

**PREDISEÑO DE UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA**

**LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C  
2019**

**PREDISEÑO DE UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA**

**LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil**

**Directora  
Paula Yaned Anacona Chavarro**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ  
2019**

## **Agradecimientos.**

A mi familia por el apoyo incondicional que siempre me brinda, en especial a mi madre Blanca Arboleda que ha sido el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional y personal, con su apoyo, amor, ayuda y sobre todo comprensión en estos años de mi vida.

A los diferentes profesionales de la Universidad Santo Tomas por sus múltiples enseñanzas.

Luisa Maria Parra Arboleda

## RESUMEN

La actividad piscícola en Colombia ha registrado un aumento de producción en los últimos años de acuerdo con el ministerio de Agricultura representado por el cultivo de tilapia (*Oreochromis sp*) y trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) siendo el departamento del Huila su mayor productor con un 46% a nivel nacional destacando la participación de los pequeños piscicultores, sin ningún tipo de tecnología e infraestructuras hidráulicas de tipo artesanal, lo que ha generado el uso desproporcionado del recurso hídrico.

El presente trabajo de grado titulado “Prediseño unidad productiva piscícola” surge como alternativa de proyecto de las infraestructuras hidráulicas utilizadas en la piscicultura a nivel nacional con la especie salmónida trucha arco iris para producción de alevines y juveniles en la vereda Tres esquinas del municipio de Gigante – Huila; aportando los conocimientos adquiridos en pregrado de Ingeniería Civil, de tal forma que se optimice las prácticas agroindustriales del sector de manera eficiente y sostenible tanto económica como ambientalmente.

Para el desarrollo de este prediseño de las infraestructuras hidráulicas, se tuvo en cuenta la demanda de uso piscícola establecida por la autoridad ambiental del Departamento y se realizó el pre dimensionando de la bocatoma tipo dique - toma, líneas de conducción de agua, reservorio y el dimensionamiento mínimo necesario de las albercas de producción para una hectárea en espejo de agua. Así pues, con las orientaciones de la directora de grado, experta en producción piscícola en el Departamento del Huila; se demostró en los resultados y las conclusiones, que estas infraestructuras hidráulicas prediseñadas, cumplen con las necesidades mínimas de la especie en cuanto a calidad y cantidad de agua.

Palabras Clave: Piscicultura, Estructuras hidráulicas, Huila, acuicultura, trucha.

## **ABSTRACT**

Fish activity in Colombia has registered an increase in production in the last years of agriculture represented by the cultivation of tilapia (*Oreochromis sp*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) being the Huila Department its largest producer with 46 percent nationally, highlighting the participation of small farmers, without any technology and artisan-type hydraulic infrastructures, which has generated the disproportionate use of water resources.

This work entitled grade "Prediseño fish production unit" it arises as an alternative to project of hydraulic infrastructures used in aquaculture at the national level with the salmon species rainbow trout for production of fingerlings and juveniles on the sidewalk three corners of the municipality of giant - Huila; providing the knowledge acquired in undergraduate studies in Civil Engineering, in such a way that optimizes the agro-industrial sector practices of efficient and sustainable both economically and environmentally.

For the development of the pre-design of hydraulic infrastructures, taking into account fish demand set by the environmental authority of the Department and held the pre by sizing the type dam intake - outlet, lines of water, reservoir and the necessary minimum sizing of the pools of production for one hectare in mirror of water. Thus, the guidelines of the Director of degree, an expert in fish production in the Department of Huila; It showed in the results and conclusions, that these predesigned hydraulic infrastructures, comply with the minimum requirements of the species in terms of quality and quantity of water.

Key words: Hydraulic structures, Huila, aquaculture, fish farming, trout.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	11
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....</b>	<b>12</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. ....	12
<b>2. OBJETIVOS. ....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>3. JUSTIFICACIÓN. ....</b>	<b>16</b>
<b>4. MARCO DE REFERENCIA. ....</b>	<b>17</b>
4.1 MARCO CIENTÍFICO.....	17
4.2 MARCO TEÓRICO.....	17
4.3 MARCO CONCEPTUAL. ....	18
4.4 MARCO HISTÓRICO (ESTADO DEL ARTE). ....	20
<b>5. METODOLOGÍA. ....</b>	<b>23</b>
<b>6. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE GIGANTE – HUILA.....</b>	<b>25</b>
6.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	25
6.2 LÍMITES DEL MUNICIPIO.....	26
<b>7. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO ACUÍCOLA. ....</b>	<b>27</b>
7.1 CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DEL ÁREA DE INFLUENCIA.....	28
7.1.1 Área de influencia directa (AID).....	28
<b>8. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO.....</b>	<b>29</b>
8.1 CLIMA.....	29
8.2 HIDROGRAFÍA. ....	31
8.2.1 MICROCUENCA LA HONDA.....	31
8.3 GEOLOGÍA.....	32
8.4 SUELOS.....	33
8.4.1 SUELOS DE MONTAÑA DE CLIMA MEDIO HÚMEDO (MQ). ....	34
<b>9. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA TRUCHA. ....</b>	<b>35</b>
9.1 ASPECTOS GENERALES. ....	35
9.1.1 CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA. ....	35
9.1.2 CAUDAL DE ABASTECIMIENTO NECESARIO PARA PRODUCCIÓN DE TRUCHA.....	36
9.2 TIPOS O SISTEMAS DE CULTIVO. ....	37
9.2.1 ESTANQUE. ....	37
<b>10. VISITA DE CAMPO Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PREDIO. 38</b>	
10.1 ENTORNO SOCIO ECONÓMICO PREDIO LOS LAURELES VEREDA VENTANAS GIGANTE HUILA.....	38
10.1.1 ECONOMÍA. ....	38
10.1.2 VIVIENDA. ....	39
10.1.3 AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SERVICIO DE ASEO.....	40

10.1.4	VÍAS DE ACCESO.....	40
<b>11.</b>	<b>RECONOCIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE UBICACIÓN DE CADA UNA DE LAS INFRAESTRUCTURAS CIVILES. ....</b>	<b>41</b>
<b>12.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE CAPTACIÓN. ....</b>	<b>42</b>
12.1	REGLAMENTACIÓN QUEBRADA LA HONDA. ....	42
12.2	OFERTA HÍDRICA PARA EL PROYECTO TRUCHÍCOLA.....	43
<b>13.</b>	<b>TOMA DE MUESTRAS FISICOQUÍMICAS DE LA QUEBRADA LA HONDA.....</b>	<b>44</b>
13.1	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN. ....	44
13.2	PARÁMETROS DE MEDICIÓN.....	45
13.2.1	pH. ....	45
13.2.2	Oxígeno disuelto.....	45
13.2.3	Temperatura.....	46
13.3	METODOLOGÍA. ....	46
13.3.1	pH. ....	46
13.3.2	Oxígeno disuelto y temperatura.....	47
13.4	RESULTADOS. ....	48
13.4.1	pH. ....	48
13.4.2	Oxígeno disuelto y temperatura.....	49
<b>14.</b>	<b>DESCRIPCIÓN Y PRE-DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA BÁSICA PARA LA CAPTACIÓN. ....</b>	<b>50</b>
14.1	CAPTACIÓN TIPO DIQUE – TOMA. ....	51
14.1.1	Diseño de la rejilla en barras paralelas.....	52
14.1.2	Calculo del vertedero.....	59
14.1.3	Diseño hidráulico del vertedero tipo WES.....	61
14.1.4	Calculo del canal colector.....	67
14.1.5	Calculo de la caja de derivación:.....	70
<b>15.</b>	<b>CONDUCCIÓN DE AGUA.....</b>	<b>80</b>
15.1	TRAZADO DE LA CONDUCCIÓN CAPTACIÓN – RESERVORIO.....	80
15.2	PRESIÓN DE DISEÑO.....	81
15.3	DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO.....	81
15.3.1	Optimización.....	82
15.4	CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGÍA.....	83
15.4.1	Perdida de válvula de control.....	83
15.4.2	Perdida por entrada normal al tubo.....	83
15.4.3	Perdida por salida del tubo.....	84
15.4.4	Perdidas totales.....	84
<b>16.</b>	<b>ALMACENAMIENTO (RESERVORIO).....</b>	<b>85</b>
16.1	TIPOS DE RESERVORIO.....	85
16.2	UBICACIÓN DEL RESERVORIO.....	86
16.3	PERDIDAS POR EVAPORACIÓN.....	87
16.4	VOLUMEN NECESARIO.....	87
16.5	CONSTRUCCIÓN DEL RESERVORIO.....	88
<b>17.</b>	<b>CONDUCCIÓN DEL RESERVORIO AL SISTEMA PRODUCTIVO.....</b>	<b>92</b>
17.1	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN.....	92
17.2	TRAZADO DE LA CONDUCCIÓN.....	92

17.3	PRESIÓN DE DISEÑO.....	93
17.3.1	Presión de diseño:.....	93
17.4	DIÁMETRO DE DESCARGA:.....	94
17.5	CALCULO DE PERDIDAS DE ENERGÍA.....	95
17.5.1	Perdida de válvula de control.....	95
17.5.2	Perdida por entrada normal al tubo.....	96
17.5.3	Perdida por salida del tubo.....	96
17.5.4	Perdidas totales.....	96
<b>18.</b>	<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....</b>	<b>97</b>
18.1	CAUDAL DE INGRESO.....	97
18.2	TIPOS DE VERTEDERO.....	98
18.2.1	Vertedero triangular.....	98
18.2.2	Vertedero rectangular.....	99
18.2.3	Vertedero rectangular con contracciones.....	99
18.3	VERTEDERO RECTANGULAR DE PARED DELGADA.....	101
18.3.1	Distancia Lm.....	101
18.3.2	Profundidad crítica del flujo.....	101
18.3.3	Perdida de energía.....	104
18.3.4	Longitud del resalto.....	104
18.4	AIREACIÓN.....	105
18.4.1	Aireación tipo cascada.....	105
18.4.2	Criterios de aireador para aireadores de cascada.....	106
18.4.3	Prediseño aireador de cascada.....	106
18.4.4	Aireación tipo Venturi.....	108
18.5	DIMENSIONES DE LAS ALBERCAS.....	109
18.5.1	Forma de los estanques.....	110
18.5.2	Entradas y salidas de agua.....	110
18.5.3	Recambio necesario para cada alberca.....	112
18.5.4	Reutilización del agua proveniente de las albercas.....	112
<b>19.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>113</b>
	BIBLIOGRAFÍA.....	115
<b>20.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>117</b>
	ANEXO 1:.....	117
	ANEXO 2:.....	117
	ANEXO 3.....	117
	ANEXO 4.....	117
	ANEXO 5.....	117
	ANEXO 6.....	117
	ANEXO 7.....	117
	ANEXO 8.....	117

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Producción Piscícola en Colombia. ....	12
Ilustración 2. Producción piscícola por departamentos.....	13
Ilustración 3. Ubicación Gigante- Huila .....	25
Ilustración 4. Ubicación del predio del proyecto.....	27
Ilustración 5. Clasificación del clima del municipio de Gigante.....	30
Ilustración 6. Influencia Hídrica sobre el predio los laureles. ....	31
Ilustración 7. Influencia geológica sobre el área del proyecto. ....	32
Ilustración 8. Clasificación del suelo sobre el área del proyecto.....	33
Ilustración 9. Panorámica del tipo de explotación agropecuario vereda Ventanas. .....	38
Ilustración 10. Vista de adecuación de terrenos para cultivos de Pan coger en la vereda Ventanas. ....	39
Ilustración 11. Vista frontal de la vivienda predio Los Laureles. ....	39
Ilustración 12. Panorámica del estado de las vías de acceso predio Los Laureles. .....	40
Ilustración 13. Posible localización de la infraestructura.....	41
Ilustración 14. Medidor Handy Polaris 2 utilizado para el proyecto. ....	44
Ilustración 15. Fotómetro YSI 9300.....	45
Ilustración 16. Phenol Red (Fenol rojo) utilizado. ....	46
Ilustración 17. Análisis de muestra de pH en el laboratorio. ....	47
Ilustración 18. Toma de muestra de oxígeno disuelto y temperatura en la fuente de posible captación. ....	47
Ilustración 19. pH óptimo para el cultivo de trucha. ....	48
Ilustración 20. Resultados de pH de la muestra en la fuente de captación. ....	48
Ilustración 21. Resultado de oxígeno disuelto y temperatura en la fuente de captación.....	49
Ilustración 22. Rejilla de barras paralelas. ....	52
Ilustración 23. Prediseño de la rejilla de barrotes. ....	58
Ilustración 24. Vertedero de rebose. ....	59
Ilustración 25. Relaciones analíticas entre F y h/y1 para un vertedero de cresta ancha (Forster y Skynde).....	65
Ilustración 26. Vista en planta Captación Dique-Toma del proyecto. ....	79
Ilustración 27. Perfil de la conducción entre la captación y el reservorio.....	81
Ilustración 28. Ubicación natural del reservorio. ....	86
Ilustración 29. Relación de taludes recomendada .....	89
Ilustración 30. Vista en corte del reservorio. ....	90
Ilustración 31. Vista en planta reservorio del proyecto. ....	91
Ilustración 32. Perfiles de conducción del reservorio a las albercas.....	93
Ilustración 33. Esquema de distribución. ....	97
Ilustración 34. Vertedero rectangular. ....	101

Ilustración 35. Esquema vertedero rectangular. ....	104
Ilustración 36. Aireador de cascada.....	105
Ilustración 37. Aireador tipo Venturi .....	108
Ilustración 38. Aireador Venturi utilizada en la piscicultura.....	108
Ilustración 39. Tubo con codo. ....	111
Ilustración 40. Sistema de descarga (Vertedero rectangular sin contracciones). ....	111

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas Geográficas del Municipio. ....	25
Tabla 2. Veredas y centros poblados involucrados indirectamente. ....	27
Tabla 3. Climatología del municipio de Gigante. ....	29
Tabla 4. Geología Rural del proyecto. ....	33
Tabla 5. Caudal mínimo según temperatura del agua y longitud de las truchas. ...	36
Tabla 6. Parámetros calidad de agua en truchas. ....	49
Tabla 7. Tipos de captaciones. ....	50
Tabla 8. Caudales determinados para la quebrada La Honda- Gigante (H). ....	51
Tabla 9. Datos iniciales tomados en campo. ....	51
Tabla 10. Cotas iniciales a partir del levantamiento topográfico. ....	52
Tabla 11. Tabla de interpolación. ....	56
Tabla 12. Cotas sobre el vertedero. ....	61
Tabla 13. Cotas importantes en el canal colector. ....	70
Tabla 14. Cotas en la caja de derivación. ....	71
Tabla 15. Cota cresta vertedero de excesos. ....	72
Tabla 16. Cota nivel mínimo del agua. ....	74
Tabla 17. Cotas de agua. ....	75
Tabla 18. Cota superior de aducción. ....	76
Tabla 19. Coeficiente de pérdida de carga por accesorios diámetro de 2". ....	77
Tabla 20. <i>Cota salida hacia el reservorio.</i> ....	78
Tabla 21. <i>Cotas de fondo.</i> ....	79
Tabla 22. Perfil de la conducción. ....	80
Tabla 23. Taludes para presas de material homogéneo. ....	89
Tabla 24. Trazado conducción del reservorio a las albercas. ....	92

## **INTRODUCCIÓN.**

El presente trabajo de grado tiene como tema principal el diseño de las estructuras hidráulicas necesarias para poner en marcha una granja acuícola para una familia del sector en el Departamento del Huila en la zona rural del municipio de Gigante.

El buen uso del recurso hídrico en el país ha tomado mayor importancia en los últimos años, debido al desabastecimiento de las fuentes hídricas y el aumento los niveles de contaminación presentes, generando con esto la participación de diferentes disciplinas profesionales que permitan con sus conocimientos una ayuda al momento de generar estrategias, diferentes estructuras y optimizaciones del recurso.

Aunque el Departamento del Huila y en especial la zona de ubicación del proyecto piscícola se encuentran con una oferta hídrica elevada, los piscicultores no cuentan con las estructuras de captación, control y tratamiento debidas y se ha manejo mas bien de manera artesanal haciendo que en la mayoría de los proyectos los caudales concesionados sean sobrepasados, disminuyendo la capacidad hídrica de las fuentes, por lo cual se genera conflictos por uso y agotamiento de este.

En pro de mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona rural y teniendo en cuenta que se debe buscar diferentes alternativas de sustento, los agricultores han visto en la piscicultura una buena elección; es por ello que desde el aporte académico se propone diseño de obras base para construir una unidad productiva piscícola de especie trucha; en una hectárea de espejo de agua; de tal forma que con los diseños se cumple con los requerimiento de obra civil establecidos en el permiso ambiental y con las obras que se debe tener en cuenta para cumplir con las condiciones biológicas y de cantidad de agua que requiere esta especie (trucha) para su optimo desarrollo.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

**1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

**1.1 Descripción del problema.**

La acuicultura en Colombia en el Departamento del Huila ha crecido de manera exponencial a partir de la aplicación indebida de métodos empíricos en los sistemas intensivos de producción, tal es que se encuentran captaciones provisionales por medio de prueba y error al momento de iniciar los estanques, perjudicando de manera significativa los recursos naturales y el medio ambiente.

**Ilustración 1. Producción Piscícola en Colombia.**

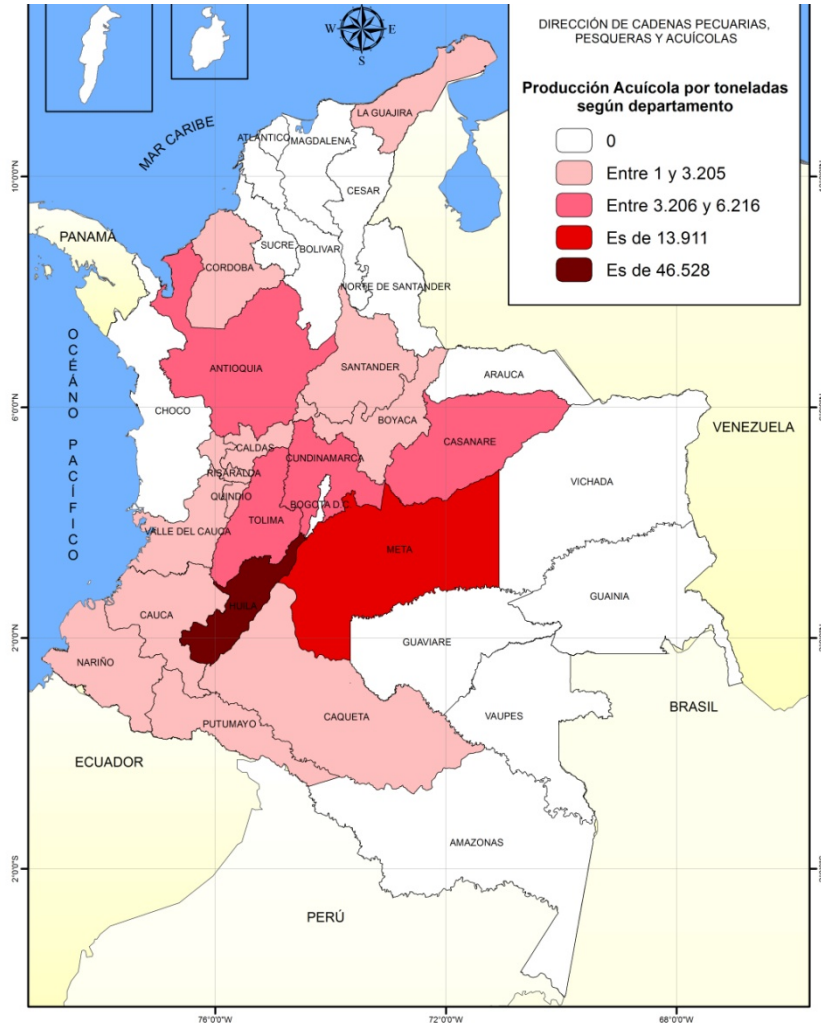
DEPARTAMENTO	Año					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
ANTIOQUIA	3.849	4.079	4.324	5.532	5.864	6.216
BOYACA	1.302	1.380	2.014	1.588	1.683	1.784
CALDAS				185	196	208
CAQUETÁ	747	1.112	1.179	1.238	1.312	1.391
CASANARE	1.681	1.782	1.889	2.898	3.072	3.256
CAUCA				1.358	1.439	1.526
CÓRDOBA	970	1.028	1.147	1.573	1.667	1.767
CUNDINAMARCA	960	1.017	2.551	2.853	3.024	3.206
LA GUAJIRA	345	380	403	423	448	475
HUILA	30.099	31.905	33.623	33.521	43.894	46.528
META	10.225	10.839	11.489	12.925	13.124	13.911
NARIÑO	681	712	1.394	1.544	1.637	1.735
PUTUMAYO	1.160	955	1.012	1.063	1.127	1.194
QUINDIO				106	112	119
SANTANDER	2.354	2.495	2.645	1.238	1.312	1.391
RISARALDA				894	948	1.004
SUCRE	2.009	2.250	2.385	2.505	2.655	2.815
TOLIMA	4.452	4.719	5.002	4.512	4.783	5.070
VALLE	2.456	2.603	2.759	2.405	2.549	2.702
OTROS	4.389	6.903	6.793	6.065	6.429	6.815
<b>TOTAL</b>	<b>67.679</b>	<b>74.159</b>	<b>80.609</b>	<b>84.426</b>	<b>97.277</b>	<b>103.114</b>

**Fuente:** Cadena Nacional Acuicultura, MADR, adaptada por la autora.

# PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

En 2015 el Huila fue el principal productor piscícola a nivel nacional con el 45% de la producción, seguido por Meta con el 13% y Antioquia con el 6%.

**Ilustración 2. Producción piscícola por departamentos.**



**Fuente:** Cadena Nacional Acuicultura, MADR, adaptada por la autora.

En el 2015 la autoridad ambiental, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena encargada del Huila presento un informe de 36 captaciones ilegales.

“Los proyectos piscícolas deben tener un permiso ambiental de concesión de aguas superficiales y uno de vertimientos por los residuos que genera la actividad. Los que no cuenten con estos dos permisos son considerados, desde el punto de vista

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

ambiental, como ilegales, por lo tanto, se debe iniciar el proceso sancionatorio y la negación de la utilización del recurso hídrico para esa actividad, hasta tanto no se obtengan los permisos, los cuales se otorgan solamente previos a estudios del personal de la Cam. Por lo tanto, si el proyecto está ubicando en una zona de demanda crítica por recurso hídrico se puede estar negando porque precisamente lo que le estamos sugiriendo a este sector es que ubiquen los proyectos en zonas cercanas a fuentes hídricas con suficiente caudal, como las márgenes del río Magdalena”, expresó el director de la Cam, Carlos Alberto Cuéllar.

(Nacion, 2015)

Las autoridades tanto locales como nacionales, han adelantado diversas actividades de difusión de información, tales como conferencias y congresos, con el objetivo de incentivar a los piscicultores a tecnificarse para mejorar la competitividad y productividad del sector piscícola, que han permitido analizar los desafíos del sector y sus posibilidades gracias a la utilización de herramientas que se tienen al alcance.

La ingeniera aplicada en el sector de producción piscícola ha sido particularmente la Ambiental, tomando como eje principalmente solamente las fuentes de captación y descarga que se encuentran involucradas con los proyectos de acuicultura, sin tomar en cuenta el sistema de producción y las pérdidas que se han generado para los piscicultores (ej. canales en tierra en donde no se toman en cuenta las perdidas por filtración y las captaciones de agua provisionales) otras herramientas que pueden ser optimizadas por la ingeniería civil adecuado manejo de los recursos en cuanto a las estructuras hidráulicas, aplicando sus bases en los diseños de acueducto para mejorar la captación y distribución garantizando un uso eficiente y de mejora de la calidad del agua.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

**2. OBJETIVOS.**

**2.1 OBJETIVO GENERAL.**

Elaborar el prediseño de la estructura hidráulica en función de la especie acuícola trucha Arcoíris en el municipio de Gigante-Huila.

**2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Presentar una alternativa de prediseño haciendo uso de los conocimientos de Ingeniería Civil.
- Plantear el prediseño básico de las estructuras de captación, distribución y unidad productiva procurando que sea eficaz y eficiente.

### **3. JUSTIFICACIÓN.**

En el departamento de Huila se han venido implementando medidas restrictivas y limitaciones de uso en las actividades relacionadas con el uso del recurso hídrico referidos o relacionadas al abastecimiento de agua potable y la búsqueda de alternativas que permitan resolver la problemática de las aguas residuales.

El agua en un ambiente natural tiene por si sola la cualidad para limpiar pequeñas cantidades de aguas de desecho y agentes contaminantes, pero al ser utilizada por el hombre, se convierte en agua de desechos y drenaje, las que con un adecuado sistema y tratamiento pueden reducir la contaminación producida en las aguas a un nivel que la naturaleza puede manejar o aprovechar.

La industria pesquera se ha extendido en el departamento y debido al control de las autoridades ambientales se han implementado medidas para garantizar aspectos de la calidad y cantidad de agua utilizada en estos casos, lo que ha traído consigo que los piscicultores soliciten concesiones de aguas superficiales para cumplir de manera legal con los requisitos definidos para el desarrollo de esta actividad. Sin embargo, es evidente que esta actividad ha generado una utilización inadecuada de los recursos generando un impacto para el medio ambiente, derivado del manejo inadecuado de las aguas y las descargas de ellas a las fuentes de captación. Para el caso de los piscicultores se destaca el hecho de la utilización de medidas artesanales y de un conocimiento inapropiado que ha producido perjuicios económicos.

Por lo anteriormente expuesto se sugiere el prediseño de un sistema de captación y distribución del recurso hídrico alrededor de la unidad piscícola haciendo uso de los conceptos de Ingeniería Civil y así aumentar la eficiencia del uso del recurso utilizada por la está unidad piscícola.

## **4. MARCO DE REFERENCIA.**

### **4.1 MARCO CIENTÍFICO.**

La generación de conocimiento científico es básica al momento de contar con bases sólidas y así poder tomar las decisiones de infraestructura y manejo de los recursos hídricos implicados en la acuicultura de Colombia, están enfocadas hacia el conocimiento de los recursos actuales.

Al inicio se realizaron informes y reporte de trabajos que fueron discriminados por la especie y sus características de acuerdo con el lugar de producción, no fue hasta la década de los 90 cuando el INPA (Instituto de Pesca y Acuicultura, elaboro el primer boletín científico en donde se encontró la recopilación de todas las investigaciones llevadas hasta el momento por esa institución.

Tras la liquidación de INPA las investigaciones científicas se retrasaron considerablemente, dando paso a la creación de AUNAP (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca) retomando la generación de conocimientos con la creación de la oficina de generación de conocimientos y la información.

La bioeconomía acuícola en el concepto que surge a partir de la relación entre dos disciplinas científicas, la biología y la economía. Ambas ciencias se ocupan de la predicción y explicación de fenómenos observados y se basa en modelos matemáticos y se fundamenta en la teoría general de ciencias de sistemas, lo cual permite conocer, comprender e interrelacionar todos los aspectos que influyen en el manejo de la producción acuícola. (Araneda M, 2013)

### **4.2 MARCO TEÓRICO.**

Entre las teorías principales encontramos el cálculo de la biomasa en peces de clima cálido en donde algunos acuicultores hacen la determinación con respecto a la medida de peso más actualizada que se tenga y se calcula a partir del número de peces presentes en el momento de realizarse el muestreo. (PanoramaAcuicola.com, 2016)

La toma de los muestreos depende de las condiciones frecuentes de los estanques, cuando estas condiciones son variables en sus parámetros fisicoquímico (condiciones de oxígeno y amonio) se encuentra fluctuaciones entre buenos y malos se hacen muestreo cada 8 a 15 días. Cuando las condiciones de los estanques son buenas se pueden tomar muestras cada 30 días ya que las condiciones son poco variables y no existen fluctuaciones drásticas que afecten el crecimiento.

## PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

En cuanto a la determinación del número mínimo de peces a tomar en los muestreos existen las teorías de que se una representación del 10,5 o hasta la raíz cuadrada de la población. De acuerdo con la mayoría de los reportes se ha estimado que para las diferentes etapas existen números representativos que asegura estar muy cerca del promedio del peso. En la etapa de levante con hasta 80 gramos una muestra de 200 peces por estanque es suficiente y en la etapa de ceiba 250 peces de la población serían suficientes.

Al momento de generar un muestreo se han planteado las horas de la mañana, luego de realizar la alimentación del pez, se deben hacer en varios sitios del estanque existen sitios de preferencia que serán identificados de igual manera. Los grandes tienden a situarse cerca de los sitios de alimentación y entradas de agua, los medianos hacia el centro del estanque y los pequeños generalmente se encuentran hacia el final del estanque y en las salidas. También se propone hacer el muestreo 2 metros de la orilla para evitar el sesgo de las hembras que están anidando. (PanoramaAcuicola.com, 2016)

### **4.3 MARCO CONCEPTUAL.**

**Acuicultura:** Cría de organismos acuáticos, comprendidos peces, moluscos, crustáceos y plantas. La cría supone la intervención humana para incrementar la producción; por ejemplo: concentrar poblaciones de peces, alimentarlos o protegerlos de los depredadores. La cría supone asimismo tener la propiedad de las poblaciones de peces que se estén cultivando.

**Pesca:** Contempla tres tipos de especies acuáticas: peces, crustáceos y moluscos.

**Estanques:** Es una de las estructuras que componen una finca acuícola, la cual es diseñada y construida bajo especificaciones que permiten el cultivo eficiente de organismos acuáticos. En fincas camaroneras, los estanques están conformados por un muro, una meseta, canales de cosecha, estructuras de entrada y de salida, etc.

**Ciclo de producción:** Se refiere al período en meses desde la siembra de la postlarva hasta la cosecha para su venta.

**Cultivo intensivo:** Consiste en lograr la producción con un control óptimo, lo más completo, se efectúa básicamente con fines comerciales y para esto, se necesitan estanques técnicamente contruidos con entrada y salida de agua. Las cosechas y las siembras se llevan a cabo periódicamente, obedeciendo a una programación de la producción.

## PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

**Cultivo extensivo:** Es considerada como la contraparte de la intensiva; en ella, el control que se ejerce sobre el cultivo es reducido. Por lo general, se efectúa en embalses o reservorios, bien sea naturales o artificiales, dejando que los peces subsistan de la oferta de alimento natural que allí se produzca. En este sistema de cultivo no se proporciona ninguna clase de alimento suplementario y el aprovechamiento se efectúa, a partir del momento en que se detectan animales de talla comercial.

**Cultivo semi-intensivo:** Se practica en forma similar a la extensiva, pero en este caso ya existen, por lo general, estanques o reservorios construidos por el hombre y las técnicas de manejo se limitan simplemente a la siembra de los peces, abonamiento y preparación del estanque en forma incipiente y esporádica. En ocasiones, si se suministra algún tipo de alimento, está compuesto principalmente, por desechos domésticos y residuos agrícolas.

**Alevinos:** Cría de peces destinados a la repoblación de las aguas de estanques y ríos.

**Fertilización:** Es la práctica de aumentar el nivel de nutrientes en el suelo o columna de agua en un estanque, utilizados por el fitoplancton para su crecimiento y multiplicación, mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, lo cual incide en el incremento de la productividad primaria.

**Agua superficial:** Es aquella que se encuentra circulando o en reposo sobre la superficie de la tierra, formando los ríos, lagunas, pantanos, charcos, humedales sean naturales o artificiales.

**Concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido:** Es la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene.

**Toxicidad:** Se denomina toxicidad al grado de efectividad que poseen las sustancias que, por su composición, se consideran tóxicas. Se trata de una medida que se emplea para identificar al nivel tóxico de diversos fluidos o elementos, tanto afectando un organismo en su totalidad (por ejemplo, el cuerpo del ser humano) como sobre una subestructura (una célula).

(FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. , 2003)

**Cuenca hidrográfica:** Entiéndase por cuenca el área de agua superficial o subterránea que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales que influyen en un curso mayor que a su vez desemboca en un río principal.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Reglamentación: La Autoridad Ambiental competente con el fin de obtener una mejor distribución de las aguas de cada corriente o derivación, de acuerdo con lo previsto en los Artículos 156 y 157 del Decreto-ley 2811 de 1974, reglamentará cuando lo estime conveniente, de oficio o a petición de parte, el aprovechamiento de cualquier corriente o depósito de aguas públicas, así como las derivaciones que beneficien varios predios. Para ello se adelantará un estudio preliminar con el fin de determinar la conveniencia de la reglamentación, teniendo en cuenta el reparto actual, las necesidades de los predios que las utilizan y las de aquellos que puedan aprovecharlas. (Decreto 1541 de 1978, art 107)

#### **4.4 MARCO HISTÓRICO (ESTADO DEL ARTE).**

La acuicultura en Colombia se inició a finales de los años 30 del siglo XX con la introducción de la trucha arco iris para repoblamiento en aguas de uso público en lagunas naturales ubicadas en altiplanicies de más de 2 500 msnm en la Región Andina; posteriormente fueron introducidas la carpa común (*Cyprinus carpio*) y la Tilapia rendalli y se iniciaron las experiencias de cultivo con el tucunaré (*Cichla ocellaris*) para controlar la reproducción de tilapias en los estanques. También en esa época se iniciaron los estudios con especies nativas, especialmente con el bocachico de la cuenca del río Magdalena *Prochilodus Magdalena* y en 1968 se iniciaron los cultivos experimentales con ostras de mangle *Crassostrea rizophorae*.

A principios de la década de 1980 se introdujeron al país las tilapias (*Oreochromis niloticus*) y (*Oreochromis sp*) para fomentar la acuicultura en estanques y diversificar las fuentes de ingreso de los pequeños productores campesinos, con esfuerzos realizados primero por la Federación Nacional de Cafeteros y más tarde por el Programa de Desarrollo Rural Integrado (DRI). En esa época el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente - Inderena, entonces Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura, empezó a promocionar el cultivo de la cachama blanca en los Llanos Orientales.

Solo a mediados de esa misma década se crearon empresas de acuicultura, primero con el cultivo de camarón y posteriormente con la piscicultura comercial, tanto con especies foráneas como con tilapias, trucha arco iris y carpa común y con especies nativas como las cachamas blanca y negra.

La Acuicultura marina está representada por el camarón de cultivo, con un número pequeño de empresas (nueve fincas en la costa Atlántica y 10 fincas en la costa Pacífica, en el año 2011), un proyecto piloto de cobia (*Rachycentrum canadum*) y algunos trabajos con bivalvos (cinco proyectos pilotos en la costa Atlántica). Adicionalmente existen policultivos de camarón y tilapia en algunos de los departamentos del litoral Caribe y de la región Pacífica. No obstante, aun con algunos esfuerzos en materia de investigación y adaptación tecnológica del cultivo

## PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

de otras especies de peces y moluscos, la maricultura en Colombia no ha aprovechado su potencial.

La acuicultura con peces ornamentales, principalmente de agua dulce pero también algunos marinos, sigue en una fase de investigación y solo algunos proyectos de producción de estas especies en cultivo han escalado a nivel empresarial.

La tendencia de crecimiento de la actividad en el periodo 1985-2012 fue muy positiva (20,44% anual promedio al pasar de 572 toneladas en 1985 a 89 509 toneladas en 2012) y, aun cuando el crecimiento es menor con respecto a otros países de Latinoamérica, supera ampliamente la tasa media de crecimiento del sector agropecuario y del conjunto total de la economía nacional.

En el caso particular de la piscicultura, dicho crecimiento ha sido siempre positivo excepto en el año 2000, cuando se dieron varias circunstancias de orden público y económico en el país que afectaron en general al sector agropecuario; sin embargo, en los últimos cinco años han aparecido signos recesivos en la actividad. En el caso de la camaricultura, el incremento en la producción fue significativo hasta el año 2007, cuando una mezcla de factores como enfermedades, baja del precio internacional y revaluación del peso, hizo que la actividad empezara a decrecer al punto que en el año 2011 la producción se vio reducida en más del 50%, pero en el 2012 presentó un ligero incremento.

La producción acuícola en Colombia en 2006 fue de 71 168 toneladas, de las cuales se exportaron 15 768 toneladas, mientras que en 2011 alcanzó 82 733 toneladas y las exportaciones solamente fueron 9 968 toneladas. Las importaciones por el contrario se incrementaron de 57 859 toneladas en 2006 a 71 850 toneladas en 2011. El camarón presentó un crecimiento progresivo en sus exportaciones, pasando de cerca de 6 200 toneladas en 2000 a 16 969 toneladas en 2008; sin embargo, debido a la disminución en la producción nacional, las exportaciones presentaron una contracción llegando a 5 954 toneladas en 2011. Por el contrario, la piscicultura, que en 2000 exportaba menos de 200 toneladas, incrementó las exportaciones a partir de 2008, alcanzando en 2011 un poco más de 4 000 toneladas.

Aunque en Colombia no se ha realizado un censo de granjas piscícolas, el diagnóstico de la Acuicultura de recursos limitados - (AREL) realizado por el Incoder en el 2011 con apoyo de la FAO, estimó que hay 26 304 granjas AREL y 2 854 tipo AMyPE (Acuicultura de la micro y pequeña empresa) en el país; la estimación de la AUNAP del número de acuicultores medianos y grandes es de cerca de 245, estando la gran mayoría de ellos localizados en los departamentos de la Región Andina y en algunos departamentos de las regiones de la Orinoquia y la Amazonía,

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

en donde casi todos los cultivos se ubican en el pie de monte de la Cordillera Oriental.

La superficie total dedicada a la piscicultura en Colombia es muy reducida, con apenas 2 130 hectáreas utilizadas; la gran mayoría de las granjas (98,67%) usan estanques en tierra, lo cual es indicativo de alta dispersión y atomización productiva. El 1,33% restante producen con el sistema de jaulas flotantes en diferentes cuerpos de agua nacionales. El mayor número de granjas que utilizan estanques se encuentra en Tolima, aunque los departamentos que tienen mayor área de espejo de agua son Meta y Huila. (Aunap, 2014)

## 5. METODOLOGÍA.

- Caracterización del municipio de Gigante-Huila: Identificación de los aspectos físicos del municipio de acuerdo con el Esquema de Ordenamiento Territorial, identificación del entorno del subsector y los organismos relacionados con el subsector Piscícola.
- Descripción y características generales de la trucha: Etapas de producción (Cría, levante y ceba, los métodos y técnicas del cultivo (Extensiva, semi-intensiva e incentiva), practica de cultivo a utilizar y cuáles son las condiciones ideales del recurso hídrico.
- Visita de campo, reconocimiento zona de desarrollo del proyecto en el predio Los Laureles y características generales del área de influencia directa e indirecta del proyecto.
- Reconocimiento y descripción del sitio de ubicación de cada una de las infraestructuras civiles a diseñar (bocatoma, desarenador, etc.): Se identificara con el propietario del proyecto la ubicación de cada una de las estructuras necesarias para la producción truchícola entre ellas tenemos la bocatoma, el desarenador, la conducción del agua hasta el tanque de almacenamiento o reservorio, el reservorio, distribución del agua hasta la zona de producción, la unidad truchícola, recolección de aguas y lodos y finalmente el lugar de disposición para realizar el sistema de tratamiento del agua.
- Levantamiento Topográfico del predio Los Laureles y ubicación del sitio de captación: Este levantamiento se realiza por parte del estudiante con el equipo topográfico facilitado por la directora del proyecto de grado y también se hace la ubicación del punto de captación designado de acuerdo con las facilidades del proyecto.
- Caracterización de la fuente de captación: Esta caracterización se realiza en el punto exacto de captación en donde se conocerán los análisis hechos por entidades departamentales y municipales y como es su comportamiento en el transcurso del tiempo, su calidad y cantidad con respecto al mismo.
- Medición de caudal y toma de muestras de los parámetros de calidad de agua (pH, temperatura y oxígeno) (FAO, Manual Practico para el cultivo de la trucha arcoiris , 2014) de la quebrada media honda : Estas muestras se realizaran por el estudiante en el sitio (in situ) para conservar las condiciones iniciales y poder garantizar la calidad en la toma de muestras, de igual manera se realiza por medio de equipo de propiedad de la Directora del proyecto de grado, módulo de

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

piscicultura para la estimación del caudal de diseño y estimación de los criterios para determinar el diseño (evaporación, infiltración y precipitación).

- Descripción y prediseño de la infraestructura básica para el manejo del agua: Se establece los tipos de captación disponibles (superficial y subterránea), conducción de agua con un sistema por escurrimiento libre y las medidas del tanque de reservorio.
- Descripción y prediseño de la unidad truchícola: Localización y Pre-dimensionamiento de la zona de producción.

## 6. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE GIGANTE – HUILA.

El municipio de Gigante se encuentra localizado en la parte centro oriental del Departamento del Huila, entre el cerro Matambo, margen izquierda del Rio Magdalena y la cordillera oriental, a una distancia de 84 Km de la ciudad de Neiva. (Alcaldia de Gigante, 2014-2027, pág. 38)

### 6.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.

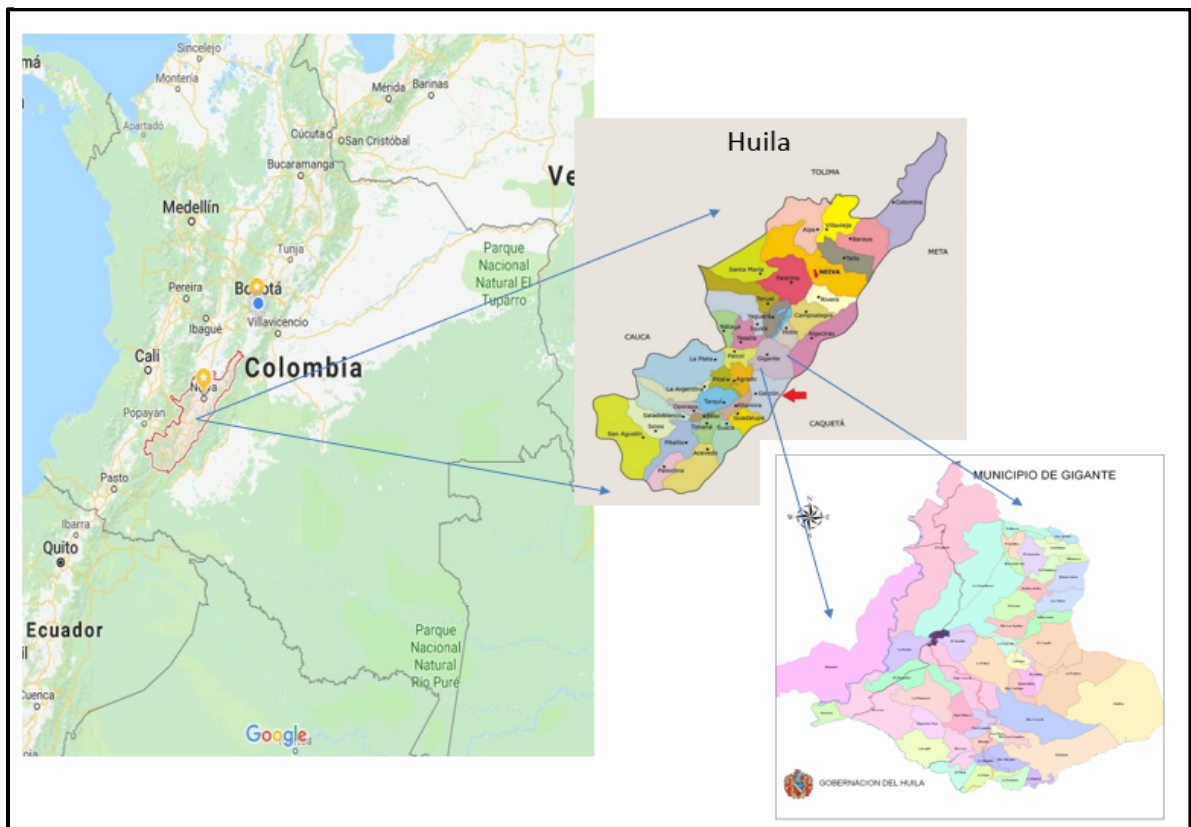
El municipio de Gigante se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas geográficas

Tabla 1. Coordenadas Geográficas del Municipio.

Latitud Norte	Longitud
2°23' 13''	75°32' 46''

Fuente: Elaborada por la autora, 2018.

Ilustración 3. Ubicación Gigante- Huila



Fuente: Imágenes Internet; adaptada por la autora, 2018.

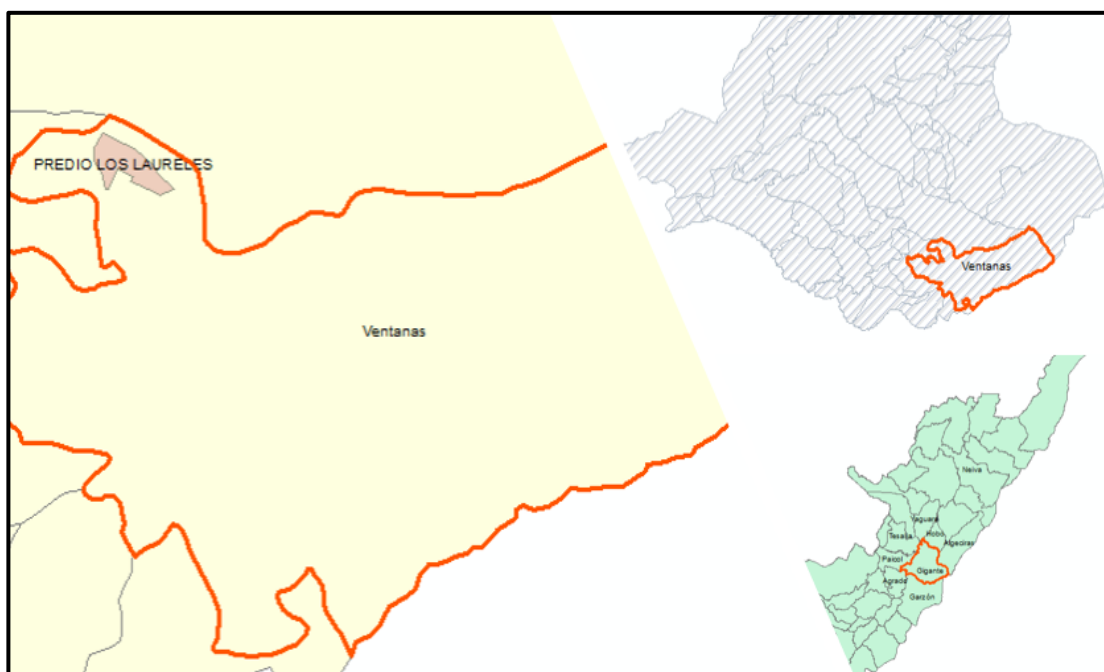
## **6.2 LÍMITES DEL MUNICIPIO.**

El municipio de Gigante limita al norte con el Municipio de Hobo, al sur con el municipio de Garzón, al oriente con el departamento del Caquetá y el municipio de Algeciras y al occidente con los municipios de Yaguará, Tesalia, Paicol y Agrado. (Alcaldía de Gigante, 2014-2027, pág. 38).

## 7. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO ACUÍCOLA.

El proyecto se encuentra localizado al sur del departamento del Huila entre las cordilleras Central y Oriental sobre la cuenca del río Magdalena, al sur del embalse de Betania, en jurisdicción del municipio de Gigante.

**Ilustración 4. Ubicación del predio del proyecto.**



**Fuente:** SIG Gigante; creación de la autora, 2018.

**Tabla 2. Veredas y centros poblados involucrados indirectamente.**

<b>Vereda</b>	<b>Ventanas</b>
<b>Centro Poblado Cercano</b>	Tres esquinas
<b>Predio</b>	Los Laureles
<b>Quebrada</b>	La Honda

**Fuente:** Creación de la autora, 2018.

## **7.1 CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DEL ÁREA DE INFLUENCIA.**

### **7.1.1 Área de influencia directa (AID).**

El área de influencia directa de acuerdo con información primaria corresponde a la cuenca alta de la quebrada La Honda por ser esta la de mayor proximidad al predio y ser el nacimiento de esta; haciéndola totalmente apta para el desarrollo del cultivo de la trucha.

El área de aporte territorial, la cual está constituida por los predios en cuyo territorio se prevé la construcción de las principales obras civiles: Captación, conducción, desarenador, tanque y sistema de producción hacen parte del AID siendo el predio Los Laureles y Panóptico propiedad de la misma persona.

El área de influencia del proyecto se registra en 1 zona estable activamente en el área del sistema de producción, desde el inicio de la captación hasta el final de la zona destinada para su futuro tratamiento.

## 8. DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO.

### 8.1 CLIMA.

El clima es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmosfera en un lugar determinado de la superficie terrestre, combinando las variables como temperatura, precipitación, brillo solar, evapotranspiración, humedad y dirección del viento. Por ende, el clima de una región resulta del conjunto de condiciones atmosféricas que se presentan típicamente en dicha región a lo largo del tiempo.

Hoy más que nunca el conocimiento del clima es indispensable para planificar las actividades agropecuarias, industriales, mineras, el emplazamiento de la población, la construcción de infraestructura, prevención de desastres, entre muchas otras actividades humanas que tienen que ver con el clima y el agua como valioso recurso o potencial amenaza. (Alcaldía de Gigante, 2014-2027, pág. 52)

**Tabla 3. Climatología del municipio de Gigante.**

<b>Características</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mínima</b>	<b>Máxima</b>	<b>Promedio</b>
<b>Temperatura</b>	°C	12	25	15,5
<b>Precipitación anual</b>	Mm	700	1560	1,130
<b>Brillo solar</b>	Hr/d	1,69	7,6	4,67
<b>Humedad</b>	%	65	77	71
<b>Velocidad del viento</b>	Km	0,22	21,2	10,71

**Fuente:** (IDEAM, op.cit., pag.52.)

El municipio de Gigante esta supervisado por cinco (5) estaciones meteorológicas supervisadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) denominadas hacienda la cristalina, gigante n1, gigante n2, paso del colegio y rio Loro de tipo Limnimétricas y pluviométricas con elevaciones desde 850 hasta 1460 m.s.n.m.

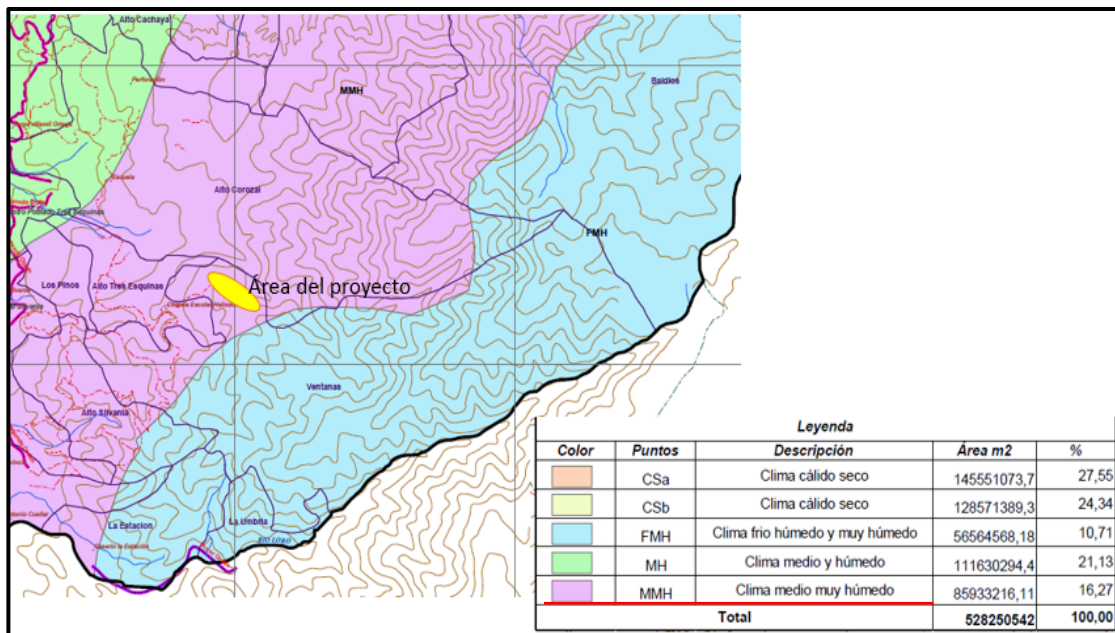
La distribución de lluvias en el Municipio se reparte en dos periodos (marzo- abril y octubre- noviembre), y dos periodos marcados de verano (diciembre- febrero y julio- septiembre).

El municipio de Gigante pertenece a la región andina de nuestro país. Topográficamente la cabecera Municipal se encuentra a una altura de 840 m s. n. m; su mayor altura se ubica a 3200 metros en el cerro Miraflores de la cordillera oriental y su menor altura a 600 m en la desembocadura de la quebrada las vueltas.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
 LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

El predio destinado al proyecto se encuentra ubicada en un clima medio muy húmedo de acuerdo con el Plan Básico para el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de Gigante (PBAVR); Plano No. PBAVR-2.

**Ilustración 5. Clasificación del clima del municipio de Gigante.**



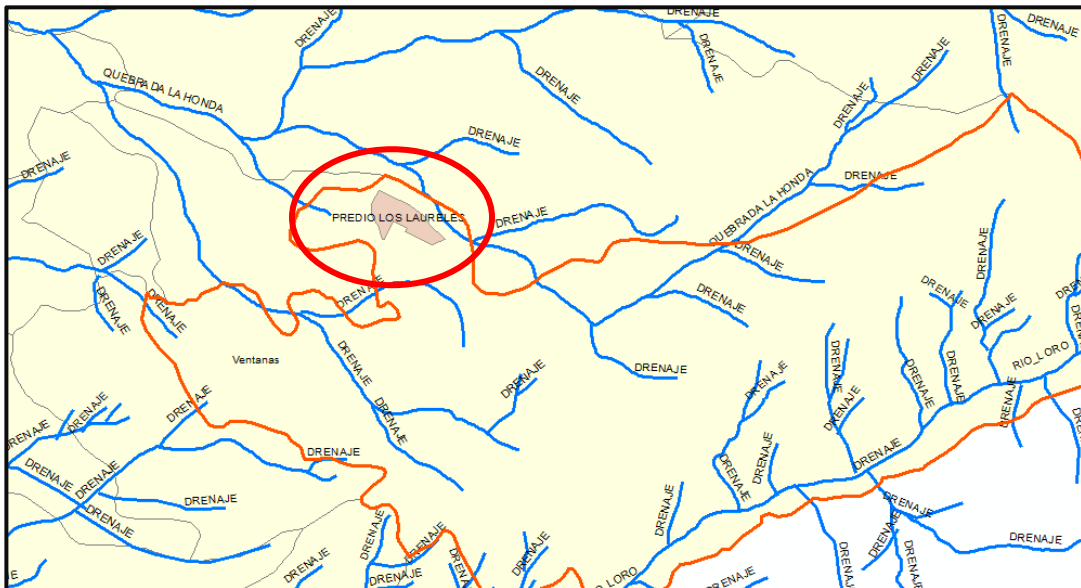
Fuente: Plano No. PBAVR-2, elaboración de la autora, 2018.

## 8.2 HIDROGRAFÍA.

El Municipio de Gigante cuenta con la cuenca del Río Magdalena, principal fuente hídrica de Colombia y sobre la cual se han gestado grandes proyectos de desarrollo para el país, sus principales Microcuencas Río Loro, la Honda, La Guandinosita y las Vueltas, la Guandinosita y puerto seco; con principales afluentes como el pescado, Media Honda, Gigante, La Chonta, San Jacinto entre otras. (Alcaldía de Gigante, 2014-2027, pág. 73)

Para este proyecto la microcuenca de enfoque es la denominada La Honda por su proximidad y accesibilidad de captación.

**Ilustración 6. Influencia Hídrica sobre el predio los laureles.**



**Fuente:** SIG Gigante; creación de la autora, 2018.

### 8.2.1 MICROCUENCA LA HONDA

La quebrada la Honda es una corriente de uso público que nace sobre los 3200 msnm en las estribaciones de la cordillera Oriental en áreas cubiertas con bosques primario invertido, desde donde recorre una distancia aproximada de 21.7 km hasta su desembocadura en el río Magdalena por la margen derecha a una altura de 650 msnm, en jurisdicción del municipio de Gigante.

(Corporación Autónoma del Alto Magdalena, 2010, pág. 4)

“En la época de verano el caudal en la parte baja es insuficiente para el riego de cacao. Surte los minidistritos de riego Bajo Corozal y Algarrobo.

# PRE DISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA LUIA MARIA PARRA ARBOLEDA

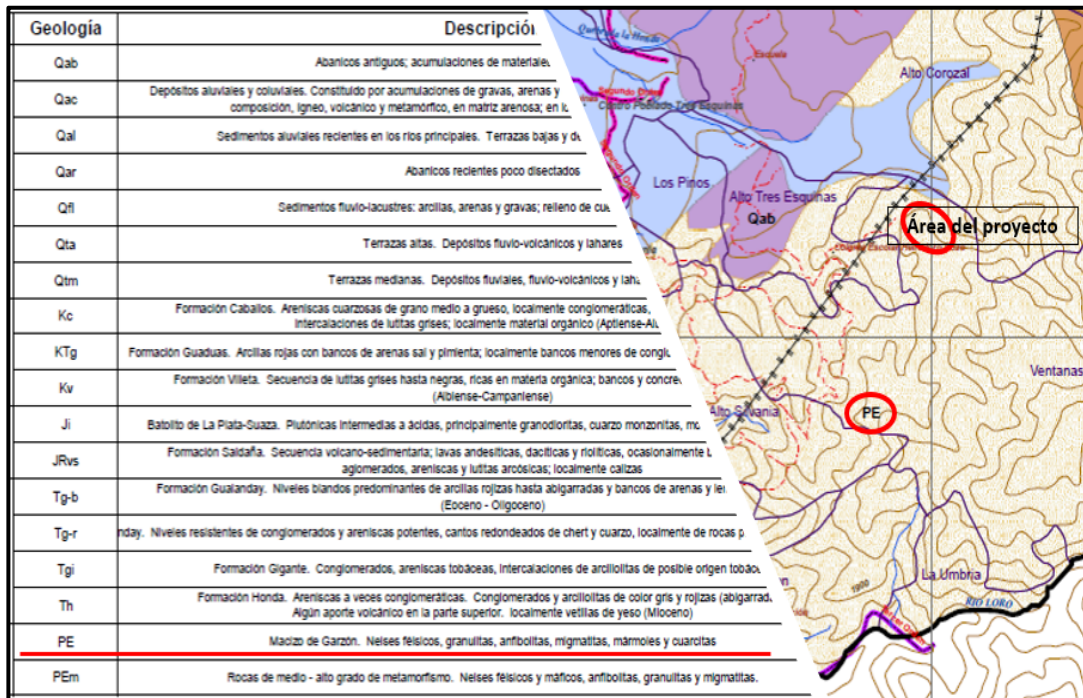
El caudal de la fuente Media Honda, afluente de la Honda, es de 130 Litros/seg, y se captan 70 litros/seg; se tiene una disponibilidad adicional de 60 litros/seg en la bocatoma municipal. Esta fuente surte el acueducto de la vereda el Libertador y su contribuyente la Media Honda surte el acueducto municipal de Gigante.

Por encima de los 1.000 m.s.n.m. la demanda de agua para consumo humano y distritos de riego es de 102 litros/seg. Por debajo de los 1.000 m.s.n.m. la demanda es de 226 litros/seg la cual se utiliza para riegos de cultivos de cacao” (Alcaldía de Gigante, 2014-2027, pág. 77)

### 8.3 GEOLOGÍA.

La geología aporta especialmente conocimiento de la estructura y la dinámica terrestre, de la litología y de la localización de igual manera suministra características, propiedades, capacidad de soportar las actividades humanas y la forma de utilización más adecuada del subsuelo; también suministra información relacionada con la ocurrencia de desastres naturales, bien sea por las características tectónicas o estructurales, por sismicidad, o por la naturaleza litología. (Alcaldía de Gigante, 2014-2027, pág. 78)

**Ilustración 7. Influencia geológica sobre el área del proyecto.**



**Fuente:** Plano No. PBAVR-4, elaboración de la autora, 2018.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

**Tabla 4. Geología Rural del proyecto.**

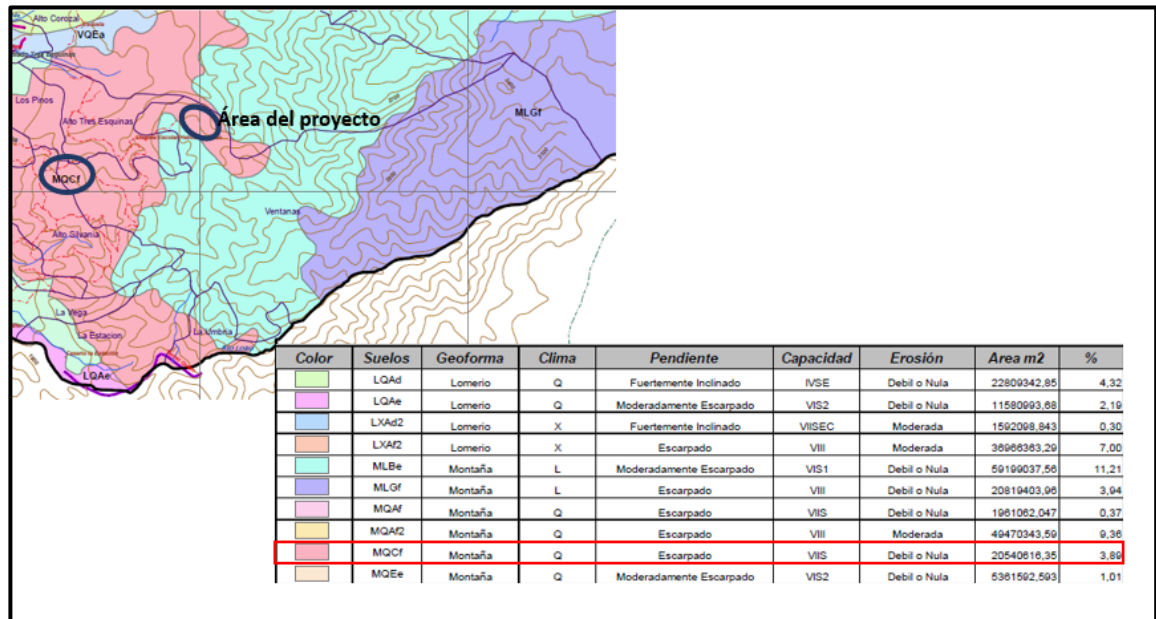
Estratigrafía	Geología	Descripción
Precámbrico	PE	Macizo de Garzón. Neises félsicos, granulitas, anfibolitas, migmatitas, mármoles y cuarcitas.

Fuente: PBOT Gigante; adecuación de la autora, 2018.

### 8.4 SUELOS.

A la altura de 1200 metros, denominan los suelos de complejo desaturados, ácidos, caracterizados por la evolución avanzada, presentan una fuerte alteración de los materiales y una neo formación arcillosa de tipo caolinítico; mientras que en el occidente a altitudes menores a 1200 m, los cuales son de complejo cada vez más saturados, de reacción neutra o ligeramente alcalinas, están cada vez menos alterados y los perfiles menos diferenciados; la neogénesis arcillosa se caracteriza por la formación de arcilla tipo 2:1, monmorilonitas, illitas y verniculitas. (Alcaldía de Gigante, 2014-2027, pág. 96)

**Ilustración 8. Clasificación del suelo sobre el área del proyecto.**



Fuente: Plano No. PBAVR-8, elaboración de la autora, 2018.

## PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

De acuerdo con el PBOT de Gigante su clasificación se encuentra definida como MQ siendo suelos superficiales a profundos, bien drenados, ácidos a ligeramente ácidos, de fertilidad baja a moderada.

Comprende un área de 12.504 hectáreas de las veredas Cascajal, Bajo Silvania, Agua Blanca, la Estación, Alto Silvania, Los Pinos, Tres Esquinas, Ventanas, Alto Corozal, Quebraditas, La Pradera, El Salado, Cogollo, Santa Lucía, Alto de las Águilas, Los Olivos, Vueltas Arriba, Peñalosa, Buenos Aires, Garrucho, Villanueva, Guadalupe y San Jacinto.

### 8.4.1 SUELOS DE MONTAÑA DE CLIMA MEDIO HÚMEDO (MQ).

Situados en el paisaje de montaña, entre los 1000 y 2000 m.s.n.m., las temperaturas oscilan entre 18 a 24°C y la precipitación promedio es de 1000 a 2000 mm anuales. Corresponde este piso bioclimático a las formaciones vegetales de bosque húmedo y muy húmedo premontano.

Las geoformas correspondientes a filas y vigas asociadas se caracterizan por presentar un relieve fuertemente quebrado a fuertemente escarpado con pendientes predominantes mayores de 50% al igual que en los escarpes, cañones y taludes. En las unidades estructurales como crestones y flatirones, el relieve sobresaliente es fuertemente inclinado a moderadamente escarpado con pendientes que varían entre 12 y 75%. En las colinas y lomas, lo mismo que en los vallecitos coluvio-aluviales y depresiones generalmente el relieve es plano a inclinado. Comprende un área de 114.743.659,59 m<sup>2</sup> en las veredas de Gran Vía, la Palma, Cachaya, Salado, Alto Cachaya, Bajo Corozal, Tres Esquinas, Silvania, la Chiquita, la Vega, el Piñal y la Estación. (Alcaldía de Gigante, 2014-2027, pág. 99)

## **9. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA TRUCHA.**

### **9.1 ASPECTOS GENERALES.**

La trucha arco iris es un tipo de salmónido del género Salmon, especies nativas de la cuenca Del Pacifico Norte, desde Alaska hasta California; por la calidad de su carne ha sido introducida en gran cantidad de países en el Mundo y Colombia no es la excepción; siendo esta especie recientemente declarada como especies de peces domesticadas, por la Autoridad Nacional del Acuicultura y pesca AUNAP, mediante la RESOLUCIÓN 2287 del 29 de diciembre de 2015 Diario Oficial No. 49.741 de 30 de diciembre de 2015 - Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca “Por la cual se declaran unas especies de peces como domesticadas para el desarrollo de la acuicultura y se dictan otras disposiciones”.

#### **9.1.1 CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA.**

La trucha es una especie, inmensamente rigurosa con respecto a la calidad del agua que ingresa al cultivo, tanto en los parámetros físicos como microbiológicos; entre los parámetros físicos de mayor importancia en la producción es el Oxígeno disuelto, es por ello que por la falta de aireación mecánica en este tipo de cultivo; es necesario realizar recambios de manera constante para que el agua que ingresa a los estanques, garantice los altos niveles de oxígeno disuelto que se requiere; para un esperado desarrollo de la especie.

En términos generales el agua es el principal factor para la producción de trucha, que demanda grandes volúmenes de agua; el agua es principal fuente de aporte de oxígeno, y remueve los desechos de la producción. Las exigencias de esta especie están basadas en caudal y velocidad del agua.

Con respecto a los parámetros físico de calidad de agua, se resalta la temperatura que no debe exceder de 18°C, ni bajar de 13° C, es decir la temperatura ideal es de 15°C; el pH en un intervalo entre 6.5 y 8.5; el oxígeno disuelto debe contener rangos de 7.5 ppm a 12 pp siendo el óptimo 8.8 pp (FAO,2014) y niveles de amonio que no superen 1 mg/L.

PREDESEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUIA MARIA PARRA ARBOLEDA

9.1.2 CAUDAL DE ABASTECIMIENTO NECESARIO PARA PRODUCCIÓN DE TRUCHA.

Como se menciona anteriormente, se requiere grandes volúmenes de agua para garantizar el oxígeno disuelto que necesita la especie para su supervivencia y desarrollo; dependiendo el tamaño o longitud de la trucha esta requiere una cantidad de agua determinada, establecida para 1000 truchas a diferentes tamaños y a diferentes temperaturas. (FAO, Manual Practico para el cultivo de la trucha arcoiris , 2014)

**Tabla 5. Caudal mínimo según temperatura del agua y longitud de las truchas.**

Longitud de las truchas (cm)	Caudal mínimo necesario en l/m para 1000 truchas en engorde					
	Temperatura					
	5°	7°	10°	12°	15°	17°
6	2,5	3	3,5	4	4,5	5,5
8	6	7	8	9	10	12,5
10	10,5	12	14	16,5	19,5	23,5
12	17	19	21,5	26,5	31,5	38
14	26,5	30	33,5	41,5	48,8	57,5
16	39	42,5	46,5	58	70	84
18	56	62	68	80	93	114
20	78	86,5	95	115	134	160
22	103	115	128	145	168	200
24	132	144	157,5	174	197	230
26	167,5	176,5	190	207,5	230	262,5

**Fuente:** (FAO, Manual Practico para el cultivo de la trucha arcoiris , 2014, pág. 17)

El volumen de agua utilizado, se ve representado en el recambio que se realiza a los estanques, entiendo que recambio es lo que dura en renovarse toda el aguade un estanque en un tiempo determinado (FAO, Manual Practico para el cultivo de la trucha arcoiris , 2014); para calcular el recambio diario de cada uno de ellos, se divide los metros cúbicos que pasan por el estanque entre el volumen del estanque.

Según (BLANCO CACHAFEIRO , 1995), la cuantía de recambio es la correcta cuando la relación entre la capacidad de almacenamiento de agua del estanque (m3) y el caudal que lo abastece en una hora (m3/h) es menor o igual a uno. La misma autora recomienda que los estanques sean de forma rectangular, con relación largo/ancho del orden de 10; para evitar la sedimentación de los sólidos y

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

su fermentación en el fondo de los estanques, recomienda una velocidad de flujo de mínimo 3cm/s y un caudal equivalente a cuatro recambios por hora.

## **9.2 TIPOS O SISTEMAS DE CULTIVO.**

### **9.2.1 ESTANQUE.**

Espacio cerrado donde se almacena y circula un volumen de agua, con el objetivo de confinar un número determinado de peces para realizar su desarrollo productivo, alimentando de manera diaria; esta infraestructura busca ambientar su hábitat de manera artificial capaz de cumplir con las exigencias biológicas del animal en su medio natural. (Municipalidad de Ragash, 2009).

Tipo de estanques

- Estanque semi natural; represamiento de una fuente natural.
- Estanque artificial; Diseñado y construido para fines piscícolas.
- Estanques en serie; se ubican uno a continuación de otro, unidos por un solo canal; el agua que ingresa al primer tanque, con su salida. abastece al siguiente y así sucesivamente.
- Estanques en paralelo; se construyen en forma paralela cada uno con abastecimiento y desagüe independiente.
- Estanques Mixtos; unión de serie y paralelo.

(Municipalidad de Ragash, 2009)

## **10. VISITA DE CAMPO Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL PREDIO.**

### **10.1 ENTORNO SOCIO ECONÓMICO PREDIO LOS LAURELES VEREDA VENTANAS GIGANTE HUILA.**

#### **10.1.1 ECONOMÍA.**

La base de la economía del predio y en general la vereda Ventanas en el municipio de Gigante, es la explotación agropecuaria, básicamente el establecimiento de cultivo de pan coger como lulo, mora, maíz, entre otros y la ganadería de vacunos en potreros; por encontrarse tan cerca de un área de reserva forestal siempre se ha presentado el aprovechamiento forestal de manera informal.

#### **Ilustración 9. Panorámica del tipo de explotación agropecuario vereda Ventanas.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

**Ilustración 10. Vista de adecuación de terrenos para cultivos de Pan coger en la vereda Ventanas.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora,2018.

#### 10.1.2 VIVIENDA.

Las viviendas son de tipo familiar típicas de zona rural; construidas en ladrillo y distribuidas según su necesidad.

**Ilustración 11.Vista frontal de la vivienda predio Los Laureles.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora,2018.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

10.1.3 AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SERVICIO DE ASEO.

El predio Los Laureles, cuenta con servicio de acueducto de tipo individual y construido de forma artesanal, aprovechando la gran disponibilidad de agua en sus alrededores; no cuenta con potabilización de esta, sino que se hierve para consumo humano; con respecto al alcantarillado se cuenta con baños y los desagües son conducidos a un tanque séptico y las basuras son quemadas o enterradas según el volumen generado.

10.1.4 VÍAS DE ACCESO.

Las vías de acceso no se encuentran pavimentadas y tienen un ancho máximo de 6 metros es decir forman parte de las denominadas terciarias; y como se menciona en el Plan Básico para el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo (Secretaría de Planeación Gigante , 2015).

Vías Terciarias. Estas vías son las que permiten acceso desde la cabecera Municipal o desde las primarias y secundarias, hasta las diferentes veredas existentes en el municipio. Actualmente las vías no tienen una calzada que sobrepasan los seis (6) metros.

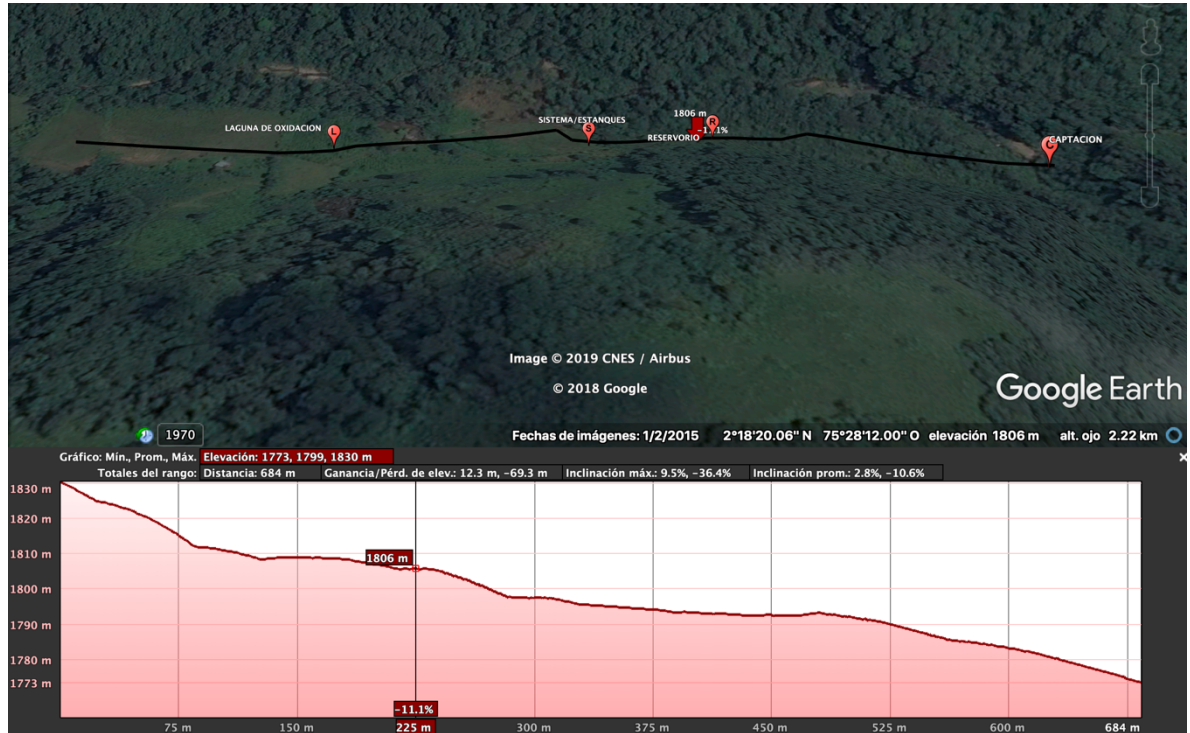
**Ilustración 12. Panorámica del estado de las vías de acceso predio Los Laureles.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

## 11. RECONOCIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE UBICACIÓN DE CADA UNA DE LAS INFRAESTRUCTURAS CIVILES.

Ilustración 13. Posible localización de la infraestructura.



Fuente: Elaboración propia de la autora, 2018.

Mediante una visita de campo al predio; se localizo la ruta propuesta por el propietario para implementar el proyecto, luego con la aplicación Google Earth se ubica para conocer el perfil de elevación y así ubicar las estructuras civiles necesarias para prediseñar la unidad productiva de trucha.

## **12. CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE CAPTACIÓN.**

La fuente de captación propuesta es la denominada La Honda reglamentada por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) en la resolución 2810 del 30 de septiembre del 2010 por la cual se reglamenta los usos y aprovechamientos de la quebrada La Honda.

### **12.1 REGLAMENTACIÓN QUEBRADA LA HONDA.**

“El proyecto de distribución final de caudales de la quebrada la Honda, es acogido por la subdirección de regulación y calidad ambiental por competencia.

Que la quebrada La Honda es una corriente de uso público que nace sobre los 3200 msnm en las estribaciones de la Cordillera Oriental en áreas cubiertas con bosque primario intervenido, desde donde recorre una distancia aproximada de 21,7 km hasta su desembocadura en el río Magdalena por la margen derecha a una altura de 650 msnm, en jurisdicción del municipio de Gigante. Teniendo en cuenta el caudal de la fuente Media Honda, afluente de la quebrada la Honda.

Para el análisis de los caudales de la quebrada La Honda, se decidió dividirla en tres (3) zonas, considerando la topografía y afluentes de la quebrada: Zona Alta – Es el área comprendida desde el nacimiento (altura de 3200 msnm) hasta la toma del predio Villa Fernanda (altura de 1230 msnm) en esta zona se considera también la quebrada Media Honda donde se ubica la captación del acueducto del municipio de Gigante; Zona Media – Es el área comprendida desde la toma del predio Villa Fernanda (altura de 1230 msnm) hasta la captación del predio Santa Ana (altura 842 msnm); Zona Baja – Es el área comprendida desde la captación del predio Santa Ana (altura 842 msnm) hasta la desembocadura al río Magdalena (altura de 630 msnm).

Por lo anterior se analizan los caudales de la quebrada La Honda, teniendo en cuenta los caudales de aforos realizados y los caudales medios calculados por los parámetros morfo métricos de la cuenca, para así tener las herramientas necesarias para toma de decisiones y escoger el caudal base del reparto.

A partir de los caudales medios calculados por los parámetros morfo métricos de la cuenca, de las tres (3) zonas se tiene que, para la zona alta, incluyendo el aporte de la quebrada Media Honda, 319,78 lts/s (oferta hídrica total); zona media 590 lts/s y zona baja 240 lts/seg. De los aforos puntuales se tiene para la zona alta, no se aplicó; zona media con el caudal de 218,84 lts/seg (oferta hídrica total); zona baja 261,66 lts/seg (oferta hídrica total).

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Se adopta un caudal base de reparto para la quebrada La Honda en la zona alta de 271,81 lts/seg, en la zona media de 186,01 lts/seg y en la zona baja 222,41 lts/seg.

El caudal asignado o distribuido corresponde en la zona alta a 146,69 lts/seg, en la zona media a 109,12 lts/seg y en la zona baja a 172,56 lts/seg.” (Corporacion Autonoma del Alto Magdalena, 2010).

**12.2 OFERTA HÍDRICA PARA EL PROYECTO TRUCHÍCOLA.**

El proyecto se encuentra ubicado en los 1830 msnm que corresponde a la zona alta del nacimiento de la quebrada la Honda comprendido entre los 3200 msnm hasta los 1230 msnm de altura, con una oferta hídrica de 271,81 LPS lo que permite ser utilizado para el prediseño de la truchícola.

### 13. TOMA DE MUESTRAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA QUEBRADA LA HONDA.

Los parámetros físicoquímicos permiten asegurar la calidad del agua.

El control de pH, Oxígeno disuelto, conductividad, alcalinidad, junto con otros parámetros aseguran el bienestar y crecimiento del proceso productivo.

La diversidad de especie en la acuicultura implica un amplio margen de condiciones, que varían en relación con la especie, cantidad y condiciones ambientales.

#### 13.1 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

El Handy Polaris 2 tiene diferentes funciones de medición como lo son la temperatura, saturación, oxígeno disuelto, compensación salinidad, presión barométrica.

Hace que sea práctico determinar los parámetros más relevantes para el proyecto; como lo son oxígeno disuelto y temperatura.

**Ilustración 14. Medidor Handy Polaris 2 utilizado para el proyecto.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

## PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Para las muestras de amonio y pH el registro de medición inicial (Sin tratamiento) se utilizó el fotómetro YSI 9300 en la fuente de captación quebrada La Honda a partir de las muestras de campo para ser realizadas en el laboratorio.

**Ilustración 15. Fotómetro YSI 9300.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

### 13.2 PARÁMETROS DE MEDICIÓN.

#### 13.2.1 pH.

La prueba de pH es muy frecuente en aguas o soluciones acuosas, indicando a través de colorimetría simple, permite conocer la acidez, alcalinidad y el total de solidos suspendidos en un afluente.

Las aguas ácidas en acuicultura producen problemas de respiración, crecimiento e inapetencia, mientras que aguas con pH básico aumenta la toxicidad del amonio para los peces y alteran el metabolismo reproductivo.

#### 13.2.2 Oxigeno disuelto.

Este parámetro es de crucial importancia en la piscicultura, pues una baja drástica en su concentración conduce rápidamente a la muerte de los peces en el cultivo, además de otros efectos negativos como la inapetencia y baja resistencia a las enfermedades.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

13.2.3 Temperatura.

La temperatura del agua es muy importante porque regula el crecimiento de los peces, ya que estos no tienen capacidad propia para regular su temperatura corporal. Si la temperatura es muy baja el crecimiento es lento, a temperaturas más altas el desarrollo es más rápido. (FAO, Manual Práctico para el cultivo de la trucha arcoiris, 2014)

**13.3 METODOLOGÍA.**

13.3.1 pH.

Para la prueba en el fotómetro YSI se usa el reactivo Phenol Red (Fenol Rojo) encontrado en una presentación de tableta que contiene la cantidad exacta para la prueba.

El fenol rojo reacciona con el agua en diferentes valores de pH en un rango de 6.8 a 8.4 produciendo un rango distintivo de colores desde amarillo hasta rojo. El color de la solución es un indicativo inicial del valor de pH.

Se toma una muestra de 10 ml de agua de la fuente de captación para proceder a realizar el análisis, luego se macera la pastilla de contenido (Fenol Rojo) y se diluye en la muestra, agitando por un minuto hasta observar una dilución del Fenol; luego se ajusta al fotómetro para realizar la lectura de este.

**Ilustración 16. Phenol Red (Fenol rojo) utilizado.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

**Ilustración 17. Análisis de muestra de pH en el laboratorio.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora,2018.

### 13.3.2 Oxígeno disuelto y temperatura.

El medidor portátil hace que sea fácil medir el oxígeno disuelto y la temperatura; el oxígeno disuelto se muestra en mg/L.

Se realiza la medición directa en la fuente y por medio del electrodo se determina la lectura; con respecto a la temperatura se realiza con el termómetro que funciona por medio de un sensor.

**Ilustración 18. Toma de muestra de oxígeno disuelto y temperatura en la fuente de posible captación.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora,2018.

# PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA

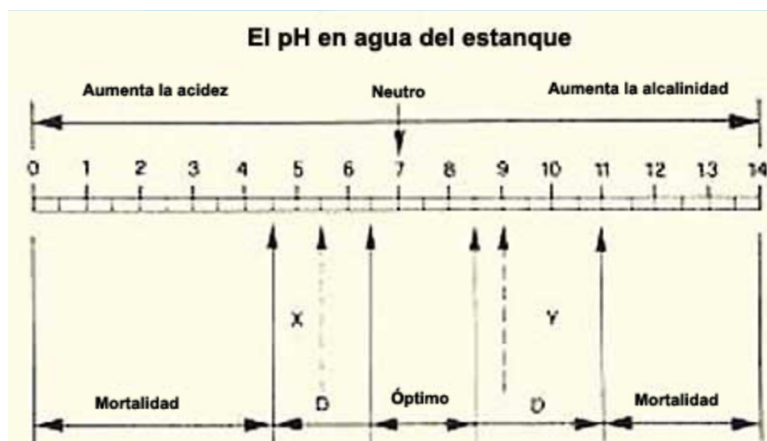
## LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

### 13.4 RESULTADOS.

#### 13.4.1 pH.

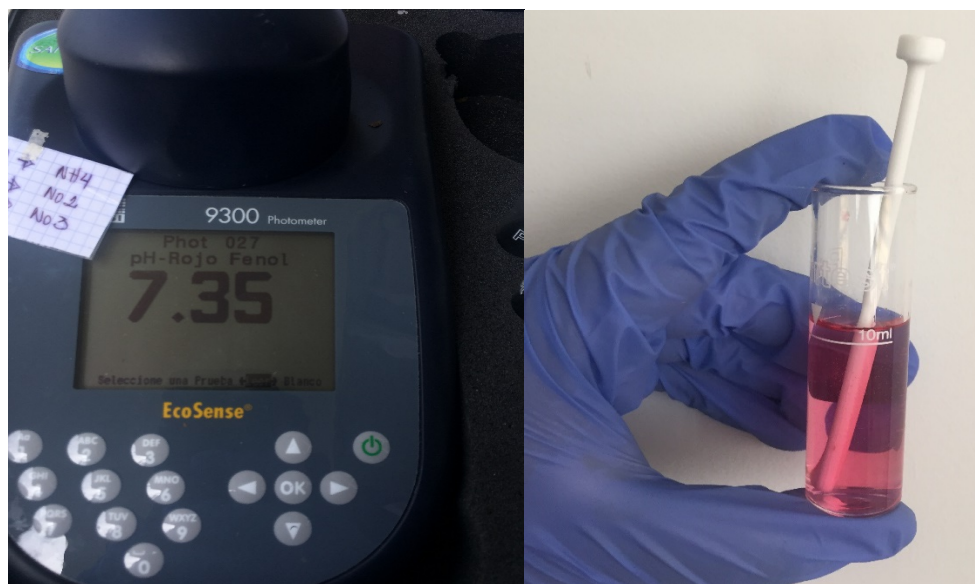
En aguas cuyo pH es ligeramente alcalino son las más adecuadas para la crianza de la trucha; entre 6,5 y 8,5 en general es la más apropiada para producciones óptimas.

**Ilustración 19. pH óptimo para el cultivo de trucha.**



**Fuente:** (FAO, Manual Practico para el cultivo de la trucha arcoiris , 2014)

**Ilustración 20. Resultados de pH de la muestra en la fuente de captación.**



**Fuente:** Elaboración propia del autora, 2018.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

13.4.2 Oxígeno disuelto y temperatura.

Los peces al ser seres vivos captan el oxígeno disuelto en el agua, si la crianza se realiza en grandes densidades se recomienda que el oxígeno no sea menor de 5,5 mg/L (60% de saturación de oxígeno)

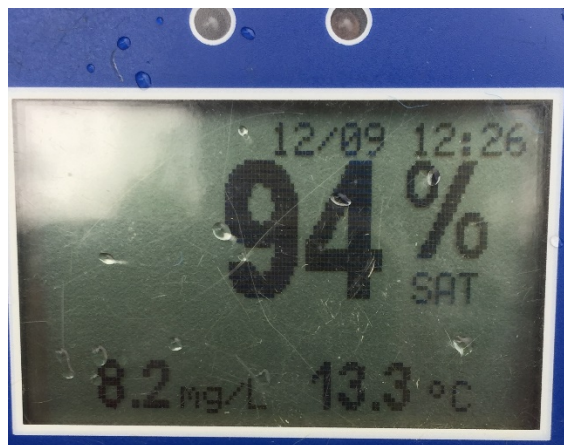
La cantidad de oxígeno disuelto captado por la trucha está influenciado por el cambio de temperatura del agua y la presión atmosférica (a mayor temperatura menos cantidad de oxígeno)

**Tabla 6. Parámetros calidad de agua en truchas.**

Parámetro	Rango	Óptimo
Oxígeno (ppm)	7,5 a 12	8,5
Temperatura (°C)	13 a 18	15

**Fuente:** (FAO, Manual Práctico para el cultivo de la trucha arcoiris, 2014)

**Ilustración 21. Resultado de oxígeno disuelto y temperatura en la fuente de captación.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

## 14. DESCRIPCIÓN Y PRE-DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA BÁSICA PARA LA CAPTACIÓN.

De acuerdo con las condiciones e información de la quebrada La Honda del municipio de gigante denominada zona alta se estableció que es viable la construcción de la unidad productiva de trucha de acuerdo con los parámetros antes mencionados.

Entre sus datos más relevantes encontramos que la cota mayor de la quebrada es de 3200 msnm y la menor de 650 msnm con una longitud de 21.7 km.

Las captaciones se dividen en dos grandes grupos: superficiales y subterráneas, subdividiéndose las mismas de la siguiente manera:

**Tabla 7. Tipos de captaciones.**

Superficiales
<ul style="list-style-type: none"><li>•Toma de rejilla: Ríos ubicados en zonas montañosas con buena cimentación.</li><li>•De fondo o sumergidas: captación de pequeñas cantidades de agua.</li><li>•Laterales: Ríos caudalosos con grandes pendientes.</li><li>•Mixtas: Cuando la fuente presenta variaciones de caudal (inestabilidad)</li><li>•Captaciones dinámicas: Mejores condiciones de agua (filtración constante)</li><li>•Toma en manantiales: Pequeñas cantidades de caudal del subsuelo.</li><li>•Toma directa: Ríos de llanura.</li></ul>
Subterráneas
<ul style="list-style-type: none"><li>•Pozos profundos</li><li>•Galerías filtrantes</li></ul>

**Fuente:** (Salazar Cano & Sanchez Ortiz, 2007), adecuación por la autora, 2018.

**Toma de rejilla:** Se utiliza para ríos ubicados en zonas de montaña con buena cimentación o de tipo rocoso.

**Captaciones de fondo o sumergidas:** Utilizada para captación de pequeñas cantidades de agua en quebradas.

**Toma lateral:** Utilizada preferiblemente en ríos caudalosos con grandes pendientes y poca variabilidad del nivel de la fuente a lo largo del ciclo hidrológico.

**Captación mixta:** Recomendada cuando la fuente presente variaciones de caudal o frecuentemente cambios de curso presentando inestabilidad.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Captaciones dinámicas: Se realiza en condiciones de requerir la mejor condición del agua en vista de que su sistema consiste en una filtración constante, evitando el paso de agua de poca calidad.

Toma de manantiales: Determinada para la captación de pequeñas cantidades de caudal del subsuelo.

Toma directa: Recomendada para pequeños ríos de llanura y en periodos hidrológicos estables conservando el nivel de agua.

De acuerdo con todas las posibilidades que se encuentran para el diseño se determina que la de mejor opción de acuerdo con las condiciones de la fuente y a su vez el nivel socioeconómico se recomienda la captación de tipo Dique -Toma.

#### 14.1 CAPTACIÓN TIPO DIQUE – TOMA.

Según la información obtenida por la Corporación Autónoma Regional Del Alto Magdalena (CAM) se determina que los caudales son:

**Tabla 8. Caudales determinados para la quebrada La Honda- Gigante (H).**

CAUDAL	VALOR	UNIDAD
<b>Máximo</b>	319,78	LPS
<b>Medio</b>	271,81	LPS
<b>Mínimo</b>	146,69	LPS

**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

Con base en el caudal ya establecido por la Corporación Autónoma Regional Del Alto Magdalena (CAM) para el departamento del Huila, no se contemplan una justificación de caudal de diseño determinando que el caudal de diseño del sistema de producción Piscícola es de 3,5 LPS.

**Tabla 9. Datos iniciales tomados en campo.**

DATOS	VALOR	UNIDAD
<b>Qdiseño</b>	3,5	LPS
<b>Ancho del rio (Captación)</b>	5	m
<b>Pendiente del rio (Captación)</b>	13,8	%
<b>Diámetro de la varilla (rejilla)</b>	1/2	in
<b>Espaciamiento entre varillas</b>	2	cm

**Fuente:** Elaboración de la autora, 2018.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

**Tabla 10. Cotas iniciales a partir del levantamiento topográfico.**

DATO	VALOR	UNIDAD
<b>Cota del lecho del rio</b>	1830	m.s.n.m
<b>Cota del agua a la entrada del reservorio</b>	1806	m.s.n.m

**Fuente:** Levantamiento topográfico, adaptación de la autora, 2018.

En este prediseño se omite el prediseño de un desarenador dadas las circunstancias a partir de que los proyectos piscícolas en su mayoría disponen de un reservorio, el cual ayudara a generar una sedimentación y además disminuir costos de construcción.

Se propone una elevación de 0.5 metros por encima del nivel del fondo.

14.1.1 Diseño de la rejilla en barras paralelas.

Con un caudal de 3,5 LPS, debemos determinar el ancho de la rejilla (B) para asegurar la captación del caudal, incrementando en un 50%.

$$Q_{rejilla} = 1,5 * Q_{diseño}$$

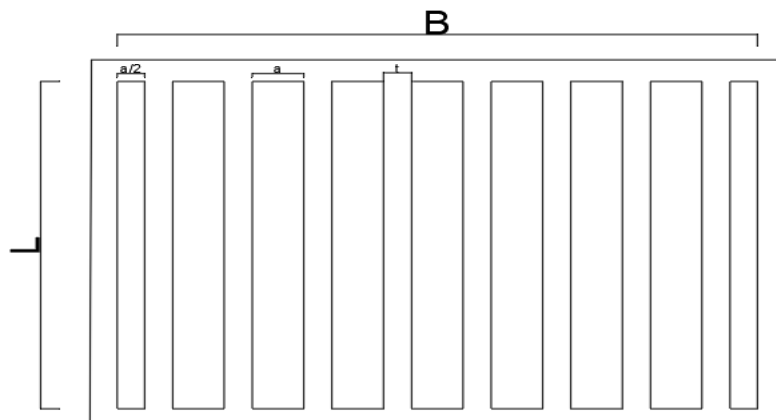
$$Q_{rejilla} = 1,5 * 3,5 \text{ LPS}$$

$$Q_{rejilla} = 5,25 \text{ LPS}$$

[14. 1]

Está compuesta de los siguientes ítems:

**Ilustración 22. Rejilla de barras paralelas.**



**Fuente:** Elaboración de la autora, 2018.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Donde:

*a*: Espaciamiento libre entre los barrotes

*n*: Numero de barrotes o espacios

*t*: Espesor de los barrotes (diametro)

*L*: Longitud de la rejilla

*B*: Ancho de la rejilla

$A_N$ : Área neta para desaguar un caudal con una velocidad  $\leq 0,15$  m/s

$A_t$ : Área total

*e*: Porcentaje util de la rejilla

$$A_N = n * a * L \quad [14. 2]$$

$$A_t = B * L$$

$$A_t = (n * a * L + n * t * L) \quad [14. 3]$$

$$A_t = n * L (a + t)$$

Entonces

$$n * (a + t) = B \quad [14. 4]$$

$$e = \frac{A_N}{A_t} = \frac{n * L * a}{n * L * (a + t)}$$

$$e = \frac{a}{a + t} \quad [14. 5]$$

Determinamos la eficiencia de la rejilla:

$$a = 2 \text{ cm}$$

$$t = 1/2 \text{ in} \approx 1,27 \text{ cm}$$

$$e = \frac{a}{a + t}$$

$$e = \frac{2 \text{ cm}}{2 \text{ cm} + 1,27 \text{ cm}}$$

$$e = 0,61$$

$$e = 61 \%$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Con base en (CORCHO ROMERO & DUQUE SERNA, 1993) se puede deducir para el caso de una captación parcial del gasto, el valor de la longitud de la reja en el prediseño ( $X$ ).

El largo de la rejilla se determina a partir de la expresión:

$$L = X = \frac{E}{e * C} * \left[ \left( \frac{Y1}{E} * \sqrt{1 - \frac{Y1}{E}} \right) - \left( \frac{Y2}{E} * \sqrt{1 - \frac{Y2}{E}} \right) \right] \quad [14. 6]$$

Donde:

$Y_1$ : *Altura del agua al inicio de la rejilla*

$Y$ : *Altura del agua en un punto intermedio o al final de la rejilla ( $Y = Y_2$ )*

$E$ : *Energía específica (m)*

$e$ : *Relación entre el área de abertura y el área total de la rejilla*

$C$ : *Coefficiente de descarga = 0,435 (inclinación de la rejilla 1:5)*

Se asume un ancho de la rejilla  $B = 0,8$  metro

$$Y_c = \left( \frac{q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \quad [14. 7]$$

$$q = \frac{Q_{min}}{B} \quad [14. 8]$$

$$q = \frac{0,147 \frac{m^3}{s}}{0,8 m}$$

$$q = 0,2 \frac{m^2}{s}$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Reemplazamos los valores en la ecuación 14.7

$$Y_c = \left( \frac{(0,2)^2}{9,81 \frac{m}{s^2}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$Y_c = 0,16 \text{ m}$$

Se asume un valor de  $Y_1$  muy cercano o igual a  $Y_c$ .

$$Y_1 = 0,16 \text{ m}$$

La energía específica se determina a partir de:

$$E = Y_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} \quad [14. 9]$$

$V_1$  se obtiene a partir de la ecuación de continuidad.

$$Q = V * A \quad [14. 10]$$

Despejando tenemos

$$V = \frac{Q_{min}}{A}$$

$$V = \frac{0,147 \frac{m^3}{s}}{0,8 \text{ m} * 0,16 \text{ m}}$$

$$V = 1,15 \text{ m/s}$$

Luego podemos determinar  $E$  de la ecuación 14.9

$$E = 0,21 + \frac{(1,15 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2}}$$

$$E = 0,07 \text{ m}$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
 LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

$$\frac{Y1}{E} = \frac{0,16}{0,07} = 2,3$$

Se interpola o extrapola de acuerdo con la siguiente tabla el valor de  $\frac{Y1}{Yc}$

**Tabla 11. Tabla de interpolación**

	x		y	
	Y1/E	Y1/Yc		
<b>Límite Inferior</b>	0,47	0,7		
<b>Limite Superior</b>	0,6	0,9		

**Fuente:** Elaboración propia del autor, 2018.

El valor obtenido para  $\frac{Y1}{Yc}$  mediante extrapolación lineal es 1

$$Y1 = 1,02 * 0,16 m$$

$$Y1 = 0,16 m$$

Valor que igual al valor asumido anteriormente

El gasto de salida o Q2 es:

$$Q_{salida} = Q_{min} - Q_{captado} \quad [14. 11]$$

$$Q_{salida} = (0,147 - 0,00525) \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{salida} = 0,141 \frac{m^3}{s}$$

El valor del caudal se podrá calcular con la siguiente expresión general.

$$Q = B * Y2 * \sqrt{2 * g * (E - Y2)} \quad [14. 12]$$

$$Q2 = B * Y2 * \sqrt{2 * g * (E - Y2)}$$

Se reemplazan los valores correspondientes:

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

$$0,141 = 0,8 \text{ m} * Y2 * \sqrt{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * (0,07 - Y2)}$$

$$Y2 = 0,18 \text{ metros}$$

Datos obtenidos hasta el momento:

$$E = 0,23 \text{ m}$$

$$Y1 = 0,16 \text{ m}$$

$$e = 0,61$$

$$Y2 = 0,18 \text{ m}$$

$$C = 0,435$$

Sustituimos los valores en la ecuación 14.6.

$$L = X = \frac{0,23}{0,61 * 0,435} * \left[ \left( \frac{0,16}{0,23} * \sqrt{1 - \frac{0,16}{0,23}} \right) - \left( \frac{0,18}{0,23} * \sqrt{1 - \frac{0,18}{0,23}} \right) \right]$$

$$L = X = 0,016 \text{ m}$$

Se incrementa el valor de L en un 50%, obtenemos el valor de *L* corregido:

$$L_{\text{corregido}} = 1,5 * L \quad \text{[14. 13]}$$

$$L_{\text{corregido}} = 1,5 * 0,016 \text{ m}$$

$$L_{\text{corregido}} = 0,024 \text{ m} \approx 2,4 \text{ cm}$$

Por condiciones de construcción se recomienda una rejilla con un largo recomendado de 15 cm.

Para el caso de rejas con poca inclinación ( $\alpha < 20\%$ ), se considera que la descarga por la reja depende de la carga efectiva sobre la misma. La carga efectiva en el caso de barras paralelas es prácticamente igual a la energía específica (E); esto se cumple porque el flujo a través de la reja es de tipo vertical ya que el agua fluye sin

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

producir choques bruscos contra los bordes de la abertura de la reja. (Salazar Cano & Sanchez Ortiz, 2007, pág. 60)

Determinación del número de barras:

$$N = \frac{B}{a + t} \quad [14. 14]$$

Donde:

$B$  = Ancho de la rejilla

$a$  = Espaciamiento entre los barrotes

$t$  = Diámetro de los barrotes

$$N = \frac{0,8 \text{ m}}{0,02 \text{ m} + 0.0127 \text{ m}}$$

$$N = 24,5 \text{ barrotes}$$

$$N = 25 \text{ barrotes}$$

**Ilustración 23. Prediseño de la rejilla de barrotes.**



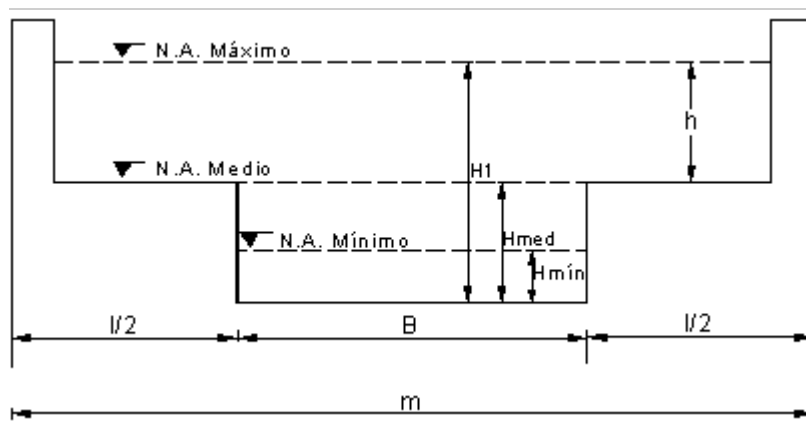
**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

14.1.2 Calculo del vertedero.

Vertedero de rebose

Se determina  $H_{med}$ ; que es la altura del vertedero de rebose, el cual va por encima de la rejilla y será capaz de desaguar el caudal medio del rio.

**Ilustración 24. Vertedero de rebose.**



**Fuente:** (Salazar Cano & Sanchez Ortiz, 2007, pág. 64)

$$Q_{medio} = K * B * H_{med}^{\frac{3}{2}} \quad [14. 15]$$

Despejamos

$$H_{med} = \left( \frac{Q_{med}}{K * B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Donde:

$Q_{med}$ : Caudal medio del rio

$K$ : Valor constante = 1,56

$B$ : Ancho del vertedero.

$$H_{med} = \left( \frac{0,272 \frac{m^3}{s}}{1,56 * 0,8} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_{med} = 0,4 \text{ m}$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Calculo del nivel mínimo:

$$Q_{min} = K * B * H_{min}^{\frac{3}{4}} \quad [14. 16]$$

$$H_{min} = \left( \frac{Q_{min}}{K * B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_{min} = \left( \frac{0,146 \frac{m^3}{s}}{1,56 * 0,5} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_{min} = 0,24 \text{ m}$$

Vertedero de crecida:

Es el vertedero que se encuentra a los lados del vertedero de rebose.

La capacidad del vertedero está dada por la siguiente expresión:

$$Q_c = K * L * H^{\frac{2}{3}} \quad [14. 17]$$

Donde  $Q_c$  es el caudal de crecida.

$$Q_c = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = K * B * H^{\frac{3}{2}} = K * B * (H_{med} + h)^{3/2}$$

$$Q_2 = K * B * h^{\frac{3}{2}} = K * (m - B) + h^{3/2}$$

$$Q_c = K * (m - B) * h^{\frac{3}{2}} + K * B * (H_{med} + h)^{3/2} \quad [14. 18]$$

Donde:

m: asumido según el ancho a encauzar el río

H: Altura del vertedero de rebose

K: constante 1,56 (para vertederos rectangulares de cresta ancha)

B: Ancho de la rejilla

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Qc: Caudal de crecida.

h: valor calculo.

Reemplazamos en la ecuación 14.18 los valores para obtener H.

$$0,320 \frac{m^3}{s} = 1,56 * (5m - 0,8 m) * h^{\frac{3}{2}} + 1,56 * 0,8 * (0,4 + h)^{3/2}$$

$$h = 2,55 \text{ metros}$$

**Tabla 12. Cotas sobre el vertedero.**

Cota fondo del rio	1830	1830	m.s.n.m
<b>Cota rejilla de captación</b>	1830 + 0,5	1830,5	m.s.n.m
<b>Cota nivel mínimo del rio sobre el vertedero</b>	1830,5 + 0.24	1830,74	m.s.n.m
<b>Cota nivel medio del rio sobre el vertedero</b>	1830,5 + 0.4	1830,9	m.s.n.m
<b>Cota del vertimiento de crecida</b>	1830,9	1830,9	m.s.n.m
<b>Cota nivel máximo del rio sobre el vertedero de crecida</b>	1830,9 + 2,55	1833,45	m.s.n.m
<b>Cota corona muros laterales</b>	1831.83 + 0.1	1831,98	m.s.n.m

**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

Existe entonces una altura de 1,52 metros entre el nivel máximo esperado del rio y la cota corona del muro.(1833,45 -1831,93)

#### 14.1.3 Diseño hidráulico del vertedero tipo WES.

Para el caso de pequeñas obras de excedencias, es frecuente utilizar vertederos de planta recta y perfil tipo Creager (Waterways Experiment Station: WES); este vertedero se caracteriza por que adopta a partir de la sección de control la forma del flujo de agua. (Salazar Cano & Sanchez Ortiz, 2007, pág. 65)

Calculo de la carga de diseño (Hd); la longitud de la cresta en el caso que el vertedero fuese definido por la estructura para vertimiento de excedencias es de L= 5 metros (ancho entre muros)

$$Q_{max} = K * m * Hd^{3/2} \quad [14. 19]$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

$$Hd = \left( \frac{Q_{max}}{K * m} \right)^{2/3}$$

$$Hd = \left( \frac{0,320 \text{ m}^3/s}{1,56 * 5 \text{ m}} \right)^{2/3}$$

$$Hd = 0,12 \text{ metros}$$

Con respecto a esto la altura de la lámina de agua por encima del vertedero tipo WES en condiciones de caudal máximo será:

Revisión de la relación  $H/Hd$ .

Se determina el efecto de la velocidad; mediante la relación ( $H/Hd$ ).

Donde:

H: Es la altura del dique desde la parte superior de su zapata hasta la cresta del vertimiento. La cota de la cresta del vertimiento se había determinado anteriormente correspondiente a la altura bajo condiciones de caudal medio: 1830,9 m.s.n.m, la parte superior de la cimentación del vertedero se colocará en la cota que corresponde al lecho del río; es decir 1830 m.s.n.m.

Si ( $H/Hd$ ) es mucho mayor que 1,33 el efecto de la velocidad es despreciable y se considera  $H_e = Hd$ .

Si la relación ( $H/Hd$ ) es menor a 1,33 se considera que el efecto de la velocidad es significativo, luego se considera que;  $H_e: Hd + Ha$

$$H = 1830,9 - 1830 = 0,9 \text{ metros}$$

$$\frac{H}{Hd} = \frac{0,9 \text{ m}}{0,12 \text{ m}} = 7,5$$

Como la relación  $H/Hd$  es  $>1,33$ , entonces se asume  $H = Hd$  como 0,12 metros.

Se determina el valor de la velocidad de flujo en la cresta del vertedero; se utiliza la ecuación de continuidad.

$$Q = V * A$$

[14. 20]

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

$$V = \frac{Q_{max}}{A}$$

$$V = \frac{0,320 \text{ m}^3/\text{s}}{5 \text{ m} * 0,12 \text{ m}}$$

$$V = 0,53 \text{ m/s}$$

Se calcula la profundidad critica ( $Y_c$ ). Se utiliza la siguiente ecuación:

$$Y_c = \left( \frac{q^2}{g} \right)^{1/3} \quad [14. 21]$$

Donde q es el caudal unitario (Caudal máximo/ancho del vertedero)

$$q = \frac{Q_{max}}{m} \quad [14. 22]$$

$$q = \frac{0,320 \text{ m}^3/\text{s}}{5 \text{ m}}$$

$$q = 0,064 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * m$$

Reemplazamos de la ecuación 14.22:

$$Y_c = \left( \frac{(0,064)^2}{9,81 \text{ m/s}^2} \right)^{1/3}$$

$$Y_c = 0,07 \text{ m}$$

Se calcula la velocidad critica ( $V_c$ ):

$$V_c = \sqrt{g * Y_c} \quad [14. 23]$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

$$Vc = \sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 * 0,07 \text{ m}}$$

$$Vc = 0,86 \text{ m/s}$$

Se estima la velocidad V1 al pie del aliviadero.

$$V1 = \sqrt{2 * g * (Z - 0,5 * Hd)} \quad [14. 24]$$

Donde z: cota nivel máximo del rio-cota nivel fondo del rio.

$$Z = 1833,45 - 1830$$

$$Z = 3,45 \text{ m}$$

Se reemplaza en la ecuación 14.24

$$V1 = \sqrt{2 * 9,81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} * (3,45 - 0,5 * 0,12)}$$

$$V1 = 8,15 \text{ m/s}$$

Calculo de la altura de agua a la salida o pie de la presa.

$$Y1 = \frac{Q_{max}}{V1 * Ltot} \quad [14. 25]$$

$$Y1 = \frac{0,320 \text{ m}^3/\text{s}}{8,15 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 5 \text{ m}}$$

$$Y1 = 0,00785 \text{ metros}$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

A partir del número de Froude se determina la altura del diente del dique.

$$F1 = \frac{V1}{\sqrt{g * Y1}} \quad [14. 26]$$

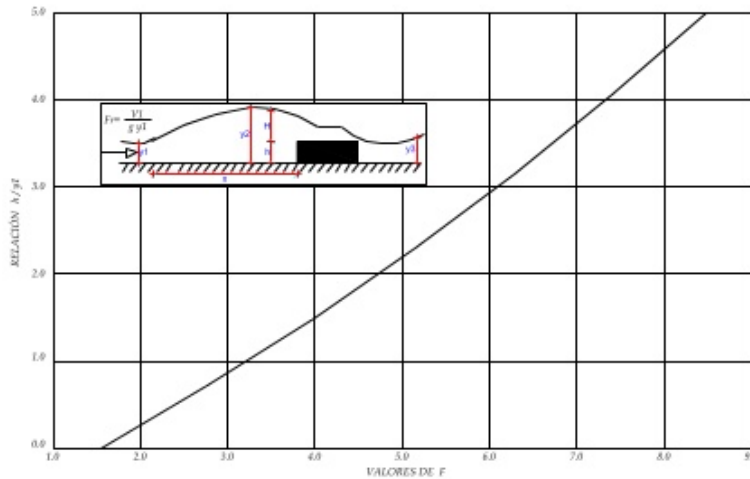
$$F1 = \frac{8,15 \text{ m}}{\sqrt{9,81 \frac{\text{m}^2}{\text{s}} * 0,00785 \text{ m}}}$$

$$F1 = 29,46$$

De acuerdo con el grafico de Forster y Skynde, con un valor de  $F1 = 29,46$  encontrándose en un régimen de flujo supercrítico.

Se obtiene una relación  $h/Y1 = 7,51$

**Ilustración 25. Relaciones analíticas entre F y h/y1 para un vertedero de cresta ancha (Forster y Skynde).**



**Fuente:** (Salazar Cano & Sanchez Ortiz, 2007, pág. 69)

$$\frac{h}{Y1} = 16,9$$

$$h = 16,9 * 0,00785 \text{ m}$$

$$h = 0,13 \text{ metros}$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Determinación de la altura máxima del resalto hidráulico a partir de la siguiente expresión:

$$2,667 * F1^2 * \left(1 + \frac{h}{\frac{Y1}{Y2}}\right) = \left(\frac{Y2}{Y1} - \frac{h}{Y1}\right)^3 \quad [14. 27]$$

Remplazando valores se obtiene:

$$2,667 * (29,46)^2 * \left(1 + \frac{0,13}{\frac{0,00785}{Y2}}\right) = \left(\frac{Y2}{0,00785} - \frac{0,13}{0,00785}\right)^3$$

$$2315 * \left(1 + \frac{16,6}{Y2}\right) = \left(\frac{Y2}{0,00785} - \frac{0,13}{0,00785}\right)^3$$

$$Y2 = 0,47 \text{ m}$$

Determinación de la profundidad del flujo a la salida del pozo de amortiguación Y3. Utilizando la expresión:

$$Y3 \leq \left(\frac{2 * Y2 + h}{3}\right) \quad [14. 28]$$

$$Y3 \leq \left(\frac{2 * 0,47 \text{ m} + 0,13 \text{ m}}{3}\right)$$

$$Y3 \leq 0,36 \text{ m}$$

La profundidad debe estar oscilando entre los valores

$$h < Y3 < Y2$$

$$0,13 < 0,36 < 0,47$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Finalmente se determina la longitud del pozo de amortiguación.  $L_j$ ; utilizando el máximo valor obtenido de las siguientes expresiones.

$$L_j = 6,9 * (Y_2 - Y_1) \quad [14. 29]$$

$$L_j = 5 * (h + Y_3) \quad [14. 30]$$

Sustituimos en las ecuaciones 14.29 y 14.30 correspondientemente:

$$L_j = 6,9 * (0,47 - 0,00785)$$

$$L_j = 3,19 \text{ m}$$

$$L_j = 5 * (0,13 + 0,36)$$

$$L_j = 2,45 \text{ m}$$

Se tomará el valor correspondiente a 3,19 metros.

#### 14.1.4 Calculo del canal colector.

Se tienen en cuenta las dimensiones preestablecidas en la estructura. Bajo la rejilla se ubicará para recibir el agua que penetra a través de dicha rejilla, por lo general la sección es rectangular.

Se diseña para flujo subcritico a consecuencia de que es más estable que el supercrítico ( $V_L < V_C$ ).

Calculo de profundidad critica ( $Y_C$ ) y la velocidad critica ( $V_C$ ) sobre el vertedero de rebose.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

$$Yc = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/2} \quad [14. 31]$$

$$q = \frac{Q_{\text{diseñorejilla}}}{L_{\text{rejilla}}} \quad [14. 32]$$

$$q = \frac{0,00525 \text{ m}^3/\text{s}}{0,15 \text{ m}}$$

$$q = 0,035 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * m$$

$$Yc = \left(\frac{(0,035 \text{ m}^3/\text{s})^2}{9,81 \text{ m}/\text{s}^2}\right)^{1/3}$$

$$Yc = 0,05 \text{ m}$$

La velocidad critica es:

$$Vc = \sqrt{g * Yc} \quad [14. 33]$$

$$Vc = \sqrt{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,05 \text{ m}}$$

$$Vc = 0,7 \text{ m/s}$$

Determinación de la altura del agua al inicio del canal colector:

$$Hl = 1,1 * Yc \quad [14. 34]$$

$$Hl = 1,1 * 0,05 \text{ m}$$

$$Hl = 0,055 \text{ m}$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUIA MARIA PARRA ARBOLEDA

Calculo de la altura del agua al final del canal recolector:

$$H_o = \sqrt{\frac{2 * Yc^3}{Hl} + \left(Hl - \frac{L' * S}{3}\right)^2} - \frac{2 * L' * S}{3} \quad [14. 35]$$

Donde:

*S*: Pendiente del canal y debe estar entre el 5 y el 10%; será asumida del 6% ya que el flujo es subcrítico.

*L'*: Es la longitud total del canal

$$L' = \frac{(m + B)}{2} + a. muro \quad [14. 36]$$

*m*: Distancia entre muros = 5 m

*B*: Ancho de la rejilla: 0,8 m

*a. muro*: 0,75 m.

$$L' = \frac{(5 + 0,8)}{2} + 0,75$$

$$L' = 3,65 \text{ metros}$$

Reemplazamos en la ecuación 14.35:

$$H_o = \sqrt{\frac{2 * 0,05^3}{0,055} + \left(0,055 - \frac{3,65 * 0,06}{3}\right)^2} - \frac{2 * 3,65 * 0,06}{3}$$

$$H_o = 1 \text{ m}$$

Calculo de la velocidad del flujo al final del canal colector:

$$Vl = \frac{Qdiseñorejilla}{Hl * L} \quad [14. 37]$$

$$Vl = \frac{0,00525 \text{ m}^3/s}{0,055 \text{ m} * 0,15m}$$

$$Vl = 0,6 \text{ m/s}$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUIA MARIA PARRA ARBOLEDA

Comparando que el valor de  $Vl$  sea menor que el de la velocidad crítica; si no es mayor se deberá disminuir la pendiente de la canaleta.

$$Vl < Vc$$

$$0,6 < 0,7$$

Por lo tanto, se comporta bajo un flujo subcrítico.

**Tabla 13. Cotas importantes en el canal colector.**

<b>Cota de la rejilla en su parte más alta</b>	<b>1830.5</b>	<b>m.s.n.m</b>
<b>Cota de la rejilla en su parte mas baja</b>	1830.47	m.s.n.m
<b>Espacio libre de caída del agua entre la más baja de la rejilla y la superficie de agua acumulada en el canal de recolección.</b>	10	cm
<b>Altura parte superior del agua acumulada en el canal colector</b>	1830,37	m.s.n.m
<b>Cota del fondo del canal recolector en su inicio</b>	1829,37	m.s.n.m
<b>Cota del fondo del final del canal recolector</b>	1829,15	m.s.n.m

**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

14.1.5 Calculo de la caja de derivación:

Cámara de recolección.

Para velocidades entre 0,3 m/s y 3,0 m/s se cumplen las siguientes condiciones:

$$X_s = 0,36 * V^{\frac{2}{3}} + 0,6 * H^{\frac{4}{7}} = 0,36 * V_L^{\frac{2}{3}} + 0,6 * H_L^{\frac{4}{7}} \quad [14. 38]$$

Donde:

$X_s$  = Máxima distancia horizontal que alcanzara el agua al pasar de la canaleta de recolección hacia la caja de derivación.

Se suele dejar 015 m como valor de caída vertical y un margen de 0,50 m mínimo para garantizar la sedimentación de arenas y solidos de peso considerable que

PRELISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

puedan pasar a través de la rejilla y para colocación del tubo de salida al desarenador. (Salazar Cano & Sanchez Ortiz, 2007, pág. 71).

Reemplazamos en la ecuación 14.38:

$$X_s = 0,36 * Vl^{\frac{2}{3}} + 0,6 * Hl^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0,36 * (0,6)^{\frac{2}{3}} + 0,6 * (0,055)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0,4 \text{ metros}$$

Por facilidad de acceso y mantenimiento se adopta una cámara de 1,20m en el sentido de B por 1,50m de lado.

El nivel de aguas mínimo en la caja se determina dejando una altura de caída de agua de mínimo 15 cm medidos desde la cota de fondo del final del canal recolector.

**Tabla 14. Cotas en la caja de derivación.**

<u>Cota nivel aguas mínimo en la caja</u>	<b>1829</b>	<b>m.s.n.m</b>
---	-------------	----------------

**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

Calculo del vertedero de excesos

Por norma la rejilla esta prediseñada para captar entre 1,5 y 3,0 veces el caudal necesario en el proceso productivo por el tubo de salida al reservorio ira el caudal de diseño, se establece una distancia entre el caudal del rio, el caudal que se capta y el caudal que se transporta por la aducción así:

$$Q_{\text{min rio}} > Q_{\text{diseño rejilla}} \quad [14. 39]$$

Entonces

$$Q_{\text{excesos}} = (2 - 3)Q_{\text{necesario}} - Q_{\text{diseño tubo de salida reservorio}}$$

$$Q_{\text{diseño rejilla}} > Q_{\text{min rio}} > Q_{\text{diseño tubo de salida}}$$

$$Q_{\text{excesos}} = Q_{\text{min rio}} - Q_{\text{diseño tubo de salida reservorio}}$$

Si  $Q_{\text{min rio}} < Q_{\text{diseño tubo de salida reservorio}}$  se deberá pensar la posibilidad de cambiar la fuente de captación ya que el caudal no es suficiente para lo requerido por el proyecto acuícola.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Y si es la única fuente existente en la zona la solución es replantear la escala o dimensiones del proyecto o involucrar procesos de recirculación parcial del agua en el mismo. (Salazar Cano & Sanchez Ortiz, 2007)

Entonces

$$Q \text{ excesos} = Q \text{ dis. rejilla} - Q \text{ diseño del sistema}$$

$$Q \text{ excesos} = (0,00525 - 0,0035)m^3/s$$

$$Q \text{ excesos} = 0,00175 m^3/s$$

La altura del agua sobre el vertedero de excesos se calcula a partir de la fórmula:

$$Q \text{ excesos} = K * L * H^{\frac{3}{2}} \quad [14. 40]$$

Donde

$Q_{exc}$  = Caudal de excesos

$K$  = Constante 1,84 (Vertedero de pared delgada)

$L$  = Longitud caja de derivacion

$H$  = Altura de la lamina de agua

$$H = \left( \frac{Q \text{ excesos}}{K * L} \right)^{2/3}$$

$$H = \left( \frac{0,00175 m^3/s}{1,84 * 1,2 m} \right)^{2/3}$$

La altura media de la lámina de agua sobre la rejilla (m) es:

$$H = 0,0086 m$$

Como la cota del nivel mínimo del agua en la caja era 1829 m.s.n.m; entonces la cota cresta del vertedero de excesos es:  $1829 - 0,0086 = 1828,99$  m.s.n.m.

**Tabla 15. Cota cresta vertedero de excesos**

<b>Cota cresta del vertedero de excesos</b>	<b>1828,99</b>	<b>m.s.n.m</b>
---	----------------	----------------

**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2018.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Calculo del caudal captado en condiciones medias:

El caudal captado en condiciones de nivel medio será:

$$Q \text{ captado} = Cd * At * e * \sqrt{2 * g * Hmed} \quad [14. 41]$$

Donde

$Cd$  = Coeficiente de reducción: 0,44

$At$  = Área total de captación de la rejilla

$e$  = Eficiencia de la rejilla

$Hmed$  = 1830,9 – 180,5 = 0,4 m

$$At = B * L \quad [14. 42]$$

$$At = 0,8 * 0,15$$

$$At = 0,12 \text{ m}^2$$

Reemplazamos en la ecuación 14.41:

$$Q \text{ captado} = 0,44 * 0,61 \text{ m}^2 * 0,12 * \sqrt{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,4 \text{ m}}$$

$$Q \text{ captado} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Condiciones máximas en la caja de derivación

El nivel de agua máximo en la caja de derivación se presentará en el caso de una creciente con las condiciones de caudal máximo de la siguiente manera:

$$NAMC = NAMax - Ht \quad [14. 43]$$

Donde:

$NAMax$  = Nivel de aguas máxima en la captación

$Ht$  = Perdidas de energía producidas por el paso a través de la rejilla

$K$  = 0,5

$Hmax$  = 1833,45 – 1830,5 = 2,95 m

$$Ht_{rejilla} = K * \frac{V^2}{2g} \quad [14. 44]$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

El caudal captado en condiciones máximas será:

$$Q \text{ captado} = C_d * A_t * e * \sqrt{2 * g * H_{max}} \quad [14. 45]$$

$$Q \text{ captado} = 0,44 * 0,12 \text{ m}^2 * 0,61 * \sqrt{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 2,95 \text{ m}}$$

$$Q \text{ captado} = 0,24 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se calcula la velocidad de paso a través de la rejilla por la ecuación de la continuidad:

$$Q = V * A \quad [14. 46]$$

$$Q = V * A$$

$$V = \frac{Q}{A_{\text{neto}}}$$

$$V = \frac{0,24 \text{ m}^3/\text{s}}{0,8 * 0,15 * 0,61}$$

$$V = 3,27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Reemplazamos en la ecuación 14.44:

$$H_{\text{rejilla}} = 0,5 * \frac{\left(3,27 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$H_{\text{rejilla}} = 0,08 \text{ m}$$

Por lo tanto, la cota del nivel máximo de agua es: 1833,45 – 0,08: 1833,37 m.s.n.m.

**Tabla 16. Cota nivel mínimo del agua**

<b>Cota nivel mínimo de agua</b>	<b>1833,37</b>	<b>m.s.n.m</b>
----------------------------------	----------------	----------------

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Colocación del tubo de salida al reservorio

Ya que la cota del agua a la entrada del reservorio es 1806 m.s.n.m y a lo largo de su transporte del agua mediante tubería por gravedad.

Mediante la expresión de Hazen- Williams se calcula el diámetro de tubería necesario:

$$H_f = \frac{10,643 * Q^{1,85} * L}{CH^{1,85} * D^{4,87}} \quad [14. 47]$$

Donde:

$H_f$  = Perdidas de carga totales en el sistema de tubería de diámetro a flujo libre

$Q$  = Caudal para transportar.

$CH$  = Coeficiente de Hazen, en función del material de la tubería (150 para PVC)

$D$  = Diámetro de la tubería en consideración.

$L$  = Longitud de tubería según topografía.

**Tabla 17. Cotas de agua.**

<b>Cota del agua en la cajilla de derivación</b>	<b>1829</b>	<b>m.s.n.m</b>
<b>Cota del agua a la entrada del reservorio</b>	<b>1806</b>	<b>m.s.n.m</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2018.

Debe considerarse la altura de sumergencia del tubo de aducción donde se debe garantizar como mínimo la altura superior al valor de K por entrada a la tubería mas la carga de velocidades.

$$hs \min = k * \frac{V^2}{2g} + 1 * \frac{V^2}{2g} \quad [14. 48]$$

Con  $K = 0,5$

$$hs \min = 1,5 * \frac{V^2}{2g}$$

Se supone se tendrá una velocidad en la tubería de 3,3 m/s, preliminarmente se tiene a partir de la ecuación 14.48:

$$hs \min = 1,5 * \frac{(3,3 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}}$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

$$h_{s \text{ min}} = 0,25 \text{ m}$$

Por seguridad se amplifica tres veces la altura de sumergencia:

[14. 49]

$$H_{s \text{ amplificado}} = h_{s \text{ min}} * 3$$

$$H_{s \text{ amplificado}} = 0,25 * 3$$

$$H_{s \text{ amplificado}} = 0,76 \text{ metros}$$

Con base en lo anterior, la cota superior del tubo de salida de aducción es:

**Tabla 18. Cota superior de aducción.**

<b>Cota superior aducción</b>	<b>1828,24</b>	<b>m.s.n.m</b>
-------------------------------	----------------	----------------

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La diferencia de alturas existente entre los dos depósitos es

$$H_t = 1828,24 - 1806 = 23 \text{ metros}$$

$$H_f \text{ disponible} = 23 \text{ metros}$$

El diámetro mínimo necesario para las condiciones mencionadas es:

$$D = \left( \frac{10,643 * Q^{1,85} * L}{CH^{1,85} * H_f} \right)^{1/4,87} \quad [14. 50]$$

$$D = \left( \frac{10,643 * \left( 0,0035 \frac{m^3}{s} \right)^{1,85} * (200 \text{ m})}{150^{1,85} * 24,4 \text{ m}} \right)^{1/4,87}$$

$$D = 0,044 \text{ metros}$$

Se propone una tubería de diámetro = 2"

El área correspondiente al tubo de 2" es

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad [14. 51]$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

$$A = \frac{\pi * (0,0508 \text{ m})^2}{4}$$

$$A = 0,0020 \text{ m}^2$$

Para diámetro de 2", la velocidad del flujo en la tubería es:

$$V = \frac{Q}{A} \quad [14. 52]$$

$$V = \frac{(0,0035 \text{ m}^3/\text{s})}{0,0020 \text{ m}^2}$$

$$V = 1,75 \text{ m/s}$$

Se calculan las pérdidas de carga por accesorios determinado mediante la siguiente expresión:

$$h_0 = K * \frac{V^2}{2g} \quad [14. 53]$$

$K$  = Coeficiente de pérdidas de carga por accesorios

$V$  = Velocidad del flujo en la tubería en consideración.

$g$  = Aceleración gravitacional = 9,81 m/s

$$h_0 = K * \frac{(1,75)^2}{2 * 9,81}$$

Los coeficientes de pérdidas de carga por accesorios y sus respectivas pérdidas son:

**Tabla 19. Coeficiente de perdida de carga por accesorios diámetro de 2".**

ACCESORIO	CANTIDAD	K	PERDIDA DE ENERGÍA (m)
Entrada normal	1	0,5	0,04
Codo de 45°	4	0,4	0,14
Válvula de compuerta	1	0,2	0,02
Salida normal	1	1,0	0,09
		<b>3,3</b>	<b>0,29</b>

Fuente: Elaboración propia de la autora, 2019

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

La pérdida de carga por fricción reemplazando en la ecuación 14.47 con un diámetro de 2" es:

$$H_f = \frac{10,643 * 0,0035 m^3/s^{1,85} * 200}{150^{1,85} * 0,0508 m^{4,87}}$$

$$H_f = 11,52 m$$

A las perdidas por fricción se le suman las pérdidas de accesorios así:

$$H_{total} = H_f + H_{accesorios} \quad [14.54]$$

$$H_{total} = 11,52 m + 0,29m$$

$$H_{total} = 11,81 m$$

Como la perdida de carga disponible es menor (23 m)

Para el diámetro de 2", la velocidad del flujo a través de la tubería es de 1,75 m/s; se calcula de nuevo la altura de sumergencia para la salida de la tubería de aducción.

$$h_s \text{ minima} = 1,5 * \frac{v^2}{2g} \quad [14. 55]$$

$$h_s \text{ minima} = 1,5 * \frac{\left(1,75 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_s \text{ minima} = 0,13 \text{ metros}$$

Por seguridad se recomienda amplificarlo tres veces la altura de sumergencia.

$$h_s \text{ amplificada} = 0,13 * 3 = 0,4 \text{ metros}$$

Con base en lo anterior, la cota superior del tubo de salida hacia el reservorio es:

**Tabla 20. Cota salida hacia el reservorio.**

<b>Cota superior del tubo</b>	<b>1828,6</b>	<b>m.s.n.m</b>
-------------------------------	---------------	----------------

PREDESEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

**Fuente:** Elaboración propia,2019.

Como el diámetro nominal de la tubería de PVC es de 2" es de 0,60 metros, la cota de fondo del tubo y para la cota de fondo de la cajilla se sugiere adicionar 10 cm entre el fondo de la tubería y el fondo de la cajilla para acumulación de arenas y solidos sedimentables.

**Tabla 21. Cotas de fondo.**

<b>Cota fondo tubo</b>	<b>1828</b>	<b>m.s.n.m</b>
<b>Cota fondo cajilla</b>	1829,3	m.s.n.m

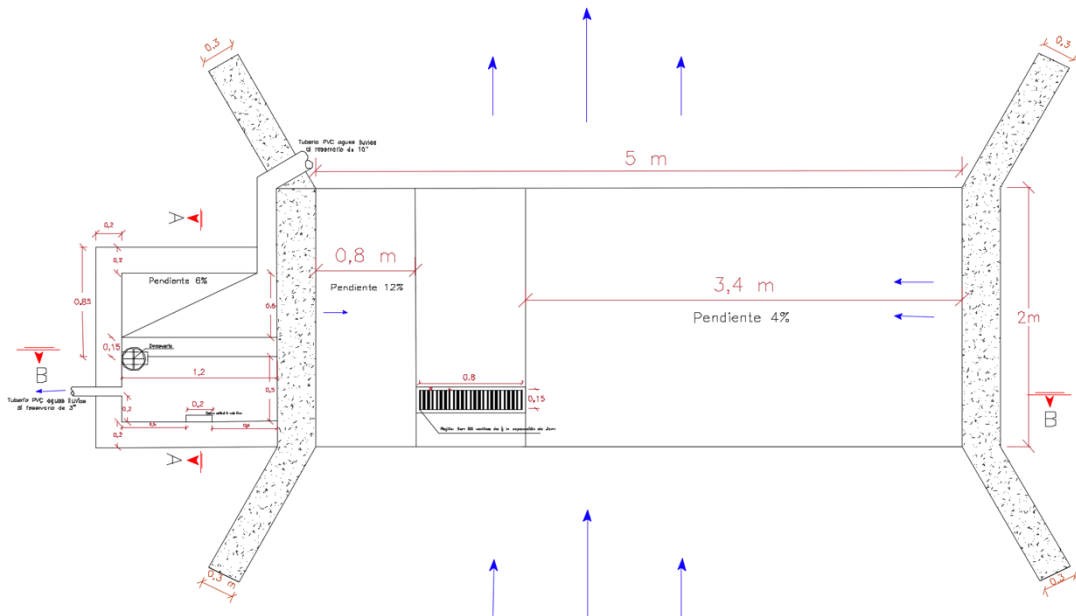
**Fuente:** Elaboración propia,2019.

La cota que alcanzara el agua bajo condiciones de caudal máximo es de 1831,82 m.s.n.m

$$H_f = 1833,37 - 1806 = 27,37 \text{ m}$$

**Ilustración 26. Vista en planta Captación Dique-Toma del proyecto.**

*Fuente Hidrica Q. La Honda*



**Fuente:** Elaboración propia de la autora,2019.

## 15. CONDUCCIÓN DE AGUA

Las líneas de conducción de agua son los conductos destinados a transportar por gravedad o por bombeo las aguas crudas desde los sitios de captación hasta el desarenador o hasta el reservorio, los tanques de almacenamiento, la red de distribución o directamente a un estanque. (Salazar Cano & Sanchez Ortiz, 2007, pág. 212)

### 15.1 Trazado de la conducción Captación – Reservorio.

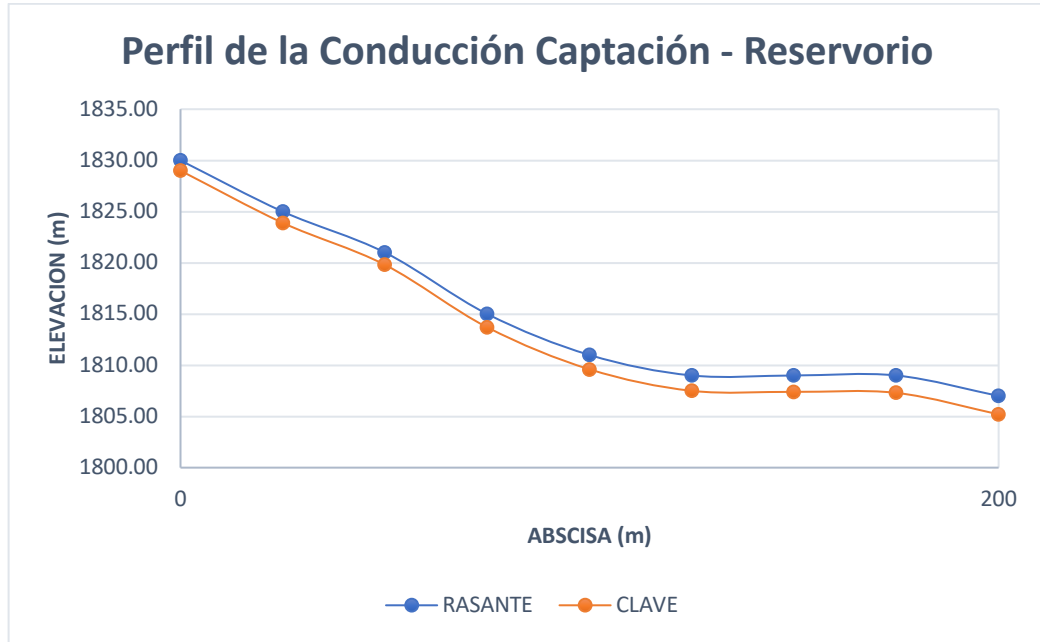
Dibujamos primero la rasante y luego se hace el trazado de la clave de la tubería mediante alineamientos rectos.

Tabla 22. Perfil de la conducción.

ABSCISA	RASANTE	CLAVE	LONGITUD (M)	LONGITUD ACUMULADA	PENDIENTE
0	1830,00	1829,00			
25	1825,00	1823,90	25,51	25,51	20,40
50	1821,00	1819,80	25,33	50,85	16,40
75	1815,00	1813,70	25,73	76,58	24,40
100	1811,00	1809,60	25,33	101,92	16,40
125	1809,00	1807,50	25,09	127,00	8,40
150	1809,00	1807,40	25,00	152,00	0,40
175	1809,00	1807,30	25,00	177,00	0,40
200	1807,00	1805,20	25,09	202,09	8,40
213	1806,00	1804,10	13,05	215,14	8,46

Fuente: Elaboración propia de la autora, 2019.

Ilustración 27. Perfil de la conducción entre la captación y el reservorio.



Fuente: Elaboración propia del autor, 2019.

## 15.2 Presión de diseño

### Presión estática máxima

*Cota de captacion – Cota clave mas baja*  
1830 m. s. n. m – 1804,10 m. s. n. m  
25,90 m

### Presión de diseño:

$1,3 * \text{presion estatica maxima}$

[15. 1]

$1,3 * \text{presion estatica maxima}$

$P \text{ diseño} = 1,3 * 25,90$

$P \text{ diseño} = 33,67 \text{ m}$

## 15.3 Determinación del diámetro

Utilizamos una tubería en PVC ya que son semirrígidas, livianas, por lo general más económicas, resistentes a la corrosión y constituidas por policloruro de vinilo, su coeficiente C de Hazen es 150.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Se utilizará tubería de clase: RDE 21.

El diámetro más económico (pequeño) de material en PVC es:

Carga hidráulica disponible:

$$H = \text{Cota captacion} - \text{Cota Reservorio}$$

$$H = 1830 - 1806$$

$$H = 24 \text{ m}$$

Longitud tubería recta:

$$L = L \text{ acumulada}$$

$$L = 215,14 \text{ m}$$

Perdida de carga unitaria:

$$j = \frac{H}{L} \quad [15. 2]$$

$$j = 0,1116 \text{ m/m}$$

Diámetro:

$$D = \left( \frac{Q}{0,2785 C j^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}} \quad [15. 3]$$

$$D = \left( \frac{0,0035}{0,2785 (150) (0,1116)^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}}$$

$$D = 0,044 \text{ m} \approx 1,73'' \approx 2''$$

### 15.3.1 Optimización.

Para el diámetro nominal de 2":

Diámetro externo: 60,32 mm

Diámetro interno: 54,58 mm

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

(Pavco, s.f.)

$$J = \left( \frac{Q}{0,2785 C D^{2,63}} \right)^{\frac{1}{0,54}} \quad [15. 4]$$

$$J = \left( \frac{0.0035}{0,2785 (150) (0.05458 m)^{2,63}} \right)^{\frac{1}{0,54}}$$

$$J = 0,055 m/m$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad [15. 5]$$

$$V = \frac{0.0035 m^3/s}{\frac{\pi * (0.05458 m)^2}{4}}$$

$$V = 1,71 m/s$$

$$\frac{V^2}{2g} \quad [15. 6]$$

$$0.15 m/s$$

#### 15.4 Calculo de perdidas de energía.

##### 15.4.1 Perdida de válvula de control

$$hm = 0,2 n \left( \frac{V^2}{2g} \right) \quad [15. 7]$$

$$hm = 0,2 (1)(0.15)$$

$$hm = 0,03 m$$

##### 15.4.2 Perdida por entrada normal al tubo.

$$hm = 0,5 \left( \frac{V^2}{2g} \right) \quad [15. 8]$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

$$hm = 0,075 \text{ m}$$

15.4.3 Perdida por salida del tubo

$$hm = 1,0 \left( \frac{V^2}{2g} \right) \quad [15. 9]$$

$$hm = 0,15 \text{ m}$$

15.4.4 Perdidas totales

$$\sum h_m = 0,255 \text{ m}$$

Con el valor de perdidas totales se debe verificar el diámetro teórico y la redistribución de la longitud.

Carga hidráulica disponible:  $H: 1830 - 1806 - 0,255 = 23,7 \text{ m}$

Longitud real de la tubería:  $L: 215,14 \text{ m}$

Perdida de carga unitaria:

$$j = \frac{H}{L} = \frac{23,7}{215,14} = 0,11 \text{ m/m}$$

Se despeja de nuevo el diámetro:

$$D = \left( \frac{Q}{0,2785 C J^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}} = 0,044 \text{ m} \approx 1,73'' \approx 2''$$

## **16.ALMACENAMIENTO (RESERVORIO).**

El reservorio es la zona destinada para recolectar el agua proveniente de la captación, este será utilizado principalmente como almacenamiento de agua y adicionalmente ayuda en la sedimentación de sólidos y materia suspendida que se encuentre.

Por ser una actividad en su mayoría artesanal y practicada por gente de la zona, se decide prediseñar para cubrir necesidades en la sedimentación y así reducir los costos en la implementación.

### **16.1 Tipos de reservorio.**

Existen una gran variedad de estructuras para el almacenamiento del agua para uso agropecuario y dependen de diferentes factores como económicos, tipo de suelo, área disponible, etc.

- Tipo envase: Son de diferentes tipos y tamaños. Pueden ser, por ejemplo, envases plásticos, estañones de metal o cisternas construidas de concreto. Utilizadas comúnmente para capturar aguas de techos, ya que la capacidad de almacenaje no es grande.
- Tipo Dique -Represa: Los embalses de represa almacenan gran parte del agua por encima de la superficie original del terreno. Se construyen en áreas con pendientes suaves a moderadas y donde la represa se puede levantar transversalmente a una depresión.  
Se considera que un estaque es de represa, cuando la profundidad del agua embalsada encima de la superficie sobrepasa 90 cm.
- Tipo Dique- Escalonado: Es una variación de Dique-Represa con el cual se aprovecha la pendiente del terreno para construir diques en serie y de esta manera rebajar costo por movimiento de tierras.
- Tipo excavados: Almacenan gran parte del agua debajo del nivel original del suelo. Se construyen en terrenos relativamente planos y donde hay sitios adecuados para construir una represa. Se puede llenar, tanto con el agua de escorrentía como por la infiltración de agua subterránea en la excavación.
- Tipo estanque: Es muy similar al excavado, con la diferencia de que el nivel del agua se puede llevar por encima del suelo, mediante la construcción de paredes, principalmente de concreto. Se recomienda para zonas donde otros

# PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

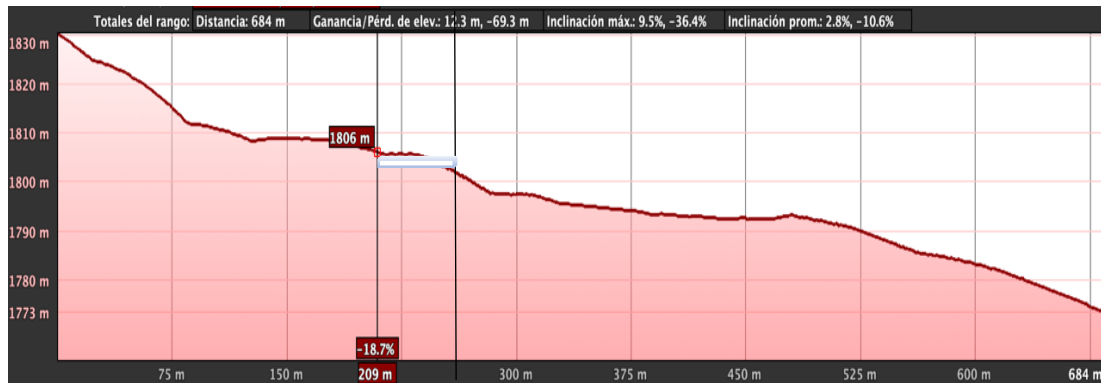
materiales de construcción no se encuentran disponibles, cuando los suelos no son arcillosos, el piso se puede revestir con concreto, plástico o geomembrana. (Universidad Nacional Costa Rica, 2010)

## 16.2 Ubicación del reservorio.

Para la selección de la ubicación de este, se consideró como aspecto más importante el encontrarse en la parte más alta de la finca antes de la llegar el sistema productivo, de manera que el agua pueda llegar desde este punto a las albercas.

El reservorio estará ubicado en una cota de 1806 m.s.n.m hasta la cota 1802 m.s.n.m con un ancho total determinada a partir de esas dos distancias.

**Ilustración 28. Ubicación natural del reservorio.**



**Fuente:** Elaboración propia del autor, 2019.

Alto= 4 metros

Ancho= 26metros

Largo = 259 – 209 = 50 metros

Volumen = 5200 metros cúbicos

El ancho será de 26 metros a partir de que se estima con respecto al ancho de las albercas ya prediseñadas de 24 metros (1m\*24 albercas) y se asume inicialmente que tiene forma rectangular.

Una alternativa para aumentar la capacidad de almacenamiento sin incrementar la excavación es usar la tierra removida para construir diques laterales, debidamente compactados, que permitir almacenar agua por encima del nivel natural del terreno. (Universidad Nacional Costa Rica, 2010, pág. 8)

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

El reservorio debe ser construirlos en suelos de textura arcillosa, que al momento de compactarse adquieran cierta impermeabilidad y estabilidad, aunque si se tienen suelos arenosos se puede emplear geomembranas de PVC o plástico.

### 16.3 Perdidas por evaporación.

La evaporación es el cambio de estado de líquido a vapor, depende de la radiación solar, temperatura, viento y área de espejo de agua.

Siempre se recomiendan lugares profundos y de menores dimensiones para reducir la evaporación, así como el empleo de coberturas para aminorar el efecto de los factores ambientales. (Universidad Nacional Costa Rica, 2010)

Para calcular el volumen vaporado se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_{evap} = 10 * S * E \quad [16. 1]$$

Donde:

S: Área de espejo de agua, en ha.

E: Evaporación en mm/mes.

Con el área de espejo de agua de 26m \* 50m y una evaporación promedio en la zona del proyecto de 90 -120 mm en 83,3 % del año (IDEAM, 1981-2010).

S: 26\*50= 1300m<sup>2</sup> = 0,13 ha.

E: Se decide ir por el caso mas desfavorable de 120 mm.

A partir de la ecuación 16.1 reemplazamos los valores:

$$V_{evap} = 10 * 0,13 * 120$$
$$V_{evap} = 156 m^3$$

### 16.4 Volumen necesario.

A partir de solicitar la concesión de aguas superficiales para una hectárea en piscicultura con el módulo de 3,5 l/s, es necesario cubrir esa demanda en los estanques.

## PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Para construir una hectárea de acuerdo con el módulo, serán 5 albercas, cada una con 24 estanques de 10m\*1m\*1m para un total de 1200 m<sup>3</sup> \*1,5 necesario para recambio por hora = 1800 m<sup>3</sup>

### **16.5 Construcción del reservorio.**

Para evitar las filtraciones de agua por el fondo y taludes, se recomienda compactar el área del reservorio, protegerlo con polietileno, que sea ubicado en suelo arcilloso.

También las paredes deben contar con aliviaderos de presión, los cuales son sistemas de válvulas y tuberías que permite que la corriente atravesase el muro, sin generar mucha presión. (Universidad Nacional Costa Rica, 2010).

Como el reservorio se construye aguas abajo del proyecto se utiliza la presión por gravedad, en caso contrario se requerirá un sistema de bombeo.

Para su construcción es necesario principalmente la remoción de la capa vegetal presente a su vez que la capa de suelo superficial, que no es apta para construir los diques, porque no es estable.

El material utilizado para construir los diques o terraplenes debe estar libre de raíces, materia orgánica, piedras aisladas de diámetro mayor a 10 cm, troncos o cualquier material que comprometa la impermeabilidad de los diques.

Esta capa superior extraída del suelo debe ser guardada para posteriormente esparcirse nuevamente sobre los taludes o la corona de los diques.

Para la creación de los taludes, el material debe esparcirse en capas de no mayor a 15 cm de espesor y luego debe ser bien compactada para colocar la siguiente capa.

Todas las capas deben humedecerse antes de compactarlas, al construir los diques, la altura de diseño debe aumentar en un 10% para compensar a la hora del asentamiento. (Universidad Nacional Costa Rica, 2010, pág. 31)

Los taludes dependen de la textura del material disponible y de la altura de los diques, de acuerdo con la tabla 24.

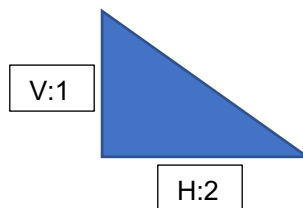
PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
 LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

**Tabla 23. Taludes para presas de material homogéneo.**

Material del terraplén	Altura de la presa (m)	Talud aguas arriba	Talud agua abajo
Arcillas de baja plasticidad	Hasta 4. 4-8	2:1 2,5 : 1	1,5 : 1 2 : 1
Arcillas arenosas	Hasta 4. 4 -8	3 : 1 3,5 : 1	2 : 1 2,5 : 1
Arena arcillosa, arcillas muy plásticas	Hasta 4	4 : 1	3 : 1

Fuente: (Universidad Nacional Costa Rica, 2010, pág. 32).

**Ilustración 29. Relación de taludes recomendada**



Fuente: Elaboración autora, 2019.

Como se ha mencionado antes, nuestro suelo es arcilloso de tipo Caolinítico el cual cuenta con una plasticidad baja de acuerdo con (Secretaria de Economía, 2014).

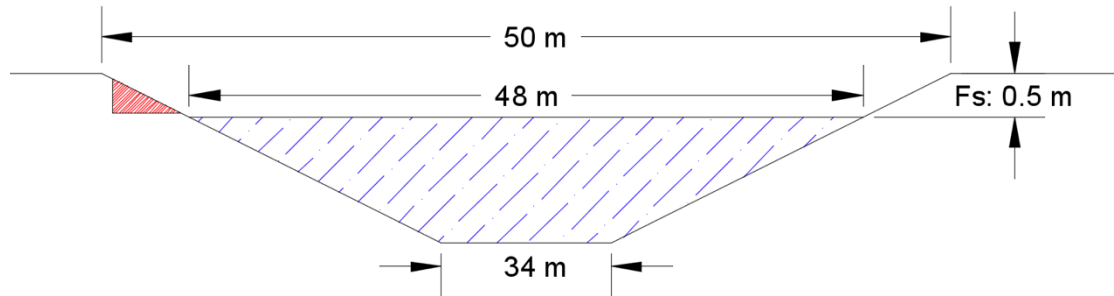
De acuerdo con las medidas propuestas anteriormente y con el talud recomendado las medidas serán:

Alto= 3,5 metros  
 Ancho de la base= 26 metros  
 Ancho del espejo de agua = 48 m  
 Largo = 259 – 209 = 50 metros  
 Fs= 0,5 m

Se deja un factor de seguridad de 0.5 m por lo tanto las medidas serian las siguientes:

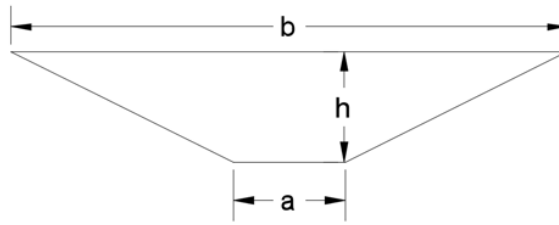
PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

**Ilustración 30. Vista en corte del reservorio.**



**Fuente:** Elaboración de la autora, 2019.

Donde:



$$A \text{ trapecio: } \left( \frac{a + b}{2} \right) * h \quad [16. 2]$$

$$V \text{ trapecio: } A * L \quad [16. 3]$$

Despejando de las ecuaciones 16.2 y 16.3 obtenemos:

$$A \text{ trapecio: } \left( \frac{34 + 48}{2} \right) * 3.5$$

$$A \text{ trapecio: } 143,5 \text{ m}^2$$

$$V \text{ trapecio: } 143,5 \text{ m}^2 * 26\text{m}$$

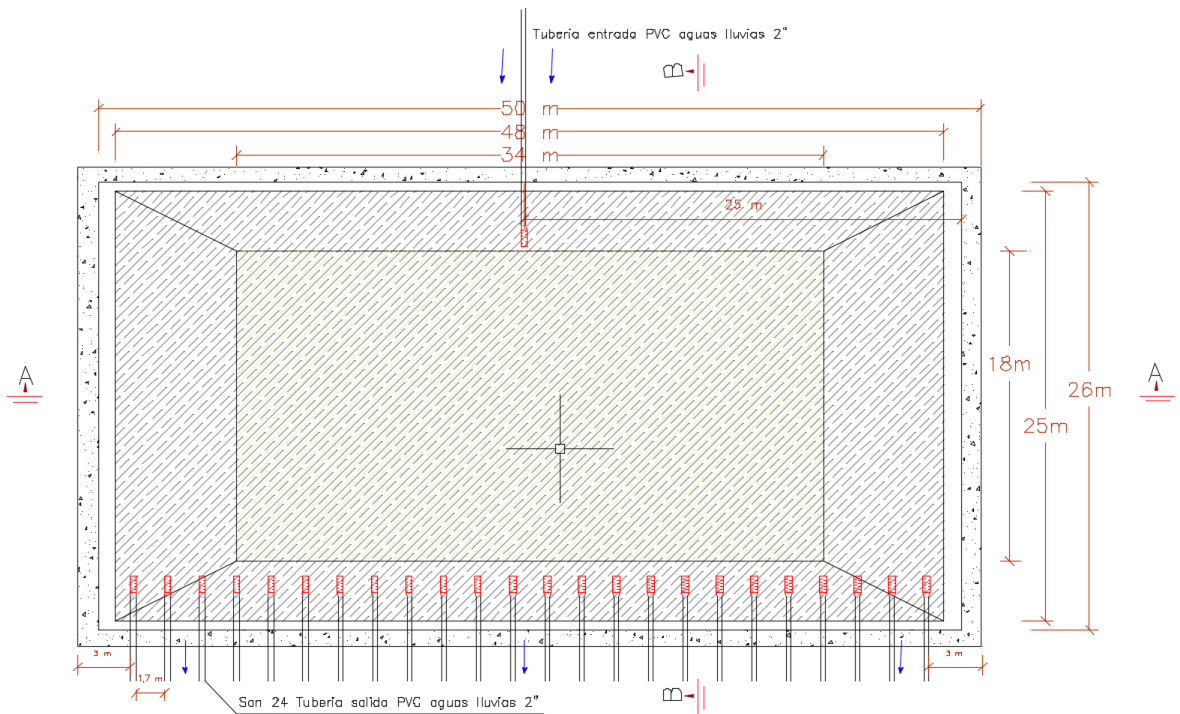
$$V \text{ trapecio: } 3731 \text{ m}^3$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

$$V : 3731 m^3 - 156 m^3$$

$$V = 3575 m^3$$

Ilustración 31. Vista en planta reservorio del proyecto.



Fuente: Elaboración propia de la autora, 2019.

## 17. CONDUCCIÓN DEL RESERVORIO AL SISTEMA PRODUCTIVO.

### 17.1 Tubería de conducción.

Se recomienda utilizar tubería de conducción para evitar perdidas por infiltración que se pueden dar en un canal abierto, ya sea en tierra o revestido.

La idea de la tubería es maximizar el uso del agua, por el cual, para este tipo de estructura siempre es recomendable, la tubería puede ser en PVC o mangueras de poliducto. (Universidad Nacional Costa Rica, 2010).

Para hacer el prediseño mas accesible al productor, se tendrá tubería independiente para cada alberca, lo que permite distribuir el uso del agua de acuerdo con la capacidad de producción necesaria y así poder suplir un poco los recambios que se necesitan.

### 17.2 Trazado de la conducción.

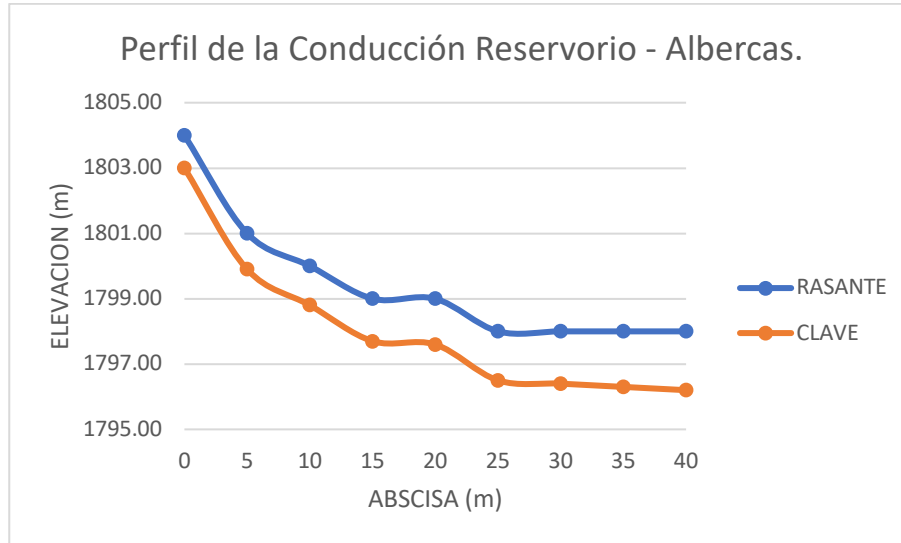
**Tabla 24. Trazado conducción del reservorio a las albercas.**

ABSCISA	RASANTE	CLAVE	LONGITUD (M)	LONGITUD ACUM	PENDIENTE
0	1804,00	1803,00			
5	1801,00	1799,90	5,88	5,88	62,00
10	1800,00	1798,80	5,12	11,00	22,00
15	1799,00	1797,70	5,12	16,12	22,00
20	1799,00	1797,60	5,00	21,12	2,00
25	1798,00	1796,50	5,12	26,24	22,00
30	1798,00	1796,40	5,00	31,24	2,00
35	1798,00	1796,30	5,00	36,24	2,00
40	1798,00	1796,20	5,00	41,25	2,00

**Fuente:** Elaboración propia de la autora,2019.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

**Ilustración 32. Perfiles de conducción del reservorio a las albercas.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2019.

### 17.3 Presión de diseño.

Utilizamos de nuevo la ecuación utilizadas en la conducción de la captación al reservorio siendo 14.56 para despejar la presión:

$$\begin{aligned} & \text{Cota del reservorio} - \text{Cota clave mas baja} \\ & 1806 \text{ m. s. n. m} - 1796,20 \text{ m. s. n. m} \\ & \qquad \qquad \qquad 9,8 \text{ m} \end{aligned}$$

17.3.1 Presión de diseño:

$$1,3 * \text{presion estatica maxima} \qquad \qquad \qquad \text{[17. 1]}$$

$$P \text{ diseño} = 1,3 * 9,8$$

$$P \text{ diseño} = 12,74 \text{ m}$$

Utilizamos una tubería en PVC ya que son semirrígidas, livianas, por lo general más económicas, resistentes a la corrosión y constituidas por policloruro de vinilo, su coeficiente C de Hazen es 150.

Se utilizará tubería de clase: RDE 21.

#### 17.4 Diámetro de descarga:

Utilizamos de nuevo tubería de PVC por economía, resistentes y de mayor acceso para el piscicultor con un coeficiente de rugosidad de Hazem – Williams,  $C = 150$ .

Caudal:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{3575 \text{ m}^3}{12 \text{ dias}} = 298 \frac{\text{m}^3}{d} \approx 3,45 \text{ l/s}$$

Carga hidráulica disponible:

$$H = \text{Cota reservorio} - \text{Cota Distribucion}$$

$$H = 1806 - 1798$$

$$H = 8 \text{ m}$$

Longitud tubería recta:

$$L = L \text{ acumulada}$$

$$L = 41,25 \text{ m}$$

Perdida de carga unitaria:

$$j = \frac{H}{L} \quad [17. 2]$$

$$j = \frac{8 \text{ m}}{41,25 \text{ m}} = 0,2 \text{ m/m}$$

Diámetro:

Despejando de la ecuación de Hazen- Williams:

$$D = \left( \frac{Q}{0,2785 C j^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}} \quad [17. 3]$$

$$D = \left( \frac{0,0034}{0,2785 (150) (0,2)^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}}$$

$$D = 0,038 \text{ m} \approx 1,49'' \approx 2''$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Optimizando:

Para el diámetro nominal de 2":

Diámetro externo: 60,32 mm

Diámetro interno: 54,58 mm

(Pavco, s.f.)

$$J = \left( \frac{Q}{0,2785 C D^{2,63}} \right)^{\frac{1}{0,54}} \quad [17. 4]$$

$$J = \left( \frac{0.0034}{0,2785 (150) (0.05458 m)^{2,63}} \right)^{\frac{1}{0,54}}$$

$$J = 0,037 m/m$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad [17. 5]$$

$$V = \frac{0.0034}{\frac{\pi * (0.05458)^2}{4}}$$

$$V = 1,45 m/s$$

$$\frac{V^2}{2g} \quad [17. 6]$$

$$0.11 m/s$$

## 17.5 Cálculo de pérdidas de energía.

### 17.5.1 Pérdida de válvula de control

$$hm = 0,2 n \left( \frac{V^2}{2g} \right) \quad [17. 7]$$

$$hm = 0,2 (1)(0.11)$$

$$hm = 0,02 m$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

17.5.2 Perdida por entrada normal al tubo.

$$hm = 0,5 \left( \frac{V^2}{2g} \right) \quad [17. 8]$$

$$hm = 0,055 \text{ m}$$

17.5.3 Perdida por salida del tubo

$$hm = 1,0 \left( \frac{V^2}{2g} \right) \quad [17. 9]$$

$$hm = 0,11 \text{ m}$$

17.5.4 Perdidas totales

$$\sum h_m = 0,185 \text{ m}$$

Con el valor de perdidas totales se debe verificar el diámetro teórico y la redistribución de la longitud.

Carga hidráulica disponible:  $H: 1806 - 1798 - 0,185 = 7,82 \text{ m}$

Longitud real de la tubería:  $L: 41,25 \text{ m}$

Perdida de carga unitaria:

$$j = \frac{H}{L} = \frac{7,82}{41,25} = 0,2 \text{ m/m}$$

Se despeja de nuevo el diámetro:

$$D = \left( \frac{Q}{0,2785 C j^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}} = 0,038 \text{ m} \approx 1,5'' \approx 2''$$

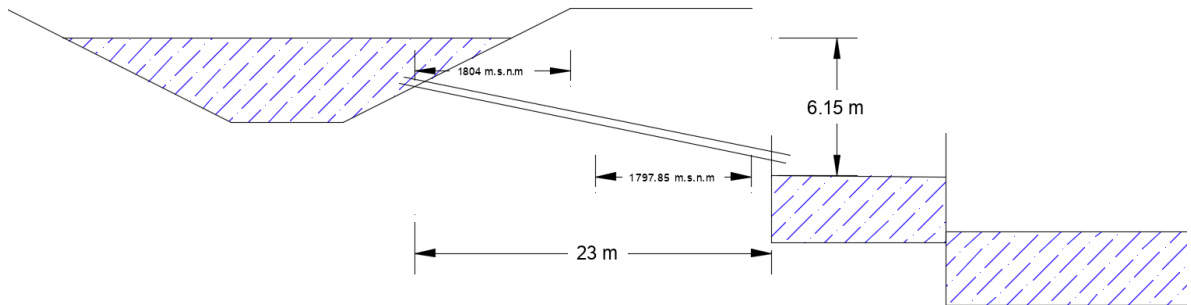
## 18. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

Se propone diseñar un vertedero con contracción lateral para aumentar la velocidad y generar una distancia de caída del chorro que genere turbulencia en la mayor parte de la alberca.

### 18.1 Caudal de ingreso.

Se determina el caudal que llegara a un vertedero rectangular para cada unidad productiva del sistema de la siguiente manera:

Ilustración 33. Esquema de distribución.



Fuente: Elaboración propia de la autora, 2019.

De acuerdo con la ecuación de Hazen- William el caudal es el siguiente:

$$Qu = 0,2785 * C * D^{2,73} * S^{0,54} \quad [18. 1]$$

Donde:

$S$  = Pérdida de carga por unidad de longitud.

$D$  = Diámetro interno tubería de 2"

$Qu$  = caudal de ingreso por unidad ( $m^3/s$ )

$C$  = coeficiente del material. (PVC=150)

$$Qu = 0,2785 * (150) * (0,05 m)^{2,73} * \left(\frac{6,15}{23}\right)^{0,54}$$

$$Qu = 7,64 \times 10^{-3} m^3/s \approx 7,64 \frac{L}{s}$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Con una velocidad de

$$Vu = 0,355 * C * D^{0,63} * S^{0,54} \quad [18. 2]$$

Donde:

$S$  = Perdida de carga por unidad de longitud.

$D$  = Diámetro interior de la tubería de 2"

$Vu$  = Velocidad de ingreso por unidad ( $m^3/s$ )

$C$  = coeficiente del material. (PVC=150)

$$Vu = 0,355 * (150) * (0,05)^{0,63} * 0,26^{0,54}$$
$$Vu = 3,9 \text{ m/s}$$

## 18.2 Tipos de vertedero.

Un vertedero es una abertura sobre la cual pasa agua, es comúnmente usada para controlar en nivel, aforo de caudal, elevación del nivel de agua o derivación de las crecientes.

En este prediseño se realizará la comparación de caudal para cada situación, buscando encontrar cual es el mas adecuado para este prediseño.

### 18.2.1 Vertedero triangular.

Para este prediseño comenzamos con un vertedero triangular ya que es el recomendado para caudales menores a 30 L/s y cargas hidráulicas comprendidas entre 6 y 60 centímetros. (Cualla, 2003)

Por lo general se utilizan con ángulos de 90°.

La ecuación general del vertedero triangular es:

$$Q = C' \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) H^{5/2} \quad [18. 3]$$

Donde:

$H$  = Carga

$\theta$  = ángulo central

$Q$  = caudal de ingreso ( $m^3/s$ )

$C'$  = coeficiente de corrección por perdidas y contracciones

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

A partir de utilizar un ángulo de 90° y  $C' = 0.60$ , la ecuación se simplifica de la siguiente manera

$$Q = 1,42 H^{2,5} \quad [18. 4]$$

Haciendo mención de la recomendación de carga hidráulica entre 6 y 60 cm se empleará una carga de 9 cm o 0.09 m. Que reemplazado los valores de la ecuación 18.2 es igual a:

$$Q = 1,42 (0.1m)^{2,5}$$
$$Q = 4,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

### 18.2.2 Vertedero rectangular.

En general son utilizados para caudales entre 200 y 1600 L/s.

$$Qt = \frac{2}{3} * \sqrt{2g} * Cd * L * \left( H + \frac{V^2}{2g} \right)^{3/2} \quad [18. 5]$$

Donde:

$H$  = Carga hidráulica

$V$  = velocidad de llegada al vertedero.

$Qt$  = caudal teórico de ingreso ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$Cd$  = coeficiente de descarga con valores entre 0.55 y 0.65

$L$  = Longitud del vertedero.

$$Qt = \frac{2}{3} * \sqrt{2(9.81)} * (0.6) * (1) * \left( (0.1) + \frac{(3.9)^2}{2(9.81)} \right)^{3/2}$$

$$Qt = 0,29 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 18.2.3 Vertedero rectangular con contracciones.

La ecuación general del vertedero es:

$$Qt = \frac{2}{3} * \sqrt{2g} * Cd * L' * H^{3/2} \quad [18. 6]$$

Donde:

$H$  = Carga hidráulica

$V$  = velocidad de llegada al vertedero.

$Qt$  = caudal teórico de ingreso ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$Cd$  = coeficiente de descarga con valores entre 0.55 y 0.65

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

$L'$  = Longitud del vertedero.

$$L' = L - n(0.1H) \quad [18. 7]$$

$$L' = (1m) - 2(0.1 * 0.1m)$$

$$L' = 0,98 m$$

Reemplazamos en la ecuación 18.6.

$$Qt = \frac{2}{3} * \sqrt{2(9,81)} * 0,6 * 0,98 * (0,1)^{3/2}$$

$$Qt = 0,055 m^3/s$$

Para (BLANCO CACHAFEIRO , 1995) la cuantía de recambio esta bien cuando la relación de la capacidad de almacenamiento del tanque ( $10m^3$ ) y el caudal que lo abastece en una hora ( $m^3/h$ ) es igual o menor a uno.

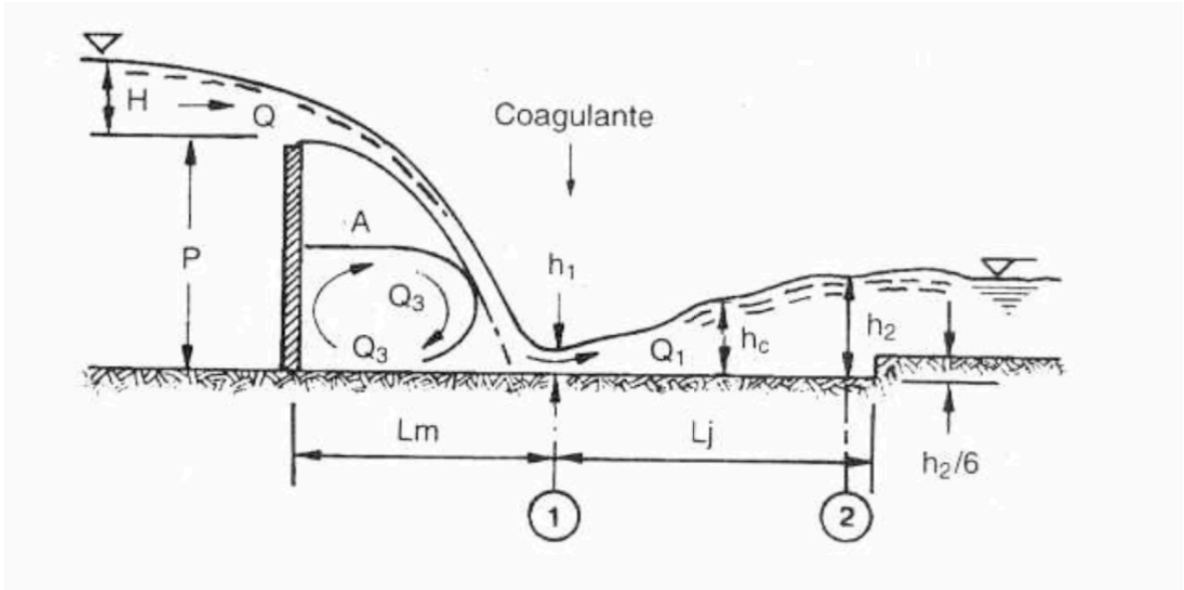
Por lo cual vemos que para una mayor medición de caudal será mas precisa como se recomienda un vertedero triangular por los caudales tan pequeños, pero si se busca es aumentar la superficie de contacto de caída el vertedero rectangular cumpliría en mayor medida.

Por lo cual se decide la construcción del vertedero en forma rectangular sin contracciones.

### 18.3 Vertedero rectangular de pared delgada.

Después de determinar que sea el vertedero rectangular el utilizado, la metodología para calcular el resalto del vertedero.

Ilustración 34. Vertedero rectangular.



Fuente: (Potabilización de agua, pág. 68)

#### 18.3.1 Distancia $L_m$

$$L_m = 1,45 P^{0,54} H^{0,46} \quad [18. 8]$$

$$L_m = 1.45 (1,4 \text{ m})^{0,54} (0,1 \text{ m})^{0,46}$$

$$L_m = 0,6 \text{ m}$$

El valor de  $L_m$  se incrementa para tener en cuenta la distancia adicional correspondiente al ancho de la lamina vertiente en el punto de reposo.

#### 18.3.2 Profundidad crítica del flujo.

$$h_c = \left( \frac{q^2}{g} \right)^{1/3} \quad [18. 9]$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

El caudal por unidad de ancho del vertedero, esta dado por q.

$$q = \frac{Q}{B} \quad [18. 10]$$

Reemplazando en la ecuación 18.10 y con un B determinado de 1m el caudal es:

$$q = \frac{(0,29 \text{ m}^3/\text{s})}{1\text{m}}$$

$$q = 0,29 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$h_c = \left( \frac{(0,29)^2}{9,81} \right)^{1/3}$$

$$h_c = 0,2 \text{ m}$$

Cuando se presenta el resalto hidráulico, la profundidad del agua en la primera sección se relaciona con la altura crítica.

$$\frac{h_1}{h_c} = \frac{\sqrt{2}}{1,06\sqrt{\frac{P}{h_c}} + 1,5} \quad [18. 11]$$

$$\frac{h_1}{h_c} = \frac{\sqrt{2}}{1,06\sqrt{\frac{1,2}{0,2}} + 1,5}$$

$$\frac{h_1}{h_c} = 0,5$$

$$h_1 = 0,5 * h_c$$

$$h_1 = 0,5 * 0,2$$

$$h_1 = 0,1 \text{ m}$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

La profundidad luego del resalto esta relacionada con  $h_1$ , de esta manera se puede determinar  $h_2$ , siendo esta la profundidad después del resalto.

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{\sqrt{1 + 8F^2} - 1}{2} \quad [18. 12]$$

$$F = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}} \quad [18. 13]$$

$$V_1 = \frac{q}{h_1} \quad [18. 14]$$

Reemplazando en cada ecuación.

$$V_1 = \frac{0,29}{0,1} = 2,9 \text{ m/s}$$

$$F = \frac{2,9 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 * 0,1}} = 2,92$$

$$\frac{h_2}{0,1\text{m}} = \frac{\sqrt{1 + 8(2,92)^2} - 1}{2}$$

$$h_2 = 0,4 \text{ m}$$

$$h_2/6 = 0,06 \text{ m}$$

la velocidad en el punto dos es:

$$V_2 = \frac{q}{h_2} \quad [18. 15]$$

$$V_2 = 1,45 \text{ m/s}$$

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

18.3.3 Perdida de energía.

$$h = \frac{(h_2 - h_1)^3}{(4h_1h_2)} \quad [18. 16]$$

$$h = \frac{(0,4 - 0,1)^3}{4(0,1 * 0,4)}$$

$$h = 0,2 \text{ m}$$

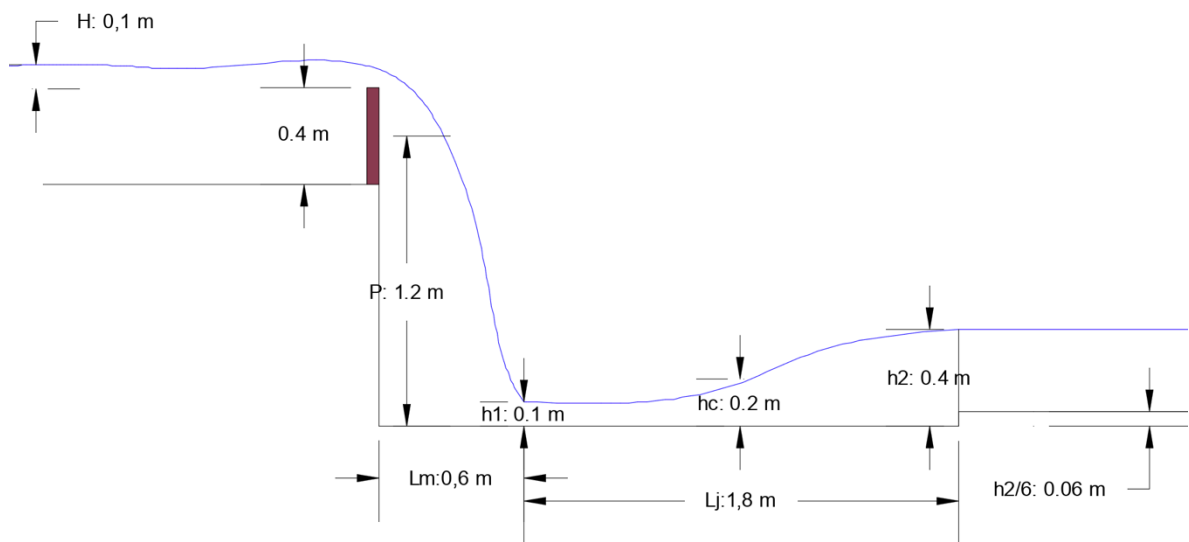
18.3.4 Longitud del resalto.

$$L_j = 6(h_2 - h_1) \quad [18. 17]$$

$$L_j = 6(0,4 - 0,1)$$

$$L_j = 1,8 \text{ m}$$

**Ilustración 35. Esquema vertedero rectangular.**



**Fuente:** Elaboración propia de la autora, 2019.

#### 18.4 Aireación.

Se entiende por aireación el proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto íntimo con el aire con el propósito de modificar las concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ellas. (Potabilización de agua, pág. 39)

Para este prediseño tendrá la función de transferir oxígeno al agua.

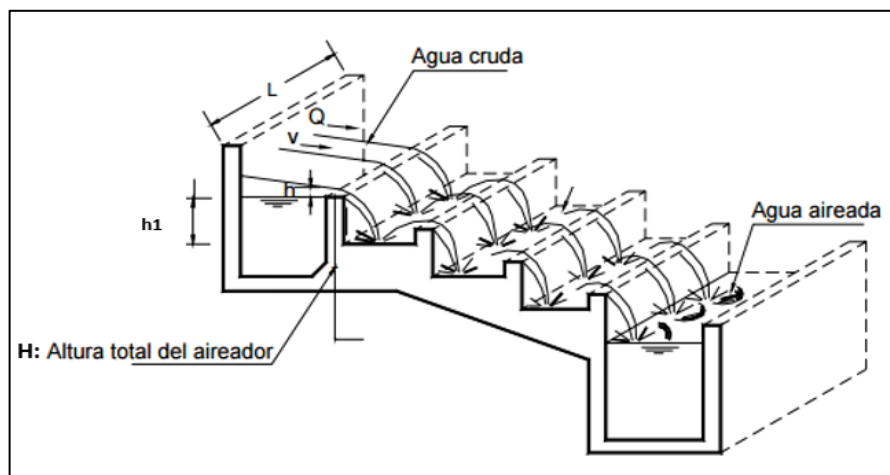
##### 18.4.1 Aireación tipo cascada.

Este tipo de aireación el agua cae en láminas delgadas sobre cada escalón de concreto.

El sistema de aireación con vertederos es más eficiente que el de aliviaderos. Es posible mejorar la aireación creando turbulencia, mayor relación de área/volumen, cuando el agua cae libremente de un nivel superior a uno inferior que cuando cae deslizándose sobre la cara del vertedero. (Potabilización de agua, pág. 39).

Nakasone indica que es más eficiente un sistema de cascada múltiple con caídas menores de 1,2 m que una sola caída con altura mayor de 1,2 m. (Potabilización de agua, pág. 40)

**Ilustración 36. Aireador de cascada.**



**Fuente:** ( Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2013)

Se determina que sea tipo cascada por ser un proceso de aireación por gravedad, con el fin de obtener el oxígeno disuelto necesario sin aporte energético adicional, además de ser de construcción y mantenimiento sencillo.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

18.4.2 Criterios de aireador para aireadores de cascada.

Criterio	Altura escalones h (m)	Presión requerida (m.c.a)	Numero escalones n	CH (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *d)
Asce- Awwa. CSSE		0,90 – 3,00		
Peavy, Rowe, Tchobanoglous	0,20 – 0,40		<10	
Azevedo Netto	0,25 – 0,50	0,75 – 1,50	3-4	300 - 900

**Fuente:** ( Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2013)

Cuando se trata de escalones longitudinales, el área superficial es la suma de las áreas de las “huellas”.

18.4.3 Prediseño aireador de cascada.

El agua de captación no ha sido utilizada ni contaminada significativamente hasta este proceso, encontrándose cuando se midió el Oxígeno Disuelto en 8,2 mg/L. De acuerdo con las referencias no es necesario un proceso de aireación, sin embargo, en este punto ya tuvo contacto con el animal y sus condiciones son modificadas.

Determinación de la altura de la cascada:

$$H = \frac{R - 1}{0,361ab(1 + 0,046 T)} \quad [18. 18]$$

Donde:

R: Relación deficiencia de oxígeno.

Cs: Concentración de saturación de oxígeno disuelto a la temperatura T; mg/L.

Co: Concentración del oxígeno disuelto en el agua antes del vertedero o cascada, mg/L.

C: Concentración del oxígeno disuelto en el agua, después del vertedero, mg/L.

H: Altura de caída del agua, m.

T: Temperatura del agua, °C.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

- a: 1,25 para agua limpia del rio.  
1,0 para agua poluta del rio.  
0,8 para efluentes de agua residual.
- b: 1,0 para vertederos de caída libre.  
1,1 para escalones.  
1,3 para vertedero escalonado.

$$R = \frac{C_s - C_o}{C_s - C} \quad [18. 19]$$

Cs para 13°C es 10,5 mg/L (Folleto informativo Oxigeno Disuelto., s.f.)

$$R = \frac{10,5 - 8,2}{10,5 - 8,5}$$

$$R = 1,15$$

De la ecuación 18.18 se determina la altura de la cascada de oxigenación.

$$H = \frac{1,15 - 1}{0,361 * 1,25 * 1,1(1 + 0,046 * 13,3)}$$

$$H = 0,2 \text{ m}$$

Debido a que la carga contaminante no ha sido determinada después del proceso, la altura requerida para lograr una oxigenación adecuada es muy pequeña, incumpliendo con el valor mínimo de altura siendo 1,8 m requerido para considerar una aireación en cascada.

(Potabilizacion de agua, pág. 42).

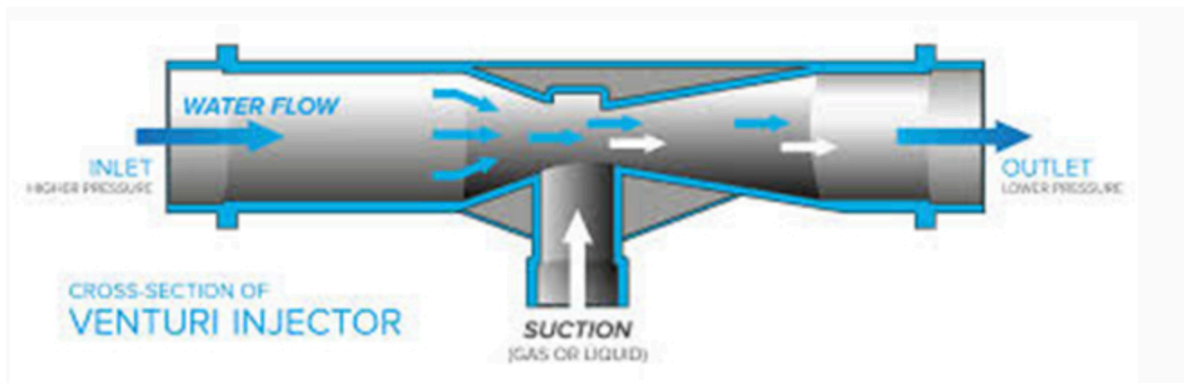
## PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

### 18.4.4 Aireación tipo Venturi.

Para generar una adición de aire se propone prediseñar un sistema alternativo para cada estanque la cual genere un movimiento de agua a partir del aumento de velocidad.

El principio de Venturi dice que en que el fluido en movimiento, en este caso agua, dentro de un conducto cerrado disminuye su presión cuando aumenta su velocidad al pasar por un área con menor sección. En la condición cuando el aumento de velocidad es muy grande, se produce presión negativa o nula y es ahí cuando introduciendo otro tubo, se produce una aspiración del fluido de este conducto.

**Ilustración 37. Aireador tipo Venturi**



**Fuente:** (Manuel Romeu , s.f.)

**Ilustración 38. Aireador Venturi utilizada en la piscicultura.**



**Fuente:** Ilustración adaptada de Video Virtual, (YouTube , 2012)

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

Se propone un aireador utilizando el principio de Venturi para aumentar los niveles de oxígeno del agua, que es uno de los principales requisitos de esta especie.

Velocidad de salida:

Datos iniciales:

$$V_1 = 1,45 \text{ m/s}$$
$$G: 9,81 \text{ m/s}^2$$

Datos propuestos:

$$\text{Diámetro 1} = 1" (30,20 \text{ mm})$$
$$\text{Diámetro 2} = \frac{3}{4}" (23,63 \text{ mm})$$

Aplicamos ecuación de continuidad.

$$A_1 * V_1 = A_2 * V_2 \quad [18. 20]$$

$$\frac{\pi * d_1^2}{4} * V_1 = \frac{\pi * d_2^2}{4} * V_2$$

$$\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 * V_1 = V_2$$

$$\left(\frac{30,20 \text{ mm}}{23,63 \text{ mm}}\right)^2 * 1,45 \text{ m/s} = V_2$$

$$2,4 \text{ m/s} = V_2$$

### 18.5 Dimensiones de las albercas

En cuanto a la geometría del estanque, se recomienda que sean de forma rectangular, siendo su longitud aproximadamente 10 veces su ancho. Para evitar sedimentación. (BLANCO CACHAFEIRO , 1995).

Por contar con recursos económicos limitados, se propone albercas pequeñas, ya que prediseñar estructuras mas grandes requieren mecanismos de aireación de agua para cubrir una mayor área de la alberca.

## PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

### 18.5.1 Forma de los estanques.

Como su construcción es más barata, los estanques cuadrados son especialmente útiles cuando se trata de construcciones pequeñas (hasta 400 m<sup>2</sup>) y estanques de más de 400 m<sup>2</sup> es preferible utilizar estanques rectangulares. (FAO, Manual Practico para el cultivo de la trucha arcoiris , 2014).

En general, en los estanques rectangulares es aproximadamente dos veces más el largo (L) que el ancho (W); no obstante, si los estanques se construyen con una excavadora, es más barato utilizar una anchura que sea múltiplo de la anchura de la pala de la excavadora. (FAO, Manual Practico para el cultivo de la trucha arcoiris , 2014).

Se pretende generar una actividad diversa en cuanto a el tamaño, por lo cual se dispone de 24 estanques de 1m\*10m\*1m (Ancho, Largo y alto respectivamente) en paralelo para alevinos y juveniles.

### 18.5.2 Entradas y salidas de agua.

La entrada del agua a los estanques se debe propiciar a una altura o caída entre 60 - 80 centímetros y pendientes en el fondo mínimas de 2-3 % para aumentar su oxigenación.

Los sistemas de salida del agua de los estanques mas utilizados en piscicultura son:

- Monje: Es una estructura vertical en madera, concreto o bloc, que tiene forma de U vuelta para adentro del estanque. Ahí se regula el nivel del agua del estanque por medio de tablas y tiene una malla o cedazo para que las truchas no se escapen. (FAO, Manual Practico para el cultivo de la trucha arcoiris , 2014)
- Tubo con codo: En la siguiente ilustración se ven los diferentes componentes y cómo el tubo y el codo deben de ser instalados.



PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

18.5.3 Recambio necesario para cada alberca.

El recambio es lo que dura renovarse toda el agua de un estanque en un tiempo determinado. (FAO, Manual Practico para el cultivo de la trucha arcoiris , 2014)

Se mide el caudal que llega al estanque 3,4 litros por segundo; se multiplica el caudal que llega al estanque por 60 segundos para saber el caudal por minuto, que corresponde a 210 litros, luego se multiplica por 60 para obtener el caudal por hora igual a 12600 litros y finalmente se multiplica por 24 que corresponde a las horas del día, para un total de 293760 litros por día. Los 293760 litros/día se dividen entre 1000 para pasarlos a metros cúbicos para un total de 293,7 metros cúbicos de agua que pasan por el estanque al día.

$$3,4 \frac{\text{litros}}{\text{seg}} * \frac{60\text{seg}}{1 \text{min}} * \frac{60 \text{min}}{1 \text{hora}} * \frac{24 \text{horas}}{1 \text{dia}} = \frac{293760 \text{ litros}}{\text{dia}}$$
$$\frac{293760 \text{ litros}}{\text{dia}} * \frac{0,001\text{m}^3}{1 \text{litro}} = \frac{293,76 \text{ m}^3}{\text{dia}}$$

Para calcular el recambio de una alberca al día, se divide los metros cúbicos que pasan por el lago al día entre el volumen del lago (40 metros cúbicos)

Recambio:

$$\frac{\frac{293,76\text{m}^3}{\text{dia}}}{40 \text{ m}^3} = 7,5 \text{ veces al dia}$$

El recambio de la alberca será de 7,5 al día, lo que quiere decir que aproximadamente cada 3 horas y media el agua de una alberca se renueva completamente.

18.5.4 Reutilización del agua proveniente de las albercas.

El agua que proviene de las albercas deberá ser reutilizada para ayudar a cubrir esa demanda de caudal, pero debido a que viene con alimento, materia orgánica y además de eso bajos niveles de oxígeno; no se podrá utilizar un sistema de bombeo directo, lo que conlleva a prediseño luego un sistema de tratamiento del agua.

Lo aconsejado por la experta en el tema de piscicultura en el Departamento del Huila; la ingeniera Paula Yaned Anacona es que sea recogida en unos estanques de sedimentación de dimensiones pequeñas al lado de cada serie de albercas, esto permitirá que el agua entre y por medio de una perdida de velocidad se sedimente.

### **19. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

- i. Este estudio presenta una alternativa de prediseño hidráulico para captación, conducción y reservorio para el desarrollo de un proyecto productivo de piscicultura con la especie trucha.
- ii. Debido a que ya está establecido el módulo de consumo neta piscícola para el Departamento del Huila, este prediseño no tuvo en cuenta los criterios de caudal de diseño establecidos en los textos guías en la construcción de obras hidráulicas.
- iii. La demanda neta piscícola establecida es de 3,5 lps por hectárea, determinando que el área de producción mínimo sea esta; debido a que diseñar obras civiles para proyectos piscícolas con espacios menores serían muy pequeñas y no factibles específicamente a nivel económico.
- iv. Con la demanda de uso para piscicultura establecida por la Corporación en el Departamento de Huila, se requiere necesariamente la construcción de un reservorio, que permita almacenar agua y realizar el porcentaje adecuado de recambios de agua, aumentando los costos de diseño y su construcción; que sin duda solo sería posible para estaciones piscícolas con suficientes recursos económicos.
- v. La ubicación del proyecto es la más favorable de acuerdo con los requerimientos hídricos de la trucha a partir de disponer de una calidad de agua favorable de tipo reserva con alto nivel de oxigenación favoreciendo el buen crecimiento de las truchas, lo que es sin duda alguna un privilegio para el productor y sus ingresos.
- vi. Analizando el proyecto piscícola desde el punto de vista civil - ambiental, se infiere que la recirculación del agua en el proyecto será indiscutiblemente necesaria para cumplir con el requerimiento hídrico de la trucha; por lo que se debe proyectar la construcción de un sistema de tratamiento de aguas para su implementación.
- vii. Este prediseño solo podrá ser útil e implementado para una piscícola de producción de alrededor de una hectárea, puesto que, si se pensara en ampliar el área de producción, la captación sería insuficiente.
- viii. De acuerdo con las condiciones de las estructuras hidráulicas, este prediseño solo podrá ser utilizado en cultivos de alevines y en menor

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

porcentaje de engorde de trucha siendo principalmente un cultivo semi intensivo.

- ix. Conforme el recambio recomendado de las albercas es de 1 por hora, es decir 24 recambios diarios, este sistema de producción solo podrá funcionar en una alberca haciendo recambios cada 7 horas siendo solo el 31,25% necesario.
- x. Hasta que en la truchícola no se haya diseñado el sistema de tratamiento este deberá ser bombeado directamente al reservorio que por un tiempo cubrirá la sedimentación, con el fin de no dejar el sistema ni un minuto sin el fluido, ya que esto generaría el aumento de la mortalidad y/o aparición de enfermedades.
- xi. El sistema de bombeo será una solución factible de acuerdo con los agricultores, dado que esta zona cuenta con subsidios en el servicio de energía.
- xii. Se recomienda para la limpieza de los estanques deben desocuparse y exponerse al sol por al menos una semana, una vez al año, aplicando cal viva como desinfectar y en cuanto a la tubería y accesorios del sistema se deberán revisar todos los días observando la presencia de fugas, bloqueos del paso de agua, sobre niveles o presencia de animales.
- xiii. Es importante implementar una modificación en la evaluación hidráulica de demanda de agua para el desarrollo productivo de la trucha, permitiendo así que los agricultores opten por utilizar estructuras hidráulicas y de la misma manera generar conciencia en el buen uso de los recursos hídricos del departamento.
- xiv. Las albercas de producción truchícola se pre diseñaron teniendo en cuenta el área mínima de 1 hectárea en espejo de agua para concesionar 3,5 lps.

## BIBLIOGRAFÍA

- Araneda M, M. R. (2013). Análisis y modelación bio-economica : Una herramienta de gestion para decisiones de produccion e inversion en acuicultura. *Version Diferente*.
- Aunap, A. N. (Febrero de 2014). *Aunap*. Obtenido de <http://aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/Plan-Nacional-para-el-Desarrollo-de-la-Acuicultura-Sostenible-Colombia.pdf>
- PanoramaAcuicola.com. (12 de Mayo de 2016). *Acuicultura Pirarucu*. Obtenido de [http://www.acuicultura.co/publicaciones/detalle/criterios\\_para\\_el\\_calculo\\_de\\_la\\_biomasa\\_en\\_peces\\_de\\_clima\\_calido](http://www.acuicultura.co/publicaciones/detalle/criterios_para_el_calculo_de_la_biomasa_en_peces_de_clima_calido)
- FAO. (2003). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura*. . Obtenido de *Acuicultura:principales conceptos y definiciones:* <http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/aquaculture-defs.htm>
- tecnologia., A. I. (01 de Diciembre de 2009). *Una nueva tecnología genética permite producir tilapia supermacho YY*. Obtenido de <http://www.dicyt.com/noticias/una-nueva-tecnologia-genetica-permite-producir-tilapia-supermacho-yy>
- Tendencia informatica en la acuicultura*. (31 de Agosto de 2017). Obtenido de <http://rodriguezbeltra15.blogspot.com.co/2017/08/nuevas-tendencias-para-acuicultura-la.html>
- S.A.S, S. A. (s.f.). *Sistemas acuicolas*. Obtenido de *Nuevas tendencias para la acuicultura:* <https://sistemasacuicolas.com/nuevas-tendencias-acuicultura/>
- Cadena Nacional Acuicultura. (2016). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*.
- Nacion, P. L. (18 de Noviembre de 2015). *La Nacion* . Obtenido de <http://www.lanacion.com.co/2015/11/18/piscicolas-en-la-mira-por-captacion-ilegal-de-agua/>
- FAO. (2014). *Manual Practico para el cultivo de la trucha arcoiris* .
- Alcaldia de Gigante. (2014-2027). *Plan Basico de ordenamiento Territorial, caracterizacion diagnostica*. Gigante.
- Corporacion Autonoma del Alto Magdalena. (30 de Septiembre de 2010). *Resolucion No 2810. Por la cual se reglamenta los usos y aprovechamientos de las aguas de la quebrada La Honda*. Gigante , Colombia .
- Municipalidad de Ragash. (2009). *Manual de Crianza-Trucha*. Peru.
- Secretaria de Planeacion Gigante . (2015). *Plan Basico para el analisis de amenaza,vulnerabilidad y riesgo*. Huila .
- Salazar Cano, R., & Sanchez Ortiz, I. A. (2007). *Infraestructua Hidraulica para acuicultura*. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño.
- CORCHO ROMERO, F. H., & DUQUE SERNA, J. I. (1993). *Acueducto, Teoria y Diseño*. Centro General de Investigaciones.
- BLANCO CACHAFEIRO , M. (1995). *La trucha - Cria industrial*. España : Mundi - Prensa.

PREDISEÑO UNIDAD PRODUCTIVA PISCÍCOLA  
LUISA MARIA PARRA ARBOLEDA

- P. B., & J. G. (2013). *reservorios de agua lluvia y su aprovechamiento en la produccion agropecuaria a pequeña escala*.  
Universidad Nacional Costa Rica. (2010). *Manual de especificaciones tecnicas basicas para la elaboracion de estructuras de captacion de agua lluvia en el sector agropecuario de costa rica y recomendaciones para su utilizacion*. Universidad Nacional Costa Rica. Costa Rica: Documento D-06.
- S. A. (2010). *Especificaciones para tuberia astm d- 2241*. Costa Rica.
- IDEAM. (1981-2010). *ideam.gov.co*. Obtenido de Atlas climatologico de Colombia: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- Secretaria de Economia. (2014). *Perfil del mercado Caolin*. Estados Unidos Mexicanos: Coordinacion General de Mineria.
- Cualla, R. L. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Segunda.
- Rojas, J. R. (s.f.). *Potabilizacion de agua* (Vol. 3). Alfagura.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2013). *Diseño de plantas potabilizadoras*. Bogota: Escuela de Ciencias Agropecuarias, pecuarias y del medio ambiente.
- Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero. (2014). *Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales*. Lima - Peru. Obtenido de Fondes: [https://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/MANUAL\\_TRUCHA.pdf](https://www.fondepes.gob.pe/src/manuales/MANUAL_TRUCHA.pdf)
- Folleto informativo Oxigeno Disuelto*. (s.f.). Obtenido de [https://www.waterboards.ca.gov/water\\_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3110sp.pdf)
- Pavco. (s.f.). *Manual tecnico Tubosistemas*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/lilianahernandezalarcon/pvc-13420911>
- Manuel Romeu . (s.f.). *Manipulaciones plasticas*. Obtenido de <http://manuelromeu.com/productos/sistema-de-ensado-y-mezcladores/mezcladores-mecanicos-aire-tipo-venturi/>
- sehrsfg, A. (29 de octubre de 2012). *YouTube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=n5EYeBhUi-s>
- Gallego, C. (28 de Mayo de 2013). *Youtube*. Obtenido de Trucheras en Jardin Antioquia: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_bMX0z50uzE&t=323s](https://www.youtube.com/watch?v=_bMX0z50uzE&t=323s)
- Agronegocios . (14 de Diciembre de 2018). Obtenido de <https://www.agronegocios.co/agricultura/minagricultura-registro-en-colombia-120230-toneladas-de-produccion-piscicola-2806078>

## **20. ANEXOS**

### **Anexo 1:**

Plano 1. Localización General

### **Anexo 2:**

Plano 2. Localización de las obras.

### **Anexo 3.**

Plano 3. Bocatoma de fondo, tipo dique, planta.

### **Anexo 4.**

Plano 4. Bocatoma de fondo, tipo dique, cortes.

### **Anexo 5.**

Plano 5. Reservorio, planta.

### **Anexo 6.**

Plano 6. Reservorio, cortes.

### **Anexo 7.**

Plano 7. Albercas.

### **Anexo 8.**

Plano 8. Dimensionamiento albercas.