



**DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA RED DE RECOLECCIÓN, SISTEMA
DE BOMBEO E IMPULSIÓN DE LAS AGUAS SERVIDAS
GENERADAS EN LA CUENCA INMACONSA EN LA VÍA A
DAULE, CON DESCARGA EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO CERRO
COLORADO**

INFORME EJECUTIVO

**ELABORADO POR: Asociación de Consultores Técnicos ACOTECNIC Cía.
Ltda.**



1.2 JUSTIFICATIVO DEL PROYECTO

El proyecto integral de gestión del agua residual de la zona nor-oeste de la ciudad, contempla su recolección y conducción a la planta de tratamiento “Los Merinos”, proyectada en el área en la que actualmente se localizan las lagunas de estabilización del sistema Guayacanes-Samanes.

Dada la gran extensión y topografía plana del área de servicio, las redes de recolección requieren ser complementadas con un conjunto de estaciones de bombeo para conseguir el objetivo de transportar el agua residual hasta la citada planta depuradora.

Uno de los sistemas de bombeo contemplado en el proyecto, es el integrado por la estación de bombeo codificada como “EB2” y su línea de impulsión-conducción, que permite conducir el caudal afluente hasta la estación de bombeo denominada “Cerro Colorado”.

Como áreas de aporte hacia la referida estación de bombeo, se encuentran los sectores de Orquídeas, Mucho Lote y Zona Industrial del Norte, más conocido como INMACONSA, en la actualidad poseen un sistema de alcantarillado que no tiene la capacidad de trasladar el volumen de aguas residuales que son captadas. Esta situación origina problemas de contaminación que se refleja en malos olores, enfermedades gastrointestinales y dérmicas así como la presencia de fauna nociva.

Ante la problemática mencionada, la EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE GUAYAQUIL EP EMAPAG EP contrató los “Estudios y diseños definitivos de la red de recolección, sistema de bombeo e impulsión de las aguas servidas generadas en la cuenca INMACONSA en la vía a Daule, con descarga en la estación de bombeo Cerro Colorado”:

Este proyecto, pretende dar solución a la problemática enfrentada mediante la realización de las siguientes obras:

- ◆ Red de colectores y subcolectores
- ◆ Estación de bombeo EB2
- ◆ Línea de impulsión y conducción hasta la estación de bombeo Cerro Colorado.

1.3 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo del presente estudio es el de realizar la evaluación técnica de la infraestructura actual, la caracterización socioeconómica del área de servicio, estudios de factibilidad que para verificar la conveniencia de la inversión y en función de ello, los diseños definitivos de la infraestructura que permita la ejecución de las obras.

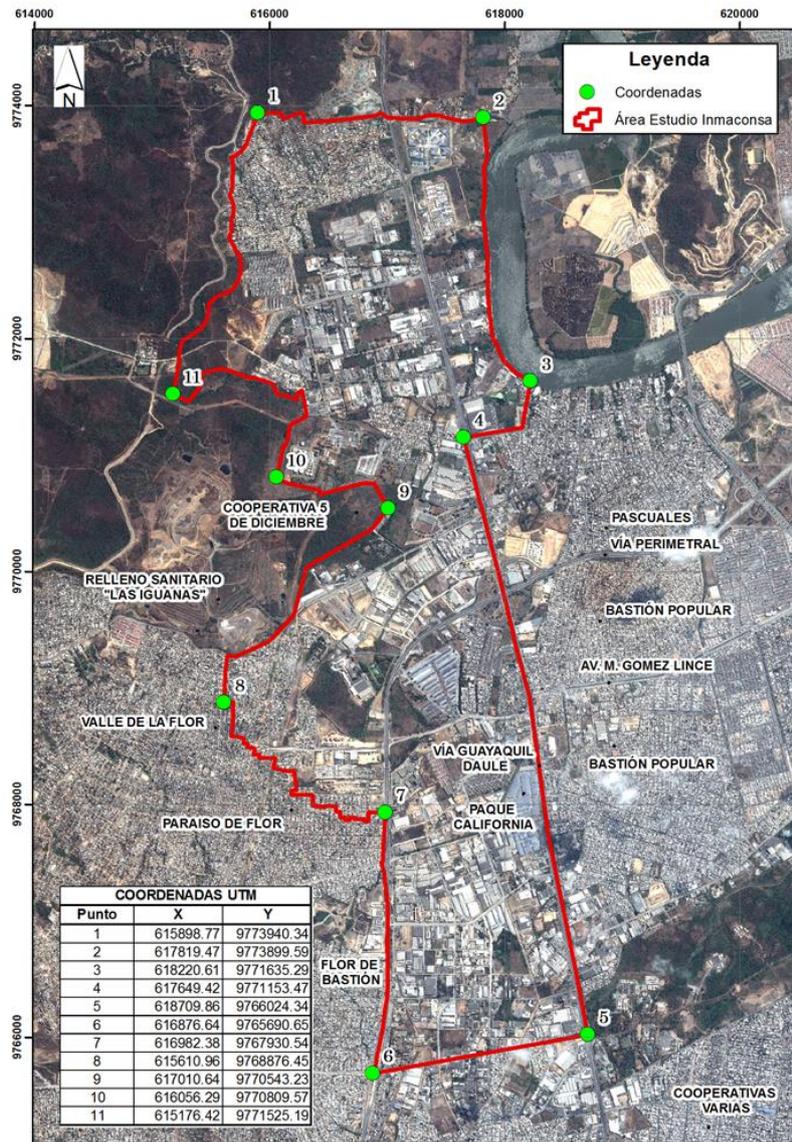


Figura 1.2 Área de Estudio

2 ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto contempla la implementación de colectores y subcolectores en su área de servicio, los mismos que conducirán las aguas residuales a la estación de bombeo

denominada EB2; ubicada en distribuidor de tránsito de la intersección de la avenida Perimetral con la vía a Daule, para desde dicha estación, impulsar las aguas servidas mediante un conducto a presión de 1000 mm de diámetro a instalarse en la vía Perimetral, hasta el sitio seleccionado para la construcción del tanque rompe-presión ubicado en la abscisa 1+220 del proyecto. Desde este lugar, las aguas serán conducidas a gravedad mediante dos tramos de tuberías de 800 mm y 1000 mm, hasta la estación de bombeo Cerro Colorado.

A continuación se presenta una descripción básica de las características relevantes de los citados componentes del proyecto.

3 CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DEL SISTEMA DE COLECTORES Y SUBCOLECTORES

El proyecto de construir colectores y subcolectores en los sectores de Orquídeas, Mucho Lote y Zona Industrial del Norte de la ciudad y el captar las aguas residuales de la Cooperativa 5 de Diciembre implementado por ECAPAG EP, permite solucionar la problemática actual de capacidad de recolección y por ende la contaminación existente en estos sectores al interceptar y recolectar las aguas residuales producidas en los sectores antes mencionados.

3.1 ÁREAS DE APORTACIÓN

La red de colectores del proyecto de permiten la recolección de las aguas servidas que se generan en las áreas de aportación, en las que se encuentran emplazadas entre otras la Urbanización Caracol, Cumbre del Sol, Monte Bello, Mercado de Víveres Monte Bello, Hospital Universitario; los mismos que corresponden a un área aproximada de 512 hectáreas.

El proyecto también incorpora todas las aguas que recolectaba la estación de bombeo EB1, y que luego del correspondiente análisis técnico se pudo encontrar una ruta en la que se elimina la mencionada estación, se incorpora toda el área de INMACONSA; así como también recoge las aguas de los remanentes del Sistemas S01 y S02 (Valle de la Flor, Flor de Bastión, Paraíso de Flor, Rotario, Ciudadela del Sol), las aguas de ciertos barrios de las ciudadelas mencionadas se impulsarán mediante pequeñas estaciones de bombeo (4).

Incorpora la captación y conducción de la estación de bombeo EB3, que incluye las cooperativas San Francisco y de los colectores sanitarios de la Cooperativa 5 de Diciembre, lo cual, genera un área aportante de 1.410,69 hectáreas para el presente estudio, el caudal aportante será bombeado por la estación de bombeo EB2.

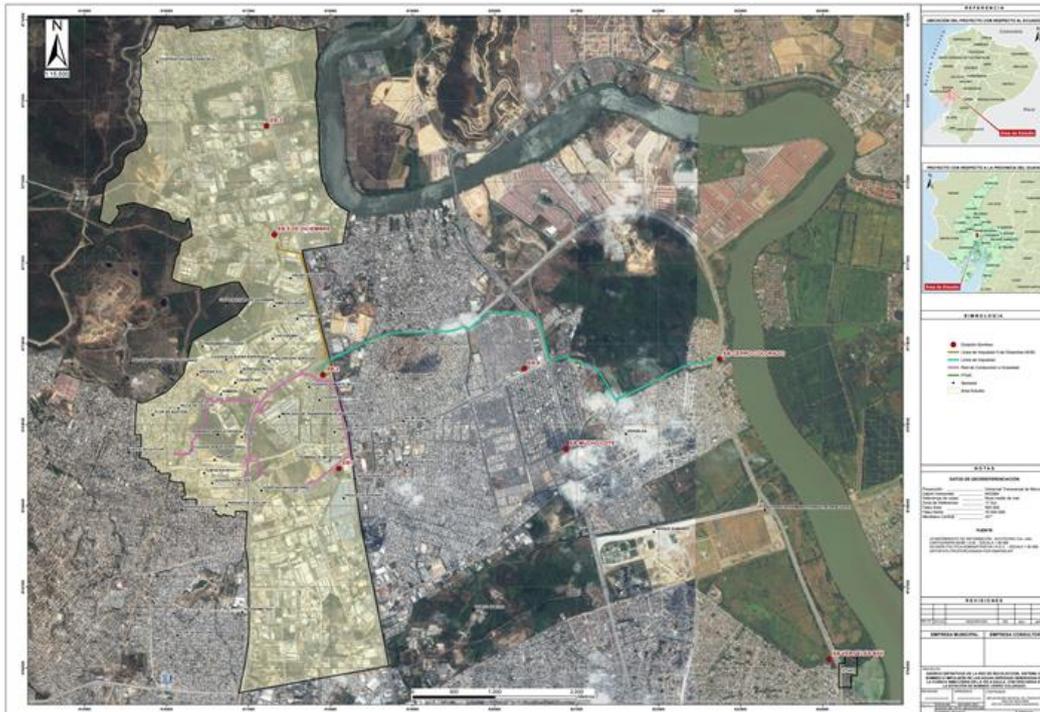


Figura 3.1 Áreas Aportantes

3.2 SERVIDUMBRE DE PASO

Por las condiciones de diseños de la línea de colectores está debe atravesar por terrenos de propiedad privada, para lo cual se hace necesario la obtención de las servidumbres de paso tanto en CRIDESA como en el CLUB GUAYAS DE TIRO Y AVIACIÓN. El colector a gravedad atraviesa los terrenos de CRIDESA en su parte alta, paralelo a un cauce natural de aguas lluvias y luego lo bordea hasta llegar al colector de la Vía Perimetral. Por su parte uno de los colectores del proyecto atraviesa el Club Guayas de Tiro y Aviación.

En las siguientes figuras se puede apreciar los terrenos particulares por los cuales atraviesa la línea de colectores del presente proyecto.



Figura 3.2 Línea Proyectada (CRIDESA)

Fuente: Equipo Consultor



Figura 3.3 Línea Proyecta Club Guayas de Tiro y Aviación

Fuente: Equipo Consultor

En la tabla siguiente se puede apreciar la información concerniente a las servidumbres de paso, tanto naturales como forzosas.

Servidumbres de Paso			
Predio	Tipo de Servidumbre	Longitud(m)	Área (m ²)
CRIDESA	Natural	585.97	1757.91
CRIDESA	Forzosa	457.44	1372.32

CLUB GUAYAS DE TIRO Y AVIACIÓN	Forzosa	228.58	685.74
--------------------------------	---------	--------	--------

Tabla 3.1 Longitud y Área de Servidumbre de Paso

Fuente: Equipo Consultor

3.2.1 TRAMOS ESPECIALES

En la ejecución de los estudios se ha considerado los servicios existentes en la ciudad de Guayaquil para ser considerados dentro de la ejecución del proyecto. Los mismos consideran el paso de la línea de colectores de aguas servidas por encima del acueducto de agua potable en el sector de la Metrovía y por debajo de la tubería del acueducto de agua potable en el sector de la Urbanización Caracol, para lo cual se realizó la inspección de las cámaras de válvula del acueducto de 1.200 mm, en coordinación con personal de INTERAGUA



Figura 3.4 Medición de Cotas en Cámara de Válvula

Fuente: Equipo Consultor



Figura 3.5 Medición de Cotas en Cámara de Válvula (Intercambiador Vía Daule – Ave. Perimetral)

Fuente: Equipo Consultor

3.3 CONFIGURACION GENERAL DEL SISTEMA DE COLECTORES

El sistema de colectores y subcolectores del sistema a gravedad del presente proyecto está conformado por una red de tuberías de aproximadamente 38.836,00 metros de longitud en diámetros variables entre los 175 mm y los 650 mm en tuberías de PVC, las mismas que interceptan las aguas servidas y las conduce a la estación de bombeo EB2, la red de alcantarillado incorpora un aproximado de 88 cámaras de revisión y 3.062 cajas domiciliarias.

El sistema de recolección también lo conforma una línea de conducción que capta las aguas residuales de 4 estaciones de bombeo compactas, con una longitud aproximada de 701,00 metros en tubería PEAD de diámetros comprendidos entre los 90 mm y los 160 mm.

3.3.1 COBERTURA Y CAPACIDAD DE SERVICIO

La red de colectores, tiene una capacidad de recolección de 1.149,91 l/s, los mismos que serán conducidos a la estación de bombeo EB2. En la tabla siguiente se muestran los caudales obtenidos por sectores.

ESTACIÓN DE BOMBEO EB2 - ÁREAS Y CAUDALES					
TIPO	DESCRIPCIÓN	AREA (HA)	Σ AREA (HA)	CAUDAL L/S 2015	CAUDAL L/S 2045
RESIDENCIAL	SO1	23.61	148.52	24.86	31.16
	SO2	33.77		21.28	31.26
	ROTARIO	10.61		6.68	9.82
	CUMBRES DEL SOL	12.34		5.28	13.37
	EST.1	10.29		4.93	12.48
	EST.2	1.23			
	URB. MONTE BELLO	36.65		23.64	27.47
	URB. CARACOL	16.10		10.39	12.07
	LOMA VISTA	3.92		2.53	2.94
INDUSTRIAL	TERRENO INDUSTRIAL 1	13.27	297.1	8.56	9.95
	TERRENO INDUSTRIAL 2	16.40		10.57	12.29
	SO3	23.98		10.27	25.99
	CRIDESA	43.65		29.75	31.52
	INDUSTRIAS VARIAS	199.80		136.20	144.27
METROVIA		7.32	62.36	4.72	5.49

INSTITUCIONAL	HOSPITAL Y MERCADO	55.04		35.50	41.26
COMERCIAL	HIPERMARKET	5.00	5.00	3.23	3.75
ESTACIÓN DE BOMBEO	COOP. 5 DE DICIEMBRE	27.09	27.09	-	25.84
ESTACIÓN DE BOMBEO	INMACONSA - EB1	288.62	288.62	-	320.00
ESTACIÓN DE BOMBEO	SECTOR INDUSTRIAL - PARROQUIA PASCUALES (EB3)	582	582.00	-	389.00
				CAUDAL DE DISEÑO L/S	1149.91

Tabla 3.2 Cuadro de Áreas y Caudales Zonificados

Fuente: Equipo Consultor

4 PARTICULARIDADES DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

La estación de bombeo de aguas residuales se edificará en un área aproximada de 5.323,48 m², cuyos componentes son:

- Estacionamiento y patio de maniobras
- Edificio de control
- Casa de bombas
- Áreas verdes
- Vías de ingreso y de salida

4.1 IMPLANTACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

De las inspecciones particulares realizadas se estableció que el sitio para la implantación de la estación de bombeo es el que se encuentra en el área verde del distribuidor de tránsito de la intersección de la Avenida Perimetral con la Vía a Daule, ya que el mismo reúne todas las condiciones requeridas.

El área de implantación, satisface las necesidades de diseño y precautela la vegetación desarrollada en el terreno, provocando el mínimo impacto ambiental, ya que son pocas las unidades de especies arbóreas que serán removidas.



Figura 4.1 Ubicación del sitio de Implantación de la Estación de Bombeo EB2

Fuente: Equipo Consultor



Figura 4.2 Área de Implantación de la Estación de Bombeo EB2

Fuente: Equipo Consultor

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES DE LA ESTACION

- **Edificio de Control:** cuenta con las áreas de: Oficina/Garita, para control y administración de la estación, área para el Transformador, Cuarto de Control de Equipos eléctricos, Cuarto de transformadores y Cuarto de Celdas.

- **Casa de Bombas:** cuenta con las áreas de: Cuarto de Cribado, canal de ingreso de aguas negras, vertedor de emergencia/mantenimiento conectado con el edificio de Cuarto de Bombas

La configuración hidromecánica de la estación de bombeo EB2, está dada por el empleo de 4 bombas centrífugas de acoplamiento recto en orientación vertical, se ha considerado que trabajen 3 bombas de manera simultánea y 1 en stand by, para la impulsión de 1.150 l/s. Las características de las bombas se detallan a continuación:

- Caudal de bombeo: 383.33 l/s
- TDH del sistema: 26.50 m
- NPSH disponible: 9.91 m
- Potencia máxima de Curva: 169.62 kW
- Eficiencia del bombeo: 83.7%

5 ASPECTOS SOBRESALIENTES DEL LINEAS DE IMPULSION Y CONDUCCIÓN DESDE LA ESTACIÓN DE BOMBEO EB2 A LA ESTACIÓN DE BOMBEO CERRO COLORADO

El proyecto contempla la construcción de una línea de impulsión y conducción de aproximadamente 5991,00 metros de longitud, para poder transportar las aguas residuales captadas desde la estación de bombeo EB2 hasta la estación de bombeo de Cerro Colorado.

El primer tramo de la línea de impulsión – conducción se desarrolla a lo largo de la Vía Perimetral hasta llegar a un tanque rompe presión en el punto más alto de la ruta, el mismo se localiza en la abscisa 1+220, el segundo tramo que funciona a gravedad va desde el tanque rompe presión hasta la estación de bombeo de Cerro Colorado



Figura 5.1 Vista general de la ruta de la línea de impulsión

Fuente: Equipo Consultor

Para la tubería de la línea de impulsión y conducción, se seleccionó como material el Polietileno de Alta Densidad (PEAD), de alta resistencia a la microfisuración.

5.1 PASOS ESPECIALES

El proyecto incorpora el diseño de pasos especiales para la construcción de la línea de impulsión – conducción desde la estación de bombeo EB2 hasta la estación de bombeo de Cerro Colorado

5.1.1 Pasos Especiales Metálicos

Para la instalación de la tubería fue necesario el incorporar dentro de los estudios el empleo de pasos especiales para la tubería. Con la finalidad de que estos pasos presten un doble servicio se consideró al momento de diseñar los pasos metálicos que los mismos tengan una doble funcionalidad, su empleo como soporte para la instalación de la tubería de la línea de impulsión – conducción y su uso como paso peatonal, de esta manera se favorece a la población del sector. Estos pasos se encuentran localizados en:

1. Paso sobre la vía que conduce a Daule, en una longitud de 81.00 m, de estructura metálica, la tubería a emplearse en el paso será de acero con un diámetro de 1000 mm.

2. Paso elevado sobre el Canal de aguas lluvias en la Av. Francisco de Orellana, con una longitud de 30.00 m, de estructura metálica, en el paso se utilizará tubería de acero de diámetro de 1000 m.

5.1.2 Pasos Especiales con Microtunelaje

Los diseños consideran el empleo de micro túneles para el paso de la tubería para la línea de impulsión – conducción en aquellas avenidas que soportan un alto tráfico vehicular, con la finalidad de evitar la destrucción de calzadas. Los pasos se encuentran ubicados en:

1. Paso sobre la Av. Francisco de Orellana, de longitud de 100 m, se instalará mediante una camisa de acero de 1500 mm para tubería de PEAD de 1000 mm.
2. Paso sobre la Av. Terminal Pascuales, de longitud de 100 m, se instalará mediante una camisa de acero de 1200 mm para tubería PEAD de 800mm.

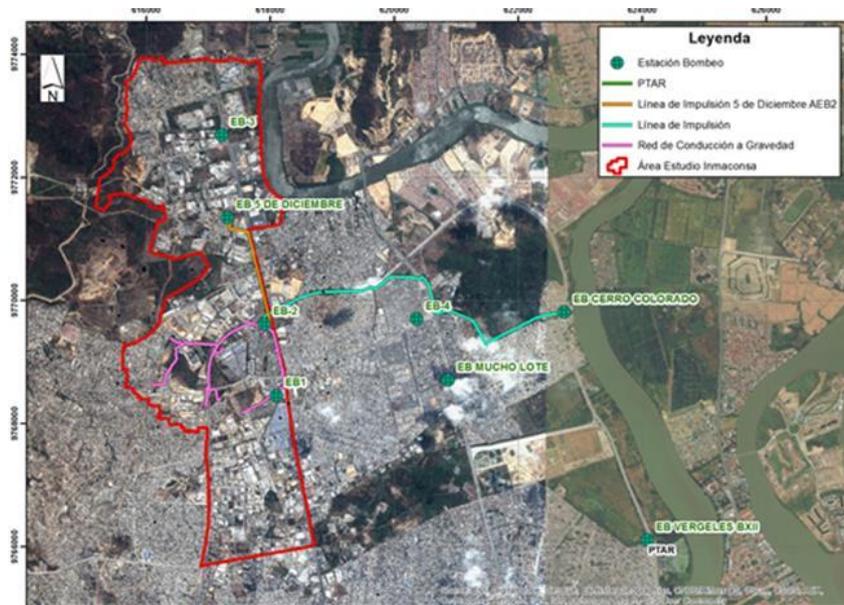


Figura 5.2 Implantación de la Línea de Impulsión – Conducción desde la EB2 hasta la EB de Cerro Colorado

Fuente: Equipo Consultor

5.2 DESCRIPCIÓN OPERATIVA DEL SISTEMA DE IMPULSION Y CONDUCCION

En esta sección se presenta la descripción operativa del proyecto, en base de los datos técnicos más sobresalientes de los diseños hidráulicos.

5.2.1 MODELACIÓN EN RÉGIMEN DE FLUJO PERMANENTE

Las condiciones de operación hidráulica obtenidas luego de la corrida, se las presenta en la siguiente tabla:

Línea	Tramo (abscisas)	Longitud (m)	Diámetro nominal (mm)	Velocidad de flujo (m/s)	Pérdidas de carga (m)
Impulsión	EB-TRP (0+000 -1+220)	1.220	1000	1.72	4.00
Conducción	1+220 – 4+300	3.080	1000	1.72	5.48
	4+300 – 5+991	1.691	800	2.68	11.08

Tabla 4.1 Cuadro Resumen de Tuberías a Instalarse en la Línea de Impulsión – Conducción (Parámetros Hidráulicos de Operación)

Fuente: Equipo Consultor

De acuerdo con los estudios y con la finalidad de garantizar la presión dinámica mínima, es necesaria la instalación de una válvula sostenedora de presión, la misma que de acuerdo con el diseño de la línea de impulsión – conducción debe ser ubicada en el extremo de la línea, antes del ingreso al cárcamo de la estación de bombeo de Cerro Colorado. Las características de esta válvula se encuentran detalladas en la memoria de cálculo, cuya configuración y dimensión están dadas para mantener una presión aguas arriba de 7 mca.

El esquema siguiente ilustra el perfil hidráulico de la línea de impulsión – conducción para el caudal de diseño y los diámetros seleccionados.

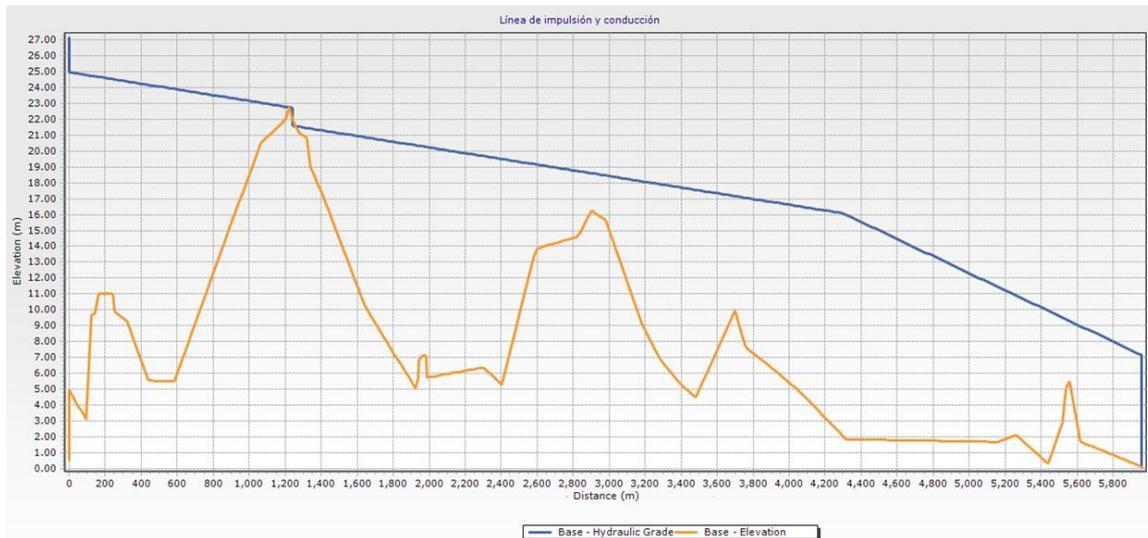


Figura 5.3 Perfil Geométrico e Hidráulico de la Línea de Impulsión – Conducción

Fuente: Equipo Consultor

5.2.2 MODELACION EN REGIMEN DE FLUJO NO PERMANENTE

Definidas las características de las bombas, la tubería de la línea de impulsión con las respectivas válvulas de aire, se procedió a modelar las condiciones hidráulicas del sistema para la condición operativa crítica de apagado repentino de las dos bombas, ocasionada por un fallo en el suministro de energía eléctrica.

Para verificar la necesidad y el dimensionamiento de la válvula de alivio de sobrepresiones a instalarse en el múltiple de impulsión, se efectuaron estas modelaciones considerando escenarios de: no instalación de la referida válvula, y con diámetros nominales de la misma de 100, 150 y 200mm.

Para estas válvulas, se adoptan los siguientes parámetros referenciales:

- Modelo / tipo: globo de paso angular con asientos de tipo V-port, para minimizar efectos de cavitación.
- Coeficiente de descarga KV, para el respectivo modelo y diámetro nominal. Para la marca referencial de este tipo de válvulas contemplada en el proyecto (Marca IRVA, catálogos presentados en el informe de factibilidad), se tienen los siguientes valores de KV:

Tabla 5.1 : Coeficientes de descarga para las alternativas de válvulas de alivio de sobrepresiones

Díámetro nominal de la válvula (mm)	Caudal (m ³ /h) para una pérdida de carga de 1 Bar	Coefficiente de descarga KV m ³ /(s*m ^{0.5})
100	257	0.023
150	514	0.045
200	899	0.079

- Presión mínima en la que inicia el proceso anticipado de apertura de la válvula: 20 mca
- Tiempo de apertura de la válvula: 5 segundos (el mínimo posible para que la válvula se encuentre abierta al retorno de la onda de sobrepresión)
- Tiempo en el que permanece abierta la válvula: 10 segundos (tiempo medio en el que se reducen los picos máximos de las ondas de sub y sobre presión)
- Tiempo de cierre de la válvula: 20 segundos (suficientemente extenso como para evitar sobrepresiones por su cerrado brusco).

Los siguientes esquemas, ilustran los perfiles hidráulicos reportados por el software de modelación (Hammer):

Figura 5.4: Perfil geométrico e hidráulico del sistema, para un evento de apagado repentino de bombas (Escenario sin válvula de alivio)

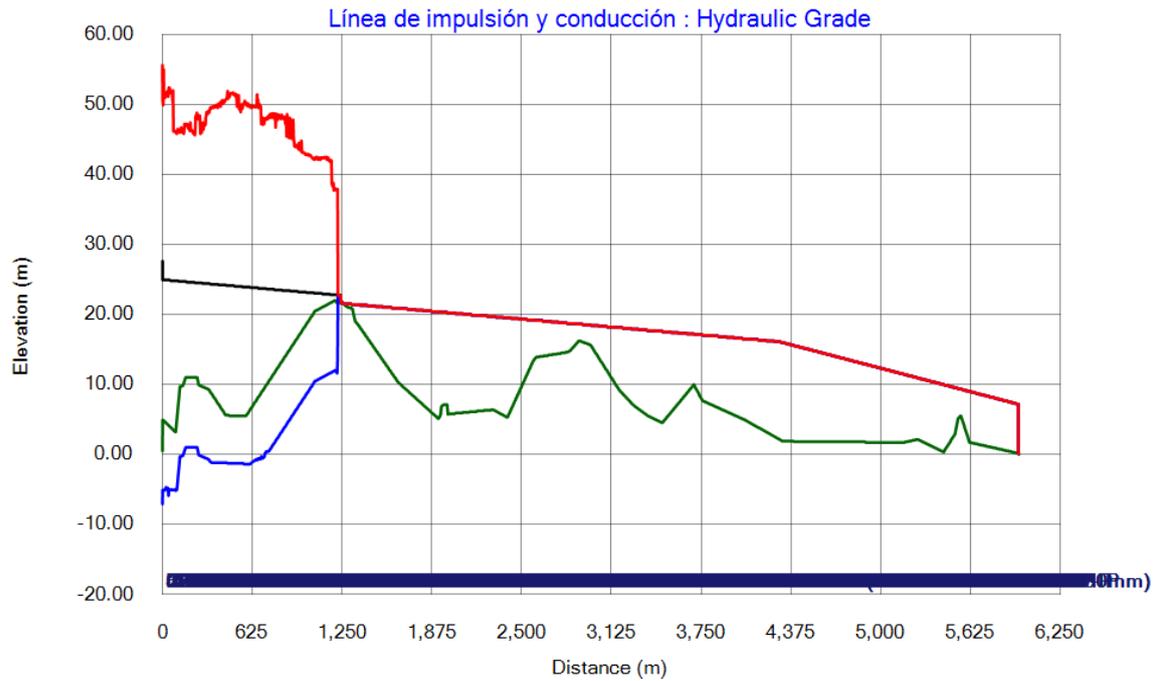


Figura 1.5: Perfil geométrico e hidráulico del sistema, para un evento de apagado repentino de bombas (Escenario con válvula de alivio D=100mm)

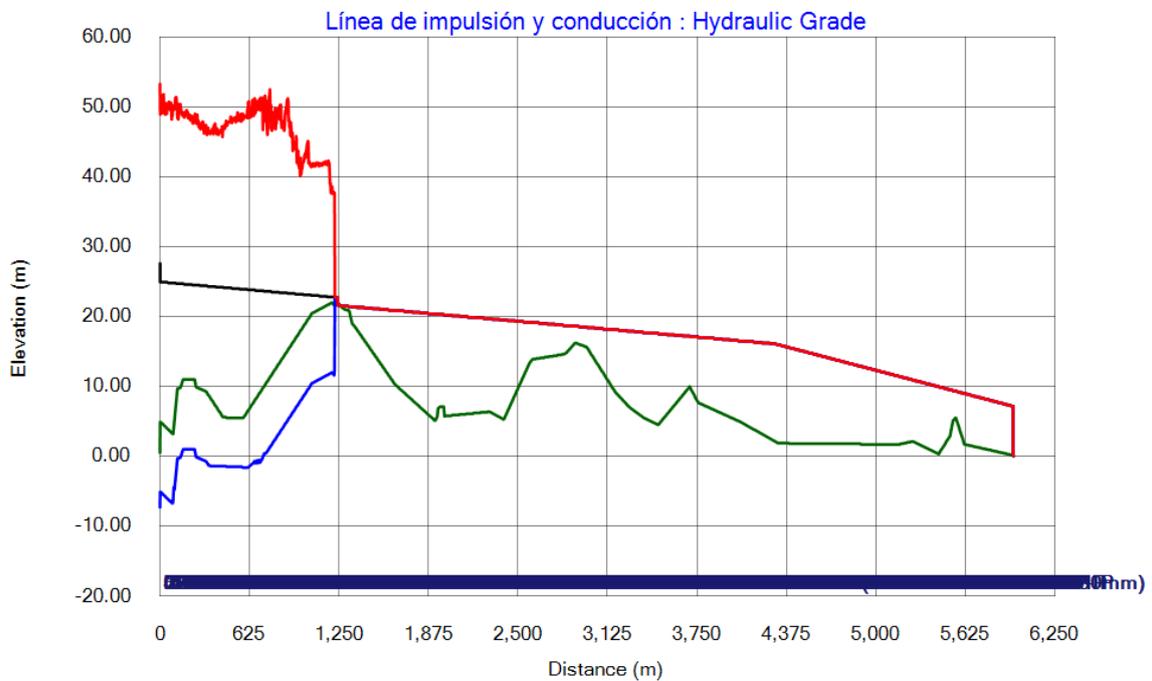


Figura 5.2: Perfil geométrico e hidráulico del sistema, para un evento de apagado repentino de bombas (Escenario con válvula de alivio D=150mm)

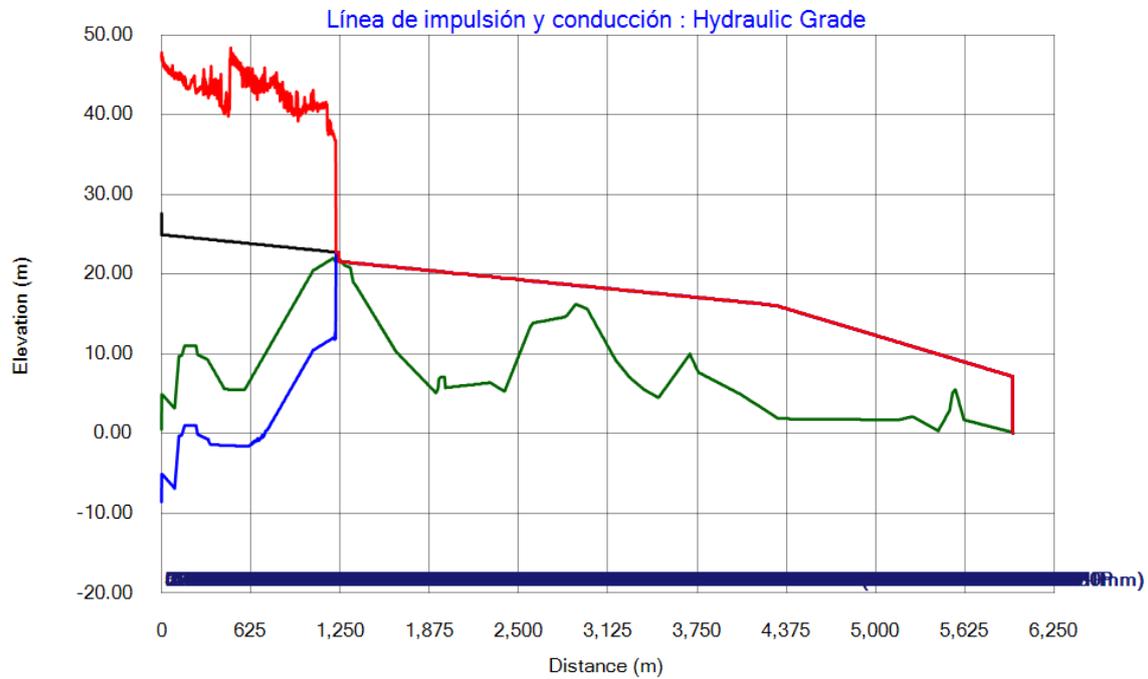
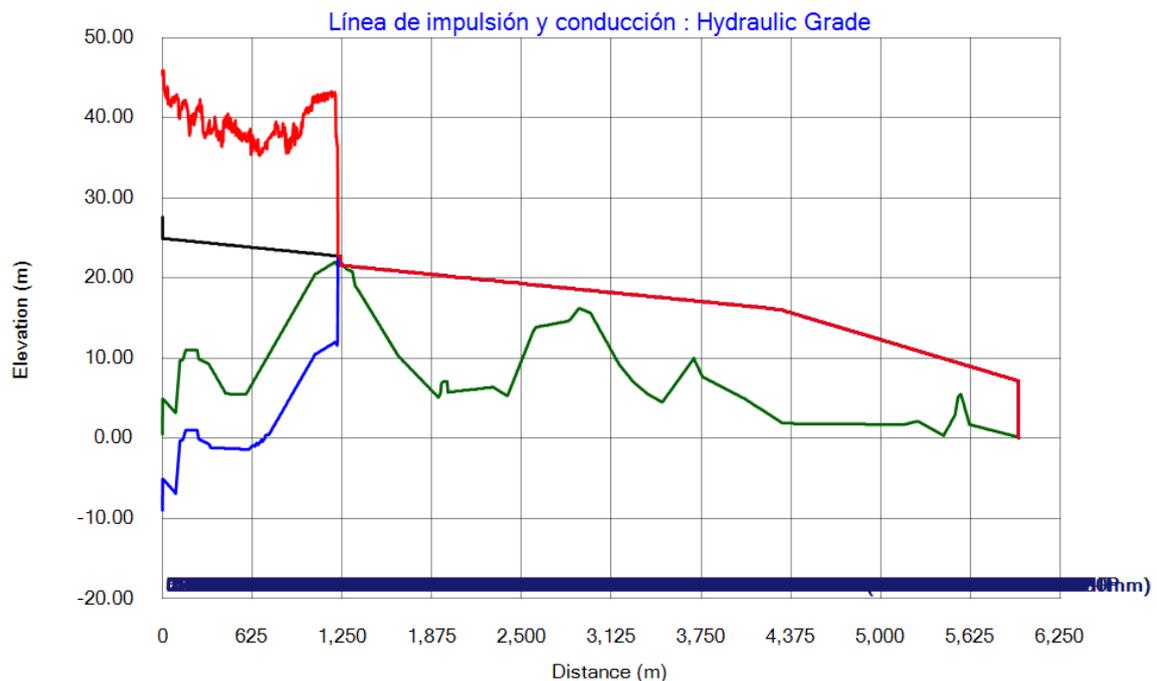


Figura 5.3: Perfil geométrico e hidráulico del sistema, para un evento de apagado repentino de bombas (Escenario con válvula de alivio D=200mm)



El análisis de los esquemas precedentes, permiten concluir que el evento crítico de apagado repentino de las bombas, genera sobrepresiones reducidas, que no superan la presión nominal de los accesorios y tubería (PN6 o 63 MPa). Adicionalmente resulta que los tres diámetros de válvulas evaluados, permiten una reducción similar de las sobrepresiones.

Por tanto, para minimizar riesgos de una eventual obturación de la válvula con material sólido contenido en el agua residual, se adopta para el proyecto un diámetro nominal de D= 150mm, para esta válvula de anticipación y alivio de sobrepresiones.

6 PRESUPUESTO

El presupuesto para la ejecución de las obras de construcción del presente estudios se estima en USD \$ **17,716,202.57** (diecisiete millones setecientos dieciséis doscientos dos con 57/100 dólares de los Estados Unidos de América), desglosados de la siguiente manera:

PRESUPUESTO DE LOS DISEÑOS DEFINITIVOS DE LA RED DE RECOLECCIÓN, SISTEMA DE BOMBEO E IMPULSIÓN DE LAS AGUAS SERVIDAS GENERADAS EN LA CUENCA INMACONSA EN LA VÍA A DAULE, CON DESCARGA EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO CERRO COLORADO	
1	SISTEMA DE COLECTORES Y SUBCOLECTORES \$ 6,096,273.54
2	ESTACION DE BOMBEO Y LINEA DE IMPULSION \$11,619,929.03
<hr/>	
Presupuesto Total sin IVA \$17,716,202.57	

Cuadro 6.1 Resumen del Presupuesto General

Fuente: Equipo Consultor

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A continuación, se presentan los puntos más sobresalientes, las conclusiones y recomendaciones del diseño definitivo de la estación de bombeo EB2:

- El caudal total al final del período de diseño de la EB2 es de 1150 l/s.
- Se prevé la instalación de cuatro bombas, las mismas que funcionarán tres en paralelo y una con funcionamiento alternado.
- Las características técnicas de los equipos de bombeo referenciales son:

Bomba Flygt Xylem o similar CT 3312/ 7363 830

Diámetro del impeler 555 mm.

Diámetro de salida 300 mm.

Diámetro de la succión 350 mm.

Motor CO73600043-44-BID.D 185 hp.

Frecuencia 60 hz.

Potencia nominal 138 KW

Velocidad nominal 885 rpm.

Tensión nominal 460 V.

- El estudio prevé condiciones normales de operación en forma integral, tanto de la estación de bombeo con el funcionamiento de tres bombas en paralelo con la línea de impulsión y la conducción desde el tanque rompe-presión hasta la estación de bombeo Cerro Colorado. Las velocidades se encuentran dentro de la normativa técnica aplicable; así como también el perfil geométrico de la línea de impulsión-conducción y las correspondientes líneas piezométricas del diseño hidráulico permiten asegurar el funcionamiento óptimo del sistema.
- La estación de bombeo EB2 está equipada con variadores de frecuencia, lo cual permitirá ajustar el caudal de bombeo de acuerdo a las necesidades reales dentro de la vida útil del proyecto.
- Los análisis de la modelación en flujo no permanente, permiten concluir que el evento crítico de apagado repentino de las bombas, genera sobrepresiones

reducidas, que no superan la presión nominal de los accesorios y tubería (PN6 o 0.63 MPa).

- El proyecto contempla la construcción de una línea de impulsión y conducción de aproximadamente 5991,00 metros de longitud, en tramos de tubería que varían entre 800 mm y 1000 mm., para poder transportar las aguas residuales captadas desde la estación de bombeo EB2 hasta la estación de bombeo de Cerro Colorado.
- El presupuesto para la ejecución de las obras de construcción del presente estudios se estima en USD \$ **17,716,202.57** (diecisiete millones setecientos dieciséis doscientos dos con 57/100 dólares de los Estados Unidos de América).