

**“DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULOS ESTRUCTURALES DEL TRAMO 4 DE  
LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL DEL DISTRITO DE RIEGO ASOLLANO DE LA  
VIRGEN, MUNICIPIO DE ALTAMIRA, DEPARTAMENTO DEL HUILA”**

**LEANDRO ANDREY RAMIREZ GARCIA  
COD. 2004102022**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA AGRICOLA  
NEIVA – 2011**

**“DISEÑO HIDRÁULICO Y CÁLCULOS ESTRUCTURALES DEL TRAMO 4 DE  
LA CONDUCCIÓN PRINCIPAL DEL DISTRITO DE RIEGO ASOLLANO DE LA  
VIRGEN, MUNICIPIO DE ALTAMIRA, DEPARTAMENTO DEL HUILA”**

**LEANDRO ANDREY RAMIREZ GARCIA  
COD. 2004102022**

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

Director  
**MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO**  
Ing. Agrícola – Esp. En Ing. de Irrigación

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRÍCOLA  
NEIVA - HUILA  
2011**

## Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

Jurado: JAIME IZQUIERDO BAUTISTA  
Ing. Agrícola  
Ing. Civil  
M. Sc. en Ingeniería Civil

---

Jurado: ALFREDO RAMOS MORENO  
Ing. Agrícola  
M. Sc. En Hidrología

---

Director: MIGUEL CIFUENTES PERDOMO  
Ing. Agrícola  
Esp. En Ingeniería de Irrigación

Neiva, Enero de 2011

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto y toda mi carrera universitaria a Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día rompiendo todas las barreras que se me presenten. A mis padres Rigoberto Ramírez y María Nancy García ya que gracias a ellos soy quien soy, fueron los que me brindaron ese cariño y calor humano necesario velando por mí y haciendo que todas las horas de concejos, de regaños, de tristezas y alegrías hayan contribuido en mi formación personal y profesional.

A Daniela Alejandra y Julián David que se convirtieron en la fuente de inspiración para seguir adelante superando los obstáculos que se me presenten en la vida.

A mis hermanos Jeison y Fernanda por su apoyo y confianza constante.

A mis amigos y profesores dedico esto como el resultado final de muchos esfuerzos a lo largo de esta carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos:

A Miguel Germán Cifuentes Perdomo, Ingeniero Agrícola, Especialista en Ingeniería de Irrigación, profesor de la Universidad Surcolombiana y Director del Proyecto, por sus sabios consejos y valiosas orientaciones.

A Hilda Jazmín Rodríguez Calderón, Ingeniera Agrícola, Especialista en Ingeniería Ambiental, por su confianza y su ayuda indispensable en el transcurso del proyecto.

A Marlio Darío Damián Torres, Ingeniero Agrícola, por la constante asesoría en el momento de tomar decisiones fundamentales durante el apoyo en instalación y construcción de la obra.

A Jaime Izquierdo Bautista, Ingeniero Agrícola, profesor de la Universidad Surcolombiana, por sus enseñanzas y colaboración.

A Alfredo Ramos Moreno, Ingeniero Agrícola, profesor de la Universidad Surcolombiana, por su estímulo a seguir creciendo intelectualmente..

A Gilberto Álvarez Linares, Topógrafo, profesor de la Universidad Surcolombiana, por su paciencia y colaboración.

A Gladys Quino, secretaria del Programa Agrícola, por su valiosa ayuda y cooperación.

A la Empresa Ingeniería de Riegos Y Obras Civiles Ltda. Y su grupo de Ingenieros Por brindarme la oportunidad de realizar esta pasantía y adquirir esta valiosa experiencia.

A todos los profesores y compañeros de la Universidad Surcolombiana, por brindarme la oportunidad de aprender de ellos y de compartir momentos inolvidables que quedarán en la mente para siempre.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>RESUMEN</b> .....	<b>12</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>13</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>14</b>
<b>1. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	<b>16</b>
<b>1.1 DISTRITO DE RIEGO</b> .....	<b>16</b>
1.1.1 <i>Definición</i> .....	16
1.1.2 <i>Clasificación de Acuerdo a Su Tamaño</i> .....	16
<b>1.2 Componentes</b> .....	<b>16</b>
1.2.1 <i>Obras de Captación:</i> .....	16
1.2.1.1 Tipos de obras de captación .....	16
1.2.2 <i>Línea de Aducción</i> .....	18
1.2.3 <i>Desarenadores</i> <sup>2</sup> .....	18
1.2.4 <i>Conducción</i> <sup>2</sup> .....	18
1.2.5 <i>Redes de distribución</i> <sup>2</sup> .....	18
<b>1.3 TUBERÍA PVC</b> .....	<b>19</b>
1.3.1 <i>Definición</i> .....	19
1.3.2 <i>Características de las tuberías PVC</i> .....	20
<b>1.4 RELACION DIAMETRO ESPESOR RDE:</b> .....	<b>21</b>
<b>1.5 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA</b> .....	<b>22</b>
<b>1.6 CÁLCULOS HIDRÁULICOS EPANET 2.0.</b> .....	<b>23</b>
1.6.1 <i>Descripción</i> .....	23
1.6.2 <i>Características del modelo de cálculo hidráulico de EPANET 2.0.</i> .....	23
<b>1.7 Uniones o Juntas Dresser</b> .....	<b>24</b>
1.7.1 <i>Definición</i> .....	24
1.7.2 <i>Tipos principales</i> .....	25
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
<b>2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>26</b>
<b>2.2 DESARROLLO DE LA PASANTÍA</b> .....	<b>27</b>
2.2.1 <i>Recolección de información</i> .....	27
2.2.2 <i>Levantamiento Topográfico con GPS.</i> .....	28
2.2.3 <i>Diseño Hidráulico Preliminar</i> .....	28
2.2.4 <i>Levantamiento Topográfico con Estación Total TOPCON GTS 239W</i> .....	29
2.2.5 <i>Diseño Hidráulico Definitivo</i> .....	30
2.2.6 <i>Cálculos Estructurales</i> .....	30
2.2.6.1 Codo en el sentido Horizontal (H): .....	31
2.2.6.2 Curva Vertical Inferior (VI):.....	32
2.2.6.3 Curva vertical Superior (VS).....	33
2.2.7 <i>Apoyo en construcción de obra</i> .....	33
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON GPS:</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2 DISEÑO HIDRÁULICO PRELIMINAR</b> .....	<b>34</b>

<b>3.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL TOPCON GTS</b>	
<b>239W</b> .....	<b>39</b>
<b>3.3.1 Cartografía y planos</b> .....	40
<b>3.4 DISEÑO HIDRÁULICO DEFINITIVO</b> .....	<b>40</b>
<b>3.4.1 Cuadro Hidráulico:</b> .....	49
3.4.1.1 Muestra de Cálculo Perdidas por fricción en la Tubería Según Hazen-Williams: ...	49
3.4.1.2 Muestra de Cálculo Perdidas Menores presentes en la Conducción: .....	50
<b>3.5 CÁLCULOS ESTRUCTURALES</b> .....	<b>61</b>
<b>3.5.1 Muestras de Cálculo para Anclajes:</b> .....	61
3.5.1.1 Muestra de Cálculo para Codo en el sentido Horizontal:.....	61
3.5.1.2 Codo en el sentido Vertical Inferior: .....	67
3.5.1.3 Codo en el Vertical Superior: .....	68
<b>3.5.2 Muestra de Cálculo para Encofrados:</b> .....	69
<b>3.6 APOYO EN PROCESO CONSTRUCTIVO</b> .....	<b>72</b>
<b>3.6.1 Excavación y Demolición</b> .....	72
<b>3.6.2 Instalación de Tubería</b> .....	73
3.6.2.1 Instalación de Tubería Unión Platino .....	73
3.6.2.2 Instalación Tubería Extremo liso 14" RDE 13,5 .....	74
<b>3.6.3 Construcción de Anclajes y Encofrados</b> .....	76
<b>3.6.4 Tapado de Tuberías y Compactacion:</b> .....	77
<b>Fotos 13. Transporte de material seleccionado y Tapado.</b> .....	79
<b>3.7 ASPECTOS FINANCIEROS</b> .....	<b>79</b>
<b>3.7.1 Presupuesto Detallado</b> .....	79
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>82</b>
<b>BIBLIOGRAFICA</b> .....	<b>84</b>

## LISTA DE TABLAS

Pág.

<b>Tabla 1. Coeficientes de Fricción Para diferentes Terrenos.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 2. Capacidad Portante del Suelo.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla N° 3: Cartera Topográfica del Levantamiento con GPS del tramo No 4 de la conducción Principal del distrito de riego Llano de la Virgen. ....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla N°4: Longitudes y Tipos de Tubería Preliminares para el Tramo 4 de la Conducción Principal del distrito de Riego Llano de la Virgen. ....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla N° 5: Resultados del Análisis Hidráulico Preliminar del Tramo No 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla N° 6: Lista de Planos.....</b>	<b>40</b>
<b>Tabla N° 7: Longitudes y Tipos de Tuberías Definitivos para el Tramo 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen. ....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla N° 8: Resultados del Análisis Hidráulico Definitivo del Tramo No 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen.....</b>	<b>42</b>
<b>Tabla N° 9: Longitudes y Tipos de Tuberías Definitivos para la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la virgen. ....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla N° 10: Longitudes y Tipos de Tuberías para la Red de Distribución del Distrito de Riego Llano de la Virgen.....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla N°11: Coeficiente de Pérdidas Menores para algunos accesorios.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla N° 12: Cuadro Hidráulico Comparativo del Tramo 4 de la Conducción Principal Distrito de Riego Llano de La Virgen.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla N° 13: Codos Presentes en el Tramo 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen.....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla N° 14 Cálculo de Anclajes de curva Horizontal Presentes en el Tramo 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen.....</b>	<b>66</b>
<b>Fuente: Ramírez, 2010 .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla N° 15: Dimensiones de Encofrados Tipo Diseñados para el Distrito de Riego Llano de la Virgen.....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla N° 16: Cálculo de Anclajes de curva Vertical Inferior Presentes en el Tramo 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen. ....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla N° 17: Cálculo de Anclajes de curva Vertical Superior Presentes en el Tramo 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen. ....</b>	<b>71</b>



<b>Tabla 18: Presupuesto Detallado "Construcción Tramo N° 4 De La Conducción Principal Distrito Riego Llano De La Virgen Municipio Altamira-Huila .....</b>	<b>80</b>
---	-----------

**LISTA DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura N° 1. Localización General del Proyecto .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura N° 2. Zonas o Tramos en que se dividió el Proyecto .....</b>	<b>27</b>
<b>Figura N°3. Imagen Satelital de la zona del proyecto.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura N° 4. Imagen de Simulación Preliminar del Tramo No 4 de la Conducción Principal Distrito de Riego Llano de la Virgen, Zona la Variante. ....</b>	<b>36</b>
<b>Figura N° 5. Imagen de Simulación Definitiva del Tramo No 4 de la Conducción Principal Distrito de Riego Llano de la Virgen, Zona la Variante. ....</b>	<b>41</b>
<b>Figura N° 6. Esquema de Anclaje de Curva Horizontal.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura N° 7: Esquema de Anclaje de Curva Vertical Inferior.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura N° 8: Limpieza y Alineación de la Tubería a Instalar.....</b>	<b>74</b>
<b>Figura N° 9: Anclajes Tipo Construidos en Tramo 4 de la Conducción Principal .....</b>	<b>76</b>
<b>Figura N° 10: Diseño y Construcción de Encofrados .....</b>	<b>77</b>

## LISTA DE FOTOS

Pág.

<b>Foto N°1. Unión Dresser - Dresser de 14”</b> .....	<b>24</b>
<b>Foto N° 2. Estación Total TOPCON GTS 239W</b> .....	<b>29</b>
<b>Fotos 3: Levantamiento Topográfico con Estación Electrónica TOPCON GTS 239W</b> .....	<b>39</b>
<b>Fotos 4. Excavaciones para tubería 14” RDE 13.5 zona conducción Principal</b> .....	<b>72</b>
<b>Fotos 5. Excavaciones Manuales para tubería 14” zona conducción Principal</b> .....	<b>72</b>
<b>Fotos 6. Evacuación y demolición de Rocas durante las Excavaciones</b> .....	<b>73</b>
<b>Fotos 7. Bajada de la Tubería a la excavación e izada de la misma.</b> .....	<b>74</b>
<b>Fotos 8. Marcación y lubricación de los Espigos</b> .....	<b>75</b>
<b>Fotos 9. Apretada de Tornillos y calibración a 50 lb-pie</b> .....	<b>75</b>
<b>Foto 10. Tubería 14” RDE 13.5 Instalada</b> .....	<b>76</b>
<b>Fotos 11. Proceso Construcción y Fraguado de los Anclajes</b> .....	<b>77</b>
<b>Fotos 12. Proceso de Tapado y Compactación Manual</b> .....	<b>78</b>
<b>Fotos 14. Compactación con Saltarín y montículos.</b> .....	<b>79</b>

## LISTA DE ANEXOS

Pág.

<b>ANEXO A: Presiones Finales en los Puntos Prediales del Distrito de Riego Llano de la Virgen</b> .....	<b>86</b>
<b>ANEXO B. PLANOS</b> .....	<b>88</b>

### LISTA DE PLANOS GENERALES

CODIGO	NOMBRE	CONTIENE	CANTIDAD
LG1/1	LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL PROYECTO	LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO AREAS DEL PROYECTO	1
PL1/2	PLANTA DETALLADA DE LA RED	PLANTA GENERAL	1
PL2/2		LINEAS DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION	1
PL1/1	PLANTA DETALLADA DE LA RED TRAMO NUMERO 4	PLANTA GENERAL DEL TRAMO NUMERO 4 DE LA CONDUCCION	1
DC 1/2	DETALLES CONSTRUCTIVOS OBRAS PRESENTE EN EL TRAMO NUMERO 4.	ANCLAJES TIPO	1
DC 2/2		ENCOFRADOS TIPO	1
<b>TOTAL.</b>			<b>6</b>

## RESUMEN

El Distrito de Riego de pequeña escala Asollano de la Virgen, se encuentra situado en la zona norte del Municipio de Altamira, asentado sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental, distante 15 kilómetros aproximadamente del casco urbano. A una distancia de 133 Km. de Neiva y 12 Km de Garzón en vía pavimentada, El área del proyecto se encuentra aproximadamente entre los 740 y 1000 m.s.n.m. El caudal para el distrito de riego se tomará de la quebrada La Pescada, y será llevado hasta la zona del proyecto mediante conducción por tubería, para ser utilizado por sistema de riego de aspersión mediana, el cual beneficiará a 89 familias en 487.2 has.

El proyecto se dividió en cinco (5) Tramos los cuales van desde bocatoma hasta la red de distribución y puntos prediales, con el objetivo de agilizar el proceso constructivo abriendo varios frentes de trabajo bajo la supervisión de un ingeniero coordinador.

Este trabajo es producto de una pasantía realizada en el Tramo No 4 de la Conducción principal del Distrito de Riego Llano de La Virgen, donde se participo en estudios topográficos, en diseños hidráulicos, en cálculos estructurales, en instalación de tubería especializada 14" RDE 13.5 y en la construcción de anclajes y encofrados presentes mencionado Tramo.

Para la realización de los diseños hidráulicos preliminares y definitivos se trabajo con el programa de simulación y calculo hidráulico EPANET 2.0, de igual forma para los cálculos estructurales se implemento el programa CALCULO DE ANCLAJES SEGÚN NORMA NS-060 E.A.A.B. recomendado por PAVCO S.A.

**Palabras Clave:** Distrito de Riego, Diseño Hidráulico, Calculo estructural, Anclaje, Encofrado.

## ABSTRACT

Irrigation District Asollano small scale of the Virgen, is situated in the northern city of Altamira, which sits on the western slopes of the Cordillera Oriental, approximately 15 kilometers away from town. At a distance of 133 km from Neiva and 12 km from Garzón paved road, the project area is approximately between 740 and 1000 m. The flow to the irrigation district will be taken from the stream fishing, and will be brought to the project area by driving pipe to be used for spray irrigation medium, which will benefit 89 families in 487.2 hectares.

The project was divided into five (5) Sections which range from intake to distribution network and farm items, with the aim of expediting the construction process by opening a number of fronts to work under the supervision of an engineer coordinator.

This work is a product of an internship carried out in Section 4 of the Number Driving Irrigation District Main Llano de La Virgen, where he participated in surveying, in hydraulic design, structural calculations, pipe installation specializing in 14 "RDE 13.5 and construction of anchors and forms present said Section.

To carry out the preliminary and final hydraulic design is working with the simulation program and hydraulic calculation EPANET 2.0, similarly to the structural calculations the program was implemented ANCHORAGE CALCULATION ACCORDING EAAB NS-060 SA recommended by PAVCO

Keywords: Irrigation District, sprinkler, hydraulic design, structural calculation, Anchorage, formwork

## INTRODUCCIÓN

Uno de los limitantes para poder realizar una explotación agrícola intensiva es la disponibilidad de agua, en la actualidad, esta situación se incrementa por las largas etapas de sequía que se tienen que afrontar, por esto es de gran importancia crear y proponer opciones que permitan la adecuación y tecnificación de las tierras con el fin garantizar el recurso hídrico asegurando buenos rendimientos en los cultivos y aumento en los niveles de producción

Con el fin de dar solución a esta problemática, la entidad INGENIERIA DE RIEGOS Y OBRAS CIVILES LTDA. está realizando la construcción del **Distrito de Riego Asollano de la Virgen del municipio de Altamira Huila**, el cual tiene como fuente de abastecimiento la quebrada La Pescada, la captación superficial se hace mediante una bocatoma lateral, la conducción y distribución se realiza por tubería cerrada que se reduce telescópicamente, y para la sedimentación de partículas se cuenta con un desarenador; el objetivo de este proyecto es manejar caudales suficientes para permitir que ochenta y nueve (89) usuarios-campesinos cultivadores de 487.2 ha y miembros de la asociación ASOLLANO DE LA VIRGEN aumenten su productividad agropecuaria mejorando así su calidad de vida.

Debido a la magnitud del proyecto y a las difíciles vías de acceso a lugares de la construcción, la entidad constructora Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. Dividió la totalidad del proyecto en 5 tramos los cuales van desde la bocatoma hasta la red de distribución y puntos prediales.

Esta Pasantía se realizó en el tramo numero 4 de la conducción principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen el cual tiene una longitud de 2898 m. y es la zona del proyecto donde se presentan las presiones más altas lo cual obliga a que el diseño hidráulico y cálculos estructurales de los anclajes a construir cumplan con el objetivo de resistir las fuerzas presentes en determinado punto; de igual forma se tiene como propósito contribuir en el proceso constructivo del Distrito de Riego Llano de la Virgen para lograr mejores rendimientos y entregar a los campesinos en el menor tiempo posible el recurso hídrico suficiente para aumentar el nivel de productividad de sus tierras.

En el diseño hidráulico o dimensionamiento de la red se realizaron evaluaciones en la conducción mediante el programa de simulación y calculo hidráulico EPANET 2.0, esto con el fin de satisfacer los requisitos de caudal y presión en cada punto predial teniendo en cuenta las pérdidas por fricción en la tubería y las pérdidas por accesorios presentes en ella.

Para el dimensionamiento y calculo estructural de los apoyos se utilizo el programa CALCULO DE ANCLAJES SEGÚN NORMA NS-060 E.A.A.B. el cual es recomendado por PAVCO S.A estos apoyos son ubicados en los cambios de dirección de la tubería, se diseñan y construyen en concreto ciclópeo con el fin de contrarrestar empujes, evitar colapsos y desprendimientos en los accesorios.

## **OBJETIVO**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Realizar el Diseño hidráulico y cálculos estructurales del tramo número 4, durante los estudios de la conducción principal del distrito de riego Asollano de la virgen, municipio de Altamira, departamento del Huila.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Aplicar el programa de simulación y cálculo hidráulico EPANET 2.0 y la metodología de Hazen-Williams al Tramo número 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen.
- Realizar los cálculos estructurales de los apoyos y obras presentes en el tramo numero 4 de la línea de conducción principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen mediante el uso del programa CALCULO DE ANCLAJES SEGÚN NORMA NS-060 E.A.A.B. el cual es recomendado por PAVCO S.A
- Desarrollar y Obtener experiencia en la instalación de tubería especializada 14" RDE 13,5 pionera en distritos de riego en Colombia.
- Contribuir a mi formación Profesional.

## 1. MARCO CONCEPTUAL

### 1.1 DISTRITO DE RIEGO

#### 1.1.1 Definición

Delimitación del área de influencia de obras de infraestructura tales; tales como derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, y canales entre otros, destinadas a dotar un área determinada con riego, drenaje o protección contra inundaciones; para los fines de gestión y manejo, se organiza en unidades de explotación agropecuaria bajo el nombre de Distritos de Adecuación de Tierras.

#### 1.1.2 Clasificación de Acuerdo a Su Tamaño

Tipo de distrito	Área aprovechable (has)	Número de usuarios
Pequeña escala	30-500	100
Mediana escala	501-5000	200
Gran escala	MAS DE 5000	300

Fuente: Cifuentes, 2006

### 1.2 Componentes

#### 1.2.1 Obras de Captación<sup>1</sup>:

Son las estructuras hidráulicas construidas que se colocan directamente sobre las fuentes superficiales con el objeto de captar, es decir extraer, una parte o la totalidad del caudal de la corriente principal, para sustituir una red de acueducto o para generar energía y desarrollar sistemas de riego. Las bocatomas suelen caracterizarse principalmente por el Caudal de Captación, el que se define como el gasto máximo que una obra de toma puede admitir.

##### 1.2.1.1 Tipos de obras de captación

**Bocatoma o captación lateral.** Es muy utilizada cuando la fuente de aprovechamiento posee un caudal relativamente grande. El sitio se selecciona donde la estructura quede a una altura conveniente del fondo y, ubicada al final de las curvas, en la orilla exterior, y en lugares protegidos de la erosión o socavación.

**Captación por vertederos laterales.** Un vertedero lateral consiste en una escotadura practicada sobre la cresta de un canal prismático que está orientada en sentido paralelo a la corriente y por encima de la cual fluye el agua cuando se ubica de una manera tal que se permite un gradiente hidráulico en sentido normal a la cresta del vertedero.

---

<sup>1</sup> CORCHO R, Freddy Hernán, Duque Serna José Ignacio. Acueductos Teoría y Diseño. 1993. Medellín.



Experimentalmente se ha encontrado que la capacidad de descarga de un vertedero normal a la dirección de la corriente es mucho mayor que la capacidad de descarga de un vertedero lateral.

**Tomas laterales.** Estas estructuras hidráulicas son muy frecuentes en los distritos de riego. Se proyectan por lo general para derivar agua de canales principales. La línea de derivación puede hacerse con tubería que atraviese el fondo de la berma del canal. Cuando así ocurre se diseña como un conducto a presión en donde se presentan pérdidas locales y pérdidas por fricción.

En el diseño de una toma lateral pueden ocurrir dos casos generales:

- No existe restricción en la selección del diámetro de tubería.
- Existe un diámetro comercial de tubería ya sea instalado, caso en el cual se trata de una revisión, ya sea que se haga necesaria su compra en el comercio local, caso en el cual se debe diseñar dentro de un rango de pendientes fijadas por las características topográficas del terreno y obliga además a ajustar las pérdidas mediante el uso de válvulas, compuertas, dispositivos adecuados para estas situaciones.

**Captación con lecho filtrante.** Se define como bocatoma de lecho filtrante la estructura de captación de agua para acueductos de bajo caudal, que tiene la capacidad de pre filtrar el influente antes de conducirlo a la línea de aducción del sistema. Esto se logra mediante la utilización de un lecho granular, el cual filtra el agua y la conduce a un sistema de recolección por tuberías perforadas en el fondo del cauce. Estas tuberías perforadas se encuentran generalmente en disposición de espina de pescado o en forma reticular y a junta perdida en ambos casos. Este tipo de bocatoma tiene la capacidad de aprovechar la corriente de la fuente para auto lavarse superficialmente y de esta manera aumentar la carrera o tiempo de colmatación del filtro. Además, con el arrastre de material del tamaño apropiado para filtración (arena), la propia fuente se encarga de renovar el lecho filtrante, recargándolo constantemente; otra forma de captaciones con lecho filtrante es la de filtro en canal o filtro dinámico.

**Captación sumergida tipo dique-toma.** Cuando las corrientes de agua de escaso caudal y las secciones transversales del río en el sitio donde se proyecta la bocatoma son de poco ancho (0 a 10 m), es conveniente proyectar un dique con el objeto de garantizar el caudal que se debe captar, En el diseño de un dique - toma se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

En el área de captación dada, en la zona de rejilla, no se debe permitir el paso de material grueso; esto se logra dimensionando adecuadamente los espacios entre las barras de la rejilla de captación.

El dique se debe proyectar en forma tal que la tasa de sedimentación en la zona del embalse no sea excesivamente alta, lo cual se logra obligando a que el agua fluya con moderada velocidad a través de la obra de captación.

Las riberas del río o quebrada, en la zona donde se proyecta el dique, deben tener una buena estabilidad geológica y preferiblemente el suelo debe ser roca a fin de aminorar costos en los anclajes.

### **1.2.2 Línea de Aducción<sup>2</sup>**

Se define línea de aducción en un sistema de acueducto al conducto que transporta el agua de la bocatoma, desde la cámara de derivación, hasta el desarenador. Puede ser un canal abierto o un canal cerrado (tubería).

### **1.2.3 Desarenadores<sup>2</sup>**

La sedimentación es el proceso por el cual el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo del río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin. Toda corriente de agua, está caracterizada por su caudal, tirante de agua, velocidad y forma de la sección tiene una capacidad de transportar material sólido en suspensión. El cambio de alguna de estas características de la corriente puede hacer que el material transportado se sedimente; o el material existente en el fondo o márgenes del cauce sea erosionado.

La sedimentación de sólidos en líquidos está gobernada por la ley de Stokes, que indica que las partículas se sedimentan más fácilmente cuando mayor es su diámetro, su peso específico comparado con el del líquido, y cuando menor es la viscosidad del líquido. Por ello, cuando se quiere favorecer la sedimentación se trata de aumentar el diámetro de las partículas, haciendo que se agreguen unas a otras, proceso denominado coagulación y floculación.

### **1.2.4 Conducción<sup>2</sup>**

La conducción es el componente de un sistema de abastecimiento de agua a través del cual se transporta ésta desde el desarenador hasta la planta de tratamiento, al tanque de almacenamiento o directamente a la red de distribución. Depende del tamaño del proyecto, del caudal a transportar, de las características del agua y de las condiciones topográficas; etcétera.

### **1.2.5 Redes de distribución<sup>2</sup>**

La red de distribución es un conjunto de conductos cerrados a través de los cuales se transporta el agua bajo presión a los diferentes puntos de consumo.

Dependiendo de la disposición de las viviendas, por razones topográficas, por razones de tenencia de tierra o por el desarrollo urbanístico de la localidad, se puede determinar el tipo de red de distribución.

---

<sup>2</sup> CORCHO R, Freddy Hernán, Duque Serna José Ignacio. Acueductos Teoría y Diseño. 1993. Medellín.

**Tipo ramificado.** Son redes de distribución constituidas por un ramal troncal y una serie de ramificaciones que terminan en puntos ciegos o en pequeñas mallas. Este tipo de red se adapta por el general a poblaciones veredales donde por razones topográficas no es económico ni técnico interconectar los ramales.

**Tipo mallado.** Estas redes están constituidas por tuberías que por razones del desarrollo urbanístico, por lo general en forma reticular forman una malla. Este tipo de red es el más conveniente por cuanto la superficie de energía es más compensada al producirse el flujo a través de circuitos, lo cual produce un servicio eficiente en presión y caudal.

**Sistemas de gravedad.** Cuando la fuente de abastecimiento tiene una elevación suficiente para suministrar el agua bajo la acción de la gravedad.

Consiste en la red de riego para aplicar directamente el agua en el predio, a partir de la entrega por la red de distribución en una toma definida, y debe adecuarse básicamente al plan agropecuario propuesto en la zona de estudio. Este sistema puede ser por gravedad, o presurizado.

Cuando es presurizado por aspersión, micro aspersión o goteo, el sistema incluye componentes y dispositivos como aspersores, micro aspersores, goteros, equipo de filtrado, tuberías principales y laterales, válvulas de paso, medidores de caudal, reguladores de presión, acometidas, hidrantes, elevadores, dosificadores, etc., los cuales deben seleccionarse de modo que proporcionen una buena uniformidad en la aplicación y una alta eficiencia.

## **1.3 TUBERÍA PVC**

### **1.3.1 Definición<sup>3</sup>**

La denominación de tuberías PVC proviene del policloruro de vinilo, que es un polímero termoplástico. “Termoplástico” implica que a temperatura ambiente los materiales presentan características más rígidas que cuando la temperatura es aumentada. En esos casos, el material se vuelve mucho más blando y maleable, es decir, son más fáciles de manejar. A pesar de esto, no importa cuánto se fundan o moldeen, los materiales termoplásticos no alteran sus propiedades tan fácilmente.

En el caso del policloruro, éste comienza a tornarse más blando cuando está expuesto a una temperatura superior a los treinta grados. Además de tratarse de un material – de color blancuzco – el policloruro de vinilo es una resina resultante de un proceso químico denominado polimerización, sufrido por el cloruro de vinilo, de ahí su nombre.

---

<sup>3</sup> <http://www.maquinariapro.com/materiales/tuberias-pvc.html> Visitada el 15 de Enero de 2011.

### 1.3.2 Características de las tuberías PVC<sup>4</sup>

1. **Resistencia al óxido y a la corrosión;** la tubería PVC es totalmente inmune a los gases y químicos, resistente a los ácidos, álcalis, soluciones salinas, y productos químicos industriales. Es ideal para obras donde la salinidad de los suelos agresivos son un factor importante.
2. **Resistencia a las incrustaciones;** las paredes lisas y libres de porosidad impiden la formación de incrustaciones comunes en las tuberías metálicas, proporcionando una vida útil más larga con mayor eficiencia.
3. **Las pérdidas de presión hidráulica son reducidas al mínimo;** la superficie interior de la tubería PVC es lisa reduciendo considerablemente las pérdidas de presión por fricción.
4. **Resistencia a la electrólisis;** la tubería PVC es inmune a la acción galvanoplástica o electrolítica que destruye las tuberías de cobre, por lo tanto permite su colocación bajo el agua, tierras y contacto con metales.
5. **Auto extingible;** la tubería PVC no forma llama ni facilita la combustión.
6. **Superficies internas muy lisas;** las paredes lisas de la tubería PVC facilitan el flujo de los desechos y por lo tanto rara vez se obstruyen, además los diámetros internos son generalmente mayores que en los otros materiales. Estas dos cualidades permiten usualmente utilizar un diámetro inferior a una pendiente menor.
7. **Impermeable ante líquidos y gases;** su composición química no permite el paso ante la pared de ella, de líquidos y gases.
8. **Resistente al tiempo;** la tubería PVC tiene una vida útil mayor a 30 años.
9. **Baja conductividad térmica;** esta propiedad de la tubería PVC elimina la condensación (sudado) de los tubos, cuando conducen líquidos muy fríos, evitando en muchos casos el uso de materiales aislantes, además en el caso de agua caliente evita las pérdidas de calor, proporcionando un sistema eficiente.
10. **Inmune al ataque de roedores y bacterias.**
11. **No comunica olor ni sabor;** debido a la propiedad de la tubería PVC es ideal para la conducción de agua potable.

---

<sup>4</sup> <http://www.pavco.com.co/>. Visitada el 15 de Enero de 2011.

12. **Liviana y fácil de transportar**; la tubería PVC, es considerablemente mas liviana que las tuberías metálicas o de asbesto cemento, por esta razón se facilita su manipulación almacenaje e instalación.
13. **Económica en su costo, instalación y mantenimiento**; la tubería PVC es competitiva en costos por varios aspectos:
- Los tubos y accesorios son más económicos diámetro por diámetro que los metálicos.
  - Se pueden utilizar menores diámetros que con otras tuberías para igual caudal y velocidad, por su menor coeficiente de fricción.
  - El costo de la mano de obra es menor por la facilidad de instalación y rapidez en la acción de la soldadura líquida.
14. **Alta flexibilidad.**
15. **Rigidez**; por su rigidez la tubería PVC se puede colocar en instalaciones aéreas o externas empleando un mínimo de soportes.

#### 1.4 RELACION DIAMETRO ESPESOR RDE:

El RDE es la relación entre el diámetro exterior y el espesor de la pared de la tubería. Bajo esta Norma, la presión de trabajo permitida por una tubería de RDE dado es constante, independiente del diámetro de la misma. La fórmula está basada en la Norma ISO (Internacional Standard Organization), en la cual su expresión es:

$$\text{RDE} = \frac{2S}{P} + 1$$

Donde:

- S = Resistencia Hidrostática del diseño del material a tensión. Para PVC tipo I, el valor de S es constante e igual a 2000 PSI o 140 Kg/ cm<sup>2</sup>
- P = Presión Nominal de Trabajo.

También se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{RDE} = \frac{D}{E}$$

Donde:

- D = Diámetro exterior promedio del tubo.
- E = Espesor mínimo de pared.

El siguiente cuadro muestra las clases de RDE de las tuberías y la presión que resiste cada uno de ellas en PSI y MCA.

RDE	Presión PSI	Presión MCA
9	500	352
11	400	282
13,5	315	222
21	200	141
26	160	113
32,5	125	88
41	100	70
51	80	56
64	63	44

Fuente: Cifuentes, 2006

## 1.5 PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN LA TUBERÍA

A medida que un fluido fluye por un conducto, tubo o algún otro dispositivo, ocurren pérdidas de energía debido a la fricción que hay entre el líquido y la pared de la tubería; tales energías traen como resultado una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo. En estructuras largas, las pérdidas por fricción son muy importantes, por lo que ha sido objeto de investigaciones teórico-experimentales para llegar a soluciones satisfactorias de fácil aplicación<sup>5</sup>.

Para el cálculo de las pérdidas de presión en la tubería y determinar la línea piezométrica, se utilizó la siguiente metodología de cálculo:

De la Ecuación de Hazen Williams:

$$J = 0.2083 (100/C)^{1.85} \times (Q^{1.85} / D^{4.866})$$

$$J = 0.0985 Q^{1.85} / D^{4.866}$$

Donde:

- J = Pérdidas de presión en mts/100 mts de conducción.
- Q = Flujo en Galones por minuto.
- D = Diámetro interior del tubo en pulgadas.
- C = Coeficiente de fricción constante para PVC

Dentro de los criterios de diseño se considera que en tramos rectos sin accesorios y bien alineados, puede emplearse C = 160; en caso contrario, utilizar C = 150 o por el sistema de las longitudes equivalentes.

<sup>5</sup><http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/flujoentuberias/fricci%C3%B3n/fricci%C3%B3n.htm> Visitada el 14 de Enero de 2011

Se consideró para los cálculos hidráulicos, los diámetros reales de las tuberías de PVC, ya que el área de flujo efectiva en estas, es mayor que en otras tuberías de materiales convencionales.

La Ecuación de Hazen Williams, también se emplea con gran frecuencia en el sistema métrico, bajo las siguientes expresiones:

$$Q = 0.2785 \times CD^{2.63} \times J^{0.54} ; \quad V = 0.3547 \times CD^{0.63} \times J^{0.54}$$

De las cuales se tiene:

Q	=	Flujo en metros cúbicos por segundo.
C	=	Coeficiente de Fricción.
D	=	Diámetro del tubo en metros.
J	=	Pérdidas de carga en metros por metro de conducción
V	=	Velocidad en mts / seg.

## 1.6 CÁLCULOS HIDRÁULICOS EPANET 2.0.

### 1.6.1 Descripción

**EPANET 2.0.** Es un software de cálculo destinado a analizar el comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución de agua a presión.

Ha sido desarrollado por el Laboratorio Nacional de Investigación para la prevención de Riesgos (NRMRL) de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (USEPA). Como tal, es un Software de dominio público que puede copiarse y distribuirse libremente. La versión original inglesa, el manual del usuario completo, así como el código fuente y sus futuras actualizaciones, pueden encontrarse en la siguiente dirección:

[www.epa.gov/ORD/NRMRL/wswrd/epanet.html](http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/wswrd/epanet.html).

Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET permite seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, de la presión en los nudos de demanda, del nivel del agua en los depósitos, y de la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución durante un período prolongado de simulación. Además de las concentraciones, permite también determinar los tiempos de permanencia del agua en la red y su procedencia desde los distintos puntos de alimentación.

### 1.6.2 Características del modelo de cálculo hidráulico de EPANET 2.0.

- No existe límite en el tamaño de la red que se desea analizar.
- Calcula las pérdidas de energía por fricción en las conducciones mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning.
- Incluye pérdidas menores en elementos como codos, acoplamientos, etc.
- Modela bombas funcionando tanto a velocidad de giro constante como a velocidades de giro variables.

- Calcula la energía consumida y el coste de bombeo de las estaciones.
- Modela diferentes tipos de válvulas, incluyendo válvulas de regulación, válvulas de retención, válvulas de aislamiento, válvulas reductoras de presión, válvulas de control de caudal, etc.
- Permite el almacenamiento de agua en tanques que presenten cualquier geometría (sección del tanque variable con la altura del mismo).
- Posibilidad de establecer diferentes categorías de consumo en los nudos, cada una de ellas con su propia curva de modulación.
- Modela consumos dependientes de la presión que salen al exterior del sistema a través de emisores (rociadores, aspersores, fugas)<sup>6</sup>.

## 1.7 Uniones o Juntas Dresser

### 1.7.1 Definición

Las uniones o juntas tipo Dresser son elementos eficaces de unión para tuberías sin bridas, roscas o soldaduras, de gran eficacia y conveniencia ya que son reutilizables y permiten su uso en forma subterránea.

Según el tipo de unión, ésta puede permitir movimientos axiales y angulares. Las juntas tipo Dresser obtienen su estanqueidad mediante dos anillos de caucho que se comprimen dentro de sus respectivos alojamientos. Este es formado por el cilindro intermedio, las bridas deslizantes y los propios tubos de la línea a unir. Así se logra la compresión de los anillos de caucho a medida que los bulones realizan el ajuste.

**Foto N°1. Unión Dresser - Dresser de 14''**



**Fuente:** Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

<sup>6</sup> <http://www.instagua.upv.es/Epanet/> Visitada el 14 de Enero de 2011.



La confiabilidad y durabilidad conseguidas por este simple sistema permite su uso en tubos de una amplia variedad de materiales, tales como plástico, fundición, acero, fibrocemento, etc. Se fabrican bajo pedido en diámetro de hasta 4000 mm.

### **1.7.2 Tipos principales**

La junta de acoplamiento Tipo 38, de uso general, que permite movimientos angulares y axiales. Son de óptima aplicación en redes de agua potable, de riego o servida y también para gas, petróleo en campos de perforación o destilerías y en la industria naval.

El adaptador de brida Tipo 128, se basa en el mismo principio de sello. Aptos para instalaciones donde deben cambiarse con relativa frecuencia piezas del sistema (como válvulas, filtros, retenciones, etc.). Como ventajas sobresalientes en este tipo de instalaciones, podemos nombrar su fácil colocación, alineación de los equipos y juntas y, sobre todo, la compensación de variaciones de longitud y la eliminación de los momentos flexores. Este tipo de junta es utilizado como junta pasamuro ya que posee un extremo bridado<sup>7</sup>.

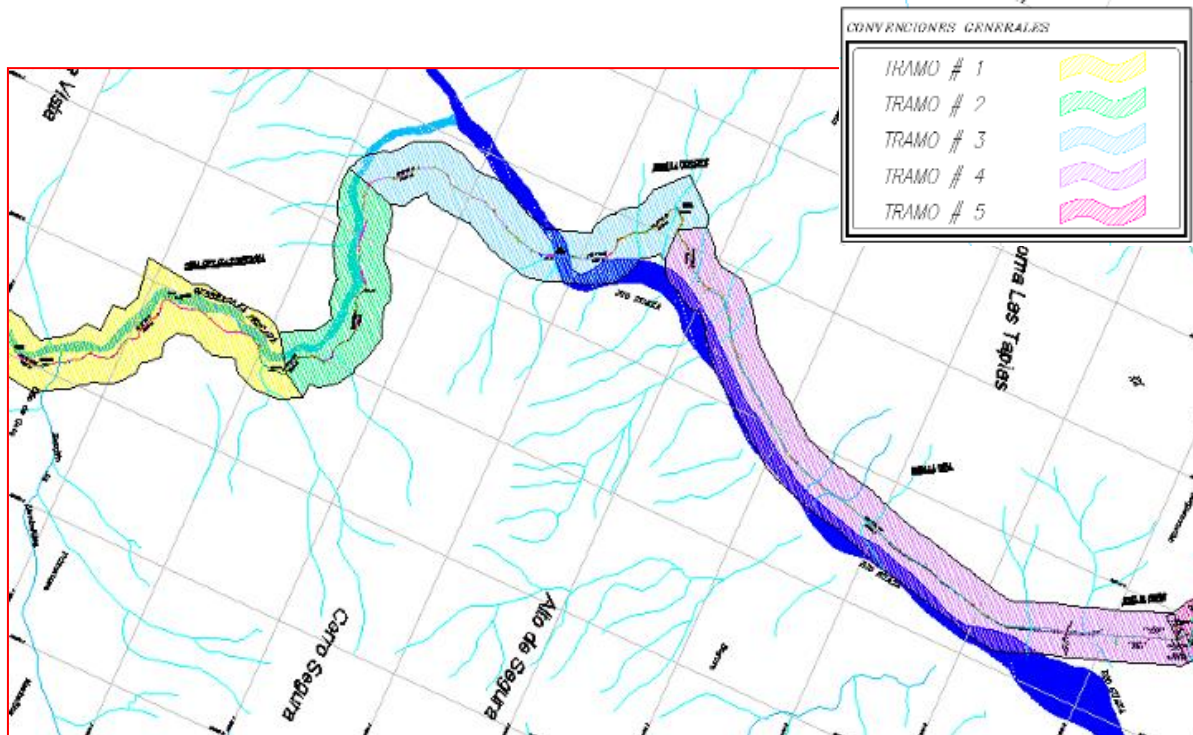
---

<sup>7</sup> <http://www.seymasrl.com.ar/producto/JUNTA01.htm> Visitada el 14 de Enero de 2011.



Esta Pasantía se desarrollo en el Tramo No 4 de la conducción principal de mencionado distrito de riego, empieza en la abscisa K3 + 820 en el punto ubicado en las coordenadas 818900.947 m E, 723285.951 m N y cota 867.75 m, exactamente después de un viaducto construido para atravesar un drenaje natural en la zona conocida como la variante, y finaliza en la abscisa K6 + 660 con coordenadas 819595.130 m E, 725762.791 m N, y cota 890.673 m en el punto mas alto de la conducción principal donde se ubica el tanque de almacenamiento del acueducto de la vereda Rancho Espinal.

**Figura N° 2. Zonas o Tramos en que se dividió el Proyecto**



Fuente: Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

## 2.2 DESARROLLO DE LA PASANTÍA

### 2.2.1 Recolección de información.

Para la adquisición de información se empleó documentación secundaria, la cual permitió sustraer la mayor cantidad de datos para la realización del trabajo, En este sentido las fuentes consultadas para este proyecto fueron:

- Información cartográfica IGAC
- Planos y Diseños iniciales del Proyecto “**Construcción Distrito de Riego Llano de la Virgen**” municipio de Altamira - departamento del Huila, presentado y aprobado por el Ministerio de Agricultura en su programa Agro Ingreso Seguro AIS en el año 2008.

- Información obtenida mediante la utilización de software Google Earth Pro.  
**Figura N°3. Imagen Satelital de la zona del proyecto**



**Fuente:** Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

### **2.2.2 Levantamiento Topográfico con GPS.**

Con base en la anterior información se llevaron a cabo visitas de campo en toda la zona de interés realizando el recorrido planteado en el trazo preliminar y efectuando la georreferenciación satelital por medio de un GPS.

El levantamiento topográfico involucró los diferentes accidentes físicos tenidos en cuenta para el diseño de la red y cambios en el trazado de la línea de conducción principal, con esto se ejecutó el cálculo hidráulico más viable desde el punto de vista técnico-económico teniendo en cuenta algunos tramos en donde ya se habían realizado la excavación y la instalación de la tubería.

### **2.2.3 Diseño Hidráulico Preliminar**

Con la información y datos obtenidos en el levantamiento topográfico con GPS se procedió realizar la evaluación hidráulica preliminar del Tramo número 4 de la conducción principal del Distrito de Riego Asollano de la Virgen mediante el programa de simulación y cálculo hidráulico EPANET 2.0, para esto, fue necesario realizar el diseño de toda la red de distribución teniendo en cuenta que en cada punto predial se debía entregar mínimo 30 PSI de presión para el correcto funcionamiento de la unidad de riego seleccionada en el proyecto.



#### **2.2.4 Levantamiento Topográfico con Estación Total TOPCON GTS 239W**

Con los resultados obtenidos a través del Diseño Hidráulico Preliminar se tiene una gran idea de los diámetros y cambios de RDE de la tubería en el tramo mencionado con anterioridad, pero teniendo en cuenta el margen de error presente en los levantamientos realizados con GPS y los continuos cambios topográficos durante toda la línea de conducción principal se procedió a realizar un levantamiento planimétrico y altimétrico con el objetivo de tener más certeza en la variabilidad topográfica de la zona en donde está ubicado el proyecto.

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

**Foto N° 2. Estación Total TOPCON GTS 239W**



**Fuente:** Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

Dentro de estos cambios de estación se realiza una constante verificación de coordenadas al moverse de lugar y tomando línea atrás, ya que por la clase de software la estación Total Electrónica así lo exige. Esto hace que el error que se presente sea mínimo comparado con el obtenido en el levantamiento topográfico con GPS.

### 2.2.5 Diseño Hidráulico Definitivo

Como ya se ha mencionado con anterioridad se utilizó el software EPANET Versión 2.0, el cual es una herramienta para cálculo y comportamiento hidráulico en sistemas de distribución de agua, entre otras aplicaciones. En estos momentos es uno de los paquetes informáticos más completos que existe en el campo de la simulación de sistemas hidráulicos, hecho que unido a su distribución libre y su fácil manejo hacen de este una herramienta ampliamente utilizada.

La metodología para el diseño de la red consistió en el montaje en el entorno gráfico del programa y posterior asignación de líneas de conducción bajo los criterios de diseño anteriormente mencionados; se realizó la simulación hidráulica teniendo en cuenta las zonas en donde la instalación y las excavaciones para la tubería ya se había efectuado, encontrando algunas variantes el trazo de la conducción. Se utilizó el cuadro hidráulico en el cual se implementa la metodología de Hazen – Williams, en donde se hallan las pérdidas unitarias y totales de cada tramo:

$$F = 0.2083 \left( \frac{100}{C} \right)^{1.85} * \frac{Q^{1.85}}{D^{4.866}}$$

Una Ecuación más Reducida:

$$F = 0.0985 * \frac{Q^{1.85}}{D^{4.866}}$$

Donde:

*F = Pérdida de Energía mt/100mt*

*Q = Caudal en GPM.*

*D = Diámetro interior en Pulgadas*

*C = Factor de Fricción Constante Hazen-Williams (PVC=150)*

### 2.2.6 Cálculos Estructurales

Teniendo en cuenta el Diseño Hidráulico definitivo se obtuvieron las presiones finales en cada uno de los puntos que conforman la línea de conducción principal y red de distribución del Distrito de Riego Llano de la Virgen; con los planos topográficos y perfiles del terreno producto del levantamiento planimétrico y altimétrico con estación total se identificaron los cambios de dirección tanto horizontales como verticales de la tubería midiendo la magnitud en grados de las curvas con el fin de realizar los cálculos estructurales de los apoyos a construir.

Los anclajes se diseñaron en concreto ciclópeo para algunos puntos críticos donde se ubican los codos, y las válvulas; sitios donde las presiones o esfuerzos generados deben ser absorbidos por estas estructuras para evitar daños en la tubería.

Estos cálculos se realizaron mediante el uso del programa CALCULO DE ANCLAJES SEGÚN NORMA NS-060 E.A.A.B. el cual es recomendado por PAVCO S.A y utiliza la siguiente metodología recomendada por Corcho<sup>8</sup>.

Para el cálculo de los anclajes es necesario determinar los esfuerzos a que está sometido el codo por la presión estática, y los debidos a la presión dinámica.

$$E = 2 \times pa \times A \times ( H + (V^2 /g)) \times \text{Sen} ( \Theta / 2 )$$

Siendo:

$E$  = Empuje (Tn)

$pa$  = Peso específico del agua (1000 Kg./m<sup>3</sup>)

$H$  = Altura de la Columna de Agua (m)

$A$  = Area de la sección del tubo (m<sup>2</sup>)

$\Theta$  = Angulo de la curva en Radianes

$V$  = Velocidad del agua (m/seg)

$g$  = Gravedad (9.8 m/seg<sup>2</sup>)

El dimensionamiento de los anclajes se realizó por tanteo, se fue modificando las dimensiones (largo L, ancho B y altura h) hasta encontrar un empuje mayor o igual al empuje hidrostático, de acuerdo a la ecuación de sentido del codo, ya sea horizontal, vertical inferior o vertical superior. A continuación se muestra el procedimiento utilizado para su diseño.

### 2.2.6.1 Codo en el sentido Horizontal (H):

El empuje en el caso de un codo horizontal es:

$$Eh = (\mu \times P) + (L \times h \times (\sigma/4))$$

Donde:

$Eh$  = Empuje horizontal

$P$  = Peso del anclaje (Ton)

$\mu$  = Coeficiente de fricción, depende de la textura del suelo , ver tabla N° 1.

$L$  = Longitud del anclaje (m)

$h$  = Altura del anclaje (m)

$\sigma$  = Esfuerzo admisible vertical o capacidad portante del suelo (Tn/m<sup>2</sup>), ver tabla N° 2.

Tabla 1. Coeficientes de Fricción Para diferentes Terrenos

Terreno	$\mu$
Arcilla húmeda	0.30
Arcilla Seca	0.35
Arena Arcillosa	0.40
Arena sin limo ni Arcilla	0.50
Grava	0.60

Fuente: Corcho, 1993

<sup>8</sup> CORCHO R, Freddy Hernán, Duque Serna José Ignacio. Acueductos Teoría y Diseño. 1993. Medellín.

**Tabla 2. Capacidad Portante del Suelo**

<b>Terreno</b>	<b><math>\sigma</math></b>
Arena suelta o arcilla blanda	$\leq 1$
Arena Fina Compacta	2
Arena Gruesa medianamente compacta	2
Arcilla Dura	4
Roca alterada	3-10
Roca inalterada	20

**Fuente:** Corcho, 1993

Se tuvieron en cuenta los estudios realizados durante la formulación del proyecto, la capacidad portante del suelo se determinó con base en datos de las características del suelo, aplicando ecuaciones experimentales.

Sin embargo para este estudio en particular se realizó por el método directo de Cono de penetración - Penetrómetro.

Como conclusión de estos estudios se tiene que el material se debe compactar por impacto, diseñar con **capacidad de soporte de 2.45 kg/cm<sup>2</sup>**. La cimentación se realiza en forma superficial, que es lo más conveniente por el tipo de suelo existente, por ser más económica y limpia la construcción.

Para calcular las dimensiones del anclaje se tiene:

$$P = \rho c \times h \times L \times B$$

*Donde:*

*P = Peso del anclaje (Ton)*

*$\rho c$  = Peso específico concreto ciclópeo (2,4 Tn/m<sup>3</sup>)*

*L = Longitud del anclaje (m)*

*B = Ancho del anclaje (m)*

*h = Altura del anclaje (m)*

#### **2.2.6.2 Curva Vertical Inferior (VI):**

En este caso también el dimensionamiento se realiza también por tanteo, donde  $E_{vi} \geq E$ .

$$E_{vi} = (L \times B \times \sigma) - P$$

*Donde:*

*E<sub>vi</sub> = Empuje vertical inferior (Ton)*

*L = Longitud del anclaje (m)*

*B = Ancho del anclaje (m)*

*$\sigma$  = Capacidad Portante del suelo (Ton/m<sup>2</sup>)*

*P = Peso del anclaje (Ton)*



### 2.2.6.3 Curva vertical Superior (VS)

Como mínimo se debe cumplir que:

$$Evs = P$$

Donde:

*Evs = Empuje vertical superior (Ton)*

*P = Peso del anclaje (Ton)*

Si  $Evs \geq E$ , entonces el dimensionamiento establecido es correcto, por el contrario si esta condición no se cumple entonces se debe calcular con otras dimensiones.

### 2.2.7 Apoyo en construcción de obra

Durante el transcurso de esta Pasantía se asumió la coordinación de una cuadrilla constituida por un (1) técnico instalador y seis (6) auxiliares aproximadamente dependiendo de las labores que se debían realizar.

De esta forma las actividades que se desarrollaron como Ingeniero coordinador fueron distribuir el personal en distintas tareas tales como excavaciones, perfilado y demolición de rocas de gran tamaño, transporte e instalación de tubería de 14" RDE 26, 21 y 13.5, construcción de anclajes y encofrados, tapado y compactación con material seleccionada para relleno.

Debido a que el proyecto en cuestión debe soportar presiones altas, la tubería seleccionada en la mayoría del tramo numero 4 fue 14" RDE 13,5, Esta es una tubería especializada que se debía instalar de una forma diferente mediante la utilización de uniones dresser y codos dresser- dresser los cuales están diseñados para resistir grandes presiones.

Teniendo en cuenta las recomendaciones hechas por el fabricante y el cuidado que se debe tener en la instalación de la tubería y accesorios presentes en ella, se hizo necesaria la presencia constante durante todas las actividades que se realizaron con el objetivo para garantizar un buen rendimiento del personal encargado.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON GPS:**

Para que el Diseño Hidráulico cumpla con los parámetros planteados en el proyecto, fue necesario realizar un levantamiento topográfico donde se involucro toda la línea de conducción teniendo en cuenta los diferentes accidentes físicos y los cambios o variantes realizados al trazo y diseño preliminar que fue presentado al ministerio de Agricultura en su programa Agro Ingreso Seguro AIS en el año 2008.

El levantamiento topográfico se hizo con ayuda de un GPS Garmin Etrex y se inicio en el sitio de Captación o Bocatoma con coordenadas 820072 m E, 721247 m N, y cota 1025.8 m, seguidamente se tomaron puntos separados cada 50 – 70 m. a través de toda la línea de conducción Principal pasando por lugares donde se encuentran obras hidráulicas importantes para el Distrito tales como Desarenador, pasos elevados, Encofrados y viaducto sobre el río Suaza.

El resultado de este levantamiento del Tramo numero 4 de la conducción principal del distrito de Riego Llano de la Virgen fue una longitud de 2968 m la cual empieza en la abscisa K3 + 205 en el punto ubicado en las coordenadas 818454 m E, 723561 m N, y cota 899.5 m exactamente después de un viaducto construido para atravesar un drenaje natural en la zona conocida como la variante, y finaliza en la abscisa K6 + 173 con coordenadas 819024 m E, 726111 m N, y cota 923.9 m en el punto más alto de la conducción principal donde se ubica el tanque de almacenamiento del acueducto veredal de Rancho Espinal.

En la Tabla N° 3 Se observa la cartera topográfica del levantamiento realizado al Tramo No 4 de la conducción principal del distrito de Riego.

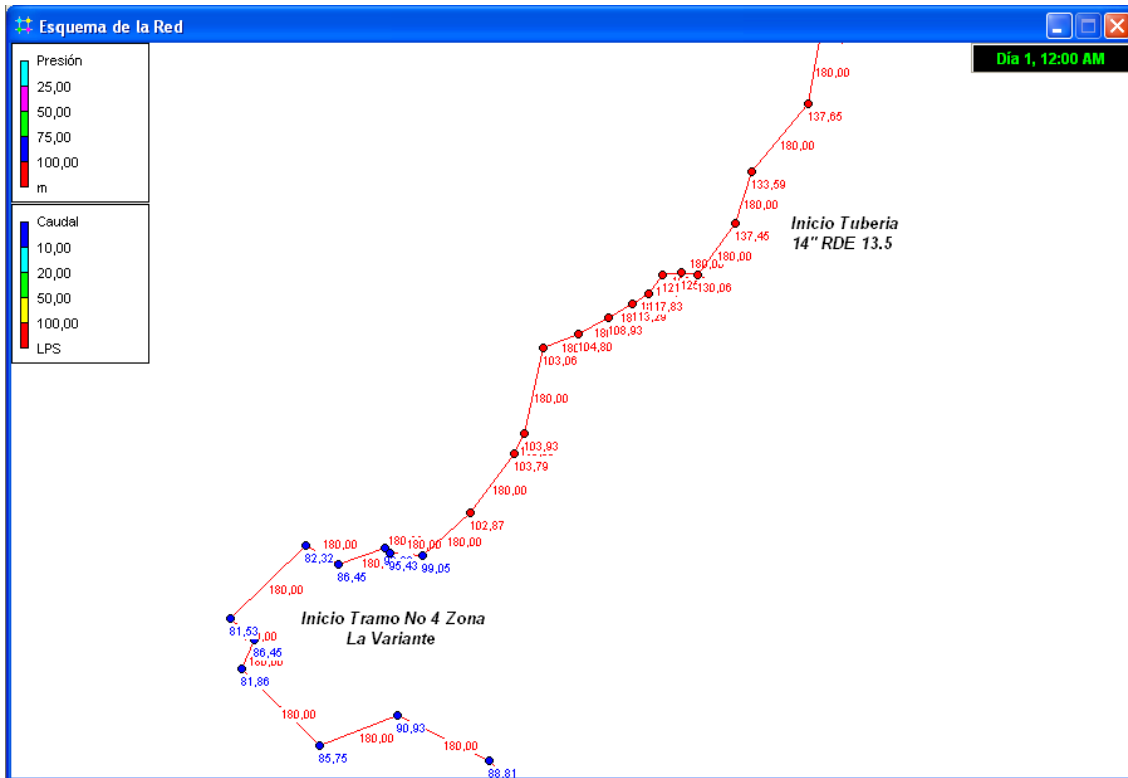
#### **3.2 DISEÑO HIDRÁULICO PRELIMINAR**

Para diseño de esta red de conducción y distribución se procedió al montaje de la cartera de campo obtenida ingresándola al entorno grafico del programa de simulación y cálculo hidráulico EPANET 2.0. Se asignaron las líneas de conducción, diámetros y RDE de las tuberías teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados.

**Tabla N° 3: Cartera Topográfica del Levantamiento con GPS del tramo No 4 de la conducción Principal del distrito de riego Llano de la Virgen.**

<b>Identificación</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Cota</b>	<b>Identificación</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Cota</b>
<b>Nudo</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>msnm</b>	<b>Nudo</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>msnm</b>
80	818454	723561	899,51	119	819178	724682	826,7
81	818482	723588	898,26	120	819214	724797	824,34
82	818494	723581	893,91	121	819241	724909	826,74
83	818511	723587	889,22	122	819253	725037	819,22
84	818513	723585	884,64	123	819262	725080	823,2
85	818525	723584	880,81	124	819274	725131	815,86
86	818543	723600	876,77	125	819289	725162	819,05
87	818559	723622	875,5	126	819308	725294	814,04
88	818563	723629	875,27	127	819325	725370	818,31
89	818570	723661	875,7	128	819289	725527	813,86
90	818583	723666	873,82	129	819254	725616	813,12
91	818594	723672	869,56	130	819212	725728	818,59
92	818603	723677	865,09	131	819170	725787	817,86
93	818609	723681	860,47	132	819156	725849	821,24
94	818614	723688	856,44	133	819153	725860	825,68
95	818621	723689	852,33	134	819146	725875	829,02
96	818627	723688	847,92	135	819137	725892	832,25
97	818641	723707	840,14	136	819126	725916	837,03
98	818647	723726	843,66	137	819117	725935	841,08
99	818668	723751	839,11	138	819115	725943	853,88
100	818673	723780	833,16	139	819107	725957	858,43
101	818676	723796	837,7	140	819105	725963	863,19
102	818673	723858	837,83	141	819100	725971	867,12
103	818684	723894	833,97	142	819098	725978	871,8
104	818743	723921	838,14	143	819098	725982	876,38
105	818790	723955	833,3	144	819098	725985	881,11
106	818821	723972	836,38	145	819094	725993	885,57
107	818858	724033	835,38	146	819091	725996	890,5
108	818910	724082	833,58	147	819087	726002	894,78
109	818922	724110	835,46	148	819087	726006	899,6
110	818944	724124	832,46	149	819084	726016	904,2
111	818976	724180	830,51	150	819080	726022	908,8
112	819002	724209	830,84	151	819073	726034	910,37
113	819025	724251	832,39	152	819068	726045	914,76
114	819037	724279	829,28	153	819065	726055	916,98
115	819117	724377	828,78	154	819061	726079	919,83
116	819145	724471	829,13	155	819049	726092	920,21
117	819166	724555	824,16	156	819024	726111	923,9
118	819171	724602	828,23				

**Figura N° 4. Imagen de Simulación Preliminar del Tramo No 4 de la Conducción Principal Distrito de Riego Llano de la Virgen, Zona la Variante.**



Fuente: Ramírez, 2010.

Realizado el análisis Hidráulico y teniendo en cuenta los parámetros de diseño, las tuberías a instalar en mencionado tramo serán:

**Tabla N°4: Longitudes y Tipos de Tubería Preliminares para el Tramo 4 de la Conducción Principal del distrito de Riego Llano de la Virgen.**

DESCRIPCION	LONGITUD (M)	TIPO UNION
PVC 14" RDE 32,5	31.4	Unión Platino
PVC 14" RDE 26	198,65	
PVC 14" RDE 21	150,16	
PVC 14" RDE 13.5	2587.7	Extremo Liso
<b>TOTAL</b>	<b>2967.9</b>	

Fuente: Ramírez, 2010.

Los resultados Hidráulicos obtenidos para el tramo numero 4 de la conducción principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen se pueden Observar en la Tabla N° 5.

**Tabla N° 5: Resultados del Análisis Hidráulico Preliminar del Tramo No 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen**

\*\*\*\*\*

\*  
 \* E P A N E T \*  
 \* Análisis Hidráulico y de Calidad \*  
 \* Para Redes de Distribución de Agua \*  
 \* Versión 2.0 \*  
 \*

\* Traducción: Grupo REDHISP,UPV Financ: Grupo Aguas de Valencia \*

\*\*\*\*\*

Fichero Input: Simulación Preliminar del Tramo 4 de la Red de Conducción  
 ASOLLANO.NET

Resultados en las Líneas:								Resultados en los Nudos:		
ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida	ID	Altura Piezometrica	Presión
Línea	Inicial	Final	m	mm	LPS	m/s	m/km	Nudo	m	m
80	80	81	38.9	328,26	180	2,13	11,81	80	981,04	81,53
81	81	82	13.89	328,26	180	2,13	16,08	81	980,58	82,32
82	82	83	1.8	328,26	180	2,13	14,56	82	980,36	86,45
83	83	84	28.28	328,26	180	2,13	9,45	83	980,10	90,88
84	84	85	12.04	328,26	180	2,13	17,10	84	980,07	95,43
85	85	86	24.08	328,26	180	2,13	9,44	85	979,86	99,05
86	86	87	27.2	328,26	180	2,13	12,83	86	979,64	102,87
87	87	88	8.06	321,76	180	2,21	10,41	87	979,29	103,79
88	88	89	32.76	321,76	180	2,21	13,46	88	979,20	103,93
89	89	90	13.93	321,76	180	2,21	10,41	89	978,76	103,06
90	90	91	12.53	321,76	180	2,21	10,41	90	978,62	104,80
91	91	92	10.3	321,76	180	2,21	10,41	91	978,49	108,93
92	92	93	7.21	321,76	180	2,21	10,41	92	978,38	113,29
93	93	94	8.6	321,76	180	2,21	22,02	93	978,30	117,83
94	94	95	7.07	321,76	180	2,21	10,41	94	978,11	121,67
95	95	96	6.08	321,76	180	2,21	10,41	95	978,04	125,71
96	96	97	23.6	314,24	180	2,32	16,33	96	977,98	130,06
97	97	98	19.92	314,24	180	2,32	17,19	97	977,59	137,45
98	98	99	32.65	314,24	180	2,32	15,04	98	977,25	133,59
99	99	100	29.43	314,24	180	2,32	11,68	99	976,76	137,65
100	100	101	16.28	314,24	180	2,32	18,43	100	976,41	143,25
101	101	102	62.07	314,24	180	2,32	13,45	101	976,11	138,41
102	102	103	37.64	314,24	180	2,32	14,60	102	975,28	137,45
103	103	104	64.85	314,24	180	2,32	11,68	103	974,73	140,76
104	104	105	58.01	314,24	180	2,32	11,68	104	973,97	135,83
105	105	106	35.36	314,24	180	2,32	14,79	105	973,29	139,99
106	106	107	71.34	314,24	180	2,32	13,22	106	972,77	136,39
107	107	108	71.45	314,24	180	2,32	13,22	107	971,83	136,45
108	108	109	30.46	314,24	180	2,32	15,29	108	970,88	137,30
109	109	110	26.08	314,24	180	2,32	15,89	109	970,42	134,96

Resultados en las Líneas:								Resultados en los Nudos:		
ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida	ID	Altura Piezometrica	Presión
Línea	Inicial	Final	m	mm	LPS	m/s	m/km	Nudo	m	m
110	110	111	64.5	314,24	180	2,32	11,68	110	970,00	137,54
111	111	112	38.95	314,24	180	2,32	11,68	111	969,25	138,74
112	112	113	47.89	314,24	180	2,32	11,68	112	968,80	137,96
113	113	114	30.46	314,24	180	2,32	11,68	113	968,24	135,85
114	114	115	126.51	314,24	180	2,32	12,55	114	967,88	138,60
115	115	116	98.08	314,24	180	2,32	11,68	115	966,29	137,51
116	116	117	86.59	314,24	180	2,32	12,95	116	965,15	136,02
117	117	118	47.27	314,24	180	2,32	11,68	117	964,03	139,87
118	118	119	80.31	314,24	180	2,32	13,05	118	963,47	135,24
119	119	120	120.5	314,24	180	2,32	11,68	119	962,43	135,73
120	120	121	115.21	314,24	180	2,32	11,68	120	961,02	136,68
121	121	122	128.56	314,24	180	2,32	12,54	121	959,67	132,93
122	122	123	43.93	314,24	180	2,32	11,68	122	958,06	138,84
123	123	124	52.39	314,24	180	2,32	11,68	123	957,55	134,35
124	124	125	34.44	314,24	180	2,32	14,87	124	956,94	141,08
125	125	126	133.36	314,24	180	2,32	11,68	125	956,42	137,37
126	126	127	77.88	314,24	180	2,32	13,09	126	954,87	140,83
127	127	128	161.07	314,24	180	2,32	11,68	127	953,85	135,54
128	128	129	95.63	314,24	180	2,32	11,68	128	951,96	138,10
129	129	130	119.62	314,24	177.98	2,29	11,44	129	950,85	137,73
130	130	131	72.42	314,24	177.98	2,29	12,92	130	949,48	130,89
131	131	132	63.56	314,24	177.98	2,29	11,44	131	948,54	130,68
132	132	133	11.4	314,24	177.98	2,29	11,44	132	947,82	126,58
133	133	134	16.55	314,24	177.98	2,29	11,44	133	947,68	122,00
134	134	135	19.24	314,24	177.98	2,29	11,44	134	947,50	118,48
135	135	136	26.4	314,24	177.98	2,29	11,44	135	947,28	115,03
136	136	137	21.02	314,24	177.98	2,29	11,44	136	946,97	109,94
137	137	138	8.25	314,24	177.98	2,29	11,44	137	946,73	105,65
138	138	139	16.12	314,24	177.98	2,29	11,44	138	946,64	92,76
139	139	140	6.32	314,24	177.98	2,29	11,44	139	946,45	88,02
140	140	141	9.43	314,24	177.98	2,29	11,44	140	946,38	83,19
141	141	142	7.28	314,24	177.98	2,29	11,44	141	946,27	79,15
142	142	143	4	314,24	177.98	2,29	11,44	142	946,19	74,39
143	143	144	3	314,24	177.98	2,29	11,46	143	946,14	69,76
144	144	145	8.94	314,24	177.98	2,29	11,44	144	946,11	65,00
145	145	146	4.24	314,24	177.98	2,29	11,44	145	946,01	60,44
146	146	147	7.21	314,24	177.98	2,29	11,44	146	945,96	55,46
147	147	148	4	321,78	177.98	2,19	10,18	147	945,88	51,10
148	148	149	10.44	321,76	177.98	2,19	10,20	148	945,84	46,24
149	149	150	7.21	321,76	177.98	2,19	10,20	149	945,73	41,53
150	150	151	13.89	321,76	177.98	2,19	10,19	150	945,66	36,86
151	151	152	12.08	321,76	177.98	2,19	10,20	151	945,51	35,14
152	152	153	10.44	328,26	177.98	2,10	9,24	152	945,39	30,63
153	153	154	24.33	328,26	177.98	2,10	9,25	153	945,30	28,32

Resultados en las Líneas:								Resultados en los Nudos:		
ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida	ID	Altura Piezometrica	Presión
Línea	Inicial	Final	m	mm	LPS	m/s	m/km	Nudo	m	m
154	154	155	17.69	328,26	177.98	2,10	9,25	154	945,07	25,24
155	155	156	31.40	333,76	177.98	2,03	11,21	155	944,91	24,70
								156	944,55	20,65

### 3.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL TOPCON GTS 239W

Se realizó un levantamiento planialtimétrico detallado donde se localizaron las tuberías instaladas, obras hidráulicas, viaductos, encofrados, anclajes, válvulas, etc.; el cual se convirtió en la base para la elaboración de los planos record definitivos del proyecto. En este se corroboraron cotas para verificar la correcta instalación de tuberías y así poder realizar las simulaciones hidráulicas definitivas.

**Fotos 3: Levantamiento Topográfico con Estación Electrónica TOPCON GTS 239W.**



**Fuente:** Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda.

Esta topografía definitiva se realizó con estación Total Electrónica TOPCON GTS 239W serial No. 294976 y dos prismas con sus respectivos bastones, con ellos se efectuó el Método de Poligonal Abierta, donde se realizaron cambios de estación con una distancia aproximada de 30 a 40 metros entre sí, las cuales varían dependiendo de las características del terreno, con unas coordenadas proporcionadas por un sistema de posicionamiento global GPS.

Dentro de estos cambios se desarrolló una constante verificación de coordenadas, al moverse de lugar y tomando línea atrás, ya que por la clase de software la estación Total Electrónica así lo exige.

Los cambios se dejaron marcados en el terreno con estaca punto y estaca testigo, cada una de las testigo tiene un número que coincide con los registrados en los planos, las cuales sirven para realizar verificaciones posteriores en caso de ser necesario.

El resultado de este levantamiento planialtimetrico del Tramo numero 4 de la conducción principal del distrito de Riego Llano de la Virgen fue una longitud de 2897 m la cual empieza en la abscisa K3 + 820 en el punto ubicado en las coordenadas 818900.947 m E, 723285.951 m N, y cota 867.175 m exactamente después de un viaducto construido para atravesar un drenaje natural en la zona conocida como la variante, y finaliza en la abscisa K6 + 660 con coordenadas 819595.130 m E, 725762.791 m N, y cota 890.673 m en el punto mas alto de la conducción principal donde se ubica el tanque de almacenamiento del acueducto veredal de Rancho Espinal.

### 3.3.1 Cartografía y planos

Se elaboró toda la cartografía y planos del proyecto siguiendo los lineamientos de los términos de referencia (AIS 2009), georeferenciados con coordenadas planas de Gauss, Datum: Observatorio Astronómico de Bogotá, impresos a color.

En la Tabla 8 se presenta el listado de planos del proyecto.

**Tabla N° 6: Lista de Planos**

PLANO	ESCALA	No. De Planos
Localización General Del Proyecto áreas Del Proyecto	1:10000	1
Planta General Red De Conducción Y Distribución	1:5000	2
Planta General del Tramo Numero 4 de la Conducción Principal	Indicada en plano	1
Detalles Constructivos Obras Presentes en el Tramo Numero 4 de la Conducción Principal	Indicada en plano	2

**Fuente:** Ramírez, 2010.

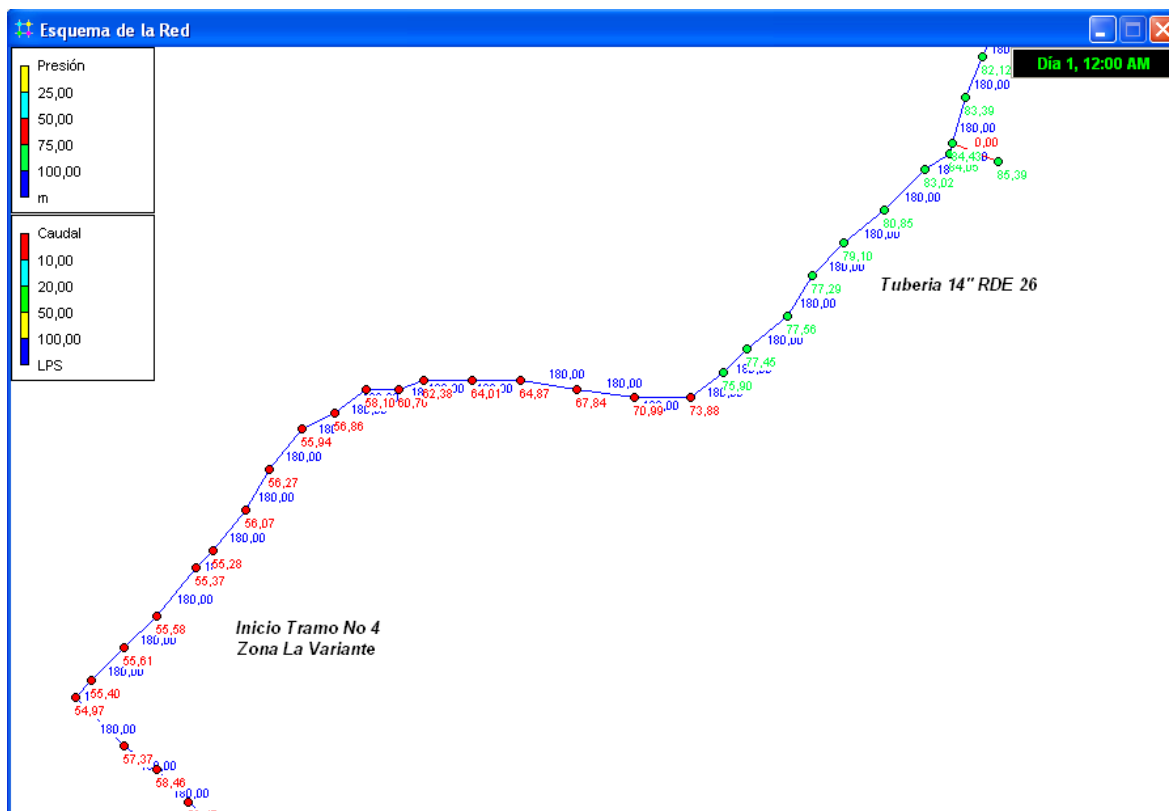
### 3.4 DISEÑO HIDRÁULICO DEFINITIVO

Utilizando la metodología anteriormente mencionada se realizó el montaje de la cartera obtenida en el levantamiento planialtimetrico con Estación Total Electrónica en el software EPANET 2.0. Allí se asignaron las líneas de conducción y diámetros internos en mm de las tuberías dependiendo del RDE seleccionado en determinada Zona teniendo en cuenta que cada usuario debe contar en su Cajilla Toma predial con mínimo 30 PSI correspondientes a 21 MCA y que la Velocidad permisible en tuberías PVC debe estar entre 1 m/seg. y 2.5 m/seg.

Los resultados Hidráulicos obtenidos para el tramo No 4 de la conducción principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen se observan en la Tabla N° 8.



**Figura N° 5. Imagen de Simulación Definitiva del Tramo No 4 de la Conducción Principal Distrito de Riego Llano de la Virgen, Zona la Variante.**



Fuente: Ramírez, 2010.

De igual forma este análisis hidráulico permitió conocer las longitudes totales de las diferentes tuberías a instalar en la red de conducción y distribución del Distrito de Riego Llano de la Virgen, las cuales se describen en las Tablas N° 7, N° 9 y N° 10.

**Tabla N° 7: Longitudes y Tipos de Tuberías Definitivos para el Tramo 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen.**

DESCRIPCION	LONGITUD (M)	TIPO UNION
PVC 14" RDE 32,5	44.22	Unión Platino
PVC 14" RDE 26	217.46	
PVC 14" RDE 21	127.12	
PVC 14" RDE 13.5	2508,75	Extremo Liso
<b>TOTAL</b>	<b>2897.6</b>	

Fuente: Ramírez, 2010.

**Tabla N° 8: Resultados del Análisis Hidráulico Definitivo del Tramo No 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen**

\*\*\*\*\*

\*  
\* E P A N E T \*  
\* Análisis Hidráulico y de Calidad \*  
\* Para Redes de Distribución de Agua \*  
\* Versión 2.0 \*  
\*

\* Traducción: Grupo REDHISP,UPV Financ: Grupo Aguas de Valencia \*

\*\*\*\*\*

Fichero Input: Simulación Definitiva del Tramo 4 de la Red de Conducción  
ASOLLANO.NET

Resultados en las Líneas:								Resultados en los Nudos:		
ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida	ID	Altura Piezométrica	Presión
Línea	Inicial	Final	m	mm	LPS	m/s	m/km	Nudo	m	m
P1845	N1839	N1840	6.4	328.26	180	2.13	9.44	N1839	941.81	55.28
P1846	N1840	N1841	5.63	328.26	180	2.13	9.45	N1840	941.75	56.07
P1847	N1841	N1842	6.02	328.26	180	2.13	24.75	N1841	941.7	56.27
P1848	N1842	N1843	4.51	328.26	180	2.13	9.45	N1842	941.55	55.94
P1849	N1843	N1844	5.49	328.26	180	2.13	26.23	N1843	941.51	56.86
P1850	N1844	N1845	3.96	328.26	180	2.13	9.45	N1844	941.36	58.1
P1851	N1845	N1846	2.95	328.26	180	2.13	40.69	N1845	941.32	60.76
P1852	N1846	N1847	6.07	328.26	180	2.13	9.44	N1846	941.2	62.38
P1853	N1847	N1848	5.31	328.26	180	2.13	26.81	N1847	941.15	64.01
P1854	N1848	N1849	7.08	328.26	180	2.13	9.44	N1848	941.01	64.87
P1855	N1849	N1850	7.55	328.26	180	2.13	9.44	N1849	940.94	67.84
P1856	N1850	N1851	6.83	328.26	180	2.13	22.95	N1850	940.87	70.99
P1857	N1851	N1852	5.31	328.26	180	2.13	9.45	N1851	940.71	73.88
P1858	N1852	N1853	4.57	328.26	180	2.13	29.62	N1852	940.66	75.9
P1859	N1853	N1854	6.05	328.26	180	2.13	9.43	N1853	940.52	77.45
P1860	N1854	N1855	5.72	328.26	180	2.13	25.56	N1854	940.47	77.56
P1861	N1855	N1856	5.52	328.26	180	2.13	9.45	N1855	940.32	77.29
P1862	N1856	N1857	6.09	328.26	180	2.13	9.43	N1856	940.27	79.1
P1863	N1857	N1858	6.84	328.26	180	2.13	9.45	N1857	940.21	80.85
P1864	N1858	N1859	3.61	328.26	180	2.13	9.44	N1858	940.15	83.02
P1865	N1859	N1860	1.42	328.26	180	2.13	9.43	N1859	940.11	84.05
P1866	N1860	N1861	5.86	328.26	180	2.13	9.45	N1860	940.1	84.43
P1867	N1861	N1862	5.7	328.26	180	2.13	9.44	N1861	940.04	83.39
P1868	N1862	N1863	4.29	328.26	180	2.13	30.93	N1862	939.99	82.12
P1869	N1863	N1864	6.18	328.26	180	2.13	9.45	N1863	939.86	80.37
P1870	N1864	N1865	5.42	328.26	180	2.13	26.44	N1864	939.8	79.3
P1871	N1865	N1866	6.91	328.26	180	2.13	9.44	N1865	939.66	78.51
P1872	N1866	N1867	7.92	328.26	180	2.13	9.44	N1866	939.59	77.21
P1873	N1867	N1868	1.41	328.26	180	2.13	74.84	N1867	939.52	78.21
P1874	N1868	N1869	5.66	328.26	180	2.13	9.44	N1868	939.41	77.53
P1875	N1869	N1775	2.71	328.26	180	2.13	9.45	N1869	939.36	78.66
P1781	N1775	N1776	5.17	321.76	180	2.21	10.42	N1775	939.33	79.44
P1782	N1776	N1777	3.15	321.76	180	2.21	42.1	N1776	939.28	81.27
P1783	N1777	N1778	6.76	321.76	180	2.21	10.41	N1777	939.15	82.26
P1784	N1778	N1779	6.75	321.76	180	2.21	10.41	N1778	939.07	84.35
P1785	N1779	N1780	5.42	321.76	180	2.21	10.41	N1779	939	88.05
P1786	N1780	N1781	9.09	321.76	180	2.21	21.4	N1780	938.95	90.71
P1787	N1781	N1782	6.69	321.76	180	2.21	10.41	N1781	938.75	93.98

Resultados en las Líneas:								Resultados en los Nudos:		
ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida	ID	Altura Piezométrica	Presión
Línea	Inicial	Final	m	mm	LPS	m/s	m/km	Nudo	m	m
P1788	N1782	N1783	5.65	321.76	180	2.21	28.08	N1782	938.68	96.62
P1789	N1783	N1533	4.71	321.76	180	2.21	31.61	N1783	938.53	99.43
P1539	N1533	N1534	3.2	314.24	180	2.32	11.67	N1533	938.38	103.64
P1540	N1534	N1535	2.86	314.24	180	2.32	50.06	N1534	938.34	107.22
P1541	N1535	N1536	3.97	314.24	180	2.32	11.68	N1535	938.2	110.49
P1542	N1536	N1537	4.47	314.24	180	2.32	36.24	N1536	938.15	114.86
P1543	N1537	N1538	8.54	314.24	180	2.32	11.68	N1537	937.99	120.53
P1544	N1538	N1539	7.55	314.24	180	2.32	11.68	N1538	937.89	122.27
P1545	N1539	N1540	8.55	314.24	180	2.32	11.68	N1539	937.8	123.41
P1546	N1540	N1541	7.28	314.24	180	2.32	11.68	N1540	937.7	123.9
P1547	N1541	N1542	7.33	314.24	180	2.32	11.68	N1541	937.61	125.05
P1548	N1542	N1543	6.04	314.24	180	2.32	29.85	N1542	937.53	126.21
P1549	N1543	N1544	10.5	314.24	180	2.32	11.68	N1543	937.35	127.1
P1550	N1544	N1545	6.08	314.24	180	2.32	11.69	N1544	937.23	128.13
P1551	N1545	N1546	10.6	314.24	180	2.32	11.68	N1545	937.15	128.55
P1552	N1546	N1547	16.17	314.24	180	2.32	18.47	N1546	937.03	129.03
P1553	N1547	N1548	9.42	314.24	180	2.32	11.68	N1547	936.73	130.76
P1554	N1548	N1549	8.39	314.24	180	2.32	11.68	N1548	936.62	130.67
P1555	N1549	N1550	4.3	314.24	180	2.32	11.68	N1549	936.52	131.34
P1556	N1550	N1551	11.78	314.24	180	2.32	11.68	N1550	936.47	130.08
P1557	N1551	N1552	12.87	314.24	180	2.32	11.69	N1551	936.34	129.51
P1558	N1552	N1553	11.03	314.24	180	2.32	11.68	N1552	936.19	129.07
P1559	N1553	N1554	12.24	314.24	180	2.32	11.68	N1553	936.06	129.09
P1560	N1554	N1555	7.06	314.24	180	2.32	27.23	N1554	935.91	129.09
P1561	N1555	N1556	4.2	314.24	180	2.32	37.81	N1555	935.72	129.08
P1562	N1556	N1557	8.63	314.24	180	2.32	11.68	N1556	935.56	128.98
P1563	N1557	N1558	9.61	314.24	180	2.32	11.68	N1557	935.46	129.44
P1564	N1558	N1559	10.21	314.24	180	2.32	11.68	N1558	935.35	129.55
P1565	N1559	N1560	11.53	314.24	180	2.32	11.68	N1559	935.23	129.58
P1566	N1560	N1561	11.35	314.24	180	2.32	11.68	N1560	935.1	130.01
P1567	N1561	N1562	13.94	314.24	180	2.32	11.69	N1561	934.96	129.98
P1568	N1562	N1563	8.49	314.24	180	2.32	24.6	N1562	934.8	130.03
P1569	N1563	N1564	5.66	314.24	180	2.32	11.69	N1563	934.59	129.93
P1570	N1564	N1565	9.16	314.24	180	2.32	11.68	N1564	934.53	130.19
P1571	N1565	N1566	5.45	314.24	180	2.32	11.69	N1565	934.42	130.6
P1572	N1566	N1567	7.09	314.24	180	2.32	11.68	N1566	934.35	130.61
P1573	N1567	N1568	14.88	314.24	180	2.32	19.05	N1567	934.27	130.75
P1574	N1568	N1569	15.88	314.24	180	2.32	11.68	N1568	933.99	130.32
P1575	N1569	N1570	14.06	314.24	180	2.32	11.69	N1569	933.8	129.83
P1576	N1570	N1571	16.17	314.24	180	2.32	11.68	N1570	933.64	129.23
P1577	N1571	N1572	11.43	314.24	180	2.32	11.68	N1571	933.45	130.13
P1578	N1572	N1573	7.54	314.24	180	2.32	11.69	N1572	933.32	130.59
P1579	N1573	N1574	4.59	314.24	180	2.32	35.59	N1573	933.23	130.29
P1580	N1574	N1575	10.97	314.24	180	2.32	11.69	N1574	933.07	130.38
P1581	N1575	N1576	6.96	314.24	180	2.32	11.68	N1575	932.94	130.44
P1582	N1576	N1577	6.24	314.24	180	2.32	29.28	N1576	932.86	129.87
P1583	N1577	N1578	7.95	314.24	180	2.32	11.68	N1577	932.67	129.01
P1584	N1578	N1579	10.53	314.24	180	2.32	11.68	N1578	932.58	128.49
P1585	N1579	N1580	7.93	314.24	180	2.32	11.68	N1579	932.46	128.46
P1586	N1580	N1581	7.18	314.24	180	2.32	11.68	N1580	932.36	128.27

Resultados en las Líneas:								Resultados en los Nudos:		
ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida	ID	Altura Piezométrica	Presión
Línea	Inicial	Final	m	mm	LPS	m/s	m/km	Nudo	m	m
P1587	N1581	N1582	6.33	314.24	180	2.32	11.69	N1581	932.28	129.93
P1588	N1582	N1583	4.35	314.24	180	2.32	36.9	N1582	932.21	128.35
P1589	N1583	N1584	8.4	314.24	180	2.32	11.68	N1583	932.05	128.01
P1590	N1584	N1585	6.06	314.24	180	2.32	11.68	N1584	931.95	128.5
P1591	N1585	N1586	13.71	314.24	180	2.32	11.69	N1585	931.88	128.15
P1592	N1586	N1587	9.48	314.24	180	2.32	11.68	N1586	931.72	128.27
P1593	N1587	N1588	12.97	314.24	180	2.32	11.68	N1587	931.61	128.93
P1594	N1588	N1589	13.52	314.24	180	2.32	11.68	N1588	931.45	128.75
P1595	N1589	N1590	11.2	314.24	180	2.32	11.69	N1589	931.3	128.75
P1596	N1590	N1591	14.34	314.24	180	2.32	11.68	N1590	931.17	130.01
P1597	N1591	N1592	18.21	314.24	180	2.32	17.71	N1591	931	130.23
P1598	N1592	N1593	17.46	314.24	180	2.32	11.68	N1592	930.68	130.09
P1599	N1593	N1594	19.19	314.24	180	2.32	11.68	N1593	930.47	129.89
P1600	N1594	N1595	15.88	314.24	180	2.32	11.68	N1594	930.25	129.92
P1601	N1595	N1596	19.84	314.24	180	2.32	11.68	N1595	930.06	130.1
P1602	N1596	N1597	15.73	314.24	180	2.32	11.68	N1596	929.83	129.88
P1603	N1597	N1598	15.97	314.24	180	2.32	11.68	N1597	929.65	130.2
P1604	N1598	N1599	11.88	314.24	180	2.32	11.68	N1598	929.46	129.98
P1605	N1599	N1600	5.28	314.24	180	2.32	11.68	N1599	929.32	129.99
P1606	N1600	N1601	8.37	314.24	180	2.32	11.68	N1600	929.26	131
P1607	N1601	N1602	11.88	314.24	180	2.32	11.68	N1601	929.16	129.99
P1608	N1602	N1603	26.48	314.24	180	2.32	11.68	N1602	929.02	130.65
P1609	N1603	N1604	10.56	314.24	180	2.32	11.68	N1603	928.71	130.19
P1610	N1604	N1605	7.51	314.24	180	2.32	11.68	N1604	928.59	130.33
P1611	N1605	N1606	14.43	314.24	180	2.32	11.69	N1605	928.5	129.76
P1612	N1606	N1607	12.66	314.24	180	2.32	11.68	N1606	928.33	129.57
P1613	N1607	N1608	11.28	314.24	180	2.32	11.68	N1607	928.19	129.87
P1614	N1608	N1609	9.67	314.24	180	2.32	11.68	N1608	928.05	129.73
P1615	N1609	N1610	11.65	314.24	180	2.32	11.68	N1609	927.94	130.42
P1616	N1610	N1611	12.35	314.24	180	2.32	20.57	N1610	927.81	130.55
P1617	N1611	N1612	11.4	314.24	180	2.32	11.68	N1611	927.55	129.98
P1618	N1612	N1613	15	314.24	180	2.32	11.68	N1612	927.42	129.76
P1619	N1613	N1614	11.19	314.24	180	2.32	11.68	N1613	927.24	129.88
P1620	N1614	N1615	5.36	314.24	180	2.32	32.15	N1614	927.11	129.87
P1621	N1615	N1616	8.98	314.24	180	2.32	11.68	N1615	926.94	129.55
P1622	N1616	N1617	16.52	314.24	180	2.32	11.68	N1616	926.83	129.85
P1623	N1617	N1618	7.86	314.24	180	2.32	25.65	N1617	926.64	129.68
P1624	N1618	N1619	4.17	314.24	180	2.32	11.69	N1618	926.44	129.68
P1625	N1619	N1620	10.85	314.24	180	2.32	11.68	N1619	926.39	129.2
P1626	N1620	N1621	2.05	314.24	180	2.32	65.23	N1620	926.26	128.2
P1627	N1621	N1622	6.13	314.24	180	2.32	11.68	N1621	926.13	128.06
P1628	N1622	N1623	13.14	314.24	180	2.32	11.68	N1622	926.06	127.83
P1629	N1623	N1624	8.64	314.24	180	2.32	11.68	N1623	925.91	127.7
P1630	N1624	N1625	10.67	314.24	180	2.32	11.68	N1624	925.81	127.21
P1631	N1625	N1626	10.17	314.24	180	2.32	11.69	N1625	925.68	127.58
P1632	N1626	N1627	8.98	314.24	180	2.32	11.68	N1626	925.56	127.32
P1633	N1627	N1628	10.09	314.24	180	2.32	11.68	N1627	925.46	127.17
P1634	N1628	N1629	10.27	314.24	180	2.32	11.69	N1628	925.34	127.03
P1635	N1629	N1630	13.2	314.24	180	2.32	20	N1629	925.22	127.19
P1636	N1630	N1631	14.78	314.24	180	2.32	11.68	N1630	924.95	127.19

Resultados en las Líneas:								Resultados en los Nudos:		
ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida	ID	Altura Piezométrica	Presión
Línea	Inicial	Final	m	mm	LPS	m/s	m/km	Nudo	m	m
P1637	N1631	N1632	6.65	314.24	180	2.32	28.19	N1631	924.78	126.65
P1638	N1632	N1633	10.18	314.24	180	2.32	11.68	N1632	924.59	126.17
P1639	N1633	N1634	8.25	314.24	180	2.32	24.99	N1633	924.48	125.19
P1640	N1634	N1635	2.24	314.24	180	2.32	11.69	N1634	924.27	126.82
P1641	N1635	N1636	10.19	314.24	180	2.32	11.68	N1635	924.24	126.94
P1642	N1636	N1637	9.82	314.24	180	2.32	11.68	N1636	924.12	126.59
P1643	N1637	N1638	13.62	314.24	180	2.32	11.68	N1637	924.01	126.62
P1644	N1638	N1639	11.2	314.24	180	2.32	11.68	N1638	923.85	126.71
P1645	N1639	N1640	9.94	314.24	180	2.32	11.69	N1639	923.72	126.6
P1646	N1640	N1641	11.5	314.24	180	2.32	11.68	N1640	923.6	126.74
P1647	N1641	N1642	14.11	314.24	180	2.32	11.68	N1641	923.47	127.47
P1648	N1642	N1643	13.02	314.24	180	2.32	11.68	N1642	923.3	126.94
P1649	N1643	N1644	7.28	314.24	180	2.32	11.68	N1643	923.15	126.58
P1650	N1644	N1645	8.54	314.24	180	2.32	11.68	N1644	923.07	126.5
P1651	N1645	N1646	12.77	314.24	180	2.32	20.27	N1645	922.97	127
P1652	N1646	N1647	1.8	314.24	180	2.32	11.7	N1646	922.71	126.79
P1653	N1647	N1648	9.06	314.24	180	2.32	11.68	N1647	922.69	126.71
P1654	N1648	N1649	7.8	314.24	180	2.32	11.69	N1648	922.58	126.15
P1655	N1649	N1650	4.99	314.24	180	2.32	33.67	N1649	922.49	125.58
P1656	N1650	N1651	7.72	314.24	180	2.32	11.68	N1650	922.32	125.06
P1657	N1651	N1652	8.17	314.24	180	2.32	25.11	N1651	922.23	124.75
P1658	N1652	N1653	8.25	314.24	180	2.32	11.68	N1652	922.03	124.23
P1659	N1653	N1654	15.86	314.24	180	2.32	11.68	N1653	921.93	123.75
P1660	N1654	N1655	14.2	314.24	180	2.32	11.68	N1654	921.75	123.36
P1661	N1655	N1656	8.94	314.24	180	2.32	11.69	N1655	921.58	122.95
P1662	N1656	N1657	10.85	314.24	180	2.32	11.68	N1656	921.48	122.98
P1663	N1657	N1658	11.73	314.24	180	2.32	21.04	N1657	921.35	123.24
P1664	N1658	N1659	11.66	314.24	180	2.32	11.69	N1658	921.1	122.87
P1665	N1659	N1660	9.83	314.24	180	2.32	11.68	N1659	920.97	122.84
P1666	N1660	N1661	12.09	314.24	180	2.32	11.68	N1660	920.85	122.62
P1667	N1661	N1662	13.65	314.24	180	2.32	11.68	N1661	920.71	122.71
P1668	N1662	N1663	12.67	314.24	180	2.32	11.68	N1662	920.55	122.72
P1669	N1663	N1664	12.32	314.24	180	2.32	11.68	N1663	920.4	122.81
P1670	N1664	N1665	14.3	314.24	180	2.32	11.68	N1664	920.26	122.77
P1671	N1665	N1666	11.95	314.24	180	2.32	11.68	N1665	920.09	122.92
P1672	N1666	N1667	11.79	314.24	180	2.32	11.68	N1666	919.95	122.96
P1673	N1667	N1668	9.28	314.24	180	2.32	11.68	N1667	919.81	122.87
P1674	N1668	N1669	6.81	314.24	180	2.32	11.69	N1668	919.71	123.05
P1675	N1669	N1670	12.21	314.24	180	2.32	11.68	N1669	919.63	123.41
P1676	N1670	N1671	13.59	314.24	180	2.32	11.69	N1670	919.48	123.1
P1677	N1671	N1672	10.49	314.24	180	2.32	11.68	N1671	919.32	123.08
P1678	N1672	N1673	9.79	314.24	180	2.32	11.68	N1672	919.2	122.97
P1679	N1673	N1674	12.43	314.24	180	2.32	11.69	N1673	919.09	124.61
P1680	N1674	N1675	11.1	314.24	180	2.32	11.68	N1674	918.94	123.32
P1681	N1675	N1676	21.57	314.24	180	2.32	11.68	N1675	918.81	123.39
P1682	N1676	N1677	16.89	314.24	180	2.32	11.68	N1676	918.56	123.69
P1683	N1677	N1678	16.56	314.24	180	2.32	11.68	N1677	918.36	124.06
P1684	N1678	N1679	17.41	314.24	180	2.32	17.99	N1678	918.17	125.02
P1685	N1679	N1680	7.98	314.24	180	2.32	11.67	N1679	917.86	125.45
P1686	N1680	N1681	8.37	314.24	180	2.32	11.68	N1680	917.76	125.45

Resultados en las Líneas:								Resultados en los Nudos:		
ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida	ID	Altura Piezométrica	Presión
Línea	Inicial	Final	m	mm	LPS	m/s	m/km	Nudo	m	m
P1687	N1681	N1682	9.65	314.24	180	2.32	11.68	N1681	917.67	125.46
P1688	N1682	N1683	9.94	314.24	180	2.32	11.69	N1682	917.55	125.6
P1689	N1683	N1684	6.34	314.24	180	2.32	28.99	N1683	917.44	125.61
P1690	N1684	N1685	8.69	314.24	180	2.32	11.68	N1684	917.25	125.45
P1691	N1685	N1686	9.06	314.24	180	2.32	23.79	N1685	917.15	125.69
P1692	N1686	N1687	14.88	314.24	180	2.32	11.68	N1686	916.94	127.15
P1693	N1687	N1688	10.88	314.24	180	2.32	11.68	N1687	916.76	127.42
P1694	N1688	N1689	8.32	314.24	180	2.32	11.68	N1688	916.64	127.64
P1695	N1689	N1690	14.22	314.24	180	2.32	11.69	N1689	916.54	127.76
P1696	N1690	N1691	10.17	314.24	180	2.32	11.68	N1690	916.37	127.78
P1697	N1691	N1692	9.85	314.24	180	2.32	11.69	N1691	916.25	127.67
P1698	N1692	N1693	14.74	314.24	180	2.32	11.68	N1692	916.14	127.56
P1699	N1693	N1694	17.32	314.24	180	2.32	11.68	N1693	915.97	127.4
P1700	N1694	N1695	12.4	314.24	180	2.32	11.68	N1694	915.76	127.26
P1701	N1695	N1696	12.91	314.24	180	2.32	11.68	N1695	915.62	126.83
P1702	N1696	N1697	14.4	314.24	180	2.32	19.3	N1696	915.47	126.91
P1703	N1697	N1698	11	314.24	180	2.32	11.68	N1697	915.19	126.82
P1704	N1698	N1699	15.99	314.24	180	2.32	11.68	N1698	915.06	126.8
P1705	N1699	N1700	12.76	314.24	180	2.32	11.68	N1699	914.87	126.73
P1706	N1700	N1701	11.76	314.24	180	2.32	21.01	N1700	914.73	126.55
P1707	N1701	N1702	16.99	314.24	180	2.32	11.69	N1701	914.48	126.47
P1708	N1702	N1703	8.88	314.24	180	2.32	11.68	N1702	914.28	128.2
P1709	N1703	N1704	11.46	314.24	180	2.32	11.68	N1703	914.18	126.97
P1710	N1704	N1705	9.83	314.24	180	2.32	22.85	N1704	914.04	126.99
P1711	N1705	N1706	7.34	314.24	180	2.32	11.68	N1705	913.82	126.51
P1712	N1706	N1707	11.62	314.24	180	2.32	11.68	N1706	913.73	126.36
P1713	N1707	N1708	11.98	314.24	180	2.32	11.68	N1707	913.6	126.96
P1714	N1708	N1709	9	314.24	180	2.32	11.68	N1708	913.46	126.57
P1715	N1709	N1710	10.76	314.24	180	2.32	11.68	N1709	913.35	126.3
P1716	N1710	N1711	7.68	314.24	180	2.32	25.98	N1710	913.23	125.96
P1717	N1711	N1712	7.09	314.24	180	2.32	11.68	N1711	913.03	125.65
P1718	N1712	N1713	10.51	314.24	180	2.32	11.68	N1712	912.94	125.83
P1719	N1713	N1714	10.07	314.24	180	2.32	11.68	N1713	912.82	125.61
P1720	N1714	N1715	9.85	314.24	180	2.32	11.69	N1714	912.7	125.22
P1721	N1715	N1716	6.86	314.24	180	2.32	11.68	N1715	912.59	124.96
P1722	N1716	N1717	3.3	314.24	180	2.32	44.94	N1716	912.51	124.78
P1723	N1717	N1718	14.31	314.24	180	2.32	11.68	N1717	912.36	124.67
P1724	N1718	N1719	11.81	314.24	180	2.32	11.68	N1718	912.19	125.27
P1725	N1719	N1720	9.49	314.24	180	2.32	11.68	N1719	912.05	124.82
P1726	N1720	N1721	15.81	314.24	180	2.32	11.68	N1720	911.94	124.65
P1727	N1721	N1722	16.19	314.24	180	2.32	11.68	N1721	911.76	124.54
P1728	N1722	N1723	13.6	314.24	180	2.32	11.68	N1722	911.57	124.32
P1729	N1723	N1724	5.11	314.24	180	2.32	11.69	N1723	911.41	124.31
P1730	N1724	N1725	15.73	314.24	180	2.32	11.68	N1724	911.35	124.06
P1731	N1725	N1726	18.27	314.24	180	2.32	11.68	N1725	911.17	123.94
P1732	N1726	N1727	19.81	314.24	180	2.32	11.68	N1726	910.95	123.6
P1733	N1727	N1728	14.29	314.24	180	2.32	11.68	N1727	910.72	123.39
P1734	N1728	N1729	18.03	314.24	180	2.32	11.68	N1728	910.56	123.51
P1735	N1729	N1730	7.26	314.24	180	2.32	11.67	N1729	910.34	123.41
P1736	N1730	N1731	2.72	314.24	180	2.32	11.68	N1730	910.26	123.31

Resultados en las Líneas:								Resultados en los Nudos:		
ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida	ID	Altura Piezométrica	Presión
Línea	Inicial	Final	m	mm	LPS	m/s	m/km	Nudo	m	m
P1737	N1731	N1732	14.02	314.24	180	2.32	11.68	N1731	910.23	124.76
P1738	N1732	N1733	9.32	314.24	180	2.32	23.46	N1732	910.06	123.28
P1739	N1733	N1734	14.65	314.24	180	2.32	11.68	N1733	909.85	123.45
P1740	N1734	N1735	12.97	314.24	180	2.32	11.68	N1734	909.67	123.45
P1741	N1735	N1736	9.12	314.24	180	2.32	11.68	N1735	909.52	123.38
P1742	N1736	N1737	7.39	314.24	180	2.32	26.53	N1736	909.42	123.01
P1743	N1737	N1738	3.18	314.24	180	2.32	11.68	N1737	909.22	122.58
P1744	N1738	N1739	3.7	314.24	180	2.32	11.69	N1738	909.18	124.38
P1745	N1739	N1740	0.43	314.24	180	2.32	11.77	N1739	909.14	122.58
P1746	N1740	N1741	10.11	314.24	177.98	2.29	22.05	N1740	909.13	122.58
P1747	N1741	N1742	12.68	314.24	177.98	2.29	11.44	N1741	908.91	122.54
P1748	N1742	N1743	8.09	314.24	177.98	2.29	11.44	N1742	908.77	123.06
P1749	N1743	N1744	3.57	314.24	177.98	2.29	11.44	N1743	908.67	123.33
P1750	N1744	N1745	10.11	314.24	177.98	2.29	11.44	N1744	908.63	123.45
P1751	N1745	N1746	21.03	314.24	177.98	2.29	11.44	N1745	908.52	123.63
P1752	N1746	N1747	12.95	314.24	177.98	2.29	11.44	N1746	908.28	123.2
P1753	N1747	N1748	12.09	314.24	177.98	2.29	11.44	N1747	908.13	122.88
P1754	N1748	N1749	16.49	314.24	177.98	2.29	11.44	N1748	907.99	122.13
P1755	N1749	N1750	9.54	314.24	177.98	2.29	11.44	N1749	907.8	121.44
P1756	N1750	N1751	17.12	314.24	177.98	2.29	11.44	N1750	907.69	120.83
P1757	N1751	N1752	9.7	314.24	177.98	2.29	11.44	N1751	907.5	120.65
P1758	N1752	N1753	14.22	314.24	177.98	2.29	11.44	N1752	907.39	120.68
P1759	N1753	N1754	16.91	314.24	177.98	2.29	11.44	N1753	907.22	120.14
P1760	N1754	N1755	18.04	314.24	177.98	2.29	17.39	N1754	907.03	119.56
P1761	N1755	N1756	5.06	314.24	177.98	2.29	32.65	N1755	906.72	117.57
P1762	N1756	N1757	1.98	314.24	177.98	2.29	11.46	N1756	906.55	117.33
P1763	N1757	N1758	4.41	314.24	177.98	2.29	35.77	N1757	906.53	116.96
P1764	N1758	N1759	5.91	314.24	177.98	2.29	11.43	N1758	906.37	115.24
P1765	N1759	N1760	5.69	314.24	177.98	2.29	11.44	N1759	906.3	113.46
P1766	N1760	N1761	5.79	314.24	177.98	2.29	11.44	N1760	906.24	111.44
P1767	N1761	N1762	5.72	314.24	177.98	2.29	30.19	N1761	906.17	109.66
P1768	N1762	N1763	6.15	314.24	177.98	2.29	11.45	N1762	906	107.72
P1769	N1763	N1764	6.34	314.24	177.98	2.29	11.43	N1763	905.93	107.19
P1770	N1764	N1765	2.55	314.24	177.98	2.29	11.44	N1764	905.86	105.91
P1771	N1765	N1766	6.24	314.24	177.98	2.29	28.64	N1765	905.83	105.31
P1772	N1766	N1767	7.63	314.24	177.98	2.29	11.44	N1766	905.65	103.33
P1773	N1767	N1768	10.19	314.24	177.98	2.29	11.44	N1767	905.56	102.29
P1774	N1768	N1769	6.02	314.24	177.98	2.29	11.45	N1768	905.44	100.76
P1775	N1769	N1770	6.28	314.24	177.98	2.29	11.43	N1769	905.38	99.91
P1776	N1770	N1771	6.33	314.24	177.98	2.29	11.44	N1770	905.3	98.48
P1777	N1771	N1772	5.96	314.24	177.98	2.29	29.45	N1771	905.23	97.06
P1778	N1772	N1773	5.37	314.24	177.98	2.29	11.43	N1772	905.06	95.57
P1779	N1773	N1774	3.95	314.24	177.98	2.29	11.44	N1773	904.99	91.48
P1780	N1774	N177	2.94	314.24	177.98	2.29	11.44	N1774	904.95	88.51
P173	N177	N178	5.86	321.76	177.98	2.19	10.2	N177	904.92	85.79
P174	N178	N179	7.13	321.76	177.98	2.19	10.2	N178	904.86	83.64
P175	N179	N180	4.82	321.76	177.98	2.19	10.19	N179	904.78	79.46
P176	N180	N181	4.28	321.76	177.98	2.19	10.21	N180	904.73	76.35
P177	N181	N182	4.6	321.76	177.98	2.19	10.19	N181	904.69	73.17
P178	N182	N183	4.5	321.76	177.98	2.19	10.2	N182	904.64	69.92

Resultados en las Líneas:								Resultados en los Nudos:		
ID	Nudo	Nudo	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérdida	ID	Altura Piezométrica	Presión
Línea	Inicial	Final	m	mm	LPS	m/s	m/km	Nudo	m	m
P179	N183	N184	4.65	321.76	177.98	2.19	10.19	N183	904.6	66.58
P180	N184	N185	2.67	321.76	177.98	2.19	10.17	N184	904.55	62.7
P181	N185	N186	5.86	321.76	177.98	2.19	10.2	N185	904.52	59.76
P182	N186	N187	4.72	321.76	177.98	2.19	10.2	N186	904.46	55.71
P183	N187	N188	4.3	321.76	177.98	2.19	10.19	N187	904.42	51.95
P184	N188	N169	0.61	321.76	177.98	2.19	10.25	N188	904.37	48.3
P165	N169	N170	4.78	328.26	177.98	2.1	9.25	N169	904.37	48.33
P166	N170	N171	4.58	328.26	177.98	2.1	9.24	N170	904.32	44.69
P167	N171	N172	4.76	328.26	177.98	2.1	9.25	N171	904.28	41.3
P168	N172	N173	5.02	328.26	177.98	2.1	9.25	N172	904.23	38.14
P169	N173	N174	4.96	328.26	177.98	2.1	9.24	N173	904.19	35.49
P170	N174	N175	4.97	328.26	177.98	2.1	9.25	N174	904.14	32.81
P171	N175	N176	4.46	328.26	177.98	2.1	9.24	N175	904.1	30.11
P172	N176	N159	6.24	328.26	177.98	2.1	9.25	N176	904.06	28.14
P156	N159	N160	5.42	333.76	177.98	2.03	8.53	N159	904	25.74
P157	N160	N161	5.39	333.76	177.98	2.03	8.53	N160	903.95	23.95
P158	N161	N162	4.12	333.76	177.98	2.03	8.53	N161	903.91	22.01
P159	N162	N163	5.38	333.76	177.98	2.03	8.53	N162	903.87	20.13
P160	N163	N164	5.39	333.76	177.98	2.03	8.53	N163	903.82	18.06
P161	N164	N165	5.39	333.76	177.98	2.03	8.52	N164	903.78	16.07
P162	N165	N166	4.7	333.76	177.98	2.03	8.53	N165	903.73	14.34
								N166	903.69	12.85

Fuente: Ramírez, 2010.

**Tabla N° 9: Longitudes y Tipos de Tuberías Definitivos para la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la virgen.**

DESCRIPCION	LONGITUD (M)	TIPO UNION
PVC 16" RDE 41	1121,63	Unión Platino
PVC 16" RDE 32,5	280,96	
PVC 16" RDE 26	492,48	
PVC 16" RDE 21	1123,43	
PVC 14" RDE 21	685,47	
PVC 14" RDE 26	564,64	
PVC 14" RDE 32.5	46,43	
PVC 14" RDE 13.5	2508,75	Extremo Liso
<b>TOTAL</b>	<b>6823,78</b>	

Fuente: Ramírez, 2010.

Este análisis hidráulico demostró la necesidad de instalar válvulas ventosas en los puntos altos y válvulas de purga en los puntos bajos de la conducción principal. Las válvulas ventosas sirven para expulsar el aire que puede haber en la tubería mezclado con el agua, o bien para que, al producirse el vacío en la tubería, dejen que el aire entre en la misma y eviten que la tubería se aplaste debido a la presión atmosférica.



Las válvulas de purga están instaladas lateralmente, y permiten la limpieza de la tubería, extrayendo el material que se haya podido acumular en estos puntos.

Las presiones finales para cada punto predial se describen en el Anexo A.

**Tabla N° 10: Longitudes y Tipos de Tuberías para la Red de Distribución del Distrito de Riego Llano de la Virgen.**

DESCRIPCION	LONGITUD (M)	TIPO UNION	
PVC 12" RDE 51	1635,16	Unión Platino	
PVC 10" RDE 41	866,72		
PVC 8" RDE 41	598,95		
PVC 6" RDE 26	284,73		
PVC 6" RDE32.5	2905,57		
PVC 6" RDE 41	873,41		
PVC 4" RDE 21	310,58		
PVC 4" RDE26	435,03		
PVC 4" RDE32.5	378,95		
PVC 4" RDE41	575,92		
PVC 4" RDE 51	403,81		
PVC 3" RDE 21	502,52		
PVC 3" RDE 26	906,29		
PVC 3" RDE 32.5	430,03		
PVC 3" RDE 41	181,48		
PVC 3" RDE 51	234,70		
PVC 2-1/2" RDE 21	302,46		
PVC 2-1/2" RDE26	883,07		
PVC 2" RDE 21	404,55		
PVC 2" RDE 26	464,96		
PVC 2" RDE 32.5	174,33		
PVC 2" RDE 41	967,31		
PVC 1-1/2" RDE 26	754,00		Extremo Liso
PVC 1-1/4" RDE 26	1320,00		
PVC 1-1/4" RDE 21	40,00		
<b>TOTAL</b>	<b>16834,54</b>		

Fuente: Ramírez, 2010.

### 3.4.1 Cuadro Hidráulico:

#### 3.4.1.1 Muestra de Cálculo Perdidas por fricción en la Tubería Según Hazen-Williams:

$$F = 0.0985 * \frac{Q^{1.85}}{D^{4.866}}$$

Para tubería 14" RDE 26:

Donde:

F = Perdida de Presión mt/100mt

Q = Caudal en GPM.

D = Diámetro interior en Pulgadas

C = Factor de Fricción Constante (PVC=150)

$$F = 0.0985 * \frac{\left(\frac{180lit}{seg} * 60seg * \frac{1gal}{3.785lit}\right)^{1.85}}{(12.92pul)^{4.866}} * \frac{1}{100m} \rightarrow F = 0.00952m$$

### 3.4.1.2 Muestra de Cálculo Perdidas Menores presentes en la Conducción:

Las perdidas menores pueden interpretarse como debidas al incremento de la turbulencia que se produce en los cambios de dirección, la importancia de incluir tales perdidas depende de la precisión de los resultados deseada.

$$hL = K * \left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

Donde:

$K$  = Coeficiente de perdidas menores

$V$  = Velocidad del flujo m/seg

$g$  = Aceleración de la gravedad m/seg<sup>2</sup>

**Tabla N°11: Coeficiente de Perdidas Menores para algunos accesorios**

ACCESORIO	COEF. PERDIDAS
Válvula de Globo, todo abierta	10.0
Válvula de Angulo, todo abierta	5.0
Válv. Retenc. Clapeta, todo abierta	2.5
Válvula compuerta, todo abierta	0.2
Codo de radio pequeño	0.9
Codo de radio mediano	0.8
Codo de radio grande	0.6
Codo a 45 grados	0.4
Codo de Retorno (180°)	2.2
Té Estándar – flujo recto	0.6
Té Estándar – flujo desviado	1.8
Entrada brusca	0.5
Salida brusca	1.0

**Fuente:** EPANET 2.0, 2002.

Se considero el coeficiente de pérdidas mas critico para los codos presentes en el Tramo Numero 4 (codo a 45° = 0.4).

Para codo 11.25° instalado en la tubería 14" RDE 26:

$$hf = 0.4 * \left(\frac{\left(\frac{2.13m}{seg}\right)^2}{2 * \frac{9.88m}{seg^2}}\right) = 0.0916m$$

**Tabla N° 12: Cuadro Hidráulico Comparativo del Tramo 4 de la Conducción Principal Distrito de Riego Llano de La Virgen.**

Tramo	Long	Abcizado		Diám Int.	RDE	Q	Vel	Perdidas		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO		PRES FINAL (m.c.a)		OBSERVACIONES	
		inical	final	Pulg.		L/s	m/seg	Unit	Total	Inicial	Final	Inicial	Final	Disp	Estática		
<b>TRAMO 4 DE LA CONDUCCION PRINCIPAL DISTRITO DE RIEGO LLANO DE LA VIRGEN</b>																	
N1839	N1840	6,4	K3+820	K3+826	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,06090	941,81	941,75	886,53	885,68	55,28	84,80	
N1840	N1841	5,63	K3+826	K3+832	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05357	941,75	941,70	885,68	885,43	56,07	85,65	
N1841	N1842	6,02	K3+832	K3+838	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05729	941,70	941,55	885,43	885,61	56,27	85,90	
N1842	N1843	4,51	K3+838	K3+843	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,04292	941,55	941,50	885,61	884,65	55,94	85,72	Codo:11,25
N1843	N1844	5,49	K3+843	K3+848	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05224	941,50	941,36	884,65	883,26	56,85	86,68	
N1844	N1845	3,96	K3+848	K3+852	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,03768	941,36	941,32	883,26	880,56	58,10	88,07	Codo:11,25
N1845	N1846	2,95	K3+852	K3+855	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,02807	941,32	941,20	880,56	878,82	60,76	90,77	
N1846	N1847	6,07	K3+855	K3+861	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05776	941,20	941,14	878,82	877,14	62,38	92,51	Codo:22,5
N1847	N1848	5,31	K3+861	K3+866	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05053	941,14	941,00	877,14	876,14	64,00	94,19	
N1848	N1849	7,08	K3+866	K3+873	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,06737	941,00	940,93	876,14	873,10	64,86	95,19	Codo:33
N1849	N1850	7,55	K3+873	K3+881	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,07184	940,93	940,86	873,1	869,88	67,83	98,23	
N1850	N1851	6,83	K3+881	K3+888	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,06499	940,86	940,71	869,88	866,83	70,98	101,45	
N1851	N1852	5,31	K3+888	K3+893	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05053	940,71	940,66	866,83	864,76	73,88	104,50	Codo:45
N1852	N1853	4,57	K3+893	K3+898	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,04349	940,66	940,52	864,76	863,07	75,90	106,57	
N1853	N1854	6,05	K3+898	K3+904	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05757	940,52	940,46	863,07	862,91	77,45	108,26	Codo:22,5
N1854	N1855	5,72	K3+904	K3+909	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05443	940,46	940,32	862,91	863,03	77,55	108,42	
N1855	N1856	5,52	K3+909	K3+915	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05253	940,32	940,26	863,03	861,17	77,29	108,30	Codo:11,25
N1856	N1857	6,09	K3+915	K3+921	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05795	940,26	940,21	861,17	859,36	79,09	110,16	
N1857	N1858	6,84	K3+921	K3+928	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,06509	940,21	940,14	859,36	857,13	80,85	111,97	
N1858	N1859	3,61	K3+928	K3+932	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,03435	940,14	940,02	857,13	856,06	83,01	114,20	
N1859	N1860	1,42	K3+932	K3+933	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,01351	940,02	940,00	856,06	855,67	83,96	115,27	Codo:33
N1860	N1861	5,86	K3+933	K3+939	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05576	940,00	939,95	855,67	856,65	84,33	115,66	Válvula Lavado:
N1861	N1862	5,7	K3+939	K3+944	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05424	939,95	939,89	856,65	857,87	83,30	114,68	
N1862	N1863	4,29	K3+944	K3+949	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,04082	939,89	939,76	857,87	859,49	82,02	113,46	
N1863	N1864	6,18	K3+949	K3+955	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05881	939,76	939,70	859,49	860,50	80,27	111,84	Codo:7
N1864	N1865	5,42	K3+955	K3+960	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05158	939,70	939,56	860,5	861,15	79,20	110,83	
N1865	N1866	6,91	K3+960	K3+967	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,06575	939,56	939,49	861,15	862,38	78,41	110,18	Codo:17
N1866	N1867	7,92	K3+967	K3+975	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,07537	939,49	939,42	862,38	861,31	77,11	108,95	
N1867	N1868	1,41	K3+975	K3+977	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,01342	939,42	939,31	861,31	861,88	78,11	110,02	VDP:
N1868	N1869	5,66	K3+977	K3+982	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,05386	939,31	939,26	861,88	860,70	77,43	109,45	Codo:17

Tramo		Long	Abcizado		Diám Int.	RDE	Q	Vel	Perdidas		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO		PRES FINAL (m.c.a)		OBSERVACIONES
			inical	final	Pulg.		L/s	m/seg	Unit	Total	Inicial	Final	Inicial	Final	Disp	Estática	
N1869	N1775	2,71	K3+982	K3+985	12,92	26,0	180,000	2,13	0,00952	0,02579	939,26	939,23	860,7	859,89	78,56	110,63	
N1775	N1776	5,17	K3+985	K3+990	12,66	21,0	180,000	2,22	0,01051	0,05431	939,23	939,18	859,89	858,01	79,34	111,44	
N1776	N1777	3,15	K3+990	K3+993	12,66	21,0	180,000	2,22	0,01051	0,03309	939,18	939,04	858,01	856,89	81,17	113,32	
N1777	N1778	6,76	K3+993	K4+000	12,66	21,0	180,000	2,22	0,01051	0,07102	939,04	938,97	856,89	854,72	82,15	114,44	Codo:17
N1778	N1779	6,75	K4+000	K4+007	12,66	21,0	180,000	2,22	0,01051	0,07091	938,97	938,90	854,72	850,95	84,25	116,61	
N1779	N1780	5,42	K4+007	K4+012	12,66	21,0	180,000	2,22	0,01051	0,05694	938,90	938,85	850,95	848,24	87,95	120,38	
N1780	N1781	9,09	K4+012	K4+021	12,66	21,0	180,000	2,22	0,01051	0,09549	938,85	938,75	848,24	844,77	90,61	123,09	
N1781	N1782	6,69	K4+021	K4+028	12,66	21,0	180,000	2,22	0,01051	0,07028	938,75	938,68	844,77	842,06	93,98	126,56	
N1782	N1783	5,65	K4+028	K4+034	12,66	21,0	180,000	2,22	0,01051	0,05935	938,68	938,52	842,06	839,10	96,62	129,27	
N1783	N1533	4,71	K4+034	K4+038	12,66	21,0	180,000	2,22	0,01051	0,04948	938,52	938,37	839,1	834,74	99,42	132,23	Codo:11,25
N1533	N1534	3,2	K4+038	K4+042	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,03763	938,37	938,33	834,74	831,12	103,63	136,59	Codo:22,5
N1534	N1535	2,86	K4+042	K4+044	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,03363	938,33	938,19	831,12	827,71	107,21	140,21	
N1535	N1536	3,97	K4+044	K4+048	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,04668	938,19	938,15	827,71	823,29	110,48	143,62	Codo:17
N1536	N1537	4,47	K4+048	K4+053	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,05256	938,15	937,98	823,29	817,46	114,86	148,04	
N1537	N1538	8,54	K4+053	K4+061	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10042	937,98	937,88	817,46	815,62	120,52	153,87	Codo:7
N1538	N1539	7,55	K4+061	K4+069	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08878	937,88	937,79	815,62	814,39	122,26	155,71	
N1539	N1540	8,55	K4+069	K4+078	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10054	937,79	937,69	814,39	813,80	123,40	156,94	
N1540	N1541	7,28	K4+078	K4+085	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08561	937,69	937,61	813,8	812,56	123,89	157,53	
N1541	N1542	7,33	K4+085	K4+092	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08619	937,61	937,52	812,56	811,32	125,05	158,77	
N1542	N1543	6,04	K4+092	K4+098	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,07103	937,52	937,34	811,32	810,25	126,20	160,01	
N1543	N1544	10,5	K4+098	K4+109	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12347	937,34	937,22	810,25	809,10	127,09	161,08	Codo:7
N1544	N1545	6,08	K4+109	K4+115	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,07150	937,22	937,15	809,1	808,60	128,12	162,23	
N1545	N1546	10,6	K4+115	K4+125	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12465	937,15	937,02	808,6	808,00	128,55	162,73	
N1546	N1547	16,17	K4+125	K4+142	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,19015	937,02	936,72	808	805,97	129,02	163,33	
N1547	N1548	9,42	K4+142	K4+151	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11077	936,72	936,61	805,97	805,95	130,75	165,36	Codo:17
N1548	N1549	8,39	K4+151	K4+159	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09866	936,61	936,51	805,95	805,18	130,66	165,38	
N1549	N1550	4,3	K4+159	K4+164	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,05056	936,51	936,46	805,18	806,39	131,33	166,15	Valvula Lavado:
N1550	N1551	11,78	K4+164	K4+175	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13852	936,46	936,32	806,39	806,83	130,07	164,94	
N1551	N1552	12,87	K4+175	K4+188	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15134	936,32	936,17	806,83	807,12	129,49	164,50	
N1552	N1553	11,03	K4+188	K4+199	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12970	936,17	936,04	807,12	806,97	129,05	164,21	
N1553	N1554	12,24	K4+199	K4+212	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,14393	936,04	935,90	806,97	806,82	129,07	164,36	
N1554	N1555	7,06	K4+212	K4+219	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08302	935,90	935,71	806,82	806,64	129,08	164,51	
N1555	N1556	4,2	K4+219	K4+223	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,04939	935,71	935,55	806,64	806,58	129,07	164,69	Codo:7

Tramo		Long	Abcizado		Diám Int.	RDE	Q	Vel	Perdidas		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO		PRES FINAL (m.c.a)		OBSERVACIONES
			inical	final	Pulg.		L/s	m/seg	Unit	Total	Inicial	Final	Inicial	Final	Disp	Estática	
N1556	N1557	8,63	K4+223	K4+231	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10148	935,55	935,45	806,58	806,02	128,97	164,75	Codo:33
N1557	N1558	9,61	K4+231	K4+241	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11301	935,45	935,33	806,02	805,80	129,43	165,31	
N1558	N1559	10,21	K4+241	K4+251	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12006	935,33	935,21	805,8	805,65	129,53	165,53	
N1559	N1560	11,53	K4+251	K4+263	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13558	935,21	935,08	805,65	805,09	129,56	165,68	
N1560	N1561	11,35	K4+263	K4+274	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13347	935,08	934,95	805,09	804,98	129,99	166,24	
N1561	N1562	13,94	K4+274	K4+288	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16392	934,95	934,78	804,98	804,77	129,97	166,35	
N1562	N1563	8,49	K4+288	K4+297	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09984	934,78	934,57	804,77	804,66	130,01	166,56	
N1563	N1564	5,66	K4+297	K4+302	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,06656	934,57	934,51	804,66	804,34	129,91	166,67	Codo:11,25
N1564	N1565	9,16	K4+302	K4+311	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10771	934,51	934,40	804,34	803,82	130,17	166,99	
N1565	N1566	5,45	K4+311	K4+317	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,06409	934,40	934,33	803,82	803,74	130,58	167,51	
N1566	N1567	7,09	K4+317	K4+324	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08337	934,33	934,25	803,74	803,52	130,59	167,59	
N1567	N1568	14,88	K4+324	K4+339	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,17498	934,25	934,08	803,52	803,67	130,73	167,81	
N1568	N1569	15,88	K4+339	K4+355	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,18674	934,08	933,89	803,67	803,97	130,41	167,66	
N1569	N1570	14,06	K4+355	K4+369	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16533	933,89	933,72	803,97	804,41	129,92	167,36	
N1570	N1571	16,17	K4+369	K4+385	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,19015	933,72	933,53	804,41	803,32	129,31	166,92	
N1571	N1572	11,43	K4+385	K4+396	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13441	933,53	933,40	803,32	802,73	130,21	168,01	
N1572	N1573	7,54	K4+396	K4+404	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08866	933,40	933,31	802,73	802,94	130,67	168,60	
N1573	N1574	4,59	K4+404	K4+408	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,05397	933,31	933,15	802,94	802,69	130,37	168,39	
N1574	N1575	10,97	K4+408	K4+419	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12900	933,15	933,02	802,69	802,50	130,46	168,64	Codo:11,25
N1575	N1576	6,96	K4+419	K4+426	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08184	933,02	932,94	802,5	802,99	130,52	168,83	
N1576	N1577	6,24	K4+426	K4+433	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,07338	932,94	932,75	802,99	803,66	129,95	168,34	
N1577	N1578	7,95	K4+433	K4+441	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09349	932,75	932,66	803,66	804,09	129,09	167,67	Codo:7
N1578	N1579	10,53	K4+441	K4+451	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12382	932,66	932,54	804,09	804,00	128,57	167,24	
N1579	N1580	7,93	K4+451	K4+459	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09325	932,54	932,44	804	804,09	128,54	167,33	
N1580	N1581	7,18	K4+459	K4+466	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08443	932,44	932,36	804,09	802,35	128,35	167,24	
N1581	N1582	6,33	K4+466	K4+473	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,07444	932,36	932,28	802,35	803,86	130,01	168,98	VDP:
N1582	N1583	4,35	K4+473	K4+477	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,05115	932,28	932,12	803,86	804,04	128,42	167,47	
N1583	N1584	8,4	K4+477	K4+485	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09878	932,12	932,03	804,04	803,45	128,08	167,29	Codo:11,25
N1584	N1585	6,06	K4+485	K4+491	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,07126	932,03	931,95	803,45	803,73	128,58	167,88	
N1585	N1586	13,71	K4+491	K4+505	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16122	931,95	931,79	803,73	803,45	128,22	167,60	
N1586	N1587	9,48	K4+505	K4+515	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11148	931,79	931,68	803,45	802,68	128,34	167,88	
N1587	N1588	12,97	K4+515	K4+528	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15252	931,68	931,53	802,68	802,70	129,00	168,65	
N1588	N1589	13,52	K4+528	K4+541	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15898	931,53	931,37	802,7	802,55	128,83	168,63	

Tramo		Long	Abcizado		Diám Int.	RDE	Q	Vel	Perdidas		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO		PRES FINAL (m.c.a)		OBSERVACIONES
			inical	final	Pulg.		L/s	m/seg	Unit	Total	Inicial	Final	Inicial	Final	Disp	Estática	
N1589	N1590	11,2	K4+541	K4+552	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13170	931,37	931,24	802,55	801,16	128,82	168,78	
N1590	N1591	14,34	K4+552	K4+567	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16863	931,24	931,07	801,16	800,77	130,08	170,17	
N1591	N1592	18,21	K4+567	K4+585	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,21413	931,07	930,75	800,77	800,59	130,30	170,56	
N1592	N1593	17,46	K4+585	K4+602	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,20532	930,75	930,54	800,59	800,58	130,16	170,74	Codo:7
N1593	N1594	19,19	K4+602	K4+621	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,22566	930,54	930,32	800,58	800,33	129,96	170,75	
N1594	N1595	15,88	K4+621	K4+637	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,18674	930,32	930,13	800,33	799,96	129,99	171,00	
N1595	N1596	19,84	K4+637	K4+657	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,23330	930,13	929,90	799,96	799,95	130,17	171,37	
N1596	N1597	15,73	K4+657	K4+673	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,18497	929,90	929,71	799,95	799,45	129,95	171,38	
N1597	N1598	15,97	K4+673	K4+689	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,18779	929,71	929,52	799,45	799,48	130,26	171,88	
N1598	N1599	11,88	K4+689	K4+701	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13970	929,52	929,38	799,48	799,33	130,04	171,85	
N1599	N1600	5,28	K4+701	K4+706	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,06209	929,38	929,32	799,33	798,26	130,05	172,00	
N1600	N1601	8,37	K4+706	K4+714	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09842	929,32	929,22	798,26	799,17	131,06	173,07	VDP:
N1601	N1602	11,88	K4+714	K4+726	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13970	929,22	929,08	799,17	798,37	130,05	172,16	
N1602	N1603	26,48	K4+726	K4+753	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,31138	929,08	928,77	798,37	798,52	130,71	172,96	
N1603	N1604	10,56	K4+753	K4+763	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12418	928,77	928,65	798,52	798,26	130,25	172,81	
N1604	N1605	7,51	K4+763	K4+771	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08831	928,65	928,56	798,26	798,74	130,39	173,07	
N1605	N1606	14,43	K4+771	K4+785	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16969	928,56	928,39	798,74	798,76	129,82	172,59	
N1606	N1607	12,66	K4+785	K4+798	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,14887	928,39	928,24	798,76	798,32	129,63	172,57	
N1607	N1608	11,28	K4+798	K4+809	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13264	928,24	928,11	798,32	798,32	129,92	173,01	
N1608	N1609	9,67	K4+809	K4+819	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11371	928,11	927,99	798,32	797,52	129,79	173,01	
N1609	N1610	11,65	K4+819	K4+831	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13699	927,99	927,86	797,52	797,26	130,47	173,81	
N1610	N1611	12,35	K4+831	K4+843	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,14523	927,86	927,71	797,26	797,57	130,60	174,07	
N1611	N1612	11,4	K4+843	K4+854	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13405	927,71	927,58	797,57	797,66	130,14	173,76	
N1612	N1613	15	K4+854	K4+869	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,17639	927,58	927,40	797,66	797,36	129,92	173,67	
N1613	N1614	11,19	K4+869	K4+880	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13159	927,40	927,27	797,36	797,24	130,04	173,97	
N1614	N1615	5,36	K4+880	K4+886	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,06303	927,27	927,10	797,24	797,39	130,03	174,09	
N1615	N1616	8,98	K4+886	K4+895	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10560	927,10	926,99	797,39	796,98	129,71	173,94	Codo:7
N1616	N1617	16,52	K4+895	K4+911	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,19426	926,99	926,80	796,98	796,96	130,01	174,35	
N1617	N1618	7,86	K4+911	K4+919	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09243	926,80	926,71	796,96	796,76	129,84	174,37	
N1618	N1619	4,17	K4+919	K4+923	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,04904	926,71	926,66	796,76	797,19	129,95	174,57	
N1619	N1620	10,85	K4+923	K4+934	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12759	926,66	926,53	797,19	798,06	129,47	174,14	
N1620	N1621	2,05	K4+934	K4+936	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,02411	926,53	926,40	798,06	798,07	128,47	173,27	
N1621	N1622	6,13	K4+936	K4+942	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,07208	926,40	926,32	798,07	798,23	128,33	173,26	Codo:7

Tramo		Long	Abcizado		Diám Int.	RDE	Q	Vel	Perdidas		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO		PRES FINAL (m.c.a)		OBSERVACIONES
			inical	final	Pulg.		L/s	m/seg	Unit	Total	Inicial	Final	Inicial	Final	Disp	Estática	
N1622	N1623	13,14	K4+942	K4+956	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15452	926,32	926,17	798,23	798,21	128,09	173,10	
N1623	N1624	8,64	K4+956	K4+964	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10160	926,17	926,07	798,21	798,60	127,96	173,12	
N1624	N1625	10,67	K4+964	K4+975	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12547	926,07	925,94	798,6	798,10	127,47	172,73	
N1625	N1626	10,17	K4+975	K4+985	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11959	925,94	925,82	798,1	798,24	127,84	173,23	
N1626	N1627	8,98	K4+985	K4+994	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10560	925,82	925,72	798,24	798,29	127,58	173,09	
N1627	N1628	10,09	K4+994	K5+004	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11865	925,72	925,60	798,29	798,31	127,43	173,04	
N1628	N1629	10,27	K5+004	K5+014	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12077	925,60	925,48	798,31	798,03	127,29	173,02	
N1629	N1630	13,2	K5+014	K5+028	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15522	925,48	925,32	798,03	797,76	127,45	173,30	
N1630	N1631	14,78	K5+028	K5+042	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,17380	925,32	925,04	797,76	798,13	127,56	173,57	Codo:7
N1631	N1632	6,65	K5+042	K5+049	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,07820	925,04	924,85	798,13	798,42	126,91	173,20	
N1632	N1633	10,18	K5+049	K5+059	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11971	924,85	924,73	798,42	799,29	126,43	172,91	Codo:7
N1633	N1634	8,25	K5+059	K5+067	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09701	924,73	924,53	799,29	797,45	125,44	172,04	
N1634	N1635	2,24	K5+067	K5+070	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,02634	924,53	924,50	797,45	797,30	127,08	173,88	Codo:7
N1635	N1636	10,19	K5+070	K5+080	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11983	924,50	924,38	797,3	797,53	127,20	174,03	VDP:
N1636	N1637	9,82	K5+080	K5+090	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11548	924,38	924,26	797,53	797,39	126,85	173,80	
N1637	N1638	13,62	K5+090	K5+103	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16016	924,26	924,10	797,39	797,14	126,87	173,94	
N1638	N1639	11,2	K5+103	K5+114	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13170	924,10	923,97	797,14	797,12	126,96	174,19	
N1639	N1640	9,94	K5+114	K5+124	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11689	923,97	923,86	797,12	796,86	126,85	174,21	
N1640	N1641	11,5	K5+124	K5+136	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13523	923,86	923,72	796,86	796,00	127,00	174,47	
N1641	N1642	14,11	K5+136	K5+150	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16592	923,72	923,55	796	796,36	127,72	175,33	
N1642	N1643	13,02	K5+150	K5+163	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15310	923,55	923,40	796,36	796,57	127,19	174,97	
N1643	N1644	7,28	K5+163	K5+170	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08561	923,40	923,32	796,57	796,57	126,83	174,76	
N1644	N1645	8,54	K5+170	K5+179	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10042	923,32	923,22	796,57	795,97	126,75	174,76	
N1645	N1646	12,77	K5+179	K5+192	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15016	923,22	922,96	795,97	795,92	127,25	175,36	
N1646	N1647	1,8	K5+192	K5+193	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,02117	922,96	922,94	795,92	795,98	127,04	175,41	Codo:11,25
N1647	N1648	9,06	K5+193	K5+203	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10654	922,94	922,83	795,98	796,43	126,96	175,35	
N1648	N1649	7,8	K5+203	K5+210	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09172	922,83	922,74	796,43	796,91	126,40	174,90	
N1649	N1650	4,99	K5+210	K5+215	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,05868	922,74	922,57	796,91	797,26	125,83	174,42	
N1650	N1651	7,72	K5+215	K5+223	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09078	922,57	922,48	797,26	797,48	125,31	174,07	Codo:11,25
N1651	N1652	8,17	K5+223	K5+231	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09607	922,48	922,27	797,48	797,80	125,00	173,85	
N1652	N1653	8,25	K5+231	K5+239	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09701	922,27	922,18	797,8	798,18	124,47	173,53	Codo:7
N1653	N1654	15,86	K5+239	K5+255	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,18650	922,18	921,99	798,18	798,39	124,00	173,15	
N1654	N1655	14,2	K5+255	K5+269	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16698	921,99	921,82	798,39	798,63	123,60	172,94	

Tramo		Long	Abcizado		Diám Int.	RDE	Q	Vel	Perdidas		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO		PRES FINAL (m.c.a)		OBSERVACIONES
			inical	final	Pulg.		L/s	m/seg	Unit	Total	Inicial	Final	Inicial	Final	Disp	Estática	
N1655	N1656	8,94	K5+269	K5+278	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10513	921,82	921,72	798,63	798,50	123,19	172,70	
N1656	N1657	10,85	K5+278	K5+289	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12759	921,72	921,59	798,5	798,11	123,22	172,83	
N1657	N1658	11,73	K5+289	K5+301	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13794	921,59	921,45	798,11	798,23	123,48	173,22	
N1658	N1659	11,66	K5+301	K5+313	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13711	921,45	921,31	798,23	798,13	123,22	173,10	
N1659	N1660	9,83	K5+313	K5+323	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11559	921,31	921,20	798,13	798,23	123,18	173,20	
N1660	N1661	12,09	K5+323	K5+335	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,14217	921,20	921,06	798,23	798,00	122,97	173,10	
N1661	N1662	13,65	K5+335	K5+348	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16051	921,06	920,90	798	797,83	123,06	173,33	
N1662	N1663	12,67	K5+348	K5+361	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,14899	920,90	920,75	797,83	797,59	123,07	173,50	
N1663	N1664	12,32	K5+361	K5+373	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,14487	920,75	920,60	797,59	797,49	123,16	173,74	
N1664	N1665	14,3	K5+373	K5+388	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16816	920,60	920,43	797,49	797,17	123,11	173,84	
N1665	N1666	11,95	K5+388	K5+399	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,14052	920,43	920,29	797,17	796,99	123,26	174,16	
N1666	N1667	11,79	K5+399	K5+411	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13864	920,29	920,16	796,99	796,94	123,30	174,34	
N1667	N1668	9,28	K5+411	K5+421	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10913	920,16	920,05	796,94	796,66	123,22	174,39	
N1668	N1669	6,81	K5+421	K5+427	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08008	920,05	919,86	796,66	796,22	123,39	174,67	
N1669	N1670	12,21	K5+427	K5+440	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,14358	919,86	919,71	796,22	796,38	123,64	175,11	Codo:7
N1670	N1671	13,59	K5+440	K5+453	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15981	919,71	919,55	796,38	796,24	123,33	174,95	
N1671	N1672	10,49	K5+453	K5+464	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12335	919,55	919,43	796,24	796,23	123,31	175,09	
N1672	N1673	9,79	K5+464	K5+473	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11512	919,43	919,32	796,23	794,48	123,20	175,10	
N1673	N1674	12,43	K5+473	K5+486	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,14617	919,32	919,17	794,48	795,62	124,84	176,85	VDP:
N1674	N1675	11,1	K5+486	K5+497	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13053	919,17	919,04	795,62	795,42	123,55	175,71	
N1675	N1676	21,57	K5+497	K5+519	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,25365	919,04	918,78	795,42	794,87	123,62	175,91	
N1676	N1677	16,89	K5+519	K5+535	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,19861	918,78	918,59	794,87	794,30	123,91	176,46	
N1677	N1678	16,56	K5+535	K5+552	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,19473	918,59	918,39	794,3	793,15	124,29	177,03	
N1678	N1679	17,41	K5+552	K5+569	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,20473	918,39	918,19	793,15	792,41	125,24	178,18	
N1679	N1680	7,98	K5+569	K5+577	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09384	918,19	918,09	792,41	792,31	125,78	178,92	
N1680	N1681	8,37	K5+577	K5+586	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09842	918,09	917,99	792,31	792,21	125,78	179,02	
N1681	N1682	9,65	K5+586	K5+595	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11348	917,99	917,88	792,21	791,95	125,78	179,12	
N1682	N1683	9,94	K5+595	K5+605	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11689	917,88	917,76	791,95	791,83	125,93	179,38	
N1683	N1684	6,34	K5+605	K5+612	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,07455	917,76	917,58	791,83	791,80	125,93	179,50	
N1684	N1685	8,69	K5+612	K5+620	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10219	917,58	917,48	791,8	791,46	125,78	179,53	Codo:11,25
N1685	N1686	9,06	K5+620	K5+629	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10654	917,48	917,26	791,46	789,79	126,02	179,87	
N1686	N1687	14,88	K5+629	K5+644	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,17498	917,26	917,09	789,79	789,34	127,47	181,54	Codo:7
N1687	N1688	10,88	K5+644	K5+655	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12794	917,09	916,96	789,34	789,00	127,75	181,99	



Tramo		Long	Abcizado		Diám Int.	RDE	Q	Vel	Perdidas		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO		PRES FINAL (m.c.a)		OBSERVACIONES
			inical	final	Pulg.		L/s	m/seg	Unit	Total	Inicial	Final	Inicial	Final	Disp	Estática	
N1688	N1689	8,32	K5+655	K5+664	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09784	916,96	916,86	789	788,78	127,96	182,33	
N1689	N1690	14,22	K5+664	K5+678	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16722	916,86	916,69	788,78	788,59	128,08	182,55	
N1690	N1691	10,17	K5+678	K5+688	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11959	916,69	916,58	788,59	788,58	128,10	182,74	
N1691	N1692	9,85	K5+688	K5+698	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11583	916,58	916,46	788,58	788,58	128,00	182,75	
N1692	N1693	14,74	K5+698	K5+712	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,17333	916,46	916,29	788,58	788,57	127,88	182,75	
N1693	N1694	17,32	K5+712	K5+730	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,20367	916,29	916,08	788,57	788,50	127,72	182,76	
N1694	N1695	12,4	K5+730	K5+742	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,14581	916,08	915,94	788,5	788,79	127,58	182,83	
N1695	N1696	12,91	K5+742	K5+755	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15181	915,94	915,78	788,79	788,56	127,15	182,54	
N1696	N1697	14,4	K5+755	K5+770	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16933	915,78	915,62	788,56	788,37	127,22	182,77	
N1697	N1698	11	K5+770	K5+781	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12935	915,62	915,49	788,37	788,26	127,25	182,96	
N1698	N1699	15,99	K5+781	K5+797	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,18803	915,49	915,30	788,26	788,14	127,23	183,07	
N1699	N1700	12,76	K5+797	K5+809	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15005	915,30	915,15	788,14	788,18	127,16	183,19	
N1700	N1701	11,76	K5+809	K5+821	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13829	915,15	914,90	788,18	788,01	126,97	183,15	
N1701	N1702	16,99	K5+821	K5+838	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,19979	914,90	914,70	788,01	786,08	126,89	183,32	Codo:7
N1702	N1703	8,88	K5+838	K5+847	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10442	914,70	914,60	786,08	787,21	128,62	185,25	VDP:
N1703	N1704	11,46	K5+847	K5+858	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13476	914,60	914,46	787,21	787,05	127,39	184,12	
N1704	N1705	9,83	K5+858	K5+868	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11559	914,46	914,24	787,05	787,31	127,41	184,28	
N1705	N1706	7,34	K5+868	K5+876	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08631	914,24	914,15	787,31	787,37	126,93	184,02	Codo:7
N1706	N1707	11,62	K5+876	K5+887	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13664	914,15	914,01	787,37	786,64	126,78	183,96	
N1707	N1708	11,98	K5+887	K5+899	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,14088	914,01	913,87	786,64	786,89	127,37	184,69	
N1708	N1709	9	K5+899	K5+908	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10583	913,87	913,77	786,89	787,05	126,98	184,44	
N1709	N1710	10,76	K5+908	K5+919	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12653	913,77	913,64	787,05	787,27	126,72	184,28	
N1710	N1711	7,68	K5+919	K5+927	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,09031	913,64	913,44	787,27	787,38	126,37	184,06	
N1711	N1712	7,09	K5+927	K5+934	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08337	913,44	913,36	787,38	787,11	126,06	183,95	Codo:7
N1712	N1713	10,51	K5+934	K5+944	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,12359	913,36	913,23	787,11	787,21	126,25	184,22	
N1713	N1714	10,07	K5+944	K5+954	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11842	913,23	913,12	787,21	787,48	126,02	184,12	
N1714	N1715	9,85	K5+954	K5+964	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11583	913,12	913,00	787,48	787,63	125,64	183,85	
N1715	N1716	6,86	K5+964	K5+971	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08067	913,00	912,92	787,63	787,73	125,37	183,70	
N1716	N1717	3,3	K5+971	K5+974	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,03881	912,92	912,77	787,73	787,69	125,19	183,60	
N1717	N1718	14,31	K5+974	K5+989	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16827	912,77	912,60	787,69	786,92	125,08	183,64	Codo:22,5
N1718	N1719	11,81	K5+989	K6+000	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,13888	912,60	912,46	786,92	787,23	125,68	184,41	
N1719	N1720	9,49	K6+000	K6+010	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,11159	912,46	912,35	787,23	787,29	125,23	184,10	
N1720	N1721	15,81	K6+010	K6+026	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,18591	912,35	912,17	787,29	787,22	125,06	184,04	

Tramo		Long	Abcizado		Diám Int.	RDE	Q	Vel	Perdidas		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO		PRES FINAL (m.c.a)		OBSERVACIONES
			inical	final	Pulg.		L/s	m/seg	Unit	Total	Inicial	Final	Inicial	Final	Disp	Estática	
N1721	N1722	16,19	K6+026	K6+042	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,19038	912,17	911,98	787,22	787,25	124,95	184,11	
N1722	N1723	13,6	K6+042	K6+055	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15992	911,98	911,82	787,25	787,10	124,73	184,08	
N1723	N1724	5,11	K6+055	K6+061	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,06009	911,82	911,76	787,1	787,29	124,72	184,23	
N1724	N1725	15,73	K6+061	K6+076	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,18497	911,76	911,57	787,29	787,23	124,47	184,04	
N1725	N1726	18,27	K6+076	K6+095	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,21484	911,57	911,36	787,23	787,35	124,34	184,10	
N1726	N1727	19,81	K6+095	K6+114	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,23295	911,36	911,12	787,35	787,33	124,01	183,98	
N1727	N1728	14,29	K6+114	K6+129	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16804	911,12	910,96	787,33	787,05	123,79	184,00	
N1728	N1729	18,03	K6+129	K6+147	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,21202	910,96	910,74	787,05	786,93	123,91	184,28	
N1729	N1730	7,26	K6+147	K6+154	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08537	910,74	910,66	786,93	786,95	123,81	184,40	
N1730	N1731	2,72	K6+154	K6+157	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,03198	910,66	910,63	786,95	785,47	123,71	184,38	
N1731	N1732	14,02	K6+157	K6+171	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,16486	910,63	910,46	785,47	786,78	125,16	185,86	VDP:
N1732	N1733	9,32	K6+171	K6+180	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10960	910,46	910,24	786,78	786,40	123,68	184,55	
N1733	N1734	14,65	K6+180	K6+195	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,17227	910,24	910,07	786,4	786,22	123,84	184,93	Codo:11,25
N1734	N1735	12,97	K6+195	K6+208	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,15252	910,07	909,92	786,22	786,14	123,85	185,11	
N1735	N1736	9,12	K6+208	K6+217	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,10724	909,92	909,81	786,14	786,41	123,78	185,19	
N1736	N1737	7,39	K6+217	K6+224	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,08690	909,81	909,61	786,41	786,64	123,40	184,92	
N1737	N1738	3,18	K6+224	K6+227	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,03739	909,61	909,58	786,64	784,80	122,97	184,69	Codo:7
N1738	N1739	3,7	K6+227	K6+231	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,04351	909,58	909,53	784,8	786,56	124,78	186,53	
N1739	N1740	0,43	K6+231	K6+231	12,37	13,5	180,000	2,32	0,01176	0,00506	909,53	909,53	786,56	786,55	122,97	184,77	
N1740	N1741	10,11	K6+231	K6+242	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,11643	909,53	909,31	786,55	786,37	122,98	184,78	:Collar Derivacion
N1741	N1742	12,68	K6+242	K6+254	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,14603	909,31	909,16	786,37	785,71	122,94	184,96	Codo:11,25
N1742	N1743	8,09	K6+254	K6+262	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,09317	909,16	909,07	785,71	785,34	123,45	185,62	
N1743	N1744	3,57	K6+262	K6+266	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,04111	909,07	909,03	785,34	785,18	123,73	185,99	
N1744	N1745	10,11	K6+266	K6+276	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,11643	909,03	908,91	785,18	784,89	123,85	186,15	
N1745	N1746	21,03	K6+276	K6+297	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,24219	908,91	908,67	784,89	785,08	124,02	186,44	
N1746	N1747	12,95	K6+297	K6+310	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,14914	908,67	908,52	785,08	785,25	123,59	186,25	
N1747	N1748	12,09	K6+310	K6+322	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,13923	908,52	908,38	785,25	785,86	123,27	186,08	
N1748	N1749	16,49	K6+322	K6+339	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,18990	908,38	908,19	785,86	786,36	122,52	185,47	
N1749	N1750	9,54	K6+339	K6+348	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,10986	908,19	908,08	786,36	786,86	121,83	184,97	
N1750	N1751	17,12	K6+348	K6+365	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,19716	908,08	907,88	786,86	786,85	121,22	184,47	
N1751	N1752	9,7	K6+365	K6+375	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,11171	907,88	907,77	786,85	786,71	121,03	184,48	
N1752	N1753	14,22	K6+375	K6+389	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,16376	907,77	907,61	786,71	787,08	121,06	184,62	
N1753	N1754	16,91	K6+389	K6+406	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,19474	907,61	907,41	787,08	787,47	120,53	184,25	

Tramo		Long	Abcizado		Diám Int.	RDE	Q	Vel	Perdidas		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO		PRES FINAL (m.c.a)		OBSERVACIONES
			inical	final	Pulg.		L/s	m/seg	Unit	Total	Inicial	Final	Inicial	Final	Disp	Estática	
N1754	N1755	18,04	K6+406	K6+424	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,20775	907,41	907,20	787,47	789,15	119,94	183,86	
N1755	N1756	5,06	K6+424	K6+429	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,05827	907,20	907,04	789,15	789,22	118,05	182,18	
N1756	N1757	1,98	K6+429	K6+431	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,02280	907,04	907,02	789,22	789,57	117,82	182,11	Codo:11,25
N1757	N1758	4,41	K6+431	K6+436	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,05079	907,02	906,86	789,57	791,13	117,45	181,76	Valvula Lavado:
N1758	N1759	5,91	K6+436	K6+441	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,06806	906,86	906,79	791,13	792,84	115,73	180,20	Codo:22,5
N1759	N1760	5,69	K6+441	K6+447	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,06553	906,79	906,72	792,84	794,80	113,95	178,49	
N1760	N1761	5,79	K6+447	K6+453	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,06668	906,72	906,66	794,8	796,51	111,92	176,53	
N1761	N1762	5,72	K6+453	K6+459	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,06587	906,66	906,49	796,51	798,28	110,15	174,82	
N1762	N1763	6,15	K6+459	K6+465	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,07082	906,49	906,41	798,28	798,74	108,21	173,05	Codo:11,25
N1763	N1764	6,34	K6+465	K6+471	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,07301	906,41	906,34	798,74	799,95	107,67	172,59	
N1764	N1765	2,55	K6+471	K6+474	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,02937	906,34	906,31	799,95	800,52	106,39	171,38	
N1765	N1766	6,24	K6+474	K6+480	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,07186	906,31	906,13	800,52	802,32	105,79	170,81	
N1766	N1767	7,63	K6+480	K6+488	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,08787	906,13	906,05	802,32	803,27	103,81	169,01	Codo:7
N1767	N1768	10,19	K6+488	K6+498	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,11735	906,05	905,93	803,27	804,68	102,78	168,06	
N1768	N1769	6,02	K6+498	K6+504	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,06933	905,93	905,86	804,68	805,47	101,25	166,65	
N1769	N1770	6,28	K6+504	K6+510	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,07232	905,86	905,79	805,47	806,82	100,39	165,86	
N1770	N1771	6,33	K6+510	K6+516	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,07290	905,79	905,71	806,82	808,17	98,97	164,51	
N1771	N1772	5,96	K6+516	K6+522	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,06864	905,71	905,54	808,17	809,49	97,54	163,16	
N1772	N1773	5,37	K6+522	K6+528	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,06184	905,54	905,48	809,49	813,51	96,05	161,84	Codo:45
N1773	N1774	3,95	K6+528	K6+532	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,04549	905,48	905,43	813,51	816,44	91,97	157,82	
N1774	N177	2,94	K6+532	K6+535	12,37	13,5	177,980	2,30	0,01152	0,03386	905,43	905,40	816,44	819,13	88,99	154,89	
N177	N178	5,86	K6+535	K6+540	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,06029	905,40	905,34	819,13	821,22	86,27	152,20	
N178	N179	7,13	K6+540	K6+548	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,07335	905,34	905,26	821,22	825,32	84,12	150,11	
N179	N180	4,82	K6+548	K6+552	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,04959	905,26	905,21	825,32	828,38	79,94	146,01	
N180	N181	4,28	K6+552	K6+557	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,04403	905,21	905,17	828,38	831,52	76,83	142,95	
N181	N182	4,6	K6+557	K6+561	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,04733	905,17	905,12	831,52	834,72	73,65	139,81	
N182	N183	4,5	K6+561	K6+566	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,04630	905,12	905,08	834,72	838,02	70,40	136,61	
N183	N184	4,65	K6+566	K6+570	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,04784	905,08	905,03	838,02	841,85	67,06	133,31	
N184	N185	2,67	K6+570	K6+573	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,02747	905,03	905,00	841,85	844,76	63,18	129,48	
N185	N186	5,86	K6+573	K6+579	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,06029	905,00	904,94	844,76	848,75	60,24	126,57	
N186	N187	4,72	K6+579	K6+584	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,04856	904,94	904,89	848,75	852,47	56,19	122,58	
N187	N188	4,3	K6+584	K6+588	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,04424	904,89	904,85	852,47	856,07	52,42	118,86	
N188	N169	0,61	K6+588	K6+589	12,66	21,0	177,980	2,19	0,01029	0,00628	904,85	904,84	856,07	856,04	48,78	115,26	

Tramo		Long	Abcizado		Diám Int.	RDE	Q	Vel	Perdidas		COTA PIEZOMETRICA		COTA TERRENO		PRES FINAL (m.c.a)		OBSERVACIONES
			inical	final	Pulg.		L/s	m/seg	Unit	Total	Inicial	Final	Inicial	Final	Disp	Estática	
N169	N170	4,78	K6+589	K6+593	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,04455	904,84	904,80	856,04	859,63	48,80	115,29	
N170	N171	4,58	K6+593	K6+598	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,04268	904,80	904,75	859,63	862,98	45,17	111,70	
N171	N172	4,76	K6+598	K6+603	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,04436	904,75	904,71	862,98	866,09	41,77	108,35	
N172	N173	5,02	K6+603	K6+608	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,04678	904,71	904,66	866,09	868,70	38,62	105,24	
N173	N174	4,96	K6+608	K6+613	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,04622	904,66	904,62	868,7	871,33	35,96	102,63	
N174	N175	4,97	K6+613	K6+618	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,04632	904,62	904,57	871,33	873,99	33,29	100,00	
N175	N176	4,46	K6+618	K6+622	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,04156	904,57	904,53	873,99	875,92	30,58	97,34	
N176	N159	6,24	K6+622	K6+628	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,05815	904,53	904,47	875,92	878,26	28,61	95,41	
N159	N160	5,42	K6+628	K6+634	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,05051	904,47	904,42	878,26	880,00	26,21	93,07	
N160	N161	5,39	K6+634	K6+639	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,05023	904,42	904,37	880	881,90	24,42	91,33	
N161	N162	4,12	K6+639	K6+643	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,03840	904,37	904,33	881,9	883,74	22,47	89,43	
N162	N163	5,38	K6+643	K6+649	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,05014	904,33	904,28	883,74	885,76	20,59	87,59	
N163	N164	5,39	K6+649	K6+654	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,05023	904,28	904,23	885,76	887,71	18,52	85,57	
N164	N165	5,39	K6+654	K6+659	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,05023	904,23	904,18	887,71	889,39	16,52	83,62	
N165	N166	4,7	K6+659	K6+664	12,92	26,0	177,980	2,10	0,00932	0,04380	904,18	904,14	889,39	890,84	14,79	81,94	
N166			K6+664		12,92	26,0	177,980						890,84			80,49	Codo:22,5

Fuente: Ramírez, 2010.

### 3.5 CÁLCULOS ESTRUCTURALES

Con la información producto del Diseño Hidráulico definitivo se obtuvieron las presiones Estáticas y Dinámicas en cada uno de los puntos que conforman la línea de conducción principal y red de distribución del Distrito de Riego Llano de la Virgen.

Estos cálculos se realizaron tomando como Empuje la presión Estática de cada punto donde la tubería presenta cambios de dirección tanto horizontales como verticales teniendo en cuenta la cantidad en grados de cada curva, esta fue medida en planos de planta y perfil de la conducción principal, de igual forma se tuvieron en cuenta aquellas zonas donde ya se había realizado la instalación de la tubería y por consiguiente también se encontraban instalados los codos correspondientes a cada cambio de dirección en la tubería.

De esta Forma los cambios de Dirección y codos encontrados en el tramo 4 de la Conducción principal del distrito de Riego Llano de la Virgen se pueden observar en la Tabla N° 12.

Como se mencionó anteriormente para el diseño de los apoyos o anclajes de utilizo el programa CALCULO DE ANCLAJES SEGÚN NORMA NS-060 E.A.A.B. el cual es recomendado por PAVCO S.A y utiliza la siguiente metodología.

#### 3.5.1 Muestras de Cálculo para Anclajes:

##### 3.5.1.1 Muestra de Cálculo para Codo en el sentido Horizontal:

Tomando como ejemplo el codo No 1 se Tiene:

Este cálculo inicia determinando los esfuerzos a lo que está sometido el codo por la presión estática los cuales son los que se tienen en cuenta por ser los más críticos.

$$E = 2 * \rho a * A * \left( H + \left( \frac{V^2}{g} \right) \right) * \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Siendo:

$E$  = Empuje (Tn)

$\rho a$  = Peso específico del agua (1000 Kg /m3)

$H$  = Altura de la Columna de Agua (m)

$A$  = Area de la sección del tubo (m2)

$V$  = Velocidad (m/seg)

$G$  = gravedad (9.88 m/seg<sup>2</sup>)

De esta forma:

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * (14\text{pulg} * 0.0254\text{m})^2}{4} = 0.099\text{m}^2$$

**Tabla N° 13: Codos Presentes en el Tramo 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen.**

Numero	Numero en Plano	Este	Norte	Cota	Angulo (º)	Velocidad (m/seg)	Presión Dinámica	Presión Estática (mca)	Presión Estática (PSI)	Clase de curva
1	1726	818911,809	723300,689	885,610	11,25	2.13	55,940	85,720	121,935	H
2	1732	818920,326	723305,920	883,260	11,25	2.13	58,100	88,070	125,277	H
3	1738	818927,184	723306,696	878,820	22,5	2.13	62,380	92,510	131,593	VS
4	1744	818938,556	723307,129	876,140	33,0	2.13	64,870	95,190	135,405	VI
5	1751	818959,872	723304,730	866,830	45,0	2.13	73,880	104,500	148,649	H
6	1757	818967,350	723311,147	863,070	22,5	2.13	77,450	108,260	153,997	VS
7	1763	818975,396	723319,741	863,030	11,25	2.13	77,290	108,300	154,054	VI
8	1771	818991,576	723335,157	856,060	33,0	2.13	84,050	115,270	163,969	H
9	1780	818997,812	723350,914	859,490	7,0	2.13	80,370	111,840	159,090	VS
10	1786	819001,496	723361,906	861,150	17,0	2.13	78,510	110,180	156,728	H
11	1793	819011,691	723374,132	861,880	17,0	2.13	77,530	109,450	155,690	H
12	1801	819023,562	723386,100	856,880	17,0	2.21	82,260	114,450	162,802	VS
13	1811	819060,534	723402,199	839,100	11,25	2.21	99,430	132,230	188,094	VI
14	1816	819064,529	723404,703	834,740	22,5	2.21	103,640	136,590	194,296	H
15	1822	819069,927	723407,444	827,710	17,0	2.32	110,490	143,620	204,296	VI
16	1828	819074,650	723414,430	817,460	7,0	2.32	120,530	153,870	218,876	H
17	1838	819095,361	723454,582	810,250	7,0	2.32	127,370	161,080	229,132	VS
18	1848	819116,566	723492,351	805,970	17,0	2.32	130,760	165,360	235,220	H
19	1857	819125,925	723568,793	806,640	7,0	2.32	129,080	164,690	234,267	VI
20	1875	819126,540	723572,948	806,580	33,0	2.32	128,980	164,750	234,353	H
21	1886	819180,579	723623,215	804,660	11,25	2.32	129,930	166,670	237,084	H
22	1917	819273,474	723685,582	802,690	11,25	2.32	130,380	168,640	239,886	H
23	1924	819290,865	723702,323	803,660	7,0	2.32	129,010	167,670	238,506	VI
24	1938	819323,160	723732,506	804,040	11,25	2.32	128,010	167,290	237,966	VI
25	1947	819389,590	723817,431	800,590	7,0	2.32	130,090	170,740	242,873	VS

Numero	Numero en Plano	Este	Norte	Cota	Angulo (°)	Velocidad (m/seg)	Presión Dinámica	Presión Estática (mca)	Presión Estática (PSI)	Clase de curva
26	1995	819571,324	724057,214	797,390	7,0	2.32	129,550	173,940	247,425	H
27	2019	819590,944	724103,543	798,070	7,0	2.32	12806,000	173,260	246,458	H
28	2024	819585,506	724087,404	796,760	7,0	2.32	129,680	173,570	248,321	H
29	2045	819626,602	724210,374	798,420	7,0	2.32	126,170	172,910	245,960	VS
30	2057	819632,109	724227,835	797,450	7,0	2.32	126,820	173,880	247,340	VI
31	2074	819654,913	724349,880	795,920	11,25	2.32	126,790	175,410	249,516	VI
32	2081	819659,986	724372,970	797,260	11,25	2.32	125,060	174,070	247,610	VS
33	2087	819663,168	724388,524	797,800	7,0	2.32	124,230	173,530	246,842	H
34	2128	819722,443	724575,460	796,220	7,0	2.32	123,410	175,110	249,090	VS
35	2172	819758,447	724755,813	791,800	11,25	2.32	125,450	179,530	255,377	H
36	2178	819763,531	724772,818	789,790	7,0	2.32	127,150	181,540	258,236	VI
37	2215	819805,404	724959,631	788,010	7,0	2.32	126,700	183,320	260,768	H
38	2237	819819,477	725004,623	787,310	7,0	2.32	126,310	184,020	261,764	H
39	2247	819828,154	725062,310	787,380	7,0	2.32	125,650	183,950	261,664	H
40	2279	819832,354	725109,783	787,690	22,5	2.32	124,670	183,640	261,223	H
41	2318	819761,096	725302,935	786,400	11,25	2.32	123,450	184,930	263,058	H
42	2326	819749,798	725345,586	786,640	7,0	2.32	122,580	184,690	262,717	H
43	2333	819743,824	725362,564	786,370	11,25	2.32	122,540	184,960	263,101	H
44	2386	819683,432	725539,904	789,220	11,25	2.32	117,330	182,110	259,047	H
45	2392	819681,853	725546,080	791,130	22,5	2.29	115,240	180,200	256,330	VI
46	2407	819673,006	725567,433	798,280	11,25	2.29	107,72	173,050	246,159	VS
47	2415	819665,083	725587,175	802,320	7,0	2.29	103,330	169,010	240,413	VI
48	2421	819648,058	725626,015	809,490	45,0	2.29	75,570	161,840	230,213	VI
49	2572	819598,002	725760,016	890,510	22,5	2.03	13,090	80,820	114,964	H

Fuente: Ramírez, 2011

Teniendo que:

$$E = 2 * \rho a * A * \left( H + \left( \frac{V^2}{g} \right) \right) * \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

Luego Entonces:

$$E = 2 * \frac{1000Kg}{m^3} * 0.099m^2 * \left( 85.72m + \left( \frac{\left(\frac{2.13m}{seg}\right)^2}{9.8 \frac{m}{seg^2}} \right) \right) * \text{sen}\left(\left(\frac{11.25}{2}\right) * \frac{\pi}{180}\right)$$

$$E = 1672.22Kg$$

Se Calcula el Empuje Horizontal Eh:

$$Eh = (\mu * P) + \left( L * h * \left( \frac{\sigma}{4} \right) \right)$$

Donde:

*Eh = Empuje horizontal*

*P = Peso del anclaje (Ton)*

*$\mu$  = Coeficiente de fricción, depende de la textura del suelo , ver tabla N° 1*

*L = Longitud del anclaje (m)*

*h = Altura del anclaje (m)*

*$\sigma$  = Esfuerzo admisible vertical o capacidad portante (Tn/m2), ver tabla N° 2*

Según los estudios realizados en el proyecto la Capacidad portante es:

$$\sigma = 2.45 \text{ kg/cm}^2 = 24.5 \text{ Ton/m}^2.$$

El dimensionamiento del anclaje se realizó por tanteo, de acuerdo a la ecuación para el sentido del codo (ya sea horizontal, vertical inferior o vertical superior), a continuación se muestra el procedimiento utilizado para su diseño.

$$P = \rho c * h * L * B$$

Donde:

*$\rho c$  = Peso específico concreto ciclópeo (2,4 Tn/m3)*

*h = Altura*

*L = Longitud del anclaje (m)*

*B = Ancho*

Para la curva horizontal se consideró el ancho de la zanja, en el sitio del anclaje, como la sumatoria del diámetro más 0,9 m (0,45 m a cada lado), y la altura del anclaje como la sumatoria del diámetro más 0,4 m (0,2 m por encima y debajo del accesorio). Ver Figura 4.

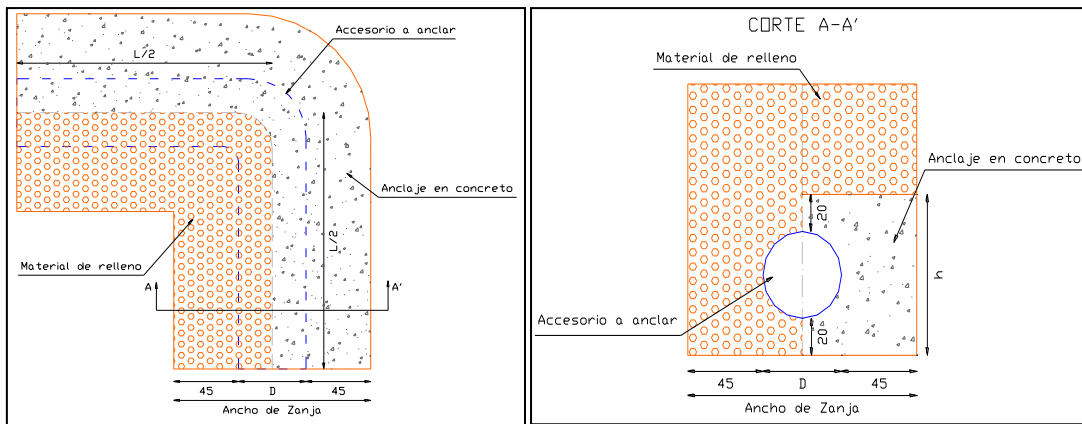
De esta forma y Como se muestra en la figura:

$$h = (14 \text{ pulg} * 0.0254m) + 0.2m + 0.2m \rightarrow h = 0.76m \approx 0.8$$



$$B = \frac{(14\text{pulg} * 0.0254\text{m})}{2} + 0.45 \rightarrow B = 0.63\text{m} \approx 0.65$$

**Figura N° 6. Esquema de Anclaje de Curva Horizontal**



Fuente: PAVCO S.A. 2008

Asumiendo  $L = 0.4 \text{ m}$  se tiene:

$$P = \frac{2.4\text{Ton}}{\text{m}^3} * 0.8\text{m} * 0.40\text{m} * 0.65\text{m} \rightarrow P = 0.432\text{Ton} = 432\text{Kg}$$

Retomando la Ecuación para el cálculo del Empuje Horizontal  $E_h$  y teniendo en cuenta la Tabla N° 1 para coeficientes de fricción se tiene:

$$E_h = (\mu * P) + \left( L * h * \left( \frac{\sigma}{4} \right) \right)$$

$$E_h = (0.45 * 0.432\text{Ton}) + (0.40\text{m} * 0.75\text{m} * \left( \frac{24.5\text{Ton}}{4} \right))$$

$$E_h = 2.032\text{Ton} = 2032\text{Kg}$$

**Por lo Tanto:**



$$E_h = 2032\text{Kg} > E = 1672.22\text{K}$$

Los resultados obtenidos con el software CALCULO DE ANCLAJES SEGÚN NORMA NS-060 E.A.A.B. recomendado por PAVCO S.A son (Ver Tabla N° 13):

$$E_h = 2034.7\text{Kg} > E = 1678.1\text{Kg}$$

Se puede observar que los resultados varían pero no representan cambios considerables, por tal razón se siguió trabajando con el programa anteriormente mencionado.

Tabla N° 14 Cálculo de Anclajes de curva Horizontal Presentes en el Tramo 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen.

		CALCULO DE ANCLAJES DE CURVA HORIZONTAL SEGÚN NORMA NS-060 E.A.A.B.																	
No	Accesorio	Diámetro (pulg)	Diámetro (cm)	Velocidad (m/s)	Ángulo (°)	Área Transversal Tubería (cm <sup>2</sup> )	Presión de Servicio (PSI)	Presión de Servicio (kg/cm <sup>2</sup> )	Empuje Dinámico Producido (kg)	Empuje Hidrostático Producido (kg)	Empuje Total (kg)	L cm	h cm	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu$	Peso Anclaje (kg)	Empuje a Resistir (kg)	Volumen Total de Concreto (m <sup>3</sup> )
1	Codo	14	35,56	2,13	11,25	993,15	121,94	8,57	9,01	1669,06	1678,07	40	76	2,45	0,61	0,45	407,72	2034,69	0,17
2	Codo	14	35,56	2,13	11,25	993,15	125,28	8,81	9,01	1714,81	1723,82	40	76	2,45	0,61	0,45	407,72	2034,69	0,17
5	Codo	14	35,56	2,13	45,00	993,15	148,65	10,45	35,19	7944,08	7979,27	160	76	2,45	0,61	0,45	1630,88	8138,78	0,68
8	Codo	14	35,56	2,13	33,00	993,15	163,97	11,53	26,12	6503,47	6529,59	130	76	2,45	0,61	0,45	1325,09	6612,76	0,55
10	Codo	14	35,56	2,13	17,00	993,15	156,73	11,02	13,59	3235,12	3248,71	70	76	2,45	0,61	0,45	713,51	3560,71	0,30
11	Codo	14	35,56	2,13	17,00	993,15	155,69	10,95	13,59	3213,69	3227,29	70	76	2,45	0,61	0,45	713,51	3560,71	0,30
14	Codo	14	35,56	2,21	22,50	993,15	194,26	13,66	19,31	5292,50	5311,81	110	76	2,45	0,61	0,45	1121,23	5595,41	0,47
16	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	218,88	15,39	6,66	1866,01	1872,67	40	76	2,45	0,61	0,45	407,72	2034,69	0,17
18	Codo	14	35,56	2,32	17,00	993,15	235,22	16,54	16,12	4855,32	4871,45	100	76	2,45	0,61	0,45	1019,30	5086,74	0,42
20	Codo	14	35,56	2,32	33,00	993,15	234,35	16,48	30,98	9295,10	9326,08	190	76	2,45	0,61	0,45	1936,67	9664,80	0,81
21	Codo	14	35,56	2,32	11,25	993,15	237,08	16,67	10,69	3245,23	3255,93	70	76	2,45	0,61	0,45	713,51	3560,71	0,30
22	Codo	14	35,56	2,32	11,25	993,15	239,89	16,87	10,69	3283,59	3294,28	70	76	2,45	0,61	0,45	713,51	3560,71	0,30
26	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	247,43	17,40	6,66	2109,41	2116,07	50	76	2,45	0,61	0,45	509,65	2543,37	0,21
27	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	246,46	17,33	6,66	2101,16	2107,82	50	76	2,45	0,61	0,45	509,65	2543,37	0,21
28	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	248,32	17,46	6,66	2117,05	2123,71	50	76	2,45	0,61	0,45	509,65	2543,37	0,21
33	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	246,84	17,35	6,66	2104,44	2111,10	50	76	2,45	0,61	0,45	509,65	2543,37	0,21
35	Codo	14	35,56	2,32	11,25	993,15	255,38	17,95	10,69	3495,63	3506,32	70	76	2,45	0,61	0,45	713,51	3560,71	0,30
37	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	260,77	18,33	6,66	2223,16	2229,82	50	76	2,45	0,61	0,45	509,65	2543,37	0,21
38	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	261,76	18,40	6,66	2231,65	2238,31	50	76	2,45	0,61	0,45	509,65	2543,37	0,21
39	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	261,66	18,40	6,66	2230,80	2237,46	50	76	2,45	0,61	0,45	509,65	2543,37	0,21
40	Codo	14	35,56	2,32	22,50	993,15	261,22	18,37	21,28	7116,87	7138,15	150	76	2,45	0,61	0,45	1528,95	7630,10	0,64
41	Codo	14	35,56	2,32	11,25	993,15	263,06	18,49	10,69	3600,77	3611,46	80	76	2,45	0,61	0,45	815,44	4069,39	0,34
42	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	262,72	18,47	6,66	2239,78	2246,44	50	76	2,45	0,61	0,45	509,65	2543,37	0,21
43	Codo	14	35,56	2,32	11,25	993,15	263,10	18,50	10,69	3601,36	3612,05	80	76	2,45	0,61	0,45	815,44	4069,39	0,34
44	Codo	14	35,56	2,32	11,25	993,15	259,05	18,21	10,69	3545,87	3556,56	80	76	2,45	0,61	0,45	815,44	4069,39	0,34
49	Codo	14	35,56	2,03	22,50	993,15	114,96	8,08	16,29	3132,13	3148,42	70	76	2,45	0,61	0,45	713,51	3560,71	0,30
<b>TOTAL CONCRETO</b>																		<b>8,58</b>	

Fuente: Ramírez, 2010

### 3.5.1.2 Codo en el sentido Vertical Inferior:

Tomando como ejemplo el codo No 4 se tiene:

$$E = 2 * \rho a * A * \left( H + \left( \frac{V^2}{g} \right) \right) * \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * (14\text{pulg} * 0.0254\text{m})^2}{4} = 0.099\text{m}^2$$

$$E = 2 * \frac{1000\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.099\text{m}^2 * \left( 95.19\text{m} + \left( \frac{\left(\frac{2.13\text{m}}{\text{seg}}\right)^2}{\frac{9.88\text{m}}{\text{seg}^2}} \right) \right) * \text{sen}\left(\left(\frac{33}{2}\right) * \frac{\pi}{180}\right)$$

$$E = 5378.8\text{Kg}$$

En este caso también el dimensionamiento se realiza también por tanteo, donde  $E_{vi} \geq E$

Se Calcula el Empuje Vertical Inferior:

$$EVI = (L * B * \sigma) - P$$

Como en el caso anterior se toma la Capacidad portante:

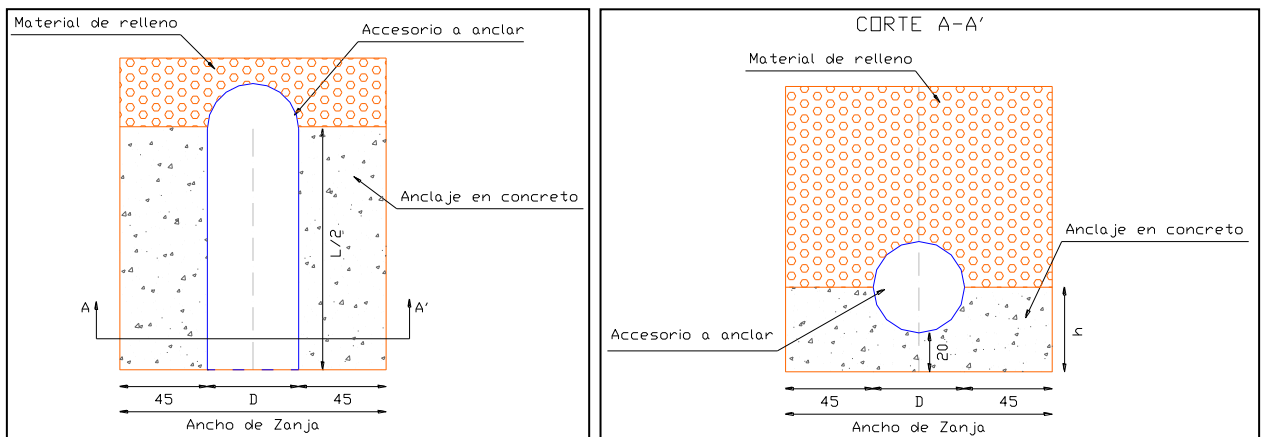
$$\sigma = 2.45 \text{ kg/cm}^2 = 24.5 \text{ Ton/m}^2.$$

Se calcula el peso del anclaje:

$$P = \rho c * h * L * B$$

Para curva vertical inferior se considera la altura del anclaje como la sumatoria de medio diámetro más 0,2 m (debajo del accesorio)

**Figura N° 7: Esquema de Anclaje de Curva Vertical Inferior.**



Fuente: PAVCO S.A, 2008.

De esta forma y Como se muestra en la figura N° 7:

$$h = \frac{(14 \text{ pulg} * 0.0254\text{m})}{2} + 0.2\text{m} \rightarrow h = \mathbf{0.38\text{m} \approx 0.4\text{m}}$$

$$B = (14\text{pulg} * 0.0254\text{m}) + 0.45 + 0.45 \rightarrow \mathbf{B = 1.26\text{m}}$$

Asumiendo  $L = 0.4 \text{ m}$  se tiene:

$$P = \frac{2.4\text{Ton}}{\text{m}^3} * 0.4\text{m} * 0.40\text{m} * 1.26\text{m} \rightarrow P = 0.483\text{Ton} = 483\text{Kg}$$

Retomando la Ecuación para el cálculo del Empuje Vertical inferior EVI se tiene:

$$EVI = (L * B * \sigma) - P$$

$$EVI = \left(0.4\text{m} * 1.26\text{m} * \frac{25.4\text{Ton}}{\text{m}^2}\right) - 0.483\text{Ton}$$

$$\mathbf{EVI = 11.865\text{Ton} = 11865\text{Kg}}$$

**Por lo Tanto:**

$$\mathbf{EVI = 11865\text{Kg} > E = 5378.8\text{Kg}}$$

Durante los cálculos se observó que con una  $L = 0.2 \text{ m}$  arroja un  $EVI = 5982.56 \text{ Kg}$ , este valor también supera el Empuje realizado por la presión Estática, se asumió como Longitud mínima del anclaje 0.4m teniendo en cuenta la longitud del accesorio buscando que este quede totalmente cubierto por el concreto ciclópeo.

Los resultados obtenidos con el programa CALCULO DE ANCLAJES SEGÚN NORMA NS-060 E.A.A.B. recomendado por PAVCO S.A son:

$$\mathbf{EVI = 11965.11\text{Kg} > E = 5396.66\text{Kg}}$$

Se puede observar que los resultados varían pero no representan cambios considerables, por tal razón se trabajó con el programa anteriormente mencionado. Ver Tabla N° 16.

### 3.5.1.3 Codo en el Vertical Superior:

Tomando como ejemplo el codo No 3 se tiene:

$$E = 2 * \rho a * A * \left(H + \left(\frac{V^2}{g}\right)\right) * \text{sen}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$A = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * (14\text{pulg} * 0.0254\text{m})^2}{4} = 0.099\text{m}^2$$

$$E = 2 * \frac{1000Kg}{m^3} * 0.099m^2 * \left( 92.51m + \left( \frac{(2.13m)^2}{\frac{9.88m}{seg^2}} \right) \right) * \text{sen}\left(\left(\frac{22.25}{2}\right) * \frac{\pi}{180}\right)$$

$$E = 3551.8Kg$$

En este caso como mínimo se debe cumplir que: **Evs = P**

Si  $Evs \geq E$ , entonces el dimensionamiento establecido es correcto, por el contrario si esta condición no se cumple entonces se debe calcular con otras dimensiones.

Asumiendo **L = 1.5 m, h= 1.0 m y B=1.0 m** se tiene:

$$EVS = P = \rho c * h * L * B$$

$$P = \frac{2.4Ton}{m^3} * 1m * 1.5m * 1m \rightarrow P = 3.6Ton = 3600Kg$$

$$EVS = P = 3600Kg$$

$$EVS = 3600Kg > E = 3551.8Kg$$

Los resultados se observan en la Tabla N° 17.

### 3.5.2 Muestra de Cálculo para Encofrados:

De igual forma se diseñaron encofrados para proteger la tubería PVC en el cruce sobre drenajes naturales, para el diseño de estos se tuvo en cuenta el diámetro de la tubería y el recubrimiento necesario para evitar daños en la misma. Se tomo **Espesor de recubrimiento = 10cm**

$$b = h = (14\text{pulg} * 0.0254m) + 0.1m + .01m \rightarrow 0.56m \approx 0.6m$$



En estos encofrados el tubo se recubre inicialmente con malla de pañete para que el concreto se adhiera al PVC, luego se realiza el figurado del hierro y finalmente se funde, en el siguiente cuadro se presentan los encofrados tipo que se diseñaron en el proyecto.

Tabla N° 15: Dimensiones de Encofrados Tipo Diseñados para el Distrito de Riego Llano de la Virgen.

ENCOFRADO TIPO	DIAMETRO TUBERIA	ANCHO (m)	ALTO (m)
1	16", 14"	0.6	0.6
2	12", 10"	0.45	0.45
3	8"	0.40	0.40
4	6"	0.35	0.35
5	4" y 3"	0.30	0.30
6	2"	0.20	0.20



Fuente: Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda.

Tabla N° 16: Cálculo de Anclajes de curva Vertical Inferior Presentes en el Tramo 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen.

																			
		CALCULO DE ANCLAJES DE CURVA VERTICAL INFERIOR SEGÚN NORMA NS-060 E.A.A.B.																	
Nodo	Accesorio	Diámetro (pulg)	Diámetro (cm)	Velocidad (m/s)	Ángulo (°)	Área Transversal Tubería (cm <sup>2</sup> )	Presión de Servicio (PSI)	Presión de Servicio (kg/cm <sup>2</sup> )	Empuje Dinámico Producido (kg)	Empuje Hidrostático Producido (kg)	Empuje Total (kg)	L (cm)	b (cm)	$\sigma$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu$	Peso Anclaje (kg)	Empuje a Resistir (kg)	Volumen Total de Concreto (m <sup>3</sup> )
4	Codo	14	35,56	2,13	33,00	993,15	135,41	9,52	26,12	5370,54	5396,66	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
7	Codo	14	35,56	2,13	11,25	993,15	154,05	10,83	9,01	2108,71	2117,72	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
13	Codo	14	35,56	2,21	11,25	993,15	188,09	13,22	9,70	2574,65	2584,36	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
15	Codo	14	35,56	2,32	17,00	993,15	204,30	14,36	16,12	4217,00	4233,13	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
19	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	234,27	16,47	6,66	1997,23	2003,89	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
23	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	238,51	16,77	6,66	2033,37	2040,03	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
24	Codo	14	35,56	2,32	11,25	993,15	237,97	16,73	10,69	3257,31	3268,00	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
30	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	247,34	17,39	6,66	2108,68	2115,34	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
31	Codo	14	35,56	2,32	11,25	993,15	249,52	17,54	10,69	3415,40	3426,10	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
36	Codo	14	35,56	2,32	7,00	993,15	258,24	18,16	6,66	2201,58	2208,24	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
45	Codo	14	35,56	2,29	22,25	993,15	256,33	18,02	20,51	6906,95	6927,46	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
47	Codo	14	35,56	2,29	7,00	993,15	240,41	16,90	6,49	2049,63	2056,12	40	126	2,45	0,61	0,45	339,767	11965,11	0,17
48	Codo	14	35,56	2,29	45,00	993,15	230,21	16,19	40,68	12303,01	12343,68	50	126	2,45	0,61	0,45	424,708	14956,39	0,21
																		<b>TOTAL CONCRETO</b>	<b>2,25</b>

Fuente: Ramírez, 2010.

**Tabla N° 17: Cálculo de Anclajes de curva Vertical Superior Presentes en el Tramo 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen.**

 														
No	Peso Tubería	Diámetro Interno	Diámetro Interno	Área (Sección)	Angulo	Presión de trabajo	Caudal Transportado	Velocidad	Empuje Total Hidráulico	Volumen del Concreto necesario	Altura	Ancho	Largo	Empuje Vertical superior
	kg/m	mm	m	m <sup>2</sup>	Φ	M.C.A	m <sup>3</sup> /seg	m/seg	Ton	m <sup>3</sup>	m	m	m	Ton
	$W_p$	$D_{int}$	$D_{int}$	A		H	Q	V	E	$V_c$	h	b	c	EVS
3	22,65	328,26	0,3283	0,0846	22,25	92,51	0,18	2,1300	3,0288	1,5	1	1	1,5	3,635
6	22,65	328,26	0,3283	0,0846	22,25	108,26	0,18	2,1300	3,5432	1,8	1,1	1	1,6	4,252
9	22,65	328,26	0,3283	0,0846	7,00	111,84	0,18	2,1300	1,1580	0,6	0,8	0,7	1,0	1,390
12	28,14	321,76	0,3218	0,0813	17,00	114,45	0,18	2,2100	2,7571	1,4	1,1	1	1,3	3,308
17	42,27	314,24	0,3142	0,0776	7,00	161,08	0,18	2,3200	1,5279	0,8	0,8	1	1,0	1,833
25	42,27	314,24	0,3142	0,0776	7,00	170,74	0,18	2,3200	1,6194	0,8	0,9	0,9	1,0	1,943
29	42,27	314,24	0,3142	0,0776	7,00	172,91	0,18	2,3200	1,6399	0,8	0,9	0,9	1,0	1,968
32	42,27	314,24	0,3142	0,0776	11,25	174,07	0,18	2,3200	2,6507	1,3	1	1	1,3	3,181
34	42,27	314,24	0,3142	0,0776	7,00	175,11	0,18	2,3200	1,6608	0,8	0,8	1	1,0	1,993
46	42,27	314,24	0,3142	0,0776	11,25	173,05	0,178	2,2900	2,6350	1,3	1,1	1	1,2	3,162
									<b>TOTAL CONCRETO</b>	11,1				

Fuente: Ramírez, 2010.

### 3.6 APOYO EN PROCESO CONSTRUCTIVO

#### 3.6.1 Excavación y Demolición

En la mayor parte del tramo se realizaron excavaciones mecánicas para la conducción principal en tubería RDE 13.5, esta se ubico en la zona conocida como la Vega en la cual existen vías de acceso para vehículos y maquinaria.

**Fotos 4. Excavaciones para tubería 14" RDE 13.5 zona conducción Principal**



**Fuente:** Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

También se desarrollaron excavaciones manuales las cuales fueron actividades realizadas por los usuarios como aporte en mano de obra no calificada, estas generaron gran cantidad de jornales para los habitantes de la región; Se emplearon herramientas menores como palas, picas, barras y macetas.

**Fotos 5. Excavaciones Manuales para tubería 14" zona conducción Principal**



**Fuente:** Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

Durante el desarrollo de estas excavaciones tanto mecánicas como manuales se hizo presencia continua realizando el trazado y supervisando que se cumpliera la profundidad. Ancho, pendiente del fondo y evacuación de rocas con el fin de asegurar la cama optima para la posterior instalación de la tubería.



El inconveniente presentado tanto en las excavaciones mecánicas como manuales, radica en la presencia de rocas de gran tamaño, las cuales fue necesario demolerlas y evacuarlas.

Las rocas pequeñas se demolieron con maceta o se sacaron con la ayuda de malacates amarrados a trípodes o palos fabricados o ubicados en el sitio.

De igual forma las rocas de gran tamaño se demolieron mediante la utilización de un taladro eléctrico el cual impactaba en la roca desprendiéndola en pedazos pequeños más fáciles de evacuar de la excavación. En algunos casos se recurrió a explotar estas rocas de forma controlada.

#### **Fotos 6. Evacuación y demolición de Rocas durante las Excavaciones**



**Fuente:** Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

### **3.6.2 Instalación de Tubería**

Se tuvo la oportunidad de realizar la instalación de tuberías de Unión Platino y extremo liso la cual corresponde a la 14" RDE 13.5 que por su espesor es imposible hacerle campana, pues en esta parte se debilitaría el tubo.

#### **3.6.2.1 Instalación de Tubería Unión Platino**

El proceso se inicia realizando una cuidadosa limpieza de las partes a unir, si es necesario se debe alisar el espigo y marcar claramente la longitud de entrada que para el caso de tubería 14" RDE 26 y 21 es de 30 cm.

Se debe revisar que el sello Unión Platino este en buenas condiciones y dentro de la ranura de la campana, este y el espigo de deben lubricar con lubricante PAVCO con el fin de facilitar la instalación.

Posteriormente se empuja el espigo de tal forma que penetre en la boca de la unión y de alinean perfectamente las tuberías en ambos planos, finalmente de empuja el espigo hasta la marca de entrada.

**Figura N° 8: Limpieza y Alineación de la Tubería a Instalar.**



**Fuente:** PAVCO S.A, 2008. Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

### **3.6.2.2 Instalación Tubería Extremo liso 14" RDE 13,5**

Este tipo de tubería extremo liso se debe acoplar con uniones tipo dresser fabricadas en acero al carbón, este material las hace capaces de resistir las altas presiones estáticas que se presentan.

El proceso inicia con bajar cuidadosamente la tubería a la excavación teniendo en cuenta que el golpearlos puede causar alteraciones en su resistencia, esta labor se debe realizar con mínimo 3 personas debido a que esta tubería es muy pesada.

Posteriormente se Inserta la unión en el tubo inicial con la cabeza de los tornillos hacia el tubo instalado y las tuercas hacia el tubo a instalar; se debe izar el tubo instalado y que se va a instalar utilizando malacates, lasos y palos atravesados en la excavación.

**Fotos 7. Bajada de la Tubería a la excavación e izada de la misma.**



**Fuente:** Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

Se deben enfrentar los espigos de los tubos de manera que coincidan exactamente realizando movimientos como bajar, subir, a la derecha o izquierda de los tubos a instalar. Esta tubería por ser muy rígida no permite

ningún tipo de deflexión por lo tanto se vuelve exigente en la instalación de codos en cualquier cambio de dirección.

De igual forma se debe marcar la tubería para indicar hasta donde debe ir la unión en cada uno de los tubos a instalar y aplicar lubricante para facilitar el movimiento de la unión hasta las marcas realizadas.

De esta manera se procede a apretar los tornillos con pistola de impacto y copa 19, la energía necesaria para esta labor fue suministrada por una planat generadora a gasolina; los tornillos se deben apretar cruzados y de manera gradual en dos tiempos, inicialmente se ajustan un poco y en la segunda un poco mas.

### Fotos 8. Marcación y lubricación de los Espigos



Fuente: Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

Posteriormente a cada tornillo se le aplica una fuerza de torque equivalente a 50 lb- pie actividad que se lleva a cabo con un torquimetro marca protto, el cual emite un aviso en el momento en que el tornillo a alcanzado el torque ideal.

### Fotos 9. Apretada de Tornillos y calibración a 50 lb-pie



Fuente: Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

De esta manera se realizó la instalación de la tubería 14" RDE 13.5, los accesorios presentes en ella se instalaban de la igual forma ya que estos utilizaban el mismo mecanismo de unión tipo Dresser.



**Foto 10. Tubería 14" RDE 13.5 Instalada**



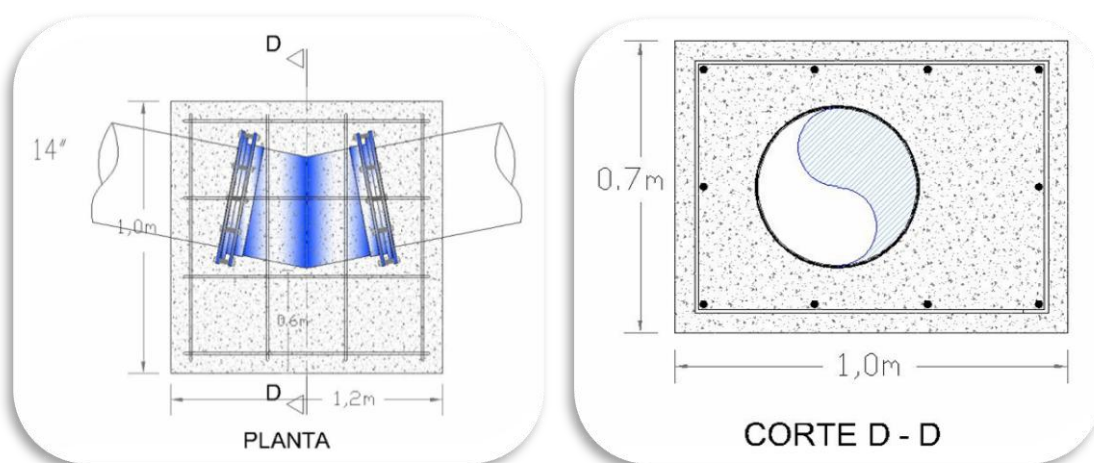
**Fuente:** Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

### **3.6.3 Construcción de Anclajes y Encofrados**

Los anclajes se construyeron en concreto reforzado de 3000 PSI y con el objetivo de asegurar completamente el accesorio se realizó un revestimiento total de este incorporando hierro a la estructura como se muestra en la Figura No 9.

De esta forma se construyó un anclaje tipo capaz de resistir todos los empujes presentes en el tramo 4 de la conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen.

**Figura N° 9: Anclajes Tipo Construidos en Tramo 4 de la Conducción Principal**



**Fuente:** Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

El procedimiento para la construcción de los anclajes empieza con la instalación de malla para pañete alrededor del tubo para favorecer la adherencia del concreto, se figura del hierro, se fabrica e instala la formaleta, se realiza la mezcla del concreto y finalmente fundición del anclaje.

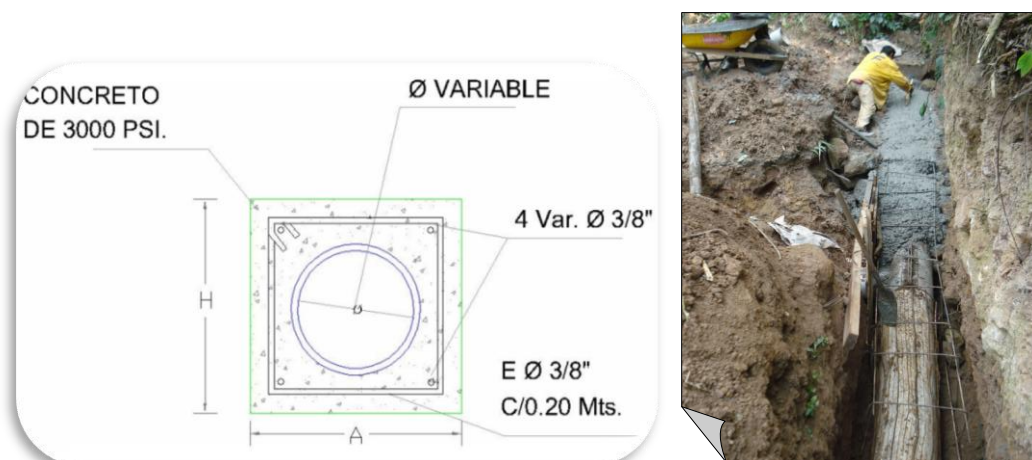
### Fotos 11. Proceso Construcción y Fraguado de los Anclajes



Fuente: Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

El procedimiento es similar al de la construcción de anclajes, la diferencia radica en que estos se construyen a lo largo de la tubería en una longitud determinada de acuerdo a las zonas críticas de amenaza de derrumbes. Las dimensiones Tipo se pueden observar en la Tabla No 15

Figura N° 10: Diseño y Construcción de Encofrados



Fuente: Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

#### 3.6.4 Tapado de Tuberías y Compactación:

En los sitios donde se realizó excavación manual, debido a las dificultades del acceso de la retroexcavadora, también debió realizarse tapado manual, en el tramo 4 de la conducción principal esto se realizó en la zona la variante

El procedimiento consistió en la selección del material de relleno que se sacó de la excavación retirándole las rocas que pudieran romper la tubería, en algunos casos este material de tapado debió transportarse desde otros sitios debido a que el que se encontraba al lado de la excavación contenía bastante material rocoso.

Con herramienta menor se realizó el tapado por capas que se humedecían y compactaban con compactador mecánico o algunas veces donde era difícil el acceso con este equipo se realizaban con pisones manuales.

### Fotos 12. Proceso de Tapado y Compactación Manual



**Fuente:** Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

El tapado de la tubería con retroexcavadora se pudo llevar a cabo en algunos tramos de la zona la vega en donde se instaló la tubería 14" RDE 13,5.

En esta zona de la Vega debió tenerse especial cuidado con el tema del tapado, debido a que por ser una tubería que se acopla con uniones dresser-dresser debe quedar lo suficientemente enterrada, con buen material de relleno y con una excelente compactación para evitar que por a las altas presiones que se presentan en esta zona la tubería se desacople y levante si no contara con el tapado mencionado.

Teniendo en cuenta que el material retirado de la excavación era muy arenoso con presencia de rocas de gran tamaño que dificultaba la labor de compactación, se debió transportar material de tapado desde la zona conocida como el reservorio hasta lugares distribuidos en todo el tramo donde se encontraba instalada la tubería 14" RDE 13,5.

El material seleccionado para el tapado es un recebo de buenas características de compactación que se extrajo y cargó con retroexcavadora y se transportó en volquetas hasta el sitio.

Con ayuda de la retroexcavadora en algunos casos y en otros casos con buguiss y palas es repartido el material sobre la tubería en una primera capa de aproximadamente 30 cm.

Cuando el material se encontraba muy seco, fue necesario transportar el agua desde el Rio Suaza hasta el sitio y regar esta primera capa.

Se realizo la compactación de esta primera capa con saltarín a gasolina, realizando varias pasadas hasta conseguir una buena compactación, se repitió el proceso repartiendo capas de 30 cm y compactando las mismas hasta que se alcanzo el nivel de terreno original.



### Fotos 13. Transporte de material seleccionado y Tapado.



Fuente: Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

Con retroexcavadora se corrió el material que fue extraído de las excavaciones depositándolo sobre el material de relleno haciendo montículos con el propósito de darle mayor peso al relleno y acomodar este material.

### Fotos 14. Compactación con Saltarín y montículos.



Fuente: Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

## 3.7 ASPECTOS FINANCIEROS

### 3.7.1 Presupuesto Detallado

Se realizó un presupuesto detallado de las obras realizadas y cantidades de materiales utilizados durante la construcción del Tramo número 4 de la conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen, se tuvo en cuenta la cantidad de tubería y accesorios instalados como codos, válvulas etc. En la Tabla N° 18 se describen los resultados.

**Tabla 18: Presupuesto Detallado "Construcción Tramo Nº 4 De La Conducción Principal  
Distrito Riego Llano De La Virgen Municipio Altamira- Huila**

ITEM	VALOR UNIT. (\$)	UNID.	CAN T	VALOR TOTAL (\$)
<b>1.TUBERÍAS</b>				
TUBO 14" RDE 13.5 E.L	\$ 556,800	ML	2509	\$ 1,397,011,200
TUBO 14" RDE 21 U.Z.	\$ 241,786	ML	128	\$ 30,948,608
TUBO 14" RDE 26 U.Z.	\$ 196,164	ML	218	\$ 42,763,752
TUBO 14" RDE 32,.5 U.Z.	\$ 156,114	ML	45	\$ 7,025,130
LUBRICANTE X TARRO DE 4.0 KG	\$ 144,000	UN	150	\$ 21,600,000
UNIONES DRESSER	\$ 548,791	UN	386	\$ 211,833,326
<b>SUBTOTAL 1.</b>				\$ 1,711,182,016
<b>ADMINISTRACION (3%)</b>				\$ 51,335,460
<b>IMPREVISTOS (2%)</b>				\$ 34,223,640
<b>UTILIDAD (3%)</b>				\$ 51,335,460
<b>IVA SOBRE UTILIDAD</b>				\$ 8,213,674
<b>TOTAL 1.</b>				\$ 1,856,290,251
<b>2. ACCESORIOS, VALVULAS, MANO OBRA CALIFICADA, PASOS ENCOFRADOS , ANCLAJES, MANO OBRA NO CALIFICADA</b>				
<b>2.1.ACCESORIOS PVC Y LAMINA (PRESIÓN A SOPORTAR HASTA 200 PSI)</b>				
CODO GRAN RADIO EN LAMINA 7° X 14" (CONEXIÓN DRESSER-DRESSER)(315 PSI)	\$ 548,791	UND	19	\$ 10,427,029
CODO GRAN RADIO EN LAMINA 11 1/4° X 14" (CONEXIÓN DRESSER-DRESSER)(315 PSI)	\$ 548,791	UND	14	\$ 7,683,074
CODO GRAN RADIO EN LAMINA 17° X 14" (CONEXIÓN DRESSER-DRESSER)(315 PSI)	\$ 548,791		5	\$ 2,743,955
CODO GRAN RADIO EN LAMINA 22 1/2° X 14" (CONEXIÓN DRESSER-DRESSER)(315 PSI)	\$ 548,791	UND	6	\$ 3,292,746
CODO GRAN RADIO EN LAMINA 33° X 14" (DRESSER-DRESSER) (315 PSI)	\$ 548,791	UND	3	\$ 1,646,373
CODO GRAN RADIO EN LAMINA 45° X 14" (DRESSER-DRESSER) (315 PSI)	\$ 548,791	UND	2	\$ 1,097,582
COLLAR EN LAMINA 14" X 1 1/4" (SALIDA CONEXION HEMBRA)	\$ 528,960	UND	1	\$ 528,960
<b>SUBTOTAL 2.1.</b>				\$ 27,419,719
<b>ADMINISTRACION (5%)</b>				\$ 1,370,986
<b>IMPREVISTOS (5%)</b>				\$ 1,370,986
<b>UTILIDAD (5%)</b>				\$ 1,370,986
<b>IVA SOBRE UTILIDAD</b>				\$ 219,358
<b>TOTAL 2.1.</b>				\$ 31,752,035
<b>2.2 VÁLVULAS</b>				
VÁLVULA DE CONTROL 6" (CONEXIÓN BRIDA); PRESIÓN 315 PSI	\$ 3,480,000	UND	3	\$ 10,440,000
VÁLVULA DOBLE EFECTO O TRIFUNCIONAL; CONEXIÓN 1"; CAPACIDAD 7 LPS; PRESIÓN 200 PSI	\$ 440,800	UND	6	\$ 2,644,800
<b>SUBTOTAL 2.2.</b>				\$ 13,084,800
<b>ADMINISTRACION (5%)</b>				\$ 654,240
<b>IMPREVISTOS (5%)</b>				\$ 654,240
<b>UTILIDAD (5%)</b>				\$ 654,240
<b>IVA SOBRE UTILIDAD</b>				\$ 104,678
<b>TOTAL 2.2.</b>				\$ 15,152,198



ITEM	VALOR UNIT. (\$)	UNID.	CANT	VALOR TOTAL (\$)
<b>2.3. MANO DE OBRA CALIFICADA</b>				
INSTALACIÓN TUBO DE 6mts DE $\phi$ : 16", 14" con accesorios y válvulas	\$ 20,000	ML	2900	\$ 58,000,000
<b>SUBTOTAL 2.3.</b>				\$ 58,000,000
<b>ADMINISTRACION (5%)</b>				\$ 2,900,000
<b>IMPREVISTOS (5%)</b>				\$ 2,900,000
<b>UTILIDAD (5%)</b>				\$ 2,900,000
<b>IVA SOBRE UTILIDAD</b>				\$ 464,000
<b>TOTAL 2.3.</b>				\$ 67,164,000
<b>2.4. ANCLAJES PARA TUBERÍA EN CAMBIO DE DIRECCIÓN</b>				
Suministro materiales y construcción de Anclaje tipo , incluye acero de refuerzo, malla para pañete como recubrimiento de la tubería	\$ 456,000	M3	49	\$ 22,344,000
<b>SUBTOTAL 2.4.</b>				\$ 22,344,000
<b>ADMINISTRACION (5%)</b>				\$ 1,117,200
<b>IMPREVISTOS (5%)</b>				\$ 1,117,200
<b>UTILIDAD (5%)</b>				\$ 1,117,200
<b>IVA SOBRE UTILIDAD</b>				\$ 178,752
<b>TOTAL 2.4.</b>				\$ 25,874,352
<b>2.5. ENCOFRADOS PARA PROTECCION TUBERIA TIPO 1 (0.60*0.60)m PARA TUBERIA DE 14" Y 16"</b>				
Suministro materiales y construcción de Encofrado tipo , incluye acero de refuerzo, malla para pañete como recubrimiento de la tubería	\$ 456,000	M3	49	\$ 22,344,000
<b>SUBTOTAL 2.5.</b>				\$ 22,344,000
<b>ADMINISTRACION (5%)</b>				\$ 1,117,200
<b>IMPREVISTOS (5%)</b>				\$ 1,117,200
<b>UTILIDAD (5%)</b>				\$ 1,117,200
<b>IVA SOBRE UTILIDAD</b>				\$ 178,752
<b>TOTAL 2.5.</b>				\$ 25,874,352
<b>2.6. MANO DE OBRA NO CALIFICADA (USUARIOS)</b>				
EXCAVACION PARA ANCLAJES	\$ 200,000	UND	49	\$ 9,800,000
EXCAVACIÓN (1.0x 1.0 mts) Para tubería de $\phi$ : 16", 14"	\$ 20,000	M3	2900	\$ 58,000,000
TAPADO Para tubería Diámetro 16", 14"	\$ 5,000	ML	2900	\$ 14,500,000
COMPACTACION Para tubería Diámetro 16", 14"	\$ 5,000	ML	2500	\$ 12,500,000
<b>TOTAL 2.6.</b>				\$ 94,800,000
<b>TOTAL (1+2.1+2.2+2.3+2.4+2.5+2.6)</b>				<b>\$ 2,116,907,188</b>

Fuente: Ingeniería de Riegos y Obras Civiles Ltda. 2010

## CONCLUSIONES

- El diseño Hidráulico Definitivo del Tramo 4 de la Conducción Principal del Distrito de Riego Llano de la Virgen da como Resultado la entrega de agua apta para riego bajo las condiciones de presión (30 PSI) y caudal (2.02 Lit. /seg.) propuestas en el proyecto con el fin de garantizar el buen funcionamiento del ala Regadora seleccionada para cada uno de los predios.
- El programa de simulación y calculo hidráulico **EPANET 2.0.** es una herramienta muy completa con la que se obtuvo información de cómo se comportan las líneas y nudos que conforman el Tramo numero 4, con estos resultados se tomo la mejor decisión con el objetivo de cumplir con las condiciones de funcionamiento del Distrito Riego, teniendo en cuenta los parámetros de diseño.
- De acuerdo a los estudios y diseños realizados, el Tramo 4 de la conducción principal tiene una longitud de 2897 m la cual va en diámetro de 14" y RDE 32.5, 26, 21 y 13.5. presenta las presiones estáticas más altas de todo el Distrito y velocidad máxima de 2.32 m/seg.
- El cuadro Hidráulico realizado con la metodología de Hazen-Williams arroja resultados muy similares a los obtenidos con **EPANET 2.0** (Para le punto N165 Presión Dinamica = 14.8 m.c.a con el cuadro Hidraulico y 14.34 m.c.a con EPANET 2.0.). estas variaciones no representan cambios de consideración en los cálculos estructurales de los anclajes y por lo tanto es conveniente trabajar con el programa anteriormente mencionado.
- Los dispositivos que permiten un sistema de posicionamiento global GPS son una herramienta muy importante al momento de realizar diseños preliminares, pero para desarrollar presupuestos finales y cantidades de obra definitivos es importante contar con equipos que manejen mínimos errores en cuanto a planimetría y altimetría.
- La metodología implementada para el dimensionamiento y cálculo de los anclajes es por tanteo, se hace esencial la utilización del programa CALCULO DE ANCLAJES SEGÚN NORMA NS-060 E.A.A.B. recomendado por PAVCO S.A, ya que es una herramienta que permite obtener resultados rápidamente modificando valores hasta llegar a las dimensiones ideales dependiendo el empuje hidrostático que se debe resistir.
- En líneas de conducción donde se presenten presiones dinámicas y estáticas altas, es importante construir anclajes en puntos críticos como cambios de dirección y realizar el proceso de compactación de las excavaciones con el fin de evitar levantamientos y desempate de las tuberías.

- Para garantizar que los anclajes cumplan con el objetivo de soportar los empujes hidrostáticos presentes en determinado punto, es necesario que en el momento de la construcción se recubra con concreto totalmente el accesorio verificando que las dimensiones cumplan con el diseño realizado con anterioridad.
- En la instalación de tuberías y accesorios se hace necesaria la presencia constante de personas capacitadas con el objetivo de tomar la mejor decisión desde el punto de vista técnico-económico. En el caso de la tubería especializada 14" RDE 13,5 se debe tener mucho cuidado ya que cualquier falla puede ocasionar desempate de las uniones dresser y por consiguiente fugas en el momento de puesta en marcha del distrito.
- El respeto y la seriedad son valores fundamentales en el momento de manejar personal capacitado y no capacitado, se debe entender que el trabajo es en equipo y que cada quien tiene una enseñanza para brindar tanto en campo laboral como en el personal.

## BIBLIOGRAFICA

1. Cifuentes P. Miguel Germán. Instalación, 2006. Administración, Operación y Mantenimiento, Proyectos de Irrigación a Pequeña Escala, revista disponible en la oficina de dicho autor Universidad Surcolombiana. Neiva – Huila.
2. Cifuentes P. Miguel Germán, 2007. Aspersión una alternativa de riego en proyectos productivo, especialista en Ingeniería de Irrigación, revista disponible en la oficina de dicho autor Universidad Surcolombiana. Neiva – Huila.
3. Corcho Romero Freddy Hernán, Duque Serna José Ignacio, 1993. Acueductos teoría y diseño. Medellín. 183 - 204 p.
4. Características de tubería PVC (Consultado el 15 de Enero de 2011)  
Disponible en: <http://www.pavco.com.co/>.
5. Descripción de las tuberías PVC. (Consultado el 15 de Enero de 2011).  
Disponible en: <http://www.maquinariapro.com/materiales/tuberias-pvc.html>.
6. Descripción Programa de Simulación y Calculo Hidráulico EPANET 2.0. (Consultado el 14 de Enero de 2010). Disponible en: <http://www.instagua.upv.es/Epanet/> Visitada el 14 de Enero de 2011.
7. López Cualla Ricardo Alfredo, 2003. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. 153 -168 p.
8. Martínez Alzamora, Fernando, 2000. Grupo de Redes Hidráulicas y Sistemas a Presión “EPANET 2 USER’S MANUAL” (Consultado el 05 Julio de 2010). Disponible en: [http://www.idmh.upv.es/manual/EN2manual\\_esp.pdf](http://www.idmh.upv.es/manual/EN2manual_esp.pdf).
9. Pérdidas de Energía por fricción en la tubería (Consultado 14 el de Enero de 2010). Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/flujoentuberias/fricci%C3%B3n/fricci%C3%B3n.htm>.

# **ANEXOS**

## ANEXO A: Presiones Finales en los Puntos Prediales del Distrito de Riego Llano de la Virgen

ID Nudo	Demanda (lps)	Piezometrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Cota (m.s.n.m)	Coord X	Coord Y	PROPIETARIO
N24	2,02	868,72	35,86	832,86	819874	726785	MARIA HELENA TOVAR LAMILLA
N42	2,02	885,97	22,48	863,49	818786	726016	FLORO ERNESTO RAMIREZ
N112	2,02	890,60	33,10	857,50	819066	726501	MARIA DORIS CABRERA GOMEZ
N113	1,01	885,89	63,84	822,05	819751	727313	EDILBERTO MEDINA
N259	2,02	853,12	24,19	828,93	819947	726449	OSMAR EDWIN ARIZA RAMIREZ
N518	2,02	875,69	33,67	842,02	819036	726935	HECTOR PEREZ IBARRA
N551	2,02	889,53	44,41	845,12	819317	726794	JESUS EMILIO ALVAREZ GARCIA
N612	2,02	864,20	34,27	829,93	820486	727393	JULIO CESAR SANCHEZ SOTTO
N1446	2,02	884,65	46,39	838,26	819501	726939	AGUSTIN SUAREZ POLANIA
N1410	2,02	872,21	45,03	827,18	820174	727400	ALBERTO CORTES VANEGAS
N1517	2,02	885,87	23,10	862,77	818883	726082	ALBINO GARZON ALDANA
N1371	2,02	855,21	57,24	797,97	821266	728682	ALEJANDRO OBREGON CORREA
N1435	2,02	876,46	59,00	817,46	820009	727353	ALEXANDER LOSADA POLANIA
N1218	2,02	828,29	39,35	788,94	821927	728878	ALIRIO CANACUE
N1475	2,02	874,15	37,08	837,07	819190	727163	ALVARO BELTRAN DIAZ
N1486	2,02	866,13	42,32	823,81	819835	727101	ALVARO SANCHEZ OLAYA
N1386	2,02	856,62	47,36	809,26	820217	728702	AMINTA ROJAS SUAREZ
N1221	2,02	829,41	48,85	780,56	822139	729540	ANTONIO MARIA LEON
N1493	2,02	875,26	52,99	822,27	819877	727234	AURORA AVILEZ GUZMAN
N1389	2,02	870,91	56,70	814,21	819980	728111	AYCARDO GARCIA BONILLA
N1220	2,02	823,73	44,34	779,39	821984	729800	BENITO RAMIREZ
N1529	2,02	891,46	41,61	849,85	819344	726161	CARLOS A. CARDOZO PEREZ
N1376	2,02	840,24	45,35	794,89	821007	729329	CARLOS ALBERTO VARGAS
N1388	2,02	861,00	49,00	812,00	819989	728504	DAGOBERTO RAMIREZ
N828	2,02	825,81	26,01	799,80	820303	729605	DARIO AVILEZ GUTIERREZ
N1504	2,02	895,33	38,71	856,62	819305	726463	DERLY CORDOBA
N1498	2,02	893,44	5,75	887,69	819491	725787	DIDIER A. CANO
N1447	2,02	878,69	42,48	836,21	819639	726894	DIVA MARIA PEREZ GUTIERREZ
6	2,02	905,88	120,16	785,72	819785	725365	EDGAR CAMPOS
N1507	2,02	891,19	31,93	859,26	819093	726457	EDUARDO BUITRAGO PASCUAS
N1408	2,02	877,10	38,37	838,73	818570	727694	ELSA RUTH VAQUIRO
N1367	2,02	863,94	54,72	809,22	820486	728185	FILOMENO ANDRADE RIVERA
N1532	2,02	857,10	23,98	833,12	819762	726304	GERARDO CHAVARRO
N702	2,02	876,50	36,44	840,06	818458	727617	GERARDO ROA MEDINA
17	2,02	864,66	39,20	825,46	819380	727485	GERMAN BEDOYA HERRERA
N1382	2,02	853,93	48,34	805,59	820432	728852	GILBERTO YUCUMA
N1219	2,02	837,29	48,59	788,70	821836	728957	GUILLERMO NARANJO
N1368	2,02	861,90	53,75	808,15	820662	728227	GUSTAVO GOMEZ
N1434	2,02	865,41	49,11	816,30	820229	727600	HECTOR OLAYA YACUMA
N1449	2,02	880,34	46,17	834,17	819379	727183	HECTOR TOVAR
N1396	2,02	877,54	45,13	832,41	818736	727756	HECTOR TRUJILLO HERNANDEZ
N1418	2,02	868,05	42,38	825,67	820190	727336	HERNANDO OLAYA GONZALES
N816	2,02	830,29	42,88	787,41	821281	729612	IGINIO CONDE HORTA
N1225	2,02	853,56	59,21	794,35	821478	728857	INES TELLEZ
N1387	2,02	858,41	48,07	810,34	820128	728611	ISAIAS ARIAS
N1366	2,02	868,59	56,98	811,61	820133	728094	ISIDRO ALVAREZ CUELLAR

ID Nudo	Demanda (lps)	Piezometrica (m.s.n.m)	Presión (m.c.a)	Cota (m.s.n.m)	Coord X	Coord Y	PROPIETARIO
N1513	2,02	885,89	22,18	863,71	819113	726227	JAMES SUAREZ
N1392	2,02	880,30	61,37	818,93	819612	727878	JESUS ANTONIO ALVAREZ
N1370	2,02	857,38	55,28	802,10	821024	728518	JOSE ANTONIO MORENO
N1503	2,02	889,61	48,21	841,40	819308	726865	JOSE ANTONIO VEGA
N1375	2,02	845,77	48,83	796,94	820906	729215	JOSE ARTURO CASTILLO
N1383	2,02	854,75	47,88	806,87	820350	728812	JOSE AVILEZ RAMIREZ
N1502	2,02	888,13	46,69	841,44	819275	726922	JOSE FRANCO QUINTERO
N1380	2,02	860,36	49,04	811,32	820031	728536	JOSE NELSON CARDOZO
N1191	2,02	819,62	40,63	778,99	822002	729909	JOSE ROMEL CARDOZO
N1501	2,02	885,49	46,08	839,41	819155	726991	JOSE VICENTE VALBUENA
N1381	2,02	851,36	50,06	801,30	820716	729027	LEONARDO ARDILA
N1391	2,02	876,19	59,52	816,67	819691	728052	LEONEL TRUJILLO HERNANDEZ
N1369	2,02	859,04	54,62	804,42	820908	728366	LEONOR DUSSAN CORDOBA
N1372	2,02	828,40	28,67	799,73	820381	729478	LIBARDO VIZCAYA RAMIREZ
N1377	2,02	838,53	44,71	793,82	821050	729379	LIBORIO MEDINA
N1499	2,02	890,89	47,17	843,72	819326	726827	LUIS ALFONSO LOSADA
N1451	2,02	874,32	39,96	834,36	819229	727164	LUIS ARBEY GUTIERREZ
N1394	2,02	879,69	53,64	826,05	819273	727835	LUIS CARLOS SANCHEZ ZAPATA
N1227	2,02	845,04	56,79	788,25	821709	729058	LUIS EDUARDO TRUJILLO
N1224	2,02	850,48	58,00	792,48	821546	728922	LUIS HUMBERTO MARIN
N1226	2,02	854,28	58,44	795,84	821383	728776	LUZ MARINA GOMEZ ARCOS
N1407	2,02	872,33	41,46	830,87	818699	727608	MANOLO SANCHEZ CUELLAR
N1445	2,02	868,66	45,02	823,64	820105	727308	MARCO TULIO RAMON
N1422	2,02	870,94	51,37	819,57	820099	727531	MARGARITA MARIA RAMOS
N819	2,02	827,48	27,42	800,06	820368	729496	MARIA FENIX GARZON
N1379	2,02	831,64	41,08	790,56	821195	729533	MELIDA IBATA BARRIOS
N1385	2,02	856,29	47,35	808,94	820235	728720	NOE GARZON
N1384	2,02	855,52	47,83	807,69	820286	728767	NOE LUGO GARZON
N1506	2,02	892,09	32,76	859,33	819134	726430	OCTAVIO CUELLAR FALLA
N1223	2,02	847,39	57,30	790,09	821623	729000	ORLANDO GUTIERREZ MEJIA
N1500	2,02	887,71	48,41	839,30	819256	726951	REINALDO PARRA
N1374	2,02	849,32	48,92	800,40	820616	729171	REINALDO RUIZ LASSO
N1432	2,02	854,72	40,18	814,54	820368	727654	RODRIGO DIAZ VANEGAS
N1373	2,02	844,18	45,05	799,13	820482	729341	ROSA ELENA POLANIA
N1393	2,02	880,22	58,08	822,14	819509	727861	RUBEN DARIO DIAZ
N1419	2,02	865,65	41,52	824,13	820351	727348	SALVADOR DIAZ ROJAS
N1390	2,02	873,52	58,19	815,33	819831	728089	SANDRO VARGAS DIAZ
N1222	2,02	833,61	52,34	781,27	822037	729288	SAUL SANCHEZ
N1409	2,02	883,16	64,28	818,88	819739	727614	SERAFIN RAMIREZ
N1378	2,02	832,95	41,18	791,77	821146	729484	TIBERIO AVILEZ NARVAEZ
N1395	2,02	879,36	49,49	829,87	819046	727816	URBANO ORTIZ CADENA
N1505	2,02	894,39	35,91	858,48	819187	726411	VICTOR MANUEL TORREZ

## ANEXO B. PLANOS

CODIGO	NOMBRE	CONTIENE	CANTIDAD
LG1/1	LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL PROYECTO	LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO AREAS DEL PROYECTO	1
PL1/2	PLANTA DETALLADA DE LA RED	PLANTA GENERAL	1
PL2/2		LINEAS DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION	1
PL1/1	PLANTA DETALLADA DE LA RED TRAMO NUMERO 4	PLANTA GENERAL DEL TRAMO NUMERO 4 DE LA CONDUCCION	1
DC 1/2	DETALLES CONSTRUCTIVOS OBRAS PRESENTE EN EL TRAMO NUMERO 4.	ANCLAJES TIPO	1
DC 2/2		ENCOFRADOS TIPO	1
<b>TOTAL.</b>			<b>6</b>