

ANEXO TECNICO

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA RED DE CONEXIÓN ENTRE EL EMBALSE CALANDAIMA Y LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE LOS MUNICIPIOS DE APULO Y TOCAIMA

TABLA DE CONTENIDO

1. ANTECEDENTES Y ALCANCE DEL PROYECTO	3
2. DIAGNÓSTICO.....	18
3. ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE DETALLE	18
 3.1. ELABORACIÓN DE LOS DISEÑOS DEFINITIVOS CORRESPONDIENTES A LA CONEXIÓN ENTRE LA CASA DE VÁLVULAS DEL EMBALSE CALANDAIMA Y LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LOS MUNICIPIOS DE APULO Y TOCAIMA	18
3.1.1. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS.....	19
3.1.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	28
3.1.3. DISEÑOS DETALLADOS DEL SISTEMA.....	29
 3.2. MODELO HIDRÁULICO.....	30
 3.3. PROGRAMAS DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA.....	31
3.3.1. Subprograma De Control De Conexiones Erradas¡Error! Marcador no definido.	
3.3.2. Subprograma de protección de rondas de cuerpos de agua.....	31
 3.4. PROPIEDADES, DERECHOS Y SERVIDUMBRES.....	31
 3.5. ASPECTOS AMBIENTALES	¡Error! Marcador no definido.

1. ANTECEDENTES Y ALCANCE DEL PROYECTO

La Gobernación de Cundinamarca y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) desde el año 2006 vienen ejecutando el proyecto: Embalse Calandaima, para el cual se han desarrollado estudios de pre factibilidad, factibilidad y estudios y diseños detallados como se describe a continuación:

ESTUDIOS DE PRE-FACTIBILIDAD

En el año 2006, la Gobernación contrató a la firma Viacimco Ltda, para elaborar el estudio de pre-factibilidad del “Proyecto de Embalse en la Cuenca del Río Calandaima”, ubicado en el municipio de El Colegio, sin embargo no se entregó información relacionada con el estudio ambiental.

Posteriormente, la Unión Temporal Calandaima, a través del contrato No. 1348 de 2008, realizó una consultoría para la CAR con el fin de actualizar y complementar la pre-factibilidad técnica, económica y ambiental del proyecto Calandaima, con el fin de suplir necesidades de suministro de agua, riego y control de inundaciones.

Este proyecto abarcó el estudio de alternativas donde se plantearon los siguientes aspectos:

- Tipos y ejes de presa a comparar
- Diseños a nivel de pre-factibilidad de la presa en tierra, el vertedero de excesos, la estructura de captación de la descarga de fondo y la desviación del Río Calandaima durante la construcción de las obras
- Estudio ambiental con objeto de tener la base documental para la posterior elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) en la etapa de factibilidad

Para el estudio de alternativas se tomaron dos alternativas de las cuales la única posibilidad real para emplazar la presa sobre el río Calandaima la ofrece el sitio escogido en los estudios anteriores, ubicado en las coordenadas 1.556.321 N; 1.654.335 E, se trata de un sitio ubicado aproximadamente a 3 kilómetros de la población de la Victoria, al cual se puede ingresar por medio de una carretera destapada que conduce hasta la finca de don Jorge León, en la cual se encuentra el vaso y el sitio de presa.

Las características del embalse se describen a continuación:

Tabla 1. Características del embalse

CARACTERISTICAS	DATOS
Fondo del río en el sitio de presa	2.066,0 m.s.n.m.
Nivel máximo de sedimentación frente a la captación	2.067,6 m.s.n.m.
Nivel de aguas mínimas de operación (N.AM.I.)	2.068,65 m.s.n.m.
Nivel de aguas máximas ordinario (N.AM.O.)	2.091,50 m.s.n.m.
Nivel de aguas máximas extraordinario (N.AM.E.)	2.092,56 m.s.n.m.
Nivel de la corona en la presa	2.094,0 m.s.n.m.
Volumen muerto	120.000 m ³
Volumen útil requerido	4.805.000 m ³
Volumen total requerido	4.925.000 m ³
Altura de la presa	28,0 m
Volumen de la presa	220.000 m ³

Fuente: Viacimco Ltda, 2009

ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

La CAR contrató una consultoría para la factibilidad técnica, económica y ambiental del proyecto de Embalse Calandaima en el año 2011.

En este estudio se hicieron los siguientes estudios:

- Selección del sitio óptimo de cierre, escogiendo la sección de emplazamiento de la presa de manera segura y confiable. Se estudiaron dos alternativas.
- Optimización de la altura de presa,
- Selección del tipo de presa, contemplando los materiales disponibles en la zona
- Diseño de obras anexas: vertedero de excesos, obra de toma y descarga de fondo y obra de desviación del río
- Análisis de las diferentes alternativas de utilización de la red vial existente para llegar al sitio del proyecto.
- Evaluación económica y presupuesto general: estimación de costos y beneficios
- Estudio de impacto ambiental y social

- Evaluación ambiental

DISEÑOS DETALLADOS Y ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS DEL PROYECTO DE EMBALSE CALANDAIMA

La CAR celebró el contrato 1186 de 2014 con EPAM S.A. ESP con el fin de hacer diseños detallados y estudios complementarios del proyecto de embalse Calandaima, cuyo objetivo es el suministro de agua para los acueductos municipales y veredales de Anapoima, Apulo, El Colegio, Tocaima y Viotá, durante los periodos de estiaje en los cuales sus fuentes de suministro normales no son suficientes para atender la demanda.

La zona donde se propone construir el proyecto no forma parte de áreas del sistema de parques nacionales naturales, reservas biológicas, santuarios de fauna y flora u otro tipo de áreas del Sistema de Parques Nacionales de Colombia. De igual manera, la zona del proyecto no forma parte de ningún territorio protegido de comunidades indígenas o negras.

El proyecto está localizado en una región de clima templado a frío, con precipitaciones anuales comprendidas entre 1.200 y más de 1.500 mm y temperatura media anual entre 11 y 16°C. El área de influencia directa, donde se construirá la presa y el embalse, está constituida por depósitos hidrogravitacionales. Sobre las laderas suaves se han desarrollado suelos de valor agropecuario medio (clase IV y VI) limitados por pendiente y bloques en algunos sectores, y por nivel freático muy alto y frecuentes inundaciones en el fondo del valle. La vegetación está conformada por pastos en las laderas suaves y por rastrojos bajos en las laderas de pendiente fuerte; una característica general del valle en la zona a inundar por el embalse es que no existe bosque ripario a lo largo del cauce. La actividad económica principal es de tipo agropecuaria tradicional, con nivel tecnológico tradicional a semimecanizado. En la zona a inundar no existen viviendas campesinas afectables, para cuyos habitantes sería necesario contemplar su reubicación. Dentro de su área de influencia indirecta, constituida por la cuenca del río Calandaima, se encuentran la cabecera municipal de Viotá y los centros poblados de La Victoria (El Colegio), San Gabriel (Viotá), y El Triunfo, La Paz y Patiobonito (Anapoima). Aunque quedan fuera de la cuenca, es necesario considerar también las cabeceras urbanas de El Colegio, Apulo, Tocaima y Anapoima, porque sus acueductos recibirán agua regulada en el embalse Calandaima.

Dentro de la zona a inundar no hay instalaciones o equipamientos colectivos de ningún tipo.

La cuenca del río Calandaima hasta el sitio de presa posee una extensión de 507,20 ha y el caudal medio del río en este punto es de 100 l/s, lo cual indica que el rendimiento hídrico es de 19,72 l/s/km², característico de la zona, que posee una lluvia media anual de 1.495 mm

El proyecto se justifica por razones fundamentalmente de suministro de agua a acueductos urbanos y rurales que sufren problemas de escasez en épocas de estiaje de sus fuentes, ocasionando racionamientos, pero también por razones sociales, técnicas y de adaptación al cambio climático:

- En efecto, mediante este embalse se pretende suministrar agua a los acueductos urbanos de El Colegio, Apulo, Viotá, Tocaima y Anapoima, además de los acueductos de centros poblados locales existentes dentro de la cuenca del río Calandaima y 37 acueductos veredales en los meses en que las fuentes tradicionales de suministro no sean suficientes para atender la demanda.
- Además del suministro de agua para acueductos, el embalse que se pretende construir tendrá un efecto de disminución drástica de las inundaciones y/o avenidas torrenciales de la parte media de la cuenca, debido al efecto regulador de crecidas del mismo.
- Eventualmente, siempre que el suministro para uso doméstico lo permita, el embalse podrá suministrar agua para riego de huertas, si bien el área a irrigar sería relativamente limitada, dado el caudal bajo del río Calandaima en el sitio del embalse. En la actualidad la zona potencial de riego mantiene una ganadería extensiva de doble propósito, así como cultivos de legumbres.
- La zona está a menos de tres horas de la capital de la República por carreteras pavimentadas de buenas especificaciones en su mayor parte, lo cual asegura un mercado directo con el principal centro de consumo del país. Esto permitirá aumentar la competitividad económica de la región Bogotá-Cundinamarca, propósito en el cual han venido trabajando desde hace varios años las autoridades económicas regionales y nacionales.
- De otro lado, la región donde se ubica el embalse se caracteriza por una agricultura y una ganadería tradicional de bajos rendimientos, por lo cual la presencia del embalse permitirá reactivar la economía agropecuaria local y crear nuevas fuentes de empleo, ligadas al desarrollo de actividades como la recreación y el turismo. Asimismo, el embalse contribuirá a regular los usos

de la tierra en la cuenca alta, pues aumentará la conciencia sobre la necesidad de conservar y aumentar los bosques.

- Asimismo, dado que el efecto del cambio climático será una intensificación de la irregularidad de los caudales de las cuencas, con crecidas más intensas y veranos más pronunciados, el embalse será una obra fundamental para la adaptación al cambio climático, no sólo de las poblaciones urbanas sino de las comunidades rurales agropecuarias de la región.
- El proyecto tienen un costo significativamente alto en relación con el caudal a regular, por lo cual su viabilidad económica no debe buscarse en su rentabilidad económica sino en los servicios sociales y ambientales que representa, en especial el suministro de agua para uso doméstico de una región que anualmente sufre escasez del líquido, y en la regulación y control de avenidas torrenciales.

DESCRIPCIÓN DEL EMBALSE CALANDAIMA

El proyecto de embalse Calandaima consiste en la construcción de las obras necesarias para crear un embalse que suministre agua a los acueductos urbanos de Apulo, El Colegio, Tocaima, Viotá y Anapoima con el fin de cubrir los déficits en los momentos en que las fuentes propias resulten insuficientes. Incluye un suministro adicional a los acueductos veredales para el riego de huertas.

Para cumplir con este objetivo, se ha previsto una presa de 30 m de altura máxima hasta el fondo del río con sus obras anexas las cuales crearán un embalse con un volumen total de 4.563.260 m³, un volumen muerto de 415.000 m³ y un volumen útil de 4.148.260 m³, con un área inundada de 32 ha y una longitud de 620 m (a la cota del N.A.M.O. (nivel de agua máximo ordinario) de 2.045 msnm).

Las obras anexas están conformadas por un conducto de desviación, una estructura de captación, una descarga de fondo y un vertedero de excesos, atendidos por una caseta de válvulas en donde estarán alojadas las oficinas y el centro de operación del Proyecto.

Descripción de la presa



Avenida Calle 24 No. 51-40 Piso 11, Bogotá D.C., Colombia, Teléfono: 7954480
www.epc.com.co Empresas Públicas de Cundinamarca SA @EPC_SA

ISO 9001:2008
NTCP 1000:2009
BUREAU VERITAS
Certification
CO243138/GPO326



La estructura propuesta en los presentes estudios consiste en una presa de tierra zonificada, con núcleo central. Desde el fondo del río, la altura máxima de la obra es de 30 m. La corona se encuentra en la cota 2.049,50 m.s.n.m, posee un ancho de ocho metros y una longitud de 323 m. Los espaldones están conformados por materiales limo arcillosos compactados en capas de veinte centímetros. El ángulo de fricción y la cohesión en condiciones drenadas varían entre 20,6° y 21°, y 0,35 y 0,49 kilogramos por centímetro cuadrado, respectivamente y la permeabilidad k varía entre 4,68E-08 y 1,04E-06 cm/s.

El núcleo central será de limos arcillosos o arcilla limosa con un ángulo de fricción interna de 21 grados, una cohesión de 12 kN/m², un peso unitario de 17 kN/m³ y una permeabilidad de 4,68E-08 cm/s.

La evacuación del flujo de infiltración dentro de la presa se efectuará mediante un drenaje de chimenea de tres metros de ancho, protegido por los correspondientes filtros. Estos elementos estarán compuestos por gravas y arenas gradadas.

El talud de aguas arriba estará protegido mediante un enrocado de protección formado por dos capas de bloques con un diámetro medio de treinta centímetros cada uno. Sobre la corona se colocará una capa de recebo compactado de veinte centímetros de espesor. La inclinación del talud de aguas arriba es de 1V:2,5H y la del talud de aguas abajo es de 1V:2,4H.

Con el fin de impermeabilizar la fundación y para mejorar las características de la roca, se implementarán cortinas de impermeabilización y de consolidación con una profundidad igual a 2/3 la altura de la presa. Esas cortinas estarán conformadas de cemento, fundamentalmente. La brecha cortaflujo tendrá una profundidad máxima de 6,0 m y se excavará sólo en la zona de empalme del núcleo con la fundación.

Adicionalmente, se construirán dos diques para cerrar unos sillares en el perímetro del embalse. Los materiales utilizados en su construcción serán los mismos empleados en la presa principal. El dique 1 tendrá una corona con una longitud de 199,5 m y un ancho de 6,0 m. Su altura máxima hasta el fondo del río será de 22,1 m. La corona está en la cota 2.048,0 m.s.n.m y el fondo del río en la cota 2.025,9 m.s.n.m. El talud de aguas arriba es de 1V:2,5H y la del talud de aguas abajo es de 1V:2,4H.

El dique 2 tendrá una corona con una longitud de 23,7 m y un ancho de 4,0 m. Su altura máxima hasta el fondo del río será de 2,5 m. La corona está en la cota 2.048,0 m.s.n.m y el

fondo del río en la cota 2.045,5 m.s.n.m. El talud de aguas arriba es de 1V:2,0H y la del talud de aguas abajo es de 1V:2,0H.

Descripción de las obras de desviación durante la construcción de la presa

Las obras de desviación del río Calandaima durante la construcción de la presa y sus obras anexas estarán compuestas de un canal de empalme, un conducto de desviación, un canal de entrega, un tanque de confinamiento del resalto hidráulico y una ataguía.

El canal de empalme conduce los caudales desde el río Calandaima, en inmediaciones de la presa, hasta el portal de entrada del conducto de desviación. Se trata de una estructura excavada en tierra con sección trapezoidal de 231 m de longitud.

El conducto de desviación es una obra longitudinal de concreto reforzado localizada en el costado derecho del embalse y que se emplaza por debajo de la presa de tierra, perpendicular al eje de ésta y construido sobre un canal excavado con estos propósitos. La longitud del conducto cerrado es de 165 m. La sección transversal externa del conducto es en cúpula con paredes inclinadas para facilitar la compactación del terreno que lo cubrirá. La sección transversal interna es en herradura, con un diámetro de 3,2 m y la pendiente longitudinal es variable. El conducto se diseñó con una capacidad hidráulica suficiente para transportar, de manera segura, la creciente con un período de retorno de 100 años cuyo valor es de 54,56 m³/s.

El canal de entrega se construirá a continuación del conducto cerrado con sección transversal rectangular y muros de concreto reforzado. Tiene el propósito de conducir los caudales provenientes del conducto de desviación al río Calandaima, inmediatamente aguas abajo de la presa y posee una longitud de 35 m con un ancho de 4,0 m. Este canal también se diseñó con una capacidad hidráulica suficiente para transportar, de manera segura, la creciente con un período de retorno de 100 años.

El tanque de confinamiento del resalto hidráulico es la estructura mediante la cual se hace la entrega final de los caudales evacuados por el conducto de desviación y por la rápida del vertedero. Por lo tanto, se trata de una obra común a la desviación y al vertedero, dado que tanto la rápida como el canal de entrega convergen a este tanque. Esta obra es de concreto reforzado, con una longitud de 15 m, un ancho de 10 m y con el fondo en la

cota 1.994,0 m.s.n.m. En la sección final del tanque se ha previsto un muro transversal con la corona en la cota 1.997,0 m.s.n.m. el cual mejorará las condiciones de confinamiento del resalto hidráulico, asegurando una disipación de energía controlada.

La ataguía será un terraplén homogéneo en tierra con una altura de 8,0 m a partir del fondo del cauce y quedará integrada a la presa principal. El talud de aguas arriba tendrá una inclinación de 1V:2,5H, igual al de la presa principal y la inclinación del talud de aguas abajo será de 1V: 2,2H. La corona posee una longitud de 180 m y se encuentra en la cota 2.028,0 m.s.n.m. con el fondo del río en la cota 2.020,0 m.s.n.m. El volumen de llenos en la ataguía es de 53.456 m³.

Descripción de la estructura de captación y de la descarga de fondo

La captación consiste en una torre adosada al conducto de desviación, conectada con la tubería de descarga y con la tubería de conducción, ambas ubicadas dentro del conducto de desviación del río durante la construcción de las obras. En su extremo superior la torre posee un prisma cúbico de concreto con cuatro orificios cuadrados en planos verticales para la captación, implementados con rejillas y un orificio cuadrado en un plano horizontal sobre la cubierta, también protegido con rejillas. Cada orificio vertical posee un ancho de 1,50 m y una altura de 0,50 m y se dimensionaron de tal manera que la velocidad de aducción no fuera superior a 1,0 m/s, para evitar obstrucciones con basura en las rejillas. El orificio superior sobre un plano horizontal es cuadrado, con un ancho de 2,0 m. La distancia entre las platinas verticales de la captación es de 0,10 m, debido a que no es necesario retener basura demasiado fina, lo cual, además disminuye la posibilidad de obturaciones-. Después de captados mediante los orificios, los caudales son conducidos al pozo vertical de la torre de 1,50 m. Esta torre empalma en su extremo inferior con el conducto de desviación el cual conduce los caudales captados en una longitud de 78 m. A continuación y coincidiendo con el eje de la presa se implementará un tapón de concreto a partir del cual se desprende la tubería de descarga de 0,90 m de diámetro (36 pulgadas) y la tubería de conducción con un diámetro de 0,60 m (24 pulgadas). Estas dos tuberías continúan sobre silletas de concreto a lo largo del conducto de desviación en una longitud de 78 m hasta la caseta de válvulas.

Como se ve, se ha previsto el espacio para la instalación de una tubería de conducción de 24 pulgadas, de tal manera que la velocidad del flujo en ella no supere 1,5 m/s, para optimizar el valor de las pérdidas de energía. Sin embargo, el verdadero diámetro de esta tubería deberá ser definido en el momento en que se realice el dimensionamiento de esta obra, dado que ésta no está contemplado en el presente contrato. Por este motivo, se muestra la tubería de conducción sólo hasta la casa de válvulas con un tapón a partir del cual se deberá definir su trazado completo hasta cada uno de los acueductos propuestos.

La tubería de descarga termina en una válvula cónica (Howell Bunker) que tiene una válvula de guarda tipo mariposa. La válvula cónica descarga los caudales en un recinto cerrado con paredes blindadas que recibirán el impacto del chorro. Este recinto posee un tanque que concentra el flujo y lo conduce un canal abierto de 4,0 m de ancho y de pendiente fuerte el cual lo entrega, finalmente, al tanque de confinamiento del resalto hidráulico con el cual finaliza la rápida del vertedero, por lo cual, la estructura de entrega del flujo de estas dos estructuras es única y común.

Descripción del vertedero de excesos

El vertedero de excesos se encuentra emplazado en la margen derecha del río Calandaima. La estructura posee los siguientes elementos: 1. Canal de aducción; 2. Azud del vertedero; 3. Sección de control; 4. Estructura de conducción (rápida); 5. Estructura de entrega (tanque y muro de confinamiento del resalto hidráulico) y 6. Obra de protección del río Calandaima..

El canal de aducción es de sección transversal trapezoidal, con taludes laterales inclinados a 45º y un ancho en la plantilla que varía de 15 a 10 m. Posee la solera ubicada en la cota 2.043,50 m.s.n.m. y está destinado a conducir los caudales del embalse hacia la sección de control en el azud del vertedero de manera suave.

El azud del vertedero consiste en una estructura de concreto simple que en su tramo de vertimiento adquiere un perfil tipo Creager. Desde la solera del canal de aducción hasta la cresta su altura es de 1,5 m. La cresta está ubicada en la cota 2.045,00 m.s.n.m. Con el caudal de diseño, igual a 58,67 m³/s la lámina sobre el vertedero es de 1,88 m. La cimentación de esta obra posee un dentellón con la finalidad de mejorar las condiciones

de estabilidad. La sección de control es rectangular y se encuentra sobre la cresta del azud.

La rápida consiste en un canal de conducción de pendiente longitudinal variable y de sección transversal rectangular, la cual genera un flujo supercrítico. El canal de la rápida posee un ancho constante de 10,0 m. La longitud total del vertedero es de 189,77 m y la longitud de la rápida es de 166 m.

La estructura de entrega consiste en un tanque y un muro frontal al final del tanque. Estas dos obras están destinadas a confinar el resalto hidráulico. El tanque posee una longitud de 15,0 m y un ancho de 10,0 m, igual al ancho de la rápida. El fondo del tanque se encuentra en la cota 1.994,00 m.s.n.m. El muro de confinamiento posee una longitud de 10,0 m y la corona se encuentra en la cota 1.997 m.s.n.m. por lo cual, su altura es de 3,0 m respecto al fondo del tanque pero es de 1,0 m respecto al terreno original en el sitio de emplazamiento.

Inmediatamente aguas abajo del tanque de confinamiento y del muro frontal, se dispone de una losa de concreto de 5,0 m de longitud y de un enrocado de protección a lo largo del cauce, en una extensión de 24,0 m. Los bloques del enrocado poseen un diámetro de 1,0 y serán estables al paso de una creciente con una velocidad de hasta 5,0 m/s.

La construcción de la presa y su correspondiente embalse implicará la afectación de 9 predios que será necesario adquirir. El costo de estos predios y viviendas se ha estimado en un máximo de \$ 2.578.763.276 millones de pesos. Se adecuará la vía de acceso al embalse en un tramo de 1,9 km, desde el cruce con la carretera La Victoria – Viotá hasta el embalse.

En el presente estudio se demuestra que los impactos negativos de embalse proyectado sobre los suelos, el agua, el aire, el ruido, el medio biótico y las condiciones sociales y económicas de la zona tienen una baja significación. En cambio, los beneficios que se lograrán con él son muy altos en términos de suministro de agua para acueductos, para eliminar los racionamientos que se presentan en épocas de estiaje de sus fuentes actuales de suministro. Además, las especificaciones ambientales adoptadas permitirán evitar, mitigar y/o compensar los impactos negativos que se llegaren a dar.

En total, el plan de manejo propuesto tiene un costo de \$ 1.301.020.770 de 2015 durante la construcción, que representan el 2,5% de la inversión en la construcción del proyecto, estimada en \$ 50.580.155.030 de 2015 (antes de IVA). La recuperación, preservación y

vigilancia de la cuenca se estima en \$ 449.865.462 de 2015 (incluida en los costos ambientales).

A continuación se presentan los datos y parámetros relevantes del Proyecto.

FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO CALANDAIMA		
Parámetro	Unidad	Cantidad
1. Características del río Calandaima y de la cuenca		
Área de la cuenca del río Calandaima hasta el sitio de presa	km ²	5,07
Longitud total del río Calandaima	km	25,0
Longitud del río Calandaima hasta el sitio de presa	km	3,16
Pendiente longitudinal media	%	16,19
Caudal medio del río Calandaima en el sitio de presa	m ³ /s	0,100
Rendimiento medio de la cuenca hasta el sitio de presa	l/s/ km ²	19,72
Caudal mínimo del río Calandaima en el sitio de presa	m ³ /s	0,018
Creciente máxima probable en el sitio de presa	m ³ /s	287
Creciente máxima probable transitada en el sitio de presa	m ³ /s	58,67
2. Características del embalse		
Volumen útil del embalse	m ³	4.148.260
Volumen de sedimentación del embalse	m ³	245.984
Volumen muerto del embalse	m ³	415.000
Volumen total del embalse	m ³	4.563.260
Área total inundada con el (NAME)	ha	34,6
Área total inundada con el (NAMO)	ha	32,0
Tipo de regulación	-	Anual
Porcentaje de regulación	%	67,43
Coeficiente de capacidad del embalse	-	1,31
Nivel de agua máximo extraordinario (N.A.M.E)	m.s.n.m	2.046,88
Nivel de agua máximo ordinario (N.A.M.O)	m.s.n.m	2.045,00
Nivel de agua mínimo de operación (N.A.M.I)	m.s.n.m	2.025,45
Cota del fondo del embalse	m.s.n.m	2.019,50
3. Características de la presa		
Ubicación	m	991.849 N – 963.193 E
Tipo de presa	-	Presa de tierra con núcleo central
Cota de la corona	m.s.n.m	2.049,50

FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO CALANDAIMA		
Cota de la cimentación de la presa hasta el fondo del río	m.s.n.m	2.019,50
Borde libre a partir del N.A.M.E	m	2,62
Altura máxima	m	30
Longitud de la corona	m	323
Ancho de la corona	m	8
Inclinación del talud de aguas arriba	m	H 2,5 : V 1,0
Inclinación del talud de aguas abajo	m	H 2,4 : V 1,0
Ancho de la corona del núcleo central	m	8,0
Inclinación de los taludes del núcleo	m	H 1,00 : V 2,0
Volumen total de la presa incluyendo la ataguía	m ³	630.564
Volumen de la ataguía	m ³	53.456
Volumen de los espaldones	m ³	378.376
Volumen del núcleo central	m ³	133.793
Volumen de drenaje y filtros	m ³	53.722
Volumen del enrocado de protección	m ³	9.604
Volumen de recebo en la corona y en la vía sobre los taludes	m ³	1.613
Material de los espaldones	-	Material limo arcilloso de mayor permeabilidad
Material del núcleo central	-	Material limo-arcilloso de menor permeabilidad
Material de los drenajes	-	Gravas
Material de los filtros	-	Arenas con gravas
Área ocupada por la presa y obras anexas	ha	5,5
4. Características del dique 1		
Ubicación	m	992.125 N –963.500 E
Tipo de dique	-	Dique de tierra con núcleo central
Cota de la corona	m.s.n.m	2.048,00
Cota de la cimentación del dique hasta el fondo del río	m.s.n.m	2.025,90
Borde libre a partir del N.A.M.E	m	1,12
Altura máxima	m	22,1
Longitud de la corona	m	199,5
Ancho de la corona	m	6
Inclinación del talud de aguas arriba	m	H 2,5 : V 1,0
Inclinación del talud de aguas abajo	m	H 2,4 : V 1,0

FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO CALANDAIMA			
Volumen total del dique	m ³	114.855	
Volumen de los espaldones	m ³	72.123	
Volumen del núcleo central	m ³	26.850	
Volumen de drenaje y filtros	m ³	12.449	
Volumen del enrocado de protección	m ³	3.029	
Volumen de recebo en la corona	m ³	404	
Material de los espaldones	-	Material limo arcilloso de mayor permeabilidad	
Material del núcleo central	-	Material limo-arcilloso de menor permeabilidad	
Material de los drenajes	-	Gravas	
Material de los filtros	-	Arenas con gravas	
5. Características del dique 2			
Ubicación	m	991.800 N – 963.660 E	
Tipo de dique	-	Dique de tierra con núcleo central	
Cota de la corona	m.s.n.m	2.048,00	
Cota de la cimentación del dique hasta el fondo del río	m.s.n.m	2.045,50	
Borde libre a partir del N.A.M.E	m	1,12	
Altura máxima	m	2,5	
Longitud de la corona	m	23,7	
Ancho de la corona	m	4	
Inclinación del talud de aguas arriba	m	H 2,0 : V 1,0	
Inclinación del talud de aguas abajo	m	H 2,0 : V 1,0	
Volumen total del dique	m ³	660,5	
Volumen de los espaldones	m ³	257	
Volumen del núcleo central	m ³	187	
Volumen de drenaje y filtros	m ³	169,5	
Volumen del enrocado de protección	m ³	74	
Volumen de recebo en la corona	m ³	33	
Material de los espaldones	-	Material limo arcilloso de mayor permeabilidad	
Material del núcleo central	-	Material limo-arcilloso de menor permeabilidad	
Material de los drenajes	-	Gravas	
Material de los filtros	-	Arenas con gravas	

FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO CALANDAIMA			
6. Características del vertedero			
Ubicación	-	Margen derecha del río Calandaima	
Tipo de vertedero	-	De ladera. Azud con perfil Creager y rápida continua	
Caudal de diseño (creciente máxima probable, transitada a lo largo del embalse)	m ³ /s	58,67	
Cota fondo del canal de aducción	m.s.n.m	2.043,50	
Cota de la cresta	m.s.n.m	2.045,00	
N.A.M.O. (Nivel de agua máximo ordinario)	m.s.n.m	2.045,00	
N.A.M.E. (Nivel de agua máximo extraordinario)	m.s.n.m	2.046,88	
Ancho del vertedero	m	10	
Longitud total del vertedero	m	189,77	
Longitud de la rápida	m	166	
Longitud del tanque de confinamiento	m	15	
Ancho del tanque de confinamiento	m	10	
Cota fondo del tanque de confinamiento	m.s.n.m	1.994,00	
Altura del muro de confinamiento	m	3,0	
Cota cresta del muro de confinamiento	m.s.n.m	1.997,00	
Longitud del enrocado de protección	m	24,0	
Diámetro del enrocado de protección	M	1,0	
7. Características de la captación			
Ubicación	m.s.n.m	Sobre el conducto de desviación, aguas arriba de la presa	
Tipo de captación	-	Torre - Toma	
Caudal de diseño (para desocupar el embalse)	m ³ /s	10,83	
Cota de la solera de los orificios de captación	m.s.n.m	2.024,40	
Cota de la clave de los orificios de captación	m.s.n.m	2.024,90	
N.A.M.I. (Nivel de agua mínimo de operación)	m.s.n.m	2.025,45	
Nivel de sedimentación frente a la captación	m.s.n.m	2.024,40	
Longitud de la torre	m	2,20	
Longitud de la tubería de descarga	m	78	
Diámetro de la tubería de descarga	m	0,90	
8. Características de la desviación durante construcción			

FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO CALANDAIMA		
Ubicación	m.s.n.m	Margen derecha del río Calandaima
Tipo de desviación	-	Conducto de concreto
Caudal de diseño (Tr = 100 años)	m ³ /s	54,56
Cota de la solera en la sección inicial	m.s.n.m	2.019
Cota de la solera en la sección final	m.s.n.m	2.008
Cota de la corona de la ataguía	m.s.n.m	2.028,00
Altura de la ataguía	m	8,0
Sección transversal. Diámetro del conducto	m	3,20
Longitud del conducto de desviación	m	165
9. Características del suministro de agua a los acueductos por parte del embalse Calandaima		
Caudal medio diario del acueducto de Apulo	l/s	17,05
Caudal medio diario del acueducto de El Colegio	l/s	49,69
Caudal medio diario del acueducto de Tocaima	l/s	37,20
Caudal medio diario del acueducto de Viotá	l/s	18,13
Caudal medio diario del acueducto de Anapoima	l/s	79,2
Caudal medio diario de los acueductos rurales	l/s	79,89
Caudal medio diario total	l/s	281,11
Caudal máximo diario del acueducto de Apulo	l/s	22,17
Caudal máximo diario del acueducto de El Colegio	l/s	62,11
Caudal máximo diario del acueducto de Tocaima	l/s	48,35
Caudal máximo diario del acueducto de Viotá	l/s	23,57
Caudal máximo diario del acueducto de Anapoima	l/s	98,95
Caudal máximo diario de los acueductos rurales	l/s	99,86
Caudal máximo diario total	l/s	355,01
10. Datos climatológicos de la subcuenca del río Calandaima		
Precipitación media anual	Mm	1.495
Evaporación media multianual	mm/año	850
Temperatura media multianual	Cº	178
Humedad relativa media mensual multianual	%	83

Dando consecución a las acciones realizadas por la Gobernación y la CAR, se presentó el proyecto denominado “Acueducto Regional Calandaima – I Fase (Embalse)” ante el

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), con el fin de obtener un concepto de proyecto técnicamente aceptable.

Como resultado de aquella solicitud, el MVCT objetó que no podía dar la viabilidad a este proyecto debido a que no era un proyecto funcional, por no tener diseñadas las conexiones a los acueductos mencionados dentro del estudio. Por esta razón, surgió la necesidad de vincular al proyecto “Acueducto Regional Calandaima – I Fase (Embalse)”, el de la conexión entre el embalse Calandaima y las Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de los municipios de Apulo y Tocaima, quienes actualmente tienen concesiones sobre el Río Calandaima, dejando una posible conexión para Anapoima a lo largo de esta línea.

2. DIAGNÓSTICO

El consultor tendrá en cuenta la información existente, para lo cual deberá consultar en las siguientes entidades:

- Empresas Públicas de Cundinamarca SA ESP
- CAR
- Información existente en el Municipio y Departamento, como Planes de Desarrollo, Sectoriales, etc.
- La información existente en las diferentes Corporaciones Autónomas de la respectiva jurisdicción.
- Igualmente deberá investigar por su propia cuenta la existencia de información adicional de referencia disponible tanto en las entidades ya mencionadas, como en otras, incluyendo aquellas dependencias que manejan información especializada como el IGAC, IDEAM, DANE, etc.
- En caso de no existir información básica el consultor debe levantarla o construirla con sus propios medios

3. ELABORACIÓN DE DISEÑOS DE DETALLE

3.1. ELABORACIÓN DE LOS DISEÑOS DEFINITIVOS CORRESPONDIENTES A LA CONEXIÓN ENTRE LA CASA DE VÁLVULAS DEL EMBALSE CALANDAIMA Y LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE LOS MUNICIPIOS DE APULO Y TOCAIMA

Una vez realizada la etapa preparatoria de la consultoría y haber finalizado el levantamiento topográfico, se procederá a la elaboración de los diseños definitivos de la red de conexión entre la

torre de captación del embalse hasta las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de los municipios de Apulo y Tocaima.

Se deberá tener en cuenta para el diseño, los caudales que se deben suministrar a dichos municipios, de acuerdo al análisis realizado dentro de los diseños detallados y estudios complementarios del Proyecto de Embalse Calandaima, los cuales variarán a lo largo del año.

El consultor adelantará otros estudios tales como estructurales, hidráulicos, geotécnicos y otros que se consideren necesarios para el desarrollo del proyecto.

En caso de ser necesario adelantar obras complementarias, se deberá hacer mención de las mismas e incluirlas dentro del plan de inversiones del proyecto y en el cronograma de ejecución de actividades del mismo.

3.1.1. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

Consideraciones Generales

- Los levantamientos deben tener como mínimo la información que permita describir el terreno de forma precisa, además de todas las características y detalles que sean relevantes y que se encuentren dentro del área de influencia del proyecto.
- Se deben levantar los sitios de sondeos y de estudios geotécnicos para localizarlos en los planos.
- Los planos de planta, perfiles longitudinales y secciones transversales se dibujan a la escala requerida según el tipo de levantamiento.

NOTA. *El levantamiento del corredor deberá hacerse preferencialmente a lo largo de vías de comunicación existentes, para evitar procesos de adquisición parcial o servidumbres*

Presentación de los trabajos

- Las obras de la red de conexión del Embalse Calandaima con las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de los municipios de Apulo y Tocaima deberán estar geo referenciados en el Sistema de Coordenadas Geográficas, con geoide Magna Sirgas Colombia Bogotá.
- Para la elaboración de planos y con el objeto de diferenciar y comparar los datos, deberá utilizarse el Sistema de Proyección de Coordenadas Planas Magna Sirgas Colombia origen Bogotá cuyos parámetros son:

Datum Geodésico	Coordenadas Planas Magnas Sirgas Bogotá
Origen Latitud Norte:	04° 35' 46.3215"
Origen Latitud Este:	-74° 04' 39.0285"
Coordinada Norte:	1'000.000 metros
Coordinada Este:	1'000.000 metros

- La presentación de planos en formato análogo (ploteados) deberá realizarse tamaño pliego (0.9 x 0,6 m), a escala 1:1.000 o 1:500 y/o según el tamaño de la obra. En

todo caso el interventor verificará que el tamaño de la escala utilizado cumpla con la calidad suficiente para ser utilizado en obra o evaluación.

- Para los levantamientos realizados con GPS, se debe presentar copia de datos crudos en formato RINEX.
- Se deberá presentar copia de cálculos y ajustes de las poligonales
- Se deberá presentar copia de las certificaciones de los puntos de apoyo expedidas por el IGAC, no mayor de dos meses de la fecha del levantamiento.
- Copia de cartera del levantamiento topográfico o copia de los datos crudos de las estaciones, en medio digital y física.
- La presentación en formato digital (ArcGis, CAD, PDF, informes, otros archivos) deberá realizarse en un CD (Disco Compacto), debidamente etiquetado. El formato para la etiqueta deberá ser diligenciado en su totalidad, para la caja y para el CD. El formato será entregado por la interventoría del contrato.
- Se deberá entregar una carpeta que contenga todos los archivos entregados de manera ordenada (archivo unificado).
- Para la ubicación en planos de la red conexión del Embalse Calandaima a las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de los municipios de Apulo y Tocaima y de sus componentes (válvulas, tanques, estaciones de bombeo, estructuras de control etc.). EL CONSULTOR realizará los trabajos topográficos requeridos, haciendo los respectivos levantamientos planimétricos y altimétricos amarrados al sistema de coordenadas IGAC Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS en los sitios determinados.
- El levantamiento debe iniciarse a partir de placas georeferenciadas y certificadas por el IGAC en un tiempo no mayor de dos meses. Los levantamientos podrán efectuarse a través de métodos convencionales (Formato Archivo Digital: Teodolito o Estación Total) cuya precisión real mínima sea de 3" (tres segundos) ó Satelital (Formato Rinex: GPS).

Placas de amarre y Referencias

Para la ejecución de estas actividades, se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

- Los puntos de apoyo para los amarres de trabajos planimétricos y altimétricos deberán estar certificados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi con un periodo inferior a dos (2) meses.
- Se tendrá que verificar que los vértices a los cuales se van a amarrar los trabajos topográficos no se encuentren destruidos, deteriorados, o que den algún indicio de haber perdido su posición original.
- Para los levantamientos planimétricos el traslado de las coordenadas de los apoyos deberá realizarse mediante comprobación a dos diferentes apoyos o vértices y con cierre.
- Para los levantamientos altimétricos estos se deben realizar haciendo nivelación y contranivelación para poder determinar el error de cierre.

- Para la comprobación de cota de los NP's o puntos con cota determinada geométricamente, se debe calcular la diferencia de altura entre dos de estos puntos.
- Se dejarán como mínimo tres (3) mojones de concreto debidamente referenciados para su rápida localización (al menos un mojón deberá ubicarse en puntos de referencia de fácil ubicación y acceso y bajo custodia como escuelas, iglesias y/o salones comunales) penetrarán por lo menos ochenta centímetros dentro del terreno y en la cara superior tendrá incrustada una placa metálica de cobre o bronce y dándole coordenadas y cota real tomando como referencia la información del IGAC e identificación correspondiente y el nombre de la entidad contratante, orientándolos al norte magnético que permita la localización posterior de las estructuras. Dichos mojones deberán incluirse en un plano de localización.
- El CONSULTOR será responsable que los Puntos de Referencia (P.R.) permanezcan en buen estado y debidamente afianzados durante todo el tiempo que dure el estudio hasta su aprobación final. El número mínimo de P.R. será:
 - Trazado de tuberías: 1 PR cada 500 m, siempre y cuando entre cada PR no se presente cambios significativos en los alineamientos, elementos, estructuras o accesorios.
 - Recintos de estanques, obras de captación, casetas, obras civiles en general Mínimo 2 PR por cada recinto.
- Para posicionamientos con GPS debe utilizarse el método relativo o diferencial (DGPS) con una solución por el método de post proceso ya que este tipo de posicionamiento minimiza los errores sistemáticos asociados con los relojes del satélite y las efemérides.
- Para hacer un posicionamiento diferencial (DGPS) se necesitan mínimo dos receptores, uno de ellos debe estar en un vértice certificado por el IGAC. La separación mínima entre la base y el rover para equipos de una frecuencia no debe superar los 10 Kilómetros, para equipos de doble frecuencia debe ser inferior a los 100 kilómetros.
- Las observaciones deben hacerse simultáneamente entre el receptor de la base y el rover, los receptores pueden ser de distintas casas fabricantes siempre y cuando utilicen el formato único para archivos RINEX (Receiver Indepent Extrache).
- El tiempo mínimo de rastreo para levantamientos estáticos debe calcularse mediante la fórmula: Tiempo= 25 minutos + 5 minutos por kilómetro de separación entre la base y el rover.
- Los puntos calculados deben provenir como mínimo de dos diferentes bases.

Equipos de topografía

Los levantamientos planimétricos pueden realizarse mediante el empleo de estaciones totales cuya precisión angular sea menor o igual a 3" (Tres segundos) o mediante el empleo del sistema GPS. Los levantamientos deben realizarse con las siguientes especificaciones mínimas:

- Los equipos utilizados deben estar en perfecto estado, con certificados de calibración con vigencia de seis (6) meses; se debe hacer las revisiones

regularmente para garantizar el buen funcionamiento de los mismos y en caso de haber algún indicio de que no sea así llevarlo a mantenimiento.

- Los bastones deben tener certificado de calibración con vigencia de seis (6) meses; se debe garantizar que estén centrados y calibradas las alturas de los extensores.
- Los prismas deben estar en buen estado, sin abolladuras y sin fracturas en los cristales.
- Los porta prismas no pueden estar rotos o fracturados, no deben estar amarrados con ningún tipo de cinta adhesiva, cuerdas o alambres, y deben acoplar perfectamente en el bastón y en el prisma.
- Los accesorios como trípodes, bastones, bases nivelantes, baterías, etc. deben estar en condiciones óptimas de funcionamiento.
- Para los levantamientos altimétricos se deben realizar mediante el uso niveles automáticos, o digitales los cuales deben estar en perfecto estado y sus certificados de calibración con vigencia de seis (6) meses. Se debe hacer las revisiones regularmente para garantizar el buen funcionamiento de los equipos y en caso de haber algún indicio de que no sea así, llevarlo a mantenimiento.
- Las miras deben estar ajustadas, los bloqueos mediante botón de presión deben asegurar perfectamente, la división métrica no puede tener rayones, manchas, o algún tipo de deterioro que impida o que genere incertidumbres en las lecturas, y sus certificados de calibración con vigencia de seis (6) meses.
- Los trípodes deben estar en perfecto estado, las patas no pueden tener ningún tipo de juego cuando se aprieten, las uñas de las patas deben estar completas, no pueden estar partidas o fracturadas. La base del trípode debe estar perfectamente ajustada, su superficie plana y lisa, el tornillo de acople no puede tener golpes o abolladuras y debe estar fijo en la base del trípode.
- EL CONSULTOR deberá realizar un levantamiento topográfico detallado de las áreas donde se proyecten las obras y de los sistemas existentes y del área poblada con indicación de elevaciones que permitan dibujar las curvas de nivel cada metro. El levantamiento debe permitir ubicar predios, casas, caminos, carreteras, línea de ferrocarril, canales, quebradas, líneas eléctricas, transformadores, postes, escuelas, edificios públicos, línea de cierre, línea de árboles, línea de edificación, soleras, tipo de superficie, etc. Las viviendas deberán numerarse en planos y en terreno.

Levantamientos planimétricos

El levantamiento debe contemplar como mínimo las siguientes especificaciones:

- Todos los levantamientos deberán realizarse con poligonales cerradas y su ajuste con un error de cierre lineal igual o mayor a 1:25000.
- Las medidas de longitud deben ser tomadas con equipos de medición electrónica. De no contar con este recurso deben ser tomadas directamente con cintas de acero que estén en condiciones óptimas.
- Todas las mediciones angulares de los vértices de la poligonal deben hacerse en posición directa e inversa, para de esta forma eliminar el error de colimación, estas

mediciones deben quedar registradas en la memoria de la estación total y anotada en la cartera de campo.

- Si se está alternando una poligonal con la toma de detalles, entonces instalado el equipo en la estación se debe siempre ubicar primero el siguiente delta de la poligonal antes de comenzar la radiación y siempre el primer detalle de la radiación que se tome desde esa estación debe ser el delta de la poligonal que se acabó de localizar, para de esta forma asegurar la información de la poligonal.
- En la memoria de la estación total deben quedar almacenados todos los datos de los deltas que componen la poligonal (Coordenada Norte, Coordenada Este, Distancias horizontal, inclinada, vertical, ángulos horizontal y vertical, azimut).
- Todos los deltas de las poligonales deben materializarse con una estaca en zonas verdes y con puntos en zonas duras garantizando que queden perfectamente identificados en terreno, las estacas y/o los puntos deben ser marcados en sitios aledaños y estables, como postes, cercas, muros, puentes etc. con un color vivo que además debe ser exclusivo para los trabajos de topografía que se están desempeñando. En las zonas verdes se debe hacer una limpieza del terreno de aproximadamente 0.3m alrededor del vértice para su fácil ubicación.
- En lo posible no debe haber cambios bruscos en las distancias de las poligonales, para evitar errores geométricos a la hora del ajuste de la misma.
- Las carteras de campo deben estar diligenciadas con todos los datos relevantes al trabajo que se está desempeñando.

Levantamientos altimétricos

Para la ejecución de los trabajos se atenderán como mínimo las siguientes consideraciones:

- Para efectuar levantamientos altimétricos se deberán utilizar niveles automáticos o digitales, de precisión.
- Los levantamientos deben efectuarse a partir de vértices (NPs, o puntos con cota determinada geométricamente) certificados por el IGAC.
- Todos los circuitos de nivelación deben ser cerrados con contranivelación y los cierres deben ser inferiores a un (1) milímetro por cambio.
- Las visuales entre cambios no deben superar los cincuenta (50) metros.
- Los porta miras deben estar en perfecto estado, para garantizar la estabilidad y la verticalidad de mira con la ayuda del nivel de burbuja circular, durante el tiempo que sea necesario, en el caso que la nivelación deje arrojar precisiones geodésicas será necesario utilizar una base para la mira.
- Se deben materializar BMs para las actividades de construcción de acueductos y alcantarillados, de tal forma que no se vean afectados por la ejecución de las obras. Los BMs deben ser materializados con un mojón en zonas verdes y con un punto con estoperol en zonas duras.
- Los BMs tanto en zonas verdes como en zonas duras deben ser marcados en sitios aledaños y estables, como postes, cercas, muros, puentes etc. con un color vivo de tal manera que se puedan identificar en terreno. El color de pintura que se emplee

para los trabajos de altimetría debe ser distinto al utilizado en los trabajos planimétricos y distinto a los utilizados en otras actividades que se estén desempeñando.

- Se debe nivelar cada diez (10) metros sobre los ejes del proyecto de acueducto, o alcantarillado, para cada abscisa replanteada planimétricamente. Para efectos de la elaboración de los catastros de acueducto y alcantarillado, en los productos respectivos, se indicará el detalle que debe ser levantado.
- Se debe nivelar las interferencias o cruces entre los tramos proyectados y las redes construidas de servicios públicos.
- Las carteras de campo deben estar diligenciadas con todos los datos relevantes al trabajo que se está desempeñando además de:
 - Nombre del topógrafo.
 - Nombre de los auxiliares.
 - Equipo utilizado.
 - Fecha.
 - Zona de actividades (Dirección, Vereda, predio)

Guía para la Presentación de Informes o Memorias de los Trabajos de Topografía

Los informes de levantamientos topográficos realizados por métodos convencionales y sistemas de posicionamiento global (GPS) deberán contener como mínimo los aspectos relacionados a continuación.

Planimetría

- Descripción de los trabajos
- Objetivo del levantamiento.
- Comisión de topografía con los integrantes o participantes de la comisión de topografía (Cantidad, nombres, identificación y licencia profesional o matrícula profesional según sea el caso).
- Los puntos de amarre utilizados certificados por el IGAC.
- Cantidad de deltas localizados, nombres utilizados y nomenclatura estipulada.
- Cantidad de detalles levantados.
- Metodología utilizada para hacer el levantamiento.
- Esquema de determinación del levantamiento.
- Descripción del equipo utilizado anexando el certificado de calibración con vigencia no menor a seis (6) meses.

Cálculos y ajustes

- Se deben realizar y entregar los cálculos y ajustes del levantamiento correspondiente de acuerdo con los equipos utilizados para la medición.
- Se deben entregar los archivos nativos de cada estación con los datos del levantamiento, los archivos con los ajustes de la poligonal en los que debe ir:
- Cálculo y compensación del error de cierre angular.

- Cálculo de azimuts.
- Cálculo de las proyecciones.
- Cálculo del error de cierre lineal.
- Cálculo de coordenadas de los vértices.
- Los cálculos y ajustes de la poligonal deben ser entregados en un archivo de Excel, con copia en un archivo con extensión PDF

Cuadro de coordenadas

- Se deben relacionar las coordenadas del levantamiento de acuerdo con los puntos identificados en el mismo, con su correspondiente codificación o nomenclatura (relacionados con el esquema de determinación en las carteras de campo), así:

Punto: nomenclatura / código	ESTE	NORTE	COTA
PERÍMETRO			
ÁREA m ²			

Certificación de los vértices

- Deben adjuntarse a los informes los certificados del IGAC de los vértices utilizados para los amarres

Carteras de campo

Las carteras de campo deben estar escritas de forma clara y contener todos los datos originales, esquemas e información pertinente, compilados en un libro. Las carteras deben ser llenadas a tinta y no se permite borrar, en caso de error se deben tachar y escribir la medida correcta. No se aceptan carteras pasadas a limpio. Las carteras deben identificarse de la siguiente manera:

- Nombre de la obra o proyecto.
- Para quien se realiza la obra o proyecto.
- Número que identifique la poligonal.
- Vértices utilizados en el amarre.
 - ❖ Localización.
- Fecha y (hora inicio – hora final).
- Nombre del topógrafo.
- Nombre de los auxiliares.
- Equipo utilizado. (Marca y serial).
- Zona de actividades (Dirección, Vereda, predio).

Para los levantamientos con estaciones totales en la cartera de campo se deben anotar como mínimo los siguientes datos:

PUNTO: NOMENCLATURA / CÓDIGO	DELTA VISADO: NOMENCLATURA / CÓDIGO	ALTURA INSTRUMENTAL	ALTURA PRISMA	NORTE	EST	COTA	DISTANCIA INCLINADA	ÁNGULO OBSERVADO	DETALLES

Altimetría

• Descripción de los trabajos

- Objetivo de la nivelación.
- Comisión de topografía: Relacionar los integrantes o participantes de la comisión de topografía (Cantidad, nombres, identificación y licencia profesional o matrícula profesional según sea el caso).
- Los puntos de amarre utilizados y certificados por el IGAC.
- Cantidad de puntos nivelados.
- Cantidad de cambios realizados y longitud de la nivelación y contranivelación.
- Metodología utilizada para hacer la nivelación.
- Descripción del equipo utilizado anexando el certificado de calibración con vigencia no menor a seis (6) meses.

• Cálculos y ajustes

Se deben realizar y entregar los cálculos y ajustes de la nivelación, estos cálculos y ajustes deben ser entregados en una hoja de Excel con copia en un archivo con extensión PDF con la siguiente información.

- Cálculo de las cotas de los puntos tomados en la nivelación.
- Cálculo de la contranivelación.
- Cálculo de la longitud del circuito de nivelación.
- Cálculo del error de cierre
- Cálculo de la nivelación ajustada.

• Certificación de los vértices

Deben adjuntarse a los informes los certificados del IGAC de los vértices utilizados para los amarres. Solamente, como apoyo altimétrico, se deben utilizar los NP's o cualquier punto con cota determinada geométricamente como vértice.

• Carteras de campo

Las carteras de campo deben estar escritas de forma clara y contener todos los datos originales, esquemas e información pertinente, compilados en un libro. Las carteras deben ser llenadas a tinta y no se permite borrar. En caso de error se deben tachar y escribir la medida correcta. No se aceptan carteras pasadas a limpio. Las carteras deben identificarse de la siguiente manera:

- Nombre de la obra o proyecto.
- Para quien se realiza la obra o proyecto
- Número que identifique la nivelación.

- Vértices utilizados en el amarre.
- Localización.
- Fecha y (hora inicio – hora final).
- Nombre del topógrafo.
- Nombre de los auxiliares.
- Equipo utilizado. (Marca y serial)
- Zona de actividades (Dirección, Vereda, predio)

Para las nivelaciones la cartera debe tener mínimo los siguientes datos:

ABSCISA	VISTA (+)	ALTURA INSTRUMENTAL	VISTA (-)	VISTA (INT)	COTA	OBSERVACIONES

Determinación de vértices con GPS

• Descripción de los trabajos

- Objetivo del posicionamiento.
- Comisión de topografía: Relacionar los integrantes o participantes de la comisión de topografía (Cantidad, nombres, identificación y licencia profesional o matrícula profesional según sea el caso).
- Los vértices de amarre utilizados y certificados por el IGAC.
- Cantidad de vértices posicionados.
- Tiempo de posicionamiento por vértice.
- Descripción del equipo utilizado y sus accesorios (marca y serial).

• Cálculos y ajustes

Los cálculos y ajustes del posicionamiento con GPS se deberán entregar en una hoja de Excel con una copia en archivo con extensión PDF, los cálculos que se deben presentar son los siguientes:

- Calculo de velocidades.
- Calculo de coordenadas geocéntricas.
- Calculo de coordenadas geodésicas.
- Calculo de coordenadas planas de Gauss y cartesianas locales.
- Plano de determinación en formatos CAD (DXF, DGN o DWG) y ARC GIS (MDX).

• Certificación de los vértices

Deben adjuntarse a los informes los certificados del IGAC de los vértices utilizados para los amarres. El subproducto será el informe en medio magnético y físico de los estudios Topográficos para los proyectos definidos .Deberá estar avalado con la firma y número de matrícula profesional de un ingeniero Topógrafo o Topógrafo con matrícula profesional y con experiencia en PMAA.

3.1.2. ESTUDIO GEOTÉCNICO

Consideraciones Generales

Los estudios geotécnicos deben regirse por lo establecido en el literal G.2.2 ESTUDIO GEOTECNICO hasta G.2.6 del RAS 2000, estableciendo los costos del estudio de acuerdo con el análisis previo de la región objeto del mismo, alcance y tipo de obra. Para efectos de definición y control del diseño de las cimentaciones para los diferentes tipos de tuberías se tomará como referencia el literal G.3.2. EFECTOS DE CARGAS EXTERNAS, correspondiente al Título G del RAS 2000 y las partes pertinentes de los literales G.3.3 y G.3.4 del mismo título. Es importante la pertinencia de la aplicación del Art. 191 OBLIGATORIEDAD DE LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS, del Art 192 CONSIDERACIONES SISMICAS DE LOS DISEÑOS GEOTÉCNICOS y del Art. 193 CARGAS Y DISEÑO SÍSMICO DE TUBERÍAS, correspondientes a la Res N° 1096 del 17 de noviembre de 2000, por la cual se adopta el RAS.

- El consultor adelantará un programa de investigación del subsuelo, para lo cual realizará los sondeos y apiques que considere convenientes para obtener la información requerida para determinar clasificación de los suelos, características geológicas y geotécnicas de la zona del proyecto, permeabilidad, nivel freático, la capacidad portante, la estabilidad adecuada de la zona y en general las características físico-mecánicas y químicas, en los sitios donde se ubicarán las estructuras, se instalarán las tuberías, y de ser preciso se diseñará las obras de protección requeridas. De especial interés es determinar las condiciones excavación de las zanjas para instalar tubería, determinar las cargas admisibles, cargas actuantes, tipos de entibado, y otros. El estudio de suelos debe incluir el diseño de las cimentaciones de instalación de tuberías y otros conductos. El estudio deberá presentarse con los respectivos informes de laboratorio, registro fotográfico, suscrito por los responsables y con las respectivas recomendaciones del profesional idóneo en el tema; y con un plano de localización de los sondeos realizados.
- Si bien es cierto que en los proyectos de municipios de nivel de complejidad bajo, medio y medio alto, es suficiente con el concepto profesional idóneo en la materia, que identifique las características físico-mecánicas del subsuelo, riesgos por fallas geológicas y de sismicidad, la no ejecución de exploraciones del subsuelo tendrá que ser adecuada justificada al interventor, quién aprobara o desaprobará esta situación de los estudios.
- Los estudios de suelos necesarios para el diseño y localización de nuevas estructuras, se definirán de acuerdo a ellas y el número de barrenos será

determinado en común acuerdo con la Interventoría y su costo deberá definirse para este producto.

3.1.3. DISEÑOS DETALLADOS DEL SISTEMA

Una vez el análisis técnico-económico de las diferentes alternativas de fuentes de abastecimiento permita identificar la mejor alternativa, EL CONSULTOR deberá realizar los diseños definitivos de cada uno de los componentes propuestos, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- El diseño hidráulico deberá realizarse siguiendo las normas de diseño exigidas por el —Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básicoll R.A.S2000 y sus normas complementarias.
- Selección de criterios de Diseño.
- Diseños definitivos de las estructuras y las redes.

El CONSULTOR deberá diseñar todas las obras civiles necesarias para el proyecto, definiendo las dimensiones de zanjas, cimentaciones, soportes de tuberías y accesorios, diseños de estructuras hidráulicas, estudios de suelos, tipos de entibados, diseños estructurales diseño de pozos profundos, diseños mecánicos como: Compuertas, bombas, motores, etc. en el caso que se requiera se deberán efectuar los diseños de la excavación, la cimentación, estructuras, drenajes, rellenos, cerramientos y otros.

En el caso de proyectar o diseñar estructuras en concreto, se debe cumplir en los diseños con lo requerido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente y específicamente con lo relacionado en el Capítulo C.23 Tanques y Estructuras de Ingeniería Ambiental de Concreto.

El CONSULTOR elaborará el presupuesto, con cantidades de obra y su correspondiente análisis de precios unitarios y las especificaciones e ítems de pago pertinentes.

Se deberá presentar un plano de localización general de todos los componentes del sistema, en escala adecuada y planos específicos con todos los detalles necesarios para su construcción. En todo caso los planos para construcción deberán contener toda la información requerida para el desarrollo en obra con las vistas y contenidos en cantidad suficiente que no se requiera explicación adicional.

La aducción, se hará de las estructuras ya diseñadas en el embalse Calandaima. Tanto la aducción como la conducción deberán presentarse en planta-perfil, con indicación de accesorios, línea piezométrica, diámetros, longitud, material, etc., haciendo especial énfasis en la conexión de la red con los diseños existentes del Embalse Calandaima.

De la estación de bombeo, si aplica, así como de la planta de tratamiento, El CONSULTOR deberá entregar una planta general y los planos arquitectónicos, estructurales, hidráulicos (perfiles

hidráulicos), eléctricos, etc., con sus respectivos cortes y detalles que contengan toda la información necesaria para su construcción, operación y mantenimiento.

Este producto deberá estar proyectado a nivel de diseños detallados y definitivos:

- Parámetros geotécnicos como: capacidad portante, peso unitario del suelo, nivel freático y conclusiones y recomendaciones para los diseños de las estructuras con fundamentos en los estudios anteriores y propios de los componentes de Geología y Mecánica de suelos.
- Diseños arquitectónicos, estructurales, mecánicos y eléctricos.
- Estudio de afectaciones prediales.
- Memorias de cálculo. Debe incluir todos los diseños hidráulicos
- Plan de Manejo Ambiental.
- Planos impresos y en medio magnético. (Suscritos por los expertos en cada tema).
- Especificaciones técnicas generales y particulares.
- Cantidades de obra, con su respectivo anexo explicativo, el cual debe contener ejemplos tipo debidamente desarrollados, precios unitarios y presupuesto.
- Análisis de precios unitarios, presupuestos y cronograma de actividades.

Así mismo, deberá entregarse los planos necesarios con el fin de dejar estipulado como se realizará la conexión de la red diseñada en esta consultoría, con las Plantas de Tratamiento de los municipios de Apulo y Tocaima, especificando los perfiles hidráulicos de la planta de tratamiento, en donde indique las cotas de la lámina de agua.

Se elaborarán planos detallados de construcción, hidráulicos, estructurales, eléctricos y mecánicos así como las especificaciones técnicas previamente aprobadas por la Interventoría. Todos los planos deben ir firmados por el especialista de la rama, contenido en la propuesta, al igual que deben firmarse por el director de la consultoría. Adicionalmente deben incluir el nivel de complejidad del sistema calculado. Se deben realizar los estudios de suelos, y específicamente a lo relacionado con la ejecución de los diseños estructurales de la infraestructura componente del sistema de tratamiento. Adicionalmente, los diseños estructurales deben estar en función de lo estipulado en el Título C, Capítulo C.23 (Tanques y estructuras de ingeniería ambiental de concreto).

3.2. MODELO HIDRÁULICO

Con la información y estudios de detalle, levantamiento de precisión realizados sobre el corredor definitivo, sitio de ubicación exacto de las diferentes estructuras que componen el sistema y definición de las redes, el Consultor elaborará el modelo hidráulico del sistema de acueducto Embalse – Red de conexión a acueductos (Apulo y Tocaima). El Consultor preparará todos los planos en planta- perfil y de detalle del sistema, secciones con las cimentaciones de instalación, cuadros de especificaciones de accesorios, estructuras, despiece, notas para la construcción,

cruces, detalles de pasos elevados o subfluviales, cruces viales, estructuras especiales, y en general todo la infraestructura del diseño de detalle.

3.3. PROGRAMAS DE OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA

3.3.1. Subprograma de protección de rondas de cuerpos de agua.

Según lo dispuesto en el EOT o POT, normatividad ambiental y de las necesidades de protección de los cuerpos de agua, del diseño y construcción de redes, El CONSULTOR deberá integrar dentro de sus soluciones de drenaje, los aspectos inherentes a las rondas o márgenes de las citadas fuentes de agua.

3.4. PROPIEDADES, DERECHOS Y SERVIDUMBRES

Una vez definidas las áreas que ocuparán los diferentes componentes del proyecto, el consultor deberá realizar una evaluación de los derechos de propiedad de dichas áreas y establecer la necesidad de la compra de algunas de ellas y definir su costo, o en su defecto establecer las acciones de legalización de los derechos y servidumbres que sean necesarios para la construcción y operación del proyecto. Deberá adjuntarse el respectivo plano del proyecto, con una base de datos adjunta identificando los predios a intervenir, el cual debe contener como mínimo (de existir esta información):

- Nombre del Predio
- Número de cédula catastral
- Georeferenciacion de cada uno de los predios a intervenir
- Nombre del Propietario y copia de la cédula de ciudadanía o NIT del propietario
- Vereda y/o Barrio
- Copia simple de la Escritura Pública.
- Certificado de Tradición y Libertad del predio con vigencia de tres (3) meses
- Información predial contenida en los registros 1 y 2 de Catastro.
- El Consultor presentará informe topográfico para los predios afectados que incluye poligonales y franja o lote utilizado en el proyecto, con carteras de campo, esquemas de poligonales, memorias de cálculo, listado de coordenadas ajustadas y registro fotográfico de los puntos materializados, áreas afectadas y áreas libres, y la información catastral y del propietario que se obtenga. La salida gráfica se hará en: dos (2) copias impresas en original y en medio magnético CD ROOM con archivo con extensión PDF.
- Plano de Intervención Predial

- Para cada predio se entregará este producto en escalas apropiadas, como: 1:200, 1:500 o 1:1000, las cuales serán aprobadas por la interventoría. Además, llevará un cuadro con los datos de longitudes de los linderos y áreas a intervenir según levantamiento topográfico. La salida gráfica se hará en: dos (2) copias impresas en original y en medio magnético CD ROOM, en formato con extensión PDF.
- Ficha Predial
- Se entregará este producto con la totalidad de los datos levantados según formato suministrado por el Interventor. La información se entregará impresa y en medio magnética, en dos (2) copias, en Excel.
- Informe Jurídico:
- Relación de Predios a intervenir.
- Copia del Registro Topográfico individual.
- Fotografías del Predio.
- Copia de cédula de ciudadanía del propietario.
- Certificado de Tradición y Libertad.
- Copia simple de Escrituras Públicas.
- Información predial contenida en los registros 1 y 2 de Catastro.
- Archivo magnético de las fotografías.

Con base en la información obtenida se presentará un diagnóstico del tipo de tenencia y situación jurídica actual de los propietarios de los predios afectados a intervenir por el proyecto, para realizar recomendaciones a LA EMPRESA en el tema de los trámites ante entidades públicas.