


	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					  	
	<b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-06</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 1</b>

Neiva, 10 de octubre de 2015

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Neiva

El (Los) suscrito(s):


Mauricio Cortes Muñoz, con C.C. No. 1075237678





Autor de la tesis de la grado titulado “PROCESO METODOLOGICO PARA EL CALCULO, DISEÑO HIDRAULICO Y ANALISIS ESTRUCTURAL DE OBRAS HIDRAULICAS BOCATOMA Y DESARENADOR PARA EL DISTRITO DE RIEGO A PEQUEÑA ESCALA DE LA VEREDA CALLE ARRIBA ASOCALLEARRIBA MPIO TASCO -BOYACA.”, presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola autorizamos al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE

Firma: 

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 4</b>

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: PROCESO METODOLÓGICO PARA EL CÁLCULO DISEÑO HIDRÁULICO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE OBRAS HIDRÁULICAS BOCATOMA Y DESARENADOR PARA EL DISTRITO DE RIEGO A PEQUEÑA ESCALA ASOCALLEARRIBA BOYACA-TASCO**

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Cortes Muñoz	Mauricio

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Cifuentes Perdomo	Miguel German

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Izquierdo Bautista	Jaime
Torrente Trujillo	Armando





**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Ingeniero Agrícola

**FACULTAD:** Ingeniería

**PROGRAMA O POSGRADO:** Agrícola

**CIUDAD:** Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2015 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 132

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>						  
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 4</b>

Diagramas\_\_\_ Fotografías\_x\_ Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general \_x\_ Grabados\_\_\_ Láminas\_\_\_ Litografías\_\_\_ Mapas\_\_\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_x\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas o Cuadros\_x\_

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

- AUTOCAD CIVIL3D.

**MATERIAL ANEXO:**

- Hojas electrónicas Excel del proceso metodológico del Diseño
- Planos hidráulicos y estructurales de las obras propuestas Bocatoma y Desarenador en formato DWG
- Planos hidráulicos y estructurales de las obras propuestas Bocatoma y Desarenador en formato PDF
- Hojas electrónicas Excel de presupuesto general de las obras propuestas Bocatoma y Desarenador

**PREMIO O DISTINCIÓN** (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):





**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1.	Diseño estructural	Structural design
2.	Diseño hidráulico	Hidraulic design
3.	Acero estructural	Structural steel
4.	Concreto reforzado	Reinforced concrete
5.	Distrito de riego	Irrigation district

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

Una de las principales problemáticas a nivel mundial ha sido el mejoramiento de las prácticas de gestión del agua, su uso en la agricultura y el medio rural, encaminada a la preservación del recurso hídrico, garantizando un control adecuado y sostenible. El riego, constituye en la mayor parte de los países de la región el principal usuario del agua.

Es por eso nuestra misión debe estar enmarcada en generación de servicios direccionados a la comunidad, con el propósito de fomentar soluciones técnicas, prácticas y científicas

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					  	
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>3 de 4</b>

enfocadas en la planeación, el diseño y la construcción de proyectos que cumplan con los estándares de calidad exigidos por las entidades evaluadoras, satisfaciendo las necesidades de la sociedad, estableciendo lineamientos y criterios de diseño.





Por lo tanto este proyecto se centra en el proceso metodológico para el cálculo, diseño hidráulico y análisis estructural de obras hidráulicas bocatoma y desarenador para el distrito de riego a pequeña escala de la vereda calle arriba asocalle arriba municipio tasco, departamento Boyacá, el cual tiene un área de riego de 164.72 ha que benefician a 167 familias. Recopilando y analizando la información para diseñar las obras proyectadas, Así mismo la producción de planos y los costos presupuestales de las obras civiles.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

One of the main problems worldwide has been the improvement of management practices of water use in agriculture and rural areas, aimed at the preservation of water resources, ensuring an appropriate and sustainable control. Irrigation, is in most of the countries of the region the main user of water.

That's why our mission must be framed in generating addressed to the community, with the aim of promoting scientific techniques and practical solutions focused on planning, design and construction of projects that meet the quality standards required services by assessment entities, meeting the needs of society, establishing guidelines and design criteria.

Therefore, this project focuses on the methodology for the calculation process, hydraulic design and structural analysis of waterworks intake and sand trap for small irrigation district scale up the village street asocalle arriba tasco municipality, Boyacá department, which has a irrigated area of 164,72 ha that benefit 167 families. Collecting and analyzing information to design the planned works, Also production plans and the budgetary costs of civil works.

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>					  	
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>4 de 4</b>

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Presidente Jurado: Miguel German Cifuentes Perdomo



Nombre Jurado: Armando Torrente Trujillo



Nombre Jurado: Jaime Izquierdo Bautista



**Trabajo De Grado Presentado Como Requisito Para Optar Al Título De  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**PROCESO METODOLÓGICO PARA EL CÁLCULO  
DISEÑO HIDRÁULICO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE OBRAS  
HIDRÁULICAS BOCATOMA Y DESARENADOR PARA EL DISTRITO  
DE RIEGO A PEQUEÑA ESCALA ASOCALLEARRIBA**



**Mauricio Cortes Muñoz**



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA  
NEIVA – HUILA  
2015**

**PROCESO METODOLÓGICO PARA EL CÁLCULO, DISEÑO HIDRÁULICO Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE OBRAS HIDRÁULICAS BOCATOMA Y DESARENADOR PARA EL DISTRITO DE RIEGO A PEQUEÑA ESCALA DE LA VEREDA CALLE ARRIBA ASOCALLEARRIBA MPIO TASCO ~ BOYACA.**

**MAURICIO CORTES MUÑOZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**Director**

**MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO**

**Ing. Agrícola – Especialista en Ingeniería de Irrigación**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA  
NEIVA – HUILA**

**2015**

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

**Jurado**

---

**Jurado**

---

**Director**

Neiva, Diciembre 2015



## DEDICATORIA

Papa Dios, tú te mereces la gloria y en honor a ti agradezco todos mis triunfos, hoy termina un proceso de formación y adquisición de conocimientos, que durante largos años formaron el carácter, perfil y la base del profesional agrícola, no obstante, este sueño que un día empezó a nacer, hoy deja reflejado la satisfacción de verle hecho realidad, resultado de largas noches sin dormir, dedicación, sacrificio y perseverancia.

A mis padres Misael Cortes y Vianey Muñoz, por el apoyo incondicional que me brindan, por su esfuerzo, su voluntad y deseo de verme superar, los amo.

A mis hermanos Tatiana Cortes y Santiago Cortes por ver en mí el reflejo de un ideal y ejemplo a seguir, están en mi corazón.

A mi familia, que de una u otra forma sumaron su granito de arena para terminar con éxitos mis estudios de pregrado.

A mis amigos, familia FUNDISPROS, Ingeniería de riegos, por todo su apoyo en el tiempo destinado para la ejecución de este proyecto y las oportunidades que me brindan.

A todos mis profesores que inyectaron una parte de su sabiduría, a mi alma mater Universidad Surcolombiana por Abrir sus puertas.

A todos mil bendiciones y que Dios los bendiga por siempre.

**Mauricio Cortes Muñoz**

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mis más sinceros agradecimientos a:

MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO, Ingeniero Agrícola, Especialista en Ingeniería de Irrigación, Docente de la facultad de ingeniería, Universidad Surcolombiana, por su conocimiento y experiencia aportado al desarrollo de este proyecto.

JAIME IZQUIERDO BAUTISTA, Ingeniero Agrícola, Magister en Ingeniería Civil, Docente de la Universidad Surcolombiana, por sus valiosos aportes y enseñanzas para la culminación de este proyecto.

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO, Ingeniero Agrícola, Especialista en Riego, Magister en Suelos y Agua, Doctor en Ciencias Agrarias, Docente de la Universidad Surcolombiana, por sus valiosos aportes y enseñanzas para la culminación de este proyecto.

FUNDISPROS e INGENIERÍA DE RIEGOS Y OBRAS CIVILES, por brindarme la dotación, material e intelectual para el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto y afianzar mis conocimientos y forjarme como ingeniero.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	15
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivos Generales .....	16
2.2. Objetivos Específicos .....	16
3. REVISIÓN DE LITERATURA .....	17
3.1. Tipos De Bocatomas .....	19
3.1.1. Toma Lateral Con Muro Transversal .....	19
3.1.2. Bocatomas De Bombeo Flotantes o Deslizantes .....	20
3.1.3. Bocatoma Lateral Por Gravedad .....	21
3.1.4. Bocatoma De Fondo.....	21
3.1.4.1. Muro Derivador.....	22
3.1.4.2. Solera o Solados .....	22
3.1.4.3. Muros Laterales.....	22
3.1.4.4. Rejilla .....	23
3.1.4.5. Canal De Aducción o Conducción .....	23
3.1.4.6. Cámara Recolección .....	23
3.1.4.7. Dentellón o Llave.....	24
3.1.4.8. Rampa De Salida .....	24
3.1.4.9. Muro Disipador De Energía .....	24
3.1.4.10. Tubería De Excesos y Lavado .....	24
3.1.4.11. Muros De Protección .....	25
3.2. Criterios De Diseño Bocatoma.....	27
3.3. Desarenador .....	27
3.3.1. Zonas Conformantes Del Desarenador .....	28
3.3.1.1. Zona 1. Cámara De Aquietamiento .....	28
3.3.1.2. Zona 2. Entrada Al Desarenador .....	28
3.3.1.3. Zona 3. Sedimentación.....	29
3.3.1.4. Zona 4. Salida Del Desarenador.....	29
3.3.1.5. Zona 5. Almacenamiento De Lodos.....	29

3.3.2.	Especificaciones De Diseño Para El Desarenador .....	31
3.3.3.	Especificaciones Generales .....	32
4.	METODOLOGÍA .....	33
4.1.	Revisión De Literatura .....	33
4.2.	Localización Del Proyecto.....	33
4.3.	Recopilación De Información .....	33
4.4.	Trabajo De Oficina.....	33
4.4.1.	Análisis y Procesamiento De La Información.....	33
4.4.2.	Diseño Hidráulico .....	34
4.4.3.	Diseño Estructural .....	38
4.4.4.	Cantidades De Obra.....	40
4.4.5.	Planos De Diseño De Obras.....	40
4.4.6.	Presupuesto General De Obra. ....	40
5.	RESULTADOS.....	41
5.1.	Localización Del Área Del Proyecto .....	41
5.2.	Geología Del Área Del Proyecto .....	43
5.3.	Geología Estructural Regional .....	43
5.4.	Estudio Geotécnico En Suelo .....	44
5.5.	Clasificación Sísmica Del Suelo.....	46
5.5.1.	Bases Generales De Diseño Sísmico Resistente .....	46
5.6.	Levantamiento Topográfico .....	50
5.7.	Componentes Climáticos e Hidrológicos.....	50
5.7.1.	Características Climatológicas.....	50
5.7.2.	Temperatura.....	50
5.7.3.	Precipitación.....	51
5.7.4.	Hidrografía.....	51
5.7.5.	Humedad Relativa .....	51
5.7.6.	Características Fisiográficas.....	52
5.7.7.	Resultados De Caudales Medios y Mínimos.....	52
5.7.8.	Resultados De Caudales Máximos .....	53
5.8.	Sedimentología.....	54

5.8.1.	Recolección Del Material .....	55
5.9.	Diseño De Obras .....	56
5.9.1.	Diseño Hidráulico De La Captación Bocatoma De Fondo Sosque .....	56
5.9.1.1.	Diseño De La Presa. ....	57
5.9.1.2.	Diseño Del Canal De Aducción.....	58
5.9.1.3.	Diseño De La Rejilla y Numero De Orificios.....	59
5.9.1.4.	Diseño Del Vertedero Mayor .....	60
5.9.1.5.	Altura De Los Muros De Contención.....	61
5.9.1.6.	Niveles En El Canal De Aducción .....	61
5.9.1.7.	Diseño De La Cámara De Recolección .....	63
5.9.1.8.	Calculo Del Caudal y Vertedero De Excesos.....	63
5.9.1.9.	Calculo De La Tubería De Aducción.....	65
5.9.1.10.	Calculo De La Tubería De Excesos.....	65
5.9.2.	Diseño Estructural Bocatoma De Fondo Sosque .....	66
5.9.2.1.	Datos De Diseño: .....	66
5.9.2.2.	Materiales.....	67
5.9.2.3.	Dimensionamiento Generales De Los Elementos.....	67
5.9.2.4.	Fuerzas Actuantes En La Bocatoma .....	68
5.9.2.5.	Análisis De Fuerzas Actuantes .....	69
5.9.2.6.	Diseño Estructural Del Muro Derivador.....	72
5.9.2.7.	Diseño Estructural Placa De Fondo 1 .....	77
5.9.2.8.	Diseño Estructural Placa De Fondo 2 .....	80
5.9.2.9.	Diseño Estructural Rampa De Salida.....	83
5.9.2.10.	Diseño Estructural Del Muro Lateral .....	85
5.9.2.11.	Diseño Estructural Muro Disipador De Energía .....	88
5.9.2.12.	Diseño Estructural Dentellón O Llave .....	90
5.9.2.13.	Diseño De La Cámara Derivadora.....	92
5.9.2.14.	Resumen De Refuerzo En La Estructura Bocatoma.....	92
5.9.3.	Diseño Hidráulico Desarenador Soque.....	93
5.9.3.1.	Condiciones De Diseño Del Desarenador .....	93
5.9.3.2.	Cálculos Generales .....	93

5.9.4.	Diseño Estructural Desarenador Sosque.....	102
5.9.4.1.	Datos De Diseño: .....	102
5.9.4.2.	Materiales.....	102
5.9.4.3.	Dimensionamiento Generales De Los Elementos.....	103
5.9.4.4.	Diseño Estructural Placa De Fondo 1 .....	105
5.9.4.5.	Análisis Estático Placa De Fondo 1 .....	105
5.9.4.6.	Diseño Estructural Placa De Fondo 2.....	108
5.9.4.7.	Análisis Estático Placa De Fondo 2 .....	108
5.9.4.8.	Diseño Estructural Muros Longitudinales.....	111
5.9.4.9.	Análisis Estático Muros Longitudinales.....	111
5.9.4.10.	Diseño Estructural Muros Transversal.....	113
5.9.4.11.	Análisis Estático Muros Transversales .....	114
5.9.4.12.	Diseño Estructural Pantallas Deflectoras y De Solidos .....	116
5.9.4.13.	Análisis Estático Pantallas.....	116
5.9.4.14.	Diseño Estructural Cámara De Excesos, Cámara Desagüe y Zonas De Entrada y Salida.....	118
5.9.4.15.	Resumen Del Refuerzo En Desarenador .....	118
5.9.4.16.	Cantidades De Materiales Bocatoma. ....	119
5.9.4.17.	Cantidades De Materiales Desarenador.....	119
5.9.4.18.	Diseño Final Hidráulico Bocatoma Vista Planta y Perfil .....	120
5.9.4.19.	Diseño Final Hidráulico Desarenador, Perfil y Planta .....	121
5.9.4.20.	Diseño Final Estructural Bocatoma .....	122
5.9.4.21.	Diseño Final Estructural Desarenador Perfil y Planta .....	123
5.9.4.22.	Calculo De Longitud De Ganchos .....	124
5.9.4.23.	Longitudes De Desarrollo, Empalmes y Traslapes .....	125
5.10.	Presupuesto General De Obras.....	126
6.	CONCLUSIONES .....	128
7.	RECOMENDACIONES .....	130
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	132

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Formulas empleadas para el diseño hidráulico de bocatoma y desarenador. ....	34
Tabla 2. Formulas empleadas para el diseño estructural de bocatoma y desarenador .....	38
Tabla 3. Cuadro resumen bocatoma.....	50
Tabla 4. Valores de caudales medios y mínimos mensuales multianuales estimados para el sitio en estudio en la quebrada Sosque .....	52
Tabla 5. Resultados generados por el HEC-HMS mediante el método de transformación de lluvia del hidrograma unitario del SCS para la cuenca de la quebrada Sosque para las tres situaciones y diferentes periodos de retorno .....	54
Tabla 6. Resumen de fuerzas actuantes en bocatoma .....	70
Tabla 7. Características generales de las barra a utilizar.....	75
Tabla 8. Distribución del acero principal, retracción y temperatura del muro derivador .....	77
Tabla 9. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en la placa de fondo 1 .....	80
Tabla 10. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en la placa de fondo 2 .....	83
Tabla 11. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en la rampa de salida .....	85
Tabla 12. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en el muro longitudinal .....	87
Tabla 13. Distribución de los aceros principales, estivos confinamiento y luz muro disipador.....	89
Tabla 14. Distribución de los aceros principal, retracción y temperatura dentellón.....	92
Tabla 15. Distribución del acero en la cámara derivadora.....	92
Tabla 16. Distribución del acero principal, retracción y temperatura de la bocatoma .....	92
Tabla 17. Condiciones de diseño desarenador quebrada Sosque .....	93
Tabla 18. Relación entre diámetro de partículas y velocidad de sedimentación....	94
Tabla 19. Relación de $a/t$ .....	96
Tabla 20. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en placa fondo 1 .....	108
Tabla 21. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en placa fondo 2 .....	111
Tabla 22. Distribución del acero principal, retracción y temperatura muro longitudinal .....	113
Tabla 23. Distribución del acero principal muro transversal .....	116
Tabla 24. Distribución del acero principal pantallas .....	117

Tabla 25. Distribución del acero principal, retracción y temperatura cámara de excesos, cámara desagüe y zonas de entrada y salida .....	118
Tabla 26. Distribución del acero principal, retracción y temperatura del desarenador .....	118
Tabla 27. Cantidades de materiales bocatoma .....	119
Tabla 28. Cantidades de materiales Desarenador .....	119
Tabla 29. Presupuesto detallado de obra bocatoma .....	126
Tabla 30. Presupuesto detallado de obra desarenador .....	127

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Captación en corrientes superficiales, bocatoma en rectas y curvas....	19
Figura 2. Bocatoma con muro transversal .....	20
Figura 3. Bocatoma lateral con bombeo, planta y corte transversal .....	20
Figura 4. Bocatoma lateral en gravedad, planta y corte .....	21
Figura 5. Bocatoma de fondo (planta) .....	25
Figura 6. Bocatoma fondo (corte longitudinal).....	26
Figura 7. Bocatoma de fondo (corte transversal) .....	26
Figura 8. Planta y corte longitudinal del desarenador (2 pendientes) .....	30
Figura 9. Planta y corte longitudinal del desarenador (1 pendiente).....	30
Figura 10. Localización del municipio de Tasco.....	42
Figura 11. Plano del trayecto Tasco-Vda. Calle Arriba.....	43
Figura 12. Resumen ensayos de laboratorio bocatoma Sosque .....	45
Figura 13. Resumen ensayos de laboratorio desarenador Sosque.....	45
Figura 14. Clasificación amenaza sísmica del suelo del área del proyecto .....	47
Figura 15. Valores de Aa y Av según las regiones .....	48
Figura 16. Niveles amenaza sísmica valores Aa y Av .....	48
Figura 17. Sitio de captación quebrada Sosque.....	57
Figura 18. Captación a través de la rejilla al canal de aducción .....	58
Figura 19. Perfil del canal de aducción .....	62
Figura 20. Fuerzas actuantes en la bocatoma de fondo .....	66
Figura 22. Fuerzas actuantes en la bocatoma. ....	68
Figura 22. Diseño estructural bocatoma. fuerzas actuantes muro derivador. ....	72
Figura 23. Dimensiones del muro derivador.....	72
Figura 24. Recubrimiento del acero 0.05 m. ....	73
Figura 25. Esfuerzos en la estructura .....	73
Figura 26. Análisis estático muro derivador. ....	74
Figura 27. Fuerzas actuantes en placa de fondo 1 .....	77
Figura 28. Dimensiones de la placa de fondo 1 .....	78
Figura 29. Análisis estático de la placa de fondo anterior. ....	78



Figura 30. Fuerzas actuantes placa de fondo 2. ....	80
Figura 31. Dimensiones del elemento de la placa de fondo 2. ....	81
Figura 32. Análisis estático de la placa de fondo 2. ....	82
Figura 34. Rampa de salida. ....	83
Figura 35. Distribución del acero en la rampa de salida. ....	84
Figura 35. Vista en planta muro lateral ....	85
Figura 36. Dimensiones muro lateral ....	85
Figura 40. Fuerzas actuantes en el muro longitudinal ....	86
Figura 38. Dimensiones del muro dissipador de energía ....	88
Figura 39. Análisis estático muro dissipador de energía ....	88
Figura 40. Longitud de confinamiento y sección del muro dissipador ....	90
Figura 41. Dimensiones del dentellón ....	90
Figura 42. Dimensiones placa de fondo 1 ....	104
Figura 43. Dimensiones placa de fondo 2. ....	104
Figura 44. Dimensiones muro longitudinal ....	104
Figura 45. Dimensiones muro Transversal ....	105
Figura 46. Casos de carga y condiciones de borde, placa de fondo. ....	106
Figura 47. Momentos negativos en los bordes placa fondo 1 ....	106
Figura 48. Momentos positivos por carga muerta y viva ....	107
Figura 49. Casos de carga y condiciones de borde, placa de fondo2. ....	109
Figura 50. Momentos negativos en los bordes placa fondo 2 ....	110
Figura 51. Momentos positivos por carga muerta y viva placa 2 ....	110
Figura 52. Fuerzas actuantes en muro longitudinal. ....	112
Figura 53. Fuerzas actuantes en muro transversal ....	115
Figura 54. Diámetros mínimos de doblado. ....	124
Figura 55. Tipos de ganchos ....	124

## RESUMEN

Una de las principales problemáticas a nivel mundial ha sido el mejoramiento de las prácticas de gestión del agua, su uso en la agricultura y el medio rural, encaminada a la preservación del recurso hídrico, garantizando un control adecuado y sostenible. El riego, dentro de este amplio marco de gestión de los recursos hídricos, constituye en la mayor parte de los países de la región el principal usuario del agua<sup>1</sup>.

Es por eso que el futuro del ingeniero agrícola se encuentra enmarcado en la generación de servicios direccionados a la comunidad, con el propósito de fomentar soluciones técnicas, prácticas y científicas enfocadas en la planeación, el diseño y la construcción de proyectos que cumplan con los estándares de calidad exigidos por las entidades evaluadoras, satisfaciendo las necesidades de la sociedad; produciendo ambientes sostenibles, mejoramiento de la calidad de vida, conservación de los recursos naturales, estableciendo lineamientos y criterios de diseño para la obtención de estructuras en condiciones hidráulicas-estructurales, aplicadas a infraestructuras de riego, como lo son las obras de captación bocatoma y desarenador.

Por lo tanto este proyecto se centra en el proceso metodológico para el cálculo, diseño hidráulico y análisis estructural de obras hidráulicas bocatoma y desarenador para el distrito de riego a pequeña escala de la vereda Calle Arriba Asocallearriba municipio Tasco, departamento Boyacá.

El proyecto de riego a pequeña escala Asocallearriba tiene un área de riego de 164.720 ha que benefician a 167 familias e igual número de usuarios. Para satisfacer la demanda hídrica requerida y con la poca disponibilidad de este recurso, se contempla la captación de las Quebrada Negra y Sosque, de tal forma se presenta el diseño de una bocatoma y un desarenador. Tomando una captación a ejemplo para el desarrollo del proceso metodológico.

La captación seleccionada para el desarrollo del presente trabajo es la quebrada Sosque la cual se localizará en el costado derecho (aguas abajo) y se proyecta una estructura de captación tipo Bocatoma de fondo con una contracción del lado derecho aguas debajo de la quebrada y ubicada en las coordenada este:

---

<sup>1</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, informes sobre temas hídricos (2000). «El riego en América Latina y el Caribe/Irrigation in Latin America and the Caribbean» págs. pp. 1-3.

1147695.3755 y norte: 1143644.9723 con cota: 3178.638 m y un requerimiento hídrico por concesionar de 55 lps.

Para el desarrollo de las obras propuestas en este distrito de riego, se necesitaron diversos estudios básicos que son de utilidad para el análisis, diseño hidráulico y estructural que a continuación se mencionan; estudio de comprobación de suelos, topografía, análisis básico hidrológico de la fuente de abastecimiento, análisis climatológico, estudios de geotécnica, estudios de sedimentología.

Cumpliendo con los objetivos establecidos, se presenta el resultado de cada uno de los estudios realizados, recopilando los datos necesario para desarrollar el proceso metodológico del diseño hidráulico y estructural para las obras proyectadas pertenecientes al distrito de riego, Así mismo la producción de planos y los costos presupuestales de las obras civiles, resaltando que se reflejaran costos parciales del costo total del proyecto ,ya que este trabajo tiene como objetivo la implementación de un proceso metodológico para el cálculo y diseño hidráulico y estructural de bocatoma y desarenador.

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene algunos procesos metodológicos para el cálculo, análisis y diseño de obras hidráulicas para proyectos de riego a pequeña escala.

Una de los objetivos buscados, es que los procesos metodológicos descritos en este proyecto puedan ser constituidos como herramientas fundamentales para conocer criterios de diseños que sirvan de base para orientar, mejorar y encaminar a estudiantes y profesionales enfocados en el desarrollo de proyectos que incluyan infraestructura para riego.

La experiencia ha demostrado que durante el proceso de análisis, predimensionamiento, cálculo, diseño y ejecución de proyectos de riego a pequeña escala, uno de los componentes que más influyen a la hora de declarar factible o no un proyectos son las obras hidráulicas, ya que generalmente pueden constituir un 20% o 30% de la inversión total necesaria para la puesta en servicio, no obstante cabe mencionar los posibles desfases o sobrediseños que se puedan generar por el mal uso de la información e implementación de las herramientas básicas para los diseños.

Dentro de la concepción que se tiene de obras hidráulicas para la implementación de proyectos de riego, se pueden encontrar innumerables estructuras que pueden cumplir características específicas o similares, pero que requieren de un análisis individualizado y preciso, para las estructuras que desarrollaremos como los son bocatoma y desarenador, se tienen en cuenta cinco componentes básicos que son análisis y recopilación de la información, topografía, análisis climatológico, geotécnia y diseño de obras, cuyo tratamiento, desarrollo y concepción deben mantener una estrecha relación durante el proceso de prediseño y diseño detallado definitivo.

El departamento de Boyacá y según lo establecido por la Secretaria de Agricultura, presenta un potencial de actividad económica agrícola del 2.2% igual a 29.000 ha de las cuales solo un 22% presenta riego.

Siendo consecuentes con lo mencionado anteriormente, en el departamento de Boyacá específicamente en el municipio de Tasco surge la necesidad de la creación de un distrito de riego para adelantar actividades agrícolas razón por la cual en el presente proyecto de grado se presenta el diseño hidráulico y estructural para el Distrito de Riego de Pequeña Escala de la vereda Calle Arriba. "Asocallearriba", con el que se busca beneficiar a 167 familias de vocación agrícola con un área de 164.720 Ha. De manera precisa se exponen normas, recomendaciones, procedimientos y memorias de cálculos, planos detallados y costos de obra.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivos Generales**

- ✓ Realizar e implementar un proceso metodológico para el cálculo, diseño hidráulico y análisis estructural de obras hidráulicas bocatoma y desarenador para el distrito de riego a pequeña escala de la vereda Calle Arriba “Asocallearriba” municipio Tasco departamento de Boyacá.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar y establecer los parámetros básicos necesarios para desarrollar diseños hidráulicos y estructurales para obras bocatoma y desarenador en proyectos de riego.
- ✓ Implementar las normas vigentes colombianas para el cálculo hidráulico y diseño estructural de las obras bocatoma y desarenador.
- ✓ Suministrar un diseño hidráulico y estructural de bocatoma y desarenador al distrito de riego a pequeña escala Asocallearriba municipio de Tasco, departamento Boyacá.
- ✓ Realizar los planos hidráulicos y estructurales de bocatoma, desarenador con detalles constructivos, y despieces de hierros.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

Una de las grandes inquietudes que desde los principios de la humanidad y las civilizaciones han tenido es proveer y suministrar el recurso hídrico en cantidades adecuadas a sus aldeas o ciudades, sin embargo esta necesidad lo ha llevado a generar soluciones de abastecimiento locales para adquirir el agua desde fuentes lejanas.

Los abastecimientos locales forman parte de conjunto de elementos que permiten la captación, pero con frecuencia eran inadecuados porque no lograban satisfacer la demanda actual, estos sistemas de abastecimiento permitían que unos pocos alcanzaran a gozar de estos beneficios, lo que lo hacía inadecuado ya que era imposible abastecer a los usuarios de manera individual.

Hasta mediados del siglo XVII no se disponían de tuberías que pudieran soportar grandes presiones, ni mucho menos obras de infraestructura adecuadas para riego, era muy común ver sistemas ornamentales utilizando materiales locales, madera, arcilla, plomo. Con la aparición y el desarrollo de la tubería en hierro fundido y el mejoramiento de las bombas de vapor muchas comunidades pequeñas contaron con abastecimientos de agua que permitieron llevarla a cada una de sus residencias.

Con el paso de los años estas técnicas de captación se han mejorado y optimizado, generando mecanismos apropiados para el buen uso del recurso hídrico, conjuntamente con la formulación, análisis y diseños hidráulicos y estructurales de obras para riego como lo son bocatoma y desarenador.

La forma de captar agua de una corriente superficial está sujeta a grandes variaciones en flujo, calidad, temperatura, materiales y localización, es por eso que las estructuras de captación deben estar diseñadas para que el volumen de agua a captar requerido pueda ser usado a pesar de estas fluctuaciones naturales ya sea en tiempos de sequía o durante avenidas en niveles de agua máximos.

Actualmente se utilizan mecanismo para acceder a la utilización del recurso natural que según las políticas establecidas en cada nación, pueden variar unas de otras, dependiendo del propósito o el fin que se pretenda alcanzar y dar al uso del agua, en Colombia una de las entidades encargadas de suministrar y direccionar las políticas ambientales y uso de los recursos es el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), uno de esos mecanismos implementados para abastecer y suministrar el recurso hídrico es la creación de distritos de riego. La ley 41 de 1993 define en su artículo 4 a un distrito de riego como “La delimitación del área de

influencia de obras de infraestructura destinadas a dotar un área determinada con riego”<sup>2</sup>.

El (MADR) ha realizado una clasificación de los distritos de riego según su tamaño tal y como se muestra a continuación:

- Pequeña Escala: Distrito con áreas que van hasta las 500 hectáreas.
- Mediana Escala: Distritos que oscilan entre las 501 y 5000 hectáreas.
- Gran Escala: Distritos que cuentan con áreas que van más allá de las 5.000 hectáreas

Para llevar a cabo el proyecto de una obra de toma en forma satisfactoria, es necesario considerar los aspectos hidráulicos de manera cuidadosa definiendo para la ubicación seleccionada los siguientes aspectos: variación de niveles de agua, corrientes locales, patrones de deposición y de socavación de sedimentos, variación espacio-temporales en la calidad del agua, y cantidad de desechos flotantes.<sup>3</sup>.

Todos los aspectos mencionados anteriormente y otros factores permiten encontrar el tipo de obra de toma a implementar en los distritos de riego.

En los proyectos de riego existen diferentes tipos de obras hidráulicas y estructurales y con el fin de hacer un buen uso de ellas es necesario conocer cómo operan cada una de ellas, que elementos la conforman, que funciones cumple dentro del distrito, y que parámetros son fundamentales a la hora de realizar un análisis y diseño de estos tipos de estructuras.

También cabe mencionar que la información geotécnica del sitio del proyecto demarca un espacio preliminar de ubicación de las estructuras, conociendo así posible zonas de fallas y deslizamientos que puedan afectar la vida útil y operación de las estructuras bocatoma y desarenador.

Las obras de captación deben localizarse en zonas donde el suelo sea estable, resistente a la erosión, procurando que la captación se haga en un sector recto del cauce. En caso de necesitarse la captación en una curva, aquella debe ubicarse en la parte exterior de la curva, tomando las debidas medidas de protección de la obra, como por ejemplo muros de contención aguas arriba y aguas abajo de

---

<sup>2</sup> Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)

<sup>3</sup> TERENCE J, Mcghee. Abastecimiento de agua y alcantarillado ingeniería ambiental. Bogotá.2001. 6 ed. P 2,112.

la bocatoma. <sup>4</sup>.En la clasificación de tipos de obras de captación Bocatomas se encuentran:

### 3.1. Tipos De Bocatomas

#### 3.1.1. Toma Lateral Con Muro Transversal

Este tipo de captación es muy utilizado principalmente en fuentes relativamente pequeñas, en donde la profundidad del cauce no es muy grande.

Una desventaja de dicho tipo de bocatomas es que cuando la corriente arrastra mucho material en la época de lluvias, éste se deposita en el pie del muro transversal, llegando a tapar completamente la rejilla y el desagüe.

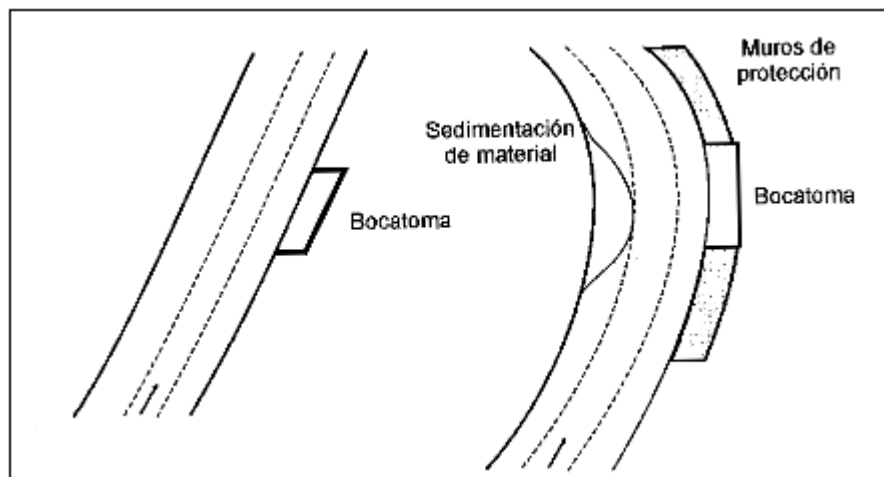


Figura 1. Captación en corrientes superficiales, bocatomas en rectas y curvas

Fuente: (Lopez, 1995)

Para asegurar un nivel máximo de las aguas, se debe proyectar un muro normal o inclinado con respecto a la dirección de la corriente, consiguiendo proteger y acondicionar la entrada del agua al conducto e impedir la entrada de materiales inestables. <sup>5</sup>.

<sup>4</sup> LOPEZ C, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueducto y alcantarillado. Bogotá.1995.2 ed. P 87.

<sup>5</sup> CORCHO & DUQUE, Freddy & José. Acueductos teoría y diseño. Medellín.1993. 1 ed. P 2,42.



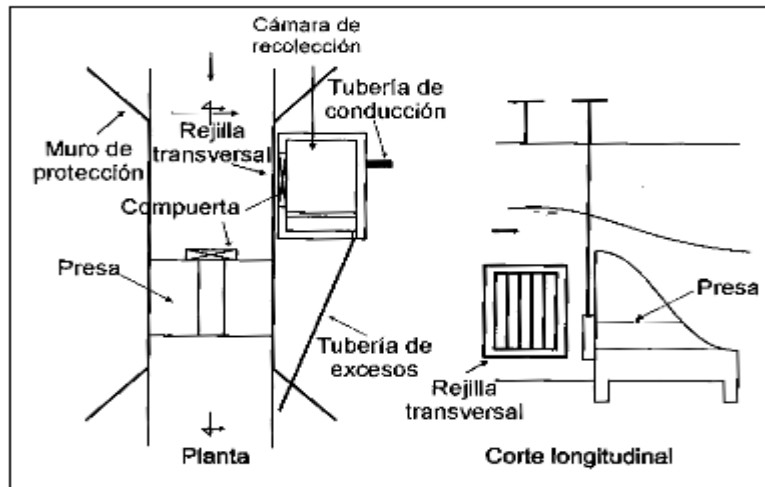


Figura 2. Bocatoma con muro transversal

Fuente: (Lopez, 1995)

### 3.1.2. Bocatomas De Bombeo Flotantes o Deslizantes

Se emplea para ríos con caudales grandes y de una sección relativamente ancha. Como se muestra en la figura 3, el número mínimo de bombas es dos, de manera que una de ellas está en reserva. La rejilla tiene por objeto evitar el paso de elementos grandes que puedan llegar a obstruir la entrada al pozo de succión o la misma coladera de la tubería de succión. Se le debe dar protección al talud mediante muros de contención.

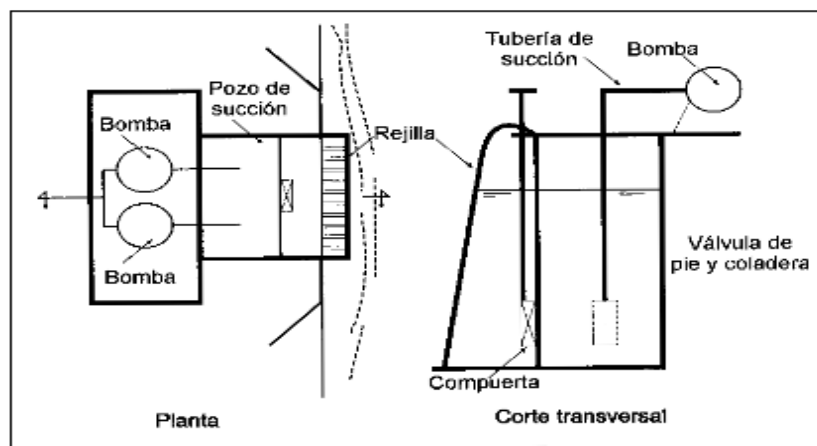


Figura 3. Bocatoma lateral con bombeo, planta y corte transversal

Fuente: (Lopez, 1995)

### 3.1.3. Bocatoma Lateral Por Gravedad

Cuando el ancho del río es muy grande y el lecho no es muy estable, se hace una canalización de éste.

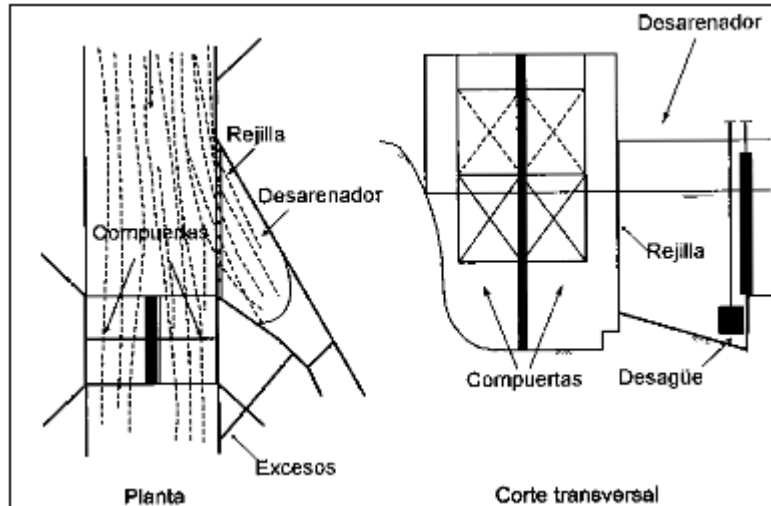


Figura 4. Bocatoma lateral en gravedad, planta y corte

Fuente: (Lopez, 1995)

Considerando que para el distrito de riego se pretende diseñar una captación tipo bocatoma de fondo, se centrara con mayor detalle en este tipo de bocatoma.

### 3.1.4. Bocatoma De Fondo

La bocatoma de fondo como su nombre lo indica presenta una rejilla localizada en la parte superior de una presa, que a su vez se dirige en sentido normal de la corriente<sup>6</sup>., este tipo es muy común en ríos o quebradas de secciones relativamente pequeñas y su ancho puede ser igual o menor que el ancho de la fuente.

Una de las desventajas de este tipo de bocatoma, es la utilización en fuentes que presentes arreste continuo de sedimentos o material conglomerado, ya que el canal que suministra el caudal captado puede ser obstruido, pues este está en contacto

<sup>6</sup> LOPEZ C, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueducto y alcantarillado. Bogotá.1995.2 ed. P 94.

directo con el fondo del río, y en épocas de precipitaciones muy elevada, podría ocasionar que el sistema no funcione de la manera más adecuada.

Las partes integrantes de una bocatoma de fondo son:

#### **3.1.4.1. Muro Derivador**

También conocido como muro dique o azud, es una estructura de derivación que sirve para elevar el nivel de las aguas, a la vez cumple la función de captar el caudal de diseño direccionándolo hacia la rejilla y dejar escapar el agua excedente que no debe ingresar al sistema.

Se conocen también como presa vertedora, porque se construye en sentido transversal al río, levantando de este modo el nivel del agua, y vertedora porque deja pasar el agua no derivada. Esta estructura es empleada en sitios donde el caudal es pequeño. También debe tenerse en cuenta que las descargas del vertedor no erosionen ni socaven el talón aguas abajo. Generalmente son construidos en concreto y pueden ser anclados a roca dependiendo del relieve presente en la zona de ubicación de la bocatoma.

#### **3.1.4.2. Solera o Solados**

Este tipo de estructura se ubica aguas arriba y aguas abajo del muro derivador. Su principal función es proteger la bocatoma de la erosión. Se trata de una losa o piso a desnivel, el cual puede ser construido en concreto o roca. También permite que se forme un pozo o tolva de sedimentación donde se depositarían los materiales en suspensión.

#### **3.1.4.3. Muros Laterales**

Son estructuras que se construyen a los costados de la bocatoma, su principal función es conducir el agua a la zona de rejilla para su captación, además cumple con la protección de los taludes, pueden ser construidos en concreto reforzado o concreto ciclópeo y su dimensionamiento depende de los análisis de estabilidad. Cabe mencionar que deben ser capaces de contener la lámina de agua en época de lluvias o caudales máximos, evitando así los desbordamientos.

#### **3.1.4.4. Rejilla**

Es una estructura metálica, que puede ser construida con barras de 1/2, 3/4, 1", separadas cada diez o cinco centímetros. Su principal función es recibir el caudal de diseño y proteger el canal de recolección de los materiales de arrastre que puedan crear taponamiento en el sistema de aducción. Esta rejilla se encuentra en la parte superior del canal de recolección, el dimensionamiento depender del caudal a captar, pero su longitud puede ser menor que la longitud del muro derivador.

De acuerdo a (López, 1995) Las condiciones mínimas de su dimensionamiento para la operación deben ser ancho mínimo de 40 centímetros y largo mínimo de 70 centímetros, garantizando la facilidad a la hora de limpieza y mantenimiento.<sup>7</sup>.

#### **3.1.4.5. Canal De Aducción o Conducción**

Esta estructura puede ser rectangular o cuadrada con muros en concreto reforzado, recibe el agua a través de la rejilla y la entrega a la cámara de recolección, posee una pendiente entre el 1% y 14%, con el fin de dar una velocidad mínima adecuada para mantenimiento.

#### **3.1.4.6. Cámara Recolección**

Es una estructura construida en concreto reforzado, puede ser cuadrada o rectangular, puede ser anclada a roca, dependiendo de la ubicación y el relieve presente en la zona de captación, los muros pueden tener la misma altura de los muros laterales, en su interior presenta un vertedero de excesos, el cual entrega el agua a una tubería de excesos, que regresa al cauce natural y el resto de agua captada ingresara a la tubería del sistema.

Para efectos de operación y mantenimiento esta estructura debe contener tapas de acceso con un dimensionamiento no superior a los 70 kg, y la implementación de escalera tipo gato, para permitir el ingreso del personal. Puede revestirse con impermeabilizante para evitar filtraciones.

---

<sup>7</sup> LOPEZ C, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueducto y alcantarillado. Bogotá.1995.2 ed. P 96.

#### **3.1.4.7. Dentellón o Llave**

Es un tipo de estructura que puede ser construida en concreto ciclópeo o concreto reforzado, su principal función es servir de anclaje y sujeción al suelo, para evitar efectos de deslizamiento, volcamiento, producidas por los empujes de las fuerzas presentes en la bocatoma, su dimensionamiento dependerá de los estudios de estabilidad.

#### **3.1.4.8. Rampa De Salida**

Es una estructura construida en concreto ciclópeo y concreto reforzado, ubicado después del muro dique, su principal función permitir el paso del agua de exceso no captada por la rejilla, evitando que la caída directa del agua al momento de elevar los niveles dentro de la bocatoma no produzca socavación en la losa de fondo.

#### **3.1.4.9. Muro Disipador De Energía**

Para evitar la socavación de la bocatoma aguas abajo, se instala un muro disipador de energía, el cual disminuye la velocidad del flujo en el momento de continuar el sentido de flujo natural, puede ser cuadrada tipo viga, su ubicación se encuentra después de la rampa de salida.

#### **3.1.4.10. Tubería De Excesos y Lavado**

Para permitir la limpieza y el mantenimiento de la bocatoma, es necesario instalar tuberías de PVC para el lavado de la presa, se colocan longitudinalmente en el sentido del flujo y puede atravesar toda la bocatoma, además de la limpieza es importante mencionar que al momento de captar el agua, el ingreso de la misma puede ser mayor al requerido y para evitar que se desperdicie se instala una tubería de excesos la cual permite el caudal sobrante no requerido, regrese a la fuente de abastecimiento. El dimensionamiento del diámetro a utilizar dependerá del diseño hidráulico y la velocidad con que se desee evacuar los excesos y los sedimentos.

### 3.1.4.11. Muros De Protección

Para evitar que la estructura bocatoma sea afectada por derrumbes o deslizamientos de tierra generados por altas pendientes o zonas inestables a su alrededor, es necesario considerar la construcción de muros de protección o muros de contención generando la estabilidad en taludes y protegiendo la obra de taponamiento.

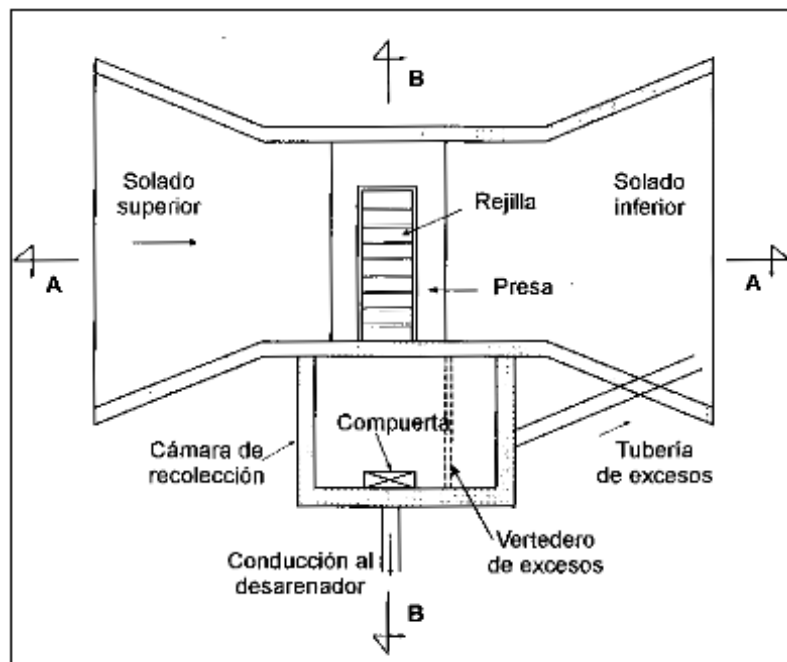
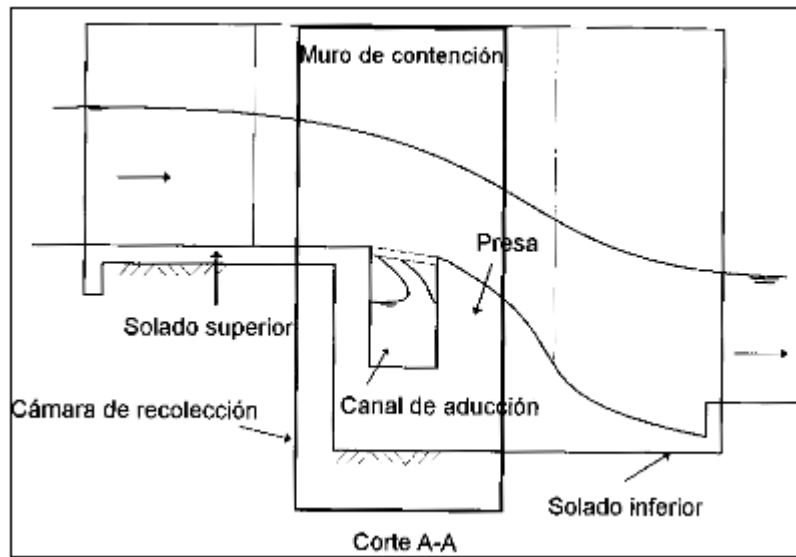


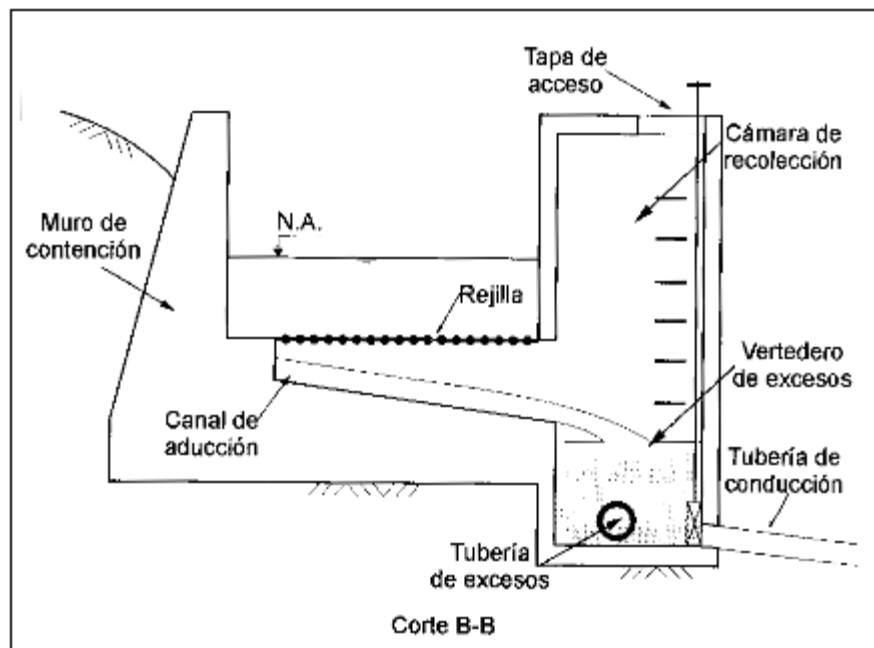
Figura 5. Bocatoma de fondo (planta)

Fuente: (Lopez, 1995)



**Figura 6. Bocatoma fondo (corte longitudinal)**

Fuente: (Lopez, 1995)



**Figura 7. Bocatoma de fondo (corte transversal)**

Fuente: (Lopez, 1995)

### 3.2. Criterios De Diseño Bocatoma

- **Periodo de diseño:** En el momento del diseño de las obras de captación se debe considerar un periodo de vida útil de las estructuras, que no es más que un tiempo estimado de durabilidad, diversos autores recomiendan un periodo de duración entre 25 y 50 años, garantizando que los costos de ejecución y construcción de la estructura de captación no sean tan elevadas.
- **Caudal de diseño:** Es el caudal requerido o considerado a captar, autores como (Corcho & Duque, 1993) y (Materon, 1997) recomiendan que el valor del caudal necesario o requerido sea mayorado con un factor de seguridad de 3, aplicables para construcción de acueductos e hidroeléctricas. Para los distritos de riego se utiliza un factor de mayoración del doble del caudal requerido. Estos datos son suministrados por el estudio de climatología e hidrología, en donde se dejan en evidencia los caudales máximos, medios y mínimos de la fuente de abastecimiento.
- **Estudios geotécnicos:** Para el análisis y dimensionamiento de la estructura es necesario, conocer las características geotécnicas de la zona de estudio, es por eso que se deben realizar sondeos en los puntos de ubicación de estas estructuras, para garantizar que el terreno sea capaz de soportar y permitir la construcción. Dentro de los datos obtenidos de este estudio se encuentra la capacidad portante del suelo, perfiles estratigráficos, ángulos de fricción interna del suelo, propiedades físico-mecánicas del suelo, y recomendaciones de cimentación. Permitiendo los análisis de estabilidad y diseño estructurales.
- **Especificaciones de los materiales:** Es importante conocer las especificaciones de los materiales presentes en la zona de construcción de la bocatoma, pesos específicos, diámetro de partículas, y materiales a implementar, resistencia del concreto, resistencia de acero, ángulos, y accesorios

### 3.3. Desarenador

Un desarenador es una obra hidráulica, tipo tanque construido en concreto reforzado. Su principal función es remover partículas en suspensión de ciertos tamaños que la captación superficial permite pasar, esta remoción se realiza por medio de la sedimentación y la acción de la gravedad.



Esta acción hace que se le catalogue al desarenador como una de los tratamientos primario, su ubicación es muy importante y se debe situar lo más cercano posible de la bocatoma, con el fin de evitar obstrucciones en la línea de aducción.<sup>8</sup>

Los factores que se deben considerar para el diseño y un buen proceso de desarenación son: temperatura y viscosidad del agua, tamaño, forma y porcentaje de remoción de la partícula, eficiencia de la pantalla deflectora.<sup>9</sup>

Las pendientes establecidas en el diseño del desarenador permitirán la facilidad de la limpieza para el transporte de sedimentos hasta la zona de salida.

Un desarenador está dividido y conformado por varias zonas que se mencionan a continuación:

### **3.3.1. Zonas Conformantes Del Desarenador**

#### **3.3.1.1. Zona 1. Cámara De Aquietamiento**

Es una zona que permite la disipación del exceso de energía de la velocidad en la tubería de llegada, gracias a la ampliación de la sección. El paso del agua al siguiente zona se puede realizar por medio de un canal de repartición y la implementación de una pantalla de orificios, además cuenta con una cámara de excesos para retirar el agua sobrante mediante una tubería que puede unirse con la de lavado de la zona de almacenamiento de lodos, estos excesos son vertidos a la fuente de abastecimiento. Cabe mencionar que la presión entrante del sistema en esta zona cae o se disminuye a cero, ya que el desarenador se comporta como una cámara de quiebre de presión.

#### **3.3.1.2. Zona 2. Entrada Al Desarenador**

Constituido entre la cámara de aquietamiento y una cortina o pantalla deflectora, es aquí donde empieza el proceso de sedimentación de las partículas en suspensión, en esta zona se decantan las partículas más gruesas.

---

<sup>8</sup> CORCHO & DUQUE, Freddy & José. Acueductos teoría y diseño. Medellín.1993. 1 ed. P 2,183.

<sup>9</sup> LOPEZ C, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueducto y alcantarillado. Bogotá.1995.2 ed. P 96.

### **3.3.1.3. Zona 3. Sedimentación**

En esta zona se sedimentan todas las partículas restantes presentes, partículas de menor tamaño como limos y arcilla, en esta zona se puede evidenciar la altura útil de sedimentación del desarenador.

### **3.3.1.4. Zona 4. Salida Del Desarenador**

Constituidas por una pantalla sumergida, el vertedero de salida y canal recolector.

Esta zona debe estar completamente tapada, con el fin de evitar la contaminación exterior y puede contener una regla mira en la parte del vertedero para garantizar el caudal requerido en el diseño.

### **3.3.1.5. Zona 5. Almacenamiento De Lodos**

Es la zona donde se almacena el material sedimentado y comprende el volumen entre la cota de la profundidad útil de sedimentación y la cota de fondo del tanque. El fondo del desarenador posee pendientes longitudinales y transversales, el fondo puede contener una o dos tolvas de lodos y, una o dos pendientes longitudinales dependiendo del criterio del diseñador pero que dirigen el material hacia la tubería de lavado para garantizar la evacuación, mantenimiento y limpieza.

Otro de los elementos conformantes del desarenador es la colocación de una placa superior, que tapa todas las zonas, es utilizada para evitar la caída de materiales externos, o derrumbes presentes en la zona, permitiendo su operación normal, sirviendo también de protección en contra de la utilización del tanque como un lugar de baño y recreación.

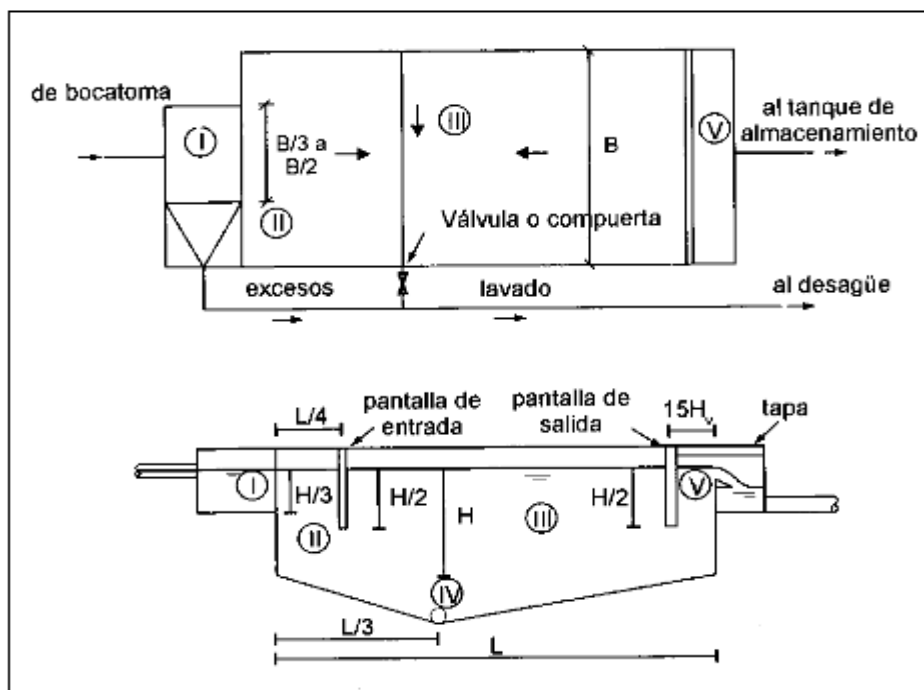


Figura 8. Planta y corte longitudinal del desarenador (2 pendientes)

Fuente: (Lopez, 1995)

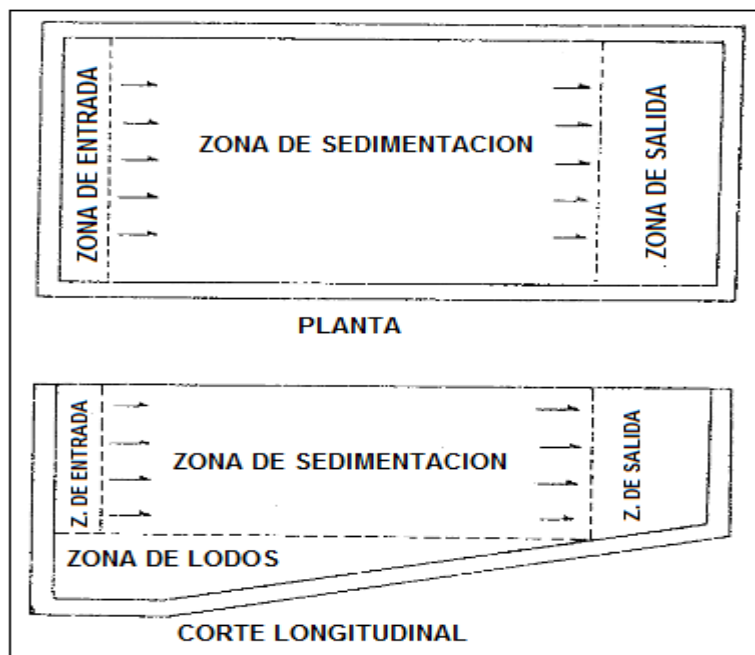


Figura 9. Planta y corte longitudinal del desarenador (1 pendiente)

Fuente: (Corcho & Duque, 1993)

### 3.3.2. Especificaciones De Diseño Para El Desarenador

Dentro del criterio de diseño que se deben considerar:

- **Periodo de diseño:** Se puede considerar el mismo periodo que el de que se consideró en la bocatoma, es óptimo la creación de dos módulos dentro del desarenador con el fin de realizar mantenimiento a uno mientras el otro está en operación.
- **Caudal de diseño:** El caudal de diseño es el requerido por el distrito de riego según el área a beneficiar y el módulo de riego derivado de los requerimientos hídricos.
- **Paso directo:** se recomienda durante el diseño del desarenador considerar una tubería de paso directo reconocida comúnmente como bypass con el fin de no interrumpir el suministro de agua al distrito en caso de alguna emergencia, o cuando se están realizando labores de mantenimiento y rehabilitación en la obra.
- **Relación longitud ancho:** Es preferiblemente contar con un desarenador rectangular, por tanto autores como (Lopez, 1995) recomiendan una relación longitud a ancho (L/B) entre 3/1 y 5/1, y otros como (Corcho & Duque, 1993) recomiendan relaciones (L/B= 4).
- **Diámetro de la partícula:** (Corcho & Duque, 1993) definen la partícula crítica como aquella que tiene una velocidad de sedimentación tal que si se encuentra a ras con la superficie libre al pasar de la zona de entrada a la zona de sedimentación, llegará al fondo del tanque justo cuando la masa de agua que la transporta pasa de la zona de sedimentación a la zona de salida.
- **Estudios geotécnicos:** Para el análisis y dimensionamiento de la estructura es necesario, conocer las características geotécnicas de la zona de estudio, es por eso que se deben realizar sondeos en los puntos de ubicación de estas estructuras, para garantizar que el terreno sea capaz de soportar y permitir la construcción. Dentro de los datos obtenidos de este estudio se encuentra la capacidad portante del suelo, perfiles estratigráficos, ángulos de fricción interna del suelo, propiedades físico-mecánicas del suelo, y recomendaciones de cimentación. Permitiendo los análisis de estabilidad y diseño estructurales.

- **Especificaciones de los materiales:** Es importante conocer las especificaciones de los materiales presentes en la zona construcción del desarenador, pesos específicos, diámetro de partículas, y materiales a implementar, resistencia del concreto, resistencia de acero, ángulos, y accesorios implementados para su operación y funcionamiento.

### 3.3.3. Especificaciones Generales

Para el diseño y análisis estructural de las obras de captación bocatoma y desarenador es importante considerar los reglamentos y normas vigentes para garantizar la integridad de la estructura. En el proceso de selección, tipo de estructura y consideraciones de criterios para el proceso metodológico para el análisis hidráulico y estructural en obras hidráulicas se deben indagar y consultar las siguientes normatividades y reglamentos.

- Conceptos básicos para la optimización de un acueducto basados en el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, (RAS 2000).
- NSR-10, Norma Sismo-Resistente Colombiana.
- Código Colombiano De Puentes 1995
- Normas ASTM (American Society for Testing and Materials). (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)
- Normas ACI-ASME American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).
- Instituto Americano Para Construcción En Acero (AISC).
- Instituto Colombiano De Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC.
- Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica – AIS.
- American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).
- Metodologías utilizadas por autores como López (1995), (Corcho & Duque, 1993) y (Materon, 1997)

## **4. METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del presente proyecto se llevó a cabo la metodología descrita a continuación:

### **4.1. Revisión De Literatura**

Adquisición de información, sobre proyectos de distritos de riego, implementación de un distrito de riego en el departamento de Boyacá, municipio de Tasco, consulta de parámetros y lineamientos de diseño hidráulico y estructural para la ejecución y construcción de obras de captación bocatoma y desarenador, así mismo las normatividades y reglamentos establecidos para este tipo de estructuras.

### **4.2. Localización Del Proyecto**

Identificación del área del proyecto, conocimiento de características y condiciones generales del área de estudio, fuentes de abastecimiento para la captación, y ubicación de las obras bocatoma y desarenador a implementar y diseñar.

### **4.3. Recopilación De Información**

Esta etapa del desarrollo del proyecto cumple un papel importante para el análisis, diseño hidráulico y estructural de las obras propuestas, ya que se definen los parámetros y condiciones reportadas por los estudios realizados en campo y laboratorio que permiten obtener información básica del área del proyecto.

### **4.4. Trabajo De Oficina**

#### **4.4.1. Análisis y Procesamiento De La Información.**

Procesamiento y selección de la información recopilada, de los estudios básicos, topografía, hidrología, climatología, sedimentología, geotécnica, para la implementación en los diseños hidráulicos y estructurales de la bocatoma y desarenador.

#### 4.4.2. Diseño Hidráulico

Se realiza las memorias de cálculo del diseño hidráulico de la captación y el desarenador, basados en los resultados obtenidos de los estudios básicos previos topografía, hidrología, climatología, sedimentología, geotécnica, aplicando las metodologías más apropiadas para generar un diseño confiable, además utilizando software y hojas de cálculo programadas para la compilación de resultados.

Para facilitar la comprensión del diseño hidráulico de la bocatoma se presentan a continuación las ecuaciones utilizadas.

**Tabla 1. Formulas empleadas para el diseño hidráulico de bocatoma y desarenador.**

Ecuación	Parámetro	Formula	Variables
1	Caudal de diseño	$Qd = 1.2 \times Q_{\text{distrito}}$	$Q_{\text{distrito}}$ =caudal distrito (l/s) $Qd$ =caudal de diseño (l/s)
2	Ecuación de Francis vertederos	$Q = 1.84 L H^{\frac{3}{2}}$	$Q$ =caudal (m <sup>3</sup> /s) $L$ =Longitud vertedero (m) $H$ =Carga sobre la cresta del vertedero (m)
3	Carga sobre la cresta del vertedero	$H = \left[ \frac{Q}{1.84 L} \right]^{\frac{2}{3}}$	$Q$ =caudal empleado (m <sup>3</sup> /s) $L$ =Longitud vertedero (m) $H$ =Carga sobre la cresta del vertedero (m)
4	Corrección por existencia de contracciones laterales	$L' = L - 0.1 n H$	$L$ =Longitud vertedero (m) $H$ =Carga sobre la cresta del vertedero (m) $n$ = Numero de contracciones laterales
5	Velocidad del agua a pasar sobre la rejilla	$Vr = Qd/L'H$	$Qd$ =caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s) $L$ =Longitud vertedero (m) $H$ =Carga sobre la cresta del vertedero (m)
6	Ancho del canal de aducción	$X_s = 0.36 V_r^{\frac{2}{3}} + 0.60 H^{\frac{4}{7}}$	$X_s$ =Alcance filo superior (m) $X_i$ =Alcance filo inferior (m) $V_r$ =Velocidad del agua (m <sup>3</sup> /s) $H$ =Carga sobre la cresta del vertedero (m) $B$ =Ancho del canal de aducción (m)
7		$X_i = 0.18 V_r^{\frac{4}{7}} + 0.74 H^{\frac{3}{4}}$	
8		$B = 0.10 + X_s$	
9	Diseño de rejilla y numero de orificios	$An = a * B' * N$	$An$ = Área neta (m <sup>2</sup> ) $Qd$ =caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s) $V_b$ =Velocidad entre varillas (m <sup>3</sup> /s, máxima 0.2 m/s) $a$ =Separación de varillas (m) $b$ =Diámetro de varillas (m) $B'$ =Ancho de la rejilla (m) $N$ = Numero de orificios $Lr$ =longitud de la rejilla (m)
10		$An = \frac{Qd}{0.9 V_b}$	
11		$An = \frac{a}{a+b} B' Lr$	
12		$N = \frac{An}{a \times B'}$	

Ecuación	Parámetro	Formula	Variables
13	Altura total muros de contención	$Ht = H_{muro} + \text{borde libre } 0.3 \text{ m}$	Ht =Altura total de muros (m) Hmuros =Altura muros con caudal máximo (m)
14	Vertedero mayor	$Q_{vmayor} = Q_{max} - Q_{med.}$	$Q_{vmayor}$ =caudal de vertedero mayor (m <sup>3</sup> /s) $Q_d$ =caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)
15	Niveles de canal de aducción	$h_e = h_c = \left( \frac{Qd^2}{g B'^2} \right)^{\frac{1}{3}}$	$h_e$ =Profundidad de aguas abajo (m) $h_o$ =Profundidad de aguas arriba (m) $h_c$ =Profundidad critica (m) $i$ = Pendiente del canal $g$ = gravedad (9.81 m/s <sup>2</sup> ) $e$ = Espesor muros (m) $L_c$ = Longitud canal (Lr+e) (m)
16		$h_o = \left[ 2 h_e^2 + \left( h_e - \frac{iL_c}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} iL_c$	
17	Altura de los muros canal de aducción	$H_o = h_o + B.L.$	$h_o$ =Profundidad de aguas arriba (m) B.L= borde libre (0.15 m) $i$ = Pendiente del canal $L_c$ = Longitud canal (Lr+e) (m)
18		$H_e = H_o + i L_c$	$H_o$ = Altura del muro aguas arriba (m) $H_e$ = Altura del muro aguas abajo (m)
19	Velocidad de la cámara de recolección	$V_e = \frac{Qd}{B' h_e}$	$V_e$ =Velocidad de la cámara de recolección (m <sup>3</sup> /s) $Q_d$ =caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s) $B'$ =Ancho de la rejilla (m) $h_e$ =Profundidad de aguas abajo (m)
20	Caudal captado	$Q_{captado} = C_d A_n \sqrt{2 g H_{excesos}}$	$Q_{captado}$ =caudal captado (m <sup>3</sup> /s) $C_d$ = Coeficiente de descarga (0.3) $g$ = gravedad (9.81 m/s <sup>2</sup> ) $H_{excesos}$ = Carga sobre la cresta del vertedero, empleando caudal medio (m)
21	Caudal de excesos	$Q_{excesos} = Q_{captado} - Q_{diseño}$	$Q_{excesos}$ =caudal de excesos (m <sup>3</sup> /s) $Q_{captado}$ =caudal captado (m <sup>3</sup> /s) $Q_d$ =caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s)
22	Velocidad sobre la cresta del vertedero de excesos	$V_{exceso} = \frac{Q_{exceso}}{H_{exceso} B_{camara}}$	$Q_{excesos}$ =caudal de excesos (m <sup>3</sup> /s) $V_{excesos}$ =velocidad sobre vertedero excesos (m/s) $B_{camara}$ =ancho cámara (m) $H_{excesos}$ = Carga sobre vertedero excesos (m)



Ecuación	Parámetro	Formula	Variables
23	Tubería de aducción	$D = \left( \frac{Qd}{0.2785 * C * J^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$	Qd =caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s) J =Perdidas tubería m/m C=Coeficiente de fricción (150 PVC) D= Diámetro interno tubo (m)
24	Tubería de excesos	$D = \left( \frac{Q_{excesos}}{0.2785 * C * J^{0.54}} \right)^{\frac{1}{2.63}}$	Q <sub>excesos</sub> =caudal de excesos (m <sup>3</sup> /s) J =Perdidas tubería m/m C=Coeficiente de fricción (150 PVC) D= Diámetro interno tubo (m)
25	Viscosidad del agua	$\mu_{T^{\circ}C} = \mu_{10^{\circ}C} \frac{33.3}{T^{\circ}C + 23.3}$	$\mu_{10^{\circ}C}$ = Viscosidad del agua a 10° T°C= Temperatura del agua
26	Velocidad de sedimentación Stokes	$V_s = \frac{g}{T^{\circ}C} \times \frac{(P_s - P)}{\mu} \times d^2$	d =Diámetro de la partícula g = gravedad (9.81 m/s <sup>2</sup> ) T°C= Temperatura del agua $\mu$ = viscosidad cinemática fluido (0.0139 cm <sup>2</sup> /s) P <sub>s</sub> = Peso específico de las partículas (g/cm <sup>2</sup> ) P = Peso específico del fluido (g/cm <sup>2</sup> ) V <sub>s</sub> = Velocidad sedimentación Stokes (cm/s)
27	Velocidad promedio de sedimentación	$V_s = \frac{V_s(\text{Stokes}) + V_s(\text{Allen Hazen})}{2}$	V <sub>s</sub> = Velocidad sedimentación Stokes (cm/s) V <sub>s</sub> = Velocidad sedimentación allen (cm/s) V <sub>s</sub> = Velocidad sedimentación (cm/s)
28	Tiempo de caída de la partícula	$t = \frac{H}{V_s}$	t =Tiempo de caída de la partícula (s) H = Profundidad útil desarenador (cm) V <sub>s</sub> = Velocidad sedimentación (cm/s)
29	Capacidad del desarenador	$C = Q_{\text{distrito}} \times a$	a = Tiempo de retención (s) Q <sub>distrito</sub> =caudal distrito (m <sup>3</sup> /s) C = Capacidad desarenador (m <sup>3</sup> )
30	Superficie del desarenador zona sedimentación	$A_s = \frac{C}{H}$	A <sub>s</sub> = Superficie desarenador zona sedimentación (m <sup>2</sup> ) C = Capacidad desarenador (m <sup>3</sup> ) H = Profundidad útil desarenador (m)
31	Superficie disponible desarenador	$A_{req} = \frac{Q}{V_s}$	A <sub>req</sub> = Área requerida (m <sup>2</sup> ) V <sub>s</sub> = Velocidad sedimentación (cm/s)

<b>Ecuación</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Formula</b>	<b>Variables</b>
32	Dimensiones zona sedimentación	$A_s = l \times b$	$A_s$ = Superficie desarenador zona sedimentación (m <sup>2</sup> ) l = largo desarenador (m) b = Ancho desarenador (m)
33	Carga hidráulica superficial	$q = \frac{Q_{\text{distrito}}}{A_s}$	q = Carga hidráulica (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> *s) Q <sub>distrito</sub> =caudal distrito (m <sup>3</sup> /s) A <sub>s</sub> = Superficie desarenador zona sedimentación (m <sup>2</sup> )
34	Volumen zona sedimentación	$V_{zs} = l \times b \times H$	V <sub>zs</sub> = Volumen zona sedimentación (m <sup>3</sup> ) l = largo desarenador (m) b = Ancho desarenador (m) H = Profundidad útil desarenador (m)
35	Volumen zona lodos	$V_l = 0.2 \times V_{zs}$	V <sub>l</sub> = Volumen zona lodos (m <sup>3</sup> ) V <sub>zs</sub> = Volumen zona sedimentación (m <sup>3</sup> )
36	Pendiente longitudinal 1 tolva lodos	$Pend\ 1 = \frac{Htl}{L/3}$	Pend 1 = Pendiente longitudinal 1 (%) Pend 2 = Pendiente longitudinal 2 (%) Htl = Altura tolva de lodos (m) L = largo desarenador (m)
37	Pendiente longitudinal 2 tolva lodos	$Pend\ 2 = \frac{Htl}{2L/3}$	
38	Área efectiva de los orificios	$A_e = \frac{Q_{\text{distrito}}}{V_{\text{máx}}}$	A <sub>e</sub> = Área efectiva de los orificios (m <sup>2</sup> ) Q <sub>distrito</sub> =caudal distrito (m <sup>3</sup> /s) V <sub>max</sub> =Velocidad max flujo (m <sup>3</sup> /s, máxima 0.2 m/s)
39	Área real del orificio	$A_o = l \times l$	A <sub>o</sub> = Área real de los orificios (m <sup>2</sup> ) L = ancho del cuadrado (m)
40	Numero de orificios en pantalla	$\# \text{ orificios} = \frac{A_e}{A_o}$	A <sub>e</sub> = Área efectiva de los orificios (m <sup>2</sup> ) A <sub>o</sub> = Área real de los orificios (m <sup>2</sup> )
41	Ubicación cortinas de solidos	Ps 1 = L/4	Ps 1= pantalla solidos 1 L = largo desarenador (m)
42		Ps 2 =15 × H <sub>vs</sub>	Ps 2= pantalla solidos 2 H <sub>vs</sub> = Carga sobre vertedero salida (m)
43	Profundidad cámara entrada y salida	$Hc = \frac{H}{3} + Bl \text{ muro}$	Hc = Profundidad de cámaras entrada y salida (m) H = Profundidad útil desarenador (m) Bl muro = borde libre muro (0.2 m)

### 4.4.3. Diseño Estructural

Se realiza las memorias de cálculo, análisis y diseño estructural de las obras propuestas bocatoma y desarenador, basados en los resultados obtenidos de los estudios básicos previos topografía, hidrología, climatología, sedimentología, geotécnia, aplicando las metodologías más apropiadas para generar un diseño confiable, además utilizando software y hojas de cálculo programadas para la compilación de resultados.

Para facilitar la comprensión del diseño estructural de la bocatoma y desarenador se presentan a continuación las ecuaciones utilizadas.

**Tabla 2. Formulas empleadas para el diseño estructural de bocatoma y desarenador**

Ecuación	Parámetro	Formula	Variables
44	Fuerza empuje de sedimentos	$F_s = \frac{\gamma_s * H_o^2}{2}$	Fs =Fuerza de sedimentos (Kg/m) $\gamma_s$ =Peso específico de los sedimentos (kg/m <sup>3</sup> ) Ho= Altura dique (m)
45	Fuerza empuje del agua	$FH1 = \frac{\gamma_a * H_o^2}{2}$	Fs =Fuerza del agua (Kg/m) $\gamma_a$ =Peso específico del agua (kg/m <sup>3</sup> ) Ho= Altura dique (m) H= Altura cresta sobre dique (m)
46		$FH2 = \gamma_a * H * H_o$	
47	Fuerza solidos flotantes	$F_{imp} = masa * velocidad$	Fimp =Fuerza del agua (Kg/m) Masa = 1000 Kg/m * 9.8 m/s <sup>2</sup> Velocidad =2.0 m/s
48	Fuerza de supresión	$F_{sup} = \frac{\gamma_s * H_t * b}{2}$	Fs =Fuerza de supresión (Kg/m) $\gamma_s$ =Peso específico de sedimentos (kg/m <sup>3</sup> ) Ht= Altura total (m) b= base total bocatoma (m)
49	Posición de resultantes	$\partial = \frac{\sum MR - \sum MV}{\sum FV}$	$\partial$ = Posición resultante (m) $\sum MR$ =sumatoria momentos resistentes (Kg.m) $\sum MV$ =sumatoria momentos volcantes (Kg.m) $\sum FV$ =sumatoria fuerzas resistivas (Kg)
50	excentricidad	$e = \frac{b}{2} - \partial$	$\partial$ = Posición resultante (m) e = excentricidad (m) b= base total bocatoma (m)
51	Factor de seguridad volcamiento	$F_v = \frac{\sum MR}{\sum MV} \geq 2.0$	$\sum MR$ =sumatoria momentos resistentes (Kg.m) $\sum MV$ =sumatoria momentos volcantes (Kg.m) Fv = Factor seguridad volcamiento

Ecuación	Parámetro	Formula	Variables
52	Factor de seguridad deslizamiento	$Fds = \frac{\mu * \sum FV}{\sum FH} \geq 1.5$	<p><math>\sum FV</math> =sumatoria fuerzas resistivas (Kg)  <math>\sum FH</math> =sumatoria fuerzas volcantes (Kg)  <math>\mu</math> = Coeficiente fricción roca  <math>Fds</math> = Factor seguridad deslizamiento</p>
53	Verificación por hundimiento	$Cp \geq Gmax$ $Gmax = \frac{\sum FV}{B * L} * \left[ 1 \pm \frac{6 * e}{B} \right]$	<p><math>Cp</math> = Capacidad portante del suelo (Kg/m<sup>2</sup>)  <math>Gmax</math> = Esfuerzo máximo (Kg/m<sup>2</sup>)  <math>\sum FV</math> =sumatoria fuerzas resistivas (Kg)  <math>B</math> = base total bocatoma (m)  <math>L</math> = Ancho total bocatoma (m)  <math>e</math> = excentricidad (m)</p>
54	Cuantía	$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	<p><math>\rho</math> = valor de cuantía  <math>Fy</math> = Resistencia específica a la fluencia del refuerzo (Mpa)  <math>F'c</math> = Resistencia específica a la compresión del concreto (Mpa)  <math>Mu</math> =Momento ultimo (KN.m)  <math>d</math> = distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo (m)</p>
55		$a = -b * 0.59 * \frac{Fy}{F'c}$	
56		$b = 0.9 * Fy * 1000 * 1 * (d^2)$	
57		$c = -Mu$	
58	Diseño por flexión	$k = \frac{Mu}{bd^2}$	<p><math>Mu</math> =Momento ultimo (KN.m)  <math>b</math> = ancho de la cara en compresión del elemento (m)  <math>d</math> = distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo (m)</p>
59	Área del acero principal	$As = \rho * b * d$	<p><math>\rho</math> = valor de cuantía  <math>b</math> = ancho de la cara en compresión del elemento (mm)  <math>d</math> = distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo (mm)  <math>As</math> = Área del refuerzo longitudinal (mm<sup>2</sup>)</p>
60	Área del acero por retracción y temperatura	$Ast = \rho_{min} * b * d$	<p><math>\rho_{min}</math> = valor de cuantía mínima  <math>b</math> = ancho de la cara en compresión del elemento (mm)  <math>d</math> = distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo (mm)  <math>Ast</math> = Área del refuerzo longitudinal por retracción (mm<sup>2</sup>)</p>
61	Longitud zona confinamiento	$Lconf = 2h$	<p><math>h</math> = ancho de la cara del elemento (m)  <math>Lconf</math> = longitud de confinamiento (m)</p>

Ecuación	Parámetro	Formula	Variables
62	Espaciamiento estribos zona confinamiento	$S1 = d/4$	S1= espaciamiento estribos zona confinamiento (m) d = ancho elemento (m)
63	Espaciamiento estribos zona luz	$S2 = d/2$	S2= espaciamiento estribos zona luz (m) d = ancho elemento (m)
64	Empuje del suelo muros	$FH2 = \frac{\gamma s * H^2 * ka}{2}$	$\gamma s$ =Peso específico de sedimentos (kg/m <sup>3</sup> ) H= Altura total muro (m) ka= coeficiente lateral de empuje activo (m) FH2 = Empuje del suelo (KN/m)
65	Empuje de agua en muros	$FH1 = \frac{\gamma a * H^2}{2}$	$\gamma a$ =Peso específico de sedimentos (kg/m <sup>3</sup> ) H= Altura total muro (m) FH1 = Empuje del agua (KN/m)
66	Fuerzas de empujes totales	$FHt = FH1 + FH2$	FH1 = Empuje del agua (KN/m) FH2 = Empuje del suelo (KN/m) FHt = Empuje total (KN/m)
67	Momento diseño ultimo	$Mu = \frac{FHt * H^2}{3}$	Q =caudal empleado (m <sup>3</sup> /s) L =Longitud vertedero (m) H=Carga sobre la cresta del vertedero (m)

- Calculo de fuerzas y momentos de placas de fondo basadas en la tabla C.13.9-1 al C.13.9-3 (Coeficientes para momento positivo de carga viva y carga muerta)

#### 4.4.4. Cantidades De Obra

Se realiza la compilación de los materiales y cantidades de obra de las estructuras propuestas bocatoma y desarenador, con sus respectivas especificaciones.

#### 4.4.5. Planos De Diseño De Obras

Se realizan los planos generales de las obras de captación y desarenador, planos de detalles constructivos, cartillas de despieces, notas y recomendaciones.

#### 4.4.6. Presupuesto General De Obra.

Para finalizar se realizó la cuantificación presupuestal del diseño hidráulico y estructural para las obras de captación y desarenador del distrito de riego.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Localización Del Área Del Proyecto

Tasco es un municipio ubicado en la provincia de Valderrama del departamento de Boyacá. A una distancia de 115 km de Tunja. Este municipio limita al occidente con Betétiva y Paz de Río, al oriente con Socotá, al norte con el municipio de Socha y al sur con Corrales y Gámeza. Tasco está localizado en la cordillera oriental a 5° 25' de latitud norte y a 74° 29' de longitud oeste; su altura sobre el nivel del mar varía entre 2200 y 4000 m. Tiene una extensión de 234 Km².

El Municipio está dividido en siete veredas y el casco urbano. Las veredas son: La Chapa, Hormezaque, Pedregal, Calle Arriba, San Isidro, Santa Bárbara y Canelas. Limita con los municipios de Socotá, Socha, Paz del Río, Gámeza, Corrales y Betétiva. El municipio de Tasco cuenta con una población total de 6.657 habitantes distribuidos así: 1.879 en la cabecera y 4.778 en el área rural.

En el Municipio se utiliza el 80% del territorio para las actividades agropecuarias; tales actividades se extienden desde los 2.200m.s.n.m hasta los 3.500m.s.n.m, incluso podemos encontrar ganado a más altura.

El proyecto de riego a pequeña escala Asocalle arriba tiene un área de riego de 164.720 ha que benefician a 167 familias e igual número de usuarios. Las fuentes de agua del Proyecto son:

- Quebrada Negra: forma parte de la Quebrada el Volador, afluente de la Quebrada La Guaza y que forma parte de la cuenca alta del Río Chicamocha.
- Quebrada el Soque: Forma parte de la Quebrada El Fraile que desemboca en la quebrada La Carbonera, afluente de la Quebrada la Guaza, y en la cual se centrara el desarrollo del diseño de las obras de captación y desarenador.

La localización del municipio se muestra en la figura 10.

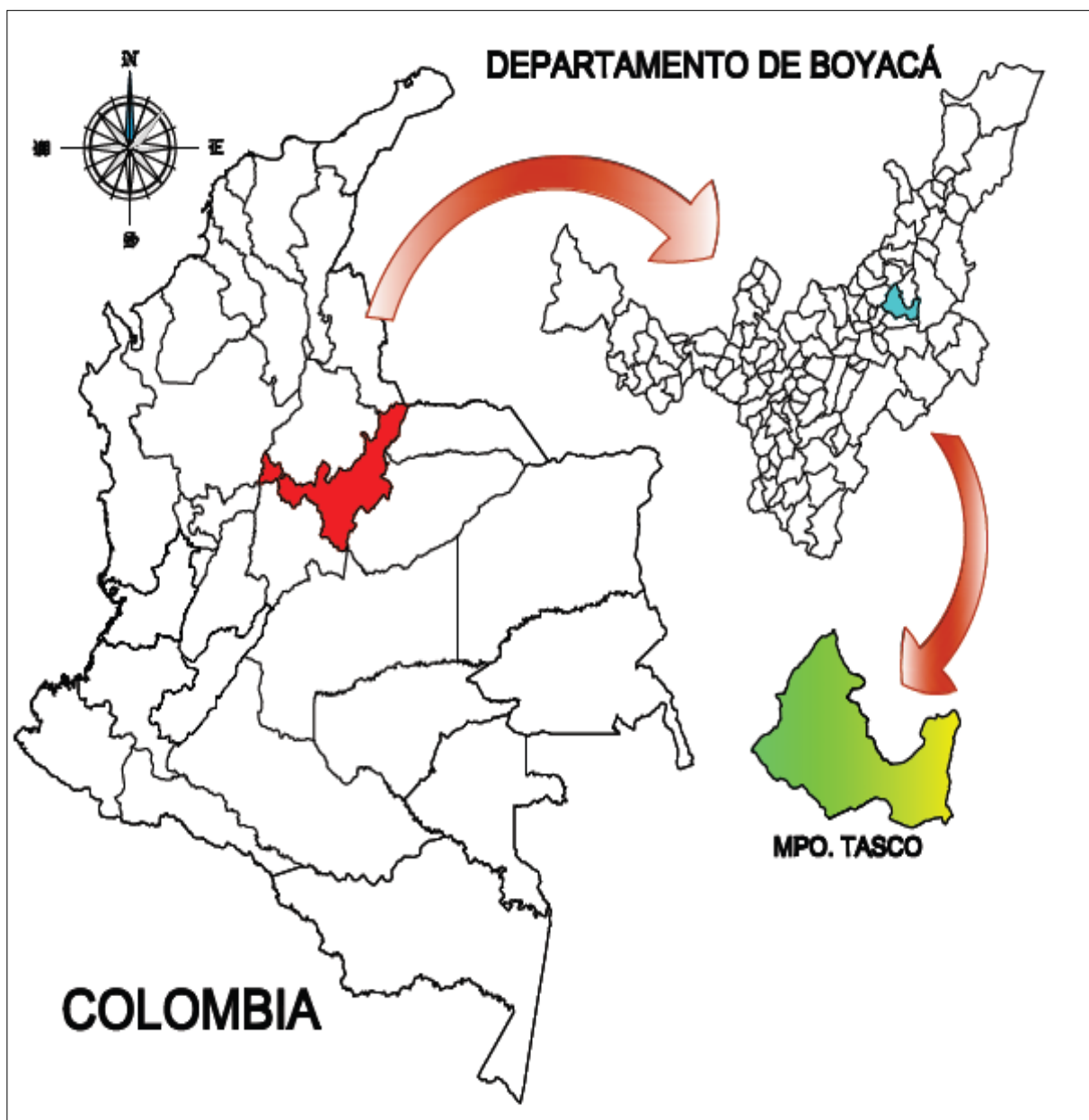


Figura 10. Localización del municipio de Tasco



**Figura 11. Plano del trayecto Tasco-Vda. Calle Arriba**

Fuente: geoportal IGAC (2013)

## 5.2. Geología Del Área Del Proyecto

El área de estudio geológicamente está formada por rocas de origen sedimentario compuestas por areniscas, arcillolitas y minerales de carbón y hierro. Las formaciones Ermitaño y Guaduas se reconocen como las rocas más antiguas depositadas, las cuales pertenecen a la época cretácea. Siguiendo la secuencia estratigráfica se presentan formaciones terciarias entre las cuales están las formaciones Socha Inferior, Socha Superior y Picacho. Además de algunos depósitos cuaternarios de diferentes génesis.

El área de estudio geológicamente está formada por rocas de origen sedimentario, perfectamente concordantes que van desde el cretáceo superior hasta el terciario y por depósitos cuaternarios recientes de diversa índole (depósitos aluviales, coluvio-glaciales y coluviales.)

## 5.3. Geología Estructural Regional

Regionalmente este sector de la cordillera oriental ha estado sometido a grandes esfuerzos presentando una tectónica compleja, reflejo de ello son las extensas fallas de origen compresional y de distensión. La estructura regional más importante es el Anticlinal del Chicamocha.

Presenta una tectónica muy compleja, representada por una serie de pliegues sinclinales y anticlinales, los cuales se encuentran dislocados por fallas de tipo



inverso generadas como respuesta a los esfuerzos regionales de tipo compresional a que estuvo sometido el sector en la Orogenia Andina ocurrida durante el Mioceno, las que siguen en dirección paralela a los ejes de las principales estructuras y fallas normales que cortan a las anteriores desarrolladas en una fase posterior a la distensión de esfuerzos.

Se observa un fuerte tectonismo, representado por las fallas de Tasco, La zona y Guaza, las cuales por los esfuerzos que irradian se originan pequeñas fallas de acomodamiento. El Municipio de Tasco forma parte de la cobertura plegada de la serie neocretácicoterciaria, limitada al occidente por la falla de Soapaga que la separa del Macizo de floresta y terminado al este en el gran levantamiento de Pisba-El Cocuy.

#### **5.4. Estudio Geotécnico En Suelo**

Con el objeto de conocer las características físicas y obtener muestras de los diferentes estratos que conforman el perfil del subsuelo en el área del proyecto, se programó exploración de campo en el mes de agosto y parte del mes de septiembre del año 2013 donde se realizaron cuatro sondeos a una profundidad de 3,0 m en los sitios donde se llevara a cabo la construcción de las obras bocatoma en la quebrada Sosque, y el desarenador en la quebrada Sosque.

La perforación se realizó mediante el uso de un equipo manual y/o mecánico (equipo de perforación PETTY). Simultáneamente, se llevó a cabo el ensayo de campo de penetración estándar (SPT) para establecer un índice complementario de la resistencia del subsuelo y la identificación del suelo obteniendo la información y muestras necesarias para llevar a cabo el análisis del mismo.

En la figura 12 y 13 aportado por el estudio geotécnico se presentan los registros de las perforaciones, que incluyen información sobre la estratigrafía, posición del nivel freático y parámetros físicos y mecánicos hallados.



 <b>CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA</b> INGENIERIA - LABORATORIO - SERVICIOS NIT. 200071708-4													
Proyecto: DISTRITO DE RIEGO ASOCALLEARRIBA						SONDEO N°			3				
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE TASCO DEPARTAMENTO DE BOYACA (BOCATOMA SOSQUE)						INICIO			Sabado, 14 de septiembre de 2013				
CONTRATANTE: FUNDISPROS						TERMINO			Sabado, 14 de septiembre de 2013				
Orden de servicio 253-13						N.A.F			HASTA LA PROFUNDIDAD EXCAVADA NO SE ENCONTRÓ				
						COORDENADAS			N: 1147686 E: 1143650 Cota 2949				
CUADRO RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO													
SONDEO N°	Muestra N°.	Prof. Metros	%W net	% L.L	% L.P	%I.P	% GRAVAS	% ARENAS	% PASA N° 200	SUCS	N	PRESIÓN ADMISIBLE MEYERHOF kg/cm2	
3	-	0.00-0.80	-	-	-	-	-	-	-	SUELO NATURAL	-	-	
	1	0.80-1.3	15.3	70.6	26.9	43.8	4.7	71.4	23.9	Arena arcillosa SC	9	0.90	
	2	1.30-1.50	10.4	27.1	22.5	4.7	19.2	69.1	11.6	Arena mal graduada con limo con grava SP SM	25	3.29	
	3	1.50-2.80	9.8	NL	NP	NP	19.4	72.2	8.4	Arena mal graduada con limo con grava SP SM	26	3.44	

Figura 12. Resumen ensayos de laboratorio bocatoma Sosque

Fuente: Fundispros (2013)



 <b>CONSTRUCSUELOS SUMINISTROS LTDA</b> INGENIERIA - LABORATORIO - SERVICIOS NIT. 200071708-4													
Proyecto: DISTRITO DE RIEGO ASOCALLEARRIBA						SONDEO N°			4				
LOCALIZACIÓN: MUNICIPIO DE TASCO DEPARTAMENTO DE BOYACA (DESARENADOR SOSQUE)						INICIO			Sabado, 14 de septiembre de 2013				
CONTRATANTE: FUNDISPROS						TERMINO			Sabado, 14 de septiembre de 2013				
Orden de servicio 253-13						N.A.F			HASTA LA PROFUNDIDAD EXCAVADA NO SE ENCONTRÓ				
						COORDENADAS			N: 1147642 E: 1143656 Cota 2997				
CUADRO RESUMEN ENSAYOS DE LABORATORIO													
SONDEO N°	Muestra N°.	Prof. Metros	%W net	% L.L	% L.P	%I.P	% GRAVAS	% ARENAS	% PASA N° 200	SUCS	N	PRESIÓN ADMISIBLE MEYERHOF kg/cm2	
4	-	0.00-0.70	-	-	-	-	-	-	-	SUELO NATURAL - CAPA VEGETAL	-	-	
	1	0.70-1.3	16.4	47.0	23.9	23.1	4.8	39.4	55.8	Arcilla media plasticidad arenosa CL	6	0.45	
	2	1.30-1.80									8	0.75	
	3	1.80-2.40									6	0.45	
	4	2.40-3.00	16.7	47.7	26.8	26.8	20.0	59.9	20.1	Arena arcillosa con grava SC	49	6.879	

Figura 13. Resumen ensayos de laboratorio desarenador Sosque

Fuente: Fundispros (2013)

## 5.5. Clasificación Sísmica Del Suelo

Normas sismo resientes colombianas

El diseño, construcción y supervisión técnica de edificaciones en el territorio de la República de Colombia debe someterse a los criterios y requisitos mínimos que se establecen en la Normas Sismo Resistentes Colombianas, las cuales comprenden:

- La Ley 400 de 1997.
- La Ley 1229 de 2008.
- El presente reglamento colombiano de construcciones sismo resistentes, NSR-10.
- Las resoluciones expedidas por la “Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes” del Gobierno Nacional, adscrita al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y creada por el Artículo 39 de la Ley 400 de 1997.

### 5.5.1. Bases Generales De Diseño Sísmico Resistente

Región N°:	5
Zona de Amenaza Sísmica:	ALTA
Coeficiente de Aceleración Pico efectiva Para diseño Aa:	0.25
Coeficiente de velocidad horizontal pico efectiva Para diseño Av	0.25
Grupo de Uso:	I
Coeficiente de importancia:	1.0

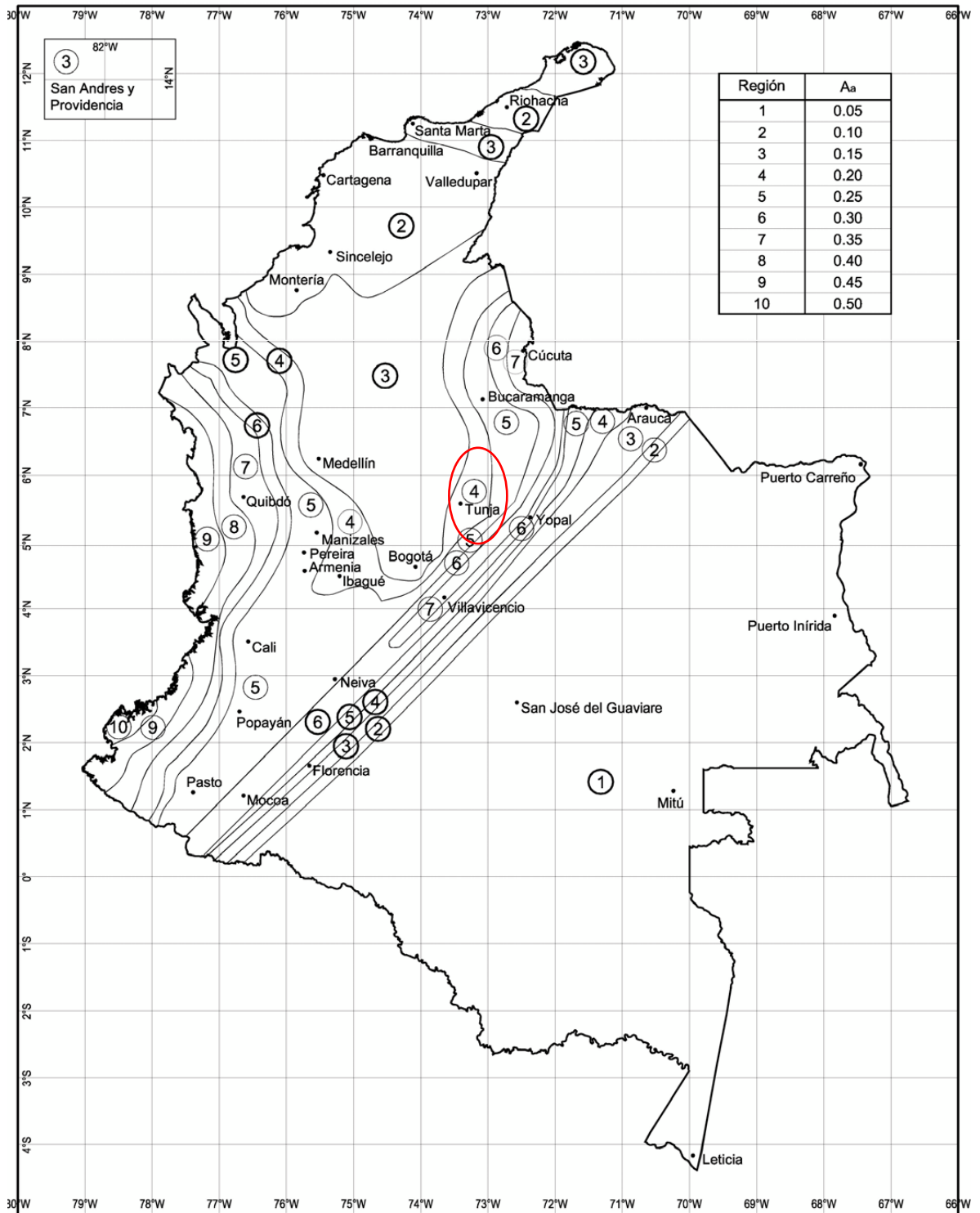


Figura 14. Clasificación amenaza sísmica del suelo del área del proyecto

Fuente: NSR-10 (2010)

Región N°	Valor de $A_a$ o de $A_v$
10	0.50
9	0.45
8	0.40
7	0.35
6	0.30
5	0.25
4	0.20
3	0.15
2	0.10
1	0.05

Figura 15. Valores de  $A_a$  y  $A_v$  según las regiones

Mayor valor entre $A_a$ y $A_v$	Asociado en mapas de las figuras A.2.3-2 y A.2.3-3 a Región N°	Amenaza
0.50	1	Alta
0.45	9	Alta
0.40	8	Alta
0.35	7	Alta
0.30	6	Alta
0.25	5	Alta
0.20	4	Intermedia
0.15	3	Intermedia
0.10	2	Baja
0.05	1	Baja

Figura 16. Niveles amenaza sísmica valores  $A_a$  y  $A_v$

Fuente: NSR-10 (2010)

#### Departamento de Boyacá

Municipio	Código Municipio	$A_a$	$A_v$	Zona de Amenaza Sísmica	$A_e$	$A_d$
Tunja	15001	0.20	0.20	Intermedia	0.15	0.07
Sora	15762	0.20	0.20	Intermedia	0.10	0.05
Soracá	15764	0.20	0.25	Alta	0.14	0.07
Sotaquirá	15763	0.20	0.20	Intermedia	0.11	0.06
Susacón	15774	0.25	0.25	Alta	0.16	0.08
Sutamarchán	15776	0.15	0.20	Intermedia	0.09	0.05
Sutatenza	15778	0.25	0.25	Alta	0.16	0.08
Tasco	15790	0.25	0.25	Alta	0.16	0.08

#### Niveles Amenaza sísmica valores de $A_a$ y $A_v$ según departamentos.

Fuente: NSR-10 (2010)

Tipo perfil	Descripción	Definición
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > v_s \geq 180 \text{ m/s}$
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15$ , o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > s_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$

#### Clasificación de los perfiles del suelo

Fuente: NSR-10 (2010)

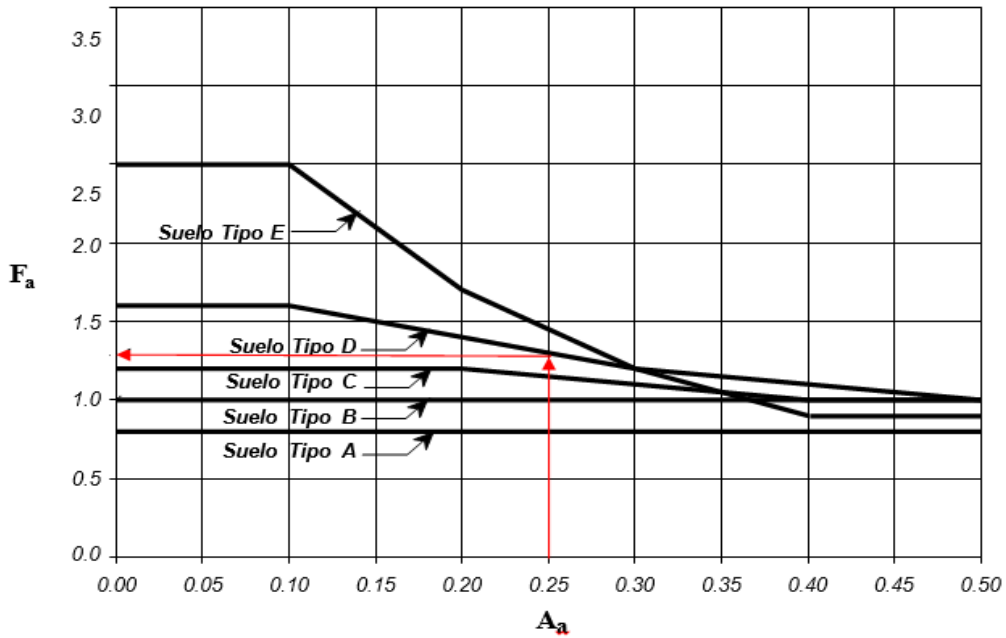


Figura A.2.4-1 - Coeficiente de amplificación  $F_a$  del suelo para la zona de períodos cortos del espectro

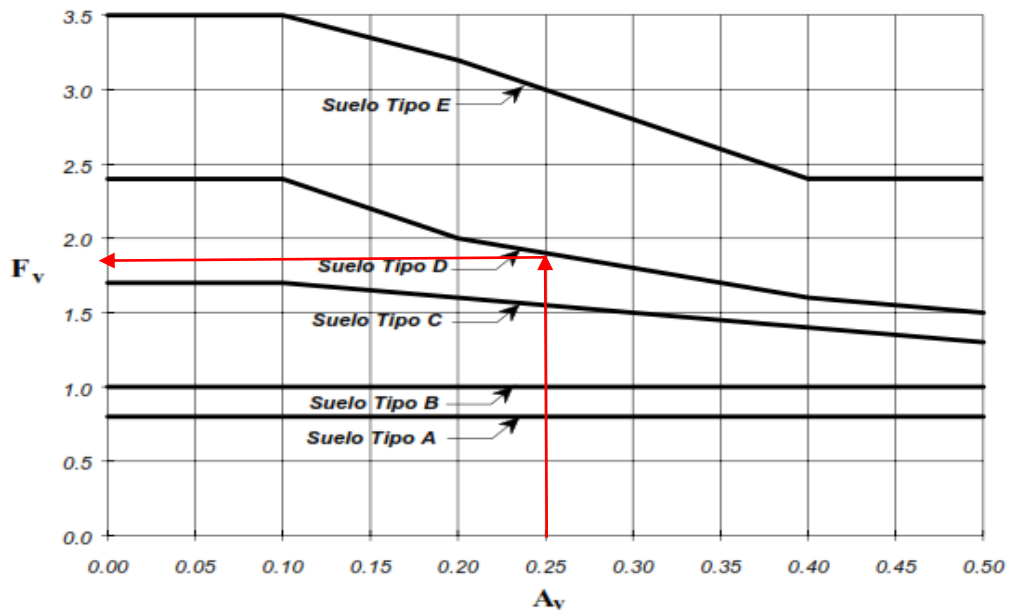


Figura A.2.4-2 — Coeficiente de amplificación  $F_v$  del suelo para la zona de períodos intermedios del espectro

Fuente: NSR-10 (2010)

## 5.6. Levantamiento Topográfico

En el Levantamiento topográfico (planimétrico y altimétrico) del Distrito de Riego Asocalle arriba se utilizó una Estación Total Electrónica TOPCON GTS 239W, se efectuó por el Método de Poligonal Abierta, en el cual se realizan cambios de estación con una distancia aproximada de 30 a 40 m entre sí, las cuales varían dependiendo de las características del terreno, con unas coordenadas geográficas norte, este y altura sobre el nivel del mar proporcionadas por un sistema de posicionamiento global GPS.

Las tablas que se presentan a continuación resumen las características y ubicación de las obras principales que se requieren en el proyecto.

**Tabla 3. Resumen ubicación de obras bocatoma y desarenador**

ESTRUCTURA	UBICACION	
	Bocatoma Sosque	Coordenada Este
Coordenada Norte		1143644.9723
Corta (m.s.n.m)		3178.638
Desarenador Sosque	Coordenada Este	1147646.011
	Coordenada Norte	1143659.058
	Corta (m.s.n.m)	3176.090

Fuente: Fundispros (2013)

## 5.7. Componentes Climáticos e Hidrológicos

### 5.7.1. Características Climatológicas

Según Holdridge las zonas de vida son Bosque Húmedo Montano (bh-M) Subpáramo (2.900 – 3.200m.s.n.m).

### 5.7.2. Temperatura

La cabecera del municipio se halla a una altura de 2530 metros sobre el nivel del mar y tiene una temperatura promedio de 15 °C. Tiene una extensión es de 167 km<sup>2</sup> y su territorio es montañoso.

### 5.7.3. Precipitación

Las precipitaciones más bajas se presenta en el costado Oeste del Municipio hacia las riberas del Río Chicamocha, allí el promedio de precipitación media anual es de 700 mm a una altura que varía entre los 2300 y 2600 m hacia el este el valor de precipitación aumenta presentando valores de 800 a 1000 m.m a lo largo y ancho de las veredas la Chapa, Canelas, Hormezaque, Pedregal, Calle Arriba y la parte media 355 de la vereda Santa Bárbara.

Los valores de precipitación más altos se presentan en el costado Este de Tasco hacia los límites con el municipio de Socotá en el extremo NE y SE de la vereda Santa Bárbara en los sectores de Llano Grande, Cadillal, Culebriada y Tasajeras allí la precipitación varía entre 1000 y 1500 m.m y entre cotas que varían desde los 2800 y 4000 m de altura. Esta zona corresponde al Páramo.

### 5.7.4. Hidrografía

La red hidrográfica de Tasco está constituida principalmente por la cuenca del río Chicamocha donde desembocan el 90% de las quebradas del municipio; para este estudio se ha dividido el área en seis micro cuencas.

- **Micro-cuenca Quebrada Guaza (captación agua quebrada el Sosque para distrito de riego Asocallearriba).**

Es la micro cuenca más importante para el municipio. Sus aguas abastecen los sistemas de acueductos veredales cabecera municipal, además de los canales de riego para las labores agrícolas ganaderas.

La quebrada Guaza nace a una altura de 3700 m. Al NE de la serranía de Pirucho; recorre una distancia de 16.25 km, hasta verter sus aguas en el río Chicamocha. Entre los principales afluentes están las quebradas el Volador, Carbonera, Landinez, El Moral Llano Grande; el área total de la micro cuenca es de 859 ha.

La mayor parte del curso de la quebrada Guaza recorre depósitos aluviales. En algunos sectores especialmente en la parte media baja presenta fenómenos de inestabilidad especialmente pequeños deslizamientos flujos de lodo en los taludes en épocas invernales.

### 5.7.5. Humedad Relativa

El promedio de la humedad relativa en el municipio de Tasco es de 83 % y el promedio de evaporación anual es de 1189 m. m.



Según lo registrado por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, en la cuenca de estudio no se presenta una estación hidrométrica, por lo que se procede a determinar los caudales máximos y mínimos por medio del estudio detallado parámetros físicos, morfológicos, geológicos, del tipo de cobertura del suelo y del uso que se le da al mismo.

### 5.7.6. Características Fisiográficas

El área obtenida para Subcuenca de la Quebrada Sosque es de **9.12 km<sup>2</sup>** pero teniendo en cuenta que para fines de este estudio el área de la subcuenca se debe obtener hasta el sitio de captación proyectado, el área de la Subcuenca hasta este punto es de **7.07 km<sup>2</sup>**. El perímetro calculado para la Subcuenca de la Quebrada Sosque es de **16.03 km** medido hasta su desembocadura. El perímetro obtenido hasta el sitio de captación es de **13.19 km** La longitud del cauce principal, en este caso Quebrada Sosque es de **6.38 km** hasta su desembocadura en la Quebrada Guaza y de **4.88 km** hasta el sitio en donde se proyecta la construcción de la bocatoma del distrito.

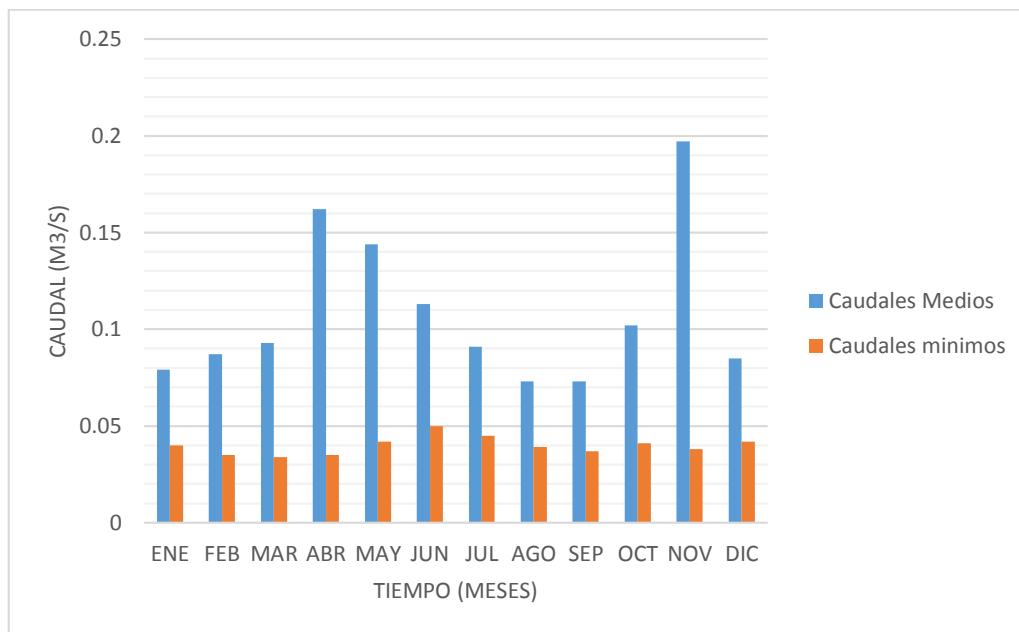
En el estudio hidrológico se realizó una aproximación al modelamiento del comportamiento hidrológico de las subcuencas de las quebradas La Negra y Sosque, utilizando información hidroclimatológica de precipitación y caudal, para este fin se calibro un modelo lluvia-escorrentía agregado conocido como “Modelo de Tanques”, en el cual se trabajó a escala diaria. La simulación del modelo se realiza en base a los datos de cuencas instrumentadas que se localicen cerca al distrito y que presentes características similares. Por lo anterior y bajo el criterio de vecindad geográfica, se seleccionó así la Estación La Chorrera (LM) operada por el IDEAM, única estación localizada cerca al distrito, dicha estación registra datos diarios de caudal.

### 5.7.7. Resultados De Caudales Medios y Mínimos

**Tabla 4. Valores de caudales medios y mínimos mensuales multianuales estimados para el sitio en estudio en la quebrada Sosque**

Caudales Mínimos Y Medios (m3/s)														
MES		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VALOR ANUAL
Total Mes	MINIMO	0.079	0.087	0.093	0.162	0.144	0.113	0.091	0.073	0.073	0.102	0.197	0.085	<b>0.108</b>
	MEDIO	0.04	0.035	0.034	0.035	0.042	0.05	0.045	0.039	0.037	0.041	0.038	0.042	<b>0.034</b>

Fuente: Fundispros (2013)



**Grafica 1. Valores medios y mínimos mensuales estimados para el sitio en estudio en la quebrada Sosque**

**Fuente:** Fundispros (2013)

En la gráfica se observan las temporadas de crecidas y de caudales bajos; alcanzando un valor de caudal medio anual estimado de  $0.108 \text{ m}^3/\text{s}$ , para el mes de Noviembre se alcanza el mayor valor de caudal estimado  $0.197 \text{ m}^3/\text{s}$ , mientras que para los meses de Agosto y Septiembre se presenta el menor caudal medio estimado  $0.073 \text{ m}^3/\text{s}$ . Los caudales mínimos mensuales estimados para subcuenca de la quebrada Sosque presenta un comportamiento homogéneo el valor mínimo mensual estimado es de  $0.034 \text{ m}^3/\text{s}$  obtenido para el mes de Marzo.

### 5.7.8. Resultados De Caudales Máximos

La estimación de caudales máximos se realizó utilizando un modelo hidrológico que considerara características físicas y morfométricas de las cuencas tales como pendiente, cobertura vegetal, precipitación, entre otros. Para ello se empleó el programa hidrológico HEC-HMS Versión 3.5 (Hydrologic Modeling System – Hydrologic Engineering Center) desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EEUU, el cual es un software libre y está diseñado para simular los procesos de lluvia – escorrentía de los sistemas de cuencas hidrográficas.

**Tabla 5. Resultados generados por el HEC-HMS mediante el método de transformación de lluvia del hidrograma unitario del SCS para la cuenca de la quebrada Sosque para las tres situaciones y diferentes periodos de retorno**

Tr (años)	Situación	Cuenca Hidrográfica	Caudal Pico (m <sup>3</sup> /sg)	Tiempo al Pico	Volumen (m <sup>3</sup> )
2.33	S1	Qda. Sosque	0.9	01:25	1.09
	S2		1	03:16	1.08
	S3		1	02:20	1.09
5	S1		1.3	01:25	1.51
	S2		1.4	03:16	1.5
	S3		1.4	02:20	1.5
10	S1		1.6	01:25	1.84
	S2		1.7	03:16	1.83
	S3		1.7	02:20	1.84
25	S1		1.9	01:25	2.3
	S2		2.1	03:17	2.29
	S3		2.1	02:20	2.3
50	S1		2.2	01:25	2.88
	S2		2.8	03:23	2.86
	S3		2.4	02:22	2.87
100	S1	2.4	01:25	3.7	
	S2	4	03:26	3.67	
	S3	3.1	02:52	3.69	

**Fuente:** Fundispros (2013)

Con los resultados obtenidos en las tablas presentadas anteriormente se determina que la situación con la que mayor caudal se obtiene resulta ser la situación 2, razón por la cual se toma para un periodo de retorno de 25 años como caudal máximo de la cuenca 2.1 m<sup>3</sup>/s.

### 5.8. Sedimentología

El estudio de sedimentología nos permite identificar y analizar el comportamiento y el diámetro de la partícula presente en los sedimentos del lecho de la quebrada Sosque, para ser implementado en las diferentes etapas de estudios y diseños de obras hidráulicas y otras estructuras relacionadas con las corrientes.

Los sedimentos son materiales fragmentados que se forman básicamente por la desintegración física y química de las rocas de la corteza terrestre. En los cauces naturales puede encontrarse una gran variedad de tamaños, formas y composiciones de las partículas, las cuales presentan distintos comportamientos ante la acción de un flujo, si se encuentran solas o si se encuentran formando parte del sedimento.

Los ríos generalmente presentan un amplio rango de tamaños de partículas en los materiales del lecho, pudiéndose encontrar desde partículas muy finas (limos y arcillas) hasta rocas y piedras de gran tamaño.

El transporte de sedimentos de fondo (también denominado transporte de fondo) corresponde a la tasa de movimiento del material del lecho de un río sobre o muy cerca del fondo del cauce, bien sea deslizándose, girando o dando saltos; esta tasa se expresa generalmente en toneladas/día.

Partiendo de los datos obtenidos del estudio de sedimentología, teniendo en cuenta que el coeficiente de Manning estimado es 0.025, por tanto Se estima un arrastre de fondo diario para la quebrada Sosque, de 0.0010 kg/s-m , este arrastre se estimó para el tramo comprendido desde el sitio de donde se proyecta la captación aguas arriba del mismo.

### **5.8.1. Recolección Del Material**

Para el Proyecto de Riego Asocallearriba se tienen como fuentes de abastecimiento las quebradas La Negra la cual presenta una longitud de 3.92 km hasta su desembocadura y de 2.41 km hasta el sitio donde se proyecta la captación y la quebrada Sosque con una longitud de 6.38 km hasta la desembocadura y de 4.88 km hasta el sitio donde se proyecta la construcción de la bocatoma. Para el presente estudio las muestras recolectadas en tramo que va desde el nacimiento de las quebradas hasta el sitio en donde se proyecta la captación y la construcción del desarenador.

Las muestras analizadas en el laboratorio fueron recolectadas en el lecho de las quebradas mencionadas, en el sitio de interés, recolectando 3 muestras, una muestra en cada sección transversal de las quebradas (franja izquierda, centro y franja derecha de la sección), siempre y cuando las condiciones de la quebrada los permitieran.

La mayor cantidad de sedimentos de esta quebrada contiene partículas con diámetros menores a 2.0 mm y mayores o iguales a 0.425 mm, ya que las partículas de las tres muestras son retenidas en el Tamiz No 40, lo cual corresponde al 53.8% (567.2 gr) de M<sub>1</sub>, 51.7% (520.3 gr) del total de M<sub>2</sub> y finalmente 54.5% (597.4 gr) de M<sub>3</sub>. Fuente (Fundispros 2013).

De las muestras tomadas, el 81.9%, 86.8% y el 86.7% de los sedimentos de M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> y M<sub>3</sub> son arenas, el 5.9%, 13.1% y el 13.3% respectivamente son limos, para las gravas se tienen porcentajes de 12.1%, 0.1% para M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub>. Con lo anterior se evidencia que las arenas son los sedimentos que más se destacan dentro de las muestras recolectadas en el lecho de la Quebrada Sosque.

Finalmente después de analizar los resultados obtenidos se determinó que en el Tamiz No. 140 se retiene un porcentaje acumulado aproximado de 84.5% por tal razón, se trabajan los diseños para partículas con un diámetro promedio de 0.105 mm.

## **5.9. Diseño De Obras**

### **5.9.1. Diseño Hidráulico De La Captación Bocatoma De Fondo Sosque**

La obra de toma para el Distrito de Riego Asocalle arriba se realizará en el fondo de la Quebrada Sosque, ubicada en las coordenadas Este 1147695.3755, Norte 1143644.9723, cota 3178.638 m; se realizará una captación tipo de fondo en sentido transversal a la dirección del flujo del agua, además se construirá aletas aguas arriba y aguas abajo para garantizar que el nivel de agua se encauce hacia la rejilla y sea el necesario para la captación; 55 L/s.

El primer paso para el diseño es garantizar que el caudal de diseño sea mayor que el caudal máximo necesario, para esto se emplea el uso de un coeficiente de mayoración del 20 % del caudal del proyecto con el fin de asegurar la demanda hídrica.

ecuación 1

$$\text{Caudal de diseño} = 1.20 \times 55 \text{ LPS} = 66 \text{ LPS} = 0.066 \text{ m}^3/\text{s}$$

De los estudios hidrológicos realizados se obtuvieron la siguiente información datos de caudales importantes para el diseño para un periodo de retorno de 25 años.

Caudal mínimo: 34 lps

Caudal medio: 108 lps

Caudal máximo: 2100 lps



Figura 17. Sitio de Captación quebrada Sosque

#### 5.9.1.1. Diseño De La Presa.

La presa y la garganta de la bocatoma se diseñan como un vertedero rectangular con doble contracción cuya ecuación corresponde a la ecuación de Francis. Para el diseño del vertedero menor se tiene una longitud o ancho (L) de 2 metros.

$$Q = 1.84 * L * H^{\frac{2}{3}}$$

ecuación 2

Con el fin de obtener el valor de lámina de agua para las condiciones de diseño se despeja el valor H, de la ecuación 3, se obtiene:

Reemplazando los valores

$$H = \left[ \frac{0.066 \frac{m^3}{s}}{1.84 * 2 m} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$H = 0.0685 m$$

A causa de la existencia de las contracciones laterales, se debe hacer una corrección de la longitud del vertimiento.

Corrección por la existencia de las contracciones laterales. ecuación 4

$$L' = 2 m - 0.1 * 2 * 0.0685 m = 1.99 m$$

Se calcula la velocidad del agua a pasar sobre la rejilla. ecuación 5

$$Vr = \frac{0.066 \frac{m^3}{s}}{1.99 m * 0.0685 m} = 0.48 m/s$$

La velocidad de estar comprendida entre  $0.3 < Vr < 3.0$  para aplicar las ecuaciones del alcance del chorro. Para poder determinar el ancho del canal de aducción. López (1995). Se realiza el chequeo de la velocidad

$$0.3 < 0.48 < 3.0 \quad \text{OK}$$

### 5.9.1.2. Diseño Del Canal De Aducción

Ancho del canal de aducción

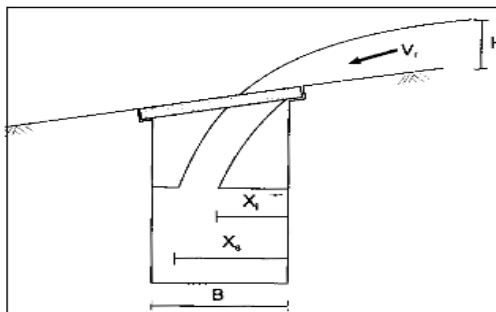


Figura 18. Captación a través de la rejilla al canal de aducción

Fuente: (Lopez, 1995)

Reemplazando los valores en la ecuación 6 se obtiene:

$$X_s = 0.36 * 0.48^{\frac{2}{3}} m/s + 0.60 * 0.0685^{\frac{4}{7}} m$$

$$X_s = 0.35 m$$

Reemplazando los valores en la ecuación 7, se obtiene:

$$X_i = 0.18 * 0.48^{\frac{2}{3}} m/s + 0.74 * 0.0685^{\frac{3}{4}} m$$

$$X_i = 0.22 m$$

Remplazando los valores en la ecuación 8, se obtiene:

$$B = 0.10 + X_s$$

$$B = 0.10 + 0.35 m$$

$$B = 0.45 m$$

El canal de aducción tiene un ancho de 0.45 metros

### 5.9.1.3. Diseño De La Rejilla y Numero De Orificios

Para evitar taponamiento y proteger el canal de aducción es necesario colocar una rejilla, Para el diseño de la rejilla se utilizaron varillas de  $\frac{3}{4}$ "(0.01905) separadas cada 3 cm. Remplazando los valores en la ecuación 10, se obtiene el área neta de la rejilla.

$$An = \frac{0.066 \frac{m^3}{s}}{0.9 * 0.2 m/s} = 0.367 m^2$$

Se calcula el largo de la rejilla remplazando y despejando Lr de la ecuación 11

$$Lr = \frac{0.367 m^2 * (0.03 m + 0.0191m)}{0.03 m * 0.45 m}$$

$$Lr = 1.33 m$$

Se calcula el número de orificios remplazando los valores en la ecuación 12

$$N = \frac{0.367 m^2}{0.03 m * 0.45 m}$$

$$N = 27.16$$

Se aproxima el número a 27 orificios y se recalcula las dimensiones, se utiliza la ecuación 8, con este valor se obtiene:

$$An = 0.3645 m^2$$

$$Lr = 1.33 m$$



Se calcula el número de varillas= Numero de orificios - 1

Numero de varillas= 27 - 1= 26

Finalmente el diseño del vertedero menor se calcula a partir del caudal medio de la quebrada aplicando la fórmula de Francis ecuación 3, con el fin de direccionar el flujo y asegurar el caudal a captar.

$$H_{medio} = \left[ \frac{0.108 \frac{m^3}{s}}{1.84 * 2 m} \right]^{\frac{2}{3}} = 0.095 m$$

El vertedero menor tiene las siguientes dimensiones

L= 2 m

H= 0.095 m

B= 0.85 m

#### 5.9.1.4. Diseño Del Vertedero Mayor

El cálculo del vertedero mayor se realiza con el caudal máximo de la quebrada con el fin de evitar velocidades excesivas sobre la rejilla y diseñar con un ancho de garganta adecuado para tales caudales, además calcular la altura de los muros de contención.

Para este cálculo se utiliza la ecuación de Francis ecuación 3

Longitud del canal: 4,5 m

Qmax= 2.1 m<sup>3</sup>/s

Qmed= 0.11 m<sup>3</sup>/s

Se Calcula el caudal vertedero mayor utilizando la ecuación 14

Qvertederomayor = 2.1 – 0.11 = 1.99 m<sup>3</sup>/s

se calcula la altura de los muros despejando H de la ecuación 3

$$H_{muros} = \left[ \frac{1.99 \frac{m^3}{s}}{1.84 * 4.5 m} \right]^{\frac{2}{3}} = 0.39 m$$

### 5.9.1.5. Altura De Los Muros De Contención

Se calcula la altura de los muros, con el caudal máximo para garantizar que cuando se presentes épocas de lluvias el caudal no se desborde en la captación.

Reemplazando los valores en la ecuación 13, se obtiene la altura de los muros, es recomendable dejar un borde libre de mínimo 0.3 m.

$$Altura\ muros = 0.39 + 0.30 = 0.69 \approx 0.70 m$$

El vertedero mayor tiene las siguientes dimensiones

$$L = 4.5 m$$

$$H_{muros} = 0.70 m + \text{espesor de la placa de fondo} + \text{altura dique}$$

$$\text{Ancho} = 0.85 m$$

### 5.9.1.6. Niveles En El Canal De Aducción

Se calcula el nivel de la lámina aguas arriba y aguas abajo del canal de aducción.

Datos necesarios.

e	0.20 m
L <sub>c</sub>	1.53 m
i	0.03

Al remplazar los datos en la ecuación 15, se obtiene los niveles de aguas abajo.

$$h_e = h_c = \left( \frac{0.066^2}{9.81 * 0.45'^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$h_e = h_c = 0.13 m$$

Al remplazar los datos en la ecuación 16, se obtiene los niveles de aguas arriba.

$$L_c = L_r + e = 1.33 \text{ m} + 0.20 \text{ m} = 1.53 \text{ m}$$

$$h_o = \left[ 2 * 0.13^2 + \left( 0.13 - \frac{0.03 * 1.53}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} * 0.03 * 1.53$$

$$h_o = 0.186 \text{ m}$$

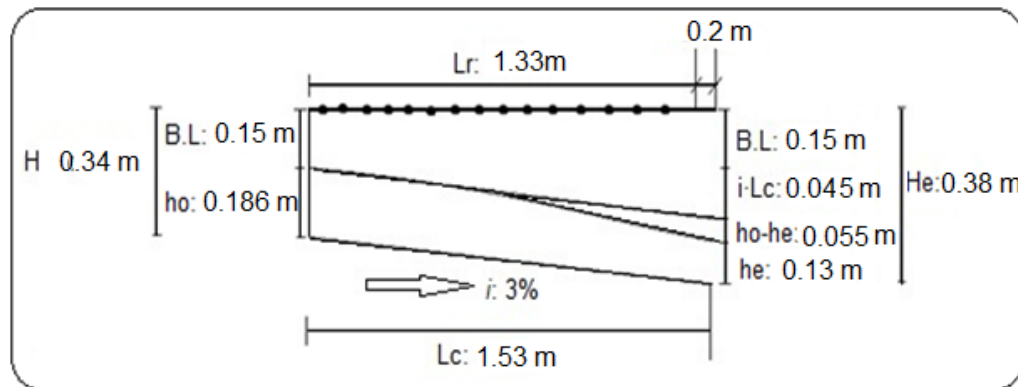
Altura de los muros del canal de aducción

Remplazando los datos en la ecuación 17, se obtiene la altura total de muros aguas arriba.

$$H_o = 0.186 + 0.15 = 0.34 \text{ m}$$

Remplazando los datos en la ecuación 18, se obtiene la altura total de muros aguas abajo.

$$H_e = 0.34 + 0.03 * 1.53 = 0.38 \text{ m}$$



**Figura 19. Perfil del canal de aducción**

Velocidad a la entrada a la cámara de recolección utilizando ecuación 19

$$V_e = \frac{0.066 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.45 \text{ m} * 0.13 \text{ m}} = 1.13 \text{ m/s}$$

Chequeo de velocidad.

$$0.3 < 1.13 < 3.0 \quad \text{OK}$$

### 5.9.1.7. Diseño De La Cámara De Recolección

Para este diseño se emplean las ecuaciones 6,7 y 8 de alcance del chorro, reemplazando los valores en las ecuaciones 6, 7 y 8 se obtiene:

$$X_s = 0.36 * 1.13^{\frac{2}{3}} m/s + 0.60 * 0.13^{\frac{4}{7}} m$$
$$X_s = 0.58 m$$

$$X_i = 0.18 * 1.13^{\frac{2}{3}} m/s + 0.74 * 0.13^{\frac{3}{4}} m$$
$$X_i = 0.35 m$$

Luego el borde de la cámara de recolección es:

$$B_{camara} = 0.30 + X_s$$
$$B_{camara} = 0.30 + 0.58 m$$
$$B = 0.88 m \approx 0.90$$

Se debe tener en cuenta que estos cálculos son las condiciones mínimas de diseño, pero se debe pensar en la facilidad del ingreso y mantenimiento de la cámara luego se establece condiciones de diseño de 1 m de ancho por 1.5 m de largo por 1.7m de alto.

### 5.9.1.8. Calculo Del Caudal y Vertedero De Excesos

A partir del diseño de la rejilla y las condiciones dadas por el diseño de la cámara se procede a calcular el caudal de exceso, ya que sobre la rejilla puede pasar un caudal mayor al diseñado produciendo una lámina superior a la de diseño. Para iniciar el diseño se calcula la carga sobre la cresta para el caudal medio de la quebrada con la ecuación 3, al reemplazar los valores en la ecuación 3.

$$H_{medio} = \left[ \frac{0.108 \frac{m^3}{s}}{1.84 * 2 m} \right]^{\frac{2}{3}} = 0.095 m$$

La capacidad máxima de captación de la rejilla se puede aproximar al caudal a través de un orificio, utilizando la ecuación 20, al reemplazar los valores en la ecuación 20.

$$Q_{captado} = 0.3 * 0.3645 \text{ m}^2 * \sqrt{2 * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0.095 \text{ m}}$$

$$Q_{captado} = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se calcula el caudal de excesos utilizando la ecuación 21.

$$Q_{excesos} = 0.15 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} - \frac{0.066 \text{ m}^3}{\text{s}} = 0.084 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se calcula la carga generada sobre la cresta del vertedero de excesos con la ecuación 3. Utilizando el caudal de excesos.

$$H_{exceso} = \left[ \frac{0.084 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 * 1 \text{ m}} \right]^{\frac{2}{3}} = 0.128 \text{ m}$$

Se calcula la velocidad del agua sobre la cresta del vertedero. Utilizando ecuación 22.

$$V_{exceso} = \frac{0.084 \text{ m}^3/\text{s}}{0.128 \text{ m} * 1 \text{ m}} = 0.66 \text{ m/s}$$

Realizamos el chequeo de velocidad

$$0.3 < 0.66 < 3.0 \text{ OK}$$

Finalmente se calcula mediante la ecuación del alcance del chorro ecuación 6 y 7. La distancia entre el vertedero y la pared de la cámara de recolección, utilizando la velocidad de excesos.

$$X_S = 0.36 V_{exc}^{\frac{2}{3}} + 0.60 H_{exc}^{\frac{4}{7}}$$

$$X_S = 0.36 * 0.66^{\frac{2}{3}} + 0.60 * 0.128^{\frac{4}{7}} = 0.46$$

La distancia del vertedero a partir de la pared de la cámara de recolección aguas abajo es de 0.66 m.

### 5.9.1.9. Calculo De La Tubería De Aducción

Para determinar la tubería de aducción se utilizó ecuación 23 y el caudal de diseño.

Se remplazan los valores en la ecuación 23 y se encuentra el diámetro de la tubería de aducción.

$$D = \frac{0.066 \text{ m}^3/\text{s}}{0.2785 * 150 * 0.01294} = 0.21 \text{ m} * 39.37\text{in} = 8.3 = 8 \text{ pulg}$$

Finalmente se selecciona una tubería de 8" RDE 41 para la tubería de aducción.

### 5.9.1.10. Calculo De La Tubería De Excesos

Para determinar la tubería de aducción se utilizó la ecuación 24 y el caudal de excesos.

Se remplazan los valores en la ecuación 24 y se encuentra el diámetro de la tubería de aducción.

$$D = \frac{0.084 \text{ m}^3/\text{s}}{0.2785 * 150 * 0.0762} = 0.16 \text{ m} * 39.37\text{in} = 6.3 = 6 \text{ pulg}$$

Finalmente se selecciona una tubería de 6" RDE 41 para la tubería de excesos.

### 5.9.2. Diseño Estructural Bocatoma De Fondo Sosque

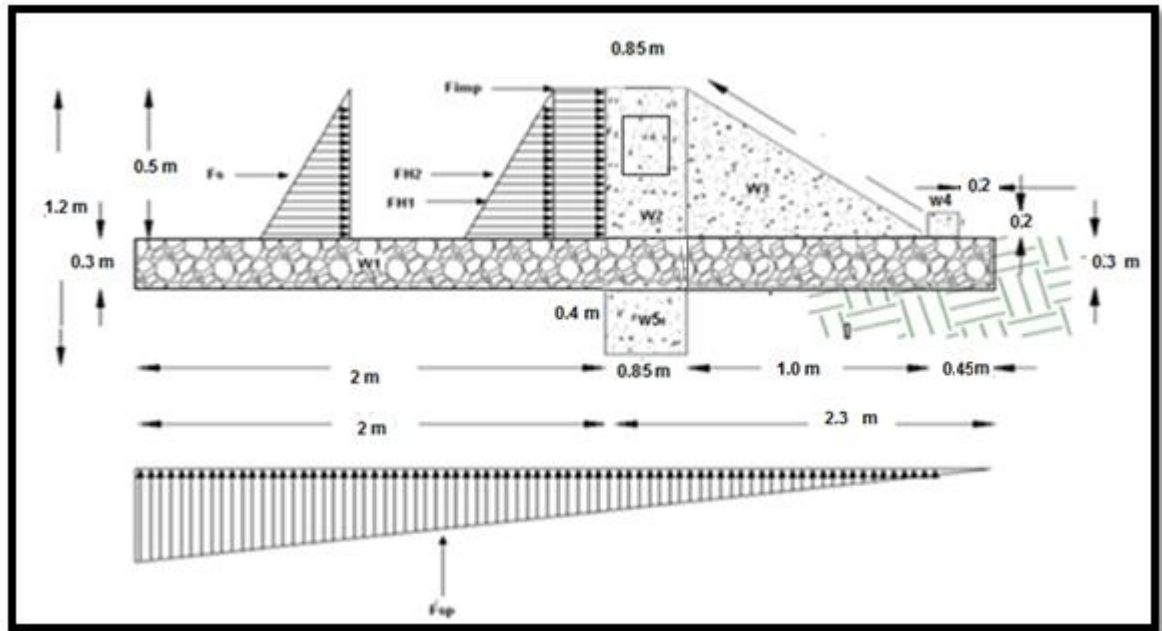


Figura 20. Fuerzas actuantes en la bocatoma de fondo

Para el diseño estructural es necesario conocer el dimensionamiento hidráulico de las estructuras a diseñar, para garantizar las propiedades y funcionalidades de cada una de ellas, las dimensiones dadas son suministradas por el diseño hidráulico, en especial las del canal de aducción, que no podrán ser modificables, pero el dimensionamiento del cálculo de espesores y longitudes de los demás elementos estructurales son suministrados por el análisis y diseño estructural, obedeciendo a parámetros de diseño.

#### 5.9.2.1. Datos De Diseño:

Según la NSR-10 en el título C, C.23-C.1.1.1 especifica que para este tipo de estructuras la resistencia mínima específica del concreto a la compresión  $f'_c$  no debe ser menor de 28 Mpa. Se especifican los datos necesarios para el diseño.

### 5.9.2.2. Materiales

Concreto:	F'c:	28 Mpa	28000 KN/m <sup>2</sup>
Acero:	Fy	420 Mpa	420000 KN/m <sup>2</sup>

Modulo elasticidad 2100000 Kg/cm<sup>2</sup>

Peso Concreto	2400 Kg/m <sup>3</sup>	24	KN/m <sup>3</sup>
Peso Sedimentos	1800 Kg/m <sup>3</sup>	18	KN/m <sup>3</sup>
Peso del Agua	1000 Kg/m <sup>3</sup>	10	KN/m <sup>3</sup>
Cuantía mínima	0.003		
Cuantía máxima	0.02384		
Recubrimiento (e)	0.05	NSR-10 Sec. C.7.7.1	

### 5.9.2.3. Dimensionamiento Generales De Los Elementos

#### Muro Derivador

ALTO (L)	0.50 m
LARGO (B)	4.50 m
ESPESOR (t)	0.85 m
d= (t-e)	0.80 m

#### Placa De Fondo 1

ANCHO (B)	4.50 m
LARGO (La)	2.85 m
ESPESOR (t)	0.30 m
d= (t-e)	0.25 m

#### Placa De Fondo 2

ANCHO (B)	4.50 m
LARGO (Lp)	1.45 m
ESPESOR (t)	0.30 m
d= (t-e)	0.25 m

#### Muros Laterales

ALTO (L)	1.60 m
LARGO (B)	4.30 m
ESPESOR (h)	0.20 m
d= (t-e)	0.15 m



**Muro Disipador**

ALTO (H)	0.20 m
LARGO (L)	4.50 m
ESPESOR (B)	0.20 m
d= (t-e)	0.15 m

**Dentellón**

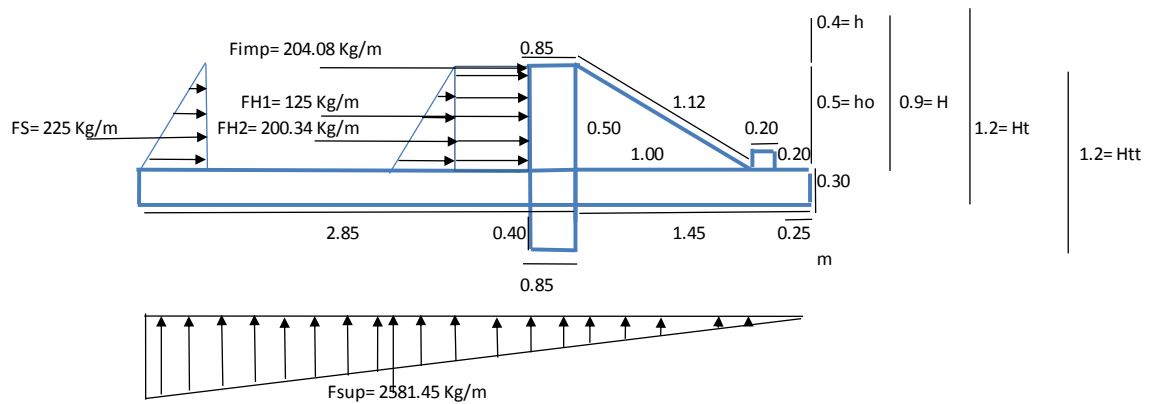
ALTO (H)	0.40 m
LARGO (L)	4.50 m
ESPESOR (t)	0.85 m
d= (t-e)	0.80 m

**Rampa De Salida**

ALTO (H)	0.50 m
ANCHO (T)	4.50 m
BASE (B)	1.00 m
LARGO (L)	1.12 m

**Aletas**

ALTO (H)	1.60 m
LARGO (L)	1.50 m
ESPESOR (t)	0.20 m
d= (t-e)	0.15 m

**5.9.2.4. Fuerzas Actuantes En La Bocatoma****Figura 21. Fuerzas actuantes en la bocatoma.**

### 5.9.2.5. Análisis De Fuerzas Actuantes

Se realiza el análisis de fuerzas actuantes y resistivas de la siguiente manera:

#### Fuerzas Actuantes

- **Fuerza debida a los sedimentos ( $F_s=1800\text{Kg/m}^3$ )**

Utilizando la ecuación 44

$$F_s = (1800 * 0.50^2) / 2)$$

$$F_s = 225 \text{ Kg/m}$$

- **Fuerzas de empuje del agua**

Utilizando la ecuación 45

$$F_{H1} = (1000 * 0.50^2) / 2)$$

$$F_{H1} = 125 \text{ Kg/m}$$

Utilizando la ecuación 46

$$F_{H2} = 1000 * 0.4 * (0.9 - 0.4)$$

$$F_{H2} = 200.34 \text{ Kg/m}$$

- **Fuerza de impacto de sólidos flotantes**

Utilizando la ecuación 47

Se supone que el peso de un árbol que golpea el muro es de 1000 Kg

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$m = 1000 \text{ kg/m} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$m = 102.04 \text{ Kg}$$

$$V = 2 \text{ m/s}$$

$$F_{imp} = (102.04\text{kg} * 2\text{m/s})$$

$$F_{imp} = 204.08 \text{ Kg/m}$$

- **Fuerza por subpresión:**

Utilizando la ecuación 48

$$F_{sup} = (1800 * 1.2 * 4.3) / 2$$

$$F_{sup} = 2581.45 \text{ Kg/m}$$

- **Fuerzas resistivas**

El peso de la estructura se determina por figuras geométricas, así:

$$W1 = (0.3 * 4.3 * 2400) = 3096 \text{ kg}$$

$$W2 = (0.85 * 0.5 * 2400) = 1020 \text{ kg}$$

$$W3 = (0.5 * 1 * 2400) / 2 = 600 \text{ kg}$$

$$W4 = (0.2 * 0.2 * 2400) = 96 \text{ kg}$$

$$W5 = (0.85 * 0.4 * 2400) = 816 \text{ kg}$$

$$W6 \text{ agua} = (2.85 * 0.9 * 1000) = 2566.92 \text{ kg}$$

$$W7 \text{ sedimentos} = (2 * 0.5 * 1800) = 1800 \text{ kg}$$

Para facilitar los posteriores cálculos se elabora la siguiente tabla resumen:

**Tabla 6. Resumen de fuerzas actuantes en bocatoma**

FUERZA	MAGNITUD Kg	BRAZO m	MOMENTO DE VOLCAMIENTO Kg.m	MOMENTO RESISTENTE Kg.m
F imp	204.08	0.80	163.27	
F s	225.00	0.47	105.00	
F H1	125.00	0.47	58.33	
F H2	200.34	0.55	110.19	
	<b>754.42</b>			
F sp	2581.45	2.87	7400.16	
			<b>7836.95</b>	
W1	3096.00	2.15		6656.4
W2	1020.00	1.88		1912.5
W3	600.00	1.12		670
W4	96.00	0.35		33.6
W5	816.00	1.88		1530
Ws	1800.00	2.45		4410
Wa	2566.92	2.88		7379.9088
Wt	<b>9994.92</b>			<b>22592.409</b>

- **Posición de la resultante**

Utilizando la ecuación 49

$$\delta = (22592.41 - 7836.95) / (9994.92 - 2581.45) = 1.99 \text{ m}$$

$$\frac{b}{3} \leq \delta \leq \frac{2b}{3}$$

$$1.43 \leq 1.99 \leq 2.87$$

- **Excentricidad**

Utilizando la ecuación 50

$$e = ((4.3 / 2) - 1.99) = 0.16 \text{ m}$$

- **Verificación del volcamiento:**

Utilizando la ecuación 51

$$F_v = (22592.41) / (7836.95) = 2.88 \text{ m OK}$$

Se cumple la condición, por lo tanto se tiene la seguridad que la estructura no Fallará.

- **Verificación por deslizamiento:**

Utilizando la ecuación 52

$$\mu = \text{Coeficiente de Fricción entre el Hormigón y Roca} = 0.7$$

$$F_s = (0.7 * (9994.92 - 2581.45)) / (754.42) = 6.88 \text{ m OK}$$

Se cumple la condición, por lo tanto se tiene la seguridad que la estructura no Fallará.

- **Verificación por hundimiento:**

Utilizando la ecuación 53. Se utilizó una capacidad admisible del suelo según el estudio geotécnica de 0.9 Kg/cm<sup>2</sup>. Se calcula el esfuerzo máximo

$$G_{\max} = \frac{\sum F'V}{B.L} \left[ 1 \pm \frac{6e}{B} \right]$$

$$G_{max} = ((9994.92 / (4.3 * 4.5)) * ((1 + ((6 * 0.16) / 4.3))))$$

$G_{max} = 631.59 \text{ Kg/m}^2$ . Se realiza el chequeo.

$$9000 \text{ Kg/m}^2 \geq 631.39 \text{ Kg/m}^2 = OK$$

Se cumple la condición, por lo tanto se tiene la seguridad que la estructura no Fallará.

### 5.9.2.6. Diseño Estructural Del Muro Derivador

El ancho de la estructura está delimitado por el ancho del río, el cual para el cálculo y diseño se tomó como 4.5 m.

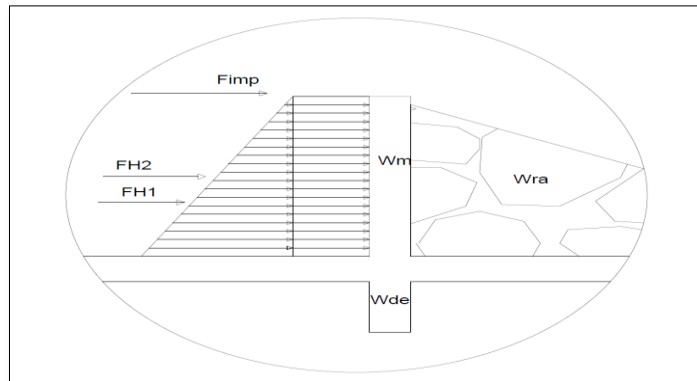


Figura 22. Diseño estructural bocatoma. fuerzas actuantes muro derivador.

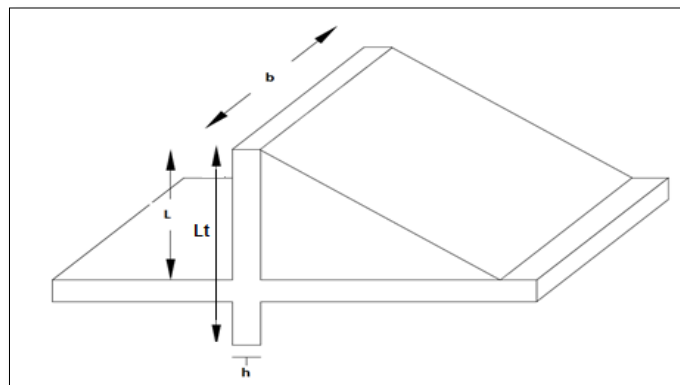


Figura 23. Dimensiones del muro derivador

Dimensiones del muro derivador.

ALTO (L)	0.50 m
LARGO (B)	4.50 m
ESPESOR (t)	0.85 m
d= (t-e)	0.80 m
Lt	1.20 m

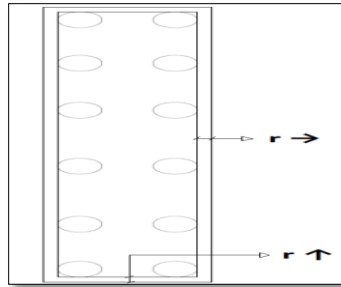


Figura 24. Recubrimiento del acero 0.05 m.

Recubrimiento del Refuerzo (NSR-10 Sec. C.7.7.1).

$$\text{Recubrimiento } \uparrow = 0.05 \text{ m}$$

$$\text{Recubrimiento } \rightarrow = 0.05 \text{ m}$$

- **Calculo de esfuerzos**

$$\sum F'V$$

No debe incluir fuerza de subpresión del agua.

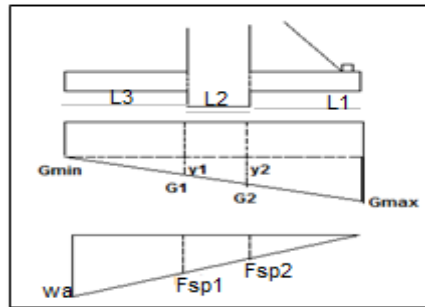


Figura 25. Esfuerzos en la estructura

Utilizando la ecuación 53

$$G_{max} = ((9994.92 / (4.3 * 4.5)) * ((1 + ((6 * 0.16) / 4.3)))$$

$$G_{max} = 631.59 \text{ Kg/m}^2$$

$$G_{min} = ((9994.92 / (4.3 * 4.5)) * ((1 - ((6 * 0.16) / 4.3)))$$

$$G_{min} = 401.47 \text{ Kg/m}^2$$

Realizando una relación de triángulos semejantes se obtienen los valores de Y1, Y2, G1, G2, Fsp1 y Fsp2.

$$\frac{Y1}{(G_{max} - G_{min})} = \frac{L3}{B}, \quad \frac{Y2}{(G_{max} - G_{min})} = \frac{L3 + L2}{B}$$

Reemplazando los datos y despejando Y1 y Y2 se obtiene:

$$Y1 = 107.03 \text{ m} \quad Y2 = 123.09 \text{ m}$$

Se calculan los esfuerzos Fsp1 y Fsp2.

$$\frac{F_{sp1}}{Wa} = \frac{L3 + L2}{B}, \quad \frac{F_{sp2}}{Wa} = \frac{L1}{B}$$

Reemplazando los datos y despejando Fsp1 y Fsp2 se obtiene:

$$F_{sp1} = 1373.01 \text{ Kg/m}^2 \quad F_{sp2} = 865.59 \text{ Kg/m}^2$$

Se calculan los valores de G1 y G2

$$G1 = G_{min} + Y1, \quad G2 = G_{min} + Y2,$$

Reemplazando los datos se obtiene:

$$G1 = 508.51 \text{ Kg/m}^2 \quad G2 = 524.56 \text{ Kg/m}^2$$

### Análisis Estático

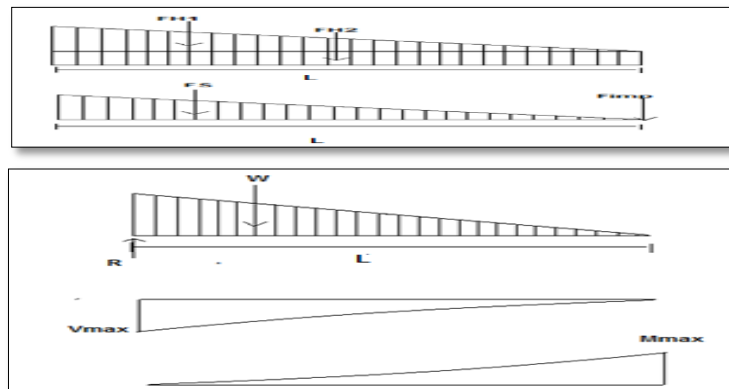


Figura 26. Análisis estático muro derivador.

Tabla 7. Características generales de las barra a utilizar

DESIGNACIÓN DE LA BARRA No	ÁREA SECCIÓN cm <sup>2</sup>	DIÁMETRO EN Pulg	DIÁMETRO cm
2	0,32	1/4	0.64
3	0,71	3/8	0.95
4	1,29	1/2	1.27
5	2,00	5/8	1.59
6	2,84	3/4	1.91
7	3,87	7/8	2.22
8	5,10	1	2.54
9	6,45	1-1/8	2.87
10	8,19	1-1/4	3.23
11	10,06	1-3/8	3.58
12	11,40	1 1/2	3,81
14	14,52	1-3/4	4.30
18	25,78	2-1/4	5.73

- Resultados para la fuerza de sedimentos Fs

$$R = W = F_s = 225 \text{ Kg/m}$$

$$V_x = W * L = 225 * 1 = 225 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = (V * L) / 3 = (225 * 0.50) / 3 = 37.5 \text{ kg.m}$$

- Resultados para la fuerza FH1

$$R = W = F_{H1} = 125 \text{ Kg/m}$$

$$V_x = W * L = 125 * 1 = 125 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = (V * L) / 3 = (125 * 0.50) / 3 = 20.83 \text{ kg.m}$$

- Resultados para la fuerza FH2

$$R = W = F_{H2} = 200.34 \text{ Kg/m}$$

$$V_x = W * L = 200.34 * 1 = 200.34 \text{ kg}$$



$$M_{max} = (V * L^2) / 2 = (200.34 * 0.50^2) / 2 = 25.04 \text{ kg.m}$$

- Resultados para la fuerza puntual Fimp

$$R = P = F_{imp} = 204.08 \text{ Kg/m}$$

$$V_x = W * L = 204.08 * 1 = 204.08 \text{ kg}$$

$$M_{max} = P * L = (204.08 * 0.9) / 3 = 183.81 \text{ kg.m}$$

$$\text{Total cortante en la cara critica} = \sum V = 754.42 \text{ kg} = 7.39 \text{KN}$$

$$\text{Total Momentos en la cara critica} = \sum M = 167.14 \text{ kg. m} = 1.64 \text{ KN. m}$$

$$\text{Diseño a flexión utilizando la ecuación 58} \quad K = \frac{M_u}{bd^2}$$

$$M_u = Kbd^2$$

$$K = 1.64 / (1 * 0.15^2) \text{ KN/m}^2$$

Se realiza el cálculo del a cuantía a utilizar, utilizando la ecuación 54

Reemplazando los valores en las ecuaciones ecuación 55, 56 y 57.

a	b	c
-75269.25	23625	-1.64

Por lo tanto la cuantía calculada será:

$$\rho = \frac{-75269.25 + \sqrt{(-75269.25)^2 - (4 * (-75269.25) * (-1.64))}}{(2 * (-75269.25))} = 1.9316E-04$$

Se tiene en cuenta todas las posibles opciones para obtener el  $\rho$ , con el fin de llegar a obtener la cuantía de acero óptima para el diseño.

Se realiza un chequeo para identificar qué cuantía se debe utilizar.

$$\text{si la } \rho_{calculada} \leq \rho_{minima} = \text{utilizar cuantia minima}$$

$$\text{si la } \rho_{calculada} \geq \rho_{minima} = \text{utilizar cuantia calculada}$$

$$\text{Cuantía calculada } 1.9316E-04$$

Cuantía de diseño: 0.003 usar cuantía min

Se realiza el cálculo de la cantidad de acero principal por m lineal

$$As = \rho \times b \times d = 0.003 \times 1000 \times 150 = 600.00 \text{ mm}^2 \text{ As} = 6.00 \text{ cm}^2$$

Calculo de cantidad de varillas:  $As/A_{\text{barra}} = 6\text{cm}^2/1.29 \text{ cm}^2 = 4.65 = 5$  varillas

Calculo del espaciamiento entre varillas:  $1/\# \text{ varillas} = 1 \text{ m}/ 4.65 = 0.213 = 0.20 \text{ m}$

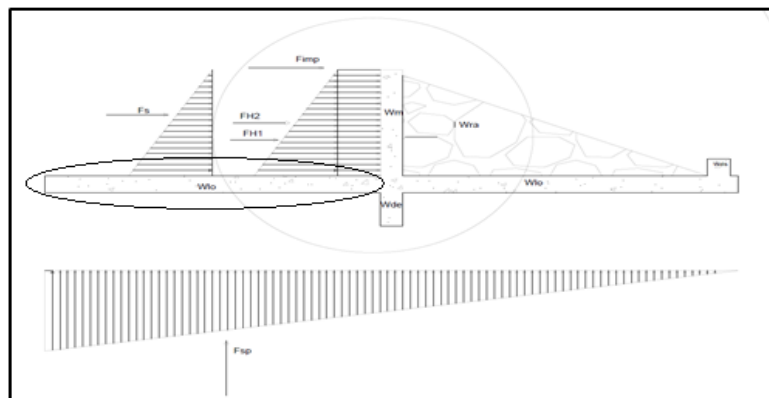
La cuantía utilizada para el cálculo del acero por retracción y temperatura se utilizara cuantía mínima de 0.003

$$Ast = \rho_{\text{min}} \times b \times d = 0.003 \times 1000 \times 200 = 600 \text{ mm}^2 = 6.0 \text{ cm}^2$$

**Tabla 8. Distribución del acero principal, retracción y temperatura del muro derivador**

<b>Muro Derivador Acero Principal</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	5.00	0.20 m	6.45
Para una cara	4.00	1/2	1.29	3.00	0.20 m	3.87
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	6.00	0.20 m	7.74
<b>Muro Derivador Acero Temperatura</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	5.00	0.20 m	6.45
Para una cara	4.00	1/2	1.29	23.00	0.20 m	29.67
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	46.00	0.20 m	59.34

### 5.9.2.7. Diseño Estructural Placa De Fondo 1



**Figura 27. Fuerzas actuantes en placa de fondo 1**

Dimensiones del elemento

ANCHO (B)	4.50 m
LARGO (La)	2.85 m
ESPESOR (h)	0.30 m
d= (h-e)	0.25 m

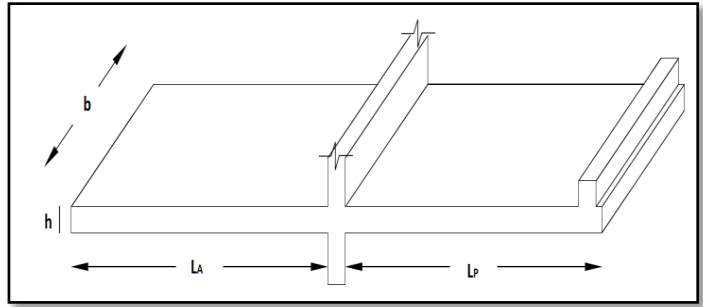


Figura 28. Dimensiones de la placa de fondo 1

Recubrimiento del Refuerzo (NSR-10 Sec. C.7.7.1).

Recubrimiento  $\uparrow$  = 0.05 m

Recubrimiento  $\rightarrow$  = 0.05 m

### Análisis Estático

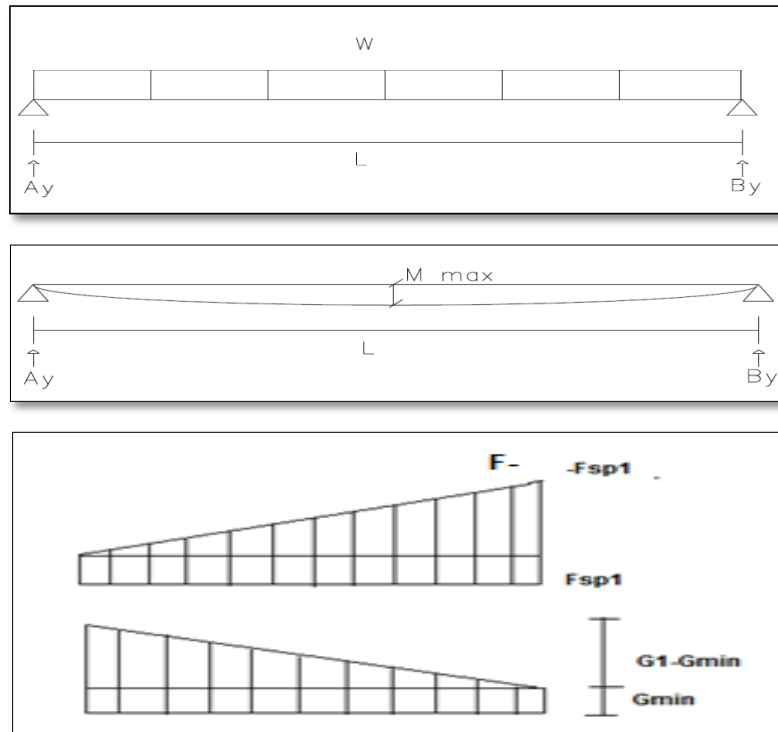


Figura 29. Análisis estático de la placa de fondo anterior.

- Resultados para Gmin

$$V_x = W * L = G_{min} * L = 401.4 * 2.85 = 1143.99 \text{ kg}$$

$$M_{max} = (W * L^2) / 2 = (401.4 * 2.85^2) / 2 = 1630.19 \text{ kg.m}$$

- Resultados para Fsp1

$$V_x = W * L = F_{sp1} * L = 480.52 * 2.85 = 1369.49 \text{ kg}$$

$$M_{max} = (W * L^2) / 2 = (480.52 * 2.85^2) / 2 = 1951.53 \text{ kg.m}$$

- Resultados para esfuerzo puntual - esfuerzo mínimo

$$V_x = (W * L) / 2 = ((G_1 - G_{min}) * L) / 2 = ((508.51 - 401.4) * 2.85) / 2 = 152.63 \text{ kg.m}$$

$$M_{max} = (W * L^2) / 3 = ((G_1 - G_{min}) * L^2) / 3$$

$$M_{max} = ((508.51 - 401.4) * 2.85^2) / 3 = 289.99 \text{ kg.m}$$

- Resultados para 2567 - Fsp1

$$V_x = (W * L) / 2 = ((2567 - F_{sp1}) * L) / 2 = ((2567 - 480.52) * 2.85) / 2 = 1345.9 \text{ kg.m}$$

$$M_{max} = (2 * V * L) / 3 = (2 * 2973.2 * 2.85) / 3 = 5649.14 \text{ kg.m}$$

Total cortante en la cara critica                      4011.89 kg = 39.32 KN

Total Momentos en la cara critica                      9520.76 kg.m = 93.3 KN.m

$$K = \frac{M_u}{bd^2}$$

Diseño a flexión utilizando la ecuación 58

$$M_u = Kbd^2$$

$$K = 93.3 / (1 * 0.25^2) \text{ KN/m}^2$$

Se encuentran los valores de a, b y c para hallar la cuantía de la ecuación 54

a	b	c
-75269.25	23625	-93.3

Se tiene en cuenta todas las posibles opciones para obtener el  $\rho$ , con el fin de llegar a obtener la cuantía de acero óptima para el diseño.

Se diseña por metro lineal cada elemento, luego  $b=1.0m$

Por lo tanto la cuantía calculada será:

Cuantía calculada 0.00399

Cuantía de diseño: 0.00399 usar cuantía calculada

Se realiza el cálculo de la cantidad de acero principal por m lineal

$$As = \rho \times b \times d = 0.00399 \times 1000 \times 250 = 996.79 \text{ mm}^2, As = 9.97 \text{ cm}^2$$

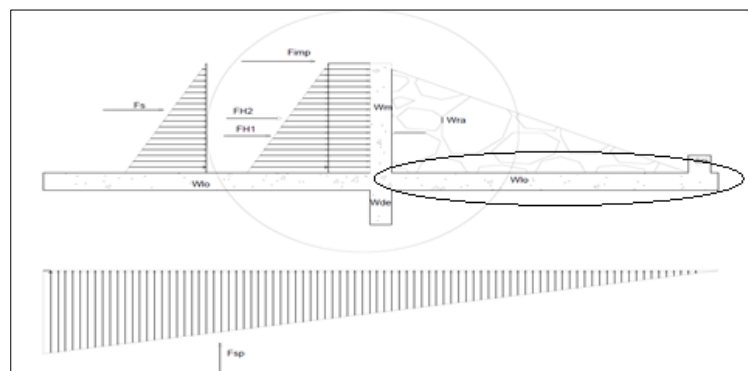
La cuantía utilizada para el cálculo del acero por retracción y temperatura se utilizara cuantía mínima de 0.003, según C23-C7.12.2.1

$$Ast = \rho_{min} \times b \times d = 0.003 \times 1000 \times 300 = 900 \text{ mm}^2 = 9.0 \text{ cm}^2$$

**Tabla 9. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en la placa de fondo 1**

Placa Fondo 1 Acero Principal	#	barra	Área cm <sup>2</sup>	cant	cada @	AS cm <sup>2</sup>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	8.00	0.13 m	10.32
Para una cara	4.00	1/2	1.29	23.00	0.13 m	29.67
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	46.00	0.13 m	59.34
Placa Fondo 1 Acero Temperatura	#	barra	Área cm <sup>2</sup>	cant	cada @	AS cm <sup>2</sup>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	7.00	0.15 m	9.03
Para una cara	4.00	1/2	1.29	32.00	0.15 m	41.28
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	64.00	0.15 m	82.56

### 5.9.2.8. Diseño Estructural Placa De Fondo 2



**Figura 30. Fuerzas actuantes placa de fondo 2.**

### Dimensiones del elemento

ANCHO (B)	4.50 m
LARGO (Lp)	1.45 m
ESPESOR (t)	0.30 m
d= (t-e)	0.25 m

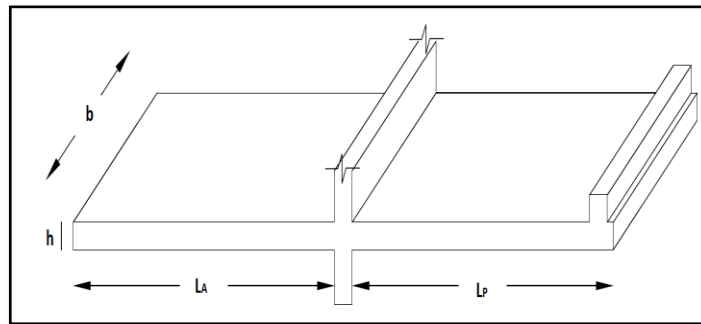


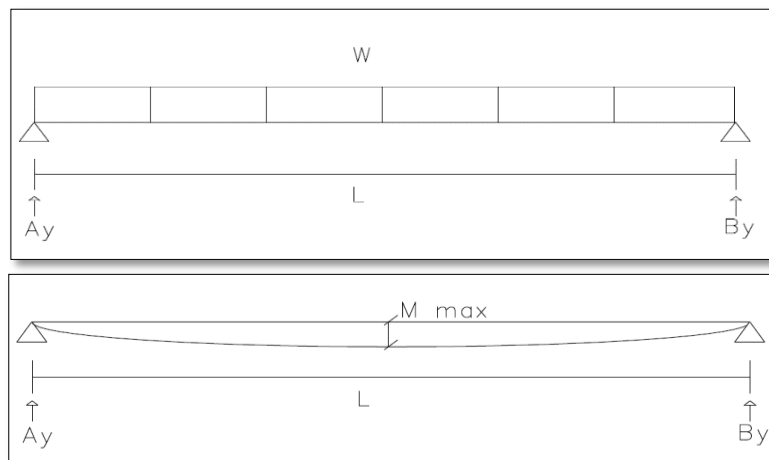
Figura 31. Dimensiones del elemento de la placa de fondo 2.

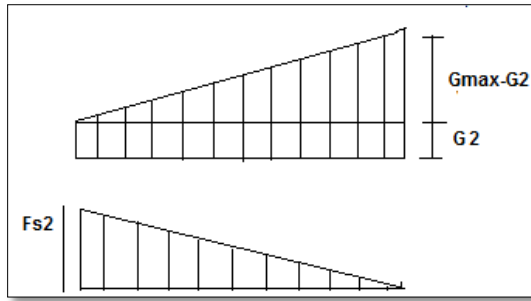
### Recubrimiento del Refuerzo (NSR-10 Sec. C.7.7.1).

Recubrimiento  $\uparrow$  = 0.05 m

Recubrimiento  $\rightarrow$  = 0.05 m

### Análisis Estático





**Figura 32. Análisis estático de la placa de fondo 2.**

- Resultados para G2

$$V_x = W * L = G2 * L = 524.56 * 1.45 = 760.61 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = (W * L^2) / 2 = (524.56 * 1.45^2) / 2 = 551.44 \text{ kg.m}$$

- Resultados para Fsp2

$$V_x = W * L = F_{sp2} * L = 198.84 * 1.45 = 288.31 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = (V * L) / 3 = (288.31 * 1.45) / 3 = 139.35 \text{ kg.m}$$

- Resultados para Gmax-G2

$$V_x = (W * L) / 2 = ((G_{\max} - G2) * L) / 2 = ((631.5 - 524.56) * 1.45) / 2 = 77.53 \text{ kg.m}$$

$$M_{\max} = (2 * W * L) / 3 = (2 * V * L) / 3 = (2 * 77.53 * 1.45) / 3 = 74.95 \text{ kg.m}$$

Total cortante en la cara crítica                      1125.92 kg = 11.03 KN

Total Momentos en la cara crítica                      765.74 kg.m = 7.5 KN.m

Diseño a flexión

$$K = \frac{M_u}{bd^2}$$

Utilizando la ecuación 58

$$M_U = Kbd^2, \quad K = 7.5 / (1 * 0.25^2) \text{ KN/m}^2$$

Se encuentran los valores de a, b y c para hallar la cuantía con la ecuación 54

a	b	c
-75269.25	23625	-7.5

Se tiene en cuenta todas las posibles opciones para obtener el  $\rho$ , con el fin de llegar a obtener la cuantía de acero óptima para el diseño.

Se diseña por metro lineal cada elemento, luego  $b=1.0\text{m}$

Cuantía calculada 0.00032

Cuantía de diseño: 0.00300 usar cuantía min

Se realiza el cálculo de la cantidad de acero principal por m lineal

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0030 \times 1000 \times 250 = 750 \text{ mm}^2, A_s = 7.5 \text{ cm}^2$$

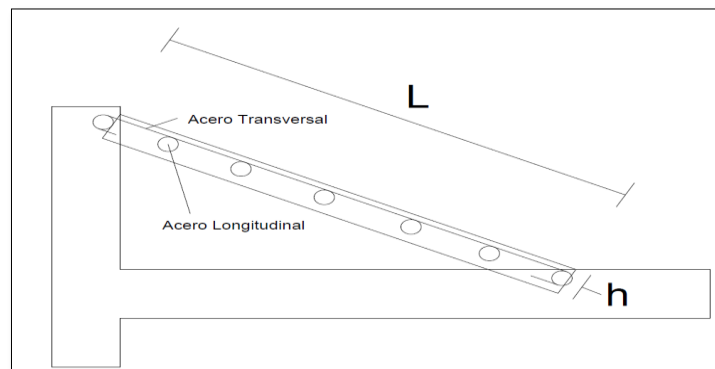
La cuantía utilizada para el cálculo del acero por retracción y temperatura se utilizara cuantía mínima de 0.003, según C23-C7.12.2.1

$$A_{st} = \rho_{min} \times b \times d = 0.003 \times 1000 \times 300 = 900 \text{ mm}^2 = 9.0 \text{ cm}^2$$

**Tabla 10. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en la placa de fondo 2**

Placa Fondo Acero Principal	#	barra	Área cm <sup>2</sup>	cant	cada @	AS cm <sup>2</sup>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	6.00	0.18 m	7.74
Para una cara	4.00	1/2	1.29	9.00	0.18 m	11.61
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	18.00	0.18 m	
Placa Fondo Acero Temperatura	#	barra	Área cm <sup>2</sup>	cant	cada @	AS cm <sup>2</sup>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	7.00	0.15 m	9.03
Para una cara	4.00	1/2	1.29	32.00	0.15 m	41.28
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	64.00	0.15 m	82.56

### 5.9.2.9. Diseño Estructural Rampa De Salida



**Figura 33. Rampa de salida.**



### Dimensiones del elemento

ALTO (H) 0.50 m

ANCHO (T) 4.50 m

BASE (B) 1.00 m

H/2 0.25 m

LARGO (L) 1.12 m

### Recubrimiento del Refuerzo (NSR-10 Sec. C.7.7.1).

Recubrimiento  $\uparrow$  = 0.05 m

Recubrimiento  $\rightarrow$  = 0.05 m

En la sección inclinada de la rampa de salida aguas abajo, es necesario colocarle refuerzo por retracción y temperatura en ambas direcciones y esta sección puede ser rellena con concreto ciclópeo. Por tal razón se usara se utilizara cuantía mínima de 0.003, según C23-C7.12.2.1

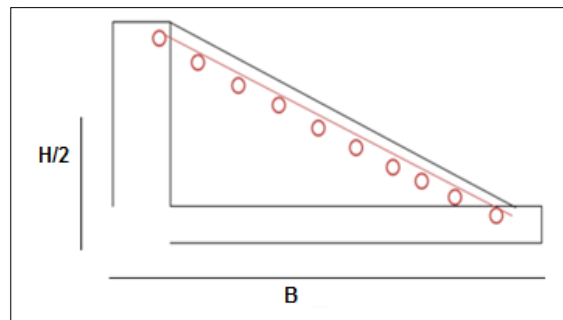


Figura 34. Distribución del acero en la rampa de salida

Cuantía de diseño: 0.00300 usar cuantía min

Para el refuerzo longitudinal

Cantidad de acero por m lineal

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.003 \times 1000 \times 250 = 750.00 \text{ mm}^2 = 7.50 \text{ cm}^2$$

**Tabla 11. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en la rampa de salida**

<b>Rampa Acero Principal</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	6.00	0.18 m	7.74
Para una cara	4.00	1/2	1.29	7.00	0.18 m	9.03
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	14.00	0.18 m	18.06
<b>Rampa Acero Temperatura</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	6.00	0.18 m	7.74
Para una cara	4.00	1/2	1.29	27.00	0.18 m	34.83
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	54.00	0.18 m	69.66

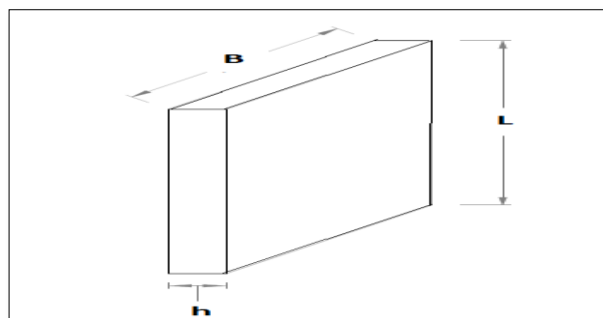
### 5.9.2.10. Diseño Estructural Del Muro Lateral



**Figura 35. Vista en planta muro lateral**

Dimensiones del elemento

ALTO (L)	1.60	m
LARGO (B)	4.30	m
ESPESOR (h)	0.20	m
d= (t-e)	0.15	m



**Figura 36. Dimensiones muro lateral**

$H_{\text{muros}} = 0.70 \text{ m} + \text{espesor placa de fondo} + \text{altura dique} = 0.7 + 0.3 + 0.6 = 1.6 \text{ m}$

Recubrimiento del Refuerzo (NSR-10 Sec. C.7.7.1).

Recubrimiento  $\uparrow$  = 0.05 m

Recubrimiento  $\rightarrow$  = 0.05 m

## ANALISIS ESTATICO MUROS LONGITUDINALES

Cara externa

Coeficiente de fricción 0.33

$$FH2 = (\gamma_s \times h^2 \times 0.33) / 2 = (18 \times 1.6^2 \times 0.33) / 2 = 7.60 \text{ KN/m}$$

Mayoración de cargas según NSR-10, Título B. B.2.4.2

40% de mayoración a la carga muerta, y 70% de mayoración a la carga viva.

1.4 D + 1.7 L , Al mayorar la carga se obtiene

$$FH2 = 1.4 \times 7.60 = 10.64 \text{ KN/m}$$

$$M_{ext} = FH2 \times h / 3 = 10.64 \times 1.6 / 3 = 5.68 \text{ KN.m}$$

Cara interna

Coeficiente de fricción 0.33

$$FH2 = (\gamma_s \times h^2 \times 0.33) / 2 = 7.60 \text{ KN/m}$$

$$FH1 = (\gamma_w \times h^2) / 2 = (10 \times 1.6^2) / 2 = 12.80 \text{ KN/m}$$

Mayoración de cargas según NSR-10, Título B. B.2.4.2

40% de mayoración a la carga muerta, y 70% de mayoración a la carga viva.

$$FH2 = 7.60 \times 1.4 = 10.64 \text{ KN/m}$$

$$FH1 = 12.80 \times 1.7 = 21.76 \text{ KN/m}$$

$$FH_t = FH2 + FH1 = 32.40$$

$$M_{ext} = FH_t \times h / 3 = 32.40 \times 1.6 / 3 = 17.28 \text{ KN.m}$$

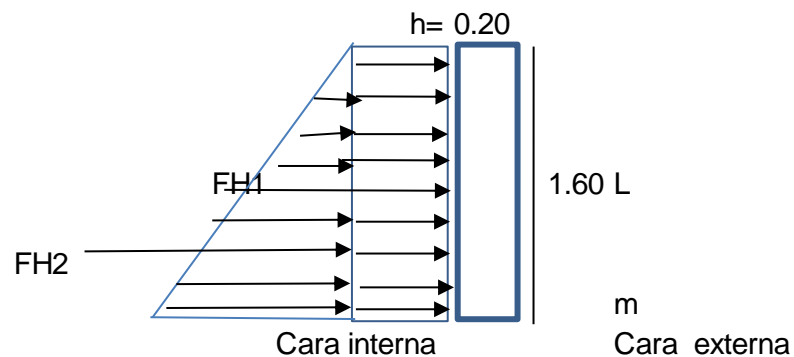


Figura 37. Fuerzas actuantes en el muro longitudinal

Momento de diseño: 17.28 KN-m

Diseño a flexión utilizando la ecuación 58 
$$K = \frac{M_u}{bd^2}$$

$$M_U = Kbd^2$$

$$K = 17.28/(1 \cdot 0.15^2) \text{ KN/m}^2$$

Se encuentran los valores de a, b y c para hallar la cuantía con la ecuación 54

a	b	c
-75269.25	8505	-7.9

Se tiene en cuenta todas las posibles opciones para obtener el  $\rho$ , con el fin de llegar a obtener la cuantía de acero óptima para el diseño.

Se diseña por metro lineal cada elemento, luego  $b=1.0\text{m}$

Cuantía calculada 0.00207

Cuantía de diseño: 0.00300 usar cuantía min

Se realiza el cálculo de la cantidad de acero principal por m lineal

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0030 \cdot 1000 \cdot 150 = 450 \text{ mm}^2 \quad A_s = 4.5 \text{ cm}^2$$

La cuantía utilizada para el cálculo del acero por retracción y temperatura se utilizara cuantía mínima de 0.003, según C23-C7.12.2.1

$$A_{st} = \rho_{min} \times b \times d = 0.003 \cdot 1000 \cdot 200 = 600 \text{ mm}^2 = 6.0 \text{ cm}^2$$

**Tabla 12. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en el muro longitudinal**

Muro Lateral Acero Principal	#	barra	Área cm <sup>2</sup>	cant	cada @	AS cm <sup>2</sup>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	4.00	0.25 m	5.16
Para una cara	4.00	1/2	1.29	5.00	0.25 m	6.45
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	10.00	0.25 m	12.9
Muro Lateral Acero Temperatura	#	barra	Área cm <sup>2</sup>	cant	cada @	AS cm <sup>2</sup>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	5.00	0.20 m	6.45
Para una cara	4.00	1/2	1.29	22.00	0.20 m	28.38
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	44.00	0.20 m	56.76

### 5.9.2.11. Diseño Estructural Muro Disipador De Energía

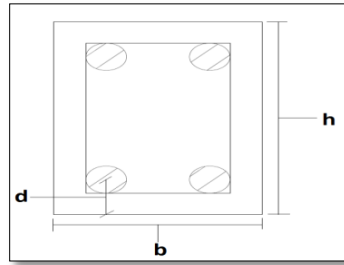


Figura 38. Dimensiones del muro disipador de energía

Dimensiones del elemento

ALTO (H)            0.20 m

LARGO (L)           4.50 m

ESPESOR (B)        0.20 m

d= (t-e)             0.15 m

Zona confinamiento 2h    0.4 m

Zona luz            3.7 m

Recubrimiento del Refuerzo (NSR-10 Sec. C.7.7.1).

Recubrimiento ↑ =            0.05 m

Recubrimiento → =           0.05 m

Análisis estático

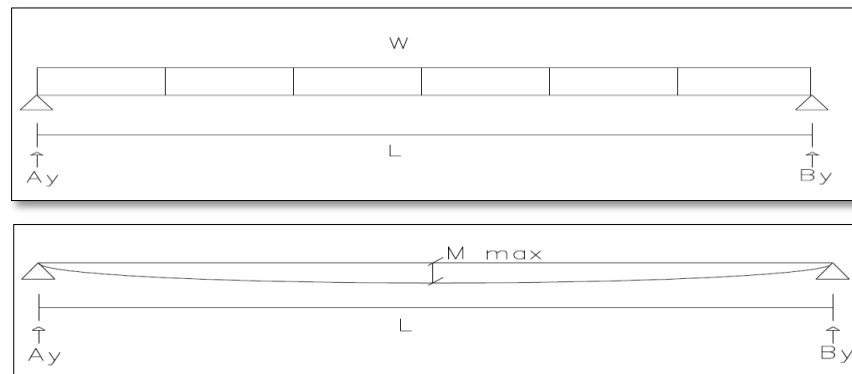


Figura 39. Análisis estático muro disipador de energía

Carga muerta peso propio  $W = p_c \times t \times L = 24 \times 0.2 \times 0.2 = 0.96$  KN/m  
 Carga viva sobrecarga  $W = \gamma_w \times L \times H = 10 \times 0.9 \times 0.2 = 1.4$  KN/m

Mayoración de cargas según NSR-10, Título B. B.2.4.2

40% de mayoración a la carga muerta, y 70% de mayoración a la carga viva.

Carga muerta peso propio  $= 0.96 \times 1.4 = 1.34$  KN/m

Carga viva sobrecarga  $= 1.4 \times 1.7 = 2.38$  KN/m

$W_t = \text{carga muerta} + \text{carga viva} = 3.72$  KN/m

$M_{ext} = W_t \times L^2 / 8 = 3.72 \times 4.5^2 / 8 = 9.43$  KN.m

$$K = \frac{M_u}{bd^2}$$

Diseño a flexión utilizando la ecuación 58

$M_U = Kbd^2$ ,  $K = 9.43 / (1 \times 0.15^2)$  KN/m<sup>2</sup>

Se encuentran los valores de a, b y c para hallar la cuantía con la ecuación 54

a	b	c
-75269.25	8505	-9.42

Se tiene en cuenta todas las posibles opciones para obtener el  $\rho$ , con el fin de llegar a obtener la cuantía de acero óptima para el diseño.

Se diseña por metro lineal cada elemento, luego  $b = 1.0$ m

Cuantía calculada 0.00112

Cuantía de diseño: 0.00300 usar cuantía min

Se realiza el cálculo de la cantidad de acero principal por m lineal

$A_s = \rho \times b \times d = 0.0030 \times 200 \times 150 = 90$  mm<sup>2</sup>,  $A_s = 0.90$  cm<sup>2</sup>

**Tabla 13. Distribución de los aceros principales, estivos confinamiento y luz muro disipador**

Muro Disipador Acero Principal	#	barra	Área cm <sup>2</sup>	cant	cada @	AS cm <sup>2</sup>
para una cara	4.00	1/2	1.29	1.00	0.10	1.29
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	2.00	0.10	2.58
Muro Disipador Acero estribos	#	barra	Área cm <sup>2</sup>	cant	cada @	AS cm <sup>2</sup>
Zona de confinamiento	4.00	1/2	1.29	8.00	0.10	10.32
Zona centro de la luz	4.00	1/2	1.29	18.50	0.20	23.865



**Figura 40. Longitud de confinamiento y sección del muro dissipador**

Calculo de la longitud de confinamiento utilizando la ecuación 61

$$\text{longitud de confinamiento} = 2h = 2 * 0.2 = 0.4 \text{ m}$$

Calculo del espaciamiento de los flejes o estribos utilizando la ecuación 62 y 63

$$\text{En zonas de confinamiento, } S1 = d/4 = 0.2/4 = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{En zonas de luz, } S2 = d/2 = 0.2/2 = 0.2 \text{ m}$$

Cabe aclarar que como mínimo de deben colocar 4 varillas en este tipo de elementos. Pues su comportamiento es similar al de una viga.

### 5.9.2.12. Diseño Estructural Dentellón O Llave

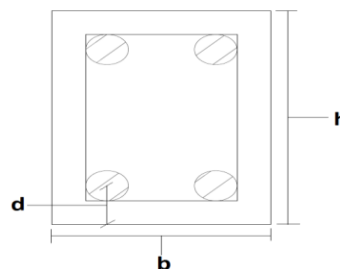
Dimensión del elemento

ALTO (H) 0.40 m

LARGO (L) 4.50 m

ESPESOR (t) 0.85 m

d= (t-e) 0.80 m



**Figura 41. Dimensiones del dentellón**

Análisis estático dentellón

Cara externa

Coeficiente de fricción 0.33

$$FH2 = (\gamma_s \times h^2 \times 0.33) / 2 = 18 \times 0.5^2 \times 0.33 / 2 = 47.52 \text{ KN/m}$$

Mayoración de cargas según NSR-10, Título B. B.2.4.2

40% de mayoración a la carga muerta, y 70% de mayoración a la carga viva.

$$FH2 = 47.52 \times 1.4 = 66.54 \text{ KN/m}$$

$$M_{ext} = FH \times h / 3 = 8.87 \text{ KN.m}$$

Diseño a flexión utilizando la ecuación 58

$$K = \frac{M_u}{bd^2}$$

$$M_u = Kbd^2$$

$$K = 8.87 / (1 \times 0.15^2) \text{ KN/m}^2$$

Se encuentran los valores de a, b y c para hallar la cuantía con la ecuación 54

a	b	c
-75269.25	8505	-8.87

Se tiene en cuenta todas las posibles opciones para obtener el  $\rho$ , con el fin de llegar a obtener la cuantía de acero óptima para el diseño.

Se diseña por metro lineal cada elemento, luego  $b=1.0\text{m}$

Cuantía calculada 0.00112

Cuantía de diseño: 0.00300 usar cuantía min

Se realiza el cálculo de la cantidad de acero principal por m lineal

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0030 \times 100 \times 150 = 450 \text{ mm}^2, A_s = 4.5 \text{ cm}^2$$

La cuantía utilizada para el cálculo del acero por retracción y temperatura se utilizara cuantía mínima de 0.003, según C23-C7.12.2.1

$$A_{st} = \rho_{min} \times b \times d = 0.003 \times 1000 \times 200 = 600 \text{ mm}^2 = 6.0 \text{ cm}^2$$



**Tabla 14. Distribución de los aceros principal, retracción y temperatura dentellón**

<b>Dentellón Acero Principal</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	4.00	0.25 m	5.16
Para una cara	4.00	1/2	1.29	2.00	0.25 m	2.58
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	4.00	0.25 m	5.16
<b>Dentellón Acero Temperatura</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	5.00	0.20 m	6.45
Para una cara	4.00	1/2	1.29	23.00	0.20 m	29.67
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	46.00	0.20 m	59.34

El muro dique puede suministrar el acero para el dentello, por lo tanto puede llevar la misma distribución de aceros principal y retracción.

### 5.9.2.13. Diseño De La Cámara Derivadora

Donde el refuerzo a flexión se extiende en una sola dirección, se debe colocar refuerzo normal al refuerzo a flexión para resistir los esfuerzos debidos a retracción y temperatura en las dos direcciones.

Acero por retracción y Temperatura

$$A_{st} = \rho_{min} \times b \times d = 0.003 \times 1000 \times 450 \text{ mm}^2 = 1350 \text{ mm}^2 = 13.5 \text{ cm}^2$$

**Tabla 15. Distribución del acero en la cámara derivadora**

<b>Acero principal y Temperatura</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	4.00	0.25	5.16
Para una cara	4.00	1/2	1.29	4.00	0.25	5.16
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	8.00	0.25	10.32

### 5.9.2.14. Resumen De Refuerzo En La Estructura Bocatoma

**Tabla 16. Distribución del acero principal, retracción y temperatura de la bocatoma**

<b>Elemento</b>	<b>Acero Principal</b>	<b>Acero Retracción y Temperatura</b>
MURO DERIVADOR	5 Barra Ø1/2 cada 0.20 m	5 Barra Ø1/2 cada 0.20 m
PLACA ANTERIOR	8 Barra Ø1/2 cada 0.13 m	7 Barra Ø1/2 cada 0.15 m
PLACA POSTERIOR	6 Barra Ø1/2 cada 0.18 m	7 Barra Ø1/2 cada 0.15 m
RAMPA DE SALIDA	6 Barra Ø1/2 cada 0.18 m	6 Barra Ø1/2 cada 0.18 m
MURO LATERAL	4 Barra Ø1/2 cada 0.25 m	5 Barra Ø1/2 cada 0.20 m
MURO DISIPADOR	2 Barra Ø1/2 cada 0.10 m	2 Barra Ø1/2 cada 0.10 m
DENTELLON O LLAVE	4 Barra Ø1/2 cada 0.20 m	4 Barra Ø1/2 cada 0.20 m
CAMARA DERIVADORA	4 Barra Ø1/2 cada 0.25 m	4 Barra Ø1/2 cada 0.20 m

### 5.9.3. Diseño Hidráulico Desarenador Soque

Con el fin de evitar problemas de sedimentación y obstrucción en las líneas de conducción del Distrito de Riego; se ha proyectado la construcción de un desarenador tipo convencional para cada la fuente hídrica sosque del proyecto.

El desarenador de la quebrada Sosque se localizará en las coordenada este: 1147646.011 y norte: 1143659.058 con cota: 3176.090 m y un caudal de diseño de 55 lps.

#### 5.9.3.1. Condiciones De Diseño Del Desarenador

Tabla 17. Condiciones de diseño desarenador quebrada Sosque

<i>Caudal de Diseño Q (LPS, m3/s)</i>	55
	0,055
<i>Diámetro de Partículas a Remover (mm)</i>	0.105
<i>Grado de Remoción (%)</i>	87.5
<i>Temperatura (°C)</i>	8
<i>Grado de Desarenador (n)</i>	3
<i>Relación Longitud – Ancho</i>	3

#### 5.9.3.2. Cálculos Generales

- **Calculo de la viscosidad del agua a T °C**

Viscosidad del Agua a 10 °C,  $\mu_{10\text{ °C}} = 0.0131$ , utilizando la ecuación 25

$$\mu_{8\text{ °C}} = 0.0131 \frac{33.3}{8\text{ °C} + 23.3}$$

$$\mu_{8\text{ °C}} = 0.0139$$

Viscosidad del Agua a 8 °C,  $\mu_{8\text{ °C}} = 0.0139 \text{ cm}^2/\text{s}$

- **Calculo de la Velocidad de sedimentación de la partícula  $V_s$  a T °C Según Stokes**

Utilizando la ecuación 26

$$V_s = \frac{981 \text{ cm/s}^2}{8^\circ\text{C}} \times \frac{(2.65 \text{ g/cm}^3 - 1 \text{ g/cm}^3)}{0.0139 \text{ cm}^2/\text{s}} \times (0.0105 \text{ cm})^2$$

$$V_s = 1.60 \text{ cm/s}$$

- **Calculo de la Velocidad de Sedimentación Vs a T °C Según Allen Hazen**

**Tabla 18. Relación entre Diámetro de Partículas y Velocidad de Sedimentación**

MATERIAL	Φ DE PARTICULAS LIMITE (cm)	NUMERO DE REYNOLDS	VELOCIDAD DE SEDIMENTACION (cm/s)	REGIMEN	LEY APLICADA
Grava	1	> 10000	100	Transición	Newton
Arena Gruesa y Media	0.1	≈1000	10	Transición	Allen
	0.08	≈660	8.3	Transición	
	0.05	≈380	6.3	Transición	
	0.05	≈27	5.3	Transición	
	0.04	≈17	4.2	Transición	
	0.03	≈10	3.2	Transición	
	0.02	≈4	2.1	Transición	
	0.015	≈2	1.5	Transición	
Arena Fina	0.01	≈0.8	0.8	Laminar	Stokes
	0.008	≈0.5	0.6	Laminar	
	0.006	≈0.24	0.4	Laminar	
	0.005	<1	0.3	Laminar	
	0.004	<1	0.2	Laminar	
	0.003	<1	0.13	Laminar	
	0.002	<1	0.06	Laminar	
	0.001	<1	0.015	Laminar	
La Velocidad de la Tabla está dada para Arenas de Peso Específico = 2.65 y en agua con Temperatura = 10 ° C					

**Fuente:** (Corcho & Duque, 1993)

Según Tabla 26 Para  $T = 10^{\circ}\text{C}$  y Diámetro de la Partícula  $0.0105\text{ cm}$ :

Se realiza una interpolación lineal entre los datos de la tabla para encontrar el valor de velocidad de sedimentación.

- **Velocidad de Sedimentación** =  $0.87\text{ cm/s}$

Se calcula la velocidad de sedimentación según Stokes dada en la ecuación 25:

$$V_{S8^{\circ}\text{C}} = 0.87\text{ cm/s} \frac{8^{\circ}\text{C} + 23.3}{33.3}$$

$$V_{S8^{\circ}\text{C}} = 0.82\text{ cm/s}$$

Velocidad de Sedimentación  $V_s$  a  $8^{\circ}\text{C} = 0.82\text{ cm/s}$

Se toma un valor promedio para la velocidad de sedimentación, según la ecuación 27:

$$V_{S8^{\circ}\text{C}} = \frac{1.60\text{ cm/s} + 0.82\text{ cm/s}}{2}$$

$$V_{S8^{\circ}\text{C}} = 1.21\text{ cm/s}$$

Se asume una profundidad útil para el Desarenador  $H = 1.5\text{ m}$

El espesor escogido para todos los muros =  $0.2\text{ m}$

Se calcula el tiempo de caída de la partícula a sedimentar

- **Tiempo que demora la partícula en caer al fondo**

Utilizando la ecuación 28

$$t = \frac{1.5\text{ m}}{1.21\text{ cm/s}}$$

$$t = 124\text{ s}$$

- **Calculo del tiempo de retención “a”**

La tabla 19, muestra la relación de a/t para un depósito con buenos deflectores (grado 3 del desarenador) y grado de remoción de 87.5% se tiene que:

**Tabla 19. Relación de a/t**

Valores de a/t			
Condiciones	Remoción 50%	Remoción 75%	Remoción 87,5%
Máximo Teórico	0.500	0.750	0.875
Depósitos con muy buenos deflectores	0.730	1.520	2.370
Depósitos con buenos deflectores	0.760	1.660	2.750
Deposito con deficientes deflectores o sin ellos	1.000	3.000	7.000

Con un grado de remoción de 87.5% y buenos deflectores se tiene que:

$$a/t = 2.75$$

Donde:

a = Periodo de Retención

t = Tiempo de sedimentación

- **El periodo de retención es:**

$$a = 2.75 * t$$

$$a = 2.75 * 124 s$$

$$a = 341 s = 5.7 \text{ min} = 0.095 \text{ h}$$

- **Calculo de la capacidad del desarenador “C”**

Utilizando la ecuación 29

$$C = 0.055 \text{ m}^3/s \times 341 s$$

$$C = 18.76 \text{ m}^3$$

- **Calculo de la superficie del desarenador perteneciente a la zona de sedimentación “As”**

Utilizando la ecuación 30

$$A_s = \frac{18.76 m^3}{1.5 m}$$

$$A_s = 12.51 m^2$$

Se compara la superficie disponible con la requerida, según la ecuación 31:  
Reemplazando los valores en ecuación 31 , se encuentra el área requerida.

$$A_{req} = \frac{0.055 m^3/s}{0.0121 m/s}$$

$$A_{req} = 4.55$$

Se realiza un chequeo para ver si se cumple la condición  $A_s > A_{req}$ , si es verdadero el diseño es correcto.

$$A_s > A_{req}$$
$$12.51 m^2 > 4.55 m^2 \text{ OK!}$$

- **Calculo de las dimensiones de la zona de sedimentación “L” y “b”**

Relación longitud – ancho: 3, utilizando la ecuación 32

$$l = 3b$$

$$A_s = 3b^2$$

Despejando b de la ecuación 32 se obtiene:

$$b = \sqrt{\frac{A_s}{Rel \ Long - Ancho}}$$

Reemplazando los valores se obtiene el ancho y largo mínimo requerido para el desarenador.

$$b = \sqrt{\frac{12.51 m^2}{3}}$$

$$b = 2.04 \text{ m} \approx 2.1 \text{ m}$$

$$l = 3b$$

$$l = 3 * 2.1 \text{ m}$$

$$l = 6.3 \text{ m}$$

Por construcción se adoptan las medidas b: 2.10 m y l: 6.30 m, las cuales cumplen con la condición de área:

$$A_s = 2.1 \text{ m} \times 6.3 \text{ m}$$

$$A_s = 13.23 \text{ m}^2$$

- **Calculo de la carga hidráulica superficial del tanque “q”**

Utilizando la ecuación 33

$$q = \frac{0.055 \text{ m}^3/\text{s}}{13.23 \text{ m}^2}$$

$$q = 0.0042 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{s}$$

$$q = 359.18 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{día}$$

- **Calculo del volumen de la zona de sedimentación “Vzs”**

Utilizando la ecuación 34

Remplazando los valores se obtiene el volumen de la zona de sedimentación.

$$V_{zs} = 6.3 \text{ m} \times 2.1 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$$

$$V_{zs} = 19.85 \text{ m}^3$$

- **Calculo del volumen de la zona de lodos “Vl”**

El volumen de la tolva de lodos debe ser el 20% del volumen de la zona de sedimentación, según la ecuación 35:

$$Vl = 0.2 \times 19.85 \text{ m}^3$$

$$Vl = 3.97 \text{ m}^3$$

En el diseño es común proveer al desarenador de una tolva de lodos de 0.4m a 0.6 m de profundidad respecto de la profundidad útil de la zona de sedimentación y con pendientes hacia el canal central (Canal de lodos). (Corcho & Duque1993)

$$\text{Altura de la tolva de lodos, } H_{tl} = 0.5 \text{ m}$$

Se utiliza una tolva de doble pendiente en el sentido longitudinal

Pendiente 1, utilizando la ecuación 36:

$$L/3 = 6.3 \text{ m}/3 = 2.1 \text{ m}$$

$$\text{Pend 1} = \frac{H_{tl}}{L/3}$$

$$\left(\frac{0.5 \text{ m}}{2.1 \text{ m}}\right) \times 100 = 23.81$$

Pendiente 2, utilizando ecuación 37:

$$2L/3 = 2(6.3 \text{ m})/3 = 4.2 \text{ m}$$

$$\text{Pend 2} = \frac{H_{tl}}{2L/3}$$

$$\left(\frac{0.5 \text{ m}}{4.2 \text{ m}}\right) \times 100 = 11.90$$

- **Diseño de la pantalla deflectora**

Velocidad máxima = 0.20 m/s (Velocidad de paso del agua)

Cálculo del área efectiva de los orificios, utilizando la ecuación 38:

$$A_e = \frac{0.055 \text{ m}^3/\text{s}}{0.20 \text{ m/s}}$$

$$A_e = 0.28 \text{ m}^2$$



Se utilizan orificios cuadrados de 10 cm de lado, según la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.9:**

$$A_o = 0.10 \times 0.10$$

$$A_o = 0.01 \text{ m}^2$$

- **Calculo del número de orificios:**

Reemplazando lo valores en la ecuación 40, se obtiene la cantidad de orificios

$$\# \text{ orificios} = \frac{0.28 \text{ m}^2}{0.01 \text{ m}^2}$$

$$\# \text{ orificios} = 28$$

Finalmente la pantalla deflectora contara con las siguientes dimensiones:

Espesor de la pantalla = 0.15 m

H pantalla = 0.7 m

Largo de la pantalla = 2.10 m

- **Cortina para sólidos flotantes o pantalla de solidos**

Se utilizaran dos pantallas para sólidos flotantes de 0.15 m de espesor y 1.0 m de altura en todo el ancho del desarenador:

Ubicación cortina de sólidos N° 1, utilizando la ecuación 41:

$$P_{S1} = \frac{L}{4} = \frac{6.3 \text{ m}}{4} = 1.58 \text{ m}$$

Ubicación cortina de sólidos N° 2, utilizando la ecuación 42:

$$15 \times 0.059 \text{ m} = 0.88 \text{ m}$$

- **Cálculo de cámara de entrada y salida**

Según (Corcho & Duque 1993) sugiere un ancho entre  $b/2$  y  $b/3$ ,  $L$  debe ser igual o mayor a la longitud de la cresta del vertedero de Excesos. La Profundidad puede ser aproximadamente  $H/3$ , utilizando la ecuación 43.

$$H_c = \frac{H}{3} + B * L \text{ muro}$$

$$\text{Profundidad } (H_c) = \frac{1.5 \text{ m}}{3} + 0.2 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad } (H_c) = 0.7 \text{ m}$$

Finalmente las dimensiones de la cámara de entrada y salida del desarenador serán:

Se tomara todo el ancho del Desarenador = 2.10 m

$L$  (Asumida) = 1.0 m

Distancia de Zona de entrada a zona de Sedimentación= 1.0 m

Altura de las cámaras = 0.7 m

- **Diseño del vertedero de salida**

Se utiliza un vertedero a todo lo ancho del desarenador, diseñado a partir de la ecuación 3 de Francis:

$$H = \left( \frac{0.055 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 \times 2.1 \text{ m}} \right)^{2/3}$$

$$H = 0.059 \text{ m}$$

- **Velocidad de salida sobre el vertedero**

$$V = \frac{0.055 \text{ m}^3/\text{s}}{2.1 \text{ m} \times 0.059 \text{ m}}$$

$$V = 0.45 \text{ m/s}$$

#### 5.9.4. Diseño Estructural Desarenador Sosque

Para el diseño estructural es necesario conocer el dimensionamiento hidráulico de las estructuras a diseñar, para garantizar las propiedades y funcionalidades de cada una de ellas, las dimensiones dadas son suministradas por el diseño hidráulico, pero el dimensionamiento del cálculo de espesores y longitudes de los demás elementos estructurales son suministrados por el análisis y diseño estructural, obedeciendo a parámetros de diseño.

##### 5.9.4.1. Datos De Diseño:

Según la NSR-10 en el título C, C.23-C.1.1.1 especifica que para este tipo de estructuras la resistencia mínima específica del concreto a la compresión  $f'c$  no debe ser menor de 28 Mpa

Se especifican los datos necesarios para el diseño.

##### 5.9.4.2. Materiales

Concreto:	$F'c:$	28 Mpa	28000 KN/m <sup>2</sup>
Acero:	$Fy$	420 Mpa	420000 KN/m <sup>2</sup>

Modulo elasticidad 2100000 Kg/cm<sup>2</sup>

Peso Concreto	2400 Kg/m <sup>3</sup>	24	KN/m <sup>3</sup>
Peso Sedimentos	1800 Kg/m <sup>3</sup>	18	KN/m <sup>3</sup>
Peso del Agua	1000 Kg/m <sup>3</sup>	10	KN/m <sup>3</sup>
Cuantía mínima	0.003		
Cuantía máxima	0.02384		
Recubrimiento (e)	0.05	NSR-10 Sec. C.7.7.1	

### 5.9.4.3. Dimensionamiento Generales De Los Elementos

#### PLACA DE FONDO 1

ANCHO (B)	2.50	m
LARGO (L)	2.36	m
ESPESOR (t)	0.20	m
d= (t-e)	0.15	m

#### PLACA FONDO 2

ANCHO (B)	2.50	m
LARGO (L)	4.43	m
ESPESOR (t)	0.20	m
d= (t-e)	0.15	m

#### MURO TRANSVERSAL

ALTO (H)	1.15	m
LARGO (L)	2.50	m
ESPESOR (t)	0.20	m
d= (t-e)	0.15	m

#### MURO LONGITUDINAL

ALTO (H)	2.40	m
LARGO (L)	6.70	m
ESPESOR (t)	0.20	m
d= (t-e)	0.15	m

#### PANTALLAS DEFLECTORA

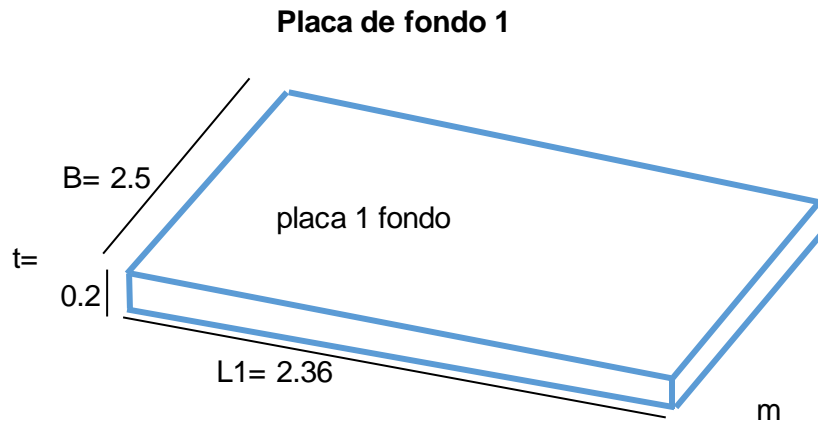
ANCHO (B)	2.10	m
LARGO (L)	0.70	m
ESPESOR (t)	0.15	m
d= (t-e)	0.10	m

#### PANTALLAS SOLIDOS

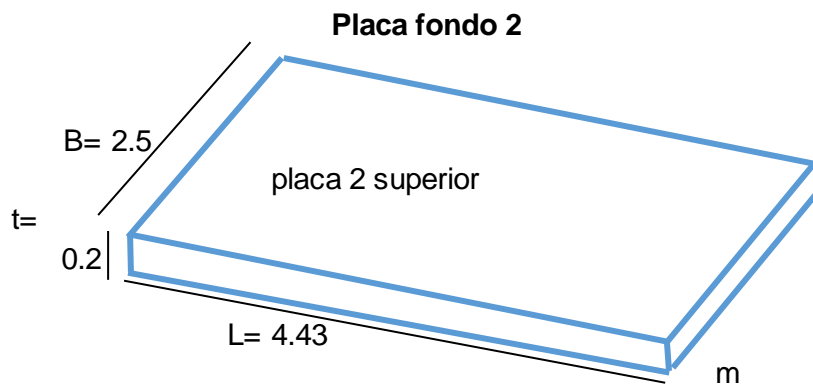
ANCHO (B)	2.10	m
LARGO (L)	1.00	m
ESPESOR (t)	0.15	m
d= (t-e)	0.10	m

#### CAJIILLA TIPO 1 PROTECCION VALVULA

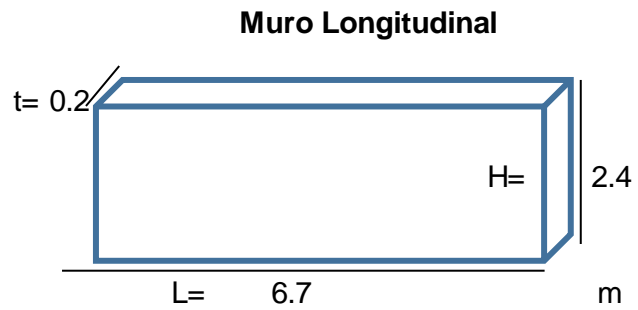
ALTO (H)	0.9	m
LARGO (L)	1.1	m
ESPESOR (t)	0.2	m
d= (t-e)	0.15	m



**Figura 42. Dimensiones placa de fondo 1**



**Figura 43. Dimensiones placa de fondo 2**



**Figura 44. Dimensiones muro longitudinal**

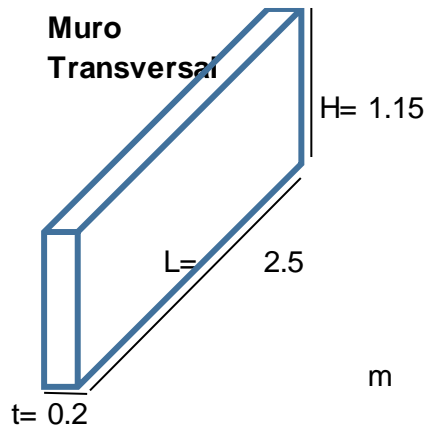


Figura 45. Dimensiones muro Transversal

#### 5.9.4.4. Diseño Estructural Placa De Fondo 1

Dimensiones del elemento:

ANCHO (B)	2.50	m
LARGO (L)	2.36	m
ESPESOR (t)	0.20	m
d= (t-e)	0.15	m

#### 5.9.4.5. Análisis Estático Placa De Fondo 1

Cargas presentes en la estructura

Carga muerta	peso propio	$W = \gamma_c \times t$	4.80	KN/m <sup>2</sup>
Carga viva	peso fluido	$W = \gamma_w \times L$	24.0	KN/m <sup>2</sup>
Carga viva	peso sedimentos	$W = \gamma_s \times L$	14.4	KN/m <sup>2</sup>
Carga viva	Peso sobrecarga	$W = \gamma_s \times L$	10.0	KN/m <sup>2</sup>
Total			53.2	KN/m <sup>2</sup>

Mayoración de cargas según NSR-10, Título B. B.2.4.2

40% de mayoración a la carga muerta, y 70% de mayoración a la carga viva.

Total carga muerta: 6.72 KN/m<sup>2</sup>

Total carga viva: 82.28 KN/m<sup>2</sup>

Total mayorado: 89 KN/m<sup>2</sup>

Utilizando el procedimiento de la Sección C.13.9 NSR10 - Losa en dos direcciones apoyadas sobre muros o vigas dirección, en franjas centrales rígidas - del reglamento vigente (Métodos De Los Coeficientes), según la figura.

Franja centrales Para una relación:

$$m = L_a / L_b = 0.50 \text{ m}$$

Tipo de caso= 2

La variedad más práctica de cargas y condiciones de borde

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9

Figura 46. Casos de carga y condiciones de borde, placa de fondo.

### Momentos negativos en los bordes (Tabla C.13.9-1 - C.13.9-2 NSR10)

$$M_a \text{ (negativo)} = 0.086 * 89 * 2.5^2 = 47.84 \text{ KN-m}$$

$$M_b \text{ (negativo)} = 0.006 * 89 * 2.26^2 = 2.97 \text{ KN-m}$$

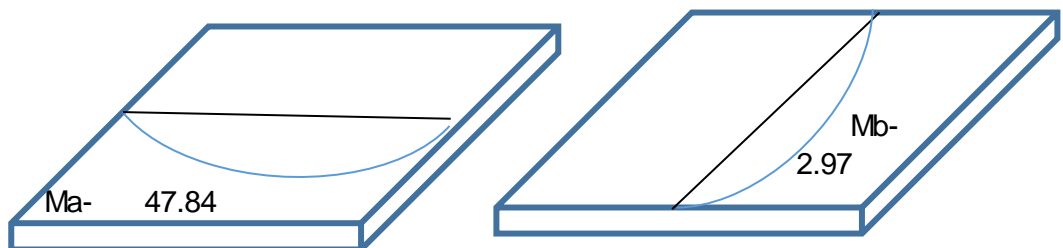


Figura 47. Momentos negativos en los bordes placa fondo 1

**Momentos positivos por cargas vivas y muertas** (Tabla C.13.6 y C.13.7 NSR10)

$$M_a (+ \text{ carga muerta}) = 0.037 * 6.72 * 2.5^2 = 1.55 \text{ KN-m}$$

$$M_a (+ \text{ carga viva}) = 0.066 * 88.28 * 2.5^2 = 33.94 \text{ KN-m}$$

$$M_a + \text{Total} = 35.49 \text{ KN-m}$$

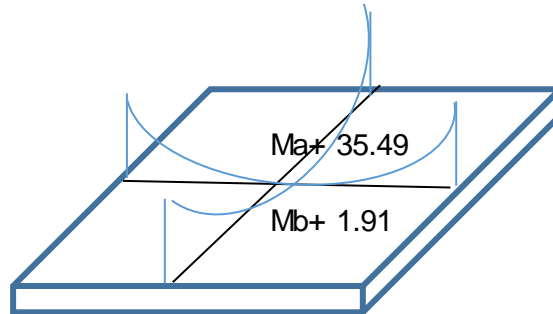
$$M_b (+ \text{ carga muerta}) = 0.002 * 6.72 * 2.36^2 = 0.07 \text{ KN-m}$$

$$M_b (+ \text{ carga viva}) = 0.004 * 82.28 * 2.36^2 = 1.83 \text{ KN-m}$$

$$M_b + \text{Total} = 1.91 \text{ KN-m}$$

$$\text{Momento Diseño placa fondo} = M_a + \text{Total} + M_b + \text{Total}$$

$$37.40 \text{ KN-m}$$



**Figura 48. Momentos positivos por carga muerta y viva**

$$K = \frac{M_u}{bd^2} = \frac{37.40 \text{ kN.m}}{(1 * 0.15^2) \text{ m}^3} = 1622.22 \text{ kN/m}^2$$

Se realiza el cálculo de la cuantía a utilizar, utilizando la ecuación 54

Reemplazando los valores en las ecuación 54, 55 y 56

a	b	c
-75269.25	8505	-37.40

Por lo tanto la cuantía calculada será:

$$\rho = \frac{-8505 + \sqrt{(-8505)^2 - (4 * (-75269.25) * (-37.40))}}{(2 * (-75269.25))} = 0.0046$$

Se tiene en cuenta todas las posibles opciones para obtener el  $\rho$ , con el fin de llegar a obtener la cuantía de acero óptima para el diseño.

Se realiza un chequeo para identificar qué cuantía se debe utilizar.

*si la  $\rho_{calculada} \leq \rho_{minima}$  = utilizar cuantia minima*



si la  $\rho_{calculada} \geq \rho_{minima} = utilizar\ cuantia\ calculada$

Cuantía calculada 0.046

Cuantía de diseño: 0.046 usar cuantía calculada

Para seleccionar el tipo de barra de acero a utilizar, se emplea la tabla 7.

Se realiza el cálculo de la cantidad de acero principal por m lineal

$$As = \rho \times b \times d = 0.046 \times 1000 \times 150 = 687.50 \text{ mm}^2, As = 6.87 \text{ cm}^2$$

$$\text{Calculo de cantidad de varillas: } As/A_{barra} = 6.87 \text{ cm}^2 / 1.29 \text{ cm}^2 = 5.32 = 6 \text{ varillas}$$

$$\text{Calculo del espaciamiento entre varillas: } 1/\# \text{ varillas} = 1 \text{ m} / 6 = 0.18 \text{ m}$$

La cuantía utilizada para el cálculo del acero por retracción y temperatura se utilizara cuantía mínima de 0.003, según C23-C7.12.2.1

$$Ast = \rho_{min} \times b \times d = 600 \text{ mm}^2, 6 \text{ cm}^2$$

**Tabla 20. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en placa fondo 1**

<b>PLACA 1 Acero Principal</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	6.00	0.20 m	7.74
Para una cara	4.00	1/2	1.29	14.00	0.20 m	18.06
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	28.00	0.20 m	36.12
<b>PLACA 1 Acero por Temperatura</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	5.00	0.20 m	6.45
Para una cara	4.00	1/2	1.29	6.00	0.20 m	7.74
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	12.00	0.20 m	15.48

#### 5.9.4.6. Diseño Estructural Placa De Fondo 2

Dimensiones del elemento:

ANCHO (B) 2.50 m

LARGO (L) 4.43 m

ESPESOR (t) 0.20 m

d= (t-e) 0.15 m

#### 5.9.4.7. Análisis Estático Placa De Fondo 2

Cargas presentes en la estructura

Carga muerta peso propio  $W = \gamma_c \times t$  4.80 KN/m<sup>2</sup>

Carga viva peso fluido  $W = \gamma_w \times L$  24.0 KN/m<sup>2</sup>

Carga viva peso sedimentos  $W = \gamma_s \times L$  14.4 KN/m<sup>2</sup>

Carga viva Peso sobrecarga  $W = \gamma_s \times L$  10.0 KN/m<sup>2</sup>

Total 53.2 KN/m<sup>2</sup>

Mayoración de cargas según NSR-10, Título B. B.2.4.2

40% de mayoración a la carga muerta, y 70% de mayoración a la carga viva.

Total carga muerta: 6.72 KN/m<sup>2</sup>

Total carga viva: 82.28 KN/m<sup>2</sup>

Total mayorado: 89 KN/m<sup>2</sup>

Utilizando el procedimiento de la Sección C.13.9 NSR10 - Losa en dos direcciones apoyadas sobre muros o vigas dirección, en franjas centrales rígidas - del reglamento vigente (Métodos De Los Coeficientes), según la figura.

Franja centrales para una relación:

$$m = L_a / L_b = 0.50 \text{ m}$$

Tipo de caso= 2

La variedad más práctica de cargas y condiciones de borde

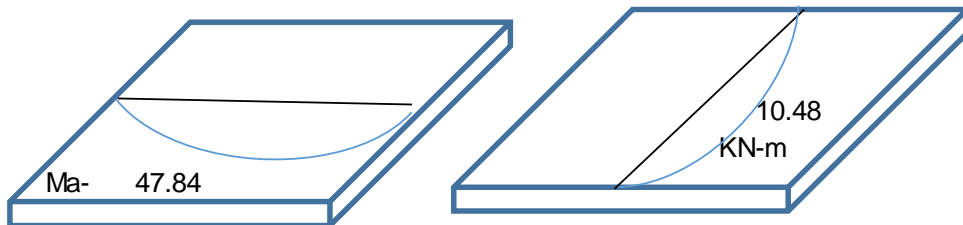
Relación	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
$m = \frac{l_a}{l_b}$									

Figura 49. Casos de carga y condiciones de borde, placa de fondo2.

**Momentos negativos en los bordes (Tabla C.13.9-1 - C.13.9-2 NSR10)**

$$M_a \text{ (negativo)} = 0.086 \cdot 89 \cdot 2.5^2 = 47.84 \text{ KN-m}$$

$$M_b \text{ (negativo)} = 0.006 \cdot 89 \cdot 4.43^2 = 10.48 \text{ KN-m}$$



**Figura 50. Momentos negativos en los bordes placa fondo 2**

**Momentos Positivos por cargas vivas y muertas (Tabla C.13.6 y C.13.7 NSR10)**

$$M_a (+ \text{ carga muerta}) = 0.037 * 6.72 * 2.5^2 = 1.55 \text{ KN-m}$$

$$M_a (+ \text{ carga viva}) = 0.066 * 88.28 * 2.5^2 = 33.94 \text{ KN-m}$$

$$M_a + \text{Total} = 35.49 \text{ KN-m}$$

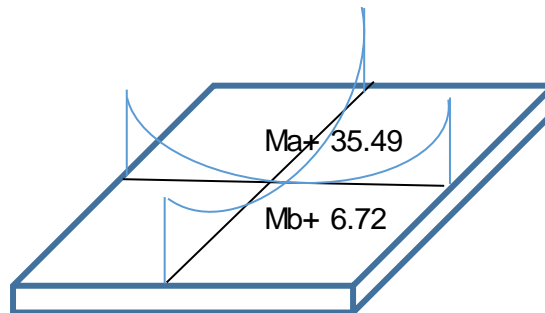
$$M_b (+ \text{ carga muerta}) = 0.002 * 6.72 * 4.43^2 = 0.26 \text{ KN-m}$$

$$M_b (+ \text{ carga viva}) = 0.004 * 82.28 * 4.43^2 = 6.46 \text{ KN-m}$$

$$M_b + \text{Total} = 6.72 \text{ KN-m}$$

$$\text{Momento Diseño placa fondo} = M_a + \text{Total} + M_b + \text{Total}$$

$$42.22 \text{ KN-m}$$



**Figura 51. Momentos positivos por carga muerta y viva placa 2**

$$K = \frac{M_u}{bd^2} = \frac{42.22 \text{ kN.m}}{(1 * 0.15^2) \text{ m}^3} = 1876.44. \text{ KN/m}^2$$

Se encuentra los valores de a, b y c para hallar la cuantía

a	b	c
-75269.25	8505	-42.22

Se tiene en cuenta todas las posibles opciones para obtener el  $\rho$ , con el fin de llegar a obtener la cuantía de acero óptima para el diseño.

Se diseña por metro lineal cada elemento, luego  $b=1.0\text{m}$

Cuantía calculada 0.0052

Cuantía de diseño: 0.0052      usar cuantía calculada

Se realiza el cálculo de la cantidad de acero principal por m lineal

$$As = \rho \times b \times d = 0.0052 \times 200 \times 150 = 780.57 \text{ mm}^2 = 7.81 \text{ mm}^2$$

La cuantía utilizada para el cálculo del acero por retracción y temperatura se utilizara cuantía mínima de 0.003, según C23-C7.12.2.1

$$Ast = \rho_{\min} \times b \times d = 0.003 \times 1000 \times 200 = 600 \text{ mm}^2 = 6.0 \text{ cm}^2$$

**Tabla 21. Distribución del acero principal, retracción y temperatura en placa fondo 2**

<b>PLACA fondo 2 Acero Principal</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	6.00	0.18 m	7.74
Para una cara	4.00	1/2	1.29	27.00	0.18 m	34.83
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	54.00	0.18 m	69.66
<b>PLACA fondo 2 Acero Temperatura</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	5.00	0.20 m	6.45
Para una cara	4.00	1/2	1.29	13.00	0.20 m	16.77
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	26.00	0.20 m	33.54

#### **5.9.4.8. Diseño Estructural Muros Longitudinales**

Dimensiones del elemento:

ALTO (H)            2.40 m

LARGO (L)         6.70 m

ESPESOR (t)       0.20 m

d= (t-e)            0.15 m

#### **5.9.4.9. Análisis Estático Muros Longitudinales**

Se tienen en cuenta todas las posibilidades de empujes y fuerzas presentes en el elemento, pero una de las condiciones más críticas es cuando el tanque se encuentra vacío.

Cara externa

Coefficiente de fricción    0.33

$$FH2 = (\gamma_s \times h^2 \times 0.33) / 2 = (18 \times 2.4^2 \times 0.33) / 2 = 17.11 \text{ KN/m}$$

Mayoración de cargas según NSR-10, Título B. B.2.4.2

40% de mayoración a la carga muerta, y 70% de mayoración a la carga viva.

1.4 D +1.7 L, Al mayorar la carga se obtiene:

$$FH2= 1.4 * 17.11= 23.95 \text{ KN/m}$$

$$M_{ext}=FH2 * h/3 = 23.95 * 2.4/3 = 19.16 \text{ KN.m}$$

Cara interna

$$\text{Coeficiente de fricción} \quad 0.33$$

$$FH2= (\gamma_s \times h^2 * 0.33)/2 = 17.11 \text{ KN/m}$$

$$FH1= (\gamma_w \times h^2)/2= (10 * 2.4^2)/2= 28.80 \text{ KN/m}$$

Mayoración de cargas según NSR-10, Título B. B.2.4.2

40% de mayoración a la carga muerta, y 70% de mayoración a la carga viva.

$$FH2=17.11 * 1.4= 23.95 \text{ KN/m}$$

$$FH1= 28.80 * 1.7= 48.96 \text{ KN/m}$$

$$FH_t= FH2 + FH1= 72.91$$

$$M_{ext}=FH_t * h/3= 72.91 * 2.4/3= 58.33 \text{ KN.m}$$

Momento de diseño: 58.33 KN-m

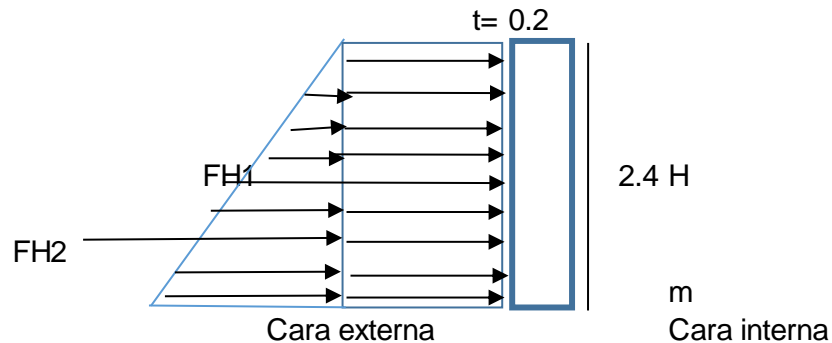


Figura 52. Fuerzas actuantes en muro longitudinal

Diseño a flexión utilizando ecuación 58

$$K = \frac{M_u}{bd^2}$$

$$M_u = Kbd^2$$

$$K = 58.33 / (1 * 0.15^2) \text{ KN/m}^2$$

Se encuentra los valores de a, b y c para hallar la cuantía con la ecuación 54

a	b	c
-75269.25	8505	-58.33

Se tiene en cuenta todas las posibles opciones para obtener el  $\rho$ , con el fin de llegar a obtener la cuantía de acero óptima para el diseño.

Se diseña por metro lineal cada elemento, luego  $b=1.0\text{m}$

Cuantía calculada 0.0073

Cuantía de diseño: 0.0073 usar cuantía calculada

Se realiza el cálculo de la cantidad de acero principal por m lineal

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0073 \times 1000 \times 150 = 1100.16 \text{ mm}^2 \quad A_s = 11.00 \text{ cm}^2$$

La cuantía utilizada para el cálculo del acero por retracción y temperatura se utilizara cuantía mínima de 0.003, según C23-C7.12.2.1

$$A_{st} = \rho_{min} \times b \times d = 0.0030 \times 1000 \times 200 = 600 \text{ mm}^2 \text{ o } A_{st} = 6 \text{ cm}^2$$

**Tabla 22. Distribución del acero principal, retracción y temperatura muro longitudinal**

<b>MURO Acero Principal</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	5.00	5/8	2.00	6.00	0.18 m	12
Para una cara	5.00	5/8	2.00	15.00	0.18 m	30
Para dos caras	5.00	5/8	2.00	30.00	0.18 m	60
<b>MURO Acero por Temperatura</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	5.00	0.20 m	6.45
Para una cara	4.00	1/2	1.29	34.00	0.20 m	43.86
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	68.00	0.20 m	87.72

#### 5.9.4.10. Diseño Estructural Muros Transversal

Dimensiones del elemento:

ALTO (H) 1.15 m

LARGO (L) 2.50 m

ESPESOR (t) 0.20 m

d= (t-e) 0.15 m

#### 5.9.4.11. Análisis Estático Muros Transversales

Se tienen en cuenta todas las posibilidades de empujes y fuerzas presentes en el elemento, pero una de las condiciones más críticas es cuando el tanque se encuentra vacío.

Cara externa

Coeficiente de fricción 0.33

$$FH2 = (\gamma_s \times h^2 \times 0.33) / 2 = (18 \times 1.15^2 \times 0.33) / 2 = 3.93 \text{ KN/m}$$

Mayoración de cargas según NSR-10, Título B. B.2.4.2

40% de mayoración a la carga muerta, y 70% de mayoración a la carga viva.

1.4 D +1.7 L

Al mayorar la carga se obtiene:

$$FH2 = 1.4 \times 3.03 = 5.50 \text{ KN/m}$$

$$M_{ext} = FH2 \times h / 3 = 5.50 \times 1.15 / 3 = 2.11 \text{ KN.m}$$

Cara interna

Coeficiente de fricción 0.33

$$FH2 = (\gamma_s \times h^2 \times 0.33) / 2 = 3.93 \text{ KN/m}$$

$$FH1 = (\gamma_w \times h^2) / 2 = (10 \times 1.15^2) / 2 = 6.91 \text{ KN/m}$$

Mayoración de cargas según NSR-10, Título B. B.2.4.2

40% de mayoración a la carga muerta, y 70% de mayoración a la carga viva.

$$FH2 = 3.93 \times 1.4 = 5.50 \text{ KN/m}$$

$$FH1 = 6.91 \times 1.7 = 11.24 \text{ KN/m}$$

$$FH_t = FH2 + FH1 = 16.74$$

$$M_{ext} = FH_t \times h / 3 = 16.74 \times 1.15 / 3 = 6.42 \text{ KN.m}$$

Momento de diseño: 6.42 KN-m

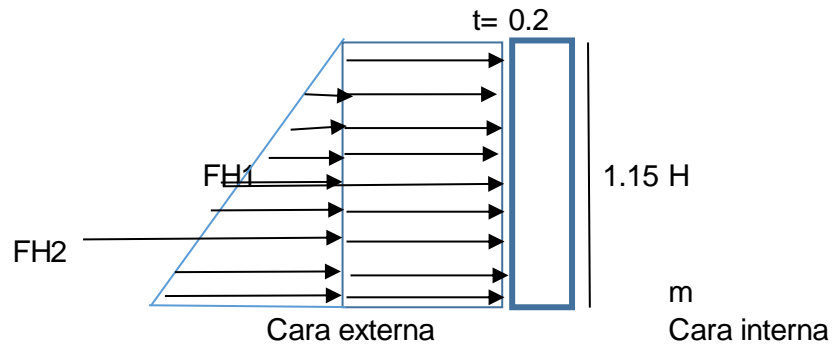


Figura 53. Fuerzas actuantes en muro transversal

Diseño a flexión utilizando la ecuación 58 
$$K = \frac{M_u}{bd^2}$$

$$M_u = Kbd^2$$

$$K = 6.42 / (1 * 0.15^2) \text{ KN/m}^2$$

Se encuentran los valores de a, b y c para hallar la cuantía con la ecuación 54

a	b	c
-75269.25	8505	-6.42

Se tiene en cuenta todas las posibles opciones para obtener el  $\rho$ , con el fin de llegar a obtener la cuantía de acero óptima para el diseño.

Se diseña por metro lineal cada elemento, luego  $b=1.0\text{m}$

Cuantía calculada 0.0008

Cuantía de diseño: 0.0030 usar cuantía min

Se realiza el cálculo de la cantidad de acero principal por m lineal

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.0030 * 1000 * 150 = 450.00 \text{ mm}^2 \quad A_s = 4.50 \text{ cm}^2$$

La cuantía utilizada para el cálculo del acero por retracción y temperatura se utilizara cuantía mínima de 0.003, según C23-C7.12.2.1

$$A_{st} = \rho_{min} \times b \times d = 0.0030 * 1000 * 200 = 600 \text{ mm}^2 \quad 6 \text{ cm}^2$$



**Tabla 23. Distribución del acero principal muro transversal**

<b>MURO Transversal Acero Principal</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	4.00	0.25 m	5.16
Para una cara	4.00	1/2	1.29	5.00	0.25 m	6.45
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	10.00	0.25 m	12.9
<b>MURO Acero por Temperatura</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	5.00	0.20 m	6.45
Para una cara	4.00	1/2	1.29	13.00	0.20 m	16.77
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	26.00	0.20 m	33.54

#### 5.9.4.12. Diseño Estructural Pantallas Deflectoras y De Solidos

Dimensiones del elemento

##### **PANTALLAS DEFLECTORA**

ANCHO (B) 2.10 m

LARGO (L) 0.70 m

ESPESOR (t) 0.15 m

d= (t-e) 0.10 m

##### **PANTALLAS SOLIDOS**

ANCHO (B) 2.10 m

LARGO (L) 1.00 m

ESPESOR (t) 0.15 m

d= (t-e) 0.10 m

#### 5.9.4.13. Análisis Estático Pantallas

Cara externa

$$FH1 = (\gamma_a \times h^2) / 2 = (10 \times 1.0^2) / 2 = 5.0 \text{ KN/m}$$

Mayoración de cargas según NSR-10, Título B. B.2.4.2

40% de mayoración a la carga muerta, y 70% de mayoración a la carga viva.

1.4 D +1.7 L, Al mayorar la carga se obtiene:

$$FH1 = 1.7 \times 5.0 = 8.50 \text{ KN/m}$$

$$M_{ext} = FH2 \times h / 3 = 8.50 \times 1.0 / 3 = 2.83 \text{ KN.m}$$

M diseño: 2.83 KN.m

$$K = \frac{M_u}{bd^2}$$

Diseño a flexión utilizando la ecuación 58

$$M_U = Kbd^2$$

$$K = 2.83 / (1 * 0.10^2) \text{ KN/m}^2$$

Se obtienen los valores de a, b y c para hallar la cuantía con la ecuación 54

a	b	c
-75269.25	3780	-2.83

Se tiene en cuenta todas las posibles opciones para obtener el  $\rho$ , con el fin de llegar a obtener la cuantía de acero óptima para el diseño.

Se diseña por metro lineal cada elemento, luego  $b=1.0\text{m}$

Cuantía calculada 0.0008

Cuantía de diseño: 0.0030 usar cuantía min

Se realiza el cálculo de la cantidad de acero principal por m lineal

$$A_s = \rho \times b \times d = 0.003 * 1000 * 100 = 450.00 \text{ mm}^2, A_s = 4.50 \text{ cm}^2$$

La cuantía utilizada para el cálculo del acero por retracción y temperatura se utilizara cuantía mínima de 0.003, según C23-C7.12.2.1

$$A_{st} = \rho_{min} \times b \times d = 0.0030 * 1000 * 150 = 450 \text{ mm}^2, 4.5 \text{ cm}^2$$

**Tabla 24. Distribución del acero principal pantallas**

<b>Pantalla Acero Principal</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	4.00	0.25 m	5.16
Para una cara	4.00	1/2	1.29	4.00	0.25 m	5.16
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	8.00	0.25 m	10.32
<b>Pantalla Acero por Temperatura</b>	<b>#</b>	<b>barra</b>	<b>Área cm<sup>2</sup></b>	<b>cant</b>	<b>cada @</b>	<b>AS cm<sup>2</sup></b>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	4.00	0.25 m	5.16
Para una cara	4.00	1/2	1.29	3.00	0.25 m	3.87
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	6.00	0.25 m	7.74

#### 5.9.4.14. Diseño Estructural Cámara De Excesos, Cámara Desagüe y Zonas De Entrada y Salida

Donde el refuerzo a flexión se extiende en una sola dirección, se debe colocar refuerzo normal al refuerzo a flexión para resistir los esfuerzos debidos a retracción y temperatura.

Dimensiones del elemento

ALTO (H) 0.90 m

LARGO (L) 1.10 m

ESPESOR (t) 0.20 m

d=(t-e) 0.15 m

La cuantía utilizada para el cálculo del acero por retracción y temperatura se utilizara cuantía mínima de 0.003, según C23-C7.12.2.1

$$As = \rho \times b \times d = 0.003 \times 1000 \times 200 = 600.00 \text{ mm}^2, As = 6.0 \text{ cm}^2$$

**Tabla 25. Distribución del acero principal, retracción y temperatura cámara de excesos, cámara desagüe y zonas de entrada y salida**

cámara de excesos, cámara desagüe y zonas de entrada y salida Aceros en dos direcciones	#	barra	Área cm <sup>2</sup>	cant	cada @	AS cm <sup>2</sup>
Metro lineal	4.00	1/2	1.29	5.00	0.20 m	6.45
Para una cara	4.00	1/2	1.29	5.00	0.20 m	6.45
Para dos caras	4.00	1/2	1.29	10.00	0.20 m	12.9

#### 5.9.4.15. Resumen Del Refuerzo En Desarenador

**Tabla 26. Distribución del acero principal, retracción y temperatura del desarenador**

Elemento	Acero Principal	Acero Retracción y Temperatura
PLACA 1 FONDO	6 Barra Ø1/2 cada 0.18 m	5 Barra Ø1/2 cada 0.20 m
PLACA 2 FONDO	6 Barra Ø1/2 cada 0.18 m	5 Barra Ø1/2 cada 0.20 m
MURO LONGITUDINAL	6 Barra Ø5/8 cada 0.18 m	5 Barra Ø1/2 cada 0.20 m
MURO TRANSVERSAL	4 Barra Ø1/2 cada 0.25 m	5 Barra Ø1/2 cada 0.20 m
PANTALLA DEFLECTORA	4 Barra Ø1/2 cada 0.25 m	4 Barra Ø1/2 cada 0.25 m
cámara excesos, entrada, salida, desagüe	5 Barra Ø1/2 cada 0.20 m	5 Barra Ø1/2 cada 0.20 m

#### 5.9.4.16. Cantidades De Materiales Bocatoma.

El cálculo de los volúmenes de concreto, excavación, cantidad de acero, cinta sika, y accesorios presentes para su funcionamiento, operación y mantenimiento son presentados en los anexos, a continuación se recopila un resumen de la cantidad final de materiales para la bocatoma del distrito de riego a pequeña escala de la vereda Calle Arriba Asocallearriba municipio Tasco, departamento Boyacá.

**Tabla 27. Cantidades de materiales bocatoma.**

<b>Ítem</b>	<b>cantidad</b>	<b>unidad</b>
Acero de Refuerzo PDR-60	2219.7	Kg
Concreto 4000 Psi	17.28	m <sup>3</sup>
Concreto ciclópeo	1.53	m <sup>3</sup>
Pañete impermeabilizante	13.9	m <sup>2</sup>
Cinta sika	42.77	ml
Excavación en Roca o conglomerado	13.04	m <sup>3</sup>

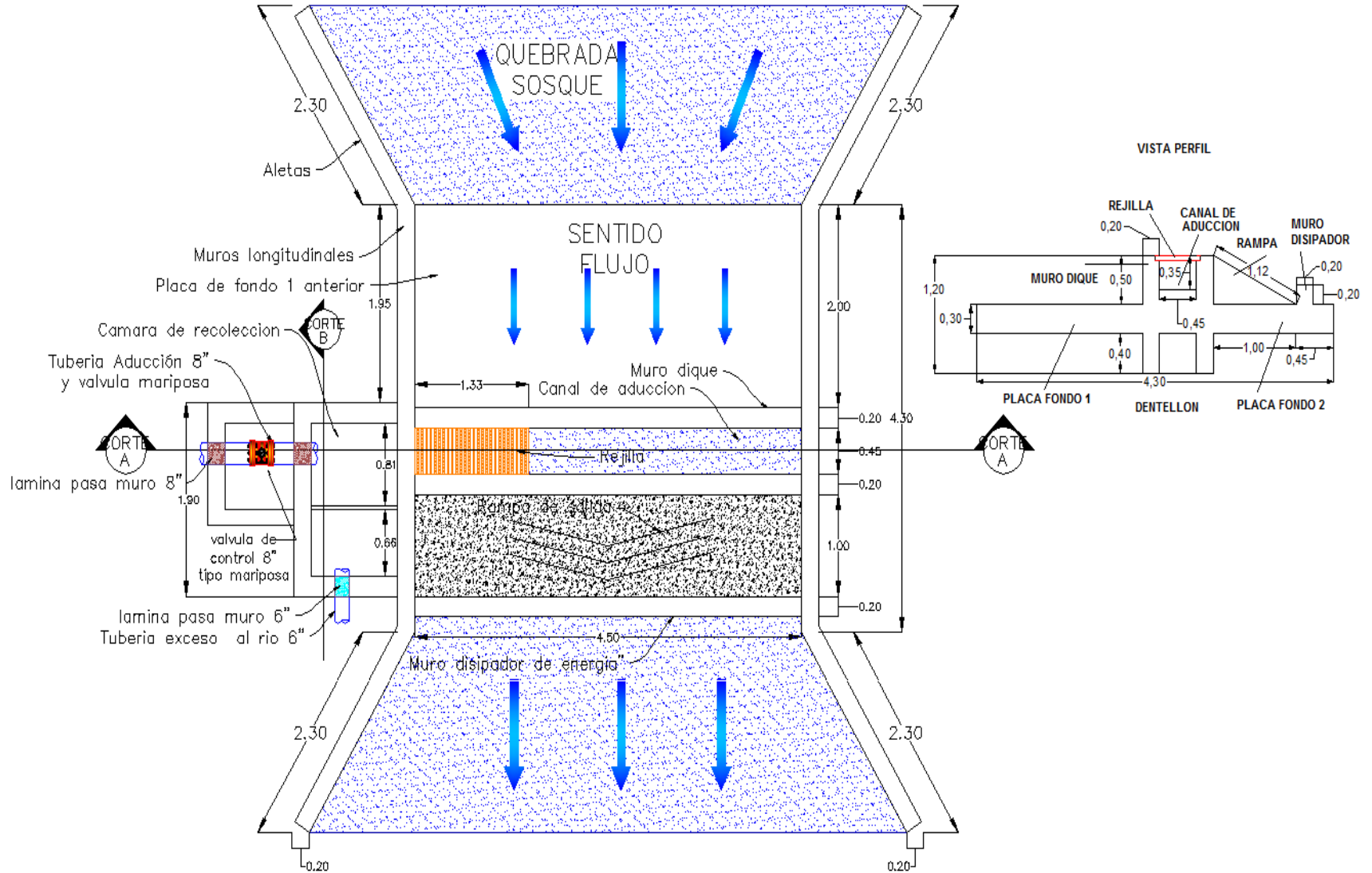
#### 5.9.4.17. Cantidades De Materiales Desarenador

El cálculo de los volúmenes de concreto, excavación, cantidad de acero, cinta sika, y accesorios presentes para su funcionamiento, operación y mantenimiento son presentados en los anexos, a continuación se recopila un resumen de la cantidad final de materiales para el desarenador del distrito de riego a pequeña escala de la vereda Calle Arriba Asocallearriba municipio Tasco, departamento Boyacá.

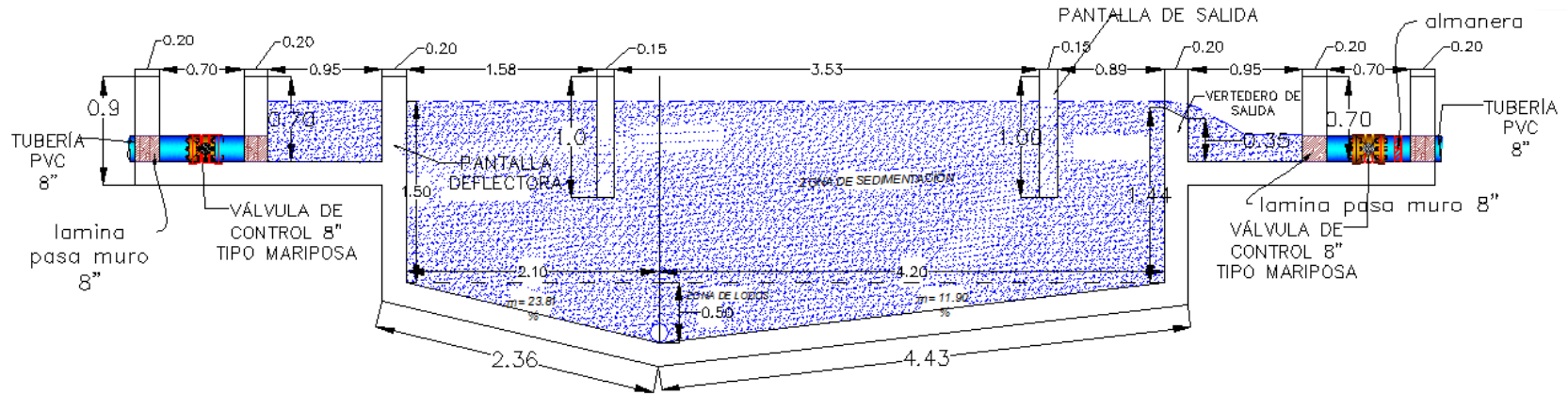
**Tabla 28. Cantidades de materiales Desarenador**

<b>Ítem</b>	<b>cantidad</b>	<b>unidad</b>
Acero de Refuerzo PDR-60	2721.04	Kg
Concreto 4000 Psi	18.68	m <sup>3</sup>
Pañete impermeabilizante	44.4	m <sup>2</sup>
Cinta sika	59.14	ml
Excavación en Roca o conglomerado	49.84	m <sup>3</sup>

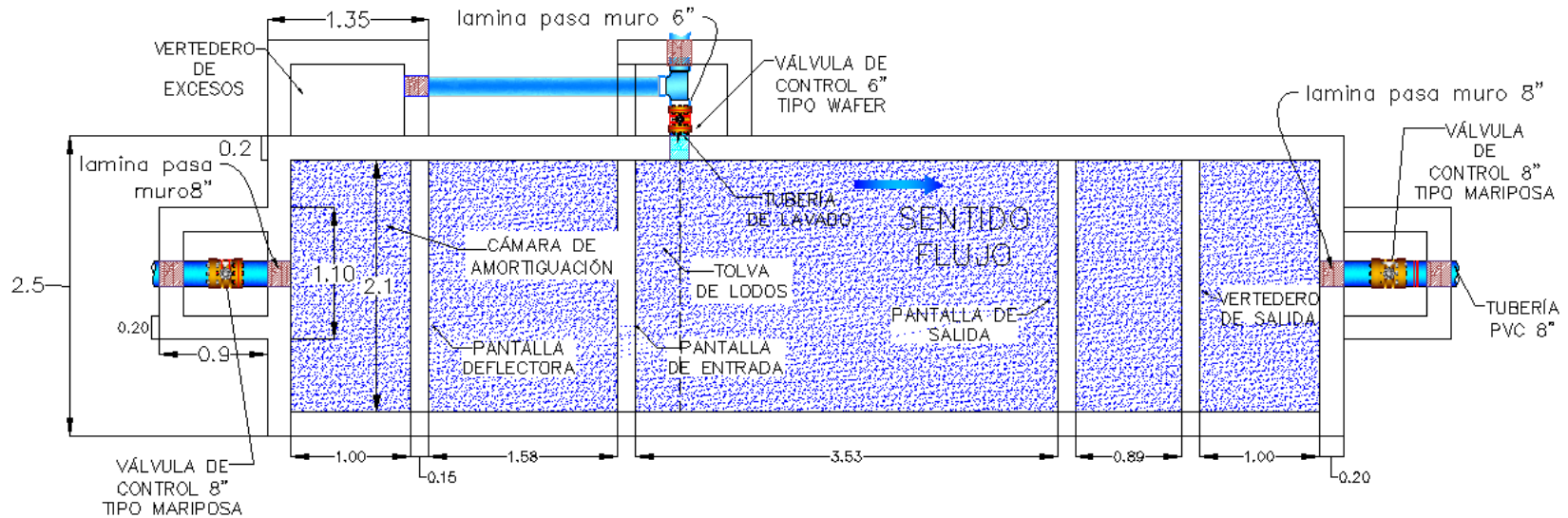
### 5.9.4.18. Diseño Final Hidráulico Bocatoma Vista Planta y Perfil



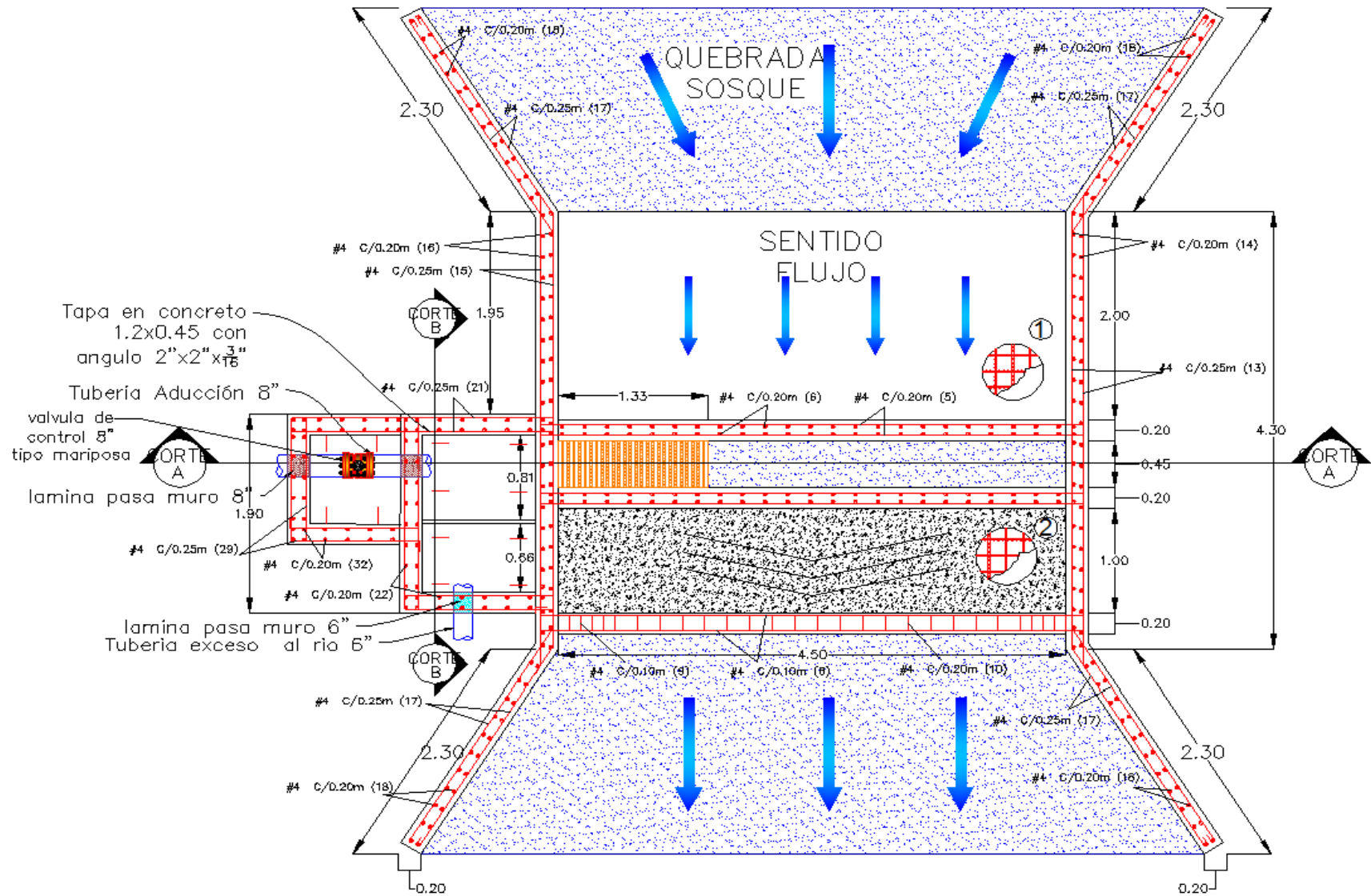
### 5.9.4.19. Diseño Final Hidráulico Desarenador, Perfil y Planta



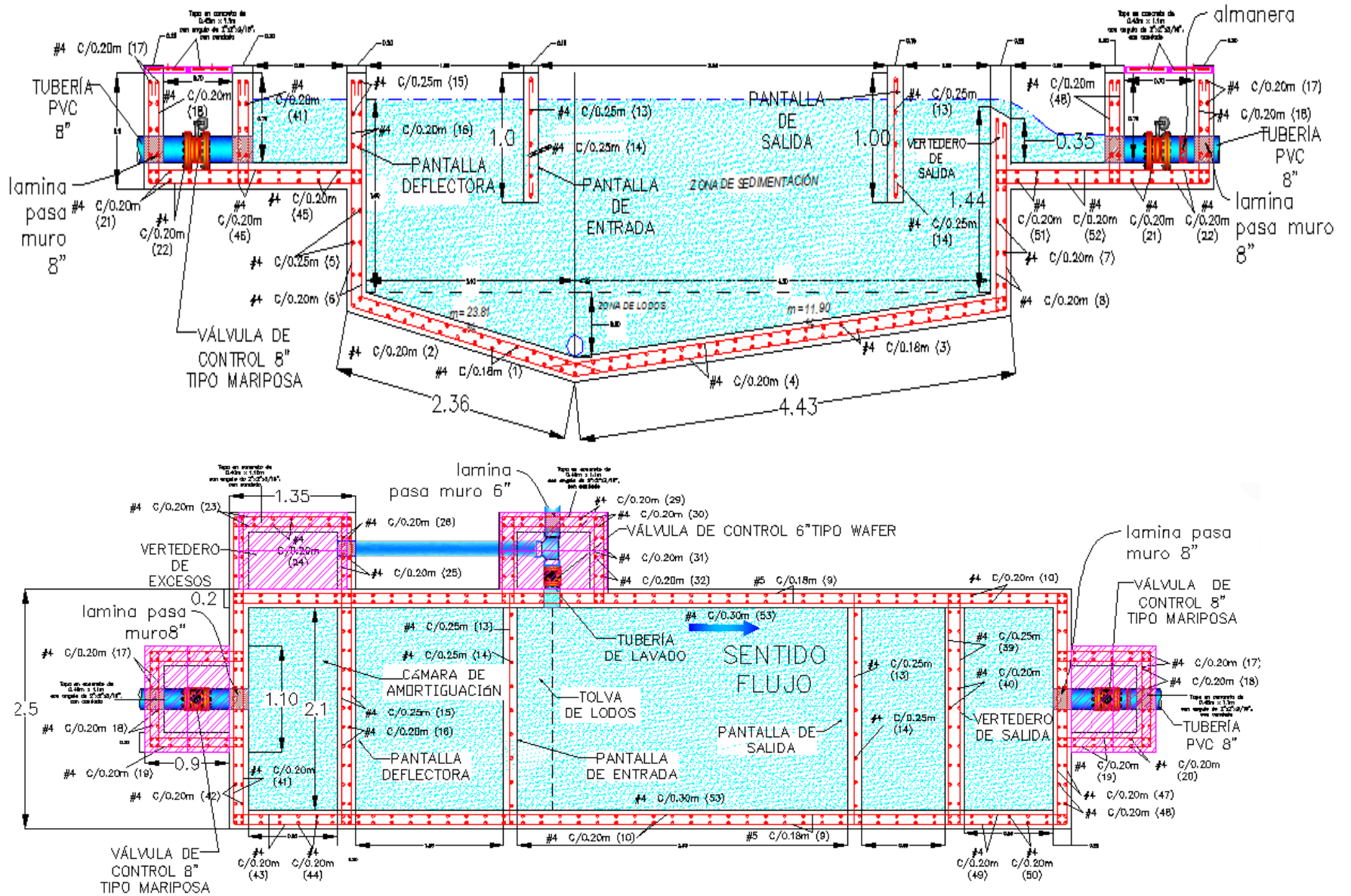
VISTA EN PLANTA DESARENADOR



### 5.9.4.20. Diseño Final Estructural Bocatoma



### 5.9.4.21. Diseño Final Estructural Desarenador Perfil y Planta





### 5.9.4.22. Cálculo De Longitud De Ganchos

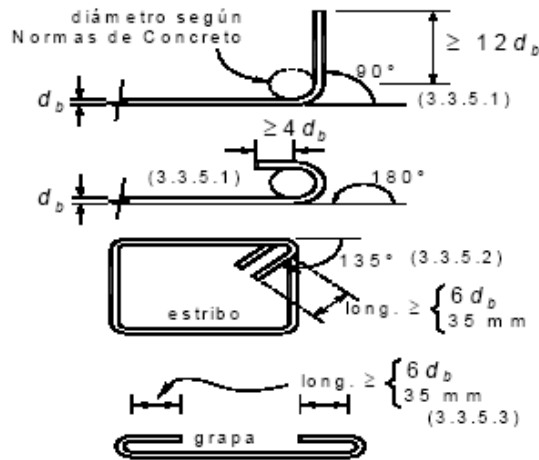
Los ganchos que aparecen en el plano BOCATOMA Y DESARENADOR SOQUE.DWG se calculan en base a la tabla C.7.2 –Diámetro mínimo de doblado y al numeral C.7.1.1 –Dobleces de 180° más una extensión de  $4d_b$ , pero no menos de 65mm en el extremo libre de la barra

**TABLA C.7.2 — DIÁMETROS MÍNIMOS DE DOBLADO**

Diámetro de las barras	Diámetro mínimo de doblado
No. 3 (3/8") ó 10M (10 mm) a No. 8 (1") ó 25M (25 mm)	$6d_b$
No. 9 (1-1/8") ó 30M (30 mm), No. 10 (1-1/4") ó 32M (32 mm) y No. 11 (1-3/8") ó 36M (36 mm)	$8d_b$
No. 14 (1-3/4") ó 45M (45 mm) y No. 18 (2-1/4") ó 55M (55 mm)	$10d_b$

**Figura 54. Diámetros mínimos de doblado.**

Fuente: NSR-10 (2010)



**Figura 55. Tipos de ganchos**

Fuente: NSR-10 (2010)

- **Gancho de 180° y 135°**

*Gancho 180° o 135° = extensión + Diámetro mínimo de doblado*

$$\text{Gancho } 180^\circ \text{ o } 135^\circ = 4d_b + 6d_b$$

$$\text{Gancho } 180^\circ \text{ o } 135^\circ = 10d_b$$

- Para el gancho de 90° sería:

$$\text{Gancho } 90^\circ = 12d_b + 6d_b$$

$$\text{Gancho } 90^\circ = 18d_b$$

Entonces, a modo de ejemplo se seleccionará una varilla Aleatoriamente, en este caso barra #6, y se obtiene:

$$\text{ancho } 180^\circ = 10 \left( \frac{6}{8} * 0.0254 \text{ cm} \right)$$

$$\text{Gancho } 180^\circ = 0.19\text{m} \approx 0.20\text{m}$$

#### 5.9.4.23. Longitudes De Desarrollo, Empalmes y Traslapes

Las longitudes de desarrollo que aparecen en el plano BOCATOMA Y DESARENADOR SOQUE.DWG se calculan en base al capítulo C.12–longitudes de desarrollo y empalmes de refuerzo doblado y al numeral C.12.2.2 y C12.2.3.

Calculo de las longitudes de desarrollo, empalmes y traslapes

La ecuación del numeral C12.2.2 queda reducida para facilitar el cálculo a:

$$Ld = 50db$$

Donde

Lb= longitud de desarrollo

db= diámetro de la barra utilizada

Entonces, a modo de ejemplo se seleccionará una varilla Aleatoriamente, en este caso barra #4, se obtiene lo siguiente:

$$Ld = 50db$$

$$Ld = 50 * \frac{1}{2} * 0.0254 = 0.635 = 0.64 \text{ m}$$

El cálculo de la cantidad de traslapes se basa en la longitud de la varilla la cual según el fabricante puede ser de 6m, 12m y la longitud del elemento. Para este diseño se seleccionó varillas de 6 m. por lo tanto:

$$\# \text{ traslapes} = \frac{\text{londitud elemento}}{\text{longitud de la varilla}}, \quad \text{Ej.} = \frac{13 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 2.16 = 2 \text{ traslapes}$$

Para dibujar el despiece de acero y facilitar su armado en obra se utilizó un software de uso libre suministrado por la empresa G&j ferreterías, llamado DL-Net.  
Fuente:[http://www.gjferreterias.com/index.php?id\\_cms=42&controller=cms](http://www.gjferreterias.com/index.php?id_cms=42&controller=cms)

## 5.10. Presupuesto General De Obras

Para poder dimensionar y conocer sobre los costos que se presentan durante la construcción de estas estructuras, a continuación se presenta el presupuesto para la bocatoma y el desarenador del distrito de riego a pequeña escala de la vereda Calle Arriba Asocallearriba municipio Tasco, departamento Boyacá. Cabe aclarar que esto es simplemente una parte de los costos totales de la ejecución de un distrito de riego.

**Tabla 29. Presupuesto detallado de obra bocatoma**

PROYECTO:		DISTRITO DE RIEGO A PEQUEÑA ESCALA - ASOCALLEARRIBA			
ASOCIACIÓN:					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	VR UNIT (INC IVA)	VR PARCIAL
<b>1</b>	<b>BOCATOMA</b>				
<b>1.1</b>	<b>Bocatoma Quebrada Sosque</b>				
<b>1.2</b>	Manejo de aguas	Gl	1.0	\$ 1,900,000.00	\$ 1,900,000.00
<b>1.3</b>	Excavación manual en material rocoso bajo agua	m <sup>3</sup>	13.0	\$ 40,000.00	\$ 521,600.00
<b>1.4</b>	Pañete interior impermeabilizado	m <sup>2</sup>	13.9	\$ 14,000.00	\$ 194,600.00
<b>1.5</b>	Válvula de Control ø 8" tipo Waffer y accesorios	Und	1.0	\$ 1,236,560.00	\$ 1,236,560.00
<b>1.6</b>	Collar en lamina 8" x 2"	Und	1.0	\$ 152,998.20	\$ 152,998.20
<b>1.7</b>	Adaptador Hembra PVC 2"	Und	1.0	\$ 6,869.00	\$ 6,869.00
<b>1.8</b>	Tapón Soldado PVC 2"	Und	1.0	\$ 4,264.00	\$ 4,264.00
<b>1.9</b>	Tapa en concreto de 0.45 x 1.2 m con Angulo de 1/2", con candado	Und	6.0	\$ 115,000.00	\$ 690,000.00
<b>1.10</b>	Rejilla en ángulo de 2" * 2" * 1/4" de 0,45 * 1.33 m, varilla corrugada D =1 " separados 3 cm, pintada con anticorrosivo.	Und	1.0	\$ 700,000.00	\$ 700,000.00
<b>1.11</b>	Pasamuro de 8" Para conducción hacia desarenador. Conexión Espigo x Brida L=0.40 m	Und	2.0	\$ 630,750.00	\$ 1,261,500.00
<b>1.12</b>	Tubo en acero 8" x 2.5 m Para lavado de presa con tapón roscado.	Und	1.0	\$ 1,203,500.00	\$ 1,203,500.00
<b>1.13</b>	Tubo en acero 6" x 1m Para lavado de cajilla con tapón roscado.	Und	1.0	\$ 464,000.00	\$ 464,000.00
<b>1.14</b>	Concreto simple de 4000 PSI.	m3	17.3	\$ 495,000.00	\$ 8,553,600.00
<b>1.15</b>	Concreto ciclópeo de 2500 psi, 40% piedra.	m3	1.5	\$ 348,000.00	\$ 532,440.00
<b>1.16</b>	Tubería excesos PVC 6"	ml	1.0	\$ 24,010.00	\$ 24,010.00
<b>1.17</b>	Tubería de aducción 8"	ml	1.0	\$ 41,366.00	\$ 41,366.00
<b>1.18</b>	Cinta Sika PVC tipo UB15 sellado de construcción o dilatación	ml	42.8	\$ 20,184.00	\$ 863,269.68
<b>1.19</b>	Acero de refuerzo PDR-60	Kg	2219.7	\$ 4,400.00	\$ 9,766,680.00
	Sub total Bocatoma Quebrada Sosque				\$ 28,117,256.88
	<b>SUB TOTAL 1</b>				<b>\$ 28,117,256.88</b>

**Tabla 30. Presupuesto detallado de obra desarenador**

<b>2 DESARENADOR</b>					
2.1	<b>Desarenador Quebrada Sosque</b>				
2.2	Excavación en material Conglomerado	m <sup>3</sup>	49.8	\$ 20,000.00	\$ 996,800.00
2.3	Válvula de Control ø 8" tipo Mariposa Bridada y accesorios	Und	2.0	\$ 2,639,000.00	\$ 5,278,000.00
2.4	Válvula de Mariposa tipo Wafer ø 6" lavado desarenador	Und	1.0	\$ 430,360.00	\$ 430,360.00
2.5	Tubería alcantarillado PVC 6" Para lavado y rebose	ml	12.0	\$ 24,010.00	\$ 288,120.00
2.6	Acero PDR-60	Kg	2721.0	\$ 4,400.00	\$ 11,972,576.00
2.7	Concreto simple de 4000 psi	m <sup>3</sup>	18.7	\$ 495,000.00	\$ 9,246,600.00
2.8	Pañete interior impermeabilizado	m <sup>3</sup>	44.4	\$ 14,000.00	\$ 621,600.00
2.9	Pasamuro en Lamina de 8" x 0.6 m Conexión Espigo x Brida	Und	4.0	\$ 827,225.00	\$ 3,308,900.00
2.10	Pasamuro en Lamina de 6" x 0.3 m Conexión Espigo x Espigo	Und	2.0	\$ 307,560.00	\$ 615,120.00
2.11	Suministro e instalación Tubería PVC Presión 8" UZ Rde 51	ml	5.0	\$ 56,364.00	\$ 281,820.00
2.12	Collar de acero laminado en caliente calibre 3/16" diámetro 8" x 2" (salida conexión macho)	Und	1.0	\$ 152,998.20	\$ 152,998.20
2.13	Tapa en concreto de 0.4 x 1.15 m con angulo de 1/2", con candado	Und	4.0	\$ 115,000.00	\$ 460,000.00
2.14	Tapa en concreto de 0.45 x 1.1 m con ángulo de 1/2", con candado	Und	4.0	\$ 115,000.00	\$ 460,000.00
2.15	Adaptador Hembra PVC 2"	Und	1.0	\$ 6,869.00	\$ 6,869.00
2.16	Tapón Soldado PVC 2"	Und	1.0	\$ 4,265.00	\$ 4,265.00
2.17	Codo 90° x 6" PVC	Und	1.0	\$ 296,259.00	\$ 296,259.00
2.18	Tee 6" PVC	Und	1.0	\$ 404,352.00	\$ 404,352.00
2.19	Cinta Sika PVC tipo UB15 sellado de construcción o dilatación	ml	59.1	\$ 20,184.00	\$ 1,193,681.76
2.20	Niple 2" PVC para almenara	ml	2.0	\$ 4,029.00	\$ 8,058.00
	Sub total Desarenador Quebrada Sosque				\$ 36,026,378.96
	<b>SUB TOTAL 2</b>				<b>\$ 36,026,378.96</b>

				<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>\$ 64,143,635.84</b>
				<b>ADMINISTRACIÓN</b>	<b>7%</b>
					<b>\$ 4,490,055.00</b>
				<b>IMPREVISTOS</b>	<b>5%</b>
					<b>\$ 3,207,182.00</b>
				<b>UTILIDAD</b>	<b>3%</b>
					<b>\$ 1,924,310.00</b>
				<b>IVA SOBRE UTILIDAD</b>	<b>16%</b>
					<b>\$ 307,890.00</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>\$ 74,073,072.84</b>

## 6. CONCLUSIONES

- Para las obras a diseñar y construir bocatoma y desarenador para el distrito de riego a pequeña escala de la vereda Calle Arriba Asocallearriba municipio Tasco, departamento Boyacá, se deben utilizar concretos con una resistencia de 4000 Psi, por ser estructuras ambientales.
- Las cuantías utilizadas para el cálculo del acero estructural de la bocatoma y el desarenador para el refuerzo mínimo por retracción y temperatura se emplea cuantía de 0.003 y varilla corrugada mínima número 4.
- Del análisis del diseño estructural se emplean espesores de muros de 0.20m como mínimo para contrarrestar el agrietamiento que pueda ser producido por la falla en el concreto y así garantizar la estabilidad e integridad estructural de las obras propuestas.
- Las cartillas de hierros se realizaron en base a barras de acero de 6 m de longitud por lo cual debe alternar la colocación de los aceros para evitar zonas de rotura o debilidad estructural en la ubicación continua de los traslapos.
- Se pueden utilizar espesores de 0.10 m o 0.15 m para los elementos de las zonas de cajillas de protección de válvulas, ya que estos elementos no presentan cargas sustanciales que afecten la estabilidad de la estructura, además la colocación de un solo emparrillado de refuerzo.
- Según el análisis hidrológico, y las condiciones fisiográficas de la zona se emplea una captación de tipo fondo.
- Para garantizar la capacidad de caudal que requiere el distrito se opta por tomar un factor de seguridad del 20% más del caudal de diseño, que para nuestro caso fue de 55 l/s.
- Según el estudio geotécnico desarrollado en la zona de estudio, se presentan rocas sedimentaria, en la zona donde se ubica la bocatoma, es necesario la utilización de excavación en roca, este tipo de material permiten anclar la bocatoma y garantizar la estabilidad.

- Los sondeos exploratorios a una profundidad de 3.0 m, muestran una capacidad portante del suelo para la bocatoma de 3.44 Kg/cm<sup>2</sup> y para el desarenador 6,87 Kg/cm<sup>2</sup>, indicando que presenta buen soporte, para los diseños se implementaron valores de 0.9 Kg/cm<sup>2</sup>, considerando las mínimas condiciones y un tipo de material muy inestable.
- La zona de estudio se encuentra clasificada por la norma sismo resistente Colombia como zona de amenaza sísmica alta, lo cual es de vital importancia para involucrarlos en los parámetros de diseño.
- El caudal de diseño de la bocatoma, se implementó para que todos los usuarios puedan regar al mismo tiempo.
- El valor del sistema hidráulico e implementación de obras civiles para la bocatoma y el desarenador del distrito presenta un costo de \$ 74.073.072,84, parcial debido a que en este no contemplan las obras secundarias y complementarias que se presentan dentro de un distrito de riego, se ha cuantificado lo relacionado con las obras de captación bocatoma y desarenador y los accesorios presentes en ella.

## 7. RECOMENDACIONES

- Para evitar inconvenientes en el funcionamiento del desarenador, por la incursión o ingreso de personal no autorizado, materiales y elementos no pertenecientes a la estructura, se recomienda la construcción de una placa superior sobre el desarmador entre las zonas de entrada y salida, implementando tapas de acceso, para el mantenimiento, control y vigilancia del vertedero, además colocación de tubería aireadora.
- Para los diseños hidráulicos y estructurales de obras como bocatoma y desarenador es de vital importancia contar con información de estudios básicos como: topografía, geotécnica, hidroclimatología, sedimentología, agrología, pues de allí dependerán las condiciones de frontera con las que se basan los diseños, para adaptarse a las condiciones presentes en la zona de estudio.
- Para aumentar la estabilidad de la bocatoma, se recomienda utilizar anclajes de varilla de  $\frac{1}{2}$  pulgada perforando con taladro la roca y aplicando epóxido.
- Se debe realizar un manejo de agua al momento de realizar la construcción de la bocatoma, este trabajo consiste en realizar el Manejo de Aguas, empleando tubería, tulas o bolsas de arenas para desviar el cauce de la Fuente, con el fin de tener secas las fundaciones de las obras hidráulicas a construir, sin que sean afectadas por dicha fuente.
- Las fundaciones de las estructuras se deben realizar en la manera posible de forma monolítica, siempre y cuando las longitudes lo permitan, de no ser así es necesario dejar pelos de anclajes o juntas de construcción para continuar con la fundación total del elemento.
- Es importante antes de fundir, revisar el distanciamiento del acero, el amarre de las formaletas y chequear las dimensiones de la obra; para esto es necesario revisar los planos junto con el maestro de la obra.
- Después de la construcción de las obras se debe recoger el material sobrante como formaletas, empaques, restos de varilla, bolsas, etc.
- En la tubería de conducción y distribución y en aquellas zonas inestables, se recomienda la realización de encofrados en los que mediante recubrimiento

en concreto reforzado se proteja la tubería de afectaciones por deslizamientos de tierra o desprendimientos de roca.

- Se debe seguir un estricto control de los especialistas estructurales, hidráulicos y geotecnista, no se pueden realizar cambios sin previo aviso y recomendaciones establecidas.
- Para evitar zonas de falla por grietas en el concreto se deben colocar como mínimo dos parillas de refuerzo cuando los espesores sean de 0.20 m y una parrilla de refuerzo cuando los espesores de los elementos sean de 0.10 o 0.15 m.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

Basilio, J. (2015). Concreto Estructural.

Basilio, J. (2015). Ejemplos De Concreto Reforzados.

Comité ACI 350. (2007). code requirements for environmental engineering concrete structures (ACI 350-01) and commentary (ACI 350R-01)

Corcho, F., & Duque, J. (1993). *Acueductos Teoria y Diseño*. Medellin: Universidad de Medellin.

McCormacIGAC, J. (1994). Diseño de Concreto Reforzado.

Fundispros. (2013). fundacion desarrollo de la ingenierias y ciencias de las salud para la proyeccion social.

IGAC.(2013).Instituto Geográfico Agustín Codazzi.  
[http://geoportal.igac.gov.co:8888/siga\\_sig/Agrologia.seam](http://geoportal.igac.gov.co:8888/siga_sig/Agrologia.seam)

Lopez, R. (1995). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenieria.

Manual De Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas De Mampostería, Asocioacion De Ingenieria Sismica.

Materon, H. (1997). Obras Hidráulicas Rurales. Santiago de Cali: Facultad de Ingenieria Universidad del Valle.

Monsalve, G. (1995). Hidrología en la Ingeniería. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

NSR-10 (2010).Reglamento Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes.