



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENERÍA
CARRERA: INGENIERIA CIVIL**

**TÍTULO: DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTACIONES DE
BOMBEO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD
DE SANTA ROSA**

**AUTORA:
Aguilar Morocho, Madeleine Pilar**

**TRABAJO DE GRADO
PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE:
INGENIERA CIVIL**

**TUTOR:
Cabrera Santos, Miguel Octavio**

**Guayaquil, Ecuador
2016**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENERÍA
CARRERA: INGENERÍA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Madeleine Pilar, Aguilar Morocho**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniera Civil**.

TUTOR

Ing. Miguel Octavio Cabrera Santos

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas

Guayaquil, a los 23 días del mes de Marzo del año 2016



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENERÍA
CARRERA: INGENERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Madeleine Pilar Aguilar Morocho**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA** previa a la obtención del Título **de Ingeniera Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación, de tipo referido.

Guayaquil, a los 23 días del mes de Marzo del año 2016

LA AUTORA

Madeleine Pilar, Aguilar Morocho



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENERÍA
CARRERA: INGENERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Madeleine Pilar Aguilar Morocho**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 23 días del mes de Marzo del año 2016

LA AUTORA:

Madeleine Pilar Aguilar Morocho

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos quienes contribuyeron con la realización de este trabajo, especialmente:

A Dios, por ser mi guía.

A mis padres, Angelita y Fernando, por esforzarse cada día para ayudarme a conseguir mis metas.

A mis hermanos, Fredda y Alan, por ser mi mejor compañía y apoyarme siempre.

Al Ing Miguel Cabrera, tutor de este trabajo, por su tiempo, paciencia y conocimientos impartidos, lo que me ha ayudado a crecer profesionalmente.

A la Ing Clara Glas, por sus sugerencias y apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Madeleine Pilar Aguilar Morocho

DEDICATORIA

A mi sobrino, Mateo Daniel.

Madeleine Pilar Aguilar Morocho



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENERÍA
CARRERA: INGENERÍA CIVIL**

CALIFICACIÓN

Ing. Miguel Octavio Cabrera Santos

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.3 INFORMACIÓN DEL CANTÓN SANTA ROSA	5
1.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	5
1.3.2 LÍMITES TERRITORIALES.....	6
1.3.3 SUPERFICIE.....	6
1.3.4 TOPOGRAFÍA.....	6
1.3.5 CLIMA	7
1.3.6 POBLACIÓN	7
1.4 MARCO TEORICO.....	8
1.4.1 ALCANTARILLADO PLUVIAL	8
1.4.1.1 COMPONENTES PRINCIPALES	8
1.4.1.2 COMPONENTES AUXILIARES	9
1.4.2 DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL.....	10
1.4.3 ECUACIÓN DE LA CONTINUIDAD.....	11
1.4.4 ECUACIÓN DE LA ENERGÍA	12
1.4.5 ECUACIÓN DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO	14
1.4.6 ECUACIONES DE SAINT-VENANT	15
1.4.7 ESTACIÓN DE BOMBEO	16
1.4.7.1 BOMBA.....	17

1.4.7.2 VÁLVULAS DE RETENCIÓN	18
1.4.7.3 BOYAS	18
1.4.7.4 REJAS	19
1.4.8 STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)	19
CAPITULO 2: METODOLOGÍA	22
2.1 VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS SUBSISTEMAS DE DRENAJE PLUVIAL DE LOS BARRIOS EN CUESTIÓN	22
2.2 MODELACIÓN CON EL SOFTWARE SWMM	23
2.2.1. NUDOS	24
2.2.2 ÁREAS DE APORTACIÓN	24
2.2.3 INFILTRACIÓN	24
2.2.4 CONDUCTOS	26
2.2.5 HIETROGRAMA	27
2.2.6 SIMULACIÓN CON ESTACIÓN DE BOMBEO	28
2.3 ESTACIONES DE BOMBEO (EB)	28
2.3.1 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO	29
2.3.2 CAUDAL	32
2.3.3 POZO DE BOMBEO	32
2.3.4 DESCARGA DE LAS ESTACIONES AL RÍO	33
2.3.5 SELECCIÓN DE BOMBAS	34
2.3.6 NIVELES EN EL POZO DE BOMBEO	35
2.4 PRESUPUESTO	36
CAPITULO 3: RESULTADOS	37
3.1 SIMULACIÓN DE LAS REDES PLUVIALES SIN ESTACIÓN DE BOMBEO	37
3.1.1 SUBSISTEMA 1	46
2.1.2 SUBSISTEMA 2	51

2.1.3 SUBSISTEMA 3.....	56
3.1.4 CAUDALES QUE DESCARGA CADA SUBSISTEMA	59
3.2 DISEÑO ESTACIONES DE BOMBEO	63
3.2.1 CAUDALES DE DISEÑO	63
3.2.2 DESCARGA DE LA EB.....	64
3.2.3 DUCTO DE DESCARGA.....	65
3.2.4 BOMBAS SELECCIONADAS	66
3.2.5 CÁMARA DE BOMBEO.....	68
3.2.6 PRESUPUESTO.....	70
3.3 SIMULACIÓN DE LAS REDES PLUVIALES CON ESTACIÓN DE BOMBEO	70
3.3.1 ESTACIÓN DE BOMBEO DEL SUBSISTEMA 1	71
3.3.2 ESTACIÓN DE BOMBEO DEL SUBSISTEMA 2	74
3.3.3 ESTACIÓN DE BOMBEO DEL SUBSISTEMA 3	80
CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Inundaciones en Santa Rosa (1982-2010).....	2
Tabla 2: Reporte de clima.....	7
Tabla 3: Población de la ciudad Santa Rosa.....	7
Tabla 4: Numero de curva de escorrentía (CN) según SCS.....	25
Tabla 5: Valores del coeficiente n de Manning para Flujo en Conductos Cerrados.....	26
Tabla 6: Datos de estación pluviométrica Machala UTM	27
Tabla 7: Datos de colectores de descarga	30
Tabla 8: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (Nodo 12)	47
Tabla 9: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (Nodo 12)	47
Tabla 10: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 2).....	48
Tabla 11: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 2).....	49
Tabla 12: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 21).....	49
Tabla 13: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 21).....	50
Tabla 14: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 49).....	51
Tabla 15: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 49).....	52
Tabla 16: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 48).....	52

Tabla 17: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 48).....	53
Tabla 18: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 47).....	54
Tabla 19: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 47).....	55
Tabla 20: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 30).....	56
Tabla 21: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 30).....	56
Tabla 22: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 01).....	57
Tabla 23: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 01).....	58
Tabla 24: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 10).....	58
Tabla 25: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 10).....	59
Tabla 26: Caudales máximos en EB.....	63
Tabla 27: Características de vertederos.....	65
Tabla 28: Características de ductos de descarga.....	66
Tabla 29: Información de bombas seleccionadas (EB 1).....	66
Tabla 30: Información de bombas seleccionadas (EB 2 y 3).....	67
Tabla 31: Arranques y paradas de bombas.....	67
Tabla 32: Resumen de presupuestos.....	70

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Muro para el control de inundaciones	4
Gráfico 2: Ubicación geográfica del cantón Santa Rosa	5
Gráfico 3: Esquema básico de alcantarillado pluvial.....	9
Gráfico 4: Esquema de una instalación de bombeo	14
Gráfico 5: Ubicación estación de bombeo del subsistema 1	30
Gráfico 6: Ubicación estación de bombeo del subsistema 2	31
Gráfico 7: Ubicación estación de bombeo del subsistema 3	31
Gráfico 8: Dimensiones y velocidades recomendadas para estaciones de bombeo	33
Gráfico 9: Red del subsistema 1, sin estación de bombeo	37
Gráfico 10: Red del subsistema 2, sin estación de bombeo	38
Gráfico 11: Red del subsistema 3, sin estación de bombeo.....	39
Gráfico 12: Simulación considerando 5 años de período de recurrencia, Subsistema 1	40
Gráfico 13: Simulación considerando 10 años de período de recurrencia, Subsistema 1	41
Gráfico 14: Simulación considerando 5 años de período de recurrencia, Subsistema 2	42
Gráfico 15: Simulación considerando 10 años de período de recurrencia, Subsistema 1	43
Gráfico 16: Simulación considerando 5 años de período de recurrencia, Subsistema 3	44
Gráfico 17: Simulación considerando 10 años de período de recurrencia, Subsistema 3	45
Gráfico 18: Hidrograma, colector de descarga subsistema 1, periodo de retorno 5 años	60
Gráfico 19: Hidrograma, colector de descarga subsistema 1, periodo de retorno 10 años.....	60

Gráfico 20: Hidrograma, colector de descarga subsistema 2, periodo de retorno 5 años	61
Gráfico 21: Hidrograma, colector de descarga subsistema 2, periodo de retorno 10 años.....	61
Gráfico 22: Hidrograma, colector de descarga subsistema 3, periodo de retorno 5 años	62
Gráfico 23: Hidrograma, colector de descarga subsistema 3, periodo de retorno 10 años.....	62
Gráfico 24: Bombas con tubería de impulsión en vista 3D	68
Gráfico 25: Bombas con tubería de impulsión (en planta 3D)	69
Gráfico 26: Bombas con tubería de impulsión (perfil 3D).....	69
Gráfico 27: Perfil en la descarga, Subsistema 1.....	71
Gráfico 28: Curva de operación, Bomba 1	72
Gráfico 29: Curva de operación, Bomba 2	72
Gráfico 30: Curva de operación, Bomba 3	73
Gráfico 31: Profundidad de agua en el pozo de bombeo	74
Gráfico 32: Perfil en la descarga, Subsistema 1	75
Gráfico 33: Curva de operación, Bomba 1, período de retorno 5 años	75
Gráfico 34: Curva de operación, Bomba 2, período de retorno 5 años	76
Gráfico 35: Curva de operación, Bomba 3, período de retorno 5 años	76
Gráfico 36: Curva de operación, Bomba 1, período de retorno 10 años.....	77
Gráfico 37: Curva de operación, Bomba 2, período de retorno 10 años.....	77
Gráfico 38: Curva de operación, Bomba 3, período de retorno 10 años.....	78
Gráfico 39: Profundidad del agua en la Cámara de bombeo, periodo de retorno 5 años	79
Gráfico 40: Profundidad del agua en la Cámara de bombeo, periodo de retorno 10 años.....	80
Gráfico 41: Perfil de descarga, subsistema 3	81

Gráfico 42: Curva de operación, Bomba 1, período de retorno 5 años.....	81
Gráfico 43: Curva de operación, Bomba 2, período de retorno 5 años.....	82
Gráfico 44: Curva de operación, Bomba 3, período de retorno 5 años.....	82
Gráfico 45: Curva de operación, Bomba 1, período de retorno 10 años.....	83
Gráfico 46: Curva de operación, Bomba 2, período de retorno 10 años.....	83
Gráfico 47: Curva de operación, Bomba 3, período de retorno 10 años.....	84
Gráfico 48: Altura de agua en el pozo de bombeo, subsistema 3, periodo de recurrencia 5 años	85
Gráfico 49: Altura de agua en el pozo de bombeo, subsistema 3, periodo de recurrencia 10 años	85

RESUMEN (ABSTRACT)

Con el objetivo de analizar los sistemas de alcantarillado pluvial de la zona norte de la ciudad de Santa Rosa y el propósito de diseñar las estaciones de bombeo para los mismos, se ha llevado a cabo el presente trabajo, el cual consistió en simular las redes drenaje utilizando el programa SWMM.

Para desarrollar las simulaciones se utilizó los aspectos hidrológicos de la zona y los parámetros hidráulicos de los sistemas en estudio.

Se analizó la capacidad de drenaje de las redes de aguas lluvias, para precipitaciones con periodos de retorno de 5 años y 10 años, calculando las posibles áreas afectadas por las inundaciones, producidas por la ineficiencia de los sistemas.

Se llevó a cabo el diseño de las estaciones de bombeo para los tres subsistemas de drenaje pluvial que sirven a los barrios Miguel Concha Álvarez, 29 de Noviembre, 15 de Octubre y Pital, diseñando los aspectos hidráulicos de las estaciones y seleccionando las bombas para la situación más crítica, para así garantizar el mejor rendimiento de las estaciones.

Palabras Claves: Pluvial, Drenaje, Inundaciones, Bombas, Hidrológicos, Hidráulicos

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son fenómenos que pueden ser producidos por desbordamientos de ríos, así como por ineficiencia en la operación del sistema de drenaje de aguas lluvias o debido a que las precipitaciones son de mayor intensidad que la lluvia considerada en el diseño del sistema. El mencionado fenómeno es común en zonas bajas ya que el agua lluvia no puede ser evacuada naturalmente, esto es por gravedad, requiriéndose en estos casos de recursos externos, tales como estaciones de bombeo.

Las inundaciones pueden ser desastrosas para la población, ya que pueden provocar impactos en los aspectos socioeconómicos, en la salubridad así como pérdidas de vidas humanas, como es el caso de la Ciudad de Santa Rosa. Estos desastres retrasan el desarrollo socioeconómico de la población.

Santa Rosa sufre constantemente de inundaciones, en época lluviosa, especialmente en la zona norte, cercana al río Santa Rosa y Pital, debido a sus características topográficas, hidráulicas y a la falta de una planificación urbana acorde con su situación geográfica. En el presente trabajo se analizará la capacidad de los sistemas de drenaje pluvial existentes en los Barrios Miguel Concha Álvarez, 29 de Noviembre, 15 de Octubre y Pital, y en función de esa evaluación se diseñará tres estaciones de bombeo para cada uno de los subsistemas de alcantarillado pluvial de los barrios anteriormente mencionados.

1.1 ANTECEDENTES

La ciudad de Santa Rosa está ubicada en el suroeste del Ecuador y es la cabecera cantonal del cantón del mismo nombre. Su crecimiento poblacional ha generado asentamientos humanos, que no se han ajustado a una planificación urbana acorde con su ubicación geográfica, esto ha ocasionado la ocurrencia de constantes inundaciones, este es el caso de los barrios Miguel Concha Álvarez, 29 de Noviembre, 15 de Octubre y Pital, que son algunos de los barrios ubicados en el perímetro de la ciudad.

En el año 2012, entre los meses de febrero y marzo, se dieron intensas lluvias, lo que provocó inundaciones en los barrios anteriormente mencionados, las que, a su vez ocasionaron daños en la infraestructura de la ciudad y consecuentemente a sus habitantes. Estas situaciones, que son frecuentes, afectan el desarrollo socio-económico de Santa Rosa.

Santa Rosa y sus barrios periféricos desde el año 1982 hasta el año 2010 han tenido seis inundaciones catalogadas de magnitudes entre altas y medias según el Inamhi, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 1: Inundaciones en Santa Rosa (1982-2010)

Referencia histórica y magnitud conocida de las inundaciones en el cantón Santa Rosa				
Tipo de amenazas naturales	Fecha histórica de Ocurrencia	Magnitud anual (mm)		
		Alta	Media	Baja
Inundación 1	1982-1983	3184		
Inundación 2	1997-1998	2991.9		
Inundación 3	1999-2000		948.7	

Inundación 4	2005-2006		594.4	
Inundación 5	2007-2008		995.4	
Inundación 6	2009-2010		778.2*	

*Enero a Abril del 2010

Fuente: INAMHI

La zona de los barrios 29 de Noviembre, 15 de Octubre y Pital, cuenta con dos subsistemas de alcantarillado pluvial, uno que descarga en el río Santa Rosa y el otro en el Río Pital. El río Santa Rosa al unirse con el río Buena Vista, a la altura de la zona urbana de la ciudad, forman el río Pital, el cual bordea a la ciudad en su parte norte y desemboca en el estero del mismo nombre, que forma parte del archipiélago de Jambelí. La red de drenaje pluvial del barrio Miguel Concha Álvarez, el cual se ubica al norte de la urbe, descarga en el río Pital.

Una de las razones por las que estos barrios se inundan en épocas invernales, es porque al producirse las intensas lluvias, el nivel de agua en el río sube, sobre los niveles de las calles de la ciudad.

Para minimizar los problemas de inundaciones por desbordamiento del río Santa Rosa, se ha construido un muro de escollera con Núcleo de Arcilla y hormigón armado, en la margen derecho aguas arriba del río. Este muro, que tiene una longitud de 1440 m y alcanza la cota de 8 msnm, va desde el barrio Pital hasta el Antiguo Puente metálico sobre el río del mismo nombre.

Los sistemas de alcantarillado de los barrios 29 de Noviembre, 15 de Octubre y Pital, en la actualidad cuentan con pozos donde descargan los subsistemas y se utilizan bombas provisionales para descargar sobre el nivel del río.

En la siguiente imagen se muestra como se encuentra actualmente el muro y el malecón en construcción, a la altura de la calle Alberto Espinoza.

Gráfico 1: Muro para el control de inundaciones



1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseño hidráulico de las estaciones de bombeo de los tres subsistemas de drenaje pluvial de la ciudad de Santa Rosa.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a)** Simulación hidráulica de las redes de recolección de aguas lluvias, para obtener el hidrograma requerido para el diseño de las estaciones de bombeo.
- b)** Dimensionamiento hidráulico del pozo de bombeo, selección de bombas y diseño del equipamiento de las estaciones.

1.3 INFORMACIÓN DEL CANTÓN SANTA ROSA

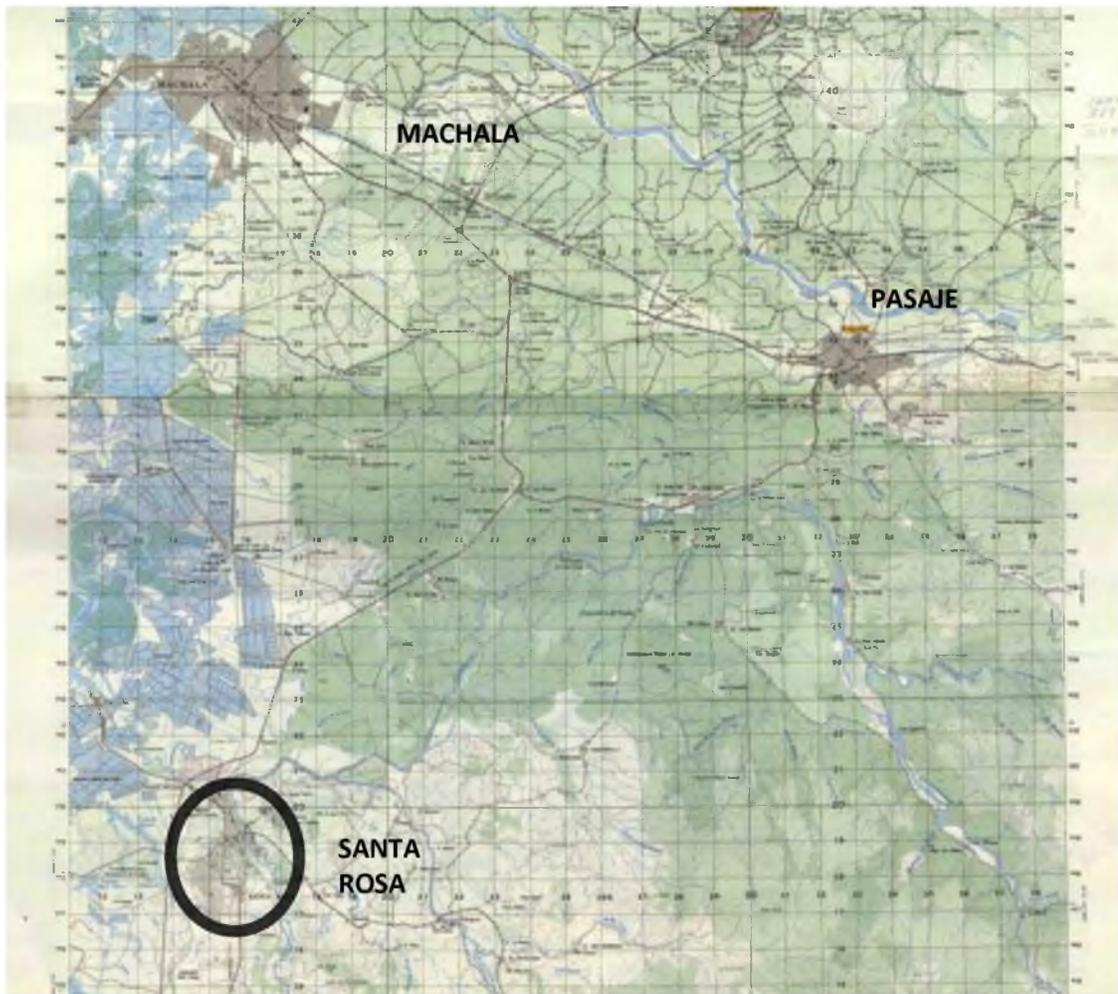
1.3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El cantón Santa Rosa pertenece a la Provincia de El Oro, sus coordenadas geográficas son:

Sur: 03°27' 8"

Oeste: 79° 57' 42"

Gráfico 2: Ubicación geográfica del cantón Santa Rosa



Fuente: Cartas Topográficas de Instituto geográfico Militar (IGM)

La cabecera cantonal se encuentra a 8 msnm y a 33 kilómetros de Machala, capital de la provincia de El Oro.

1.3.2 LÍMITES TERRITORIALES

Según la ley expedida en el registro oficial No 289, del 06 de Octubre de 1980, el cantón mencionado limita al Norte con el océano Pacífico, Machala y Pasaje, al sur: con los cantones de Huaquillas, Arenillas, Piñas, la parroquia Torata, Tembleque y Payana.

Al este con los cantones de Pasaje y Atahualpa, el sitio Valle Hermoso, Biron, Sabayan hasta el cerro del Guayabo y al oeste con el sitio San Vicente y con el Océano Pacífico bordeando la isla San Gregorio.

1.3.3 SUPERFICIE

El cantón Santa Rosa tiene una superficie de 889.3 Km², lo que representa el 16.27% de la superficie total de la Provincia de El Oro.

La cabecera cantonal tiene un área de 388.5 Km², incluyendo la Parroquia Urbana Puerto Jelí y la Parroquia Urbana Nuevo Santa Rosa, definida por el perímetro urbano aprobado mediante ordenanza municipal.

1.3.4 TOPOGRAFÍA

El cantón presenta tres zonas bien definidas: la cuenca alta, la cuenca baja y la región insular. La cuenca alta presenta una topografía con pendientes fuertes que van del 50% al 90% de inclinación. La cuenca baja tiene una topografía con ligeras ondulaciones dirigidas hacia las sabanas y los diversos esteros y ríos.

La región insular identificada por todas las islas que forman el Archipiélago de Jambelí, presenta una topografía relativamente plana.

1.3.5 CLIMA

La temperatura del cantón oscila entre 24 a 26 °C en promedio anual, llegando hasta 30° C en invierno, los meses lluviosos son de enero – abril, el resto del año es medianamente seco.

Tabla 2: Reporte de clima

REPORTE MENSUAL	PROMEDIO
TEMPERATURA MEDIA DIARIA (°C)	25.6° C
HUMEDAD RELATIVA (%)	90 %
PRECIPITACIÓN (mm/mes)	653,9 mm/mes
VIENTO	1 a 3 m/s

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Santa Rosa

1.3.6 POBLACIÓN

Según los datos del último censo de población y vivienda, INEC 2010, el cantón Santa Rosa tiene 69.036 habitantes, de los cuales 52.863 están ubicados en la cabecera cantonal.

Tabla 3: Población de la ciudad Santa Rosa

Sexo	Área urbana	Área Rural	Total
Hombre	24.332	2.123	26.455
Mujer	24.597	1.811	26.408
Total	48.923	3.934	52.863

Fuente: Censo INEC 2010

1.4 MARCO TEORICO

1.4.1 ALCANTARILLADO PLUVIAL

Es un sistema que tiene como finalidad conducir las aguas del escurrimiento superficial, provenientes de las precipitaciones, hasta un cuerpo receptor, que las pueda manejar de manera apropiada.

Si estas aguas no se evacuan correcta y oportunamente, generan inundaciones, lo que afecta a la salud y economía de la población.

Otro problema es que si el agua que fluye superficialmente y lo hace a alta velocidad, a su paso puede ir causando daños en la ciudad, como erosión de áreas verdes, daños en la infraestructura urbana, acarreo de basura, inundaciones en las viviendas, entre otros.

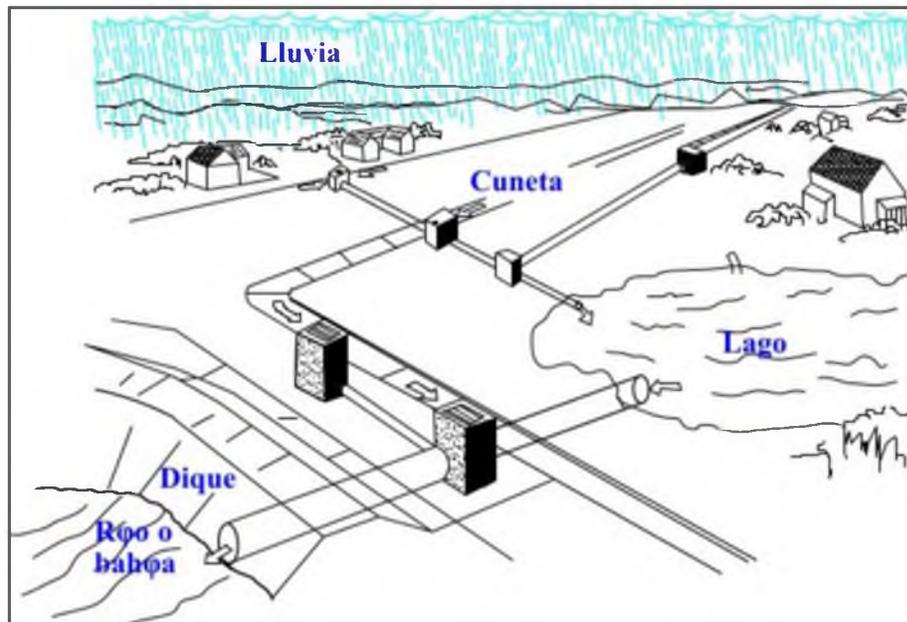
1.4.1.1 COMPONENTES PRINCIPALES

El sistema de drenaje pluvial está compuesto principalmente por estructuras de captación llamados sumideros, los cuales se conectan a través de tuberías y cámaras hacia el colector principal del sistema, donde son conducidas hasta el sitio de disposición final. Debido a que las aguas lluvias no suelen contener altos porcentajes de contaminación que afectan al medio ambiente o al ser humano, son descargadas por lo general en cuerpos de agua naturales, sin ningún tratamiento. Pueden también ser utilizadas para riego o conformar lagos artificiales con fines ornamentales.

Los sumideros tienen rejillas para evitar el ingreso de basura al sistema, porque puede generar obstrucción en el mismo. Comúnmente el diseño de estos elementos de captación considera la inclusión de un sifón, para así controlar la salida de gases y evitar malos olores.

Los colectores son considerados las arterias del sistema, ya que son los que conducen el agua hacia la descarga, estos pueden ser prefabricados (de PVC u hormigón) o contruidos in situ (de hormigón). Cuando son de sección circular se los llama tuberías, mientras que si son de sección cuadrada o rectangular se los denomina ductos. Las tuberías prefabricadas normalmente se las instala a mayor profundidad que los ductos, para así evitar que el paso de vehículos, principalmente, pueda ocasionar su rotura.

Gráfico 3: Esquema básico de alcantarillado pluvial



Fuente: Asce

1.4.1.2 COMPONENTES AUXILIARES

Se consideran componentes auxiliares de un sistema de alcantarillado pluvial a los que no siempre forman parte de un sistema pluvial, es decir son obras complementarias, sin embargo en ciertas ocasiones son necesarios para el buen funcionamiento del mismo, entre estos tenemos:

- **Estaciones de bombeo.-** (Comisión Nacional del agua, 2007) “Una estación de bombeo se compone de un cárcamo de bombeo o tanque donde las aguas son descargadas por el sistema de alcantarillado y a su vez son extraídas por un conjunto de bombas cuya función es elevar el agua hasta cierto punto para vencer desniveles y continuar la conducción hasta el vertido final.” (p. 16)
- **Vertedores.-** Es una estructura hidráulica, que se utiliza cuando se desea evacuar el agua de forma controlada, son diseñados en función del caudal, la altura de la cresta sobre el vertedor y la longitud del mismo.
- **Estructuras de cruce.-** Son aquellas que permiten o facilitan el paso de las tuberías o colectores del alcantarillado, para salvar obstáculos como pasos vehiculares, desnivel arroyos, túneles, etc. Estas pueden ser, alcantarillas, sifones invertidos, etc.

1.4.2 DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

Desde el punto de vista de la hidráulica, un correcto diseño y análisis de un alcantarillado pluvial se basa en sus características físicas, fundamentadas en conceptos básicos de hidráulica como energía específica, pérdidas de carga por fricción y locales, perfiles hidráulicos, resalto hidráulico, estructuras hidráulicas especiales, así como también en ecuaciones fundamentales de conservación de masa, cantidad de movimiento y energía.

El área de aportación, los datos pluviométricos, la intensidad de la lluvia, coeficiente de escorrentía, son algunos de aspectos en que se fundamenta el

diseño del alcantarillado de aguas lluvias, desde el punto de vista de la hidrología.

Estos parámetros hidrológicos son el punto de partida para dimensionar cada uno de los componentes de un sistema de drenaje pluvial, para así garantizar el buen rendimiento del mismo.

En el diseño de un sistema de alcantarillado, como en toda obra civil, se debe analizar también aspectos económicos y ambientales.

1.4.3 ECUACIÓN DE LA CONTINUIDAD

Es un importante principio físico con respecto a fluidos en movimiento, según el libro de hidráulica general de Sotelo, esta ecuación se deriva de analizar una vena líquida, en donde se considera que las velocidades en cada punto de una misma sección transversal tienen dirección tangencial al eje de la vena.

Analizando un volumen elemental del líquido, limitado lateralmente por la superficie que envuelve a la vena líquida y por dos secciones transversales normales al eje de la vena, separadas una distancia ds , donde s representa la coordenada curvilínea siguiendo el eje de la vena.

Considerando que la longitud ds no depende del tiempo, la ecuación se presenta así:

$$\frac{\partial(\rho VA)}{\partial s} + \frac{\partial(\rho A)}{\partial t} = 0$$

Cuando el escurrimiento es permanente:

$$\frac{\partial(\rho V A)}{\partial s} = 0$$

O bien:

$$\rho VA = \text{constante}$$

Si se considera el fluido como incompresible:

$$VA = \text{constante}$$

La ecuación expresa que para todo fluido que circula por un tubo de corriente en régimen permanente, el caudal permanece constante en cualquier punto de su trayectoria, por lo tanto para dos secciones transversales 1 y 2, se cumple lo siguiente:

$$Q = V_1 A_1 = V_2 A_2$$

1.4.4 ECUACIÓN DE LA ENERGÍA

La ecuación general de la energía para una vena líquida, se expresa de la siguiente forma;

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \sum_1^2 hr + \frac{1}{g} \int_1^2 \frac{\partial(\beta V)}{\partial t} ds$$

Dónde:

$\sum_1^2 hr$ = pérdida de carga

Z = carga de posición, medido desde un plano de referencia horizontal

$\frac{p}{\gamma}$ = carga de presión

$\frac{v^2}{2g}$ = carga de velocidad

$\frac{1}{g} \int_1^2 \frac{\partial(\beta V)}{\partial t} ds$ = carga correspondiente al cambio local de la velocidad

Esta ecuación, llamada también ecuación dinámica, establece las relaciones entre las diferentes transformaciones de la energía mecánica del líquido, por unidad de peso del mismo. Por lo tanto la carga de posición es la energía potencial, la carga de presión corresponde al trabajo mecánico ejecutado por las fuerzas debido a la presión, la carga de velocidad representa a la energía cinética de toda la vena líquida y la pérdida de carga es la energía transformada en otro tipo de energía, como transferencia de calor. (Sotelo, 1974)

Si el flujo es permanente, $\frac{\partial \beta V}{\partial t} = 0$.

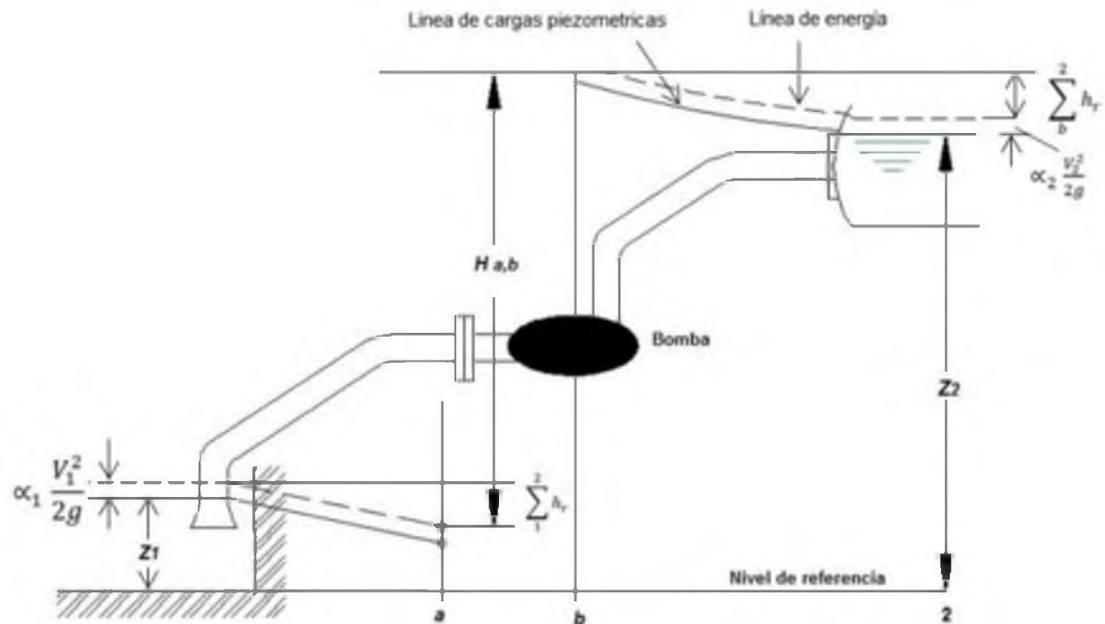
En el gráfico 3, se muestra un esquema de una instalación de bombeo, y la ecuación se escribe así;

$$z_1 = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \sum_1^{\infty} hr + \sum_b^2 hr + H_{a,b}$$

El término $H_{a,b}$ representa a la energía añadida al flujo por parte de la bomba:

$$H_{a,b} = -\frac{nP_n}{\gamma Q}$$

Gráfico 4: Esquema de una instalación de bombeo



1.4.5 ECUACIÓN DE LA CANTIDAD DE MOVIMIENTO

Sotelo (1974) "Se conoce como la cantidad de movimiento de un elemento de masa M al producto de esta por su velocidad". p,131.

Esta ecuación se deriva de la segunda Ley de Newton, la cual establece que la suma vectorial de todas las fuerzas F que actúan sobre una masa de fluido es igual a la rapidez del cambio del vector lineal cantidad de movimiento de la masa del fluido, lo cual se expresa así:

$$F = \frac{d(Mv)}{dt}$$

Donde las fuerzas externas son de dos tipos, fuerzas de superficie que actúan sobre la masa del fluido o fuerzas de cuerpo que generalmente son las de peso propio.

1.4.6 ECUACIONES DE SAINT-VENANT

Son un conjunto de ecuaciones diferenciales, que según EADIC, rigen los fenómenos transitorios, son menos simplificadas que las ecuaciones fundamentales de la hidráulica, en estas ecuaciones se considera un flujo variable en el tiempo y a lo largo del conducto, como en un canal o tubería y se considera un fluido compresible.

Se las utiliza para modelar los cambios de caudal y nivel del líquido a lo largo del espacio unidimensional y el tiempo de manera no permanente.

Este sistema de ecuaciones está compuesto por dos conjuntos de ecuaciones: las ecuaciones de continuidad y las ecuaciones de cantidad de movimiento o momentum.

-Ecuación de continuidad

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

-Ecuación de momentum

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + g \frac{\partial y}{\partial x} - g (S_0 - S_f) = 0$$

1.4.7 ESTACIÓN DE BOMBEO

Una estación de bombeo es una obra hidroelectromecánica, porque está compuesta por elementos hidráulicos, eléctricos y mecánicos, como por ejemplo:

- Cámara o pozo de bombeo.
- Las bombas (tipo, número).
- El tipo de montaje.
- Las válvulas.
- La tubería de impulsión.
- Las bridas.
- Las boyas.
- Rejillas contenedoras de sólidos
- Tableros de protección y control eléctrico
- Sistema de ventilación, natural o mediante equipos
- Área para el personal de operación
- Cerco de protección para la caseta de bombeo.
- Elementos auxiliares.

Dependiendo del tipo de fluido a bombear, las estaciones se clasifican en tres; las estaciones de bombeo para agua potable, agua residual y agua lluvia, los elementos que se mencionan son los más comunes, ya que dependiendo del tipo de estación hay algunos que no son necesarios, o algunas estaciones necesitan otros elementos no mencionados en aquella lista.

Estas son requeridas cuando la elevación donde se descarga el agua está por debajo de la corriente natural de drenaje o del colector existente, cuando por condiciones topográficas no es posible drenar por gravedad el área por servir hacia el colector principal o disposición final y también cuando los costos de construcción son muy elevados debido a la profundidad a la que se instalarán

los colectores o el emisor a fin de que funcionen por gravedad. (*Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, 2007*).

La función principal de una estación de bombeo es impartirle al fluido una determinada cantidad de energía provista por una máquina llamada bomba, la cual a su vez se alimenta mecánicamente de un motor.

Koutoudjian (n.d) indica que “desde el punto de vista de la Ecuación General de Conservación de la Energía (o Ecuación de Bernoulli), toda vez que el primer miembro de la ecuación sea menor que el segundo, hará falta el aporte externo de energía hidráulica, materializado por la instalación de una (o varias) bombas. En fórmula sería: $p_1/\gamma + z_1 + v_1^2/2g < p_2/\gamma + z_2 + v_2^2/2g + \Delta H$ [m], esta desigualdad se transforma con el agregado de la energía (Hb) aportada por la bomba en: $p_1/\gamma + z_1 + v_1^2/2g + H_b = p_2/\gamma + z_2 + v_2^2/2g + \Delta H$ [m]” (p. 3)

1.4.7.1 BOMBA

Bermejo (2012) define a la bomba como una máquina que absorbe energía mecánica y aporta al líquido que la atraviesa energía hidráulica, que se emplean para impulsar toda clase de líquidos; agua, aceites de lubricación, combustibles, ácidos, líquidos alimenticios así como para bombear líquidos espesos con sólidos en suspensión, como pastas de papel, fangos, desperdicios, etc.

Las bombas pueden clasificarse según la forma en que imparten energía, por lo que pueden ser bombas de desplazamiento positivo o bombas rotodinámicas, las de desplazamiento positivo operan de forma volumétrica, desplazan un determinado volumen por unidad de tiempo independiente de la presión.

Las rotodinámicas consiguen incrementar la energía del fluido a base de incrementar la energía cinemática recuperando esta energía posteriormente en

forma de presión, este tipo de bombas se clasifican en axiales, mixtas y radiales, lo cual depende de la salida del flujo con respecto al eje de la bomba.

Pueden instalarse bombas sumergidas o en seco, las bombas sumergibles se colocan en el pozo de bombeo, mientras que las bombas instaladas en seco se instalan en una sala contigua al pozo de bombeo, no están en contacto con el fluido a bombear.

1.4.7.2 VÁLVULAS DE RETENCIÓN

También llamadas válvulas check o antiretorno son dispositivos hidromecánicos, cuyo trabajo es dejar pasar el agua en un solo sentido, conformados por un obturador que deja pasar el agua en un solo sentido para evitar la inversión del flujo en el sentido opuesto, cerrando automáticamente. (Bermejo, 2012)

Se utilizan principalmente en la tubería de descarga de las estaciones de bombeo, es decir después de las bombas, para evitar principalmente el golpe de ariete. Sin embargo también suelen ser instaladas en la descarga solo para evitar el ingreso del agua del cuerpo receptor hacia la cámara de bombeo.

1.4.7.3 BOYAS

Las boyas son elementos muy importantes que conforman el sistema de automatización de las bombas, ya que estas marcan el nivel del agua en el pozo de bombeo para así indicar cuando las bombas deben empezar a bombear y cuando deben parar.

Las boyas generalmente son huecas y a menudo están infladas con aire, aunque también es común encontrar boyas rellenas de un material sólido más ligero que el agua, como puede ser la espuma de poliestireno.

1.4.7.4 REJAS

Las estaciones deben disponer de algún sistema de retención de sólidos, ya sea para finos o gruesos, su finalidad es evitar que el ingreso de éstos no dañen las bombas, se diseñan en función del tipo de líquido a pasar por estas y su velocidad de aproximación. La velocidad debe ser suficiente para evitar la deposición de residuos y de arenas.

Estas rejjas pueden ser mecánicas o manuales, la diferencia es que las rejjas mecanizadas disponen de peine que se mueven de abajo a arriba arrastrando los residuos, el peine a su vez dispone de dientes que entran en los barrotes para evitar el atascamiento de residuos. La acumulación de residuos puede provocar mal funcionamiento con el desplazamiento de los peines por lo que es necesaria la utilización de limitadores de par que protejan los mecanismos, estas son necesarias cuando las rejjas son de grandes dimensiones por lo tanto pesadas.

Mientras que las rejjas de limpieza manual suelen ser de barrotes inclinados para facilitar su limpieza y los residuos son arrastrados por rastrillo por el operador hasta un plato perforado donde escurren antes de su disposición.

1.4.8 STORM WATER MANAGEMENT MODEL (SWMM)

El SWMM es un programa que simula el comportamiento de la red en régimen no permanente y en su formulación aplica los principios de conservación de la masa, de la energía y de la cantidad de movimiento.

Para crear las simulaciones se debe proporcionar al programa datos hidrológicos e hidráulicos. Este cuenta con herramientas que representan los componentes de un sistema de alcantarillado, como cuenca, tuberías, ductos, cámaras, pluviómetro, entre otros.

Este software también permite el empleo de estaciones de bombeo, para lo cual se debe ingresar una curva característica de la bomba:

Tipo I.- Cuando una bomba no está instalada en línea en el sistema y la curva a emplear será Caudal Vs Volumen.

Tipo II.- Su curva representativa es Caudal vs Profundidad y es el caso de una bomba instalada en serie.

Tipo III.- La curva que la representará será la curva característica de la bomba (Caudal vs Altura), donde el caudal varía de forma continua con la diferencia de altura entre los nudos de entrada y salida.

Tipo IV.- Este es el caso de una bomba de velocidad variable, cuya curva a ingresar en el programa es Caudal vs profundidad.

Para simular el transporte de agua en el interior de los conductos el programa da la opción de hacerlo por tres tipos de simulación hidráulicos; Flujo Uniforme, Onda Cinemática y Onda Dinámica.

- **Modelo de Flujo Uniforme**

Este modelo hidráulico es la forma más simple de representar el transporte del agua en los conductos. Como su nombre lo indica, este modelo considera el flujo uniforme y no puede representar el almacenamiento de agua en los conductos, las pérdidas en la entrada y salida de los pozos de registro, así como el flujo inverso.

- **Modelo de la Onda Cinemática**

El modelo de la Onda cinemática permite simular considerando que el área y el caudal varíen en el espacio y en el tiempo. Este modelo hidráulico de transporte

resuelve la ecuación de continuidad junto con una forma simplificada de la ecuación de cantidad de movimiento en cada una de las conducciones. (*Manual de usuario SWMM, 2005, p.62*)

Este modelo simula que el exceso de agua en la conexión de entrada de conducto se pierda o se almacene hasta que los niveles disminuyan en los conductos, sin embargo al igual que el modelo anterior no considera las pérdidas a la entrada y salida de los pozos de registro.

En el manual de usuario del programa se recomienda utilizar para modelar transporte con tiempos de simulación largos.

- **Modelo de la onda dinámica**

Modela los cambios de caudal y nivel del líquido a lo largo del tiempo y el espacio en una dimensión, de manera no permanente, a través de la resolución de las ecuaciones completas unidimensionales de Saint Venant, las cuales consideran la ecuación de continuidad y de cantidad de movimiento en los conductos y la continuidad de volúmenes en los nudos.

A diferencia de los otros dos modelos, este sí permite el cálculo de las pérdidas en las entradas y salidas de los pozos de registro, el flujo inverso, los resaltos hidráulicos, así como el almacenamiento en las conducciones.

Cuando el nivel en los nudos excede su capacidad, se dan las inundaciones, este exceso de agua puede perderse o regresar a las conducciones posteriormente, según instrucciones del usuario.

CAPITULO 2: METODOLOGÍA

El procedimiento a seguir, de forma general, para la realización del presente trabajo es, en primer lugar, modelar las redes de alcantarillado utilizando el programa SWMM. Para estas simulaciones se considera descarga libre. Esta es la situación óptima desde el punto de vista de operación hidráulica y se determina, con ella, los mínimos niveles a los que llegaría el agua en esta situación y frente a la tormenta de diseño.

Posteriormente se diseñará las estaciones de bombeo, y se analizará el comportamiento de las redes con la inclusión de las estaciones de bombeo. Finalmente se elaborará los planos y presupuesto de las estaciones de bombeo.

2.1 VERIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LOS SUBSISTEMAS DE DRENAJE PLUVIAL DE LOS BARRIOS EN CUESTIÓN

Para analizar los sistemas existentes de alcantarillado pluvial se utiliza el programa SWMM (Storm Water Management Model), debido a que este permite simular la red en régimen no permanente, a partir información hidrológica de la zona en estudio y datos hidráulicos de los sistemas.

Luego de elaborar los modelos de las redes en el programa, se localiza los nudos donde es superada la capacidad del sistema y por lo tanto se producen inundaciones.

El intervalo utilizado en las simulaciones es de 5 minutos. Se ha calculado el área de inundación para los tres nudos más críticos de cada subsistema,

asumiendo que el agua llega a una altura de 0.30 m sobre la cota de terreno, para así tener una idea del área afectada por el nudo que se desborda.

Por lo tanto el volumen se calcula sumando el caudal de inundación y multiplicándolo por el tiempo de intervalo. El área se calcula con la fórmula básica:

$$\text{Área de inundación} = \frac{V}{h}$$

Donde:

V= volumen (m³)

A= área (m²)

h= altura (m)

2.2 MODELACIÓN CON EL SOFTWARE SWMM

En las simulaciones del presente trabajo se utiliza el modelo de la Onda Dinámica ya que es el que simula de manera más cercana a la realidad.

Para la construcción de los sistemas de drenaje en el programa se utilizan herramientas llamadas nudos, conductos, descarga, embalse, cuenca y bomba.

La información sobre ubicación georeferenciada, dimensiones de colectores, cotas de terreno e invert, ha sido extraída del plano 1 que se muestra en los anexos.

El sistema de drenaje pluvial de los barrios 29 de Noviembre, 15 de Octubre y Pital está conformado por dos subsistemas, por lo tanto para el presente trabajo se denomina subsistema 1 al que descarga en el Río Santa Rosa, subsistema 2

al que descarga en el río Pital, mientras que al sistema del barrio Mario Pérez Concha se lo llama subsistema 3.

2.2.1. NUDOS

En los nudos se debe ingresar sus coordenadas geográficas, la cota del fondo y la profundidad máxima y el área de aportación que ingresa en cada nudo.

2.2.2 ÁREAS DE APORTACIÓN

Para representar estas áreas de utiliza la herramienta llamada cuenca, en la cual se debe indicar un ancho promedio, la pendiente media de la cuenca, un porcentaje de impermeabilidad que se debe considerar dependiendo las características de las áreas de aportación, en este caso por ser una zona urbana se ha considerado que el 75% es suelo impermeable, debido a la presencia de viviendas y algunas calle pavimentadas.

Las áreas de aportación se las definió de manera gráfica en el programa AutoCAD como se muestra en los planos 2 y 3, basándose en las cotas de terreno para así conocer la dirección del flujo superficial y asignar su ingreso en un nudo determinado.

2.2.3 INFILTRACIÓN

El cálculo de las pérdidas en las cuencas, en el programa se lo puede hacer por medio de la Ecuación de Horton, el método Green-Ampt o bien por el método del Número de curva del SCS.

Para el presente proyecto se utilizará el último método mencionado. Para escoger el valor de número de curva total, se ha utilizado la siguiente tabla, donde 100 indica que la precipitación total escurre y cero significa que toda se infiltra. En este trabajo se considera un número de curva igual a 85, debido a

2.2.4 CONDUCTOS

En los conductos se debe indicar la geometría de su sección transversal, la longitud del mismo, las alturas con respecto a la cota de fondo del nudo inicial y final, así como el coeficiente de rugosidad de Manning, ya que el programa utiliza la ecuación del mismo nombre para relacionar el caudal que circula por el conducto, su sección transversal, radio hidráulico y su pendiente.

El número de Manning utilizado es 0.012, debido a que los conductos son de PVC y según los valores expuestos en el manual del programa.

Tabla 5: Valores del coeficiente *n* de Manning para Flujo en Conductos Cerrados

Material del conducto	<i>n</i>
Fibro cemento	0,011 - 0,015
Ladrillo	0,013 - 0,017
Fundición con revestimiento de cemento y junta recubierta	0,011 - 0,015
Hormigón (en bloques):	
Acabado liso	0,012 – 0,014
Acabado basto	0,015 – 0,017
Hormigón (tubo)	0,011 – 0,015
Metal corrugado ($\frac{1}{2}$ " \times 2 $\frac{1}{2}$ ")	
Sin revestimiento interior	0,022 – 0,026
Solera recubierta	0,018 – 0,022
Revestido de asfalto centrifugado	0,011 – 0,015
Tubería de plástico liso	0,011 – 0,015
Cerámica vitrificada (gres)	
tubería de gres	0,011 – 0,015
revestimiento por placas	0,013 – 0,017

Fuente: Manual SWMM

2.2.5 HIETROGRAMA

Para representar la precipitación en el programa SWMM, se utiliza la herramienta llamada “Pluviómetro”, ingresando los datos de lluvia mediante serie temporal, es decir el Hietograma, el cual permite definir la variación de lluvia con respecto al tiempo.

El hietograma se lo puede obtener analizando datos históricos de pluviógrafos, pero en los casos en que no existe esta información, se puede utilizar las ecuaciones pluviométricas del INAMHI, publicadas en el Estudio de Lluvias Intensas, para elaborar un hietograma sintético.

En este caso se utilizará las ecuaciones de la estación en la Universidad Técnica de Machala (M-185):

- Para lluvias con tiempo de concentración de 5min < 37min:

$$ITR = 30.719 \times t^{-0.217} \times I_{dTR}$$

- Para lluvias con tiempo de concentración de 37min < 1440min:

$$ITR = 183.08 \times t^{0.7155} \times I_{dTR}$$

En la siguiente tabla se presenta las intensidades máximas en 24 horas de dicha estación:

Tabla 6: Datos de estación pluviométrica Machala UTM

CODIGO	ESTACIÓN	Coordenadas		ALTI TUD (m)	Tr (años)				
		LATITUD	LONGITUD		5	10	25	50	100
M-185	Machala UTM	03°03'00" S	79° 44'00" W	0013	3.86	4.53	5.37	6.00	6.62

Fuente: Estudio de lluvias intensas del INAMHI

Para el presente trabajo se utilizó un hietograma de 2 horas de duración, aplicando el método de los bloques alternos de Ven Te Chow, como se indica en el anexo 2, para una frecuencia de lluvia de 5 y 10 años.

2.2.6 SIMULACIÓN CON ESTACIÓN DE BOMBEO

Para la modelación de las estaciones de bombeo se debe ingresar en el programa la curva característica de la bomba, también se debe indicar en el programa el nivel de arranque y de parada de la bomba.

Se incrementa un depósito que simulará el pozo de bombeo, en el cual se asigna la cota de fondo, el nivel de agua que habrá al inicio de la precipitación, además del nivel máximo de agua en el mismo.

2.3 ESTACIONES DE BOMBEO (EB)

Las estaciones de bombeo son un componente muy importante en un sistema de alcantarillado pluvial, si esta llegara a fallar o salir de servicio puede causar un daño muy grande no solo a la instalación en sí misma, sino a los propios usuarios.

La salida de servicio de una estación de bombeo de drenajes pluviales en el momento de la máxima tormenta podría causar un daño por inundación a las viviendas cercanas de esa área, interrupción de otros servicios públicos esenciales (luz, teléfono, agua, etc.) e incluso riesgo de accidentes fatales.

Los componentes a ser diseñados en este trabajo son;

-El pozo de bombeo,

-La transición desde la llegada del colector del sistema de alcantarillado hasta su descarga en el pozo de bombeo

- Bombas y su instalación
- Tubería de impulsión
- Descarga hacia el río
- Rejillas retenedoras de sólidos

Estos elementos serán diseñados siguiendo las recomendaciones de ITT Water & Wastewater, para garantizar un buen funcionamiento de las estaciones según las necesidades existentes.

2.3.1 UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

Las estaciones de bombeo se ubicarán donde actualmente descargan los sistemas de alcantarillado pluvial, no se pueden implantar en la margen del río, porque en el caso de los subsistemas 1 y 2, está en construcción un malecón al lado del muro, y además existe un vía.

La situación de la descarga del subsistema 3, actualmente es un poco diferente, ya que no está construido ningún muro ni existe en construcción un malecón, pero lo que sí existe es una carretera, por lo tanto la estación se ubicará retirada de la orilla del río, sin interferir el paso de la vía.

En la siguiente tabla se muestra las coordenadas del punto donde descarga el colector de cada uno de los tres subsistemas, así como también sus cotas invert, cotas de terreno y su diámetro.

Tabla 7: Datos de colectores de descarga

Denominación	Coordenadas	Cota Invert	Cota de terreno	Diámetro (mm)
Subsistema 1	X: 613356.0395 Y: 9620100.0558	+1.30	+4.15	900
Subsistema 2	X: 613538.9487 Y: 9620443.4618	+1.30	+5.20	800
Subsistema 3	X: 612816.8300 Y: 9619839.7695	+1.30	+3.74	800

En las siguientes imágenes se indica donde se ubicaran las estaciones de bombeo.

Gráfico 5: Ubicación estación de bombeo del subsistema 1



Gráfico 6: Ubicación estación de bombeo del subsistema 2



Gráfico 7: Ubicación estación de bombeo del subsistema 3



2.3.2 CAUDAL

El caudal a utilizar para este diseño será el máximo caudal que descargarán los subsistemas de drenaje utilizando la ecuación pluviométrica de 10 años de periodo de retorno.

2.3.3 POZO DE BOMBEO

Un diseño adecuado del pozo de bombeo es crucial con el fin de lograr un flujo óptimo para las bombas. Los requisitos de diseño que deben cumplir son: flujo uniforme a la entrada de las bombas; la prevención de turbulencia bajo las bombas para evitar que cantidades significativas de aire alcancen el impulsor.

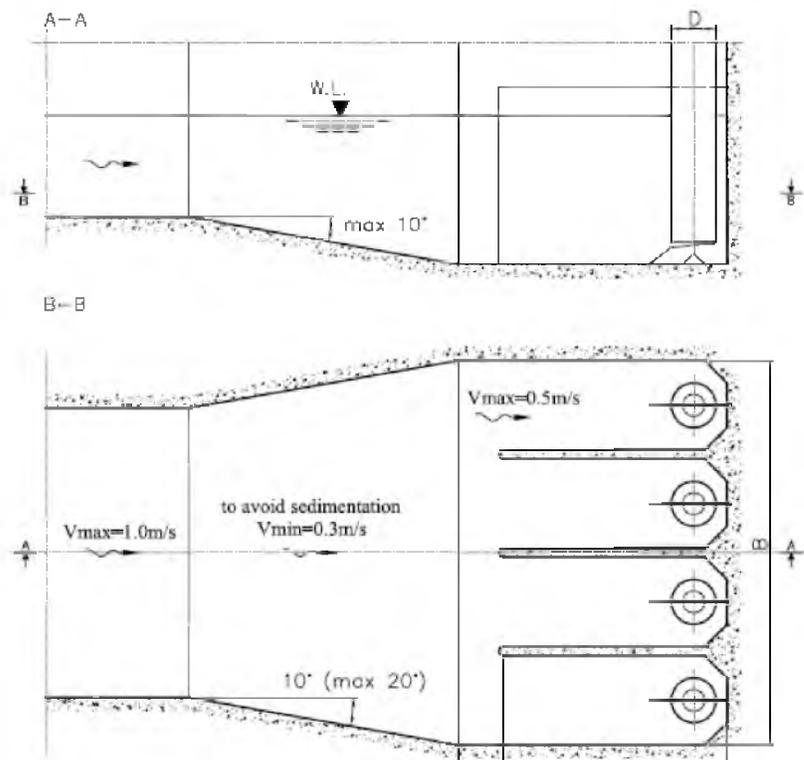
Los pozos receptores se construyen casi siempre de planta circular o cuadrada/rectangular, los circulares se utilizan generalmente en estaciones de poco caudal o prefabricadas, siendo las prefabricadas de anillos de hormigón o de materiales plásticos.

Los pozos de planta cuadrada o rectangular se utilizan en estaciones pequeñas, medianas y grandes y permiten un flujo de agua más regular a través de ellos. En base a criterios hidráulicos son preferibles los pozos de planta cuadrada o rectangular, por eso ha sido escogido este tipo de pozo en este proyecto.

Para la descarga del colector del alcantarillado en el pozo de bombeo, se debe diseñar una transición desde el punto donde descarga el colector del sistema de drenaje hasta el pozo de bombeo.

Esta transición es requerida para evitar que el agua entre con altas velocidades. La velocidad máxima recomendada por ITT Water & Wastewater es 1 m/s, y los ángulos de divergencia no deben ser mayor a 20°, la pendiente del fondo del pozo no debe exceder de 10°.

Gráfico 8: Dimensiones y velocidades recomendadas para estaciones de bombeo



Fuente: *Desing recomendations, ITT Water & Wastewater*

Estos parámetros son tomados en cuenta para evitar problemas en la bomba, ya que un flujo no uniforme en la entrada de la misma puede disminuir su eficiencia y causar ruidos y vibraciones, también hay que evitar la formación de vórtices y eliminar en lo posible el aire disuelto que pueda llevar el agua y favorecer un flujo hacia las bombas lo más laminar posible.

2.3.4 DESCARGA DE LAS ESTACIONES AL RÍO

Para el diseño de la descarga se ha considerado que las tres estaciones de bombeo no pueden ser construidas junto a la orilla de los correspondientes ríos, debido a la presencia de los muros. Se las ha diseñado de tal manera que las

bombas impulsen el líquido hasta un depósito para luego ser descargado, a través de un conducto, que cruza por debajo la vía.

El nivel de agua en el depósito donde descargarán las bombas depende del nivel máximo del río y las pérdidas en el tramo de la descarga.

El nivel máximo del río registrado es de +6.50 msnm, pero por aspectos de seguridad se considera en este proyecto como +7.00 msnm.

El ducto diseñado tiene una cota de invert que permite la descarga a gravedad, desde el tanque hasta el río, cuando los niveles en este sean más bajos que los del tanque. El ducto tendrá una válvula anti retorno para evitar que el agua del río entre al pozo del bombeo.

2.3.5 SELECCIÓN DE BOMBAS

Se trabajará con bombas axiales ya que estas son las apropiadas para altos caudales y bajas altura. Además son de instalación sumergible, por lo que requieren menos espacio en planta y por lo tanto la obra civil resulta menos costosa, además genera menos impacto visual ya que todo se instala debajo del nivel de terreno. Otra ventaja es que no requieren de sistemas de enfriamiento ya que lo hacen naturalmente por las aguas pluviales.

Existen diferentes marcas de bombas para alcantarillado pluvial de venta en Ecuador, para este diseño se ha escogido la marca Flygt del grupo Xylem, por lo tanto las bombas se seleccionaran del catálogo de esta marca, según el tipo de instalación, caudal, altura de impulsión y altura estática. La curva de la bomba es proporcionada por el fabricante.

La altura estática es la diferencia de cotas entre los niveles de agua en el pozo de bombeo y el depósito donde descargará la bomba.

En la tubería de impulsión se producen pérdidas de energía, pero por ser un tramo corto, se asumirá 0.10 m de pérdidas, para obtener la altura de impulsión.

La decisión sobre el número de bombas se toma estudiando varias soluciones y analizando aspectos técnicos-económicos de instalación, consumo energético y mantenimiento. En el presente proyecto habrá 3 bombas en cada estación de bombeo y cada una descargará independientemente.

Para direccionar el flujo del líquido hacia las bombas se diseñará paredes divisoras entre las bombas.

La eficiencia de la bomba se relaciona con el consumo de energía ya que un mal rendimiento de las bombas puede aumentar la potencia requerida, aumentando el consumo de energía eléctrica. En estaciones de bombeo de aguas lluvias, por lo menos en nuestro país, el consumo de energía no es un rubro significativo en el presupuesto de operación, debido a que son pocas las horas anuales de bombeo. Hay otros aspectos a los que se debe poner más atención, como por ejemplo inversión inicial, costos y facilidades de mantenimiento, etc.

2.3.6 NIVELES EN EL POZO DE BOMBEO

Las bombas entrarán en funcionamiento y se pararán en base al nivel del agua en el pozo de bombeo, el cual será indicado por las boyas que se instalarán en el pozo.

El nivel mínimo en la cámara de bombeo dependerá de la sumergencia requerida por la bomba, la cual está en función de la velocidad del flujo, el diámetro de entrada de la bomba y la distribución del flujo en la entrada de esta.

Cumplir con la inmersión requerida es importante para evitar la formación de vórtices, lo cual puede provocar disminución de eficiencia de la bomba y cavitación.

El nivel máximo en el pozo de bombeo será la cota invert del colector de descarga más el diámetro del mismo, es decir el nivel máximo cubrirá al colector.

Los niveles de parada y arranque de las bombas se elegirán dentro del rango determinado por el nivel mínimo y el nivel máximo del agua en el pozo.

2.4 PRESUPUESTO

Se ha elaborado un presupuesto para tener una idea general del costo de construcción contemplando solo los estudios desde el punto de vista de la hidráulica, por lo tanto incluye los rubros concernientes a las bombas, tubería de impulsión, válvulas, rejillas retenedoras de sólidos, paredes y muros del pozo de bombeo y descarga.

Es decir en el presupuesto no se incluye los rubros de instalaciones eléctricas, sanitarias, agua potable, así como tampoco incluye obras preliminares, obras de arquitectura, acabados y jardinería.

Para el cálculo de cantidades se estimará espesores de paredes y muros, así como se asumirá una cuantía para el cálculo del acero de refuerzo.

CAPITULO 3: RESULTADOS

3.1 SIMULACIÓN DE LAS REDES PLUVIALES SIN ESTACIÓN DE BOMBEO

En los siguientes gráficos se presenta las redes conformadas en el programa SWMM:

Gráfico 9: Red del subsistema 1, sin estación de bombeo

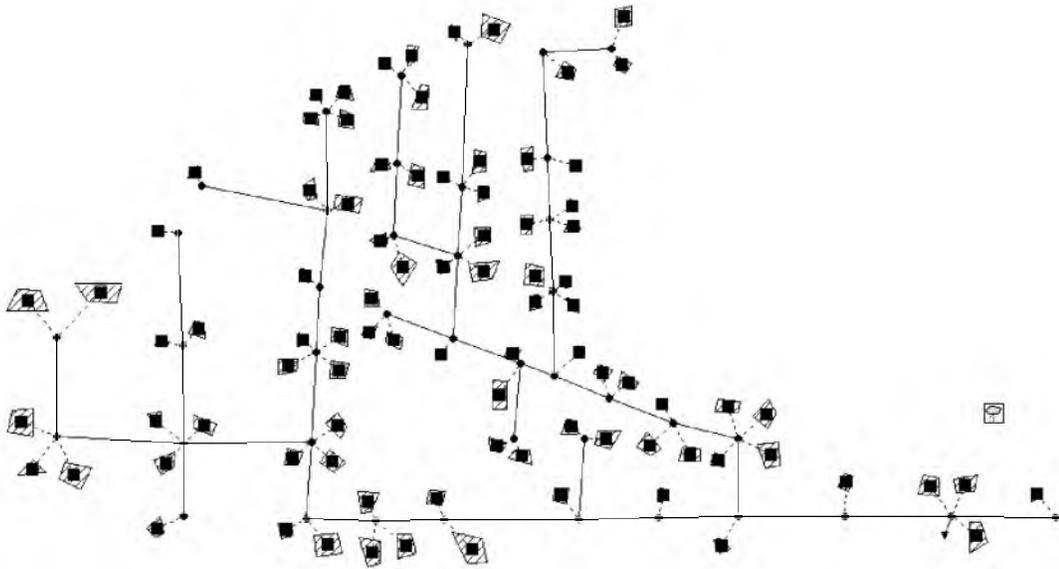


Gráfico 10: Red del subsistema 2, sin estación de bombeo

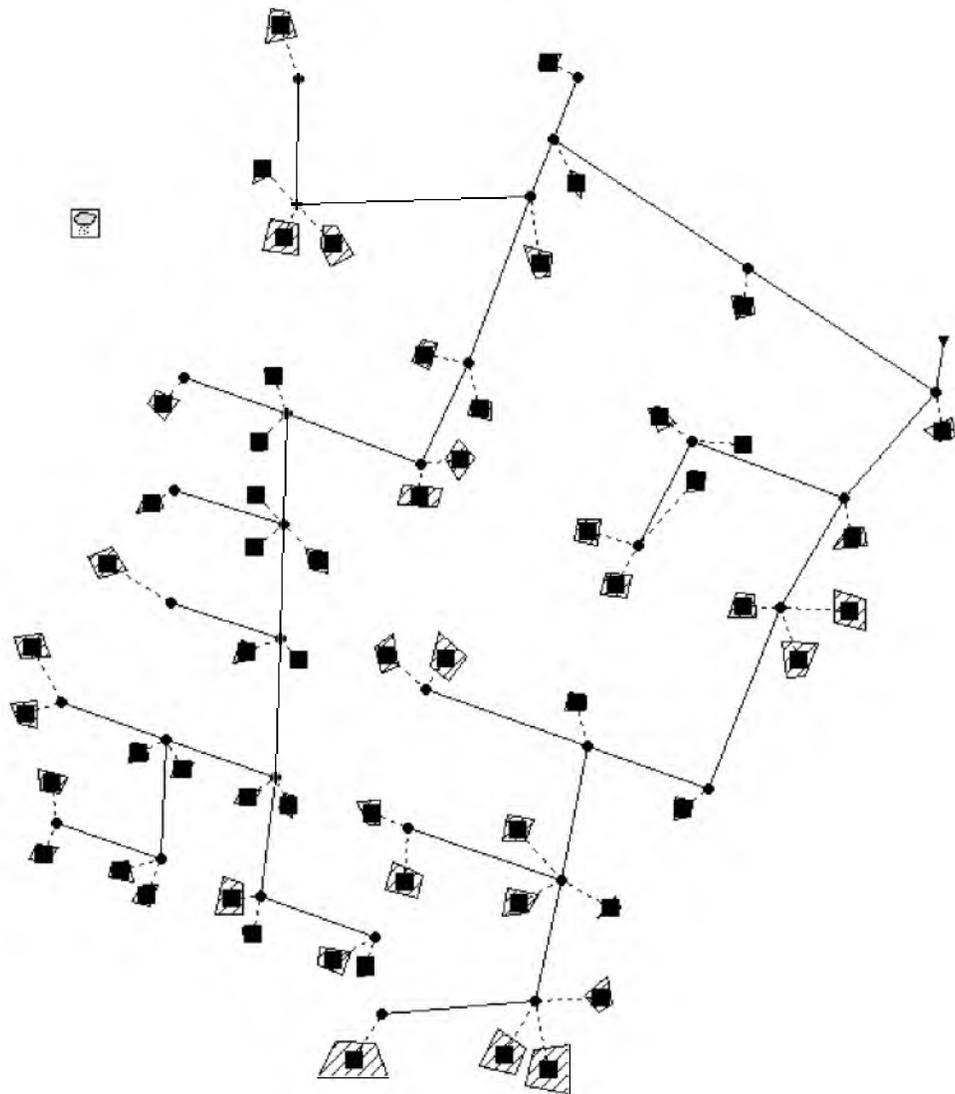
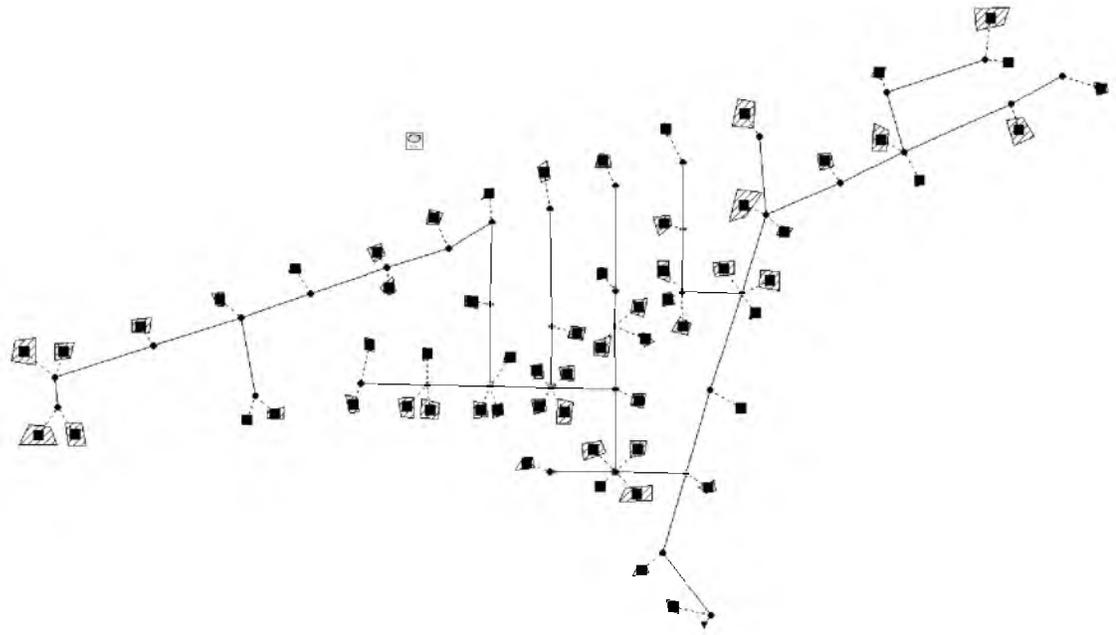


Gráfico 11: Red del subsistema 3, sin estación de bombeo



El momento más crítico, es cuando ha transcurrido 1:10 horas a partir del inicio de la precipitación y es el mismo en las tres redes de aguas lluvias, debido que para los tres casos se utiliza el mismo hietograma, ya que se encuentran en la misma zona.

Para los gráficos 11,12,13,14,15 y 16, que se muestran más adelante, los colores en los nudos representan diferentes rangos del caudal máximo que teóricamente sale del nudo.

Rojo= Caudal > 0.20 m³/s

Amarillo= Caudal > 0.10 m³/s

Azul= Caudal > 0.01 m³/s

Verde= Caudal > 0.05 m³/s

Celeste= No hay inundación

Gráfico 12: Simulación considerando 5 años de período de recurrencia, Subsistema 1

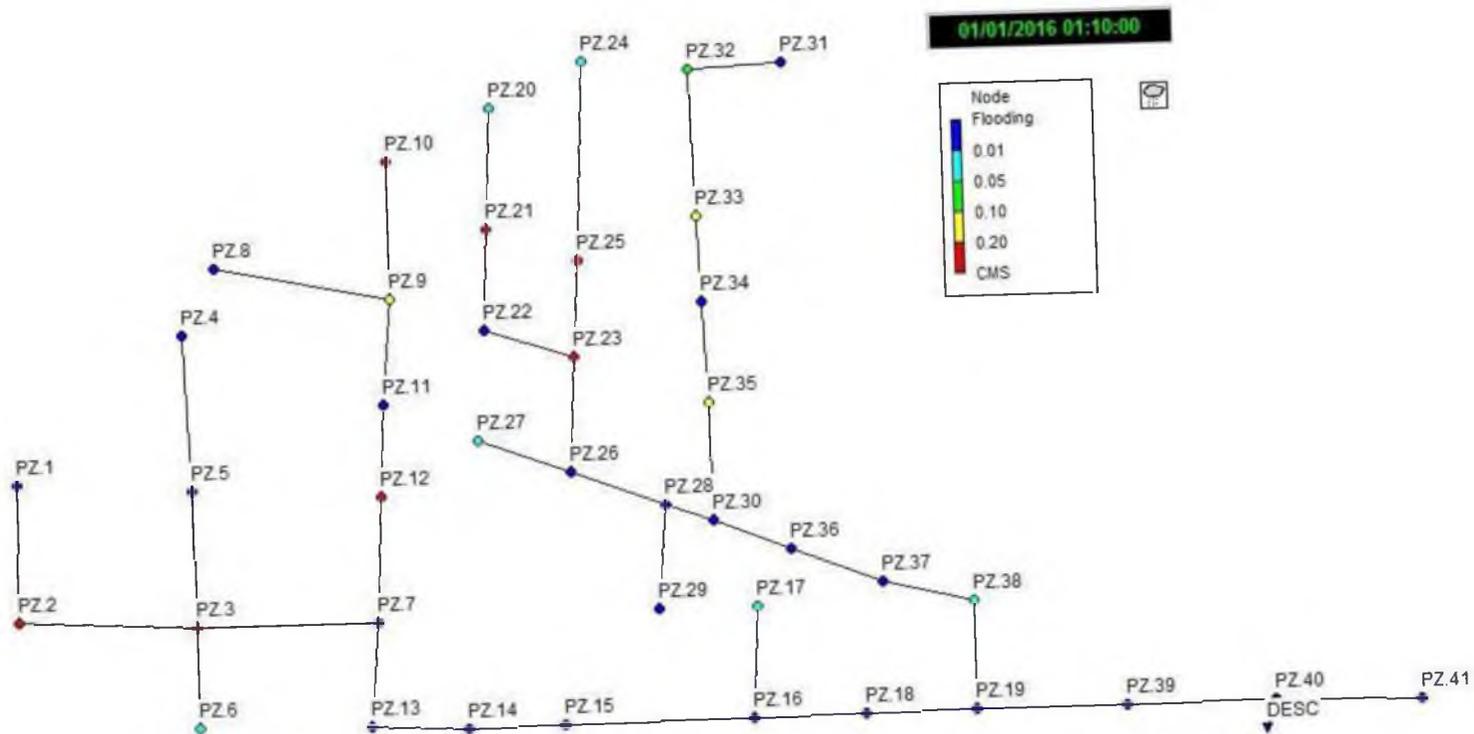


Gráfico 13: Simulación considerando 10 años de período de recurrencia, Subsistema 1

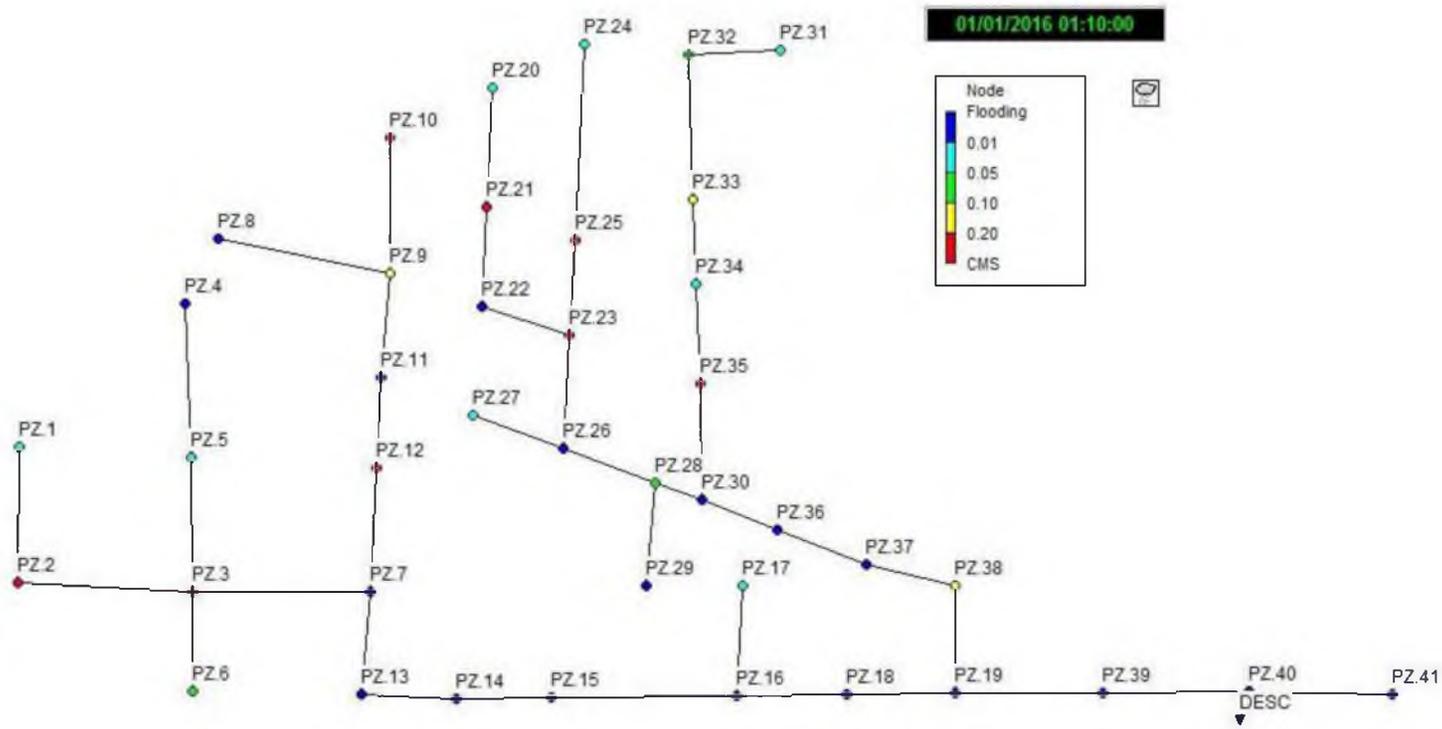


Gráfico 14: Simulación considerando 5 años de período de recurrencia, Subsistema 2

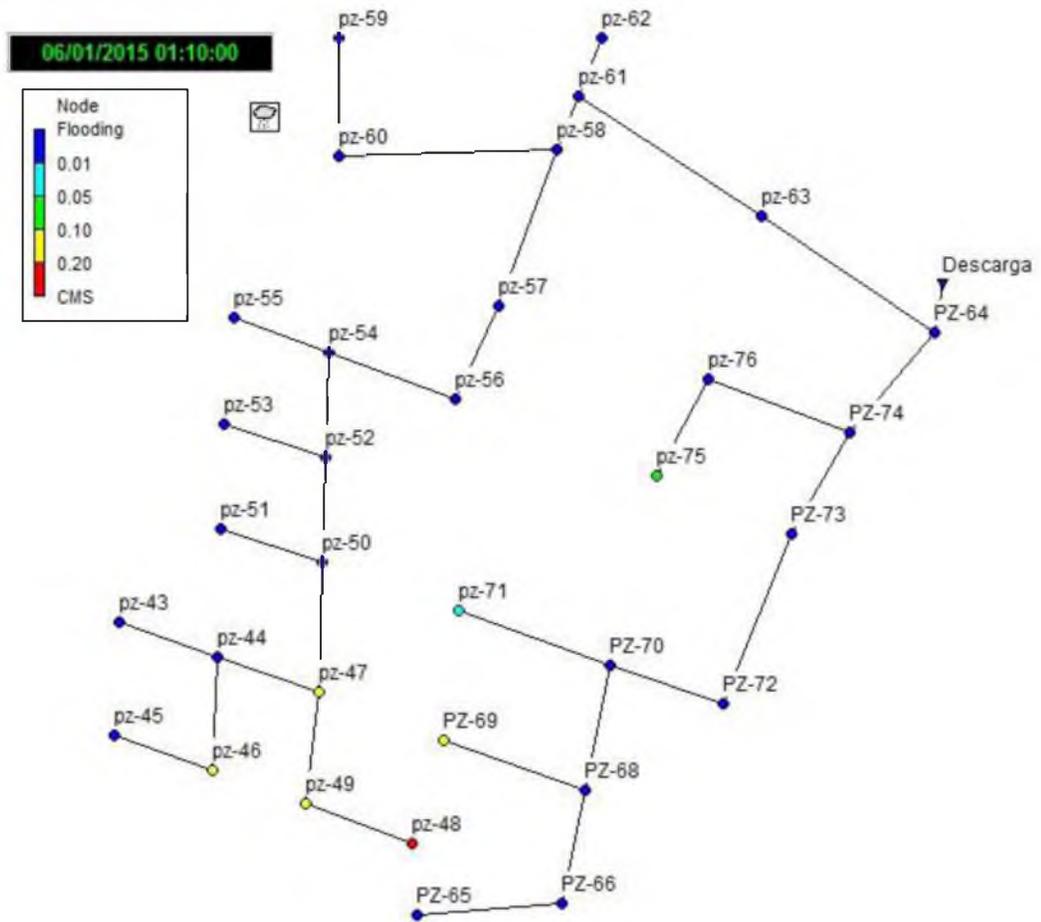


Gráfico 15: Simulación considerando 10 años de período de recurrencia, Subsistema 1

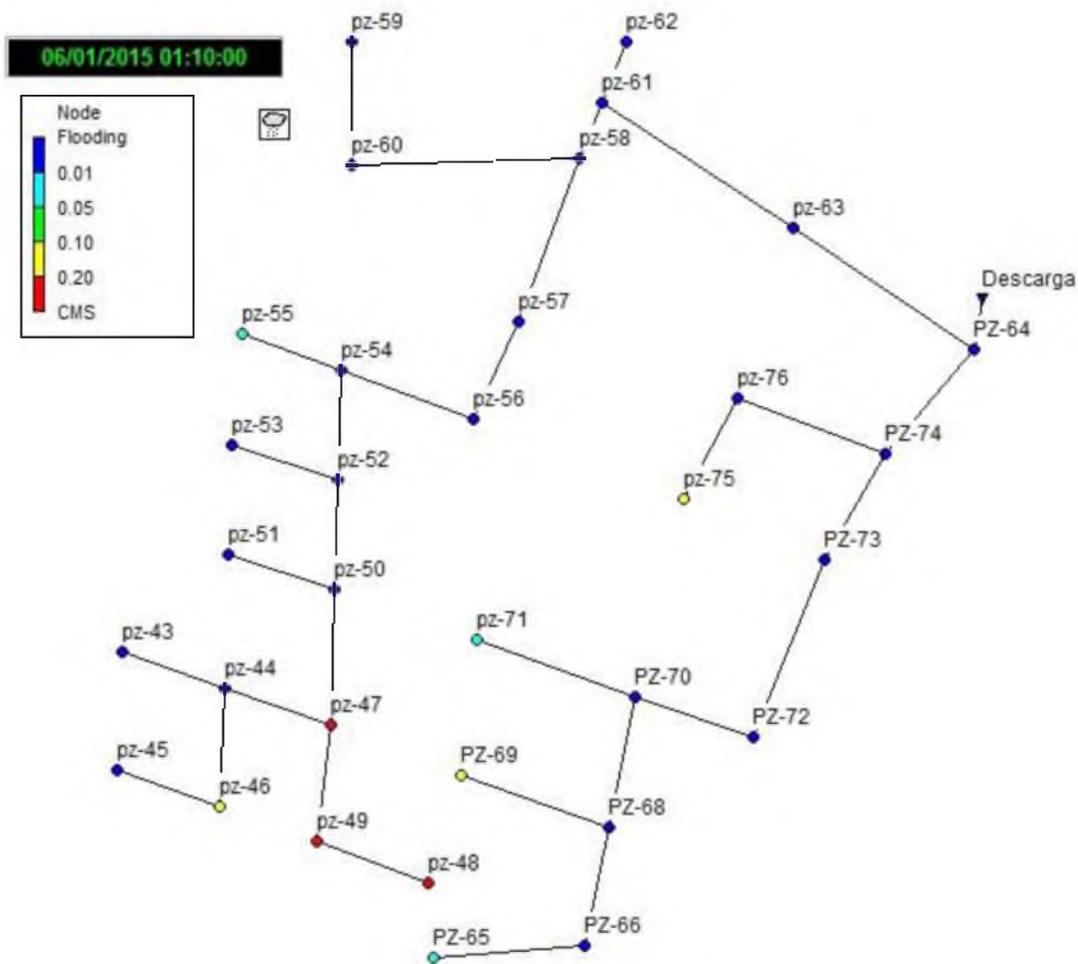


Gráfico 16: Simulación considerando 5 años de período de recurrencia, Subsistema 3

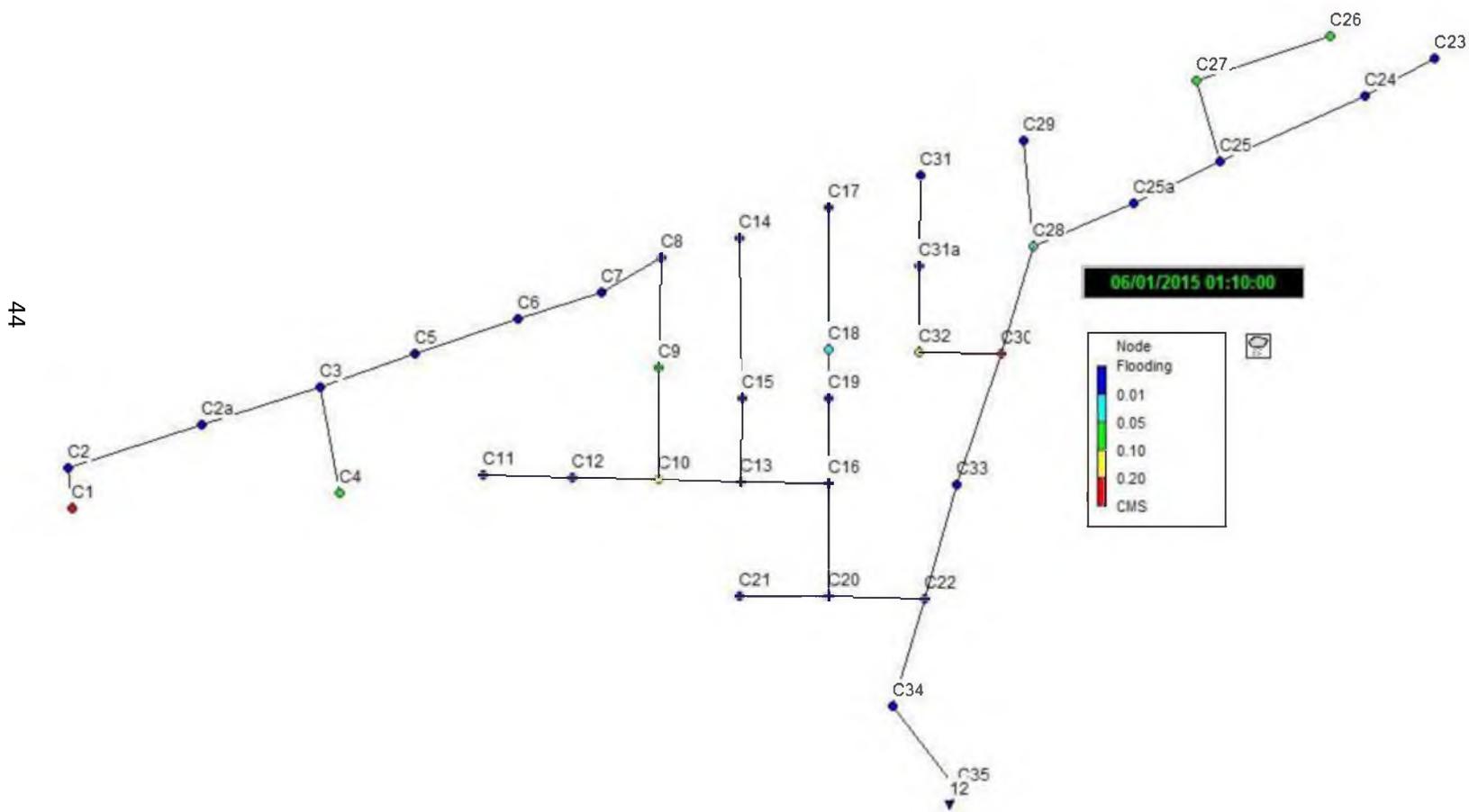
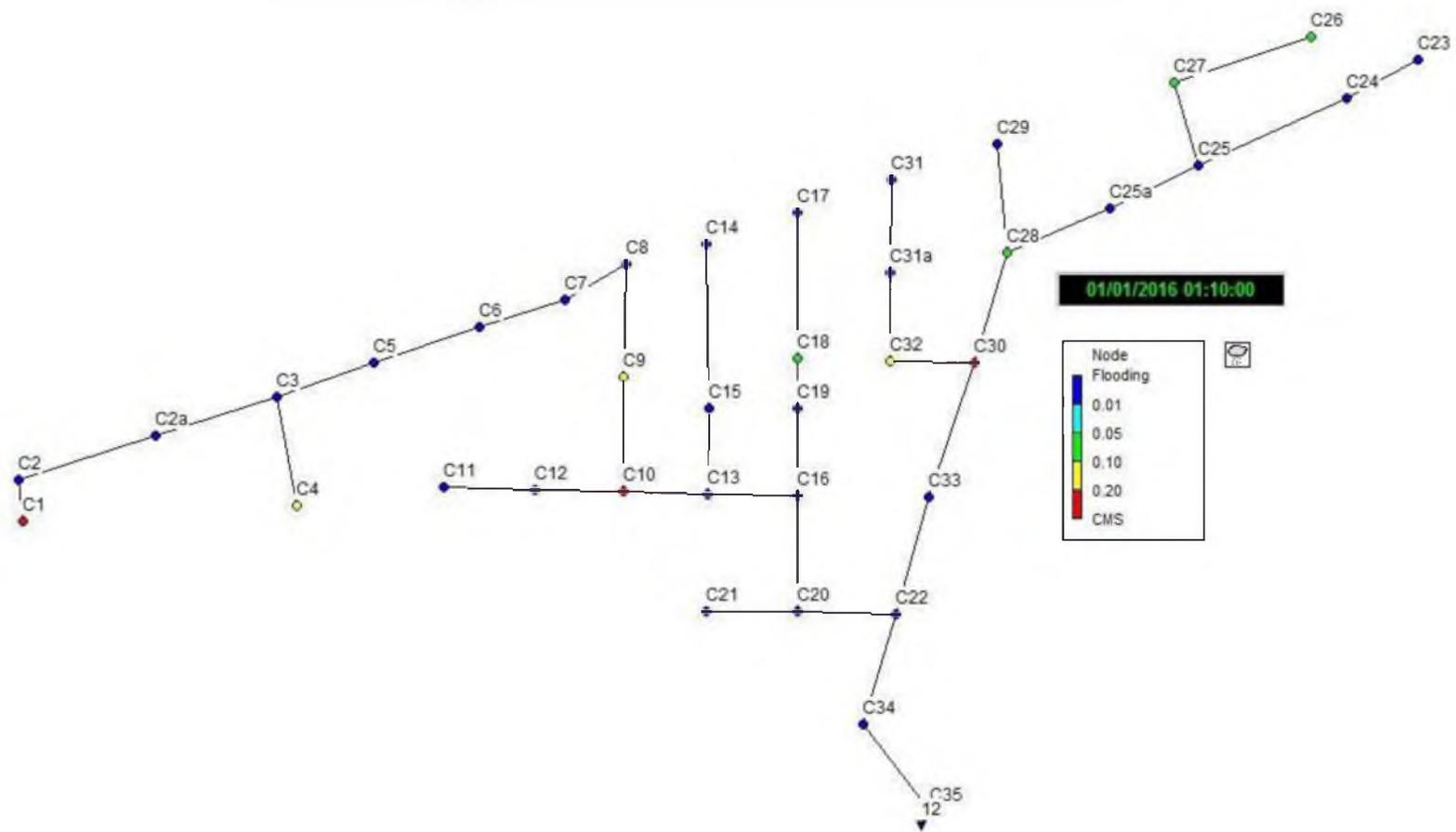


Gráfico 17: Simulación considerando 10 años de período de recurrencia, Subsistema 3

45



Se presentan dos gráficos por cada subsistema, el primero corresponde a la situación de una precipitación con período de retorno de 5 años, la segunda situación es el resultado de la simulación con una tormenta de 10 años de período de recurrencia.

Comparando los dos gráficos de un mismo subsistema, se puede ver que en la segunda situación, aumenta la magnitud de caudal de inundación en las cámaras, debido que al utilizar un mayor período de recurrencia, la intensidad de la precipitación es mayor.

Se puede apreciar que en todos los casos, la capacidad del sistema es superada al inicio de los ramales del colector principal, en estos tramos la tubería es de diámetros de 300 mm, 400mm y 500 mm.

Conforme a lo explicado en la metodología, en las siguientes tablas se muestra las inundaciones dadas en cada subsistema. De los reportes se obtiene el volumen y el área de inundación se calcula, asumiendo que el agua llega hasta 30cm sobre el terreno.

En el anexo 3, se muestra los perfiles de los tramos de colectores, donde se produce inundaciones y en el tramo de final.

3.1.1 SUBSISTEMA 1

Los tres nudos cuyo caudal de inundación es mayor a los demás, cuando ha transcurrido 1:10 horas, son los denominados PZ2, PZ12 y PZ21 de los gráficos 11 y 12.

A continuación se presenta los nudos con sus respectivos caudales, volúmenes y áreas de inundación.

- **Nodo 12:**

Este representa una cámara del sistema ubicada en la intersección de la calle Arnaldo Feijoo y Sucre, el volumen de agua que sale hacia el terreno cubre un área de 730 m², en una lluvia de 5 años de periodo de recurrencia, mientras que para la de 10 años cubre un área 1230 m².

Tabla 8: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (Nodo 12)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
0:55:00	0.00	
1:00:00	0.01	1.50
1:05:00	0.10	16.50
1:10:00	0.28	57.00
1:15:00	0.16	66.00
1:20:00	0.09	37.50
1:25:00	0.09	27.00
1:30:00	0.00	13.50
		219.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{219.00}{0.30} = 730.00 \text{ m}^2$$

Tabla 9: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (Nodo 12)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
0:55:00	0.00	
1:00:00	0.07	10.50
1:05:00	0.19	39.00
1:10:00	0.37	84.00
1:15:00	0.25	93.00
1:20:00	0.18	64.50

1:25:00	0.17	52.50
1:30:00	0.00	25.50
		369.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{369.00}{0.30} = 1230.00m^2$$

- **Nodo 2:**

El área que se inunda es 950 m² para la lluvia con periodo de recurrencia de 5 años, para el otro periodo el área de inundación es 1230 m², esta inundación afecta a la zona de la calle Jambelí a la altura de la intersección con la calle Olmedo.

Tabla 10: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 2)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
0:55:00	0.00	
1:00:00	0.08	12.00
1:05:00	0.15	34.50
1:10:00	0.26	61.50
1:15:00	0.18	66.00
1:20:00	0.14	48.00
1:25:00	0.14	42.00
1:30:00	0.00	21.00
		285.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{285.00}{0.30} = 950.00m^2$$

Tabla 11: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 2)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
0:55:00	0.00	
1:00:00	0.13	19.50
1:05:00	0.20	49.50
1:10:00	0.29	73.50
1:15:00	0.23	78.00
1:20:00	0.19	63.00
1:25:00	0.19	57.00
1:30:00	0.00	28.50
		369.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{369.00}{0.30} = 1230.00\text{m}^2$$

- **Nodo 21:**

Esta cámara se ubica en la intersección de las calles Alejandro Aguilar y Cotopaxi, el área afectada por la inundación es de 1360 m², y de 1620 m² en el caso de una lluvia con período de recurrencia de 10 años.

Tabla 12: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 21)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
0:55:00	0.00	
1:00:00	0.16	24.00
1:05:00	0.21	55.50
1:10:00	0.26	70.50
1:15:00	0.22	72.00
1:20:00	0.20	63.00

1:25:00	0.20	60.00
1:30:00	0.11	46.50
1:35:00	0.00	16.50
		408.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{408.00}{0.30} = 1360.00m^2$$

Tabla 13: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 21)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
0:50:00	0.00	
0:55:00	0.03	4.50
1:00:00	0.20	34.50
1:05:00	0.24	66.00
1:10:00	0.27	76.50
1:15:00	0.25	78.00
1:20:00	0.22	70.50
1:25:00	0.22	66.00
1:30:00	0.14	54.00
1:35:00	0.05	28.50
1:40:00	0.00	7.50
		486.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{486.00}{0.30} = 1620.00m^2$$

2.1.2 SUBSISTEMA 2

Los tres nudos cuyo caudal de inundación es mayor a los demás, cuando ha transcurrido 1:10 horas, son los Pz-56, Pz-48 y Pz-47 que se muestran en los gráficos 13 y 14.

- **Nodo 49:**

El caudal que excede la capacidad en esta cámara ubicada en la calle Tungurahua, cubre un área de 880 m² a su alrededor, en el caso de la lluvia con 5 años de período de recurrencia.

En el caso de la lluvia con periodo de recurrencia de 10 años, la inundación afecta a un área de 16885 m².

Tabla 14: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 49)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
1:00:00	0.00	
1:05:00	0.02	3.00
1:10:00	0.16	27.00
1:15:00	0.20	54.00
1:20:00	0.20	60.00
1:25:00	0.23	64.50
1:30:00	0.07	45.00
1:35:00	0.00	10.50
		264.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{264.00}{0.30} = 880.00m^2$$

Tabla 15: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 49)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
1:00:00	0.00	
1:05:00	0.10	15.00
1:10:00	0.25	52.50
1:15:00	0.30	82.50
1:20:00	0.33	94.50
1:25:00	0.36	103.50
1:30:00	0.17	79.50
1:35:00	0.08	37.50
1:40:00	0.02	28.50
1:45:00	0.00	12.00
		505.50

$$\text{Area de inundación} = \frac{505.50}{0.30} = 1685.00m^2$$

- **Nodo 48:**

Este representa una cámara en la calle Tungurahua donde empieza un ramal del colector principal. Para la precipitación de 5 años, en esta zona se inunda un área de 2640 m², mientras que en el segundo caso se inunda 3140 m².

Se debe notar que en esta cara el tiempo en que se da la inundación es prolongado, con respecto a las demás del mismo subsistema.

Tabla 16: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 48)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
0:55:00	0.00	
1:00:00	0.15	22.50

1:05:00	0.27	63.00
1:10:00	0.29	84.00
1:15:00	0.27	84.00
1:20:00	0.26	79.50
1:25:00	0.26	78.00
1:30:00	0.24	75.00
1:35:00	0.23	70.50
1:40:00	0.18	61.50
1:45:00	0.14	48.00
1:50:00	0.12	39.00
1:55:00	0.09	31.50
2:00:00	0.07	24.00
2:05:00	0.05	18.00
2:10:00	0.02	10.50
2:15:00	0.00	3.00
		792.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{792.00}{0.30} = 2640.00\text{m}^2$$

Tabla 17: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 48)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
	0.00	
0:55:00	0.02	3.00
1:00:00	0.24	39.00
1:05:00	0.28	78.00
1:10:00	0.30	87.00
1:15:00	0.28	87.00
1:20:00	0.27	82.50
1:25:00	0.27	81.00
1:30:00	0.24	76.50
1:35:00	0.23	70.50
1:40:00	0.23	69.00
1:45:00	0.20	64.50
1:50:00	0.17	55.50

1:55:00	0.14	46.50
2:00:00	0.11	37.50
2:05:00	0.09	30.00
2:10:00	0.05	21.00
2:15:00	0.02	10.50
2:20:00	0.00	3.00
		942.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{942.00}{0.30} = 3140.00\text{m}^2$$

- **Nodo 47:**

El área afectada en el primer caso es de 1520 m², en la segunda situación es de 1865 m², en esta el tiempo de duración de exceso de caudales es prologando. Esto es en la intersección de la calle Cotopaxi y Wenceslao Ollague, en el barrio 29 de Noviembre.

Tabla 18: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 47)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
0:55:00	0.00	
1:00:00	0.16	24.00
1:05:00	0.19	52.50
1:10:00	0.24	64.50
1:15:00	0.20	66.00
1:20:00	0.18	57.00
1:25:00	0.18	54.00
1:30:00	0.11	43.50
1:35:00	0.09	30.00
1:40:00	0.07	24.00
1:45:00	0.05	18.00
1:50:00	0.03	12.00

1:55:00	0.02	7.50
2:00:00	0.00	3.00
		456.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{456.00}{0.30} = 1520.00m^2$$

Tabla 19: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 47)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
	0.00	
0:55:00	0.08	12.00
1:00:00	0.19	40.50
1:05:00	0.22	61.50
1:10:00	0.27	73.50
1:15:00	0.22	73.50
1:20:00	0.21	64.50
1:25:00	0.20	61.50
1:30:00	0.12	48.00
1:35:00	0.09	31.50
1:40:00	0.08	25.50
1:45:00	0.07	22.50
1:50:00	0.05	18.00
1:55:00	0.04	13.50
2:00:00	0.02	9.00
2:05:00	0.01	4.50
		559.50

$$\text{Area de inundación} = \frac{559.50}{0.30} = 1865.00m^2$$

2.1.3 SUBSISTEMA 3

Las cámaras más críticas de este sistema son C-30, C-01 y C-10, expuestas en los gráficos 15 y 16.

- **Nodo 30:**

La inundación dada en esta cámara alcanza un área de 790 m², y en el segundo caso un área de 1230 m².

Tabla 20: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 30)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
1:00:00	0.00	
1:05:00	0.14	21.00
1:10:00	0.27	61.50
1:15:00	0.16	64.50
1:20:00	0.11	40.50
1:25:00	0.11	33.00
1:30:00	0.00	16.50
		237.00

$$\text{Área de inundación} = \frac{237.00}{0.30} = 790.00 \text{ m}^2$$

Tabla 21: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 30)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
0:55:00	0.00	

1:00:00	0.12	18.00
1:05:00	0.21	49.50
1:10:00	0.31	78.00
1:15:00	0.23	81.00
1:20:00	0.18	61.50
1:25:00	0.18	54.00
1:30:00	0.00	27.00
		369.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{369.00}{0.30} = 1230.00m^2$$

- **Nodo 01:**

El fenómeno dado en este punto afecta 850 m2 a su alrededor en la primera situación, mientras que para un periodo de retorno de 10 años, afecta a 970 m2.

Tabla 22: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 01)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
1:00:00	0.00	
1:05:00	0.16	24.00
1:10:00	0.22	57.00
1:15:00	0.17	58.50
1:20:00	0.15	48.00
1:25:00	0.15	45.00
1:30:00	0.00	22.50
		255.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{255.00}{0.30} = 850.00m^2$$

Tabla 23: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 01)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
0:55:00	0.00	
1:00:00	0.14	21.00
1:05:00	0.19	49.50
1:10:00	0.26	67.50
1:15:00	0.20	69.00
1:20:00	0.18	57.00
1:25:00	0.00	27.00
		291.00

$$\text{Area de inundación} = \frac{291.00}{0.30} = 970.00\text{m}^2$$

- **Nodo 10:**

En estas dos últimas cámaras se da una inundación bastante menor a la del nudo 30, y en un lapso de tiempo corto.

En el primer caso 210 m² y en el segundo caso 600m² son afectados a su alrededor.

Tabla 24: Precipitación con período de recurrencia de 5 años y dos horas de duración (nodo 10)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
1:05:00	0.00	
1:10:00	0.18	27.00
1:15:00	0.03	31.50
1:20:00	0.00	4.50
		63.00

$$\text{Área de inundación} = \frac{63.00}{0.30} = 210.00m^2$$

Tabla 25: Precipitación con período de recurrencia de 10 años y dos horas de duración (nodo 10)

Horas	Caudal de inundación	Volumen de inundación
	m ³ /s	m ³
1:00:00	0.00	
1:05:00	0.09	13.50
1:10:00	0.29	57.00
1:15:00	0.12	61.50
1:20:00	0.05	25.50
1:25:00	0.05	15.00
1:30:00	0.00	7.50
		180.00

$$\text{Área de inundación} = \frac{180.00}{0.30} = 600.00m^2$$

3.1.4 CAUDALES QUE DESCARGA CADA SUBSISTEMA

Se presenta a continuación los hidrogramas en las secciones de descarga de cada sistema de drenaje.

3.1.4.1 Subsistema 1

La sección de descarga de este sistema es de 900 mm de diámetro, el máximo caudal que descarga es de 1.96 m³/s cuando ha transcurrido 1:17 horas, para un período de retorno de 5 años, en el mismo tiempo pero para el período de retorno de 10 años el caudal máximo descargado es de 2.01 m³/s.

Se puede notar que el caudal descargado no aumenta en gran magnitud, para un periodo de retorno mayor.

Gráfico 18: Hidrograma, colector de descarga subsistema 1, periodo de retorno 5 años



Gráfico 19: Hidrograma, colector de descarga subsistema 1, periodo de retorno 10 años



3.1.4.2 Subsistema 2

El colector en el tramo final tiene un diámetro de 800 mm, el máximo caudal que descarga es de 1.53 m³/s, en el tiempo 1:17 horas, para una lluvia de periodo de retorno de 5 años. La descarga máxima para un periodo de 10 años es de 1.64 m³/s.

Gráfico 20: Hidrograma, colector de descarga subsistema 2, periodo de retorno 5 años



Gráfico 21: Hidrograma, colector de descarga subsistema 2, periodo de retorno 10 años



3.1.4.3 Subsistema 3

Para una precipitación de periodo de retorno de 5 años, el caudal máximo que descarga este sistema es de $1.57 \text{ m}^3/\text{s}$, cuando ha transcurrido 1:17 horas. Mientras que para un periodo de retorno de 10 años, el caudal máximo de descarga es $1.63 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gráfico 22: Hidrograma, colector de descarga subsistema 3, periodo de retorno 5 años



Gráfico 23: Hidrograma, colector de descarga subsistema 3, periodo de retorno 10 años



3.2 DISEÑO ESTACIONES DE BOMBEO

El diseño en general, es muy similar para cada una de las estaciones, debido a que la topografía de la zona donde se implantarán las estaciones tiene características parecidas entre los tres subsistemas, es por eso que se explicará en conjunto y solo en el caso en que haya alguna diferencia se aclarará a que EB se refiere.

Se recomienda que al tratarse de estación de bombeo de aguas pluviales, se instale un generador de energía para estas, ya que al producirse las precipitaciones, el problema más común es que ocurre una interrupción del sistema eléctrico en la ciudad.

En el anexo 1 se adjunta los planos de las estaciones de bombeo.

3.2.1 CAUDALES DE DISEÑO

De acuerdo con lo descrito en el literal 2.3.2, los caudales máximos de los sistemas son los siguientes:

Tabla 26: Caudales máximos en EB

	Caudal
EB subsistema 1	2.00 m ³ /s
EB subsistema 2	1.65 m ³ /s
EB subsistema 3	1.65 m ³ /s

Estos caudales se utilizan para seleccionar las bombas de cada estación.

3.2.2 DESCARGA DE LA EB

Por flexibilidad para la operación se decidió emplear tres bombas para cada estación.

Para poder implantar la EB antes de cruzar la calle, se previó que cada bomba impulse, de manera independiente, el fluido hasta un depósito, de este depósito el agua pasa, a través de vertederos, hacia un cajón de carga, para ser descargada a través de un ducto que cruza la calle.

Hasta llegar a los vertederos serán tres descargas diferentes, luego del vertedero el caudal de las tres bombas será recogido en el cajón de carga, por lo tanto el ducto de descarga es diseñado con capacidad de evacuar el caudal total de la EB.

El nivel del agua en este cajón de carga, resulta de sumarle al nivel máximo del río (+7.00) las pérdidas por fricción y menores en el ducto de descarga.

En la situación en que el nivel del río este más bajo que el agua en el pozo de bombeo, esta podrá ser evacuada a gravedad, a través del ducto de descarga, donde se colocará válvulas elastoméricas, para que cuando la situación sea al revés, no ingrese agua al pozo desde el río.

3.2.2.1 Vertedero

Para calcular la carga sobre el vertedero se utiliza la fórmula general de vertederos rectángulos con un coeficiente $C=1.8$.

$$Q = C L H^{3/2}$$

Dónde: L= longitud del vertedero (m)

H= altura sobre la cresta del vertedero (m)

Q= caudal (m³/s)

Tabla 27: Características de vertederos

	Caudal (m³/s)	Longitud (m)	Carga (m)
Vertedero EB1	0.70	1.6	0.40
Vertedero EB2	0.55	1.2	0.40
Vertedero EB3	0.55	1.2	0.40

3.2.3 DUCTO DE DESCARGA

Un solo ducto evacuará el caudal máximo en cada estación de bombeo, a continuación se presenta las fórmulas utilizadas para el cálculo de las pérdidas de energía:

- **Fórmula de Manning**, para calcular la pendiente del ducto

$$Q = \frac{A}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

Q= caudal (m³/s)

R= radio hidráulico (m)

S= pendiente

- **Pérdidas por fricción**

$$hf = S \times L$$

hf= pérdidas de carga por fricción (m)

L= longitud del ducto (m)

S= pendiente

Tabla 28: Características de ductos de descarga

	Ducto EB 1	Ductor EB2	Ducto EB3
Sección	1.20x1.20	1.20x1.20	1.20x1.20
Área (m²)	1.44	1.44	1.44
Perímetro mojado (m)	4.80	4.80	4.80
Radio hidráulico (m)	0.30	0.30	0.30
Caudal (m³/s)	2.00	1.65	1.65
Pendiente	0.002	0.001	0.001
Longitud (m)	16.00	16.00	17.00
Pérdidas por fricción (m)	0.03	0.02	0.02

3.2.4 BOMBAS SELECCIONADAS

Cada estación de bombeo contará con tres bombas, de las mismas características, por lo tanto el caudal máximo de diseño será dividido para tres, y este será con el que trabajará cada bomba. En el anexo 4 se adjunta las curvas características de las bombas seleccionadas, proporcionadas por el distribuidor.

Cada bomba trabajará en forma independiente, con su propia succión y su propia descarga, para evitar al máximo los accesorios que se deben implementar si se desea hacer una descarga común, ya que esto aumentaría el costo de la EB.

Tabla 29: Información de bombas seleccionadas (EB 1)

	Estación de bombeo 1
Marca	Flygt
Código	PL 7065/3-810
Caudal teórico por bomba	0.70 m ³ /s

Sumergencia mínima	1.00 m
Altura de impulsión	7.05 m
Altura estática	6.95 m
Diámetro de impulsión	800 mm

Tabla 30: Información de bombas seleccionadas (EB 2 y 3)

	Estación de bombeo 2 y 3
Marca	Flygt
Código	PL 7040/3-624
Caudal teórico por bomba	0.55 m ³ /s
Sumergencia mínima	1.00 m
Altura de impulsión	7.05 m
Altura estática	6.95 m
Diámetro de impulsión	600 mm

Las bombas de la estación de bombeo del subsistema 2 y 3, son las mismas, ya que el caudal y las alturas de impulsión y estática son iguales.

A continuación se presenta las cotas de arranque y parada de las bombas.

Tabla 31: Arranques y paradas de bombas

	Estación de bombeo 1	Estación de bombeo 2	Estación de bombeo 3
1^{era} Bomba	Arranque: 1.83m	Arranque: 1.98m	Arranque: 1.98m
	Parada: 1.40m	Parada: 1.40m	Parada: 1.40m
2^{da} Bomba	Arranque: 1.98m	Arranque: 2.13m	Arranque: 2.13m
	Parada: 1.55m	Parada: 1.55m	Parada: 1.55m
3^{era} Bomba	Arranque: 2.13m	Arranque: 2.28m	Arranque: 2.28m
	Parada: 1.70m	Parada: 1.70m	Parada: 1.70m

3.2.5 CÁMARA DE BOMBEO

Para disipar la energía del agua cuando ingresa a la EB, se ha diseñado un cajón de llegada y luego una transición, para que el cambio de sección sea gradual y el flujo sea menos turbulento, según las recomendaciones de diseño del ITT Water & Wastewater.

Antes del cárcamo de bombeo, se colocará unas rejillas retenedoras de sólidos con 4cm de separación y 65° de inclinación con la horizontal, de tipo manual. En la cámara de bombeo también se colocará escaleras para poder acceder por cuestiones de mantenimiento o inspección.

El cárcamo de bombeo tiene forma rectangular con paredes divisorias entre cubículos de cada bomba.

A continuación se muestran imágenes en 3D de cárcamo de bombeo, obtenidas del programa SECAD de la Flygt, del cual se obtuvo el esquema del cárcamo de bombeo en función de las características de las bombas.

Gráfico 24: Bombas con tubería de impulsión en vista 3D

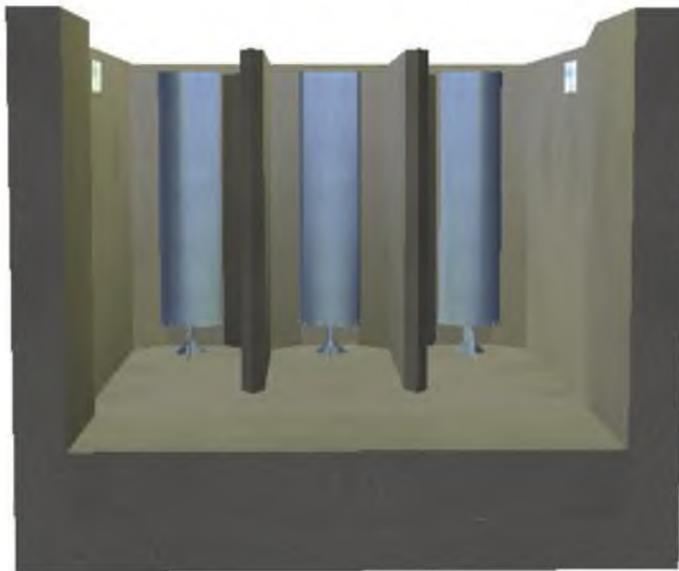
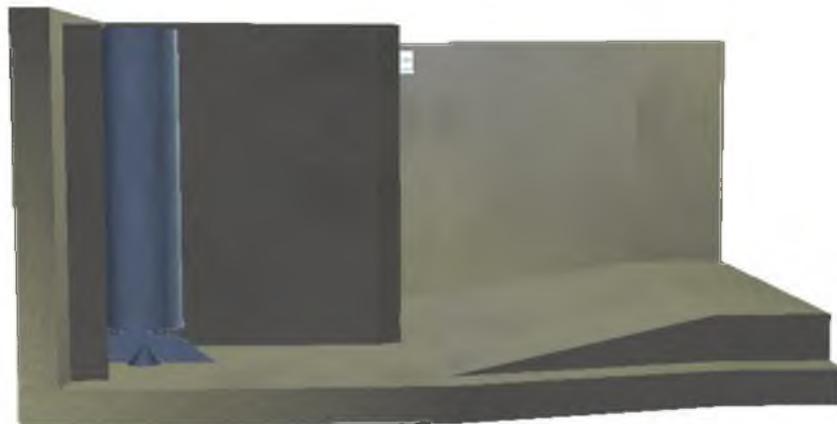


Gráfico 25: Bombas con tubería de impulsión (en planta 3D)



Gráfico 26: Bombas con tubería de impulsión (perfil 3D)



3.2.6 PRESUPUESTO

En el anexo 6 se muestra el desglose de los presupuestos, el presupuesto de la EB 3, es el mismo que el de la EB 2, debido a que presentan las mismas características hidráulicas.

Tabla 32: Resumen de presupuestos

	Costo
EB subsistema 1	615807.95
EB subsistema 2	569285.43
EB subsistema 3	569285.43

3.3 SIMULACIÓN DE LAS REDES PLUVIALES CON ESTACIÓN DE BOMBEO

Al simular la red utilizando bombas, resulta que los caudales de inundación son los mismos, que en la situación en que no existe estación de bombeo, esto es debido a que en la descarga del colector, en el pozo de bombeo, se supera el tirante crítico, lo que hace que se produzca un remanso, esto a su vez depende del nivel de agua en el pozo, sin embargo se debe recalcar que el objetivo de las estaciones de bombeo no es solucionar las inundaciones, si no impartirle energía al líquido para vencer desniveles y poder descargar en el río.

Para mejorar el comportamiento de la red, en el aspecto relacionado con las inundaciones, sería necesario colocar tramos paralelos a la red existente.

Los gráficos de la red donde se muestran los nodos que se inundan, se adjuntan en el anexo 6, solo para periodo de recurrencia de 5 años, debido que son los mismos que en la situación sin estación de bombeo.

A continuación se presenta los perfiles desde la cámara donde llega el colector hasta la descarga, en el momento de máxima precipitación, así como las curvas de caudal vs tiempo de las bombas.

3.3.1 ESTACIÓN DE BOMBEO DEL SUBSISTEMA 1

Este perfil es el momento de máxima precipitación (1:10 horas). El nodo 87 indica la cámara donde descarga el colector, el nodo 81 simula a la cámara de bombeo, del nodo 85 al 88 es el ducto de descarga al río.

Gráfico 27: Perfil en la descarga, Subsistema 1

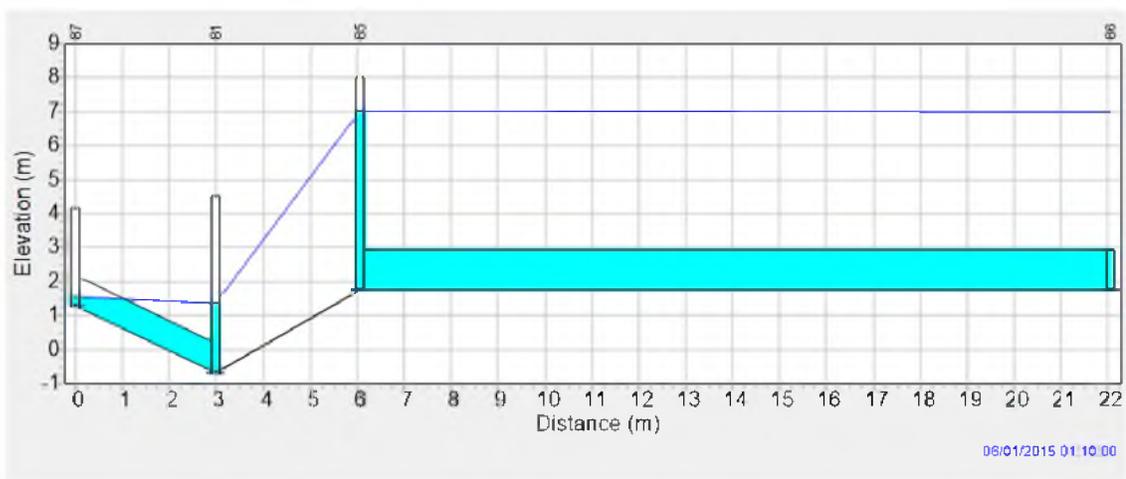


Gráfico 28: Curva de operación, Bomba 1

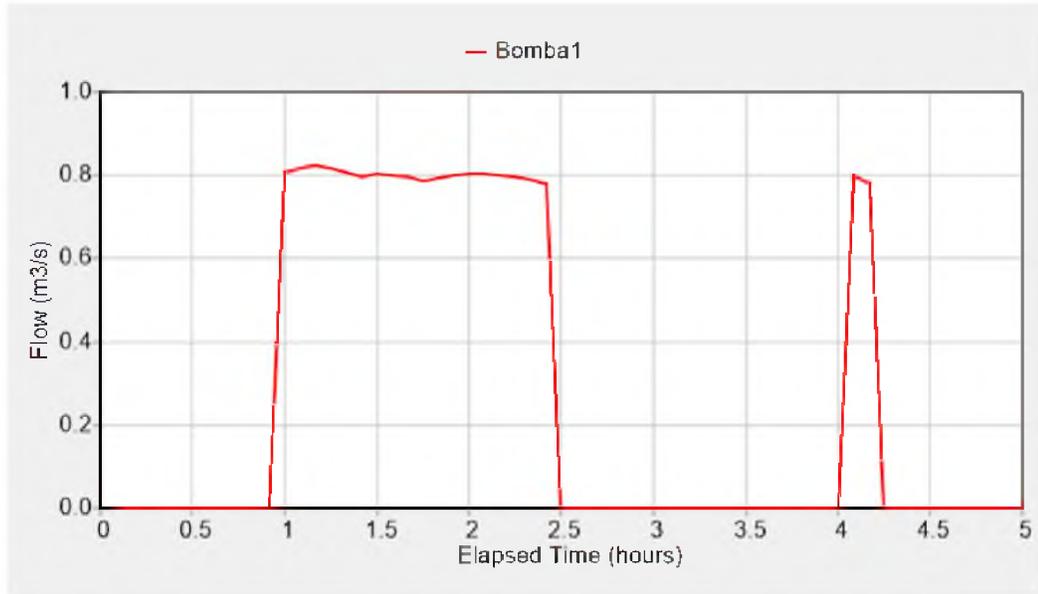


Gráfico 29: Curva de operación, Bomba 2

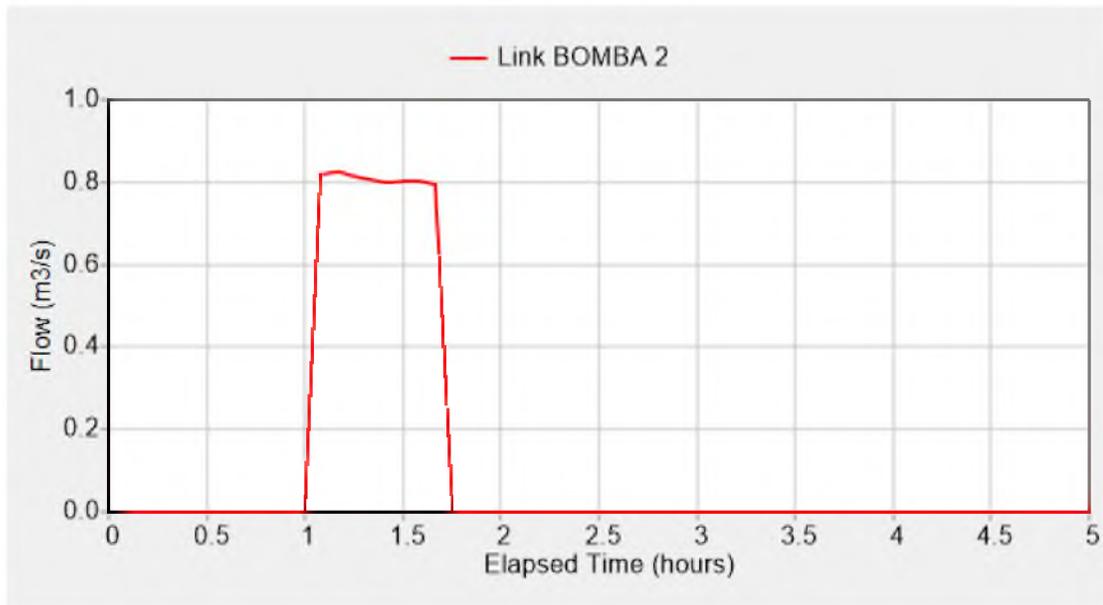
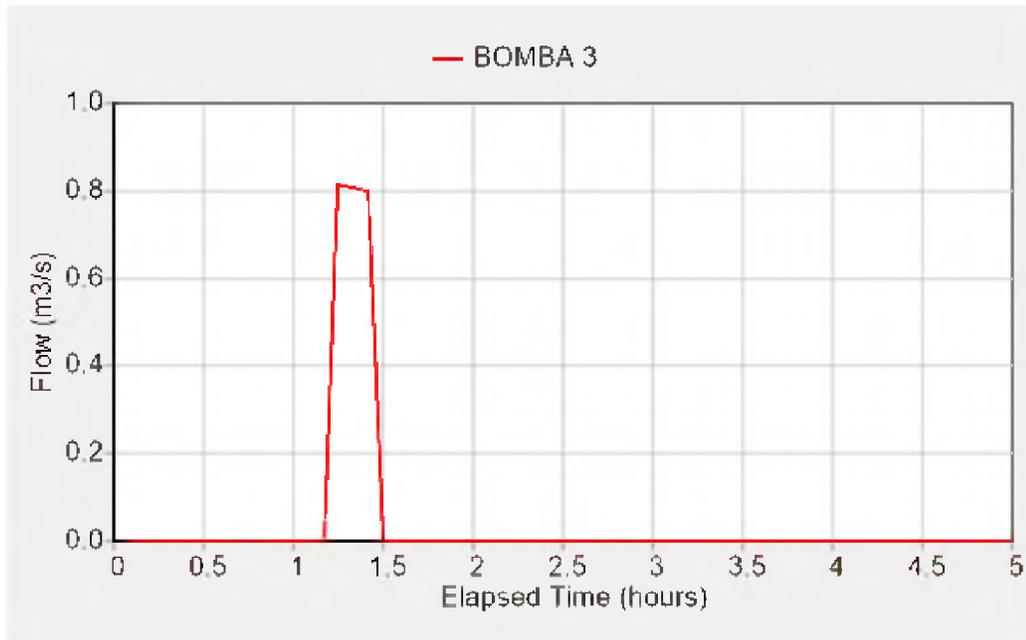


Gráfico 30: Curva de operación, Bomba 3



Las curvas del gráfico 27 al 29, graficaron el régimen de operación de las bombas. Se puede observar que el caudal para el que fueron seleccionadas las bombas.

El caudal que descarga este sistema para un periodo de retorno de 5 años, no varía en gran magnitud con respecto a la situación con periodo de retorno de 10 años (ver gráfico 17 y 18), por lo tanto las curvas de las bombas se mantienen igual en las dos situaciones.

Gráfico 31: Profundidad de agua en el pozo de bombeo



En el gráfico 29 se muestra como varia los niveles de agua en el pozo de bombeo, se indicó en el programa que la altura de agua al inicio de la simulación, es de 0.5m. Al pasar los momentos de máximas precipitaciones, se puede ver que el nivel se mantiene en 1.40 m, que es el nivel mínimo en el pozo determinado anteriormente.

3.3.2 ESTACIÓN DE BOMBEO DEL SUBSISTEMA 2

En el siguiente gráfico se muestra el perfil desde la cámara donde descarga el colector (nodo 4), hasta la descarga en el río (nodo 3), donde también se muestra el pozo de bombeo (nodo 1). Este perfil es el momento de máxima precipitación (1:10 horas).

Gráfico 32: Perfil en la descarga, Subsistema 1

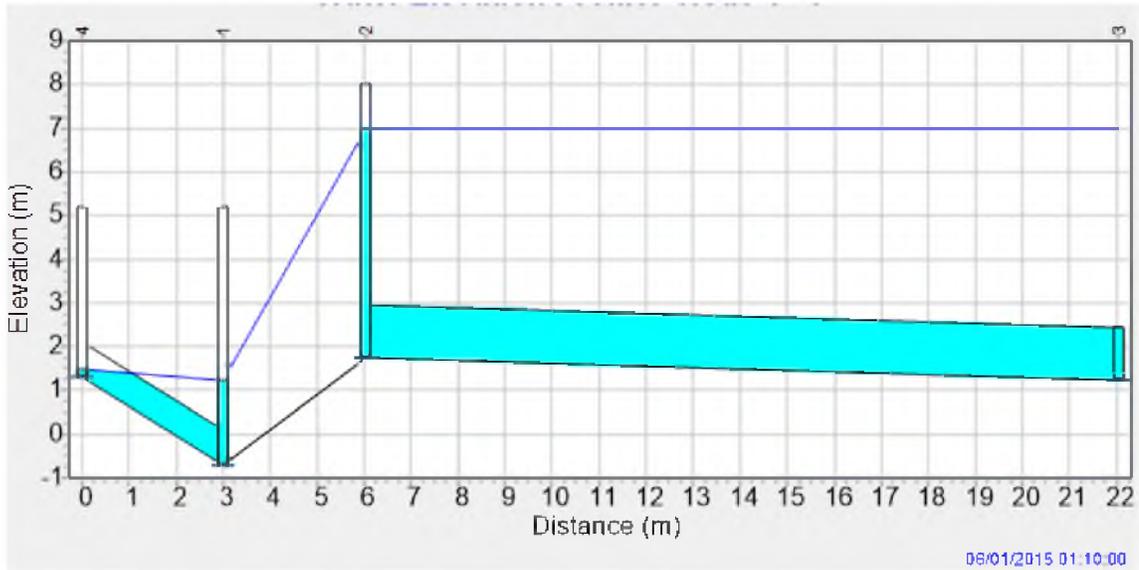


Gráfico 33: Curva de operación, Bomba 1, período de retorno 5 años

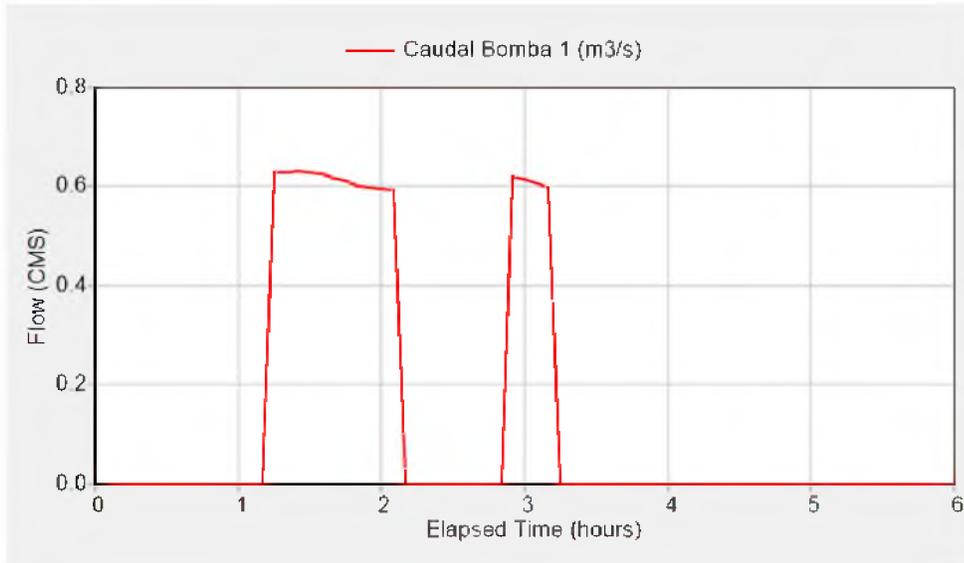


Gráfico 34: Curva de operación, Bomba 2, período de retorno 5 años

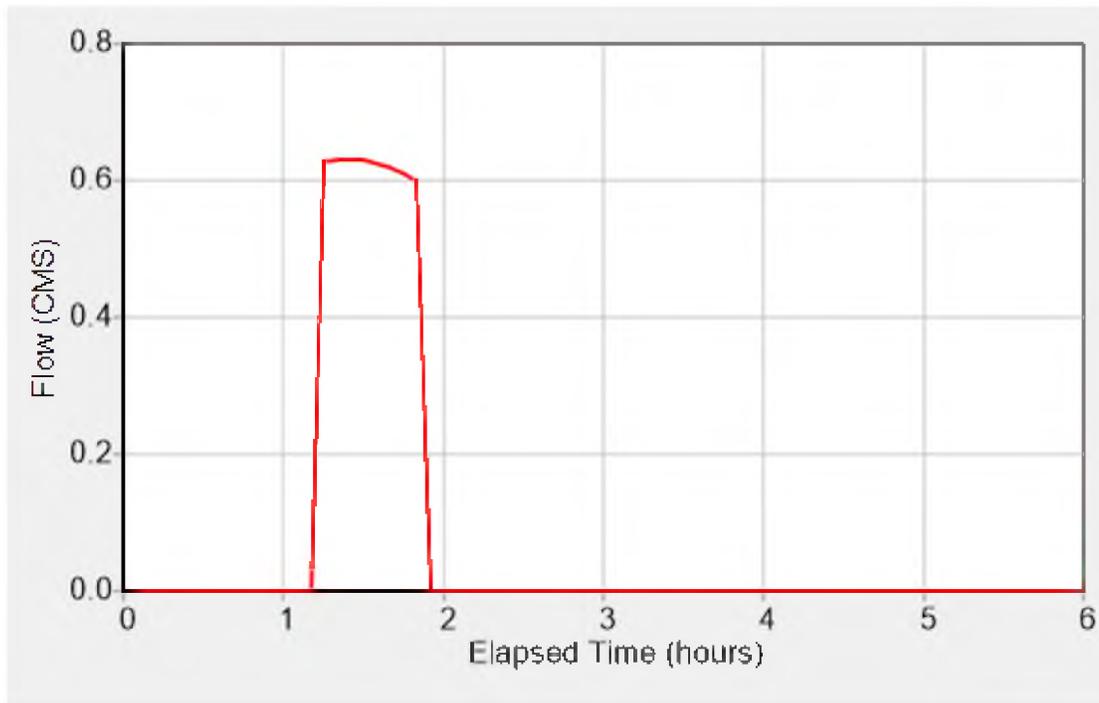


Gráfico 35: Curva de operación, Bomba 3, período de retorno 5 años

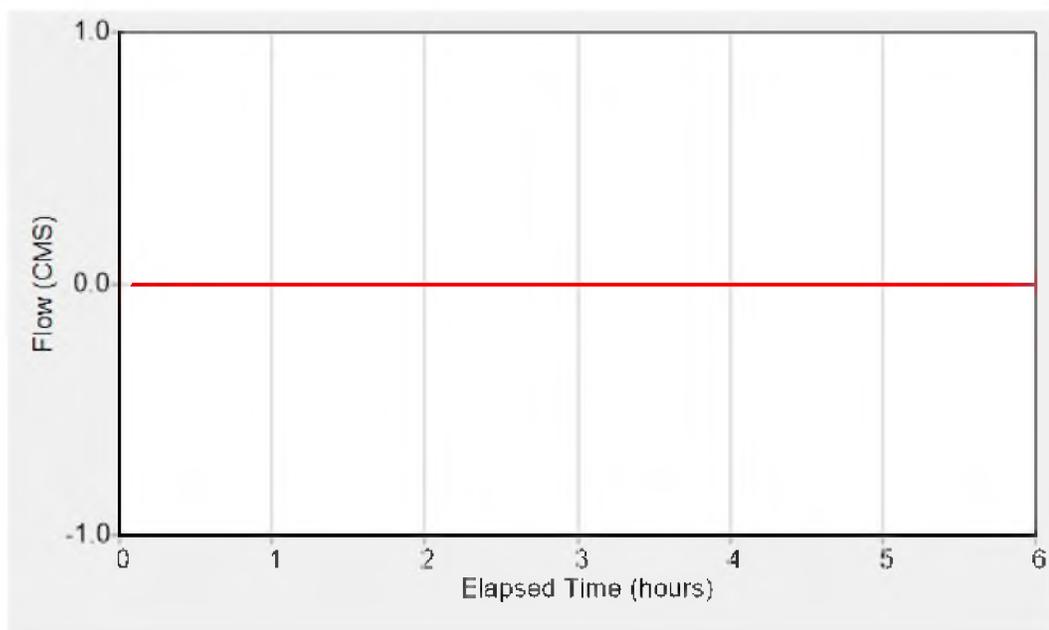


Gráfico 36: Curva de operación, Bomba 1, período de retorno 10 años

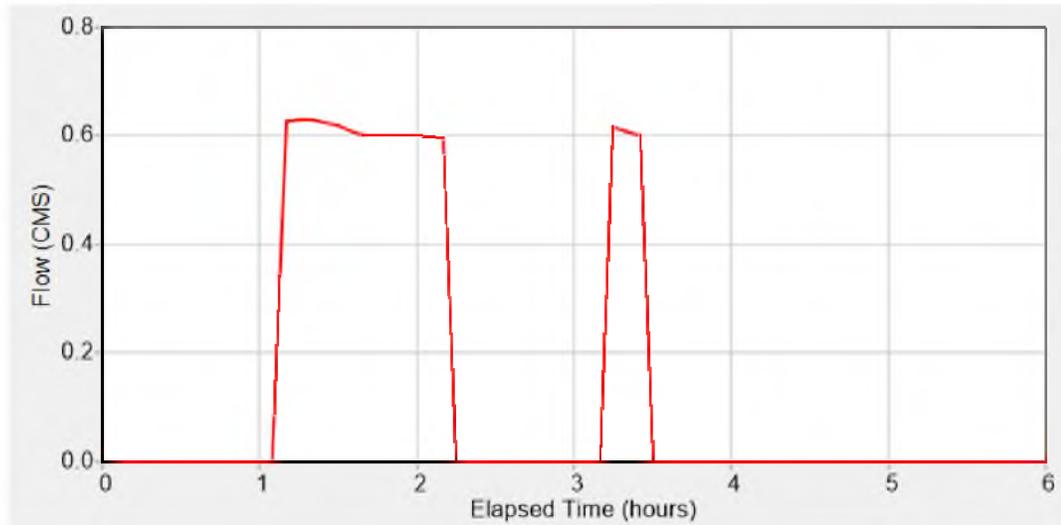


Gráfico 37: Curva de operación, Bomba 2, período de retorno 10 años

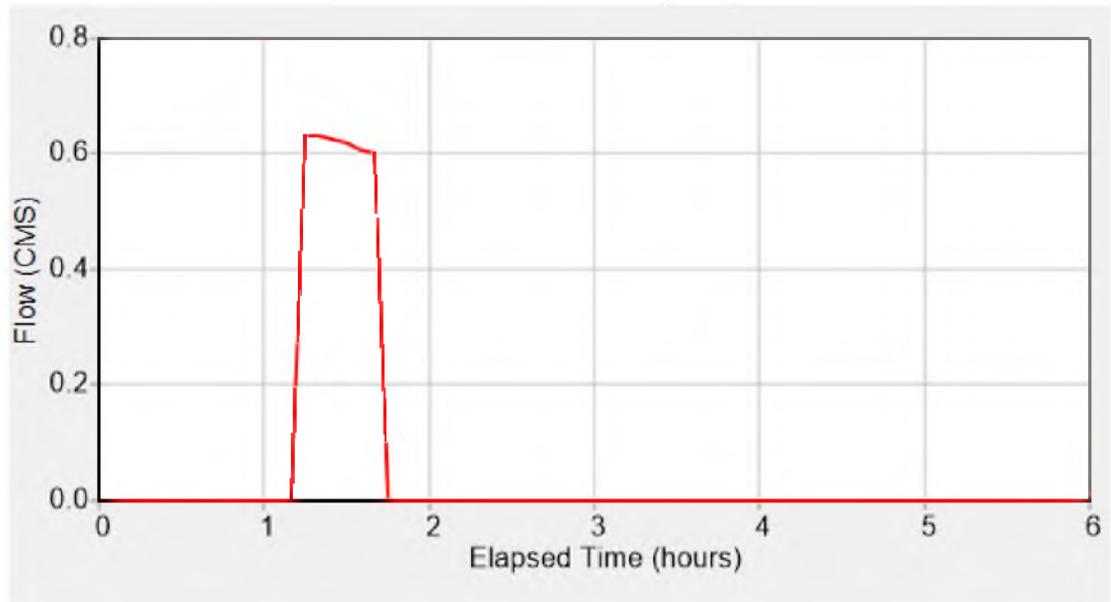
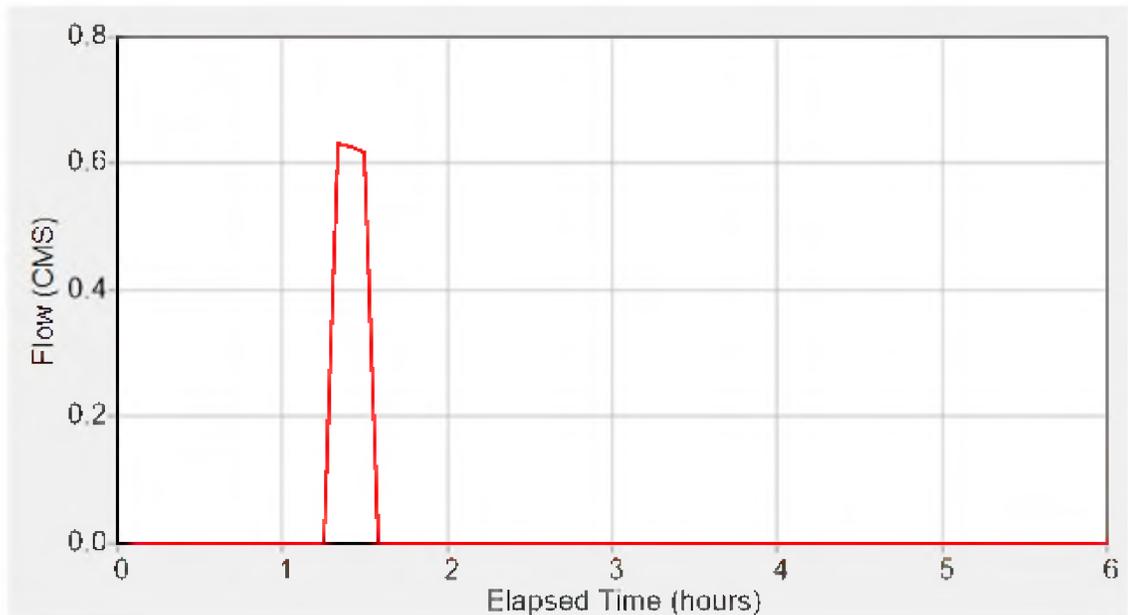


Gráfico 38: Curva de operación, Bomba 3, período de retorno 10 años



Comparando las curvas de las bombas para diferentes períodos de retorno, se puede notar que en la primera situación la bomba 3 no trabaja, porque fueron diseñadas para el caudal máximo, obtenido de simular para un periodo de retorno de 10 años, por lo tanto al simular con una precipitación con periodo de recurrencia de 5 años, los niveles en el pozo de bombeo no llegan a alcanzar los niveles de arranque de la tercera bomba.

Sin embargo, se mantiene la estación de bombeo con tres bombas y los mismos niveles de parada y arranque determinados anteriormente, pero se dispondrán de tal manera, que las tres bombas trabajen el mismo tiempo, es decir de forma alternada. Por ejemplo para el primer nivel de arranque que es +1.13 (1.83 m de profundidad), se encenderá la Bomba 1, para el segundo nivel de arranque trabajará la bomba 2, si los niveles en el pozo no siguen subiendo, entonces cuando la profundidad del agua vuelva al primer punto de arranque (1.83 m), entra a trabajar la bomba 3, ya no la misma bomba 1. Así se

mantendrá las tres bombas trabajando, con el propósito de lograr horas de operación similares para las bombas.

En los siguientes gráficos se muestra la profundidad del agua en el pozo de bombeo, gráficamente no se puede notar la diferencia de niveles para diferentes periodo de retorno, por lo tanto se adjunta en el anexo 7, un reporte de los valores de la profundidad del agua, y donde si se puede notar la pequeña diferencia.

Gráfico 39: Profundidad del agua en la Cámara de bombeo, periodo de retorno 5 años

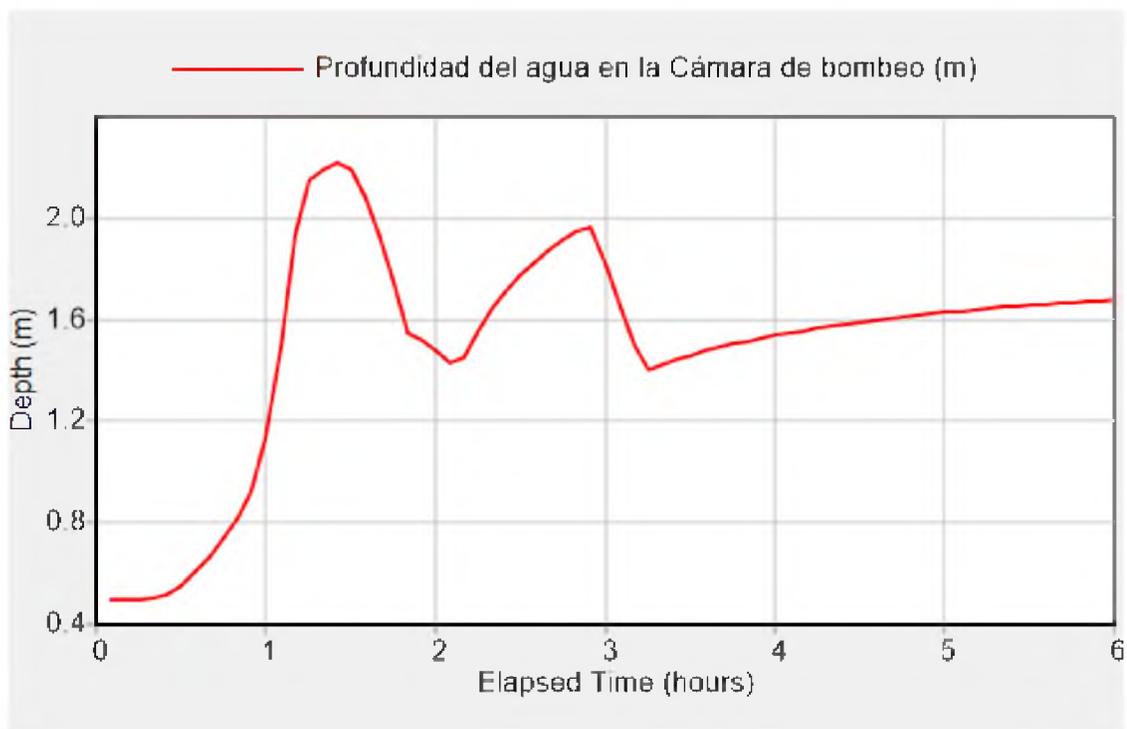
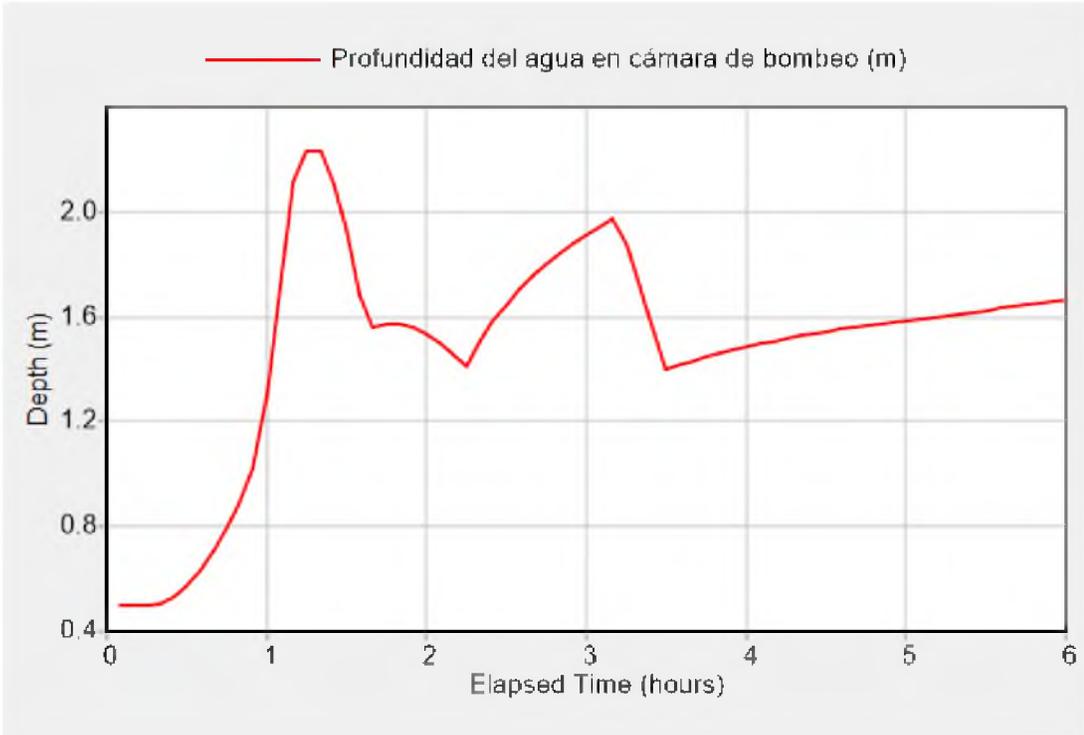


Gráfico 40: Profundidad del agua en la Cámara de bombeo, periodo de retorno 10 años



3.3.3 ESTACIÓN DE BOMBEO DEL SUBSISTEMA 3

En el siguiente gráfico se muestra el perfil desde la cámara de llegada del colector (nodo 39), hasta la descarga en el río (nodo 12). Esto es en el momento de máxima precipitación (1:10 horas).

Gráfico 41: Perfil de descarga, subsistema 3



Gráfico 42: Curva de operación, Bomba 1, período de retorno 5 años



Gráfico 43: Curva de operación, Bomba 2, período de retorno 5 años



Gráfico 44: Curva de operación, Bomba 3, período de retorno 5 años



Gráfico 45: Curva de operación, Bomba 1, período de retorno 10 años



Gráfico 46: Curva de operación, Bomba 2, período de retorno 10 años



Gráfico 47: Curva de operación, Bomba 3, período de retorno 10 años



En esta estación de bombeo, sucede lo mismo que en la estación del subsistema 3, las bombas fueron diseñadas para el caudal máximo en una precipitación con periodo de retorno de 10 años, por lo tanto cuando se simula con el hietograma de un tormenta con periodo de 5 años, la tercera bomba no trabaja, porque el agua en el pozo no llega a los niveles asignados.

Por lo tanto al momento los niveles de parada y arranque expuestos en la tabla 31 se mantendrán, solo que se dispondrán de tal manera que las bombas trabajen alternadamente, para que las tres trabajen por igual.

Gráfico 48: Altura de agua en el pozo de bombeo, subsistema 3, periodo de recurrencia 5 años



Gráfico 49: Altura de agua en el pozo de bombeo, subsistema 3, periodo de recurrencia 10 años



Al igual que en la estación de bombeo 2, los niveles de agua en el pozo de bombeo, varían muy poco entre las dos situaciones, por lo tanto se muestra el reporte en el anexo 7, donde sí se puede notar con mayor exactitud la diferencia entre los valores.

CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De las simulaciones de las redes de drenaje pluvial, se concluye que la capacidad de drenaje de los sistemas es insuficiente frente a las precipitaciones de diseño, ya que en las simulaciones se ha considerado descarga libre, que es la situación óptima desde el punto de vista de operación hidráulica y sin embargo se producen inundaciones en varios puntos del sistema.

Al simular con estación de bombeo, se obtuvo que en algunos puntos del sistema los caudales de inundación aumentan, en comparación con las simulaciones con descarga libre, esto es porque el nivel máximo en el pozo es mayor que el tirante crítico. Sin embargo las estaciones de bombeo son un elemento necesario para los sistemas de drenaje en cuestión, ya que cuando los niveles de agua en los ríos suban, los colectores no podrían descargar, al contrario, trabajarían en contra flujo, introduciendo el agua del río a la ciudad.

Si se quisiese mantener los mismos niveles de inundación que con descarga libre, se debería profundizar más el pozo de bombeo, para que así el colector descargue libremente.

Se recomienda que para evitar las inundaciones, se instale colectores en paralelo, en los tramos donde los diámetros de los colectores son insuficientes, para así aumentar la capacidad de drenaje de los sistemas.

BIBLIOGRAFÍA

Bermejo, N. (2012). *Diseño y desarrollo de una estación de bombeo de aguas residuales*. Tesis de Ingeniero Técnico Industrial, Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI), Madrid, España.

Chow, V.; Maidment, D.; y Wags, L. (1994). *Hidrología Aplicada*. Santafé de Bogotá, Colombia.: McGraw-Hill.

Comisión Nacional del Agua, (2009). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Consultado el 17 de Diciembre de 2015. Obtenido de:
<ftp://ftp.cna.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Alcantarillado%20Pluvial.pdf>

Escuela abierta de desarrollo en ingeniería y construcción, (n.d). *Nociones básicas de Hidráulica para el diseño de Obras (parte 1)*. Consultado el 01 de Noviembre de 2015. Disponible en:
<https://es.scribd.com/doc/74250532/16/Ecuaciones-de-Saint-Venant>

Instituto Nacional de estadísticas y censos. (2010). *Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador*. Obtenido el 02 de Noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>

ITT Water & Wasterwater. (n.d). *Design recommendation for pump stations with vertically installed Flygt axial- and mixed flow pumps*. Consultado el 02 de Noviembre de 2015. Disponible en
<http://www.xylemwatersolutions.com/scs/finland/Documents/Potkuripumppujen%20mitoitusohje.pdf>

Koutoudjian. J. (n.d). *Curso de Hidrología y Diseño de Captaciones de Aguas Superficiales y Meteoricas. Estaciones de Bombeo. Operación y Mantenimiento*. Universidad de buenos Aires. Obtenido el 05 de Noviembre de 2015. Disponible es http://www.fi.uba.ar/archivos/Estaciones_de_Bombeo.pdf

Lasheras, A. (2012). *Cálculo y diseño de un sistema de bombeo para una EDARU*. Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España.

Méndez, X. (2012). *Análisis comparativo entre un sistema convencional de alcantarillado pluvial y uno que contenga depósitos de regulación para el agua lluvia, ubicados en las viviendas*. Tesis de Ingeniero Civil, Universidad católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Rodriguez, L. (1999). *Estudio de Lluvias Intensas*. Quito, Colombia. INAMHI

Smith, P. (2001). *Highway Stormwater Pump Station Design*. Springfield, Virginia. U.S. Department of Transportation.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (n.d). *Cartas Topográficas*. Obtenido el 06 de Noviembre de 2015. Disponible en <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>

Sotelo, G (1974). *Hidráulica General*. México: Editorial Limusa S.A

U.S Environmental Protection Agency (EPA). (2005). *Manual de usuario SWMM*. Washington.:EPA

ANEXOS

ANEXO 1: HIETOGRAMAS

ANEXO 2: PERFILES DE COLECTORES

ANEXO 3: CURVAS DE BOMBAS

ANEXO 4: PRESUPUESTOS DE ESTACIONES DE BOMBEO

ANEXO 5: REDES CON ESTACIÓN DE BOMBEO

ANEXO 6: ALTURA DE AGUA EN EL POZO DE BOMBEO

ANEXO 7: PLANOS

PLANO 1: Red pluvial de los barrios

PLANO 2: Red pluvial del barrio Miguel Concha Álvarez

PLANO 3: Áreas de aportación del subsistema 1 y 2

PLANO 4: Áreas de aportación del subsistema 3

PLANO 5: Estación de bombeo del subsistema 1

PLANO 6: Estación de bombeo del subsistema 2

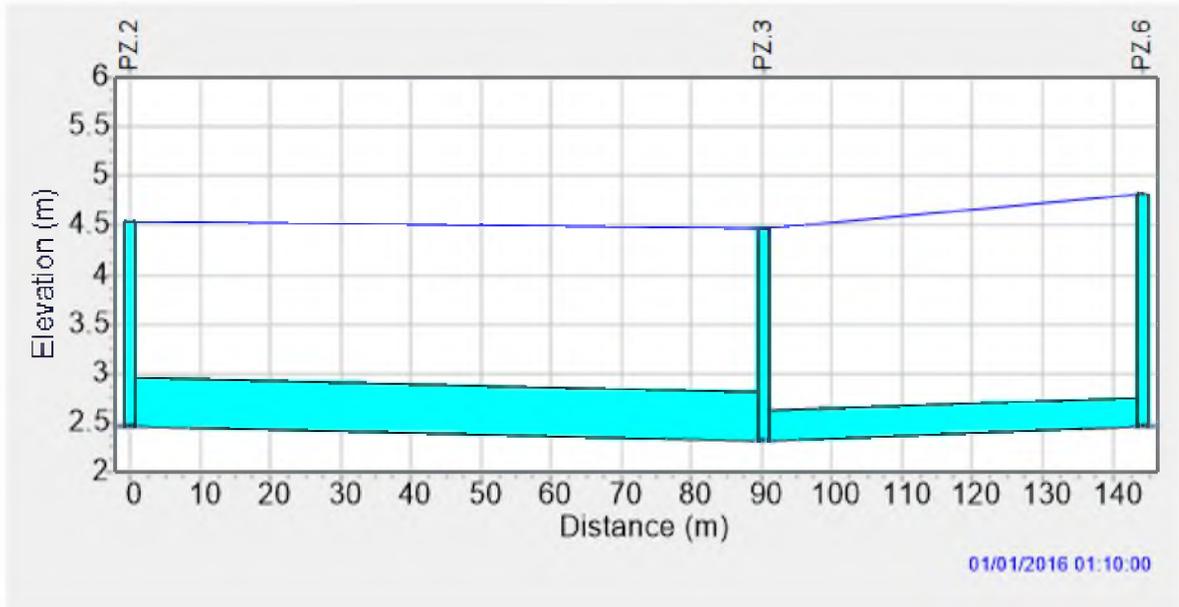
PLANO 7: Estación de bombeo del subsistema 3

ANEXO 1: HIETOGRAMA					
PERIODO DE RECURRENCIA: 5 AÑOS					
t (min)	i (mm/h)	h (mm)	Incremento	Met. Bloques Alternados	Acumulado
0	0	0	0	0	0,000
5	83,62	6,97	6,97	0,55	0,553
10	71,94	11,99	5,02	0,59	1,143
15	65,88	16,47	4,48	0,63	1,776
20	61,90	20,63	4,16	0,68	2,459
25	58,97	24,57	3,94	0,75	3,205
30	56,68	28,34	3,77	0,82	4,028
35	55,52	32,39	4,04	0,92	4,951
40	50,46	33,64	1,25	1,06	6,009
45	46,38	34,79	1,15	1,25	7,263
50	43,01	35,85	1,06	3,77	11,034
55	40,18	36,83	0,99	4,16	15,195
60	37,75	37,75	0,92	5,02	20,217
65	35,65	38,62	0,87	6,97	27,186
70	33,81	39,45	0,82	4,48	31,666
75	32,18	40,23	0,78	3,94	35,605
80	30,73	40,97	0,75	4,04	39,650
85	29,43	41,69	0,71	1,15	40,796
90	28,25	42,37	0,68	0,99	41,781
95	27,17	43,03	0,66	0,87	42,651
100	26,20	43,66	0,63	0,78	43,433
105	25,30	44,27	0,61	0,71	44,146
110	24,47	44,86	0,59	0,66	44,803
115	23,70	45,43	0,57	0,61	45,413
120	22,99	45,98	0,55	0,57	45,984

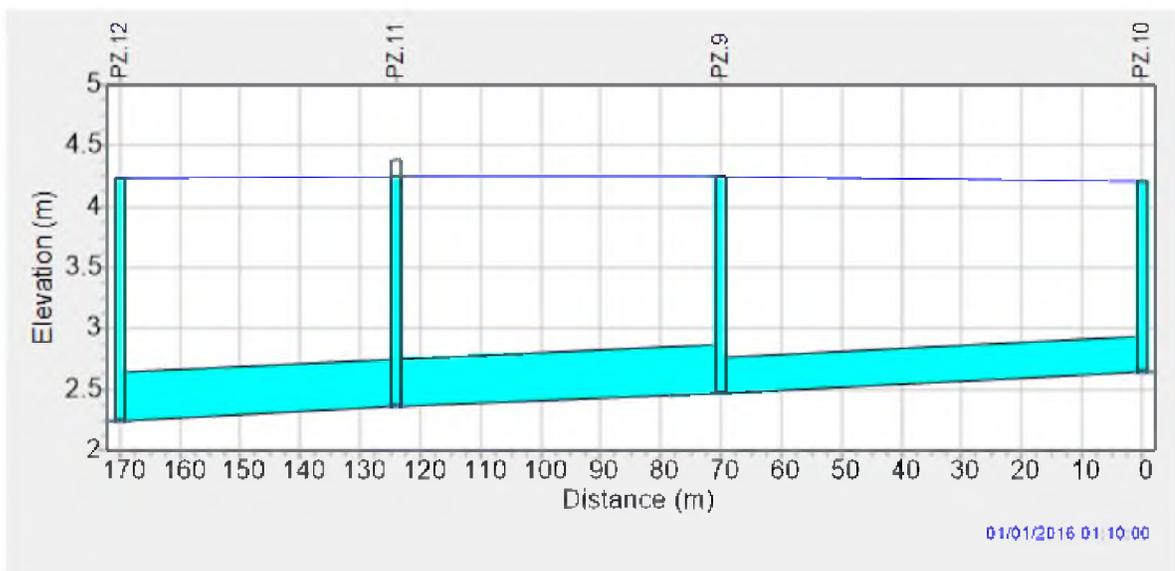
ANEXO 1: HIETOGRAMA					
PERIODO DE RECURRENCIA: 10 AÑOS					
t (min)	i (mm/h)	h (mm)	Incremento	Met. Bloques Alternados	Acumulado
0	0	0	0	0	0,000
5	98,14	8,18	8,18	0,65	0,649
10	84,43	14,07	5,89	0,69	1,342
15	77,32	19,33	5,26	0,74	2,084
20	72,64	24,21	4,88	0,80	2,886
25	69,21	28,84	4,62	0,87	3,761
30	66,52	33,26	4,42	0,97	4,727
35	65,16	38,01	4,75	1,08	5,810
40	59,22	39,48	1,47	1,24	7,052
45	54,43	40,83	1,35	1,47	8,524
50	50,48	42,07	1,24	4,42	12,949
55	47,15	43,22	1,16	4,88	17,833
60	44,31	44,31	1,08	5,89	23,726
65	41,84	45,33	1,02	8,18	31,904
70	39,68	46,29	0,97	5,26	37,163
75	37,77	47,21	0,92	4,62	41,785
80	36,06	48,09	0,87	4,75	46,532
85	34,53	48,92	0,84	1,35	47,877
90	33,15	49,72	0,80	1,16	49,034
95	31,89	50,50	0,77	1,02	50,054
100	30,74	51,24	0,74	0,92	50,972
105	29,69	51,95	0,72	0,84	51,808
110	28,72	52,65	0,69	0,77	52,579
115	27,82	53,32	0,67	0,72	53,295
120	26,98	53,97	0,65	0,67	53,965

ANEXO 2: PERFILES DE COLECTORES

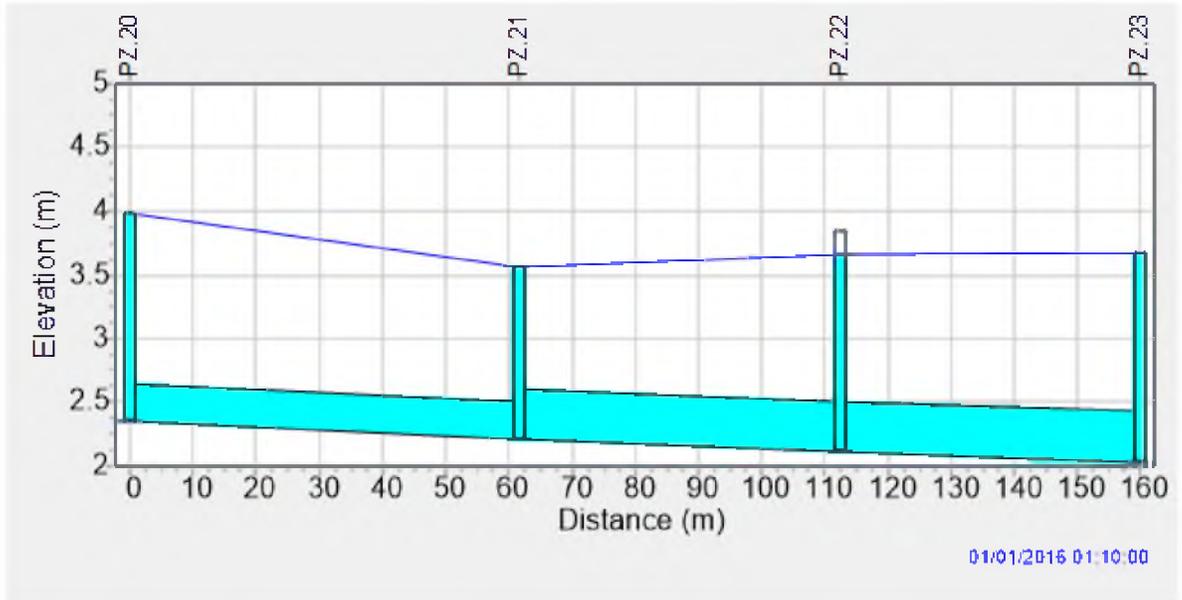
Subsistema 1, con 5 años período de recurrencia



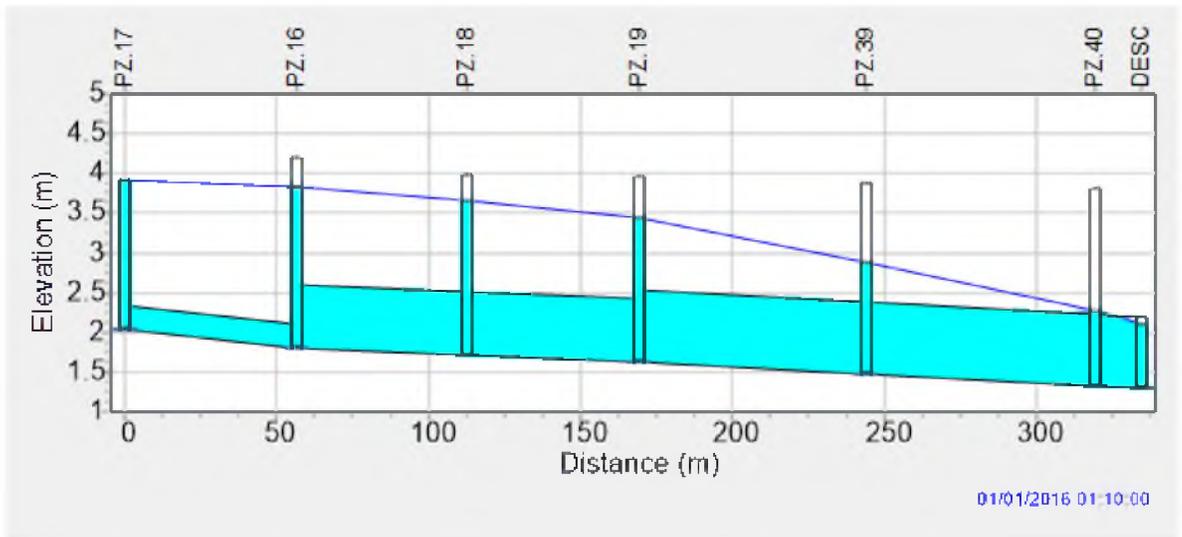
Subsistema 1, con 5 años período de recurrencia



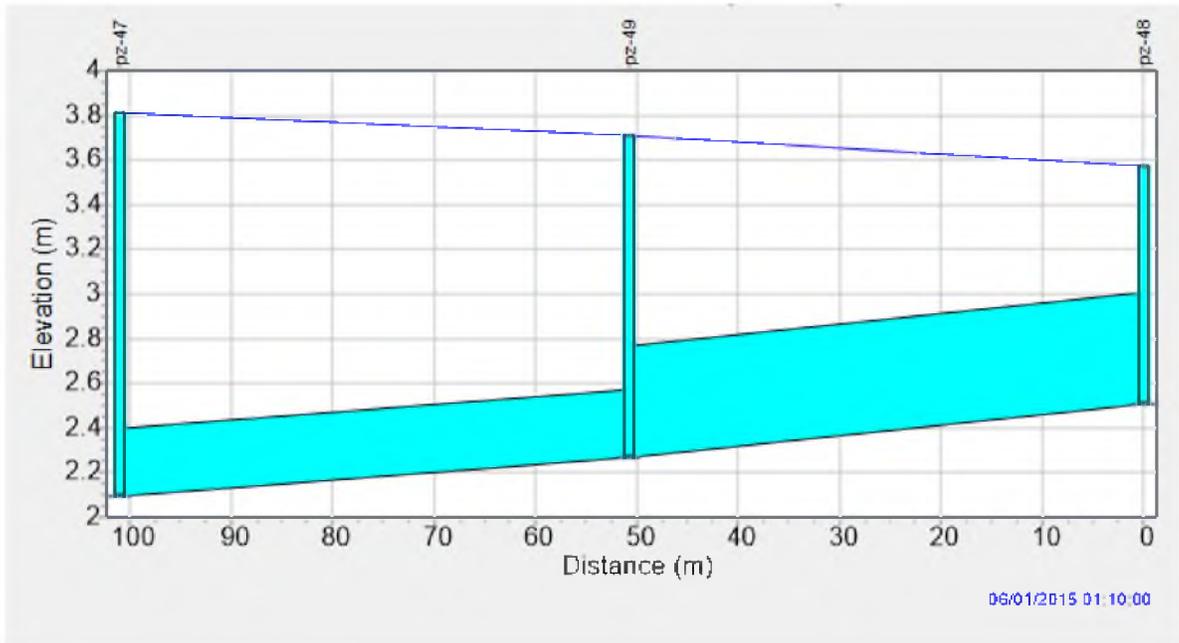
Subsistema 1, con 5 años período de recurrencia



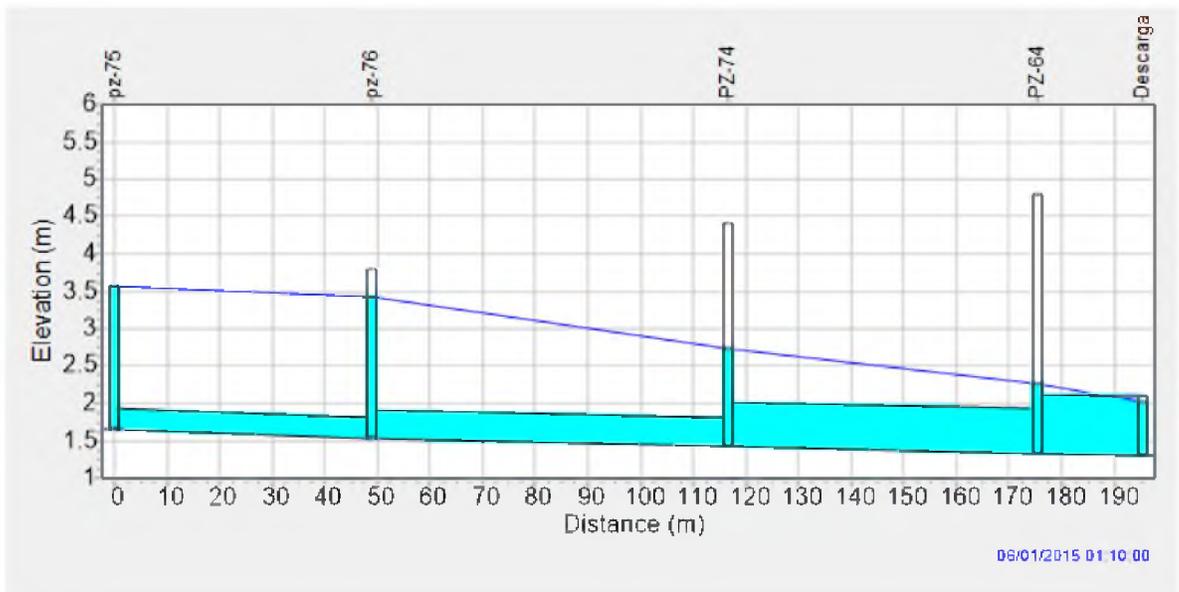
Subsistema 1, con 5 años período de recurrencia



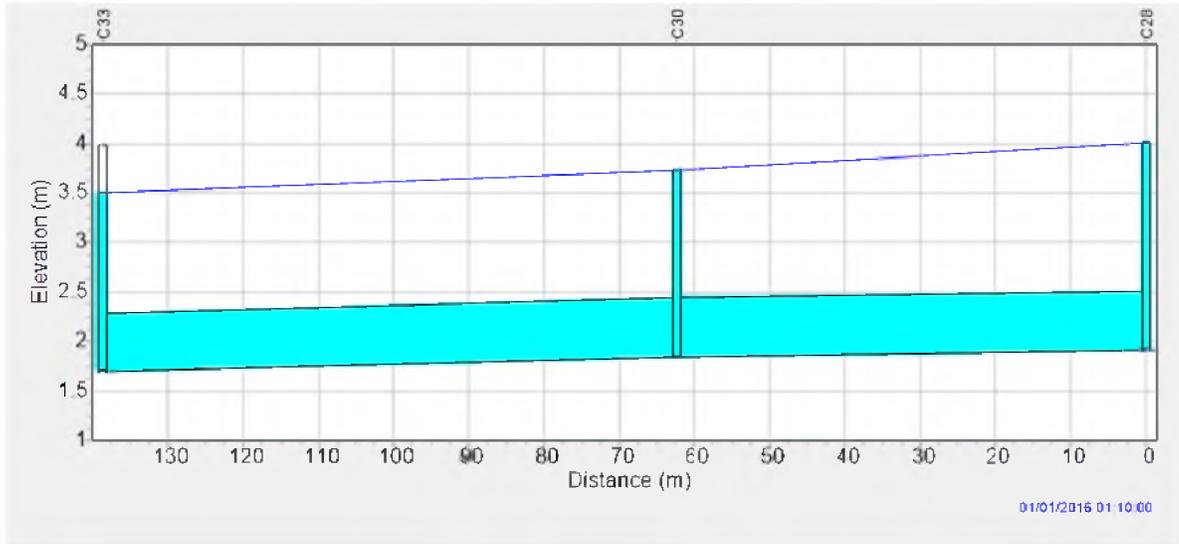
Subsistema 2, con 5 años período de recurrencia



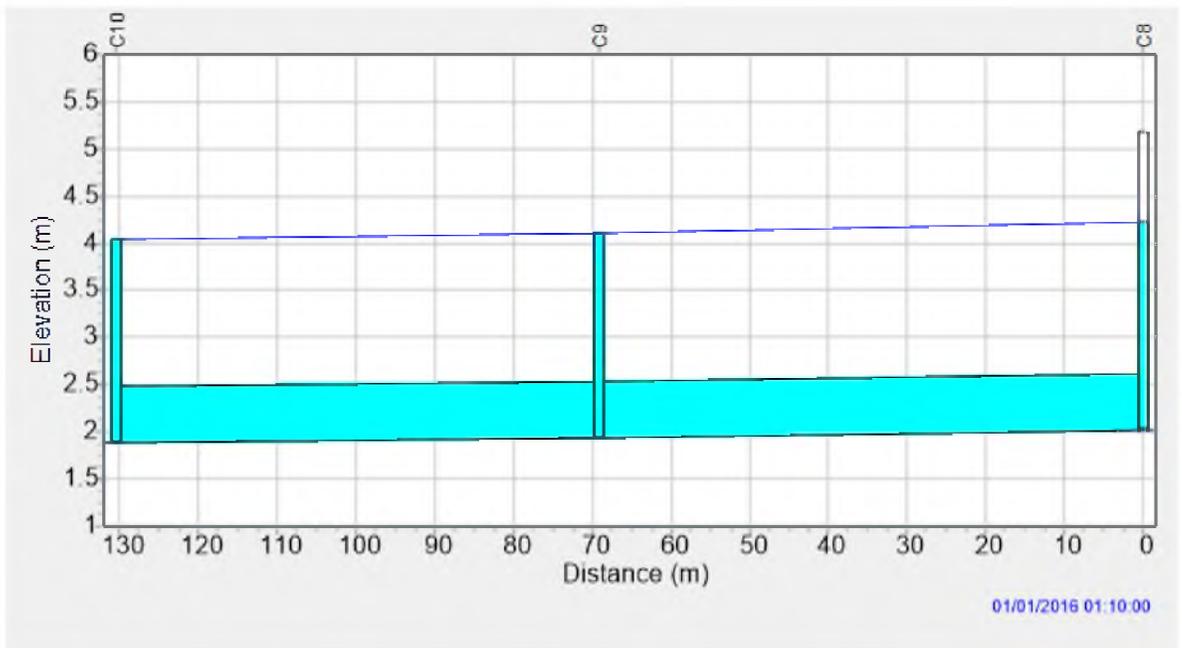
Subsistema 2, con 5 años período de recurrencia



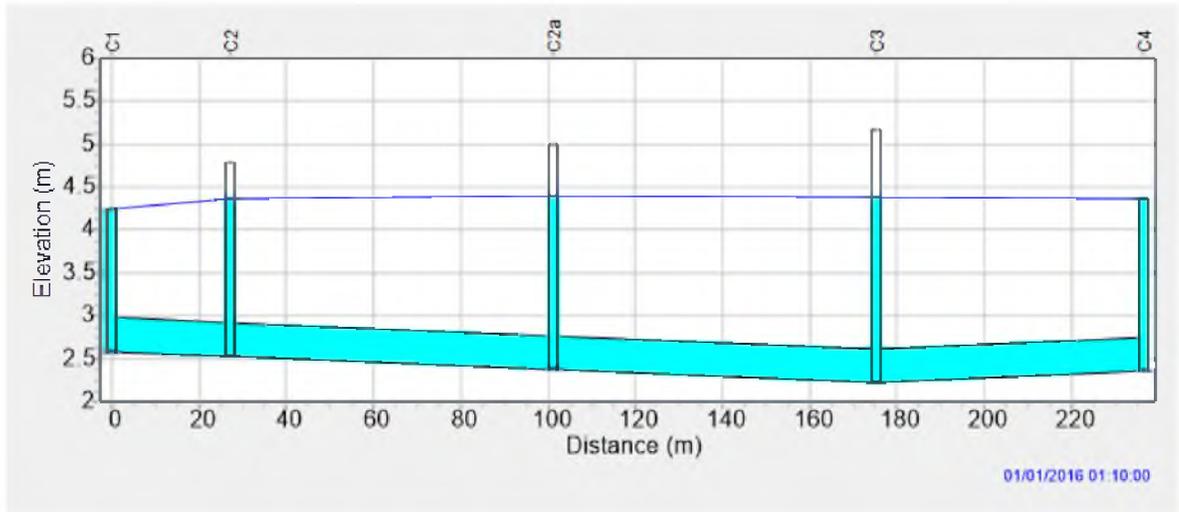
Subsistema 3, con 5 años período de recurrencia



Subsistema 3, con 5 años período de recurrencia



Subsistema 3, con 5 años período de recurrencia



ANEXO 3: CURVAS DE BOMBAS

PL 7065/ 3~ 810

Curva de funcionamiento



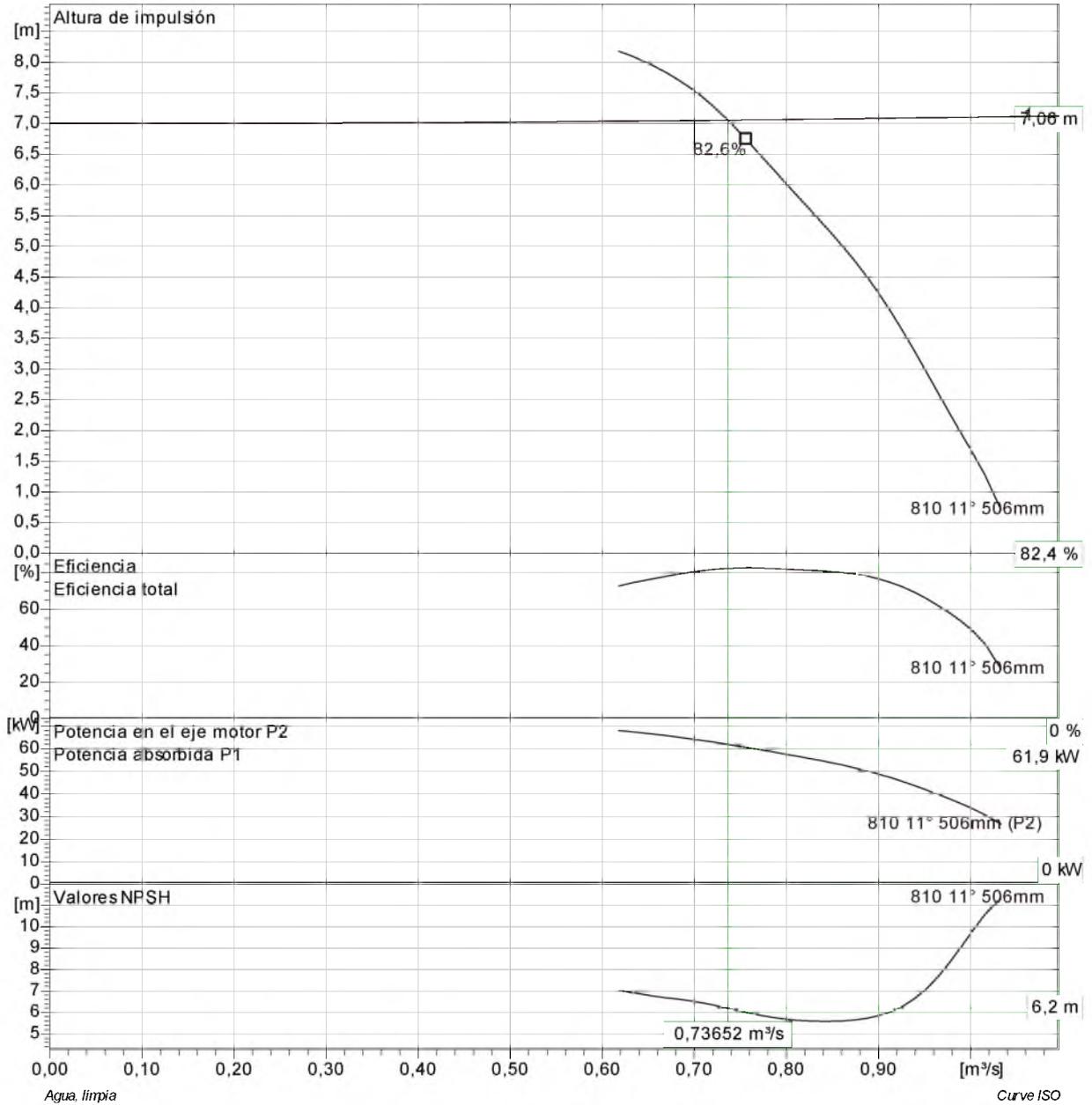
Bomba

Column diameter 800
 Inlet diameter 506 mm
 Impeller diameter 506 mm
 Number of blades 4

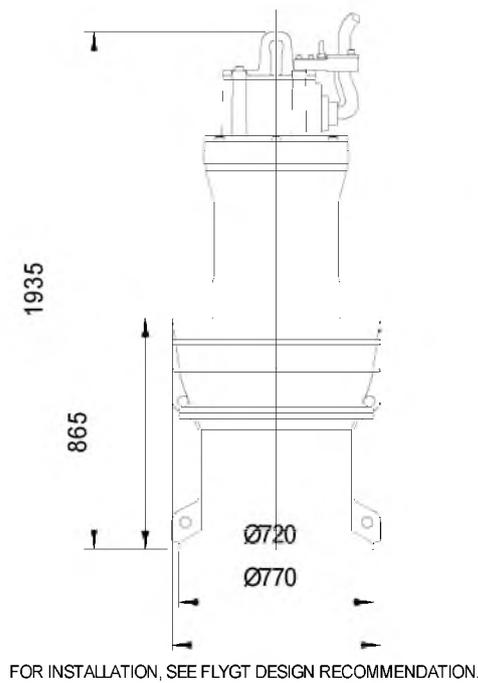
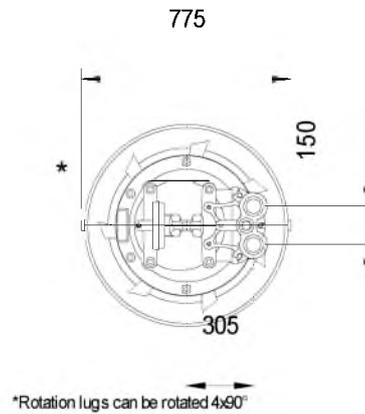
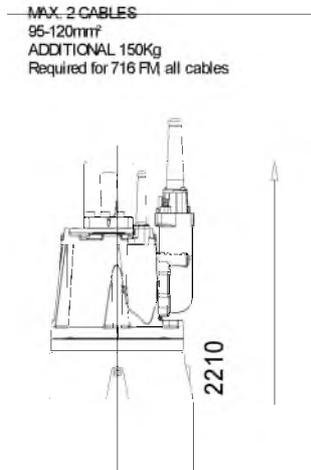
Motor

Motor #
 Stator variant
 Frecuencia
 Tensión nominal
 Nº de polos
 Fases
 Potencia nominal
 Corriente nominal
 Corriente de arranque
 Velocidad nominal

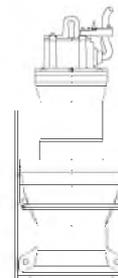
Factor de potencia
 1/1 Load
 3/4 Load
 1/2 Load
 Eficiencia
 1/1 Load
 3/4 Load
 1/2 Load



PL 7065/ 3~ 810 Dimensional drawing



CONCRETE INSTALLATION



PL 7065 705/715/706/716

Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el 2016-02-22 16:22:31	Ultima actualización
----------	-------------	------------	----------------------------------	----------------------

PL 7040 ** 3~ 624

Curva de funcionamiento



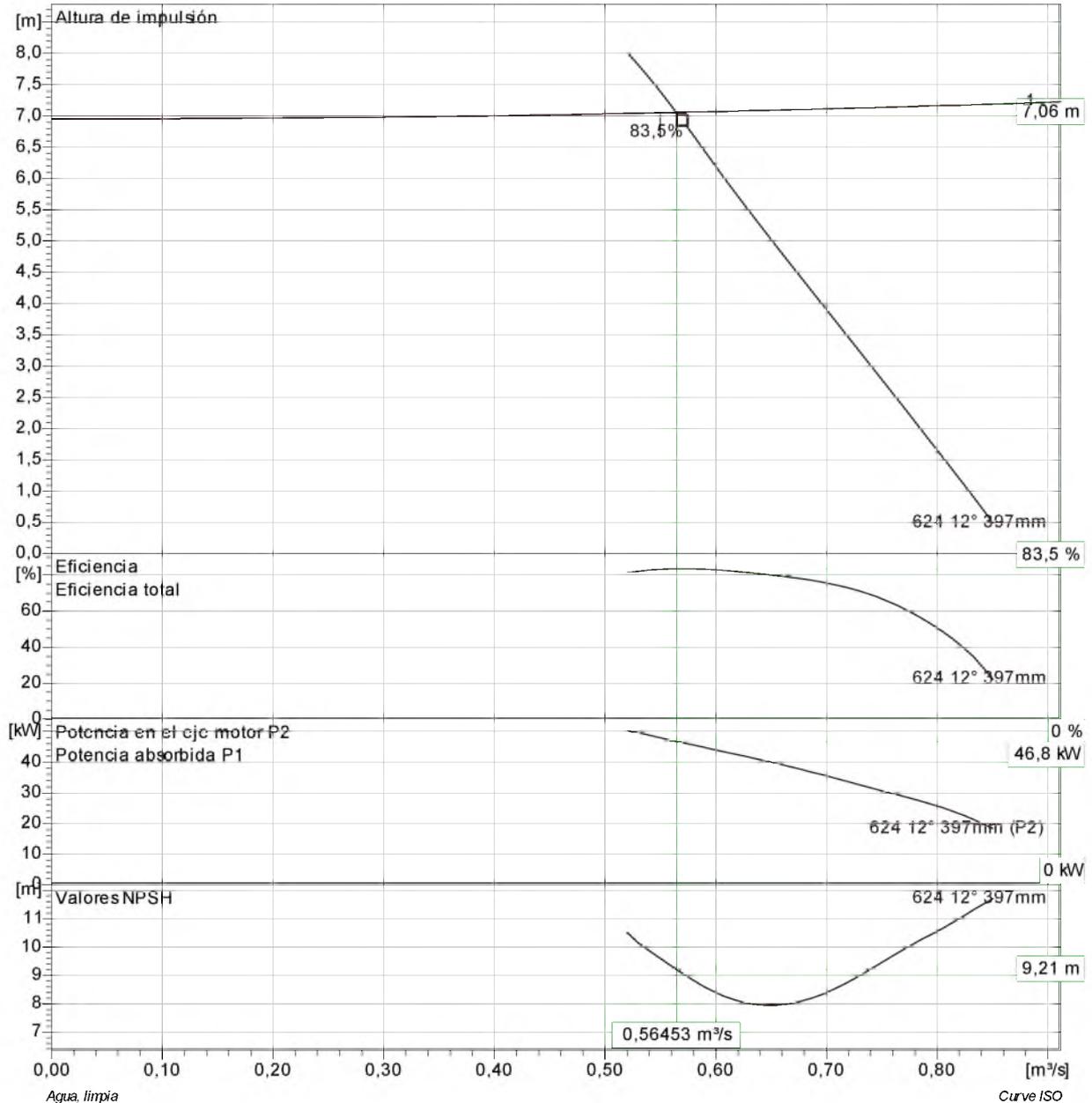
Bomba

Column diameter 600
 Inlet diameter 397 mm
 Impeller diameter 3
 Number of blades 3

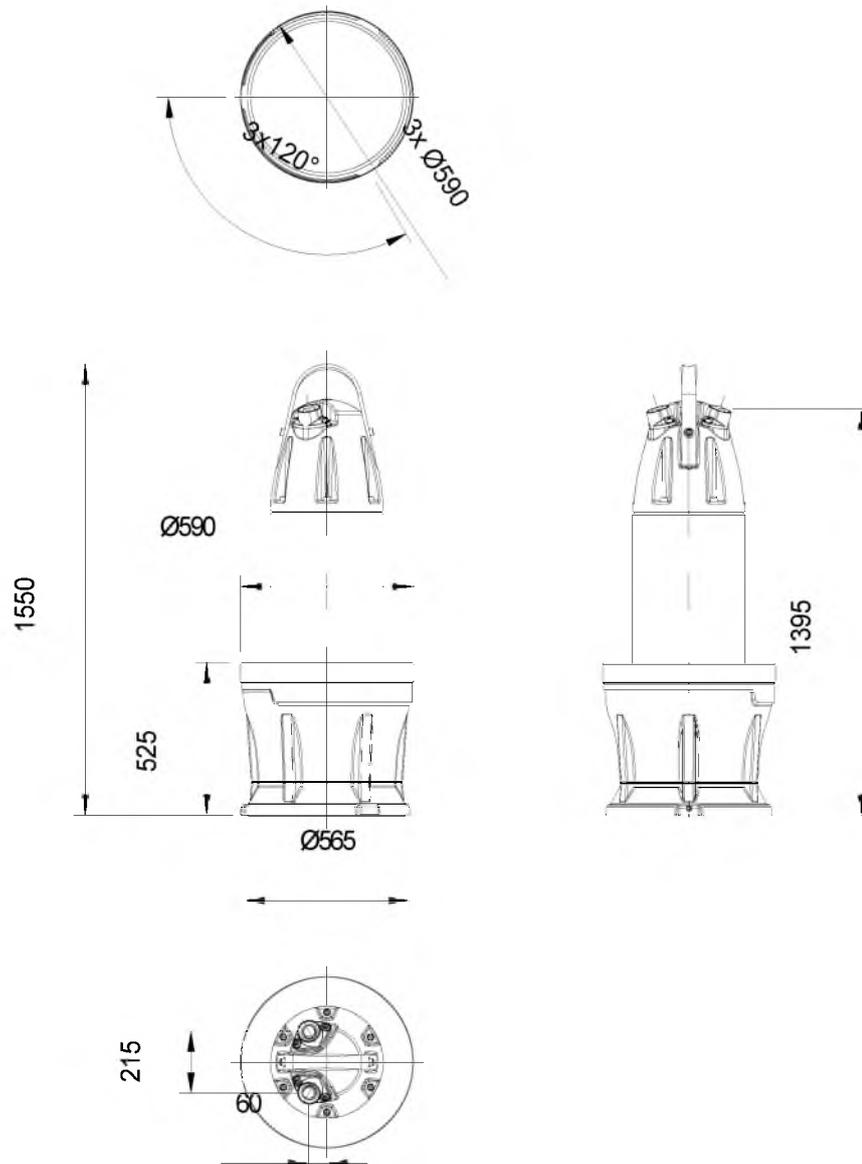
Motor

Motor #
 Stator variant
 Frecuencia
 Tensión nominal
 Nº de polos
 Fases
 Potencia nominal
 Corriente nominal
 Corriente de arranque
 Velocidad nominal

Factor de potencia
 1/1 Load
 3/4 Load
 1/2 Load
 Eficiencia
 1/1 Load
 3/4 Load
 1/2 Load



Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el	Ultima actualización
			2016-02-25 17:51:52	



Weight (kg)
Pump
800

PL 7040.180

Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el	Ultima actualización
			2016-02-25 17:51	52

ANEXO 4: PRESUPUESTOS

ANEXO 4: PRESUPUESTOS ESTACIONES DE BOMBEO

ESTACION DE BOMBEO DEL SUBSISTEMA 1

N°	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD DE OBRA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1. OBRA CIVIL DE ESTACIÓN DE BOMBEO					
1.2 TRANSICIÓN, CARCAMO DE BOMBEO, CAJON DE CARGA Y DUCTO DE DESCARGA					
1	PREPARACION DEL SITIO, REPLANTEO Y NIVELACION DE LA OBRA	M2	478.43	1.28	612.39
2	TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 3,51 METROS DE PROFUNDIDAD PARA ESTACIONES DE BOMBEO, INCLUYE HINCADA Y DESMONTAJE.	M2	376.02	17.57	6.606.67
3	EXCAVACIÓN A MÁQUINA MAYOR A 3.50 M DE PROFUNDIDAD	M3	618.70	19.75	12.219.33
4	DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM.	M3	618.70	3.25	2.010.78
5	BOMBEO DE D=4".	DÍA.	40.00	38.53	1.541.20
6	ENCOFRADOS METALICOS PARA MUROS DE HORMIGÓN	M2	235.00	17.78	4.178.30
7	ENCOFRADOS METALICOS PARA LOSA SUPERIOR DE HORMIGÓN	M2	42.00	13.05	548.10
8	RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO	M3	100.00	13.43	1.343.00
9	REPLANTILLO DE HS F'C= 140 KG/CM2	M3.	100.00	88.90	8.890.00
10	HORMIGÓN SIMPLE F'C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS CON ADITIVO SÚPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO (INCLUYE ENCOFRADO)	M3	179.80	251.62	45.241.28
11	PASAMANO DE ALUMINIO CON MANGON DE 1 1/2, FLETINA ECONÓMICA 1 1/2, TUBO 1 1/2X 1 1/2 ECONÓMICO, L 1 1/4 X 1 1/4, REMACHES, TORNILLOS, TACOS DE 1.50 DE ALTO	M	27.00	56.33	1.520.91
12	ESCALERA DE ACERO INOXIDABLE 0.30 X 0.15	KG	90.00	12.00	1.080.00
13	ENLUCIDO CON MORTERO DE HORMIGÓN INCLUYE MANO DE OBRA Y MATERIALES	M2	319.85	6.95	2.222.96
14	EMPASTE 2 MANOS	M2	113.98	8.25	940.34
15	PINTURA ESMALTE INTERIOR Y EXTERIOR	M2	113.98	5.70	649.69
16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	QQ.	141.14	76.31	10.770.39
17	SUMINITRO ES INTALACIÓN DE REJILLA (1.5x1.20)m, ESPACIAMIENTO 6cm	U	1.00	2.411.52	2.411.52
				SUBTOTAL 1.2	102.786.86
2.- COMPONENTE MECÁNICO					
2.1 SUMINISTRO					
18	TECLE ELECTRICO CAPACIDAD DE CARGA 3 TON; MOTOR ELÉCTRICO	U	1.00	25.450.20	25.450.20
19	BOMBA AXIAL FLYGT PL7065/3-810, INCLUYE TUBERÍA DE IMPULSIÓN Y CONO DE DESCARGA DE ACERO ASTM A-36 CON RECUBRIMIENTO ACERO GALVANIZADO BB e=6mm (800X900)mm	U	3.00	78.233.13	234.699.39
20	REJILLA RETENEDORA DE SOLIDOS (5.00X5.00)m, DE ACERO INOXIDABLE, ESPACIAMIENTO DE 4cm	U	1.00	69.331.20	69.331.20
21	VALVULA TIDEFLEX ASIMÉTRICA (INCLUYE ABRAZADERAS Y ACCESORIOS PARA EMPOTRAMIENTO) 1000MM O SIMILAR	U	3.00	33.186.96	99.560.88
22	PUENTE GRUA DE ACERO DE 6M DE LONG. PARA SOPORTAR 3 TON. INCLUYE VIGAS DE SOPORTE	U	1.00	18.000.00	18.000.00
				SUBTOTAL 2.1	447.041.67
				Total sin IVA \$:	549.828.53
				IVA \$:	65.979.42
				Total con IVA \$:	615.807.95

ANEXO 4: PRESUPUESTOS ESTACIONES DE BOMBEO

ESTACION DE BOMBEO DEL SUBSISTEMA 2

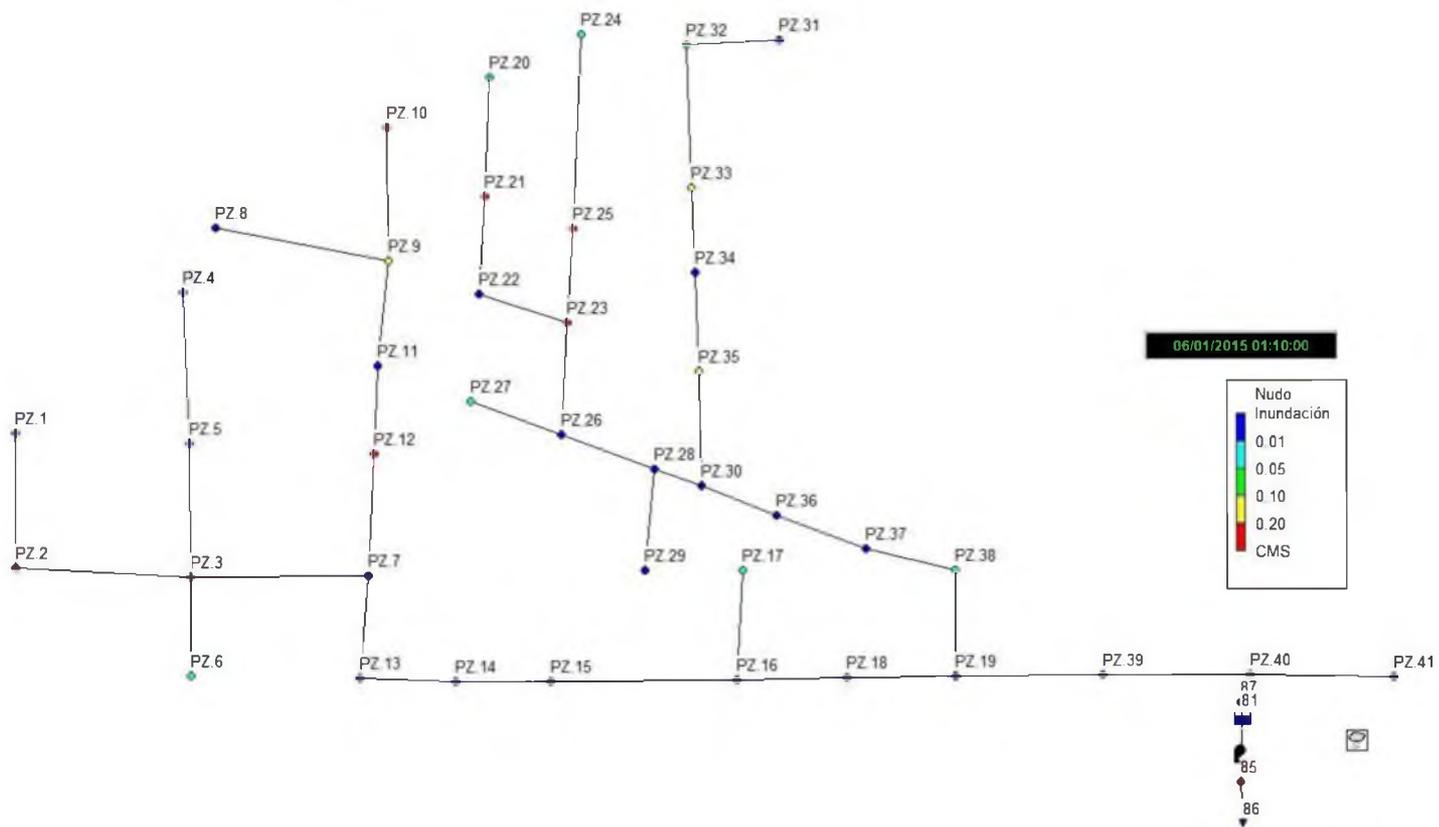
N°	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD DE OBRA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1. OBRA CIVIL DE ESTACIÓN DE BOMBEO					
1.2 TRANSICION, CARCAMO DE BOMBEO, CAJON DE CARGA Y DUCTO DE DESCARGA					
1	PREPARACION DEL SITIO, REPLANTEO Y NIVELACION DE LA OBRA	M2	387.75	1.28	496.32
2	TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 3.51 METROS DE PROFUNDIDAD PARA ESTACIONES DE BOMBEO, INCLUYE HINCADA Y DESMONTAJE.	M2	211.98	17.57	3.724.49
3	EXCAVACIÓN A MÁQUINA MAYOR A 3.50 M DE PROFUNDIDAD	M3	585.78	19.75	11.569.16
4	DESALOJO DE MATERIAL DE 5,01 KM. A 10 KM.	M3	585.78	3.25	1.903.79
5	BOMBEO DE D=4".	DÍA	40.00	38.53	1.541.20
6	ENCOFRADOS METALICOS PARA MUROS DE HORMIGÓN	M2	218.40	17.78	3.883.15
7	ENCOFRADOS METALICOS PARA LOSA SUPERIOR DE HORMIGÓN	M2	46.30	13.05	604.22
8	RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO	M3	66.69	13.43	895.58
9	REPLANTILLO DE HS F' C= 140 KG/CM2	M3.	66.69	88.90	5.928.30
10	HORMIGÓN SIMPLE F' C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS CON ADITIVO SÚPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO (INCLUYE ENCOFRADO)	M3	102.71	251.62	25.843.89
11	PASAMANO DE ALUMINIO CON MANGON DE 1 1/2, FLETINA ECONÓMICA 1 1/2, TUBO 1 1/2X 1 1/2 ECONÓMICO, L 1 1/4 X 1 1/4, REMACHES, TORNILLOS, TACOS DE 1.50 DE ALTO	M	14.72	56.33	829.18
12	ESCALERA DE ACERO INOXIDABLE 0.30 X 0.15	KG	85.00	12.00	1.020.00
13	ENLUCIDO CON MORTERO DE HORMIGÓN INCLUYE MANO DE OBRA Y MATERIALES	M2	298.33	6.95	2.073.39
14	EMPASTE 2 MANOS	M2	101.45	8.25	836.96
15	PINTURA ESMALTE INTERIOR Y EXTERIOR	M2	101.45	5.70	578.27
16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	QQ.	80.63	76.31	6.152.67
17	SUMINITRO ES INTALACIÓN DE REJILLA (1.5x1.20)m, ESPACIAMIENTO 6cm	U	1.00	2.411.52	2.411.52
				SUBTOTAL 1.2	70.292.09
2.- COMPONENTE MECANICO					
2.1 SUMINISTRO					
18	TECLE ELECTRICO CAPACIDAD DE CARGA 3 TON; MOTOR ELÉCTRICO	U	1.00	25.450.20	25.450.20
19	BOMBA AXIAL FLYGT PL7040/3-624, INCLUYE TUBERÍA DE IMPULSIÓN Y CONO DE DESCARGA DE ACERO ASTM A-36 CON RECUBRIMIENTO ACERO GALVANIZADO BB e=6mm (800X900)mm	U	3.00	78.233.13	234.699.39
20	REJILLA RETENEDORA DE SOLIDOS (5.00X4.00)m, DE ACERO INOXIDABLE, ESPACIAMIENTO DE 4cm	U	1.00	60.288.00	60.288.00
21	VALVULA TIDEFLEX ASIMÉTRICA (INCLUYE ABRAZADERAS Y ACCESORIOS PARA EMPOTRAMIENTO) 1000MM O SIMILAR	U	3.00	33.186.96	99.560.88
22	PUNTE GRUA DE ACERO DE 6M DE LONG. PARA SOPORTAR 3 TON. INCLUYE VIGAS DE SOPORTE	U	1.00	18.000.00	18.000.00
				SUBTOTAL 2.1	437.998.47
				Total sin IVA \$:	508.290.56
				IVA \$:	60.994.87
				Total con IVA \$:	569.285.43

ANEXO 4: PRESUPUESTOS ESTACIONES DE BOMBEO

ESTACION DE BOMBEO DEL SUBSISTEMA 3

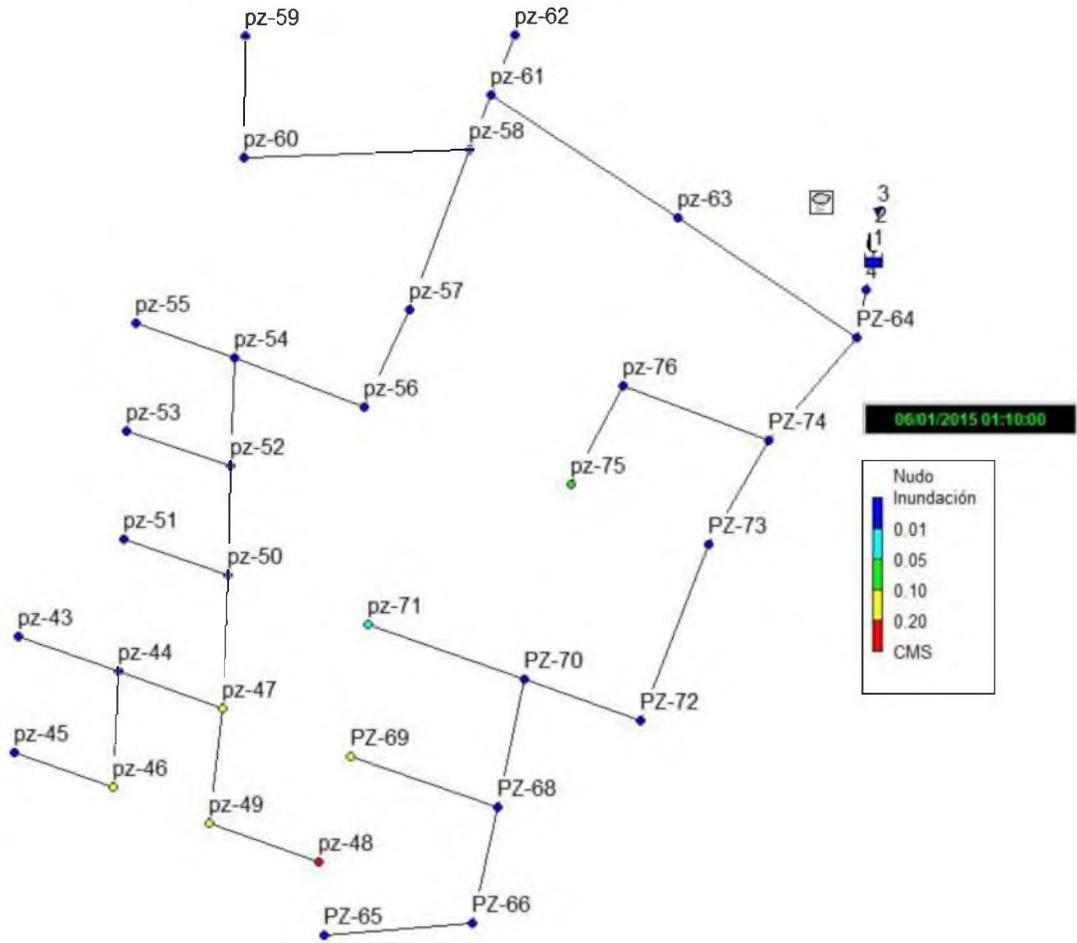
Nº	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD DE OBRA	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1. OBRA CIVIL DE ESTACIÓN DE BOMBEO					
1.2 TRANSICIÓN, CARCAMO DE BOMBEO, CAJON DE CARGA Y DUCTO DE DESCARGA					
1	PREPARACION DEL SITIO, REPLANTEO Y NIVELACION DE LA OBRA	M2	387.75	1.28	496.32
2	TABLAESTACA METALICA PARA EXCAVACIONES A PARTIR DE 3,51 METROS DE PROFUNDIDAD PARA ESTACIONES DE BOMBEO, INCLUYE HINCADA Y DESMONTAJE.	M2	211.98	17.57	3.724.49
3	EXCAVACIÓN A MAQUINA MAYOR A 3.50 M DE PROFUNDIDAD	M3	585.78	19.75	11.569.16
4	DESALOJO DE MATERIAL DE 5.01 KM. A 10 KM.	M3	585.78	3.25	1.903.79
5	BOMBEO DE D=4".	DÍA.	40.00	38.53	1.541.20
6	ENCOFRADOS METALICOS PARA MUROS DE HORMIGÓN	M2	218.40	17.78	3.883.15
7	ENCOFRADOS METALICOS PARA LOSA SUPERIOR DE HORMIGÓN	M2	46.30	13.05	604.22
8	RELLENO COMPACTADO MECÁNICAMENTE CON MATERIAL CASCAJO IMPORTADO	M3	66.69	13.43	895.58
9	REPLANTILLO DE HS F' C= 140 KG/CM2	M3.	66.69	88.90	5.928.30
10	HORMIGÓN SIMPLE F' C = 280 KG/CM2 PARA ESTRUCTURAS CON ADITIVO SUPER PLASTIFICANTE-ACELERANTE 1% DEL PESO DEL CEMENTO (INCLUYE ENCOFRADO)	M3	102.71	251.62	25.843.89
11	PASAMANO DE ALUMINIO CON MANGÓN DE 1 1/2, FLETINA ECONÓMICA 1 1/2, TUBO 1 1/2X 1 1/2 ECONÓMICO, L 1 1/4 X 1 1/4, REMACHES, TORNILLOS, TACOS DE 1.50 DE ALTO	M	14.72	56.33	829.18
12	ESCALERA DE ACERO INOXIDABLE 0.30 X 0.15	KG	85.00	12.00	1.020.00
13	ENLUCIDO CON MORTERO DE HORMIGÓN INCLUYE MANO DE OBRA Y MATERIALES	M2	298.33	6.95	2.073.39
14	EMPASTE 2 MANOS	M2	101.45	8.25	836.96
15	PINTURA ESMALTE INTERIOR Y EXTERIOR	M2	101.45	5.70	578.27
16	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS	QQ.	80.63	76.31	6.152.67
17	SUMINITRO ES INTALACIÓN DE REJILLA (1.5x1.20)m, ESPACIAMIENTO 6cm	U	1.00	2.411.52	2.411.52
			SUBTOTAL 1.2		70.292.09
2.- COMPONENTE MECÁNICO					
2.1 SUMINISTRO					
18	TECLE ELECTRICO CAPACIDAD DE CARGA 3 TON; MOTOR ELÉCTRICO	U	1.00	25.450.20	25.450.20
19	BOMBA AXIAL FLYGT PL7040/3-624, INCLUYE TUBERÍA DE IMPULSIÓN Y CONO DE DESCARGA DE ACERO ASTM A-36 CON RECUBRIMIENTO ACERO GALVANIZADO BB e=6mm (800X900)mm	U	3.00	78.233.13	234.699.39
20	REJILLA RETENEDORA DE SOLIDOS (5.00X4.00)m, DE ACERO INOXIDABLE, ESPACIAMIENTO DE 4cm	U	1.00	60.288.00	60.288.00
21	VALVULA TIDEFLEX ASIMÉTRICA (INCLUYE ABRAZADERAS Y ACCESORIOS PARA EMPOTRAMIENTO) 1000MM O SIMILAR	U	3.00	33.186.96	99.560.88
22	PUNTE GRUA DE ACERO DE 6M DE LONG. PARA SOPORTAR 3 TON. INCLUYE VIGAS DE SOPORTE	U	1.00	18.000.00	18.000.00
			SUBTOTAL 2.1		437.998.47
				Total sin IVA \$:	508.290.56
				IVA \$:	60.994.87
				Total con IVA \$:	569.285.43

Subsistema 1 con EB, inundación en nudos

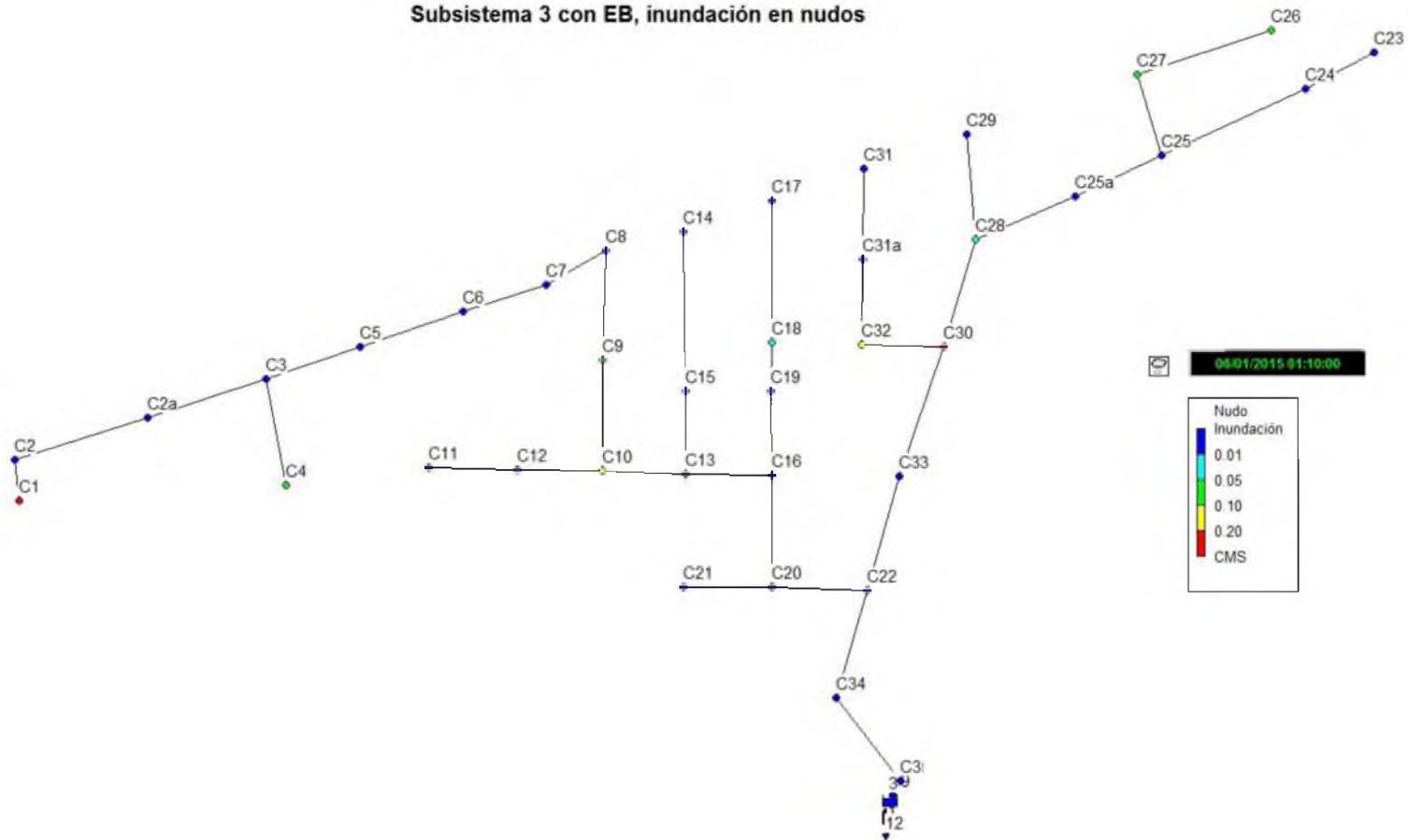


ANEXO 5: REDES CON ESTACIÓN DE BOMBEO

Subsistema 2 con EB, inundación en nodos



Subsistema 3 con EB, inundación en nudos



ANEXO 6

SUBSISTEMA 2		
	Altura de agua en el pozo de bombeo (m)	
Tiempo (h)	Periodo de retorno 5 años	Periodo de retorno 10 años
0.08	0.50	0.50
0.17	0.50	0.50
0.25	0.50	0.50
0.33	0.50	0.51
0.42	0.52	0.53
0.50	0.56	0.57
0.58	0.60	0.64
0.67	0.66	0.71
0.75	0.74	0.79
0.83	0.82	0.89
0.92	0.93	1.03
1.00	1.13	1.30
1.08	1.49	1.72
1.17	1.94	2.11
1.25	2.15	2.23
1.33	2.19	2.24
1.42	2.22	2.11
1.50	2.19	1.93
1.58	2.08	1.69
1.67	1.93	1.56
1.75	1.75	1.57
1.83	1.55	1.57
1.92	1.52	1.56
2.00	1.48	1.54
2.08	1.43	1.50
2.17	1.45	1.45
2.25	1.56	1.41
2.33	1.64	1.51
2.42	1.72	1.58
2.50	1.78	1.65

2.58	1.83	1.71
2.67	1.87	1.76
2.75	1.91	1.80
2.83	1.95	1.84
2.92	1.97	1.88
3.00	1.81	1.91
3.08	1.66	1.94
3.17	1.50	1.97
3.25	1.41	1.88
3.33	1.43	1.72
3.42	1.44	1.55
3.50	1.46	1.40
3.58	1.48	1.42
3.67	1.49	1.43
3.75	1.50	1.45
3.83	1.52	1.46
3.92	1.53	1.47
4.00	1.54	1.49
4.08	1.55	1.50
4.17	1.56	1.51
4.25	1.57	1.52
4.33	1.58	1.53
4.42	1.58	1.54
4.50	1.59	1.54
4.58	1.60	1.55
4.67	1.61	1.56
4.75	1.61	1.57
4.83	1.62	1.57
4.92	1.62	1.58
5.00	1.63	1.59
5.08	1.64	1.59
5.17	1.64	1.60
5.25	1.64	1.60
5.33	1.65	1.61
5.42	1.65	1.62
5.50	1.66	1.62
5.58	1.66	1.63
5.67	1.67	1.64
5.75	1.67	1.65

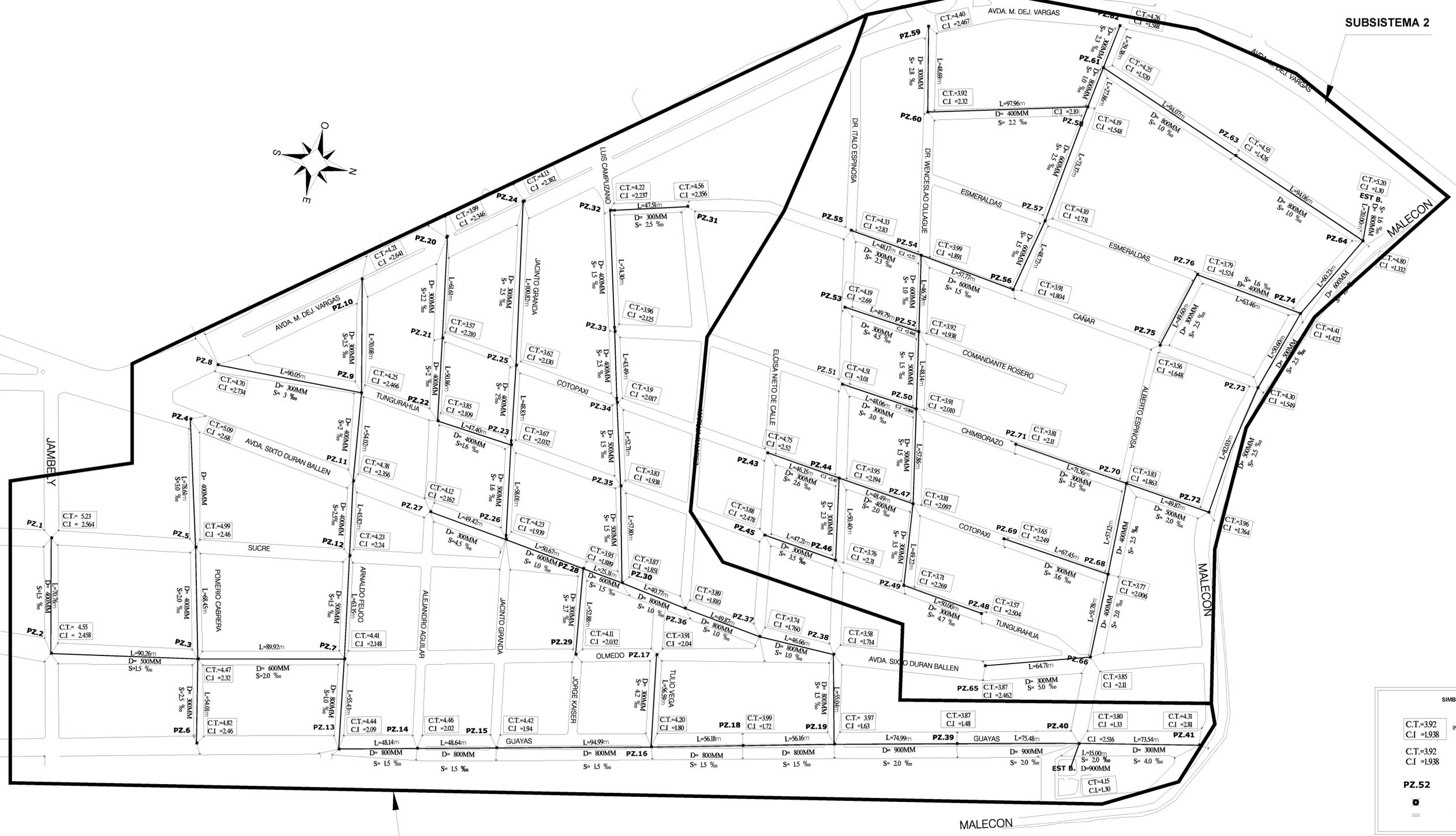
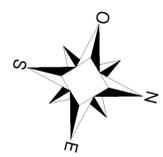
5.83	1.67	1.65
5.92	1.68	1.66
6.00	1.68	1.67

ANEXO 6

SUBSISTEMA 3		
	Altura de agua en el pozo de bombeo (m)	
Tiempo (h)	Periodo de retorno 5 años	Periodo de retorno 10 años
0.08	0.000	0.000
0.17	0.000	0.000
0.25	0.001	0.002
0.33	0.007	0.010
0.42	0.029	0.040
0.50	0.068	0.090
0.58	0.123	0.157
0.67	0.191	0.239
0.75	0.270	0.334
0.83	0.362	0.444
0.92	0.480	0.589
1.00	0.688	0.885
1.08	1.104	1.332
1.17	1.562	1.810
1.25	2.007	2.143
1.33	2.166	2.164
1.42	2.144	2.052
1.50	1.963	1.904
1.58	1.689	1.676
1.67	1.551	1.554
1.75	1.572	1.584
1.83	1.576	1.601
1.92	1.550	1.600
2.00	1.504	1.572
2.08	1.440	1.527
2.17	1.443	1.466
2.25	1.522	1.415
2.33	1.580	1.482

2.42	1.621	1.529
2.50	1.649	1.560
2.58	1.668	1.582
2.67	1.683	1.598
2.75	1.695	1.610
2.83	1.704	1.620
2.92	1.712	1.628
3.00	1.718	1.635
3.08	1.723	1.640
3.17	1.728	1.645
3.25	1.732	1.649
3.33	1.735	1.652
3.42	1.738	1.656
3.50	1.741	1.658
3.58	1.743	1.661
3.67	1.745	1.663
3.75	1.747	1.665
3.83	1.749	1.667
3.92	1.750	1.668
4.00	1.752	1.670
4.08	1.753	1.671
4.17	1.754	1.672
4.25	1.755	1.673
4.33	1.756	1.674
4.42	1.757	1.675
4.50	1.758	1.676
4.58	1.759	1.677
4.67	1.760	1.678
4.75	1.760	1.678
4.83	1.761	1.679
4.92	1.761	1.680
5.00	1.762	1.680
5.08	1.763	1.681
5.17	1.763	1.681
5.25	1.764	1.682
5.33	1.764	1.682
5.42	1.764	1.683
5.50	1.765	1.683
5.58	1.765	1.683

5.67	1.766	1.684
5.75	1.766	1.684
5.83	1.766	1.685
5.92	1.767	1.685
6.00	1.767	1.685



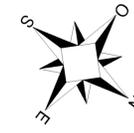
SUBSISTEMA 2

SUBSISTEMA 1

SIMBOLOGIA	
C.T.=392 C.I.=1938	INFORMACION DEL POZO
C.T.=392 C.I.=1938	COTA DE TERRENO COTA DE INVERT
PZ.52	NOMBRE DEL POZO
●	POZO AALL
□	SUMIDERO

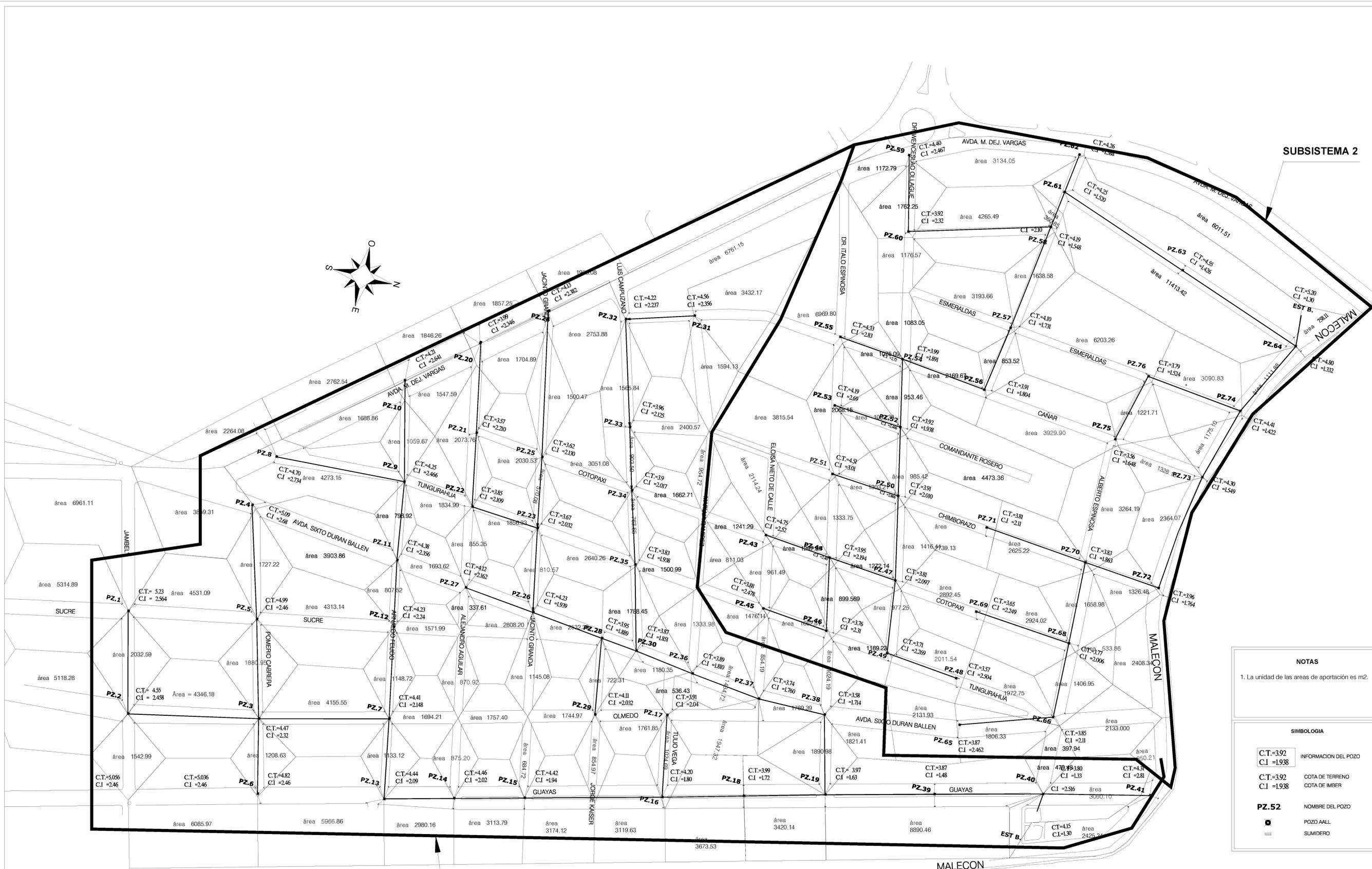
 UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL			
TEMA DE TESIS: DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA			
CONTIENE: Red pluvial de los barrios 29 de Noviembre, Pital y 15 de Octubre			
ELABORADO POR: Madelaine Aguilar Morocho	FECHA: Marzo/ 2016	ESCALA: 1/1250	PLANO No: 1/7

SUBSISTEMA 3

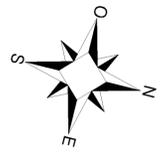


SIMBOLOGIA	
C.T.=392 C.I.=1938	INFORMACION DEL POZO
C.T.=392 C.I.=1938	COTA DE TERRENO COTA DE INBER
PZ.52	NOMBRE DEL POZO
	POZO AALL
	SUMIDERO

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL			
TEMA DE TESIS: DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA			
CONTIENE: Red pluvial del barrio Miguel Concha Alvarez			
ELABORADO POR: Madeleine Aguilar Morocho	FECHA: Marzo/ 2016	ESCALA: 1/1250	PLANO No: 2/7



SUBSISTEMA 2



SUBSISTEMA 1

NOTAS

1. La unidad de las áreas de aportación es m².

SIMBOLOGIA

	INFORMACION DEL POZO
	COTA DE TERRENO
	COTA DE IMBER
	NOMBRE DEL POZO
	POZO AALL
	SUMIDERO

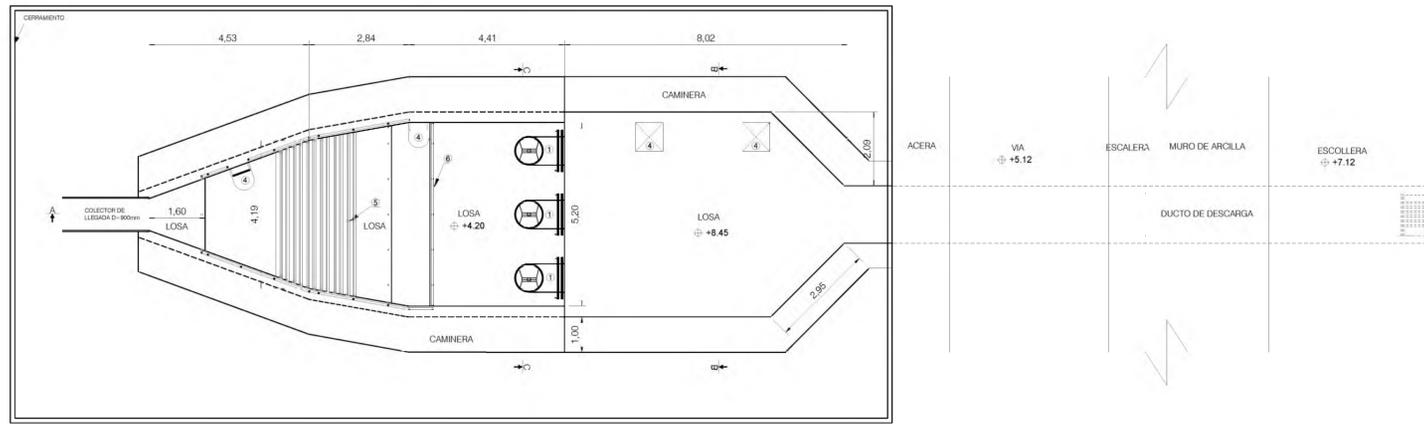
UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

TEMA DE TESIS:
DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA

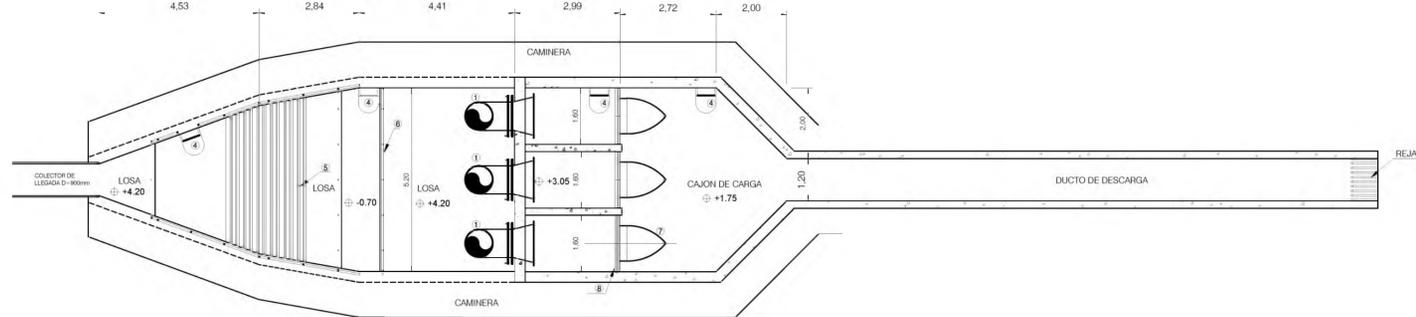
CONTIENE:
Áreas de aportación de la red pluvial de los barrios 29 de Noviembre, Pital y 15 de Octubre

ELABORADO POR: Madelaine Aguilar Morocho	FECHA: Marzo/ 2016	ESCALA: 1/1250	PLANO No: 3/7
--	------------------------------	--------------------------	-------------------------

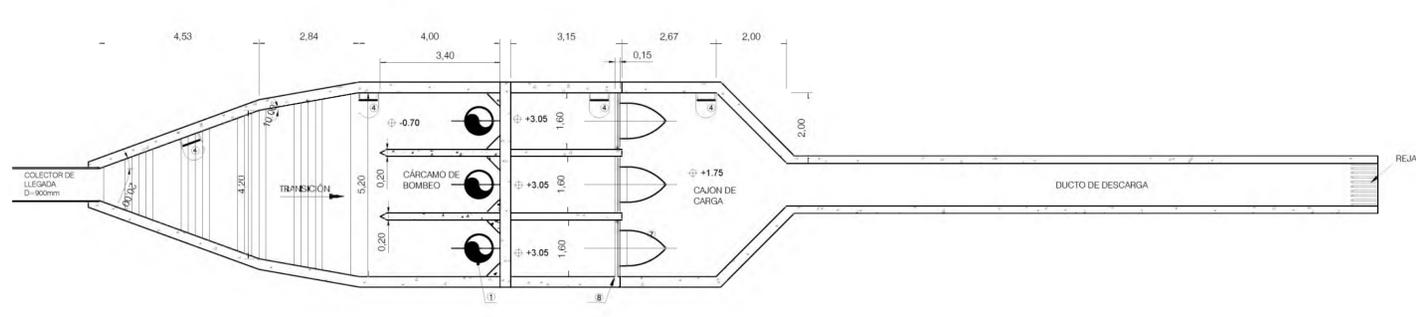
PLANTA NIVEL +8.45
ESCALA: 1/100



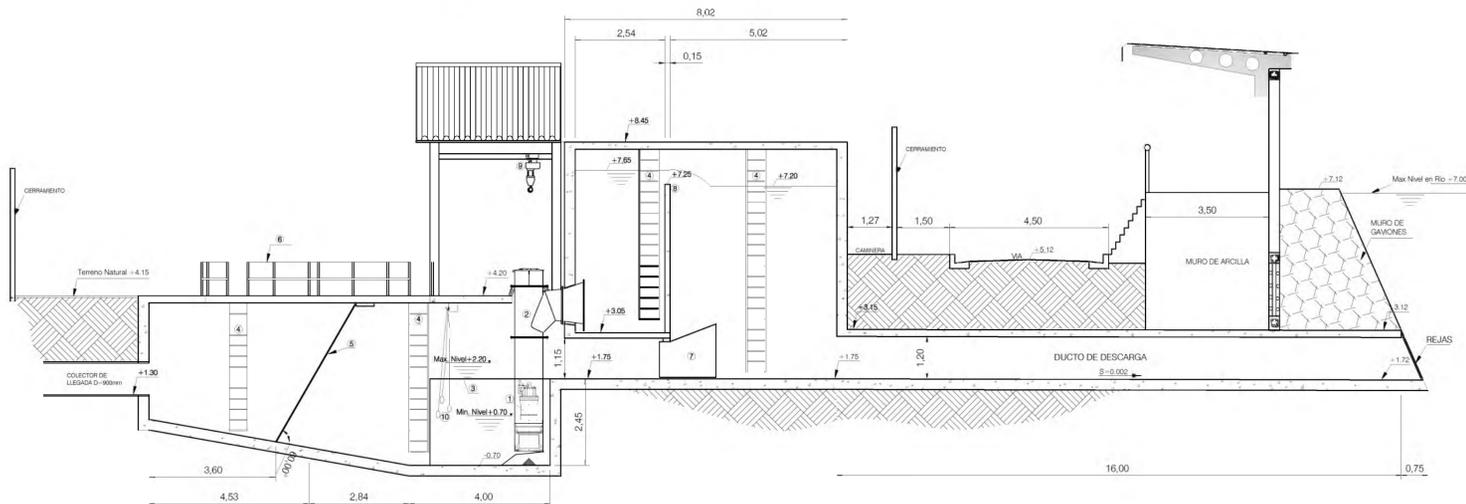
PLANTA NIVEL +4.20
ESCALA: 1/100



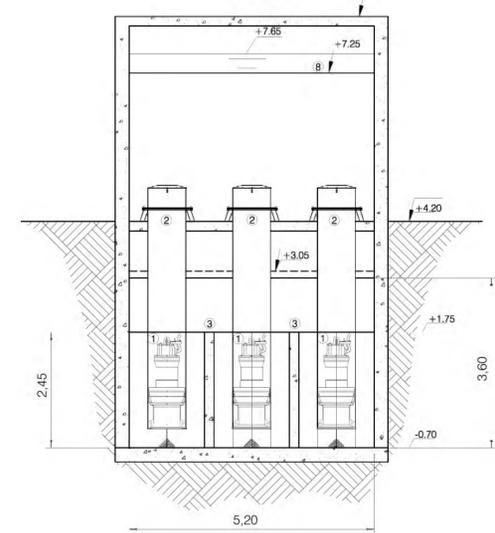
PLANTA NIVEL +3.05
ESCALA: 1/100



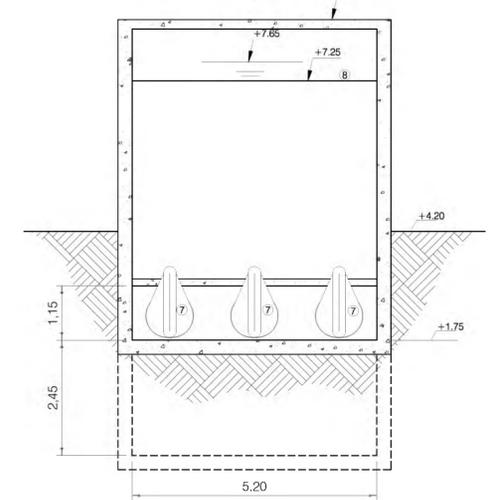
CORTE A-A
ESCALA: 1/100



CORTE C-C
ESCALA: 1/75



CORTE B-B
ESCALA: 1/75



- 1 BOMBA
- 2 TUBERIA DE IMPULSION
- 3 PARED DIVISORIA
- 4 ESCALERAS
- 5 REJILLA RETENEDORA DE SÓLIDOS
- 6 BARANDAS
- 7 VÁLCULA ELASTOMERICA
- 8 VERTEDERO
- 9 TECLE
- 10 BOYAS



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

TEMA DE TESIS:

DISEÑO HIDRAULICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA

CONTIENE:

Estación de Bombeo 1

ELABORADO POR:

Madeleine Aguilar Morocho

FECHA:

Marzo/ 2016

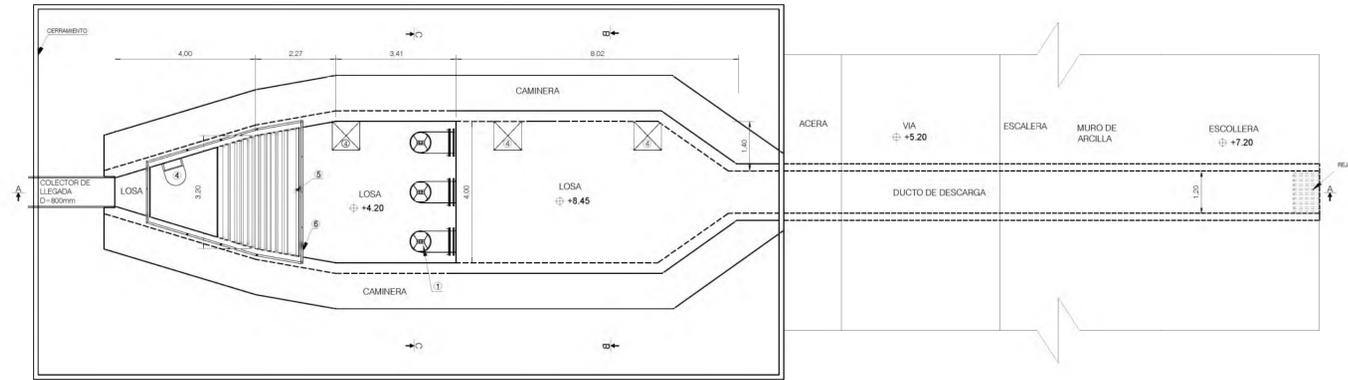
ESCALA:

Indicada

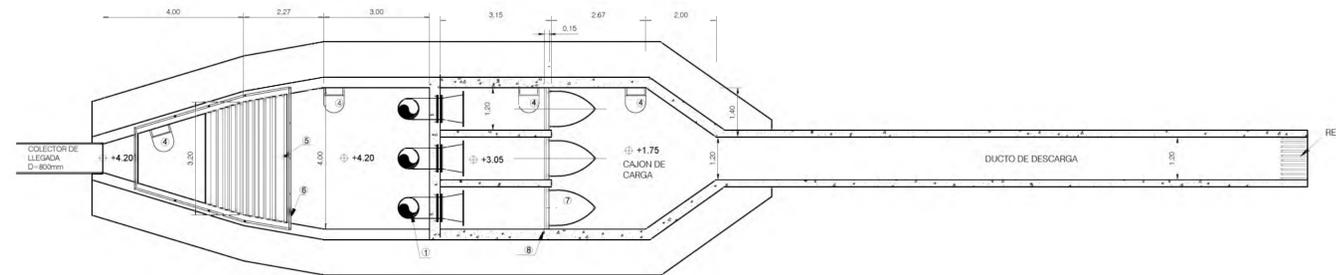
PLANO No:

5/7

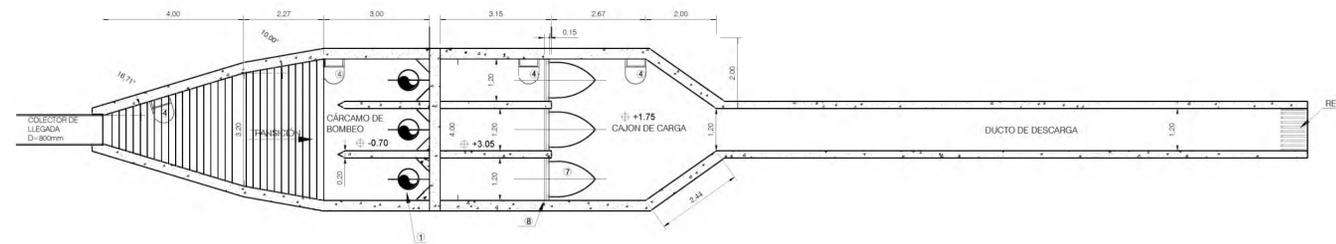
PLANTA NIVEL +8.45
ESCALA: 1/100



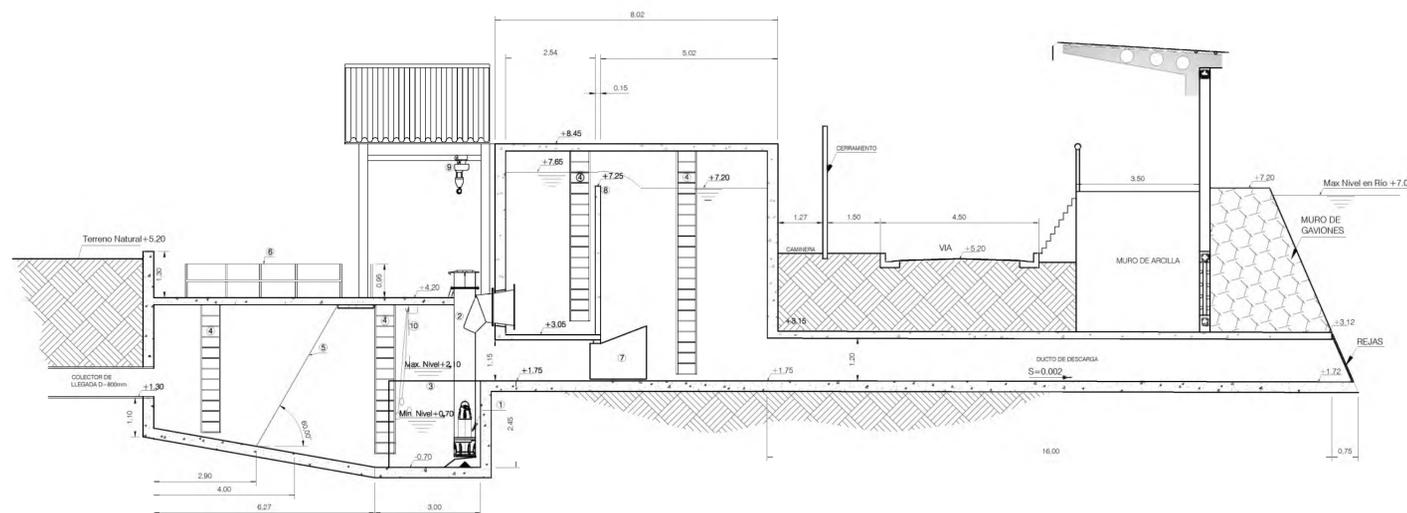
PLANTA NIVEL +4.20
ESCALA: 1/100



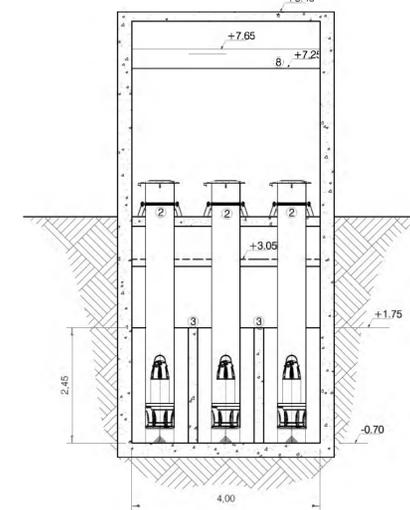
PLANTA NIVEL +3.05
ESCALA: 1/100



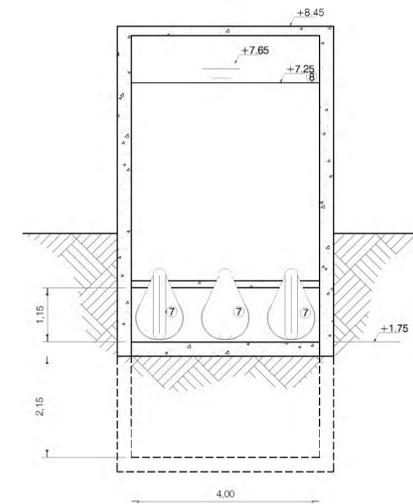
CORTE A-A
ESCALA: 1/100



CORTE C-C
ESCALA: 1/75



CORTE B-B
ESCALA: 1/75



- 1 BOMBA
- 2 TUBERIA DE IMPULSION
- 3 PARED DIVISORIA
- 4 ESCALERAS
- 5 REJILLA RETENEDORA DE SÓLID
- 6 BARANDAS
- 7 VÁLCULA ELASTOMERICA
- 8 VERTEDERO
- 9 TECLE
- 10 BOYAS



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

TEMA DE TESIS:

DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA

CONTIENE:

Estación de Bombeo 2

ELABORADO POR:

Madeleine Aguilar Morocho

FECHA:

Marzo/2016

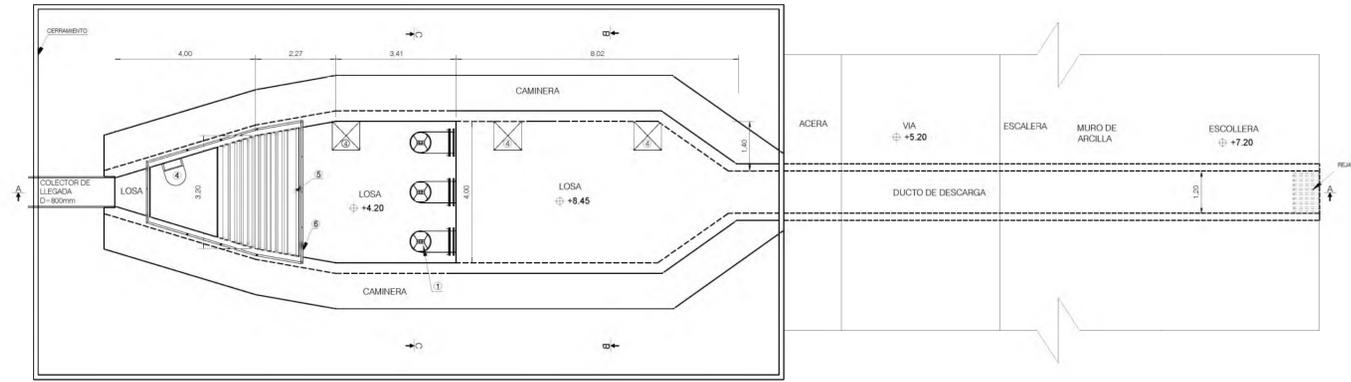
ESCALA:

Indicada

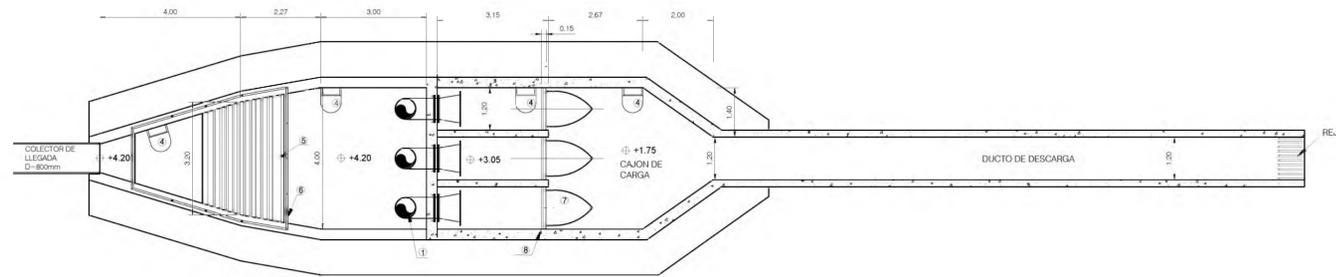
PLANO No:

6/7

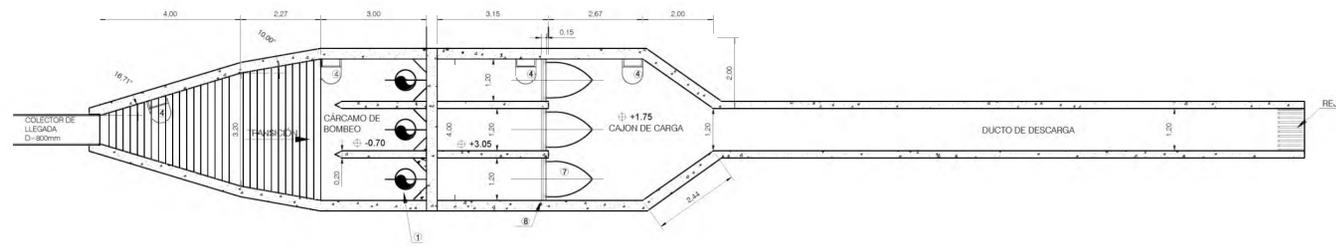
PLANTA NIVEL +8.45
ESCALA: 1/100



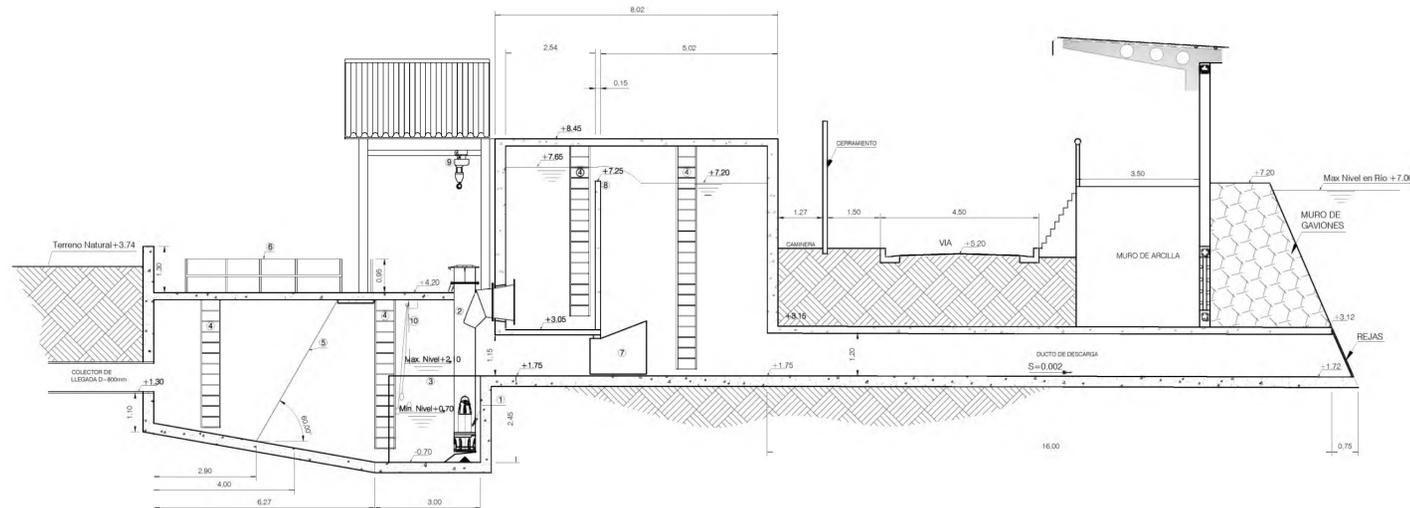
PLANTA NIVEL +4.20
ESCALA: 1/100



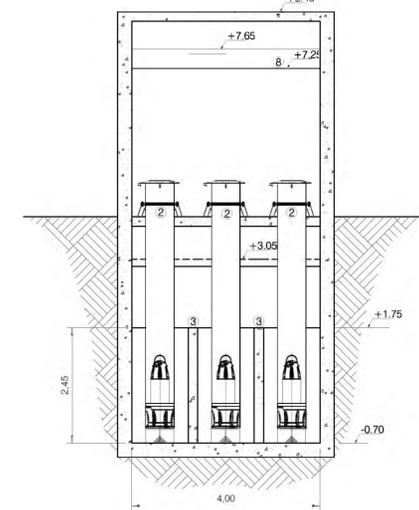
PLANTA NIVEL +3.05
ESCALA: 1/100



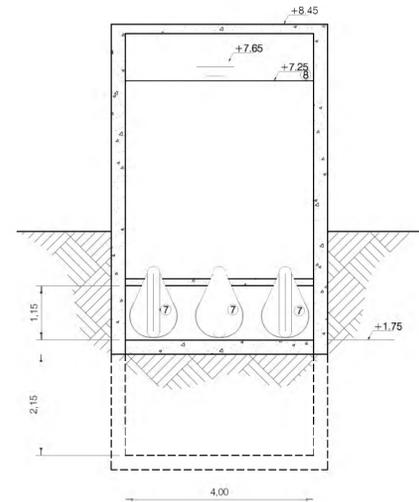
CORTE A-A
ESCALA: 1/100



CORTE C-C
ESCALA: 1/75



CORTE B-B
ESCALA: 1/75



- 1 BOMBA
- 2 TUBERIA DE IMPULSION
- 3 PARED DIVISORIA
- 4 ESCALERAS
- 5 REJILLA RETENEDORA DE SÓLID
- 6 BARANDAS
- 7 VÁLCULA ELASTOMERICA
- 8 VERTEDERO
- 9 TECLE
- 10 BOYAS



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

TEMA DE TESIS:
DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA

CONTIENE:
Estación de Bombeo 3

ELABORADO POR:	FECHA:	ESCALA:	PLANO No:
Madeleine Aguilar Morocho	Marzo/ 2016	Indicada	7/7



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Aguilar Morocho Madeleine Pilar, con C.C: # 1104656473 autor del trabajo de titulación: **Diseño Hidráulico De Las Estaciones De Bombeo Del Sistema De Drenaje Pluvial De La Ciudad De Santa Rosa**, previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 23 de marzo de 2016

f. _____

Nombre: Aguilar Morocho Madeleine Pilar

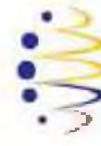
C.C: 1104656473



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Servicio Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	DISEÑO HIDRÁULICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE SANTA ROSA		
AUTOR(ES)	MADELEINE PILAR AGUILAR MOROCHO		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	MIGUEL CABRERA SANTOS		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL		
FACULTAD:	FACULTAD DE INGENIERÍA		
CARRERA:	ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL		
TITULO OBTENIDO:	INGENIERO CIVIL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	23 DE MARZO DEL 2016	NO. DE PÁGINAS:	139
ÁREAS TEMÁTICAS:	HIDRAULICA		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	CHONE, INUNDACIONES, HIDROGRAMAS, NIVELES, MODELACION HIDROLÓGICA, MODELACIÓN HIDRÁULICA		
RESUMEN/ABSTRACT	<p>Con el objetivo de analizar los sistemas de alcantarillado pluvial de la zona norte de la ciudad de Santa Rosa y el propósito de diseñar las estaciones de bombeo para los mismos, se ha llevado a cabo el presente trabajo, el cual consistió en simular las redes drenaje utilizando el programa SWMM. Para desarrollar las simulaciones se utilizó los aspectos hidrológicos de la zona y los parámetros hidráulicos de los sistemas en estudio. Se analizó la capacidad de drenaje de las redes de aguas lluvias, para precipitaciones con periodos de retorno de 5 años y 10 años, calculando las posibles áreas afectadas por las inundaciones, producidas por la ineficiencia de los sistemas. Se llevó a cabo el diseño de las estaciones de bombeo para los tres subsistemas de drenaje pluvial que sirven a los barrios Miguel Concha Álvarez, 29 de Noviembre, 15 de Octubre y Pital, diseñando los aspectos hidráulicos de las estaciones y seleccionando las bombas para la situación más crítica, para así garantizar el mejor rendimiento de las estaciones.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593- 91655362	E-mail: mpag1304@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: MIGUEL CABRERA SANTOS		
	Teléfono: +593-4-206951		
	E-mail: miguel.cabrera@cu.ucsg.edu.ec		

SECCION PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	