5

Entonces tomando el ejemplo anterior tenemos que:

60.000 gramos de biomasa x 4% = 2.400 gramos, (2.4 kilos) es lo que se debe dar en el día de alimento concentrado, repartidos en 3 o 4 raciones.

Es de anotar que a mayor temperatura del agua el suministro de alimento es mayor.

El anterior ejemplo es para temperaturas de 24 a 32 grados centígrados. (pero el crecimiento es más rápido).

REGLAS DE ALIMENTACIÓN

- La alimentación diaria y el cuidado de los peces en los estanques tiene prioridad.
- Un buen programa de alimentación incluye alimentar a los peces los 7 días de la semana
- Se debe tener cuidado de no dar alimento cerca de la compuerta de salida donde la corriente puede llevarse al alimento fuera del estanques antes que el pez pueda consumirlo.
- El alimento deberá aumentarse cada 3 días.
- Los peces deben muestrearse cada cierto tiempo para determinar si están logrando la tasa de crecimiento esperado, de lo contrario la ración debe ser modificada.
- Los peces deben mantenerse sin alimentación 24 horas antes de seleccionarlos, manipularlos y/o transportarlos.

- Se debe llevar registros individuales en los estanques, las conversiones, porcentajes de ganancia, los flujos de agua, el oxígeno disuelto y la mortalidad.

SANIDAD PISCICOLA

Dentro de la tecnología de cultivo, la sanidad ocupa un lugar de interés por la necesidad que existe de conocer los procedimientos para prevenir y controlar las enfermedades que potencialmente limitan la producción.

La prevención de las enfermedades es el mejor elemento de control y juega un papel importante en los cultivos de peces, teniendo en cuenta los cuidados de higiene de los estanques, el manejo de una densidad de carga adecuada, etc.

El piscicultor debe ser capaz de detectar algunos de los problemas de carencia nutricional o de enfermedades infecciosas más comunes, debe aprovechar operaciones de clasificación para examinar, medir y pesar a todos los peces, o cuando menos, a una muestra significativa.

Entre los aspectos a vigilar está la revisión de las branquias, las mismas que deben presentarse sanas, ya que su eficacia en la captación de oxígeno influye en su tasa de crecimiento. Las branquias son una de las partes más sensibles del organismo del pez, por lo que resultan buenos indicadores de su estado general. Asimismo se debe revisar ojos, piel y aletas que permitan detectar a tiempo problemas sanitarios, antes de que se produzcan perjuicios relevantes para la población de truchas.

CAUSAS DE ENFERMEDADES

- Físicas: Temperatura, contenido de materiales en suspensión, turbidez.
- Químicas: Cambios de pH., presencia de contaminantes orgánicos o inorgánicos, deficiencia de oxígeno, incremento del CO₂, etc.
- Nutricional: Carencia y desequilibrio de los principales nutrientes del alimento, como vitaminas y minerales de orden biológico.
- Deficiente manejo durante las mediciones, selección traslado, limpieza.

COMERCIALIZACION

La trucha se comercializa en diferentes presentaciones: fresca (entera, eviscerada con cabeza; eviscerada sin cabeza), congelada (entera, eviscerada con cabeza; eviscerada sin cabeza), deshuesada corte mariposa, filete, ahumada en frío o caliente, conservas (medallones o rodajas, grated, deshuesado).

TURISMO PARA LA REGION.

Por el estudio realizado en la región podemos decir que cuenta con un gran potencial para la realización de esta actividad ya que con la obra hidrotécnica tenemos un aprovechamiento de los recursos naturales con los que se cuenta en la región, sin hacer ningún daño ecológico por lo consiguiente la obra contempla la generación de energía eléctrica, la piscicultura y tener disponible el recurso hídrico para el riego en la región. Con estas actividades que se mencionan se pueden hacer prácticas de pesca, acampar en la zona boscosa, deportes extremos como alpinismo, bici de montaña etc.

Esto significa un ingreso económico para la región lo cual significa la generación de empleos y el desarrollo de la comunidad la cual se encuentra en situación marginada.

CONCLUSION

Por lo visto en los últimos años podemos observar que en el país no se hace un buen uso racional de los recursos naturales como el agua, con este trabajo se presenta el buen uso de este recurso con la construcción de obras hidrotécnicas para el almacenamiento de agua y la incorporación de la turbina para la generación de energía eléctrica, con estos elementos podemos evitar que muchas personas que viven en zonas alejadas en donde no cuentan con los servicios primordiales para subsistir, tengan la oportunidad de contar con luz, agua, riego para sus tierras, etc. Ya que con el diseño del sistema hidrotécnico disminuye el costo de electrificación rural que se hacen a través de redes de distribución; el cual contempla el desarrollo de todas las comunidades apartadas de escasos recursos económicos para que no vivan en condiciones de marginación.

LITERATURA CITADA

Arteaga Tovar R. E. 1993. Hidráulica Elemental. 1ª edición. UACH. Depto. de Irrigación. Chapingo, México.

Azevedo, N.J.M. y Acosta, A.G. 1975. Manual de Hidráulica. 6ta Edición. Harla S.A. C.V. México 4, D.F..

Comisión Federal de Electricidad. 1980c. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. A.1.9. Simulación del Funcionamiento de un Vaso. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I 1.9.1 – 1.9.2.

Comisión Federal de Electricidad. 1980d. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. A.1.10. Avenida de Diseño. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I 1.10.1 – 1.10.4.

Comisión Federal de Electricidad. 1980. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. A.2.9. Escurrimiento a Superficie Libre. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I 2.9.1.

Comisión Federal de Electricidad. 1981a. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. A.1.2. Precipitación. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I. 1.2.1 – 1.2.8.

Comisión Federal de Electricidad. 1981b. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. A.1.3. Escurrimientos. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I. 1.3.1.

- Comisión Federal de Electricidad. 1983. Manual de Diseño de Obras Civiles. Hidrotecnia. A.2.2. Obras de Toma para Plantas Hidroeléctricas. Instituto de Investigaciones Eléctricas. México 5, D.F. p. A.I 2.2.1 – 2.2.2
- Colegio de posgraduados. 1980. Manual para Proyectos de Pequeñas Obras Hidráulicas para riego y abrevadero; Tomo I, 1ª Edición; SPP, Chapingo México. D.F.
- García, N.J.M. 1985. Principios de Hidráulica Potencial. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Talleres Gráficos de la División de Ciencias Forestales. 349p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1992. Carta de Climas Regionales, escala 1:500,000. Monterrey 14R-VII
- Ingeniería Hidráulica en México. 1970. Meteorología, Distribución de Frecuencias de Heladas, llluvias y tormentas eléctricas en México. Vol. 24.
- Lambe, T.W. y Whitman, R.B. 1984. Mecánica de Suelos. Editorial Limusa. S.A de C.V. México 1, D.F. 582 p.
- Linsley, R.E Y Franzini, J.B. 1975. Ingeniería de lo Recursos Hidráulicos. Compañía Editorial Continental. S.A. C.V. México 22. D.F. 791 p.
- Marsal, R,J y Reséndiz, N.D. 1983. Presas de Tierra y Enrocamiento. Editorial Limusa. México 1, D.F. 546 p.
- Mora, R.P. 1993. La ingeniería de Operación en los Distritos de Riego. Trillas. México. P. 14 – 17.
- Secretaria de los Recursos Hidráulicos. 1973. Recursos Hidráulicos. Número 1. Volumen II. México 6, D.F. p. 71.

Secretaría de los Recursos Hidráulicos. 1975. Presas de Derivación. Modelo México 4. Plan Nacional de Obras Hidráulicas para el Desarrollo Rural. México D.F.

Secretaría de los Recursos Hidráulicos. 1975. Pequeños Almacenamientos, Plan Nacional de Obras de Riego para el Desarrollo Rural. Talleres Gráficos de la Nación. México 2, D.F. 353 p.

Trueba, C.S. 1971. Hidráulica. Agrónomo – Especialidad en Irrigación – Ing. Proyectista de la Universidad de Recursos Hidráulicos, Méx. – Profesor de Hidráulica en la especialidad de agronomía en la Universidad Nacional de Colombia. Compañía Editorial Continental. S.A. México 22. D.F. p. 29 – 47.

United States Department of the interior Bureau of Reclamation. 1978. Diseño de Presas Pequeñas. Una Publicación Técnica de Recursos Hidráulicos. Compañía Editorial Continental. México 22, D.F. 639 p.

Vega, R. O. et. Al. 1987. Presas de Almacenamiento y Derivación. 5ª Reimpresión. División de Estudios de Posgraduados, Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.

Ingeniería Hidráulica en México. 1970. Meteorología, Distribución de Frecuencias de Heladas, lluvias y tormentas eléctricas en México. Vol. 24.

AECI (Agencia Española de Cooperación Internacional) “Crianza de Truchas en Jaulas” – Manual de Capacitación.

Blanco Cachafeiro Carmen “La Trucha Cría Industrial”.

Instituto Tecnológico Piscícola El Ingenio “Manual de Crianza de truchas en Ambientes controlados”.

Addison, H., 1959 Tratado de hidráulica aplicada, tercera edición Ed. Gustavo Gili, S.A., Barcelona.

Manuel, P. E. 1980. Turbomaquinas Hidráulicas, segunda edición. Editorial Limusa.
ITESM, Monterrey, N. L..

<http://www.caballano.com/bulbo.htm>

APENDICE

PRESUPUESTO DESGLOSADO PARA EL DISEÑO DE LA MICRO HIDROELECTRICA DE NUNCIO MUNICIPIO DE ARTEAGA COAHUILA.

Es posible construir una micro hidroeléctrica de 80 Kw. de capacidad instalada. Por lo consiguiente, para energía eléctrica puesta en pie de planta el diseño puede estimarse en los costos siguientes.

1	Proyecto Ejecutivo	\$ 235,000.00
2	Obra Civil	\$ 700,000.00
3	Obra Mecánica	\$ 600,000.00
4	Obra Eléctrica	\$ 470,000.00
5	Obra Electrónica	\$ 235,000.00
6	Puesta en Servicio	\$ 120,000.00

Costo Total Estimado (CTE) \$ 2, 360,000.00 (Dos millones trescientos sesenta mil pesos, 00/100m.n.).

TUBERIA

Tubería	Marca	Unidad	Cantidad	Precio unitario
Tubo de polietileno 8" (200mm) RD-9	Omega	Mts.	6000	\$ 575.55

La unión de la tubería de polietileno es termofucionada.

El RD-9 aguanta una presión de trabajo de 14Kgf/cm² y una presión de reventamiento de 56Kgf/cm².

Fuente: Riegos Agrícolas Soto S.A. de C.V.

ACCESORIOS

Descripción	Marca	Unidad	Cantidad	Precio unitario
Válvulas de Adm./exp. Aire continua 2"	Siberline	Pza.	8	\$ 1,260.51
Válvulas de adm. Y expulsión de aire 2"	Siberline	Pza.	16	\$ 335.11
Extremidad brida de polietileno de 8"	Extrumex	Pza.	4	\$ 1730.13
Empaque de neopreno 8"	Omega	Pza.	2	\$ 65.852
Extremidad brida de polietileno de 2"	Extrumex	Pza.	26	\$ 65.15
Empaque de neopreno 2"	Omega	Pza.	26	\$ 12.50
Adaptador macho polietileno R/C 2"	Extrumex	Pza.	26	\$ 25.50
Válvula mariposa de aluminio 8"	Rosario	Pza.	2	\$ 3513.65
Cople tee de polietileno 200mm x 2"	Extrumex	Pza.	26	\$ 1526.00

INSTALACIÓN

Descripción	Marca	Unidad	Cantidad	Precio unitario
Tubo de polietileno de 8"	Extrumex	Mts.	6000	\$ 56.97
Registro de cemento para protección de las válvulas de aire.		Lote	26	\$ 650.72
Atraques de cemento		Lote	20	\$ 950.55

Las válvulas de aire van a cada 250 mts.

Las válvulas de aire de doble efecto van a cada 750 mts.

Los atraques van a cada 300 mts. Los cuales pesan 200 kg.

COSTO DEL MATERIAL PARA EL MURO DE LA PRESA.

Volumen total del muro: 4,356 m³

Material	Volumen	Precio unitario	Costo
Grava	3,049.2 m ³	\$ 1,300.00	\$ 3,963,960.00
Arena	2,178 m ³	\$ 1,300.00	\$ 2,831,400.00
Piedra	421 camiones	\$1,300.00	\$ 547,404.00
Cemento	14,375 bultos	\$ 110.00	\$ 1,581,228.00
Mano de obra	4,356 m ³	\$ 960.00	\$ 4,181,760.00

Costo Total: \$ 13, 105,752.00

Para el cálculo de los volúmenes se realizaron las siguientes operaciones.

- Volumen de grava: $(4356 \text{ m}^3 \times 0.7) = 3,049.2 \text{ m}^3$
- Volumen de arena: $(4356 \text{ m}^3 \times 0.5) = 2,178 \text{ m}^3$
- Volumen de piedra: $(4356 \text{ m}^3 \times 1.16) = 5,052.96 \text{ m}^3 / 12 = 421$ camiones de 12 m³ cada uno.
- Volumen de cemento: $(4356 \text{ m}^3 \times 0.165) = 718.74 \text{ ton.} \times 1000 = 718,740$ kg. # de bultos: $(718,740 / 50) = 14,375$

COSTO PARA EL ALMACENAJE DE LA ENERGIA ELECTRICA.

Con la energía generada por la turbina de 90kw tenemos un transformador de 100kva monofásico.

Con una entrada de 440 v y una salida 24/48v , con factor de potencia de 0.9

.

Costo del transformador \$92, 895.00

Fuente: Industrias continental electric, s.a de c.v.

