

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“SUPERVISIÓN E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR
ASPERSIÓN AUTOMATIZADO PARA BANANO - HACIENDA LA
ESTACIÓN - GUAYAQUIL ”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

ANTONIO ENRIQUE MEZA ROJAS

LIMA – PERÚ

2022

Document Information

Analyzed document TSP MEZA COMPLETO FINAL.pdf (D154779324)
Submitted 1/3/2023 2:29:00 AM
Submitted by Miguel Ángel Sanchez Delgado
Submitter email msanchez@lamolina.edu.pe
Similarity 2%
Analysis address msanchez.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP_GONZALES_JESUS 0.8.09.22.pdf

Document TSP_GONZALES_JESUS 0.8.09.22.pdf (D145680428)

Submitted by: dascencios@lamolina.edu.pe

Receiver: hpcbioinformatica.unalm@analysis.arkund.com

6

URL: <https://www.redagricola.com/pe/el-reto-de-mejorar-la-productividad-del-banano/>

Fetched: 1/3/2023 2:30:00 AM

2

PLATANO_Erik_Urjilez_06_05_2016 Profe.docx

Document PLATANO_Erik_Urjilez_06_05_2016 Profe.docx (D19795137)

10

Entire Document

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales del presente trabajo (Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

44%

MATCHING BLOCK 1/18

TSP_GONZALES_JESUS 0.8.09.22.pdf (D145680428)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
“SUPERVISIÓN E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN
AUTOMATIZADO PARA BANANO - HACIENDA LA ESTACIÓN - GUAYAQUIL - ECUADOR”
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÍCOLA ANTONIO ENRIQUE MEZA ROJAS LIMA – PERÚ 2022 DEDICATORIA A mi

Señor, Dios Todopoderoso. A Elizabeth, mi Madre. A mis tías Teresa y María, quienes son como mis madres y me han querido mucho desde que nací. A mis hermanos, que son parte importante de mi felicidad y madurez. A Jimena, mi pareja, por su cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTO A mi Señor Jesús, por permitir que pueda llegar a esta etapa de mi vida con alegría y gratitud, por permitirme el privilegio de crecer y aprender con mi familia, y por darme la oportunidad de estudiar tan hermosa carrera como la Ingeniería Agrícola. A mi Madre, por su apoyo incondicional. Al Ingeniero Miguel Sánchez Delgado, por la confianza y apoyo brindado para hacer posible la ejecución de este trabajo. A mis profesores, por impartir sus conocimientos y experiencias con tanto esfuerzo y sabiduría. A mis amigos de carrera: Diego, Paúl, Ricardo, Michael, Duaner, Miguel, Daniel; por alentarme y compartir la pasión por la ingeniería agrícola. Al Ing. Danilo Hernández, Pablo Gómez y Carla Montañez, por permitirme aprender más del riego

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“SUPERVISIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR
ASPERSIÓN AUTOMATIZADO PARA BANANO, HACIENDA LA
ESTACIÓN - GUAYAQUIL”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. ANTONIO ENRIQUE MEZA ROJAS

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. NÉSTOR MONTALVO ARQUÍÑIGO
Presidente

Mg. Sc. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DELGADO
Asesor

Mg. Sc. JAVIER ANTONIO GOICOCHEA RÍOS
Miembro

Ing. JAIME EDUARDO VÁSQUEZ CÁCERES
Miembro

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mi Señor, Dios Todopoderoso.

A Elizabeth, mi Madre.

A mis tías Teresa y María, quienes son como mis madres y me han querido mucho desde que nací.

A mis hermanos, que son parte importante de mi felicidad y madurez.

A Jimena, mi pareja, por su cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTO

A mi Señor Jesús, por permitir que pueda llegar a esta etapa de mi vida con alegría y gratitud, por permitirme el privilegio de crecer y aprender con mi familia, y por darme la oportunidad de estudiar tan hermosa carrera como la Ingeniería Agrícola.

A mi Madre, por su apoyo incondicional.

Al Ingeniero Miguel Sánchez Delgado, por la confianza y apoyo brindado para hacer posible la ejecución de este trabajo.

A mis profesores, por impartir sus conocimientos y experiencias con tanto esfuerzo y sabiduría.

A mis amigos de carrera: Diego, Paúl, Ricardo, Michael, Duaner, Miguel, Daniel; por alentarme y compartir la pasión por la ingeniería agrícola.

Al Ing. Danilo Hernández, Pablo Gómez y Carla Montañez, por permitirme aprender más del riego tecnificado, que no sólo aplica ingeniería, sino que es una forma muy eficiente de preservar el recurso más vulnerable del planeta, el agua.

A todos, muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Generalidades	5
2.2. Riego por aspersión	7
2.3. Componentes del sistema de riego por aspersión.....	9
2.3.1. Fuente de agua	9
2.3.2. Cabezal de riego	9
2.3.3. Red de abastecimiento de agua (matriz).....	13
2.3.4. Red de distribución de agua (submatriz)	14
2.3.5. Sistema secundario de control (válvulas hidráulicas, pilotos, relés hidráulicos y válvulas de aire)	14
2.3.6. Tuberías terciarias de riego.....	25
2.3.7. Emisores	25
2.4. Automatización del sistema de riego por aspersión	26
2.4.1. DREAM 2	27
2.4.2. RTU RF G5.....	28
2.4.3. RF MÁSTER	31
2.4.4. RF INTERFACE	31
2.4.5. SOLENOIDE DC LATCH	31
2.5. Avenza Maps.....	33
III. DESARROLLO DEL TRABAJO	34
3.1. Ejecución del Proyecto La Estación; estableciendo los parámetros técnicos y criterios aplicados en cada fase de la instalación y puesta en marcha.....	34
3.1.1. Replanteo del proyecto	36
3.1.2. Trabajos en Campo	42
3.1.3. Trabajos en Cabezal.....	81

3.1.4. Puesta en marcha de la red de riego, del sistema de fertilización y de automatización.....	99
3.2. Ratios de avance de mano de obra y maquinaria a partir del cronograma de ejecución del Proyecto La Estación.....	123
3.3. Procedimientos para el uso de la Aplicación móvil “AVENZA MAPS”, y determinación de sus ventajas en el proceso de instalación y supervisión del sistema de riego de la Hacienda La Estación	132
3.3.1. Georreferenciación del plano de instalación con el software ArcMap 10.8.2 e introducción en app Avenza Maps.....	132
3.3.2. Ventajas de la aplicación Avenza Maps en la instalación y supervisión del Proyecto	139
3.4. Elaboración de una metodología de la experiencia obtenida en el Proyecto La Estación	139
3.4.1. Retroalimentación de la instalación del proyecto La Estación - Etapa 1.....	140
3.4.2. Cronograma límite de entrega de materiales y equipos a proyectos de riego por aspersión y goteo, por parte del área logística.....	143
3.4.3. Cuadro comparativo de precios de materiales y equipos para instalación en campo del proyecto la estación (excepto tuberías de PVC), entre Ecuador y Perú.....	144
3.4.4. Experiencia personal al momento de supervisar instalaciones de sistemas de riego por aspersión.....	151
3.4.5. Actividades de la instalación y puesta en marcha del proyecto la estación que se podrían mejorar aplicando las “Recomendaciones para instalación de sistemas de tuberías” a través de la norma ISO NTP-RT-ISO/TR 4191	154
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	157
V. CONCLUSIONES.....	159
VI. RECOMENDACIONES.....	161
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163
VIII. ANEXOS	165

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de los sistemas de riego por aspersión	8
Tabla 2: Planificación del equipo 1	35
Tabla 3: Reporte de caudal y presión de trabajo de los turnos de riego Etapa 1	36
Tabla 4: Cronograma de ejecución.....	45
Tabla 5: Materiales de válvulas hidráulicas y de aire con sus respectivos materiales de armado	47
Tabla 6: Materiales de tubería matriz y submatriz con sus respectivos componentes de embone, pegado, purga y toma de presión para solenoides.....	48
Tabla 7: Materiales de tubería para laterales, emisores y sus accesorios para armado	51
Tabla 8: Materiales de automatización.....	51
Tabla 9: Materiales y equipos del centro de control.....	53
Tabla 10: Materiales de fertilización	57
Tabla 11: Stock de materiales restantes del proyecto.....	58
Tabla 12: Condiciones de requerimiento de energía solicitada al cliente para la puesta en marcha del sistema de riego.....	97
Tabla 13: Presiones que se respetaron en el lavado de redes por turnos	104
Tabla 14: Programa de Riego de la Hda. La Estación.....	115
Tabla 15: Cronograma de ejecución del proyecto La Estación	123
Tabla 16: Ratios de avance de mano de obra del Proyecto La Estación	126
Tabla 17: Ratios de avance de maquinaria del Proyecto La Estación	131
Tabla 18: Retroalimentación de la instalación	140
Tabla 19: Cronograma límite de entrega de materiales y equipos	143
Tabla 20: Cuadro comparativo de precios de materiales y equipos, entre Perú y Ecuador.....	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Filtro de malla tipo Y de la marca JAVI.....	10
Figura 2: Curva de operación de la bomba NCB 100-200 (Curva azul en 75.2%).....	12
Figura 3: Vista lateral del equipo de fertilización de La Estación.....	13
Figura 4: Operación de una válvula hidráulica con control de 3 vías	15
Figura 5: Conexiones finales de una válvula hidráulica serie 75 con aplicación PR/RC (reductora de presión con control hidráulico a distancia).....	16
Figura 6: Operación sin señal	18
Figura 7: Operación con señal	19
Figura 8: Operación de calibración	20
Figura 9: Operación de piloto modulando ante alta presión aguas abajo	21
Figura 10: Operación de piloto modulando ante baja presión aguas abajo	22
Figura 11: Recomendación del tipo de válvula de aire a instalar según el gradiente hidráulico.....	23
Figura 12: Principio de funcionamiento de la válvula de aire de efecto combinado.....	24
Figura 13: DREAM 2 de Talgil con botones para programación manual.....	28
Figura 14: Solenoide DC latch de 12V (bobina + válvula piloto de 3 vías).....	32
Figura 15: Mapa de ubicación de la Hacienda La Estación	34
Figura 16: Lotes del área de instalación donde se colocó reguladores de presión antes del aspersor.....	39
Figura 17: Plano de replanteo en el que se incluyen indicaciones a tomar en cuenta para el plano definitivo de instalación y automatización, además de los puntos GPS entregados.....	40
Figura 18: Plano planialtimétrico luego del desbroce de La Estación	41
Figura 19: Plano de instalación hidráulica de La Estación etapa 1	42
Figura 20: Plano de automatización de La Estación etapa 1	43
Figura 21: Plano del Centro de control de La Estación.....	44
Figura 22: Zanja nivelada y limpia.....	61
Figura 23: Excavación de zanjas para laterales con Bobcat.....	61
Figura 24: Almacén de tuberías en La Estación	63
Figura 25: Transporte de tubería con tractor y carreta	63
Figura 26: Tendido de tubería matriz luego de nivelar y limpiar la zanja.....	65

Figura 27: Embone de tubería PVC 315mm U/Z.....	65
Figura 28: Esquema de siembra en La Estación.....	67
Figura 29: Instalación de collarines de boca de 1” de diámetro en la submatriz, conectados a un elevador de 50cm de alto x 32mm de diámetro; a los que se adhieren tees o codos para distribuir el agua a los laterales de riego.....	68
Figura 30: Esquema de armado de arco de riego con válvula hidráulica de 3”.....	69
Figura 31: Esquema de armado de arco de riego con válvula hidráulica de 3-2-3”.....	69
Figura 32: Instalación de arco de riego y tubería submatriz.....	70
Figura 33: Configuración de armado de válvula de aire de 1”.....	71
Figura 34: Instalación de válvula de aire de 2” en La Estación.....	71
Figura 35: Biselado de espiga de niple entre tee y reducción PVC.....	72
Figura 36: Instalación de curva de largo radio con niple antes de reducción.....	73
Figura 37: Instalación de “S” de fierro 12” conectada a través de un terminal brida- campana con la conducción de PVC de 315mm.....	73
Figura 38: Instalación de collarín para reducir un diámetro brusco en matriz.....	74
Figura 39: Instalación de microtubo de comando de 8mm.....	75
Figura 40: Tapado de tubería matriz y una zona dejada libre para instalar válvula de aire.....	76
Figura 41: Forma de anclaje recomendada según el accesorio y dirección de flujo.....	78
Figura 42: Forma de anclaje recomendada según el accesorio y dirección de flujo.....	78
Figura 43: Forma de anclaje recomendada según el accesorio y dirección de flujo.....	79
Figura 44: Anclaje de concreto para tee de 160mm ejecutado por el cliente, la cual se observó por ser desuniforme y no tener la forma adecuada para proteger al accesorio.....	79
Figura 45: Anclaje de válvula hidráulica y purga de matriz.....	80
Figura 46: Muñeco con cinta scotch en la boquilla, junto a una purga de tubería lateral...	81
Figura 47: Dimensiones de la bomba según la ficha técnica de SAER.....	83
Figura 48: Proceso de instalación de la bomba centrífuga.....	83
Figura 49: Bombas centrífugas NCB 100-200 75HP instaladas.....	84
Figura 50: Válvulas de pie de 10” (check) que fueron sumergidas en el canal.....	85
Figura 51: Cabezal de riego de la Hacienda La Estación donde se pueden observar los instrumentos antes descritos.....	86
Figura 52: Instalación de los filtros de malla con el caballete de fierro.....	88
Figura 53: Instalación del equipo de fertilización.....	90

Figura 54: Configuración del canal, número de interfases RF, dirección y tasa de escaneo.....	91
Figura 55: Cableado entre el DREAM-INTERFACE-MÁSTER	92
Figura 56: INTERFACE RF con interruptor DIP S1	93
Figura 57: Modelo de hardware de automatización instalado en La Estación	95
Figura 58: Vista interna de un programador DREAM 2	95
Figura 59: Antena máster ubicada en la zona más alta cercana al Cabezal.....	96
Figura 60: Antena RTU repetidora con regleta de solenoides DC latch 12V	96
Figura 61: A la derecha se observa el tablero de control de las dos bombas de riego, al medio se encuentra el tablero de control de la bomba de fertilización y a la izquierda el DREAM 2.....	99
Figura 62: Tensión de alimentación al momento de la puesta en marcha = 423V	100
Figura 63: Placa de motor, se puede observar que para la tensión de 440V que requiere el motor, la intensidad de corriente correspondiente debe ser 89A.....	101
Figura 64: Lectura de los medidores de tensión e intensidad de corriente de las dos bombas de riego una vez encendido el sistema, se puede observar que el amperaje entre bombas es casi el mismo	101
Figura 65: Suciedad que se acumula dentro del filtro en apenas 20 minutos, tiempo en el que entre la entrada y salida de filtros se puede observar una pérdida de carga de 2 bares.....	102
Figura 66: Presión de descarga a 5.2 bar en el lavado de redes	103
Figura 67: Purgado de matriz junto a recipiente de control de impurezas	104
Figura 68: Lavado de laterales de riego de 32mm.....	105
Figura 69: Muñeco con aspersor tavlit 920 instalado.....	106
Figura 70: Regulador de presión Senninger PRL35 utilizado los lotes 44.2, 37, 13.2, 15 y 16 de La Estación	106
Figura 71: Fuga de matriz.....	107
Figura 72: Arco de riego instalado en La Estación	108
Figura 73: Calibración de presión aguas abajo con piloto 29-100	109
Figura 74: Bomba de inyección MULTI-H 405 con conexiones de recirculación (válvula oblicua), inyección y medidor de caudal instantáneo.....	111
Figura 75: Hardware interno del Dream 2 con sus componentes, entre ellos el botón de “Start” y el “Power Switch”.....	114
Figura 76: Programación de riego por tiempo del turno 3 del PR 1 con 1.5 horas	116

Figura 77: Configuración de calendario de riego, la numeración del 1 al 7 son los días de la semana, “today is” 1, se refiere a que hoy es el día actual de la lista de ejecución ..	117
Figura 78: 14 antenas de La Estación con buena comunicación con la máster.....	121
Figura 79: Pantalla de información de la dosis de agua al sistema	122
Figura 80: Riego del turno 1 automatizado - La Estación.....	122
Figura 81: Verificación en AutoCAD del plano a georreferenciar	132
Figura 82: Apertura de “blank map” en ArcGIS para crear un nuevo mapa.....	132
Figura 83: Apertura del plano en ArcGIS	133
Figura 84: Ejecución de click derecho en “layout views” y luego se dio click en “page and print setup	133
Figura 85: Modificación del ancho y alto de la página de impresión.....	134
Figura 86: Georreferenciación en Zona UTM 17S.....	134
Figura 87: Ingreso a export map.....	135
Figura 88: Exportación en formato PDF de mapa georreferenciado.....	135
Figura 89: Carga de la exportación del mapa georreferenciado y guardado en formato PDF en la carpeta asignada.....	136
Figura 90: Descarga de la aplicación “Avenza Maps” en el dispositivo móvil	136
Figura 91: Apertura de plano dentro de la aplicación Avenza Maps	137
Figura 92: Apertura del mapa importado “laestacion1.....	137
Figura 93: Mapa abierto en la aplicación Avenza Maps	138
Figura 94: Cantidad de fallas según la causa que las generó.....	142
Figura 95: Forma recomendada de almacenamiento según la norma	155
Figura 96: Pretapado y compactación recomendada por la norma.....	156
Figura 97: Accesorio cubierto con polietileno grueso.....	156

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Recomendaciones por diferencia de altura entre arco de riego y salida de regleta de solenoides.....	165
Anexo 2: Recomendaciones por diferencia de altura entre arco de riego y salida de regleta de solenoides.....	166
Anexo 3: Instalación de collarín en posición horizontal para toma de presión.....	166
Anexo 4: Pegamento utilizado para pegar la tubería submatriz de 50mm, 63mm y 75mm y la tubería lateral de 32mm.....	167
Anexo 5: Indicaciones de instalación de tees según el sentido del flujo (campana recibe presión)	167
Anexo 6: Encofrado para base de concreto en bomba centrífuga	168
Anexo 7: Soldado de bridas en fierro de cédula 40.....	168
Anexo 8: Válvula duocheck utilizada (doble plato)	169
Anexo 9: Labores de ensamblaje de succiones con válvulas de pie.....	169
Anexo 10: Labores de supervisión en el cabezal de riego.....	170
Anexo 11: Soldadora utilizada en cabezal.....	170
Anexo 12: Vista frontal del equipo de fertilización de La Estación.....	171
Anexo 13: Comunicación entre Dream 2, RF Máster y RF RTU´s	171
Anexo 14: Actuación del solenoide en la apertura-cierre de una válvula hidráulica	172
Anexo 15: Características técnicas del Equipo 1 - La Estación	172
Anexo 16: Campo de siembra desbrozado	173
Anexo 17: Zona más alta para ubicar RTU repetidora	173
Anexo 18: Dren natural principal que cruza el área de instalación	174
Anexo 19: Ceibos que no podrán ser cortados por ser intangibles.....	174
Anexo 20: Ubicación del centro de control y atrás se observa el canal de SENAGUA ...	175
Anexo 21: Canal de SENAGUA a tope de capacidad.....	175
Anexo 22: Componentes de antena máster instalada	176
Anexo 23: Caja de borneras del motor con las conexiones provenientes del tablero eléctrico de control	176
Anexo 24: Prensaestopa que conecta el tuboflex de protección de cables con la caja de paso.....	177
Anexo 25: Nivelación de manifold de fierro con caballete	177

Anexo 26: Caudales autorizados de los principales sectores de consumo en Ecuador	178
Anexo 27: Válvula hidráulica NC con galit NO - serie 75 PR/RC, piloto red. 29-100.....	178
Anexo 28: Apoyo con cruceta para verificar la profundidad de la zanja	179
Anexo 29: Reporte de presiones aguas debajo de los 4 turnos de la Etapa 1	179
Anexo 30: Clientes junto al primer racimo de banano en la Hda. La Estación.....	181
Anexo 31: Vista lateral de los turnos 1 y 4 con banano de 9 meses - Hacienda La Estación	182
Anexo 32: Centro de Control Hda. La Estación	182
Anexo 33: Componentes del RF RTU BASE	183
Anexo 34: Tasa de escaneo según la cantidad de RTU´s instaladas en campo.....	183

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la hacienda bananera La Estación, ubicada en el Centro Poblado Daular, Cantón Guayaquil, Ecuador, y que pertenece a la empresa Agrícola Agrisanto S.A. El trabajo consiste en la supervisión e instalación de un sistema de riego por aspersión automatizado en 47.22 hectáreas de la hacienda antes mencionada, con el fin de establecer recomendaciones que optimicen las distintas fases del proyecto. Primero se definió el sistema de riego instalado y sus componentes, luego los trabajos de instalación y supervisión realizados tanto en el campo como en el cabezal de riego, describiendo los parámetros técnicos y criterios utilizados en cada uno de ellos. Se realizó además un cuadro de rendimiento de mano de obra y maquinaria, en base al cronograma de ejecución del proyecto. Se describieron las utilidades de la aplicación móvil “AVENZA MAPS”, poniendo en práctica su función de lectura de planos georreferenciados con el plano de instalación del proyecto La Estación. Se elaboró un listado de actividades de instalación que podrían optimizarse y/o corregirse en futuros proyectos, aplicando las recomendaciones de la norma ISO NTP-RT-ISO/TR 4191. Se elaboró un cuadro de retroalimentación sobre la instalación del proyecto, y se creó herramientas para optimizar algunas áreas que forman parte importante del éxito del proyecto, tales como: el cronograma límite de entrega de materiales por parte del área logística para proyectos de riego tecnificado por aspersión y goteo, el cuadro comparativo de precios de materiales y equipos para instalación en campo del proyecto La Estación (excepto tuberías de PVC), entre Ecuador y Perú, y, por último, un listado de actividades que se recomienda supervisar para lograr la correcta instalación de un sistema de riego por aspersión.

ABSTRACT

The present work was carried out in the banana plantation La Estación, located in the Daular Village Center, Canton Guayaquil, Ecuador, and belonging to the company Agrícola Agrisanto S.A. The work consists of the supervision and installation of an automated sprinkler irrigation system in 47.22 hectares of the aforementioned plantation, in order to establish recommendations to optimize the different phases of the project. First, the installed irrigation system and its components were defined, then the installation and supervision works carried out both in the field and in the irrigation head, describing the technical parameters and criteria used in each of them. A table of labor and machinery performance was also made, based on the project execution schedule. The utilities of the mobile application "AVENZA MAPS" were described, putting into practice its function of reading georeferenced plans with the installation plan of the La Estación project. A list of installation activities that could be optimized and/or corrected in future projects was prepared, applying the recommendations of ISO NTP-RT-ISO/TR 4191. A feedback table was prepared on the installation of the project, and tools were created to optimize some areas that form an important part of the project's success, such as: the deadline for delivery of materials by the logistics area for technified sprinkler and drip irrigation projects, the comparative table of prices of materials and equipment for field installation of the La Estación project (except PVC pipes), between Ecuador and Peru, and, finally, a list of activities that should be supervised to achieve the correct installation of a sprinkler irrigation system.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura es, por mucho, la principal actividad consumidora de agua. Según un artículo del Banco Mundial llamado “El agua en la Agricultura” (2017), ésta ocupa el 70% del agua que se extrae en el mundo. Los avances en eficiencia y productividad que se presenten en este sector, liberarán cantidades significativas de agua para otros usos.

Dadas las razones mencionadas anteriormente; el enfoque en los sistemas de riego presurizado como canal de abasto a la producción agrícola es sumamente necesario ya que éstos además de mejorar la eficiencia en el uso del agua y aumentar la productividad, reducen el impacto negativo sobre el medio ambiente.

Según un artículo del Banco Mundial (2021), “La agricultura de regadío (riego tecnificado) representa el 20 % del total de la superficie cultivada y aporta el 40 % de la producción total de alimentos en todo el mundo”, dice además que, “En Ecuador, de las 338 mil hectáreas en manos de los pequeños y medianos productores que cuentan con riego, el 93% aún utilizan métodos de irrigación tradicionales, con niveles de eficiencia reducida y una limitada capacidad de almacenamiento de agua”.

El Ministerio de Comercio Exterior Ecuatoriano comunicó a través de su informe de sector bananero ecuatoriano a finales del 2017 que, “la exportación bananera representó el 2% del PBI general y aproximadamente el 35% del PBI agrícola”. Por su parte, Marianela Ubilla, presidente del Directorio de la Asociación de Exportadores del Banano de Ecuador, en una entrevista a la revista Ekos (2021) sostiene que, “A pesar de la crisis por la pandemia del Covid-19 en el mundo, el 2020 fue un año muy destacado para la industria del banano”. Dijo además que “Tenemos un incremento de las exportaciones y hasta junio del 2020 hubo un incremento del 8.5% en producción de banano en comparación con 2019. Esto significa alrededor de USD 2 mil millones de ingresos para el país y una venta de 206 millones de cajas hasta junio de 2020”.

La Provincia del Guayas, lugar donde se ejecutó el proyecto, en el año 2020 contuvo el 49% de empresas que se dedican al cultivo de banano y plátano en Ecuador y el 26% de la producción nacional, con un rendimiento promedio de 2003 cajas/hectárea (37.7 Tm/ha) (Corporación Financiera Nacional, 2020).

La Corporación Editora Nacional del Ecuador (1987) afirma en su libro "EL BANANO EN EL ECUADOR: Transnacionales, modernización y subdesarrollo" que, "para poder desarrollarse, el banano necesita suelos que tengan una profundidad mínima de 1,2 m. y 1,5 m., buenas propiedades retentivas y reservas de elementos minerales; se consideran aptos los suelos franco arenosos, franco-arcillosos y franco-limosos con menos de 40 % de arcilla y con escaso grado de compactación".

Guayaquil (Provincia de Guayas), presenta una estación seca o de estiaje, la cual comprende los meses desde mayo a diciembre, en estos meses los productores de banano tienen problemas de muerte de algunas plantas debido a las altas temperaturas en la zona y a que no consiguen de forma natural regar el terreno de producción; a raíz de esto, buscan evitar la muerte de las plantas con un riego que simule a la lluvia, y a su vez un sistema de riego presurizado con alta eficiencia de riego, de manera que incentive el uso eficiente de agua y además aumente la productividad de su cultivo, la cual con un sistema de riego tecnificado óptimo y buen manejo agronómico podría elevar la producción de 1500 a 2500 cajas/hectárea (Revista Red Agrícola, 2018).

La información antes compartida es un preámbulo que busca argumentar que las condiciones en que se desarrolló el Proyecto La Estación fueron óptimas, desde el punto de vista técnico y económico. El terreno de trabajo donde se llevó a cabo el proyecto pertenece a la empresa "Agrícola San Antonio S.A.", el cual se encuentra ubicado en la Hacienda La Estación, Lugar Poblado de Daular, Ciudad de Santiago de Guayaquil, Provincia de Guayas, Ecuador; son 47.22 hectáreas de terreno franco-arcilloso y franco-arenoso en el cual se instaló un sistema de riego por aspersión con fines de producción de banano, los emisores considerados fueron los aspersores 920, con boquilla de 2.4 mm de diámetro de la marca Tavlit de Israel; con elevador de PVC de 0.8m y laterales en PVC de 32 mm, con sus respectivas conexiones. El emisor tiene un caudal nominal de 300 litros/hora a 2 bares de presión. Mi persona estuvo a cargo de la supervisión del proyecto, laborando para la empresa "Equipos de Riego

Corande S.A.C.”, a la cual agradezco profundamente la oportunidad brindada.

La fuente de agua para el proyecto es superficial y pertenece al canal de conducción de Senagua (Secretaría Nacional del Agua), el cual se ubica contiguo al cabezal de riego. Desde esa fuente el agua es impulsada por bombas centrífugas y distribuida a través de la red de tuberías al área de siembra del banano.

La metodología de estudio que se empleó en el presente Trabajo de Suficiencia Profesional (TSP) tuvo 4 etapas principales: la primera etapa fue la descripción de la ejecución del “Proyecto La Estación”; estableciendo los parámetros técnicos aplicados en cada fase de la instalación y puesta en marcha, la segunda fue la elaboración del cronograma de ejecución del proyecto con el software MS Project 2019 y Microsoft Excel 2019; dicho cronograma se basa en ratios de avance ya establecidos a través de los más de 40 años de experiencia de la Empresa Equipos de Riego Corande S.A.C. y tomando en cuenta las condiciones del lugar donde se trabajó, la tercera etapa fue la georreferenciación del plano de instalación del proyecto, con el software ArcMap 10.8.2, y uso de éste en la aplicación AVENZA MAPS, la cuarta y última etapa fue la elaboración de una metodología de la experiencia obtenida en el proyecto; la cual incluye la elaboración de un cuadro de retroalimentación sobre la instalación del proyecto, la elaboración de herramientas para optimizar algunas áreas que forman parte importante del éxito del proyecto, y por último, el análisis de qué actividades de la instalación y puesta en marcha se podrían optimizar y/o corregir aplicando las recomendaciones para instalación de sistemas de tuberías del Instituto Nacional de Calidad (INACAL,2016), descritas en la norma ISO NTP-RT-ISO/TR 4191.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Supervisar e instalar el sistema de riego por aspersión automatizado de la Hacienda La Estación.

1.1.2. Objetivos específicos

- Calcular los ratios de avance de mano de obra y maquinaria a partir del cronograma de ejecución del proyecto La Estación; para las condiciones geográficas y climáticas donde se llevó a cabo el mismo, de manera que sirva de referencia para proyectos con similares condiciones.
- Describir el procedimiento para la utilización de la Aplicación móvil “AVENZA MAPS” y determinar sus ventajas en el proceso de instalación y supervisión del sistema de riego de la Hacienda La Estación.
- Establecer qué actividades de instalación podrían optimizarse y/o corregirse en futuros proyectos, aplicando las recomendaciones para instalación de sistemas de tuberías, a través de la norma ISO NTP-RT-ISO/TR 4191.
- Elaborar una metodología de la experiencia obtenida en el proyecto Hda. La Estación – Centro Poblado Daular – Cantón Guayaquil – Ecuador.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), sostiene a través del Proyecto “Cultivo de plátano tecnificado con riego” del año 2004, que el banano es una especie esencialmente del trópico húmedo y se puede cultivar en zonas agroecológicas localizadas entre 30° de latitud norte y 30° de latitud sur que reúna las condiciones de clima y suelo favorables para su crecimiento, desarrollo y producción. La Hacienda La Estación se encuentra ubicada a 2.28° de latitud sur y 80.15° de longitud oeste.

El IICA sostiene además que para el establecimiento de plantaciones comerciales de plátano se recomiendan suelos planos o ligeramente ondulados, que facilitan el uso de maquinaria y la aplicación de agua. La capa superficial del suelo debe ser de la mejor calidad tanto física como química, porque son de raíces relativamente cortas y superficiales. Los mejores suelos son los de textura franco arcillosos o franco-arenosos. Los suelos francos y algunos arcillosos friables y bien drenados son recomendables. El primer criterio de selección es el suelo franco, texturas muy livianas o muy pesadas pueden ser factor limitante para el cultivo del plátano. La zona de ubicación más próxima a la Hacienda La Estación y estudiada por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador es el Centro Poblado de Chongón y presenta suelos con textura mayormente franco-arenoso, arcilloso y franco-arcilloso.

Según Santacruz (2020), la evaluación hidráulica que realizó en 20 Has. de cultivo de banano con riego por aspersión en Chiapas, México; determinó que la uniformidad de aplicación mediante el riego por aspersión subfoliar es mucho mayor que en el riego por aspersión sobre el follaje, en presencia del cultivo. Por lo que, si se desea emplear el sistema de riego por aspersión para el cultivo del banano, este debe ser el de aspersión subfoliar. Es recomendable reducir la separación entre aspersores y líneas regantes, aunque esto impactaría en los costos de inversión (Santacruz empleó una separación entre aspersores de 11,25 mts y entre líneas

regantes de 11mts). El proyecto La Estación se realizó con riego por aspersión subfoliar (elevadores con 80cm de altura sobre la superficie) y una separación entre aspersores de 10 mts y entre líneas regantes de 10 mts.

Según Molina (2012), el cultivo del banano es una planta de climas tropicales húmedos, con pocas variaciones en la temperatura, no puede soportar temperaturas extremas, requiere de lluvias ligeras pero que estén bien distribuidas durante todo el año, por lo tanto, requiere de buenas condiciones de humedad en el suelo. Indica además que los casos extremos en el clima pueden afectar el buen desarrollo del fruto, condiciones de sequía y alta radiación provocan la reflexión de una banda de tejido que rodea la vena central y también el cierre de las estomas, esto como un mecanismo de defensa, que ocurre antes de que se dé el agotamiento del agua aprovechable, esto disminuye la actividad fotosintética, retrasando el ciclo vegetativo y el crecimiento de las yemas florales. El rango de temperaturas adecuadas para obtener buenas producciones es de 15,5 a 32 °C siendo la temperatura óptima superior a los 24 °C, temperaturas bajas retardan el proceso de fructificación. La temperatura promedio mensual en Guayaquil en el año 2020 osciló entre los 22°C y los 31°C, según WeatherSpark.com.

En cuanto al rendimiento productivo del banano con y sin un sistema de riego tecnificado por aspersión, se tiene la siguiente información:

Juan Carlos Rojas, Investigador de la Estación experimental Agraria El Chira (Piura, Perú), afirma para la revista Redagrícola (2018), que los pequeños productores de banano, los cuales riegan por inundación, reportan en promedio una producción de 1500 cajas/hectárea (41.5 libras/caja). Por otro lado, los medianos y grandes productores, los cuales riegan por sistemas de riego tecnificado de microaspersión o aspersión reportan más de 2500 cajas/hectárea. Menciona también factores que determinan esta enorme diferencia productiva, tales como el mal manejo del riego y la calidad de semillas utilizadas.

Salmerón (2018) menciona en su informe de trabajo de graduación “Instalación de un sistema de riego por aspersión para 88 ha de banano (*Musa paradisiaca*) en Finca Monte Blanco, San Alberto, Siquirres, Limón.”, que en una entrevista con José Guillermo Herrera, propietario de la Finca La Estrella, se dio a conocer que, antes que el grupo San Alberto S.A, invirtiera en este proyecto, se llevó a cabo un ensayo, en donde se instalaron 25 hectáreas de

riego por aspersión del total del área de la finca Monte Blanco, determinando así, las ventajas y la productividad que generó la instalación de riego en el campo, se tiene claro que la producción aumento de 1300 cajas por hectárea a 1900 cajas por hectárea en un año. Herrera, también indica que dicho ensayo se realizó en el año 2012, siendo este uno de los años más secos que se han presentado en la zona, y por esto se tomó la decisión de incorporar el riego por aspersión en las bananeras que pertenecen al Grupo San Alberto S.A.

2.2. Riego por aspersión

Es un sistema de riego que consiste en la aplicación de agua al suelo simulando una lluvia. Para esto se debe lograr impulsar el agua desde su fuente de reserva a una presión suficiente y adecuada; por medio de un sistema de bombeo o una diferencia de cotas adecuada entre el reservorio y la zona de aplicación. Dicho impulso logrará que el agua fluya dentro de un sistema de tuberías con una presión hidráulica capaz de generar que los aspersores giren alrededor de su eje y expulsen el elemento a través de un orificio llamado boquilla, dichos chorros son cortados por el viento; produciendo finas gotas que simulan la lluvia. Para que este sistema funcione se debe lograr una “riego uniforme”, además se debe conseguir que la intensidad con la que se aplica el agua debe ser menor a la velocidad de infiltración en el suelo, logrando que el agua infiltre en el punto donde caiga.

Gurovich (1985), describe algunas ventajas y desventajas del riego por aspersión, las cuales son:

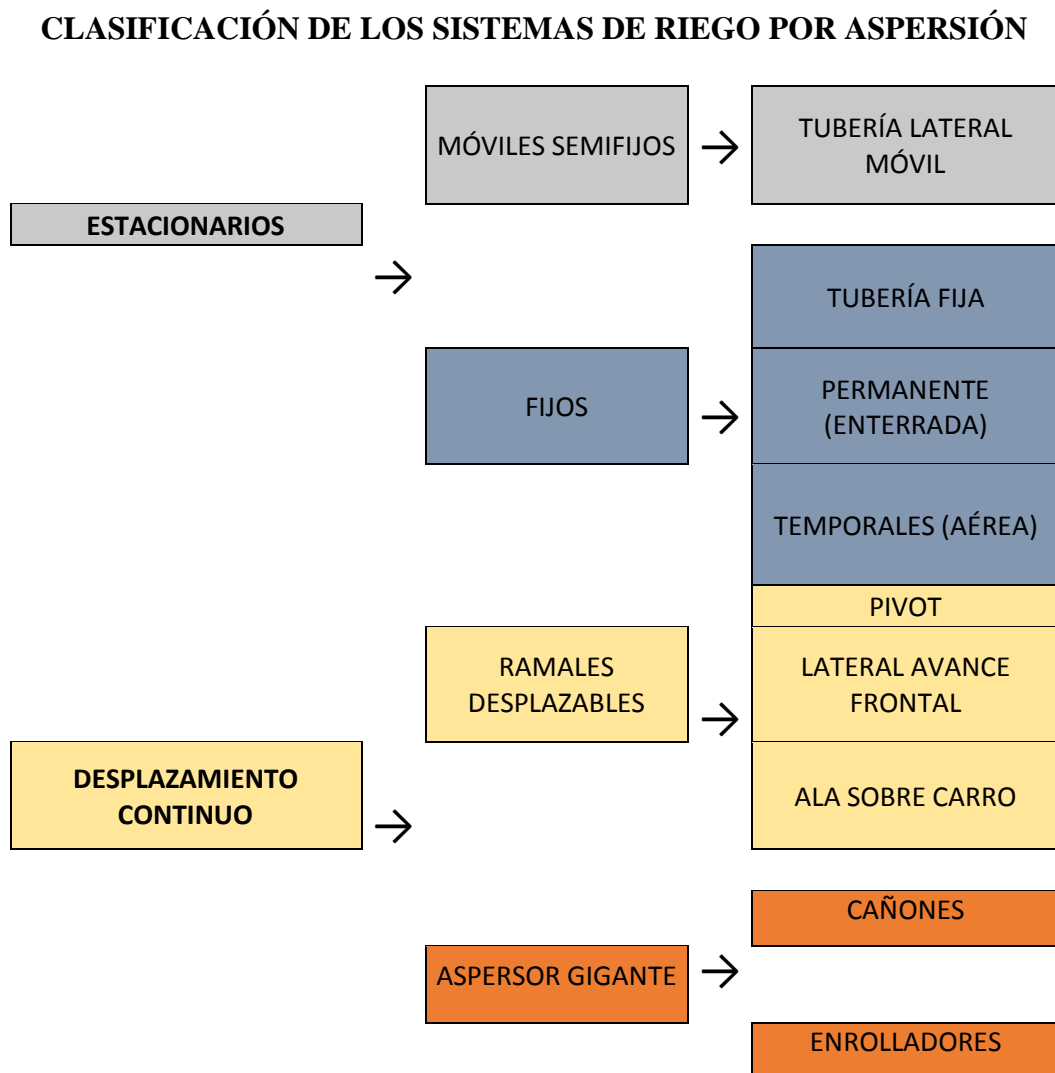
Ventajas:

- a. Alta eficiencia de aplicación del agua, además de la uniformidad que se muestra en el perfil del suelo durante la infiltración de ésta.
- b. Este sistema se puede implementar en cualquier tipo de suelo, en diferentes pendientes ya que tiene muy poco poder para erosionar los suelos.
- c. Es más fácil realizar un control de la lámina de riego, permitiendo suministrar el agua de forma correcta.
- d. Es adecuado para la aplicación de fertilizantes líquidos o solubles.
- e. Es más fácil incorporarlo a plantaciones permanentes ya establecidas.

Desventajas:

- a. El costo inicial para el diseño y la instalación de este método es elevado.
- b. Si en el lugar en donde se va a implementar el sistema presenta altas velocidades de los vientos, este puede disminuir la eficiencia del método.
- c. En algunas ocasiones si el diseño no es el adecuado para el lugar en donde se instala, este puede fomentar el desarrollo de enfermedades fungosas.
- d. Puede reducir la efectividad de la aplicación de herbicidas e insecticidas, al poder ser estos lavados y transportados desde el follaje de los cultivos al suelo.

Tabla 1: Clasificación de los sistemas de riego por aspersión



FUENTE: Martin (2005)

2.3. Componentes del sistema de riego por aspersión

2.3.1. Fuente de agua

Puede ser un río, lago, canal o pozo. Según Pulgar (1955) es fundamental conocer el caudal que es capaz de suministrar la fuente de manera continua, así como el descenso experimentado por el nivel de agua hasta que éste se estabiliza.

La Secretaría Nacional del Agua de Ecuador (SENAGUA), autorizó un caudal de 13000m³/h para fines de riego en Guayaquil y que para el caso de La Estación se requirió un caudal de 358.2 m³/h para satisfacer el turno de riego con mayor demanda. Por otro lado, en conversación con pobladores de la zona se conoció que el canal desciende como máximo 1 metro en su tirante, es decir se reduce de 3.5 mts llegando a 2.5 mts, lo cual no interrumpe el desarrollo del riego del proyecto.

2.3.2. Cabezal de riego

Según Martín et al. (2004), la procedencia del agua para el riego de parques, jardines, campos de deporte, etc. Determinará los componentes que sean necesarios en el cabezal de riego. En éste se instala un equipo de filtrado en caso haya que eliminar partículas que causen obturaciones en los emisores, un equipo de bombeo en caso la presión de entrada a la instalación sea insuficiente y hubiera que dotar de presión al sistema, y un equipo de fertirriego en caso se desee añadir fertilizantes al sistema de riego. Los cabezales de riego están formados por las válvulas y mecanismos de control necesarios para un buen funcionamiento de un sistema de riego automático.

El equipo del proyecto La Estación es abastecido mediante dos succiones fijas de 10'' y dos manifold de acero de 12'', desde la captación del canal hasta el cabezal, de donde impulsa agua a través de una conducción de 417 m de largo hasta el inicio del equipo.

2.3.2.1. Equipo de filtrado

Según Martín et al. (2004), el equipo de filtrado es el componente principal del cabezal ya que, tras su paso por él, el agua quedará limpia de todos los sólidos y partículas en suspensión capaces de producir obturaciones en los emisores. Si el agua tiene una gran cantidad de

sólidos en suspensión será necesario efectuar un pre-filtrado, para separar las partículas más pesadas. Para ello se utiliza normalmente un hidrociclón que las elimina por centrifugación.

En La Estación, los filtros utilizados son para las condiciones de agua normales, con un contenido de sólidos en suspensión menor a 50 partes por millón (ppm) (es obligación del cliente garantizar que el agua de la fuente cumpla con este requisito). Se usaron 03 filtros de malla no corrosiva de 250 micras, serie FML 4000 de 10” de diámetro de la marca JAVI de Israel, con lavado manual.

Figura 1: Filtro de malla tipo Y de la marca JAVI

www.javihidraulica.com

LINEA DE PRODUCTOS 2018

Filtros de Malla manuales

Filtro de seguridad en la salida de los filtros de arena o como filtro principal.

SERIE
FMY-3000
FML-4000

FUNCIONAMIENTO

Los filtros de malla manuales constan de un cuerpo cilíndrico donde se aloja el canastillo filtrante con malla de grado de filtración variable, disponiéndose de forma concéntrica con sus empaquetaduras, obligando al flujo entrante de agua a pasar por el proceso de filtrado, atrapando las partículas sólidas en la malla.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Grados de filtración de mallas (*)

MICRAS	1000	420	125	74
MESH equivalente	18	40	120	200
USO RECOMENDADO	PIVOTES	FILTRO SEGURIDAD	GOTEO	GOTEO MICROSPERSIÓN

MATERIALES FABRICACIÓN

Cuerpo.
Acero al Carbono ASTM A53/Gr. B con soldadura MIG semiautomática, granallado semi-blanco (SSPC-SP 10 / NACE N° 2), recubrimiento interior y exterior de pintura de poliéster de aplicación electrostática polimerizada en horno a 220°C (Protección 150 Micras).

Canastillo filtrante.
Estructura de soporte de PVC con malla filtrante de acero inoxidable AISI-304L y malla intermedia de distribución de PVC.

Nota: Los filtros utilizados en el proyecto fueron en forma de “L” entre la succión y la descarga, con lavado de malla manual, por lo que se debe tener especial cuidado en no permitir una alta diferencia de presión.

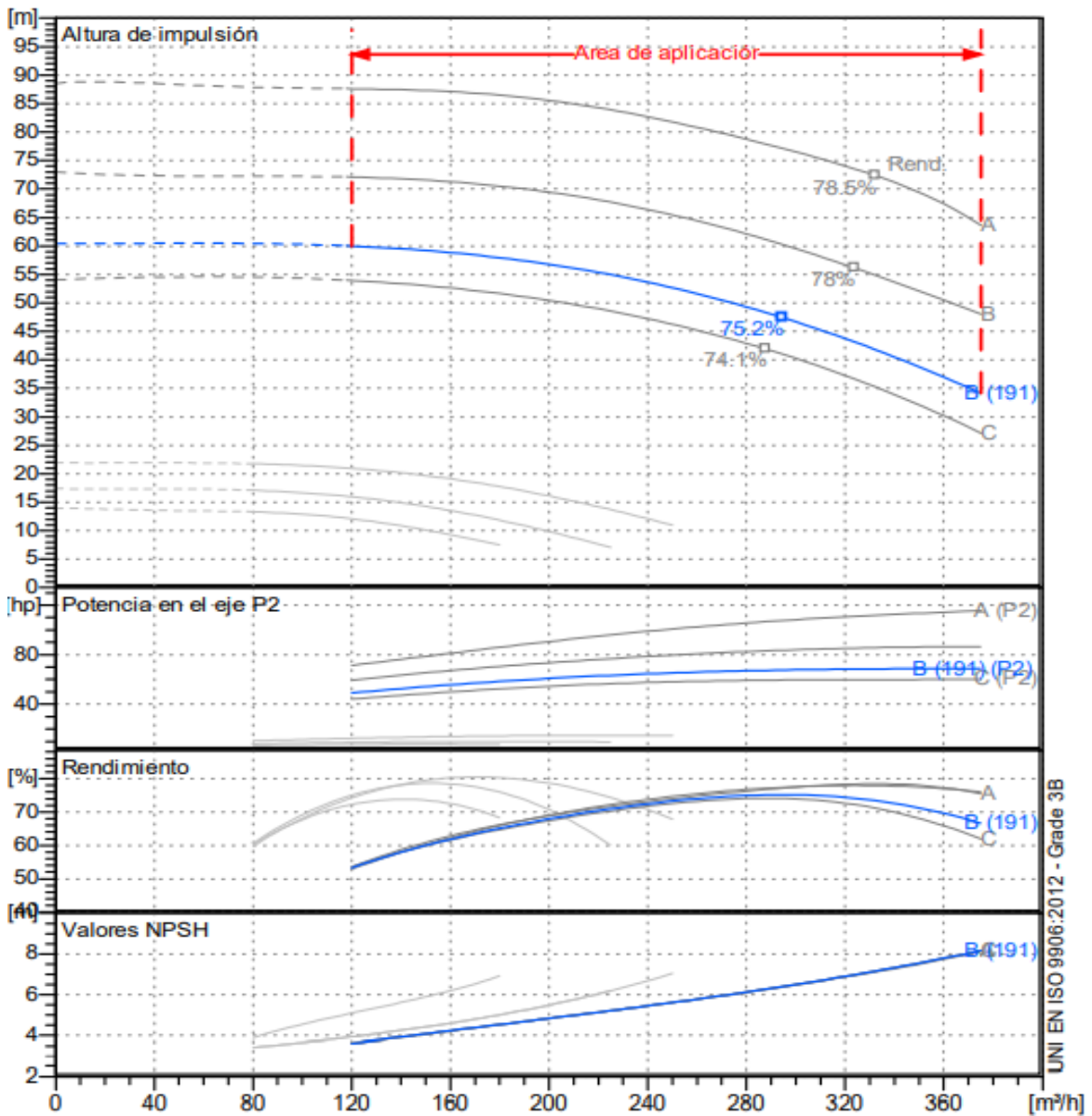
2.3.2.2. Equipo de bombeo

Según Martín et al. (2004), cuando la instalación de riego requiera mayor presión y/o caudal de los que suministra la toma de agua, debe instalarse un equipo de bombeo que dote al agua de la energía necesaria. Las bombas más utilizadas para elevar el agua en instalaciones de riego son las llamadas turbomáquinas, en las que se producen un aumento de la velocidad del agua provocada por el movimiento giratorio de un elemento denominado rodete o

impulsor. Dependiendo de que el agua salga impulsada en la dirección radial debido a la fuerza centrífuga, o en la misma dirección que trae en la aspiración, las bombas se denominan centrífugas o axiales respectivamente, en ambos casos el rodete o rodetes de la bomba se accionan por medio de un motor eléctrico o un motor de combustión, si bien por la ubicación habitual de los jardines (en general en medio urbano) se suelen utilizar motores eléctricos alimentados por corriente trifásica con voltajes de entre 220 y 500 voltios. Si procede de un depósito, lago, río o acequia debe preverse una bomba de superficie, ya sea por aspiración o por carga. La altura de elevación que se requiere en el sistema está formada por la altura manométrica de aspiración, la altura geométrica de impulsión, la altura por pérdidas de carga y la altura por la presión de trabajo de los emisores más alejados de la bomba, en lo que se denomina altura manométrica total.

La estación de bombeo de La Estación consta de dos bombas centrífugas que trabajan en paralelo y su instalación fue del tipo “aspiración o succión” ya que las bombas se encuentran por encima del nivel de la fuente de agua. Ambas cuentan con motor eléctrico con arranque estrella triángulo y un tablero eléctrico de control que gobierna a ambas. Cada bomba puede alcanzar una potencia de 75HP de potencia y una velocidad de 3500 RPM, trabajan a 440V y 89 A de intensidad, alimentadas por corriente trifásica. Cada bomba produce un Caudal máximo ($Q_{\text{máx.}}$) de 375m³/h a una presión aprox. de 3.4 bares.

Figura 2: Curva de operación de la bomba NCB 100-200 (Curva azul en 75.2%)



Nota: La curva de operación nos indica además que la eficiencia de trabajo es de 75.2% y el diámetro del impulsor de la bomba es de 191mm. Su área de aplicación varía entre los 120 m^3/h y los 375 m^3/h .

2.3.2.3. Equipo de fertirriego

Según Pizarro (1996), se entiende por fertirrigación a la aplicación de los fertilizantes disueltos en el agua de riego, de una forma continua o intermitente. La fertirrigación no se puede hacer con todos los sistemas de riego, ya que la primera exigencia es obtener la máxima uniformidad en la distribución de los fertilizantes.

El equipo de fertilización del proyecto, es un set manual, que cuenta con dos tanques de

almacenamiento de 1,100 litros, para la parte de la inyección se consideró una bomba MULTI-H 405 XV-T/6 INOX 316 de 3HP que trabaja con corriente trifásica de 440V y motor de arranque directo, material de acero inoxidable AISI 316L para las conexiones de succión y descarga de 1" de diámetro, además de juntas VITON. Esta bomba es común para ambos tanques con una inyección de hasta 4000 litros, se han considerado medidores de caudal instantáneo y válvulas de ajuste de ratio de dosificación para el punto de inyección.

Figura 3: Vista lateral del equipo de fertilización de La Estación



Nota: Se puede observar a la salida de ambos tanques 01 filtro de malla de 2" de diámetro de ingreso y salida y 01 válvula oblicua para regular el paso de fertilizantes.

2.3.3. Red de abastecimiento de agua (matriz)

Según Pulgar (1955) para distribuir el agua sobre una parcela es necesaria una red de tubos, que en el caso general consta de una tubería principal y varios ramales secundarios portátiles. La tubería principal puede ser portátil o fija, siendo en este caso aconsejable mantenerla enterrada a una profundidad de 70 centímetros, con objeto de no estorbar las labores del terreno.

En La Estación, desde el cabezal, el agua es impulsada a través de una conducción de tubería PVC U/Z (con unión flexible), de 315mm de diámetro con presión nominal de 0.63 MPa, de 417 m de largo hasta el inicio del equipo. Además, se cuenta con 5236 mts de tubería matriz que varía en diámetro entre los 315mm y los 50mm. Dicha tubería fue enterrada a una profundidad de 1.1 mts, quedando una altura de relleno de 0.8 mts sobre los tubos de mayor diámetro (profundidad recomendable para zonas de tránsito corriente).

2.3.4. Red de distribución de agua (submatriz)

También llamadas porta-laterales, La Estación cuenta con 7739 mts de tubería submatriz, la cual nace aguas abajo de las 51 válvulas hidráulicas instaladas una por cada lote. Dicha tubería PVC varía en diámetro desde 110mm hasta 50mm, con unión flexible (U/Z) para los diámetros de 90mm y 110mm y pegable (EC) para los diámetros de 50mm, 63mm y 75mm.

2.3.5. Sistema secundario de control (válvulas hidráulicas, pilotos, relés hidráulicos y válvulas de aire)

Válvula hidráulica auto-operada

Es un dispositivo que permite tener algún tipo de control sobre el fluido de una conducción, la fuente de energía que utiliza para modificar la posición del obturador, es la presión del agua. Se le llama auto operada ya que la energía hidráulica que utiliza es la del propio sistema que pretende controlar. Es además automática ya que luego de puesta en funcionamiento, operará de forma automática, y sólo habría que preocuparse por su mantenimiento y calibración en un período semanal o quincenal. Sus componentes son: cuerpo, diafragma (en la serie 75 el diafragma actúa como actuador y obturador a la vez), resorte y tapa.

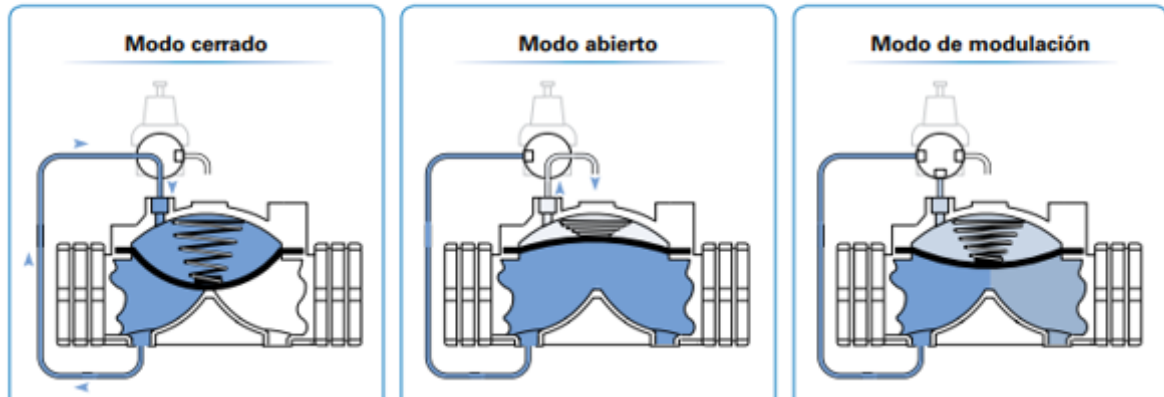
En La Estación se utilizaron 51 válvulas hidráulicas plásticas de la serie 75 en la marca DOROT, tienen apertura remota (sistema automatizado) con conexiones de 1 1/2", 2", 3-2-3", 3" y 4". Las válvulas son de aplicación PR/RC, lo cual significa que tienen conexión con un piloto reductor de presión (marca DOROT serie 100), y son controladas en forma hidráulica a distancia por medio de un relé hidráulico conocido popularmente como "GALIT". Se configuraron las válvulas para trabajar normalmente cerradas (NC) y los

GALITS se configuraron como normalmente abiertos (NO). Se denomina válvula hidráulica dado que el agua es la fuente de energía que opera la válvula.

Figura 4: Operación de una válvula hidráulica con control de 3 vías

Principio de operación

Control de tres vías



Nota:

Modo cerrado: se ubica la perilla de la válvula de 3 vías en modo “close”, lo cual abre la comunicación entre el puerto presión y el puerto cámara, ingresando agua a la cámara de control hasta cerrar el paso total con el diafragma.

Modo abierto: se ubica la perilla de la válvula de 3 vías en modo “open”, lo cual cierra la comunicación de puerto presión y puerto cámara, y abre la comunicación de puerto cámara a puerto venteo, desfogando el agua de la cámara de control y abriendo así progresivamente la válvula hidráulica.

Modo de modulación (presión acorde con la calibración): La válvula piloto impide el flujo en todos los pasos. La válvula hidráulica mantiene la posición fija.

En la imagen del centro se puede observar que el área que tendrá que llenar el puerto presión para cerrar la válvula es mucho menor que el área inferior al diafragma por el que está pasando agua, y dado que la presión que pasa por el puerto presión desde aguas arriba para cerrar la válvula es igual a la presión que pasa por la válvula hacia aguas abajo, se necesitará un apoyo para el diafragma; que acelere el proceso de cierre y no demore mucho tiempo, éste es el resorte ubicado dentro de la cámara de control.

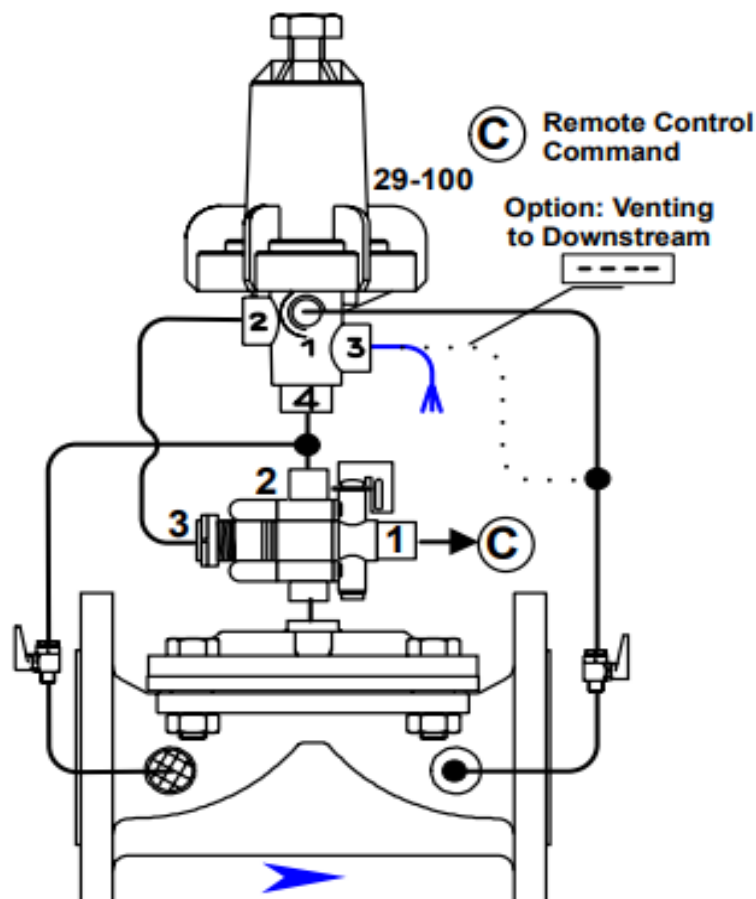
Esta válvula opera bajo la fórmula:

$$P1 - P2 = K \times Q^2$$

- P1= presión aguas arriba
- P2= presión aguas abajo
- Q= caudal
- K= grado de resistencia que ofrece la válvula hidráulica al pasaje del agua, dicho grado está determinado por la cantidad de energía que se transmite al actuador (volumen de agua que ingrese o salga de la cámara de control de la válvula), esto a su vez hará variar la posición del obturador, modificando el grado de apertura de la válvula para el pasaje del agua.

Figura 5: Conexiones finales de una válvula hidráulica serie 75 con aplicación PR/RC (reductora de presión con control hidráulico a distancia)

**Pressure Reducing / Remote Control Valve (PR/RC)
Using 29-100 Mini Pilot (Black) and "Galit"**



Nota: Puertos del piloto de 3 vías 29-100: 1→ Puerto Sensor, 2→ Puerto Cámara, 3→ Puerto Venteo, 4→ Puerto Presión. Puertos del relé hidráulico: 1→ Puerto Comando, 2→ Puerto Presión, 3→ Puerto Venteo, 4→ Puerto Cámara.

El puerto sensor del piloto (1) es el único de los cuatro puertos por el que no circula agua, su función es comunicar la presión de aguas abajo y empujar el diafragma del piloto hacia arriba, de esta manera pelear con el resorte del piloto que empuja el diafragma hacia abajo, y así mantener la presión aguas abajo según lo que el diseño demande calibrar.

Piloto reductor de presión de 3 vías serie 29-100 en una válvula hidráulica serie 75 de aplicación PR/RC

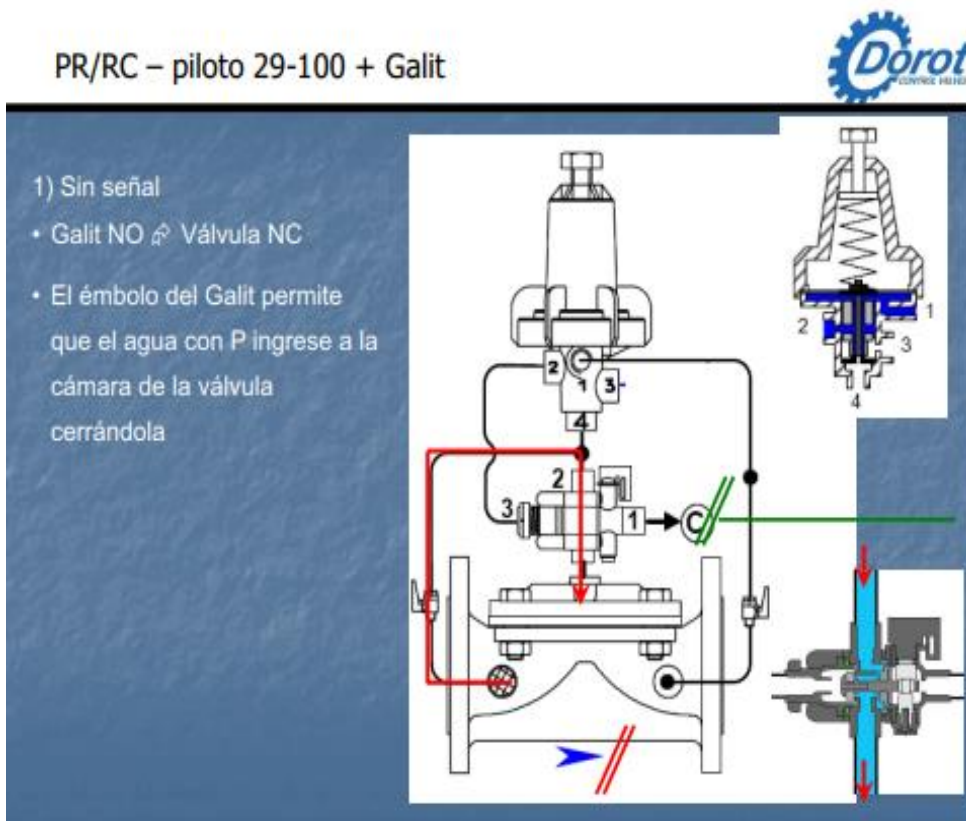
El 29-100 es una válvula piloto de 3 vías accionada por diafragma y resorte, está diseñada para el control de válvulas hidráulicas reductoras de presión. La válvula piloto funciona como un selector entre el puerto común y los otros dos puertos.; venteará, presurizará o bloqueará la cámara de la válvula hidráulica como un factor de la relación entre la presión leída y el valor calibrado. Es aconsejable verificar semanal o quincenalmente que la presión aguas abajo a la que se calibró el piloto no varíe ya que por vibraciones y otros factores externos como el clima podría descalibrarse Cabe mencionar que en La Estación se utilizó el piloto reductor 29-100 con resorte #54 de spring verde; cuyo rango de operación de presión oscila entre los 10 y 45 m.c.a. (14-65 psi).

Relé hidráulico (Galit)

DOROT (2019) Menciona en su catálogo que el galit es una válvula piloto relé accionada por diafragma, operada hidráulicamente y de 3 vías, que está diseñada para cumplir con los requisitos de las funciones de control de válvulas hidráulicas, particularmente diseñada para acelerar la respuesta de la función de la válvula, con independencia de la ubicación de la válvula principal, recibe un comando hidráulico remoto, acelerando los tiempos de reacción, además resuelve diferencias de altura topográficas.

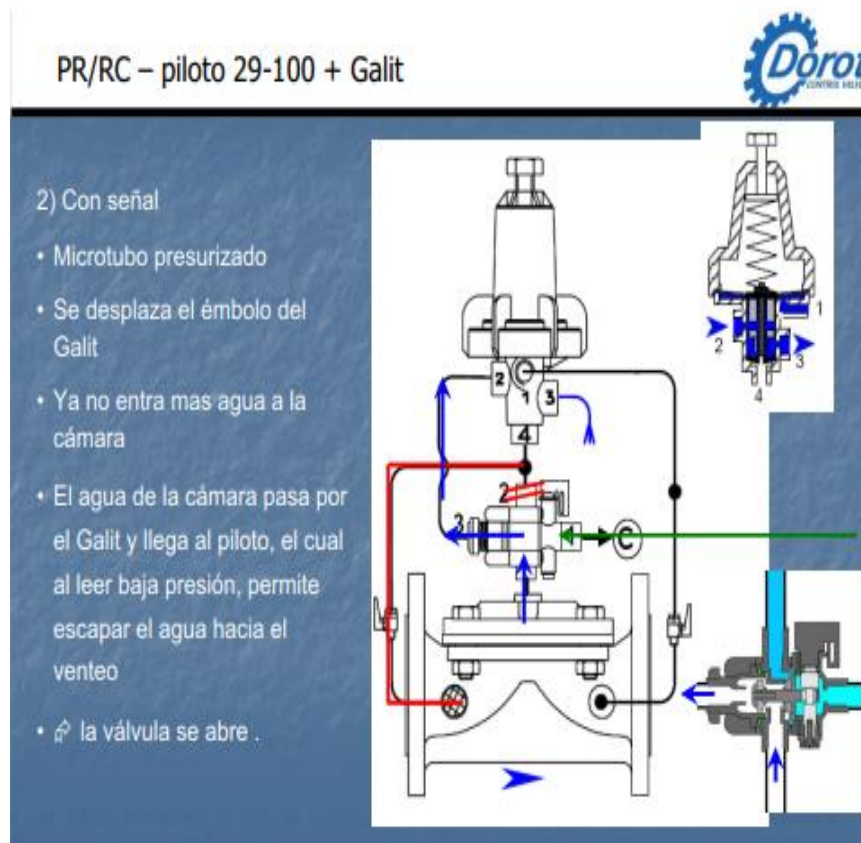
Operación de la válvula hidráulica NC serie 75 - PR/RC, con piloto reductor 29-100 y relé hidráulico (GALIT) NO

Figura 6: Operación sin señal



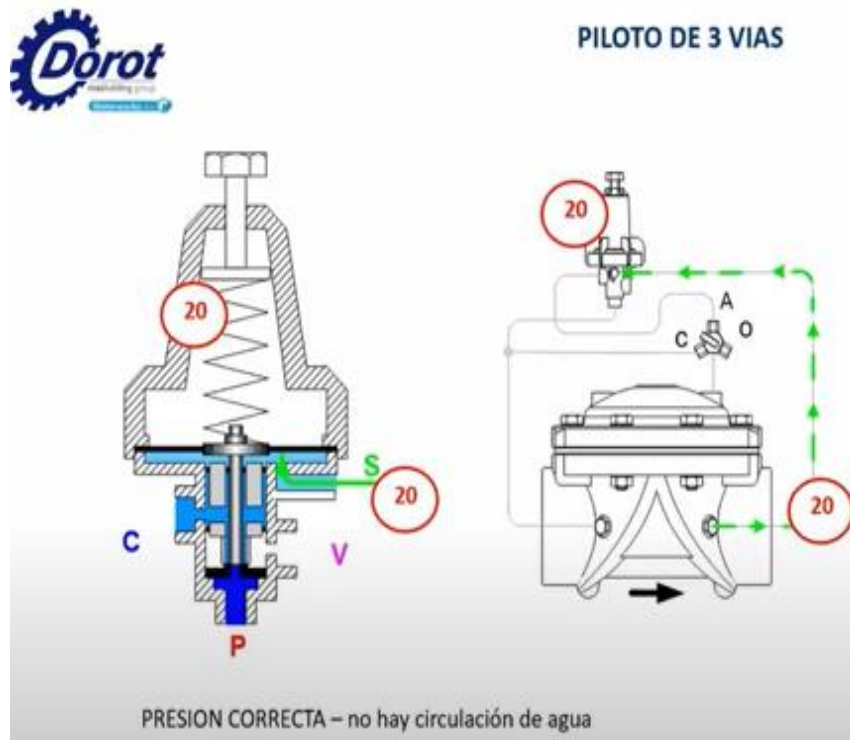
Nota: En este caso no ingresa la señal hidráulica por el puerto comando del galit (1), permitiendo la comunicación entre el puerto presión (2) y el puerto cámara del galit (4), de esa manera ingresa agua a la cámara, empujando el diafragma hacia abajo y cerrando la válvula hidráulica.

Figura 7: Operación con señal



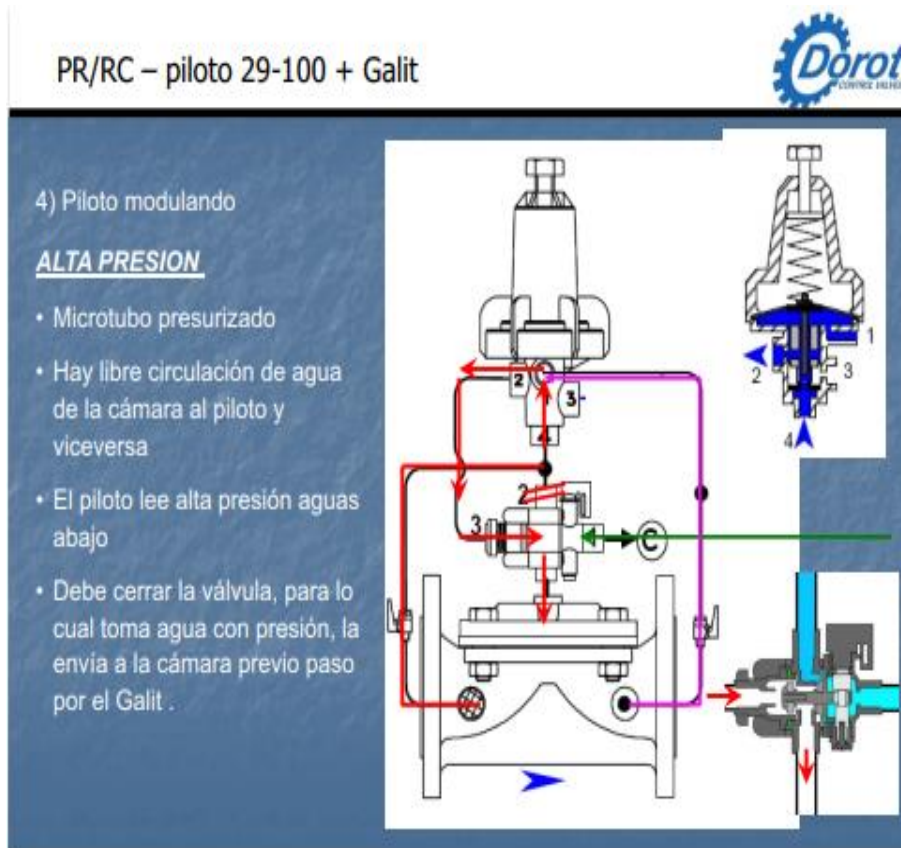
Nota: En este caso ingresa la señal de presión hidráulica por el puerto comando del galit (C), empuja su émbolo interno y cierra la comunicación entre puerto presión del galit y la cámara de control, evitando que ingrese más agua a la cámara y desfogando el agua que había en ella por el puerto venteo del galit (3), dicha agua fluirá hacia el puerto cámara del piloto (2) y terminará en el venteo del mismo (3). Dado que ya no hay agua en la cámara de control, entonces el diafragma principal se desplaza hacia arriba; permitiendo la apertura de la válvula hidráulica. Una vez que se establezca la presión aguas abajo, se procede a calibrar el piloto con una llave mixta #14, aflojando o ajustando el tornillo ubicado sobre él, lo cual modificará la resistencia del resorte al diafragma hasta alcanzar la presión de diseño requerida.

Figura 8: Operación de calibración



Nota: Momento en que se deja calibrada la presión de una válvula hidráulica. En este caso **no existe movimiento de agua** en el circuito hidráulico de la válvula quedando ésta con una apertura determinada hasta que no varíen las condiciones de presión aguas abajo.

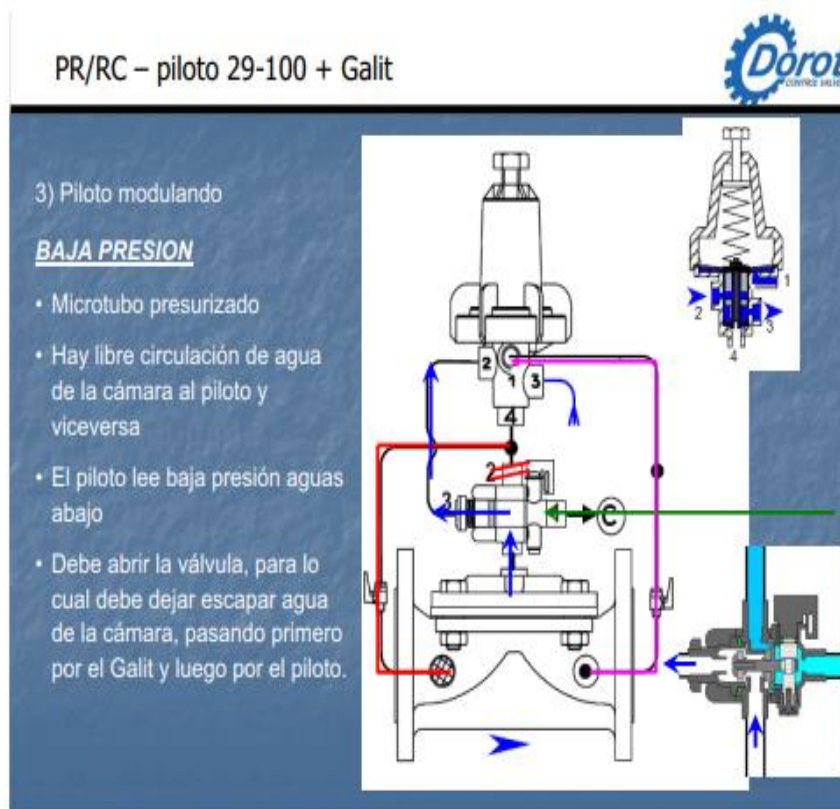
Figura 9: Operación de piloto modulando ante alta presión aguas abajo



Nota: En este caso la presión aguas abajo se descalibró, y es más alta que la que calibré inicialmente. Dado esto, el puerto sensor del piloto (1) transmitirá la alta presión de aguas abajo sobre el diafragma del piloto lo que hará que el resorte automáticamente aumente su resistencia al cambio de posición del diafragma (el resorte con spring verde usado tiene un rango de operación entre 10 y 45 m.c.a), entonces surge la pregunta: ¿Cómo retorno a la presión de calibración inicial?

Debo aflojar el tornillo del piloto con una llave mixta #14 para reducir la resistencia del resorte por debajo de la presión transmitida por el puerto sensor (1), permitiendo así que el diafragma del piloto se mueva hacia arriba junto con el embolo interno, lo cual comunicaría el puerto presión del piloto (4) con el puerto cámara del mismo (2), ingresando el agua desde aguas arriba de la válvula hacia su cámara de control, para esto el agua ha hecho el recorrido por el puerto cámara del piloto (2), el puerto venteo del galit (3) y el puerto cámara del galit (4), empujando el diafragma principal hacia abajo y reduciendo la presión aguas abajo.

Figura 10: Operación de piloto modulando ante baja presión aguas abajo



Nota: En este caso la presión aguas abajo se descalibró, y es más baja que la que calibré inicialmente. Dado esto, el puerto sensor del piloto (1) transmitirá la baja presión de aguas abajo sobre el diafragma del piloto lo que hará que el resorte automáticamente disminuya su resistencia al cambio de posición del diafragma (el resorte con spring verde usado tiene un rango de operación entre 10 y 45 m.c.a), entonces surge la pregunta: ¿Cómo retorno a la presión de calibración inicial?

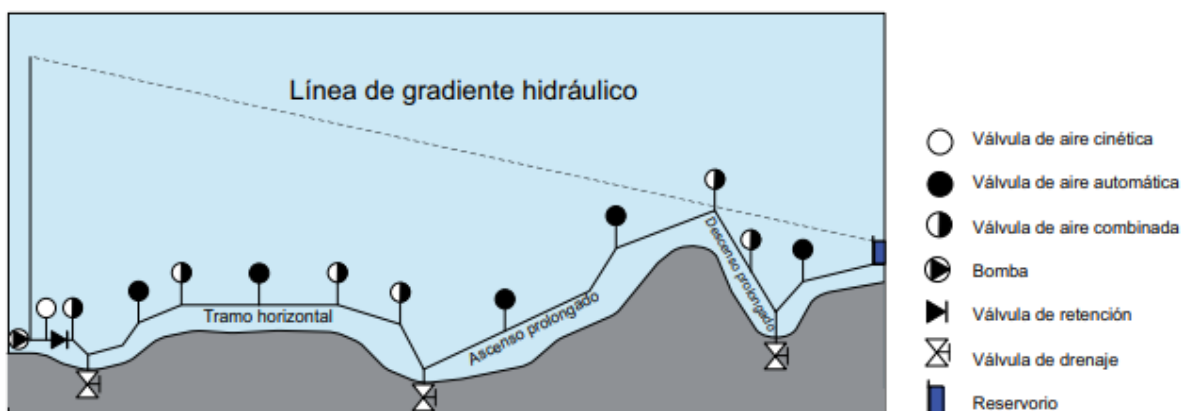
Debo ajustar el tornillo del piloto con una llave mixta #14 para aumentar la resistencia del resorte por encima de la presión transmitida por el puerto sensor (1), permitiendo así que el diafragma del piloto se mueva hacia abajo junto con el embolo interno, lo cual incomunicaría el puerto presión del piloto (4) con el puerto cámara del mismo (2), saliendo agua de la cámara de control de la válvula hacia el puerto venteo del piloto (3), para esto el agua ha hecho el recorrido por el puerto cámara del galit (4), el puerto venteo del galit (3), el puerto cámara del piloto (2) y finalmente por el puerto venteo del mismo, y dado que ya no hay agua en la cámara de control de la válvula, entonces el diafragma principal se desplaza hacia arriba permitiendo que aumente la presión aguas abajo. Se debe ajustar el tornillo del piloto lo suficiente hasta que la presión aguas abajo aumente a la presión de calibración según el

plano de diseño.

Válvulas de aire

Según el catálogo de válvulas de aire de DOROT (2012), la presencia de aire atrapado dentro de una tubería presurizada puede ocasionar graves fallas en el sistema que afectan su operación y eficiencia. Cuando las burbujas de aire se acumulan en las zonas más elevadas, reducen el diámetro efectivo de la tubería, disminuyendo el caudal del agua e incrementando el consumo de energía necesario para bombearlo. Esto afecta la eficiencia general del sistema. Demasiadas burbujas de aire en una tubería podrían causar un grado de restricción suficiente como para frenar el caudal por completo (bloqueo por aire). El desplazamiento y movimiento de las burbujas de aire pueden generar una alteración abrupta de la velocidad del líquido y causar golpes de ariete y rupturas de la tubería. Las burbujas de aire atrapadas también pueden acelerar el proceso de corrosión del material de la tubería, causar daños en los dispositivos de medición y la operación irregular de las válvulas de control. Por otro lado, durante el drenado del sistema, es necesario permitir la entrada de aire atmosférico dentro de la tubería para ocupar el volumen del agua drenada y de esta manera prevenir que se genere presión sub-atmosférica en la tubería ya que se corre peligro de colapso por cavitación.

Figura 11: Recomendación del tipo de válvula de aire a instalar según el gradiente hidráulico



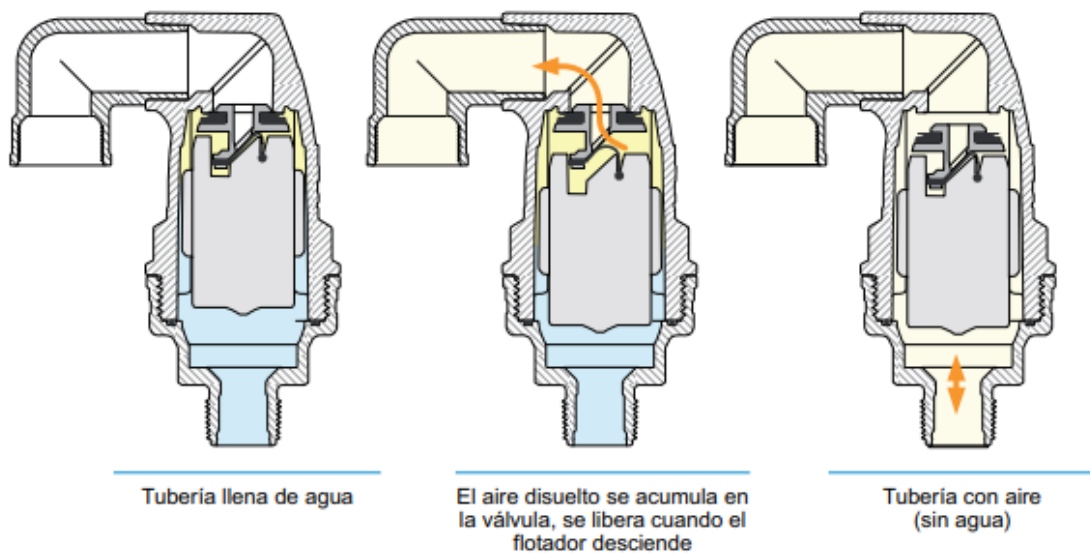
Nota: En el proyecto se utilizaron algunas trampas de aire instaladas antes del ingreso de agua a la regleta de solenoides, con el objetivo de desfogar el aire que pudiera encontrarse en el microtubo de 8mm.

En el proyecto se utilizaron 32 válvulas de aire de efecto combinado, ubicadas

estratégicamente conforme a las indicaciones del fabricante. La válvula es óptima para los siguientes usos: expulsar el aire a gran velocidad durante el llenado del sistema, admitir grandes cantidades de aire cuando se está drenando la línea, manteniendo la presión atmosférica en la tubería y previniendo daños severos en tuberías por cavitación y colapso, y también es útil para liberar el aire atrapado mientras el sistema está presurizado.

Figura 12: Principio de funcionamiento de la válvula de aire de efecto combinado

Principios de funcionamiento:



La válvula DAV-P-2-KA (de efecto combinado)

Esta válvula ha sido diseñada para la descarga y la entrada eficientes de aire en sistemas de transporte de agua, en sistemas de filtrado, depósitos, entre otros, en los que el aire atrapado podría interferir con el óptimo funcionamiento.

La válvula es óptima para los siguientes usos:

- Expulsar el aire a gran velocidad durante el llenado del sistema.
- Admitir grandes cantidades de aire cuando se está drenando la línea, manteniendo la presión atmosférica en la tubería y previniendo daños severos en tuberías por cavitación y colapso.
- Liberar el aire atrapado mientras el sistema está presurizado.

Cuenta con tres modos de funcionamiento: Durante el llenado del sistema, descarga de grandes cantidades de aire a alta velocidad. Alcanza la válvula, el flotador sube y cierra la salida. Permite el ingreso de aire al sistema cuando la presión interna es sub-atmosférica. La diferencia de presiones hace que el flotador caiga a posición “abierta”, permitiendo la entrada de grandes volúmenes de aire a la tubería. Permite la salida de aire atrapado en el sistema. Pequeñas cantidades de aire diluido se encuentran atrapadas en la parte superior del sistema y la válvula. El aire presurizado ocupa el lugar del agua. El nivel del agua al descender lleva con él al flotador principal. En un punto, el flotador principal abre en forma parcial el pequeño cierre que parcialmente abre el orificio. El aire presurizado puede salir, el nivel de agua asciende y el orificio se vuelve a cerrar.

2.3.6. Tuberías terciarias de riego

También llamadas laterales, en el proyecto se instalaron laterales de PVC de 32mm de diámetro, las cuales partían de la tubería submatriz por medio de collarines que conectaban a codos de 32mm*90° o tees de 32mm*32mm*32mm dependiendo si la distribución del lote era a un lado del arco de riego o a ambos lados. Las tuberías resisten una presión nominal de hasta 1Mpa (10 bares aprox.) y tienen una longitud de 5.8 metros.

2.3.7. Emisores

Los emisores considerados fueron los aspersores de la serie 920, con boquilla de 2.4 mm de diámetro de la marca Tavlit de Israel. Son aspersores de doble chorro y bajo volumen, ideales para riego de cobertura total en campo abierto, combinando caudales bajos, amplios diámetros de humedecimiento y una uniforme distribución. El doble chorro otorga mayor resistencia al viento y una distribución más uniforme, su amplia cobertura permite diseñar con espaciamientos de 10x10 m. Se instalaron con elevador de PVC de 0.8m y laterales en PVC de 32 mm, con sus respectivas conexiones. El espaciamiento entre laterales y emisores es de 10x10 metros, el emisor tiene un caudal nominal de 300 litros/hora a 2 bares de presión.

Regulador de presión Senninger PRL 35

El PRL (Regulador de presión de bajo caudal) es ideal para instalaciones que requieren caudales bajos de 114 a 1817 l/h. Se recomienda su uso en sistemas de cobertura total, goteo y riego de bajo volumen, así como en sistema de pivote central y movimiento mecánico. Los reguladores de Senninger® mantienen una presión de salida predeterminada constante,

aunque varíen las presiones de entrada, lo cual alivia las diferencias de presión que pueden producir alteraciones en el área de cobertura de un aplicador.

El regulador PRL35 tiene una presión de funcionamiento predeterminada de 2,41 bar y admite una presión máxima de entrada de 7,91 bar.

2.4. Automatización del sistema de riego por aspersión

La automatización del sistema de riego del proyecto La Estación utilizó el sistema de control de riego DREAM 2 de la marca Talgil de V generación, con programador con señal vía radio-frecuencia; donde el programador envía una señal a través de su antena máster (ubicada en la caseta o cerca a ésta) hacia una antena remota RTU (Unidad Terminal Remota) ubicada en el campo, y ésta a su vez envía un pulso de energía al solenoide desde su fuente de energía, el cual comúnmente son pilas alcalinas. Los solenoides son los encargados de pasar de señal eléctrica a hidráulica, y así poder operar la válvula mediante un galit o directamente, dependiendo del tipo de automatización instalada.

La automatización tuvo como objetivos:

- Instalar un controlador de riego multilenguaje habilitado al internet, de manera que pueda ser programado manualmente en el mismo cabezal de riego a través de una pantalla LCD gráfica y un teclado numérico completo, remotamente por una computadora desde el software DREAM CONSOLE, o desde un smartphone a través de la aplicación DREAM SPOT de manera remota. Dicho controlador fue alimentado por corriente eléctrica 110V AC.
- Introducir al controlador de riego información como la fuente de agua, bombas, medidor de caudal, válvulas, RTU'S.
- Creación del programa de riego según el plano de automatización, en el cual se identificarán los solenoides con la información del par de válvulas hidráulicas que activa c/u, sus caudales de diseño y su agrupación según los turnos de riego del diseño, por último, la identificación de la antena máster y las RTU con los solenoides a los que comunicará la señal eléctrica.
- Iniciar, detener, pausar y continuar programas de riego.
- Control del sistema: prender y apagar las bombas centrífugas, abrir y cerrar las

válvulas hidráulicas en campo.

- Monitoreo del sistema: enviar información de caudal hacia el DREAM 2, a través de pulsos eléctricos enviados por el caudalímetro tipo Woltman; el cual cada metro cúbico que pasa por él junta dos polos de cable, enviando un pulso eléctrico al Dream, el cual contabiliza la cantidad de pulsos y lo traduce en volumen en m³ por unidad de tiempo. También consta de recibir notificaciones de caudal alto o bajo en el transcurso del riego, también notificar si alguna antena RTU no establece comunicación con la antena máster o si su batería es baja.
- Reacción del DREAM al sistema de riego: en caso el caudal comunicado por el flujómetro fuera menor al de diseño, se podría configurar al controlador para congelar el programa y apagar las bombas (en La Estación no se configuró así por solicitud del Cliente).
- Registrar todas las actuaciones del sistema.

*Cabe mencionar que el equipo de fertilización y el de lavado de los filtros de malla funcionan manualmente.

Para lograr el control del sistema de riego, DREAM 2 requiere de un hardware que se detalla a continuación y fue el que se instaló en La Estación:

2.4.1. DREAM 2

Controlador de irrigación que monitorea y opera un complejo sistema de riego, desde las bombas de la fuente de agua hasta los filtros, inyector de fertilizante, válvula principal, caudalímetros, sensores, etc.

El corazón del sistema es la placa CPU, que está a cargo de toda la toma de decisiones del controlador. El procedimiento de toma de decisiones se basa en la lógica incluida en el firmware, la configuración definida por el instalador, los programas definidos por el usuario y el estado actual de los dispositivos conectados al controlador, entradas y salidas.

Figura 13: DREAM 2 de Talgil con botones para programación manual



Nota: El sistema Dream de Talgil cuenta con una consola llamada “Dream Console” para programar desde una computadora por vía internet, también cuenta con un aplicativo móvil llamado “Spot” para programación desde el celular vía internet.

2.4.2. RTU RF G5

La RTU (Unidad Terminal Remota) es básicamente un controlador simple y pequeño que realiza todo lo que el INTERFAZ RF, a través de la antena máster, le indique.

Tienen la capacidad de comunicarse con DREAM, para recibir órdenes e informar de regreso el estado de los medidores conectados a ellos. La distancia máxima entre el controlador y la RTU más lejana es de 2,5 km (con línea de vista). Estas generaciones son capaces de 1 nivel de repetición, lo que significa que un solo INT de RF puede controlar y monitorear elementos en un radio de 5 km.

El sistema de RF utiliza las bandas ISM (433/868 MHz) y potencia de transmisión de 10 mW, por lo tanto, es un sistema libre de licencias. Las salidas pueden operar solenoides latch de 12V DC.

Cada RF RTU (V generación) ubicado en el campo tiene 2 partes: una es la caja que contiene a la RF ESCLAVO y a la RF BASE, y la otra parte es la antena.

La primera parte contiene al RF ESCLAVO, el cual es una unidad receptora/transmisora que

incluye una antena, instalada en la punta de un polo alto. El RF ESCLAVO es el encargado de la comunicación por radio entre el RF RTU y el controlador. El RF ESCLAVO continua la siguiente configuración:

La única configuración requerida para el RF ESCLAVO es la fijación del Interruptor DIP S1 (frecuencia) de acuerdo al canal RF CHANNEL seleccionado. El canal seleccionado debe ser el mismo que el canal seleccionado en el tablero RF MASTER (ver sección anterior). Una de las grandes ventajas de la V generación (que se utilizó en el presente proyecto) es la selección automática de frecuencia; en caso de que la frecuencia utilizada por el sistema fuese demasiado ruidosa debido a interferencias, el sistema cambiará la frecuencia automáticamente.

El RF RTU BASE + RF ESCLAVO están ubicados en una caja en la parte más baja del polo a una altura conveniente para poder conectar los solenoides de las válvulas y los transmisores de pulso de los medidores. El RF RTU BASE sigue la sgte. configuración (ver anexo 33):

- Configuración de la dirección RTU: SW1 (dirección)- Define la dirección del RTU específico. El direccionamiento utiliza notación binaria (Ver apéndice de conversión binaria a decimal). Cada RTU debe tener su propia única dirección en el rango de 1 a 60.
- Configuración de la repetidora: Cuando se fija SW3 (número de RTU's servidos) del tablero RTU en un valor distinto de cero, el RTU se convierte en REPETIDORA, y el valor de SW3 representa el número de RTU's que usan los servicios de la REPETIDORA. Para saber a qué RTU's está sirviendo la REPETIDORA hay que configurar las direcciones de aquellos RTU's de la sgte. manera: el primer RTU debe tener la dirección de la REPETIDORA + 1, el segundo debe tener la dirección de la REPETIDORA+3, el tercero debe tener la dirección de la REPETIDORA + 5 etc. Todos los RTU's que se comunican en forma directa con la MÁSTER, sin utilizar una REPETIDORA, pertenecen al nivel "0", los RTU's que funcionan como REPETIDORAS también pertenecen al nivel "0" y sólo los RTU's que están comunicados a través de REPETIDORAS son considerados como pertenecientes al nivel "1". Cada unidad del nivel "0" ocupa una dirección simple, pero aquellas que

pertenecen al nivel “1”, ocupan 2 direcciones, por lo tanto, la dirección inmediatamente posterior a ese tipo de RTU’s debe ser saltada. De esta forma los RTU’s que se comunican a través de repetidoras diferirán de los RTU’s comunes por dos cosas: primero, deben ser avisados que pertenecen a un nivel superior en la jerarquía de comunicación (SW2 define el nivel al que pertenece el RTU específico, normalmente estará fijado en “00”, sólo para los RTU’s que se comunican por medio de REPETIDORA será fijado en “10”), y, segundo, ocuparán dos direcciones en lugar de una.

- Definición de la tasa de escaneo (ver anexo 34): SW4 define la tasa de escaneo (conocida también como “polling rate”) por medio de la que la MÁSTER se comunica con los RTU’s. La configuración debe ser idéntica en todos los RTU’s e igual a la que se definió en el controlador DREAM. La selección de la tasa de escaneo no es totalmente libre, se debe considerar el número total de RTU’s en el sistema o más precisamente la dirección más alta a ser escaneada.
- Función de los Jumpers: JP4, JP5 – Estos dos jumpers deben ser fijados en la misma posición. Ellos definen el voltaje usado para los RTU’s. Las opciones son 6 volts o 12 volts. Cuando se fije en 6v, se deben usar 4 baterías alcalinas estándar tipo “D”. Solamente se usan 12v DC cuando se utiliza energía solar con baterías recargables. No es recomendable el uso de baterías secas de 12v. JP6- Cuando esté fijado en la posición superior, el zumbador estará habilitado. JP7- Cuando esté fijado en la posición superior, se envía una solicitud para modo de testeo del RF al controlador DREAM. Ver más abajo la explicación acerca del modo de testeo RF.

Tipos de RTU RF:

- RTU RF ECO - una solución económica (no modular), que se utiliza cuando los dispositivos en el campo se encuentren lejos uno del otro y expansión futura no sea probable. Pueden ser de 1 salida / 1 entrada o 2 salidas / 2 entradas.
- RTU RF MODULAR – una solución modular, que se usa cuando los dispositivos están agrupados o cuando existe la posibilidad de una futura expansión. Pueden ser de 2/4/6/8 salidas, 0/4 entradas digitales o 0/2/4 entradas analógicas (4-20mA / 0-5V, SDI-12).

Opciones de energía:

- 4 baterías alcalinas de tamaño "D" - RTU modulares.
- 4 pilas alcalinas de tamaño "C" – RTU ECO.
- panel solar de 2.5W + batería recargable de 12V 3.3aH.
- panel solar de 2.5W + batería recargable de 12V 1.3aH (para unidades con entradas analógicas).

2.4.3. RF MÁSTER

Es una unidad receptora/transmisora que incluye una antena, instalada en la punta de un polo alto ubicado próximo al controlador DREAM 2, que utiliza al RF MASTER para llevar a cabo todas las comunicaciones hacia los RTU's en el sitio. Es la antena central, se comunica por tanto con el controlador DREAM 2 en un lado y con las RTUS de RF en el otro lado.

2.4.4. RF INTERFACE

Una unidad de interfase, que sirve como un vínculo entre el RF MÁSTER y el controlador. En la V generación la RF INTERFACE se ubica en la RF MÁSTER, la comunicación entre el RF MÁSTER y el controlador DREAM 2 se realiza por medio de un cable (comunicación y energía) que puede tener unos cientos de metros de largo.

2.4.5. SOLENOIDE DC LATCH

En La Estación se utilizaron los solenoides de 3 vías tipo latch de 12V DC marca Bermad, constituida por dos componentes principales: un actuador de solenoide seco (bobina con núcleo metálico móvil o émbolo) y una válvula piloto hidráulica de 3 vías. Específicamente se usó el modelo S-982-3W-BB, el cual consume energía solamente al cambiar de posición, mediante un pulso eléctrico de muy corta duración. Esto prolonga la vida de las baterías y permite su recarga solar. Estos solenoides funcionan con corriente directa (DC) y los usamos frecuentemente en automatizaciones con programadores con señal vía radio-frecuencia (DREAM), donde el programador envía una señal de radio a través de su antena máster (ubicada en la caseta) hacia una antena remota RTU (ubicada en el campo) y ésta a su vez envía un pulso de energía eléctrica al solenoide desde su fuente de energía, el cual comúnmente son pilas alcalinas.

Los solenoides son los encargados de pasar de señal eléctrica a hidráulica, y así poder operar la válvula mediante un galit o directamente, dependiendo del tipo de automatización instalada.

Funcionamiento: Al tener el solenoide seteadado o en posición del embolo de fábrica, éste, permite el paso del agua desde el puerto presión hacia el puerto comando, ésta a su vez es la señal hidráulica que recibe el galit en la válvula, por lo que dependiendo la configuración del galit (N.O o N.C), puede abrir o cerrar la válvula. Estos solenoides no requieren energía constante, solo un pulso de energía para cambiar de posición al embolo interno de abierto a cerrado o de cerrado a abierto.

**Figura 14: Solenoide DC latch de 12V
(bobina + válvula piloto de 3 vías)**



Nota: La posición de la perilla verde define su trabajo en forma automática o manual. En la imagen se muestra la posición automática (perilla vertical). En caso se requiera operar la válvula en modo manual, esto se debe realizar girando la perilla del solenoide. En caso se decida abrir la válvula desde la válvula de tres vías ubicada en la válvula hidráulica, se debe tener en cuenta que el piloto reductor no hará el trabajo de reducir la presión.

2.5. Avenza Maps

Avenza Maps™ es una aplicación de mapas para móviles que te permite descargar mapas para usarlos sin conexión en tu smartphone o tablet iOS y Android. Utiliza el GPS integrado de tu dispositivo para seguir tu ubicación en cualquier mapa. Traza y registra información sobre ubicaciones, importa y exporta marcas de posición, mide la distancia y área, e incluso traza fotos. Puedes buscar y comprar fácilmente mapas de todo el mundo a través de la práctica tienda Avenza Map Store, tanto en línea como en la aplicación.

Utilidades de la Aplicación:

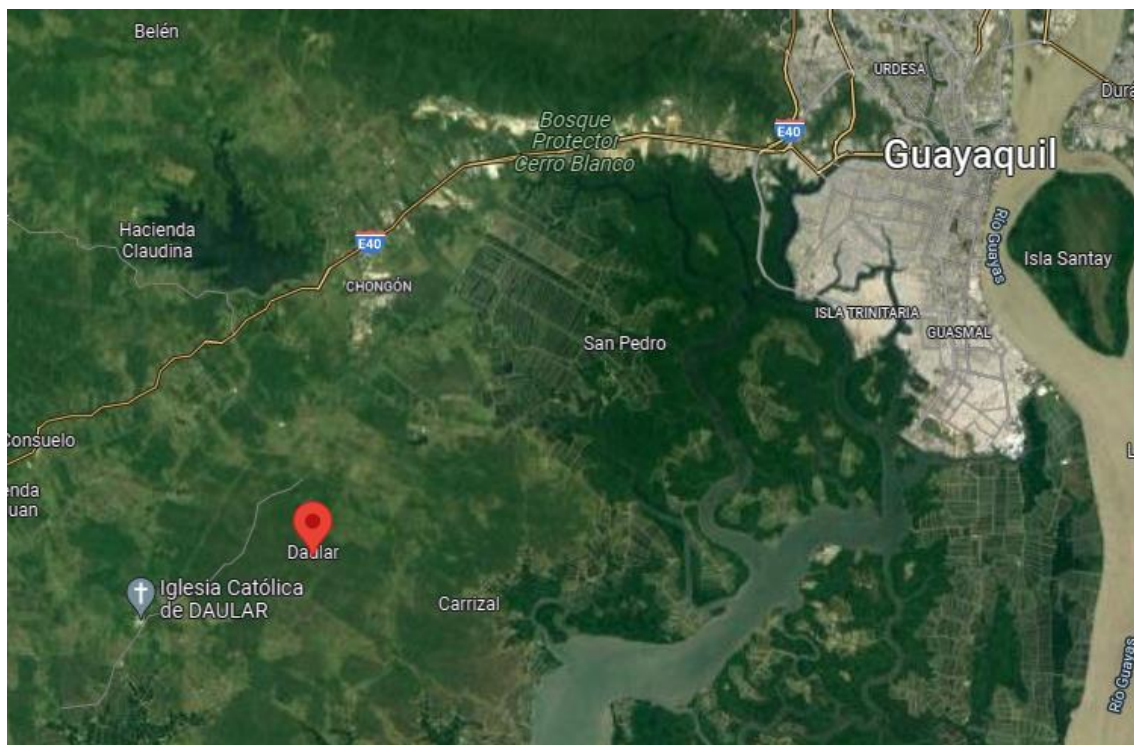
- Importación de mapas ilimitados en una variedad de formatos, incluyendo PDF geoespacial, GeoTIFF y GeoPDF®, JPG con JGW y WKT (comprimido), y TIFF con TFW y WKT (comprimido).
- Acceso y carga de mapas a través de iTunes File Sharing, el sistema de archivos de Android, o a través de una red Wi-Fi o celular. Los mapas guardados pueden utilizarse sin necesidad de una conexión de red (offline).
- Vista de su ubicación en un mapa utilizando el dispositivo GPS incorporado, sin necesidad de conexión a internet.
- Rastrea el movimiento en tiempo real con el GPS (incluye estadísticas de velocidad y elevación) y luego guarda, exportar los tracks (como KML).
- Convierte los tracks del GPS en área.
- Importe y gestión de un conjunto de símbolos personalizados para utilizarlos con sus mapas. Establezca los símbolos predeterminados que serán utilizados en las capas mientras se recopilan los datos.
- Fácil registro de los atributos en cualquier marca de posición. Añada campos personalizados, inserte valores de campo, modifique la ubicación, cambie el color, añada notas y fotos geoetiquetadas. Convierta fácilmente sus Tracks GPS recogidos en un área.
- Agregue archivos de forma directa al mapa para trabajar con puntos, líneas y áreas. Utilice la herramienta "Dibujar y Medir" para crear áreas y exportarlas a un archivo cuando esté listo para compartirlas.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Ejecución del Proyecto La Estación; estableciendo los parámetros técnicos y criterios aplicados en cada fase de la instalación y puesta en marcha

El proyecto se ubicó en la Hda. La Estación, perteneciente al Centro Poblado Daular - Cantón Guayaquil - Ecuador.

Figura 15: Mapa de ubicación de la Hacienda La Estación



Nota: La Hacienda se encuentra ubicada en el marcador rojo en forma de gota.

El Proyecto consta de un equipo de riego por aspersión para un total de 84.66 ha de Banano, dividido en 2 etapas de las cuales sólo la etapa 1 se describe en el presente trabajo, la cual detallamos a continuación:

Etapa 1: comprende los turnos 1,2,3 y 4, más unos sectores del turno 6 (lotes 43, 44.1 y 44.2), siendo un total de 47.22 has. En esta etapa se considera cabezal y red matriz dimensionada a futuro; emisores, red submatriz y válvulas sólo para esta primera etapa.

Es preciso indicar que este proyecto no tuvo la modalidad “llave en mano”, sino que el cliente se hizo responsable de la ejecución de algunas actividades, tales como:

- Maquinaria para excavación y relleno de zanjas.
- Obras civiles del centro de control, bases y estructura para tanques de fertilización y bombas, dados de refuerzo con concreto en cabezal y en campo, refuerzo de elevadores con concreto tipo “muñecos” (anclados desde la tee que sale del lateral).
- Acometida eléctrica hasta alimentar de energía los tableros de control y luminarias del cabezal y provisión de energía eléctrica e internet al controlador DREAM 2.
- Proveer personal de apoyo para capacitarlos en el uso y mantenimiento del sistema de riego.

Tabla 2: Planificación del equipo 1

EQUIPO 1 (COMPLETO)										
Turno	Cultivo	Area Neta (ha)	Distancia entre hileras (m)	Caudal del emisor (lph)	Distancia entre emisores (m)	pp (mm/h)	Caudal (m3/h)	Caudal (lps)	Lamina requerida (mm/día)	Tiempo (h)
1	BANANO	10.85	10.00	325.00	10.00	3.25	352.6	98.0	4.50	1.38
2	BANANO	10.87	10.00	325.00	10.00	3.25	353.3	98.1	4.50	1.38
3	BANANO	10.94	10.00	325.00	10.00	3.25	355.6	98.8	4.50	1.38
4	BANANO	11.02	10.00	325.00	10.00	3.25	358.2	99.5	4.50	1.38
5	BANANO	9.91	10.00	325.00	10.00	3.25	322.1	89.5	4.50	1.38
6	BANANO	11.09	10.00	325.00	10.00	3.25	360.4	100.1	4.50	1.38
7	BANANO	10.70	10.00	325.00	10.00	3.25	347.8	96.6	4.50	1.38
8	BANANO	9.31	10.00	325.00	10.00	3.25	302.6	84.0	4.50	1.38
		Tot=84.69					dif=5%	max=100.1	prom=4.50	Tot=11.08

Nota: Esta planificación incluye los turnos de las 2 etapas del proyecto.

Tabla 3: Reporte de caudal y presión de trabajo de los turnos de riego Etapa 1

Archivo : LA ESTACION V10-IRRICAD.dez				
Bomba: SAER NBC 100-200 3500rpm 191mm				
Turno	Succión	Presión (m)		Caudal (m3/h)
		Descarga	Dinámica Total	
1	-2.56	49.66	52.22	197.53
2	-2.56	50.65	53.22	187.72
3	-2.56	50.41	52.98	190.16
4	-2.56	49.05	51.61	203.14
6	-2.56	48.27	50.83	210.08
Bomba: SAER NBC 100-200 3500rpm 191mm				
Turno	Succión	Presión (m)		Caudal (m3/h)
		Descarga	Dinámica Total	
1	-2.57	49.66	52.24	197.38
2	-2.57	50.66	53.23	187.59
3	-2.57	50.42	52.99	190.02
4	-2.58	49.06	51.63	202.98
6	-2.58	48.27	50.85	209.91

Nota: Por ejemplo, el turno 1 demanda un $Q = 394.91 \text{ m}^3/\text{h}$ ($Q_{\text{bomba1}} + Q_{\text{bomba2}}$) y una $P = 49.66 \text{ m.c.a.}$

3.1.1. Replanteo del proyecto

El replanteo consistió en 02 visitas técnicas al lugar de instalación del sistema, las cuales se realizaron el 02/12/2019 y 03/12/2019 luego de haberse hecho el desbroce de la zona de siembra, y tuvo como objetivos realizar coordinaciones previas a la instalación del sistema de riego y además recaudar información in-situ y actualizada del lugar, dicha información se compartió con el área de diseño e ingeniería, quien la procesó para evaluar los cambios y consideraciones a tomar en cuenta.

Los objetivos específicos del replanteo fueron:

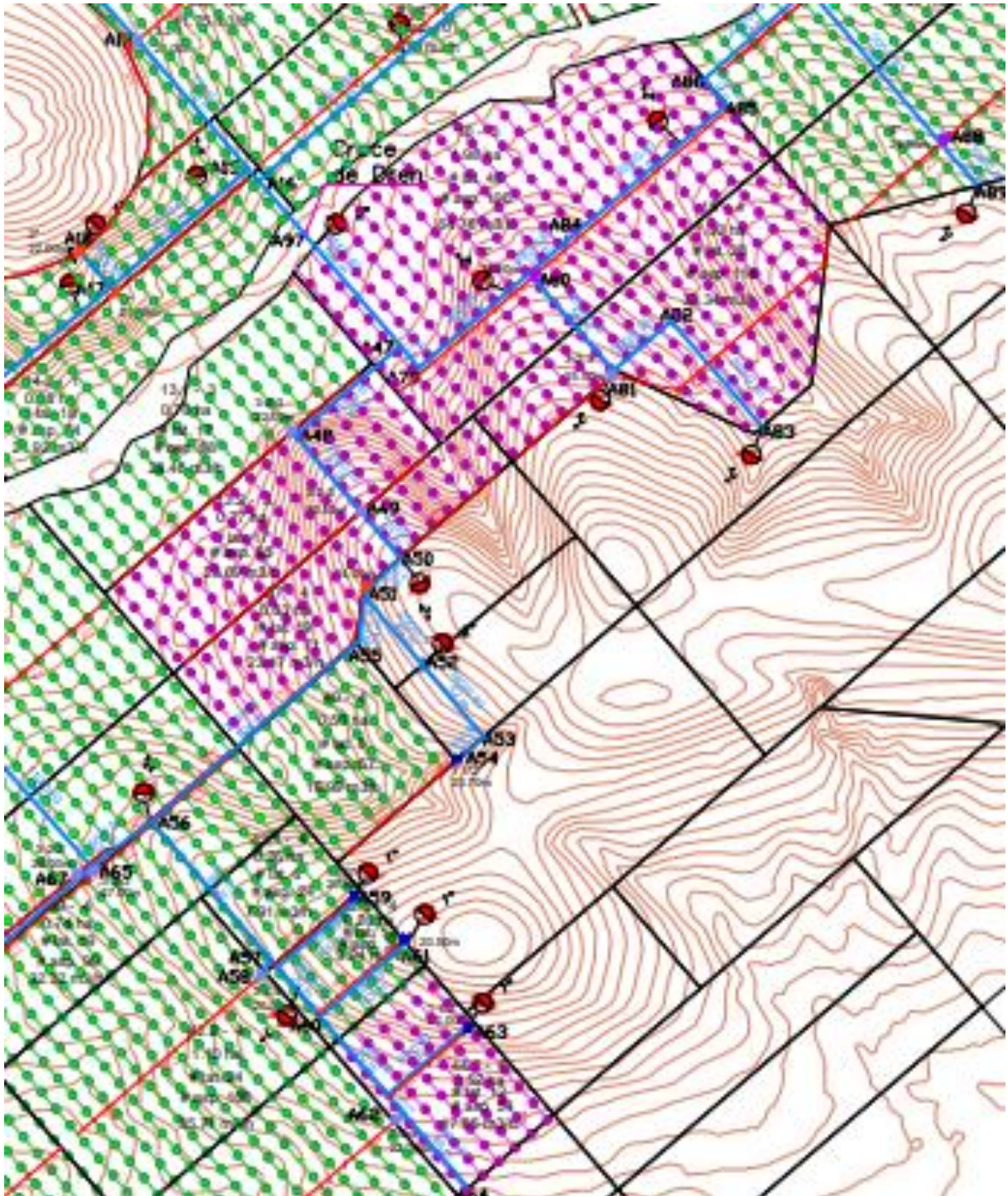
- Obtener puntos (latitud y longitud) con el GPS GARMIN 64S en:
 - La ubicación del centro de control (cabezal) y su límite perimétrico.
 - En la zona de la empacadora, la cual definió el cliente y así no chocar con la instalación, en la ubicación de la antena máster, en drenes naturales que sean visibles luego del desbroce.
 - En árboles como los ceibos, los cuales son patrimonio cultural y por ende son intangibles; esto con la finalidad de que no coincidan con el recorrido de la tubería a instalar.

- En los caminos propuestos por el cliente dentro de la zona de trabajo.
 - En las zonas más altas del área de instalación, ya que ahí se instalarán las RTU repetidoras.
 - En las zonas con pendientes más pronunciadas para que el área de diseño analice si es necesario utilizar reguladores de presión en dichos lotes.
- Coordinar con el cliente la zona donde prefiere que se instalen los tableros eléctricos y el controlador DREAM, las bombas de riego y el área de fertilización, e informar el espacio requerido para instalar dichos equipos dentro del centro de control.
 - Investigar la profundidad del canal de SENAGUA, y cuál es el tirante mínimo que presenta en el año, esto es muy importante de respetar ya que la selección de bombas centrífugas que aspirarán e impulsarán el agua toma en cuenta el NPSH disponible según la altura donde serán instaladas dichas bombas respecto a la profundidad mínima del agua en el canal.
 - Coordinar fechas límites de entrega de obras civiles en el Centro de Control, de entrega de acometida eléctrica para la puesta en marcha del proyecto, de entrega de materiales y equipos, y de inicio de balizado y excavación de zanjas.
 - Coordinar con el cliente la maquinaria necesaria para el proyecto y mano de obra que apoyará a los técnicos que trabajarán en el centro de control, de manera que se les va instruyendo sobre la utilización y mantenimiento de los equipos.
 - Informar al cliente y su encargado de obras civiles las dimensiones de bases de concreto requeridas para las bombas, dimensiones de bases de concreto para tanques de fertilización y plataforma donde el casetero se para para realizar la mezcla y limpieza manual.
 - Coordinar con el cliente las dimensiones de dados de concreto reforzados con varillas de acero y contruidos por debajo y abrazando la fierriería de succión y del manifold de descarga, y la conexión entre la fierriería de descarga y la matriz de PVC.
 - Coordinar con el cliente la ubicación estratégica del almacén de tuberías y materiales, y las características de protección y seguridad necesarias.
 - Coordinar la formación de zanjas de drenaje alrededor del centro de control, ya que este se ubica en una zona baja y a la falda de un monte, lo que podría ocasionar inundaciones en época de avenidas entre enero y abril.
 - Determinar el recorrido de cables de alimentación eléctrica que conectan los tableros de control con la caja de borneras de los motores, en este proyecto dichos cables fueron

enterrados y protegidos con tubos especiales de ½”, 1” y 2”, tomando en cuenta que mientras más espacio ocupan los cables en el interior del tubo; éste debe ser de mayor diámetro para evitar mucho contacto entre estos y por consiguiente altas temperaturas. Se anticipó al maestro de obras civiles que antes del vaciado de concreto para la losa; se debían pasar las tuberías de protección a los cables que iban enterrados.

Luego del replanteo realizado (posterior al desbroce de vegetación en el campo), el área de diseño de Corande decidió que se usarían 530 reguladores de presión “Senninger PRL 35” en las zonas topográficas más críticas de la Etapa 1, las cuales abarcan los lotes: 44.2, 37, 13.2, 15 y 16. Dichos lotes se distinguieron de los demás con el color lila de sus emisores.

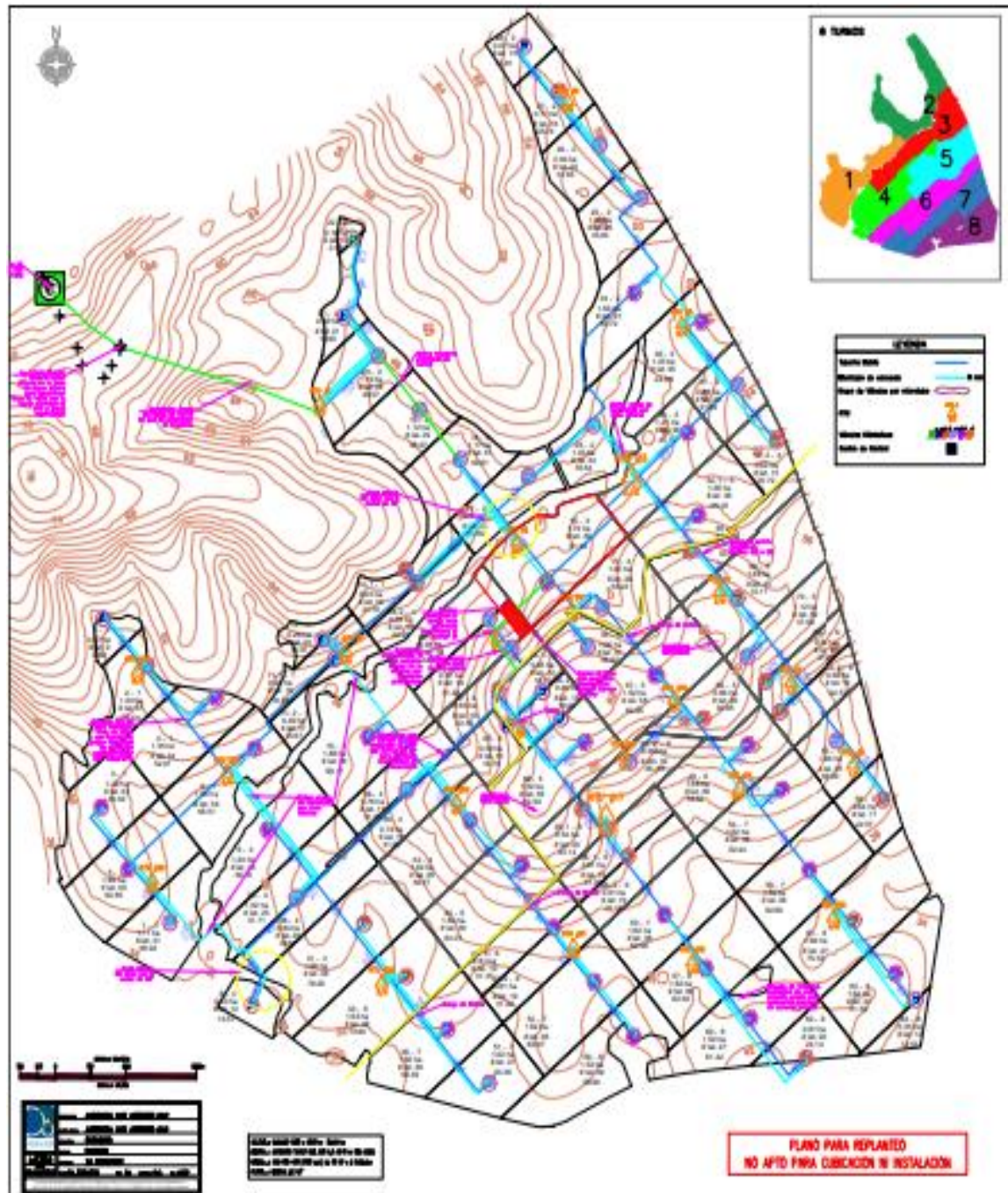
Figura 16: Lotes del área de instalación donde se colocó reguladores de presión antes del aspersor



Nota: Los aspersores que llevaron un regular de presión “senninger” tuvieron una capa de color lila, en total fueron 530 unidades.

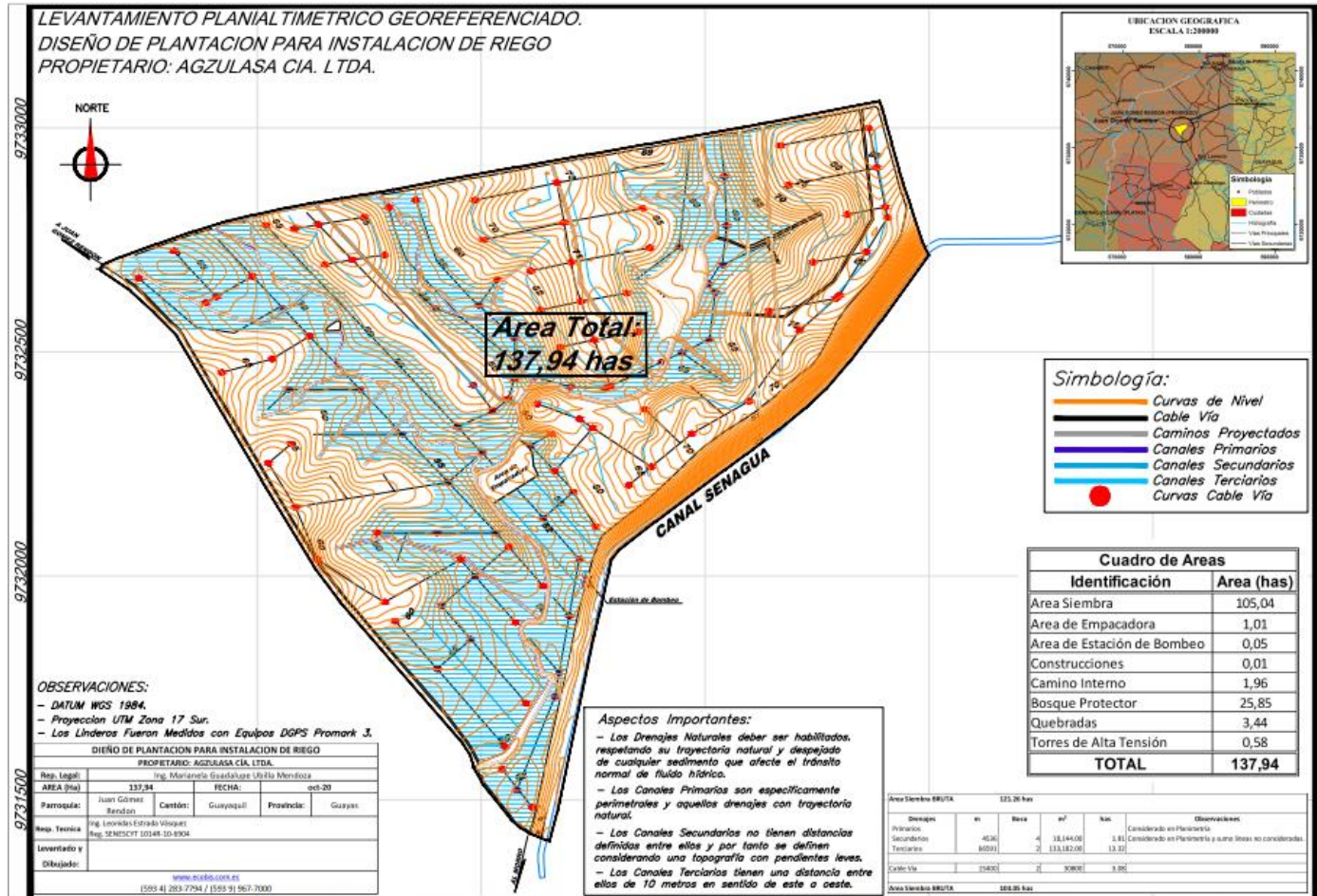
Planos con información que debe tomar en cuenta el Área de Diseño e Ingeniería

Figura 17: Plano de replanteo en el que se incluyen indicaciones a tomar en cuenta para el plano definitivo de instalación y automatización, además de los puntos GPS entregados



Nota: Las observaciones se escribieron en color magenta, los triángulos color naranja son las antenas de RF, las líneas celestes son los microtubos de comando que comunican el solenoide con la válvula hidráulica.

Figura 18: Plano planialtimétrico luego del desbroce de La Estación

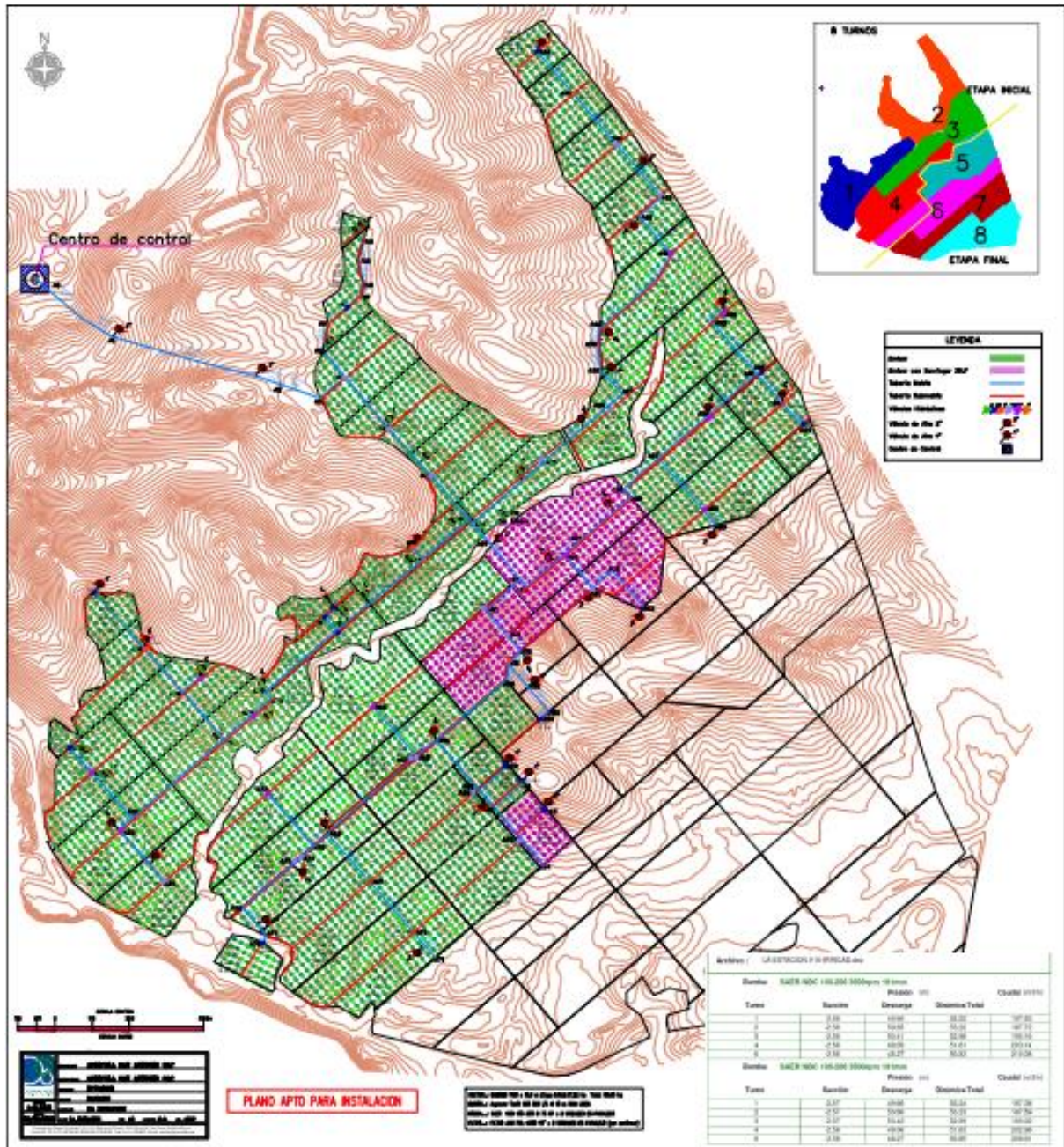


Nota: Este plano fue elaborado por el equipo topográfico contratado por el cliente, además es preciso señalar que el levantamiento topográfico para elaborar este plano; se realizó luego del desbroce de vegetación de la Hacienda

3.1.2. Trabajos en Campo

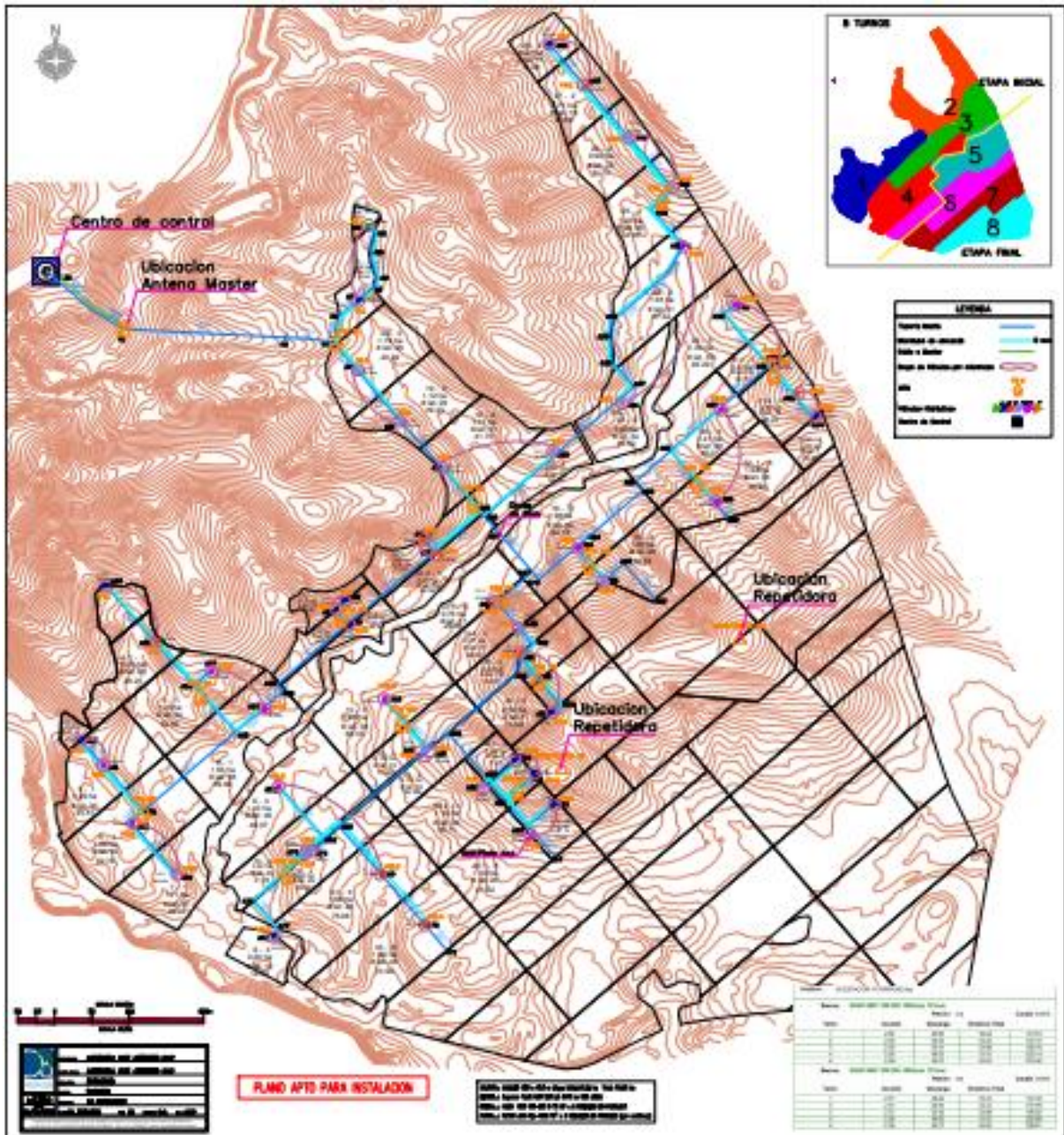
3.1.2.1. Planos de instalación hidráulica, de automatización y de centro de control

Figura 19: Plano de instalación hidráulica de La Estación etapa 1



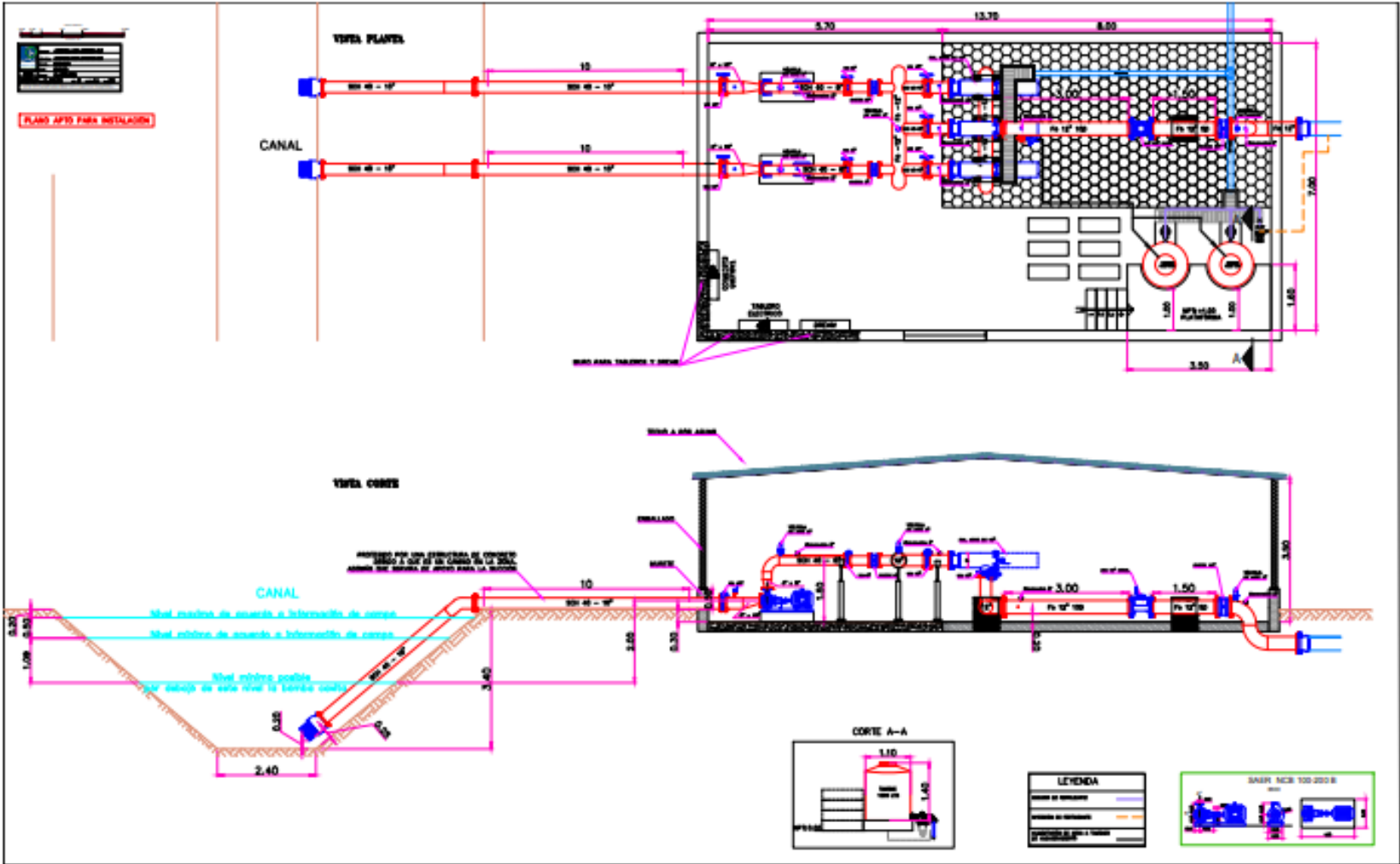
Nota: Las líneas de color azul representan la conducción desde el cabezal y la red matriz, las líneas de color rojo a la submatriz, las líneas verdes a las laterales y los puntos verdes a los aspersores. Este plano fue utilizado por el técnico instalador de Corande.

Figura 20: Plano de automatización de La Estación etapa 1



Nota: Las líneas celestes representan la ruta de comunicación entre los solenoides y las válvulas hidráulicas, además se señala la zona de ubicación de antenas repetidoras y máster. Este plano fue utilizado por el técnico de automatización de Corande.

Figura 21: Plano del Centro de control de La Estación



Nota: Este plano contiene detalles de instalación del equipo de bombeo, filtrado y fertilización.

3.1.2.2. Cronograma de trabajo

En la tabla 6 se presenta el cronograma de ejecución del proyecto, desde la aprobación hasta la entrega final del proyecto, a raíz de los datos presentados en este cronograma; se pudieron elaborar cuadros de rendimiento de mano de obra y maquinaria.

Tabla 4: Cronograma de ejecución

Tarea	Comienzo	Fin
LA ESTACION ETAPA 1 - ECUADOR		
DISEÑO, CUBICACION DE PLANOS Y ADQUISICION DE MATERIALES		
Aprobación del Proyecto	26/11/2019	26/11/2019
Replanteo del Proyecto	2/12/2019	9/12/2019
Cubicación del Proyecto	10/12/2019	17/12/2019
Entrega de redes etapa 1 y manifold etapas 1,2	20/12/2019	24/01/2020
Centro de control + fertilización (filtros, bombas, fierreteria + accesorios)	27/01/2020	15/02/2020
Entrega de aspersores y armado	10/01/2020	27/02/2020
Entrega de fertilización	7/02/2020	5/03/2020
Automatización (microtubo, tefen, productos Talgil, tableros)	24/01/2020	28/02/2020
TRABAJOS DE CAMPO		
Trazado de Zanjas	18/12/2019	31/01/2020
Excavación de zanjas para matriz y submatriz	20/12/2019	3/02/2020
Instalación de tuberías matriz + purgas de matriz + pretapado	26/12/2019	22/01/2020
Tapado de tubería matriz sola	4/02/2020	11/02/2020
Instalación de tuberías submatriz (7739 mts) + monturas o tees + neplos de 32mm + curvas de lavado + tendido de microtubo	23/01/2020	11/02/2020
Tapado de tubería submatriz con bobcats (7739 mts)	6/03/2020	23/03/2020
Excavación de zanjas para laterales de riego (47212mts)	19/02/2020	5/03/2020
Instalación de tuberías laterales (47212mts) y elevadores + cobertura de elevador con film de embalaje.	4/03/2020	3/04/2020
Tapado de tuberías laterales con bobcats con 04 bobcat de orugas (47212 mts)	24/03/2020	2/04/2020
Instalación de 32 válvulas de aire (ventosas)	20/02/2020	21/02/2020
Instalación de dados de concreto para refuerzo en accesorios de matriz, en base de arcos de riego y en purgas de matriz y submatriz.	4/03/2020	4/04/2020

«Continuación»

Instalación de 51 válvulas hidráulicas + arcos de riego + pintado de arcos de riego	12/02/2020	19/02/2020
Instalación de emisores (aspersores 920 tavlit)	27/07/2020	12/08/2020
TRABAJOS DE CABEZAL		
Entrega de Obras Civiles etapa 1 y 2	6/01/2020	28/02/2020
Instalación de bases para antena máster y RTUS prearmadas y conectadas a solenoides + conexión de mando hidráulico a regleta de solenoides	24/02/2020	3/03/2020
Instalación de Centro de Control etapa 1 y 2 (Ferrería, checks, flujómetro, mariposas, bombas y filtros) + pintado de fiertería	17/02/2020	12/03/2020
Instalación de tableros eléctricos y controlador DREAM2+ conexiones tablero-motor + construcción de bases de concreto para antenas	17/02/2020	27/02/2020
Instalación de Sistema de Automatización etapa 1 y 2, prearmado y conexión de antenas RTU	28/02/2020	13/03/2020
Puesta en Marcha: lavado de matriz, submatriz, laterales, pruebas hidráulicas Eq. 1	13/07/2020	24/07/2020
Instalación de sistema de fertilización	4/04/2020	7/04/2020
Regulación de presiones en v. hidráulicas etapa 1	13/08/2020	14/08/2020
Entrega de Proyecto	15/08/2020	15/08/2020

Nota: El cronograma presentado fue modificado del original debido a retrasos principalmente causados por la Pandemia del covid-19 que inició en Ecuador a inicios de marzo del 2020, lo cual retrasó la llegada de materiales, mano de obra y la instalación de la acometida eléctrica, por lo que el proyecto se postergó desde abril hasta julio del 2020.

Respecto a los plazos de ejecución de los trabajos mostrados en el cronograma, se tomó en cuenta los rendimientos promedio de ejecución de otros proyectos, los cuales se presentan en el capítulo 4.2.

3.1.2.3. Control y coordinación de llegada y abastecimiento de materiales y equipos

En las tablas 7 al 12 se enlistan los materiales y equipos usados en la instalación, tanto en el campo como en el cabezal de riego. La Tabla 13 incluye una lista de materiales que no se utilizaron en los avances realizados hasta la primera semana de abril.

Tabla 5: Materiales de válvulas hidráulicas y de aire con sus respectivos materiales de armado

ETAPA 1		
Accesorio	Cantidad	Sist. Medida
VALVULA HIDRAULICA 1" GAL 75 TM + SAGIV	1	UND
VALVULA HIDRAULICA 1 1/2" GAL 75 TM + SAGIV	14	UND
VALVULA HIDRAULICA 2" GAL 75 TM + SAGIV	6	UND
VALVULA HIDRAULICA 3" (90MM) GAL 96 PVC + SAGIV	11	UND
VALVULA HIDRAULICA 3"-2"-3" GAL 75 TM + SAGIV	17	UND
VALVULA HIDRAULICA 4" (110MM) GAL 96 PVC + SAGIV	2	UND
ADAPTADOR HEMBRA 8MM X 1/4" CONECTOR	51	UND
ADAPTADOR MACHO 8MM X 1/8" CONECTOR	104	UND
CODO ADAPTADOR MACHO 8 MM. X 1/8"	208	UND
FILTRO DEDO PLASTICO 1/4 X 1/8"	51	UND
MICROTUBO DE COMANDO 8MM (1 ROLLO = 500MTS)	13	ROLLOS
TEE ADAPTADORA 8MM-1/8"	153	UND
TEE ADAPTADORA 8MM-1/4"	2	UND
VALVULA DE PRUEBA PLASTICO 1/4"	51	UND
CINTA TEFLON MEISSNER 1/2" X 0.08MM X 12MTS	40	ROLLOS
RELEE HIDRAULICO GALIT 2000	51	UND
VALVULA DE AIRE 1/2" ANTIVACIO GRIS	51	UND
PILOTO NEGRO PLASTICO P/R REG. RESORTE VERDE (29-100)	50	UND
PEGAMENTO ET. NEGRA OATEY 1/4" GLN 6"	10	FRASCO
CINTA TEFLON DE 3/4" X 0.075MM X 10 MTS	90	ROLLOS
TUBERIA 90MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR	28	TUB
TUBERIA 63MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR	6	TUB
TUBERIA 50MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR	14	TUB
TUBERIA 110MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR	2	TUB
TUBERIA 32MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR	1	TUB
RELEE COMPENSACION TOPOGRAFICO(TED) P.010-R 2.5 bar	2	UND
CODO UNION 8MM X 8MM	2	UND
PILOTO AZUL PLASTICO P/R REG RESORTE VERDE (29-200)	3	UND

Accesorio	Cantidad	Unidad
MONTURA P/ TUBO PVC 50MM - 1"	6	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 75MM - 1"	3	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 63MM - 1"	1	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 90MM - 1"	3	UND
ADAPTADOR PR 32MM - 1"	13	UND
CODO PVC 90° X 32MM	26	UND
ADAPTADOR RM 32MM - 1"	13	UND
UNIÓN RI 1"	13	UND
VALVULA DE AIRE 1" COMBINADA ARI DG-10	13	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 315MM - 2"	8	UND

«Continuación»

MONTURA P/ TUBO PVC 250MM - 2"	9	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 200MM - 2"	7	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 160MM - 2"	9	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 110MM - 2"	4	UND
ADAPTADOR 63MM CAMPANA SP X 2" RM	37	UND
ADAPTADOR 63MM CAMPANA SP X 2" RH	37	UND
CODO PVC SP ISO 90° X 63MM	74	UND
VALVULA DE AIRE 2" COMBINADA ARI DG-10	37	UND
TUBO 32MM PN 0.8	13	TUB
TUBO 63MM PN 0.8	37	TUB
PEGAMENTO ET. NEGRA OATEY 1/4" GLN 6"	16	FRASCO
CINTA TEFLON DE 3/4" X 0.075MM X 10 MTS	30	RLLS

Tabla 6: Materiales de tubería matriz y submatriz con sus respectivos componentes de embone, pegado, purga y toma de presión para solenoides

Turno	Descripción	Cantidad	Unidades
SUBMATRIZ ETAPA 1 (TURNOS 1 AL 4 Y PARTE DEL TURNO 6)	TUBERIA 50MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR	791	UND
	TUBERIA 63MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	316	UND
	TUBERIA 75MM C-0.5 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	181	UND
	TUBERIA 90MM C-0.5 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	65	UND
	TUBERIA 110MM C-0.5 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	9	UND
	CONECTORES INICIALES (TEE 32MM SP PARA PEGAR)	0	UND
MATRIZ ETAPA 1 (TURNOS 1 AL 4 Y PARTE DEL TURNO 6)	TUBERIA 50MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	88	UND
	TUBERIA 63MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	16	UND
	TUBERIA 75MM C-0.5 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	20	UND
	TUBERIA 75MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	20	UND
	TUBERIA 90MM C-0.50 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	10	UND
	TUBERIA 90MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	37	UND
	TUBERIA 110MM C-0.50 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	27	UND
	TUBERIA 110MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	57	UND
	TUBERIA 160MM C-0.50 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	108	UND
	TUBERIA 160MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	119	UND
	TUBERIA 200MM C-0.50 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	43	UND
	TUBERIA 200MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	112	UND
	TUBERIA 250MM C-0.5 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	53	UND
	TUBERIA 250MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	106	UND
	TUBERIA 315MM C-0.50 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	32	UND
TUBERIA 315MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	152	UND	
LUBRICANTE X GALON	16	GLN	

Descripción	Cantidad	Unidades
REDUCCION KM 315MM X 250 MM + UNION RED.	5	UND
CURVA KM 90*315MM	4	UND
MONTURA 315*3" RI RGRUESA	12	UND
ADAPTADOR 90MM CAMPANA SP X 3" RM RGRUESA	80	UND
REDUCCION SP ISO 90 X 75 MM + UNION RED.	55	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 315 MM - 2" RI	3	UND
BUSHING 2*1 1/2"	6	UND
ADAPTADOR PR 1 1/2"	8	UND
CODO SP 90X1 1/2"	10	UND
CODO SP 45X75MM	6	UND
MONTURA 75*1 1/2" RI RGRUESA	5	UND
REDUCCION SP ISO 75 X 63 MM + UNION RED.	45	UND
REDUCCION SP ISO 63 X 50 MM + UNION RED.	102	UND
CODO SP 45*50MM	72	UND
CODO SP 90*50MM	80	UND
TEE 50MM	16	UND
VALVULA ESFERICA PASO TOTAL ITALIANA PESADA ITAP 1 1/2"	8	UND
ADAPTADOR PRESION 50MM X 1 1/2" ROSCA MACHO	50	UND
CODO SP 90°X90MM	170	UND
TEE 315MM	4	UND
REDUCCION KM ISO 315 X 200MM + UNION RED.	2	UND
CODO SP 90°X63MM	45	UND
TEE 90MM	35	UND
REDUCCION SP ISO 90 X 63 MM + UNION RED.	51	UND
ADAPTADOR 63*2" RM	40	UND
VALVULA ESFERICA PASO TOTAL ITALIANA PESADA ITAP 2"	16	UND
CODO SP 45*63MM	32	UND
MONTURA 250*2" RI RGRUESA	3	UND
MONTURA 250*3" RI RGRUESA	8	UND
MONTURA 90*1 1/2 " RI RGRUESA	3	UND
CODO SP 90*250MM	3	UND
TEE 250MM	7	UND
REDUCCION KM ISO 250 X 160MM + UNION RED.	7	UND
TEE 160MM	18	UND
REDUCCION KM ISO 160 X 110MM + UNION RED.	11	UND
REDUCCION SP ISO 110 X 90 MM + UNION RED.	9	UND
REDUCCION SP ISO 110 X 63 MM + UNION RED.	14	UND
MONTURA 110*2 " RI	4	UND
REDUCCION KM ISO 160 X 90MM + UNION RED.	14	UND
CODO SP 90*160MM	7	UND
MONTURA 160*3 " RI	10	UND
CURVA DE LAVADO DE 50MM	105	UND
VALVULA DE BOLA PVC 50MM SP	105	UND
REDUCCION KM 90 X 75 MM + UNION RED.	2	UND
TEE 63MM	14	UND

«Continuación»

CURVA DE LAVADO DE 63MM	5	UND
VALVULA DE BOLA PVC 2" CEM SANKING RI	4	UND
TEE 75MM	4	UND
REDUCCION SP ISO 50 X 32 MM + UNION RED.	8	UND
ADAPTADOR 32*1" RM	8	UND
CODO SP 90*32MM	8	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 200 MM - 3"	5	UND
TEE 200MM	6	UND
REDUCCION KM ISO 200 X 140MM + UNION RED.	2	UND
REDUCCION KM ISO 140 X 90MM + UNION RED.	2	UND
CURVA KM 45*200MM	3	UND
CURVA KM 90*200MM	5	UND
REDUCCION KM ISO 200 X 160MM + UNION RED.	3	UND
CURVA KM 90*160MM	3	UND
MONTURA 160*2 " RI	4	UND
REDUCCION SP ISO 110 X 75 MM + UNION RED.	2	UND
CURVA KM 45*250MM	3	UND
REDUCCION SP ISO 250 X 110 MM + UNION RED.	2	UND
TEE 110MM	8	UND
ADAPTADOR 110*4" RM	6	UND
CODO SP 90*110MM	16	UND
CURVA KM 90*250MM	1	UND
REDUCCION KM ISO 250 X 200MM + UNION RED.	3	UND
CODO SP 45*90MM	3	UND
REDUCCION KM ISO 200 X 90MM + UNION RED.	2	UND
MONTURA 63* 1 1/2 " RI	2	UND
REDUCCION KM 110 X 63 MM + UNION RED.	4	UND
REDUCCION KM 63 X 50 MM + UNION RED.	3	UND
REDUCCION KM ISO 90 X 63 MM + UNION RED.	2	UND
CURVA PVC 45° X 315MM KM	5	UND
CURVA PVC 22. 5° X 315 MM KM	1	UND
CURVA PVC 22. 5° X 250 MM KM	2	UND
MONTURA 250*4" RI RGRUESA	1	UND
MONTURA 160*4 " RI	1	UND
REDUCCION KM 75 X 63 MM + UNION RED.	1	UND

Tabla 7: Materiales de tubería para laterales, emisores y sus accesorios para armado

Descripción	Cantidad	Unidad
TUBERIA PVC 32mm / C-0.80 (Para lateral)	8170	UND
TUBERIA PVC 20mm / C-1.25 (Para elevador)	680	UND
ASPERSOR TAVLIT 920 1/2" ROSCA MACHO	5100	UND
ADAPTADOR PRESIÓN 20mm x 1/2" ROSCA HEMBRA	5100	UND
TEE 32mm SP (TOTAL)	5580	UND
CODO 90° X 32mm SP (TOTAL)	2920	UND
REDUCCION 32mm x 25mm	5100	UND
REDUCCION 25mm x 20mm	5100	UND
ADAPTADOR PR PRESIÓN 32mm X 1" ROSCA MACHO	2446	UND
MONTURA 110x1"	36	UND
MONTURA 90x1"	120	UND
MONTURA 75x1"	240	UND
MONTURA 63x1"	380	UND
MONTURA 50x1"	710	UND
TAPON RI 1"	960	UND
CINTA TEFLON DE 3/4"	400	UND
PEGAMENTO 1/4" GALON NEGRA OATEY	50	UND
REGULADOR DE PRESIÓN SENNINGER PR- 35LF	530	UND
ADAPTADOR 20mm x 1/2" ROSCA MACHO	530	UND
BUSHING 3/4" X 1/2"	1060	UND

Tabla 8: Materiales de automatización

Descripción	Cantidad	Und.
RTU 4 OUT DC/0 IN (4/0) GV	3	UND
RTU 2 OUT DC/2 IN (2/2) ECONOMICAL GV	9	UND
RTU 1 OUT DC/1 IN (1/1) ECONOMICAL GV	2	UND
ABRAZADERA SOLENOIDE	16	UND
ABRAZADERA RTU	51	UND
PERNO 1/2"*1"	32	UND
TUERCA 1/2"	32	UND
TUBO ANCLAJE (2"x1.2m)	16	UND
TUBO SOPORTE (11/2"x6.4m)	16	UND
FILTRO DEDO 1/4*1/8	14	UND
ADPT. MACHO 8MM X 1/4"	14	UND
BUSHING 1/2*1/4"	28	UND
ADPT. MACHO 8MM X 1/8"	14	UND
UNION PVC RI 1/2"	14	UND
UNION P/TUBO COMANDO 8 MM.	40	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 200 MM - 2"	1	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 160 MM - 1"	5	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 110 MM - 1"	1	UND

«Continuación»

MONTURA P/ TUBO PVC 250 MM - 2"	2	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 315 MM - 2"	2	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 90 MM - 1"	1	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 75 MM - 1"	1	UND
BUSHING 2" X 1" TAVLIT	5	UND
BUSHING 1" X 1/2"	14	UND
BUSHING PLASTICO 1/2" X 1/8"	17	UND
CODO ADAPTADOR MACHO 8 MM. X 1/8"	22	UND
TEE UNION MICROTUBO 8 X 8 X 8 MM.	13	UND
MICROTUBO DE COMANDO 8MM	0	RLLS
RTU ANTENA MASTER	1	UND
PANEL SOLAR + SOPORTE (ANT. REPETIDORAS)	2	UND
CABLE DE DOS HILOS NYY 2 X 1,5 MM2 X 100 MTS	2	UND
TABLERO C/4 SOLENOIDES DC LATCH BERMAD (EXDC5200INS	3	UND
TABLERO C/2 SOLENOIDES DC LATCH BERMAD (EXDC5200INS	9	UND
TABLERO C/1 SOLENOIDES DC LATCH BERMAD (EXDC5200INS	2	UND
U TYPE MOUNTING CLAMPS FOR SOLENOID (EXMS4001SLBR	15	UND
PANEL SOLAR + SOPORTE (ANT. MASTER)	1	UND
BATTERY CHARGE LIMITER W/O SWITCH V2	1	UND
RECHARGEABLE BATTERY 12V 9AH HOLDING BOX (H-95)	1	UND
DREAM INTEFACE FOR REMOTE UNIT (BRIDGE TG) (BRG485TG)	1	UND
U TYPE MOUNTING CLAMPS(EXMS4001)	2	UND
DREAM2 16 out AC / 8 in ++ Radio RTU system G IV	1	UND
AC/AC, DC Power supply 230V & charger for DREAM2	1	UND
Modem 3G HE910-G complete	1	UND
FIRST CONSOLE-PC & MOBILE - single user access to single DREAM2	1	AÑO
Monthly usage fees oj the server per a single DREAM2 controller	36	MESES
Monthly usage fees oj the server per a single DREAM2 user	36	MESES
RELEE ENCAPSULADO 24 VAC 8 PINES C/BASE TELEMECHANICS	3	UND
UPS SMART APC SMT750I 750VA 500W	1	UND
RTU Radio Repeater (0/0) G IV	2	UND
Solar cell 5 Watt	2	UND
Battery rechargeable 12V 1Ah	2	UND
Mounting device for solar cell 2W/5W	2	UND
TUBO DE FO GO 1 1/2" X 6.4M	3	UND
ACCESORIOS	1	UND
4 BERMAD solenoids DC latch 2 wired with fittings rail mounted	3	UND
2 BERMAD solenoids DC latch 2 wired with fittings rail mounted	9	UND
1 BERMAD solenoid DC latch 2 wired with fittings rail mounted	2	UND
U type mounting clamps	75	UND
TUBO DE FO GO 1 1/2" X 6.4M	15	UND
Cable Apantallado 4 x 22 x mt.	50	UND
PILAS TAMAÑO D	12	UND
PILAS TAMAÑO C	44	UND

Tabla 9: Materiales y equipos del centro de control

Descripción	Cantidad	Unidad	Observación
TUBO DE ACERO SCH-40 8" X 6 MTS P/SOLDAR	12	MTRS	
TUBO DE ACERO SCH-40 10" X 6 MTS P/SOLDAR	36	MTRS	
TUBO DE ACERO SCH-40 12" X 6 MTS P/SOLDAR	12	MTRS	
BRIDA SLIP-ON SCH-40 10" P/SOLDAR ANSI	24	UND	
BRIDA SLIP-ON SCH-40 8" P/SOLDAR ANSI	8	UND	
BRIDA SLIP-ON SCH-40 12" P/SOLDAR ANSI	10	UND	
TERMINAL BRIDA CAMPANA 315mm x 12" F°D	1	UND	
VALVULA DE PIE 250 MM. (10") C/1.6 MPA CON CANASTILLA - ANSI	1	UND	
VALVULA MARIPOSA 10" C/ENGRANAJE	6	UND	
VALVULA MARIPOSA 8" C/ENGRANAJE	2	UND	
VALVULA DE BOLA METAL 2" PES. RH	2	UND	
VALVULA DE AIRE 2" COMBINADA ARI DG-10	4	UND	
REDUCCION EXCENTRICA LARGA Fo 10" X 5" P/SOLDAR	2	UND	
REDUCCION CONCENTRICA CORTA Fo 8" X 4" P/SOLDAR	2	UND	
MANOMETRO DE GLICERINA 10 BARES (1 MEGAPASCAL)	6	UND	
TAPON CAPS ACERO P/SOLDAR 12"	4	UND	
CODO ACERO P/SOLDAR 90° X 8"	2	UND	
VALVULA DUO CHECK 8" TIPO WAFER	2	UND	
VALVULA DUO CHECK 12" TIPO WAFER	1	UND	
TOMA MANOMETRICA 1/4" RH BRONCE	6	UND	
MEDIDOR DE CAUDAL ACUMULADO C/PULSOS 12" BR. P/IRR	1	UND	
COPLA Fo P/SOLDAR 1/4" RI	6	UND	
CODO ACERO P/SOLDAR 45° X 10"	2	UND	
BOMBA SAER NCB 100-200 B - ACOPLADA A MOTOR 75HP - 440V- TRIF. ARRANQUE ESTR- TRIANG	2	UND	
CODO ACERO P/SOLDAR 90° X 12"	2	UND	
FILTRO DE MALLAS 10" MARCA "JAVI" SERIE FML-4000	3	UND	
BRIDA SLIP-ON SCH-40 4" P/SOLDAR DIN	2	UND	
BRIDA SLIP-ON SCH-40 5" P/SOLDAR DIN	2	UND	
UNION RI 1 1/2" PN15 CLASE 1.5MPA (MEGAPASCALES) PARA SOLDAR	1	UND	
PUNTA DE HILO SCH40 2"x 3" RE	4	UND	
VALVULA ESFERICA PASO TOTAL ITALIANA PESADA ITAP 2	4	UND	
TABLERO PARA BOMBA DE RIEGO EN CASETA			
TABLERO DE ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO 2X75HP- 440Vac Trifásico - RIEGO	1	EQUIP O	
VARILLA ROSCADA 3/8" X 1MT	1	UND	
TUERCA HEXAGONAL 3/8"	8	UND	
ARANDELA PLANA 3/8" ZINCADA (PARA TABLEROS)	8	UND	

«Continuación»

ACCESORIOS ELECTRICOS PARA 2 BOMBAS SAER 75HP		
Descripción	Cantidad	Unidad
CABLE ELEC. THW #AWG 04 X MT	138	MTS
CABLE ELEC. THW # 06 X MT NORMALIZADO	23	MTS
TERMINAL ESTAÑADO P/CABLE AWG 4	24	UND
TERMINAL ESTAÑADO P/CABLE AWG 6	4	UND
TUBO PVC-U LUZ SAP 1 1/2" X 3MTS	4	TUB
CURVA PVC-U 90° X 1 1/2" SAP	6	MTS
ABRAZADERA GALVANIZADA 1 1/2" UNA OREJA	30	UND
TARUGO PLASTICO ESTRIADO 1/4" BOLSA X 10 UND	3	UND
TORNILLO AUTORROSCANTE 3/8" X 1 1/2"	30	UND
TUBO CORRUGADO 1 1/2" X 1 MT	2	UND
PRENSAESTOPA DE PVC C/TUERCA 1 1/2"	8	UND
CAJA DE PASO PLASTICA IP65 200 X 200 X 80MM	2	UND
SOMBREIRO P/CAJA DE PASE PARA TUBO 1 1/2"	8	UND
CINTA AISLANTE VINILICA 3M 1600 3/4" X 20MTS NEGRA	3	UND
CINTA AISLANTE VULCANIZANT 3M 3/4" X 10MTS NEGRA	2	UND
PERNO DE EXPANSION DE 1/2 X 4"	8	UND
Control de nivel	Cantidad	Unidad
ALAMBRE ELECT. TW80 1.5 MM AWG X MTS	105	MTS
CAJA DERIV. PLAST. 80 x 80 X 20 MM 4/CONOS	1	UND
TUBO PVC-U LUZ SAP 1/2" X 3MTS	35	TUB
SOMBREIRO P/CAJA DE PASE PARA TUBO 1/2"	4	UND
CURVA PVC-U 90° X 1/2" SAP	6	MTS
TUBO CORRUGADO 1/2" X 1 MT	1	MTS
PRENSAESTOPA DE PVC C/TUERCA 1/2"	2	UND
ABRAZADERA GALVANIZADA 1/2" UNA OREJA	40	UND
TARUGO PLASTICO ESTRIADO 1/4" BOLSA X 10 UND	4	UND
TORNILLO AUTORROSCANTE # 8" X 1 1/2"	40	UND
ACCESORIOS ELECTRICOS PARA 1 BOMBA MULTI H 405 DE 3HP		
Descripción	Cantidad	Unidad
CABLE ELEC. THW #AWG 14 X MT	54	MTS
CABLE ELEC. THW #AWG 16 X MT NORMALIZADO	25	MTS
TERMINAL ESTAÑADO P/CABLE AWG 14	6	UND
TERMINAL ESTAÑADO P/CABLE AWG 16	2	UND
TUBO PVC-U LUZ SAP 1/2" X 3MTS	9	TUB
CURVA PVC-U 90° X 1/2" SAP	3	MTS
ABRAZADERA GALVANIZADA 1/2" UNA OREJA	30	UND
TARUGO PLASTICO ESTRIADO 1/4" BOLSA X 10 UND	3	UND

cable de bombas

cable a tierra

Terminal cable bomba

Terminal cable tierra

cable de bombas

cable a tierra

Terminal cable bomba

Terminal cable tierra

«Continuación»

TORNILLO AUTORROSCANTE # 8" X 11/2"	30	UND
TUBO CORRUGADO 1/2" X 1 MT	1	UND
PRENSAESTOPA DE PVC C/TUERCA 1/2"	4	UND
CAJA DERIV. PLAST. 80 x 80 X 20 MM 4/CONOS	1	UND
SOMBRERO P/CAJA DE PASE PARA TUBO 1/2"	4	UND
CINTA AISLANTE VINILICA 3M 1600 3/4" X 20MTS NEGRA	2	UND
PERNO DE EXPANSION DE 3/8 X 4"	4	UND

Control de nivel	Cantidad	Unidad	
ALAMBRE ELECT. TW80 1.5 MM AWG X MTS	60	MTS	
CAJA DERIV. PLAST. 80 x 80 X 20 MM 4/CONOS	1	UND	
TUBO PVC-U LUZ SAP 1/2" X 3MTS	20	TUB	
SOMBRERO P/CAJA DE PASE PARA TUBO 1/2"	4	UND	
CURVA PVC-U 90° X 1/2" SAP	6	MTS	
TUBO CORRUGADO 1/2" X 1 MT	1	MTS	
PRENSAESTOPA DE PVC C/TUERCA 1/2"	2	UND	
ABRAZADERA GALVANIZADA 1/2" UNA OREJA	20	UND	
TARUGO PLASTICO ESTRIADO 1/4" BOLSA X 10 UND	2	UND	
TORNILLO AUTORROSCANTE # 8" X 11/2"	20	UND	
Pernos, tuercas y arandelas	Cantidad	Unidad	
PERNO DE 3/4*31/2"	12	UND	
TUERCA HEXAGONAL 3/4"	12	UND	
ARANDELA PLANA 3/4" ZINCADA	24	UND	
PERNO DE 3/4*4"	60	UND	VALV. PIE + BRIDA (ANSI 10")
TUERCA HEXAGONAL 3/4"	60	UND	
ARANDELA PLANA 3/4" ZINCADA	120	UND	
PERNO HEX. 3/4" X 7" ZINCADO	72	UND	BRIDA+BRIDA (ANSI 10")
TUERCA HEXAGONAL 3/4"	72	UND	
ARANDELA PLANA 3/4" ZINCADA	144	UND	
PERNO HEX. 5/8" X 6" ZINCADO	16	UND	VALV. MARIPOSA+ 2 BRIDAS ANSI 10"P/SOLDAR
TUERCA HEXAGONAL 5/8"	16	UND	
ARANDELA PLANA 5/8" ZINCADA	32	UND	
PERNO HEX. 5/8" X 7" ZINCADO	16	UND	VALV. MARIPOSA+ 2 BRIDAS ANSI 8"P/SOLDAR
TUERCA HEXAGONAL 5/8"	16	UND	
ARANDELA PLANA 5/8" ZINCADA	32	UND	
PERNO DE 3/4*4"	14	UND	VALV. CHECK+ 2 BRIDAS ANSI 8"P/SOLDAR
TUERCA HEXAGONAL 3/4"	14	UND	
ARANDELA PLANA 3/4" ZINCADA	28	UND	
PERNO DE 3/4*4"	24	UND	BRIDA+BRIDA (ANSI 12")
TUERCA HEXAGONAL 3/4"	24	UND	
ARANDELA PLANA 3/4" ZINCADA	48	UND	
PERNO DE 3/4*91/2"	12	UND	BRIDA+MED.CAUDAL+ BRIDA (ANSI 12")
TUERCA HEXAGONAL 3/4"	12	UND	
ARANDELA PLANA 3/4" ZINCADA	24	UND	

«Continuación»

PERNO DE 3/4*4"	14	UND	BRIDA + DUO CHECK+ BRIDA (ANSI 12")
TUERCA HEXAGONAL 3/4"	14	UND	
ARANDELA PLANA 3/4" ZINCADA	28	UND	
PERNO DE 5/8*3"	8	UND	TERMINAL BRIDA CAMPANA +BRIDA (ANSI 12")
TUERCA HEXAGONAL 5/8"	8	UND	
ARANDELA PLANA 5/8" ZINCADA	16	UND	
KIT SOLDADURA Y PINTURA			BRIDA DIN 4" Y DE 5"
SOLDADURA CELLOCORD APE-6011 1/8"	16	UND	
SOLDADURA SUPERCITO 7018 1/8"	16	UND	
KIT ESMALTE RJO BERM+ENDURE+TINNER	1	UND	
BASE ANTI-CORROSIVA OXIDO ROJO	1	UND	
DISOLVENTE(TINNER) EPOXI TEKNO	1	UND	
TRAPO INDUSTRIAL P/LIMPIEZA	1	KG	
LIJA # 80	4	UND	
DISCO DE DESBASTE 7"	7	UND	
DISCO DE CORTE 7"	4	UND	
ESCOBILLA DE FIERRO COPA 4"	2	UND	

Tabla 10: Materiales de fertilización

Fertilización		
TANQUE DOBLE REF. TRASLUCIDO TVC-V 1,100LTS C/CONEX. VITT +		
CONEXIÓN HEXAGONAL 2" RM P/TANQUE	2	UND
UNION SIMPLE SCH-40 2" RI P/SOLDAR NAC.	1	UND
CODO RI 90° X 2"	1	UND
NIPLE PVC 2" X 2" NAC.	1	UND
ADAPTADOR 63mm PRESION x 2" ROSCA MACHO	8	UND
CODO SP 90° X 63	16	UND
CODO SP 45° X 63	6	UND
TEE SP 63mm	2	UND
BOMBA MULTI-H 405 XV-T/6 INOX 316 3.0 HP ARRANQUE DIRECTO	1	UND
FILTRO 2" MANUAL PLAST. MALLA 130 MICRAS RM	2	UND
MEDIDOR DE CAUDAL INS. VERT. 1" 64 L/M	1	UND
VALVULA OBLICUA 2" PLASSON	6	UND
TUBO PRES C-0.8 KM 63mm X 5 M ITINTEC	15	UND
UNION UNIVERSAL PVC 2" RI	13	UND
NIPLE PVC ROSCA MACHO - ROSCA MACHO 2X2"	4	UND
BUSHING 2" X 1 1/2"	6	UND
ADAPTADOR PVC PR 50mm PRESION - 1 1/2" ROSCA MACHO	20	UND
CODO SP 90°*50mm	12	UND
TUBO PRES C-0.8 SP 50mm X 5 M ITINTEC	8	TUB
TEE PVC 1 1/2" RH	6	UND
NIPLE PVC ROSCA MACHO - ROSCA MACHO 1 1/2"X1 1/2"	8	UND
BUSHING 1 1/2" X 1 1/4"	2	UND
UNION UNIVERSAL PVC 1 1/4" RI	2	UND
NIPLE PVC ROSCA MACHO - ROSCA MACHO 1 1/4"X1 1/4"	2	UND
NIPLE PVC ROSCA MACHO - ROSCA MACHO 1"X 1"	8	UND
BUSHING 1 1/2" X 1"	10	UND
UNION UNIVERSAL PVC 1 1/2" RI	12	UND
VALVULA OBLICUA 1 1/2" PLASSON	2	UND
BUSHING 1" X 1/2"	2	UND
NIPLE PVC ROSCA MACHO - ROSCA MACHO 1/2"X 1/2"	6	UND
TEE PVC 1/2" RH	2	UND
BUSHING 1/2" X 1/4"	2	UND
MANOMETRO DE GLICERINA 1 MPA (10 BARES)	2	UND
VALVULA DE BOLA PVC 1/2" RI	1	UND
UNION UNIVERSAL PVC 1/2" RI	2	UND
ADAPTADOR PVC PR PRESION 20mm x 1/2" ROSCA MACHO	2	UND
CODO PVC 90° X 20mm SP	8	UND
TUBO PRES C-0.8 SP 20mm X 5 M ITINTEC	6	TUB
CODO SP 90°* 1 1/2"	10	UND
VALVULA CHECK 1 1/2" PLASSON	1	UND
MONTURA P/ TUBO PVC 315 MM - 2"	1	UND
TEE PVC 1 1/2" SP	3	UND

«Continuación»

CINTA TEFLON DE 3/4" X 0.075MM X 10 MTS	80	UND
PEGAMENTO ET. NEGRA OATEY 1/4" GLN 6"	4	UND
TABLERO DE ARRANQUE DIRECTO 3.0 HP 440 VAC - TRIFASICO	1	UND
VARILLA ROSCADA 3/8" X 1 MT ZINCADA	1	UND
TUERCA HEXAGONAL 3/8"	8	UND
ARANDELA PLANA 3/8" ZINCADA	8	UND

Cuando finalizó la etapa de instalación en abril del 2020 (excepto la puesta de aspersores), se realizó un acta de entrega de tipo “check list”, donde se enlistaron qué materiales serían retirados por Corande y también qué materiales quedarían a responsabilidad y resguardo del Cliente, esto fue parte del control llevado:

Tabla 11: Stock de materiales restantes del proyecto.

STOCK MATERIALES RESTANTES ETAPA 1 PROY. LA ESTACION				CORANDE EQUIPOS DE PRESIÓN	
ACCESORIO	CANTIDAD	AB	CD	4 de Abril de 2020	
CODO 90° X 32mm EC (TOTAL) PVC			✓		
ASPERSOR TAVLIT 920 1/2" ROSCA MACHO	5100		✓	✓	Corande
ADAPTADOR 90MM CAMPANA 5F X 3" ROSCA M NGRUESA PVC			✓		
ADAPTADOR PRESION 50MM X 1 1/2" ROSCA M FINA PVC			✓		
ADAPTADOR 63*2" RM FINA			✓		
ADAPTADOR 130*4" RM GRUESA			✓		
VALVULA OBLICUA 2" PULSON	1		✓	✓	Corande
RTU 4 OUT DC/D IN (4/0) G4	3		✓		
SLAVES PARA RTU 4/D	3		✓		
TABLERO C/1 SOLENOIDES DC LATCH BERMAD EXDCS200MS	9	✓	✓	✓	Corande
PILOTO AZUL PLASTICO P/R REG RESORTE VERDE(29-200)	2	✓	✓	✓	C
RELEE COMPENSACION TOPOGRAFICO(TED) P.02D-R 2.5 ba	2	✓	✓	✓	C
LATAS DE PEGAMENTO KALPEGA 946CC	9		✓		
CINTA METRICA 30 MTS	1		✓		
TEE 200MM PVC 1/2	4	✓	✓	✓	Corande Nueva
TEE 160MM PVC 1/2	10	✓	✓	✓	Corande Nueva
TEE 250MM PVC 1/2	2		✓		
TEE 315MM PVC EC	1		✓		
TEE 160MM PVC EC	2		✓		

«Continuación»

MONTURA 50°1" RI FINA	5	✓	✓	
MONTURA 90°1 1/2" RI FINA	2	✓	✓	
MONTURA 63° 1 1/2" RI FINA	2	✓	✓	
FILTRO DEDO 1/4" 1/8	10	✓	✓	
UNION P/TUBO COMANDO 8 MM.	65	✓	✓	
CODO ADAPTADOR MACHO 8 MM. X 1/4"	9	✓	✓	
CODO ADAPTADOR MACHO 8 MM. X 1/8" TEFEN	210	✓	✓	
TEE UNION MICROTUBO 8 X 8 X 8 MM.	48	✓	✓	
BUSHING 1/2" X 1/4"	20	✓	✓	
BARRETA DE FIERRO 1.8 MTS.	1	✓	✓	
ABRAZADERA RTU (U-TYPE MOUNTING CLAMPS)	54	✓	✓	Corande Neva
CINTA TEFLON 19MM*25MTS*2MM	135	✓	✓	
CURVA DE LAVADO PVC 2" (pares)	5	✓	✓	C
CURVA DE LAVADO PVC 1 1/2"	10	✓	✓	C
TUBOS DE PVC DE 32MM*45CM DE LARGO + ADAPTADOR 32MM*1"	300	✓	✓	veinticinco
TUBERIA 50MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR	25	✓	✓	veinticinco
TUBERIA 315MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	9	✓	✓	veinte y nueve en casca
TUBERIA 250MM C-0.63 MPA BIAK ECUADOR + ANILLOS	3	✓	✓	
TUBERIA 200MM C-0.50 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	4	✓	✓	Queda a la intemperie
TUBERIA 160MM C-0.50 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	8	✓	✓	Queda a la intemperie
TUBERIA 110MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	4	✓	✓	
TUBERIA 110MM EC C-0.8 MPA PVC ECUADOR	9	✓	✓	veintinueve
TUBERIA 90MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	39	✓	✓	treinta y nueve
TUBERIA 75MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	85	✓	✓	ochenta y cinco
TUBERIA 63MM EC C-0.8 MPA PVC ECUADOR	19	✓	✓	diecinueve
TUBERIA 63MM C-0.63 MPA PVC ECUADOR + ANILLOS	3	✓	✓	tres
Palas	2			Están rotas !!
Tapones 1"	900	✓	✓	
tee 32mm	48	✓	✓	para reparacion
Coche 32mm	42	✓	✓	para reparacion
Revolvers 20mm en abaj	180	✓	✓	se quedan en agrisanto
elevador 20mm + abaj	30	✓	✓	Abisanto
Adaptador		✓	✓	
cinta negra 30mts	01	✓	✓	Abisanto

* AG = Quedan en Hda. La Estación de AGRISANTO S.A. / CD = Se lleva CORANDE a sus Bodegas.

Por CORANDE DEL ECUADOR CORANDECUADOR C. LTDA.


 Marcos Fioravanti Basombrio
 C.E. # 0908473472

Por AGRÍCOLA SAN ANTONIO AGRISANTO S.A.


 Nombre: 0911830279-5
 C.E. #

Fernando Estigarribia V.
 0911264588

3.1.2.4. Construcción de zanjas: limpieza, nivelación de encamado, seguridad

Para realizar la construcción de zanjas se requirió previamente un equipo de topografía cuya función fue hacer el balizado para zanjas de matriz, submatrices y laterales, además establecieron puntos de ubicación importante como arcos de riego y salida de aspersores en el centro y extremos de cada lote, tanto en sentido de norte a sur como de este a oeste.

Las balizas para zanjas se colocaron cada 20 metros y en cambios de dirección (curvas, tees). Dado que el distanciamiento entre aspersores es de 10 metros, se consideró colocar como punto de referencia al arco de riego, teniendo los dos primeros aspersores 5 metros al norte y 5 metros al sur de éste.

En cuanto a las zanjas de matriz y submatriz, éstas se construyeron con una excavadora de orugas Komatsu con cucharón de 1 metro de alto x 0.8 mts de ancho, las zanjas de matriz fueron de 1.1 mts de profundidad x 0.8mts de ancho y las zanjas de sólo submatriz tuvieron 0.8mts de profundidad x 0.8 mts de ancho. Respecto a las zanjas de laterales, éstas se construyeron con bobcats con cucharón de 0.4mts x 0.4 mts, y tuvieron una profundidad de 0.4 mts x ancho de 0.4mts. Para supervisar que la profundidad de las zanjas fuera la correcta se asignó 01 apoyo con una cruceta del mismo alto que lo que demandaba la zanja, en cuanto a la limpieza de la zanja, ésta se realizaba una vez que el equipo de instalación llegaba a la zona específica, antes del tendido de tuberías dentro de dicha zanja. La limpieza consistía en quitar todo terrón, piedra u objeto que pudiese dañar la tubería. Luego de la limpieza continuó la nivelación de encamado, en la cual 02 personas de apoyo identificaban qué zona de la zanja se tenía que levantar o cortar para llevar la tubería a un solo nivel de profundidad, y lo corregían; en caso tuviera que levantarse el nivel de la zanja, se rellenaba con material suelto y limpio.

Figura 22: Zanja nivelada y limpia



Figura 23: Excavación de zanjas para laterales con Bobcat



La limpieza de las zanjas para laterales fue menos complicada ya que, como se puede apreciar en la imagen anterior, el terreno a 30cm de profundidad no presenta material pedregoso o terrones que puedan dañar la tubería.

Respecto a la seguridad, el personal de apoyo que laboró cerca a la excavadora o bobcats debían tener trabajar a una distancia no menor a 15 metros de ésta, además de tener los EPPS necesarios como guantes, botas con punta de acero, casco con protección solar, y en cuanto a la hidratación del personal, se les brindó 3 litros de agua al día a cada uno.

3.1.2.5. Almacenamiento, selección, manipulación y transporte de tubos y accesorios con seguridad

El almacén para tuberías contó con protección solar con 1.5 metros de altura entre la cima de los tubos y el techo, de manera que tuvo una ventilación adecuada, además la altura máxima de torre de tubos fue de 1.5 metros, acomodando las tuberías de menor a mayor diámetro de izquierda a derecha.

En cuanto a la selección de las tuberías, se verificó que no tuvieran golpes ni fisuras en la campana, se tuvo cuidado con los anillos de caucho (unión flexible) ya que a veces pueden estar deteriorados o rotos. Se verificó además que el lubricante a utilizar no fuera mineral, (se cambió el lubricante mineral por manteca vegetal de la marca “3 chanchitos”), el lubricante debe ser vegetal o animal, nunca mineral ya que deteriora el anillo de caucho flexible, provocando ruptura de campana y fuga de agua.

El transporte de tuberías se realizó sobre una carreta unida a un tractor, no se permitió acumular más de 3 pisos de tubería por viaje en diámetros mayores a 200mm ni más de 4 pisos para tuberías entre 63mm y 200mm, colocando los tubos de mayor diámetro en los primeros 2 pisos. Además, se aseguraron los tubos a transportar con sujetadores con matraca, de manera que se redujera el riesgo de daños en los tubos. Para bajar los tubos se tuvo cuidado de que se carguen uno por uno entre dos personas, ya que si los baja solo una persona podría dañar la campana, además se capacitó al personal para que bajen las tuberías con la campana mirando hacia aguas arriba (de manera que reciba la presión hidráulica).

Figura 24: Almacén de tuberías en La Estación



Nota: Se puede apreciar algunos tubos fuera del almacén, éstos fueron retirados para ser llevados en la carreta al área de instalación.

Figura 25: Transporte de tubería con tractor y carreta



Nota: Personal de apoyo acomodando tuberías de 200mm sobre la carreta.

3.1.2.6. Instalación de tubería PVC: preparación, biselado, marca de inserción, lubricación, alineación, inserción, nichos o cunetas

Instalación de red matriz

Para la instalación de la red matriz se designó 01 técnico instalador y 06 personas de apoyo de las cuales 02 ayudaron al transporte, tendido y pretapado de tubos, 02 a la limpieza y nivelación de la zanja y 02 ayudaron al técnico en el embone de las tuberías. Las herramientas y materiales utilizados fueron: tuberías de PVC, anillos de caucho, lubricante vegetal, escofina, barreta, pedazo de madera de sección cuadrada de 60 cm de largo, trapo

industrial y eslingas.

La instalación de la tubería matriz siguió el siguiente orden:

- Una vez limpia, encamada y nivelada la zanja (se limpió para evitar fallas por punzonamiento) el técnico instalador y sus 02 apoyos podían realizar la instalación en esa área.
- Se verificó que el tubo no tuviera daños y coincidiera su presión nominal con la del plano, además que el lado de la espiga tuviera la marca de inserción con las que los envían de fábrica; en caso no la tuvo se midió la marca de los tubos del mismo diámetro y se procedió a hacer la marca, se procedió además a verificar que el lado del tubo que contiene a la campana estuviera en posición aguas arriba.
- Se escofinó de manera uniforme la espiga del tubo a embonar, de manera que el bisel permita entrar sin mucho esfuerzo en la campana del otro tubo.
- Se limpió el tubo y el anillo de unión de la campana con un trapo industrial, luego se verificó que la panza del tubo estuviera mirando al suelo para de esa manera evitar que las campanas estuvieran golpeando al suelo prácticamente aplastadas.
- Se lubricó el anillo de caucho en un extremo de un tubo, y en el extremo del tubo a embonar se lubricó la parte externa de la espiga. La lubricación se hizo esparciendo uniformemente el lubricante hasta que no queden grumos sueltos.
- Una vez lubricados los extremos de los tubos, se procedió a alinear ambos tubos antes de embonar, para lo cual los apoyos se ayudaban de eslingas, luego se colocó la tabla de madera en la boca del otro extremo del tubo a embonar y desde ahí se empujaba rápidamente la tubería; haciendo presión con la barreta sobre la tabla de madera. Al momento de embonar se tuvo especial cuidado de no sobrepasar la marca de inserción con el fin de evitar fallas por campana.
- En tramos donde el eje de la zanja tenía curvaturas, se tuvo cuidado de no exceder de 8° el ángulo de desviación dentro de la junta y a lo largo de la tubería, en caso excediera este ángulo se usó curvas de largo radio de 10.25°, 22.5°, 45° y 90° según lo conveniente.
- Se procedió a pretapar la tubería instalada con material suelto hasta 20cm por encima del lomo del tubo, para protegerlo de la radiación solar.

**Figura 26: Tendido de tubería matriz
luego de nivelar y limpiar la zanja**



Nota: La tubería que se observa es la tubería PVC de 315mm proveniente del cabezal de riego, atravesando los turnos 1 y 4.

Figura 27: Embone de tubería PVC 315mm U/Z



Nota: En este caso se están instalando los tubos de la imagen anterior, para lo cual se usó personal técnico, de transporte de tubos, de limpieza y de apoyo directo en el embone.

Instalación de submatriz, arcos de riego, válvulas hidráulicas (piloto, relé, manómetro) y válvulas de aire

Para la instalación de la tubería submatriz se designó 01 técnico instalador y 04 personas de apoyo de las cuales 02 ayudaron al transporte, tendido y pretapado de tubos, 01 a la limpieza y nivelación de la zanja y 01 ayudó al técnico en el pegado o embone de las tuberías. Las herramientas y materiales utilizados fueron: tuberías de PVC, anillos de caucho, lubricante vegetal, pegamento, escofina, barreta, pedazo de madera de sección cuadrada de 60 cm de largo, trapo industrial y eslingas.

La instalación de la tubería submatriz siguió el siguiente orden:

Para la instalación de tuberías de 50mm, 63mm y 75mm:

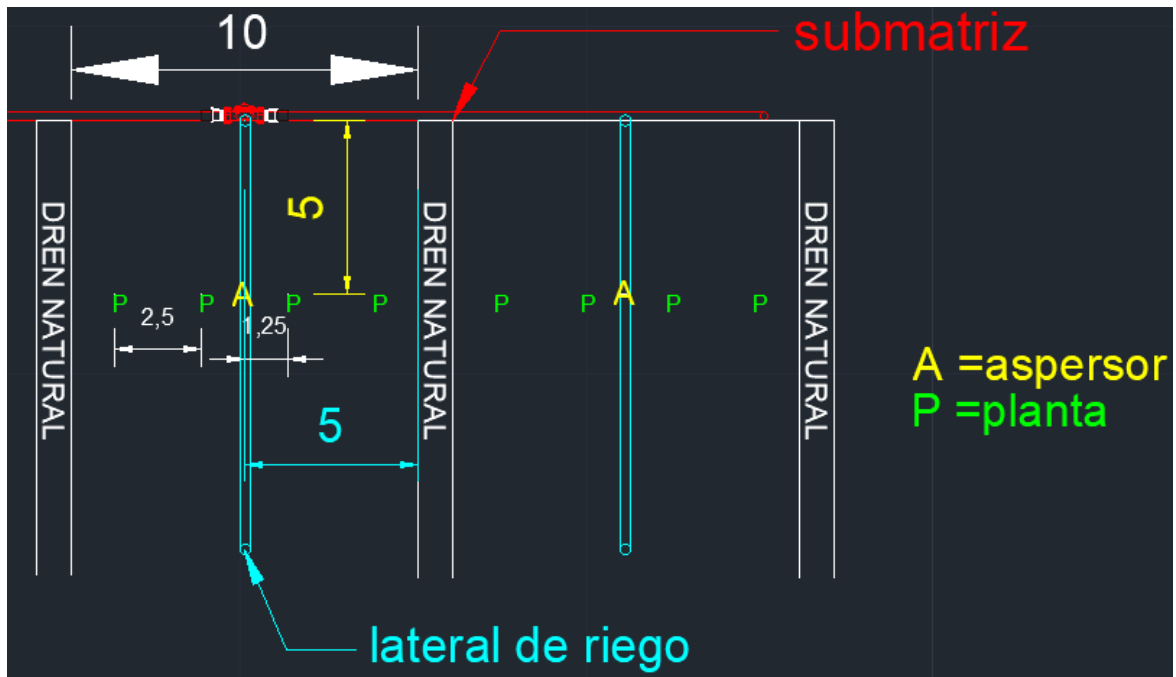
- Una vez limpia (se limpió para evitar fallas por punzonamiento) y nivelada la zanja el técnico instalador y su apoyo podían realizar la instalación en esa área.
- Se verificó que el tubo no tuviera daños y coincidiera su presión nominal con la del plano.
- Se limpió el tubo, tanto espiga como campana con un trapo industrial.
- Se pegó espina y campana, manteniendo unidos ambos extremos alrededor de 30 segundos, tal como indicaba el fabricante del pegamento, luego de eso se tendieron nuevamente los extremos de los tubos embonados.
- Se procedió a pretapar la tubería instalada con material suelto hasta 10cm por encima del lomo del tubo, para protegerlo de la radiación solar.

Para instalación de tubería con diámetro \geq 90mm con unión flexible, se realizaron los mismos pasos que la instalación de tubería matriz.

Instalación de tuberías laterales

Para la instalación de tuberías laterales se tomó en cuenta el siguiente esquema de siembra:

Figura 28: Esquema de siembra en La Estación



Nota: En el esquema se puede apreciar que los laterales se instalaron cada 10 metros y al centro entre dren y dren, es decir a 5 metros de cada dren, a esa altura se instaló un collarín en la submatriz que reducía el diámetro de la submatriz hasta 1", luego de ello se instaló un adaptador de 32mmx1", de manera que se podía pegar el elevador (el elevador de la submatriz tuvo un diámetro de 32mm y una altura de 50cm, de manera que la tubería quedó a 30cm de profundidad) y sobre éste pegar una tee o codo de 32mm, lo cual dependía de si la válvula hidráulica abastecía 01 lote en dos sentidos (norte y sur) o en un sólo sentido (norte o sur). Una vez instalados los elevadores que salían de la submatriz, se procedió a instalar las líneas de tubería lateral; sobre cada línea se consideró el primer elevador para aspersor (diámetro de 25mm y con una altura de 80cm) a 5 metros de la submatriz, el segundo a 15 metros de ésta y el tercero a 25 metros, así sucesivamente. Cabe señalar que para conectar el elevador del aspersor a la tubería lateral se utilizaron tees de 32mmx25mmx32mm.

Figura 29: Instalación de collarines de boca de 1" de diámetro en la submatriz, conectados a un elevador de 50cm de alto x 32mm de diámetro; a los que se adhieren tees o codos para distribuir el agua a los laterales de riego

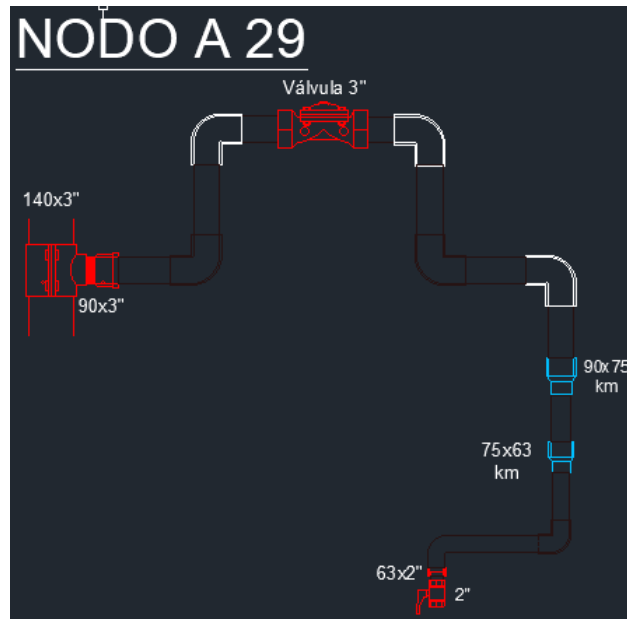


Nota: Se puede observar además una purga de submatriz con válvula de bola de 1 1/2".

Instalación de válvulas hidráulicas y válvulas de aire

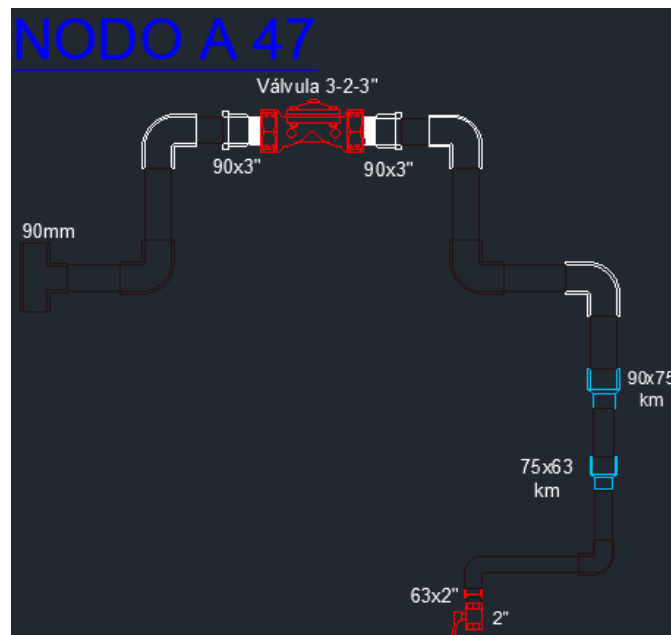
En cuanto a la instalación de válvulas hidráulicas, se siguieron las especificaciones de armado tal como figuraba en el plano realizado por el área de cubicación de materiales, la cual según el nodo de instalación veía si era conveniente derivar el agua de la matriz hacia el arco de riego con una tee, un collarín o un codo de 90°.

Figura 30: Esquema de armado de arco de riego con válvula hidráulica de 3”



Nota: Se puede observar que este nodo derivará de la matriz hacia el arco de riego con un collarín, se puede ver además como el diseño incluye la derivación, el arco y la purga de submatriz

Figura 31: Esquema de armado de arco de riego con válvula hidráulica de 3-2-3”



Nota: Se puede observar que este nodo derivará de la matriz hacia el arco de riego con una tee, se puede ver además como el diseño incluye la derivación, el arco y la purga de submatriz

Para instalar la válvula hidráulica fue necesario armar el arco de riego, el cual está compuesto de 02 pedazos de tubo de P.N. = 0.8 MPa que cumplen la función de patas del arco y son las que conectan aguas arriba y aguas abajo, éstas deben tener la misma altura, además se usan accesorios como tees, codos y reducciones de P.N. = 1 MPa. Se tuvo en cuenta que el arco debe estar nivelado, para verificar esto se utilizó un nivel de mano. Se tuvo en cuenta además que el cliente solicitó instalar los arcos de riego con el eje perpendicular al sentido de instalación de laterales.

Para pegar los accesorios primero se limpió con trapo industrial y luego se deslizó el pegamento Weld on 717 con una pequeña brocha que contenía el frasco de pegamento, luego se mantenía unida la zona de pegado por 30 segundos hasta que la soldadura para PVC selle la zona de unión.

Figura 32: Instalación de arco de riego y tubería submatriz



La instalación de válvulas de aire se realizó colocando un collarín en la matriz que correspondiera al diámetro de ésta y terminara en 1" o 2", dependiendo del diámetro de entrada a la válvula de aire, por ejemplo, en la siguiente imagen se puede observar la configuración para armado de una válvula de aire según el plano de cubicación de Corande:

Figura 33: Configuración de armado de válvula de aire de 1"

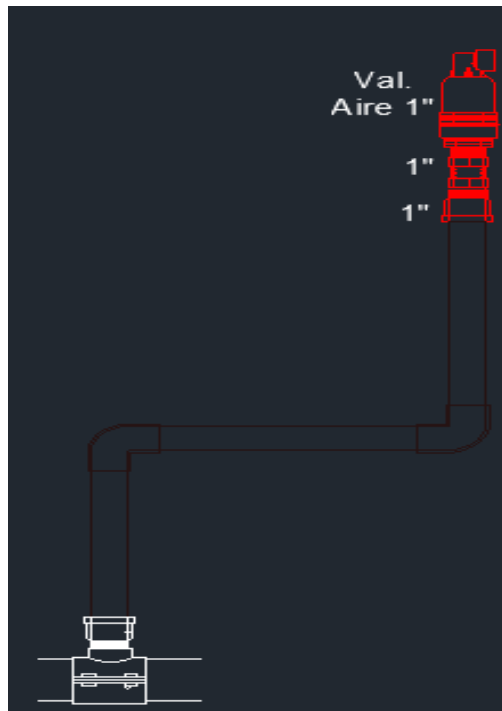


Figura 34: Instalación de válvula de aire de 2" en La Estación



3.1.2.7. Instalación de accesorios para unión de tuberías PVC: curvas, tees y collarines

Para la instalación de curvas, tees y codos se utilizaron las siguientes herramientas y materiales: eslingas, lubricante vegetal, trapo industrial, barreta de fierro, trozo de madera, pegamento sólo para los codos, escofina para el biselado, teflón para los collarines, 2 llaves de cadena de 20" y taladro con copa sierra. La instalación de las tees y curvas de largo radio continuó el siguiente orden:

- Se limpiaron los accesorios en la zona de embone y anillo de unión flexible.
- Se lubricó el anillo y la parte interna de la campana en ambos extremos del accesorio, y en el extremo de los tubos a embonar se lubricó la parte externa de la espiga. La lubricación se hizo esparciendo uniformemente el lubricante hasta que no queden grumos sueltos.
- Se alineó el accesorio con las tuberías a unir en todos los ángulos antes de embonar las curvas de largo radio y las tees con campana de unión flexible, para eso se usaron las eslingas.
- Una vez alineado el accesorio con la primera tubería a embonar, se procedió a colocar la madera en el extremo libre de la tubería y empujarla con una barreta hasta que ingrese completamente la marca puesta en la espiga. Lo mismo se realizó con el otro tubo a embonar. Cabe señalar que para asegurar un correcto embone se introdujo una hoja de sierra por dentro de la campana, si el embone era correcto entonces la hoja de sierra no podría atravesar el anillo de caucho por ningún sector de la circunferencia.

Figura 35: Biselado de espiga de niple entre tee y reducción PVC



Nota: El biselado se realizó con una escofina de 12".

Figura 36: Instalación de curva de largo radio con niple antes de reducción



Nota: En el caso de que luego de la curva continuara una reducción; se colocó un niple de 3 a 6 metros de largo entre estos, de manera que el aumento considerable de velocidad no se transmita directamente a la curva.

Figura 37: Instalación de “S” de fierro 12” conectada a través de un terminal brida-campana con la conducción de PVC de 315mm



La instalación de los collarines obedeció el siguiente orden:

- Se procedió a limpiar con trapo industrial la zona del tubo que abrazaría el collarín.
- Se simuló la colocación del collarín tal como se quería que quede (con la salida en posición horizontal o vertical) y se marcó con un plumón la circunferencia interna de la salida del collarín.
- Se procedió a cortar la zona de salida del collarín con un taladro de sierra copa de un diámetro más pequeño que el correspondiente, de manera que se evite cortar en exceso y pueda haber una fuga, por ejemplo, si la salida del collarín fue de 2", entonces se utilizó un sierra copa de 1 3/4".
- Luego del corte se procedió a asegurar el collarín con las tuercas, las cuales se instalaron hacia afuera del collarín (mirando hacia arriba o hacia adelante del collarín), posterior a esto se completó el corte de la circunferencia de salida del tubo con una escofina, de manera que la salida coincida con el diámetro de salida del collarín.

Figura 38: Instalación de collarín para reducir un diámetro brusco en matriz



3.1.2.8. Instalación de microtubo de comando para sistema de automatización

La instalación se hizo con microtubo de 8mm, el cual se instaló de acuerdo al plano de automatización elaborado por el área de diseño de Corande, el microtubo se tendió junto a la tubería matriz y antes de realizar el pretapado de ésta, además para asegurar que no tenga cortes por mala manipulación se templó entre 02 personas de apoyo y se abrazó a la matriz con cinta masking tape, dicho personal de apoyo era guiado por el técnico instalador, llevando los microtubos desde las válvulas hidráulicas hacia la toma de presión correspondiente, lugar donde se levantaría la antena RTU (unidad terminal remota) y donde se conectarían con el solenoide DC latch correspondiente.

Figura 39: Instalación de microtubo de comando de 8mm



Nota: En las dos imágenes se aprecia el microtubo instalado a un costado de la matriz y pegado con cinta masking-tape para evitar daños al momento del enterrado, se evita colocar por debajo de la tubería

3.1.2.9. Pretapado, relleno y afirmado de zanjas

Tubería matriz

El pretapado de tubería matriz se realizó con personal de apoyo, los cuales usaron palanas para tapan la zona de embone hasta 10cm por encima del lomo, se realizó con el fin de evitar que las tuberías se desembonen por dilatación, ya que al exponerse a la radiación solar sufren este proceso físico, y si no tiene una carga externa será más fácil que se corra la unión.

El tapado de tubería matriz se realizó con una excavadora de orugas, cuyo operario recibió la indicación de rellenar la primera cama de 30 cm encima del lomo del tubo con material suelto con el objetivo de evitar fallas por impacto (no piedras ni terrones que caigan agresivamente sobre el PVC), y en caso de tener terrones alrededor de la zanja, entonces debían aplastarlos y luego usarlo como material de relleno.

En las zonas donde se instaló solamente matriz se tapó la zanja completa, y luego en las zanjas que contenían matriz y submatriz compartida se taparon solo los primeros 30cm de profundidad de la zanja, de manera que la matriz quedaba enterrada y sobre ésta y a un costado se instaló la tubería submatriz que pasaba por dicha zona.

Se tuvo cuidado de no tapar las zonas de derivación por arco de riego y válvulas de aire, en el caso de arco de riego se dejaron 6 metros libres para poder alinear la instalación del arco de riego, y en el caso de la válvula de aire tan solo se dejaron 2 metros para poder instalar el collarín y los componentes de armado, estas últimas zonas fueron tapadas posteriormente por bobcats.

Figura 40: Tapado de tubería matriz y una zona dejada libre para instalar válvula de aire



Tubería submatriz

El pretapado de tubería submatriz se realizó con personal de apoyo, los cuales usaron palanas para tapar la zona de embone hasta 10cm por encima del lomo por las razones expuestas anteriormente.

El tapado se realizó con bobcats, cuyos operarios recibieron la indicación de rellenar la primera cama de 30 cm encima del lomo del tubo con material suelto (no piedras ni terrones), y en caso de tener terrones alrededor de la zanja, entonces debían aplastarlos y luego usarlo como material de relleno, los otros 50cm de relleno se realizaban con el material que hubiese alrededor.

Tubería lateral

En el caso de las tuberías laterales no se realizó pretapado, sino que se realizó el tapado directamente y con bobcats, cuyos operadores tuvieron la indicación de dejar caer el material de relleno lentamente de manera que no dañaran la tubería. Se dejaron libres sólo las zonas de los elevadores ya que la fundición del muñeco de concreto debía hacerse desde la tee que conecta el lateral con el elevador, posteriormente la zona aledaña al muñeco de concreto se tapó con personal de apoyo con palanas.

3.1.2.10. Bloques de anclaje

Es importante señalar que los anclajes deben colocarse siempre, aunque la tubería sea de campana con empaque de caucho o unión cementada, ya que los esfuerzos se presentarán independientemente del tipo de tubería utilizado. La función del anclaje es trasladar al terreno esos esfuerzos para evitar la falla de las tuberías y de los accesorios.

El cliente se encargó de ejecutar los bloques o dados de anclaje, por lo que se le dio recomendaciones a seguir, de acuerdo con la variación de accesorios, equipos y sentido de flujo en que soportarían la presión. Pero sobre todo se solicitó al cliente encofrar la mezcla de concreto para dados y anclar los dados 10cm por debajo de la base del accesorio y 10cm por encima del lomo del mismo.

Figura 41: Forma de anclaje recomendada según el accesorio y dirección de flujo

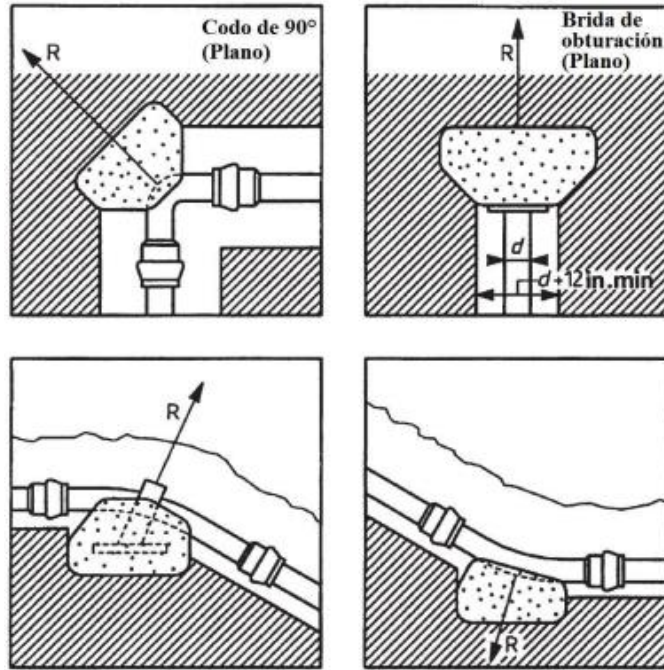


Figura 42: Forma de anclaje recomendada según el accesorio y dirección de flujo

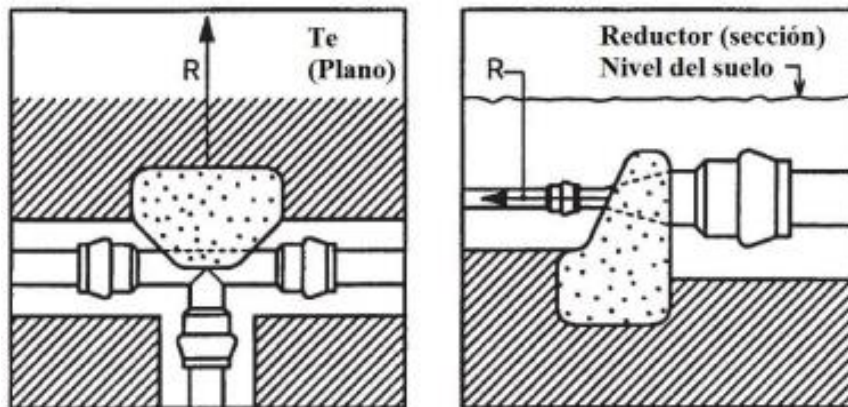


Figura 43: Forma de anclaje recomendada según el accesorio y dirección de flujo



Figura 44: Anclaje de concreto para tee de 160mm ejecutado por el cliente, la cual se observó por ser desuniforme y no tener la forma adecuada para proteger al accesorio



Figura 45: Anclaje de válvula hidráulica y purga de matriz



3.1.2.11. Construcción de elevadores reforzados en concreto (muñecos)

Los elevadores se instalaron siguiendo las siguientes indicaciones:

- Si el riego se haría en un solo sentido respecto al arco de riego, entonces el primer elevador se instaló a 10 metros de la submatriz, el siguiente a 20 metros de la submatriz y así sucesivamente.
- Si el riego se haría en dos sentidos (norte-sur) respecto al arco de riego, entonces el primer elevador de cada lado se instaló a 5 metros de la submatriz, el siguiente a 15 metros y así sucesivamente.
- Lo primero que se hizo fue marcar la tubería lateral con un plumón justo en la posición de instalación del elevador, luego se cortó la tubería lateral de 32mm en dicha posición con un arco de sierra, se limpió y se procedió a pegar la tee de 32mmx25mmx32mm, después se pegó el elevador de 25mm de diámetro y 80cm de alto (quedando 50cm por encima del suelo dada la profundidad de zanja), seguido del adaptador y bushing correspondiente para reducir de 25mm a 3/4" (diámetro de conexión del aspersor).

Una vez que se instalaron los elevadores, el Cliente se encargó de realizar la fundición de muñecos para reforzar al elevador, los muñecos fueron elaborados con concreto simple, para encofrar la mezcla usaron pedazos de tubería de PVC de 90mm de diámetro y 80cm de alto, dicho molde debió hacer que el elevador quede al centro de la circunferencia, de manera que éste quede abrazado externamente por el concreto, es preciso mencionar que se solicitó al

cliente que la fundición se realice desde la tee de 32x25x32mm que conectaba con la tubería lateral.

Para evitar que ingrese concreto dentro del elevador, se forró la boca de éste con cinta scotch.

Figura 46: Muñeco con cinta scotch en la boquilla, junto a una purga de tubería lateral



3.1.3. Trabajos en Cabezal

3.1.3.1. Equipo de bombeo

El equipo de bombeo del proyecto La Estación es abastecido mediante dos succiones fijas de 10" y dos manifold de acero de 12", desde la captación del canal hasta el cabezal, de donde el agua es impulsada por medio de 02 bombas que pueden alcanzar una potencia de 75HP de potencia y una velocidad de 3600 RPM, trabajan a 440V y 89 A de intensidad, alimentadas por corriente trifásica, éstas producen un Caudal máximo ($Q_{m\acute{a}x.}$) de 375m³/h a una presión aprox. de 3.4 bares.

En cuanto a la instalación de las bombas, esto se supervisó e instaló de la siguiente manera:

- Lo primero que se verificó antes de recibirlas fue que las bombas coincidieran con las condiciones solicitadas por el área de diseño; las mismas que están especificadas en la ficha técnica de SAER Ecuador (proveedor de las bombas): nombre de la bomba (NCB 100-200B (191)), potencia (75HP), Q_{máx.} y presión (375m³/h a 3.4 bar), diámetros de entrada y salida (5" y 4" respectivamente), voltaje y corriente de trabajo (440V a 89A), velocidad (3600RPM), diámetro del impulsor (191mm), material de fabricación.
- Se verificó que la bomba no tuviera daños o desperfectos externos.
- Se verificó que el eje del acoplamiento entre bomba y motor girara sin problemas.
- Se verificó que el NPSH disponible fuera mayor que el NPSH requerido por la bomba, para lo cual se comprobó lo siguiente: la altura de la bomba entre la base y su eje debía ser 200mm (según la ficha técnica), la altura entre el eje de la bomba y el NPT (nivel de piso terminado) del centro de control debía ser 50cm, la altura entre la corona del canal de SENAGUA y el NPT del centro de control debía ser de 30cm, y lo que inicialmente ya se había comprobado fue la profundidad del canal de SENAGUA (3.4 mts) y el nivel mínimo de su tirante; el cual es 1.4 mts medido desde la base del canal, para estas mediciones ingresaron dos personas de apoyo que sabían nadar con chaleco salvavidas y un tubo de PVC de 3.5 metros con marcas de plumón indeleble cada 0.5 metros.
- Debido a un retraso en la ejecución de las obras civiles, se procedió a instalar las bombas con sus respectivas bases de fierro fundido, anclándolas con pernos de expansión y contratueras, de manera que se dejaron a la altura correspondiente al plano (25cm) y luego fueron rellenadas de concreto.
- Finalmente, luego de tener su base de concreto fraguada y antes de hacer la puesta en marcha del sistema, se procedió con la alineación láser, la cual fue realizada por SAER Ecuador, empresa proveedora de las bombas.

Figura 47: Dimensiones de la bomba según la ficha técnica de SAER

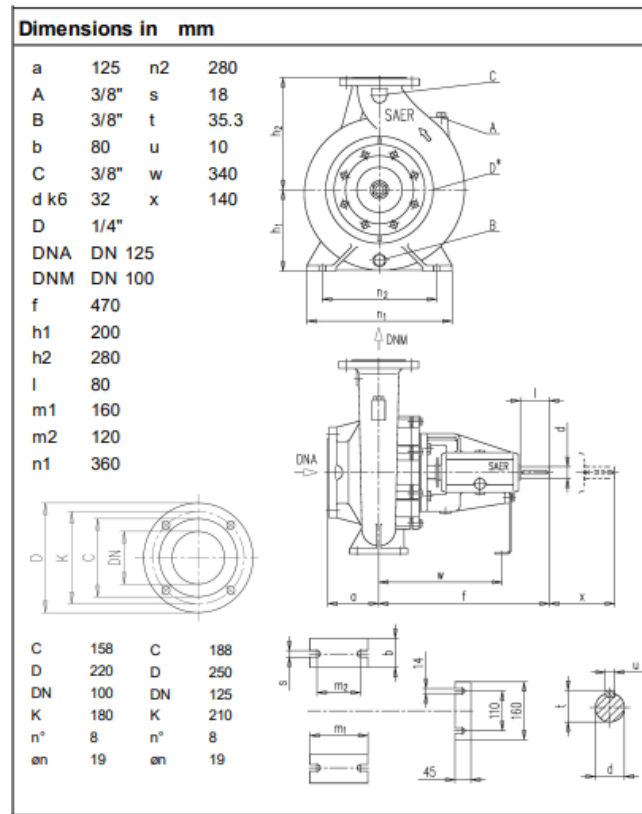


Figura 48: Proceso de instalación de la bomba centrífuga



Nota: En este caso debido al retraso para hacer la base de concreto, se tuvo que adelantar la colocación de la bomba, fijando la base de fierro con contratuercas y pernos de expansión

Figura 49: Bombas centrífugas NCB 100-200 75HP instaladas



En cuanto a la instalación de los instrumentos aguas arriba y aguas abajo de las bombas, se tuvieron las siguientes consideraciones:

- Se limpió internamente toda la tubería de fierro para evitar que se acumulen impurezas, con especial cuidado en la tubería aguas debajo de los filtros de malla de 10", esto debido a que la turbina del medidor de caudal es de contador tipo "woltman" y ocupa la sección de paso del agua, si se golpeará con impurezas podría dañarse y/o alterar la información.
- En cada tubería de succión de las bombas se instalaron: una válvula de pie de 10" (Check), 01 válvula mariposa de 10" para cerrar el paso del agua en caso haya que hacer mantenimiento a la bomba y 01 válvula de bola (llave de paso) para poder realizar el cebado. Se verificó que cada instrumento coincida en diámetro con lo requerido por el área de diseño de Corande, además se probó que la apertura y cierre no presente inconvenientes para su accionamiento. En el caso de la válvula de bola se colocó 10 vueltas de teflón en el hilo de enrosque.
- En la descarga de las bombas se instaló 01 válvula de aire de 2" en la parte más alta de la fierriería de descarga, ésta sirve para eliminar el aire atrapado en esa zona cada vez que se llene de agua la tubería, y también tiene como función permitir el ingreso de aire una vez que se drene la tubería, de manera que ésta alcance la presión atmosférica y se evite así cavitación o colapso; además fue instalada con 01 válvula

esférica (o de bola) en la zona inferior; de manera que cuando se quiera hacer mantenimiento se cierra. Se verificó que el flotador interno de la válvula de aire se desplace sin problemas, además se subió el flotador haciendo presión con la mano y soplando del otro lado de la válvula para verificar si sella bien la entrada de aire o no. Para el caso de la válvula de bola, se verificó que apertura y cierra sin problemas y se colocó 20 vueltas de teflón antes de enroscarla con la válvula de aire.

- En la descarga de las bombas también se instalaron: 01 manómetro de 1/4", 01 válvula mariposa de 8", 01 válvula dúo-check de 8", 01 válvula mariposa de 10" en c/u de las 03 salidas del manifold de ingreso a los filtros de malla; con la finalidad de cerrar la válvula del filtro al que se va a realizar limpieza manual, además 01 manómetro de 1/4" aguas arriba y aguas abajo de cada filtro.
- Aguas abajo de los filtros de malla se instalaron: 01 válvula mariposa de 10", 01 medidor de caudal acumulado de 12" (contador woltman "Turbo-Bar-M" con registrador magnético de la marca Bermad), y 01 válvula check de 12" antes del empalme entre la fierriería de descarga y la conducción de PVC.
- En cada empalme bridado se verificó que el diámetro y largo de los pernos fueran los adecuados para asegurar bien las uniones, para asegurarlos se usaron 02 llaves de cadenas y llaves mixtas de diversos tamaños, siendo las más comunes las llaves #24 y #28.

Figura 50: Válvulas de pie de 10" (check) que fueron sumergidas en el canal



Figura 51: Cabezal de riego de la Hacienda La Estación donde se pueden observar los instrumentos antes descritos



3.1.3.2. Equipo de filtrado

En La Estación, los filtros utilizados son para las condiciones normales de agua, con un contenido de sólidos en suspensión menor a 50 partes por millón (ppm) (es obligación del cliente garantizar que el agua de la fuente cumpla con este requisito). Se usaron 03 filtros de malla no corrosiva de 250 micras, serie FML 4000 de 10” de diámetro de la marca JAVI de Israel, con lavado manual.

En cuanto a la instalación de los filtros, esto se supervisó e instaló de la siguiente manera:

- Se inspeccionó que las características de los filtros coincidan con lo solicitado por el área de diseño de Corande, por ejemplo: los filtros debían ser de 10” de diámetro y de tipo “L”; de manera que encajen con la estructura de fierro armada para la entrada y salida de agua de éstos, los 3 filtros debían tener la malla y ésta debía ser de 250 micras, las bridas de conexión debían ser de 10”.
- Antes de instalar los filtros se instaló una válvula mariposa de 10” en la descarga de cada filtro.
- La instalación de los filtros se hizo con un caballete armado de tubos de 2” de fierro galvanizado al cual se enganchó un tecele que finalmente cargó cada filtro hasta bridarlo por completo a la fiertería.
- Una vez colocados los filtros se inició la puesta de pernos en las bridas y el ajuste, verificando a la par que se ajustaba que la nivelación de cada filtro fuera correcta, para esto se usó un nivel de mano.
- Finalmente se instaló una válvula de bola con el objetivo de realizar el desfogue de agua antes de retirar la malla para su respectivo lavado.

Figura 52: Instalación de los filtros de malla con el caballete de fierro



Nota: Se puede apreciar una boca de 2" de diámetro en la zona de los filtros ubicada arriba del manifold, en cada boca se instaló una válvula de bola con un desfogue de PVC de 2", el propósito de esa instalación es que cada vez que se necesite lavar la malla interna del filtro, entonces se cerrará la válvula mariposa correspondiente y se abrirá la válvula de bola, de manera que el agua que quede contenida dentro del filtro sea expulsada por el desfogue de PVC de 2".

3.1.3.3. Equipo de Fertilización

El equipo de fertilización del proyecto, es un set manual, que cuenta con dos tanques de almacenamiento de 1,100 litros. Para la inyección se consideró una bomba MULTI-H 405 XV-T/6 INOX 316 de 3HP que trabaja con corriente trifásica de 440V y motor de arranque directo, material de acero inoxidable para las conexiones de succión y descarga, esta bomba es común para ambos tanques con una inyección de hasta 4000 litros, se consideró además un medidor de caudal instantáneo y válvulas de ajuste de ratio de dosificación para el punto de inyección.

En cuanto a la instalación del equipo de fertilización, esto se supervisó e instaló de la siguiente manera:

- Se verificó que la bomba de inyección de fertilizante sea la MULTI-H 405 XV-T/6 INOX 316 de 3HP de potencia, se verificó que el material de conexión en succión y descarga sea de acero inoxidable AISI 316 y que trabaje con una tensión de 440V trifásico y motor de arranque directo.
- Se verificó que las tuberías PVC de conexión a la bomba sean de presión nominal

igual a 1MPa.

- El encendido y apagado de la bomba es manual y controlado desde el tablero de control de uso independiente para ésta.
- Se verificó que las obras civiles para el equipo de fertilización (bases de concreto para bomba y tanques, y plataforma para echado y mezcla de fertilizantes) se hayan realizado respetando el plano de instalación de Corande.
- La toma de agua para abastecimiento de los tanques se instaló en la fierreteria de 12" ubicada después del manifold aguas abajo de los filtros y estuvo conformada por: 01 unión simple de fierro de 2" cédula 40 que se soldó a la fierreteria habiendo cortado previamente una circunferencia de 2" de donde saldría el agua hacia los tanques, también se requirió 01 válvula oblicua tipo pistón de 2" marca PLASSON, la cual se incluyó con el fin de abrir, regular o cerrar el paso de agua hacia los tanques. Finalmente, la toma de agua incluyó 01 válvula oblicua para cada tanque ubicada 50cm antes del ingreso por la parte superior, éstas se instalaron con el objetivo de controlar el llenado independiente y también para labores de limpieza.
- La instalación de la salida para mezcla de fertilizantes de los tanques estuvo conformada por: 01 válvula oblicua y 01 filtro plástico de 2" de entrada y salida, con malla de 130 micras.
- La instalación de la bomba de fertilización se realizó primero anclando la bomba a la base de concreto con pernos de expansión, luego se instalaron las 02 válvulas oblicuas de 1 1/2", una en la succión y una en la descarga, aguas abajo de la válvula oblicua de la descarga se instaló el caudalímetro instantáneo y luego de éste una tee que derivaba en un manómetro por un lado y en una válvula de bola de 1/2" que se abriría en caso se quisiera hacer limpieza de los accesorios e instrumentos.
- Por último, se verificó que la bomba y las tuberías de conexión estén correctamente nivelados, para ello se usó un nivel de mano.

Figura 53: Instalación del equipo de fertilización



Nota: Se puede apreciar los 02 tanques de almacenamiento y mezcla, con las tuberías de abastecimiento de agua, que ingresan por la parte superior, además se observan las salidas compuestas por 01 válvula oblicua y 01 filtro de malla c/u.

3.1.3.4. Equipo de automatización

La automatización del sistema de riego del proyecto La Estación utilizó el sistema de control de riego DREAM 2 de la marca Talgil, con programador con señal vía radio-frecuencia, donde el programador envía una señal a través de su antena máster (ubicada a 130 metros de ésta) hacia una antena RTU (Unidad Terminal Remota) ubicada en el campo (la cual puede manejar hasta 8 salidas y 4 entradas digitales), y ésta a su vez envía un pulso de energía (01 salida) desde su fuente de energía (comúnmente pilas alcalinas) hacia el solenoide DC latch, activándolo. Los solenoides son los encargados de pasar de señal eléctrica a hidráulica, y así poder operar la válvula hidráulica mediante un relé hidráulico “galit”.

En cuanto a la instalación del equipo de automatización, esto se supervisó e instaló de la siguiente manera:

- Primero se instaló el controlador DREAM 2 dentro del centro de control, y luego se instaló y sujetó a la RF INTERFACE (que efectúa la coordinación entre la MÁSTER y el DREAM 2) dentro del controlador.

- Luego se encontró una ubicación adecuada para colocar el polo de la RF MÁSTER, la cual fue ubicada e instalada a 130 metros del DREAM en una zona bastante elevada y con vista al campo de siembra.
- Luego se procedió a instalar las 14 antenas RTU'S comunicadas por radio frecuencia.
- Luego se procedió a configurar el DREAM 2, introduciendo algunas definiciones por medio de las cuales el DREAM es informado acerca de los detalles del sistema RF. Para el caso de La Estación, se configuró 01 sólo CANAL, el cual es reconocido mediante la dirección de su INTERFACE RF, y contiene 01 RF MÁSTER y 14 ANTENAS RF RTU. También se definió la tasa de escaneo, la cual es el tiempo en que el DREAM intercambia información con las RTU, en La Estación se configuró en 2.5 segundos (lo cual permite comunicación hasta con 15 antenas RTU), de manera que, por ejemplo, si uno se para junto a la RTU y escucha 02 bips seguidos en un intervalo de 10 segundos, significa que hay falta de comunicación con la MÁSTER, y si se escucha 03 bips en ese mismo intervalo de tiempo, entonces es indicativo de pila baja (en el DREAM se observará una "B" debajo de la antena con esa característica).

Figura 54: Configuración del canal, número de interfases RF, dirección y tasa de escaneo

HARDWARE DEFINITION	
Interface card type	Quant.
DC I/O interface	2
AC I/O interface	0
4 wired RTU int.	0
2 wired RTU int.	1
RF RTU interface	1
Line int SyncBUS	0
Analos I/O interface	0

HARDWARE DEFINITION DETAILS					
	Adr	1	2	3	4
IntDC	1	16:8	-	-	-
IntDC	2	16:8	16:8	-	-
Int20	3				
IntRF	4	10.0			

Declaración del número de interfases RF

La dirección de la interfase RF

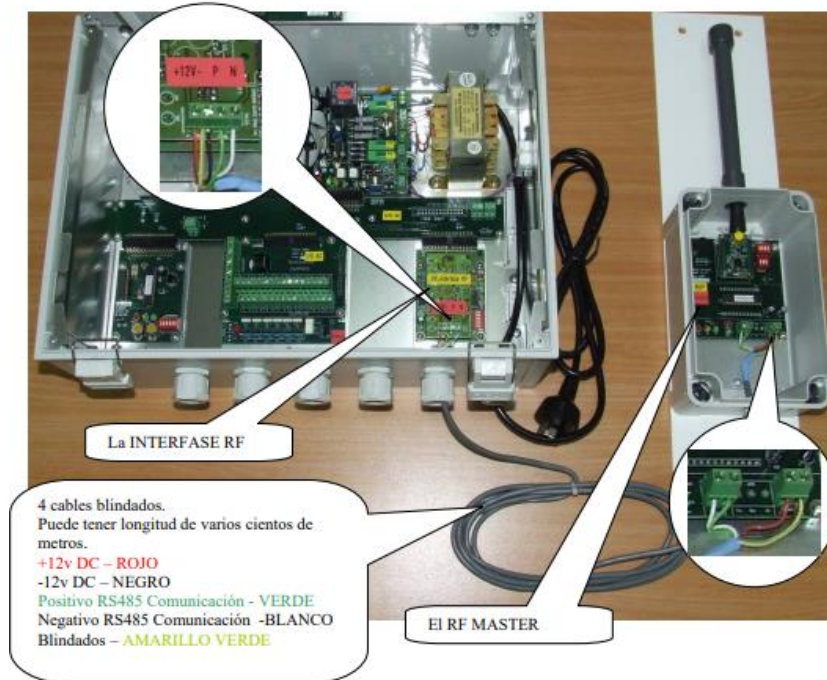
Tasa de escaneo 10 seg.

- Luego se procedió a realizar la conexión entre el DREAM 2 y la RF INTERFACE (conectadas por medio de pines) y entre la RF INTERFACE y la ANTENA MÁSTER, esta última conexión estuvo dada por un cable blindado de 4 conductores (rojo, negro, verde y blanco); los conductores rojo y negro aportan la potencia (12v DC) y los conductores verde y blanco aportan la comunicación, en ambos casos la polaridad es importante. Los conductores verde y blanco (receptor/transmisor) tienen un código de cable RS485, el cual se compró al proveedor como cable de dos hilos NYN, que es doble, recubierto y es adecuado para tender en forma subterránea, con

un grosor de 1,5 mm² y una longitud de 130 metros.

Figura 55: Cableado entre el DREAM-INTERFACE-MÁSTER

Cableado entre el DREAM – INTERFASE RF (interno) y el RF MASTER



- Luego se realizó la configuración de la INTERFACE RF y la ANTENA MÁSTER. En cuanto a la INTERFACE RF, la única configuración que se requirió fue la fijación de la dirección por la cuál es reconocida por el DREAM, ésta se determina mediante los interruptores DIP y fue la misma que la dirección definida en el controlador DREAM. En cuanto a la configuración de la MÁSTER, el objetivo de ésta es seleccionar el canal RF CHANNEL utilizado, habiendo 16 canales disponibles para elegir. La selección de canal tuvo en cuenta los canales ya utilizados por sistemas vecinos. La selección del canal RF se realizó con el interruptor DIP S1 (frecuencia).

Figura 56: INTERFACE RF con interruptor DIP S1



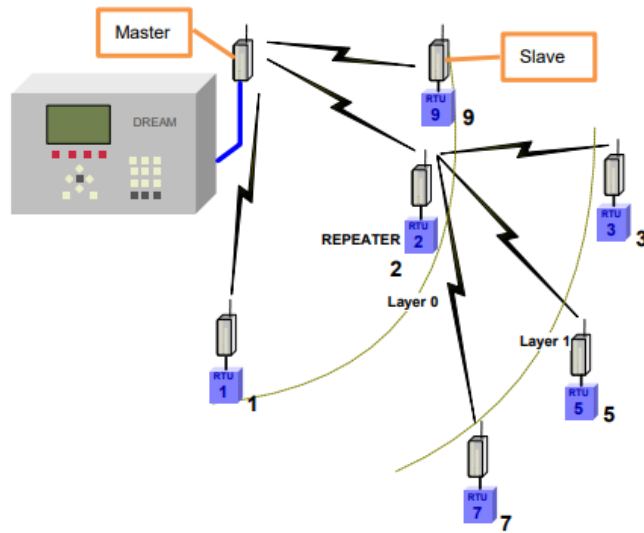
- En el campo, cada RTU BASE y RF ESCLAVA (componentes de la ANTENA RF RTU) fueron instaladas juntas dentro de una caja y en un polo, dicha caja se ubicó aproximadamente a 1.2 metros por sobre el suelo. En este caso la conexión entre la RF ESCLAVA y la RTU BASE también se hizo con un cable blindado de 4 conductores (cable apantallado de 4Hx22). La antena de cada RF RTU se instaló en lo más alto de ésta, los soportes de la RF RTU son tubos de fierro galvanizado de 2” de diámetro y se sujetaron a éstos los componentes con abrazaderas metálicas. Las antenas se instalaron en ubicaciones que permitían tener una línea de visión clara entre la ANTENA MÁSTER y éstas, pero dada la topografía de La Estación, se tuvieron que configurar 3 antenas RF RTU como REPETIDORAS (antenas 9, 11 y 14), en beneficio de sus vecinos.
- Luego se realizó la configuración de las RF RTU BASE de las 3 antenas repetidoras, de la sgte. manera (ver páginas 29 y 30): se fijó “SW3” del tablero de la RTU BASE en un valor distinto de cero, convirtiendo la RF RTU en REPETIDORA, y el valor de “SW3” representó el número de RTU’s que usan los servicios de la REPETIDORA, en el caso de La Estación fueron 3. Luego se fijó “SW2” para definir el nivel específico al que pertenece cada RTU, los RTU’s que se comunican en forma directa con la MÁSTER (sin utilizar una REPETIDORA) pertenecen al nivel "0", los

RTU's que funcionan como REPETIDORAS también pertenecen al nivel "0", y sólo los RTU's que están comunicados a través de REPETIDORAS son considerados como pertenecientes al nivel "1". Se tomó en cuenta que cada unidad del nivel "0" ocupa una dirección simple, pero aquellas que pertenecen al nivel "1" ocupan 2 direcciones, por lo tanto, se saltó la dirección inmediatamente posterior a ese tipo de RTU's.

SW2- Define el nivel al que pertenece el RTU específico. Normalmente estará fijado en "00", sólo para los RTU's que se comunican por medio de REPETIDORA será fijado en "10". SW3- Define el número de RTU's que están usando la unidad actual como su REPETIDORA, por lo tanto, cuando se fija a un valor distinto de cero, se indica que la unidad actual es una REPETIDORA. El número es expresado en notación binaria (ver el apéndice acerca de conversión binaria a decimal). Para todos los RTU's que no son repetidoras, SW3 debe estar fijado en "0". En el ejemplo de arriba el RTU No 2 es una repetidora para 3 unidades por lo tanto el interruptor SW3 del RTU No 2 debe estar fijado en 3.

En la Figura 57 se puede ver que hay 3 unidades que están usando al RTU # 2 como REPETIDORA, esas unidades pertenecen al nivel "1" mientras que la REPETIDORA y los otros RTU's pertenecen al nivel "0". Las unidades que se comunican por medio de la REPETIDORA tienen direcciones "3", "5" y "7" y las "4", "6", "8" son saltadas, no pueden ser utilizadas.

Figura 57: Modelo de hardware de automatización instalado en La Estación



Nota: Se puede observar el orden de comunicación “Dream2-Máster-RTU” y “Dream-Máster-Repetidora-RTU’s”.

Figura 58: Vista interna de un programador DREAM 2

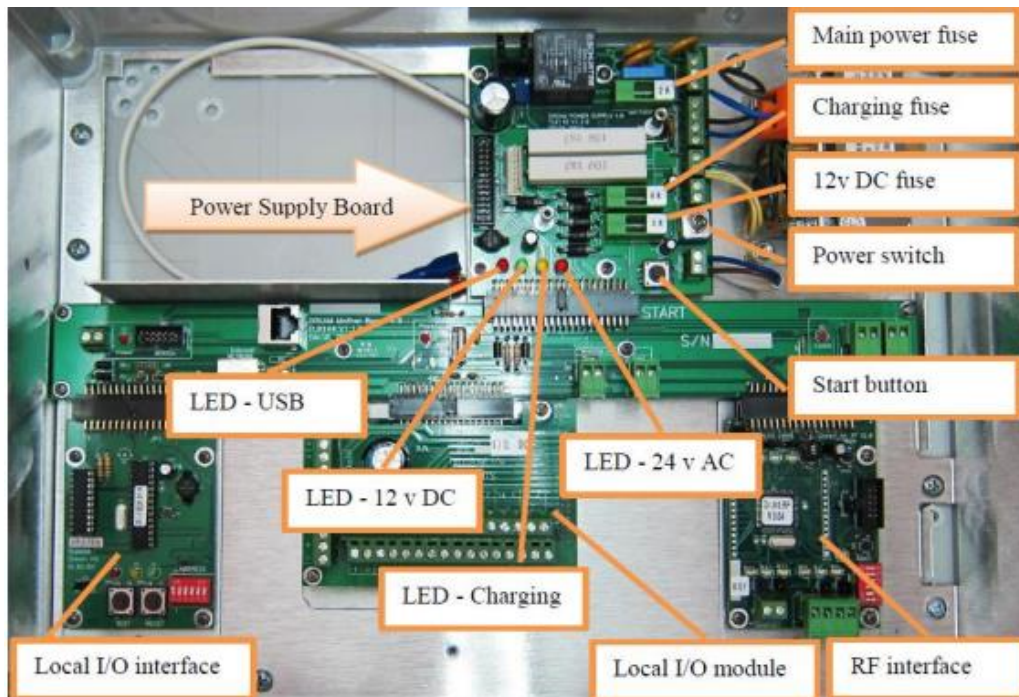


Figura 59: Antena máster ubicada en la zona más alta cercana al Cabezal



Figura 60: Antena RTU repetidora con regleta de solenoides DC latch 12V



Requerimiento de energía para el centro de control

Tabla 12: Condiciones de requerimiento de energía solicitada al cliente para la puesta en marcha del sistema de riego

MODELO DE BOMBA	POTENCIA DE BOMBA (HP)	CANTIDAD DE BOMBAS (UND)	POTENCIA TOTAL (HP)	VOLTAJE (V)	TIPO DE ARRANQUE	OBSERVACION
SAER NCB 100-200 B	75.0	2.0	150.0	440 - trifásico	ESTRELLA - TRIANGULO	Bombas de riego de Equipo
MULTI-H 405	3.0	1.0	3.0	440 - trifásico	DIRECTO	Bomba de fertilización
Total, de Potencia para el Proyecto (hp)			153.0			

Nota: El cliente es responsable de instalar una salida 220v monofásica, para luminarias, tomacorrientes, y para la conexión al Dream que consume como un foco de 100w.

La fabricación de los tableros de energía los realizó la empresa Acero Comercial Ecuatoriano S.A., a quien se solicitó componentes y características específicas para cada tablero, las cuales fueron supervisadas al momento de la entrega y además se solicitó su presencia en la puesta en marcha, de manera que pudiera solucionarse lo antes posible.

Condiciones solicitadas y verificadas antes de instalar el tablero de control de las bombas de riego

- El arranque debe ser para 02 bombas de riego que trabajan en paralelo.
- Debe tener selector “manual-automático”
- Tipo de arranque es estrella-triángulo para potencia máxima de 75HP.
- Debe tener mando a distancia con micro relé de mando a 24V AC, sin fuente de 24V.
- Debe tener control de nivel de agua en la fuente, por sensor de electrodo tipo péndulo.
- Debe tener horómetro.
- Debe tener relé térmico de protección contra sobre corriente (ligado a la potencia del motor).
- Debe tener ventiladores.
- Debe tener los siguientes indicadores en la puerta del tablero: voltímetro más selector de línea (dado que la corriente es trifásica te permite ver el voltaje en cada fase), 01 amperímetro por cada motor, 01 horómetro por cada motor, lámparas de funcionamiento por cada motor y lámparas de falla por: bajo nivel de agua, sobrecarga del motor y falta de fase.
- El tablero trabaja con controlador DREAM 2.

Condiciones solicitadas y verificadas antes de instalar el tablero de control de la bomba de inyección de fertilizante

- El arranque debe ser para 01 bomba multi H de inyección de fertilizante.
- Debe tener selector “manual-automático”
- Tipo de arranque es directo para potencia máxima de 3HP.
- Debe tener mando a distancia con micro relé de mando a 24V AC, sin fuente de 24V.
- Condiciones de arranque: sólo está habilitada cuando la bomba de riego funciona, de otra manera no debe arrancar.
- Debe tener horómetro.
- Debe tener relé térmico de protección contra sobre corriente (ligado a la potencia del motor).
- Debe tener ventiladores.
- Debe tener los siguientes indicadores en la puerta del tablero: voltímetro más selector de línea (uno general), 01 amperímetro para el motor principal, horómetro, lámparas de funcionamiento y lámparas de falla por: bajo nivel de agua, sobrecarga del motor

y falta de fase.

Figura 61: A la derecha se observa el tablero de control de las dos bombas de riego, al medio se encuentra el tablero de control de la bomba de fertilización y a la izquierda el DREAM 2



3.1.4. Puesta en marcha de la red de riego, del sistema de fertilización y de automatización

3.1.4.1. Puesta en marcha de la red de riego

El proceso se inició con la verificación de la instalación tanto en el aspecto electro-mecánico como en el aspecto hidráulico. En el primero se verificó si la tensión de alimentación coincidía con la requerida por los motores (440V) y si se disponía de suficiente carga instalada (según el manual de operaciones de Corande la tensión disponible no puede diferir de la requerida en +/- 5% y la intensidad de corriente no debe diferir en +/- 5% de la requerida según la placa del motor y además entre bombas tampoco debe haber una variación >5%), para este caso la tensión disponible fue de 423V. Luego se verificó junto a la empresa ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A. (proveedor de los tableros eléctricos) si las conexiones eléctricas eran las correctas, siendo importante entre éstas verificar que no existan falsos contactos, que el relé térmico del tablero haya sido regulado según el dato de consumo de amperaje del motor; ya que un exceso de consumo de amperaje puede causar daños al motor, se supervisó que el orden de conexión de cables de alimentación entre el

tablero y la caja de borneras del motor coincida para un arranque de tipo “estrella-triángulo”, y por último se verificó que la conexión de aislamiento “pozo a tierra” se haya ejecutado. Posterior a estas verificaciones, se dio un encendido manual al sistema, de pocos segundos, para verificar si el sentido de giro del motor era el correcto (hay una flecha en la parte frontal de la bomba que indica el sentido de giro). En la parte hidráulica, se supervisó que la bomba estuviera cebada, para lo cual se llenó de agua la fierreteria de succión (por medio de la válvula de bola ubicada aguas arriba de la bomba) hasta que rebalse de agua la válvula de bola, además se verificó que las válvulas de desfogue de la matriz del turno más lejano estuvieran abiertas, como también que todas las válvulas de aire estén operativas.

Figura 62: Tensión de alimentación al momento de la puesta en marcha = 423V



Es así como se dio luz verde al encendido de las bombas, soltando el agua a la red lentamente mediante el control de apertura de la válvula mariposa que está después del filtro, el objetivo de abrir parcialmente esa válvula mariposa es ubicar a la bomba en el punto medio de su curva de operación, reduciendo su caudal; de manera que el llenado de la tubería fue lento al igual que la velocidad de flujo, lo mismo que redujo el riesgo de rotura de tuberías por golpe de ariete y de sobrepasar el amperaje de operación de la bomba. En este proceso fue importante observar la presión en el manómetro aguas debajo de los filtros de malla, la cual

no debía superar la presión que corresponde al turno.

Figura 63: Placa de motor, se puede observar que para la tensión de 440V que requiere el motor, la intensidad de corriente correspondiente debe ser 89A



Figura 64: Lectura de los medidores de tensión e intensidad de corriente de las dos bombas de riego una vez encendido el sistema, se puede observar que el amperaje entre bombas es casi el mismo



Figura 65: Suciedad que se acumula dentro del filtro en apenas 20 minutos, tiempo en el que entre la entrada y salida de filtros se puede observar una pérdida de carga de 2 bares



3.1.4.2. Lavado de redes e instalación de aspersores

El propósito del lavado de redes es remover y expulsar las impurezas que haya dentro de las tuberías, esto se debe realizar antes de la colocación de aspersores y posterior a una ruptura de tubería donde hayan ingresado impurezas a las redes. Las impurezas pueden ser la tierra del campo, restos de teflón, pegamento, lubricante puesto en exceso, y en curiosos caso podría ser algún pequeño animal que quedó atrapado en la matriz ya que no sea taponeo oportunamente. Para hacer posible el lavado se requirió: la fuente de agua con el permiso de uso habilitado, energía eléctrica, 1 supervisor, 1 técnico instalador, 1 técnico eléctrico y 03 personas de apoyo, cada uno contó con una radio motorola para las coordinaciones.

Figura 66: Presión de descarga a 5.2 bar en el lavado de redes



Lavado de red matriz

El lavado de matriz en La Estación se hizo respetando el orden de los turnos y sus respectivas presiones de trabajo, abriendo las válvulas de purga de matriz que corresponden a cada turno antes de dar encendido a las bombas, empezando por el turno más cercano al cabezal hasta llegar al más lejano. Se buscó ante todo una buena velocidad de flujo, de manera que arrastre las impurezas hasta expulsarlas por las válvulas de purga. En algunos casos estando todas las válvulas de purga abiertas, no se alcanzó buena velocidad de arrastre, lo cual se reflejó por un alcance de chorro de salida corto, por ello se tuvo que cerrar temporalmente una válvula de purga hasta que se limpie bien esa zona de la matriz y luego se procedió a abrir la válvula de purga faltante y cerrar otra (en ese orden para no aumentar demasiado la presión del sistema), para de esa manera garantizar un correcto lavado. El lavado por turno duró alrededor de 30 minutos, se detuvo el lavado una vez que no salieron más impurezas por las válvulas de purga, para esto se colocó un recipiente blanco por debajo de la purga, de manera que se pudiera observar el grado de impurezas dentro del recipiente.

Figura 67: Purgado de matriz junto a recipiente de control de impurezas



Tabla 13: Presiones que se respetaron en el lavado de redes por turnos

Archivo : LA ESTACION V10-IRRICAD.dez				
Bomba: SAER NBC 100-200 3500rpm 191mm				
Turno	Succión	Presión (m)		Caudal (m3/h)
		Descarga	Dinámica Total	
1	-2.56	49.66	52.22	197.53
2	-2.56	50.65	53.22	187.72
3	-2.56	50.41	52.98	190.16
4	-2.56	49.05	51.61	203.14
6	-2.56	48.27	50.83	210.08
Bomba: SAER NBC 100-200 3500rpm 191mm				
Turno	Succión	Presión (m)		Caudal (m3/h)
		Descarga	Dinámica Total	
1	-2.57	49.66	52.24	197.38
2	-2.57	50.66	53.23	187.59
3	-2.57	50.42	52.99	190.02
4	-2.58	49.06	51.63	202.98
6	-2.58	48.27	50.85	209.91

Lavado de red submatriz

El lavado de estas tuberías se realizó antes de automatizar el sistema y un solo turno a la vez, por lo que antes de proceder a encender las bombas se procedió a colocar los tapones al final de las tuberías laterales (para no perder presión), luego se procedió a abrir los desfogues de submatriz del turno correspondiente, y también se abrieron las válvulas hidráulicas de dicho turno, para lo cual se colocó en posición “auto” la perilla de la válvula de 3 vías y en posición

#3 la perilla del galit conectado a cada válvula, procediendo a la apertura manual una vez encendidas las bombas. La cantidad de desfogues abiertos varió de acuerdo a la presión de chorro con que salía el agua, procediendo a cerrar algunos para alcanzar una buena velocidad de arrastre de impurezas, estos desfogues luego serían abiertos para proceder con el lavado de la zona aledaña a ellos. El tiempo aproximado de lavado por turno fue de 10 a 15 minutos dada la topografía de la zona de siembra.

Lavado de laterales y elevadores

Antes de iniciar se verificó que todos los desfogues de submatriz estuvieran cerrados, además que los tapones de terminales de línea lateral hayan sido retirados.

Una vez verificado eso se procedió a encender el sistema. Luego de 10 minutos se fueron colocando tapones de final de línea a todos los laterales, de manera que se ganaba presión en el turno y empezaban a lavarse los elevadores que conectan el lateral con los aspersores, esta operación duró 5 minutos desde que se terminó de colocar el último tapón.

Figura 68: Lavado de laterales de riego de 32mm



Figura 69: Muñeco con aspersor tavlit 920 instalado



Figura 70: Regulador de presión Senninger PRL35 utilizado los lotes 44.2, 37, 13.2, 15 y 16 de La Estación



3.1.4.3. Reparaciones en tubería matriz

Figura 71: Fuga de matriz



En La Estación se sufrieron algunas fugas en matriz, en la imagen presentada se puede observar que no se embonó correctamente el niple en la zona inferior derecha, y en la fuga de la zona superior se visualiza que se forzó el ingreso del accesorio en mala dirección. El proceso de reparación consistió en primeramente apagar el equipo de riego, luego abrir las purgas de matriz para desfogar el agua contenida en la matriz, seguidamente se descubría la zona de fuga y se procedía a cortar la tubería dañada y/o a retirar los accesorios dañados. Luego se colocaron las 02 uniones de reparación a cada extremo y/o el accesorio de reemplazo, y se midió el tramo de tubo PVC a instalar, en caso fuera necesario se utilizaba 01 tubo completo.

3.1.4.4. Configuración y calibración de válvulas hidráulicas

La configuración de las válvulas hidráulicas se hizo respetando el diseño establecido por el área de diseño de Corande. La válvula a utilizar fue la válvula hidráulica NC con galit NO - serie 75 PR/RC, piloto red. 29-100, que significa por su denominación que debía configurarse para operar como reductora de presión con control remoto. La válvula hidráulica se configuró para trabajar “normalmente cerrada” y el relé hidráulico que la gobierna debía trabajar “normalmente abierto”. Es preciso señalar que si se presentan problemas por una gran diferencia de cotas entre la regleta de solenoides y la válvula hidráulica, se deben consultar las soluciones propuestas en los anexos 1 y 2.

Figura 72: Arco de riego instalado en La Estación



Nota: La imagen corresponde a un arco de riego de La Estación, se puede observar como el microtubo de 8mm que viene desde la regleta de solenoides, está desconectado. Se observa además que el puerto cámara del galit (nivel medio izquierdo) está conectado al puerto “auto” de la válvula de 3 vías y ésta a su vez conecta con la cámara de control de la válvula hidráulica. Se puede observar también que se conectó el puerto venteo del galit (nivel inferior de éste) con el puerto cámara del piloto 29-100 y por último se conectó el puerto presión del galit (nivel medio derecho) con el puerto presión del piloto 29-100 a través de una tee de 8x8x8 mm que a su vez conecta aguas arriba de la válvula.

Posterior a la configuración de las válvulas, y a la par que se realizaba el riego por turnos, se aprovechó en calibrar las válvulas hidráulicas. Para ello se utilizó el reporte de presiones enviado por el área de diseño, y como herramienta se usó una llave mixta #14, con la cual se aflojó el tornillo de la zona superior del piloto hasta reducir la presión aguas abajo hasta llegar a la de diseño.

Figura 73: Calibración de presión aguas abajo con piloto 29-100



3.1.4.5. Puesta en marcha de sistema de fertilización

Operación de la bomba de inyección de fertilizante

Las bombas de inyección se encargan de bombear fertilizante diluido y filtrado hacia el sistema. La inyección de fertilizante se logró enviando la mezcla de fertilizante a una presión superior a la presión del sistema de riego. Las bombas están calculadas en base a las necesidades de inyección proporcionadas por el usuario. Los valores sugeridos por los fabricantes proporcionan una guía útil, sin embargo, para asegurar que las cantidades recomendadas están siendo aplicadas en las concentraciones deseadas, se debe calibrar la bomba de inyección en el sitio.

Para iniciar la inyección de fertilizante, se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

- 1) El equipo de riego debe estar operando. Para esto el tablero tiene un mecanismo de seguridad con el cual, la bomba de inyección no puede operar si el equipo de riego no se encuentra encendido.
- 2) Asegurarse de abrir la válvula del tanque del cual se requiere succionar la solución

de fertilizante.

- 3) Asegurarse de contar con el filtro de fertilización limpio.
- 4) Asegurarse de que la bomba de inyección se encuentre cebada, es decir sin aire en la tubería de succión. Para ello, nos podemos ayudar primero de los puntos de prueba ubicados en la parte superior de los filtros de malla a la salida de los tanques de fertilización, para lo cual se desenroscó cuidadosamente la tapa para que evacúe el aire hasta que botó un pequeño chorro de agua. Luego, para cebar la bomba, se abrió la válvula de purga ubicada en la descarga de la bomba de inyección, luego se accionó la bomba por un pequeño lapso de tiempo hasta que salió agua por dicha purga.
- 5) Dar inicio al encendido de la bomba de inyección, luego de eso y mediante la válvula de recirculación de la bomba, regular el caudal de inyección requerido el cual puede ser visualizado en el medidor de caudal instantáneo.

Figura 74: Bomba de inyección MULTI-H 405 con conexiones de recirculación (válvula oblicua), inyección y medidor de caudal instantáneo



Nota: Antes de encender la bomba se verificó que los filtros estén limpios, luego se abrió la válvula de bola de ½” de color blanco que se puede apreciar en la parte superior de la figura, una vez que estuvo abierta y se encendió la bomba; se evacuó el aire que estuvo atrapado en la tubería. Una vez cebada y purgada la bomba se cerró dicha válvula de bola. Antes de encender la bomba también se verificó que las válvulas oblicuas de salida de los tanques de almacenamiento (cuyo contenido se desee inyectar) estuvieran abiertas, y se supervisó además que la válvula oblicua de recirculación estuviera cerrada. Posterior a esto se procedió a encender la bomba y una vez encendida y de acuerdo a la tasa de inyección que se deseó manejar; se fue abriendo la válvula de recirculación, la cual disminuyó el caudal de inyección hasta llegar al requerido (según sea el grado de apertura de ésta).

Lectura del caudal de inyección

La dosis de inyección es responsabilidad del usuario. Esta es calculada en base a necesidades según el tipo y etapa del cultivo. El medidor de caudal instantáneo viene graduado para ser leído en litros por minuto (lpm) y galones por minuto (gpm). En La Estación se utilizó lpm.

En el supuesto caso que inicie la operación de la bomba de inyección y esta marque 30 LPM, y necesitemos solo 20 LPM, debemos empezar la apertura de la válvula de recirculación, de esta manera el caudal empezará a disminuir según la apertura que realicemos en la válvula.

3.1.4.6. Puesta en marcha del sistema de automatización

Operación del tablero eléctrico

Antes de operar el equipo de riego y dar encendido al tablero, se revisó lo siguiente:

- Se verificó que las llaves termo-magnéticas de fuerza y de mando estén habilitadas (en posición “on”).
- Se midió el voltaje en las 3 fases por medio del selector de voltaje y se visualizó la lectura en el voltímetro, verificando que no existiera un desfase de los voltajes superior al $\pm 5\%$ de la tensión nominal y entre las líneas.
- Se seleccionó la forma de arranque del sistema de riego, para la puesta en marcha fue manual, y una vez que se programó el DREAM 2 se cambió a automático.
- Forma de arranque manual: antes de dar encendido manual al tablero se giró la perilla negra del relé hidráulico de las válvulas correspondientes al turno de riego, luego se activó el turno a regar para posteriormente arrancar la bomba usando el pulsador verde de arranque del tablero. Para culminar con el turno de riego se aplastó el pulsador rojo del tablero, el cual desactiva el turno y apaga la bomba de riego. Si se requiere cambiar turno de riego, se tendría que activar primero un nuevo turno, compensando entre una la apertura y cierre de relés hidráulicos de las válvulas del turno, de forma manual.
- Forma de arranque automático: El sistema quedó bajo el dominio del controlador de riego DREAM 2, el cual es encargado de activar y desactivar el turno y arrancar o parar la bomba de riego según la programación previamente establecida. Se verificó el consumo de corriente del motor de riego por medio del amperímetro, cuyo valor no debe sobrepasar la corriente nominal de la placa, en este caso de 89A para 440V.

Parámetros a revisar durante el funcionamiento:

- A. Verificar el consumo de corriente de la bomba de riego por medio del amperímetro. Este debe de ser inferior a la corriente nominal del motor en todos los turnos de riego.

B. Verificar el voltaje general del tablero eléctrico el cual deberá de estar ± 5 % del voltaje nominal.

C. Verificar que el horómetro instalado en el panel del tablero registre el tiempo de funcionamiento de la bomba de riego.

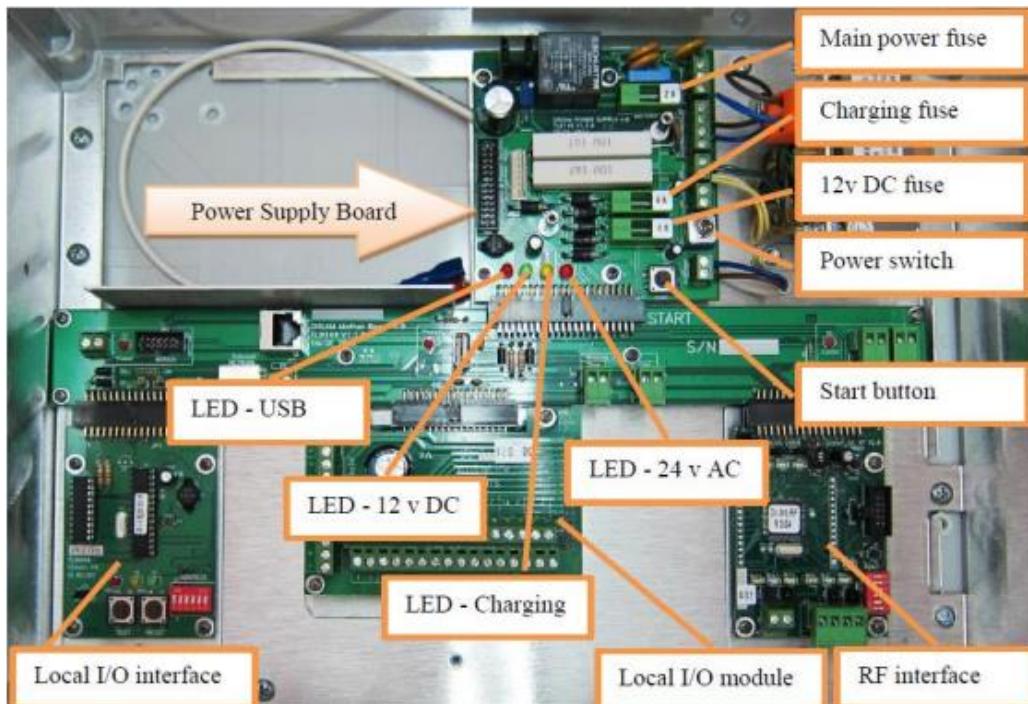
Operación del controlador DREAM 2

Para poder usar este equipo de automatización, se instalaron previamente: Dream, Antena Máster, RTU's, solenoides, microtubos, cables eléctricos, electrodos tipo péndulos como sensores del nivel de agua del canal de SENAGUA.

Antes de iniciar la configuración del Programa de Riego (PR), se debió conocer la nomenclatura de términos que componen el DREAM2, los cuales son:

- PR: Programa de Riego, puede haber varios programas enumerados como 1, 2,3, etc. Para el caso de la fertilización también puede haber varios programas.
- ESTADO ACTUAL: Refiere a poder ver si está en curso algún programa y ver sus detalles o si está programado para empezar algún riego.
- SALIDAS: son las conexiones del Dream o RTU's desde donde se envía alguna señal eléctrica para realizar alguna orden. Como señal a solenoides, bombas de riego, bombas fertilizante fertilizantes etc.
- ENTRADAS: son conexiones del Dream o RTU's hacia donde llega información como medidores o fertímetros.
- VÁLVULA PRINCIPAL: es nuestra bomba de riego principal.
- VÁLVULA DE RIEGO: se refiere estrictamente a un solenoide. Hay casos en que cada solenoide puede comandar dos o más válvulas. También puede tratarse de un solenoide por cada válvula Hidráulica. En La Estación un solenoide gobernó a 02 válvulas hidráulicas.
- Para iniciar el encendido del Dream 2, Es necesario destapar la consola, mover el Power switch a la posición "ON" luego presionar el botón "START" (start button), véase en la sgte. imagen:

Figura 75: Hardware interno del Dream 2 con sus componentes, entre ellos el botón de “Start” y el “Power Switch”



Elaboración del programa de riego

Antes de elaborar el programa de riego, se ingresó al sistema características del proyecto, tales como: válvulas, caudal por válvula, bombas, medidores de caudal, fuentes de agua, fertímetros, RTU's etc.

Posterior a eso se realizaron 02 pasos importantes:

- Se definió la secuencia de riego, es decir qué válvulas serían irrigadas por el programa, para lo cual se agruparon los solenoides con sus respectivas válvulas en grupos predefinidos, dichos grupos “G1, G2, G3 y G4” serían los 4 turnos de riego diseñados para La Etapa 1 de La Estación, pero también se definió el orden en que se quería que se rieguen los turnos.

Tabla 14: Programa de Riego de la Hda. La Estación

PROGRAMA DE AUTOMATIZACIÓN HDA. LA ESTACIÓN - ECUADOR				
# Válvula	Caudal (m3/h)	# Solenoide	# Turno	# RTU
1	2.9			
2	14.7	1	2	
3	40.4			1
4	39.2	2	2	
5	41.8			
6	34.2	3	2	
7	21.4			2
8	24.9	4	1	
9	11			
10	18.6	5	1	
11	15.6	6	1	
12	12.7			
13	29.3	7	1	
14	52.8			4
15	59.1	8	1	
16	4.9			
17	43.5	9	1	
18	62.2			5
19	39	10	1	
20	16			
21	25.7	11	2	
22	31.7			
23	34.6	12	2	
24	57.4			6
25	36.5	13	2	
26	28.5	14	3	
27	23.5			
28	19	15	4	
29	28.1			8
30	35.7	16	3	
31	7.9			
32	9.9	17	4	
33	17.9			9
34	43.3	18	4	
35	31.9			
36	32.3	19	6	
37	69.3	20	4	
38	14.4	21	3	
39	31.8	22	4	
		23	4	11

«Continuación»

40	39.2			
41	46			
42	76	24	4	
43	74.9	25	6	
44	64.8	26	4	12
45	38.3	27	4	
46	45	28	3	13
47	46.2			
48	25.3	29	3	
49	10.6			14
50	46.3	30	3	
51	16.1			

- Se definió la dosificación de agua “por tiempo”, es decir que introducimos un tiempo de riego a cada turno, el cual debía especificarse en horas, minutos y segundos.

Figura 76: Programación de riego por tiempo del turno 3 del PR 1 con 1.5 horas

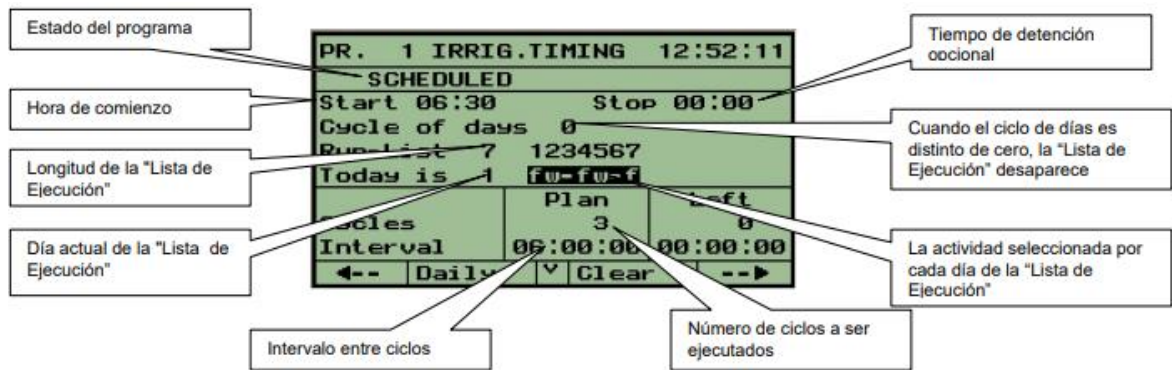


PR. 1 WATER DOSAGE 19:06:05		
VALVE: CLOSED		Line 3
3.3& 3.4B		
WATER (h:m:s)	Plan 01:30:00	Left 00:00:00
Pre Centr.	00:20:00	
Pre Local	00:30:00	
Water After	00:00:00	LastFlow 0.00
←	⌵	→

Por tiempo

Por otro lado, el DREAM 2 ofrece la posibilidad de programar el riego con anticipación, es decir que podemos poner el día y la hora exacta en que queremos que se active dicho programa. Ese tipo de programa se denomina “Scheduled” o “Calendario”.

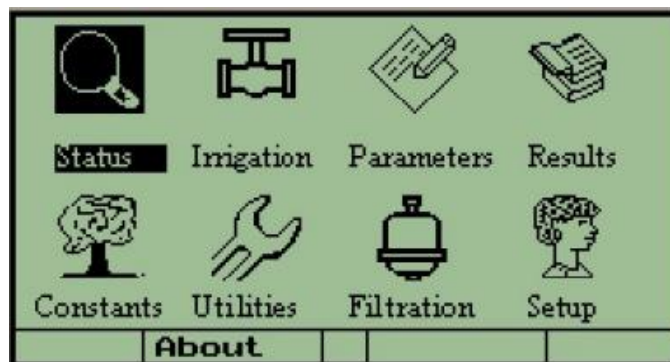
Figura 77: Configuración de calendario de riego, la numeración del 1 al 7 son los días de la semana, “today is” 1, se refiere a que hoy es el día actual de la lista de ejecución



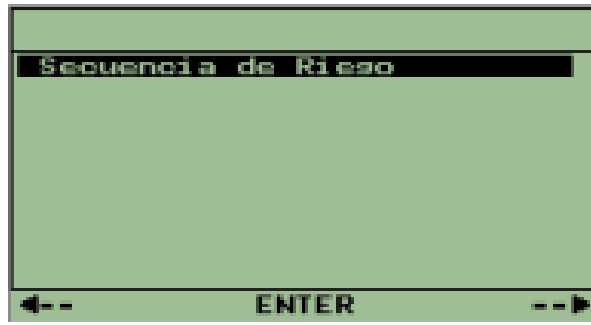
Los días de operación pueden especificarse ya sea definiendo un ciclo de días distinto de cero o fijando una "Lista de Ejecución". La longitud de la "Lista de Ejecución" puede ser de hasta 16 días, el usuario puede marcar en cada día la actividad específica del día: (f) indica fertirrigación, (w) indica agua únicamente, el signo (-) indica "sin actividad" y el símbolo (s) indica activación de tiempo simple (pero incluyendo ambos, riego y fertilización).

Los pasos que se siguieron para lograr el encendido automático del sistema de riego con el DREAM 2 fueron:

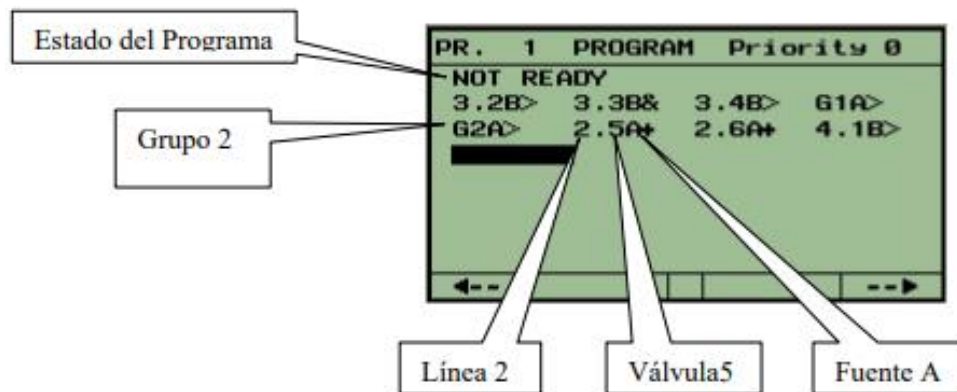
- Luego del encendido del equipo, se muestra la siguiente pantalla, en esa pantalla debes seleccionar "Riego" y pulsar enter:



- Luego ingresas a "Secuencia de Riego" y colocas el número de "programa de riego" que deseas crear:



- Luego ingresas la información antes descrita:

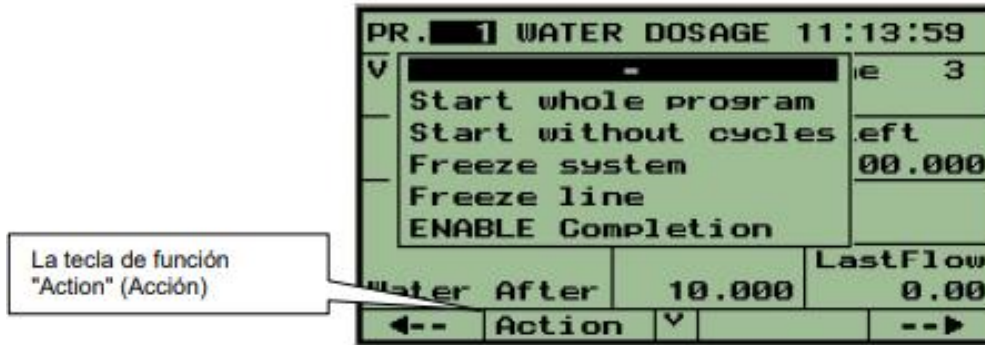


Otras opciones que se pueden ejecutar en el programador DREAM 2 son:

- Congelar y descongelar un programa de riego en curso:

En cualquiera de las pantallas utilizadas para la definición de los programas de riego, cuando el cursor está ubicado en el número de programa, si se oprime la tecla de función F2 aparece el título “Action” (Acción) que permite el comienzo y detención start/ stop en forma manual de los programas y también las operaciones de freeze (congelar)/ unfreeze (descongelar).

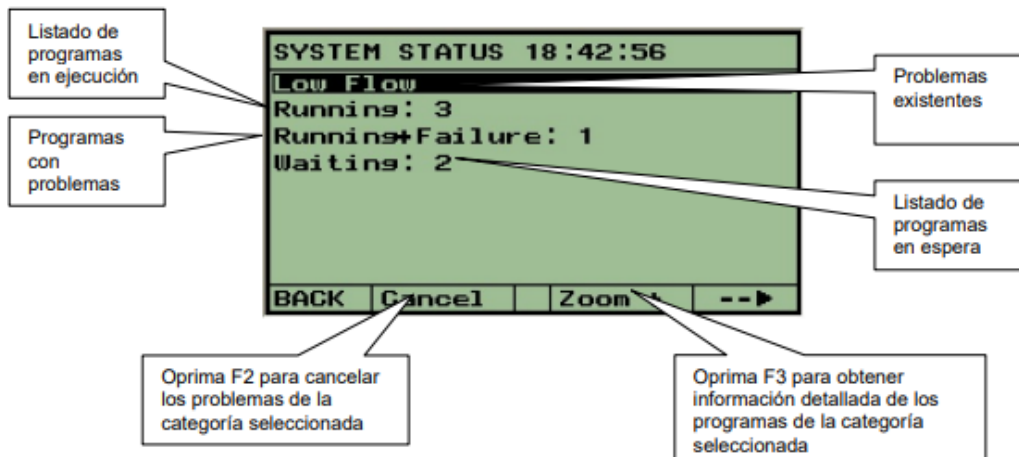
Congelar significa detener la actividad hasta que sea liberada en forma manual. Se puede “congelar” (“freeze”) todo el sistema o líneas individuales. El “congelamiento” de líneas individuales se permite únicamente en la pantalla de WATER DOSAGE (DOSIFICACIÓN DE AGUA), en donde se especifica el número de línea:



- Verificar el estado actual del sistema:

El submenú “Status” tiene varias opciones:

- El “Current System Status” (estado actual del sistema) proporciona información general acerca de las actividades del sistema, que incluye: problemas existentes, programas de riego en ejecución, programas en espera, programas terminados y programas que están todavía programados para el día de hoy:



- “Status of Outputs” muestra todas las salidas activadas marcadas con (+) y todas las restantes marcadas con (-). La misma pantalla puede ser utilizada para la activación manual de salidas para testeos:

STATUS OF OUTPUTS		18:59:08	
Source	A	B	
	+++	++++	
Main Vlv	1234		
1-4	+++		
Irr. Vlv	12345678	12345678	12
L1-3	+++	-----	----- +
Irr. Vlv	745	7890	12 4567890
L3-4	-----	-----	-----
←- Manual V -→			

Las válvulas 1,2,3 de la línea 1 están abiertas

Las válvulas 1 y 3 están abiertas

Todas las bombas de ambas fuentes están en funcionamiento

- “Entradas” muestra qué entradas están activas:

Estado	
Estado Actual	
Salidas	
Entradas	
Caudal Aqua	
Caudal Fert.	
RTU Comunicacion	
←- ENTER -→	

Estado de Entradas		09:19:44	
C.A Fnt	ABC		

C.A Ries.L1			
	-		
C.F Cent.G1			

←- -→			

- “Caudal de agua”:

Gaudales en Medidores de Agua	
Medidor de Agua	(m3/h)
Med.aqua Fuen.A	0000.0
Med.aqua Fuen.B	0000.0
Med.aqua Fuen.C	0000.0
Med.aqua Ln.1	0300.0

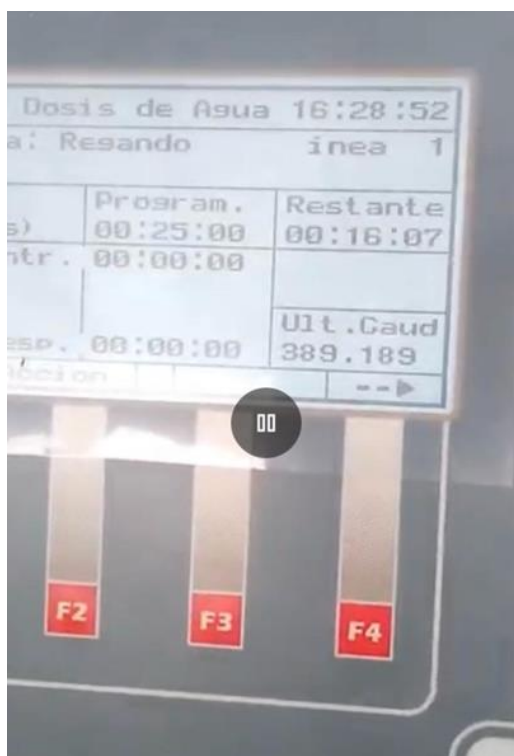
- “RTU Comunicación” brinda información acerca del estado de la comunicación con todos los RTU’s usados por el sistema. El tipo de canal RTU puede reconocerse por el tipo de interface que aparece en la esquina superior izquierda: Int2W es la interfase de un canal de 2 cables, IntRF es la interfase para el canal de radio. La dirección del canal aparece en la esquina superior derecha. Cabe mencionar que los RTU’s que tengan problemas de comunicación estarán “subrayados”, además los RF RTU’s toman su energía de baterías y en caso de baja batería su estado será indicado con la letra "B" cercana al número de RTU.

Figura 78: 14 antenas de La Estación con buena comunicación con la máster



Nota: testeo de antenas de La Estación, se puede visualizar que las 14 antenas RTU instaladas tienen buena señal ya que no están subrayadas ni con la letra “B”. Además, se puede visualizar en la parte superior izquierda de la pantalla que dice “IntRF”, lo que significa que es la interfase para el canal de radio.

Figura 79: Pantalla de información de la dosis de agua al sistema



Nota: Programa de riego 1 ejecutado desde las 16:20 pm, en el que está operando el turno 3 a un caudal de 389m³/h y tendrá una duración de 25 minutos

Figura 80: Riego del turno 1 automatizado - La Estación



3.2. Ratios de avance de mano de obra y maquinaria a partir del cronograma de ejecución del Proyecto La Estación

Tabla 15: Cronograma de ejecución del proyecto La Estación

Id	Nombre de tarea	dic '19		ene '20				feb '20				mar '20			abr '20								
		18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	2	9	16	23	30	6	
1	Diseño, cubicación de planos y adquisición de materiales	■																					
2	Aprobación del Proyecto	■																					
3	Replanteo del Proyecto	■																					
4	Cubicación del Proyecto	■																					
5	Entrega de redes etapa 1 y fierreteria etapas 1 y 2	■																					
6	Centro de control + fertilización (filtros, bombas, fierreteria + accesorios)	■																					
7	Entrega de aspersores y armado	■																					
8	Entrega de fertilización	■																					
9	Automatización (microtubo, tefen, productos talgil, tableros)	■																					
10	Trabajos de Campo	■																					
11	Trazado de eje para zanjas	■																					
12	Excavación de zanjas para matriz y submatriz	■																					
13	Instalación de tuberías matriz + purgas de matriz + pretapado (matriz)	■																					
14	Tapado de tubería matriz sola	■																					
15	Instalación de tuberías submatriz + monturas o tees + neplos de 32mm + curvas de lavado + tendido de microtubo	■																					
16	Tapado de tubería submatriz	■																					
17	Excavación de zanjas para laterales de riego	■																					

«Continuación»

Id	Nombre de tarea	ene '20		feb '20				mar '20				abr '20				may '20				jun '20				jul '20				ago '20			
		6	13	20	27	3	10	17	24	2	9	16	23	30	6	13	20	27	4	11	18	25	1	8	15	22	29	6	13	20	27
18	Instalación de tuberías laterales (47212mts) y elevadores + cobertura de elevador con film de embalaje.																									■					
19	Tapado de tuberías laterales con bobcats con 04 bobcat de orugas (47212 mts)																									■					
20	Instalación de 32 válvulas de aire (ventosas)																									■					
21	Instalación de dados de concreto para refuerzo en accesorios de matriz, en base de arcos de riego y en purgas de matriz y submatriz.																									■					
22	Instalación de 51 válvulas hidráulicas + arcos de riego + pintado de arcos de riego																									■					
23	Trabajos de Campo 2																									■					
24	Instalación de emisores (aspersores 920 tavlit)																									■					
25	Trabajos de Cabezal	■																													
26	Entrega de Obras Civiles etapa 1 y 2	■																													
27	Instalación de bases para antena máster y RTUS prearmadas y conectadas a solenoides + conexión de mando hidráulico a regleta de solenoides																									■					
28	Instalación de Centro de Control etapa 1 y 2 (Fierrería, checks, flujómetro, mariposas, bombas y filtros) + pintado de fierrería																									■					
29	Instalación de tableros eléctricos y controlador DREAM2+ ccnexiones tablero-motor + construcción de bases de concreto para antenas																									■					

Tabla 16: Ratios de avance de mano de obra del Proyecto La Estación

Rendimiento de mano de obra del proyecto la estación -etapa 1					
Tarea	Jornales empleados	Días efectivos empleados	Rendimiento en este proyecto	Rendimiento promedio de otros proyectos con similares condiciones	OBSERVACIONES
Trabajos de campo					
Trazado de Zanjas	40	10	4.72 HAS/DÍA	10 HAS/DÍA	(balizado + eje con polvo de yeso). El Cliente estuvo a cargo del levantamiento topográfico. El equipo topográfico estuvo conformado por 4 personas: 1 técnico que manejo la estación total, 01 asistente y 02 prismeros. El balizado se proyectó para 1 semana en las 47.22 has., éste incluía puntos para zanjas de matrices, submatrices, laterales, válvulas hidráulicas, 12 puntos para aspensor por lote (entre extremos y medio), es decir 612 puntos de referencia para instalación de elevadores. Por motivos de fuerza mayor el equipo topográfico tuvo un atraso significativo.
Excavación de zanjas para matriz y submatriz	27.5	27.5	50m/hr	62.5 m/hr	La única excavadora para orugas presente tuvo un rendimiento promedio para matriz de 45mts/hora y la zanja para submatriz sola la avanzó a 55mts/hora en prom., se trabajó 40 horas semanales (8h/día). La excavación y tapado estuvo a cargo del Cliente. Cabe mencionar que la excavadora de orugas utilizada era antigua y presentó algunos problemas mecánicos como la transmisión de fuerza a la cuchara. Tomar en cuenta que la topografía de este lugar es bastante variada y es tal la diferencia de cotas que el transporte de un punto a otro y las maniobras para excavar toman más tiempo que en terreno llano. Excavación de zanjas para matriz a 1.1 mts de prof.x0.8mts de ancho (5653mts entre matriz sola y compartida) y submatriz a 0.8mts de prof.x0.8 mts de ancho (5200mts submatriz sola), terreno franco-arcilloso con 01 excavadora de orugas.

«Continuación»

<p>Instalación de tuberías matriz + purgas de matriz + pretapado</p>	<p>126</p>	<p>18</p>	<p>325m/día</p>	<p>Se ha observado rendimientos muy cercanos a 325m/día en promedio, en terrenos arenosos se ha alcanzado 360m/día en promedio ya que sólo necesita nivelación, pero no limpieza y hacer el pretapado es mucho menos trabajoso que palanear terrenos arcillosos evitando terrones que puedan dañar la tubería bajo presión.</p>	<p>Siempre y cuando se maneje 01 técnico instalador y 06 personas de apoyo, de los cuales 02 se encargan del transporte de tuberías junto al tractorista con carreta y dejar tendidas y ordenadas, 02 se encargan de la limpieza y nivelación de la cama donde se asentará la tubería y 02 ayudarán al técnico en el embone de las mismas, las cuales deben embonarse panza abajo. Cuando las 02 personas que tendían la tubería terminen lo proyectado a instalar por día; deberán apoyar en el pretapado de las tuberías ya embonadas. El microtubo deberá ir junto a la matriz y pegado cada 20 metros con cinta skotch. Instalación de tuberías matriz (5653 mts). pretapado (de requerirlo y donde no coincida en la misma zanja con tubería submatriz)</p>
<p>Tapado de tubería matriz sola</p>	<p>6</p>	<p>6</p>	<p>66.7m/hr</p>	<p>70 m/hr en terrenos similares y 90 m/hr en suelos arenosos con excavadora, con cargador frontal el rendimiento podría ser hasta 130 m/hr, pero para este terreno es complicado su transporte.</p>	<p>Este tipo de suelo es más pesado y al ser echado sobre la tubería de manera más abrupta como por ejemplo en terrenos arenosos, podría dañar la tubería, por lo que representa un menor rendimiento en el avance. Tapado de tubería matriz sola (sin submatriz) con 01 excavadora de orugas (3114 mts)</p>
<p>Instalación de tuberías submatriz (7739 mts) + monturas o tees + neplos de 32mm + curvas de lavado + tendido de microtubo</p>	<p>70</p>	<p>14</p>	<p>550m/día</p>	<p>Se ha observado rendimientos muy cercanos a 550m/día en promedio, en terrenos arenosos se ha alcanzado 630m/día en promedio ya que sólo necesita nivelación, pero no limpieza y hacer el pretapado es mucho menos trabajoso que aplastar terrones para así tener material suelto con el que se pueda pretapar, evitando daños a la tubería bajo presión.</p>	<p>Sobre la tubería matriz pretapada y a un costado de ésta se instalará la tubería submatriz que coincida en la misma zanja, trabajará 01 persona de apoyo para ir nivelando la cama sobre la que irá la submatriz, 01 técnico y 01 apoyo para pegar dichas tuberías, 02 personas para el transporte, tendido y pretapado de dichos tubos. Instalación de tuberías submatriz (7739 mts) (comenzar por las zanjas que coincidan con matriz para dejar pretapado o tapada esas zonas)</p>

«Continuación»

Tapado de tubería submatriz con bobcats (7739 mts)	48	12	21.6m/hr/bobcat	no se presenta información (nspi)	Las dimensiones de la cuchara de una bobcat son de 40cm de ancho x 40cm de alto. Se utilizó bobcats y no excavadora ya que como se debían instalar las tuberías laterales la excavadora podría aplastar dichas tuberías en todo el campo.
Excavación de zanjas para laterales de riego (47212mts)	48	12	110m/hr/bobcat	110m/hr/bobcat	El rendimiento calculado toma en cuenta que de las 11 horas que se programó trabajar al día, hubo horas en que hubo que hacer mantenimiento o abastecimiento de combustible a la maquinaria. Excavación de zanjas para laterales de riego (47212mts), terreno franco-arcilloso
Instalación de tuberías laterales (47212mts) y elevadores + cobertura de elevador con film de embalaje.	216	24	2000m/día	2000m/día	Se ejecutó con 01 técnico y 3 parejas (2000mts/día) pegando las tuberías de 32mm laterales y 02 personas marcando cada 10 mts, cortando el tubo de 32mm para introducir la tee y pegando sobre ésta los elevadores.
Tapado de tuberías laterales con bobcats con 04 bobcat de orugas (47212 mts)	32	8	188m/hr/bobcat	no se presenta información	Las dimensiones de la cuchara de una bobcat son de 40cm de ancho x 40cm de alto. Se utilizó bobcats y no excavadora ya que como se debían instalar las tuberías laterales la excavadora podría aplastar dichas tuberías en todo el campo.
Instalación de 32 válvulas de aire (ventosas)	2	2	16 válvulas/día	16 válvulas/día en terrenos con condiciones similares, en terrenos llanos se podría instalar en 01 día.	Se recomienda pintar con esmalte blanco el cuello de PVC que une el collarín de la matriz con la válvula ventosa.
Instalación de dados de concreto para refuerzo en accesorios de matriz, en base de arcos de riego y en purgas de matriz y submatriz.	42	14	8 dados/día	En proyectos donde se podía transportar con carreta o camioneta el agregado, cemento y cilindros con agua y/o mezcla, si era llano se ejecutaban hasta 18 dados por día, si presentaba cotas más variadas hasta 14 dados/día	Demoró la ejecución de esta actividad ya que inició la pandemia por COVID-19, la cual afectó el comercio de cemento fuertemente en Ecuador. Se ejecutaron dados para las bases de 51 válvulas hidráulicas, 13 TEES, 18 purgas de matriz, 28 curvas de matriz. Tomar en cuenta que, en este proyecto debido a la ubicación de los caminos y la topografía, debió transportarse el agregado y cemento a pie.

«Continuación»

Instalación de 51 válvulas hidráulicas + arcos de riego + pintado de arcos de riego	12	6	10 válvulas hid. /día	10 válvulas hid. /día en terrenos similares, en terrenos llanos hasta 12 válvulas hidráulicas/día con 01 técnico y 01 persona de apoyo	La instalación abarcó la construcción del arco de riego y el pegado y/o enroscado de la válvula hidráulica.
Instalación de emisores (aspersores 920 tavlit)	20	4	14has/día	13 a 14has/día con la misma mano de obra.	Se ejecutó con 01 técnico y 04 personas de apoyo.
Trabajos de cabezal					
Entrega de Obras Civiles etapa 1 y 2	360	40	nspi	nspi	Lo ejecutó el cliente, a cargo de 01 maestro de obras y 08 ayudantes.
Instalación de bases para antena máster y RTUS prearmadas y conectadas a solenoides + conexión de mando hidráulico a regleta de solenoides	21	7	2.2 antenas/día	En terrenos llanos se han instalado hasta 4 antenas/día con la misma mano de obra.	Lo ejecutó 01 técnico instalador con 02 personas de apoyo, 14 antenas RTU y 01 antena máster, V generación.
Instalación de Centro de Control etapa 1 y 2 (Fierrería, checks, flujómetro, mariposas, bombas y filtros) + pintado de fierrería	54	18	01 equipo con capacidad de riego de 90 hectáreas/18 días	nspi	Lo ejecutó 01 soldador homologado, junto a 02 personas de apoyo. El equipo constaba de 2 bombas de 75HP conectadas a fierrería de 10" en la succión y 12" en la salida de los filtros de malla.
Instalación de tableros eléctricos y controlador DREAM2+ conexiones tablero-motor + construcción de bases de concreto para antenas	27	6	nspi	nspi	Lo ejecutó 01 técnico eléctrico junto a 02 personas de apoyo. 15 bases de concreto para 14 Antenas RTU y 01 antena máster, V generación, conexiones eléctricas desde 01 tablero hasta 02 motores. De los 09 días sólo se pudieron trabajar 06 ya que hubo intensas lluvias que inundaron el centro de labores.

«Continuación»

Instalación de Sistema de Automatización etapa 1 y 2, prearmado y conexión de antenas RTU	30	10	nspi	nspi	Sólo se automatizó el sistema de riego mas no el sistema de fertilización. Lo ejecutó 01 técnico eléctrico y 02 personas de apoyo.
Puesta en Marcha: lavado de matriz, submatriz, laterales, pruebas hidráulicas Eq. 1	40	10	1 turno cada 2 días	1 turno/día	Debido al atraso de instalación de la acometida eléctrica al centro de control y tableros, y también a causa de la pandemia se retomó el desarrollo del proyecto en julio del 2020. Se extendió el plazo hasta 10 días debido a unas fugas de matriz y submatriz presentadas por diversas razones, las cuales se han expuesto en un cuadro de retroalimentación del proyecto.
Instalación de sistema de fertilización	6	3	nspi	nspi	Se ejecutó con 01 técnico instalador y 01 personal de apoyo.
Regulación de presiones en v. hidráulicas etapa 1	2	2	25 has/día	nspi	Se ejecutó con 01 técnico instalador

Tabla 17: Ratios de avance de maquinaria del Proyecto La Estación

Rendimiento de maquinaria del proyecto la estación					
Tipo de maquina	Horas maquina	Actividad	Avance (metros)	Rendimiento	Observacion
EXCAVADORA DE ORUGAS	164	EXCAVACION PARA MATRIZ (EN ALGUNAS ZONAS IRA MATRIZ Y SUBMATRIZ, PERO ES INDIFERENTE)	5724	45 MTS/HR	1.1MT X 0.8MT (PROF. X ANCHO), LAS MAQUINAS TRABAJABAN 8 H/DÍA. EN TERRENOS LLANOS EL RENDIMIENTO ES POR LO MENOS 55 MTS/HR
EXCAVADORA DE ORUGAS	100	EXCAVACION SOLO PARA SUBMATRIZ (ZANJA ÚNICAMENTE PARA SUBMATRIZ)	5106	55 MTS/HR	0.8MT X 0.8 MT (PROF. X ANCHO), LAS MAQUINAS TRABAJABAN 8 H/DÍA, TERRENO MAYORMENTE ARCILLOSO Y EL 30% APROX ES PEDREGOSO. EN TERRENOS LLANOS EL RENDIMIENTO ES POR LO MENOS 60 MTS/HR
EXCAVADORA DE ORUGAS	16.5	PRETAPADO DE MATRIZ (SE PRETAPA PARA PODER TENDER SUBMATRIZ)	2422	146.8 MTS/HR	0.2MT X 0.8MT (PROF. X ANCHO)
EXCAVADORA DE ORUGAS	49.5	TAPADO DE MATRIZ QUE VA SIN SUBMATRIZ EN LA MISMA ZANJA	3302	66.7 MTS/HR	1.1MT X 0.8MT (PROF. X ANCHO), MÁQUINA TRABAJÓ 8H/DÍA
EXCAVADORA DE ORUGAS	20	TAPADO DE SUBMATRIZ	1597	80 MTS/HR	0.8MT X 0.8 MT (PROF. X ANCHO)
BOBCAT DE ORUGAS	275	TAPADO DE SUBMATRIZ	5931	21.6 MTS/HR	0.8MT X 0.8 MT (PROF. X ANCHO), TOMAR EN CUENTA QUE EL ANCHO DE LA CUCHARA DE LA BOBCAT ES DE 0.4 MTS X 0.4 MTS DE ALTO DE LA CUCHARA
BOBCAT DE ORUGAS	565	EXCAVACION PARA LINEA TERCIARIA DE RIEGO	48000	110 MTS/HR	0.3 MTS X 0.4 MTS (PROF. X ANCHO), LAS MAQUINAS TRABAJAN 8H/DÍA, EN TERRENO MÁS DURO Y CON RAÍCES EXCAVAN 90 MTS/HORA, EN TERRENO ARCILLOSO Y SIN RAÍCES RINDE 160 MTS/HORA.
BOBCAT DE ORUGAS	255	TAPADO DE LINEA TERCIARIA DE RIEGO	48000	188.2 MTS/HR	0.3 MTS X 0.4 MTS (PROF. X ANCHO)

3.3. Procedimientos para el uso de la Aplicación móvil “AVENZA MAPS”, y determinación de sus ventajas en el proceso de instalación y supervisión del sistema de riego de la Hacienda La Estación

3.3.1. Georreferenciación del plano de instalación con el software ArcMap 10.8.2 e introducción en app Avenza Maps

Figura 81: Verificación en AutoCAD del plano a georreferenciar

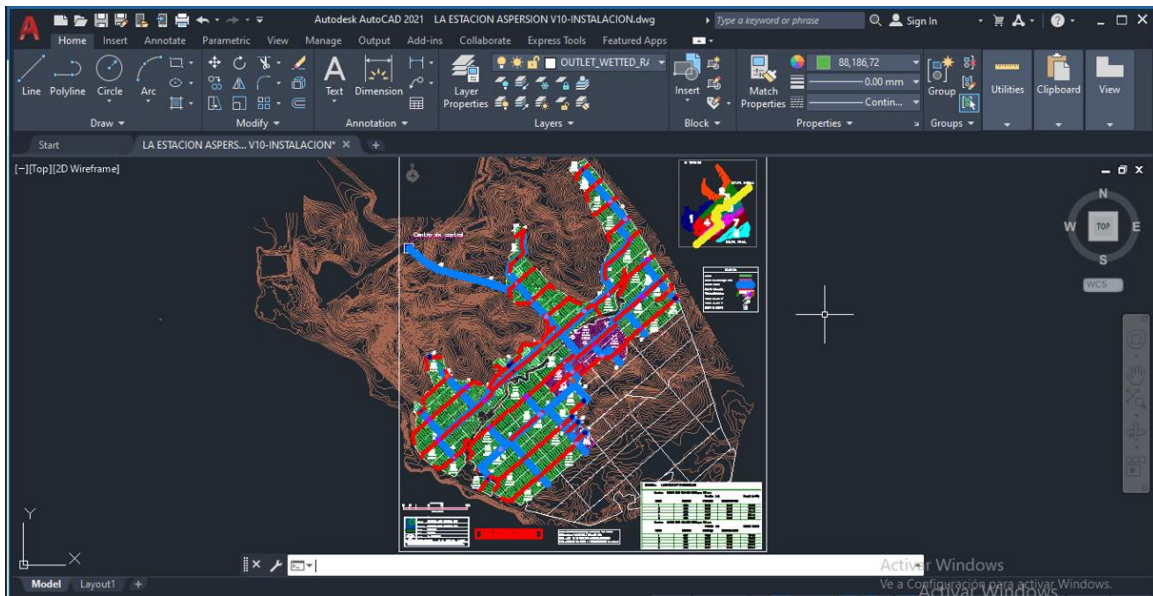


Figura 82: Apertura de “blank map” en ArcGIS para crear un nuevo mapa

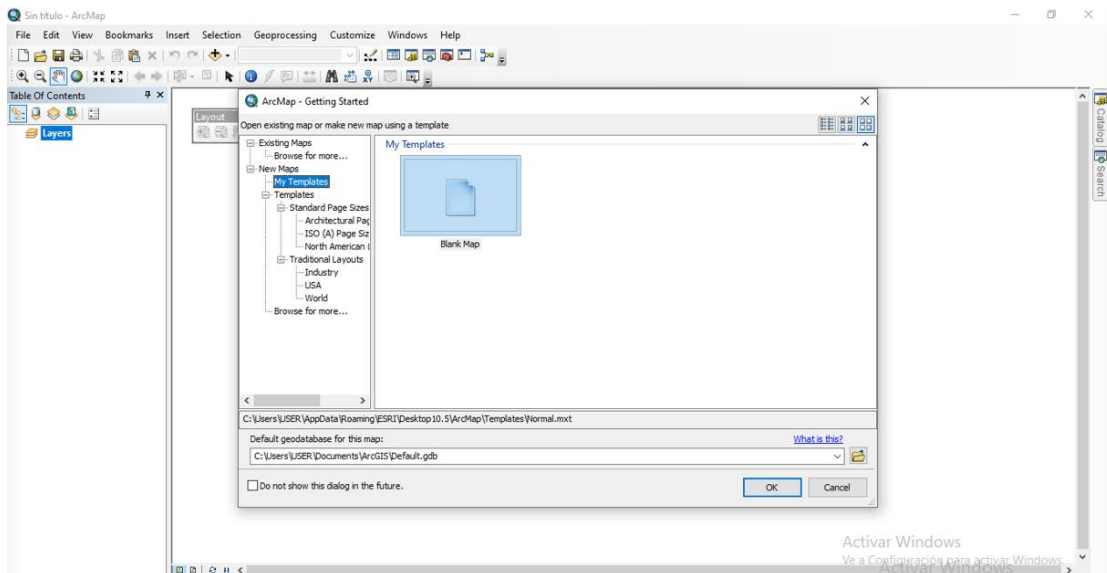
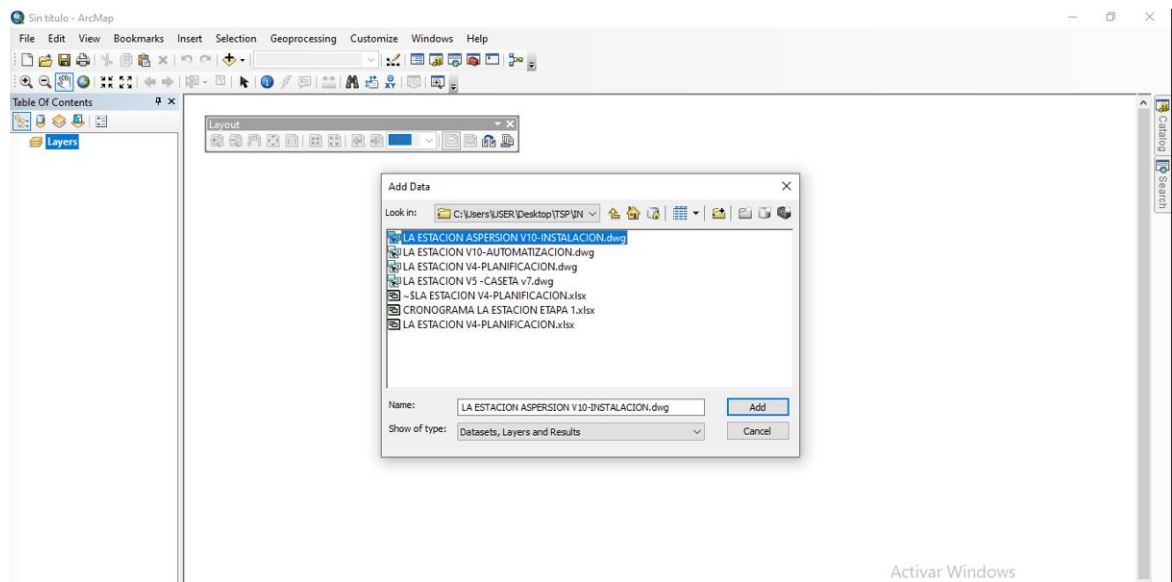


Figura 83: Apertura del plano en ArcGIS



Nota: Click derecho sobre “layers” luego click en “add data” para agregar el plano en formato “dwg”, una vez que se encontró se dio click en “add” o agregar.

Figura 84: Ejecución de click derecho en “layout views” y luego se dio click en “page and print setup”

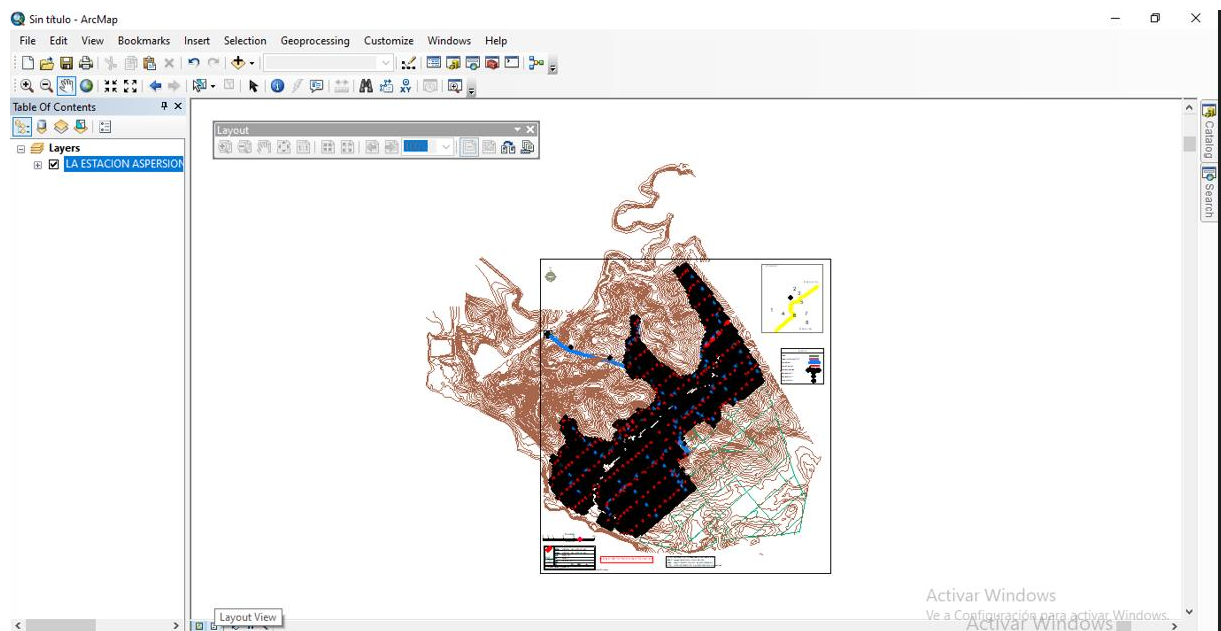
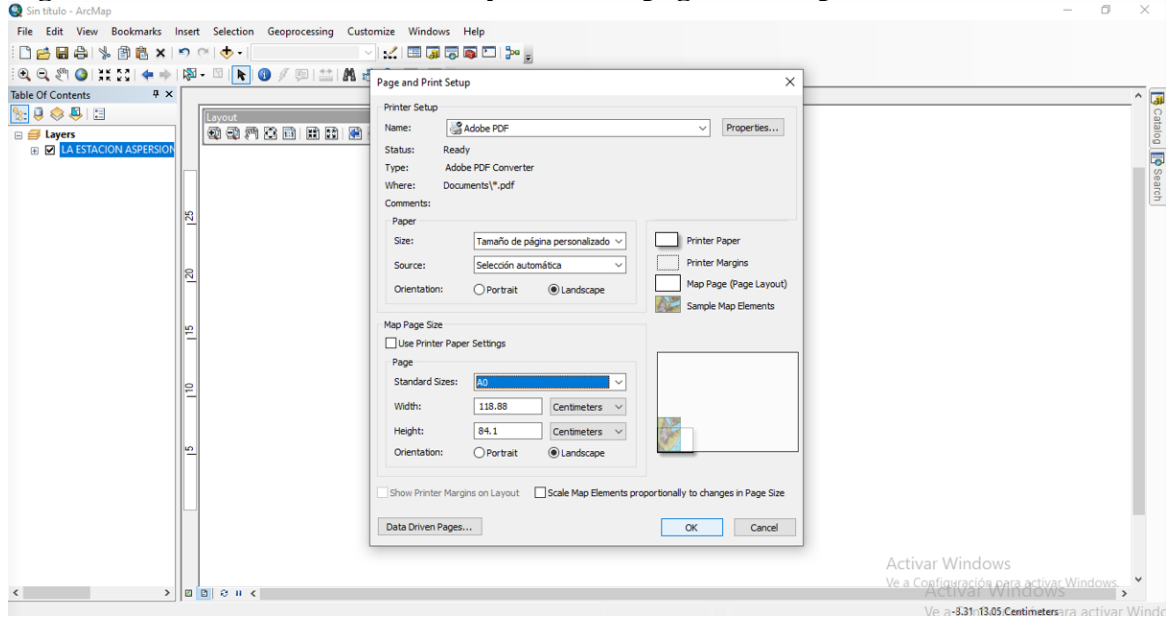
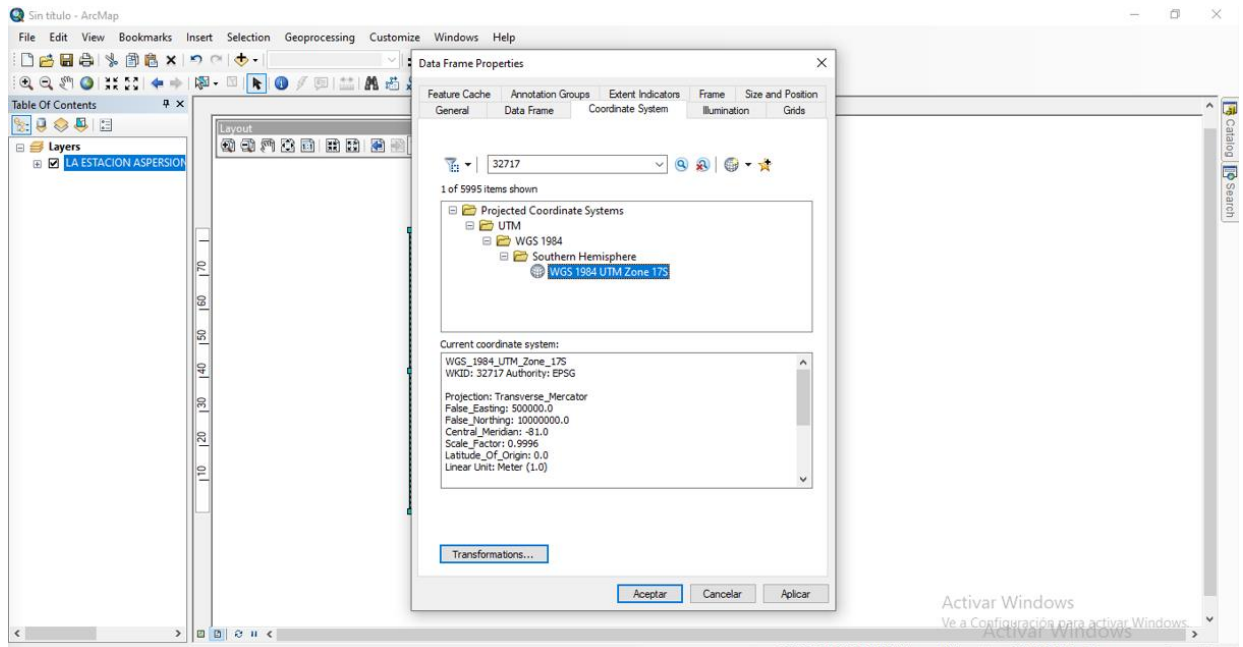


Figura 85: Modificación del ancho y alto de la página de impresión



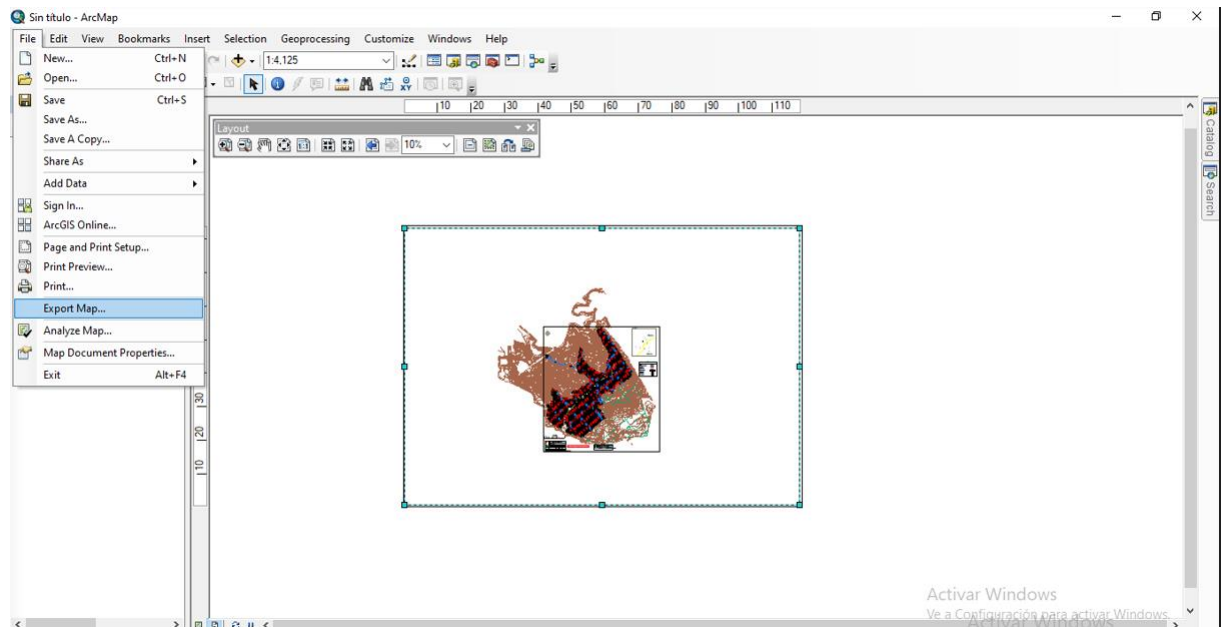
Nota: Se realiza este paso de manera que el mapa pueda entrar en dicha página y la resolución de imagen sea más alta, una vez listo se dio click en “ok”

Figura 86: Georreferenciación en Zona UTM 17S



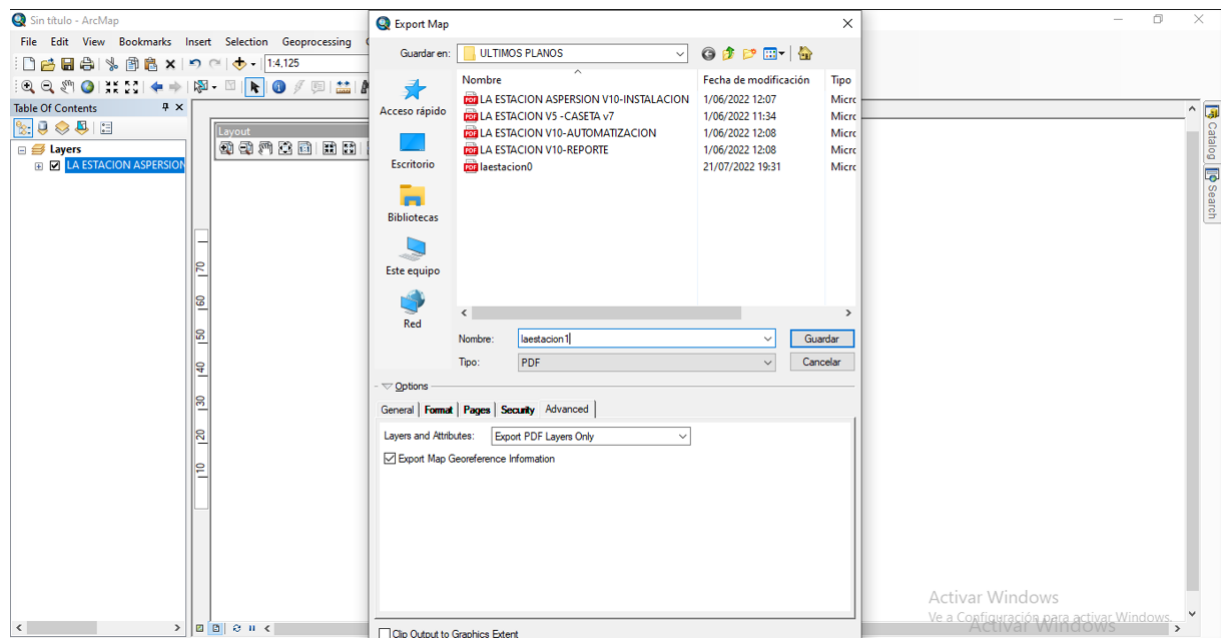
Nota: Click derecho sobre el mapa para ingresar a “propiedades”, luego click en “Coordinate Systems” y en la barra de búsqueda se ingresa el código “32717” que corresponde a la zona UTM 17S (corresponde a Guayaquil), luego click en la zona que aparecerá, aplicar y aceptar:

Figura 87: Ingreso a export map



Nota: Click en “file”, luego se ingresó a “export map”

Figura 88: Exportación en formato PDF de mapa georreferenciado



Nota: Se verificó que el formato de exportación sea en PDF, se ingresó a “options”, y en “advanced” se activó la opción “export map georeference information”, luego se guardó en la carpeta de preferencia:

Figura 89: Carga de la exportación del mapa georreferenciado y guardado en formato PDF en la carpeta asignada

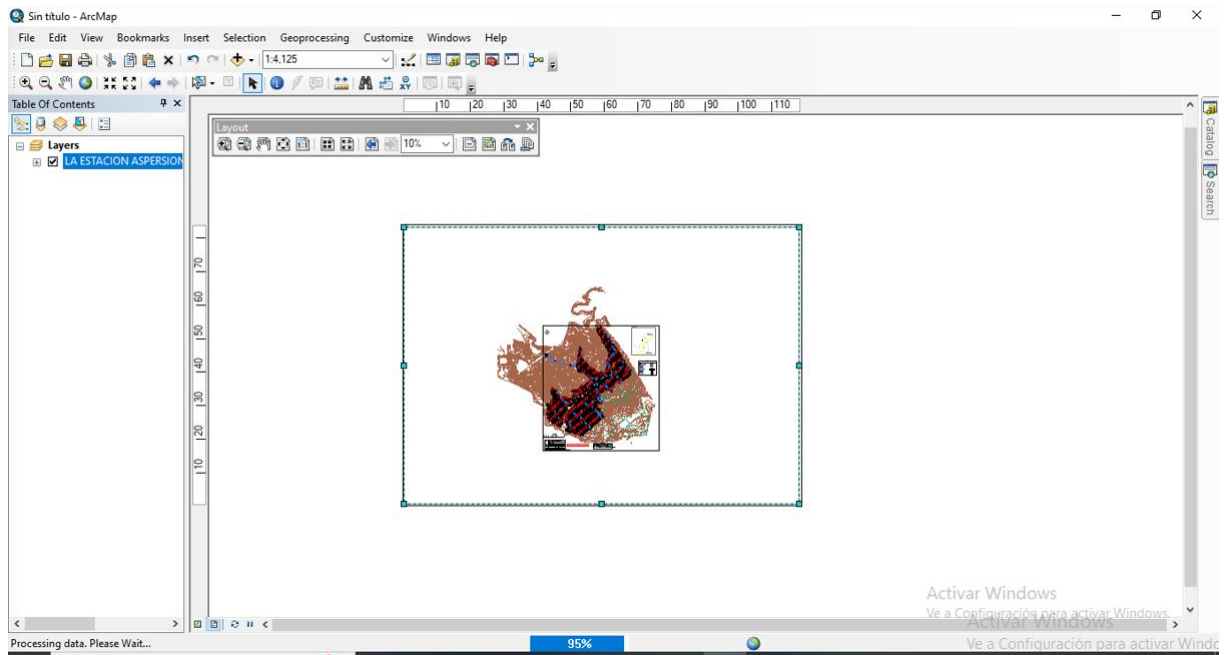


Figura 90: Descarga de la aplicación “Avenza Maps” en el dispositivo móvil

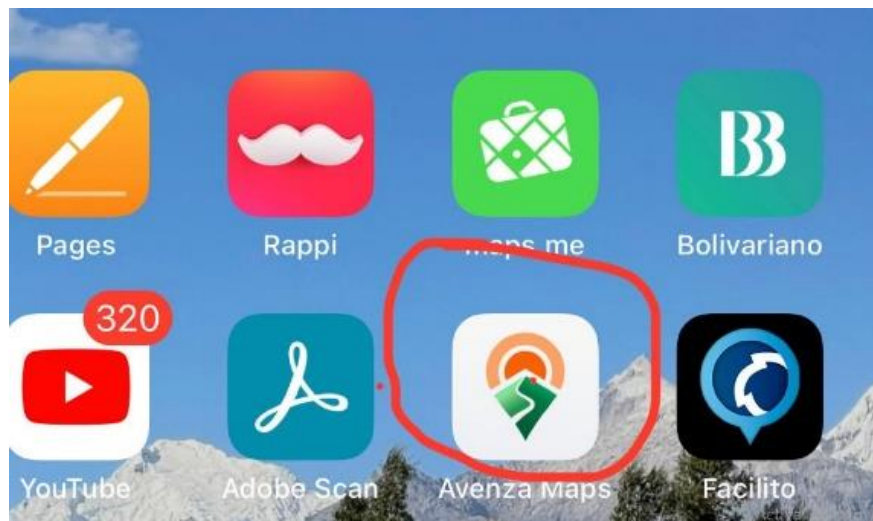
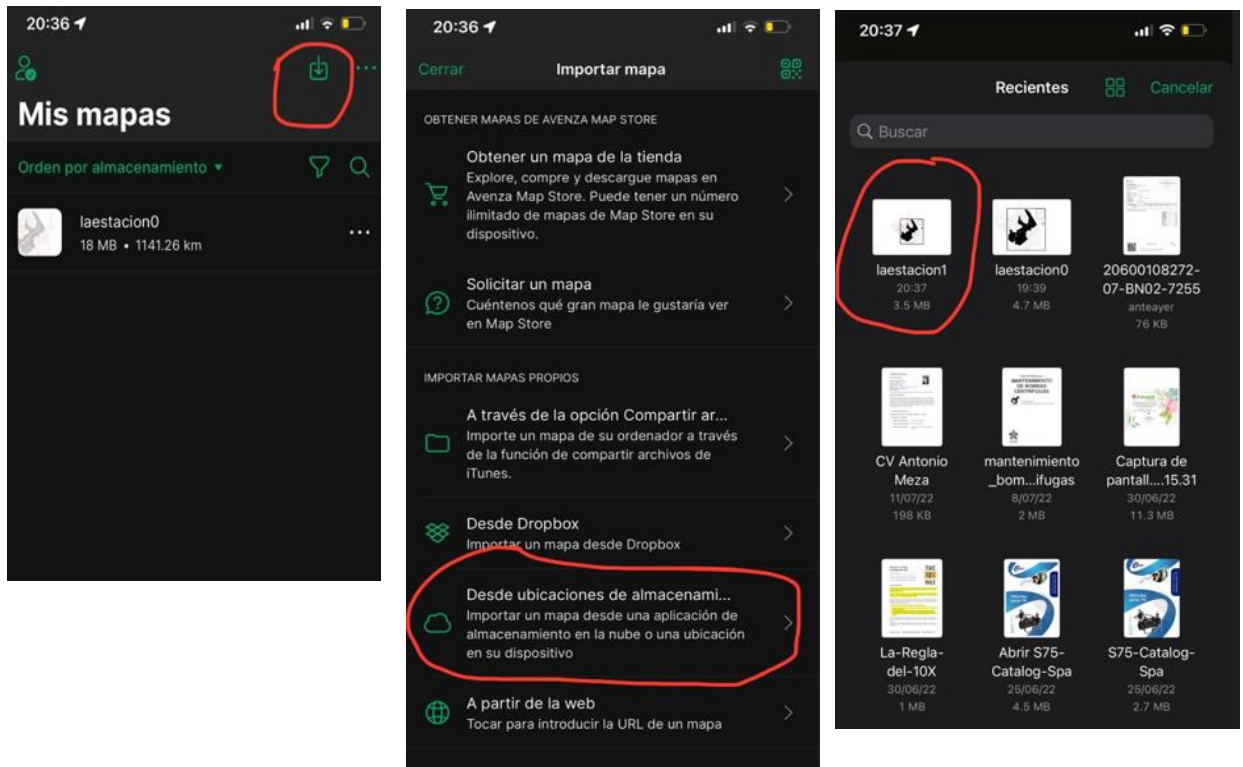


Figura 91: Apertura de plano dentro de la aplicación Avenza Maps

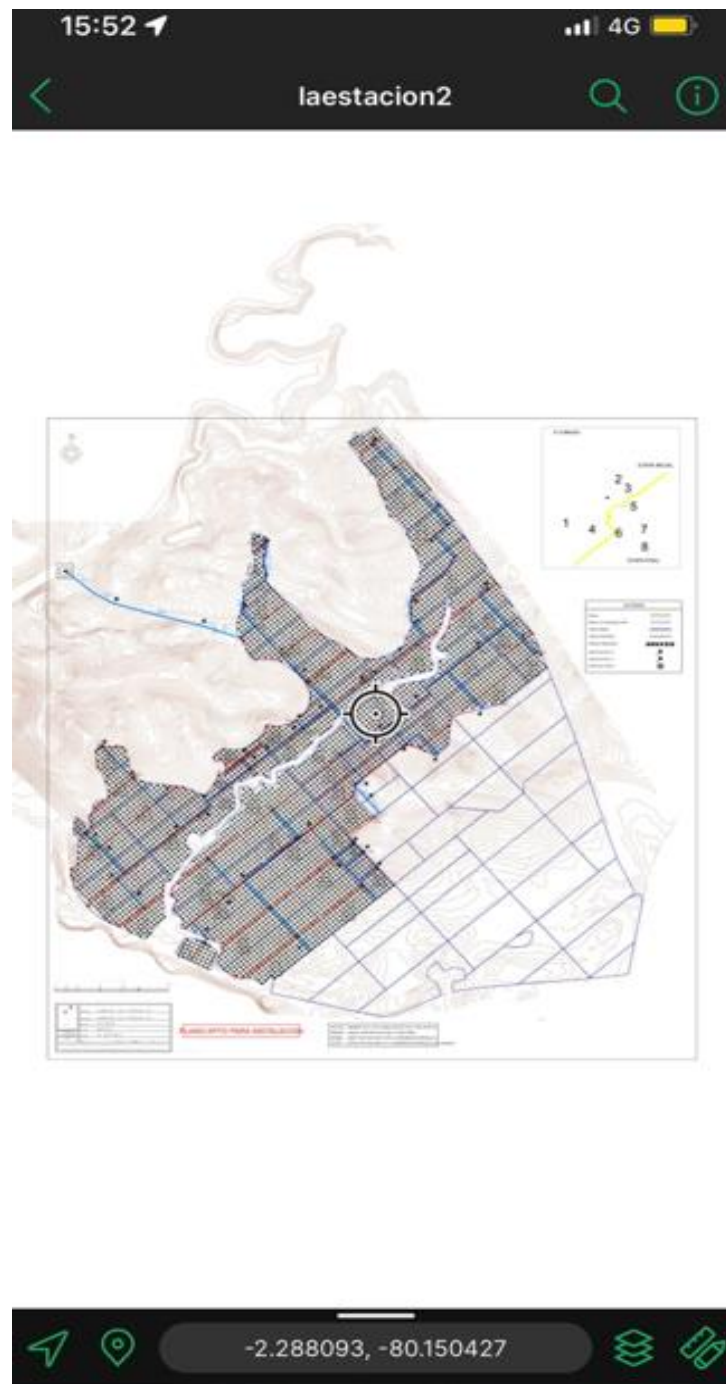


Nota: Se abrió la aplicación y dentro de ella hay un símbolo de flecha hacia abajo, se selecciona ese símbolo para importar el mapa que teníamos guardado en PDF, luego se importa el mapa

Figura 92: Apertura del mapa importado “laestacion1”



Figura 93: Mapa abierto en la aplicación Avenza Maps



Nota: En la parte inferior del mapa se puede visualizar las coordenadas de latitud y longitud, las cuales varían según la posición del dispositivo móvil dentro de La Hacienda (dicha posición se muestra como un puntero negro).

3.3.2. Ventajas de la aplicación Avenza Maps en la instalación y supervisión del Proyecto

- Tanto el técnico como el supervisor pueden rastrear su ubicación en un mapa; utilizando el dispositivo GPS incorporado en el teléfono celular, sin necesidad de conexión a internet.
- Dependiendo del nivel de detalles del plano y la escala en que se haya georreferenciado éste; se pueden visualizar longitudes de tuberías a instalar, ubicación de arcos de riego, válvulas de aire, antenas, entre otros; esta información aumenta la operatividad en la instalación ya que es fácil ubicar qué materiales se requieren y a dónde se deben dirigir los equipos de trabajo.
- La aplicación permite, al igual que un GPS GARMIN, generar una ruta de recorrido en el campo y calcular el área que engloba este recorrido, así como guardar notas y fotos en cada punto del campo que se requiera archivar.
- La herramienta "dibujar y medir" fue muy útil para crear líneas cuando se requería medir la distancia de un punto a otro, de manera que se puedan establecer metas de avance diarias, así como registrar el área avanzada por días y semanas.

3.4. Elaboración de una metodología de la experiencia obtenida en el Proyecto La Estación

La metodología elaborada busca evitar y/o reducir la generación de eventos que produzcan sobrecostos y extensiones de plazo en proyectos de riego de esta índole; ésta consta de 5 puntos importantes, los cuales se detallan a continuación:

3.4.1. Retroalimentación de la instalación del proyecto La Estación - Etapa 1

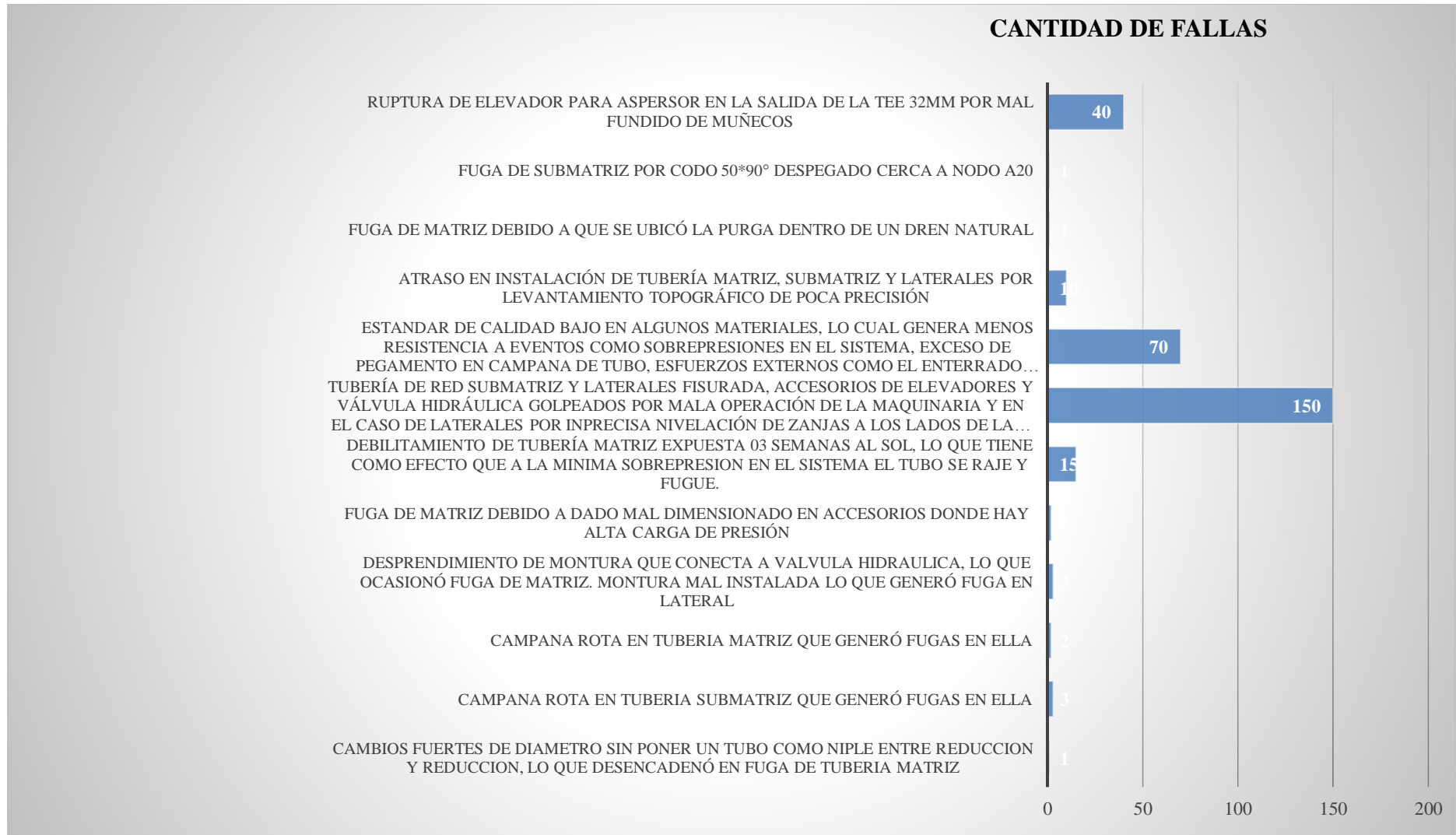
Tabla 18: Retroalimentación de la instalación

Problema	Cantidad de fallas	Porcentaje	Causa
Cambios fuertes de diámetro sin poner un tubo como niple entre reducción y reducción, lo que desencadenó en fuga de tubería matriz	1	0.34%	mala instalación
Campana rota en tubería submatriz que generó fugas en ella	3	1.01%	mala instalación por puesta irregular de pegamento, mucho pegamento lo cual generó que por gravedad el pegamento se acumule y queme la campana, ojo que se usó weld on 717 el cual es de secado lento y no lo recomiendan para diámetros menores a 160mm.
Campana rota en tubería matriz que generó fugas en ella	2	0.67%	Mala instalación por puesta irregular de pegamento.
Desprendimiento de montura que conecta a válvula hidráulica, lo que ocasionó fuga de matriz. montura mal instalada lo que generó fuga en lateral	3	1.01%	Mala instalación por colocar menos teflón de lo indicado al adaptador que enrosca al hilo de la montura, por no ajustar correctamente los pernos de la montura lo que generó que la montura se mueva disminuyendo el diámetro de salida del agua (aumento de velocidad).
fuga de matriz por ausencia de dado o por dado mal dimensionado, en accesorios donde hay alta carga de presión	2	0.67%	Mal dimensionamiento de dado de concreto o ausencia de éste.
Debilitamiento de tubería matriz expuesta 03 semanas al sol, lo que tiene como efecto que a la mínima sobrepresión en el sistema el tubo se raje y fugue. los tubos fueron retirados y cambiados antes de que se tapara la zanja.	15	5.03%	tiempo prolongado de exposición al sol debido a almacén mal estructurado y en que se usó plástico negro encima de las mismas tuberías, en vez de conservar una altura de al menos 1 metro sobre éstas y así permitir la correcta ventilación, se debió supervisar la calidad de tuberías que salían de almacén.

«Continuación»

tubería de red submatriz y laterales fisurada, accesorios de elevadores y válvula hidráulica golpeados por mala operación de la maquinaria y en el caso de laterales por imprecisa nivelación de zanjas a los lados de la tee 32mm.	150	50.34%	mala operación de maquinaria al momento de enterrar y girar la máquina, poner la primera cama de tapado con material pedregoso, tapar arrastrando material a la tubería en vez de alzar y tapar suavemente en la primera cama tanto para laterales terciarios como para submatriz, imprecisa nivelación de zanja por parte del personal de apoyo, aplastamiento por parte de maquinaria.
estándar de calidad bajo en algunos materiales, lo cual genera menos resistencia a eventos como sobrepresiones en el sistema, exceso de pegamento en campana de tubería submatriz, esfuerzos externos como el enterrado en el caso de tuberías.	70	23.49%	falla de material, poca resistencia a presiones externas, factor de seguridad 2.0 y estándar según norma ecuatoriana la cual usa espesor nominal menor a estándares de Perú, material poco resistente al pegamento empleado (weld on 717), grasa de carro puesta por contratista a algunos anillos de tubería matriz y que resecan el anillo.
atraso en instalación de tubería matriz, submatriz y laterales por levantamiento topográfico de poca precisión	10	3.36%	falla topográfica
fuga en purga de matriz debido a que se ubicó la purga dentro de un dren natural	1	0.34%	mala instalación -fumigación de terreno tardía; lo que en su momento impidió reconocer el paso del dren
fuga de submatriz por codo 50*90° despegado cerca a nodo a20	1	0.34%	mala instalación, se despegó el codo debido a que no se colocó correctamente el pegamento
ruptura de elevador para aspersor en la salida de la tee 32mm por mal fundido de muñecos	40	13.42%	Mala instalación de muñecos de concreto para elevadores porta aspersor, el concreto no ancla el elevador desde la tee sino 15 cm arriba de esta, esa altura sin soporte genera un efecto de pandeo por la presión y con ello la ruptura de la tee o la zona de tubería que pega a la tee.
riego con baja uniformidad debido a baja presión de salida de caseta por discontinuo lavado de filtros que genera pérdidas de hasta 2 bares	-	-	baja frecuencia de lavado de filtros, lavado de filtros en caseta 01 vez al día, cuando debería ser 1 vez cada 1.5 horas que es donde pierde 0.5 bares, la diferencia de presión a la que recomienda el fabricante se haga un retrolavado automático o lavado manual.
debilitamiento de tubería matriz y submatriz por sobrepresiones, golpes de ariete, turbulencia debido a mala operación del sistema	-	-	Mala operación del sistema.
TOTAL	298	100%	

Figura 94: Cantidad de fallas según la causa que las generó



3.4.2. Cronograma límite de entrega de materiales y equipos a proyectos de riego por aspersión y goteo, por parte del área logística

Tabla 19: Cronograma límite de entrega de materiales y equipos

Sistema de riego por aspersión	
Semana 0 (antes de iniciar el proyecto)	Tubería matriz, submatriz, tubería para v. hidráulicas y de aire, microtubo . Tomar en cuenta que a partir de 75mm de diámetro, las tuberías se deben solicitar con unión flexible (U/Z o KM), se debe pedir Polipega para diámetros pegables hasta 75mm, además las tuberías de 50mm deberán tener una PN mínima de 0.8 MPa.
	Accesorios de red matriz y submatriz, se recomienda solicitar Kalipega para accesorios pegables, además las reducciones no deben pasar de dos diámetros de reducción , por ejemplo, para reducir una tubería de 315mm a 110mm se deberán usar 02 reducciones: 01 reducción será de 315mmx200mm y la otra será de 200mmx110mm.
	Tubería de laterales, se recomienda pedir Polipega para diámetros pegables hasta 75mm, las tuberías de 32mm deberán tener PN >= 1MPa.
Semana 1	Accesorios de emisor, bushings (incluidos los de automatización), monturas (incluidos los de automatización), respecto a las monturas se deberá tener cuidado en el grosor de hilo de éstas, el cual deberá ser igual al grosor de hilo de los adaptadores con que se armarán.
Semana 2	accesorios de emisor, curvas de lavado
Semana 3	válvulas hidráulicas
	válvulas de aire
	accesorios de armado de válvulas hidráulicas y de v. de aire
Semana 4	Bombas, filtros, materiales de automatización, todo fierriería (caseta y automatización) y tubos de fierro galvanizado. En cuanto a automatización tener cuidado de solicitar las RTU en quinta generación (GV), además solicitar 01 panel solar por cada antena repetidora que se necesite.
Semana 5	materiales y equipos de caseta (válvulas de pie, mariposas, check, válvulas oblicuas, medidores de caudal, etc.), pintura para fierriería
Semana 6	materiales de fertilización
	válvulas de bola pegables y de fierro para purgas de matriz y submatriz, respecto a las válvulas de bola para purga de submatriz se deberá tomar en cuenta que en Ecuador estas válvulas son pegables y en 50mm o 63mm, por lo que ya no serán necesarias las transiciones de 50mmx1 1/2" ni de 63mmx2" . También se requiere la entrega de aspersores en esta semana.

Nota: El cronograma se elaboró proyectando la entrega de 01 Equipo de Riego de máximo 70 Has. de extensión por Equipo.

3.4.3. Cuadro comparativo de precios de materiales y equipos para instalación en campo del proyecto la estación (excepto tuberías de PVC), entre Ecuador y Perú

Tabla 20: Cuadro comparativo de precios de materiales y equipos, entre Perú y Ecuador

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit Ecuador	IVA	Total, ECD	Precio Unit Perú	Sub-Total Perú
VALVULA DOROT 3"X2"X3" PLASTICA + SAGIV 75-BSP-M	17	EA	\$ 89.28	IVA_EXE	\$ 1,517.69	\$ 79.11	\$ 1,344.85
DOROT 90 SOLV. WEL.VALVE+MAN.VAL.96-SW-M	11	EA	\$ 127.83	IVA_EXE	\$ 1,406.15	\$ 105.14	\$ 1,156.53
VALVULA DOROT 2" PLASTICA + VALVULA MANUAL. 75-T-BSP-M	21	EA	\$ 68.68	IVA_EXE	\$ 1,442.23	\$ 46.26	\$ 971.37
DOROT 110 SOLV.WEL.VALVE+MAN.VAL.96-SW-M	2	EA	\$ 176.50	IVA_EXE	\$ 353.00	\$ 154.59	\$ 309.18
PILOTO REGULADOR DE PRESION DOROT NEGRO (29-100)	50	EA	\$ 54.40	IVA_EXE	\$ 2,719.94	\$ 43.15	\$ 2,157.52
PILOTO REGULADOR DE PRESION DOROT AZUL (29-200) GR SP.(8MM)	3	EA	\$ 64.28	IVA_EXE	\$ 192.84	-	-
TEFEN CONECTOR MACHO 8*1/8	104	EA	\$ 0.79	IVA_EXE	\$ 82.48	\$ 0.54	\$ 56.25
TEFEN CODO CONECTOR MACHO 8MM*1/8"	208	EA	\$ 0.99	IVA_EXE	\$ 204.96	\$ 0.46	\$ 95.66
TEFEN TEE MACHO 8*8*1/8	153	EA	\$ 1.62	IVA_EXE	\$ 247.60	\$ 0.82	\$ 124.71
TEFEN TEE MACHO 8*8*1/4	2	EA	\$ 1.62	IVA_EXE	\$ 3.24	\$ 1.31	\$ 2.62
GALIT 3 WAY HYDRAULIC RELAY	51	EA	\$ 68.54	IVA_EXE	\$ 3,495.74	\$ 15.21	\$ 775.51
VALVULA ANTI-VACIO 1/2" MACHO	51	EA	\$ 1.41	IVA_EXE	\$ 72.15	\$ 1.04	\$ 53.17
TEE 1 PVC INY EC 75mm	4	EA	\$ 3.88	IVA	\$ 15.51	\$ 1.79	\$ 7.16
TEE PVC INY EC 63mm PG	14	EA	\$ 1.66	IVA	\$ 23.21	\$ 1.75	\$ 24.51
RED PVC INY BUJE EC 75 A 63mm PG	45	EA	\$ 0.87	IVA	\$ 39.00	\$ 1.16	\$ 52.23
PVC UNION 75 MM PEGABLE	45	EA	\$ 3.05	IVA_EXE	\$ 137.28	-	-
NAVC 10 3/4" COMBINATION AV PN10 BSP	13	EA	\$ 65.22	IVA_EXE	\$ 847.81	\$ 17.49	\$ 227.37

«Continuación»

NAVC 10 2" COMBINATION AV PN10 BSP	37	EA	\$	78.63	IVA_EXE	\$	2,909.13	\$	17.91	\$	662.67
MONTURA 110*2 CON ANILLO METALICO + 4 PERNOS	8	EA	\$	11.05	IVA_EXE	\$	88.38	\$	3.89	\$	31.15
MONTURA PE 160MM X 2"	13	UN	\$	15.89	IVA	\$	206.57	\$	9.51	\$	123.69
MONTURA 75MM* 1" + 4 PERNOS	5	EA	\$	8.77	IVA_EXE	\$	43.86	\$	2.08	\$	10.38
TEE PVC INY EC 50mm PG	16	EA	\$	1.26	IVA	\$	20.16	\$	1.97	\$	31.50
PVC ADAPTADOR-GLUE 75*63*2"	76	EA	\$	2.61	IVA_EXE	\$	198.49	\$	1.17	\$	-
PVC ADAPTADOR PEGABLE H 63*2 H	37	EA	\$	2.96	IVA_EXE	\$	109.68	\$	1.14	\$	42.03
CODO PVC INY EC 63mm X 90° PG	74	EA	\$	1.58	IVA	\$	116.55	\$	1.32	\$	97.92
CODO PVC INY EC 50mm X 90° PG	80	EA	\$	0.71	IVA	\$	57.00	\$	0.96	\$	-
SADDLE 160*3 - 6 BOL	10	EA	\$	34.35	IVA_EXE	\$	343.52	\$	13.96	\$	139.63
PVC 90 DEG CODO PEGABLE 160 MM	7	EA	\$	38.41	IVA_EXE	\$	268.84	\$	10.03	\$	70.18
TEE PVC INY EC 160mm PN 10 PG	18	EA	\$	25.86	IVA	\$	465.54	\$	17.02	\$	306.43
PVC 90 DEG TEE PEGABLE 250	7	EA	\$	293.58	IVA_EXE	\$	2,055.03	\$	68.59	\$	480.13
CODO PVC 250MM X 90 GR E/C	3	UN	\$	253.69	IVA	\$	761.08	\$	41.62	\$	124.86
PVC 45 DEG CODO GLUE 63 MM	32	EA	\$	2.95	IVA_EXE	\$	94.34	\$	0.95	\$	30.29
PVC 90 DEG TEE PEGABLE 90	35	EA	\$	9.44	IVA_EXE	\$	330.30	\$	7.06	\$	247.03
PVC 90 DEG CODO PEGABLE 63 MM	45	EA	\$	2.49	IVA_EXE	\$	112.07	\$	1.32	\$	59.55
TEE PVC 315MM	4	UN	\$	451.35	IVA	\$	1,805.39	\$	107.34	\$	429.36
CODO PVC INY EC 90mm X 90° PN16 PG	190	EA	\$	4.26	IVA	\$	808.74	\$	2.15	\$	408.63
RED 1 PVC INY BUJE EC 63 A 50mm	102	EA	\$	0.68	IVA	\$	68.93	\$	1.18	\$	120.50
PVC UNION 63 MM PEGABLE	102	EA	\$	1.34	IVA_EXE	\$	136.51	\$	-	\$	-
REDUCTOR PVC 315MM X 250MM	2	UN	\$	179.89	IVA	\$	359.78	\$	86.92	\$	-
PVC REDUCTOR CORTO BUSHING 250M-200F GLUE	2	EA	\$	134.62	IVA_EXE	\$	269.23	\$	42.41	\$	84.82
RED PVC INY BUJE EC 90 A 63mm PG	51	EA	\$	1.51	IVA	\$	77.04	\$	1.63	\$	-
PVC UNION 90 MM PEGABLE	51	EA	\$	4.44	IVA_EXE	\$	226.51	\$	-	\$	-

«Continuación»

PVC REDUCTOR CORTO BUSHING 250M-200F GLUE	7	EA	\$	134.62	IVA_EXE	\$	942.32	\$	42.41	\$	296.86
PVC UNION 250 MM PEGABLE	7	EA	\$	156.24	IVA_EXE	\$	1,093.68	\$	-	\$	-
PVC REDUCTOR 250M-160H GLUE	7	EA	\$	134.62	IVA_EXE	\$	942.32	\$	29.29	\$	205.04
PVC UNION 250 MM PEGABLE	7	EA	\$	156.24	IVA_EXE	\$	1,093.68	\$	-	\$	-
PVC REDUCTOR 160M-110H GLUE	11	EA	\$	11.65	IVA_EXE	\$	128.14	\$	6.91	\$	76.01
PVC UNION 160 MM PEGABLE	11	EA	\$	17.96	IVA_EXE	\$	197.56	\$	-	\$	-
PVC UNION 110 MM PEGABLE	9	EA	\$	5.88	IVA_EXE	\$	52.89	\$	-	\$	-
RED 1 PVC INY BUJE EC 110 A 90mm	9	EA	\$	3.74	IVA	\$	33.63	\$	2.45	\$	22.09
RED 1 PVC INY BUJE EC 110 A 63mm	9	EA	\$	3.17	IVA	\$	28.51	\$	2.10	\$	18.92
PVC UNION 110 MM PEGABLE	9	EA	\$	5.88	IVA_EXE	\$	52.89	\$	-	\$	-
PVC REDUCTOR 160M-110H GLUE	14	EA	\$	11.65	IVA_EXE	\$	163.09	\$	6.91	\$	96.74
PVC UNION 160 MM PEGABLE	14	EA	\$	17.96	IVA_EXE	\$	251.44	\$	-	\$	-
PVC REDUCTOR 110M-90H GLUE	14	EA	\$	3.84	IVA_EXE	\$	53.81	\$	4.49	\$	62.81
PVC REDUCTOR 90M-75H GLUE	2	EA	\$	2.81	IVA_EXE	\$	5.62	\$	1.78	\$	3.56
PVC UNION 90 MM PEGABLE	2	EA	\$	4.44	IVA_EXE	\$	8.88	\$	-	\$	-
RED PVC INY BUJE EC 50 A 32mm PG	8	EA	\$	0.55	IVA	\$	4.38	\$	0.56	\$	4.47
PVC REDUCTOR CORTO 200MM- 160 GLUE	2	EA	\$	41.27	IVA_EXE	\$	82.55	\$	11.42	\$	22.84
PVC REDUCTOR CORTO 160M-140H GLUE	2	EA	\$	11.65	IVA_EXE	\$	23.30	\$	9.33	\$	18.66
PVC UNION 160 MM PEGABLE	2	EA	\$	17.96	IVA_EXE	\$	35.92	\$	-	\$	-
PVC REDUCTOR 140M-110H GLUE	2	EA	\$	11.65	IVA_EXE	\$	23.30	\$	9.92	\$	-
PVC REDUCTOR 110M-90H GLUE	2	EA	\$	3.84	IVA_EXE	\$	7.69	\$	4.49	\$	8.97
PVC UNION 140 MM PEGABLE	2	EA	\$	13.88	IVA_EXE	\$	27.75	\$	-	\$	-
PVC REDUCTOR CORTO 200MM- 160 GLUE	3	EA	\$	41.27	IVA_EXE	\$	123.82	\$	11.42	\$	34.26
PVC UNION 200 MM PEGABLE	3	EA	\$	34.39	IVA_EXE	\$	103.18	\$	-	\$	-
PVC UNION 110 MM PEGABLE	2	EA	\$	5.88	IVA_EXE	\$	11.75	\$	-	\$	-

«Continuación»

PVC REDUCTOR 110M-75H GLUE	2	EA	\$	3.84	IVA_EXE	\$	7.69	\$	2.71	\$	5.42
PVC REDUCTOR 250M-160H GLUE	2	EA	\$	134.62	IVA_EXE	\$	269.23	\$	29.29	\$	58.58
PVC REDUCTOR 160M-110H GLUE	2	EA	\$	11.65	IVA_EXE	\$	23.30	\$	6.91	\$	13.82
PVC UNION 250 MM PEGABLE	2	EA	\$	156.24	IVA_EXE	\$	312.48	\$	-	\$	-
RED PVC INY BUJE EC 75 A 63mm PG	1	EA	\$	0.87	IVA	\$	0.87	\$	2.38	\$	2.38
PVC UNION 75 MM PEGABLE	1	EA	\$	3.05	IVA_EXE	\$	3.05	\$	-	\$	-
PVC UNION 90 MM PEGABLE	2	EA	\$	4.44	IVA_EXE	\$	8.88	\$	-	\$	-
RED PVC INY BUJE EC 90 A 63mm PG	2	EA	\$	1.51	IVA	\$	3.02	\$	2.11	\$	4.22
RED 1 PVC INY BUJE EC 63 A 50mm	3	EA	\$	0.68	IVA	\$	2.03	\$	1.18	\$	3.54
PVC UNION 63 MM PEGABLE	3	EA	\$	1.34	IVA_EXE	\$	4.01	\$	-	\$	-
PVC UNION 110 MM PEGABLE	4	EA	\$	5.88	IVA_EXE	\$	23.51	\$	-	\$	-
PVC REDUCTOR 110M-63H GLUE	4	EA	\$	3.84	IVA_EXE	\$	15.37	\$	6.03	\$	24.14
PVC REDUCTOR CORTO 200MM- 160 GLUE	2	EA	\$	41.27	IVA_EXE	\$	82.55	\$	11.42	\$	22.84
PVC REDUCTOR 160M-110H GLUE	2	EA	\$	11.65	IVA_EXE	\$	23.30	\$	6.91	\$	13.82
PVC REDUCTOR 110M-90H GLUE	2	EA	\$	3.84	IVA_EXE	\$	7.69	\$	4.49	\$	8.97
PVC UNION 200 MM PEGABLE	2	EA	\$	34.39	IVA_EXE	\$	68.79	\$	-	\$	-
PVC REDUCTOR 250M-160H GLUE	2	EA	\$	134.62	IVA_EXE	\$	269.23	\$	29.29	\$	58.58
PVC REDUCTOR 160M-110H GLUE	2	EA	\$	11.65	IVA_EXE	\$	23.30	\$	6.91	\$	13.82
PVC UNION 250 MM PEGABLE	2	EA	\$	156.24	IVA_EXE	\$	312.48	\$	-	\$	-
CODO LR E-UZ 90° X 315mm PN 10	4	EA	\$	372.60	IVA	\$	1,490.40	\$	249.85	\$	999.41
CODO LR E-UZ 45° X 200mm PN 10	3	EA	\$	58.82	IVA	\$	176.45	\$	40.61	\$	-
CODO LR E-UZ 90° X 200mm PN 10	5	EA	\$	80.43	IVA	\$	402.13	\$	43.28	\$	-
CODO LR E-UZ 90° X 160mm PN 10	3	EA	\$	33.37	IVA	\$	100.12	\$	27.17	\$	81.52
CODO LR E-UZ 45° X 250mm PN 10	3	EA	\$	118.05	IVA	\$	354.16	\$	69.11	\$	-
CODO LR E-UZ 90° X 250mm PN 10	1	EA	\$	225.26	IVA	\$	225.26	\$	83.88	\$	-

«Continuación»

CODO LR E-UZ 45° X 315mm PN 10	1	EA	\$	234.90	IVA	\$	234.90	\$	130.14	\$	130.14
CODO LR E-UZ 22 1/2° X 315mm PN 10	1	EA	\$	234.90	IVA	\$	234.90	\$	203.48	\$	-
CODO LR E-UZ 22 1/2° X 250mm PN 10	2	EA	\$	118.05	IVA	\$	236.11	\$	93.64	\$	-
ADAP PVC INY M CR EC 110mm A 4" PN10 PG	6	EA	\$	3.96	IVA	\$	23.73	\$	1.75	\$	10.51
ADAP PVC INY M CR EC 32mm A 1" PG	1507	EA	\$	0.28	IVA	\$	418.19	\$	0.22	\$	329.88
PVC ADAPTADOR-GLUE 50*63*11/2	143	EA	\$	2.14	IVA_EXE	\$	305.76	\$	-	\$	-
ADAP PVC INY M CR EC 90mm A 3" PN10 PG	74	EA	\$	2.67	IVA	\$	197.79	\$	-	\$	-
CODO PVC INY EC 32mm X 90° PG	8	EA	\$	0.29	IVA	\$	2.34	\$	0.40	\$	-
CODO PVC INY EC 110mm X 90° PN10 PG	16	EA	\$	6.34	IVA	\$	101.48	\$	4.23	\$	67.67
CODO PVC INY EC 90mm X 45°PN10 PG	3	EA	\$	4.00	IVA	\$	12.00	\$	1.90	\$	5.69
PVC 90 DEG TEE PEGABLE 200	6	EA	\$	99.40	IVA_EXE	\$	596.40	\$	36.67	\$	-
TEE PVC INY EC 110mm PN 10 PG	8	EA	\$	6.63	IVA	\$	53.02	\$	7.82	\$	-
MONTURA 90MM*1 1/2" 4 BOLTS	3	EA	\$	9.39	IVA_EXE	\$	28.17	\$	2.45	\$	7.35
MONTURA 63*1 1/2" W/O EDGE 4 BOLTS	2	EA	\$	6.63	IVA_EXE	\$	13.27	\$	1.65	\$	3.29
SADDLE 200 * 3" W/O EDGE 6 BOLTS+RING	5	EA	\$	103.98	IVA_EXE	\$	519.92	\$	30.21	\$	151.05
MONTURA PE 315MM X 3"	12	UN	\$	220.00	IVA	\$	2,640.00	\$	64.40	\$	772.76
MONTURA PE 315MM X 2"	13	UN	\$	113.00	IVA	\$	1,469.00	\$	56.09	\$	729.20
MONTURA PE 250MM X 3"	8	UN	\$	74.14	IVA	\$	593.10	\$	42.22	\$	-
MONTURA PE 250MM X 2"	14	UN	\$	113.00	IVA	\$	1,582.00	\$	40.15	\$	562.10
MONTURA PE 250MM X 4"	1	UN	\$	90.76	IVA	\$	90.76	\$	39.20	\$	39.20
COLL DERIV 1 PP INY 75mm x 2" PN 10	5	EA	\$	5.51	IVA	\$	27.55	\$	2.00	\$	9.99
PLASTIC BUSHING 2X1 1/2 BSP ROSCADO	5	EA	\$	2.65	IVA_EXE	\$	13.23	\$	-	\$	-
996066 TUB P EC 32mm X 6M 0.80MPa 116PSI NET	14	EA	\$	2.28	IVA	\$	31.97	\$	-	\$	-
TUB u-PVC EC 63mm X 6m 0,80MPa(116psi)	42	EA	\$	6.89	IVA	\$	289.30	\$	-	\$	-
TUB u-PVC EC 50mm X 6m 0,63MPa(91psi)	14	EA	\$	3.58	IVA	\$	50.10	\$	3.38	\$	47.38

«Continuación»

UNION DENTADO MARRON 8 MM	40	EA	\$	0.11	IVA_EXE	\$	4.34	\$	-	\$	-
CODO PVC INY EC 50mm X 45° PG	72	EA	\$	0.71	IVA	\$	50.76	\$	0.92	\$	66.29
PVC 45 DEG CODO GLUE 75 MM	6	EA	\$	6.26	IVA_EXE	\$	37.59	\$	4.47	\$	26.80
TEE DENTADO MARRON 8 MM	13	EA	\$	0.28	IVA_EXE	\$	3.69	\$	1.44	\$	-
PLASTIC BUSHING 2X1 1/2 BSP ROSCADO	6	EA	\$	2.65	IVA_EXE	\$	15.88	\$	1.37	\$	8.25
TUBE PE 8MM STRIPE YELLOW*1 500M	22	R	\$	110.44	IVA_EXE	\$	2,429.62	\$	-	\$	-
TEFLON INDUSTRIAL 3/4 X 260 X 0.09	570	UN	\$	1.04	IVA	\$	593.31	\$	0.41	\$	231.81
TEFEN CODO CONECTOR MACHO 8MM*1/8"	2	EA	\$	0.99	IVA_EXE	\$	1.97	\$	0.84	\$	1.67
ADAP PVC INY H CR EC 20mm A 1/2" PG	5100	EA	\$	0.14	IVA	\$	688.50	\$	-	\$	-
TEE PVC INY EC 32mm PG	5580	EA	\$	0.35	IVA	\$	1,966.95	\$	0.30	\$	1,698.18
CODO PVC INY EC 32mm X 90° PG	2946	EA	\$	0.29	IVA	\$	861.71	\$	-	\$	-
RED PVC INY BUJE EC 32 A 20mm PG	5100	EA	\$	0.25	IVA	\$	1,262.25	\$	0.68	\$	3,478.20
COLL DERIV PP INY 110mm x 1" PN 10 PG	37	EA	\$	5.26	IVA	\$	194.65	\$	3.67	\$	135.75
COLL DERIV PP INY 90mm x 1" PN 10 PG	124	EA	\$	4.43	IVA	\$	548.87	\$	2.35	\$	291.13
COLL DERIV 1 PP INY 75mm x 1" PN 10	241	EA	\$	5.22	IVA	\$	1,256.86	\$	2.08	\$	500.24
COLL DERIV PP INY 63mm x 1" PN 10 PG	381	EA	\$	3.29	IVA	\$	1,254.44	\$	1.66	\$	631.52
COLL DERIV 1 PP INY 50mm x 1" PN 10	716	EA	\$	2.34	IVA	\$	1,673.51	\$	1.02	\$	-
COLL DERIV 1 PP INY 160mm x 1" PN 10	5	EA	\$	19.71	IVA	\$	98.56	\$	9.53	\$	47.63
MONTURA PE 200MM X 2"	8	UN	\$	60.39	IVA	\$	483.09	\$	22.31	\$	178.50
PLASTIC BUSHING 2*1 ROSCADO	5	EA	\$	2.81	IVA_EXE	\$	14.06	\$	1.49	\$	7.44
PLASTIC BUSHING 1M*1/2F	14	EA	\$	0.24	IVA_EXE	\$	3.40	\$	0.37	\$	5.12
PVC REDUCTOR 315M-200H GLUE	4	EA	\$	181.74	IVA_EXE	\$	726.95	\$	96.73	\$	-
	1	UN	\$	179.89	IVA	\$	179.89	\$	-	\$	-
PVC REDUCTOR 90M-75H GLUE	55	EA	\$	2.81	IVA_EXE	\$	154.63	\$	1.57	\$	86.15
UNION PVC 90MM	55	UN	\$	5.33	IVA	\$	293.08	\$	-	\$	-

«Continuación»

		SUB TOTAL	0.12	\$ 27,340.08		
		SUB TOTAL	0	\$ 31,658.29		
			IVA	\$ 3,280.81		
		TOTAL		\$ 62,279.18		
		SUBTOTAL ECUADOR		\$ 43,243.40	TOTAL, PERÚ	\$ 23,302.55
			IVA	\$ 2,365.16	IGV YA INCLUIDO	0
COMPARATIVA DE PRECIOS DE MATERIALES DE INSTALACION EN CAMPO EXCEPTO TUBERÍAS PVC ECUADOR VS PERÚ		TOTAL, ECUADOR		\$ 45,608.55	TOTAL, PERÚ (CONSIDERANDO FLETE TERRESTRE + DESADUANIZACIÓN)	\$ 25,632.80

3.4.4. Experiencia personal al momento de supervisar instalaciones de sistemas de riego por aspersión

INSTALACIÓN DE RED MATRIZ

Las camas antes de tender tubería deben estar limpias de piedras u objetos que dañen la tubería y además deben estar niveladas. Al momento del tapado se debe hacer antes a palana una cama encima del lomo de al menos 20 cm para evitar daños y antes de esto se debe haber tendido el microtubo con sumo cuidado de no picarlo, proteger el microtubo con tubería PVC de 25mm en cruces peligrosos donde la maquinaria la pueda dañar. Los codos y tees de la matriz deben estar bien embonados y con la dirección de embone correcta (no debe tener luz o verse forzada), las reducciones fuertes de matriz deben tener neoplos de tubería PVC de al menos 3 metros entre cada una. Las monturas o collarines deben tener todas o-ring (caucho interno) y deben estar empernadas de abajo hacia arriba (tuercas arriba y bien ajustadas). Monturas para válvulas de aire deben mirar hacia arriba y monturas para tomas de presión de matriz deben estar echadas. Todas la tees, codos, curvas y válvulas hidráulicas deben tener dado de concreto encajonado con madera y bien fraguado antes de enterrar. Se deben apoyar de la aplicación "AVENZA" para la instalación y verificación de dirección de tubería, del número de válvulas de aire (ubicarlas en zonas más altas respecto al punto de ubicación del plano) y del número de válvulas hidráulicas instaladas (verificar que la dirección de la válvula con flecha coincida con el flujo de agua, verificar que se instaló el número de monturas para toma de presión para regleta de solenoides. Tomar foto de todo por cada nodo, antes de firmar este documento se debe compartir las fotos al Supervisor. Se recomienda además la revisión semanal de tubería matriz junto al administrador del Fondo donde se labore, y revisar también la extensión de la tubería, cuidando que ésta no tenga más de 04 días expuesta al sol, en caso la maquinaria este temporalmente inoperativa se deberá pretapar a pala, la tubería no deberá presente piedras debajo de su base ni alrededor, la tubería matriz no deberá tener más de 8° de flexión en el cambio de dirección; si tuviera un ángulo mayor se deberán usar curvas. Revisar que los dados de concreto se ejecuten encofrados con madera y anclados al menos 20cm por debajo de la base de los accesorios y 10 cm por encima del lomo del mismo.

INSTALACIÓN DE RED SUBMATRIZ

Verificar el correcto pegado de tuberías: limpiar con WAIPE la tubería y luego verter

pegamento con la esponja tanto en la campana como en la espiga y proceder a pegar sosteniendo la unión de tuberías por 20 segundos. Para sistema por aspersión: verificar que la montura de conexión submatriz-laterales esté a la altura de la mitad de la cama de siembra. Verificar que todas las monturas colocadas en submatriz para conexión con laterales estén con las tuercas bien ajustadas y los pernos de abajo hacia arriba, además tener cuidado de usar la broca respectiva para el diámetro de salida de la montura (1" generalmente). Para sistema por goteo: verificar que los bigotes de manguera ciega estén bien conectados al conector inicial de 16mm y con el respectivo gromitt (caucho) y que no se conecten las mangueras con gotero hasta después de lavar la red matriz y submatriz. Observar bien que las mangueras presenten todos los goteros a la distancia solicitada entre uno y otro gotero y que no presenten daños.

INSTALACIÓN DE LATERALES, ELEVADORES Y EMISORES

Colocar los collarines que conectan submatriz con laterales mirando hacia arriba y con los pernos de abajo hacia arriba. Pretapar con pala el neplo, tee y los primeros tubos de lateral que conectan con la submatriz. En el caso de riego por goteo se debe bigotear la zanja submatriz, pero no conectar aún las mangueras hasta después del lavado de matriz y submatriz. Verificar que los muñecos se hagan con molde de PVC de al menos 75mm y que se fundan desde la tee que sale de la lateral hacia el elevador. Colocar cinta "stretch film" sobre y alrededor de la boca de los elevadores antes de que fundan los muñecos para evitar que se introduzca concreto o nidos de insectos al elevador.

AUTOMATIZACIÓN

Tener cuidado de ubicar las antenas RTU en zonas altas y estratégicas para que puedan tener visibilidad a futuro una con otra y con la antena máster, cuidar que la suma de caudales de las válvulas en el DREAM coincida con el Caudal del turno correspondiente. Tener cuidado de instalar correctamente los filtros dedo antes de la entrada del microtubo a la regleta de solenoides ya que si se coloca mal no estaría filtrando la suciedad del agua de matriz. Advertir al casetero de no desconectar las baterías que vienen dentro de la antena máster y del programador DREAM. Tener cuidado de colocar echadas las monturas para toma de presión hacia solenoides, de manera que disminuya la acumulación de aire en el microtubo, se recomienda además colocar correctamente los bushings correspondientes.

CABEZAL DE RIEGO

A veces una descuidada verificación antes de bridar la tubería de succión con la bomba, o un infortunado evento, puede dejar objetos o animales dentro de ésta; generando una obstrucción tal que la presión y caudal de salida estarían muy por debajo del punto de operación del diseño. Para poder prever esto se recomienda principalmente verificar con linternas u objetos de alta iluminación las tuberías antes de bridarlas, desde la válvula check (v. de pie) hasta la brida que empalma con la entrada a la bomba. En caso ya esté toda la fierriería de succión bridada, es recomendable antes de iniciar la puesta en marcha del sistema, instalar un vacuómetro con una mini válvula de corte en el punto de succión de la bomba, y al encender la bomba podremos medir la presión de vacío para determinar si hay algún objeto obstruyendo o aire que se ha filtrado en la succión, una medida de vacío importante ($< -0,17$ bar) puede ser el indicador de que algún objeto está obstruyendo la tubería de succión o el mismo impulsor.

Verificar que el Cliente esté conforme con la ubicación de la entrada a la caseta y que el lugar para tableros sea la adecuada ante una posible inundación, verificar además que haya drenes y desfuegos de agua en este caso.

Verificar que las mariposas de la succión tengan la cantidad de caucho suficiente para que al momento de la alineación de la bomba no se produzcan goteras a posteriori (se analizará comprar juntas de expansión en la succión y descarga de la bomba dependiendo de la ubicación de las mariposas).

Confirmar que los cauchos coincidan en diámetro con los componentes bridados que ajustan, verificar que todos los equipos, tales como válvulas check, caudalímetros, filtros y válvulas sostenedoras estén en la dirección correcta del flujo de agua (ver flecha de dirección en el equipo a instalar). Verificar que la dirección de la fierriería coincida con la dirección de la conexión a la tubería matriz de PVC.

Se debe verificar que la altura entre el eje de las bombas y el tirante mínimo del canal sea el indicado en el plano, de manera que no se afecte el NPSH disponible con el que se eligieron las bombas y evitar problemas de cavitación en la bomba o que no se alcance la uniformidad

de riego deseada en el campo.

Se debe verificar que coincida el nivel de profundidad entre la tubería de fierro que sale del cabezal con el nivel de profundidad de la tubería de PVC que conducirá el agua al área de siembra, de manera que no existan inconvenientes al momento de acoplarlos a través del terminal brida-campana.

Se debe verificar que los pernos que ajusten las uniones de equipos con bridas, tengan las dimensiones adecuadas en ancho y largo.

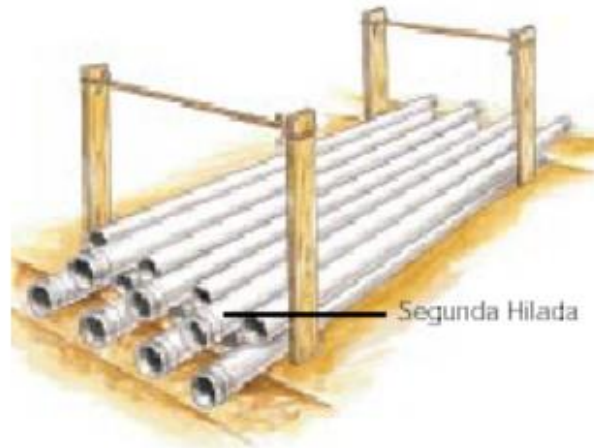
Se debe verificar que se respete el ancho, profundidad y pendiente de las zanjas de desagüe dentro del cabezal, ya que por ejemplo en caso de no tener la pendiente correcta podrían haber empozamientos, o en caso de no tener la profundidad indicada podría haber problemas para desarmar los filtros en la salida de los tanques de mezcla de fertilizante y sería difícil realizar la limpieza de éstos.

3.4.5. Actividades de la instalación y puesta en marcha del proyecto la estación que se podrían mejorar aplicando las “Recomendaciones para instalación de sistemas de tuberías” a través de la norma ISO NTP-RT-ISO/TR 4191

Aspectos a mejorar en el almacenamiento, manipulación y transporte de tubos

- La forma correcta de cargar un tubo de 6mts es con 02 personas utilizando el mismo hombro para la carga, en La Estación no se tuvo ese cuidado.
- Los tubos no deben sobresalir más de 01 metro de la plataforma del vehículo que los transporta, en La Estación sobresalían 2 metros, dado que la carreta tenía 4 metros de largo.
- En cuanto al almacenamiento, la norma recomienda hacer una zanja de 2cm para las campanas de la primera hilada de tubería, eso no se realizó en el proyecto. Tampoco se realizó la colocación intercalada entre campana y espigo, ni la distancia recomendada de 02 campanas entre campana y espigo para acomodar la segunda hilada de tubos.

Figura 95: Forma recomendada de almacenamiento según la norma



Aspectos a mejorar en la excavación de zanja

- La colocación de tuberías en La Estación se realizó apenas a 50cm del borde de la zanja, la norma recomienda colocarlas a por lo menos 2 metros.

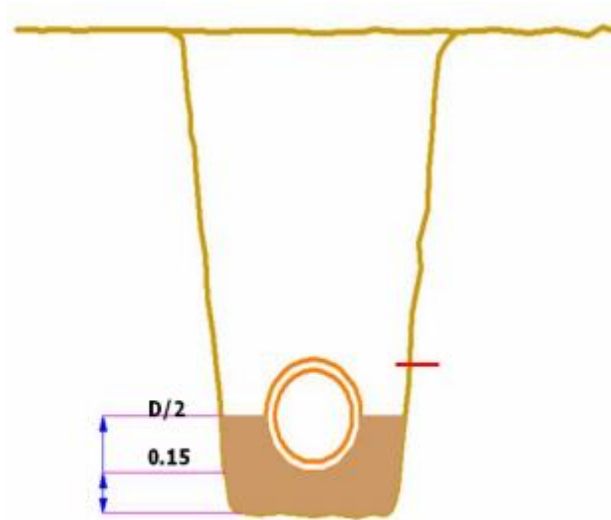
Aspectos a mejorar en la instalación de tuberías de PVC

- Si no hubiese marca para la inserción del tubo, el extremo del tubo debe marcarse de tal forma que, al ingresar el espigo, quede a 1.5 a 2.5 cm del fondo de la campana.
- Según la norma se debe hacer un nicho o cuneta debajo de la junta embonada de las tuberías, de manera que los tramos estén uniformemente soportados, esto no se aplicó en La Estación.

Aspectos a mejorar en el relleno y compactación

- En cuanto al pretapado, la norma dice que el tubo debe ser relleno de material suelto hasta la mitad de su diámetro con palana, y a esa altura debe compactarse por los costados también utilizando palana, de manera que tenga un adecuado soporte lateral y vertical a cualquier desplazamiento. En La Estación se relleno directamente el tubo hasta 20cm por encima del lomo sin ese compactado a mitad de diámetro.

Figura 96: Pretapado y compactación recomendada por la norma



- La norma recomienda 30cm de pretapado encima del lomo del tubo, en el proyecto el pretapado se realizó con 20cm sobre el lomo.

Aspectos a mejorar en el método de ensamble y bloques de anclaje

- La norma recomienda que los anillos que se usen deben ser aquellos suministrados por el fabricante para su propio sistema de ensamble.
- La norma recomienda colocar un polietileno grueso entre la tubería o accesorio y el concreto, para impedir la abrasión, esto es algo que no se practicó en La Estación.

Figura 97: Accesorio cubierto con polietileno grueso



IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- La puesta en marcha del sistema de riego advierte que se acumula mucha suciedad dentro del filtro en apenas 20 minutos, tiempo en el que entre la entrada y salida de filtros se puede observar una pérdida de carga de 2 bares.
- El cuadro de retroalimentación del proyecto, advierte que las fallas más comunes encontradas en el sistema de riego de La Estación fueron: tuberías laterales fisuradas por aplastamiento con excavadora de orugas y/o relleno de zanjas con material pesado, zona de embone de tuberías pegables con la campana quemada por exceso de pegamento y en algunos casos por espesor más bajo en las tuberías fabricadas con la norma ecuatoriana respecto a la norma peruana, y también una falla común encontrada fue la ruptura del elevador en la zona de salida de la tee que conecta con la tubería lateral debido a que no se fundió correctamente el muñeco de concreto desde la tee de 32mm*25mm*32mm.
- El cuadro de rendimiento de mano de obra, advierte que el balizado y marcaje para zanjas se hicieron con un rendimiento muy por debajo del promedio, debido a la poca frecuencia de asistencia del equipo topográfico. Otra actividad con bajo rendimiento fue la fabricación de dados de concreto, debido a que inició la pandemia por COVID-19, la cual afectó el comercio de cemento fuertemente en Ecuador. Además de la falta de caminos y la topografía, razones por las que se debió transportar el agregado y cemento a pie.
- El cuadro de rendimiento de maquinaria advierte que la excavadora de orugas tuvo rendimientos por debajo del promedio, debido principalmente a la topografía de la Hacienda y a que tiene más de 10 años de uso, un factor que afectó debido a que presentaba problemas en pleno curso de operación y se pudo observar que tenía menos fuerza de transmisión en las uñas, lo que desenlazaba en una dilatación del tiempo de excavación a medida que el terreno en su profundidad se hacía más duro.
- Se obtuvo el mapa georreferenciado del proyecto La Estación Etapa 1, siendo leído con éxito por la aplicación Avenza Maps, donde se pudo visualizar las coordenadas de latitud y longitud en la parte inferior, las cuales variaban según la posición del

dispositivo móvil dentro de La Hacienda.

- Comparando la instalación realizada en La Estación con las recomendaciones emitidas en la NORMA ISO NTP-RT-ISO/TR 4191, se deben mejorar algunas actividades de instalación de la siguiente manera: al momento de fundir el dado de refuerzo del accesorio se debe colocar un polietileno grueso entre la tubería o accesorio y el concreto, para impedir la abrasión; al momento de realizar el pretapado primero se debe compactar tierra suelta por los costados del tubo hasta la mitad de su altura, luego rellenar hasta 30cm por encima del lomo; se debe hacer un nicho o cuneta debajo de la junta embonada de las tuberías, de manera que los tramos estén uniformemente soportados, y por último se deben tender las tuberías fuera de la zanja al menos a 2 metros del borde de ésta.
- El cronograma límite de entrega de materiales por parte del área de logística para proyectos de riego tecnificado por aspersión, advierte que antes del inicio del proyecto se debe priorizar la entrega de tuberías de PVC y sus correspondientes accesorios de unión (curvas, monturas y tees), lubricantes, pegamentos y herramientas correspondientes. Además, según este cronograma el área logística debe acelerar la compra de bombas y filtros, ya que deben ser entregados 1 mes después del inicio de la instalación, y como normalmente estos son traídos del extranjero, demora su transporte (normalmente marítimo por el peso y volumen). El cronograma elaborado también indica que los materiales que se requieren al final del proyecto son los materiales de fertilización y válvulas de bola para purga de matrices y submatrices, esto debido a que para instalar la fertilización debe haberse terminado el empalme entre fierriería de descarga y tubería de conducción de PVC a la salida del centro de control, por otro lado, las válvulas de bola se solicitan antes de la puesta en marcha, con el objetivo de evitar robos antes de la entrega del proyecto.
- El cuadro comparativo de precios de Perú y Ecuador, de materiales y aparatos para instalación en campo del proyecto La Estación (excepto tuberías de PVC), advierte que comprar los materiales descritos en Perú resulta 44% menor en precio que en Ecuador, dicho porcentaje incluye el flete y desaduanizaje. Cabe mencionar que el tiempo que demora en transportarse la carga desde Perú a Ecuador sumado con el tiempo de desaduanizaje, no afecta el cronograma de ejecución establecido.

V. CONCLUSIONES

- El equipado de filtros de riego no es el adecuado para la calidad de agua de fuente utilizada en la Hda. La Estación.
- Según el cuadro de retroalimentación del Proyecto La Estación se debe exigir que se respete el cronograma de instalación de manera que no coincidan las labores de la excavadora de orugas o maquinarias de altas dimensiones con la instalación de tuberías laterales, para así evitar aplastamiento de éstas por la maquinaria pesada; además se debe exigir al personal técnico y de apoyo tener cuidado de usar pegamentos específicos para diámetros menores de 75mm y de presión nominal menor a 0.8 MPa; además de echar la cantidad correcta y hacer la limpieza de pegamento adecuada, y por último se debe exigir que el fundido de muñecos para elevadores de aspersión se haga desde la tee de elevación, de manera que al llegar la presión hidráulica no se quiebre la parte baja del elevador que conecta con la tee.
- Según el cuadro de rendimiento de mano de obra y maquinaria se debe exigir al cliente conformar caminos de al menos 4 mts de ancho para la conducción de material de mezcla para concreto a los lugares estratégicos, además se debe tener cuidado de contar con maquinaria en buen estado mecánico y con una cuchara no sobredimensionada para evitar retrasos en el avance de excavación.
- La aplicación Avenza Maps resulta muy útil para actividades de instalación de riego, ya que permite ubicar el dispositivo móvil dentro del campo de trabajo y sobre el plano de instalación, de manera que puedes ubicar un arco de riego, una válvula de aire, incluso un aspersor, y sin requerir conexión a internet, un aspecto positivo tomando en cuenta que en muchos campos de trabajo la conexión es débil o inexistente.
- Tomando en cuenta las recomendaciones de la NORMA ISO NTP-RT-ISO/TR 4191 del INACAL, se deben mejorar los procesos tales como: almacenamiento, manipulación y transporte de tubos, instalación de tuberías de PVC, relleno y compactación, y bloques de anclaje.

- De no cumplir el cronograma límite de entrega de materiales y equipos elaborado; es probable que los costos operativos se incrementen sustancialmente, ya que implicará que el personal técnico y de apoyo baje su rendimiento por falta de recursos y esto ampliará su estadía en el proyecto, aumentando los costos fijos como hospedaje, alimentación, remuneración y transporte.
- Conviene comprar en Perú los materiales descritos en el cuadro comparativo con Ecuador, ya que resulta 44% menor en precio.

VI. RECOMENDACIONES

- Al tender los tubos sobre la cama de la zanja, todos deben tenderse con la panza del tubo hacia abajo para evitar deflexión sobre éstos, y además que si unos están en sentido contrario a otros puede haber quiebre en la zona de embone espiga-campana.
- Luego de instalar curvas, codos o tees para cambio de dirección y que van seguidos de una o más reducciones, entre estos accesorios y las reducciones debe haber un pedazo de tubo de al menos 03 metros que haga las veces de neplo entre ellos.
- Es recomendable contar con maquinaria moderna y en buen estado; con mantenimiento mecánico al día, de manera que no se presenten retrasos de ejecución por inactividad.
- Contar con caminos de al menos 4mts de ancho dentro del lugar de instalación, por donde puedan circular vehículos y peatones es un factor que incrementa la operatividad y posibilidad de cumplimiento de plazos en cualquier proyecto de riego tecnificado.
- En el caso de La Estación; el canal de SENAGUA está ubicado alrededor de flora y fauna, lo que repercute en la pérdida de 2 bares de presión entre aguas arriba y debajo de los filtros en apenas 20 minutos, para aguas como las de este proyecto, que presentan materia orgánica, se recomienda utilizar batería de filtros de anillas, aún mejor si tienen retrolavado automático para evitar diferencias de presión entre aguas arriba y aguas abajo mayores a 0.5 bares.
- En caso de tener un retraso logístico con accesorios como válvulas hidráulicas, válvulas de aire, monturas u otros, marcar con banderines las zonas donde se instalarán para evitar que las máquinas tapen esas zonas de zanja.
- Asegurar que las monturas o collarines instalados tenga la orientación correcta según el accesorio al que irán conectadas, tomar en cuenta además que la broca con la que se perforará la salida del collarín debe ser un poco más pequeña que el diámetro de salida de éste, para así evitar fuga de agua, tomar en cuenta también que las tuercas que aseguran los pernos del collarín; deben ir en la parte superior de éste para que en caso deba hacerse una reparación, sea más fácil de maniobrar.

- No permitir el ingreso de maquinaria pesada como excavadoras o retroexcavadoras una vez que la tubería lateral de 32mm de PVC haya sido instalada, con el objeto de evitar aplastamiento de éstas.
- Tener mayor cuidado en que la fundición de los muñecos de concreto para elevadores se haga desde la tee que sale del lateral, con el fin de dar mayor estabilidad al elevador una vez que recibe la presión hidráulica del sistema de riego.
- Dado que las normas de fabricación de tuberías de PVC en Ecuador admiten menos espesor nominal en tuberías de la misma presión nominal (PN) que las fabricadas en Perú, sobre todo en diámetros de 32, 50 y 63mm; se recomienda solicitar tuberías con al menos 02 grados superior de PN que lo que demande el programa de diseño de riego, por ejemplo: si IRRICAD recomendara tuberías de 50mm PN= 0.5MPa, en Ecuador se deberá solicitar tuberías de 50mm de 0.8 MPa u 8 bares.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACORBANEC. (2021). Análisis de las exportaciones de banano del Ecuador: de enero a diciembre del 2020. Recuperado de <http://www.acorbanec.com/wp-content/uploads/2021/01/10-EVOLUCION-DE-EXPORTACIONES-ECUATORIANAS-DE-BANANO-A-DICIEMBRE-DE-2020.pdf>.
- Arapa, J. (2006). Sistemas de Riego a Presión – Teoría y Problemas. Lima, Perú. pp. 18-54.
- Banco Mundial. (2021). En Ecuador, el riego tecnificado equivale a cultivos más sostenibles y mejor alimentación. Ecuador. Recuperado de <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2021/07/14/en-ecuador-el-riego-tecnificado-equivale-a-cultivos-m-s-sostenibles-y-mejor-alimentacion#:~:text=En%20Ecuador%2C%20de%20las%20338,los%20alimentos%20que%20se%20cultivan>
- Berrocal, R. (2013). Automatización del Sistema de Riego. Perú.
- Corporación Editora Nacional del Ecuador. (1987). EL BANANO EN EL ECUADOR: Transnacionales, modernización y subdesarrollo.
- DOROT. (2012). Catálogo de válvulas eliminadoras de aire y de ruptura de vacío.
- DOROT. (2015). Catálogo de válvulas serie 75
- DOROT. (2019). Catálogo de válvulas piloto.
- Fuentes, J. (2003). Técnicas de Riego. 4 ed. Madrid. Mundi-Prensa. 483 p.
- Gurovich, L. (1985). Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José, Costa Rica.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2004). Proyecto Cultivo de plátano tecnificado con riego. Managua, Nicaragua.
- Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016). Norma Técnica Peruana NTP-RT-ISO/TR 4191: Sistemas de tuberías de plástico para el suministro de agua. Policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U) y orientado (PVC-O). Recomendaciones para la instalación.
- Lora, M. (2021). Manual de Operación General. Equipos de Riego Corande S.A.C.
- Manual de Equipos de Bombeo de “Irrigation Systems Company”. Recuperado de <http://irrigationsystemsco.com/componentes/equipos-de-bombeo/?v=3acf83834396>

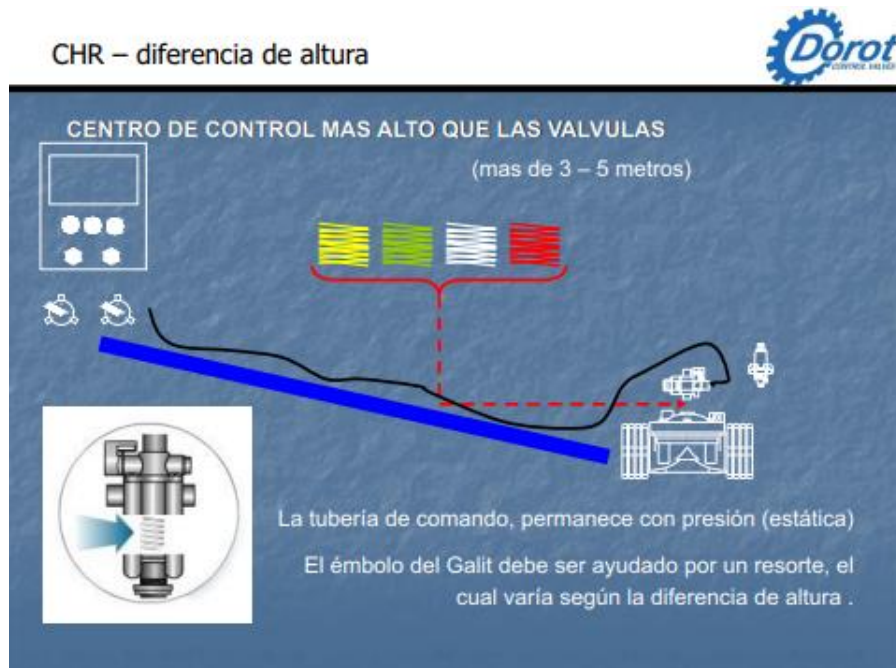
- Martín, J. (2005). El riego por aspersión y su tecnología. Madrid: Mundi-Prensa.
- Ministerio de Comercio Exterior Ecuatoriano. (2017). Informe de Sector Bananero Ecuatoriano.
- Molina, C. (2012). Los Sistemas de Riego en el Cultivo del Banano. Medellín: Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
- Moya, J. (2002). Riego localizado y fertirrigación. Madrid, España. 3ra edición, Editorial Ediciones Mundi-Prensa. pp. 271-272.
- Percca, M. (2022). Proceso de instalación y pruebas en obra de sistemas presurizados. [Webinar]. PAVCO. Recuperado de <https://event.webinarjam.com/go/replay/509/vo09vtxma64vf5w5bg>
- Portafolio “Actitud física del territorio”. (2022). Geoportal del Instituto Geográfico militar del Ecuador. Enlace: <https://www.geoportaligm.gob.ec/pag>
- PRONAMACHCS. (2001). Manejo y conservación del suelo – fundamentos y prácticas. Lima, Perú. pp. 452-462.
- Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI). (2007). Manual de supervisión de obras para la instalación de sistemas de riego tecnificado. Lima, Perú. 80 p.
- Pulgar, J. (1955). Riegos por aspersión. Madrid, España.
- Redagícola. (2018). El reto de mejorar la productividad del banano. Piura, Perú. Recuperado de <https://www.redagricola.com/pe/el-reto-de-mejorar-la-productividad-del-banano/>
- Revista Ekos. (2021). 2020 fue un año histórico para el sector bananero de Ecuador. Recuperado de <https://www.ekosnegocios.com/articulo/2020-fue-un-ano-historico-para-el-sector-bananero-de-ecuador>
- Salmerón, M. (2018). Instalación de un sistema de riego por aspersión para 88 ha de banano (Musa paradisiaca) en Finca Monte Blanco, San Alberto, Siquirres, Limón.
- Santacruz, E.; Santacruz, G. (2020). Evaluación del desempeño del riego por aspersión en lotes con cultivo de banana en Chiapas. México.
- SENAGUA. (2019). Informe de la Audiencia Pública - rendición de cuentas.
- SENNINGER. (2022). Catálogo de reguladores de presión para riego agrícola.
- Traductor DeepL (2022). Enlace www.DeepL.com/Translator.
- Villablanca, A.; Villavicencio, A. (2010). Componentes de un cabezal de riego presurizado. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Parinacota, Chile.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Recomendaciones por diferencia de altura entre arco de riego y salida de regleta de solenoides



Anexo 2: Recomendaciones por diferencia de altura entre arco de riego y salida de regleta de solenoides



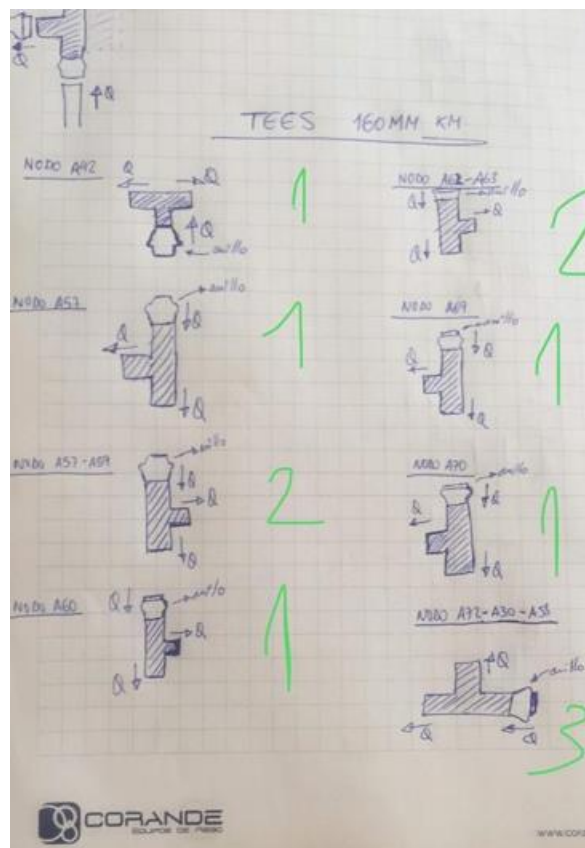
Anexo 3: Instalación de collarín en posición horizontal para toma de presión



Anexo 4: Pegamento utilizado para pegar la tubería submatriz de 50mm, 63mm y 75mm y la tubería lateral de 32mm



Anexo 5: Indicaciones de instalación de tees según el sentido del flujo (campana recibe presión)



Anexo 6: Encofrado para base de concreto en bomba centrífuga



Anexo 7: Soldado de bridas en fierro de cédula 40



Anexo 8: Válvula duocheck utilizada (doble plato)



Anexo 9: Labores de ensamblaje de succiones con válvulas de pie



Anexo 10: Labores de supervisión en el cabezal de riego



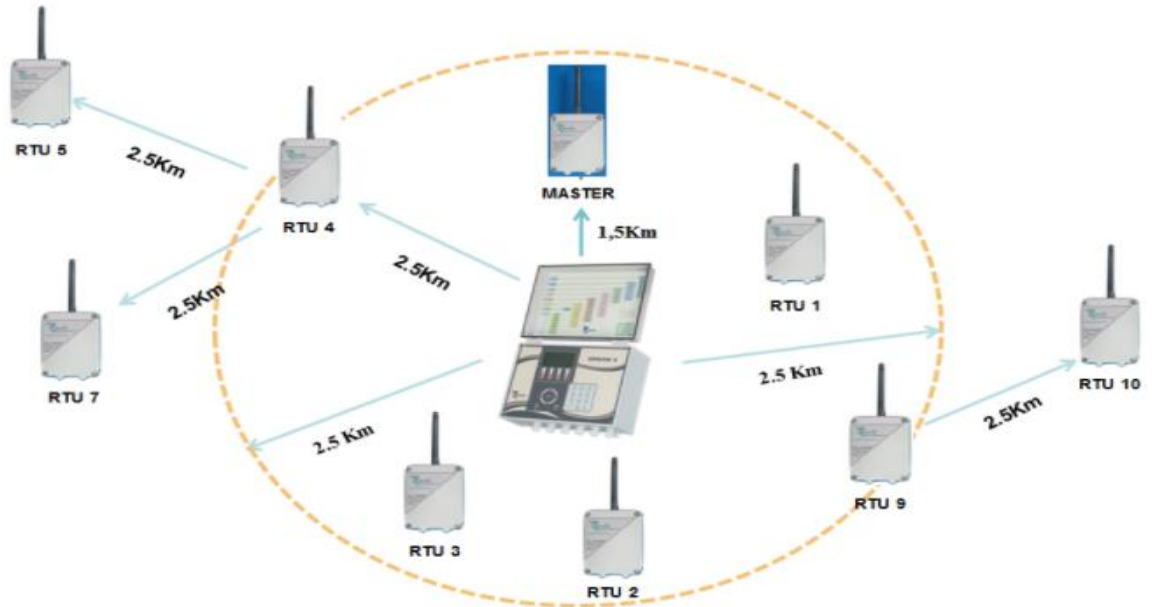
Anexo 11: Soldadora utilizada en cabezal



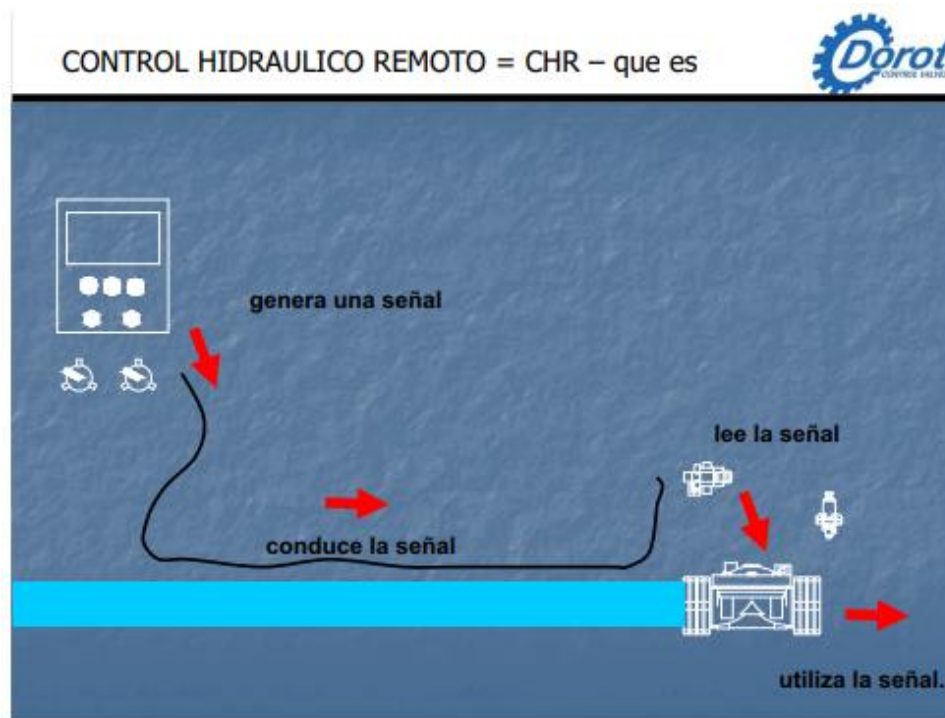
Anexo 12: Vista frontal del equipo de fertilización de La Estación



Anexo 13: Comunicación entre Dream 2, RF Máster y RF RTU's



Anexo 14: Actuación del solenoide en la apertura-cierre de una válvula hidráulica



Anexo 15: Características técnicas del Equipo 1 - La Estación

Cultivo		Banano	
Superficie			
	Etapa Inicial	47.22	ha
	Etapa Final	37.43	ha
	Total	84.65	ha
Marco de plantación		10.00 x 10 m	
Emisor		Aspersor Tavit 920 cada 10 metros con 320 lph	
Líneas de Riego		1	línea
Precipitación		3.25	mm/h
N.º Turnos Total		8	
	Etapa Inicial	4.5	
	Etapa Final	3.5	
Aplicación		4.50 mm/día	
Potencia Absorbida		2 x 54.7 HP	
Potencia Nominal del Motor		2 x 75.0 HP	
Filtración		Manual con Caza Piedras	
Fertilización común		02 tanques de almacenamiento de 1100 lts + bomba de inyección para 4000 lph manual	
Operación		Mandos Hidráulicos	

Anexo 16: Campo de siembra desbrozado



Anexo 17: Zona más alta para ubicar RTU repetidora



Anexo 18: Dren natural principal que cruza el área de instalación



Anexo 19: Ceibos que no podrán ser cortados por ser intangibles



Anexo 20: Ubicación del centro de control y atrás se observa el canal de SENAGUA



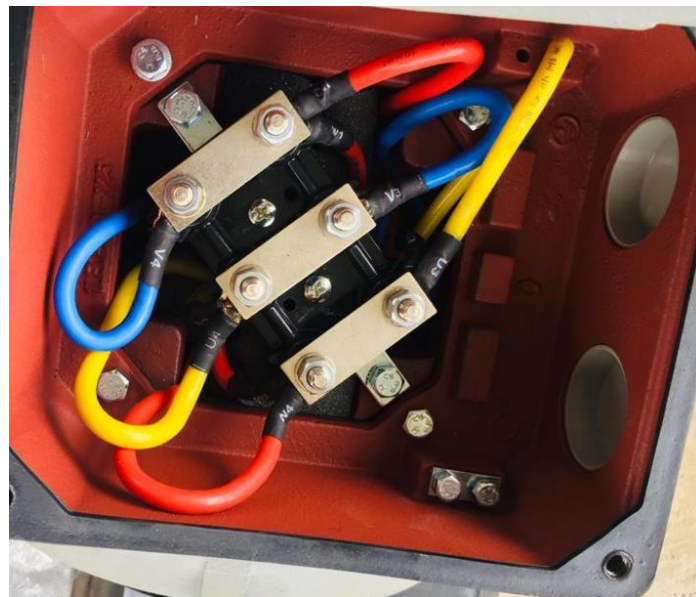
Anexo 21: Canal de SENAGUA a tope de capacidad



Anexo 22: Componentes de antena máster instalada



Anexo 23: Caja de borneras del motor con las conexiones provenientes del tablero eléctrico de control



Anexo 24: Prensaestopa que conecta el tuboflex de protección de cables con la caja de paso



Anexo 25: Nivelación de manifold de fierro con caballete



Anexo 26: Caudales autorizados de los principales sectores de consumo en Ecuador

CAUDALES AUTORIZADOS 2019							
Tipo	Caudal Autorizado por Centro de Atención Ciudadano (Rango de 0 a 5 l/s)					(Rango de más 5l/s)	CAUDAL AUTORIZADO
	Guayaquil	Santa Elena	Quevedo	Guaranda	Cañar	Subsecretaría	TOTAL
Abrevadero	0,51	0,18	0,97	6,795	2,26	0	10,715
Industrial	0,01	-	1,1	0,023	0,7	208,37	210,203
Piscícola	-	-	-	0,2	1,21	-	1,41
Riego	3.611,81	1.088,64	342,19	322,802	322,57	2.295,59	7.983,602
Hidroelectricidad	-	-	-	-	-	11.660	11.660,00
Agua potable	-	1,51	-	-	6,72	945,9	954,13
Camaronera	39,96	-	-	-	-	1.341,91	1.381,87
Uso doméstico	31,4	-	4,41	29,357	-	0,63	65,797
TOTAL	3.683,69	1090,33	348,67	359,177	333,46	16.452,4	22.267,727

FUENTE: Informe de la Audiencia Pública 2019 – SENAGUA

Anexo 27: Válvula hidráulica NC con galit NO - serie 75 PR/RC, piloto red. 29-100



Anexo 28: Apoyo con cruceta para verificar la profundidad de la zanja



Anexo 29: Reporte de presiones aguas debajo de los 4 turnos de la Etapa 1

System Flow - 1						
Zone Name	(X,Y) (m)	Zones Operating		Flow (m3/h)		
		Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)			
2.1	593930.8	9746913.7	38.4	27.4	29.3	
3	593858.4	9746747.3	36.1	27.1	43.5	
4	594004.5	9746873.1	38.6	26.4	52.8	
5	593897.0	9746668.4	39.2	26.3	62.2	
6	594075.9	9746822.4	49.4	31.0	59.1	
7	593955.7	9746600.2	40.1	27.8	39.0	
14- 1	594289.2	9747050.3	39.8	23.8	21.4	
14- 2	594305.4	9747031.5	44.6	24.0	24.9	
71- 1	594170.9	9746956.9	40.9	22.7	18.6	
71- 2	594189.6	9746935.2	48.2	23.9	15.6	
1	593861.2	9746989.0	29.2	23.4	12.7	
12	594182.9	9746969.2	39.4	26.0	10.9	
2.2	593827.7	9746780.3	36.1	23.1	4.9	



Zones Operating					
Zone Name	(X,Y) (m)	Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)	Flow (m3/h)	
17	594463.3	9747169.1	45.3	27.4	34.2
18	594315.6	9747146.6	44.9	27.4	41.7
19	594257.6	9747209.7	45.9	27.3	39.2
20	594199.0	9747278.1	49.2	29.6	40.4
21	594202.0	9747373.0	46.5	26.8	14.7
22	594214.3	9747473.6	43.0	28.0	2.9
23	594555.3	9747234.2	44.2	29.8	36.5
24	594638.1	9747446.4	39.6	31.8	55.9
25	594623.6	9747524.4	32.0	27.5	34.6
26	594564.7	9747592.9	29.4	26.0	31.7
27	594506.3	9747661.4	32.2	28.1	25.7
28	594457.7	9747718.5	28.7	27.0	16.0

System Flow - 3

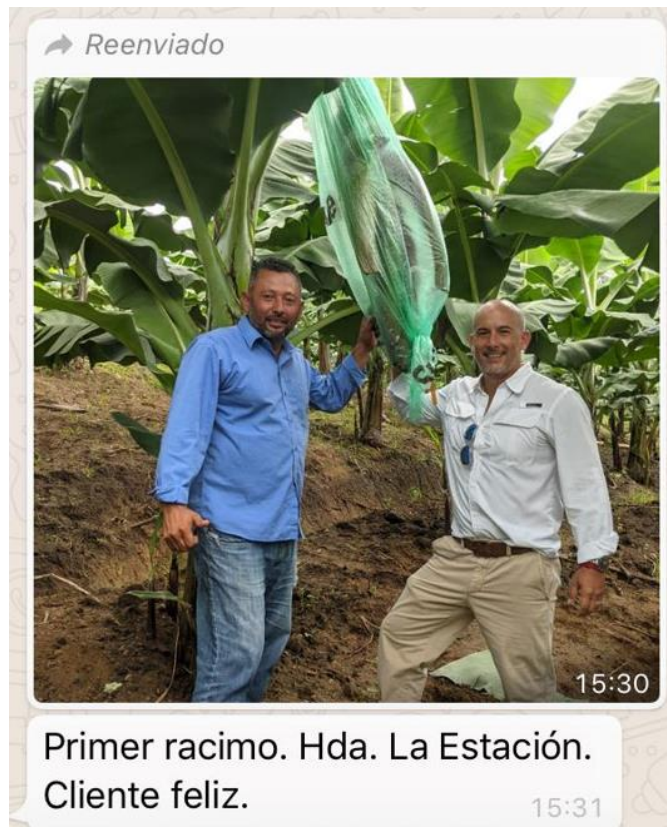
Zones Operating					
Zone Name	(X,Y) (m)	Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)	Flow (m3/h)	
10	594236.7	9746835.4	48.2	29.5	69.3
13- 1	594385.9	9746968.1	48.8	24.0	28.5
13- 2	594417.3	9746931.6	36.8	22.4	28.1
16	594496.9	9747039.7	43.0	30.0	64.8
29	594709.3	9747366.7	31.4	26.0	46.3
30	594689.4	9747225.2	38.4	24.7	45.1
31.1	594760.0	9747286.0	34.3	23.5	16.1
32- 1	594683.7	9747101.5	38.1	26.7	46.2
31.2	594792.7	9747248.1	27.1	23.5	25.3
32.2	594816.4	9747216.5	31.5	21.1	10.5

System Flow - 4

Zones Operating					
Zone Name	(X,Y) (m)	Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)	Flow (m3/h)	
8	594087.2	9746516.9	35.0	26.7	14.4
9	594094.3	9746718.5	46.7	26.8	46.1
15	594531.5	9746993.6	36.5	28.7	38.3
35	594131.9	9746626.4	43.8	25.0	31.8
36	594287.8	9746766.2	41.2	26.5	31.9
37	594421.0	9746897.3	33.0	26.2	23.5
38	594139.8	9746632.1	44.1	26.8	39.3
39	594295.3	9746767.4	40.8	29.6	32.3
40	594461.2	9746818.6	35.9	25.9	19.0
41	594232.3	9746599.8	49.2	29.7	76.1
42.1	594411.7	9746754.3	28.1	20.9	7.9
42.2	594369.4	9746717.8	35.3	23.2	35.7
42.3	594437.4	9746736.8	22.8	21.1	9.9

System Flow - 6						
Zone Name	(X,Y) (m)	Zones Operating			Flow (m3/h)	
		Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)			
43	594291.1	9746531.6	46.5	26.5	73.3	
45- 1	594539.0	9746745.1	32.7	27.5	23.1	
45- 2	594605.9	9746802.7	32.8	26.3	36.5	
47- 1	594469.1	9746625.5	38.8	25.5	31.0	
47- 2	594499.6	9746592.5	40.7	23.1	31.3	
48- 1	594575.8	9746717.4	36.9	26.4	31.9	
48- 2	594605.2	9746683.3	40.4	27.6	31.4	

Anexo 30: Clientes junto al primer racimo de banano en la Hda. La Estación



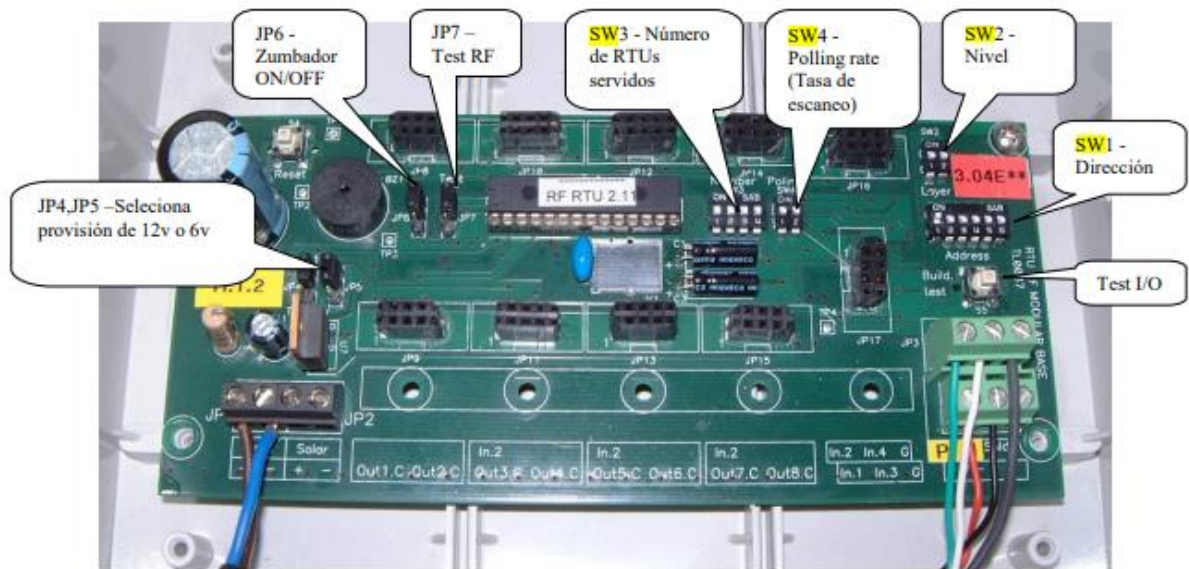
Anexo 31: Vista lateral de los turnos 1 y 4 con banano de 9 meses - Hacienda La Estación



Anexo 32: Centro de Control Hda. La Estación



Anexo 33: Componentes del RF RTU BASE



Anexo 34: Tasa de escaneo según la cantidad de RTU´s instaladas en campo.

SW4 –	pos 1	pos 2	Tasa de escaneo (seg)	RTU con dirección más alta
	0	0	10	60
	1	0	5	31
	0	1	2.5	15
	1	1	1.25	7