



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, Septiembre 20 del 2018

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Neiva

El (Los) suscrito(s):

ALEX ANDRELLY VASQUEZ LEON, con C.C. No. 1075277370,

ANDRES FELIPE CARVAJAL SILVA, con C.C. No. 1080933900,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o

Titulado: *GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES OBRAS HIDRÁULICAS DEL DISTRITO DE ADECUACIÓN DE TIERRAS DE MEDIANA ESCALA “EL JUNCAL” HUILA*

Presentado y aprobado en el año 2018 como requisito para optar al título de

INGENIERO AGRICOLA;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

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

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

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Alex Andrelly Vasquez Leon,

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Andres Felipe Carvajal Silva

Firma:



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:**

GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES OBRAS HIDRÁULICAS DEL DISTRITO DE ADECUACIÓN DE TIERRAS DE MEDIANA ESCALA “EL JUNCAL” HUILA

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
VASQUEZ LEÓN	ALEX ANDRELLY
CARVAJAL SILVA	ANDRÉS FELIPE

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
ARÉVALO HERNÁNDEZ	JOHN JAIRO

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
VARGAS HOYOS	JOHN JAIRO
BEDOYA CARDOSO	MARLIO

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRICOLA**

**FACULTAD: INGENIERIA**

**PROGRAMA O POSGRADO: AGRICOLA**

**CIUDAD: NEIVA**

**AÑO DE PRESENTACIÓN: 2018**

**NÚMERO DE PÁGINAS: 93**

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

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

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



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

**MATERIAL ANEXO:**

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

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

**Español**

**Inglés**

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 1. <i>Distrito de Adecuación de Tierras</i> | <i>District Land Development</i>     |
| 2. <i>SIG</i>                               | <i>GIS</i>                           |
| 3. <i>Sistema De Información Geográfica</i> | <i>Geographic Information System</i> |
| 4. <i>Software Libre Qgis</i>               | <i>Free Software, Qgis</i>           |
| 5. <i>GPS RTK</i>                           | <i>RTK GPS</i>                       |

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

El objetivo del trabajo fue generar un modelo SIG, en el cual se marcaron los límites de cada predio que se beneficia del agua suministrada por el distrito, cada predio tiene un código, también cuenta con la nube de puntos de las principales obras hidráulicas del distrito de riego y su distribución de canales, se creó una base de metadatos donde se encuentran las coordenadas geográficas en el sistema MAGNA-SIRGAS (Colombia Bogota Zone), la altura en metros sobre el nivel del mar, el código de identificación, la descripción de la obra, en el caso de las compuertas el nombre del predio que surte y la imagen de cada obra hidráulica, con la cual se crea una acción a cada capa para que presente estos datos en una ventana al seleccionar cada punto de interés.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	3 de 3
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

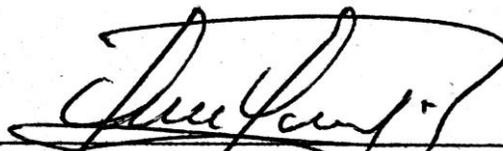
**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The objective was to create a GIS model, which limits each farm benefiting from water supplied by the district, each site has a code labeled, too much with the point cloud of the main waterworks district irrigation and distribution channels, a metadatabase which is the geographical coordinates in the MAGNA-SIRGAS (Colombia Bogota Zone) system was created, the height in meters above sea level, the identification code, description of work, in the case of the facility name gates are filling and the image of each hydraulic structure, with which action creates each layer to present this information on a window to select each point of interest.

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Presidente Jurado: **JOHN JAIRO VARGAS HOYOS**

Firma:



**M.Sc John Jairo Vargas Hoyos**  
**Jurado**

Nombre Jurado: **MARLIO BEDOYA CARDOSO**

Firma:



**Ph.D. Marlio Bedoya Cardoso**  
**Jurado**

*GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES OBRAS  
HIDRÁULICAS DEL DISTRITO DE ADECUACIÓN DE TIERRAS DE MEDIANA  
ESCALA “EL JUNCAL” HUILA*



PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA

Autores:

Alex Andrelly Vásquez León  
Andrés Felipe Carvajal Silva



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
NEIVA-HUILA  
2018

*GEORREFERENCIACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES OBRAS  
HIDRÁULICAS DEL DISTRITO DE ADECUACIÓN DE TIERRAS DE MEDIANA  
ESCALA “EL JUNCAL” HUILA*



PROGRAMA DE INGENIERIA AGRICOLA

Autores:

Alex Andrelly Vásquez León

Andrés Felipe Carvajal Silva

Proyecto presentado a la Facultad de Ingeniería como requisito parcial para optar  
al Título de Ingeniero Agrícola

Director

John Jairo Arévalo Hernández

M.Sc. Ingeniero Agrícola



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
NEIVA-HUILA  
2018

El siguiente trabajo de grado realizado por los Alumnos: **Alex Andrelly Vásquez León y Andrés Felipe Carvajal Silva**, con el fin de otorgar al Título de **Ingeniero Agrícola**, se realizó siguiendo el lineamiento dado por el distrito de adecuación de tierras de mediana escala El Juncal, y bajo la dirección de:

---

**John Jairo Arévalo Hernández**  
**Director del Proyecto**

---

**John Jairo Vargas Hoyos**  
**Jurado**

---

**Marlio Bedoya Cardoso**  
**Jurado**

Los cuales firman dando la aprobación y aceptación del trabajo de grado en cuestión.

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

**Neiva, Septiembre del 2018**

## ***Dedicatoria***

### ***Alex Andrelly Vásquez León***

#### ***A Dios....***

*Por darme la oportunidad de haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación personal y profesional, por darme el aliento de vida, fuerzas, talento y entendimiento cada día de mi vida para cumplir con cada una de mis propósitos...*

#### ***Y a la Familia...***

*A mi Esposa Sandra Milena Marín por su apoyo, amor, dedicación incondicional y palabras de aliento en cada fase de este proyecto...*

*A mis Padres Alexander Vásquez y Roció León por darme la vida, por su paciencia, gran esfuerzo, esmero, dedicación y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida...*

*A mis Abuelos Luis Vásquez y Ligia Martínez por siempre estar allí para mí, por el apoyo incondicional y por sus sabios consejos...*

*A ustedes que son el motor de mi vida dedico este gran logro, esperando que sean muchos más, gracias por todo...*

### ***Andrés Felipe Carvajal Silva***

*Dedico este proyecto a Dios, a mis padres, Ramiro Carvajal Rojas y María Gladis Silva, también a todos mis familiares que fueron mi soporte para salir adelante con este trabajo, el cual se logra con gran esfuerzo, solo quedan motivos de agradecimiento con el dueño de mi vida y aquellas personas que siempre estuvieron conmigo, las cuales ya mencione.*

## ***Agradecimientos***

### ***Alex Andrelly Vásquez León***

*A John Jairo Arévalo que con su paciencia, sencillez y profesionalismo, logró que este trabajo de grado se direccionara de la manera adecuada y de este modo por darle una culminación satisfactoria.*

*A Freddy Martínez porque sin su colaboración este trabajo hubiera sido más complicado y atenuante, ha sido un privilegio poder contar con su ayuda y su gran experiencia.*

*A Oswaldo Tovar y Samir Caicedo por habernos brindado en primera instancia la idea del trabajo de grado, por su colaboración, apoyo por sus asesorías, por sus palabras de aliento a lo largo del proyecto y porque son ellos y el Distrito los más beneficiados con este trabajo de grado.*

*A Hernán Castillo, Jonathan Nogales y Gustavo Ortigoza por su amistad, acompañamiento, y asesoría en partes vitales del proyecto, por el apoyo y preocupación por la buena terminación del trabajo de grado, y espero contar con su amistad toda la vida.*

*A mi compañero de Tesis Andrés Felipe Carvajal por su esfuerzo y cooperación, que ayudo a la finalización de esta meta.*

*A todos y cada uno de los docentes que forjaron este camino, gracias por sus enseñanzas.*

### ***Andrés Felipe Carvajal Silva***

*A nuestro director John Jairo Arévalo que con su apoyo se llevó a cabo este proyecto*

*A Oswaldo Tovar y Samir Caicedo por su gran compromiso en este proceso por dar la idea principal de este proyecto*

*A mi compañero de Tesis Alex Andrelly Vásquez por su gran dedicación, esmero e inteligencia con las cuales se pudo llevar a cabo la finalización de este trabajo de grado.*

*Y a todos y cada uno de mis compañeros familiares profesores y amigos que estuvieron conmigo en este proceso.*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. RESUMEN</b> .....	11
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	15
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	16
<b>4.1 Objetivo general</b> .....	16
<b>4.2 Objetivos específicos</b> .....	16
<b>5. JUSTIFICACIÓN</b> .....	17
<b>6. MARCO REFERENCIAL</b> .....	18
<b>6.1 ¿QUÉ ES UN DISTRITO DE RIEGO?</b> .....	18
<b>6.2 IMPORTANCIA DE UN DISTRITO DE RIEGO</b> .....	18
<b>6.3 INFRAESTRUCTURA DE UN DISTRITO DE RIEGO</b> .....	18
<b>6.4 COMPONENTES HIDRÁULICOS DE UN DISTRITO DE RIEGO</b> .....	19
<b>6.5 ESTACION DE BOMBEO</b> .....	19
<b>6.6 ESTACION DE REBOMBEO</b> .....	20
<b>6.7 DISTRITO DE ADECUACIÓN DE TIERRAS DE MEDIANA ESCALA EL JUNCAL “ASOJUNCAL”</b> .....	20
<b>6.8 RIO MAGDALENA</b> .....	21
<b>6.9 ¿QUE ES LA AGRICULTURA DE PRESICION?</b> .....	21
<b>6.10 LA AGRICULTURA DE PRESICION, ¿ES RENTABLE?</b> .....	22
<b>6.11 TIPOS DE RECEPTORES UTILIZADOS EN LA AGRICULTURA DE PRESICION</b> .....	22
<b>6.11.1 Precisión del sistema</b> .....	22
<b>6.11.2 Métodos de posicionamiento</b> .....	23
<b>6.12 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)</b> .....	23
<b>6.13 FUNCIONAMIENTO DE UN SIG</b> .....	24
<b>6.14 LA CREACIÓN DE DATOS</b> .....	24
<b>6.15 IMPORTANCIA DE UN SIG EN UN DISTRITO DE RIEGO</b> .....	24
<b>6.16 LA TELEDETECCION</b> .....	25
<b>6.17 CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES GENERALES</b> .....	25
<b>6.18 IMÁGENES DIGITALES</b> .....	26
<b>6.19 TRATAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES</b> .....	27
<b>6.20 CONCEPTO DE IMAGEN DIGITAL</b> .....	27
<b>6.21 SOFTWARE LIBRE</b> .....	27

6.22	QGIS .....	28
6.23	COMPLEMENTOS DE QGIS .....	28
6.24	QUICKMAPSERVICES COMPLEMENTO.....	29
6.25	REDES RTK.....	29
6.26	RECEPTOR GNSS CHC X-91 .....	30
7.	MATERIALES Y METODOS .....	33
7.1	ÁREA DE ESTUDIO .....	33
7.2	CLIMA .....	34
7.3	CORRIENTES SUPERFICIALES.....	34
7.4	IMPORTANCIA DE LAS ZONA DE BOMBEO.....	34
7.5	MATERIALES.....	35
7.5.1	Materiales De Equipo.....	35
7.5.2	Recursos Financieros.....	35
7.6	FASES METODOLOGICAS.....	36
7.7	METODOLOGIA .....	38
7.7.1	Revisión bibliográfica y recopilación de información.....	38
7.7.2	Reconocimiento del área de estudio.....	38
7.7.3	Capacitación, Selección e implementación del método para procesamiento de datos para la realización del proyecto. ....	39
7.7.4	Toma de Datos, Montaje en QGIS y presentación final del SIG .....	40
8.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	41
8.1	PREDIOS Y AREAS.....	41
8.2	Longitudes de canales .....	52
8.3	ZONA DE REBOMBEO .....	52
8.3.1	Compuertas Zona de Rebombeo.....	52
8.3.2	Saltos Hidráulicos Zona de Rebombeo.....	57
8.3.3	Viaductos Zona de Rebombeo.....	60
8.3.4	Sifones Invertidos de la Zona de Rebombeo .....	60
8.3.5	Canal Elevado de la Zona de Rebombeo.....	61
8.3.6	Vertedero Zona de Rebombeo.....	62
8.3.7	Canaleta Parshall Zona de Rebombeo .....	62
8.3.8	Casa de Bombas Zona de Rebombeo.....	63
8.4	ZONA DE BOMBEO.....	64
8.4.1	Compuertas Zona de Bombeo .....	64
8.4.2	Saltos Hidráulicos Zona de Bombeo .....	71

8.4.3	Viaducto Zona de bombeo .....	73
8.4.4	Sifones Invertidos de la Zona de Bombeo .....	75
8.4.5	Canales Elevados de la Zona de Bombeo .....	75
8.4.6	Vertedero Zona de Bombeo .....	76
8.4.7	Canaleta Parshall Zona de Bombeo .....	77
8.4.8	Casa de Bombas Zona de Rebombeo .....	77
8.4.9	Descarga de Bombas Zona de Bombeo .....	78
8.5	MODELO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO MONTADO EN QGIS .....	79
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	81
9.1	CONCLUSIONES .....	81
9.2	RECOMENDACIONES .....	82
10.	BIBLIOGRAFÍA .....	83
11.	Anexos .....	85
11.1	Anexo Mapa con el inventario y rutas de las principales obras hidráulicas del Distrito de adecuación de tierras de mediana escala el Juncal Asojuncal .....	85
11.2	Anexo tabla Áreas de los predios calculadas con ayuda del software QGIS..	87

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Sistemas GNSS: funcionamiento, posicionamiento y precisión</i> (UCA, 2012 )....	30
<b>Figura 2</b> <i>Catálogo de GPS receptor GNSS CHC X-91</i> (ViasySuministros, 2016) .....	31
<b>Figura 3</b> <i>Catálogo de GPS receptor GNSS CHC X-91</i> (ViasySuministros, 2016) .....	32
<b>Figura 4</b> <i>Ubicación Distrito de Adecuación de Tierras a Mediana Escala El Juncal</i> (Asojuncal, 2014) .....	33
<b>Figura 5</b> <i>Imagen Satelital DAT</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	38
<b>Figura 6</b> <i>Capacitación del manejo del GPS GNSS X91+</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	39
<b>Figura 7</b> <i>Toma de Datos de Las Obras Hidráulicas del DAT</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	40
<b>Figura 8</b> <i>Compuerta Central de Control</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	55
<b>Figura 9</b> <i>Compuertas Centrales con Saltos Hidráulicos de Desviación Laterales</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	56
<b>Figura 10</b> <i>Compuertas con Salto Hidráulico</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	56
<b>Figura 11</b> <i>Compuertas Laterales</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	57
<b>Figura 12</b> <i>Saltos Hidráulicos</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	57
<b>Figura 13</b> <i>Saltos Hidráulicos Con Compuerta Central</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .	58
<b>Figura 14</b> <i>Saltos Hidráulicos con Compuerta Lateral</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) ..	58
<b>Figura 15</b> <i>Saltos Hidráulicos Con Desviación Lateral</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .	58
<b>Figura 16</b> <i>Viaductos</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	60
<b>Figura 17</b> <i>Sifones Invertidos</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	61
<b>Figura 18</b> <i>Canal Elevado de la Zona de Rebombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	61
<b>Figura 19</b> <i>Vertedero Zona de Rebombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	62
<b>Figura 20</b> <i>Canaleta Parshall Zona de Rebombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	63
<b>Figura 21</b> <i>Casa de Bombas Zona de Rebombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	63
<b>Figura 22</b> <i>Compuerta Central de Control</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	64
<b>Figura 23</b> <i>Compuertas Laterales</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	65
<b>Figura 24</b> <i>Saltos Hidráulicos</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	71
<b>Figura 25</b> <i>Saltos Hidráulicos Con Compuerta Central</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .	72
<b>Figura 26</b> <i>Saltos Hidráulicos con Compuerta Lateral</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) ..	72
<b>Figura 27</b> <i>Viaducto Entrada</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	74
<b>Figura 28</b> <i>Viaducto Salida</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	74
<b>Figura 29</b> <i>Sifón Invertido</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	75
<b>Figura 30</b> <i>Canal Elevado de la Zona de Bombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	76
<b>Figura 31</b> <i>Vertedero Zona de Bombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	76
<b>Figura 32</b> <i>Canaleta Parshall Zona de Bombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	77
<b>Figura 33</b> <i>Casa de Bombas Zona de Bombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	78
<b>Figura 34</b> <i>Descarga de Bombas Zona de Bombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	78
<b>Figura 35</b> <i>Área de trabajo del software QGIS 2.18.5</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018)....	79
<b>Figura 36</b> <i>Panel de capas del software QGIS 2.18.5</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	79
<b>Figura 37</b> <i>Panel de capas del software QGIS 2.18.5</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	80
<b>Figura 38</b> <i>operatividad del modelo SIG en el software QGIS 2.18.5</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	80

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Fases Metodológicas</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	36
<b>Tabla 2</b> <i>Presentación de los predios, propietarios, extensión del predio y área irrigada</i> (Asojuncal, 2014) .....	42
<b>Tabla 3</b> <i>Longitudes de Canales por Zonas, Calculados por el Software QGIS</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	52
<b>Tabla 4</b> <i>Inventario de Compuertas Zona de Rebombeo</i> .....	52
<b>Tabla 5</b> <i>Inventario Saltos Hidráulicos Con Desviación Lateral</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	59
<b>Tabla 6</b> <i>Inventario de Viaductos de la Zona de Rebombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	60
<b>Tabla 7</b> <i>Inventario de los Sifones Invertidos de la Zona de Rebombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	61
<b>Tabla 8</b> <i>Inventario Canaleta Parshall Zona de Rebombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	62
<b>Tabla 9</b> <i>Inventario de Compuertas Zona de bombeo</i> .....	65
<b>Tabla 10</b> <i>Inventario Saltos Hidráulicos Con Desviación Lateral</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018).....	73
<b>Tabla 11</b> <i>Inventario de los Sifones Invertidos de la Zona de Bombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	75
<b>Tabla 12</b> <i>Inventario de los Sifones Invertidos de la Zona de Bombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	75
<b>Tabla 13</b> <i>Inventario Canaleta Parshall Zona de Bombeo</i> (Vasquez A & Carvajal A, 2018) .....	77

## 1. RESUMEN

Un modelo SIG fue realizado en el Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala El Juncal, con el fin de realizar un inventario de las obras hidráulicas y la digitalización por medio de un software libre llamado QGIS, el cual trabaja con una Interface Gráfica para el Usuario (GUI) por medio de la computación gráfica, garantizando las funciones u herramientas necesarias para almacenar, analizar y desplegar la información geográfica creando así bases de datos modificables y autocalculables, con lo que se facilita y tecnifica la ejecución, administración y control de la infraestructura de distribución y conducción del recurso hídrico.

El modelo SIG será un sistema empleado como integrador de datos informáticos, permitiendo analizar y visualizar la estructura geográfica del distrito, mediante la ayuda de imágenes satelitales de alta calidad y por medio de un complemento que maneja el Software Libre llamado QuickMapServices, el cual suministra las opciones más útiles y sencillas para añadir mapas base de calidad en QGIS. Seguido a esto se realizó el levantamiento de datos de los componentes hidráulicos del distrito de Riego y las rutas de canales por medio de una estación de posicionamiento en tiempo real conocida como GPS con tecnología RTK de doble frecuencia.

El objetivo del trabajo fue generar un modelo SIG, en el cual se marcaron los límites de cada predio que se beneficia del agua suministrada por el distrito, cada predio tiene un código, también cuanta con la nube de puntos de las principales obras hidráulicas del distrito de riego y su distribución de canales, se creó una base de metadatos donde se encuentra las coordenadas geográficas en el sistema MAGNA-SIRGAS(Colombia Bogota Zone), la altura en metros sobre el nivel del mar, el código de identificación, la descripción de la obra, en el caso de las compuertas el nombre del predio que surte y la imagen de cada obra hidráulica, con la cual se crea una acción a cada capa para que presente estos datos en una ventana al seleccionar cada punto de interés.

Este Proyecto de Grado, se encuentra bajo lineamientos del proyecto de competitividad y progreso del Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala el Juncal; debido a esto el apoyo en totalidad para la ejecución de este trabajo fue suministrado por las directivas del Distrito creando un convenio con FEDEARROZ en cuanto a las asesorías de los profesionales en geomántica.

**Palabra Claves:** Distrito de Adecuación de Tierras, SIG, Sistema De Información Geográfica, Software Libre, Qgis, GPS RTK, Obras Hidráulicas.

## ABSTRACT

A GIS model was made in the District Land Development of Medium Scale El Juncal, in order to make an inventory of hydraulic works and scanning via a free software called QGIS, which works with a Graphical Interface for (GUI) via computer graphics, ensuring the functionalities or tools needed to store, analyze and display geographic information and creating databases writable and autocalculables data, thereby facilitating and technifies implementation, management and control distribution infrastructure and driving the water resource.

GIS model will be a system used as an integrator of computer data, allowing analyze and visualize the geographical structure of the district, with the help of satellite images of high quality through a snap that handles the Free Software called QuickMapServices, which supplies the more useful and simple to add quality base maps in QGIS options. Following this data lifting hydraulic components Irrigation District and routes of channels via a positioning station known as real-time GPS dual frequency RTK technology was performed.

The objective was to create a GIS model, which limits each farm benefiting from water supplied by the district, each site has a code labeled, too much with the point cloud of the main waterworks district irrigation and distribution channels, a metadatabase which is the geographical coordinates in the MAGNA-SIRGAS (Colombia Bogota Zone) system was created, the height in meters above sea level, the identification code, description of work, in the case of the facility name gates are filling and the image of each hydraulic structure, with which action creates each layer to present this information on a window to select each point of interest.

This draft Grado, is under guidelines proposed competitiveness and progressl Land Improvement District Mid-Scale Juncal; Because of this support in entirety for the execution of this work it was provided by the directives of the District creating an agreement with FEDEARROZ as to the advice of professionals in geomantic.

**Key word:** *District Land Development, GIS, Geographic Information System, Free Software, Qgis, RTK GPS, Hydraulic Works.*

## 2. INTRODUCCIÓN

Los distritos de riego tienen el propósito fundamental de mejorar la productividad de los cultivos a través del suministro de agua, mediante diferentes obras hidráulicas, sin embargo, es necesario planear todas sus actividades, para dar un uso racional al recurso hídrico. (Gonzalez, 2017). Por tal razón a medida que la tecnología avanza surgen nuevas herramientas del conocimiento con la finalidad de aprovechar al máximo los recursos disponibles. Una de las tecnologías para el manejo de la información es la implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten trabajar en forma integrada y organizada los datos geográficos (planos) y numéricos (estadísticas agrícolas, estudios diversos y caracterización genérica) con la finalidad de facilitar su almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y su presentación en forma gráfica (Mejia-Saenz et al, 2003).

Un sistema de información geográfica (SIG) se define como un administrador de bases de datos especializado, capaz de manejar datos geográficos, permitiendo su representación gráfica (Pedraza Felipe et al, 2005) los SIG permiten manipular la vasta información con que se cuenta de forma sencilla, además de tener una interfaz visual para desplegar gráficos de una manera amigable para el usuario.

“Las imágenes de percepción remota procesadas en un SIG, permiten integrar y analizar la heterogeneidad espacial en formato digital, fácilmente mensurable. Una imagen digital está constituida por píxeles, que se obtienen al convertir el intervalo continuo de valores análogos de radiación registrada por un sensor en un intervalo expresado por un número finito de enteros - números digitales- (Lillesan et al, 1994). Con la tecnología SIG es posible por un lado, modificar el tamaño del píxel y variar así el nivel de resolución de la imagen -tamaño de grano-, permitiendo un análisis de la heterogeneidad espacial a diferentes escalas; por otro lado es posible calcular los diferentes índices agrícolas, ya sea en forma directa a través de un módulo específico, o en forma indirecta, a través de formatos de importación y exportación de datos, permitiendo el intercambio de informaciones con otros programas” (Cámara et al & FRAGSTATS, 1995).

El GPS RTK, es un sistema de posicionamiento global cinemático en tiempo real con una precisión vertical de 1 cm (Lui Juangui et al, 2007), de este modo, además de contar con un marco de referencia más estable, permite elaborar nuevas estrategias de toma de datos de campo incrementando la precisión espacio-temporal.

“Las redes RTK o redes activas han sido desarrolladas para dar respuesta a la creciente necesidad de una mayor disponibilidad, exactitud y fiabilidad en el posicionamiento, convirtiéndose en los últimos años en una infraestructura indispensable para el posicionamiento en tiempo real. La solución ofrecida por una red RTK está compuesta por seis procesos principales: procesamiento de los datos de las estaciones para resolver las ambigüedades de la red, selección de las estaciones que contribuyen a la generación de correcciones de red, generación de dichas correcciones, interpolación de las correcciones para la posición del receptor móvil (rover), transmisión de las correcciones y cálculo de la posición del rover” (Ramos et al, 2012).

“Tomando en consideración lo anterior, el GPS común es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día. Para la obtención de coordenadas el sistema se basa en la determinación simultánea de las distancias a cuatro satélites (como mínimo) de coordenadas conocidas. Estas distancias se obtienen a partir de las señales emitidas por los satélites, las que son recibidas por receptores especialmente diseñados. Las coordenadas de los satélites son provistas al receptor por el sistema” (Huerta Eduardo et al, 2005).

Según (Gimenez et al, 2010), Con el sistema diferencial GPS se puede alcanzar precisión de centímetros, pero lo habitual son unos pocos metros. Por lo cual si se desea realizar una comparación entre el GPS RTK y el GPS común, existe una gran diferencia en cuanto a su precisión, ya que se habla que el RTK cuenta con una precisión de 1 cm, mientras que el GPS común, su precisión puede estar alrededor de los 7 a 8 metros, siendo un diferencial muy significativa entre estos.

En el presente proyecto se opta por la utilización del RTK, tomando los conceptos ya mencionados, debido a que es un sistema que permite una mayor precisión al momento de realizar la toma de datos, dando así una exactitud en la ubicación de cada obra hidráulica en sus cotas al momento de obtener el SIG que se realiza en este proyecto.

“El mundo del análisis espacial está dominado por dos programas Plataforma ArcGIS y QGIS. Ambos son programas que han estado años en el mercado y ambos tienen un grupo de usuarios que los soportan o prefieren. El uso de cada software genera una dualidad o una polarización de las preferencias y opiniones sobre herramientas de SIG”. (Montoya - gidahatari, 2017). Para el caso en específico se escogió el Software QGIS por sus grandes ventajas ya que es un software libre el cual le da acceso a sus usuarios a una licencia libre con la libertad para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software, (hispalinux, 2017) dando así la capacidad de poder brindar una herramienta potente con un mundo de opciones para el procesamiento espacial a una gran cantidad de usuarios en cualquier tipo de computadora, QGIS respecto de ArcGIS carga más rápido y realiza procesos en mejor cantidad de tiempo debido a que es mucho más liviano y no requiere tanto espacio libre en el disco para su funcionamiento, tiene una excelente documentación oficial con tutoriales para el aprendizaje de su funcionamiento toda sus versiones vienen completamente en español y sus complementos son característicos de QGIS desde sus inicios, estos son pequeños programas que corren dentro de QGIS y sirven para hacer tareas específicas (Montoya - gidahatari, 2017), como lo es el complemento QuickMapServices el que utilizaremos para añadir mapas bases de excelente calidad de resolución en nuestro caso nos permite trabajar directamente dentro de Google Earth Hybrid en un espacio georreferenciado, sin problemas en su escalamiento y a diferentes zoom (Morales - mappinggis, 2017) .

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala el Juncal conocido popularmente por el nombre de su asociación de usuarios “ASOJUNCAL” está constituido por 343 predios, tiene un área de influencia de 5.100 Has, teniendo así 3.100 has beneficiadas de las cuales 2.600 has están dedicadas al monocultivo de arroz y las otras tantas a piscicultura; dichas extensiones de tierras favorecen a 302 usuarios a quienes se les suministra el servicio de agua para riego por compuertas, conducido por canales trapezoidales por medio de una zona de bombeo y otra de rebombeo. (Tovar, 2015). EL distrito en mención carece de un mecanismo de control Geoposicionado que sea operativo para llevar un inventario de sus obras y rutas de los canales de distribución es allí donde se genera la problemática a la cual se le quiere dar un principio de solución.

Por lo tanto el gerente del distrito Oswaldo Tovar, quien evidencio la necesidad de generar la propuesta de un Trabajo de Grado el cual solucione la problemática de geoposicinamiento e inventario en base de datos de sus principales obras hidráulicas y canales de distribución. Por consiguiente se propuso a los Autores, realizar un SIG que tuviera como datos principales el geoposicionamiento de las obras hidráulicas (Bocatomas, casas de Bombeo, compuertas de predios y laterales, sifones invertidos, ductos y saltos hidráulicos), como también las rutas de canales de conducción de agua, utilizando para la toma de datos en campo un GPS RTK. Dando así como resultado un SIG con el que se tiene previsto facilitar el manejo y control del Distrito de Adecuación de Tierra.

Para darle solución y un buen manejo a dicha problemática se recurrió a consultar en que otro distrito de Colombia se había implementado dicho modelo SIG, dando como resultado que el Distrito de Riego a gran escala del rio Coello, conocido popularmente por el nombre de su asociación de usuarios “USOCOELLO”, contaba con un modelo SIG del Distrito el cual fue elaborado con ayuda de FEDEARROZ y fue llevado a una plataforma llamada SIIR, quienes brindaron asesoramiento en el proceso de diseño de metodología y toma de datos, para poder brindarle una solución, cumpliendo con los objetivos planeados por el gerente y la junta superior del Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala el Juncal.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Realizar la georreferenciación y digitalización de los componentes hidráulicos del Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala el Juncal para integrarlo en el software QGIS 2.18.5.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Integrar la información geoespacial referente al Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala el Juncal
- Georreferenciar y cuantificar el inventario de los componentes hidráulicos.
- Construir el sistema de información geográfico de los componentes hidráulicos en el cual se va utilizar como plataforma el software QGIS 2.18.5.

## 5. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, los sistemas de información geográfica (SIG) han tomado auge significativo consolidándose como una herramienta eficiente para el manejo y análisis de información de diferentes tipos de las ciencias naturales y sociales; facilitando así operaciones de la información geoespacial que se almacena en formato digital, permitiendo una mejor toma de decisiones y una planeación de la misma.

México ha sido uno de los países de América latina con mayor implementación en la tecnología SIG donde han integrado la información de distintos distritos de riego, con el fin de dar seguimiento a las actividades de operación y conservación de los recursos hídricos. Los proyectos ejecutados en esta misma línea, han sido liderados por la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA, 2013) en el marco del Programa Nacional Hídrico; todo ello alineado al Modelo Nacional de Sistema de Información Geográfica (SIG) de los Distritos de Riego de dicho país. (Rodríguez, 2013).

Asociado a esto, algunos distritos de riego de Colombia han sentido el afán en actualizar sus metodologías de operación y han iniciado el trabajo de establecer el modelo geoespacial de sus canales de conducción y distribución, de la misma forma sus obras hidráulicas e información de los usuarios beneficiarios en un Sistema de Información Geográfica; el Distrito de Riego a gran escala del río Coello “USOCOELLO”, el cual es uno de los distritos de riego más grandes del país, el cual se encuentra ubicado en el departamento del Tolima es uno de los pioneros en el tema. El Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala El Juncal ha visto la necesidad de apostarle al mejoramiento continuo de sus procesos, a través de la implementación de un SIG, fuente nueva de información para analizar geoespacialmente los componentes hidráulicos, desde las áreas administrativa y operativa.

Por esta razón, el Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala El Juncal anteriormente mencionado dimensionó la importancia de trabajar en conjunto con la institución pública de educación superior del departamento del Huila la Universidad Surcolombiana; para que los autores del presente proyecto de grado implementen sus conocimientos en la realización del proyecto de georreferenciación y digitalización de las obras hidráulicas procesadas por medio de SIG implementando el Software QGIS 2.18.5., con ayuda financiera y tecnológica por parte del Distrito de Adecuación de Tierras (DAT).

## 6. MARCO REFERENCIAL

### 6.1 ¿QUÉ ES UN DISTRITO DE RIEGO?

Los Distritos de Riego son áreas geográficas donde se proporciona el servicio de riego mediante obras de infraestructura hidroagrícola, prácticamente son sistemas de irrigación artificial, cuya función es surtir agua a zonas de ladera en las cuales este recurso hídrico se hace necesario para el desarrollo agrícola. (González, 2005)

### 6.2 IMPORTANCIA DE UN DISTRITO DE RIEGO

El agua de riego es fundamental para la toma de alimento de la planta del suelo, por lo que el agricultor debe proporcionársela en cantidad y frecuencia necesaria para su mejor desarrollo durante su periodo vegetativo, obteniendo un aumento en rendimiento y producción, es entonces de gran importancia el servicio que prestan los distritos de riego, el agricultor cuenta con el abastecimiento hídrico necesario para su producción aun en tiempos de sequía.

Actualmente Colombia cuenta con unas 950 mil hectáreas de agricultura irrigada, ubicadas en su mayor parte en los valles del Magdalena, Cauca y Tolima, y el nordeste cerca de la frontera con Venezuela a lo largo de la Costa Caribe; aproximadamente el 90 por ciento de la superficie agrícola se riega mediante sistemas por gravedad (CAR, 2010).

### 6.3 INFRAESTRUCTURA DE UN DISTRITO DE RIEGO

Se tiene como infraestructura de un Distrito de Riego todos los elementos físicos que lo conforman, como lo son las obras civiles de captación, líneas de conducción, almacenamiento y red de distribución.

Las *obras de captación* son obras civiles que permiten captar el agua de su cauce de origen, conduciéndola hasta una aducción; las características estructurales de la obra dependen principalmente del diseño del distrito debido a que se debe poner de forma estratégica para asegurar el caudal de captación.

*Línea de conducción.* Teniendo la obra de captación localizada se debe diseñar o construir una línea que transporte el agua siguiendo una línea topográfica de curvas de nivel que facilite la conducción desde la bocatoma, hasta la zona de almacenamiento del sistema de distribución. (Materón, 1997)

*Almacenamiento.* Son tanques que almacenan el agua en horas muertas de riego de la bocatoma que son transportados por la línea o canal de conducción, recaudando volúmenes de agua que se puede utilizar en caso que el nivel de aguas sea menor dando una estabilidad al distrito.

*Red de distribución.* Para tener un uso razonable del agua, una buena eficiencia en el Distrito se debe realizar un diseño de redes de distribución. Por lo general, se establece que una red principal de riego que abarque la zona a beneficiar, con una cota superior a esta, de la cual se desprende redes secundarias para llegar hasta las zonas de importancia. (MORENO, 2012)

#### **6.4 COMPONENTES HIDRÁULICOS DE UN DISTRITO DE RIEGO**

*Compuertas.* “Las compuertas son equipos mecánicos utilizados para el control del flujo del agua y mantenimiento en los diferentes proyectos de ingeniería, tales como presas, canales y proyectos de irrigación. Existen diferentes tipos y pueden tener diferentes clasificaciones, según su forma, función y su movimiento”. (EIA, 2003)

*Salto hidráulico.* “El salto hidráulico consiste en una elevación brusca de la superficie líquida, cuando el escurrimiento permanente pasa del régimen supercrítico al régimen subcrítico. Es un fenómeno local muy útil para disipar energía hidráulica. Produce una alteración rápida de la curvatura de las trayectorias del flujo, con vórtices (turbulencia) en el eje horizontal, ocasionando velocidades en dirección opuesta al flujo, choques entre partículas en forma caótica y por tanto, una gran disipación de energía”. (Hernández, 2011)

*Canaleta Parshall.* “La canaleta Parshall cumple un doble propósito en las plantas de tratamiento de agua, de servir de medidor de caudales y en la turbulencia que se genera a la salida de la misma, servir de punto de aplicación de coagulantes. Es uno de los aforadores críticos más conocidos, introducida en 1920 por R.L. Parshall”. (UNAD, 2005)

*Sifón invertido.* “Son estructuras hidráulicas que se utilizan en canales para conducir el agua a través de obstáculos, tales como un río, una depresión del terreno u otro canal”.

*Vertedero lateral.* “Los vertederos laterales, también conocidos como aliviaderos, son aberturas o escotaduras que se hacen en una de las paredes o taludes de un canal, su función es evacuar el exceso de caudal o desviar el flujo hacia otro canal”. (Gonzales, 2013).

#### **6.5 ESTACION DE BOMBEO**

Una Estación de Bombeo (EB), es un sitio donde se establecen estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, los cuales succionan el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento por medio de un equipo de bombas y la impulsan a los tanques de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

Lo que hace esta EB es darle mayor energía al caudal entrante para que dicha corriente de agua pueda elevar cotas topográficas, que en su cauce natural no alcanzaría. Por lo general casi todos los Distritos requieren de EB para impulsar el líquido con el caudal, la presión y la velocidad deseada a excepción de algunos Distritos que se alimente con agua proveniente de un río de montaña o del agua de lluvia, (FIUBA, 2008).

## 6.6 ESTACION DE REBOMBEO

Dentro de las EB esta una subclase denominada Estación de Rebombear (RB) siendo utilizadas cuando en una línea de distribución, se necesita aumentar la energía del caudal por encima de la cota que maneja EB. Se diferencia de las anteriores por carecer de pozo de bombeo. (Koutoudjian, 2008).

## 6.7 DISTRITO DE ADECUACIÓN DE TIERRAS DE MEDIANA ESCALA EL JUNCAL “ASOJUNCAL”

El objeto principal actual del Distrito es prestar el servicio de riego para cultivos principalmente arroz, menor escala piscicultura, maíz y ganadería.

El distrito tiene como fuente hídrica el RIO MAGDALENA y se abastece por bombeo eléctrico del río a la laguna el Juncal, también denominado embalse regulador, caudal Q. Derivación = 4.9 m<sup>3</sup>/seg; altura de descarga: 32,5 mt. Alberca DESCARGA: dimensiones: 8m X 8m X 2,5 m, con 4 Unidades de Bombeo KSB (tipo: bomba de caja tubular con rodete semiaxial), Q./unidad. = 1.5 m<sup>3</sup>/seg y una Eficiencia = 82%; MOTORES AEG a 890 Hp.

De la laguna se deriva agua por gravedad a la denominada primera etapa que comprende 2600 hectáreas; a través de una red de canales que alimentan el canal Juncal y el canal surtidor. De este canal se desprende el canal Aducción para la segunda estación de bombeo que irriga 532 hectáreas más a través de otros canales surtidores. La laguna almacena aguas de escorrentía y complementa el agua para el canal Juncal.

La laguna el Juncal es un depósito Artificial de agua de poca profundidad, dos metros aproximadamente pero de una extensión relativamente grande, alrededor de 160 hectáreas inicialmente. Recibe el agua proveniente de la estación de bombeo de la primera etapa. Esta laguna tenía inicialmente un volumen útil almacenado de 2.410.531 m<sup>3</sup> pero debido a la constante sedimentación y a la proliferación de malezas acuáticas y subacuáticas esta capacidad se ha reducido a menos de un 50%, contando hoy con tan solo 63 has de espejo de agua aproximadamente.

La entrega de agua a los predios adscritos al Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala El Juncal se realiza a través de compuertas que son manipuladas únicamente por el respectivo canalero, asignando una dotación de 1.8 litros por segundo hectárea. Es de anotar que para los predios que captan el agua a través de una bomba desde el canal, estos caudales son previamente aforados para así determinar cuál es la dotación entregada.

Entre los sistemas productivos actuales en el Distrito de Adecuación de Tierras (DAT) se encuentra en primer orden la actividad agrícola con el cultivo de arroz 8 representando un 84 % del área beneficiada, luego encontramos la explotación pecuaria representada por la actividad ganadera tipo extensiva.

Debido a que el 100% del agua que irriga el DAT proviene de bombeo eléctrico, la energía eléctrica es el costo más representativo en los que incurre el Distrito para la prestación del servicio con 83% de los costos de operación; afrontando un incremento desmesurado costo KVa/hora, razón por la cual se incrementa en un 35% el servicio de riego en el 2016 (Tovar, 2015).

## **6.8 RIO MAGDALENA**

El río Magdalena es el más importante de Colombia, situado en la parte céntrica del país atravesando de norte a sur la región andina. Nace en el páramo de las papas en el macizo colombiano, en la laguna de la Magdalena, localizada en el departamento del Huila y recorre al país de norte a sur en una extensión de 1,536 km, con un promedio de caudal de 7,100 m<sup>3</sup>/s.

El área tributaria de la cuenca es de 257,000 km<sup>2</sup> que corresponde al 22.8% de la superficie total del territorio nacional. Su recorrido se inicia dentro un valle interandino ubicado entre las cordilleras central y oriental y a su afluente mayor, el río Cauca, en donde se encuentran las regiones más ricas, abundante en recursos naturales y las mejores condiciones de desarrollo, como son las zonas más industrializadas, mejor infraestructura vial, los más importantes desarrollos hidroeléctricos y áreas de desarrollando agrícola importantes. La cuenca Magdalena-Cauca está situada en la zona ecuatorial, la cual determina su gran riqueza hídrica en donde se presenta una gran actividad climática en cuanto a precipitación con una media anual de 2,000mm, con una variación dentro de la cuenca entre 800mm y los 5,000mm en algunas zonas. Considerando lo anterior, el caudal específico o rendimiento anual es de 27.3 L/Skm<sup>2</sup> (CIDBIMEDA, 2005).

## **6.9 ¿QUE ES LA AGRICULTURA DE PRECISION?**

La agricultura de precisión como su nombre lo indica se trata de realizar lo correcto en el lugar correcto en el momento preciso y en la cantidad correcta. Esto lleva a los productores agrícolas a garantizar orden, control a una mayor rentabilidad, una mayor sostenibilidad, un aumento de la productividad y calidad. Además, les ahorra tiempo a los agricultores.

La agricultura de precisión va muy correlacionada con el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y de sensores remotos que permiten el geoposicionamiento, facilitando el monitoreo y ejecución automatizada por medio de Software, demuestra el poder de la tecnología digital en la granja. También muestra los beneficios de utilizar maquinaria agrícola de última tecnología la cual se puede conectar a sensores remotos dando precisión en las labores rutinarias de dicha máquina. (Adam Ulrich, 2017).

## 6.10 LA AGRICULTURA DE PRECISION, ¿ES RENTABLE?

En última instancia, la adopción de la agricultura de precisión dependerá de si el agricultor ve rentabilidad en ello. La agricultura de precisión es una tecnología reciente (aunque hace casi una década que se empezó a desarrollar) y como tal requiere unas inversiones iniciales que podrán ser amortizadas en el futuro a medida que su desarrollo se perfeccione. Los costes de la agricultura de precisión normalmente se han estudiado midiendo el gasto en medios de producción (fertilizantes, fitosanitarios, etc.) que deberán reducirse si se emplea adecuadamente la técnica y las decisiones son correctas.

Un fabricante de maquinaria indica en su folleto que el «ahorro medio de consumos es de 10.000 pesetas por hectárea» en cultivos de cereal europeos. Sin embargo no son despreciables los costes de adquisición y reposición de los equipos, ni los de aprendizaje del personal. Los beneficios tampoco son fáciles de cuantificar: la comparación entre el aumento de producción de una parcela gestionada con agricultura de precisión y su rendimiento antes de aplicar la técnica, puede conllevar errores debidos a factores que no se han tenido en cuenta en su momento, como el microclima de cierta zona. Igualmente, los beneficios medioambientales son difícilmente evaluables.

Los estudios de rentabilidad a corto plazo muestran rentabilidad económica en algunos casos. La rentabilidad es mayor en cultivo de mayor valor añadido (patatas, hortalizas, simiente) que en cultivos con poca elaboración (maíz grano, cereales), y es mayor cuantos más factores de producción seamos capaces de controlar con las técnicas de dosificación variable (UPM, 2012).

## 6.11 TIPOS DE RECEPTORES UTILIZADOS EN LA AGRICULTURA DE PRECISION

### 6.11.1 Precisión del sistema

A continuación se listan algunas variables involucradas en la precisión del GPS:

- a. Tipo de receptor: Los receptores de tipo topográfico tienen precisión submétrica mientras que los receptores de navegación poseen precisión entre 5 y 10 m. Los receptores geodésicos tienen precisión en centímetros.
- b. Tiempo de relevamiento de una posición geográfica: En general, cuanto mayor es el número de posiciones (lecturas) relevadas en un lugar, mayor es la precisión.
- c. Posición relativa de los satélites: Generalmente, ocurren menos errores cuando se utiliza una constelación de satélites con gran distancia entre ellos. Por esta razón, las posiciones más precisas se obtienen cuando gran parte del cielo está visible.
- d. Configuración del receptor: La precisión puede depender del nivel de tolerancia establecida en la configuración.

### 6.11.2 Métodos de posicionamiento

- a. Autónomo: Sin corrección, menor precisión. Al registrar posiciones en cualquier receptor GPS, ocurrirá un error de hasta 10 m, rastreando por lo menos cuatro satélites. Son los receptores más baratos y más difundidos.
- b. Diferencial: Se aplican correcciones diferenciales. La corrección diferencial es el proceso de utilizar datos del satélite, recogidos por un receptor localizado en una posición conocida, para ajustar las posiciones registradas por receptores móviles.
- c. Autónomo con corrección por algoritmo: No se utiliza corrección diferencial, pero algoritmos internos permiten obtener errores por debajo de 1 m. El costo de estos receptores es mayor que el de los receptores de navegación.
- d. Posicionamiento según la fase de la portadora: Se realiza corrección diferencial con procesamiento de la fase (o portadora). Los receptores de precisión submétrica pueden obtener precisiones de hasta 10 cm con el procesamiento de la fase (PRECISUR, 2014).

## 6.12 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés [Geographic Information System]) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión. (langleruben, 2016)

Durante décadas, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han aplicado a problemas de gestión territorial y de recursos naturales, a cuestiones relacionados con el medioambiente, la logística militar o en contextos directamente vinculados con las ciencias de la Tierra, como la geografía, la geología, etc. Los SIG han supuesto un cambio paradigmático tecnológico e intelectual, fundamentalmente en el ámbito de las geociencias y de la cartografía, este paradigma debe ser entendido como el conjunto de procedimientos técnicos y metodológicos que permiten: por un lado, tratar la espacialidad de los datos, y por otro, favorecer el estudio de la realidad desde enfoques multidimensionales e integrados, como son el tiempo, el espacio y las "personas" que interactúan con el territorio en un momento determinado. Cuando las fuentes de información están debidamente vinculadas se posibilita la mejor comprensión de los temas específicos y objetos de estudio. (Gustavo D. Buzai., 2006).

### 6.13 FUNCIONAMIENTO DE UN SIG

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son (CIESAS, 2016):

- **Localización:** preguntar por las características de un lugar concreto.
- **Condición:** el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.
- **Tendencia:** comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de algunas características
- **Rutas:** cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.
- **Pautas:** detección de pautas espaciales.
- **Modelos:** generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incidido de manera decisiva en su evolución.

### 6.14 LA CREACIÓN DE DATOS

Las modernas tecnologías SIG trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales. El método más utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo se transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de Diseño Asistido por Ordenador (DAO o CAD) con capacidades de georreferenciación. (langleruben, 2016)

Dada la amplia disponibilidad de imágenes orto-rectificadas (tanto de satélite y como aéreas), la digitalización por esta vía se está convirtiendo en la principal fuente de extracción de datos geográficos. Esta forma de digitalización implica la búsqueda de datos geográficos directamente en las imágenes aéreas en lugar del método tradicional de la localización de formas geográficas sobre un tablero de digitalización. (langleruben, 2016)

### 6.15 IMPORTANCIA DE UN SIG EN UN DISTRITO DE RIEGO

A través de la implementación de los SIG, la toma de decisiones sobre la planeación de las actividades de un Distrito de Riego (DR) y sus Módulos, apoyada en el conocimiento y

análisis de la información que en éstos se generan, puede aprovechar al máximo los recursos disponibles.

Las actividades que se realizan en las diversas áreas técnicas del DR, se programan y ejecutan principalmente de acuerdo con dos tipos de información: numérico-estadístico (Estadísticas Agrícolas, Hidrometría, Plan de Riegos) y planos temáticos. En el manejo del DR como un sistema de producción, es necesario considerar tres horizontes de tiempo (Mejía Sáenz E., 2003):

- Desarrollo histórico (evaluación)
- Manejo en tiempo real (operación)
- Proyección de posibles cursos de acción (planeación).

El desarrollo de un SIG para un DR y los módulos que lo integran puede permitir, de una manera rápida y confiable:

- a) disponer, procesar y analizar la información geográfico-estadística generada durante el desarrollo de las actividades que hacen posible el funcionamiento del distrito de riego.
- b) actualizar el padrón de usuarios.
- c) actualizar el inventario de infraestructura hidroagrícola.
- d) integrar el SIG generado, con el sistema de recaudación del DR.
- e) integrar el SIG con la información climática y de operación para la toma de decisiones en tiempo real.

## **6.16 LA TELEDETECCION**

El término Teledetección es una adaptación del vocablo inglés Remote Sensing, y se refiere no sólo a la captación de datos desde el aire o desde el espacio sino también a su posterior tratamiento y análisis.

Una definición formal la describe como la técnica de adquisición y posterior tratamiento de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la Tierra y el sensor, siendo la fuente de radiación la proveniente del Sol - teledetección pasiva - o del propio sensor - teledetección activa. Su función principal es la extracción de información de la superficie terrestre y las cubiertas que existen sobre ella, por medio de instrumentos óptico - electrónicos y en forma remota. Producto de ello se genera una imagen - matriz bidimensional - donde una porción de espacio sobre la superficie terrestre es representada por la unidad mínima de información conocida como picture element o píxel. (Cardozo O. D., 2013)

## **6.17 CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES GENERALES**

Las imágenes obtenidas por los satélites ofrecen una perspectiva única y particular de la Tierra, sus recursos y el impacto humano sobre ella. Los sensores remotos han demostrado

ser una importante fuente de información para un gran número de aplicaciones, entre las que cabe citar la planificación urbana, vigilancia del medio ambiente, gestión y manejo de cultivos, prospección petrolífera, exploración minera, usos del suelo, localización de bienes raíces, entre otras.

Este amplio y diverso abanico de aplicaciones surge de las numerosas ventajas que presenta el empleo de imágenes satelitales (Chuvieco, 2008):

**Digital:** las imágenes de satélite se generan digitalmente, al igual que su distribución a los usuarios. Dada su naturaleza digital, las imágenes se procesan y analizan por medio de computadoras para extraer datos que otras fuentes no detectarían.

**Rápido:** un satélite de observación terrestre levanta información de un vasto territorio - dependiendo del tamaño de la escena-, en menos tiempo que el de un equipo topográfico o de un vuelo aéreo fotográfico.

**Económico:** para zonas extensas, las imágenes de satélite resultan normalmente mucho más económicas que la fotografía aérea o las campanas topográficas sobre el terreno.

**Global:** la captura de imágenes satelitales no está limitada por fronteras políticas ni geográficas, por lo tanto, pueden obtener información de toda la superficie terrestre.

**Actualizado:** los rápidos cambios que ocurren en la sociedad y el territorio, hacen necesario contar con información actualizada para tomar decisiones acertadas. Los mapas “envejecen” con mayor rapidez, mientras que la disponibilidad de imágenes satelitales es prácticamente diaria.

**Sinóptico:** los sensores remotos captan en una sola imagen y con alto nivel de detalle (principales cubierta del suelo, carreteras e infraestructuras) extensas porciones del territorio.

**Preciso:** la información que contiene es una representación precisa, objetiva e imparcial de los objetos y detalles de la superficie terrestre y sus cubiertas.

**Flexible:** se pueden sacar datos más complejos y aprender a combinar las imágenes con miles de datos geográficos distintos con capacitación en el manejo de los programas informáticos de aplicaciones geográficas y procesamiento de imágenes (Cardozo O. D., 2013).

## 6.18 IMÁGENES DIGITALES

Las imágenes de satélite tienen la ventaja de que abarcan una zona mucho más amplia que las imágenes aéreas, permitiendo realizar estudios territoriales a bajo coste.

En la actualidad los satélites nos proporcionan sistemas integrados de datos territoriales (a partir de la radiación electromagnética transformada en información digital) con gran resolución espacial, radiométrica, espectral y gran periodicidad, que hacen de la teledetección un instrumento indispensable para el conocimiento global de la Tierra, así como para la detección y cuantificación de los cambios que en ella se producen.

El Tratamiento Digital de Imágenes utiliza la información digital (imágenes) procedentes de sensores para la extracción de información específica a los fines requeridos, topográficos y temáticos. Una de sus grandes ventajas es la rapidez de procesamiento de la ingente información digital disponible hoy día para cada proyecto. Para la obtención de información topográfica y temática se ha venido utilizando, hasta fecha reciente, diferentes sistemas y

equipos de producción, con lo que la superposición y correspondencia entre ambas informaciones se hacía difícil, así como un elevado costo en su obtención y actualización.

## **6.19 TRATAMIENTO DE IMÁGENES DIGITALES**

El Tratamiento Digital de Imágenes es una parte fundamental de la teledetección, cuyo desarrollo ha impulsado las aplicaciones de los datos digitales procedentes de sensores. La Imagen en forma digital (matriz numérica bidimensional) obtenida directamente (radiómetros) o por transformación de la imagen analógica (cámaras métricas) en digital mediante escáner, será la fuente indispensable de entrada de datos en el Sistema de Tratamiento.

### **6.20 CONCEPTO DE IMAGEN DIGITAL**

La imagen, de forma genérica, se puede considerar que es un elemento constitutivo indiscutible de todo proceso de transmisión de información (comunicación). Los primeros elementos que podemos considerar como imágenes (analógicas) son los dibujos, gráficos, esquemas, etcétera, los cuales, tanto su confección como su transmisión (reproducción), se realizaban y realizan en ciertos casos, completamente de forma manual. La complejidad de su ejecución y por tanto de su reproducción variaba sustancialmente, entre otros factores, en función de si la imagen era en blanco y negro o color, dificultando y encareciendo los procesos antes mencionados en función de las características de la imagen.

Este escaso conocimiento de las técnicas asequibles en la utilización del color impidió y frenó durante siglos que el mismo se utilizase regularmente en los procesos de producción de documentos. La fotografía, desde sus orígenes, contribuyó de forma definitiva y eficaz a todos los procesos de producción de documentos y especialmente de imágenes. Las técnicas analógicas de fotografía, fotomecánica y fotocomposición, que en algunos casos todavía se siguen utilizando en los procesos productivos, han sido los sistemas inspiradores de los actuales sistemas digitales de reproducción y, por supuesto, fotogramétricos.

Una fase fundamental en la producción de imágenes digitales, en aquellos casos que la fuente de información fuese analógica (cámara fotogramétrica), sería la conversión de dicha información (señal analógica) en digital mediante convertidores – ADC– (cuantificadores y codificadores), como por ejemplo: escáner, digitalizadores, etcétera (Villar, 2014).

### **6.21 SOFTWARE LIBRE**

Hablamos de software libre cuando queremos referirnos a la libertad que tiene un usuario para modificar, copiar, distribuir y modificar un software sin que ninguna compañía o individual pueda emprender acciones legales contra él.

Para que un software pueda ser considerado libre tiene que cumplir unas reglas establecidas que aseguren que sigue la filosofía del software libre, una especie de mandamientos. Se les llama las cuatro libertades, y son:

- Ejecutar el programa, para cualquier propósito.
- Estudiar el funcionamiento del programa, y adaptarlo a sus necesidades.
- Redistribuir copias.
- Mejorar el programa, y poner sus mejoras a disposición del público, para beneficio de toda la comunidad.

De esta manera, un usuario es completamente libre de modificar el código fuente del software en cuestión, mejorarlo o adaptarlo a las necesidades que tenga, sin tener que pagar a nadie por ello. De la misma manera, puede distribuir copias del software libremente, no sólo del software tal y como lo consiguió, sino que puede redistribuirlo con las modificaciones que haya llevado a cabo en él (Gonzales D. , 2004).

## **6.22 QGIS**

QGIS es un software libre y de código abierto para gestión de información geográfica. Está sujeto a la Licencia Pública General GNU. QGIS dispone de herramientas para visualización y navegación de la información espacial. Es capaz de leer y visualizar los tipos de archivos más comunes, incluyendo formatos en modelo ráster y vectorial, bases de datos espaciales y los estándares de servicios remotos del Open Geospatial Consortium (OGC): WMS y WFS. Permite, a través de un complemento la incorporación de mapas e imágenes de servicios públicos como Bing, Google y OpenStreetMap (QGIS, 2016).

## **6.23 COMPLEMENTOS DE QGIS**

Los complementos son característicos de QGIS desde sus inicios, estos son pequeños programas que corren dentro de QGIS y sirven para hacer tareas específicas que el programa original no suministra pero programadores independientes han realizado para facilitar el manejo y funcionamiento de QGIS.

Los complementos de QGIS se implementan como principales o externos.

Los complementos principales son mantenidos por el equipo de desarrollo de QGIS y forman automáticamente parte de cada distribución de QGIS. Están escritos en uno de dos idiomas: C ++ o Python.

La mayoría de los complementos externos están escritos actualmente en Python. Se almacenan en el Repositorio QGIS 'Oficial' en <http://plugins.qgis.org/plugins/> o en repositorios externos y son mantenidos por los autores individuales. Se proporciona documentación detallada sobre el uso, la versión mínima de QGIS que lo permite correr, la página de inicio, los autores y otra información importante para los complementos en el repositorio oficial. (QGIS, 2016)

## 6.24 QUICKMAPSERVICES COMPLEMENTO

Añadir un mapa base es a menudo la primera tarea que realizamos cuando comenzamos un proyecto SIG, Una de las opciones más útiles y sencillas para añadir mapas base de calidad en QGIS es a través del plugin QuickMapServices para QGIS.

Considerado como un plugin imprescindible para QGIS, el plugin QuickMapServices creado por NextGIS, es un gran aliado en los complementos de QGIS para añadir mapas base de Bing, ESRI, Geofabrik, Google, CARTO, Stamen, OpenStreetMap, Landsat, etc.

Incluye una lista actualizada de servicios que se pueden agregar al proyecto en un solo clic (como el viejo conocido plugin OpenLayers, pero este último utiliza WebKit para agregar las teselas vectorial (vector tiles) que contiene datos vectoriales georreferenciados, recortados en teselas para facilitar su recuperación es decir que suministra imágenes por segmentos cuadráticos y no es lo más óptimo). (Morales, 2017)

No tiene problemas con el escalamiento de las etiquetas en niveles de zoom no estándar (a diferencia de plugin Tile Map Scale, que usa el controlador universal de GDAL y tiene problemas con la visualización e impresión en los niveles de zoom no estándar).

Utiliza la implementación de acceso a teselas con alias en niveles de zoom no estándar (como TileLayer Plugin, pero este plugin no puede agregar mapas base con un clic).

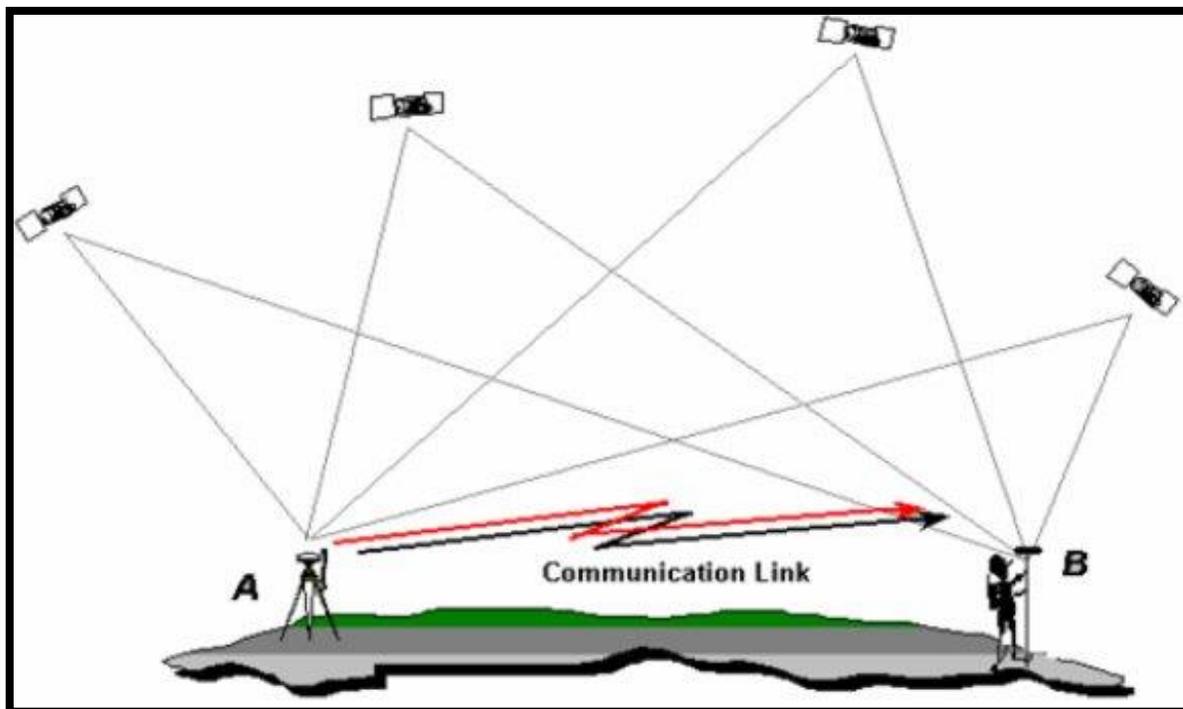
## 6.25 REDES RTK

Recientemente se están implantando por muchas áreas del mundo las llamadas redes RTK o redes GNSS que permitirán disponer de alta precisión sin necesidad de estación base.

Según (Valero, 2009), una red RTK es un conjunto de receptores GPS (o GNSS) permanentes, repartidos por un área extensa, cuya señal combinada se emplea para generar las correcciones diferenciales RTK que cualquier receptor cliente GPS pueda necesitar durante su trabajo. Hoy en día existen las redes RTK operativas en muchos países (reino unido, Irlanda, Alemania, España, Hong Kong, partes de América y Australia, entre otros). En Europa se es destacable la implantación de la red "SamartNet EUROPE", con tecnología de la empresa Leica Geosystem. Las redes RTK pueden variar en tamaño, desde pequeñas redes locales con unas pocas estaciones de referencia, hasta docenas de estaciones cubriendo todo un país.

### Características

- una estación de referencia fija que rastrea de modo continuo con capacidad de resolver las ambigüedades en tiempo real.
- El otro receptor es una plataforma móvil
- Ambos están enlazados mediante un radio modem
- El segundo receptor obtiene su posición en tiempo real
- Gran precisión: 1-2 cm



**Figura 1** Sistemas GNSS: funcionamiento, posicionamiento y precisión (UCA, 2012 )

## 6.26 RECEPTOR GNSS CHC X-91

El RTK X91+ es un receptor GNSS (sistemas globales de navegación por satélites) compacto diseñado para alcanzar precisiones de primer nivel y excelente productividad. Desarrollado por la tecnología GNSS de 220-canales (Placa Trimble ® BD970). El cual permite tener una precisión de los puntos que es lo que se necesita para este trabajo de grado para poder georreferenciar con un menor margen de error con respecto al posicionamiento espacial de las obras hidráulicas.

Este equipo es eficiente y de uso intuitivo, diseñado para un red de topografía avanzada RTK ((del inglés *Real Time Kinematic*) o navegación cinética satelital en tiempo real), compacto y rudo, el GNSS X91+ es la opción perfecta para la demanda de aplicaciones topográficas.

Resultado de décadas de investigación y desarrollo en las áreas de posicionamiento y topografía, el GNSS X91+ es una de las más poderosas soluciones de GNSS RTK, comprometidos con la calidad y a un precio que cualquier topógrafo puede permitirse.

La compatibilidad del GNSS X91+ con las principales marcas de GPS permiten la integración sin mayor problemas brindando un flexibilidad al trabajar en diferentes proyectos de topografía.

El equipo topográfico receptor GNSS X91+ puede ser usado para levantamientos topográficos, replanteo, deslinde de tierras, levantamiento de caminos o carreteras, batimetría con ecosonda, entre otros trabajos de topografía.

El equipo gps recibe correcciones vía radio UHF (Ultra High Frequency, 'frecuencia ultra alta) o GSM/GPRS desde una base que transmite datos de corrección para obtener precisiones milimétricas/centimétricas en trabajos de altimetría, o también puede usarse como gps autónomo para obtener precisiones submétricas para trabajos de planimetría (ViasySuministros, 2016).

### MONTAJE DEL EQUIPO



**Figura 2** Catálogo de GPS receptor GNSS CHC X-91 (ViasySuministros, 2016)

Las especificaciones de precisión y confiabilidad pueden ser afectadas por las señales multi-trayectoria, geometría de satélites y condiciones atmosféricas. El desempeño asume un mínimo de 5 satélites, siguiendo las prácticas generales de GPS recomendadas. Las especificaciones UHF son aprobadas de acuerdo a la regulación de cada país. Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso. (ViasySuministros, 2016)

**LISTA DE COMPONENTES DEL EQUIPO**

Imagen	Nombre	Modelo	Cantidad
	Base	X91	1
	Rover	X91	1
	Controladora	X91	1
	Baston de carbón	X91	1
	Cargador de baterias	X91	2
	Batería de Litio	X91	4
	Bracket sujetador de controladora	X91	1
	Cable transferencia de datos	X91	2
	Cable de alimentación con pinzas	X91	1
	Antena de hule para base y rover	X91	2
	Radiomode UHF	X91	1
	Estuche de transporte	X91	2
	Antena de transmisión UHF	X91	1
	Base nivelante	X91	1
	Flexómetro	X91	1

**Figura 3** Catálogo de GPS receptor GNSS CHC X-91 (ViasySuministros, 2016)

## 7. MATERIALES Y METODOS

### 7.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área del Distrito de Adecuación de Tierras (DAT) se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Magdalena, en el Municipio de Palermo, a diez (10) Kilómetros al sur-occidente de la ciudad de Neiva, capital del Departamento del Huila. Los límites del DAT son: Por el oriente con el Río Magdalena, por el occidente y sur con las estribaciones del Cerro del Indio Estacada y por el norte con la quebrada Gallinazo.

El área de desarrollo del DAT comprende un área bruta de 3.100 hectáreas, se encuentran subdivididas en dos etapas:

- La primera etapa comprende las tierras que se pueden regar por debajo de la cota 475 m. y tienen una extensión de 2.600 hectáreas.
- La segunda etapa la forman aquellas tierras aledañas a la primera etapa, que están por encima de cota 475 m, con una extensión aproximada de 532 hectáreas.

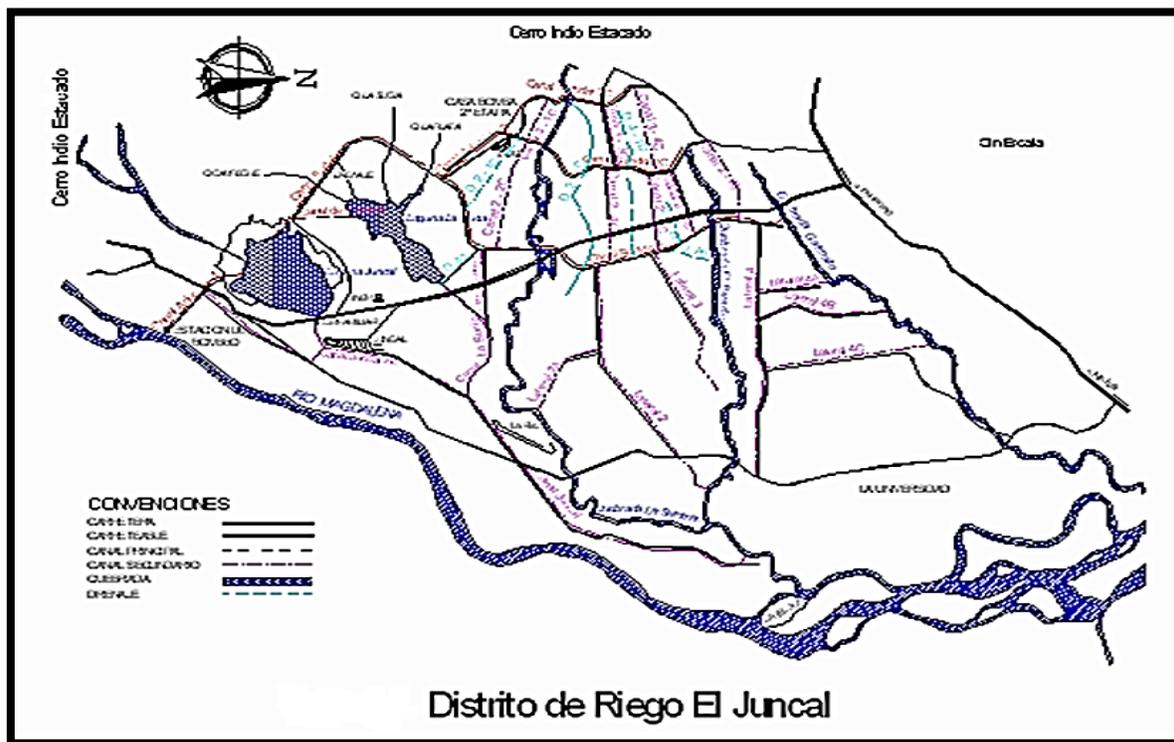


Figura 4 Ubicación Distrito de Adecuación de Tierras a Mediana Escala El Juncal (Asojuncal, 2014)

## 7.2 CLIMA

Condiciones de Clima Cálido Seco (CSB) correspondiéndote al Bosque Seco Tropical (BST) Está caracterizada por los datos meteorológicos de las estaciones Palermo y Totumo cubriendo. Se encuentra dentro de la franja altitudinal de 500 a 800 metros sobre el nivel del mar (MSNM), temperaturas media de 28 °C, y precipitación media anual de 1.250 mm, correspondiente a la mayor área del municipio. (Asojuncal, 2014)

## 7.3 CORRIENTES SUPERFICIALES

La captación principal del Distrito de Adecuación de Tierras (DAT) se hace a través de un sistema de bombeo que se encuentra ubicada sobre la margen Izquierda del Río Magdalena de la cual se deriva un caudal que alimenta cuatro unidades, cada una con capacidad de captación igual a 1300 lt/Seg para un caudal total derivado de 5.2 m<sup>3</sup>/seg.

las quebradas la Manga y Cerro Gordo afluentes que en época de invierno aportan agua a la Laguna El Juncal la cual hace parte fundamental del distrito de adecuación de tierras de mediana escala el juncal, sirviendo como embalse regulador de las necesidades del servicio de agua por parte de los agricultores.

La entrega de agua a los predios adscritos al distrito de adecuación de tierras de mediana escala El Juncal se realiza a través de compuertas que son manipuladas únicamente por el respectivo canalero, asignando una dotación de 1.8 litros por segundo hectárea. Es de anotar que para los predios que captan el agua a través de una bomba desde el canal, estos caudales son previamente aforados para así determinar cuál es la dotación entregada. (Asojuncal, 2014)

## 7.4 IMPORTANCIA DE LAS ZONA DE BOMBEO

La captación principal del distrito se hace a través de un sistema de bombeo que se encuentra ubicada sobre la margen Izquierda del Río Magdalena de la cual se deriva un caudal que alimenta cuatro unidades, cada una con capacidad de captación igual a 1300 lt/Seg para un caudal total derivado de 5.2 m<sup>3</sup>/seg, dicha zona es de mucha importancia debido a que se encuentra por debajo de la cota 475 y es denominada como la zona de bombeo, beneficiando al 80% de los usuarios del el Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala El Juncal en un área de 2500 has aproximadamente, estas hectáreas tienen un menor consumo de energía debido a que solo se utilizan cuatro unidades de bombeo, tipo bomba KSB de caja tubular con rodete semiaxial con Q./unid. = 1.5 m<sup>3</sup>/seg y una Eficiencia = 82%; MOTORES AEG a 890 Hp, las cuales cuenta con tecnología de protección general vel 17 Mseg Bombas 1 y 3 y Basler 26 Mseg bombas 2 y 4 que permite un nivel de funcionamiento permanente durante los doce meses del año, teniendo en cuenta que se puede rotar la operación de las bombas diariamente y solo se ponen en funcionamiento total en tiempos de verano.

El agua bombeada de la estación principal es conducida por el canal de aducción hasta el embalse regulador Laguna El Juncal, de allí se derivan a través de una red de canales abiertos revestidos en concreto entre los que se encuentran el canal Juncal y el canal surtidor Principal que en su recorrido de 8 Km entrega agua a los canales laterales 1, 2, 3 y 4 y sus respectivos sublaterales Además conduce el agua a la estación de rebombeo que se encuentra ubicada frente a la sede administrativa, para abastecer el servicio de riego de aproximadamente 500 hectáreas que se encuentran por encima de la cota máxima 475 del canal surtidor principal.

Para su almacenamiento y regulación, el Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala el Juncal cuenta con un embalse denominado Laguna El Juncal, el cual permite garantizar la eficiencia de operación del distrito, ya que esta almacena el caudal bombeado sobrante de la operación diaria del distrito. (Asojuncal, 2014)

## **7.5 MATERIALES**

Con el objetivo de realizar la georreferenciación y digitalización de los componentes hidráulicos del Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala el Juncal para realizar el modelo en un sistema de información geográfica a través del software libre QGIS 2.18.5, se utilizaron diferentes materiales como lo son:

### **7.5.1 Materiales De Equipo**

Los materiales a utilizar en dicho proyecto de grado están categorizados como equipos los cuales fueron computadoras de alta tecnología suministradas por el DAT y por los estudiantes a cargo de dicho trabajo de grado instalando los paquetes de cómputo libres. QGIS 2.18.5 en el cual se realizó la digitalización y procesamiento de datos del SIG del Distrito y el Libre Office con el que se realizó la redacción del documento.

Ya en la toma de los datos se utilizaron equipos como la Estación de Sistema de posicionamiento global (GPS), modo RTK de doble frecuencia la cual fue alquilada y suministrada por la empresa prestadora del servicio VÍAS Y SUMINISTROS.SAS, se utilizó una cinta métrica para medir la altura de la base de la estación, una cámara digital de 14 mega pixeles para tomar el registro fotográfico de cada una de las obras hidráulicas , se realizó el formato de levantamiento de datos en campo para adquirir los datos necesarios, el transporte utilizado para movilizarnos por el distrito fue una moto para mayor facilidad en la movilidad, se utilizaron también los Planos catastrales del Distrito impresos que tenía el distrito, con ayuda de Fedearroz fue posible obtener la fotografía aérea de la zona de interés con la que se trabajó la visualización sin acceso a internet, para de este modo tener un manejo más apropiado al momento de procesar los datos del SIG.

### **7.5.2 Recursos Financieros**

Los recursos financieros serán cubiertos por el proyecto de competitividad y progreso del Distrito de adecuación de tierras de mediana escala el Juncal ASOJUNCAL llamado

“Creación del Sistema de Información Geográfica del Distrito de Riego ASOJUNCAL” el cual fue aprobado por la Junta Directiva actual vigente, el Gerente Oswaldo Tovar y el Jefe Operativo Samir Caicedo.

## 7.6 FASES METODOLOGICAS

A continuación presentamos la tabla de Fases Metodológicas las cuales nos ayudaron para llevar a cabo la culminación de nuestro trabajo de grado debido a que en ella describimos cada etapa a realizar durante cada fase establecida dentro de la metodología de trabajo.

**Tabla 1 Fases Metodológicas (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**

FASES METODOLÓGICAS			
FASES		ETAPAS	
COD (Fi)	NOMBRE	COD(Mi, j)	Nombre
F1	Fase preliminar	M 1.1	Revisar la bibliográfica preliminar de la información de interés sobre SIG, DAT e implementaciones en otros DR.
		M 1.2	Reconocer de forma preliminar el área de estudio.
		M 1.3	Formular, presentar y aprobar el anteproyecto para el trabajo de grado.
		M 1.4	Aplicar herramientas e instrumentos para recopilación de información.
		M 1.5	Realizar visita al Distrito de Riego a Gran Escala del Rio Coello para adquirir mayor información sobre la implementación de SIG en el DR.
		M 1.6	Capacitación en el manejo del GPS de alta Precisión GNSS X91+.
F2	Fase de selección e implementación de metodologías de toma de Datos	M 2.1	Plantear diferentes tipos de metodología de tomas de datos.
		M 2.2	Escoger la metodología más apropiada mancomunadamente con las directivas del DAT.
		M 2.3	Adquirir fotos satelitales para luego empezar a trazar las

			redes de distribución sobre ella en el Software QGIS.
		M 2.4	Realizar las configuraciones y el montaje de la estación de GPS GNSS X91+ en el área de trabajo.
		M 2.5	Crear un plan de ruta estratégico para empezar a geoposicionar las obras hidráulicas con ayuda del GPS GNSS X91+.
<b>F3</b>	<b>Fase de procesamiento, montaje y resultados</b>	M 3.1	Geoposicionadas todas las obras hidráulicas se suministraran a las redes de distribución en QGIS.
		M 3.2	Digitalización y modificación de los linderos de predios del DAT.
		M 3.3	Se crearan la base de metadatos con las coordenadas de geoposicionamiento, la altitud, los códigos de cada obra hidráulica, descripción de las obras y las imágenes de cada obra hidráulica.
		M 3.4	Obtenido el SIG final se evaluara y se presentara tanto al director de Tesis, jurado y directivos del Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala El Juncal
		M 3.5	Aprobado el SIG se generara el plano del Sistema de Información Geográfico.
		M 3.6	Elaborar un informe final en su versión preliminar.
		M 3.7	Presentar y sustentar verbalmente el informe final.

## **7.7 METODOLOGIA**

### **7.7.1 Revisión bibliográfica y recopilación de información.**

- Se realizó una consulta bibliográfica preliminar y se seleccionó la información que más relación tenía con el tema principal en este trabajo de grado, que trata sobre la importancia utilización de los Sistemas de Información Geográfica y su respectiva construcción.
- Se solicitó información y asesorías de personas con experiencia en el tema de digitalización y manejo de SIG, como lo son, el ingeniero Edwin Otavo, Freddy Martinez y Javier Chinchilla de Costa Rica, esto con el fin de solucionar las dudas e inquietudes en los diferentes aspectos del proyecto.

### **7.7.2 Reconocimiento del área de estudio.**

- Se utiliza la fotometría digital para el reconocimiento preliminar del área de estudio, por medio de una imagen satelital Landsat que abarca toda la zona del DAT como se muestra en la figura 5.

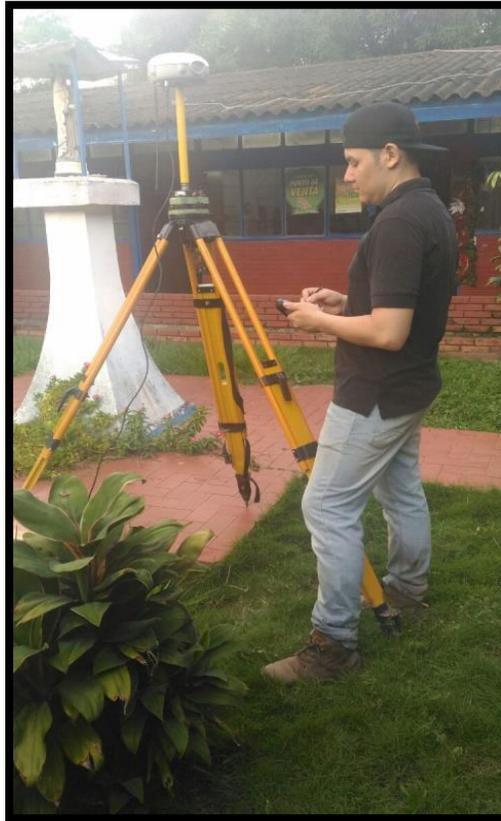


**Figura 5 Imagen Satelital DAT (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**

- Reconocido y estudiado el área de influencia del DAT y vías terrestres se identificaron los caminos de acceso y rutas de muestreo, con guía de los funcionarios del mismo.

### **7.7.3 Capacitación, Selección e implementación del método para procesamiento de datos para la realización del proyecto.**

- Se realizaron reuniones con los principales funcionarios del distrito, para la programación de toma de datos
- Se seleccionó el software libre Qgis luego de conocer sus ventajas y libertad de licencia, para la creación del SIG.
- Se establece el método más acorde y de mayor ventaja al momento de implementar y digitalizar los datos obtenidos en campo, dentro del SIG y con respecto al funcionamiento del software libre QGIS el cual fue la plataforma virtual a utilizar por sus grandes utilidades y funciones, además de que no tiene costo de licencia debido a que es un software libre creado en un lenguaje de programación Python.
- Se tomaron capacitación previa a la toma de datos, sobre el montaje y calibración de la estación de GPS con tecnología RTK a utilizar por su precisión como se observa en la figura 6.



**Figura 6** Capacitación del manejo del GPS GNSS X91+ (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

#### 7.7.4 Toma de Datos, Montaje en QGIS y presentación final del SIG

- Se realizaron recorrido por las vías del DAT para la toma de datos a cada obra hidráulica, con el Rover RTK y la Controladora para la zona de rebombeo y bombeo como observamos en la figura 7.



**Figura 7** Toma de Datos de Las Obras Hidráulicas del DAT (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

- Búsqueda de la imagen satelital, la cual el Ingeniero Freddy Martínez de Fedearroz facilito, una imagen a una muy buena calidad de resolución de pixel de 0.30 m con la cual se podía trabajar muy bien, también sugirió la utilización de un complemento que maneja QGIS y que es de descarga gratuita en su biblioteca de complementos llamado QuickMapServices, el cual permite tener mapas bases en diferentes plataformas de forma instantánea con una excelente resolución y sin problema de escalas, el único inconveniente de este complemento es que, requiere una red de internet la cual garantice la capacidad de megas estables para cargar dicha capa y que tenga un funcionamiento óptimo pero para ello se implementó la utilización de la imagen satelital y las actualizaciones en cuanto a movimientos de tierras nuevas construcciones si la brinda el complemento como tal.
- Digitalización del SIG, con la nube de puntos y con ayuda de la imagen satelital se logró realizar la digitalización de la ruta y distribución de canales, la rectificación estuvo a

cargo del ingeniero Samir quien es el Jefe a cargo de la operatividad y control del DAT quien aprobó dicho procedimiento como exitoso.

- Digitalización de los predios con ayuda del Ingeniero Freddy Martínez y el Ingeniero Samir Caicedo facilitaron una capa donde se encontraban digitalizados los predios en google earth, la cual tenía muchos errores, de actualización, la cual fue digitalizada, corregida y aprobada por los mismos.
- Se alimentó la base de datos de cada una de las obras hidráulicas y se estableció que debían contener, como lo es el código establecido en campo, el cual se colocó según el orden de la toma de los datos, se muestran las coordenadas geográficas en el sistema MAGNA-SIRGAS(Colombia Bogotá Zone), la altura en metros sobre el nivel del mar, el código de identificación que maneja el distrito, la descripción de la obra, en el caso de las compuertas el nombre del predio que surte y la imagen de cada obra hidráulica la cual se tomó a medida que se registraban los puntos.

## **8. RESULTADOS Y DISCUSION**

En este capítulo se llevara a cabo la presentación de los resultados obtenidos siguiendo el lineamiento propuesto por el Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala el Juncal y cumpliendo con la finalidad de los objetivos planteados, por consiguiente se tiene como resultados los siguientes:

### **8.1 PREDIOS Y AREAS**

El Distrito de Adecuación de Tierras (DAT) maneja 343 predios, cada uno con un código establecido por el Jefe de operaciones del DAT como se muestran en la tabla 2, estos predios fueron digitalizados con el software QGIS, luego por medio de su calculadora de campo se hallaron las áreas de dichos predios, teniendo como resultado un área de influencia de 5119 hectáreas y el DAT tiene una área de influencia establecida en 5100 hectáreas esta diferencia de 19 hectáreas pueden ser por error al momento de la digitalización debido a que se digitalizo siguiendo los linderos demarcados por la imagen satelital y al tener grandes extensiones de tierra no tiene una excelente exactitud o como puede ser también que al ser calculadas por QGIS sean más exactas que las que el DAT tiene registrada para ello se tendría que realizar una comparación con un estudio topográfica de buena precisión para evaluar la exactitud área de influencia exacta.

De los 302 predios totales que el DAT irriga, teniendo un área de influencia de 2596.64 hectáreas, y con un área irrigada correspondiente a 2327.55 hectáreas, en la Tabla 2 se evidencia el código, nombre del usuario, nombre del predio, extensión y área irrigada para cada predio pertenecientes al DAT.

**Tabla 2** Presentación de los predios, propietarios, extensión del predio y área irrigada (Asojuncal, 2014)

CODIGO	NOMBRE DEL USUARIO	NOMBRE DEL PREDIO	EXTENSIÓN DEL PREDIO (Ha)	ÁREA IRRIGADA (Ha)
1A001	CUELLAR LUIS HUMBERTO	PANORAMA	18.27	15
1A003	LOZANO ROJAS HUGO	LA ESPERANZA	15.40	11.4
1A004	MORENO VDA. DE ZULETA SATURIA	EL PORVENIR	11.90	11.9
1A005	TAMAYO ZUÑIGA ANA MILENA	VILLA MILENA	10.00	8
1A006A	CURACA ANA BEATRIZ	LA PRADERA	6.00	2
1A007	GORDO DE CORDOBA ROSA MARIA	LAS MALVINAS	10.32	10
1A008	LOZANO ROJAS HUGO	EL LAGO	6.28	6.28
1A009	SOCIEDAD SANALDA S.C.A	LA FLORESTA	10.04	10.04
1A010	MANRIQUE TORRENTE JUAN SEBASTIAN	EL SAUCE	10.04	10.04
1A010A	GARCIA LASSO JUSTINO	LORE NUMERO DOS	0.06	0.06
1A011	SANCHEZ ALARCON HERNANDO	EL ENCANTO	10.00	10
1A011A	TOVAR PEREZ LUIS FERNEY	LA ESPERANZA	7.24	7.24
1A012	PLAZAS JARAMILLO MANUEL	EL CORTIJO	15.00	15
1A012	PLAZAS JARAMILLO MANUEL	EL CORTIJO	2.10	2.1
1A013	RAMIREZ LEON OLGA ISABEL	FUTURO	18.65	9
1A013A	COLLAZOS ALARCON EUFRACIO	LA SABANA	19.00	19
1A013A	COLLAZOS ALARCON EUFRACIO	LA SABANA	1.00	0.75
1A013B	RAMIREZ LEON OLGA ISABEL	FUTURO	9.00	9
1A013C	ARIAS GUALTERO GILBERTO	LA ESPERANZA	4.00	1
1A015	RAMIREZ LEON OLGA ISABEL	TRAPICHITO	39.00	19
1A015A	RAMIREZ LEON OLGA ISABEL	LOTE CINCO	7.00	7
1A016	MONTANA ALDANA MARLENY Y OTROS	LA PLANICIE	10.00	10
1A016A	FIERRO POLANIA JOSE LIDER	LA PLANICIE 2	1.23	1.23
1A018	MINERALES DEL ALTO MAGDALENA LTDA.	LA CONQUISTA	10.00	3
1A020	FIERRO CALDERON ELISEO	MENUDITO	11.50	9
1A028	FIERRO ANDRADE ELISEO	VILLA NOHELIA	10.19	10.19
1A029	AVILA JULIO ENRIQUE	SAN ISIDRO	8.52	8.52

1A030	GUTIERREZ FIERRO DIEGO ALEJANDRO	SANTA ROSA	5.00	5
1A030A	MEDINA SAMBRANO CORONA	NAPOLES	5.00	5
1A030A1	MEDINA SAMBRANO CORONA	NAPOLES	5.00	4
1A030C	LAGUNA QUINTERO BETUEL	LA ESTRELLA	8.00	8
1A031	CICERI ARRIGUI RIGOBERTO	EDEN	7.41	7.41
1A031A	GONZALES DE GUZMAN ELVIA	EL ESTABLO	2.00	2
1A031B	RAMIREZ QUINTERO OIDEN	CUNDAY	8.79	6
1A031C	QUINTERO GONZALES ULDARICO	LA PORTADA	8.84	8.84
1A031E	GUZMAN GONZALES AMIN	LA FAMILIA	0.50	0.5
1A033	DIAZ JOSE ALDEMAR	EL CAIRO	8.00	8
1A035	ALARCON PLAZAS OCTAVIO	RIVER	10.22	9
1A035B	ALARCON PLAZAS OCTAVIO	LOTE RIVER	1.66	1.66
1A039	CARRILLO ESTRADA GERMAN ANDRES	HACIENDA PAPAGAYO	81.00	81
1A040	JAVIER GARCIA ROJAS E.U.	GUALANDAY	40.00	1
1A050	CICERI ARRIGUI EDUARDO	COPEY	6.02	6.02
1A060	VASQUEZ RICO ALEJANDRINO	LA PISTA	9.00	9
1A060	VASQUEZ RICO ALEJANDRINO	LA PISTA	6.00	6
1A060A	RAMIREZ LEON OLGA ISABEL	LA GRANJA	6.00	6
1A060A1	RAMIREZ LEON OLGA ISABEL	LA GRANJA	5.00	5
1A060B	ALARCON CABRERA EDUARDO	ALBANIA	11.54	11.54
1A060C	CEDEÑO TOVAR FLORESMIRO	LA AURORA	12.23	12.23
1A060C	CEDEÑO TOVAR FLORESMIRO	LA AURORA	1.00	1
1A060M	ALARCON CABRERA EDUARDO	ALBANIA	3.87	3.87
1A061	JAVIER GARCIA ROJAS E.U.	PRAGA	8.68	5
1A061A	GARCIA GARCIA JOSE AMIN	EL PORVENIR	10.00	9
1A061B	SEMILLAS DEL HUILA S.A	SOLANO	4.00	4
1A061B	SEMILLAS DEL HUILA S.A	SOLANO	4.00	3.5
1A064	RODRIQUEZ DE CAUPAZ ESTHER	SANTA SARA	12.67	12.67
1A065	RAMIREZ LEON OLGA ISABEL	EL TRIUNFO	6.44	1
1A066	CASTRO SANCHEZ ALVARO	MIRA FLORES	4.00	4
1A068	ALARCON CABRERA EDUARDO	SAN JOSE	11.29	11.29
1A069	POLANIA MISAEL	ELCARMEN	10.00	10

1A070	CALDERON YATE JOSE LIBARDO	EL ENCANTO # 3	4.00	4
1A070A	RIVERA CASABUENA ROSARIO	EL ENCANTO # 2	9.95	8
1A071	DIAZ GOMEZ IVAN	SARDINATA	6.00	6
1A072	HERRERA DE GALINDEZ SECUNDINA	LA ESMERALDA	12.57	10
1A072A	HERRERA DE GALINDEZ SECUNDINA	LA ESMERALDA	8.40	8.4
1A073	DIAZ DE MANA BERNARDA	MACONDO #1	5.00	5
1A073	DIAZ DE MANA BERNARDA	MACONDO #1	6.00	6
1A073B	MEDINA ARCE FREDY	LA MARIA	3.00	3
1A081	GUTIERREZ PASTRANA LEONEL ALFONSO	CAUCHITOS	2.30	2.3
1A100	PERDOMO DUSSAN LUIS ENRIQUE	SUAREZ	5.00	5
1A109	GONZALES VIUDA DE G MARIA LOURDES	VILLA LOZADA	9.02	9.02
1A1091	GONZALES VIUDA DE G MARIA LOURDES	VILLA LOZADA	2.00	0.88
1A109A	HERRERA LOZANO RUTH DELY	VILLA LOZADA	0.76	0.26
1A110	MONTEO ALVAREZ OBDULIO	HIMALAYA	12.00	12
1A112	DUSSAN VARGAS FELISA	EL TRIANGULO	8.40	8.4
1A112A	PENAGOS DE ROJAS SUNILDA	LA MORELIA	1.00	0.5
1A113	RAMIREZ DE PEREZ ELVIRA	BAYANO LOTE 1	10.00	10
1A113	RAMIREZ DE PEREZ ELVIRA	BAYANO LOTE 1	3.39	3.39
1A114	TENCER LTDA	LA ESMERALDA	8.00	8
1A114	TENCER LTDA	LA ESMERALDA	0.47	0.47
1A115	CABRERA PENAGOS IRENE	BEGONIA	5.50	4
1A115B	PERDOMO LLANOS CARMENZA	VILLA DIANA	3.33	3.33
1A115B	PERDOMO LLANOS CARMENZA	VILLA DIANA	1.00	0.25
1A118	MENDOZA JESUS ALIRIO	ALBANIA	14.89	7
1A120	FADUL BERNAL RODRIGO	EL OSO	18.00	18
1A133	INEM JULIAN MOTTA SALAS	GRANJA INEM	10.00	8
1A135	CHARRY BASTO VICTOR MANUEL	EL TESORO	11.72	11.72
1A136	LOZADA ODILIO	PARAISO	13.38	13.38
1A137	MANRIQUE TORRENTE JUAN SEBASTIAN	SAN FERNANDO	8.38	8.38
1A137	MANRIQUE TORRENTE JUAN SEBASTIAN	SAN FERNANDO	5.00	5
1A140	BALCAZAR GLORIA INES	HORIZONTE	10.00	8

1A150	CUELLAR DECORDOBA MERCEDES	BOQUERON	5.21	5.21
1A150	CUELLAR DECORDOBA MERCEDES	BOQUERON	4.00	4
1A155	CAMACHO DE OCHOA MARIA DOLLY	BELLO HORIZONTE	12.00	6
1A170	CERQUERA LINA DEL CARMEN	LA ESPIGA	8.00	8
1A170	CERQUERA LINA DEL CARMEN	LA ESPIGA	1.00	0.25
1A172	GARCIA BARREIRO FANNY	EL TRIUNFO	9.00	9
1A174	MENDOZA ALARCON OSCAR ALIRIO	LA PAZ	7.00	7
1C001	OCHOA DURAN JOSE RICARDO	VILLA GLORIA	8.80	8.8
1C004	BERNAL ANDRADE APOLINAR	SANTA ROSA	20.38	10
1C005	SALAZAR PERDOMO SANTOS	EL RESCATE	5.00	2
1C005	SALAZAR PERDOMO SANTOS	EL RESCATE	2.00	2
1C005A	PEZMARSUR S.A	VILLA MILENA	3.00	0
1C006A	SALAZAR MEDINA LAZARO	ALEJANDRA	6.20	6.2
1C008	OCHOA DURAN JOSE RICARDO	VILLA GLORIA 2	8.68	8.68
1C010	GONZALEZ VARGAS JOSE YESID	VERSALLES	7.50	7.5
1C010A	ANDRADE CHAVARRO JUDITH	EL MEDIO	8.20	8.2
1C010B	CAMACHO COLLAZOS ARTURO	CONVENIO	7.50	7.5
1C013	SILVA ORTIZ PEDRO JOSE	LOS OLIVOS	3.38	3.38
1C013	SILVA ORTIZ PEDRO JOSE	LOS OLIVOS	3.00	3
1C014	SILVA ORTIZ PEDRO JOSE	EL TRIUNFO	3.38	3.38
1C014	SILVA ORTIZ PEDRO JOSE	EL TRIUNFO	3.00	3
1C015	QUINTERO VARGAS MIGUEL MAURICIO	EL TRIUNFO	23.00	23
1C016	ORTIZ DE SILVASILVIA	EL NARANJAL	6.38	6.38
1C017	VILLANUEVA RODRIGUEZ JULIO CESAR	EL LIMONAR	6.38	6.38
1C018	FIERRO PERDOMO HECTOR	PATIO BONITO	6.38	6.38
1C019	GUZMAN CARVAJAL JORGE ELIECER	SINAI	6.38	6.38
1C019	GUZMAN CARVAJAL JORGE ELIECER	SINAI	6.38	6.38
1C020	MORENO MIGUEL ANTONIO	PUERTO RICO	6.44	6.44
1C021	PLAZAS TAMAYO ARMANDO	LA ESPERANZA	6.45	6.45

1C022	GOMEZ VARGAS FERNANDO	BELLAVISTA	6.35	6.35
1C023	GUTIERREZ FIERRO LEONEL	LA LAGUNA	6.45	6.45
1C024	RIVERA MANRIQUE ROCIO	LAS MALVINAS	6.35	6.35
1C025	VARGAS CAMILA	VILLANUEVA	6.45	6.45
1C026	RAMIREZ HERNANDEZ GERMAN ALFREDO	LOTE HIMAT	7.47	7.47
1C026A	YURI MILENA MEDINA GARCIA	VILLA MILENA	2.80	2.8
1C027	MORALES DE ARIAS HERMELINA	TAILANDIA	5.00	5
1C027	MORALES DE ARIAS HERMELINA	TAILANDIA	4.00	4
1C028	QUINTERO VALENZUELA LIBARDO	LA ESPERANZA	9.00	9
1C029	SOLANO MANUEL JOSE	SAN GERARDO	7.00	4
1C030	ROMERO PIO LEON	EL RUBY	8.16	7.5
1C030	ROMERO PIO LEON	EL RUBY	1.00	1
1C030	ROMERO PIO LEON	EL RUBY	1.00	1
1C032	TAFUR MONJE MARCELIANO FRANCISCO	LA ESMERALDA	4.00	4
1C033	TAFUR DE RESTREPO TULIA	ZELANDIA	17.89	12
1C034	CASTILLO LUZ MILA	EL LIDER	6.45	6.45
1C035	MONJE SANDOVAL ELENA	VIVERO	13.72	12
1C037	OVALLE SANCHEZ MIGUEL	LAS BRISAS	7.00	6
1C038	VARGAS REGULO	LAS CAMELIAS	6.96	5
1C039	MANCHOLA SANCHEZ TEODULO	VILLA DEL CARMEN	6.94	5
1C039	MANCHOLA SANCHEZ TEODULO	VILLA DEL CARMEN	6.94	6.94
1C040A	VARGAS DUSSAN ONIAS	LA CHONTA	12.50	12.5
1C040B	HERMIDA SONIA PATRICIA	EL BOSQUE	2.00	2
1C040C	HERMIDA SONIA PATRICIA	LA PROSPERIDAD	3.00	3
1C040D	EDGAR OSWALDO TOVAR ARTEAGA	BRASILIA	7.00	7
1C040D	EDGAR OSWALDO TOVAR ARTEAGA	BRASILIA	7.00	7
1C041	FIERRO FARID JOSE	EL CONGO	6.46	6.46
1C042	PINZON PUENTES CARLOS JULIO	MI FINQUITA	6.07	6.07
1C043	DIAZ QUINTERO MARGOTH	LOTE PUENTES	6.46	6.46
1C044	SALAZAR TAMAYO JESUS ANTONIO	TAMARINDO	6.46	6.46
1C045	SALAZAR MEDINA LAZARO	ELTREBOL	9.61	9.61

1C046	VARGAS GUTIERREZ JOSE ARSAY	LOS LIRIOS	3.31	3.31
1C046	VARGAS GUTIERREZ JOSE ARSAY	LOS LIRIOS	3.31	3.31
1C049	CAMACHO OIDEN	LOTE MILAGRO	7.00	7
1C050	CERQUERA ZULETA MANUEL	LA ESPERANZA	7.08	7.08
1C051	CAMPO TELLEZ VICTOR	SANTUARIO	7.06	7.06
1C052	COLLAZOS GARCIA TEODULO	SANTA HELENA	5.24	5.24
1C052A	QUINTERO RODRIGUEZ BETY	EL CASTILLO	1.00	1
1C053	MONTENEGRO PINZON FELIX	LA LAGUNA	7.27	7.27
1C054	GOMEZ VARGAS FERNANDO	CANAL	7.27	7.27
1C055	GOMEZ VARGAS LIGIA	EL BALSO	7.37	7.37
1C056	LUCUARA ZAMBRANO EDUARDO	LA CIGARRA	7.06	7.06
1C057	CERQUERA CUELLAR CARLOS	MAJAGUAL	7.06	7.06
1C058	PEREZ VARGAS ARSENI	MIRANDA	7.06	7.06
1C059	GALINDO TAMAYO BLANCA ESPERANZA	LA ARGELIA	7.18	7.18
1C060	FIERRO WILMER HORACIO	LA ESPERANZA	7.62	7.62
1C061	MONTENEGRO VARGAS JOSUE	EL CARMEN	7.62	7.62
1C062	BENAVIDEZ ANA LEONOR	BONANZA	7.62	7.62
1C063	VILLAREAL FIDEL	EL PAÑUELO	7.62	7.62
1C065	GOMEZ GUTIERREZ FERNANDA	SALDAÑA	7.37	7.37
1C070	RAMIREZ ZAMORA ALCIBIADES	CALLEJON	6.88	6.88
1C071A	GALINDO TAMAYO BLANCA ESPERANZA	BELLAVISTA	6.67	6.67
1C072	RAMIREZ YEPES ISRAEL	ITAGUI	6.68	6.68
1C073	MUNICIPIO DE PALERMO (H)	NUEVA JERSEY	5.00	5
1C080	AGROPECUARIA MARIN E HIJOS S EN C	EL CAUCHO	5.00	5
1C080	AGROPECUARIA MARIN E HIJOS S EN C	EL CAUCHO	2.73	2.73
1C081	CAMACHO COLLAZOS ARTURO	EL LIMON	4.00	4
1C081	CAMACHO COLLAZOS ARTURO	EL LIMON	3.64	3.64
1C082	RAMOS CERQUERA ANDRES FELIPE	LAS TORRES	4.53	4.53
1C082A	CUELLAR CANACUE ESPEDES	VILLA ROSITA	2.00	2
1C083	MEDINA LOZADA LORENZO	EL SILENCIO	7.73	7.73

1C084	SANCHEZ ALARCON GUSTAVO	POMORROSO	2.52	2.52
1C100	COAGROHUILA	BUENAVISTA	6.00	6
1E001	PATIO CULMA ELAIME	LA PRADERA	2.00	1
1E003	RAMIREZ BAUTISTA CELESTINO	EL DELIRIO	8.97	8.97
1E004	LAGUNA CUBILLOS GLADYS	LA CABAÑA	9.91	9.91
1E005	CHALA TOVAR LIBARDO	LA TRIGUEÑA	7.58	7.58
1E005A	CORTES OTERO CESAR AUGUSTO	MANANTIAL	2.00	2
1E006	ALDANA DE CAMACHO BEATRIZ	LAS BAHAMAS	8.00	8
1E006A	CAMACHO ALDANA ARLEY	BAHAMAS 2	1.83	1.83
1E007	FADUL BERNAL RODRIGO	LA PIRAMIDE	9.85	9.85
1E008	CORTES OTERO CESAR AUGUSTO	LOS OLIVOS	8.95	8.95
1E009	QUINTERO VALDERRAMA JAIVER	EL CAUCHO	9.01	9.01
1E010	FIERRO CALDERON SILVESTRE	EL JAZMIN	2.56	2
1E010	FIERRO CALDERON SILVESTRE	EL JAZMIN	2.00	2
1E010	FIERRO CALDERON SILVESTRE	EL JAZMIN	2.00	2
1E010	FIERRO CALDERON SILVESTRE	EL JAZMIN	2.00	2
1E011	COLLAZOS ALARCON EUFRACIO	SAN JOSE	9.59	9.59
1E012	QUINTERO VALDERRAMA ELVER	EL RECUERDO	8.74	8.74
1E013	QUINTERO VALDERRAMA JAIVER	ESMERALDA	8.49	8.49
1E014	QUINTERO VALDERRAMA ELVER	LA PERDIZ	8.41	8.41
1E015	QUINTERO ORTIZ ALDEMAR	TUNJUELLITO	8.19	8.19
1E016	RAMIREZ PEREZ ABEL	PLAYA RICA	8.56	8.56
1E017	ORTIZ VARGAS FERNANDO	PIGOANZA	8.56	8.56
1E018	QUINTERO VALDERRAMA JAIVER	EL ACUARIO	8.56	8.56
1E020	GONZALES QUINTERO ULDARICO	YUVENTUS	11.33	11.33
1E020B	RAMIREZ PEREZ ANANIAS	LAS DELICIAS	11.00	11
1E021	LLANOS VDA. DE P. MARIA ENELIA	LOTE TESORO	11.33	11.33
1E022	FIERRO PERDOMO FABIO	EL IGUA	12.11	11
1E023	FADUL BERNAL RODRIGO	EL SAMAN	11.33	11.33

1E024	GUTIERREZ TRUJILLO ARNULFO	LOTE EL LAGO	11.33	11.33
1E025	RODRIGUEZ JOSE ALBERTO	LAS BRISAS	6.15	6.15
1E029	FADUL BERNAL RODRIGO	SAN ISIDRO	13.90	5
1E030	FADUL BERNAL RODRIGO	EL BOSQUE	10.00	9
1E031	TOVAR SILVA JESUS HERNAN	SIRACUSA	7.00	7
1E032	TRUJILLO PEREZ ANTONIO	VENTANAS	6.00	6
1E032A	CEDEÑO TOVAR JULIO	LA TORTILLA	7.63	7.63
1E033	ROMERO PARRA DIEGO JAVIER	EUCALIPTO	7.00	7
1E034	RAMON TEOFILO	EL IGUA	7.86	7.86
1E035	FIERRO JESUS MARIA	LAS CORREAS	10.88	10.88
1E036	CERQUERA ORTIZ BENITO	LA PERDIZ	10.88	10.88
1E037	CORTES DAGOBERTO	LA TORTILLA	4.31	4.31
1E038	LOZADA DE TRUJILLO GENOVEVA	LUCITANIA	10.79	10.79
1E039	GORDO DE VALENCIA OLINDA	PALMA SOLA	4.00	4
1E040	TAFUR MONJE MARCELIANO FRANCISCO	TAPIOLA	40.00	14.75
1E050	SOCIEDAD SANALDA S.C.A	ARIZONA	12.00	8
1E050	SOCIEDAD SANALDA S.C.A	ARIZONA	13.00	13
1E050	SOCIEDAD SANALDA S.C.A	ARIZONA	8.00	8
1E050	SOCIEDAD SANALDA S.C.A	ARIZONA	2.00	2
1E060	PORTILLA CRUZ LUIS EDUARDO	EL PALMAR	23.58	23.58
1E061	LAS MARIAS Y CIA S EN C	LAS BRISAS	19.89	19.89
1E070	SOCIEDAD SANALDA S.C.A	LA ESPERANZA	10.00	10
1E070	SOCIEDAD SANALDA S.C.A	LA ESPERANZA	8.41	8.41
1E080	ESPERANZA Y NANCY POLANIA	LA MARIA	16.00	16
1E090	GALINDO ROJAS MARY LUZ	MARY LUZ	18.00	4
1E090	GALINDO ROJAS MARY LUZ	MARY LUZ	5.00	5
1E090	GALINDO ROJAS MARY LUZ	MARY LUZ	7.00	7
1E090A	TRUJILLO CABRERA RAFAEL H.	LAS MARGARITAS	31.00	13
1E090A	TRUJILLO CABRERA RAFAEL H.	LAS MARGARITAS	7.00	7
1E090A	TRUJILLO CABRERA RAFAEL H.	LAS MARGARITAS	2.00	2
1E090A	TRUJILLO CABRERA RAFAEL H.	LAS MARGARITAS	5.00	5
1E102	PATIÑO NUÑEZ JOSE LUIS	VILLA LUZ	4.12	4.12

1E110	NARVAEZ PASTRANA LUIS FELIPE	VERACRUZ	16.00	10
1E130	NARVAEZ PASTRANA LUIS FELIPE	LOS CAIMOS	7.07	7.07
1E130B	PATIÑO NUÑEZ JOSE LUIS	LOS CAIMOS	4.00	4
1E131	PINZON PUENTES CARLOS JULIO	SANTA BARBARA	4.36	4.36
1E140	CERQUERA ROJAS RICARDO	BERMUDAS	15.68	15
1E158	RODRIGUEZ DE SALGADO MARIA EDITH	PARAISO	9.32	9.32
1E159	CAMACHO JOSE YESID	LAS MALVINAS	7.86	7.86
1E161	CAMACHO DIEGO	SAN DIEGO	17.64	17.64
1E162	CERQUERA CABRERA FREDY MARTIN	EL OASIS	7.86	7.86
1E163	VILLANUEVA RODRIGUEZ JULIO CESAR	LOS ARRAYANES	8.01	8.01
1E164	GARCIA SOTTO FRANCISCO JOSE	SAN CAYETANO	8.08	8.08
1E165	SALINAS MARIA LUZ	HATO CANAGUAY	8.60	8.6
1E166	RODRIGUEZ RAMIREZ JOSE RAMON	EL ENCANTO	8.08	8.08
1E167	LEON FIERRO LEIDY JOANA	LA ESPERANZA	8.82	8.82
1E168	CAMACHO VARGAS GERMAN	SAN DIEGO	8.82	8.82
1E169	PEDRAZA JOSE YESID	EL ROCIO	8.82	8.82
1E170	SANCHEZ ALARCON ARCESIO	LA FLORIDA	7.87	7.87
1E170A	PERDOMO CASTAÑEDA LUZ MARINA	EL TESORO	7.89	7.89
1E171	COLLAZOS ALARCON EUFRACIO	TAMARINDO	8.29	8.29
1E172	CABRERA ZULETA SARA RUTH	LOS ARBOLITOS	8.29	8.29
1E173	ALVARES JOSE ADOLFO	PANORAMA	8.29	8.29
1E174	RAMIREZ YEPES ISRAEL	CALLEJONCITO	8.29	8.29
1E175	COLLAZOS ALARCON EUFRACIO	EL LLANERO	8.29	8.29
1E176	CERQUERA WILSON	LOSPINACOS	7.87	7.87
1E177	SALGADO RODRIGUEZ OSCAR	EL CAIRO	7.86	7.86
1E178	SORIANO LEAL ROBERTO	CARIBE	7.86	7.86
1E180	VANEGAS CHACON ROSABEL	LA VIRGINIA	12.00	12
1E180	VANEGAS CHACON ROSABEL	LA VIRGINIA	6.00	6
1E180	VANEGAS CHACON ROSABEL	LA VIRGINIA	3.00	3

1E180	VANEGAS CHACON ROSABEL	LA VIRGINIA	5.00	5
1E190	CORTES DAGOBERTO	SARDINATA	43.75	40
1E190	CORTES DAGOBERTO	SARDINATA	15.00	15
1E190	CORTES DAGOBERTO	SARDINATA	18.00	18
1E190	CORTES DAGOBERTO	SARDINATA	9.00	9
1E201	RIVERA LOPEZ CARLOS	LA MANGUITA	8.08	8.08
1E202	ROJAS YAIMA ANA LIGIA	VILLA LORENA	8.08	8.08
1E203	QUINTERO GONZALEZ DEMETRIO	EL LAUREL	3.75	3.75
1E203A	GONZALES DE QUINTERO ELOISA	LA ESPERANZA	3.75	3.75
1E204	CASTRO ALDANA JOSE ABELARDO	LA ANGOSTURA	8.08	8.08
1E205	RAYO PERDOMO JOSELIN	MIS DELIRIOS	8.08	8.08
1E206	MONTENEGRO RICO PORFIRIO	EL NARANJO	7.47	7.47
1E210	COLLAZOS ALARCON EUFRACIO	COCLI	8.81	8.81
1E211	GONZALES VARGAS OMAR	TACHUELO	15.55	15.55
1E211A	CUELLAR CANACUE ESPEDES	EL DESCANSO	7.54	7.54
1E211B	PERDOMO PUENTES JAIME	MESITAS	7.25	7.25
1E212	HERNANDEZ LEOPOLDO	EL PEÑON	9.95	9.95
1E213	COLLAZOS ALARCON EUFRACIO	PAUJIL	8.81	8.81
1E215	SUCESION NOE CHAVRRO GORDO	DOMINGO PERON	8.56	8.56
1E217	POLANCO DE QUINTERO NOHEMY	BONANZA	9.00	9
1E217A	ZULETA MARIA ILCIA	COCLI	8.21	8.21
1E220	POLANIA SILVA MISAEAL	EL CAJON	5.00	5
1E224	ORTIZ DE MONTENEGRO NOHELIA	LOTE LA ROSA	6.50	6.5
1E225	GONZALES VARGAS OMAR	DANILO	6.51	6
1E226	LOPEZ ZULETA GLORIA NANCY	VILLA INES	8.50	8.5
1E230	SOCIEDAD SANALDA S.C.A	TIERRA GRATA	31.00	26
1E230	SOCIEDAD SANALDA S.C.A	TIERRA GRATA	19.00	19
1E250	SOCIEDAD SANALDA S.C.A	JUNCALITO 1	32.63	30
1E252	SANCHEZ ALARCON GUSTAVO	POMORROSO 2	5.00	5
1E260	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA	UNIVERSIDAD	12.00	6
1E270	CHARRY GUTIERREZ RAMIRO	PASARELA A	17.00	17
1E270A	INGYAGRO LTDA	PASARELA B	8	8

<b>Totales</b>	<b>2596.64</b>	<b>2327.55</b>
----------------	----------------	----------------

## 8.2 Longitudes de canales

Teniendo la distribución de canales de las zonas de trabajo que fueron, la zona de rebombeo y la zona de bombeo ya digitalizadas, por medio de la calculadora de campo del software QGIS se calculó las longitudes en kilómetros que abarca cada distribución de zona, en la tabla 3 se muestra la longitud de las dos zonas de trabajo, la zona de bombeo tiene una longitud de 39.3 Km y la zona de rebombeo tiene una longitud de 14 km, sumando en total 53,3 Km, el DAT maneja una longitud aproximada de 49 Km, sin embargo en los datos calculados por medio del QGIS se tuvo en cuenta la medida de los viaductos aéreos y subterráneos lo que suma los 4.3 Km de diferencia entre los dos datos.

**Tabla 3** Longitudes de Canales por Zonas, Calculados por el Software QGIS (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

Zona	Longitud (Km)
Bombeo	39.30266
Rebombeo	14.01029
Total	53.31295

## 8.3 ZONA DE REBOMBEO

La zona de rebombeo cuenta con un área de 532 hectáreas, en esta zona se inició la toma de datos georreferenciados de las principales obras hidráulicas con el equipo RTK, debido a que esta zona al ser más pequeña fue el área de corrección de errores en cuanto a la metodología de toma de datos y procesamiento de datos en el QGIS, para luego seguir con la zona de bombeo que tiene una mayor extensión y así no tener margen de error. El punto inicial de mojón para instalación del equipo se toma con las coordenadas 858515.425 en X, 806420.178 en Y, y una altitud de 501.5194 m.s.n.m.

### 8.3.1 Compuertas Zona de Rebombeo

Las compuertas son mecanismos utilizados para el control del flujo del agua, en esta zona se hallan 102 evidenciadas en la tabla 4 en donde se presenta el nombre, el código que la identifica, sus coordenadas georreferenciadas y la altitud a la cual se encuentra cada una, se encontraron 4 compuertas centrales de control las cuales se muestran en la figura 8, 3 compuertas centrales con saltos hidráulicos de desviación laterales como se muestra en la figura 9, 3 compuertas con salto hidráulico como se muestran en la figura 10, 4 compuertas laterales como se muestra en la figura 11.

**Tabla 4** Inventario de Compuertas Zona de Rebombeo

No.	Compuerta	x	y	h	Código
1	ALEJANDRIA	858074.259	806638.474	511.9119	1C006A
2	ARANZAZU	857963.783	806998.365	511.9154	1C006
3	BELLA VISTA	857872.61	808023.587	510.6394	1C022

4	BELLA VISTA	858618.161	809276.436	497.8407	1C071A
5	BONANZA	858973.401	808714.282	499.6903	1C062
6	BONANZA	859079.276	808759.519	498.1167	1C062A
7	BRASILIA	859045.529	807285.504	501.223	1C040D
8	CALLEJON	858517.604	809219.692	500.7416	1C070
9	CENTRAL-EL CARMEN	859168.177	807435.69	500.9278	1C039
10	CENTRAL	858958.54	808415.296	500.9089	1CC
11	CENTRAL2	857996.622	807777.066	510.9859	1CC001
12	CENTRAL BL19	859711.006	808505.809	492.4949	1CBL19C
13	CENTRAL CONTROL	857870.068	808029.17	510.9576	1CC002
14	CENTRAL DESVIACION LATERAL 2. 01	858450.402	808412.729	506.1113	1CDL2C.1
15	CENTRAL DESVIACION LATERAL 2. SALTO HIDRAULICO.004	858479.416	808420.399	506.0934	1CSHDL2.004
16	CENTRAL DESVIACION LATERAL 2. SALTO HIDRAULICO.005	858605.518	808453.131	505.5603	1CSHDL2.005
17	CON SALTO HIDRAULICO 001	858110.118	807780.321	511.2226	1CS001
18	CON SALTO HIDRAULICO 002	858306.077	807820.296	510.0259	1CS002
19	CON SALTO HIDRAULICO 003	858590.293	807878.546	507.3893	1CS003
20	FINAL CENTRAL BL1	859883.801	807852.099	492.326	1CBL1CF
21	LATERAL 1	858568.215	806697.259	501.3648	1CCL1
22	LATERAL BL1	858906.7	807816.685	500.9071	1CBL1
23	LATERAL BL19	858960.494	808409.731	500.7056	1CBL19
24	LATERAL BL2	858926.961	808693.914	499.486	1CBL2
25	REBOSADERO CENTRAL	858879.264	808106.071	501.0855	1CREBO1C
26	CORAZON	858083.053	806630.547	511.8248	1C002
27	EL BALSO	858884.424	808223.341	501.251	1C155
28	EL BOSQUE	859040.209	807258.697	501.0616	1CO40B
29	EL CANAL	859689.717	808505.497	492.4268	1C058A
30	EL CANAL	859800.991	808510.346	489.8256	1C054
31	EL CANAL	858652.511	808878.461	501.0688	1C058A2
32	EL CARMEN	858858.625	808746.805	500.923	1C061
33	EL CAUCHO	858531.888	809071.555	500.8758	1C080
34	EL CONGO	858912.492	807855.858	501.0724	1C041
35	EL DESAGUE	858647.883	808879.632	500.9191	1C023A
36	EL LIDER	858445.411	808411.942	506.0631	1C034
37	EL PAÑUELO	859372.903	808883.471	495.0726	1C059

38	EL RESCATE	858096.44	806624.48	511.8159	1C005
39	EL SILENCIO	858938.249	809456.551	496.3978	1C083
40	EL SILENCIO	859256.892	809637.594	494.7877	1C083B
41	EL TREBOL	859392.603	807835.17	497.5266	1C045
42	EL TRIUNFO	858095.491	806623.128	511.8383	1C015
43	ITAGUI	858939.2	809458.874	496.3838	1C072
44	LA ARGELIA	859540.23	808955.126	493.6985	1C059A
45	LA CIGARRA	858947.392	808556.895	499.8042	1C056
46	LA ESMERALDA	858603.857	808453.368	505.5367	1C021
47	LA ESMERALDA	858927.691	806537.193	500.0896	1C032
48	LA ESMERALDA	859182.268	806487.941	498.8734	1C032
49	LA ESMERALDA	858963.997	808363.844	500.9639	1C050
50	LA ESPERANZA	858783.004	808795.202	500.5679	1C060
51	LA LAGUNA	858476.231	808419.962	506.0454	1C023
52	LA LAGUNA	859708.383	808506.195	492.5061	1C053
53	LA PROSPERIDAD	858860.055	807159.545	501.2168	1C040C
54	LAS BRISAS	859098.539	807389.732	501.251	1C037
55	LAS BRISAS	859098.532	807388.238	501.2277	1C037
56	LAS BRISAS CENTRAL	859100.47	807390.353	501.2429	1C037C
57	LAS CAMELIAS	859166.009	807433.49	500.9533	1C038
58	LAS CAMELIAS	859165.389	807434.538	500.9629	1C038
59	LAS TORRES	858784.942	809369.355	497.3022	1C082
60	LAS TORRES	858936.497	809455.483	496.4786	1C082C
61	LATERAL	857994.596	807756.757	510.7702	1CL1
62	LIMON 1	858570.873	809251.141	499.919	1C081
63	LIMONAR	858304.31	807820.623	510.0213	1C017
64	LOS LIRIOS	859882.395	807851.155	492.4278	1C046
65	LOS OLIVOS	858108.695	807780.961	511.224	1C013
66	LOTE	859018.592	807342.862	501.1718	1C048
67	LOTE MILAGRO	859875.42	807852.448	492.5827	1C049
68	LOTE PUENTES	858899.418	807962.371	501.0524	1C043
69	LOTE2	859506.968	808938.807	493.6621	1C057
70	MAJAGUAL	859080.14	808758.192	498.086	1C055
71	MALVINAS	857707.908	808168.742	510.9763	1C024
72	MALVINAS	857705.464	808243.895	510.9249	1C024a
73	MI FINQUITA	858925.822	807488.927	501.0697	1C042
74	MIRANDA	859581.562	808498.821	493.435	1C058
75	NARANJAL	857919.015	807963.961	510.5656	1C016
76	NEUEVA JERSEI	859132.043	809568.152	495.5736	1C073
77	PATIO BONITO	858449.701	808411.933	506.1235	1C018
78	POMORROSO	859351.985	809645.109	494.1418	1C084
79	PUERTO RICO	858604.223	808452.038	505.5558	1C020
80	RUBY	858602.272	806682.139	501.7908	1C030
81	SALDAÑA	858931.152	808276.919	500.8676	1C065
82	SAN GERARDO Y LA ESMERALDA	857963.443	806997.399	511.693	1C028/1C029
83	SANTA HELENA	859882.223	807852.825	492.2928	1C052
84	SANTA ROSA	858081.982	806631.066	511.9117	1C004

85	SANTUARIO	858956.925	808445.487	500.9657	1C051
86	SINAI	858588.292	807878.788	507.4061	1C019
87	TAMARINDO	859222.588	807828.922	498.4301	1C044
88	TRIUNFO 1	857999.197	807848.031	511.064	1C014
89	TRIUNFO 2	857715.879	808120.619	510.9193	1C014a
90	VESALLES, EL MEDIO Y CONVENIO	858107.939	807778.902	511.2609	1C010/1C010A/1C010B
91	VILLA ARANZAZU	858122.196	806608.94	511.8567	1C005A
92	VILLA DANIELA	857940.363	807422.683	511.1224	1C007
93	VILLA GLORIA	857971.844	807610.466	511.1355	1C001
94	VILLA GLORIA 2	857980.945	807668.486	510.8269	1C008
95	VILLA GLORIA 2	857992.59	807743.267	511.1535	1C008a
96	VILLA NUEVA	858039.005	808306.122	507.0995	1C025
97	VILLA ROSITA	858785.64	809369.761	497.4226	1C082A
98	VIVERO	859020.106	807340.928	500.8563	1C035
99	ZELANDIA	858585.7	806744.7	500.2	1C033
100	ZELANDIA 2	858568.514	806699.464	501.4163	1C033A
101	LOTE HIMAT	858512.682	806546.26	501.5482	1C026
102	TAILANDIA	858515.746	806554.723	501.3228	1C027



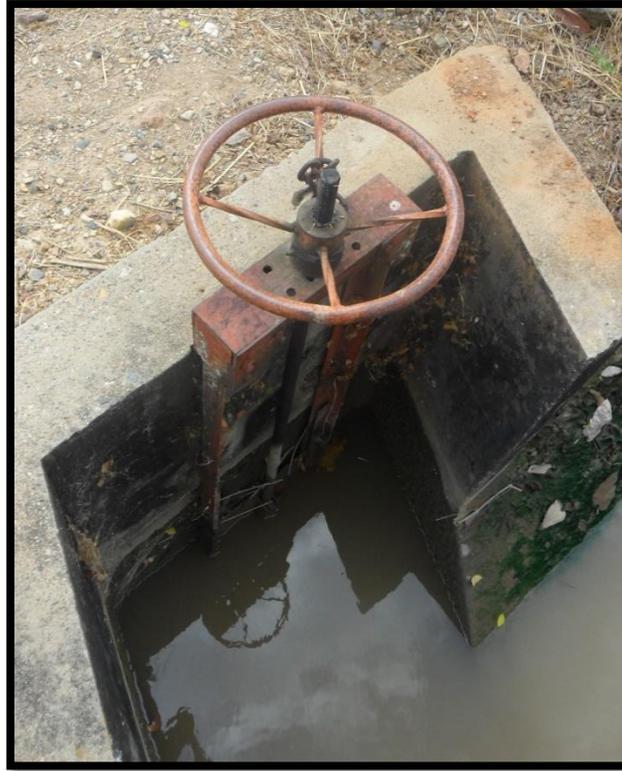
Figura 8 Compuerta Central de Control (Vasquez A & Carvajal A, 2018)



**Figura 9** *Compuertas Centrales con Saltos Hidráulicos de Desviación Laterales* (Vasquez A & Carvajal A, 2018)



**Figura 10** *Compuertas con Salto Hidráulico* (Vasquez A & Carvajal A, 2018)



**Figura 11** *Compuertas Laterales* (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

### 8.3.2 Saltos Hidráulicos Zona de Rebombeo

Se presenta cuando por alguna circunstancia el flujo pasa de régimen supercrítico a régimen subcrítico. Este cambio de régimen generalmente va acompañado por una importante pérdida de energía y se aplica en el diseño de estructuras hidráulicas disipadoras de energía, en esta zona existen un total de 44 saltos hidráulicos, la tabla 5 los da a conocer con sus características correspondientes, se hallan 9 saltos hidráulicos reflejados en la figura 12, 23 saltos hidráulicos con compuerta central, figura 13, 2 saltos hidráulicos con compuerta lateral, figura 14 y 10 saltos hidráulicos con desviación lateral, figura 15.



**Figura 12** *Saltos Hidráulicos* (Vasquez A & Carvajal A, 2018)



**Figura 13 Saltos Hidráulicos Con Compuerta Central (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**



**Figura 14 Saltos Hidráulicos con Compuerta Lateral (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**



**Figura 15 Saltos Hidráulicos Con Desviación Lateral (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**

**Tabla 5** *Inventario Saltos Hidráulicos Con Desviación Lateral (Vasquez A & Carvajal A, 2018)*

No.	SALTO HIDRAULICO	x	y	h	Código
1	BL19.001	858987.88	808415.21	500.7814	SHBL19.001
2	BL19.002	859036.94	808425.04	499.6492	SHBL19.002
3	BL19.003	859154.654	808448.896	498.4552	SHBL19.003
4	BL19.004	859272.181	808472.57	496.8634	SHBL19.004
5	BL19.005	859351.364	808484.202	495.263	SHBL19.005
6	BL19.008	859950.301	808519.971	491.4929	SHBL19.008
7	BL2.001	858952.287	808704.966	499.5429	SHBL2.001
8	BL2.002	858998.334	808724.444	499.7385	SHBL2.002
9	BL2.004	859210.22	808813.985	496.4215	SHBL2.004
10	COMPUERTA CENTRAL 1CC.001	858577.142	809252.935	500.7068	SH1CC.001
11	COMPUERTA CENTRAL 1CC.002	858620.083	809276.805	497.8787	SH1CC.002
12	COMPUERTA CENTRAL 1CC.003	858786.02	809370.29	497.2583	SH1CC.003
13	COMPUERTA CENTRAL 1CC.004	858942.567	809459.452	496.3445	SH1CC.004
14	COMPUERTA CENTRAL 1CC.005	859134.112	809568.19	495.5138	SH1CC.005
15	COMPUERTA CENTRAL 1CC.006	859258.785	809639.155	494.782	SH1CC.006
16	COMPUERTA CENTRAL 1CC.007	859357.134	809645.838	494.1047	SH1CC.007
17	COMPUERTA CENTRAL BL19.002	859590.533	808498.611	493.759	SHBL19C.006
18	COMPUERTA CENTRAL BL19.003	859081.328	808759.171	498.0941	SHBL2C.003
19	COMPUERTA CENTRAL BL19.005	859376.132	808883.832	495.06	SHBL2C.005
20	COMPUERTA CENTRAL BL19.007	859810.354	808511.608	490.0831	SHBL19C.007
21	COMPUERTA CENTRAL BL1.003	859224.033	807828.09	498.4932	SHBL1C.003
22	COMPUERTA CENTRAL BL1.004	859394.038	807834.191	497.5781	SHBL1C.004
23	COMPUERTA CENTRAL BL1.005	859574.165	807840.747	495.8975	SHBL1C.005
24	COMPUERTA CENTRAL BL1.006	859704.172	807845.515	494.9152	SHBL1C.006
25	COMPUERTA CENTRAL BL4C.001	858748.853	806617.132	501.0249	SHBL4C.001
26	COMPUERTA CENTRAL BL4C.002	858931.883	806536.013	500.1999	SHBL4C.002
27	COMPUERTA CENTRAL BL4C.003	859068.479	806507.478	499.6369	SHBL4C.003
28	COMPUERTA CENTRAL BL4C.004	859186.637	806486.86	498.8776	SHBL4C.004
29	COMPUERTA CENTRAL BL4C.005	859373.68	806454.16	497.0165	SHBL4C.005
30	COMPUERTA CENTRAL BL4C.006	859501.702	806431.733	496.2893	SHBL4C.006
31	COMPUERTA CENTRAL BL4C.007	859649.642	806405.805	495.3414	SHBL4C.007
32	COMPUERTA CENTRAL BL4C.008	859816.905	806376.607	494.3056	SHBL4C.008
33	COMPUERTA LATERAL BL1. 001	858934.769	807817.529	501.3023	SHBL1.001
34	COMPUERTA LATERAL BL1. 002	859034.39	807821.124	499.7945	SHBL1.002
35	DESVIACION LATERAL 2. 001	857734.089	808226.395	508.3994	SHDL2.001
36	DESVIACION LATERAL 2. 002	857801.745	808244.048	509.7856	SHDL2.002
37	DESVIACION LATERAL 2. 003	857937.3	808279.275	508.3751	SHDL2.003
38	DESVIACION LATERAL 2. 004	858043.653	808306.831	507.0416	SHDL2.004
39	DESVIACION LATERAL 2. 006	858750.646	808490.997	504.5744	SHDL2.006
40	DESVIACION LATERAL 2. 007	858896.014	808528.665	502.9019	SHDL2.007
41	LATERAL 1CL1	858423.954	807844.446	508.3609	SH1CL1
42	LATERAL 1CL2	858730.766	807907.158	504.5412	SH1CL2
43	LATERAL 1CL3	858776.912	807916.546	502.9945	SH1CL3
44	LATERAL 1CL4	858835.585	807928.76	502.6454	SH1CL4

### 8.3.3 Viaductos Zona de Rebombeo

Los viaductos son obras hidráulicas que se utilizan para darle paso a corrientes de agua ya sea para pasar aguas por debajo de una carretera, también pueden ser subterráneos o aéreos para este caso son subterráneos y se encontraron 5 viaducto como lo muestra la tabla 6 a los cuales se les tomaron los puntos de entrada y de salida de cada uno de ellos como se ve en la figura 16.



**Figura 16 Viaductos (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**

**Tabla 6 Inventario de Viaductos de la Zona de Rebombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**

No	Viaductos	X	Y	H	Código
1	ENTRADA CASA REBOMBEO CANAL 2	858463.286	806367.117	495.9539	TBC2
	SALIDA CASA REBOMBEO CANAL 2	858494.084	806500.945	503.1027	TBSC2
2	ENTRADA CASA REBOMBEO CANAL1	858461.31	806363.818	495.8877	TBC1
	SALIDA CASA REBOMBEO CANAL1	858126.066	806605.115	512.2273	TBSC1
3	BL19 ENTRADA	859669.876	808503.223	492.6551	DUCBL19E
	BL19 SALIDA	859684.293	808503.921	492.5817	DUCBL19S
4	BL1C ENTRADA	859827.896	807849.695	494.7373	DUCEBL1C
	BL1C SALIDA	859842.29	807850.895	494.0698	DUCSBL1C
5	BL2 ENTRADA	859557.659	808960.931	492.4354	DUCBL2E
	BL2 SALIDA	859571.182	808965.949	492.3274	DUCBL2S

### 8.3.4 Sifones Invertidos de la Zona de Rebombeo

El sifón invertido surge como solución a la necesidad de burlar un obstáculo topográfico y conducir un fluido mediante canal tubería en estos casos se presenta para no obstruir el paso natural de los causes que interceptan los canales del DAT, dentro del inventario de obras hidráulicas existen 2 sifones invertidos, tabla 7, de los cuales se obtuvieron datos de entrada y de salida para georreferenciarlos, figura 17.



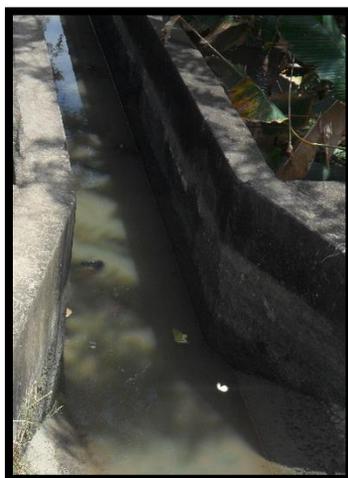
**Figura 17 Sifones Invertidos (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**

**Tabla 7 Inventario de los Sifones Invertidos de la Zona de Rebombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**

No	SIFON INVERTIDO	x	Y	h	Código
1	ENTRADA CANAL 1	857886.337	807282.496	512.0927	SFICE1
	SALIDA CANAL1	857912.494	807351.257	511.0379	SFICS1
2	ENTRADA 1	858640.669	806908.413	499.8345	SFE1
	SALIDA 1	858661.583	806959.925	501.7641	SFS1

### 8.3.5 Canal Elevado de la Zona de Rebombeo

El canal elevado cumple la misma función que el viaducto, es una manera de seguir con la línea de agua continua sin necesidad de perder energía, se halla 1 solo canal elevado con coordenadas de entrada 858570.365 en X, 808945.695 en Y, con altitud 502.124, código ELEVEBL2 y coordenadas de salida 858564.141 en X, 808954.066 en Y, altitud 501.866, código ELEVSBL2, figura 18.



**Figura 18 Canal Elevado de la Zona de Rebombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**

### 8.3.6 Vertedero Zona de Rebombeo

Llamado también aliviadero, es el nombre de una estructura hidráulica cuya finalidad es la de permitir que pase el agua a los escurrimientos superficiales en caso de que los canales lleguen a su llenado total, en esta zona se encontró un vertedero, sus coordenadas son 858887.09 en X, 808059.676 en Y, una altitud de 502.3043 m.s.n.m y se identifica con el código REBO1, figura 20.



Figura 19 Vertedero Zona de Rebombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

### 8.3.7 Canaleta Parshall Zona de Rebombeo

Estas obras sirven de aforadoras, ayudan a medir el caudal laminar que pasa por ese punto, en esta zona se encontraron 2 canaletas Parshall como se muestra en la figura 20 y sus características se plasman en la tabla 8.

Tabla 8 Inventario Canaleta Parshall Zona de Rebombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

No	Obra	x	y	H	Código
1	CANALETA PARSHA	858503.767	806527.354	501.9061	CPAR1
2	CANALETA PARSHA	858103.493	806620.236	513.8637	PARSH 1C 1



**Figura 20** Canaleta Parshall Zona de Rebombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

### 8.3.8 Casa de Bombas Zona de Rebombeo

La casa de bombas es una obra hidráulica que se instala como una bocatoma en la cual se utilizan las bombas para darle energía al agua y así poder irrigar zonas a las que normalmente el agua no puede llegar por la fuerza de gravedad, en esta zona se encuentra una casa de bombas, su ubicación en coordenadas está dada 858470.2612 en X, 806354.9136 en Y, y una altitud de 492.8881 m.s.n.m, se identifica con el código CRBOMBA1, figura 21.



**Figura 21** Casa de Bombas Zona de Rebombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

Encontrando así una totalidad de 158 obras hidráulica inventariadas, geoposicionadas y digitalizadas para la zona de rebombeo.

## 8.4 ZONA DE BOMBEO

La zona de bombeo cuenta con un área de 2.600 hectáreas, en esta zona fue la segunda zona escogida para la continuación de la toma de datos georreferenciados de las principales obras hidráulicas con el equipo RTK, el punto inicial de mojón para instalación del equipo se toma con las coordenadas 858576.53 en X, 806376.55 en Y, y una altitud de 501.798 m.s.n.m correspondiente a la zona en medio de los lagos del Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala El Juncal.

### 8.4.1 Compuertas Zona de Bombeo

En esta zona se hallan 273 compuertas, evidenciadas en la tabla 9 en donde se presenta el nombre, el código que la identifica, sus coordenadas georreferenciadas y la altitud a la cual se encuentra cada una, se encontraron 37 compuertas de control las cuales se muestran en la figura 22, 8 compuertas laterales como se muestra en la figura 23.



**Figura 22** Compuerta Central de Control (Vasquez A & Carvajal A, 2018)



**Figura 23** *Compuertas Laterales (Vasquez A & Carvajal A, 2018)*

**Tabla 9** *Inventario de Compuertas Zona de bombeo*

No.	Compuerta	X	Y	H	Código
1	ALBANIA	859516.938	805893.65	490.972	1A118
2	ALBANIA	864071.436	807988.802	474.23	1A60B
3	ANGOSTURA	861705.969	810573.81	477.579	1E204
4	ARIZONA	861506.567	807735.187	484.452	1E050
5	ARIZONA	861208.618	809111.115	482.51	1E050a
6	ARIZONA	861217.806	809115.31	482.462	1E050b
7	ASOJUNCAL	860498.781	802354.562	495.307	1A002
8	BAYANOS	859754.563	805917.789	490.587	1A113
9	BERMUDAS	862455.237	808420.673	478.244	1E140
10	BONAIRE	858859.244	804181.582	492.747	1A190
11	BONANZA	861005.102	811428.176	479.527	1E217
12	BOQUERON	860673.741	806185.789	488.386	1A150
13	BOQUERON	860832.661	806192.55	488.263	1A150b
14	CADILEJAS	860273.955	806169.563	490.608	1A140A2
15	CALLEJONCITO	861024.722	810798.551	480.188	1E174
16	CANAL LOS LOTES	860499.999	802350.982	494.723	COMPT 3
17	CANDILEJAS	860070.729	806161.869	490.462	1A140A
18	CANDILEJAS	860057.775	806160.542	490.514	1A140A1
19	CAUCHITOS	864074.625	807987.323	474.098	1A081
20	COCLI	861024.034	811088.602	479.837	1E210
21	COCLI	861008.479	811368.204	479.462	1E217A
22	CANALREPRESAMIENTO 2	860546.271	805642.975	488.143	COMPREP2
23	CANALREPRESAMIENTO 3	860568.575	805669.087	487.254	COMPREP3
24	CONTROL CENTRO	860500.232	802356.112	494.534	1AC001

25	CONTROL JUNCAL	860926.822	803900.06	494.212	1ACJ
26	CONTROL 1A 2	859625.451	803624.17	494.2	1ACC2
27	CONTROL 1A 3	859046.073	805597.995	491.393	1ACC3
28	CONTROL 1A 4	859044.425	805599.241	491.392	1ACC4
29	CONTROL 1A 5	860052.683	806161.434	490.506	1ACC5
30	CONTROL 1A 6	860278.899	806167.695	490.389	1ACC6
31	CONTROL 1A 7	861486.015	804995.994	489.517	1ACC7
32	CONTROL 1A 8	860806.826	802654.152	494.492	1ACC8
33	CONTROL 1A 8 LAGUNA	861628.895	805280.02	487.042	1ACC8LG
34	CONTROL 1A1	859623.989	803622.075	494.19	1ACC1
35	CONTROL 1E 1	860291.728	807689.182	489.29	1ECC1
36	CONTROL 1E 10	860507.186	808691.661	486.667	1ECC10
37	CONTROL 1E 11	860747.404	808835.199	484.701	1ECC11
38	CONTROL 1E 12	859654.808	809921.656	487.929	1ECC12
39	CONTROL 1E 12	860297.06	809916.904	487.256	1ECC13
40	CONTROL 1E 13	860473.763	809916.935	487.053	1ECC14
41	CONTROL 1E 15	860714.051	809917.085	484.752	1ECC15
42	CONTROL 1E 16	861071.371	809917.471	482.428	1ECC16
43	CONTROL 1E 17	861443.92	809917.907	480.554	1ECC17
44	CONTROL 1E 18	861626.383	811208.003	477.168	1ECC18
45	CONTROL 1E 19	861589.122	811506.709	475.475	1ECC19
46	CONTROL 1E 2	860293.511	807689.695	489.32	1ECC2
47	CONTROL 1E 20	861543.514	811979.165	475.11	1ECC20
48	CONTROL 1E 21	861706.677	812055.92	474.995	1ECC21
49	CONTROL 1E 22	862012.428	812180.484	473.28	1ECC22
50	CONTROL 1E 23	861783.043	810018.012	478.614	1ECC23
51	CONTROL 1E 24	862444.215	809918.68	476.584	1ECC24
52	CONTROL 1E 25	863291.203	809830.573	471.289	1ECC25
53	CONTROL 1E 3	860609.464	807705.089	488.828	1ECC3
54	CONTROL 1E 4	861097.608	807720.855	486.635	1ECC4
55	CONTROL 1E 5	861510.341	807733.986	484.418	1ECC5
56	CONTROL 1E 6	862220.518	808222.451	479.051	1ECC6
57	CONTROL 1E 7	862463.265	808425.553	478.7	1ECC7
58	CONTROL 1E 8	860100.641	808461.914	488.815	1ECC8
59	CONTROL 1E 9	860101.834	808462.304	488.819	1ECC9
60	CONTROL CANAL BOMBAS	860803.263	802070.47	494.916	COMPT 1
61	REPRESAMIENTO 1	860481.962	805578.855	488.521	COMREPREC1
62	LAGUNA AGUAS ARRIBALA Y	861783.248	806028.457	483.095	1ACLGY
63	LATERAL 4C CANAL 1E 5	861772.949	810020.03	478.627	1ECL5L
64	LATERAL CANAL 1A 1	860054.787	806161.266	490.577	1ACL1
65	LATERAL CANAL 1E 1	860297.152	807689.651	489.299	1ECL1
66	LATERAL CANAL 1E 2	861496.686	807731.39	482.212	1ECL2
67	LATERAL CANAL 1E 3	860104.288	808461.879	488.802	1ECL3
68	LATERAL CANAL 1E 3	859657.952	809919.019	487.876	1ECL4
69	LATERAL CANAL 1E 5	860659.245	810255.464	487.1	1ECL5
70	LATERAL CANAL 1E 6	861060.491	809920.181	482.389	1ECL6
71	SALIDA MULTIPLE	859618.125	803608.47	494.11	1A039

72	COPEY	858919.639	804145.934	492.843	1A050
73	CUNDAY	858645.188	804889.181	492.006	1A031B
74	DANILO LOS MORELOS	861628.66	811199.185	477.271	1E225
75	DOMINGO PERON	860995.686	811598.205	479.029	1E215
76	EL ACUARIO	860604.809	807706.831	488.915	1E018
77	EL BOSQUE	859654.002	809875.377	487.705	1E030
78	EL CAIRO	861236.97	806253.328	485.809	1A033
79	EL CAIRO	860902.623	810293.063	481.443	1E177
80	EL CAJON	861870.529	812125.166	473.623	1E220
81	EL CARDO	861777.721	810016.156	478.576	1E032B
82	EL CARIBE	861435.287	809919.395	480.567	1E178
83	EL CARMEN	864220.825	809094.79	472.351	1A069
84	EL CARMEN	864475.114	809528.454	469.521	1A069A
85	EL CAUCHO	861187.54	809095.41	483.795	1E009
86	EL CORTIJO	861170.871	803092.207	494.11	1A012
87	EL DELIRIO	860143.322	808304.114	488.988	1E003
88	EL DESCANSO	861560.979	811745.332	475.411	1E211A
89	EL DESCANSO	861540.635	811977.334	475.135	1E211A
90	EL EDEN	859638.365	803640.118	494.464	1A031
91	EL EDEN	859377.776	803809.45	493.166	1A031d
92	EL ENCANTO	860464.122	809919.966	487.086	1E166
93	EL ENCANTO	861025.933	802888.098	494.274	1A011
94	EL ENCANTO 2	863038.267	806714.137	480.249	1A070A
95	EL ENCANTO 3	863646.046	807150.826	477.267	1A070
96	EL ESTABLO	858960.096	804116.178	492.736	1A031A
97	EL FUTURO BOMBA	861396.71	803579.68	497.258	1A013B
98	EL IGUA	859971.901	808827.214	488.53	1E022
99	EL IGUA	861060.838	809915.356	482.442	1E034
100	EL LAGO	861020.518	808996.346	482.747	1E024
101	EL LAGO	860898.25	801993.739	494.794	1A008
102	EL LAGO	860533.212	802355.497	494.732	1A008b
103	EL LAUREL	861671.634	810853.48	477.706	1E203
104	EL LLANERO	861035.24	810902.71	480.398	1E175
105	EL MIRADOR	858531.485	804602.27	492.38	1A161
106	EL NARANJO	861653.039	811000.499	477.506	1E206
107	EL OASIS	860252.557	809919.547	487.394	1E162
108	EL OSO	858703.676	805039.428	492.053	1A120
109	EL PALMAR	861761.975	807840.523	482.633	1E060
110	EL PEÑON	861592.125	811497.205	475.107	1E212
111	EL PORVENIR	864130.632	808116.986	473.888	1A061ab
112	EL PORVENIR	864185.725	808255.484	473.678	1A061A
113	EL PORVENIR	864203.104	808687.938	472.824	1A061B
114	EL RECUERDO	860691.69	807709.483	488.706	1E012
115	EL SAMAN	860498.771	808688.296	489.644	1E023
116	EL SAMAN	860739.125	808831.759	484.786	1E023a
117	EL SAUCE	860381.233	802046.443	494.528	1A010
118	EL TACHUEL	861591.314	811506.538	475.465	1E211
119	EL TACHUEL	861558.958	811749.67	475.377	1E211b
120	EL TAMARINDO	860887.308	810427.95	481.383	1E171

121	EL TESORO	860035.345	808719.179	488.683	1E021
122	EL TESORO	861053.408	809968.193	481.873	1E170A
123	EL TRIANGULO	860846.356	806190.651	488.26	1A112b
124	EL TRIUNFO	859284.162	805859.228	491.28	1A172
125	EL TRIUNFO	862927.8	806633.94	481.764	1A065A
126	EL TRIUNFO	862931.477	806637.1	480.625	1A065
127	ENTRADACOMPT 3	860494.668	802342.902	494.91	ENT COMPT 3
128	ESMERALDA	861091.337	807722.556	486.708	1E013
129	EUCALIPTO	860698.723	809915.296	484.658	1E033
130	FIN DEL CANAL 1E2	860990.184	811624.7	479.132	FINC1E2
131	FUTUO	861547.641	803847.724	493.673	1A013D
132	FUTURO	861499.77	803705.115	493.743	1A013
133	FUTURO BOBA	861499.673	803710.968	493.614	1A013C
134	GULADAY2	861626.188	805271.345	486.398	1A040
135	GULANDAY	861622.253	805265.157	486.055	1A040B
136	HATO CANAGUAY	860659.248	810255.467	483.729	1E165
137	HIMALAYA	858672.957	804954.239	491.812	1A110
138	HORIZONTE	860473.695	806178.418	489.583	1A140
139	JASMIN	860526.901	807703.875	489.025	1E010
140	JAZMIN	860280.043	807753.848	488.89	1E010a
141	JUNCALITO	861506.509	807731.833	484.228	1E250
142	JUVENTUS	860187.778	808504.204	491.976	1E020
143	LA AURORA	864474.523	809491.165	469.571	1A060C
144	LA AURORA1	864475.874	809534.546	469.499	1A060D2
145	LA CABAÑA	860189.222	808501.028	488.235	1E004
146	LA CONSQUISTA	861396.676	803574.724	495.164	1A018
147	LA ESMERALDA	859924.946	805955.69	490.713	1A114
148	LA ESMERALDA	861962.658	808006.422	480.957	1E070
149	LA ESMERALDA	863040.692	806710.754	480.215	1A072
150	LA ESPERANZA	860722.145	802559.861	494.456	1A003
151	LA ESPERANZA	860926.274	802780.025	494.014	1A011A
152	LA ESPERANZA	861659.558	810948.708	477.738	1E203A
153	LA ESPIGA	859042.263	805589.715	492.453	1A170
154	LA ESTRELLA	862961.795	808844.592	476.474	1E120
155	LA FLORESTA	860467.797	802188.507	494.504	1A009
156	LA FLORIDA	861007.177	810067.71	481.845	1E170
157	LA GRANJA	862510.833	806334.306	481.235	1A060A
158	LA MAGUITA	861685.829	810737.505	477.939	1E205
159	LA MARIA	863042.926	806712.596	480.277	1A73B
160	LA MARIA 2	863572.312	807097.847	477.199	1A73D
161	LA PAZ	859366.132	805877.262	490.879	1A174
162	LA PERDIZ	860408.302	809914.592	487.131	1E036
163	LA PLANICIE	861483.473	803683.97	493.798	1A016A
164	LA PLANICIE 2	861555.032	803840.479	493.673	1A016A2
165	LA PRADERA	860148.582	807192.153	490.233	1E001
166	LA PRADERA	860189.471	801736.391	494.211	1A006A
167	LA ROSA	861630.775	811185.186	477.284	1E224
168	LA ROSITA Y LOS OLIVOS	860166.603	808210.979	488.815	1E007/1E008
169	LA SABANA	860882.589	802740.644	494.222	1A013A2

170	LA SABANA 2	860645.212	802484.232	494.203	1A013A
171	LA TORTILLA	861777.271	810020.202	478.279	1E037
172	LA TRIGUEÑA Y BAHAMAS	860165.929	808213.136	488.885	1E005/1E006
173	LA VIRGINIA 2	862375.407	809917.088	476.193	1E180A
174	LA VIRGINIAS	862245.765	809949.472	476.909	1E180
175	LAS BAHAMAS 2	860740.773	808829.35	484.804	1E006A
176	LAS BRISAS	859791.972	809132.002	488.483	1E025
177	LAS BRISAS	861695.541	809094.843	479.786	1E061
178	LAS BRISAS	861693.841	809097.248	479.847	1E061a
179	LAS BRISAS	861981.861	809331.948	477.574	1E061c
180	LAS BRISAS	861984.876	809338.362	477.763	1E061d
181	LAS CORREAS	860295.001	809914.63	487.244	1E035
182	LAS DELICIAS	860691.663	807705.796	488.711	1E020B
183	LAS DELICIAS	860891.633	807712.526	486.913	1E020B2
184	LAS DELICIAS	861091.502	807718.563	486.637	1E020B
185	LAS MALVINAS	860245.175	809919.719	487.32	1E159
186	LAS MALVINAS	860243.49	801789.11	494.267	1A007
187	LAS MARGARITAS	861586.477	807372.385	485.005	1E090A
188	LAS VIRGINIAS	863289.248	809841.206	471.325	1E180C
189	LATERAL 5	860520.177	802343.84	494.572	COMPT 2
190	LOS ARBOLITOS	860928.148	810536.981	481.179	1E172
191	LOS ARRAYANES	860467.162	809919.878	487.075	1E163
192	LOS CAIMOS	862454.499	808416.233	478.377	1E130B
193	LOS PINACOS	860951.24	810190.107	482.378	1E176
194	LOTE	859199.112	803931.818	492.925	1A155
195	LOTE CAIRO	860880.379	810355.692	481.486	1E177A
196	LOTE CANAGUA	860659.243	810255.462	487.2	1E167
197	LOTE CINCO	861531.429	803862.586	493.517	1A015A
198	LOTE RIVER	861607.252	806234.07	485.11	1A035
199	LUCITANIA	860007.608	809914.719	487.698	1E038
200	LUCITANIA	860292.593	809914.337	487.301	1E038a
201	MACONDO	863762.905	807231.849	476.887	1A073
202	MACONDO 2	863046.986	806717.536	480.225	1A73C
203	MACONDO3	864073.293	807984.881	474.223	1A073A
204	MANANTIAL	860500.138	808686.184	486.719	1E005A
205	MARILUZ	862219.46	808220.136	479.117	1E090
206	MENUDITO	861533.033	803861.413	493.479	1A020
207	MESITAS	861698.1	812053.824	475	1E211A3
208	MIRAFLORES	864477.799	809529.152	469.615	1A066
209	MIS DELIRIOS	861680.055	810782.255	477.618	1E201
210	MONTE VELLO	863032.232	806710.009	480.261	1A065B
211	MORELIA	860476.953	806174.546	490.34	1A112A
212	NAPOLES	860055.903	806148.44	490.664	1A0301
213	NAPOLES	860273.944	806166.017	490.643	1A030A
214	OROPEL	861480.635	804973.171	489.759	1A030b
215	PALMA SOLA	861336.532	809916.348	480.628	1E039
216	PANORAMA	860090.324	801610.324	494.719	1A001
217	PANORAMA	860994.148	810714.727	480.632	1E173
218	PARAISO	859684.886	809920.487	487.584	1E158

219	PAUJIL	861018.006	811202.712	479.841	1E213
220	PIGUANZA	860604.268	807706.696	488.884	1E017
221	PISTA 1	862233.587	806135.649	483.037	1A060D
222	PISTA 2	862266.64	806158.552	481.771	1A060E
223	PISTA 3	862374.114	806235.33	481.536	1A060F
224	POMOROSO2	859685.816	809301.519	490.605	1E152
225	POMOROSO2	859651.473	809918.668	487.967	1E152a
226	PORVENIR	860807.463	802651.656	494.676	1A004
227	PRAGA	862513.04	806331.003	481.188	1A061
228	SAN CAYETANO	860464.971	809919.815	487.102	1E164
229	SAN DIEGO	860594.303	810812.376	482.882	1E161
230	SAN DIEGO	860591.939	810821.53	482.814	1E161a
231	SAN ISIDRO	859639.52	803641.39	494.463	1A029
232	SAN ISIDRO	859554.272	803679.747	493.332	1A029a
233	SAN JOSE	860165.12	808215.699	488.985	1E011
234	SAN MIGUEL	860615.196	810633.263	483.136	1E168
235	SAN NICOLAS	860197.273	808085.988	489.405	1E016
236	SAN NICOLAS	860228.226	807961.758	489.051	1E016a
237	SANTA BARABARA	862941.082	808822.8	478.766	1E131
238	SANTA SARA	864206.411	808792.022	472.841	1A064
239	SANTA SARA	864223.647	809093.823	472.313	1A064A
240	SANTA SARA	864231.474	809110.642	472.307	1A064B
241	SARDINATA	863863.92	807359.794	476.826	1A071
242	SARDINATA	864023.706	807830.13	474.593	1A071B
243	SARDINATA	861734.104	810345.318	477.835	1E190
244	SARDINATA	862244.304	809953.632	476.77	1E190c
245	SARDINATA	862435.406	809920.66	476.159	1E190A
246	SARDINATA	862436.415	809920.637	476.502	1E190B
247	SARDINATA	863194.824	809920.918	471.448	1E190B2
248	SIRACUSA	860467.112	809915.046	486.954	1E031
249	SOLANO	864205.517	808745.095	472.703	1A061B2
250	TAPIOLA	860310.514	807329.257	489.818	1E040
251	TAPIOLA	860341.653	807504.212	489.574	1E040a
252	TIERRA GRATA	861591.609	811505.093	475.588	1E230
253	TIERRA GRATA	861931.95	812149.405	473.608	1E230b
254	TIERRA GRATA	862004.952	812175.642	473.263	1E230c
255	TRAPICHITO	861354.124	804205.202	493.117	1A015B
256	TRAPICHITO	861366.644	804277.292	492.511	1A015
257	TRAPICHITO	861486.885	804990.201	489.571	1A015C
258	TRIANGULO	860473.919	806174.202	490.13	1A112
259	USCO	861733.677	810350.74	477.789	1E260
260	VEGONIA	860011.852	806031.968	490.561	1A115
261	VENTANAS	861435.255	809916.377	480.62	1E032
262	VERACRUZ	861912.673	807962.533	480.251	1E110
263	VILLA ANDREA	861546.025	806286.93	487.302	1A150A
264	VILLA DIANA	860025.975	806055.995	490.706	1A115B
265	VILLA INES	861641.664	811097.571	477.513	1E226
266	VILLA LORENA	861733.325	810352.579	478.089	1E202
267	VILLA LOSADA	858987.32	805518.714	491.809	1A109

268	VILLA LOSADA	858827.891	805240.117	491.839	1A109 1
269	VILLA LOSADA	859027.924	805572.071	492.04	1A190A
270	VILLA LUZ	862400.196	808370.052	478.109	1E102
271	VILLA MILENA	860808.048	802065.693	494.93	1A005
272	VILLA NANCY	858610.641	804804.74	492.145	1A031C
273	VILLA NOHELA	861622.731	805273.68	487.034	1A028

#### 8.4.2 Saltos Hidráulicos Zona de Bombeo

En esta zona existen un total de 32 saltos hidráulicos, la tabla 10 los da a conocer con sus características correspondientes, se hallan 29 saltos hidráulicos reflejados en la figura 24, un saltos hidráulicos con compuerta central, figura 25, y 4 saltos hidráulicos con compuerta lateral, figura 26.



**Figura 24** Saltos Hidráulicos (Vasquez A & Carvajal A, 2018)



**Figura 25** Saltos Hidráulicos Con Compuerta Central (Vasquez A & Carvajal A, 2018)



**Figura 26** Saltos Hidráulicos con Compuerta Lateral (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

**Tabla 10** Inventario Saltos Hidráulicos Con Desviación Lateral (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

No.	Salto Hidraulico	x	y	h	Codigo
1	CANAL 1E 11	860748.533	808835.676	483.884	SHL1E11
2	CANAL 1E 12	861221.891	809117.631	480.129	SHL1E12
3	CANAL 1E 1 CONTROL	860701.575	807708.199	486.75	SHL1E1
4	CANAL 1E 10	860508.049	808692.302	484.848	SHL1E10
5	CANAL 1E 13	861702.335	809102.965	477.939	SHL1E13
6	CANAL 1E 13	860475.519	809917.246	484.559	SHL1E14
7	CANAL 1E 15	860715.665	809917.384	482.317	SHL1E15
8	CANAL 1E 16	861075.542	809918.245	480.558	SHL1E16
9	CANAL 1E 17 COMPUERTA LATERAL	861445.37	809918.356	478.702	SHL1E17
10	CANAL 1E 18	861626.185	811209.007	475.384	SHL1E18
11	CANAL 1E 19	861708.335	812056.528	473.136	SHL1E19
12	CANAL 1E 2	861101.406	807720.768	484.493	SHL1E2
13	CANAL 1E 20	862013.859	812181.097	470.868	SHL1E20
14	CANAL 1E 21	861784.673	810018.156	476.866	SHL1E21
15	CANAL 1E 22	862445.667	809918.935	474.408	SHL1E22
16	CANAL 1E 3	861511.739	807733.988	482.563	SHL1E3
17	CANAL 1E 4	861558.163	807481.93	482.148	SHL1E4
18	CANAL 1E 5	861589.311	807365.538	480.549	SHL1E5
19	CANAL 1E 6	861789.547	807861.891	480.726	SHL1E6
20	CANAL 1E 7	862042.653	808073.655	478.924	SHL1E7
21	CANAL 1E 8	862464.638	808426.497	476.791	SHL1E8
22	CANAL 1E 9	860284.665	808559.143	486.649	SHL1E9
23	COMPUERTA LATERAL 1.1	860482.402	806176.208	490.079	SHLCL1.1
24	COMPUERTA LATERAL 1.2	860853.502	806191.97	485.96	SHLCL1.2
25	COMPUERTA LATERAL 1.3	861246.623	806257.969	483.299	SHLCL1.3
26	LAGUNA 1	861365.678	804287.969	493.598	SH1ALG1
27	LAGUNA 2	861486.229	804997.547	487.09	SH1ALG2
28	LAGUNA 3	861629.366	805281.48	485.756	SH1ALG3
29	LAGUNA 4	861832.918	805629.505	482.539	SH1ALG4
30	LAGUNA 5	863047.904	806718.585	477.944	SH1ALG5
31	LAGUNA 6	863954.613	807532.195	474.495	SH1ALG6
32	LAGUNA 7	864232.859	809111.349	469.989	SH1ALG7

### 8.4.3 Viaducto Zona de bombeo

Los viaductos son obras hidráulicas que se utilizan para darle paso a corrientes de agua ya sea para pasar aguas por debajo de una carretera, también pueden ser subterráneos o aéreos para este caso son aéreos y se encontró un viaducto sus característica de entrada son coordenadas 860186.967 en X, 801729.843 en Y, una altitud de 494.134 m.s.n.m y se identifica con el código CVD1A5E, figura 27 y sus característica de salida son coordenadas 860168.276 en X, 801704.272 en Y, una altitud de 494.126 m.s.n.m y se identifica con el código CVD1A5C, figura 28.



**Figura 27 Viaducto Entrada (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**



**Figura 28 Viaducto Salida (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**

### 8.4.4 Sifones Invertidos de la Zona de Bombeo

Dentro del inventario de obras hidráulicas en esta zona existen 4 sifones invertidos, tabla 11, de los cuales se obtuvieron datos de entrada y de salida para georreferenciarlos, figura 29.



**Figura 29** Sifón Invertido (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

**Tabla 11** Inventario de los Sifones Invertidos de la Zona de Bombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

No.	Sifón Invertido	x	y	h	Código
1	CANAL 1A ENTRDAS 1	859133.222	803984.621	492.153	SFI1A1E
	CANAL 1A SALIDA 1	859107.677	804002.733	491.927	SFI1A1S
2	CANAL 1A ENTRDAS 2	858623.74	804847.483	492.619	SFI1A2E
	CANAL 1A SALIDA 2	858635.454	804874.632	492.481	SFI1A2S
3	CANAL 1A ENTRDAS 3	858999.719	805540.761	490.615	SFI1A3E
	CANAL 1A SALIDA 3	859015.627	805560.917	490.53	SFI1A3S
4	CANAL 1A ENTRDAS 4	860054.928	806839.418	489.564	SFI1A4E
	CANAL 1A SALIDA 4	860054.805	806872.064	489.482	SFI1A4S

### 8.4.5 Canales Elevados de la Zona de Bombeo

En esta Zona se halla 2 canales elevados, como se muestra en la tabla 12, a los cuales se tomaron datos de geoposicionamiento de entrada y de salida para georreferenciarlos, figura 30.

**Tabla 12** Inventario de los Sifones Invertidos de la Zona de Bombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

No	CANAL ELEVADO	X	Y	H	Código
1	1E ENTRADA	859708.546	809269.506	488.328	CELVE1E
	1E SALIDA	859693.716	809293.134	490.196	CELS1E
2	ENTRADA CL1	861585.63	806257.119	486.802	CVLECL1
	SALIDA CL1	861602.871	806237.268	484.023	CVLSCL1



**Figura 30** Canal Elevado de la Zona de Bombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

#### **8.4.6 Vertedero Zona de Bombeo**

En esta zona se encontró un vertedero, sus coordenadas son 859629.585 en X, 803625.915 en Y, una altitud de 494.015 m.s.n.m y se identifica con el código VERTCP, figura 31.



**Figura 31** Vertedero Zona de Bombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

### 8.4.7 Canaleta Parshall Zona de Bombeo

En esta zona se encontraron 6 canaletas Parshall como se puede ver en la figura 32 y sus características se plasman en la tabla 13.



**Figura 32** Canaleta Parshall Zona de Bombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

**Tabla 13** Inventario Canaleta Parshall Zona de Bombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

No.	CANALETA PARSHALL	x	y	h	Codigo
1	CANAL 1A 1	859601.612	803638.329	493.598	PARSH 1A1
2	CANAL 1A 2	859110.259	805680.217	491.349	PARSH 1A2
3	CANAL 1E 1	860079.408	808555.471	489.328	PARSH 1E2
4	CANAL 1E 1	860310.744	807692.502	488.163	PARSH 1E1
5	LATERAL 1E 3	859673.088	809918.331	488.235	PARSHL 1E3
6	LAGUNA	860926.825	803900.06	495.275	PARSHLAGU

### 8.4.8 Casa de Bombas Zona de Rebombeo

La casa de bombas es una obra hidráulica conocida también como una bocatoma en este caso se utilizan las bombas para darle energía al agua y así poder irrigar zonas a las que normalmente el agua no puede llegar por la fuerza de gravedad, en esta zona se encuentre una casa de bombas, su ubicación en coordenadas está dada 861108.721 en X, 801799.367 en Y, y una altitud de 472.29 m.s.n.m, se identifica con el código CASABOMBA, figura 33.



**Figura 33 Casa de Bombas Zona de Bombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**

#### **8.4.9 Descarga de Bombas Zona de Bombeo**

Esta es una obra hidráulica que se utiliza como zona de descarga del agua que succionan las bombas y las transportan a través de unos viaductos hasta esta zona con cota de altitud más alta, se encuentre una casa de bombas, su ubicación en coordenadas está dada 861057.702 en X, 801840.449 en Y, y una altitud de 494.614 m.s.n.m, se identifica con el código DESCARGA, figura 34.



**Figura 34 Descarga de Bombas Zona de Bombeo (Vasquez A & Carvajal A, 2018)**

Encontrando así una totalidad de 321 obras hidráulica inventariadas, geoposicionadas y digitalizadas para la zona de bombeo, para una totalidad de obras de 479.

## 8.5 MODELO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO MONTADO EN QGIS

Como resultado obtenido del modelo SIG tenemos el interface del software QGIS 2.18.5 donde encontramos las barras de herramientas, el área de trabajo, el panel de capas donde se encuentran las copas creadas para la digitalización del SIG como se ve en la figura 35

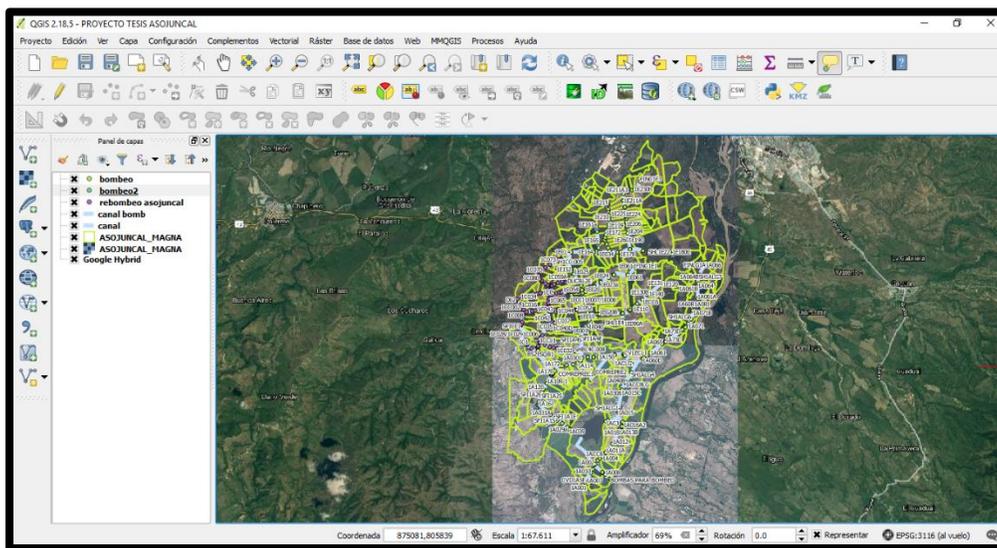


Figura 35 Área de trabajo del software QGIS 2.18.5 (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

En el panel de capas, figura 36. Encontramos las capas utilizadas para la realización del SIG tenemos la capa Google Hybrid la cual se encuentra dentro del complemento QuickMapServices la cual nos permite crea la capa de imagen de toda la zona como lo permite hacer Google Earth y de una forma actualizada, está la capa ASOJUNCAL\_MAGNA en ráster la cual contiene la imagen de la zona de trabajo proporcionada y el vector polígono la cual contiene la digitalización de los predios, está la capa canal y canal bomb que contienen digitalización de la ruta de canales de la zona de rebombeo y bombeo respectivamente, la capa de nubes de puntos de la ubicación de las obras hidráulicas de rebombeo, de bombeo toma 2 y de bombeo toma 1.

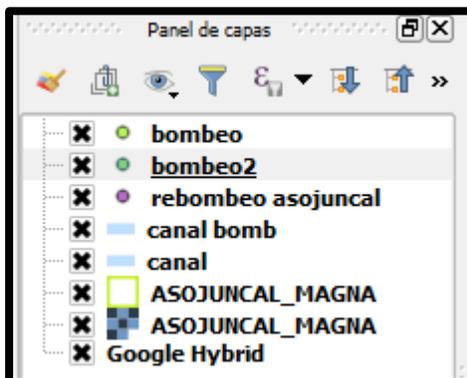
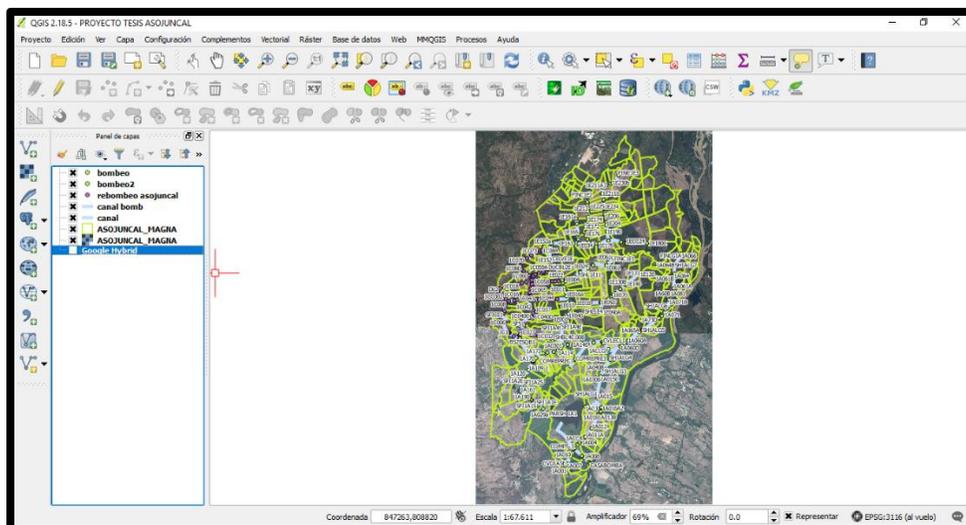


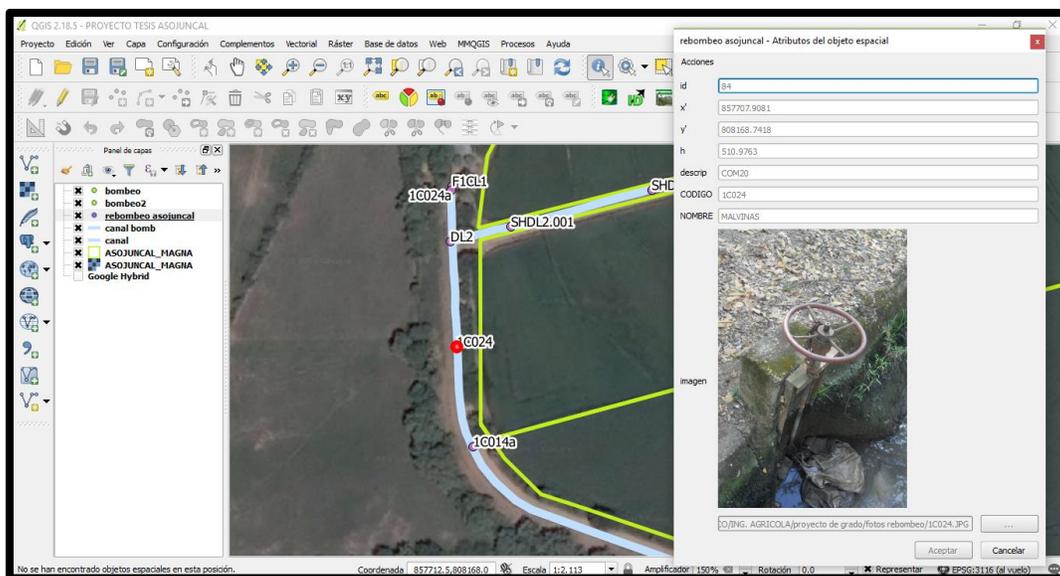
Figura 36 Panel de capas del software QGIS 2.18.5 (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

Si se deshabilita la capa del complemento Google Hybrid de QuickMapServices, figura 37. Solo se vería la imagen proporcionada del área de trabajo pero se pierde la de la zona completa y del mismo modo la actualización de la imagen satelital eh aquí la importancia de esta capa.



**Figura 37** software QGIS 2.18.5 sin complemento QuickMapServices (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

En la figura 38 se denota el funcionamiento que tiene el SIG ya que se debe hacer Zoom a la zona que se requiere consultar luego con la herramienta identificador de objetos espaciales la cual tiene una i dentro de un círculo azul con una flecha la cual se evidencia seleccionado en la figura 38 y al oprimir click sobre la obra despliega un ventana flotando donde muestra todos sus valores y su imagen y su ruta de enlace, la línea en azul son la ruta de canales y el polígono en verde es el lindero de los predios.



**Figura 38** operatividad del modelo SIG en el software QGIS 2.18.5 (Vasquez A & Carvajal A, 2018)

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1 CONCLUSIONES

- ✓ Gracias a la colaboración del personal del Distrito de Adecuación de Tierras de Mediana Escala El Juncal - Huila y a la metodología implementada en este trabajo de grado se llevó acabo satisfactoriamente la georreferenciación y digitalización de los componentes hidráulicos del Distrito de Adecuación de Tierras (DAT), creando así una base de metadatos inventariados los cuales conforman el Sistema de Información Geográfico (SIG), Procesado por el Software Libre QGIS 2.18.5.
- ✓ Los datos tomados en las labores de campo permitieron la realización, cuantificación y digitalización del inventario de las principales obras hidráulicas del Distrito, lo que permitirá al Jefe de operaciones tener más mayor operatividad en la toma de decisiones del DAT en cuestión.
- ✓ Como respuesta al inventario de las principales obras hidráulicas del DAT, se tiene una totalidad de 479 obras inventariadas de las cuales 158 pertenecen al área de trabajo denominada como zona de rebombeo y las otras 321 correspondientes a la zona denominada bombeo.
- ✓ Mediante la imagen satelital de la zona de trabajo se logró realizar la digitalización de los linderos de los predios del área de influencia, y de las rutas de distribución de los canales del DAT.
- ✓ Se optó a trabajar la toma de datos con la estación de sistema de posicionamiento global (GPS) de doble frecuencia RTK RECEPTOR GNSS CHC X-91 debido a que garantizaba una excelente precisión en la georreferenciación de las obras hidráulicas debido a que estos GPS manejan una alta precisión de 1 a 2 cm
- ✓ Al trabajar con un software libre como QGIS 2.18.5, el cual proporciona el manejo y utilización de la totalidad de herramientas y complementos sin necesidad de invertir recursos económicos en la compra de licencias o complementos, facilito la realización de este modelo de SIG.
- ✓ El levantamiento de la nube de puntos de las obras hidráulicas se realizó utilizando coordenadas magna-sirgas / colombia bogota zone (3116) por lo cual tanto la estación de GPS RTK como el software QGIS se configuraron con dichas coordenadas para garantizar su precisión y concordancia.
- ✓ Gracias a la calculadora de campo la cual proporciona el software QGIS 2.18.5 como complemento de procesamiento de datos, se pudo calcular las áreas y distancias del DAT de una forma automática, al tener los linderos de los predios y rutas de distribución de canales digitalizados.

- ✓ Al tener como base el modelo del Sistema de Información Geográfica (SIG) del DAT, se podrá retroalimentar de una manera fácil y rápida con información actualizada para que cada vez el SIG tenga mayor funcionalidad para la toma de decisiones en el DAT.
- ✓ Con el registro fotográfico de cada una de las obras hidráulicas suministrada y georreferenciada dentro del modelo SIG, permite el reconocimiento de cada una de ellas, para una posterior evaluación con respecto a su estado tanto estructural como de deterioro natural al transcurso del tiempo de utilización.
- ✓ Al ser enlazada cada fotografía con su ubicación geoespacial en cada obra hidráulica permite la funcionalidad de actualizar la fotografía si se llega a adecuar o modificar de manera diferente, también se puede utilizar si se desea mostrar que dicha obra presenta algún daño, mal funcionamiento o se encuentran trabajando ella.
- ✓ Es de gran ventaja tener el modelo SIG digitalizado en QGIS debido a sus múltiples Formatos de exportación lo cual permitirá futuramente, correlacionarlo con otros softwares utilizados en la agricultura de precisión o si se desea incorporar dentro de un dominio web.

## 9.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Es de mucha importancia aclarar que lo más delicado de este modelo SIG es que al ser enlazado cada fotografía con su obra no se puede mover, ni modificar el nombre de la ruta establecida por que se perderá la acción generada en software QGIS.
- ✓ Para darle mayor utilización y una actualización pertinente al modelo SIG generado en este trabajo de grado es de suma importancia que el personal operativo que manipule dicho SIG este en constante capacitación y aprendizaje para ello.
- ✓ Sería de mucha utilización entrar en el proceso de programar acciones remotas y conectarlo con un servidor para que se establezcan modificaciones y estados de las obras hidráulicas en tiempo real para determinar el funcionamiento, optimización y control de cada obra.
- ✓ Sobre los datos de área que se tienen dentro de este SIG se podría realizar un estudio estadístico escogiendo algunos predios importantes de manera aleatoria para hacer un levantamiento topográfico y estudiar que margen de error se maneja para establecer su confiabilidad.
- ✓ Esta base de datos con la que cuenta el modelo SIG se puede complementar con muchas más funciones y datos que sean de importante para el DAT, también se puede establecer como el a priori para empezar a instalar medidores de caudales en las compuertas y poder tener un registro de caudales para tener un mayor control el uso racional del agua, pero para esto se debe realizar una automatización del DAT y actualizaciones de la base de datos constantes.

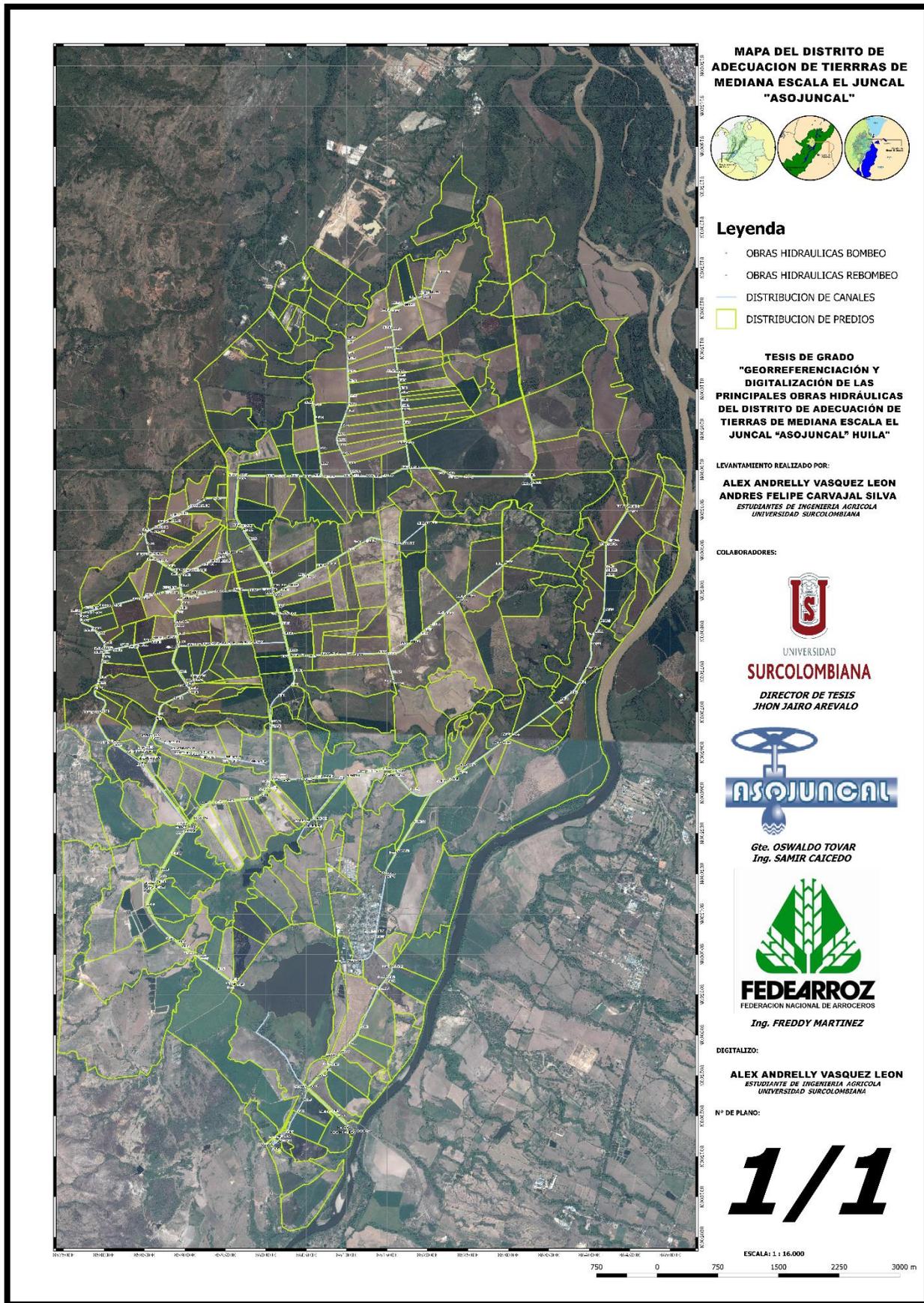
## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Adam Ulrich. (2017).** *croplifela.or*. Recuperado el 4 de Noviembre de 2017, de <https://www.croplifela.org/es/actualidad/articulos/129-la-agricultura-de-precision-y-los-drones-mejoran-la-aplicacion-de-los-productos-fitosanitarios>
- Asojuncal. (2014).** *Pacto Agrario* . Juncal.
- Cámara et al, .. 1., & FRAGSTATS, M. y. (1995).** *Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Oregon: Department of Agriculture USA.
- CAR. (2010).** *Distritos de riego CAR, equilibrio entre productividad y ambiente* . Bogota DC: casa editorial El Tiempo .
- Cardozo O. D., D. s. (2013).** Aplicaciones Urbanas de lo Sensores Remotos. *Revista Geográfica Digital*.
- Chuvienco, S. E. (2008).** Teledeteccion Ambiental. *Ariel barcelona*.
- CIDBIMEDA. (2005).** <http://cidbimena.desastres.hn>. Recuperado el 5 de Novirmbre de 2017, de <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Febrero2004/pdf/spa/doc8918/doc8918-7ane.pdf>
- CIESAS, L. L. (15 de 12 de 2016).** *sistema de informacion geografica*. Obtenido de <https://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>
- CONAGUA. (2013).** *Porta único del gobierno México*. Recuperado el 22 de 12 de 2016, de <http://www.gob.mx/conagua/documentos/estadisticas-agricolas-de-los-distritos-de-riego?idiom=es>
- EIA, F. (2003).** Obras hidráulicas.
- FIUBA. (2008).** *Estaciones de bombeo, operacion y mantenimiento* . Buenos Aires .
- Gimenez et al. (2010).** *Sistema de posicionamiento Global (GPS)*.
- Gonzales. (2013).** Vertedero lateral, soluciones teóricas verificadas experimentalmente y validadas con base en el analisis dimensional. *Tecnura*, 1-2.
- González, C. (2005).** *Distritos de Riego de Colombia*. Cali.
- Gonzales, D. (2004).** *Software libre en los institutos* . Barcelona .
- Gonzalez, C. (2017).** *scribd.com*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/143122339/Distritos-de-Riego-en-Colombia>
- Gustavo D. Buzai., C. A. (2006).** *Analisis Socioespacial Con Sistemas de Informacion Geografica*. Buenos Aires.
- Hernández, J. S. (2011).** *Notas para el curso de Hidráulica*. Sonora.
- hispalinux. (2017).** *hispalinux.es*. Obtenido de [hispalinux.es/softwarelibre](http://hispalinux.es/softwarelibre)
- Huerta Eduardo et al. (2005).** *GPS posicionamiento satelital*. Rosario- Argentina: UNR editoria.
- Koutoudjian, J. (2008).** Estaciones de Bombeo. Buenos aires.
- langleruben. (19 de 12 de 2016).** *sistema de informacion geografica*. Obtenido de <https://langleruben.wordpress.com/%C2%BFque-es-un-sig/>
- Lillesan et al. (1994).** *Remote sensing and image interpretation*. New York: John Wiley and sons, 3ª ed.
- Lui Juanguí et al. (2007).** Mapping within-field soil drainage using remote sensing, DEM and apparent soil electrical conductivity. *ELSEVIER*, 261-272.
- Materón, H. (1997).** *Obras hidráulicas rurales*. Universidad del Valle. Santiago de Cali, Colombia.

- Mejia Sáenz E., E. G. (2003).** Mejoramiento del manejo de distritos y modulos de riego utilizando sistemas de informacion geografica. *Terra*, 513-522.
- Mejia-Saenz et al. (2003).** Mejoramiento del manejo de distritos y modulos de riego utilizando sistemas de informacion geografica. *Terra latinoamerica*, 512-522.
- Montoya - gidahatari, S. (26 de FEBRERO de 2017).** *gidahatari*. Obtenido de <http://gidahatari.com/ih-es/10-razones-para-dejar-de-usar-arcgis-este-ano-y-pasarte-a-usar-qgis>
- Morales - mappinggis, A. (5 de junio de 2017).** *mappinggis*. Obtenido de <https://mappinggis.com/2016/09/plugin-quickmapservices-capas-base-de-google-landsat-openstreetmap-para-qgis/>
- Morales, A. (27 de noviembre de 2017).** *mappinggis*. Obtenido de <https://mappinggis.com/2016/09/plugin-quickmapservices-capas-base-de-google-landsat-openstreetmap-para-qgis/>
- MORENO, L. J. (2012).** *DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE UN MINI-DISTRITO DE RIEGO*. Obtenido de UNIVALLE: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/7775/1/CB-0470380.pdf>
- Pedraza Felipe et al. (2005).** Desarrollo de un sistema generador de modelos altimetricos para la republica mexicana. *Terra*, 191-199.
- PROCISUR. (2014).** *Manual de agricultura de precision* . EMBRAPA E INTA.
- QGIS. (Octubre de 2016).** *Qgis.org*. Recuperado el 12 de Octubre de 2017, de <http://www.qgis.org>
- Ramos et al. (2012).** Analisis de datos GPS-RTK para controlar la erosion en una finca de olivar. *COITop*, 1-9.
- Rodríguez, A. H. (2013).** *Desarrollo de un modelo nacional de sistema de información geográfica de distritos de riego en México*. Montecillo, Texococo, México: Colegio de Postgraduados.
- Tovar, O. (2015).** *ASOCIACIÓN DE USUARIOS ASOJUNCAL*. Neiva.
- UCA. (2012).** <http://lagc.uca.es/>. Recuperado el 5 de Noviembre de 2017, de [http://lagc.uca.es/web\\_lagc/docs/curso\\_rap/Presentacion\\_II.pdf](http://lagc.uca.es/web_lagc/docs/curso_rap/Presentacion_II.pdf)
- UNAD. (2005).** *CANALETA PARSHALL*. Obtenido de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido\\_en\\_linea\\_Disenio\\_de\\_Plantas\\_Potabilizadoras/leccin\\_20\\_canaleta\\_parshall.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358040/Contenido_en_linea_Disenio_de_Plantas_Potabilizadoras/leccin_20_canaleta_parshall.html)
- UPM. (2012).** [oa.upm.es](http://oa.upm.es/). Recuperado el 5 de Noviembre de 2017, de [http://oa.upm.es/6291/1/Valero\\_36.pdf](http://oa.upm.es/6291/1/Valero_36.pdf)
- Valero, C. (2009).** Avances en las tecologias GPS:las redes RTK. En *Vida Rural* (págs. 44-48). Madrid .
- Vasquez A & Carvajal A. (2018).** *Georreferenciacion y Digitalizacion de las Principales Obras Hidraulicas Del Distrito De Adecuacion De Tierras De Mediana Escala El Juncal "Asojuncal" Huila*. Neiva: Tesis.
- ViasySuministros. (2016).** Ficha Tecnica GNSS CHC X-91. Neiva, Huila, Colombia.
- Villar, A. (2014).** [http://ocw.upm.es](http://ocw.upm.es/). Recuperado el 5 de Noviembre de 2017, de [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-cartografia-y-geodesia/contenidos/TEMA\\_11\\_FOTOGAMETRIA\\_Y\\_TELEDETECCION/Tele-deteccion/microsoft-word-teledeteccion\\_y\\_sist\\_tratamiento\\_digital\\_imagenes.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-cartografia-y-geodesia/contenidos/TEMA_11_FOTOGAMETRIA_Y_TELEDETECCION/Tele-deteccion/microsoft-word-teledeteccion_y_sist_tratamiento_digital_imagenes.pdf)

## **11. Anexos**

### **11.1 Anexo Mapa con el inventario y rutas de las principales obras hidráulicas del Distrito de adecuación de tierras de mediana escala el Juncal Asojuncal**



**11.2 Anexo tabla Áreas de los predios calculadas con ayuda del software QGIS**

No.	Codigo	Area m2	Area Ha
1	1A001	207790.15	20.779
2	1A003	162708.921	16.271
3	1A004	132445.643	13.245
4	1A005	122112.559	12.211
5	1A006	303549.709	30.355
6	1A006A	98705.1235	9.8705
7	1A007	123083.268	12.308
8	1A007A	17995.9518	1.7996
9	1A008	97212.251	9.7212
10	1A009	96565.6203	9.6566
11	1A010	77352.945	7.7352
12	1A010A	38900.678	3.8900
13	1A011	168281.902	16.828
14	1A011A	79567.8864	7.9568
15	1A012	208416.193	20.842
16	1A013	270976.467	27.098
17	1A013A	302267.915	30.227
18	1A013B	101214.771	10.122
19	1A013C	139427.996	13.943
20	1A015	22659.1236	2.2659
21	1A014	186094.064	18.609
22	1A014A	100793.679	10.079
23	1A015A	53480.025	5.3480
24	1A016	112804.597	11.2804
25	1A016A	36457.967	3.6457
26	1A017	3551.8381	0.3552
27	1A018	139589.874	13.959
28	1A020	380716.313	38.072
29	1A026	102401.794	10.24
30	1A028	104997.921	10.5
31	1A029	93484.8926	9.3485
32	1A030	56456.3971	5.6456
33	1A030A	67814.458	6.7814
34	1A030A1	45620.985	4.5620
35	1A030C	164630.344	16.463
36	1A031	83971.9376	8.3972
37	1A031A	30274.3357	3.0274
38	1A031B	119869.578	11.987
39	1A031C	99528.3945	9.9528
40	1A031D	122133.296	12.213
41	1A031E	13953.2464	1.3953
42	1A032	85751.0051	8.5751
43	1A033	310727.052	31.073
44	1A035	129143.21	12.914
45	1A035B	47551.3091	4.7551
46	1A036	161546.91	16.155
47	1A039	1105682.08	110.57
48	1A040	2116073.88	211.61
49	1A050	78232.5664	7.8233
50	1A060	107245.695	10.725

51	1A060A	64154.6039	6.4155
52	1A060B	154285.312	15.429
53	1A060C	137968.912	13.797
54	1A060M	54772.5629	5.4773
55	1A061	52615.0872	5.2615
56	1A061A	103440.434	10.3440
57	1A061B	78519.248	7.8516
58	1A062	154294.574	15.43
59	1A063	112738.551	11.274
60	1A064	198381.372	19.838
61	1A065	269115.762	26.912
62	1A065A	110590.703	11.059
63	1A065B	16.6152	0.0017
64	1A066	134594.434	13.459
65	1A067	106102.314	10.61
66	1A068	88354.3766	8.8354
67	1A068A	90746.8868	9.0747
68	1A069	76360.5944	7.6361
69	1A069A	211782.588	21.178
70	1A070	56905.0984	5.6905
71	1A070A	173403.155	17.34
72	1A071	208677.284	20.868
73	1A072	132997.753	13.3
74	1A072A	53540.0563	5.354
75	1A073	34832.4775	3.4832
76	1A073A	183387.771	18.339
77	1A073B	19908.3931	1.9908
78	1A081	74726.1473	7.4726
79	1A090	164506.314	16.451
80	1A091	18578.907	1.8578
81	1A100	77284.1264	7.7284
82	1A109	182424.501	18.243
83	1A1091	15745.628	1.5745
84	1A109A	11619.3567	1.1619
85	1A110	190470.209	19.047
86	1A111	48050.7001	4.8051
87	1A112	93.1519	0.0093
88	1A112A	18506.8989	1.8507
89	1A113	130285.837	13.029
90	1A114	114169.201	11.417
91	1A115	51633.0676	5.1633
92	1A115A	22651.3548	2.2651
93	1A115B	40511.5011	4.0512
94	1A118	82462.9613	8.2463
95	1A120	211976.856	21.198
96	1A128	192865.512	19.287
97	1A130	165869.803	16.587
98	1A132	201669.618	20.167
99	1A133	184511.585	18.451
100	1A135	137885.477	13.789
101	1A136	140611.067	14.061
102	1A137	140497.981	14.05
103	1A140	153721.608	15.372
104	1A140A	173264.529	17.327

105	1A140C	175602.3	17.56
106	1A150	250593.206	25.059
107	1A150A	322654.68	32.266
108	1A155	2141469.28	214.15
109	1A160	500173.006	50.017
110	1A161	357568.51	35.757
111	1A170	130313.274	13.031
112	1A172	108745.145	10.875
113	1A174	102865.068	10.287
114	1A190	567351.83	56.735
115	1C001	91559.2231	9.1559
116	1C002	179114.078	17.911
117	1C004	285492.278	28.549
118	1C005	222891.098	22.289
119	1C005A	42767.1688	4.2767
120	1C006	45702.1177	4.5702
121	1C006A	72231.9348	7.2232
122	1C007A	206858.485	20.686
123	1C008	79574.7051	7.9575
124	1C010	79152.99	7.9153
125	1C010A	79581.187	7.9581
126	1C010B	80973.0397	8.0973
127	1C010C	54790.6612	5.4791
128	1C013	69466.808	6.9467
129	1C014	133982.026	13.398
130	1C015	296406.756	29.6406
131	1C015A	329742.526	32.974
132	1C016	18951.1490	1.8951
133	1C017	65911.7624	6.5912
134	1C018	67295.6033	6.7296
135	1C019	70747.1307	7.0747
136	1C020	60730.6682	6.0731
137	1C021	19763.526	1.9763
138	1C022	62036.7858	6.2037
139	1C022A	35915.9621	3.5916
140	1C023	66099.9096	66.100
141	1C023A	66875.6148	6.6876
142	1C024	30685.7809	3.0686
143	1C025	69218.7605	6.9219
144	1C026	104662.136	10.466
145	1C026A	20635.5168	2.0636
146	1C027	108334.291	10.833
147	1C027A	47012.0795	4.7012
148	1C028	80891.7381	8.0892
149	1C029	221899.034	22.19
150	1C030	118341.09	11.834
151	1C031	176811.626	17.681
152	1C032	143899.128	14.39
153	1C033	257497.456	25.75
154	1C034	56897.8954	5.6897
155	1C035	38720.3708	3.872
156	1C037	64188.4576	6.4188
157	1C038	71245.8395	7.1246
158	1C039	66832.9925	6.6833

159	1C040	337251.063	33.725
160	1C040A	197157.547	19.716
161	1C040B	79583.3412	7.9583
162	1C040C	111903.234	11.19
163	1C040D	13459.728	1.3459
164	1C041	61212.5763	6.1213
165	1C042	70435.6202	7.0436
166	1C043	69162.1555	6.9162
167	1C044	63155.3331	6.3155
168	1C045	101165.928	10.117
169	1C046	68536.8336	6.8537
170	1C048	146657.01	14.666
171	1C049	62574.0546	6.2574
172	1C050	39534.0843	3.9534
173	1C051	21435.1653	2.1435
174	1C052	59238.2346	5.9238
175	1C052A	21644.7832	2.1645
176	1C053	92204.9164	9.2205
177	1C054	50633.4123	5.0633
178	1C054A	47180.1465	4.718
179	1C054B	80673.2166	8.0673
180	1C055	1346.1681	0.1346
181	1C056	143372.464	14.337
182	1C057	75666.5104	7.5667
183	1C058	25115.6728	2.5116
184	1C059	21323.6543	2.1323
185	1C060	99676.6005	9.9677
186	1C061	84237.4653	8.4237
187	1C062	75859.7225	7.586
188	1C063	61676.662	6.1677
189	1C065	227503.449	22.75
190	1C070	77775.0964	7.7775
191	1C071	221350.725	22.135
192	1C071A	65762.8226	6.5763
193	1C072	12762.9850	1.2762
194	1C073	69538.5302	6.9539
195	1C080	85205.6435	8.5206
196	1C081	81756.6865	8.1757
197	1C082	46903.8428	4.6904
198	1C082A	35472.906	3.5473
199	1C083	82517.9216	8.2518
200	1C083A	14048.0781	1.4048
201	1C084	18857.6851	1.8858
202	1C100	312455.78	31.246
203	1E001	15643.4280	1.5643
204	1E003	95676.6152	9.5677
205	1E004	99112.0327	9.9112
206	1E005	73256.3574	7.3256
207	1E005A	21029.5638	2.103
208	1E006	81082.354	8.1082
209	1E006A	18173.2331	1.8173
210	1E007	99631.0159	9.9631
211	1E008	99880.1533	9.988
212	1E009	108795.044	10.88

213	1E010	87944.3151	8.7944
214	1E011	103295.602	10.33
215	1E012	88218.8297	8.8219
216	1E013	86519.656	8.652
217	1E014	83716.1628	8.3716
218	1E015	83098.5625	8.3099
219	1E016	86707.3222	8.6707
220	1E017	86944.0673	8.6944
221	1E018	83933.2616	8.3933
222	1E020	114907.666	11.491
223	1E020A	28643.6432	2.8643
224	1E020B	12963.5432	1.2963
225	1E021	126526.255	12.653
226	1E022	12854.3412	1.2854
227	1E023	144530.095	14.453
228	1E024	175310.025	17.531
229	1E025	99779.5069	9.978
230	1E025A	201330.308	20.133
231	1E029	128217.409	12.822
232	1E030	108350.595	10.835
233	1E031	101394.159	10.139
234	1E032	142025.87	14.203
235	1E032A	75380.439	7.538
236	1E032B	143501.766	14.35
237	1E033	104621.374	10.462
238	1E034	98822.8134	9.8823
239	1E035	112033.182	11.203
240	1E036	148806.025	14.881
241	1E037	45187.6483	4.5188
242	1E038	117872.628	11.787
243	1E039	34181.7281	3.4181
244	1E040	326170.983	32.617
245	1E040A	638110.158	63.811
246	1E050	237012.971	23.701
247	1E051	157541.371	15.754
248	1E060	237980.841	23.798
249	1E061	187001.93	18.7
250	1E070	198375.252	19.838
251	1E071	137478.863	13.748
252	1E080	510151.336	51.015
253	1E090	346284.02	34.628
254	1E090A	421078.689	42.108
255	1E090B	273013.636	27.301
256	1E100	448692.012	44.869
257	1E102	69324.1682	6.9324
258	1E110	713013.191	71.301
259	1E130	287342.516	28.734
260	1E130A	67214.9688	6.7215
261	1E130B	65411.9892	6.5412
262	1E131	173602.017	17.36
263	1E140	201742.178	20.174
264	1E150	252174.77	25.218
265	1E158	94867.6835	9.4868
266	1E159	75681.3531	7.5681

267	1E160	145050.346	14.505
268	1E161	195891.39	19.589
269	1E162	78560.1136	7.856
270	1E163	78746.7611	7.8747
271	1E164	83579.171	8.3579
272	1E165	93576.2224	9.3576
273	1E166	83153.6635	8.3154
274	1E167	95314.946	9.5315
275	1E168	91825.171	9.1825
276	1E169	129329.693	12.933
277	1E170	81322.9152	8.1323
278	1E170A	80018.7631	8.0019
279	1E171	83987.7261	8.3988
280	1E172	87323.6809	8.7324
281	1E173	81865.9152	8.1866
282	1E174	86852.0147	8.6852
283	1E175	85492.4245	8.5492
284	1E176	86495.3058	8.6495
285	1E177	82602.21	8.2602
286	1E178	86306.8194	8.6307
287	1E180	922255.885	92.226
288	1E190	996535.158	99.654
289	1E201	36547.9532	3.6547
290	1E200	439477.18	43.948
291	1E200A	532121.063	53.212
292	1E200B	521035.896	52.104
293	1E202	83134.9847	8.3135
294	1E203	39346.3618	3.9346
295	1E203A	36515.1227	3.6515
296	1E204	49777.3851	4.9777
297	1E205	83116.0525	8.3116
298	1E206	72306.0676	7.2306
299	1E210	91972.8897	9.1973
300	1E211	151861.697	15.186
301	1E211A	73750.1679	7.375
302	1E211B	75884.2787	7.5884
303	1E212	110044.674	11.005
304	1E213	91746.2077	9.1746
305	1E215	156602.272	15.66
306	1E217	93794.5706	9.3795
307	1E217A	80125.8084	8.0126
308	1E220	74423.474	7.4423
309	1E224	66494.7355	6.6495
310	1E225	62039.1165	6.2039
311	1E226	83304.1294	8.3304
312	1E227	85474.3669	8.5474
313	1E227A	103173.665	10.317
314	1E230	665506.648	66.551
315	1E230A	260186.701	26.019
316	1E230B	69541.6676	6.9542
317	1E250	383378.282	38.338
318	1E251	378890.359	37.889
319	1E252	60654.1611	6.0654
320	1E260	561956.554	56.196

321	1E260A	191340.994	19.134
322	1E260U	300127.6936	30.0127
323	1E270	273929.626	27.393
324	1E270A	840032.563	84.003
325	1E275	37180.5127	3.7181
326	P0133	233668.589	23.367
327	P0492	121494.555	12.15
328	P0500	12876.3178	1.2876
329	P0731	7007.307	0.7007
330	P0914	400576.746	40.058
331	P0945	175305.52	17.531
332	P1013	129379.454	12.938
333	P924	202753.171	20.275
334	P925	108792.675	10.879
335	P928	112603.626	11.26
336	P930	43693.9592	4.3694
337	P932	58234.1332	5.8234
338	P933	56605.7014	5.6606
339	P934	129493.516	12.949
340	P942	116182.514	11.618
341	P943	119610.873	11.961
342	P944	77644.7879	7.7645
343	PO320	77585.8447	7.7586
<b>Area Total</b>		<b>51999020.9</b>	<b>5119.9</b>