

**APOYO TÉCNICO AL PROYECTO  
“CONSTRUCCIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO EN PEQUEÑA ESCALA DE  
GUAMORRAN DEL RESGUARDO INDIGENA DE PANAN, MUNICIPIO DE  
CUMBAL DEPARTAMENTO DE NARIÑO”**

**WILLIAM MARTIN CALPA TUPUE**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2010**

**APOYO TÉCNICO AL PROYECTO  
“CONSTRUCCIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO EN PEQUEÑA ESCALA DE  
GUAMORRAN DEL RESGUARDO INDIGENA DE PANAN, MUNICIPIO DE  
CUMBAL DEPARTAMENTO DE NARIÑO”**

**WILLIAM MARTIN CALPA TUPUE**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**Director:  
Ing. LUIS RIVERA HERNANDEZ  
Director de Obra**

**Codirector:  
Ing. JOSE ALFREDO JIMENEZ CORDOBA  
Docente Universidad de Nariño**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL  
SAN JUAN DE PASTO  
2010**

**NOTA DE ACEPTACIÓN:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

San Juan de Pasto, noviembre 2010

---

**Ciudad y fecha**

**Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva del autor.**

**Artículo 1<sup>ro</sup> del Acuerdo No 324 de Octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad**

## **DEDICATORIA**

**Gracias a mi Dios a la Virgen de Mercedes por permitirme soñar y poder hacer los sueños realidad, superando dificultades y aprendiendo de ellas. Gracias a mi padre Abelardo Calpa que siempre creyó en mi, por el gran sacrificio que tuvo que pasar para que cumpliera con mi sueño, gracias a mi madre María Tránsito Tupue, hermanos, sobrinos. Gracias Alexandra Puetate por estar siempre conmigo, por el apoyo incondicional que recibí en momentos difíciles de mi carrera.**

**Gracias a mis hijos, Ingrith Mayerly Calpa y Daniel Calpa por ser la razón para superarme siempre más.**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

Ingenieros: Luis Rivera Hernández, Orlando Villota y Andrés Velásquez, por la oportunidad y la confianza brindada para la ejecución de este proyecto, y sobre todo por su incondicional apoyo frente a las dificultades que con la ayuda se supero.

Ingeniero: José Alfredo Jiménez Córdoba por aceptar codirigir este importante proyecto de manera incondicional y comprometido con la formación profesional de los estudiantes de Ingeniería Civil.

Señores: Weimar Guerrero, Lucas A. Martínez y a todas las personas que de alguna manera contribuyeron con sus concejos y experiencias para la realización del presente trabajo.

## **CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>19</b>
<b>1. GENERALIDADES DEL RESGUARDO INDÍGENA DE PANÀN</b>	<b>21</b>
1.1 Localización	21
1.2 Área total del embalsé a inundar	21
1.3 Número de usuarios o beneficiarios	21
1.4 Capacidad a almacenar m <sup>3</sup>	22
1.5 Determinación de servidumbre	22
1.6 Veredas a beneficiarse	22
1.7 Características del sector del embalse	22
1.8 Costo del proyecto	22
1.9 Costo del reservorio	22
2.2 METODOLOGÍA	23
3. CRONOGRAMA	24
4. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS QUEBRADA EL CAPOTE	26
5. Caracterización de la cuenca quebrada el Capote	28
5.1 Características físicas de la cuenca	28
5.2 Forma	29
5.2.1 Coeficiente de compacidad	29
5.2.2 Pendiente media del cauce	29
5.2.3 Tiempos de concentración	29
5.2.4	29
5.2.4. Caudal ecológico	30
5.2.4. Fuentes de contaminación	30
5.2.4. Concesión de aguas	30
5.2.5 Caudales	30
5.2.6 Aforo líquido	30
5.2.7 Caudales máximos instantáneos	30
5.2.8 Calidad del agua	32
5.2.8. Conductividad eléctrica	32

	<b>Pág.</b>	
<b>5.2.9</b>	<b>Relación de absorción de sodio</b>	<b>32</b>
<b>5.2.1.</b>	<b>Carbonato de sodio residual</b>	<b>32</b>
<b>5.2.1.</b>	<b>PH</b>	<b>32</b>
<b>5.2.1.</b>	<b>Turbiedad</b>	<b>32</b>
<b>5.2.1.</b>	<b>Coliformes totales</b>	<b>32</b>
<b>6.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA</b>	<b>33</b>
<b>6.1</b>	<b>Muro de contención</b>	<b>33</b>
<b>6.2</b>	<b>Conducción, red de distribución y ramales</b>	<b>33</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Válvulas de ventosas</b>	<b>34</b>
<b>6.2.2</b>	<b>Válvulas de purga</b>	<b>34</b>
<b>6.2.3</b>	<b>Cámaras de quiebre de presión</b>	<b>34</b>
<b>6.2.4</b>	<b>Red predial</b>	<b>35</b>
<b>7.</b>	<b>CRITERIOS DE DISEÑO HIDRÁULICO</b>	<b>36</b>
<b>7.1</b>	<b>Abastecimiento de agua</b>	<b>36</b>
<b>7.2</b>	<b>Áreas a beneficiar y caudal</b>	<b>36</b>
<b>7.3</b>	<b>Trazados y cálculos hidráulicos</b>	<b>37</b>
<b>7.4</b>	<b>Determinación de la capacidad de la red</b>	<b>37</b>
<b>7.5</b>	<b>Conducción</b>	<b>37</b>
<b>7.6</b>	<b>Trazado</b>	<b>37</b>
<b>7.7</b>	<b>Diseño de obras prediales</b>	<b>38</b>
<b>7.8</b>	<b>Características del área tipo seleccionada para diseño</b>	<b>38</b>
<b>7.8.1</b>	<b>Topografía</b>	<b>38</b>
<b>7.8.2</b>	<b>Tamaño de los predios</b>	<b>38</b>
<b>7.9</b>	<b>Metodología de diseño</b>	<b>38</b>
<b>7.9.1</b>	<b>Recopilación de información básica para diseño</b>	<b>39</b>
<b>7.9.2</b>	<b>Suelos</b>	<b>39</b>
<b>7.9.2.</b>	<b>Propiedades hidrofísicas</b>	<b>39</b>
<b>7.9.2.</b>	<b>Cultivo y demanda de agua</b>	<b>39</b>
<b>7.9.2.</b>	<b>Topografía predial</b>	<b>39</b>
<b>7.10</b>	<b>Diseño y parámetros de riego</b>	<b>39</b>
<b>7.10.</b>	<b>Datos de entrada a la hoja de cálculo</b>	<b>39</b>
<b>7.10.</b>	<b>Área de diseño</b>	<b>39</b>
<b>7.10.</b>	<b>Características del cultivo</b>	<b>39</b>
<b>7.10.</b>	<b>Características de los suelos</b>	<b>40</b>
<b>7.10.</b>	<b>Datos de salida o parámetros de riego</b>	<b>40</b>
<b>7.11</b>	<b>Selección de las personas</b>	<b>40</b>
<b>7.11.</b>	<b>Pluviometría del aspersor</b>	<b>41</b>
<b>7.11.</b>	<b>Trazado y diseño de red de distribución predial-aspersión</b>	<b>41</b>

	<b>Pág.</b>
<b>8. PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL SISTEMA DE RIEGO DEGUAMORRAN</b>	<b>43</b>
8.1 Construcción del muro de contención	43
8.2 Localización y replanteo	46
8.3 Construcción del campamento	47
8.4 Excavaciones	47
8.5 Instalación de tubería de conducción	48
8.6 Instalación de accesorios	50
8.7 Relleno y compactación manual	50
8.8 Instalación de válvulas de ventosas	51
8.9 Instalación de válvulas de purga	51
8.10 Construcción de cámaras de quiebre de presión	52
8.11 Viaductos y pasos elevados	53
8.12 Instalación de domiciliarias	54
<b>9. DIMENSIONES DE OBRAS CONSTRUIDAS</b>	<b>56</b>
9.1 Total tubería instalada en red de distribución	56
9.2 Total válvulas ventosas instaladas	56
9.3 Total de válvulas de purga instaladas	57
9.4 Total de cámaras de quiebre construidas	58
<b>10. Impacto ambiental y su obligación</b>	<b>59</b>
10.1 Paramos	59
10.2 Caracterización climatológica	59
10.3 Balance hídrico	60
10.4 Flora y fauna	60
10.5 Paisaje	60
10.6 Tipos de impacto	61
10.6. Impactos sobre recursos hidrosféricos	61
10.6. Impactos sobre el medio biótico	61
10.6. Impactos sobre el paisaje	61
10.6. Impactos sobre el medio socioeconómico	61
10.7 Evaluación ambiental	62
10.7. Valoración cuantitativa	62
10.7. Valoración cualitativa	62
10.8 Análisis de riesgos ambientales	62
10.9 Plan de seguimiento y monitoreo ambiental	62
10.9. Descripción de la actividad e impactos ambientales	62
10.9. Situación actual	63
10.9. Actividades a realizar	63
10.9. Acuerdo y delimitación de áreas	65
10.9. Siembra de árboles	65
10.9. Mantenimiento	65
10.9. Implementación de vivero comunitario temporal	65
10.9. Capacitación generalizada	66

	<b>Pág.</b>
<b>11. Manual de operación y mantenimiento</b>	<b>67</b>
<b>11.1 Organización de los usuarios</b>	<b>67</b>
<b>11.2 Operación física del sistema</b>	<b>68</b>
<b>11.3 Operación y mantenimiento preventivo</b>	<b>68</b>
<b>11.4 Registro y control</b>	<b>68</b>
<b>11.5 Control contable</b>	<b>69</b>
<b>11.6 Régimen de tarifas</b>	<b>69</b>
<b>11.7 Presupuesto para el mantenimiento</b>	<b>70</b>
<b>11.8 Gastos del distrito de riego</b>	<b>70</b>
<b>11.9 Cálculo de tarifas por hectárea</b>	<b>70</b>
<b>11.10 Puesta en operación del sistema</b>	<b>71</b>
<b>11.11 Operación y mantenimiento del sistema</b>	<b>72</b>
<b>11.11 Estructura de toma</b>	<b>72</b>
<b>11.11 Reservorio</b>	<b>72</b>
<b>11.11 Conducción</b>	<b>72</b>
<b>11.11 Red de distribución</b>	<b>73</b>
<b>11.11 Red predial</b>	<b>73</b>
<b>11.12 Frecuencia de mantenimiento</b>	<b>73</b>
<b>11.13 Herramientas y materiales</b>	<b>74</b>
<b>11.14 Recomendaciones para un buen funcionamiento y uso del riego</b>	<b>75</b>
<b>11.15 Mantenimiento del sistema de riego</b>	
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>77</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>78</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>80</b>

## LISTA DE TABLAS, GRAFICAS Y ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Cantidad de tubería instalada	<b>56</b>
<b>Tabla 2.</b> Cantidad de ventosas instaladas	<b>56</b>
<b>Tabla 3.</b> Cantidad de purgas instaladas	<b>58</b>
<b>Tabla 4.</b> Cantidad de cámaras construidas	<b>58</b>
<b>Grafica 1.</b> precipitación media multianual	<b>60</b>
<b>Anexo A.</b> Planos record en CD. Contiene: Planos muro de contención Planos conducción, ramales y subramales Planos cámaras de quiebre de presión	

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>	
<b>Figura 1.</b>	<b>Ubicación geográfica de PANAN</b>	<b>20</b>
<b>Figura 2.</b>	<b>Topografía embalse Guamorran</b>	<b>21</b>
<b>Figura 3.</b>	<b>Embalse Guamorran</b>	<b>33</b>
<b>Figura 4.</b>	<b>Válvulas de compuerta</b>	<b>33</b>
<b>Figura 5.</b>	<b>Válvulas de ventosas</b>	<b>34</b>
<b>Figura 6.</b>	<b>Válvulas de purga</b>	<b>34</b>
<b>Figura 7.</b>	<b>Cámara de quiebre de presión</b>	<b>35</b>
<b>Figura 8.</b>	<b>Red predial</b>	<b>35</b>
<b>Figura 9.</b>	<b>Excavación para la construcción del muro de contención</b>	<b>43</b>
<b>Figura 10.</b>	<b>Entibación para evitar derrumbes</b>	<b>44</b>
<b>Figura 11.</b>	<b>Construcción de solado</b>	<b>44</b>
<b>Figura 12.</b>	<b>Armadura de hierro de zarpa</b>	<b>45</b>
<b>Figura 13.</b>	<b>Tipos de acelerantes</b>	<b>45</b>
<b>Figura 14.</b>	<b>Dosificación de acelerante</b>	<b>45</b>
<b>Figura 15.</b>	<b>Vaciado y librado de concreto</b>	<b>46</b>
<b>Figura 16.</b>	<b>Toma de cilindros</b>	<b>46</b>
<b>Figura 17.</b>	<b>Colchón de amortiguamiento</b>	<b>46</b>
<b>Figura 18.</b>	<b>Localización y replanteo</b>	<b>46</b>
<b>Figura 19.</b>	<b>Construcción del campamento</b>	<b>47</b>
<b>Figura 20.</b>	<b>Excavación red principal</b>	<b>47</b>
<b>Figura 21.</b>	<b>Acarreo de tubería</b>	<b>48</b>
<b>Figura 22.</b>	<b>Acarreo de materiales</b>	<b>48</b>
<b>Figura 23.</b>	<b>Apertura debía</b>	<b>48</b>
<b>Figura 24.</b>	<b>Transporte de materiales</b>	<b>48</b>
<b>Figura 25.</b>	<b>Religión y aplicación de lubricante</b>	<b>49</b>
<b>Figura 26.</b>	<b>Acople de tubería red principal</b>	<b>49</b>
<b>Figura 27.</b>	<b>Chequeo de de RDE y diámetros</b>	<b>49</b>
<b>Figura 28.</b>	<b>Instalación de codos</b>	<b>50</b>
<b>Figura 29.</b>	<b>Anclaje de codos</b>	<b>50</b>
<b>Figura 30.</b>	<b>Relleno y compactación</b>	<b>50</b>
<b>Figura 31.</b>	<b>Anclaje de válvulas ventosas</b>	<b>51</b>
<b>Figura 32.</b>	<b>Instalación de válvula de purga</b>	<b>52</b>
<b>Figura 33.</b>	<b>Excavación y perfilado</b>	<b>53</b>
<b>Figura 34.</b>	<b>Armadura de refuerzo</b>	<b>53</b>
<b>Figura 35.</b>	<b>Viaducto</b>	<b>53</b>
<b>Figura 36.</b>	<b>Viaducto</b>	<b>53</b>
<b>Figura 37.</b>	<b>Construcción de pasos elevados</b>	<b>54</b>

<b>Figura 38.</b>	<b>Entrega de cajillas</b>	<b>Pág.</b> <b>54</b>
<b>Figura 39.</b>	<b>Instalación de domiciliarias</b>	<b>54</b>
<b>Figura 40.</b>	<b>Instalación de cajillas</b>	<b>55</b>
<b>Figura 41.</b>	<b>Irrigación de cultivos</b>	<b>55</b>
<b>Figura 42.</b>	<b>Vivero comunitario</b>	<b>66</b>
<b>Figura 43.</b>	<b>Usuarios sistema de riego</b>	<b>67</b>

## GLOSARIO

**Fuente de abastecimiento:** la fuente de abastecimiento de agua es superficial, como en los casos de ríos, lagos, embalses o incluso aguas lluvias, o subterráneas superficiales o profundas.

**Obras de captación:** clase de estructura utilizada para la captación del agua depende en primer lugar del tipo de fuente de abastecimiento utilizado. En general, en los casos de captación de aguas superficiales se encuentran las Bocatomas.

**Bocatoma:** estructura que permite derivar y captar el caudal de diseño.

**Desarenador:** tanque en concreto, construido con el propósito de sedimentar partículas en suspensión por la acción de la gravedad, se divide en cinco zonas, zona de aquietamiento, entrada al desarenador, zona de sedimentación, salida del desarenador, almacenamiento de lodos.

**Red de conducción:** transporta agua a flujo libre o a presión, igualmente puede transportar agua cruda o agua tratada. Para este tipo de proyectos se realiza a presión debido a que en general las condiciones topográficas favorecen este tipo de flujo hidráulico.

**Válvula de purga:** válvula instaladas lateralmente, en todos los puntos bajos del trazado, donde haya posibilidad de obstrucción de la sección de flujo por acumulación de sedimentos.

**Válvula ventosa:** válvulas de expulsión o admisión de aire, de funcionamiento automático, que debe ubicarse en los puntos altos.

**Válvulas de control o de corte:** se deben instalar válvulas de control como mínimo al comienzo y al final de la conducción, permiten el paso o sierre del agua del sistema.

**Red de distribución:** conjunto de tuberías, cuya función es suministrar el agua potable a los consumidores en condiciones de cantidad y presión suficiente.

**Cámaras de quiebre:** estructuras diseñadas para controlar las presiones muy altas debidas a una gran diferencia de altura desde la captación del agua, controla presiones excesivas y disminuye los costos por tuberías de alta resistencia.

**Sistema de riego:** sistema que consiste en completar la aportación de agua lluvia para cubrir las necesidades de agua de los cultivos y así para obtener la máxima producción minimizando las pérdidas de agua.

**Riego por superficie:** el riego por superficie incluye una amplia gama de sistemas de riego que tienen la característica común de que el agua fluye por la superficie del terreno, por gravedad hasta cubrir toda la superficie de la parcela.

**Riego por inundación:** es un sistema muy extendido en regadíos tradicionales. El tablar está rodeado completamente por un dique o caballón. Las características principales de riego por inundación son que la parcela está nivelada a pendiente cero y que no hay desagüe. La forma del tablar es generalmente rectangular o cuadrada.

**Riego por escurrimiento:** en este sistema los tablares tienen una pendiente longitudinal. Según se permita o no la escorrentía desde el extremo aguas abajo de tablar se puede hablar de escurrimiento libre o en tablares cerrados.

**Riego por escurrimiento libre:** este tipo de riego por superficie se caracteriza por que los tablares tienen una pendiente longitudinal y desagüe libre en su parte inferior. Los tablares tienen generalmente forma rectangular, y en ocasiones sus lados mayores se curvan para seguir las curvas de nivel del terreno.

**Riego por escurrimiento en tablares cerrados:** este tipo de riego es una mezcla del riego por inundación y el riego por escurrimiento libre, se trata de tablares alargados, rodeados de caballones en los que hay una pendiente longitudinal y en los que hay provisión de desagüe. Su ventaja es que se puede aprovechar el efecto positivo de la pendiente del terreno.

**Riego por surcos:** este tipo de riego se diferencia únicamente del riego por escurrimiento en que la superficie del suelo está ondulada formando pequeños canales de longitud variable a lo largo de los cuales circula el agua de forma independiente.

**Riego por aspersión:** son métodos que simulan de alguna manera el aporte de agua que las lluvias realizan; consiste en distribuir el agua por tuberías de presión y aplicarla a través de aspersores en forma de lluvia. Se busca aplicar una lámina que sea capaz de infiltrarse en el suelo sin producir escorrentía. Se obtiene una lámina muy uniforme sin que se presente escurrimiento.

**Accesorios del sistema de riego:** equipo de elevación encargado de proporcionar agua a presión. En algunas zonas resulta innecesario este equipo ya que se dispone de presión natural. Una red de tuberías principales conduce el agua hasta los hidrantes, que son la toma de agua en las parcelas. Una red de

ramales de riego conduce el agua hasta los emisores instalados en la parcela que se pretende regar.

**Riego por goteo:** el agua se conduce a presión por tuberías y luego por mangueras que recorren las hileras del cultivo. El emisor externo incorporado a la manguera de riego es un “gotero” de caudal y separación variable según el suelo y los cultivos aplica el agua en forma de gotas que van infiltrando a medida en que caen.

**Represa o reservorio:** estructura realizada con el fin de contener o regular el curso de las aguas, lugar donde las aguas están detenidas o almacenadas, natural o artificialmente.

## **RESUMEN**

Este documento contiene la descripción de cada una de las etapas de construcción del proyecto denominado “CONSTRUCCIÓN DEL DISTRITO DE RIEGO EN PEQUEÑA ESCALA DE GUAMURRAN DEL RESGUARDO INDIGENA DE PANAN, MUNICIPIO DE CUMBAL DEPARTAMENTO DE NARIÑO”, ejecutadas por el Ingeniero Contratista Luis Rivera Hernández y cada uno de los usuarios beneficiarios del proyecto.

Inicialmente, se realiza un repaso a las especificaciones técnicas, términos, conceptos y normas que se deben conocer y cumplir para la correcta ejecución del proyecto. La descripción de cada una de las actividades, se obtuvo mediante un seguimiento diario de la ejecución del proyecto en los que se participó, mediante el apoyo técnico, ejecutado actividades como lo es conducción y distribución, construcción del reservorio, instalación de accesorios para el funcionamiento del sistema, construcción de cámaras de quiebre y otras actividades complementarias para la culminación del proyecto.

Además, en este trabajo se encuentran relacionadas las actividades que se ejecutaron en cada etapa del proyecto, así como los materiales con los cuales se realizó, la maquinaria y el equipo utilizado, cumpliendo así con las exigencias estipuladas en los pliegos de condiciones.

## **ABSTRACT**

THIS DOCUMENT CONTAINS A DESCRIPTION OF EACH OF THE STAGES OF CONSTRUCTION OF THE PROJECT ENTITLED "CONSTRUCTION OF IRRIGATION DISTRICT SMALL-SCALE GUAMURRAN THE INDIGENOUS RESERVE OF PANAN, CUMBAL COUNTY DEPARTMENT OF NARIÑO" IMPLEMENTED BY THE ENGINEER AND CONTRACTOR LUIS RIVERA HERNANDEZ USERS EACH PROJECT BENEFICIARIES.

INITIALLY, WE PERFORMED A REVIEW OF TECHNICAL SPECIFICATIONS, TERMS, CONCEPTS AND STANDARDS THAT MUST KNOW AND FOLLOW THE PROPER EXECUTION OF THE PROJECT. THE DESCRIPTION OF EACH OF THE ACTIVITIES WAS OBTAINED BY DAILY MONITORING OF PROJECT IMPLEMENTATION IN WHICH WE PARTICIPATED, THROUGH TECHNICAL SUPPORT, CARRYING OUT ACTIVITIES SUCH AS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION, CONSTRUCTION OF THE RESERVOIR, INSTALLATION OF EQUIPMENT FOR OPERATION SYSTEM, CONSTRUCTION OF HOUSES AND OTHER BREAK-UP FOR THE COMPLETION OF THE PROJECT.

MOREOVER, IN THIS WORK ARE RELATED ACTIVITIES THAT WERE IMPLEMENTED AT EACH STAGE OF THE PROJECT AND THE MATERIALS WHICH ARE MADE, MACHINERY AND EQUIPMENT USED, THUS COMPLYING WITH THE REQUIREMENTS STIPULATED IN THE TENDER DOCUMENTS.

## INTRODUCCIÓN

“20 centímetros de suelo separan al hombre del hambre” una frase muy cierta, se analiza que en los últimos 50 años los suelos de todo el territorio del país se ha venido perdiendo rápidamente y gradualmente ampliando el área desértica.

Los cultivos necesitan gran cantidad de agua para poder sobrevivir y producir; las plantas solo pueden aprovechar el agua del suelo cuando tienen a disposición suficiente cantidad de aire; la cantidad de agua y aire debe estar en completo equilibrio para obtener un alto rendimiento en los cultivos. Por esto, el productor debe controlar el suministro y el flujo de agua en la tierra.

Tanto el agua como el suelo son recursos fundamentales del medio ambiente, de la agricultura y del hombre, para poder subsistir. La alta tasa de crecimiento de la población, asistida de su derecho a una buena alimentación, ha motivado que estos recursos se tornen cada vez más escasos; de ahí nace la necesidad de implementar este tipo de proyectos de riego, para subsanar las necesidades de los agricultores por falta de agua en sus cultivos.

Para lograr niveles de producción agrícolas acorde con los requerimientos de la economía de la población, es necesario incorporar continuamente nuevas superficies a la agricultura, a través de nuevos proyectos de riego, como también mejorar los sistemas y prácticas de riegos existentes, con el fin de asegurar un uso eficiente de agua, ya que cada vez este recurso es más escaso.

El Gobierno Nacional en sus políticas de fortalecimiento del sector agropecuario ha destinado importantes recursos para la construcción de pequeños distritos de Riego a través del Ministerio de Agricultura, IICA, y Agro Ingreso Seguro.

El RIP (Resguardo Indígena de Panán), conjuntamente con estas entidades, de acuerdo a su misión, contrató la ejecución de las obras necesarias para la construcción del riego GUAMORRAN, del Municipio de Cumbal, Nariño, para favorecer a 278 predios, con un área total de 90.6ha.

Para hacer realidad el proyecto de riego Guamorrán, se han proyectado inversiones de envergadura para infraestructura y tecnología como por ejemplo su captación, conducción y entrega final del agua; lo anterior manifiesta que todo proyecto debe proporcionar servicios adecuados de saneamiento y un suministro sostenible, permitiendo el desarrollo de proyectos a largo o corto plazo que cumplan específicamente con los requisitos de calidad, dotación, presión, pendientes, caudales, diámetros y de todos los parámetros básicos con el fin de obtener un buen funcionamiento de las estructuras y que estos recursos deben ser encaminados por personas capaces, profesionales con criterio, que puedan decidir el camino correcto para poder cumplirlos.

El objetivo que se busca es proyectar una práctica eficiente y ordenada, donde se puedan aplicar los criterios esenciales para la ejecución de programas de acueductos y sistemas de riegos en sus diferentes etapas de mantenimiento y construcción en el Resguardo Indígena de Panán, Municipio de Cumbal, se examinarán los métodos y técnicas empleados para dar apoyo en el mejoramiento de los trabajos, de tal manera que se garantice la calidad y eficacia de las obras proyectadas, se realizará un seguimiento fotográfico diario de las actividades que se realicen en la obra, como también un registro diario de las actividades más relevantes del día.

Gracias a la Universidad de Nariño en convenio con el Municipio de Cumbal del Resguardo Indígena de Panán, desarrolla trabajos en los cuales involucran futuros profesionales del departamento de Ingeniería Civil en modalidad de pasantía, donde se da la oportunidad de desenvolverse en actividades de control, asistencia y toma de decisiones en este tipo de obras.

Queda el compromiso de aplicar con calidad las bases teórico-prácticas asumidas en el proceso del conocimiento de la Ingeniería Civil dentro de la Universidad de Nariño y de ese modo, proveer para la sociedad una mejor calidad de vida.

## GENERALIDADES DEL RESGUARDO INDIGENA DE PANAN

**Localización.** El Resguardo Indígena de Panán se encuentra ubicado en el Municipio de Cumbal al sur del Departamento de Nariño, limita al norte y oriente con el resguardo indígena de Cumbal, al sur con el resguardo indígena de Chiles y al occidente con el resguardo indígena de Mayasquer. Ver figura 1.

De acuerdo con el datum Geographic Coordinate System: GCS\_Bogota.(1)

Projected Coordinate System: Colombia zona Oeste

Falso Este: 1000000,00000000

Falso Norte: 1000000,00000000

Meridiano central: -77,08091667

Escala factor: 1,00000000

Latitud de origen: 4,59904722.

El territorio del resguardo se encuentra dentro de las coordenadas planas:

### Mínimas.

904.000 Este.

580.000 Norte.

### Máximas.

925.000 Este.

590.000 Norte.



Figura 1. Ubicación geográfica de Panán.

1. *Reseña Histórica Resguardo Indígena de Panan Municipio de Cumbal 1990. Pag 22. De acuerdo con el datum Geographic Coordinate System: GCS\_Bogota.*

**Área total del embalse a inundar.** Área a inundar 12 hectáreas. Ver figura 2.

**Número de usuarios o beneficiarios.** Número de beneficiarios directos con el embalse 278 familias, usuarios del Distrito de riego Guamorran.

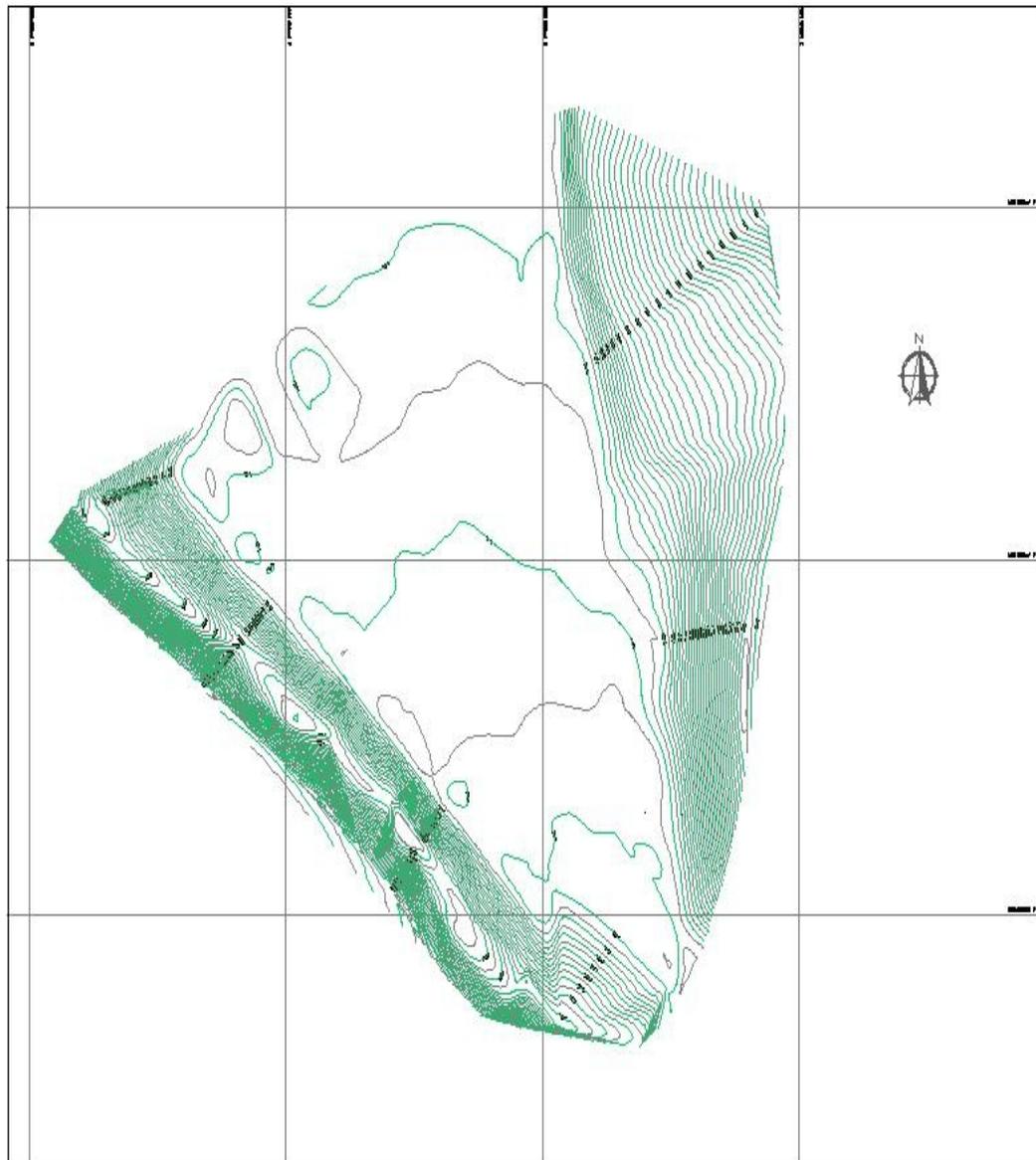


Figura 2. Topografía embalse Guamorran.

**Capacidad a almacenar.** 376.259 m3

**Determinación de servidumbre.** Tal como constata el Gobernador del Cabildo Indígena de Panamá, el área a inundar, sector conocido “Ciénaga Larga” es de pertenencia del resguardo.

**Veredas a beneficiarse.** Con el embalse se pretende beneficiar con sistema de riego a 11 veredas del Resguardo Indígena de Panamá.

**Características del sector del embalse.** El embalse se encuentra en una área de vaso natural donde por evidencia de su alto nivel freático se presume fue un embalse natural formado por acción glacial lo cual dio origen al terraplén natural existente el cual fue una morrena lateral de una lengua glacial. Sus suelos son de tipo Hydric Haplofibrists de símbolo MHBay pendiente <3% y geología de Q1dg. Cuaternario pleistoceno.

**Costo del proyecto.** Dos mil cuatrocientos treinta y seis millones sesenta y siete mil setecientos cuarenta pesos. (**\$ 2.436.067.740**).

**Costo del reservorio.** Quinientos treinta y uno millones doscientos noventa y dos mil quinientos veinte pesos mte. (**\$531.292.520**)

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Apoyar Técnicamente la construcción del Distrito de Riego en Pequeña Escala Guamorran del Resguardo Indígena de Panán, del Municipio de Cumbal, Departamento de Nariño

### **OBJETIVOS ESPECÌFICOS**

- Coordinar y ejecutar todas las actividades asignadas, que están enmarcadas en el campo de la Ingeniería Civil dentro de la ejecución del proyecto del Sistema de Riego Guamorran.
- Programar y realizar el seguimiento del suministro oportuno de materiales, maquinaria, herramientas, mano de obra y equipos necesarios para un normal funcionamiento de la obra.
- Inspeccionar y dirigir los procesos constructivos que se lleven a cabo dentro de las obras que se ejecuten en el periodo que abarca la pasantía.
- Llevar a cabo las obras de protección ambiental que están predestinadas para este proyecto.
- Llevar un registro de las actividades diarias que se realicen en la construcción (Bitácora).
- Presentar informe final.

## 1. METODOLOGÍA

Se realizó el apoyo técnico y administrativo, en la ejecución de cada una de las etapas del proyecto de riego del Resguardo Indígena de Panán, Municipio de Cumbal, las cuales se llevaron a cabo de manera eficiente y con calidad; se contó con la dirección del Ing. Luís Rivera, quien es un profesional vinculado al proyecto, quien desempeña la función de Director de Obra. Además, se realizó la interventoría por parte de INTER-RIEGOS.

Este proyecto fue viabilizado por el Gobierno Nacional, mediante programa Nacional de AGRO INGRESO SEGURO, en el Departamento de Nariño.

En la Etapa de Construcción se apoyó ejecutando las siguientes actividades:

- Se realizó la visita técnica, a cada uno de los lugares contemplados para realizar las actividades del proyecto, rigiéndose en el cronograma de trabajo del proyecto distrito de riego.
- Se estimaron las cantidades necesarias, para el adecuado suministro de material en obra.
- Se reportó y registró diariamente los acontecimientos más importantes ocurridos durante el transcurso de la construcción.
- Se llevó el registro de las actividades adelantadas para certificar la realización de las actividades ejecutadas al director de esta pasantía.
- Se verificó el cumplimiento de las especificaciones técnicas del proyecto.
- Se revisó la correcta señalización de la obra.
- Se organizaron y programaron las actividades diarias para evitar retraso en el cronograma de actividades.
- Se verificó el control de calidad de los materiales a utilizar en la ejecución del proyecto.
- Se veló por la seguridad del personal.
- Se hizo un seguimiento a cada uno de los procesos constructivos de la obra, constatando que se desarrollen de acuerdo a las recomendaciones estipuladas en las especificaciones técnicas.

- Se asesoró a la comunidad sobre las actividades diarias que se ejecutarían según el cronograma del trabajo.
- Se llevó un registro fotográfico que fue necesario para elaborar los informes respectivos y dejar constancia de los avances realizados en obra.

## 2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS QUEBRADA EL CAPOTE

En el presente estudio hidrológico para el proyecto de pequeña irrigación Guamorran en el Resguardo Indígena de Panán, Municipio de Cumbal; se procesó la información registrada en las estaciones Chiles y Carlosama. De la primera se adoptó la información Meteorológica y de la segunda se obtuvo la información hidrométrica correspondiente al río Blanco.

La fuente de agua aprovechable para el proyecto Guamorran es la quebrada el Capote del cual no existe un registro de caudales específico. La información disponible, aplicable a las exigencias de los términos de referencia es incipiente, no obstante se trabajó con los registros de precipitación diaria de la estación Chiles para el periodo 1992-2007 y la información hidrométrica de la estación Carlosama 1986-2005, generando la serie de caudales para la quebrada el Capote mediante la aplicación de un modelo lluvia-escorrentía.(2)

El Nariño se distinguen tres regiones fisiográficas correspondientes a: Llanura Pacífica, Región Andina y Región Amazónica. Se definen dos grandes vertientes: Vertiente del Pacífico, que comprende de los ríos Partía, Guáitara, Juanambú, Pasto, Iscuandé, Mira y Mataje.

El relieve permite que el Departamento de Nariño disfrute de temperaturas cálidas, templadas, frías, de Páramo y de casquete glacial. Las lluvias en el área interna andina son superiores a los 3000 mm, disminuyendo en el altiplano Nariñense donde son inferiores a los 1000 mm; en el pie de monte Amazónico las lluvias son superiores a los 4000 mm.

Con base en la información cartográfica obtenida mediante la implementación del SIG para el proyecto de pequeña irrigación Guamorran, se logró establecer que la fuente de agua susceptible de aprovechamiento es la quebrada el Capote, afluente del río Carchi que aguas abajo se conoce con el nombre del río Guáitara y hace parte de la vertiente del Pacífico.

La ubicación asimétrica de la quebrada el Capote permite captar a una cota suficiente para conducir el agua por gravedad.

**2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA QUEBRADA EL CAPOTE.** Se determinó las características físicas de mayor representatividad en el sector, entendiendo éste, como el área tributaria aguas arriba. Área, perímetro, longitud del cauce principal, cota del punto de captación y longitud axial, se obtuvieron a través del sistema de información geográfica SIG, implementado con motivo del estudio para el proyecto de pequeña irrigación Guamorran.

1. *Reseña Histórica Resguardo Indígena de Panan Municipio de Cumbal 1990. Pag 22. De acuerdo con el datum Geographic Coordinate System: GCS\_Bogota.*

**2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA.** Algunas de las características se obtuvieron mediante las siguientes expresiones:

**2.2.1 Forma.** Relación ancho longitud.  $K = a/L$ ;  $K$  factor de forma  $< 1$  para cuencas alargadas.

El ancho  $a$  se obtiene por la relación entre el área y la longitud axial.

$$a = A/L.$$

$$K = a/L.$$

**2.2.2 Coeficiente de compacidad.** Ver ecuación 1.

$$[Kc = 0.28 * P/\$A.] \quad (1)$$

$P$ ; perímetro de la cuenca.

$A$ ; área total de la cuenca.

Cuando el valor del  $Kc$  es cercano a 1, los tiempos de concentración son más bajos en relación con los que pueden presentarse en cuencas muy alargadas.

**1.2.3 Pendiente media del cauce.** Ver ecuación 2.

$$[Pmc = (HM - Hm)/Lc] \quad (2)$$

$HM$  y  $Hm$ ; alturas máximas y mínimas en m.

$Lc$ ; Longitud del cauce en m.

**2.2.4 Tiempos de concentración.** Se obtiene a continuación mediante la Fórmula de Kirpih. Ver ecuación 3.

$$[Tc = 3,97 * ((L)^{0.77}) / (S)^{0.385}.] \quad (3)$$

$Tc$  = tiempos de concentración min.

L = Longitud del cauce km.  
S = Pendiente media del cauce m/m.

**Caudal ecológico.** La resolución 865 de julio 22 de 2004 emanada del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en el numeral 3.4.2 “Reducción por caudal ecológico”, expresa que como porcentaje de descuento, el IDEM adopta como caudal mínimo ecológico con un valor aproximado del 25% del caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente en estudio. Acatando esta disposición, para la quebrada el Capote se obtuvo un caudal ecológico de 5.13l/s, valor que se descuenta al calcular el caudal disponible para el proyecto.

**Fuentes de contaminación.** Los sectores en consideración se hallan localizados en la parte alta de la cuenca y las aportaciones de otras fuentes de agua que puedan constituirse en agentes contaminantes, son inexistentes.

**Concesión de aguas.** En la corporación autónoma regional de Nariño Corponariño, se halla en trámite la concesión de aguas por el proyecto pequeña irrigación Guamurran. No existen otras concesiones vigentes con cargo a ésta fuente de agua, razón por la cual se adopta un uso actual igual a cero.

**Caudales.** Ante la carencia de información hidrométrica específica de la quebrada el Capote que permita conocer una serie histórica de caudales, se acudió a otras herramientas de análisis. Con base en los registros de precipitación diaria de la estación Chiles 1992-2007, la información hidrométrica de la estación Carlosama 1986-2005, las características de la micro cuenta y la aplicación del modelo SOIL (lluvia-escorrentía), se obtuvo los rendimientos decadales y mensuales correspondientes a la quebrada el Capote. Información meteorológica de la estación Chiles e hidrométricas de la estación Carlosama.

Mediante la distribución de Gumbel aplicada a la serie de caudales decadales calculada para la quebrada el Capote, se obtuvo la serie de caudales mínimos de Decadales para un período de retorno de  $TR = 4$  años y una probabilidad de ocurrencia del 25%, con lo cual se asegura caudales iguales o mayores con una probabilidad de 75%.

**Aforo líquido.** Mediante aforo líquido realizado en el mes de enero del 2008, se obtuvo un caudal de 160 l/s.

**Caudales máximos instantáneos.** Aplicando la expresión de Ginsky a la precipitación máxima en las 24 horas, se obtuvo las ecuaciones de lluvia y las curvas de intensidad duración frecuencia para diferentes duraciones de aguaceros y períodos de retorno diversos. Precipitación máxima en 24 horas, estudio hidrológico para el proyecto de pequeña irrigación Guamorran. Ver ecuación 4.

$$[I_d = I_{24}\sqrt{(24/d)}] \quad (4)$$

I: Intensidad en mm/hora.

I24: Intensidad en 24 horas.

d: Duración considerada en horas.

$$[ i = A/(d + B) ]$$

I: Intensidad de la precipitación en mm/ hora.

D: Duración de la lluvia en minutos.

Los parámetros A y B se obtienen de ecuaciones derivadas del método de ajuste de mínimos cuadrados.

En adelante, en las tablas de cálculo se utilizarán las siguientes convenciones y equivalencias:

TR = Tiempos de retorno.

c = 0.78S.

a = 0.577C – i prom.

i prom = Media de los datos.

S = Desviación estándar.

Los coeficientes de escorrentía se obtuvieron en función de la cobertura vegetal y de las condiciones del terreno en el sector en cuestión. La pendiente media obtenida a través del SIG implementado con motivo de este estudio fue 32.25%. La pendiente media ponderada está en función de la extensión del terreno correspondiente a cada uno de los rangos de pendiente en el sector considerado. Valores de C. para distintos tipos de suelo, cobertura vegetal y pendiente. Estos cálculos se realizan en función del coeficiente de escorrentía antes obtenido, la intensidad para diferentes periodos de retorno y una duración de 90 minutos. Cálculo del caudal máximo se realiza aplicando el método racional. Ver ecuación 5.

$$[ Q_{m\acute{a}x} = C x / x A ] \quad (5)$$

**Calidad del agua.** El agua de la quebrada el Capote se sometió a los análisis de laboratorio cuyos resultados son óptimos, se resumen los valores obtenidos en

cuanto se refiere a los parámetros de mayor importancia posteriormente el análisis respectivo, bajo las exigencias de decretos 1594 de 1984.

**Conductividad eléctrica.** Los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se hallan en 19 us/cm. Las aguas clasifican como C.1, de baja salinidad, en el rango comprendido entre 0 – 250 mg/L y pueden usarse para regar la mayor parte de los cultivos en casi cualquier tipo de suelos, con muy poca probabilidad de que se desarrolle salinidad.

**Relación de absorción de sodio.** Se obtuvieron resultados de 0.59 mq/L, las aguas se ubican en la clasificación C1S1, bajas en sodio y pueden usarse para riego en la mayoría de los suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

**Carbonato de sodio residual.** La calidad expresada como carbonato de calcio para la fuente de agua, no registra carbonatos mg/lt =0.04 mg/lt, en sodio lo cual es un referente que indica un bajo contenido de carbonatos sí y ubican las aguas en las en la clase I, “agua buena para riego”.

**pH.** El pH obtenido en la fuente es de 6.4. Este valor encajan dentro del rango admisible según el decreto 1594 de 1904, el cual establece que el pH debe estar entre 4.5 y 9.0.

**Turbiedad.** En la quebrada Capote se obtuvo una turbiedad de 2UT. Este valor es menor que 10 UT, valor máximo admisible según el decreto 1594 de 1984, incluso para el consumo humano.

**Coliformes totales.** El valor obtenido en la fuente de estudio es de 36 microorganismos/100ml. Según el decreto 1594 este valor no deberá exceder los 5000 microorganismos/ml, “cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto”.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

**3.1 MURO DE CONTENCIÓN.** Se trata de una presa sostenida por un muro en concreto reforzado con una base de 4.20 m, altura de 4.80 m, ancho de corona de 0.50 m, longitud 7 m, por cada tramo y una longitud total de muro de 84 MTS. Está provista de una válvula de compuerta de diámetro 10" en HD, con salida a la conducción principal; además se instaló una segunda válvula de diámetro 10" para el mantenimiento y limpieza del reservorio. Esta presa tiene un vertedero construido en concreto reforzado con un ancho de 10mts.

La capacidad del embalse es de 376,259 metros cúbicos de los cuales 342,053 metros cúbicos serán utilizados para el sistema de riego. Ver figura 3.

De manera similar a la indicada para las labores de mantenimientos de la estructura de toma se procederá a presentar un informe sobre cada revisión llevada a cabo al reservorio; en dicho informe se harán las recomendaciones pertinentes relativas a la necesidad de llevar a cabo tareas de reparación o mantenimiento, en especial de las compuertas y sus mecanismos de cierre y apertura. Ver figura 4.



Figura 3. Embalse Guamorran.



Figura 4. Válvulas de compuerta.

**6.2 CONDUCCIÓN, RED DE DISTRIBUCIÓN Y RAMALES.** A partir del reservorio se desprende la conducción principal con longitud de 14.161 m, seguida de la red de distribución, la cual está compuesta de una red central, en tuberías en PVC en diferentes diámetros y RDE, con una extensión de 12.221 m. De esta red se desprenden 6 ramales con sus respectivos subramales y domiciliarias con una longitud de 19.758 m, los cuales entregan el caudal necesario a cada uno de los 278 hidrantes.

**Válvulas ventosas.** Accesorios hidráulicos localizados en todo el trayecto de la conducción principal, su función es facilitar, al sistema, la entrada y salida de aire evitando de esta manera el golpe de ariete o los vacíos cuando se produce un daño en la tubería y de no existir estos accesorios se rompería. Su funcionamiento es automático. Ver figura 5.



Figura 5. Válvula de ventosas.

**Válvulas de purga.** Lo mismo que las válvulas ventosas, están ubicadas donde el sistema lo requiere y aparece detallado en el perfil principal; sirve como válvula de limpieza en el caso de que determinado tramo de tubería se tapone o se rompa, y para hacer labores de mantenimiento de la conducción principal. Ver figura 6.



Figura 6. Válvula de purga.

**Cámaras de quiebre de presión.** Es una estructura de amortiguación, es un pequeño tanque de forma rectangular construido en concreto reforzado, con control mediante válvulas de control de nivel automáticas, cuyo objeto es garantizar el control de sobrepresiones en la tubería. Ver figura 7.



*Figura 7. Cámara de quiebre de presión.*

La línea de conducción presenta 7 cámaras de quiebre de presión; y en la red de distribución y ramales se reparten 4 cámaras de quiebre.

**Red predial.** La tubería principal y los mismos hidrantes no requieren de programas de mantenimientos rigurosos en contraposición con las alas de riego, las cuales, por el permanente trasegar a que están sometidas, sufren frecuentes fallas en la tubería y en especial en los puntos de empalme. Ver figura 8.



*Figura 8. Red predial.*

#### 4. CRITERIOS DE DISEÑO HIDRAULICO

En este capítulo se resume los criterios y metodologías adoptadas para el diseño de los diferentes componentes del sistema.

**Abastecimiento de agua.** Las fuente seleccionada es la sequia de Guamorran; debido a que es la única fuente existente en la zona que permiten realizar el diseño del sistema por tuberías a presión.

**Área a beneficiar y caudal.** El proyecto abarca 10 veredas: La Poma Alto, La Poma Bajo, El Sancia, La Libertad I, La Libertad II, El Laurel, Santa Elena, El Espino, La Puerquera y La Esperanza.

Área por irrigar: 90.6 hectáreas

Área neta del proyecto: 90.6 hectáreas

El número total de familias beneficiadas es de 278 y el número de hidrantes es de 278.

El módulo de riego es de 0.38 lps/ha.

Para determinar el caudal a captar en cada una de las fuentes y el que circula por los diferentes ramales se adopto el siguiente criterio:

La conducción se diseña con el caudal resultante de multiplicar el modulo de riego por el número de hectáreas a beneficiar así:

$$0.38 \times 90.6 = 34.43 \text{ lps.}$$

Los ramales y subramales se diseñan con cauda resultante de multiplicar el número de usuarios de cada ramal por el modulo de riego.

Lo anterior debido a que existen muchos usuarios que presentan áreas menores a una hectárea resultando difícil trabajar con diferentes caudales proporcionales a su área para cada uno de los predios.

Para el caudal captación y conducción se tiene en cuenta que es muy difícil que el sistema este trabajando simultáneamente y además los usuraos con terrenos menores a una hectárea al Regar manteniendo el módulo de 0.38 lps/ha disminuyendo la jornada de riego.

De acuerdo a lo anterior se diseña las captaciones y conducción con una simultaneidad de utilización del sistema del 74.3%.

**Trazados y Cálculos Hidráulicos.** El trazado de la conducción y redes de distribución se realizó sobre planos topográficos. Las tuberías siguen un recorrido de tal manera que atraviesen por puntos equidistantes a los terrenos a irrigar.

El sistema comprende un muro de contención, conducción, 6 ramales con sus respectivos subramales, 94 metros lineales de pasos elevados y 11 cámaras de quiebre discriminadas así:

Cámara de Quiebre tipo I:	2
Cámara de Quiebre tipo II:	4
Cámara de Quiebre tipo III:	2
Cámara de Quiebre tipo IV:	3

De acuerdo al anterior esquema se realizaron los respectivos cálculos hidráulicos de cada uno de los componentes.

**Determinación de la capacidad de la Red.** La conducción principal se trabajó con el caudal resultante de irrigar el área neta del proyecto multiplicado por el módulo de riego, descontando en cada salida de ramal el caudal asignado a cada uno de ellos de acuerdo al criterio antes expuesto multiplicado por el porcentaje de simultaneidad.

**Conducción.** Se diseñó conductos a presión con tuberías de PVC y Hd. El cálculo de pérdidas se realizó por el método de Hazen Williams, cuya fórmula a utilizar es la siguiente: Ver ecuación 6.

$$V = 0.3547 * C * D^{0.63} * j^{0.54} \quad (6)$$

Donde:

V	= Velocidad media	(m/seg)
D	= Diámetro del conducto	(m)
j	= Pérdida de carga	(m/m)
C	= Coeficiente de rugosidad	

**Trazado.** Al inicio la conducción se realiza en una red principal de tubería de PVC partiendo en la abscisa k0+00 a partir de la sequía Guamorrán; a partir de este punto la conducción se realiza por una sola línea en PVC RDE 41 de 10" hasta el K3+982; continuando luego en PVC de diferentes diámetros y RDE.

Es importante destacar que la conducción debe atravesar un punto denominado "**Punto Crítico**" ubicado en el k2+890.5, razón por la cual nos obliga a llegar a este punto con grandes diámetros para poder atravesarlo; por esta razón se utiliza la tubería de 10". En el estudio topográfico se revisaron varias alternativas para evitar este punto pero no se logró debido a que las demás rutas desviaban la conducción de la zona del proyecto.

**Diseño de obras prediales.** En la elaboración de los diseños de la infraestructura de riego de los predios tipo, se desarrollaron varias actividades entre las que se destacan, la definición de los criterios de diseño, recopilación de información básica, determinación de metodología y procesos de cálculo, elaboración de planos, determinación de cantidades de obra y especificaciones de válvulas, filtros, medidores y demás componentes del sistema predial, precios de obra y materiales.

Entre los principales criterios de diseño, para dimensionar y proyectar sistemas de riego, compatibles y sostenibles con las condiciones agro físicas del medio, fue fundamental el criterio que las obras sean adecuadas, eficientes y económicas, dando preferencia a la utilización de materiales, mano de obra y equipos de fácil adquisición o reposición en la zona.

La totalidad del área considerada para diseño predial en el proyecto fue de 90,6 has netas a beneficiar con riego.

Se utilizó como base para diseño la información: agrologica, hidrológica, topográfica, agropecuaria y catastral disponible para este fin.

**Características del área tipo seleccionada para diseño.** Las características del área tipo seleccionada para diseño de riego, son las siguientes:

**Topografía.** La topografía en el área tipo seleccionada es de terreno ondulado y quebrado con pendientes que oscilan entre el 3 y 30%, características topográficas que se presentan en un 90% del área de riego en el proyecto.

**Tamaño de los predios.** En el proyecto se presenta un porcentaje aproximado de 75% de predios menores de 2 hectárea; por tal motivo el área tipo fue seleccionada de tal manera que fuese representativa en cuanto al tamaño de los predios, como se observa en la siguiente tabla.

**Metodología de diseño.** La metodología seguida para el diseño a nivel predial del sistema de riego fue la siguiente:

**Recopilación de información básica para diseño.** La información básica empleada para diseño se obtuvo de estudios desarrollados para el proyecto.

**Suelos.** De los estudios de los suelos (Agrología) desarrollados para el proyecto, se extrajo la información correspondiente a la vereda la Libertad, requerida para diseño.

#### **Propiedades hidrofísicas**

Profundidad cultivo de papa (Pe)	40 cm
Textura:	Limo Arcilloso
Capacidad de campo (CC):	32.95%

Punto de Marchitez Permanente (PMP)	25.97%
Densidad Aparente (Da):	1.0 gr./cm <sup>3</sup>
Infiltración Básica (Ib)	9.23 cm./h

**Cultivo y demanda de agua.** El cultivo utilizado para el desarrollo del diseño es el que presento la mayor demanda de agua calculada en el Balance hídrico agrícola, correspondiente al cultivo de papa con demanda máxima (Dmax) de 1.6 mm/día.

**Topografía predial.** Para trazado de redes y ubicación de los hidrantes, se utilizaron planos topográficos a escala 1:2000 con curvas de nivel.

**Diseño parámetros de riego.** Para el diseño de los parámetros de riego se desarrollo una hoja en Excel, en donde los datos de entrada a la hoja y las formulas utilizadas para obtener los parámetros de riego o datos de salida, se describen a continuación.

**Datos de entrada a la hoja de cálculo.** Predio No. Numero con el cual se identifica lo referente al diseño del predio en el cálculo de parámetros y en los planos de planta.

**Área de diseño.** Área a beneficiar en hectáreas.

Demanda máxima del cultivo de diseño (DMax) 1.69 mm/día.  
Eficiencia del sistema por aspersión (Es) 80%.

**Características del cultivo.** Cultivo representativo para diseño, profundidad radicular efectiva (Pe) cm. y Coeficiente de agotamiento recomendado para diseño es del 50%.

**Características de los suelos.** Correspondiente a la textura del suelo en que fue recomendado el cultivo de diseño, tomando los valores de capacidad de campo (CC) %, punto de marchitez permanente (PMP)%, densidad aparente (Da) gr/cm<sup>3</sup>, (estos valores dentro de los cálculos fueron utilizados discriminados por profundidad de estrato de suelo, hasta alcanzar la profundidad efectiva de raíces), e infiltración básica (Ib)cm/hr.

**Datos de salida o parámetros de riego.**

Cultivo de referencia	papa criolla
Capacidad de Almacenamiento	27,92 mm
Profundidad radicular	40 cm
Densidad Aparente	1.0 gr/cc
Textura	F-Arenoso
Demanda máxima (Dmax)	1,69 mm/día
Nivel de reposición	50%
Lamina Neta	13,96 mm
Eficiencia sistema de riego por aspersión	80%

Lamina bruta	17,45 mm
Tiempo de riego	2 horas
<b>Frecuencia de riego</b>	<b>8 días</b>
Jornada de riego	18 hr.
Pluviometría del aspersor	7.1 mm/hr
Infiltración básica	9.23 mm/hr
Precipitación aspersor 7.1 mm/hr	< 9,23 mm/hr
Diámetro aspersor	20 mts
Espaciamiento por eficiencia a 2 mt/seg. (Vel. viento)	60%
Diámetro mojado	12 mt
Espaciamiento entre aspersores y laterales	12 mt x 16 mt
Área útil / posición	192 m <sup>2</sup>
Posiciones/día.	9,5
Área regada / día	1828 m <sup>2</sup>
Posiciones/ha	52
Periodo de retorno	5,5 días

**Selección del aspersor.** El aspersor recomendado preferiblemente de cuerpo plástico, doble boquilla 5mm x 2.5mm, conexión macho ¾", con una descarga de hasta 0.42 lps o 1.8 m<sup>3</sup>/hr a una presión de 5 bares.

Este equipo, según catalogo anexo, presenta características apropiadas para la aplicación de agua sin causar daño al suelo y al cultivo, el tamaño de gota y la velocidad con que esta cae al suelo o al follaje es la ideal, por cuanto estos equipos cumplen con normas y protocolos de calidad a nivel internacional.

**Pluviometría del aspersor (Pva) mm/h.** Los dispositivos mas utilizados en agricultura son los aspersores giratorios, provistos de una o dos boquillas. El aspersor gira alrededor de su eje, impulsado por la presión del agua, lo que le permite regar una superficie circular.

Los aspersores giratorios, según la presión de funcionamiento se clasifican de la siguiente forma:

De baja presión, funcionan con presiones inferiores a 10 mca, arrojan un caudal inferior a 1 m<sup>3</sup> de agua por hora o 0,27 lps y se instalan con espaciamiento entre 12 a 15 metros.

De presión media, funcionan con presiones comprendidas entre 20 y 40 mca, arrojan un caudal entre 1 y 6 m<sup>3</sup> de agua por hora o 0,28 a 1,6 lps y se utilizan con espaciamientos comprendidos entre 12 x12 a 25x25 metros.

De alta presión, funcionan con presiones superiores a 40 mca, arrojan un caudal superior a 6 m<sup>3</sup> de agua por hora o 1,6 lps, a esta categoría pertenecen los cañones de riego y se instalan con espaciamientos superiores a los 40 metros.

La Pluviometría del aspersor seleccionado, perteneciente al rango de presión media, no debe superar la velocidad de infiltración del suelo evitando de esta manera el encharcamiento o escurrimiento.

**Trazado y diseño de red de distribución predial – aspersión.** El trazado de la red de riego parte de la toma predial, la que generalmente se encuentra localizada a la entrada y en la parte más alta del predio, de tal manera que se esté ganando presión en la distribución predial beneficiando la disponibilidad de presión en los puntos más desfavorables del mismo.

La posición de los hidrantes fue ubicada en la parte central del predio o área de riego, de tal manera que el usuario pueda estacar en cuadros de 17 m x 17 m alrededor del hidrante o hidrantes que le han correspondido en su área.

Para la tubería predial se usó PVC uso Agrícola RDE 26 para tuberías desde 2" a ¾ ". Respecto a los accesorios se consideró un 1 % de la longitud de los respectivos tramos de tubería la para el cálculo de longitudes equivalentes y por tanto pérdidas.

Para el dimensionamiento se consideraron como criterios de diseño: La velocidad máxima en las tuberías de distribución fue de 2.3 m/s evitando golpe de ariete.

Las fórmulas usadas en los cálculos hidráulicos fueron:

\* Pérdidas por fricción calculadas con la fórmula de Hazen Williams.

$$V = 0.3547 * C * D^{0.63} * j^{0.54} \quad (6)$$

Donde:

V = Velocidad media (m/seg)  
D = Diámetro del conducto (m)  
j = Pérdida de carga (m/m)  
C = Coeficiente de rugosidad PVC

## 5. PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL SISTEMA DE RIEGO DE GUAMORRAN

**5.1 CONSTRUCCIÓN DEL MURO DE CONTENCIÓN.** La construcción en la que hubo mayor movimiento de tierras y desalojo, fue la del reservorio, el cual alimentará al sistema de riego. Este reservorio almacenará 340.000 m<sup>3</sup>, en un área de aproximadamente de 12 hectáreas; se encuentra ubicado en la reserva natural PARAMO DE GUAMORRAN, lo alimenta la quebrada llamada sequia de Guamurran, el caudal promedio de esta quebrada es de 30 lt/s, en verano y 500 lt/s, aproximadamente, en invierno.

Se hace la excavación a una altura  $h > 5$  mts, en una longitud de 90 mts y un ancho de 4m, en total se desalojaron 2000 m<sup>3</sup> de tierra, este material extraído de la excavación fue retirado, ya que sus características de compactación son nulas y por encontrarse compuesto por material orgánico; debido a que el nivel freático en este sector es alto, para mantener seca la excavación fue necesario la utilización de dos motobombas para la extracción del agua de las zanjas realizadas. Ver figura 9.



*Figura 9. Excavación para construcción del muro de contención.*

Debido a que las excavaciones son de profundidades mayores a 3 mts y el material que lo conforma no es de buenas características, se debe realizar la entibación de las zanjas, para protección del personal que laboraba en las jornadas arduas de trabajo. Ver figura 10.



Figura 10. Entibación para evitar derrumbes.

El muro de contención se construye en tramos de 7 mts de longitud. Para iniciar su construcción, se realiza un mejoramiento de piso, con material seleccionado, y un solado de limpieza de 7 cm de espesor. Ver figura 11.



Figura 11. Construcción de solado de limpieza  $f_c=140 \text{ kgf/cm}$

Se empieza a construir la armadura de hierro en diámetro de 5/8 @ 0.17 m y el refuerzo transversal 5/8 @ 0.30 m, espesor de la zarpa de 0.60 m. Ver figura 12.



Figura 12. Armadura de hierro de zarpa.

Para la fundición del muro de contención, se utiliza concreto con acelerante de resistencia de 3500 PSI; se utiliza acelerante SIKA DUR 32 y SIKA L. Ver figura 13 y 14.



Figura 13. Tipos de acelerante.



Figura 14. Dosificación de acelerante.

Se prosigue con la instalación de concretos, se tiene cuidado en la dosificación de la mezcla de los materiales, ya que de esto depende la resistencia deseada, se realizan la toma de cilindros, para controlar la calidad de la obra. Una vez vaciado el concreto se vibra la mezcla para su acomodamiento en la formaleta. Ver figura 15 y 16.



Figura 15. Vaciado y vibrado de concreto.



Figura 16. Toma de cilindros.

Se construyo un colchón de amortiguación en el muro de contención de dimensiones 3.50m de ancho, largo de 10m y de espesor 0.20, armada con estructura de acero 3/8 cada 40 cm. Ver figura 17.

**Localización y replanteo.** Se realizó la localización y el replanteo, ubicándose cada una de las estructuras que compone el sistema, la red principal, accesorios, así como la ubicación de los ramales y sub-ramales que se relacionan dentro de los planos originales entregados al residente de obra. Ver figura 18.



Figura 17. Colchón de amortiguamiento de agua.



Figura 18. Localización y replanteo.

**Construcción del Campamento.** Una de las primeras actividades a realizar es la construcción del campamento para el almacenamiento del material, que se utilizará en el trayecto de la ejecución del proyecto, esta actividad se realiza con la colaboración de la comunidad de las veredas aledañas.

Además de la construcción del campamento, se realiza el acopio de material en una de las viviendas del Resguardo Indígena de Panán Centro, materiales como la tubería de PVC y accesorios que se instalarán en la red de acueducto. Ver figura 19.



*Figura 19. Construcción de Campamento.*

**Excavaciones:** para la instalación de las tuberías se excavó una zanja que tienen una profundidad de 1.00 mts a la cota batea del tubo y un ancho de 0.60 mts, a lo largo del alineamiento.

La instalación de las tuberías se realiza por fases, la primera fase arranca en el sector de Guamorran, correspondiente a lo especificado en los planos del diseño hidráulico, se prosigue de la misma manera, hasta culminar cada fase de instalación de tubería. Ver figura 20.



*Figura 20. Excavación red Principal.*

**Instalación de tubería de conducción.** Una vez realizada la localización y el replanteo de la red principal, se siguen los planos en los cuales se encuentran especificados la localización, el diámetro y la presión de trabajo de las tuberías de cada tramo y los accesorios que se instalarán en la red de conducción.

Se instalaron tuberías de Presión PVC, de marca PAVCO, en los diferentes diámetros especificados para cada tramo de la conducción, con los RDE especificados, para esta actividad se convocó a la comunidad del Resguardo Indígena de Panán, para iniciar con actividades de excavación, acarreo de tubería, acarreo de material y rellenos de zanjas. Ver figuras 21 y 22.

El acarreo de los materiales es muy difícil. Debido a la topografía y a lo pantanoso del lugar, estos materiales son acarreados a hombro por habitantes de esta zona, como también se utiliza fuerza de tracción animal para el acarreo; debido al costo y lo que esto acarrea, se decide hacer una apertura de una vía, para la facilidad de acceso de los materiales. Ver figura 23 y 24.



*Figura 21. Acarreo de tubería.*



*Figura 22. Acarreo de materiales.*



*Figura 23. Apertura de vía*



*Figura 24. Transporte de materiales.*

Una vez que se han transportado los materiales al lugar de su instalación, se hace un llamado a la comunidad, el cual responde con gran entusiasmo, con mingas de aproximadamente de 150 a 200 personas, las cuales a medida que llegaban, iban acarreado la tubería en el orden, cantidad y especificación que se les indicaba, Conjuntamente con el residente y maestro de obra se alineaban los estacados de la localización y replanteo, con manilas, para orientar las excavaciones de la comunidad, de tal manera que quedarán lo mejor posible y que la tubería no se estropee al momento de ser instalada.

Terminadas las excavaciones se procede a realizar la instalación de las tuberías; antes de instalar y acoplar la tubería se tiene cuidado en limpiar la campana y en revisar que los empaques estén bien colocados, para evitar posibles fugas, cuando entre en funcionamiento el sistema, y finalmente se aplica lubricante para facilitar su instalación. Ver figura 25 y 26.



Figura 25. Revisión y aplicación del lubricante.



Figura 26. Acople de tubería red principal.

Se instala la tubería en tramos largos, los cuales se encuentran excavados para luego continuar con los trabajos de relleno de las zanjas.

Se verifica el diámetro de la tubería, la especificación y el cambio del RDE, de acuerdo a los planos. Ver figura 27.



Figura 27. Chequeo de RDE y diámetros.

**Instalación de accesorios.** Se instalaron accesorios como codos pvc-um gran radio RDE 21 de  $11\ 1/4^\circ$ ,  $22\ 1/2^\circ$  y  $45^\circ$ , Tee, Uniones de Reparación, de acuerdo al diámetro de la tubería instalada, para cambios de dirección tanto vertical como horizontal, todos los accesorios se anclan con mezcla en concreto. Ver figura 28.

La derivación de los ramales y sub-ramales se realiza mediante una Tee HF, y en pvc-um RDE 21 en los diferentes diámetros de tubería instalados, así mismo se construyen los anclajes de codos en concreto; Ver figura 29. Estos quedan muy bien identificados, para obtener al final los planos record del proyecto.



Figura 28. Instalación de codos.



Figura 29. Anclaje de codos.

**Relleno y compactación manual:** una vez instalada la tubería se procede con el relleno de la excavación, con el mismo material extraído, se compacta manualmente y se apisona por encima de la zanja este material, pero a pesar de que se realizaban las indicaciones del caso, esta actividad no se ejecutaba de manera técnica. Se apisona con la misma pala, con los pies y en muy pocas ocasiones con pisones manuales, quedando la parte superior de la zanja con un morro de tierra completamente suelto. Ver figura 30.



Figura 30. Relleno y compactación.

**Instalación de válvulas de ventosas.** Una vez instalada la tubería principal de los ramales y sub-ramales, se continúa con la instalación de las válvulas purga y ventosas, las cuales se localizan de acuerdo a los planos entregados y en los diseños; donde se encuentran marcadas en la localización y replanteo. Para estas válvulas es muy importante tener en cuenta la tubería de la cual se derivan, porque depende de esta los accesorios a utilizar para su respectiva instalación, así mismo se tiene especial cuidado con el descole de las válvulas de purgas para que cuando el acueducto se ponga en funcionamiento no ocasione daños. En cuanto a las válvulas ventosas se avanza en la instalación de collares de derivación o Tee de pvc de acuerdo el diámetro de la tubería principal. Válvula de ventosa instalada. Ver figura 31.



*Figura 31. Anclaje de válvulas ventosas.*

**Instalación de válvulas de purga.** Están localizadas en los puntos bajos del recorrido de las tuberías, donde se acumulan sedimentos, que reducen e impiden el paso de agua. Funcionan como una válvula de lavado; su mecanismo está diseñado para abrir y cerrar lentamente el paso de agua, con el fin de evitar la ocurrencia de sobre-presiones que podrían romper las tuberías. Es muy importante que estas sean manipuladas por personal capacitado en el manejo del distrito de riego (fontanero).

A continuación se relaciona las válvulas purgas instaladas a lo largo de tubería principal. Ver figura 32.



*Figura 32. Instalación de válvula de purga.*

**Construcción de cámaras de quiebre de presión y/o reparto.** Las presiones muy altas debidas a una gran diferencia de altura desde la captación de agua, pueden causar debilitamiento y rotura de las tuberías; además se hace difícil el manejo del agua.

Para controlar las presiones excesivas y disminuir los costos por tuberías de alta resistencia, los sistemas de riego cuentan con cámaras de quiebre, las cuales consisten en tanques abiertos, en los que el agua pierde su presión al volver a estar en contacto con el aire.

Cada tanque tiene dos compartimientos, en el primero de los cuales llega el agua y en el segundo, penetra sin turbulencia al siguiente tramo de la tubería. Cuenta además con una válvula de corte, una válvula de flotador en la entrada, un vertedero de excesos y una válvula de lavado.

Para la construcción de estas cámaras, primero se verifica en el plano su ubicación, con apoyo las memorias de cálculo del diseño hidráulico, para luego continuar con la excavación. Ver figura 33. La instalación de la formaleta. Y el hierro, y finalmente su fundición. Ver figura 34.



Figura 33. Excavación y perfilado.



Figura 34. Armadura del refuerzo.

**Viaductos y pasos elevados.** Se hace necesario instalar este tipo de estructuras, debido a la morfología del terreno, siendo estos pasos necesarios para cumplir con el diseño. Para la construcción de estos pasos elevados se construyen muertos a cada lado, con el fin de apoyar la cercha y darle firmeza. Para asegurar la tubería con el viaducto, se ensambla con abrazaderas especiales para un buen sostenimiento del tubo. Se ubicaron dos cerchas en la red principal, se encuentran en las abscisas K2+526 y en K7+257. Ver figura 35 y 36.



Figura 35. Viaducto (abscisa K2+254).



Figura 36. Viaducto (Abscisa K7+257).

Además se construyeron pasos elevados con anclajes en concreto y revestimiento de la tubería en concreto de 3000 PSI, zapatas de  $0.80 \times 0.80 \times 0.30$  mts, con reforzamiento en varilla de  $\frac{1}{2}$ " @ 0.15 mts, se construyen columnas de  $0.4 \times 0.4$  mts, reforzadas con 4 varillas de  $\frac{1}{2}$ ", estribos de  $\frac{3}{8}$ " @ 0.20 m para sostener la viga de revestimiento. Ver figura 37.



Figura 37. Construcción de pasos elevados.

**Instalación de domiciliarias.** Se inicia con la ejecución de esta actividad para la instalación de domiciliarias a usuarios localizados en los ramales. Como primera acción se realiza la entrega a cada usuario de las cajillas, que son llevadas hasta el sitio donde se va a instalar el hidrante o toma de riego, para luego realizar la respectiva instalación. Ver figura 38.

Estas acometidas domiciliarias, se desprenden de cada uno de los sub-ramales, y se realiza la instalación a cada usuario beneficiario del proyecto. En total se han construido 278 domiciliarias en todas las veredas beneficiarias. Ver figura 39.



Figura 39. Instalación de domiciliarias.



Figura 38. Entrega de cajillas.

Una vez instalados los sistemas, se realiza una capacitación a la comunidad de cada sector para el manejo y operación del sistema de riego, explicando que cada hidrante se acciona hundiendo la llave bayoneta que se encuentra en uno de los extremos de la manguera que lleva un tubo elevador y el aspersor. A este conjunto se le llama ala de riego. Ver figura 40 y 41.



*Figura 40. Instalación de cajillas.*



*Figura 41. Irrigación de cultivos.*

## 6. DIMENSIONES DE OBRAS CONSTRUIDAS

**6.1 TOTAL TUBERÍA INSTALADA EN RED DE DISTRIBUCIÓN.** Compuesta por una red principal, 6 ramales con subramales y domiciliarias. Tabla No 1.

TUBERIAS	CONDUCCION	RAMALES	DOMICILIARIAS	TOTALES
10" RDE 41	4,611			4,611
10" RDE 32.5	610			610
10" RDE 26	38			38
8" RDE 41	2,116			2,116
8" RDE 32.5	390			390
8" RDE 26	1,099			1,099
8" RDE 21	317			317
6" RDE 41	1,708	439		2,147
6" RDE 32.5	428	404		832
6" RDE 26	26	620		646
4" RDE 41	1,647	311		1,958
4" RDE 32.5		433		433
4" RDE 26		275		275
4" RDE 21		474		474
4" RDE 13.5		806		806
3" RDE 32.5		463		463
3" RDE 26	153			153
3" RDE 21		352		352
3" RDE 13.5		359		359
2 1/2" RDE 26		2,201		2,201
2 1/2" RDE 21		372		372
2" RDE 26	1,018	1,472		2,490
2" RDE 21			181	181
1 1/2" RDE 21		1,137	1,188	2,325
1 1/4" RDE 21		1,035	472	1,507
1" RDE 21		701	4,118	4,819
1" RDE 13.5			495	495
3/4" RDE 21		367	10,799	11,166
3/4" RDE 11			2,505	2,505
<b>TOTALES</b>	<b>14,161</b>	<b>12,221</b>	<b>19,758</b>	<b>46,140</b>

Tabla No 1. Tubería instalada, diámetros, RDE y longitud.

**6.2 TOTAL VÁLVULAS VENTOSAS INSTALADAS.** Tabla No 2.

N°	DIÁMETRO	RAMAL	ABSCISA
1	10" X 2"	Principal	K0+285

2	10" X 2"	Principal	K0+779
3	10" X 2"	Principal	K1+540
4	10" X 2"	Principal	K2+297
5	10" X 2"	Principal	K2+535
6	10" X 2"	Principal	K2+772
7	10" X 2"	Principal	K3+298
8	10" X 2"	Principal	K3+727
9	10" X 2"	Principal	K4+110
10	8" X 1"	Principal	K5+160
11	8" X 1"	Principal	K5+601
12	8" X 1"	Principal	K6+195
13	8" X 1"	Principal	K6+942
14	8" X 1"	Principal	K7+013
15	8" X 1"	Principal	K7+543
16	6" X 1"	Principal	K7+902
17	6" X 1"	2	K0+397
18	6" X 1"	2	K0+964

Tabla No 2. Válvulas de ventosas

**Total de Válvulas de purga instaladas. Tabla No 3.**

N°	DIÁMETRO	RAMAL	ABSCISA
1	10"	Principal	K0+160
2	10"	Principal	K0+690
3	10"	Principal	K0+991
4	10"	Principal	K1+560
5	10"	Principal	K1+860
6	10"	Principal	K2+438
7	10"	Principal	K2+603
8	10"	Principal	K3+218
9	10"	Principal	K3+502
10	10"	Principal	K3+982
11	8"	Principal	K5+131
12	8"	Principal	K5+396
13	8"	Principal	K6+052
14	8"	Principal	K6+537
15	8"	Principal	K7+360
16	8"	Principal	K7+790
17	8"	Principal	K8+010
18	6"	Principal	K9+611
19	6"	2	K0+222

20	6"	2	K0+486
----	----	---	--------

Tabla No 3. Válvulas de purga.

**TOTAL CAMARAS DE QUIEBRE CONSTRUIDAS. TABLA NO 4.**

DESCRIPCIÓN	LOCALIZACIÓN	SECCIÓN	UBICACIÓN
Cámara Nro. 1 Tipo 1	K4+606,4	2,8 * 2,1	Red principal
Cámara Nro. 2 Tipo 1	K6+838,01	2,8 * 2,1	Red principal
Cámara Nro. 3 Tipo 2	k8+220	2,2 * 1,9	Red principal
Cámara Nro. 4 Tipo 2	K8+613,4	2,2 * 1,9	Red principal
Cámara Nro. 5 Tipo 2	k8+991,55	2,2 * 1,9	Red principal
Cámara Nro. 6 Tipo 2	K9+762,46	2,2 * 1,9	Red principal
Cámara Nro. 7 Tipo 4	K12+563,93	1,2 * 1,7	Red principal
Cámara Nro. 8 Tipo 3	K0+140,4	2,2 * 1,3	Ramal Nro. 1
Cámara Nro. 9 Tipo 4	k1+440	1,2 * 1,7	Ramal Nro. 2
Cámara Nro. 10 Tipo 3	K1+105,8	2,2 * 1,3	Ramal Nro. 1
Cámara Nro. 11 Tipo 4	K2+7749,5	1,2 * 1,7	Ramal Nro. 1

Tabla No 4. Cámaras de quiebre.

## 7. IMPACTO AMBIENTAL Y SU MITIGACION

**7.1 PARAMOS.** El proyecto se localiza en el páramo de Chiles a 3644 m.s.n.m. y las características particulares de la zona a inundar se encontró: matorrales con vegetación arbustiva hasta de 5 m de altura y presencia de lianas y bejucos, sobresale la familia Asteraceae; pastizales pajonales con vegetación herbácea de macollas en donde sobresale la Familia Poaceae; Frailejonales rosetales con la presencia de Espeletia pycnophylla, Puya clava hercules y Blechnum loxense; prados y turberas con estratos herbáceos y rasantes y presencia de Cojines y Almohadillas.

**7.2 CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA.** El objetivo fundamental del presente estudio es caracterizar en forma general el área que corresponde al distrito de pequeña irrigación Guamorran desde el punto de vista Agroclimático.

➤ **Caracterización clima.** Las estaciones seleccionadas para la caracterización climática de la zona de estudio fueron escogidas por la cercanía, homogeneidad del terreno y calidad de la información, Chiles registra precipitación y Apto San Luis registra temperatura máxima, media y mínima, humedad relativa, evaporación tanque A y velocidad del viento y brillo solar.

➤ **Temperatura.** El comportamiento de las temperaturas es el característico de las zonas tropicales, en donde se presentan bien marcadas las diferencias entre mínimos y máximos durante el año.

• **Temperatura media.** El promedio mensual multianual de temperatura media es de 10.9° C.

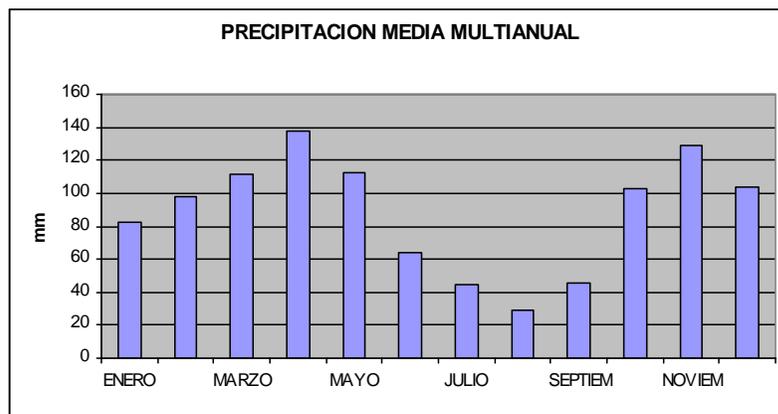
Durante los meses de enero, febrero, octubre, noviembre y diciembre, las temperaturas medias están por debajo de la media anual.

Los meses de junio, Julio, Agosto y septiembre, las temperaturas medias están por encima de la media anual.

Agosto es el mes con mayor diferencia por encima de la media (+0.4°) y noviembre, el mes con mayor diferencia por debajo de la media (-0.4°).(Grafica 1)

➤ **Precipitación.** Según Información recopilada en los últimos 16 años de la estación CHILES, ubicada al sur y a 10 km. del área del proyecto, presenta las siguientes características:

El régimen característico presenta un comportamiento bimodal, con dos periodos lluviosos y dos épocas secas en el año con diferentes intensidades. El primer periodo de lluvias ocurre durante los meses de febrero a mayo, siendo abril el más húmedo con una precipitación de 137,31mm. El segundo periodo de lluvias ocurre durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, noviembre alcanza los 129,25 mm; las dos temporadas de lluvias aportan el 75% de lluvias caídas en la zona, las dos temporadas de sequías ocurren durante los meses de enero, junio, julio, agosto con 29,1 mm. y septiembre. Ver grafica 1.



Grafica 1. Precipitación media multianual.

**Balance hídrico.** Término que se refiere a las relaciones entre las ganancias y pérdidas de agua (en forma de evaporación, precipitación, escorrentía o almacenamiento superficial subterráneo), en una región o cuenca y en un periodo determinado.

**Flora y fauna.** matorrales con vegetación arbustiva hasta de 5 m de altura y presencia de lianas y bejucos, sobresale la familia Asteraceae; pastizales pajonales con vegetación herbácea de macollas en donde sobresale la Familia Poaceae; Frailejonales rosetales con la presencia de Espeletia pycnophylla, Puya hercules y Blechnum loxense; Prados y turberas con estratos herbáceos y rasantes y presencia de cojines y almohadillas.

Ante la falta de información relacionada con el tema, la Universidad de Nariño a través de un equipo técnico de Biólogos realizó el trabajo de investigación mediante un muestreo dentro del área de estudio en el que se pudo determinar lo siguiente: se identificaron cinco (5) Subfamilias de mariposas donde predominan las Satyrinae y Pierinae; un tipo de escarabajo coprófagos; 115 especies de aves agrupadas en 42 familias y 81 géneros, siendo las familias de los Trochilidae, Tyrannidae y Thrapidae las más representativas; Lagartos del genero Stenocercus; Ranas de los géneros Eleutherodactylus y Osrnophryne; y dos especies de murciélagos, Anora goeffroyi e Histiotus montanus.

**Paisaje.** En la actualidad se presenta en el paisaje un vaso natural con intervención antropica y eutrofización la cual dejó un pequeño valle con un alto nivel freático y turberas que se han ido colmatando con pajonales y cortaderas.

### **Tipos de impacto.**

- Impactos ecológicos: alteración de la estructura y la función de sistemas ecológicos, disminuyendo su capacidad productiva.
- Impactos de conservación: alteraciones en el hábitat o fauna y flora silvestres.
- Impacto sociales y / o culturales: alteración en el ambiente de las comunidades humanas

**Impactos sobre recursos hidrosféricos.** La construcción de la presa, tiene como afectación el cauce natural de las aguas superficiales, ya que ésta será captada para posteriormente ser desviada de su recorrido natural, alterando así su régimen de caudal como también en la actividad de descapote se afectara el nivel freático.

➤ **Identificación.** Los impactos generados en este componente son los siguientes: cambio en los sistemas naturales de drenaje. Disminución de la disponibilidad del recurso hídrico en la fuente captada. Alteración de los mecanismos de regulación hídrica y alteración del nivel freático.

### **Impactos sobre el medio biótico (flora y fauna).**

➤ **Identificación.** La afectación sobre éste medio biótico durante la fase de construcción y operación, se manifiesta con la eliminación y reducción de la cobertura vegetal, debido a las perturbaciones producidas; también puede generarse una disminución de la diversidad, la modificación y ruptura de las cadenas tróficas como consecuencia de la migración de algunas especies importantes en la cadena alimentaría, y la aparición de fenómenos de competencia inter e intra específicos que no existían antes de la construcción.

### **Impactos sobre el paisaje.**

➤ **Identificación.** Con la construcción de éstas cimentaciones se modifican las características visuales, pues cambia la distribución espacial de los componentes, ocasionado una modificación del paisaje de manera permanente.

### **Impactos sobre el medio socioeconómico.**

➤ **Identificación.** Dentro de éste componente, se generará empleo, por la contratación de mano de obra local, como también, se desarrollará un aumento en el

sector primario de la economía, ya que éste proyecto mejorará las condiciones para el desarrollo de las actividades agrícolas.

### **7.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL.**

**valoración cuantitativa:** En una valoración cuantitativa, se mide la magnitud del impacto para lo que se utiliza indicadores numéricos, que en un primer momento se obtiene en unidades heterogéneas, y mediante las funciones de transformación, se convierten en unidades homogéneas o comparables entre distintos tipos de impactos. Esto permite obtener una valoración numérica del impacto total producido, de forma que se puedan comparar las diferentes alternativas, permitiendo seleccionar la que menor impacto produzca

**valoración cualitativa:** En las técnicas de valoración cualitativa, se valoran de forma subjetiva aunque el resultado obtenido sea numérico, una serie de cualidades de los impactos de cada una de las alternativas, asignando valores prefijados según esa cualidad, sea alta, media, o baja. La razón para llamarse así a ésta valoración cualitativa, es que refleja de alguna manera la importancia del impacto, midiendo la trascendencia de la acción sobre los factores alterados, mediante determinados atributos. Para realizar un análisis cualitativo se tiene en cuenta las siguientes características:

**Análisis de riesgos ambientales.** Estas medidas están asociadas a la prevención de los riesgos ambientales, que al declararse pueden causar impactos indeseados o daño a las personas, al medio ambiente y/o a la propiedad privada. De acuerdo a lo anterior, se identifican los riesgos ambientales asociados a cada instalación y etapa del Proyecto.

Los riesgos ambientales pueden subdividirse en naturales y antropicos. Los primeros corresponden principalmente a eventos impredecibles de origen natural. En tanto que los segundos son derivados de acciones de personas sean ellas voluntarias; ( acciones terroristas o actos vandálicos) o involuntarias.

El Plan de Medidas de Prevención tiene por finalidad disminuir o evitar que aparezcan efectos desfavorables o indeseables a consecuencia de los riesgos ambientales, a la salud humana o en el medio ambiente, y que pudieran provocar una pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo a uno o más elementos del mismo, a consecuencia de la ejecución del Proyecto.

La descripción y posterior análisis de los potenciales riesgos que se puedan suceder en la ejecución del proyecto como en la etapa de operación se pueden ver en las respectivas fichas el Plan de Manejo Ambiental, así como en el Plan de Contingencia de éste estudio.

#### **Plan de seguimiento y monitoreo ambiental.**

**Descripción de la actividad e impactos ambientales.** El presente plan de manejo ambiental se refiere fundamentalmente a las actividades a realizar en el Plan de manejo ambiental para la construcción del embalse para el Distrito de riego Guamorrán. De las actividades de mejoramiento y rehabilitación, algunas son potencialmente generadoras de impacto sobre los recursos y valores ambientales de la zona. Para cada una de estas actividades se ha establecido en las fichas del presente plan de manejo un conjunto de especificaciones técnicas y ambientales cuyo objeto es evitar, mitigar, corregir y compensar los impactos potenciales. No obstante, es posible que algunas medidas no se apliquen o se apliquen mal, por lo cual se puede generar algún nivel de impacto que es necesario conocer mediante un monitoreo ambiental adecuado.

Teniendo en cuenta las características del proyecto, los principales impactos a ser generados por este podrán ser sobre el suelo; los procesos morfo dinámicos, recursos vegetales y en menor grado, sobre el aire y la calidad de las aguas. En consecuencia, el programa de monitoreo debe poner énfasis en estas variables.

**Situación actual.** La zona a inundar es una ciénaga con un alto nivel freático y escasa diversidad vegetal entre las más destacadas están los pajonales, cortaderas y hacia las periferias frailejones. El uso actual del suelo no presenta utilización directa por acción antrópica, ni utilización económica.

Pero por el contrario se distingue la zona como una importante reserva hídrica, la cual se pretende potencializar con la inundación de la ciénaga y posterior almacenamiento con la construcción de una presa en concreto.

El almacenamiento del recurso servirá para abastecer el Distrito de riego Guamorrán y poder mejorar la producción agropecuaria de la zona y de esta manera subsanar los bajos ingresos económicos de la comunidad y coadyuvar al mejoramiento del nivel de vida de la comunidad de Panán.

**Actividades a realizar.** Dentro del plan de monitoreo y seguimiento ambiental, se debe revisar la ejecución de los trabajos de movimientos de tierra, disposición de sobrantes, construcción de campamentos y manejo de residuos sólidos y líquidos, así como las actividades de gestión social, con el fin de determinar y medir los impactos que realmente se causen, así como la efectividad de las medidas de manejo ambiental aplicadas.

➤ **Monitoreo y seguimiento ambiental de movimientos de tierra.**

El monitoreo consistirá en: Inspección diaria al sitio de las obras.

Verificación de la remoción y medidas de protección del material vegetal y del material de descapote removidos.

➤ **Monitoreo y seguimiento ambiental de la operación del sitio de disposición de sobrantes.**

A través de este monitoreo, se debe vigilar el cumplimiento de los requerimientos del programa de disposición de sobrantes del plan de manejo ambiental, especialmente en relación con el descapote (remoción, almacenamiento, y restitución de la materia orgánica), conformación del sitio de disposición (pendientes, medidas, cotas iniciales y finales), transporte del material inerte y de material de descapote sobrante, compactación de materiales y empradización (con reutilización del descapote almacenado) con las especies vegetales propias de la zona.

➤ **Monitoreo de la calidad del agua.**

Dentro del plan de monitoreo y seguimiento deberá verificarse que las obras que se realicen en el trayecto de la vía de acceso como en el sitio de obra, no alteren ningún curso de agua en cuanto a: aumento de sedimentos, obstrucción del cauces, alteraciones físicas y químicas; para esto ultimo se hará un monitoreo trimestral de las fuentes que se consideren cauces importantes.

El contratista deberá realizar un monitoreo antes de iniciadas las obras con el fin de tener un parámetro de comparación una vez iniciado el proyecto. Los parámetros a medir serán: pH, conductividad, sulfatos, hierro, cloruros, DQO, DBO, sólidos suspendidos, sólidos totales, coliformes totales y fecales. Posteriormente se debe realizar este mismo monitoreo durante la ejecución de las obras y después de terminadas

En caso los campamentos, el plan de monitoreo y seguimiento contemplará:

- Verificación semanal del adecuado funcionamiento de la batería de baños y su mantenimiento.
- Verificación del desmantelamiento del sistema, el cual se debe realizar en forma apropiada.
- Seguimiento permanente para garantizar la correcta ejecución de las obras según especificaciones técnicas dadas al contratista.

➤ **Monitoreo y seguimiento de las afectaciones sobre la vegetación.**

Se verificará especialmente:

- Verificación de las actividades de empradización y/o revegetalización de las superficies determinadas como botaderos.
- Verificación del cumplimiento de las medidas de recuperación de los depósitos de material sobrante. Se debe revisar el cumplimiento de la

reutilización del descapote previo a la siembra de material vegetal propia de la zona.

➤ **Monitoreo y seguimiento de las relaciones con las comunidades indígenas.**

- Verificación del número de empleos directos efectivamente ocupados por miembros de las comunidades indígenas de la localidad.
- Verificación de la señalización
- Verificación de la realización de los talleres de educación y capacitación ambiental.
- Verificación permanente del comportamiento ambiental del personal que labora en la obra (empleados y contratistas).

Una vez empezado el proyecto de construcción del acueducto, el contratista se compromete a realizar un manejo ambiental aprobado por CORPONARIÑO, el cual consiste en la reforestación de árboles nativos, en las zonas cercanas al embalse y la red principal, así mismo realizar unos viveros y la capacitación de la comunidad para el manejo de los mismos.

Todo esto es para mitigar el impacto ambiental en estas zonas nativas.

**Acuerdo y delimitación de aéreas:** Se acordó sembrar 12.5 Hectáreas de árboles nativos en el área del embalse.

**Siembra de árboles:** se realizó con especies nativas, en total se sembraron 13.900 árboles.

**Mantenimiento:** se aplican insecticidas para el control de las plagas comedoras de follaje y raíz, y para su desarrollo se aplica abono foliar.

**Implementación de vivero comunitario temporal.** La implementación del vivero forestal comunitario, consta de identificación, delimitación y cerrado del lote, de eras de germinación, eras de almacenamiento, caseta de embolsado, áreas de circulación e implementación de irrigación. Este vivero servirá para la siembra especialmente de semillas de árboles nativos de la zona y reproducción vegetativa de especies arbustivas y forrajeras para el establecimiento de cercas vivas, de donde se pueda obtener material vegetal disponible para la resiembra. Ver figura 42.



*Figura 42. Vivero comunitario.*

**Capacitación generalizada.** Esta capacitación está dirigida a todas las personas involucradas en el desarrollo de proyecto ASOGUAMORRAN, trabajadores que se contraten para las actividades propuestas y estudiantes que son los hijos de los beneficiarios y que son el presente y futuro del territorio indígena de Panán. Se realizara talleres informativos y teórico – prácticos en actividades de reforestación, propagación de plantas y prácticas en agroforestería acordes a clima frio, en donde se implante una cultura ambiental; y no se comprometa el futuro de todos.

## 8. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Este manual tiene por finalidad, presentar varios aspectos relacionados con la operación y el mantenimiento del proyecto, a saber:

Los lineamientos básicos de la organización que se considera deben darse a los usuarios del distrito de riego en pequeña escala Guamorrán. Para asegurar una adecuada operación del sistema. Por consiguiente es claro que estos lineamientos tienen que estar enmarcados por: la legislación vigente, la experiencia de la entidad que ha estado asesorando a las comunidades de este proceso y fundamentalmente por las orientaciones que han definido el programa de Agro Ingreso Seguro – AIS-

**8.1. ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS.** La inclusión del proyecto en el programa de pequeña irrigación indica que actualmente se da un principio de organización de la comunidad, la cual presenta un grado de desarrollo considerado como adecuado para que el Estado acepte el compromiso adquirido mediante el acta firmada por los compromisarios. Ver figura 41.

Los consideraciones anteriores permiten prever que en el momento en que se den al servicio las obras y se inicie por parte de los usuarios el usufructo del sistema de riego, estos posean una organización suficientemente estructurada y consistente como para asumir, con la asistencia técnica adecuada, la administración del sistema y desarrollar las labores de operación y mantenimientos de las estructuras.



Figura 43. Usuarios sistema de riego.

En todo caso las pautas en este documentos deben ser ajustadas e integradas con el contexto de la legislación existente y adaptadas de acuerdo con la experiencia de la entidad que asume las labores de asesoría en la organización de la comunidad.

En forma específica la asamblea se reunirá al menos dos veces al año con quince días de anticipación, a las épocas de siembra, para establecer el plan de cultivos, fijar la distribución de los caudales, evaluar los costos y establecer los programas de operación y mantenimiento preventivo que se consideren necesarios, balance y estado financiero por parte de la junta administradora.

Cada sesión de la Asamblea General se iniciará bajo la dirección de la Mesa Directiva anterior y con la elección de la nueva directiva; las decisiones de la Asamblea se tomarán por mayoría absoluta, entendiéndose como tal la mitad más uno de los usuarios presentes.

La Asamblea elegirá por un período de un año, en su reunión preparatoria al plan de siembras del segundo semestre del año, una Junta Administradora compuesta por tres miembros que se encargará de la operación y mantenimiento del sistema.

Las labores de esta junta comprenden:

- ✓ Operación física del sistema.
- ✓ Operación y mantenimiento preventivo.

**8.2 OPERACIÓN FÍSICA DEL SISTEMA.** Esta tarea comprende la apertura y el cierre de las válvulas de las estructuras de captación del sistema y las válvulas ventosas y de purga de la red, además el control de la operación de las válvulas de cada uno de los usuarios.

**Operación y mantenimiento preventivo.** Esta labor comprende la inspección periódica y limpieza de las estructuras como bocatoma y desarenador, y redes de tuberías y registro de signos que sugieran daños o desgastes, a fin de realizar el seguimiento para establecer la necesidad de efectuar reparaciones o efectuar cambios o reemplazos de empaques, válvulas, etc.

**Registro y control.** La Junta Administradora llevará un libro de labores diarias en donde registrará todas las acciones realizadas para la operación del sistema.

En este diario se registrará la hora de apertura y/o cierre de las válvulas que sean operadas y se registrará brevemente el estado de las mismas. En este libro se registrarán fechas de siembra y cosecha, caudales derivados y entregados a los

usuarios, horas de operación diaria, áreas sembradas; registro de problemas fitosanitarios y su control, labores culturales y utilización de mano de obra.

**Control contable.** Para efectos del control económico se contempla llevar por lo menos los libros que se mencionan a continuación:

- ✓ Libro con el registro de los presupuestos aprobados por la Asamblea General de usuarios del distrito de riego en pequeña escala Guamorran. En dichos presupuestos se deben precisar las partidas asignadas para las obras de mantenimiento programadas y las partidas asignadas al Fondo para atención de obras de emergencia; las partidas de pago de deuda y partidas para movilización y labores de gestión ante las entidades y autoridades.
- ✓ Libro diario de control y registro de los ingresos reales originados por el pago de tarifas y contribuciones.
- ✓ Libro de control de cada usuario en donde se lleve el estado de cuentas individualmente para cada uno de los usuarios.
- ✓ Libro de control de compras de materiales, repuestos, pago de mano de obra y demás gastos ocasionados por las labores de mantenimientos y obras programadas y/o de emergencia.
- ✓ Libro de almacén con registro de ingresos y salida de materiales y repuestos.
- ✓ Libro de balance en donde se registra el estado contable que se preparará para aprobación de la Asamblea General de usuarios del distrito de riego en pequeña escala Guamorran.

**El régimen de tarifas.** Las labores de operación y mantenimiento del sistema de riego, así como el funcionamiento de la asociación de usuarios y el pago de las obligaciones contraídas para la construcción de las obras, requieren recursos económicos. La Asociación de usuarios, debe preparar cada año un proyecto de tarifas, el cual debe ser discutido y aprobado en Asamblea General de Usuarios

Algunas actividades del sistema de riego, como las de operación, mantenimiento y ejecución de reparaciones requieren la disponibilidad de personal a sueldo, empleados que se conocen como Fontaneros. Su misión es la de cumplir las funciones que le señale la Asociación de usuarios del riego, para garantizar el buen funcionamiento del Sistema. Por lo tanto son unos servidores de la Comunidad y merecen el respeto y la colaboración de los beneficiarios

**Presupuesto para el mantenimiento:**

- ✓ En asamblea debe aprobarse un presupuesto de dinero que se requiere para la compra de materiales y pago de algún trabajo calificado
- ✓ El tesorero es el responsable de la administración de los recursos económicos

Las tarifas buscan el autofinanciamiento de todos los gastos del Distrito para una buena operación y conservación del mismo.

**Gastos del Distrito de Riego.** Gastos de Funcionamiento: Corresponde a las labores necesarias para mantener las obras y equipos en perfectas condiciones de operación del sistema. En términos generales se incluyen los gastos por jornales, limpieza de canales.

Los costos de reparación de estructuras, cambio de tuberías y mantenimiento de equipos fuera de finca, así mismo, adquisición de elementos como palas, machetes, llaves, etc. y materiales, hacen parte de estos gastos dependiendo de la magnitud de las inversiones.

Gastos de reposición, renovación y adquisición de equipos, lo cual se recaudará conjuntamente con la tarifa; no obstante en algunos proyectos la comunidad puede optar por la opción de establecer cuotas extraordinarias.

**Cálculo de Tarifas por Hectárea.** El valor de la cuota por hectárea para los sistemas de riego se determinará mediante la suma de los gastos de funcionamiento más la reposición y renovación de equipos de riego, dividido por el número total de hectáreas beneficiadas con riego, la cual se expresa así:

$$CM/Ha = (GF + GRE) / Ht \quad (7)$$

donde:

- CM/Ha = Cuota de manejo por hectárea año
- GF = Gastos de funcionamiento (proyección de sueldos, reparaciones, materiales y herramientas)
- GRE = Gastos de reposición del equipo de riego
- Ht = Hectáreas totales beneficiadas con riego

Estimativo de jornales: en cada caso, la respectiva asociación de usuarios, fijará el número de jornales utilizados anualmente para la operación y mantenimiento del sistema.

De ninguna manera se aceptará en jornales, un tiempo menor de cuatro (4) meses por año. De acuerdo con el funcionamiento, la asociación podrá aumentar el número de jornales de acuerdo con las necesidades y comportamiento del sistema

de riego.

El estimativo de los jornales se fijará con base en el salario mínimo legal vigente, que para el sector rural establezca el Gobierno Nacional, contabilizándose 15 salarios anuales.

**Puesta en operación del sistema.** Para poner en servicio el sistema por primera vez o cuando por alguna razón se ha vaciado totalmente las tuberías, previamente a la apertura de la compuerta de la captación, deberá seguirse el siguiente procedimiento, en su orden:

- a. Instalar las alas de riego en todos los hidrantes con el fin de poder evacuar el aire durante el llenado de las tuberías.
- b. Revisar las válvulas ventosas.
- c. Operar las válvulas de purga hasta eliminar los sedimentos y el agua que pudiera estar presente eventualmente.
- d. Dejar abiertas todas las válvulas de control.

Hecho lo anterior se procede a abrir la válvula de 10" del reservorio. A continuación el operador o fontanero debe proceder a recorrer la línea principal aguas abajo, cerrando todas las válvulas de purga y verificando el funcionamiento de las válvulas ventosas. Simultáneamente en el recorrido el fontanero deberá detectar posibles daños o fugas en el sistema.

Se deberá permitir que se cargue el sistema de distribución y ramales.

Finalmente deberá revisar el correcto funcionamiento de los aspersores por tramos entre las cámaras y en los ramales.

En las cámaras de quiebre se deben regular las válvulas de corte con el fin de que no existen excesos que pudieran rebosar y se debe verificar el correcto funcionamiento de las válvulas de control automático.

Los usuarios a partir de este momento podrán operar a voluntad (a la demanda) las respectivas alas de riego. Por su parte el operador o fontanero deberá juzgar el mayor o menor caudal requerido en todo el sistema para hacer los ajustes necesarios mediante la operación de las válvulas de corte que existen en cada ramal y cámara de quiebre de presión.

**Operación y mantenimiento del sistema.** La concepción del sistema, el proceso de diseño y construcción de las estructuras componentes se llevó a cabo considerando, las labores necesarias de operación para el correcto

funcionamiento de la obra y las labores requeridas de mantenimiento para garantizar la correcta operación del sistema, las cuales se pueden sintetizar en:

**Estructura de toma.** La estructura de toma construida debe revisarse detenidamente al comienzo y al final del período invernal para ejecutar las labores de limpieza del cauce aguas arriba de la estructura, retirando troncos, ramas y palos que se encuentren en el curso del agua y extrayendo las piedras y los sedimentos que dificulten el flujo normal del agua hacia la rejilla de toma.

Con posterioridad a la ocurrencia de tormentas y crecientes de la quebrada debe efectuarse una revisión y llevarse a cabo labores de limpieza similares a las indicadas en el párrafo anterior.

**Reservorio.** De acuerdo con el plan agrícola y la hidrología se determina el periodo de menor demanda de capacidad embalsada para los meses de octubre a diciembre de cada año, durante este tiempo se procederá a realizar una descarga controlada del agua sobrante en el embalse y posteriormente se realizara la limpieza manual del bazo del embalse consistente en el retiro de material vegetal, sedimentos y demás elementos que puedan disminuir la capacidad del embalse o causar obstrucción y mal funcionamiento de las redes del sistema. Los elementos a utilizar son herramientas menores, dotación de seguridad industrial,

De manera similar a la indicada para las labores de mantenimientos de la estructura de toma se procederá a presentar un informe sobre cada revisión llevada a cabo al reservorio; en dicho informe se harán las recomendaciones pertinentes relativas a la necesidad de llevar a cabo tareas de reparación o mantenimiento, en especial de las compuertas y sus mecanismos de cierre y apertura.

**Conducción.** Al iniciarse cada período de riego debe recorrerse en forma detallada la línea de conducción, observando que no se presente áreas húmedas y/o flujos de agua que indiquen pérdidas de agua ocasionadas por daño de un tubo o desconexión en una de las uniones de la tubería

**Red de distribución.** Su mantenimiento consiste en revisar continuamente para identificar flujos de agua o indicio de humedad que señalen la rotura de un tubo o la falla de una de las uniones. Por otra parte, es conveniente antes de dar comienzo a cada ciclo de riego tener limpias las tuberías, para lo cual debe ejecutarse el lavado de la red.

Esta labor debe realizarse en el sentido aguas abajo lavando cada ramal mediante la apertura de la válvula de purga por un tiempo no menor a cinco minutos. Las operaciones de apertura y cierre de cada válvula deben hacerse lentamente en un

tiempo no menor a un minuto, con el fin de disminuir las sobrepresiones originadas por el golpe de ariete.

Debe mantenerse un control permanente de las cámaras de quiebre de presión para asegurar su adecuado funcionamiento. Durante las inspecciones deben observarse si se dan signos que indiquen que el vertedero de excesos ha estado trabajando, por cuanto es indicio de una inadecuada operación; debe igualmente operarse y revisar el flotador y observar si vuelve a la posición inicial en forma suave y continua y no tiende a trabarse o pegarse. Además se debe hacer la limpieza o el reemplazo si se considera necesario al filtro de la válvula en Ye que se encuentra junto a la válvula de aguja que controla el tiempo de cierre de la válvula control de nivel automático.

**Red predial.** La tubería principal y los mismos hidrantes no requieren de programas de mantenimientos rigurosos en contraposición con las alas de riego, las cuales, por el permanente trasegar a que están sometidas, sufren frecuentes fallas en la tubería y en especial en los puntos de empalme.

#### **Frecuencia de mantenimiento:**

##### **Semanal**

- a.- Girar las válvulas de aire y purga en la red.
- b.- Observar y examinar que no existen fugas en las tuberías de la red. En caso de detectarlas, repararlas inmediatamente.

##### **Mensual**

Abrir y cerrar las válvulas, verificando el funcionamiento.

##### **Trimestral**

- a.- Limpiar la zona aledaña de piedras y malezas de las cámaras rompe presión y de la caja de válvulas de purga.
- b.- Limpiar el canal de escurrimiento de las cámaras rompe-presión.

##### **Semestral**

- a.- Limpieza y desinfección.
- b.- Lubricar las válvulas de control.

- c.- Verificar las cámaras rompe-presión, las cajas de las válvulas de purga, de aire y de control
- d.- Pintar con anticorrosivo las válvulas de control, de aire y de purga.

### **Anual**

- a.- Pintar los elementos metálicos (tapas, válvulas de control, etc.).
- b.- Pintar las paredes exteriores y techo de las cajas de válvulas de aire, de purga y de las cámaras rompe-presión.

**Herramientas y materiales.** Las herramientas y materiales necesarios para la operación y mantenimiento de la red de distribución generalmente son los siguientes:

- Llaves de dado para válvulas de red
- Llaves de boca
- Escofina
- Plano de replanteo
- Guantes
- Materiales
- Tuberías
- Accesorios
- Pegamento

### **Recomendaciones para un buen funcionamiento y uso del riego.**

1. Revise el buen estado de su equipo de riego, si algún daño repárelo oportunamente.
2. No cambie el tamaño de las boquillas del aspersor.
3. Utilice un regulador de presión junto al aspersor, especialmente para el riego de los lotes que no son planos.
4. Nunca riegue mientras la ocurrencia de vientos fuertes.
5. Siembre arboles de diferente altura y abundancia de follaje en los linderos del lote de riego, para reducir el efecto del viento.
6. En los suelos planos mantenga en buen estado los drenajes
7. En las zonas en las que el agua freática se encuentran cerca de la superficie nunca riegue en exceso. si el aguade riego se une con el agua freática su suelo se puede salinizarse.

8. Adapte las practicas de conservación de suelo, como las siembras en contorno, las barreras vivas, las terrazas y el abono orgánico, todo esto también sirve para el mejor aprovechamiento del agua del riego.
9. Familiarizarse con la medición del riego y participe en las actividades de capacitación.
10. Solicite la asería de técnico si lo es necesario.

**Mantenimiento del sistema de riego.** Al igual que todas las obras materiales, el sistema de riego está expuesto al deterioro y la ocurrencia de daños, la comunidad beneficiaria puede enfrentar problemas en su sistema, en general conviene tener en cuenta las siguientes recomendaciones, en caso de presentarse daños.

1. Determinar con precisión la naturaleza del daño, los repuestos y herramientas necesarias.
2. Informar a los usuarios del tramo afectado y suspender el servicio.
3. Descubrir la tubería en una longitud suficiente para no forzarla durante la reparación.
4. No realizar reparaciones improvisadas o temporales
5. La reparación debe ser dirigida por una persona capacitada del manejo del sistema. Muchas personas opinando, solo producen confusión y malos resultados.
6. No olvide usar los materiales indicados para su reparación.
7. Se debe comprobar el buen resultado de la reparación, antes de proceder a tapar las tuberías.

## **CONCLUSIONES.**

El riego con el pasar de los tiempos se ha convertido en un método muy eficiente para cubrir las necesidades de agua de los cultivos; lo que genera una máxima de producción.

La agricultura bajo riego precisa la aplicación de agua a los cultivos que por carencia de un aporte natural de la lluvia, no obtiene una suficiente cantidad de líquido para suplir los requerimientos que ellos necesiten.

Para poner en funcionamiento el sistema de riego, se debe seguir unas indicaciones y tomar algunas precauciones durante el llenado y vaciado de las tuberías, para evitar sobrepresiones y así dañar las tuberías.

Existen diferentes tipos de problemas que usualmente afectan a los regadíos tradicionales, entre ellos el deterioro de la infraestructura de los sistemas de distribución, la insuficiente capacidad de distribución, mal uso del sistema, etc. Lo que hace necesaria una adecuada supervisión del sistema y un permanente mantenimiento del mismo.

Toda ejecución de obras de interés público y social, deben someterse a una supervisión técnica basada en el seguimiento y control de cada una de sus diferentes etapas del proceso de construcción con relación a la calidad de materiales, ajustes a los diseños, estado de avance, cantidades de obra de contratos y resoluciones, lo cual implica conocimientos especializados y la aplicación de las normas y especificaciones técnicas de construcción.

El desarrollo de pasantías permite en la práctica, el seguimiento y la verificación de las diferentes etapas y procesos constructivos de obras civiles, lo cual permite que los estudiantes se enfrenten a problemas y soluciones de manera real y practica interactuando con otros profesionales.

## **RECOMENDACIONES**

Verificar que los estudios iniciales correspondientes a los estudios de campo, se reflejen en los presupuestos, debido a que una falla en estos pone en riesgo el objeto de los proyectos, y tienen más probabilidad de generar obras no previstas.

Realizar planes de contingencia de acuerdo a la programación de actividades a ejecutar debido a los posibles imprevistos que se puedan ocasionar; no actuar de forma vertical para incurrir en pérdida de tiempo.

Mantener un registro actual del fichero de existencias, ya que con este podemos adquirir con anterioridad los suministros de los materiales necesarios, evitando retrasos durante la construcción de las obras.

Cumplir con los planes de calidad propuestos significa contratar los materiales necesarios en el proyecto, que brinde más agilidad, rendimiento y calidad en cada actividad de la obra; teniendo en claro las funciones que correspondan cumpliendo con las obligaciones asignadas y respetando los mandos establecidos..

Elaborar el respectivo cronograma de ejecución, con el fin de tener herramienta que facilite conocer el avance de la obra con respecto al tiempo de ejecución, para de esta manera determinar a qué actividades se debe asignar más tiempo para cumplir con los objetivos.

## **BIBLIOGRAFIA**

LA COMISION. Riego por Goteo. Bucarest, Rumania: Organización de las Naciones Unidas par la Agricultura y la alimentación. 1974. 160p.

MONSALVE S, Germán. Hidrología en la Ingeniería. Ed. Escuela Colombiana. Bogotá Colombia. 382 p.

SALDARRIAGA V, Juan, Hidráulica de tuberías. Bogotá Colombia: editora Emma Ariza. 1998. 254 p.