



Villa garzón, 29 de julio de 2024

Doctor

**JAVIER EFRAIN NAVARRO POLO**

**CONTRALOR DELEGADO INTERSECTORIAL No 1**

**Grupo Interno de Trabajo Coordinación para la Responsabilidad Fiscal**

**E.S.D.**

**Referencia: PROCESO DE RESPONSABILIDAD FISCAL NO URFR-PRF-044-2019.**

**ASUNTO: OBERVACIONES AL INFORME TECNICO INFORME TÉCNICO  
DECRETADO MEDIANTE EL AUTO NO 1175 DEL 09 DE JULIO DE 2024.**

PLINIO MAURICIO RUEDA GUERRERO, abogado en ejercicio, actuando en mi condición de apoderado judicial del Ingeniero EIVI MANUEL PIPICANO PANTOJA, cuestionado dentro del proceso citado en la referencia, encontrándome dentro del término lega, me permito presentar Observaciones respecto del informe técnico después de la realización de la visita, ordenada mediante auto No 115 del 9 de julio de 2024.

Me permito, manifestar que uno de los elementos más comunes en los contratos estatales es el precio, también conocido como valor. Adicionalmente, el precio es uno de los elementos más importantes para los fines del estado y para este caso para la administración municipal de villa garzón, porque equivale a la remuneración que la entidad contratante le pagará por la ejecución del objeto contractual.

Desde la **etapa de planeación, en la fase precontractual, las entidades estatales deben calcular el presupuesto oficial**, mediante la realización del análisis del sector –que incluye el estudio del mercado– y definir la metodología con la cual estructurarán el precio del contrato. Dicho de otro modo, hace parte de los estudios previos la definición del esquema que la entidad usará para estipular el precio. Tal metodología generalmente depende del tipo de contrato, pues hay algunas modalidades más comunes en los de obra pública y en el caso que nos ocupa, para poder realizar definir el costo de dicho contrato de obra fue la realización de una consultoría la cual fue uno de los pilares para que en la etapa de PLANEACION se pueda definir cuál es el alcance de la obra y cual será su costo estimado.

Producto de la consultoría se establecieron precios los cuales fueron: i) los precios unitarios – calculados de acuerdo con las unidades que componen el objeto del contrato–, ii) el precio global – que en el caso de la planta de tratamiento de agua potable equivalió al monto total, sin discriminar unidades–, y iii) los costos de administración, imprevisto y utilidades – en la que se ha compuesto el presupuesto para la construcción del MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZON LA JOYA.

En este orden de ideas, tanto las entidades sometidas al Estatuto General de Contratación de la Administración Pública – EGCAP –, como las excluidas de este –es decir, las que tienen un régimen especial– gozan de autonomía para configurar el precio y para establecer el sistema de pago más apropiado para satisfacer los fines de la contratación, respetando los límites previstos en el ordenamiento.



Para las entidades que se rigen por el EGCAP, tal autonomía está reconocida en los artículos 13, 32 y 40 de la Ley 80 de 1993. Ahora bien, la ejecución de los contratos estatales está sujeta a los cambios propios del paso del tiempo. Así, durante la **etapa de planeación**, las entidades públicas estiman y determinan las prestaciones que demanda la satisfacción de la necesidad de interés colectivo que pretende satisfacer. No obstante, durante la ejecución del contrato, las partes identifican alguna de las siguientes situaciones: i) la necesidad de mayores cantidades de bienes o actividades inicialmente previstos, a lo que se le conoce como «mayores cantidades de obra», «obras adicionales» o adición de «ítems contractuales»; y ii) la necesidad de ampliar las prestaciones contractuales, mediante la ejecución de nuevos ítems o actividades, no incluidos en el contrato inicial, para lo que en la práctica las entidades ejecutan «obras extra» o «amplían el alcance» del contrato mediante la celebración de un «contrato adicional». Este último término tiene origen en el artículo 58 del Decreto ley 222 de 1983, el cual establecía el «contrato adicional» como el mecanismo a utilizar cuando existiere la «necesidad de modificar el plazo o el valor convenido y no se tratare de la revisión de precios» regulada por dicho estatuto.

En ese sentido, dentro del contrato 056 de 2011 se presentaron mayores cantidades de obra en la ejecución contractual no permitieron la construcción de estructuras de la planta de tratamiento y demás estructuras que se contrataron inicialmente, pese a todos los esfuerzos realizados tanto por la interventoría, contratista y supervisión se priorizaron ciertas estructuras con el fin garantizar el funcionamiento de la línea de acueducto principal y que la planta pueda funcionar provisionalmente esperando que en poco tiempo el municipio de villa garzón realice las gestiones pertinentes para la destinación de recursos, pues la única solución para realizar la construcción de todo era la adición de recursos y esta es una responsabilidad del ordenador del gasto.

Para poder sustentar lo dicho resaltamos lo mencionado en el informe técnico en el numero 8 literal c) de la ingeniera **NANCY TRUJILLO MONJE** Profesional Universitario - Grado 01, Gerencia Departamental Colegiada del Huila.

c) Se puede evidenciar que existieron falencias importantes en los entregables de la Consultoría del Proyecto realizada por la U.T Bacer en el año 2010, especialmente en lo concerniente a las cantidades de obra del proyecto y por ende al presupuesto general base de la contratación por parte del municipio. Esta afirmación surge luego de verificar las cantidades de obra reales del proyecto con las consignadas en el Anexo No. 5 del proceso de licitación.

En ese sentido como se puede observar el presupuesto inicial de la planta de tratamiento era un valor global y que el municipio durante la ejecución contractual entregó en donde se puede visualizar que solo fue la construcción de estructuras, pero no dotación y que estas a su vez fueron modificada de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Es así que, en el cumplimiento de sus funciones, la interventoría en sus informes de interventoría recomendó la adición de recursos o la contratación de una segunda etapa para poder terminar dicho contrato, además se mantenía informada a la entidad de los que acontecía dentro de la ejecución contractual.



- ✓ Debido a que el contrato de obra 056 de 2011 cuyo objeto es CONSTRUCCIÓN DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZON – LA JOYA su ejecución tuvo muchos inconvenientes de tipo administrativo y técnico que se fueron superando en la misma ejecución gracias a la ayuda de la administración municipal de las demás partes como contratista e interventoría pero que afectaron seriamente el presupuesto y las cantidades inicialmente contratadas ; Por lo tanto ,en el transcurso de la ejecución tanto las cantidades de obra como el presupuesto se fue obligatoriamente adecuando a las necesidades contractuales y con el objetivo primordial de cumplir a satisfacción con el objeto contractual esto nos llevó a realizar una serie de modificaciones las cuales nos dieron como resultado la ejecución actividades que eran primordiales para el funcionamiento de la red de acueducto entra las cuales fueron : BOCATOMA, DESARENADOR, TANQUE DE ALMACENAMIENTO, CÁMARAS DE QUIEBRE, RED PRINCIPAL Y RAMALES.

La Planta de tratamiento se realizaron las instalaciones como: CASETA DE ÁREA, SALA DE CLORACIÓN, CASETA DE OPERADOR, CERRAMIENTO Y EL FILTRO LENTO; las demás estructuras se recomienda realizar un adicional al contrato de obra existente o construirlo en una segunda etapa.

En cuanto a los tanques en las veredas se priorizo los tanques en las zonas más pobladas como: NARANJITO, SIMÓN BOLÍVAR, PUERTO UMBRIA, OROYACO, LA PAZ CANANGUCHO, CHAMPAGNAT, ALEMANIA, PORVENIR.

En cuanto a las redes de distribución se priorizo para que solo se extienda en la vereda únicamente en el centro nucleado; la población dispersa se recomienda a la administración tenerla en cuenta en la segunda etapa de la construcción de este acueducto.

### *Conclusiones y recomendación de informes de interventoría*

Como interventores del contrato pese a todos los contratiempos presentados y buscando el bien del interés público, nos basamos en la ley para poder realizar la modificaciones a las que nos vimos obligados por las circunstancias encontradas en el presente contrato; en ese sentido, conforme a la regulación legal y a la interpretación que de la misma que han hecho el Consejo de Estado y la Corte Constitucional, observamos que era viable jurídicamente modificar dicho contrato, cuando se verificó y se encontró el sustento no solo en circunstancias fácticas propias de la ejecución del contrato, sino, además, situaciones que ponen de presente la necesidad de dar cumplimiento a previsiones establecidas por el legislador. Es así como el contrato se modificó, siempre con la premisa de dar el mayor alcance con los recursos contratados garantizando la prestación del servicio.

Dentro de las modificaciones realizadas cabe mencionar lo consignado dentro del informe técnico en la página 13 de la ingeniera **NACY TRUJILLO MONJE** Profesional Universitario - Grado 01, Gerencia Departamental Colegiada del Huila.

*“Respecto al filtro dinámico se puede evidenciar que en el presupuesto contratado aparece en el capítulo 25 un ítem denominado Planta de Tratamiento de Agua Potable- PTAP con unidad global en donde se incluye la construcción del filtro grueso dinámico, filtro lento, la caseta de almacenamiento de arena, la sala de cloración, la cámara de cloración y caseta del operador.*

*Una vez revisadas las actas de modificación se encuentra que el filtro grueso o dinámico fue excluido del presupuesto en el acta de modificación No. 3 de fecha 4 de julio de 2013 en donde se justifica dicha modificación principalmente en la necesidad de adicionar 284.1 m3 de concreto para anclajes de tubería ítem 22.42, adicionar 602 metros lineales de tubería de 6" rde 13.5 en el ítem 22.10 y adicionar 63 válvulas de purga de 6" ítem 22.64 con el fin de poder terminar la línea de conducción principal.*





***Se puede concluir que el Contratista, Interventor y Municipio tomaron la decisión de eliminar este filtro dándole prioridad a la terminación de la línea de conducción principal.”***

Teniendo en cuenta lo anterior la interventoría por las fallas en la planeación del contrato se vio entre la espada y la pared, si no se realizaban las modificaciones para garantizar la estabilidad de la tubería porque no se habían presupuestado los anclajes y una cantidad de tubería considerable, el acueducto no sería funcional y si sería un problema que la tubería no se ancle a cabalidad y mucho peor, que se deje de instalar un tramo de tubería principal, a esa clase de decisiones fue forzada la interventoría dentro del presente contrato.

Las decisiones tomadas por las fallas en el presupuesto no fueron por capricho de la interventoría y los demás intervinientes en la ejecución fue precisamente para poder suplir actividades que también era vitales para el funcionamiento, como todos sabemos que todas las estructuras son importantes, pero en nuestro caso era mas importante asegurar la tubería de la red principal que la construcción de partes de la planta que se podían construir en el futuro en un tiempo corto.

Finalmente, poniendo a consideración lo anterior, en representación del **CONSORCIO INTERCIVILES 2011** hacemos las siguientes observaciones al informe del asunto presentado:

**OBSERVACION 1** Pag 16 de 59

Actualmente, se tiene un by pass, que evita el paso del agua por la planta y transporta el agua directamente hacia al tanque de contacto de la PTAP. La planta de tratamiento no está en operación, los filtros no tienen medio filtrante y no tiene consolidado la unidad de desinfección. Por parte de la Alcaldía municipal se ha venido recuperando la planta, al momento de la visita se encuentra personal haciendo limpieza a las unidades de filtración.

Se aclara que las estructuras construidas fueron entregadas, recibidas en su totalidad y en funcionamiento, para época de la visita; es decir, nueve años después ya las condiciones originales han variado y que tanto el lecho filtrante como la unidad provisional de desinfección sufrió cambios, esto se debió a que no se ha llevado un debido control de custodia de los elementos entregados esto ha generado perdidas por robos y actualmente la planta se encuentra prácticamente desvalijada a pesar de los esfuerzos de la actual administración de ponerla nuevamente en funcionamiento..

**OBSERVACION 2 PAG. 25 Y 26 – de 59**

Actualmente la planta se encuentra en condición de abandono. Desde la fecha de recibo final hasta la visita técnica han transcurrido 9 años y seis meses, en donde la planta no ha prestado el servicio por el cual fue construida (Producir agua apta para el consumo humano). De la visita, se evidencia que: hay suministro de agua a la planta, que el agua fluye a la canaleta de aforo y que esta logra ingresar a la unidad de filtración lenta (la cual no tiene lecho filtrante).

Es importante aclarar que las condiciones de abandono no obedecen de ninguna manera a las obligaciones como interventoría, estas son actividades relacionadas con la operación y mantenimiento que debió realizar en su debido momento la administración municipal.



### OBSERVACION 3

La planta de tratamiento se encuentra en abandono, en parte, por falta de cuidado y mantenimiento por las diferentes administraciones municipales que la han tenido a su cargo, sin embargo, en la revisión de las especificaciones técnicas y diseños se encuentran distintas anomalías que, a la luz de la normatividad aplicable (RAS 2000), evidencian falencias en la toma de decisiones para la ejecución del contrato de obra y del contrato de consultoría que originó los estudios y diseños iniciales del acueducto que ponen en duda la funcionabilidad de la estructura, los aspectos evaluados se presentan a continuación:

El 06 de junio de 2011, la UT BACER, responsable de los estudios y diseños, entrega los diseños correspondientes al contrato de consultoría No SPO 032 de 2010, que tenía por objeto: *"Estudios y diseños de macroacueducto veredal Villagarzón – La Joya, y del plan maestro de acueducto y alcantarillado de Puerto Umbría, municipio de Villagarzón, departamento del Putumayo"*, en este documento, el consultor afirma que:

No se puede hablar de anomalías en la toma de decisiones para la ejecución del contrato ya que todo lo construido fue siguiendo las especificaciones del diseñador y a las recomendaciones plasmadas en los mismos diseños que el municipio proporcionó; por lo tanto, si hay alguna posible falla esta fue realizada desde los diseños en la elaboración de presupuesto que fue la etapa de planeación que generó la desfinanciación del proyecto lo cual exime de responsabilidad a los ejecutores del proyecto.

En ese sentido es importante traer a colación los reportados en el numeral 3 del informe de la ingeniera **NACY TRUJILLO MONJE** Profesional Universitario - Grado 01, Gerencia Departamental Colegiada del Huila.

3. La pertinencia, idoneidad, suficiencia y experticia de los diseños tenidos en cuenta y considerados por el ente territorial en la etapa de planeación, precontractual, de celebración y de ejecución del Contrato de obra No.056 de 19-12-2011, y que fueron parte integral de los estudios previos y de conveniencia del proceso resultante del citado contrato celebrado entre el Municipio de Villagarzón - Putumayo y LA UNIÓN TEMPORAL DE LA AMÉRICAS, y que acogió el Municipio de Villagarzón para elaborar los documentos previos contentivos del proceso de selección del contratista de obra.

Realizada la revisión documental se puede determinar que NO se cumplió a cabalidad con el Principio de Planeación por parte de la entidad contratante de elaborar Estudios Previos adecuados en atención a las obligaciones mutuas de las partes, el precio, el estructurar debidamente su financiación y cumplir con la construcción del macro acueducto y así proveer del servicio de agua a las veredas comprendidas a lo largo de la vía existente entre Villagarzón y la Vereda La Joya y el casco urbano de Puerto Umbría.

Los Estudios y Diseños que se contrataron mediante Contrato de Consultoría No. 032 del 05 de agosto de 2010. En donde en el mencionado estudio se pretende abastecer con el acueducto las veredas: Porvenir, Canangucho, Champagnat, Alemania, La Paz, Uchupayaco, Oroyaco, Islandia, Las Minas, Villa Hermosa, Puerto Umbría, Simón Bolívar, San Luis, La Mariposa, Río Blanco, Alto Sinaí, Naranjito, las cuales se encuentran localizadas a lo largo de la vía Villagarzón - Vereda La Joya.





En atención a lo anterior, se tiene que los diseños en su totalidad no fueron tenidos en cuenta por el ente territorial, teniéndose lo siguiente:

Expresa la administración que con los recursos solicitados se adelantará la “CONSTRUCCIÓN MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZON LA JOYA DEL MUNICIPIO DE VILLAGARZON DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”, en el cual se desarrollaran actividades contempladas en los diseños en los que se proyecta la construcción de bocatoma, desarenador,

tanque de almacenamiento principal, tanques de almacenamiento de apoyo en sitios puntuales de acuerdo a los diseños, cámaras de quiebre, canaletas de aforo, viaductos, suministro e instalación de tubería pvc presión y accesorios y planta de tratamiento de agua potable.

En los diseños y en el alcance del proyecto se evidenció que las veredas serían: Puerto Umbria, Porvenir, Canangucho, El Naranjito, Champagnat, Alemania, La Paz, Uchupayaco, Oroyaco, Las Minas, Islandia, Simón Bolívar, Río Blanco, Villa Hermosa, San Luis, La Mariposa, El Desierto, La Palanca, Las Palmeras y Alto Sinai, para un total de 20 veredas las beneficiarias del servicio de agua donde cada una tendría su propio tanque de almacenamiento, quedando así en los

correspondientes Estudios Previos, como también en el numeral 4. 4. ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO QUE SOPORTA EL VALOR ESTIMADO DEL CONTRATO, se expresa en uno de sus apartes: “De acuerdo a los diseños y cuadro de costos presentados en el proyecto, el Municipio de Villagarzón procedió a realizar la revisión y ajuste al proyecto en el cual estimó de forma detallada el valor total de la obra identificando cada una de las actividades a desarrollar, su valor unitario, las cantidades a construir y el valor total de los recursos con que cuenta el Municipio para respaldar económicamente la ejecución del presente objeto.”

En atención a lo anterior se evidencia que en el ANEXO No. 5 - PROPUESTA ECONÓMICA del Proceso Licitatorio LP-010-2011 no se relacionaron todas las 20 veredas sino solamente 9 siendo ellas las siguientes: Puerto Umbria, Porvenir, Canangucho, El Naranjito, Champagnat, Alemania, La Paz, Villa Hermosa y San Luis. Además, las cantidades de obra no cambiaron y se generó la celebración del Contrato de obra No. 056 del 19 de diciembre de 2011 con las cantidades de obra consignadas en los correspondientes Estudios Previos.

En la etapa de ejecución del contrato se evidenció que las cantidades de obra incluidas dentro del presupuesto oficial no correspondían a las cantidades requeridas para la ejecución de los tanques según especificaciones técnicas y de los planos de los Estudios y Diseños del Proyecto.

Es así que dentro del informe presentado por la ingeniera TRUJILLO despeja de toda duda las situaciones que han originado los problemas que afrontaron los ejecutores del proyecto, los



cuales no son responsables, pues recibieron un contrato con posibles fallas de planeación y que siguiendo la ley pese a esas fallas que obligaron a priorizar y construir el acueducto contratado con un presupuesto inferior al que realmente era y como lo dice en el siguiente numeral del informe del mismo informe ***NO HAY LUGAR PARA SUSTENTAR UNA LESION DEL PATRIMONIO PUBLICO*** por parte del **CONSORCIO INTERCIVILES 2011**.

5. Informe detallado de la ejecución física y financiera del Contrato de obra No. 056 de 19-12-2011 suscrito entre el Municipio de Villagarzón – Putumayo y la Unión temporal de las Américas y del contrato de Interventoría No. 061 de 2011, celebrado entre el Municipio de Villagarzón - Putumayo y el CONSORCIO INTERCIVILES 2011, determinando si en la ejecución de los mismos existe o no detrimento al patrimonio público y en caso afirmativo estimar su cuantía.

Con la construcción de las obras finalmente ejecutas; según consta en el acta de recibo final de obra con fecha 21 de octubre del año 2014 suscrita por el contratista, interventor y administración municipal del Contrato de Obra No. 056 del 19 de diciembre de 2011; no hay lugar para sustentar una lesión del Patrimonio Público. Las obras ejecutadas se desarrollaron conforme las especificaciones técnicas aplicables a este tipo de proyectos, evidenciando según los informes anexos al acta de recibo final, que la obra se entregó en funcionamiento y prestando un servicio a la Comunidad. Adicionalmente se evidenciaron registros de funcionamiento desde la entrega hasta finales del año 2015, fecha hasta la cual la Unión Temporal Las Américas realizó la operación provisional. Además, la funcionalidad del sistema está acorde a los Estudios y Diseños. Tampoco se encontraron diferencias entre las cantidades de obra pagadas y cantidades de obra ejecutadas que sustente una lesión del Patrimonio Público.

El buen funcionamiento del acueducto está siendo afectado por una falta de gestión sobre las conexiones adicionales en diferentes puntos del proyecto, no contempladas inicialmente en los Diseños.

La línea de conducción desde el tanque de almacenamiento principal hasta los tanques de distribución es muy extensa y se presta especialmente para este tipo de conexiones.

**OBSERVACION 4 PAG. 32 – de 59**





Ahora bien la RAS 2000 (norma aplicable al contrato de obra y consultoría), en el título C.2.3 – Calidad de la fuente y grado de tratamiento, el reglamento indica:

*La calidad de la fuente debe caracterizarse de la manera más completa posible para poder identificar el tipo de tratamiento que necesita y los parámetros principales de interés en periodo seco y de lluvia.*

En la sección B.3.3.1.8 describe:

*Con el fin de asegurar la calidad del agua en ésta, las muestras para análisis deben extraerse durante épocas de caudales pico, ya sea el caudal mínimo mensual o el caudal máximo mensual (...)*

Con respecto a lo descrito en el RAS a la luz del proyecto se encuentra que: ni en el expediente de obra, ni en el de interventoría, ni en el de consultoría que originó los diseños iniciales, ni en los registros de otras entidades se encuentran ensayos fisicoquímicos al agua del acueducto en épocas de lluvias pico y sequías máximas (Situaciones en donde la calidad del agua es la menos favorable). Aunado a esta condición, en el diseño de la consultoría, ni en los rediseños al proyecto presentados por el contratista se contemplaron los ensayos de jarras (Exigidos en las RAS 200, título C.2.5), los hechos expuestos ponen en duda la eficiencia de la planta de tratamiento a la hora de generar un agua para consumo humano, es decir, que la información que originó el diseño de la planta no era lo suficientemente verás para demostrar que la eficiencia de la planta es suficiente para garantizar la producción de agua potable en todo el año ó ciclo hidrológico.

Para el acta de entrega final de la obra, el contratista realiza 2 ensayos fisicoquímicos, en donde, al final de cada ensayo, se señala que la muestra fue recolectada y custodiada por el cliente. Esta situación pone en duda la precisión de los resultados, pues, varios ensayos requieren emplear metodologías para conservar las características fisicoquímicas originales del agua, lo que implica que ante la ausencia de las metodologías empleadas y registros de cadena de custodia, se ponga en duda la precisión de los ensayos al no ser realizados por una empresa certificada.

En cuanto a esta afirmación se aclara que los ensayos iniciales debieron estar contemplados dentro de la etapa de diseño, en esa etapa, ni la interventoría, ni el contratista de obra tenía obligaciones contractuales con el municipio de villa garzón; hablando de los ensayos fisicoquímicos sin cadena de custodia y si la contraloría tiene dudas solicitamos a la contraloría general de la nación que se tomen como prueba los ensayos que la empresa aguas la cristalina tome cuando la planta se ponga nuevamente en funcionamiento. (los trabajos para ponerla en marcha ya iniciaron, durante la visita se estaba realizando la limpieza de la misma)

**OBSERVACION 5 PAG. 34 de 59**





#### 4. FILTRO DINÁMICO

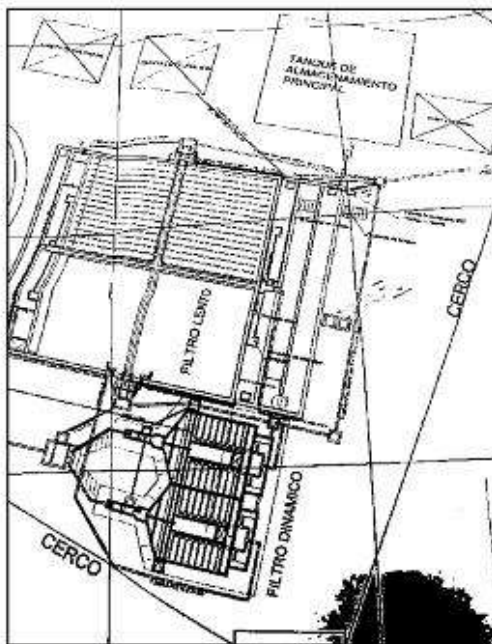
*Esta unidad es empleada para reducir los extremos de los picos de turbiedad y proteger de esta manera la planta de tratamiento ante altas cargas de sólidos transportadas por la fuente durante unas pocas horas*

Para los filtros gruesos dinámicos, el RAS 2000 describe:

*Se pueden emplear para reducir la cantidad de sólidos o para controlar los picos de turbiedad de corta duración (...)*

En la visita a obra, se encuentra que el diseño final de la planta contempla, entre otras unidades, un filtro dinámico y un filtro lento, pero en revisión del acta de recibo final de obra y mediante la visita a campo se encuentra que **el filtro grueso no fue construido por falta de recursos por parte de la alcaldía municipal.**

**Imagen 54** Esquema de unidades de filtración diseñadas para el proyecto.



Fuente: Planos récord expediente de obra.

Dejando esto claro, podemos afirmar que el filtro grueso es una unidad que retiene partículas de mayor tamaño en momentos de turbiedad máxima para evitar que el filtro lento sufra una colmatación y se vea afectada su funcionabilidad, en ese orden de ideas, **el filtro dinámico podría funcionar sin el filtro lento, pero el filtro lento no podría funcionar sin el filtro dinámico**, por consiguiente la estructura existente (filtro





lento) no es funcional hasta cuando no se construya el filtro grueso, y que la ausencia de esta unidad, evidentemente afectará la eficiencia general de la planta a la hora de producir agua potable.

Para los filtros lentos, en los diseños de consultoría, se proyecta un falso fondo con medio de soporte tipo Leopold, esto con el fin de realizar el lavado del medio a través de un retro lavado, por otro lado, en el manual de mantenimiento y operación entregado por el contratista de obra, se encuentra que proyectan realizar el lavado del medio filtrante a mano. En la visita a campo se identifica que en efecto la estructura no tiene falso fondo y no puede realizar el retro lavado de manera correcta. Las características del filtro lento requieren que se realice un proceso de retro lavado, eso sumado a las dimensiones de la estructura y la dificultad para la extracción del medio filtrante, que establecen que lavar el medio de manera manual (como lo proyectó el contratista de obra) es inconveniente, y que **la manera correcta de lavar el medio filtrante es por medio del retro lavado como se indicó en los diseños hidráulicos iniciales** (Condición que no se cumple en la estructura existente). El retro lavado, es un método acorde a las características del filtro construido, por lo tanto, el filtro lento no es funcional, toda vez que no realiza el proceso de retro lavado, siendo este paso esencial para restaurar el medio filtrante y que cumpla su función filtrante de manera adecuada.

Otra deficiencia del filtro lento, es que al no tener un falso fondo, ocasiona que las tuberías sean taponadas por los agregados que conforman el medio filtrante, pues, el falso fondo además de permitir el correcto retro lavado, protege las tuberías de salida del agua.

Con respecto al medio filtrante del filtro lento, en el recibo final del contrato de obra, se encuentra que el contratista cobró arena de río, en la visita a campo se comprobó que en efecto la arena era de río (Ver *Imagen 52*), con una composición granular no uniforme, siendo este un material **no apto para ser utilizado como medio filtrante**, pues para este tipo de filtro se debe utilizar arena de sílice.

Con respecto a la unidad de cloración, se encuentra que, si bien las unidades pagadas están físicamente en la obra (salvo por las bombas, que fueron hurtadas), la unidad de cloración no fue construida en su totalidad por falta de recursos, no se evidencia la conexión de la tubería, ni la unidad de cloración, ni los dosificadores; unidades que fueron proyectadas para la ejecución del proyecto, pero por falta de recursos por parte de la administración municipal y por balance de mayores y menores cantidades no fueron finalmente instalados.

En cuanto a las afirmaciones realizadas en el informe sobre falso fondo, material filtrante, volvemos a recalcar que en la inspección visual realizada el personal de la contraloría encuentra una planta abandonada, sin vigilancia, sin control en la entrada y salida de personal o equipos; por lo tanto, es imposible que encuentre la planta en las condiciones que se entregó hace 9 años, durante esos 9 años la planta ha sufrido toda clase de robos y manipulación que no es posible asegurar que haya sido falla del constructor en el caso del medio filtro y los falsos fondos.





En cuanto a las afirmaciones realizadas en cuanto al filtro dinámico, es importante manifestar que dentro de los estudios y diseños en el capítulo 11 (el cual anexaremos el presente oficio) que han sido la hoja de ruta para la construcción del acueducto dice lo siguiente:

#### **11.1.3.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO CONCEBIDO:**

**De acuerdo a lo expuesto se concluye que la fuente Rio El Dorado es una fuente a la que solo le falta la cantidad adecuada de cloro residual para conducirla a través de una red de distribución hacia los usuarios finales del macro acueducto.**

**Luego del proceso de cloración las características expuestas la presentan como un agua apta para el consumo humano.**

Ahora bien, el horizonte de evaluación del proyecto es de 25 años se desecha el supuesto de que las excelentes características organolépticas, químicas y microbiológicas se mantendrán durante dicho periodo.

**Se proyectará antes del proceso de cloración un proceso de filtración el cual tendrá como fin eliminar los contaminantes microbiológicos, los sólidos suspendidos y la turbidez, entre otras cargas contaminantes que eventualmente se registraran en el futuro.**

La turbidez aumentara de forma visible durante los periodos de lluvia intensa, como quiera que la fuente Rio El Dorado tiene abundante cobertura vegetal, la cual será arrastrada por fuertes corrientes, aumentando los sedimentos.

**En resumen, se considera pertinente dotar al sistema de las estructuras de:**

**Tanque de Filtración y Cloración, antes del almacenamiento.**

**Dado los niveles de turbidez y color de la fuente no se proyectarán sistemas de mezcla rápida, sedimentación ni floculación.**

**Al ser la filtración el único proceso de tratamiento antes de la cloración, que se recomienda en el presente estudio, se concibe un sistema de filtración lenta.**

**Un sistema rápido, con una tasa de filtración más alta y pérdidas de carga menores requiere procesos anteriores de sedimentación y/o floculación, que dadas las características expuestas en 11.4 no se identifican como necesarios.** (el subrayado es nuestro)

En ese sentido basándonos en los estudios y diseños que reposan en la alcaldía, era posibles eliminar algunas estructuras ya que por cuestiones de presupuesto eran imposible construir, es importantísimo dejar claro que la eliminación de estas estructuras no era de una manera definitiva si no una opción **PROVISIONAL** que se tomó debido a la falta de recursos por las fallas en el presupuesto. El municipio de villa garzón como entidad contratante de acuerdo a las recomendaciones realizadas por la interventoría, debió ejecutar en el menor tiempo posible mediante un contrato adicional o una segunda fase como ordenador del gasto tal y como se menciona en el informe numeral 13 la ingeniera NACY TRUJILLO MONJE Profesional Universitario - Grado 01, Gerencia Departamental Colegiada del Huila.



13. Determine si se atendieron las observaciones que dieron origen al presente proceso y en ese sentido se subsanaron los hechos generadores de las presuntas irregularidades; en caso afirmativo indicar la figura jurídica utilizada por el ente territorial para tal efecto, los recursos destinados para financiar las mismas y su correspondiente fuente presupuestal.

La Administración Municipal debió dar trámite a un contrato adicional para poder cumplir con el alcance del proyecto. Hasta la fecha de la visita técnica se evidenció que el Ente Territorial no ha realizado gestión alguna, sólo destinó recursos para celebrar Contrato Interadministrativo No. 296 del 14 de julio de 2021 con la Empresa de Servicios Públicos Aguas La Cristalina S.A E.S.P. cuyo objeto es: "contratar el mantenimiento y operación del macro acueducto regional Villagarzón - La Joya, municipio de Villagarzón, Departamento del Putumayo" por valor de \$ 64.989.898, 00 con plazo de ejecución hasta el 31 de diciembre de 2021, siendo la fuente presupuestal la siguiente:

Es así como la interventoría y contratista se presentó una alternativa provisional NO DEFINITIVA para garantizar el funcionamiento del acueducto sin que haya adicional por la falta de recursos de la entidad y que la administración municipal no gestiona y no siguió las recomendaciones de la interventoría como lo dice en su informe en el numeral 13 presentado por la ingeniera NACY TRUJILLO MONJE Profesional Universitario - Grado 01, Gerencia Departamental Colegiada del Huila pese a las recomendaciones realizadas por la interventoría.

## OBSERVACION 6

Se concluye para la planta de tratamiento que, si bien los ítems contratados fueron los realmente ejecutados, la ausencia del filtro dinámico hace que toda la planta

disminuya su eficiencia de potabilización. En caso de instalar la unidad de cloración y poner en funcionamiento la planta de tratamiento tal y como está, podría generar una situación de riesgo, pues **la ausencia del filtro grueso generará menores remociones de sólidos totales**, en los cuales se pueden aposar bacterias patógenas (que afectarían a la salud de los usuarios) y/o materia orgánica (evidenciadas en los ensayos de laboratorio a causa de las excretas de animales) que no serán alcanzadas al momento de realizar la cloración y que podrían producir trihalometanos (compuestos cancerígenos) al llegar a los usuarios finales, creando así, una situación de riesgo. Además de este aspecto, se denotan claras fallencias en la construcción del filtro lento, que hacen que este no pueda funcionar como debería.

En cuanto a esta afirmación no puede ser del todo cierta ya que las circunstancias presentadas a lo largo del funcionamiento de 9 años con y sin tratamiento la calidad del agua aparentemente ha sido óptima, hasta la fecha no se han evidenciado situaciones de riesgo respecto a la calidad del agua en los usuarios beneficiados o no se tiene reportes de enfermedades producto del consumo de agua del macro acueducto; en ese sentido es importante la toma de muestras por parte de la empresa aguas la cristalina de la calidad del agua nuevamente.





Sin que se hagan unos nuevos estudios de laboratorio de la calidad de agua las expresiones del profesional no son concluyentes.

#### **OBSERVACION 7**

Se evidencia una clara falencia en los procesos de programación de obra, pues, las unidades presentes en campo no configuran una planta de tratamiento a falta de elementos clave que garanticen su funcionalidad y puesta en marcha.

Es cuanto a las supuestas falencias volvemos a aclarar que la planta se encuentra en total abandono y que no es posible evidenciar si la falta de elementos clave que sugiere el informe, no hayan sido robadas o destruidos por terceros después del recibo de las obras.

Teniendo en cuenta que la administración municipal está iniciando labores para la puesta en marcha nuevamente de la planta sería ideal esperar a que se ponga en marcha para poder evidenciar lo mencionado por el profesional que realizó el informe de lo contrario las expresiones no son concluyentes.

#### **OBSERVACION 8**

se evidenciaron deficiencias administrativas que afectaron la proyección de la planta de tratamiento, pues en el contrato de obra, aparece inicialmente como unidad de cobro el Global, pero en las actas de modificación de cantidades se disgregaron las actividades y el producto final del contrato no fue una planta de tratamiento de agua potable.

Como se puede observar las fallas dentro del presupuesto obligaron a ejecutar actividades de acuerdo a los entregado por el diseñador posteriormente lo que llevo a que se construyera lo que se proyectó, en cuanto a que el producto final del contrato no fue una planta de tratamiento son apreciaciones que carecen de sustento.

#### **OBSERVACION 9**

- La finalidad de una planta de tratamiento de agua potable es producir agua apta para el consumo humano, y los porcentajes de remoción de cada estructura, permiten que se cumpla este objetivo. En el caso particular de la planta del macroacueducto de Villagarzón, se llega a la conclusión que el filtro grueso puede operar sin el filtro lento, pero el filtro lento (El finalmente construido) no puede operar sin el filtro grueso, convirtiéndose este primero en una unidad esencial, sin el cual no puede operar el resto del sistema.

Dentro de los estudios y diseños en el capítulo 11 (el cual anexaremos el presente oficio) que han sido la hoja de ruta para la construcción del acueducto dice lo siguiente:

##### **11.1.3.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO CONCEBIDO:**

**De acuerdo a lo expuesto se concluye que la fuente Rio El Dorado es una fuente a la que solo le falta la cantidad adecuada de cloro residual para conducirla a través de una red de distribución hacia los usuarios finales del macro acueducto.**



**Luego del proceso de cloración las características expuestas la presentan como un agua apta para el consumo humano.**

Ahora bien, el horizonte de evaluación del proyecto es de 25 años se desecha el supuesto de que las excelentes características organolépticas, químicas y microbiológicas se mantendrán durante dicho periodo.

**Se proyectará antes del proceso de cloración un proceso de filtración el cual tendrá como fin eliminar los contaminantes microbiológicos, los sólidos suspendidos y la turbidez, entre otras cargas contaminantes que eventualmente se registraran en el futuro.**

La turbidez aumentara de forma visible durante los periodos de lluvia intensa, como quiera que la fuente Rio El Dorado tiene abundante cobertura vegetal, la cual será arrastrada por fuertes corrientes, aumentando los sedimentos.

**En resumen, se considera pertinente dotar al sistema de las estructuras de:**

**Tanque de Filtración y Cloración, antes del almacenamiento.**

**Dado los niveles de turbidez y color de la fuente no se proyectarán sistemas de mezcla rápida, sedimentación ni floculación.**

**Al ser la filtración el único proceso de tratamiento antes de la cloración, que se recomienda en el presente estudio, se concibe un sistema de filtración lenta.**

**Un sistema rápido, con una tasa de filtración más alta y pérdidas de carga menores requiere procesos anteriores de sedimentación y/o floculación, que dadas las características expuestas en 11.4 no se identifican como necesarios.** (el subrayado es nuestro)

Aclaramos que la eliminación del filtro grueso fue una alternativa provisional debido a la falta de recursos que conllevo la construcción de otras estructuras que garantizarían la funcionalidad de la red principal.

Que el municipio de villa garzón no acató las recomendaciones realizadas por la interventoría y no gestiono los recursos para un adicional o una segunda fase.

## **OBSERVACION 10**

- El filtro lento presenta deficiencias al momento de su construcción, por la falta de un falso fondo que permita realizar el retro lavado del medio filtrante y proteger las tuberías del taponamiento por los agregados que conforman el filtro. Se concluye que esta unidad no es funcional, esto sumado a que el medio filtrante suministrado por el contratista no es el adecuado para este tipo de filtros.





Es cuanto a las supuestas falencias volvemos a aclarar que la planta se encuentra en total abandono y que no es posible evidenciar si la falta de elementos clave que sugiere el informe, no hayan sido robadas o destruidos por terceros después del recibo de las obras.

Teniendo en cuenta que la administración municipal está iniciando labores para la puesta en marcha nuevamente de la planta sería ideal esperar a que se ponga en marcha para poder evidenciar lo mencionado por el profesional que realizó el informe de lo contrario las expresiones no son concluyentes.

#### **OBSERVACION 11**

- En el análisis del expediente del contrato se encuentra que las estructuras faltantes, proyectadas en los estudios y diseños, no pudieron ser terminadas por falta de recursos de parte de la alcaldía de Villagarzón, sin embargo, se evidenció que en la ejecución de los contratos de obra e interventoría se priorizó la construcción de estructuras que finalmente quedaron incompletas, como el filtro lento y la caseta de cloración.

Es cuanto a las supuestas falencias volvemos a aclarar que la planta se encuentra en total abandono y que no es posible evidenciar si la falta de elementos clave que sugiere el informe, no hayan sido robadas o destruidos por terceros después del recibo de las obras.

Teniendo en cuenta que la administración municipal está iniciando labores para la puesta en marcha nuevamente de la planta sería ideal esperar a que se ponga en marcha para poder evidenciar lo mencionado por el profesional que realizó el informe de lo contrario las expresiones no son concluyentes.

#### **OBSERVACION 12**

- Al momento de la visita técnica, la planta aún se encontraba en condición de abandono, se concluye que el filtro grueso es una unidad esencial de la planta y sin él no se podrá lograr el objetivo de este sistema, el cual es, entregar agua apta para el consumo humano. La imposibilidad de usar los elementos de la planta por ausencia del filtro grueso debido a la mala planeación y falta de análisis a las cantidades del contrato, sumado a la condición de abandono de las estructuras que conforman la planta de tratamiento de agua potable de más de 9 años y las deficiencias en la construcción de las unidades, conlleva a una presunta pérdida de los recursos públicos que asciende a la suma de MIL CIENTO SESENTA Y CINCO MILLONES OCHOCIENTOS CATORCE MIL CIENTO OCHENTA PESOS CON OCHENTA Y DOS CENTAVOS (\$ 1.165.814.180,82), correspondientes a los valores pagados por concepto



de las unidades y estructuras que conforman la planta de tratamiento de agua según el acta de recibo final del contrato de obra y CINCUENTA Y OCHO MILLONES DOSCIENTOS NOVENTA MIL SETECIENTOS NUEVE PESOS CON CATORCE CENTAVOS (\$ 58.290.709,14), correspondiente a los valores pagados por concepto de los servicios de interventoría empleados para la construcción de las estructuras que conforman las unidades construidas de la planta de tratamiento, para un presunto daño total de MIL DOSCIENTOS VEINTI CUATRO MILLONES CIENTO CUATRO MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y NUEVE PESOS CON NOVENTA Y SEIS CENTAVOS (\$ 1.224.104.889,96).

De los anterior se tienen las siguientes apreciaciones y preguntas:

- No se puede endilgar un detrimento por la construcción de la planta ya que no se han presentado fallas estructurales y la planta no se ha considerado pérdida total o no se ha mandado a demoler por alguna falla constructiva, es por esa razón la administración actual municipio de villa garzón esta realizado labores de recuperación de las instalaciones de la planta de tratamiento en ese sentido la infraestructura construida está en buen estado y lista funcionar siempre y cuando se dé una operación y manejo adecuado.

Es importante aclarar que las afectaciones presentes a la hora de la visita y la falta de varios elementos esenciales para su funcionamiento como falso fondo, arenas y demás elementos no son responsabilidad de la interventoría ya que se evidencia abandono de la misma y que por la falta de vigilancia ha sido víctima de robos.

- Declarar un detrimento por el cerramiento no es congruente por que dicho cerramiento está cumpliendo su función para que fue construido y hasta la fecha no se han presentado patologías que adviertan que es una pérdida total.
- No se puede declarar la construcción de las estructuras como casetas ya que fueron construidas en su totalidad y su funcionamiento y cuidado no hacen parte de las funciones de la interventoría puesto que la dotación y funcionamiento eran función de a la administración municipal o del encargado de la operación y mantenimiento ya que el contrato no contemplo la dotación.
- No se puede declarar detrimento a estructuras que en su momento funcionaron, pero por culpa de la falta de mantenimiento operación y cuidado han ocasionado el deterioro, robo y destruir por terceros.
- El contrato de interventoría 061 de 2011 hasta la fecha no se ha cancelado 100% del valor contractual por lo cual está pendiente el pago el 10% del valor del presente contrato.
- ¿Que pasa si declaran el detrimento como se lo calculó y en dos meses la alcaldía lo pone en funcionamiento?



## CONCLUSIONES:

- Dentro del presente proceso se han presentado muchas inconsistencias que vician este proceso proceso, muchas de ellas son precisamente las que dieron origen a al presente proceso; entre ellas, encontramos el supuesto cambio de fuente que nunca sucedió, los supuesto cambios de diseño sin sustento que tampoco pasó y muchas impresiones que fueron desmentidas párrafo por párrafo dentro de nuestra versión libre con pruebas que también se anexaron.

Durante los 10 años que han pasado, no se ha tenido ninguna reclamación por parte de las administraciones municipales por algún siniestro por fallas en la construcción y mucho menos por los incumplimientos contractuales.

Ya han pasado 10 años y para ser precisos en los últimos 2 años en el proceso se han realizado 3 visitas técnicas, de las cuales se han originado 3 informes; la primera visita fue una realizada en diciembre de 2022, 7 años después del supuesto hecho generador del presunto hallazgo, este informe fue realizado por la ingeniera **NACY TRUJILLO MONJE** Profesional Universitario - Grado 01, Gerencia Departamental Colegiada del Huila, en el cual presenta un resumen detallado de las cantidades contratadas y ejecutadas, explica las razones de las modificaciones, explica las falencias dentro de la planeación y lo más importante, que los ejecutores entre ellos la interventoría actuó dentro de la ley concluyendo que **NO HAY LUGAR PARA SUSTENTAR UNA LESION DEL PATRIMONIO PUBLICO** por parte del **CONSORCIO INTERCIVILES 2011**. (ver numeral 5 complementación y alcance de informe técnico presentado el 02 de febrero de 2023).

Desde esa fecha (diciembre de 2022) el proceso no se volvió a saber de ninguna actuación en cuanto a visitas, solo la publicación de su respectivo informe y su complemento con fecha 02 de febrero de 2022 el cual **NO SE HA TENIDO EN CUENTA** de ninguna manera.

El siguiente informe se tiene con fecha diciembre 2023 realizado por el ingeniero **EDWARD LEONARDO ROJAS BENAVIDES** Profesional Universitario Grado 01 del Grupo Interno de Trabajo Coordinación para la Responsabilidad Fiscal, 9 años después del hecho generador del presunto hallazgo, fue una visita del todo irregular a la cual no pudo asistir ninguno de los presuntos responsables por que no se notificó a ninguna de la partes, esa visita se originó a raíz de un oficio enviado por el personero municipal de esa época, quien sin conocimiento alguno del funcionamiento del macro acueducto y sin realizar las debidas averiguaciones a la secretaria de planeación envía un oficio con declaraciones fuera de contexto y en las que dieron a entender que dicho acueducto nunca ha funcionado. De esta visita surge un informe el cual se ha solicitado desde la fecha que se hizo la imputación y hasta la fecha no conocemos.

Con fundamento en el informe de la visita de diciembre de 2023 realizado por el ingeniero **EDWARD LEONARDO ROJAS BENAVIDES** Profesional Universitario Grado 01 del Grupo Interno de Trabajo Coordinación para la Responsabilidad Fiscal el cual, también presenta solo apreciaciones fuera de contexto y sin pruebas como ensayos





de laboratorio para sustentar lo plasmado en dicho informe y con en apartes que sacaron de contexto del informe de la ingeniera **NANCY TRUJILLO** se fundaron para imputar con fecha 28 de diciembre de 2023 tasando sin análisis o sin indexar como lo dicen los documentos de apertura e imputación el valor de los supuesto detrimento y sin tener en cuenta el documento **“COMPLEMENTACIÓN Y ALCANCE DE INFORME TÉCNICO PRESENTADO EL 02 DE FEBRERO DE 2023”** elaborado por la ingeniera **TRUJILLO** en cuanto a los expresado en su informe en el numeral 5 donde concluye que **NO HAY LUGAR PARA SUSTENTAR UNA LESION DEL PATRIMONIO PUBLICO** por parte del **CONSORCIO INTERCIVILES 2011**.

Luego, después de la imputación irregular y de la solicitud de pruebas, la contraloría vuelve a decretar una nueva visita ya después de 10 años de haberse generado el supuesto hecho generador del hallazgo, con la sorpresa que dentro de este último informe corrobora lo que dijo la ingeniera **NANCY TRUJILLO MONJE** Profesional Universitario - Grado 01, Gerencia Departamental Colegiada del Huila en su infirme y en el **“COMPLEMENTACIÓN Y ALCANCE DE INFIRME TÉCNICO PRESENTADO EL 02 DE FEBRERO DE 2023”** no hay detrimento, pero ahora después de 10 años, en este informe por primera vez se hace el calculo del daño patrimonial. Calculo que no se había hecho ni en la indagación preliminar, ni en la apertura y mucho menos en la imputación lo cual es una irregularidad dentro del proceso el cual, ya culminó su etapa de pruebas y solo queda esperar el fallo de la contraloría, dando solo el termino del traslado de este último informe, para poder por fin debatir el caculo del posible daño patrimonial que según el informe se presenta.

De este informe, solo se hacen nuevamente especulaciones de acuerdo a una inspección visual, con información incompleta en la que se especula dicho detrimento, sin un análisis profundo y completo de los verdaderos actores en el proceso contractual desde su concepción, solo se limitan a endilgar responsabilidades a la etapa de ejecución sin ver la etapas anteriores y posteriores a esta. Estas irregularidades violan el debido proceso y llevan a una nulidad absoluta de los autos de apertura y siguientes, pues no se cumplieron con los requisitos legales para abrir formalmente el proceso por falta de cálculo del posible daño patrimonial y por realizarlo después de la etapa de pruebas.

En ese sentido el auto de imputación también tiene muchas fallas ya que se reunieron los informes y solo se dejaron apartes para descontextualizar lo que verdaderamente dicen los informes para poder justificar una imputación que carece de sustento.

- En el presente informe se quiere demostrar que hay un PRESUNTO detrimento por \$ **1.224.104.889.96** que es el equivalente al valor pagado por el al filtro lento, cerramiento y casetas construidas las cuales están en buen estado, no presentan fallas estructurales y fueron construidas de acuerdo a los diseños presentados por el municipio para la ejecución contractual y que pese al abandono siguen en pie sin ningún daño, en el informe se presenta una inspección únicamente visual de la planta la cual ha esta abandonada durante 9 años argumentado que el filtro que se construyó, no sirve por que hacen falta elementos asumiendo sin pruebas que estos elementos no fueron proporcionados por el contratista para su funcionamiento lo cual es una especulación ya que sigue la duda que



hayan sido robados, removidos por terceros durante el tiempo de total abandono al que estuvo sometida.

- En el presente informe solo se basan en tres hipótesis basados en conjeturas con pruebas que son poco concluyentes y que se pueden tomar como simples especulaciones las cuales relacionamos a continuación:

**ENSAYOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA** Por un lado, se habla de los ensayos de laboratorio fechados en 2015 dentro de los cuales presentan un resultado de presencia de coliformes pero este laboratorio tampoco tiene cadena de custodia por lo que también se puede dudar de sus resultado, este resultado lo contradice la realidad de los últimos 10 años de funcionamiento en el historial del municipio no se han presentado situaciones de emergencia por el consumo de agua del macroacueducto pese a que este este funcionando con o sin tratamiento y también los contradice el permiso de concesión de aguas realizado por corpoamazonia pues si el agua no era para consumo humano, la misma no otorgaría dicho permiso.

Lo que, si se puede probar, es que la concesión de aguas por parte de corpoamazonia se dio, y que en los estudios y diseños dicen que solo se requiere una filtración lenta y una desinfección.

**FALTA DE PROGRAMACION Y MALAS DECISIONES ADMNITATIVAS EN LA ETAPA DE CONTRUCCION** como lo hemos nombrado en nuestras observaciones, con las falencias en el presupuesto las interventoría junto con los demás intervinientes en la ejecución el contrato nos vimos a en la necesidad de realizar ajustes al presupuesto por falta de recursos, en ningún momento fue malas decisiones administrativas y de programación ya que por fallas en la cuantificación real de la obra nos vimos obligados a tomar decisiones para que el acueducto funcione sin algunas obras, esta decisiones era de manera PROVISIONAL mientras el municipio realizaba la gestión de los recursos para poder construir la estructura faltantes que por falta de recursos no se pudieron construir, esta decisiones no se pueden considerar malas o deficientes ya que se menciona que se cumple con los parámetros de diseño.

**NO EXISTEN ELEMENTOS ESENCIALES EN EL FUNCIONAMIENTO DEL FILTRO LENTO** esta afirmación es otro de los fundamentos que se puede ver en el informe, pero no se analiza el tiempo que estuvo en abandono, después de 10 años de abandono las condiciones no son las mismas, la planta a sufrido robos, manejos inadecuados y por lo tanto, carece de prueba dicha afirmación.

En cuanto a lechos filtrantes no se respalda en ensayos de laboratorio (cuando se habla que la arena no cumple), menciona que no hay falso fondo, pero no anexa si se hizo algún sondeo para poder verificar este en un estrato inferior, solo anexan fotos que se tomaron desde la canaleta de entrada sin una inspección a fondo de la planta.

- Teniendo en cuenta que en la visita se vio la disponibilidad del municipio de villa garzón de poner en funcionamiento la plata de tratamiento, proponemos que para poder despajar todas las dudas que deja el informe es necesario que el municipio de villa garzón ponga



en funcionamiento la planta de tratamiento realizando la dotación de lo que se han robado y poder tomar los laboratorios de calidad de agua que puede ser útil para verificar la hipótesis planteada en el informe presentado o verificar lo mencionado en los estudios y diseños presentados por el municipio.

De esta manera, dejo presentando y sustentando las observaciones pertinentes, propias para ser tenidas en cuenta al momento de realizar la valoración probatoria.

PLINIO MAURICIO RUEDA GUERRERO  
Apoderado Judicial  
EIVI MANUEL PIPICANO PANTOJA  
PRESUNTO RESPONSABLE  
CONSORCIO INTERCIVILES 2011

**ANEXOS:**

- **COMPLEMENTACION Y ALCANCE INFORME TECNICO ING NACY TRUJILLO MONJE** Profesional Universitario - Grado 01, Gerencia Departamental Colegiada del Huila.
- **Estudios hidráulicos 11.**



## COMPLEMENTACIÓN Y ALCANCE A INFORME TECNICO

**PROCESO ORDINARIO DE RESPONSABILIDAD FISCAL No. URFR-PRF-044-2019 -  
“CONSTRUCCIÓN MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN – LA JOYA  
DEL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”**

**Lugar y Fecha de elaboración:** Neiva - Huila, 02 de febrero de 2022

### **Autoridad solicitante del informe técnico**

Solicitado por la doctora ERIKA VIVIANA MENDOZA GÓMEZ Contralora Delegada Intersectorial No 15, del Grupo Interno de Trabajo para la Responsabilidad Fiscal de los Recursos del Sistema General de Regalías.

### **Número de radicación del proceso**

Proceso Ordinario de Responsabilidad Fiscal No. URFR-PRF-044-2019 cuya entidad afectada es el municipio de VILLAGARZÓN, departamento del Putumayo.

### **Número de oficio mediante el cual fue solicitado**

Mediante oficio No. 2022EE0009458 del 26 de enero de 2022 se solicita complementación y alcance a INFORME TÉCNICO, de fecha 20 de diciembre de 2021, con radicado SIGEDOC 2021ER0182472, presentado dentro del Proceso de Responsabilidad Fiscal PRF-044-2019- Prueba Decretada por Auto No 2282 del 11 de noviembre de 2021. Entidad Afectada: Municipio de VILLAGARZON PUTUMAYO.

### **Información contractual:**

Contrato de obra pública No.:	056 del 19 de diciembre de 2011.
Contratista:	UNIÓN TEMPORAL LAS AMÉRICAS
	Representante Legal. JUAN CARLOS GARCÍA BUSTOS

<b>Objeto:</b>	"CONSTRUCCIÓN MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN – LA JOYA DEL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO".
<b>Valor del contrato:</b>	<b>\$12.137.584.273, 09</b> (financiado con gastos de inversión Capítulo 4. Inversión con Regalías y Compensaciones; siendo la disponibilidad presupuestal No. 0775 del 26 de octubre de 2011 y registro presupuestal No. 0883 del 20 de diciembre de 2011 del programa 4.1. Agua Potable y Saneamiento Básico y subprograma 4.1.2. Servicio de Acueducto)
<b>Valor ejecutado:</b>	\$12.137.584.251, 98
<b>Valor a favor del municipio:</b>	\$21, 11
<b>Anticipo equivalente al:</b>	50%
<b>Plazo de ejecución:</b>	Doce (12) meses
<b>Prorroga:</b>	Tres (3) meses
<b>Acta de inicio:</b>	06 marzo de 2012
<b>Acta de suspensión No.1:</b>	17 de diciembre de 2012
<b>Acta de reiniciación No.1:</b>	17 de enero de 2013
<b>Acta de suspensión No.2:</b>	17 de mayo de 2013
<b>Acta de reiniciación No.2:</b>	02 de julio de 2013
<b>Acta de suspensión No.3:</b>	12 de julio de 2013
<b>Acta de reiniciación No.3:</b>	29 de noviembre de 2013
<b>Acta de suspensión No.4:</b>	20 de diciembre de 2013
<b>Acta de reiniciación No.4:</b>	13 de enero de 2014
<b>Acta de suspensión No.5:</b>	30 de enero de 2014
<b>Acta de reiniciación No.5:</b>	21 de agosto de 2014
<b>Fecha de terminación de obra:</b>	21 de octubre de 2014
<b>Acta de recibo final:</b>	29 de diciembre de 2014
<b>Porcentaje Ejecutado:</b>	100%



Contrato de consultoría SPI No.:	<b>61 del 29 de diciembre de 2011.</b>
Objeto:	Interventoría técnica, administrativa y financiera para CONSTRUCCIÓN MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN – LA JOYA DEL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO.
Valor del contrato:	<b>\$606.879.213, 65</b>
Contratista:	<b>CONSORCIO INTERCIVILES 2011</b>
Representante Legal:	EIVI MANUEL PIPICANO PANTOJA

Proyecto inscrito y viabilizado en el Banco de Proyectos del municipio bajo el número de radicación 011-86-885-082 con nombre "CONSTRUCCIÓN MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA DEL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO" el cual fue financiado con gastos de inversión Capítulo 4. Inversión con Regalías y Compensaciones; siendo la disponibilidad presupuestal No. 0775 del 26 de octubre de 2011 y registro presupuestal No. 0883 del 20 de diciembre de 2011 del programa 4.1. Agua Potable y Saneamiento Básico y subprograma 4.1.2. Servicio de Acueducto, ejecutado mediante el contrato de obra pública No. 056 de 19 de diciembre de 2011, "CONSTRUCCIÓN MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN – LA JOYA DEL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO" y el contrato de consultoría SPI No. 061 del 29 de diciembre de 2011 "Interventoría Técnica, Administrativa y Financiera para la CONSTRUCCIÓN MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN – LA JOYA DEL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO".

A continuación, se transcriben las preguntas formuladas y se emite la respuesta técnica correspondiente.

1. Determinar las cantidades de obra.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD CONTRATADA	CANTIDAD EJECUTADA
BOCATOMA	UN	1	1
ADUCCION	UN	1	1
DESARENADOR	UN	1	1

TANQUE PRINCIPAL	UN	1	1
TANQUES VEREDALES	UN	15	9
CONDUCCION PRINCIPAL	ML	35.569	36.976
FILTRO LENTO	UN	1	1
FILTRO GRUESO DINAMICO	UN	1	0
CASETA DE ARENAS	UN	1	1
CASETA DE CLORACION	UN	1	1
CAMARA DE CLORACION	UN	1	1
CASETA DE OPERADOR	UN	1	1

Respecto al filtro dinámico se puede evidenciar que en el presupuesto contratado aparece en el capítulo 25 un ítem denominado planta de tratamiento de agua potable con unidad global y desglose según anexo de cantidades de obra, en donde se incluye la construcción del filtro grueso dinámico, filtro lento, la caseta de almacenamiento de arena, la sala de cloración, la cámara de cloración y caseta del operador. Una vez revisadas las actas de modificación se encuentra que el filtro grueso o dinámico fue excluido del presupuesto en el acta de modificación No. 3 de fecha 4 de julio de 2013 en donde se justifica dicha modificación principalmente en la necesidad de adicionar obras indispensables para terminar la conducción (sin terminar la conducción no era posible lograr funcionalidad alguna del proyecto, comparado con la posibilidad de avanzar un proyecto en funcionamiento sin el filtro grueso dinámico). Estas obras incluyen 284.1 m3 de concreto para anclajes de tubería ítem 22.42 necesarios por las malas condiciones geotécnicas del suelo (suelo pantanoso), adicionar 602 metros lineales de tubería de 6" rde 13.5 en el ítem 22.10 y adicionar 63 válvulas de purga de 6" ítem 22.64; todos con el fin de poder terminar la línea de conducción principal.

Se puede concluir que el contratista, interventor y Municipio tomaron la decisión de eliminar este filtro dándole prioridad a la terminación de la línea de conducción principal, necesaria para lograr entregar las obras construidas en funcionamiento.

## 2. Verifique cantidades de obra contratada y pagadas vs cantidades de obra ejecutadas.

Una vez realizada la visita de campo y verificada la información técnica y contractual correspondiente Contrato de Obra No. 056 del 19 de diciembre de 2011 se puede concluir que



las obras ejecutadas se encuentran acordes a las pagadas en el acta de recibo final de obra suscrita el 21 de octubre de 2014 y al acta de modificación No. 6 suscrita el 22 de agosto de 2014.

3. La pertinencia, idoneidad, suficiencia y experticia de los diseños tenidos en cuenta y considerados por el ente territorial en la etapa de planeación, precontractual, de celebración y de ejecución del Contrato de obra **No.056 de 19-12-2011**, y que fueron parte integral de los estudios previos y de conveniencia del proceso resultante del citado contrato celebrado entre el Municipio de Villagarzon - Putumayo y LA UNIÓN TEMPORAL DE LA AMÉRICAS, y que acogió el Municipio de Villagarzón para elaborar los documentos previos contentivos del proceso de selección del contratista de obra.

Realizada la revisión documental se puede determinar que NO se cumplió a cabalidad con el Principio de Planeación por parte de la entidad contratante de elaborar Estudios Previos adecuados en atención a las obligaciones mutuas de las partes, el precio, el estructurar debidamente su financiación y cumplir con la construcción del macro acueducto y así proveer del servicio de agua a las veredas comprendidas a lo largo de la vía existente entre Villagarzón y la Vereda La Joya y el casco urbano de Puerto Umbría.

Los Estudios y Diseños que se contrataron mediante Contrato de Consultoría No. 032 del 05 de agosto de 2010. En donde en el mencionado estudio se pretende abastecer con el acueducto las veredas: Porvenir, Canangucho, Champagnat, Alemania, La Paz, Uchupayaco, Oroyaco, Islandia, Las Minas, Villa Hermosa, Puerto Umbría, Simón Bolívar, San Luis, La Mariposa, Rio Blanco, Alto Sinaí, Naranjito, las cuales se encuentran localizadas a lo largo de la vía Villagarzón - Vereda La Joya.

En atención a lo anterior, se tiene que los diseños en su totalidad no fueron tenidos en cuenta por el ente territorial, teniéndose lo siguiente:

Expresa la administración que con los recursos solicitados se adelantará la “CONSTRUCCIÓN MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZON LA JOYA DEL MUNICIPIO DE VILLAGARZON DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO”, en el cual se desarrollaran actividades contempladas en los diseños en los que se proyecta la construcción de bocatoma, desarenador,

tanque de almacenamiento principal, tanques de almacenamiento de apoyo en sitios puntuales de acuerdo a los diseños, cámaras de quiebre, canaletas de aforo, viaductos, suministro e instalación de tubería pvc presión y accesorios y planta de tratamiento de agua potable.

En los diseños y en el alcance del proyecto se evidenció que las veredas serían: Puerto Umbria, Porvenir, Canangucho, El Naranjito, Champagnat, Alemania, La Paz, Uchupayaco, Oroyaco, Las Minas, Islandia, Simón Bolívar, Río Blanco, Villa Hermosa, San Luis, La Mariposa, El Desierto, La Palanca, Las Palmeras y Alto Sinai, para un total de 20 veredas las beneficiarias del servicio de agua donde cada una tendría su propio tanque de almacenamiento, quedando así en los correspondientes Estudios Previos, como también en el numeral 4. 4. ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO QUE SOPORTA EL VALOR ESTIMADO DEL CONTRATO, se expresa en uno de sus apartes: “De acuerdo a los diseños y cuadro de costos presentados en el proyecto, el Municipio de Villagarzón procedió a realizar la revisión y ajuste al proyecto en el cual estimó de forma detallada el valor total de la obra identificando cada una de las actividades a desarrollar, su valor unitario, las cantidades a construir y el valor total de los recursos con que cuenta el Municipio para respaldar económicamente la ejecución del presente objeto.”

En atención a lo anterior se evidencia que en el ANEXO No. 5 - PROPUESTA ECONÓMICA del Proceso Licitatorio LP-010-2011 no se relacionaron todas las 20 veredas sino solamente 9 siendo ellas las siguientes: Puerto Umbria, Porvenir, Canangucho, El Naranjito, Champagnat, Alemania, La Paz, Villa Hermosa y San Luis. Además, las cantidades de obra no cambiaron y se generó la celebración del Contrato de obra No. 056 del 19 de diciembre de 2011 con las cantidades de obra consignadas en los correspondientes Estudios Previos.

En la etapa de ejecución del contrato se evidenció que las cantidades de obra incluidas dentro del presupuesto oficial no correspondían a las cantidades requeridas para la ejecución de los tanques según especificaciones técnicas y de los planos de los Estudios y Diseños del Proyecto.

4. Verifique y determine si los diseños iniciales y que soportaron la planeación y celebración del Contrato de obra **No.056 de 19-12-2011**, celebrado entre el Municipio de Villagarzón - Putumayo y LA UNIÓN TEMPORAL DE LA AMÉRICAS fueron objeto de modificación, ajustes, sustitución, cambios, aclaraciones, adiciones o precisiones. En caso afirmativo



establezca a través de cual (es) documento (s) se decidieron y determine la procedencia, necesidad, viabilidad, pertinencia y conveniencia de tales modificaciones, ajustes, sustituciones, cambios, aclaraciones, adiciones o precisiones o en caso contrario indique su inconveniencia, improcedencia o falta de pertinencia.

Una vez verificados los planos récord del proyecto ejecutado, se encuentra que los diseños iniciales que soportaron la planeación y celebración del contrato si fueron objeto de algunas modificaciones, especialmente al trazado de la línea de conducción principal, motivadas por la necesidad de adquirir previamente las servidumbres de cada predio, obligando a ajustar el trazado en algunos sectores por predios con dificultades para adquirir el permiso de servidumbre correspondiente (en algunos casos cambio del trazado en un margen de la vía al margen contrario). Estas modificaciones se realizaron mediando el aval técnico de la Unión Temporal Bacer, quien fue el consultor del proyecto, dejando constancia de dicha aprobación en varias comunicaciones anexadas en el informe principal.

En cuanto a los diseños iniciales de la Bocatoma, se pudo constatar que no sufrieron ningún tipo de modificación y esta obra en particular se realizó según los diseños iniciales. Sin embargo, es de aclarar que debido a que en el año 2017 la Bocatoma fue dañada gravemente por una avalancha, los contratistas reconstruyeron esta estructura realizando algunas modificaciones como cambiar la captación a una rejilla lateral y bajar el nivel del dique. Estas modificaciones al diseño también se encuentran soportadas con unas memorias de calculo hidráulico firmadas por el ingeniero Ronald Fernan Eraso Gómez M.P: 52202172318NRÑ en el año 2017, quien recomendó las características nuevas de la Bocatoma. Encontrándose dicha Bocatoma en buenas condiciones y en funcionamiento.

5. Informe detallado de la ejecución física y financiera del Contrato de obra No. 056 de 19-12-2011 suscrito entre el Municipio de Villagarzón – Putumayo y la Unión temporal de las Américas y del contrato de Interventoría No. 061 de 2011, celebrado entre el Municipio de Villagarzón - Putumayo y el CONSORCIO INTERCIVILES 2011, determinando si en la ejecución de los mismos existe o no detrimento al patrimonio público y en caso afirmativo estimar su cuantía.



Con la construcción de las obras finalmente ejecutas; según consta en el acta de recibo final de obra con fecha 21 de octubre del año 2014 suscrita por el contratista, interventor y administración municipal del Contrato de Obra No. 056 del 19 de diciembre de 2011; no hay lugar para sustentar una lesión del Patrimonio Público. Las obras ejecutadas se desarrollaron conforme las especificaciones técnicas aplicables a este tipo de proyectos, evidenciando según los informes anexos al acta de recibo final, que la obra se entregó en funcionamiento y prestando un servicio a la Comunidad. Adicionalmente se evidenciaron registros de funcionamiento desde la entrega hasta finales del año 2015, fecha hasta la cual la Unión Temporal Las Américas realizó la operación provisional. Además, la funcionalidad del sistema está acorde a los Estudios y Diseños. Tampoco se encontraron diferencias entre las cantidades de obra pagadas y cantidades de obra ejecutadas que sustente una lesión del Patrimonio Público.

El buen funcionamiento del acueducto está siendo afectado por una falta de gestión sobre las conexiones adicionales en diferentes puntos del proyecto, no contempladas inicialmente en los Diseños.

La línea de conducción desde el tanque de almacenamiento principal hasta los tanques de distribución es muy extensa y se presta especialmente para este tipo de conexiones.

6. Informe si con ocasión de la ejecución de las obras relacionadas con la Construcción de Macro acueducto veredal Villagarzón - La Joya del Municipio de Villagarzón en el departamento del Putumayo, materia del Contrato de Obra **No.056 de 19-12-2011**, se suscribieron actas de recibo parcial o total, y/o acta de terminación del contrato y/o acta de recibo a satisfacción; en caso afirmativo, rinda concepto sobre los citados documentos y su contenido, y determine la coherencia y congruencia de los mismos frente a la ejecución física y financiera del contrato, los pagos y /o desembolsos efectuados en razón del referido contrato, confrontando lo anterior con el estado de las obras.

Dentro de la revisión se encuentra un acta de recibo final de obra del 21 de octubre de 2014 suscrita por JUAN CARLOS GARCIA BUSTOS; Representante Legal de la Unión Temporal Las Américas, EIVI MANUEL PIPICANO PANTOJA; Representante Legal del Consorcio Interciviles 2011 y por el Municipio de Villagarzón; firmada por el Secretario de Planeación VICTOR HUGO ROMO y el Alcalde Municipal; ALVARO JESUS RODRIGUEZ DIAZ. El acta final cuenta con los

correspondientes soportes de memorias de cantidades de obra aprobados y firmados por Interventoría, y cuantificados según las condiciones actualizadas sobre el acta de modificación No. 6 del 22 de agosto de 2014.

 <b>GOBIERNO MUNICIPAL DE VILLAVIEJA</b> <b>SECRETARÍA DE PLANEACIÓN E INFRAESTRUCTURA</b> <b>MANUAL DE INVENTARIOS</b> <b>ACTA DE RECIBO FINAL</b>										<b>FECHA</b> 2014 / 05 / 20													
NOMBRE DEL MUNICIPIO		SECRETARÍA DE PLANEACIÓN E INFRAESTRUCTURA		MUNICIPIO		Villavieja, Tlaxcala		ACTIVO		0		VALOR TOTAL ACTIVO		\$ 00 041 216.78		MONEDA DEL PAÍS		MEXICANA		CÓDIGO DEL PAÍS		001	
CONTENIDO DE LA OBRA		Obras de infraestructura de transporte										PLAZO DE VIGENCIA		DOCE (12) MESES		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014	
OBJETO		CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE EN EL MUNICIPIO DE VILLAVIEJA										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONTRATISTA		CONTRATISTA: CONSORCIO INTERMUNICIPAL										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONTRATO		CONTRATO: CONVENIO INTERMUNICIPAL										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
INTERVENIENTES		CONVENIO INTERMUNICIPAL										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE COORDINACIÓN		CONVENIO DE COORDINACIÓN										FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013		FECHA DE TERMINACIÓN		17 de diciembre de 2014		FECHA DE INICIO		17 de diciembre de 2013	
CONVENIO DE																							

En la revisión del acta de recibo final, se encuentra que es coherente con la ejecución del proyecto y con lo encontrado en la visita de campo.

7. Informe si el Contrato de Obra No.056 de 19-12-2011 fue objeto de ajustes, modificaciones, suspensiones, adiciones, prórrogas, en caso afirmativo conceptúe técnicamente sobre la justificación, conveniencia y necesidad de las mismas.

Dentro de la revisión documental se encontraron:



ACTAS DE MODIFICACIÓN: Durante el desarrollo de la ejecución del contrato se realizaron 6 actas de modificación de mayores y menores cantidades, cada una con su correspondiente justificación técnica.

Se generaron un (01) Acta de Inicio, cinco (05) Actas de Suspensión, cinco (05) Actas de Reinicio, una prórroga por cinco (05) meses y un (01) Acta de Recibo Final.

ACTA	FECHA
INICIO	6/03/2012
SUSPENSION 1	17/12/2012
SUSPENSION 2	16/05/2013
SUSPENSION 3	12/07/2013
SUSPENSION 4	20/12/2013
SUSPENSION 5	30/01/2014
REINICIO 1	17/01/2013
REINICIO 2	2/07/2013
REINICIO 3	29/11/2013
REINICIO 4	13/01/2014
REINICIO 5	21/08/2014
PRORROGA 1	5 MESES
ACTA RECIBO FINAL	21/10/2014

Las actas relacionadas se encuentran dentro del expediente del contrato y las suspensiones presentan sus debidas justificaciones.

- Informe si las obras relacionadas con la Construcción de Macro acueducto veredal Villagarzón- La Joya del Municipio de Villagarzón en el departamento del Putumayo, materia del Contrato de Obra No.056 de 19-12- 2011 fueron objeto de correcciones, ajustes, modificaciones, reparaciones, en caso afirmativo conceptué técnicamente sobre la justificación, conveniencia y necesidad de las mismas.

Respecto a las modificaciones realizadas en el desarrollo del contrato, se puede evidenciar con claridad en los Estudios y Diseños, y en los documentos previos al proceso de contratación que hubo graves falencias en la Planeación del Proyecto que conducirían obligatoriamente a



modificaciones sustanciales en el cuerpo del contrato durante el proceso de ejecución, como las siguientes:

- a) La Entidad contratante en el momento de realizar la contratación NO tenía la propiedad de los predios en donde se deberían ejecutar las obras principales del proyecto (Bocatoma, Desarenador, Planta de Tratamiento, Tanques y demás estructuras).
- b) La Entidad contratante en el momento de realizar la contratación NO tenía las servidumbres de los predios por donde debería pasar la tubería de conducción. Esta obligación la asumió el Municipio de Villagarzón en el acta de aclaración de pliegos en donde el Secretario de Planeación de la época confirma esta actividad a cargo de la Entidad contratante pero que tampoco fue incluida dentro de las actividades del presupuesto contratado con la Unión Temporal Las Américas.
- c) Se puede evidenciar que existieron falencias importantes en los entregables de la Consultoría del Proyecto realizada por la U.T Bacer en el año 2010, especialmente en lo concerniente a las cantidades de obra del proyecto y por ende al presupuesto general base de la contratación por parte del municipio. Esta afirmación surge luego de verificar las cantidades de obra reales del proyecto con las consignadas en el Anexo No. 5 del proceso de licitación.
- d) Como se describió en el numeral 6 del informe técnico de los 20 tanques requeridos en el proyecto, en el presupuesto base de la licitación tan solo se incluyeron 15 tanques.
- e) Para dar un ejemplo de las falencias en las cantidades contratadas me permito presentar el siguiente cuadro en donde se verifican las cantidades de los ítems representativos (acero y concreto) en las estructuras más importantes del proyecto:

**TANQUES DE 12 M3**

**CANTIDAD:**

**7**

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD CONTRATADA	CANTIDAD REAL	CANTIDAD FALTANTE	DIFERENCIA %
CONCRETO	M3	101,99	281,19	-179,2	-176%
ACERO	KG	15298	43057	-27759	-181%

**TANQUES DE 20 M3**

CANTIDAD:

3

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD CONTRATADA	CANTIDAD REAL	CANTIDAD FALTANTE	DIFERENCIA %
CONCRETO	M3	171,27	144,23	27,04	16%
ACERO	KG	25690,5	27438	-1747,5	-7%

**TANQUE DE 65 M3**

CANTIDAD:

2

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD CONTRATADA	CANTIDAD REAL	CANTIDAD FALTANTE	DIFERENCIA %
CONCRETO	M3	77,4	406,32	-328,92	-425%
ACERO	KG	11610	33672,84	-22062,84	-190%

**TANQUE DE 150 M3**

CANTIDAD:

1

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD CONTRATADA	CANTIDAD REAL	CANTIDAD FALTANTE	DIFERENCIA %
CONCRETO	M3	45,81	70,54	-24,73	-54%
ACERO	KG	6871,8	9843	-2971,2	-43%

**BOCATOMA**

CANTIDAD:

1

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD CONTRATADA	CANTIDAD REAL	CANTIDAD FALTANTE	DIFERENCIA %
CONCRETO	M3	30	49,19	-19,19	-64%
ACERO	KG	2250	5828	-3578	-159%

**DESARENADOR**

CANTIDAD:

1

DESCRIPCION	UND	CANTIDAD CONTRATADA	CANTIDAD REAL	CANTIDAD FALTANTE	DIFERENCIA %
CONCRETO	M3	38	36,92	1,08	3%
ACERO	KG	2380	4184	-1804	-76%

Durante el desarrollo de la ejecución del contrato se realizaron 6 actas de modificación de mayores y menores cantidades, cada una con su correspondiente justificación técnica.



Se puede evidenciar que según el Acta de Recibo Final de Obra las cantidades actualizadas en el Acta de Modificación No. 6 suscrita el 22 de agosto de 2014 se ejecutaron en su totalidad y con recibo a satisfacción por parte de la Interventoría y la Supervisión del Municipio.



**REPUBLICA DE COLOMBIA  
DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO  
MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN  
NIT 800 054 249 – 0**



SUBTOTAL SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA P.V. PRECION Y ACCESORIOS					\$ 2.200.000,00
<b>25 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					
25.01	Planta de Tratamiento de Agua Potable - PTAP (ver detalle)	Glb	1	\$ 1.421.727.219,90	\$ 1.421.727.219,90
<b>SUBTOTAL PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE</b>					<b>\$ 1.421.727.219,90</b>

Respecto al filtro dinámico se puede evidenciar que en el presupuesto contratado aparece en el capítulo 25 un ítem denominado Planta de Tratamiento de Agua Potable- PTAP con unidad global en donde se incluye la construcción del filtro grueso dinámico, filtro lento, la caseta de almacenamiento de arena, la sala de cloración, la cámara de cloración y caseta del operador.

Una vez revisadas las actas de modificación se encuentra que el filtro grueso o dinámico fue excluido del presupuesto en el acta de modificación No. 3 de fecha 4 de julio de 2013 en donde se justifica dicha modificación principalmente en la necesidad de adicionar 284.1 m3 de concreto para anclajes de tubería ítem 22.42, adicionar 602 metros lineales de tubería de 6" rde 13.5 en el ítem 22.10 y adicionar 63 válvulas de purga de 6" ítem 22.64 con el fin de poder terminar la línea de conducción principal.

Se puede concluir que el Contratista, Interventor y Municipio tomaron la decisión de eliminar este filtro dándole prioridad a la terminación de la línea de conducción principal.

- Informe si existen correcciones, ajustes, modificaciones, reparaciones y otras actuaciones adelantadas sobre las obras relacionadas la Construcción de Macro acueducto veredal Villagarzón- La Joya del Municipio de Villagarzón en el departamento del Putumayo, tendientes a corregir las deficiencias y subsanar los hechos que dieron origen al presente proceso.



Dentro de lo que se pudo constatar, las únicas modificaciones o reparaciones que se realizaron con posterioridad a la entrega de la obra fueron las actividades relacionadas con la reconstrucción de la Bocatoma por parte del contratista en el año 2017, la cual se describió en detalle en el informe principal.

Por el contrario, la Administración Municipal no ha realizado la operación ni el mantenimiento adecuado y definido en el manual de operación y mantenimiento del proyecto durante los siete (7) años que lleva a cargo.

11. Informe si a la fecha de la visita, las obras objeto del Contrato de Obra **No.056 de 19-12-2011** se encuentran culminadas, si están en óptimo y eficiente funcionamiento, en operación y responden al objeto contratado, **su alcance y especificaciones**. (Negritas fuera del texto).

Una vez realizada la visita de campo y verificada la información técnica y contractual correspondiente al Contrato de Obra No. 056 del 19 de diciembre de 2011 se puede concluir que las obras cobradas en el Acta de Recibo Final de Obra suscrita el 21 de octubre de 2014 se encuentran acordes, terminadas y en buen estado. En cuanto al funcionamiento, se presta el servicio de manera parcial debido principalmente a las conexiones ilegales y a la falta de operación y mantenimiento de la infraestructura.

Por otra parte, para la terminación total del proyecto se debe realizar la construcción de varias obras que no quedaron incluidas en el alcance del contrato No. 056 de 2011 como son el filtro grueso dinámico y varios tanques veredales.

12. Informe detalladamente sobre la utilidad y beneficio de las obras materia del Contrato de obra **No.056 de 19-12-2011**; si las obras brindan el servicio esperado y para el cual fue planeado y celebrado el referido contrato.

La utilidad del proyecto se mide comparando el beneficio actual con el escenario sin el proyecto.

Sin proyecto, 4.500 habitantes aproximadamente de Villagarzón no tendrían suministro de agua. Actualmente el proyecto se encuentra suministrando y transportando el caudal de diseño aproximadamente 23 Litros por segundo a varias veredas de la zona rural del Municipio de Villagarzón cubriendo la demanda de 4.500 habitantes más las conexiones adicionales de usuarios no contemplados en los diseños.

En cuanto a la potabilización del agua suministrada hace falta la construcción del filtro grueso dinámico para que los actuales usuarios sean beneficiados con agua de mejor calidad.

13. Determine si se atendieron las observaciones que dieron origen al presente proceso y en ese sentido se subsanaron los hechos generadores de las presuntas irregularidades; en caso afirmativo indicar la figura jurídica utilizada por el ente territorial para tal efecto, los recursos destinados para financiar las mismas y su correspondiente fuente presupuestal.

La Administración Municipal debió dar trámite a un contrato adicional para poder cumplir con el alcance del proyecto. Hasta la fecha de la visita técnica se evidenció que el Ente Territorial no ha realizado gestión alguna, sólo destinó recursos para celebrar Contrato Interadministrativo No. 296 del 14 de julio de 2021 con la Empresa de Servicios Públicos Aguas La Cristalina S.A E.S.P. cuyo objeto es: "contratar el mantenimiento y operación del macro acueducto regional Villagarzón - La Joya, municipio de Villagarzón, Departamento del Putumayo" por valor de \$ 64.989.898, 00 con plazo de ejecución hasta el 31 de diciembre de 2021, siendo la fuente presupuestal la siguiente:

Número: 2021000808 del 16 de julio de 2021. Gastos de inversión. Adquisición de bienes y servicios. Adquisiciones diferentes de activos. Adquisición de servicios. Optimizar Acueductos.

14. Indicación del valor total de los recursos destinados y pagados por concepto de la financiación del Contrato de Obra **No.056 de 19-12-2011**, cuyo objeto fue: "LA CONSTRUCCIÓN DE MACRO ACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZON- LA JOYA DEL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN EN EL DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO", incluyendo recursos adicionales a los inicialmente comprometidos si fuere el caso, precisando además la fuente presupuestal de los mismos.



Contrato de obra pública No.:	056 del 19 de diciembre de 2011.
-------------------------------	----------------------------------

Objeto:	"CONSTRUCCIÓN MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA DEL MUNICIPIO DE VILLAGARZÓN DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO".
Valor total de recursos destinados:	\$12.137.584.273, 09
Valor total de recursos pagados:	\$12.137.584.251, 98
Valor a favor del municipio:	\$21, 11
Porcentaje Ejecutado:	100%

<b>Fuente Presupuestal:</b>	Financiado con gastos de inversión Capítulo 4. Inversión con Regalías y Compensaciones; siendo la disponibilidad presupuestal No. 0775 del 26 de octubre de 2011 y registro presupuestal No. 0883 del 20 de diciembre de 2011 del programa 4.1. Agua Potable y Saneamiento Básico y subprograma 4.1.2. Servicio de Acueducto).
-----------------------------	--

El presente informe se presenta a los dos (02) días del mes de febrero de dos mil dos (2022).

Cordialmente,



**NANCY TRUJILLO MONJE**

Profesional Universitario - Grado 01  
Gerencia Departamental Colegiada del Huila  
Grupo de Control y Vigilancia Fiscal  
Gerencia Departamental Colegiada Huila  
Contraloría General de la República





# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

## Índice de contenido

11.1 DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZON - LA JOYA	7
11.1.1 DISEÑO BOCATOMA TIPO DIQUE-TOMA	7
11.1.2 DISEÑO DEL DESARENADOR	10
11.1.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	11
11.1.3.1 CALIDAD DEL AGUA DE LA FUENTE RIO EL DORADO	11
11.1.3.1.1 ALCALINIDAD	12
11.1.3.1.2 ALUMINIO	12
11.1.3.1.3 CALCIO	12
11.1.3.1.4 CONDUCTIVIDAD	12
11.1.3.1.5 CLORUROS	12
11.1.3.1.6 COLOR APARENTE	13
11.1.3.1.7 DUREZA TOTAL	13
11.1.3.1.8 FOSFATOS	13
11.1.3.1.9 HIERRO TOTAL	13
11.1.3.1.10 MAGNESIO	13
11.1.3.1.11 NITRATOS	13
11.1.3.1.12 NITRITOS	13
11.1.3.1.13 PH	13
11.1.3.1.14 SOLIDOS TOTALES	14
11.1.3.1.15 SULFATOS	14
11.1.3.1.16 TURBIDEZ	14
11.1.3.1.17 CLORO RESIDUAL	14
11.1.3.1.18 COLIFORMES TOTALES	14
11.1.3.1.19 ESCHERICHIA COLI	14
11.1.3.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO CONCEBIDO	14
11.1.4 SISTEMA DE FILTRACION LENTA	15
11.1.4.1 MEDIO FILTRANTE	15
11.1.4.2 MEDIO DE SOPORTE	15
11.1.5 CLORACION	19
11.1.5.1 CANALETA PARSHALL	19
11.1.5.2 CLORO RESIDUAL	19
11.1.5.3 META DE REDUCCION	20
11.1.5.4 VALOR CT, CONCENTRACIÓN-TIEMPO DE CONTACTO	20
11.1.5.5 TIEMPO DE CONTACTO MINIMO	20
11.1.6 ALMACENAMIENTO	22
11.1.6.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL SISTEMA 533 M3/S	23
11.1.6.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO INDIVIDUALES DE CADA VEREDA	23



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL  
VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA,  
MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

11.1.6.2.1 EL PORVENIR 55 M3.....	23
11.1.6.2.2 CANANGUCHO 68 M3.....	24
11.1.6.2.3 CHAMPAGNAT 20 M3.....	24
11.1.6.2.4 ALEMANIA 15 M3.....	24
11.1.6.2.5 LA PAZ 20 M3.....	24
11.1.6.2.6 UCHUPAYACO 15 M3.....	24
11.1.6.2.7 OROYACO 25 M3.....	25
11.1.6.2.8 LAS MINAS 20 M3.....	25
11.1.6.2.9 ISLANDIA 20 M3.....	25
11.1.6.2.10 VILLA HERMOSA 10 M3.....	25
11.1.6.2.11 PUERTO UMBRIA 146 M3.....	25
11.1.6.2.12 SAN LUIS 2,8 M3.....	26
11.1.6.2.13 SIMON BOLIVAR 25 M3.....	26
11.1.6.2.14 LA MARIPOSA 10 M3.....	26
11.1.6.2.15 EL DESIERTO 10 M3.....	26
11.1.6.2.16 LA PALANCA 15 M3.....	26
11.1.6.2.17 LAS PALMERAS 15 M3.....	27
11.1.6.2.18 RIO BLANCO 20 M3.....	27
11.1.6.2.19 ALTO SINAI M3.....	27
11.1.6.2.20 EL NARANJITO 35 M3.....	27
11.2RED DE ADUCCION Y CONDUCCION BOCATOMA - V. NARANJITO.....	28
11.2.1 METODOLOGIA DE CALCULO.....	28
11.2.1.1 TABLA RESUMEN.....	28
11.2.1.2 HOJA DE CALCULOS HIDRAULICOS.....	28
11.3RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	103
11.4ANEXO 1. LISTA DE ECUACIONES .....	106
11.5 ANEXO 2. GRAFICOS Y TABLAS DE DISEÑO.....	118



# **UNION TEMPORAL BACER**

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## **DISEÑOS HIDRAULICOS**

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1





## 1.0 NORMAS Y OTROS DOCUMENTOS TECNICOS DE REFERENCIA

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Sanemaiento Básico, Norma RAS 2000. Sección II, Capítulo B, Capítulo C. Se puede consultar en el CD anexo, Carpeta NORMAS.

Resolución 2023 de 2009 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 478 de 1998 del Ministerio de Desarrollo Económico

Informe de Topografía

## 11.1 DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZON – LA JOYA

**E**l presente documento presenta los cálculos hidráulicos de las estructuras de la alternativa Macroacueducto Veredal Villagarzón - La Joya.

### Caudal de la fuente

$$Q_{\max} = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{med}} = 0,035 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\min} = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Vertedero Central

$$Q = 1,84 * L_1 * H^{3/2} \quad [\text{Ec } 11.01]$$

$$\text{Si } L_v = 1,2 \text{ m}$$

$$\rightarrow H = 0,063 \text{ m}$$

$$\text{Si } A = H * L_1$$

$$V = Q/A$$

$$\rightarrow V = 0,5 \text{ m/s}$$

### Capacidad de descarga

$$\text{Si } H = 0,1 \text{ m}$$

$$Q_c = 0,07 \text{ m}^3/\text{s}$$

### Caudal de Diseño

RAS B.4.4.2

$$Q_d = Q_{MD} + \% \text{pérdidas}$$

$$Q_{MD} = 0,018 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_d = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

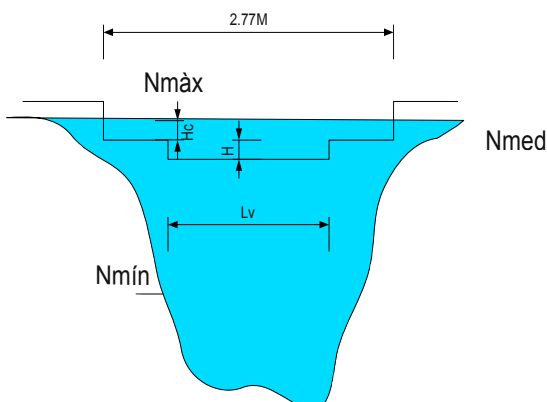
### Carga asociada al Caudal de Diseño

$$H_d = 0,047 \text{ m}$$

### Carga asociada al Caudal Mínimo

$$H_{\min} = 0,08 \text{ m}$$

La carga mínima es superior a la requerida.





### Vertedero de Creciente

Ancho Total cauce:

$$A_c = 2,77 \text{ m}$$

de la ecuación Ec 11.01:

$$H_{m\acute{a}x} = 0,24 \text{ m}$$

Se asume

$$H_{m\acute{a}x} = 0,28 \text{ m}$$

Caudal a evacuar:

$$Q_e = Q_{m\acute{a}x} - Q_c \quad [\text{Ec } 11.02]$$

$$Q_e = 0,53 \text{ m}^3/\text{s}$$

Carga sobre la cresta de creciente

$$H_e = 0,221 \text{ m}$$

### Área de Captación

$$Q = C_d \cdot A \cdot (2g \cdot H)^{1/2} \quad [\text{Ec } 11.03]$$

donde

$C_d$  : Coeficiente de descarga

$A$  : área de captación

$H$  : Carga mín. Sobre la rejilla

$$C_d = 0,61$$

$$Q_d = 0,024 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$H_{m\acute{r}} = 0,09 \text{ m}$$

$$\rightarrow A = 0,03 \text{ m}^2 \quad 296,23 \text{ cm}^2$$

### Dimensionamiento preliminar de la Rejilla

Ancho Rejilla

$$b_r = 0,1 \text{ m}$$

Espacio entre rejillas

$$s = 0,005 \text{ m}$$

Número de Barras

$$\# = 57$$

Ancho Barra 1/2"

$$s_b = 0,013 \text{ m}$$

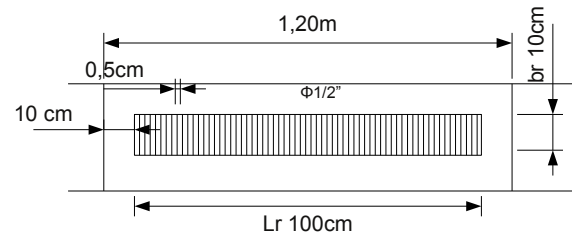
Longitud de Rejilla

$$L_r = 1,0139 \text{ m}$$

La longitud requerida es menor que la longitud disponible del vertedero

$$1,01 < 1,2$$

### Chequeo mediante otra metodología



### Chequeo mediante otra metodología

Se asume

$$L_v = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{Si } Q_{med} = 0,035 \text{ m}^3/\text{s}$$

Caudal medio por unidad de longitud

$$q_{med} = 0,029 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$$

De acuerdo a la Figura 11.01:

Carga sobre la cresta

$$H = 0,07 \text{ m}$$

Espesor de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero

$$h = 0,03 \text{ m}$$

### Vertedero de Creciente

$$L_{vc} = A_c - L_v \quad [\text{Ec } 11.04]$$

$$L_{vc} = 1,57 \text{ m}$$

Carga sobre el vertedero de creciente

$$\text{Si } H_{vc} = 0,4 \text{ m}$$

, de la figura 11.1

$$\rightarrow q_{vc} = 0,36 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$$

Carga sobre el vertedero central en creciente

$$H' = H + H_{vc} \quad [\text{Ec } 11.05]$$

$$H' = 0,47 \text{ m}$$

luego, de la figura 11.1 obtenemos:

Caudal sobre el vertedero central por unidad de longitud en creciente

$$q' = 0,1 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$$

Caudal total evacuado en época de creciente

$$Q_T = L_{vc} \cdot q_{vc} + L_v \cdot q' \quad [\text{Ec } 11.06]$$

$$Q_T = 0,685 \text{ m}^3/\text{s}$$

Chequeo QT vertedero vs Qcreciente

$$Q_T = 0,685 > Q_c = 0,6 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow \text{OK}$$



# UNION TEMPORAL BACER

**DISEÑOS HIDRAULICOS**  
Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

## Área de Captación

$$Q_{\min} = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$$

Carga sobre la cresta

$$H = 0,12 \text{ m}$$

Espesor de la lámina de agua sobre la cresta del vertedero

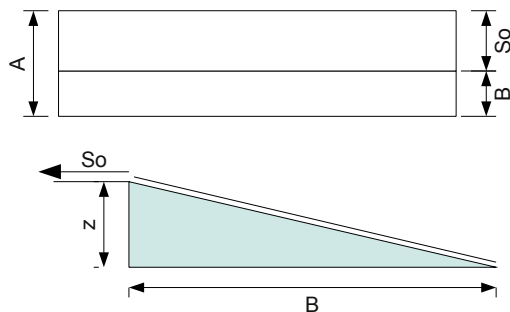
$$h = 0,06 \text{ m}$$

Velocidad de llegada a la rejilla [Ec 11.07]

$$V_h = (2g(H-h))^{1/2}$$

$$V_h = 1,084 \text{ m/s}$$

Distancia de aproximación a la rejilla



$$z/B = 0,15$$

Distancia de aproximación a la rejilla requerida

$$S_o = z \cdot V_h^2 / (g \cdot B) \quad [\text{Ec 11.08}]$$

$$S_o = 0,02 \text{ m}$$

Se elige

$$S_o = 0,10 \text{ m}$$

$$y \quad B = 0,1 \text{ m}$$

$$\rightarrow z = 0,015 \text{ m}$$

Selección de la constante  $C_2 \times C_1$  de N. Nyerges

$$q_c = C_2 C_1 (V_h^3 / g \cdot \ln(B/S_o) + g / (2V_h) \cdot (B^2 - S_o^2)) \quad [\text{Ec 11.09}]$$

$$\text{Si } q_c = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rightarrow C_2 C_1 = 0,10$$

→ Reja de Barras Cuadradas de 1.5 cm de lado, espaciadas a 2 cm

## Canal Recolector

Caudal de diseño

$$Q = Q_d \text{ rejilla}$$

$$\rightarrow Q = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ancho de canal

$$b = 0,2 \text{ m}$$

Pendiente

$$S = 0,02 \text{ m/m}$$

Longitud

$$L = 1,5 \text{ m}$$

Profundidad y Velocidad críticas

$$Y_c = (Q^2 / (g \cdot b^2))^{1/3} \quad [\text{Ec 11.10}]$$

$$\rightarrow Y_c = 0,111 \text{ m}$$

$$V_c = (g \cdot Y_c)^{1/2} \quad [\text{Ec 11.11}]$$

$$\rightarrow V_c = 1,04 \text{ m/s}$$

Altura del Agua dentro del canal

Al final

$$H_2 = 1,1 \cdot Y_c \quad [\text{Ec 11.12}]$$

$$\rightarrow H_2 = 0,122 \text{ m}$$

Al Inicio

$$H_1 = \{ 2 \cdot Y_c^3 / H_2 + (H_2 - L \cdot S / 3)^2 \}^{1/2} - 2/3 L \cdot S \quad [\text{Ec 11.13}]$$

$$\rightarrow H_1 = 0,17 \text{ m}$$

Velocidad al final

$$V_2 = Q/A$$

$$V_2 = 0,946 \text{ m/s}$$

Chequeo de flujo subcrítico

$$V_2 < V_c ; \text{ OK}$$

## Caja de Derivación

Apertura chorro orificio

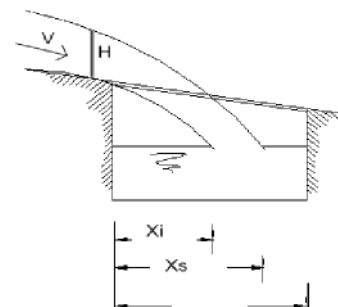
$$X_i = 0,18 \cdot V_2^{4/7} + 0,74 \cdot H_2^{3/4} \quad [\text{Ec 11.14}]$$

$$X_i = 0,327 \text{ m}$$

$$X_s = 0,36 \cdot V_2^{2/3} + 0,60 \cdot H_2^{4/7} \quad [\text{Ec 11.15}]$$

$$X_s = 0,527 \text{ m}$$

Se elige sección  $1 \times 1 \text{ m} > X_s$







### 11.1.2 DISEÑO DEL DESARENADOR

#### Caudal de Diseño

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_{MD} (1 + \%P) && \text{RAS 4.4.6.2} \\ Q_{MD} &= 17,5 \text{ lps} \\ \%P_{MAX} &= 0,3 \\ \rightarrow Q_d &= 22,75 \text{ lps} && 0,02 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

#### Diámetro de la partícula a remover

$$\begin{aligned} D_p &= 0,005 \text{ cm} && \text{Arena fina} \\ \text{Meta de remoción} &&& 87,50\% \end{aligned}$$

$$\text{Temperatura del Agua: } 18^\circ\text{C}$$

#### Velocidad de Sedimentación

##### Viscosidad del Agua a la T° dada

$$\mu_{T^\circ} = \mu_{10^\circ\text{C}} * 33,3 / (T^\circ\text{C} + 23,3) \quad [\text{Ec 11.16}]$$

$$\mu_{10^\circ\text{C}} = 0,013$$

$$\rightarrow \mu_{18^\circ} = 0,011$$

$$V_{T^\circ} = g \cdot D_p^2 (2,65 - 1) / (18 * \mu_{T^\circ}) \quad [\text{Ec 11.17}]$$

$$\rightarrow V_{18^\circ} = 0,213 \text{ cm/s} \quad (\text{A})$$

La anterior es la velocidad de sedimentación de partículas de diámetro 0,005m calculadas mediante la ecuación de Stokes.

Es conveniente promediar la anterior velocidad con la velocidad de Allen Hazen, dada en la Tabla 11.2, a fin de encontrar la velocidad de sedimentación del desarenador

Empleando la tabla de Allen Hazen;

$$\text{Para } d = 0,005 \text{ cm, } V = 0,3 \text{ cm/s}$$

Si

$$V_{T^\circ} = V_{10^\circ} (T^\circ + 23,3) / 33,3 \quad [\text{Ec 11.18}]$$

Luego,

$$V_{18^\circ} = 0,372 \text{ cm/s} \quad (\text{B})$$

Se toma como  $V_s$  el promedio entre A y B

$$\rightarrow V_s = 0,292 \text{ cm/s}$$

#### Profundidad Útil:

$$H = 1,5 \text{ m}$$

#### Tiempo de caída de la partícula:

$$t = H / V_s \quad [\text{Ec 11.19}]$$

$$t = 514 \text{ segundos}$$

#### Tiempo de retención

El tiempo de retención en el desarenador del macroacueducto estará en función de la meta de remoción de sedimentos.

A manera de guía se presenta la tabla 11.3 que relaciona el tiempo de retención con el tiempo de caída y la tasa de remoción.

Se usarán buenos deflectores y por tanto, se espera una remoción del 87 1/2%.

$$\rightarrow a/t = 2,37$$

$$a = 1217 \text{ segundos}$$

#### Capacidad del Desarenador

$$C = Q * a \quad [\text{Ec 11.20}]$$

$$Q = 22,75 \text{ lps} \quad 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C = 27,70 \text{ m}^3$$

#### Área superficial

$$A = C / H \quad [\text{Ec 11.21}]$$

$$A = 18,46 \text{ m}^2$$

#### Área requerida para sedimentar:

$$A_r = Q / V_s$$

$$A_r = 7,79 \text{ m}^2$$

$A_r < A$  disponible; luego el desarenador aquí propuesto garantiza la sedimentación

#### Dimensiones de la Zona de Sedimentación

##### Relación largo/ancho

$$L = 4b$$

$$\rightarrow A = 4b^2$$

$$\rightarrow b = 2,15 \text{ m}$$

##### Se elige

$$b = 2,2 \text{ m}$$

$$\rightarrow L = 8,8 \text{ m}$$



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL  
VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA,  
MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

### Vertedero de exceso

Cota Cámara de Derivación 952 msnm

Cota Desarenador 942 msnm

Distancia Cámara derivación a Desarenador

$$L = 141,4$$

### Caudal por Hazen - Williams

$$Q = 0,2785 C \cdot D^{2,63} J^{0,54} \quad [Ec 11.22]$$

Para material PVC nuevo

$$C = 140$$

$$y \quad D = 6" \quad 0,152 \text{ m}$$

$$\rightarrow Q = 0,066 \text{ m}^3/\text{s}$$

Usando la ecuación 11.01 de Francis  
y asumiento

$$H = 0,15 \text{ m}$$

$$L = 0,614 \text{ m}$$

Se elige

$$L = 1,1 \text{ m}$$

### Pantalla Deflectora

Se asume la velocidad de paso a través de los  
orificios

$$V = 0,2 \text{ m/s}$$

Área efectiva de orificios

$$q_d = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 0,115 \text{ m}^2$$

Sección de cada orificio: 0,1x0,1m

$$A' = 0,01$$

Número de orificios

$$\# = 11,5 \text{ orificios}$$

### Vertedero de Salida hacia la conducción

$$Q_d = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

De la ecuación 11.1

$$y \quad L = b$$

$$b = \text{ancho vertedero}$$

Se elige ancho del vertedero = ancho desarenador

$$b = 2,2 \text{ m}$$

$$H = 0,032 \text{ m}$$



# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

### 11.1.3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

resultado un tratamiento básico consistente en las operaciones de: Cloración y Filtración Rápida.

#### 11.1.3.1 CALIDAD DEL AGUA DE LA FUENTE RIO EL DORADO

La etapa de filtración rápida tendrá como objetivo reducir los niveles de turbiedad que se presentan en época de invierno.

Referencia: RAS C.2.3

El análisis de calidad de la fuente arrojó los siguientes resultados:<sup>1</sup>

Los siguientes son los estándares de calidad considerados aceptables por la Norma RAS:

PARAMETRO ANALIZADO	RESULTADO	UNIDADES
Alcalinidad	79,0	mg/L
Aluminio	0,08	mg/L
Calcio	8,2	mg/L
Conductividad	60	µS/cm
Cloruros	3,7	mg/L
Color aparente	0	Unidades Pt-Co
Dureza total	69	mg/L
Fosfatos	0,09	mg/L
Hierro total	0,11	mg/L
Magnesio	4,2	mg/L
Nitratos	0,08	mg/L
Nitritos	< 0,01	mg/L
pH	7,49	Unidades de pH
Sólidos totales	120	mg/L
Sulfatos	12	mg/L
Turbidez	0,00	NTU
Cloro residual	0,00	mg/L
Coliformes totales	0	UFC/100 cm <sup>3</sup>
Escherichia coli	0	UFC/100 cm <sup>3</sup>

Parámetros	Análisis según		Nivel de c
	Norma técnica NTC	Standard Method ASTM	
DBO 5 días	3630		
Promedio mensual mg/L			≤ 1.5
Máximo diario mg/L			1 – 3
Coliformes totales (NMP/100 mL)			
Promedio mensual		D-3870	0 – 50
Oxígeno disuelto mg/L	4705	D-888	≥ 4
PH promedio	3651	D 1293	6.0 - 8.5
Turbiedad (UNT)	4707	D 1889	< 2
Color verdadero (UPC)			< 10
Gusto y olor		D 1292	Inofensivo
Cloruros (mg/L - Cl)		D 512	< 50
Fluoruros (mg/L - F)		D 1179	< 1.2

#### 11.1.3.1.1 ALCALINIDAD

Valor: 79 mg/l

Los ensayos se hicieron bajo las normas STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21th EDITION, 2005 APHA, AWWA, WE.

La alcalinidad de un agua es su capacidad para neutralizar ácidos, reaccionar con iones hidrógeno y aceptar protones. Su medida arroja el contenido total de sustancias alcalinas.

Los parámetros de calidad versus tratamiento recomendado por la RAS en su capítulo C dan como

En la fuente río el Dorado el nivel de alcalinidad se debe a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Nivel permisible: máx 100 mg/l<sup>2</sup>

<sup>1</sup> AQUATEKNICA LTDA

<sup>2</sup> Decreto 475 de 1998. Minambiente.





# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

### 11.1.3.1.2 ALUMINIO

Valor: 0,08 mg/l

Niveles superiores a 0,2<sup>3</sup> mg/l producen un efecto estético, de agua coloreada.

Investigaciones recientes indican una relación entre el consumo de aluminio en el agua potable y el riesgo de contraer Alzheimer<sup>4</sup> cuando se consume dosis de 0,1 mg/día.

### 11.1.3.1.3 CALCIO

Valor: 8,2 mg/l

Nivel aceptable<sup>3</sup>: 60 mg/l; a diferencia de la norma colombiana en otros países los estándares de calidad no limitan el contenido de calcio. Esto se debe a que el contenido de calcio de las aguas naturales es inferior al que requiere una dieta saludable.

La dieta humana necesita de un contenido de calcio de por lo menos 10 mg/kg.día<sup>5</sup>

### 11.1.3.1.4 CONDUCTIVIDAD

Valor: 60 µs/cm

Se usa para determinar los sólidos disueltos en el agua. La habilidad para conducir corriente eléctrica está determinada por la concentración de sustancias disueltas ionizadas en el agua y la T°.

Rango aceptable<sup>3</sup>: de 50 a 1000 µs/cm

### 11.1.3.1.5 CLORUROS

Valor: 3,7 mg/l

Concentraciones por encima de 250 mg/l producen un sabor salado en el agua. No se presentan efectos

adversos incluso en concentraciones de hasta 2000 mg/l en el agua de consumo; esto se debe a la adaptación del cuerpo humano a los cloruros.

Valor aceptable<sup>3</sup>: máx 250mg/l

### 11.1.3.1.6 COLOR APARENTE

Valor: 0 unidades Ps-Co

Incluye el color de las sustancias en solución y el color debido al material suspendido (turbidez). En nuestro caso, sin turbidez (ver mas adelante), tenemos que el color aparente es el color verdadero.

El color se debe a la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución. Cualquier nivel de color en el agua de consumo tiene efectos sociales de rechazo por parte del consumidor final.

### 11.1.3.1.7 DUREZA TOTAL

Valor: 69 mg/l

En el río El Dorado es de dureza blanda y está dada por la presencia de iones de calcio y magnesio. Recordando 11.3.1.3 se detecta la presencia de magnesio. De 11.3.1.1 tenemos que:

Dureza no carbonácea = Dureza Total - Alcalinidad,

--> la fuente presenta una dureza no carbonácea negativa de -10 mg/l. Hay exceso de bicarbonatos, lo cual indica presencia de iones de sodio y potasio.

Valor aceptable<sup>3</sup>: máx 160 mg/l CaCO<sub>3</sub>

### 11.1.3.1.8 FOSFATOS

Valor: 0,09 mg/l

Valor aceptable<sup>3</sup>: máx 0.2 mg/l de PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>

Su bajo contenido en el río El Dorado está asociado a la baja presencia de detergentes, jabones o desechos agrícolas.

<sup>3</sup> ibídem

<sup>4</sup> Aluminum and Silica in Drinking Water and the Risk of Alzheimer's Disease or Cognitive Decline. Virginie Rondeau y Otros. American Journal of Epidemiology. VOL 164, Issue 4. Pp 489-496

<sup>5</sup> De Zuane, J., Handbook of Drinking Water Quality, Wiley, 1997.



# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

### 11.1.3.1.9 HIERRO TOTAL

Valor: 0,11 mg/l

Imparte un sabor metálico al agua en baja concentración. No tiene efectos nocivos para la salud.

Valor aceptable<sup>6</sup>: máx 0,3 mg/l Fe

### 11.1.3.1.10 MAGNESIO

Valor: 4,2 mg/l

Tiene un efecto purgante. Produce sabores indeseables en concentraciones mayores a 500 mg/l. Se recomienda en la dieta humana hasta 350mg.

Valor aceptable<sup>6</sup>: máx 36 mg

### 11.1.3.1.11 NITRATOS

Valor: 0,08 mg/l

En concentraciones superiores a 10mg/l ocasionan diarrea y metahemoglobinemia en niños.

Si es superior a 100 mg/l distorsiona los resultados del ensayo de coliformes.

Valor Aceptable<sup>6</sup>: máx 0 mg/l NO<sup>3</sup>

### 11.1.3.1.12 NITRITOS

Valor: < 0,01 mg/l

Se relaciona con trastornos de metahemoglobinemia en niños y vasodilatación cardiovascular.

Valor aceptable<sup>6</sup>: máx 0,1 mg/l NO<sup>2</sup>

### 11.1.3.1.13 PH

Valor: 7.9 unidades de PH

El nivel de ph afecta la dosis de coagulante.

Rango Aceptable<sup>6</sup>: 6,5 a 9 unidades de ph

### 11.1.3.1.14 SOLIDOS TOTALES

Valor: 120 mg/l

Comprende los sólidos presentes en el río El Dorado que permanecen como residuo después de evaporación y secado a 103°C.

Valor Aceptable<sup>6</sup>: máx 500 mg/l

### 11.1.3.1.15 SULFATOS

Valor: 1,2 mg/l

Posee un efecto purgante en niños.

Valor aceptable<sup>6</sup>: máx 250 SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>

### 11.1.3.1.16 TURBIDEZ

Valor: 0,00 NTU

Valor aceptable<sup>6</sup>: máx 5 UNT

### 11.1.3.1.17 CLORO RESIDUAL

Valor: 0,00 mg/l

Por encima de los 4 mg/l en el agua produce irritación de ojos y nariz, y trastorno estomacal

Rango Aceptable<sup>6</sup>: 0,3 a 1,3 mg/l

### 11.1.3.1.18 COLIFORMES TOTALES

Valor: 0 UFC/100 cm<sup>3</sup>

Nivel Aceptable<sup>6</sup>: 0

Incluye bacterias de forma bacilar, aeróbicas y facultativas anaeróbicas, gram-negativas, no

<sup>6</sup> Decreto 475 de 1998. Minambiente.



formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un período de 48 horas a 35-37°C.

La secreción diaria por persona contiene entre  $125 \times 10^9$  y  $400 \times 10^9$  UFC/cm<sup>3</sup>. Su detección indica contaminación de organismos patógenos posiblemente por polución fecal.

#### **11.1.3.1.19 ESCHERICHIA COLI**

Valor: 0 UFC/100 cm<sup>3</sup>

Nivel Aceptable: 0

La escherichia coli es la bacteria por excelencia del grupo coliforme. Está permanentemente presente en la flora intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente; es gram-negativa, facultativa anaerobia, de forma bacilar, de 0,5 a 2 µm de tamaño.

La mayoría de los miembros de la especie son comensalistas inofensivos, pero algunas cepas son patógenas. Cuando es patógena, causa diarrea. En el agua natural contaminada por materia fecal se presentan cuatro grupos: E.coli enteropatógena, E.coli enterotoxigénica, E.coli enteroinvasiva y E.coli enterohemorrágica<sup>7</sup>

#### **11.1.3.2 SISTEMA DE TRATAMIENTO CONCEBIDO**

De acuerdo a lo expuesto se concluye que la fuente Río El Dorado es una fuente a la que sólo le falta la cantidad adecuada de cloro residual para conducirla a través de una red de distribución hacia los usuarios finales del macroacueducto.

Luego del proceso de cloración las características expuestas la presentan como un agua apta para el consumo humano.

Ahora bien, el horizonte de evaluación del proyecto es de 25 años<sup>8</sup> se desecha el supuesto de que las

excelentes características organolépticas, químicas y microbiológicas se mantendrán durante dicho período.

Se proyectará antes del proceso de cloración un proceso de filtración el cual tendrá como fin eliminar los contaminantes microbiológicos, los sólidos suspendidos y la turbidez, entre otras cargas contaminantes que eventualmente se registrarán en el futuro.

La turbidez aumentará de forma visible durante los períodos de lluvia intensa, como quiera que la fuente Río El Dorado tiene abundante cobertura vegetal, la cual será arrastrada por fuertes corrientes, aumentando los sedimentos.

En resumen, se considera pertinente dotar al sistema de las estructuras de:

Tanque de Filtración

y Cloración

, antes del almacenamiento.

Dado los niveles de turbidez y color de la fuente no se proyectarán sistemas de mezcla rápida, sedimentación ni floculación.

Al ser la filtración el único proceso de tratamiento antes de la cloración, que se recomienda en el presente estudio, se concibe un sistema de filtración lenta<sup>9</sup>.

Un sistema rápido, con una tasa de filtración más alta y pérdidas de carga menores requiere procesos anteriores de sedimentación y/o floculación, que dadas las características expuestas en 11.4 no se identifican como necesarios.

<sup>7</sup> AWWA, Waterborne Pathogens, 1999.

<sup>8</sup> Res. 2023 de 2009. Mianambiente.

<sup>9</sup> RAS C.7.3.1





# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

### 11.1.4 SISTEMA DE FILTRACION LENTA

Capa 2	Tamaño 2-9 mm	Espesor 05 cm
Capa 3	Tamaño 1-1,5 mm	Espesor 05 cm

#### 11.1.4.1 MEDIO FILTRANTE

Espesor seleccionado: 0,20(0,10+0,05+0,05) m

#### TASA DE FILTRACION

$$V_f = 6 \text{ m/d} \quad 6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$$

Arena excenta de arcilla y de amteria orgánica

CARACTERISTICA	
Tasa de Filtración	2-5 (<12m/d)
Medio	Arena
Distribución del Medio	No estratificado
Duración carrera	20-60 días
Pérdida de carga	Inicial: 0,6m Final;: 1,2m
Agua de Lavado	No usa
Profundidad del medio	0,6 a 1,0m
Profundidad de la grava	0,30m
Drenaje	Tubería perforada
Tamaño	0,35 a 0,55mm
Uniformidad	2 a 4
Contenido de carbonato de calcio y Magnesio	Inferior a 2%

#### AREA DE FILTRACION

$$A = Q/V_f \cdot 86400 \quad [\text{Ec } 11.23]$$

$$Q = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\rightarrow A = 331,2 \text{ m}^2$$

#### NUMERO DE FILTROS

$$n = 0,044 \cdot (Q)^{1/2} \quad [\text{Ec } 11.24]$$

$$n = 1,961$$

Se elige

$$n = 2 \quad \text{RAS C.7.5.2.9}$$

#### AREA DE CADA FILTRO

$$a = 165,6 \text{ m}^2$$

#### PERDIDA DE CARGA

Caracterización de la arena

Densidad relativa  $2,65 \text{ kg/m}^3$

Tamaño efectivo  $0,255 \text{ m}$

Coeficiente de uniformidad  $1,63$

factor  $\alpha/B$   $6,00$

Porosidad Lecho

no estratificado  $0,394$

estratificado  $0,414$

T° agua mínima  $18^\circ \text{C}$

De la Tabla 11.4:

Viscosidad cinemática  $\nu$   $1,055 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Espesor seleccionado: 0,90m

#### 11.1.4.2 MEDIO DE SOPORTE

Grava libre de limo y materia orgánica

CARACTERISTICA		
Forma	Redondeada	
Peso Específico	> 2,5	
Pérdida de peso (Sumergencia 24hr en ácido clorhídrico)	< 5%	
Capa 1	Tamaño 9-10 mm	Espesor: 10-15cm

Se analizará al pérdida de carga para un lecho filtrante compuesto de arena redondeada, de las característica descritas, considerando un lecho estratificado según la granulometría que se describe en la tabla de cálculo siguiente.

De dicho lecho estratificado de diseño se tomará el diámetro promedio para modelar un lecho de arena



# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

homogéneo.

TAMIZ	$d_i$ CM	$P_i$ %	NRE	$C_d$	$P_i/d_i$	$C_d P_i/d_i$
14-20	0,1	0,92	0,066	376,6	9,2	3465
20-28	0,07	4,71	0,046	535,2	67,3	36010
28-32	0,054	14,67	0,036	691,5	271,7	187845
32-25	0,046	17,90	0,030	810,2	389,1	315276
35-42	0,038	17,50	0,025	978,8	460,5	450765
42-48	0,032	19,80	0,021	1160	618,8	718004
48-60	0,027	15,40	0,018	1373	570,4	783257
60-65	0,023	7,10	0,015	1610	308,7	496992
60-100	0,018	2,00	0,012	2054	111,1	228167
					2807	3219781

Número de Reynolds

$$N_{RE} = v \cdot d / \nu \quad [\text{Ec. 11.25}]$$

Coefficiente de arrastre

$$C_d = 24 / (N_{RE} + 3) / (N_{RE})^{1/2} + 0,34 \quad [\text{Ec. 11.26}]$$

Relación de forma de los granos

$$A/V = \alpha / \beta \cdot \sum (P_i/d_i) \quad [\text{Ec. 11.27}]$$

De la Tabla 11.4:

$$\alpha / \beta = 6$$

$$\rightarrow A/V = 16840 \text{ m}^{-1}$$

Diámetro característico, d

$$d = \alpha / \beta \cdot V/A \quad [\text{Ec. 11.28}]$$

$$d = 3,56 \times 10^{-4} \text{ m}$$

De la ec. 11.25 se obtiene el NRE del lecho

$$N_{RE} = 0,02$$

, de la ec. 11.26, para el lecho:

$$C_d = 1043$$

Pérdida de carga, Ecuación de Rose [Ec. 11.29]

$$h/L = 0,178 \cdot C_d \cdot v^2 / (g \cdot e^4) \cdot \alpha / \beta \cdot \sum (P_i/d_i)$$

$$h/L = 0,06 \text{ m/m}$$

Para un lecho filtrante de 1m

$$L = 1 \text{ m}$$

$$\rightarrow h = 0,06 \text{ m} \quad 6,39 \text{ cm}$$

Anteriormente se establecieron 2 unidades de filtración. Dichas unidades procesarán cada una la mitad del caudal de diseño considerado en este documento.

Para el dimensionamiento de los filtros se seguirán

criterios de costo mínimo<sup>10</sup>

$$\frac{L}{W} = \frac{N \cdot C_1 + 4 \cdot N \cdot C_2}{2(N+2)C_2} \quad [\text{Ec. 11.30}]$$

$$N = 2,00 \text{ unidades de filtración}$$

Asumiendo

Espesor de placa y techo

$$e = 0,25 \text{ m}$$

, del diseño preliminar de filtro cuadrado

$$\text{Si } A = 166 \text{ m}^2$$

$$\rightarrow L' = W' = 12,88 \text{ m}$$

Volúmen x unidad de longitud de placa y techo

$$v = 6,442 \text{ m}^3$$

Longitud de tubería x unidad de longitud de placa

$$l_{H.F.} = 9 \text{ m}$$

Espesor de pared

$$e = 0,25 \text{ m}$$

Altura total del filtro

$$h = 2,7 \text{ m}$$

Volúmen x unidad de longitud de pared

$$v = 2,7 \text{ m}^3$$

Materiales

Concreto reforzado e impermeabilizado

$$\text{Costo: } 1000 \text{ Miles } \$/\text{m}^3$$

Tubería H.F.

$$\text{Costo: } 225 \text{ Miles } \$/\text{m}$$

$$\rightarrow C_1 = 8467 \text{ Miles } \$/\text{m}^3$$

$$\rightarrow C_2 = 2700 \text{ Miles } \$/\text{m}^3$$

Luego, la relación óptima largo/ancho será

$$L/W = 1,784$$

y para el área de filtración establecida:

$$W = 9,646 \text{ m}$$

$$L = 17,21 \text{ m}$$

Para diferentes tasas de filtración y considerando

<sup>10</sup> Cleasby, Weber, Walter J. Control de la calidad del agua Procesos físicoquímicos. Wiley, 1972.



# UNION TEMPORAL BACER

**DISEÑOS HIDRAULICOS**  
Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

diferentes unidades de filtración en paralelo,

Para N = 2

Vf	A	a	h	L/w	L	W
m/s	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m		m	m
7	284	142	7,5	1,7	16	9,1
6	332	166	7	1,8	17	9,6
5	398	199	5,3	1,8	19	10,5
4	498	249	4,2	1,9	22	11,4
3	664	332	3,2	2,0	26	12,9
2	994	497	2,1	2,2	33	15,0

Para N = 4

Vf	A	a	h	L/w	L	W
m/s	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m		m	m
7	284	71	7,5	2,6	14	5,2
6	332	83	7	2,7	15	5,5
5	398	99,5	5,3	2,8	17	6,0
4	498	124,5	4,2	3,0	19	6,4
3	664	166	3,2	3,2	23	7,2
2	994	248,5	2,1	3,5	29	8,4

## DIMENSIONES FINALES

Para un filtro con una tasa de filtración mínima de 6 m/día, se tiene:

Altura del lecho:

1 m

Altura del Agua:

1,2 m

Borde libre:

0,3 m

## LECHO DE SOPORTE EN GRAVA

Espesor

0,3 m en 3 capas

Características granulométricas

CARACTERISTICA	Capa		
	1	2	3
Profundidad de la capa	15	7,5	7,5
Tamiz que pasa	1"	3/4"	1/2"
Tamiz que retiene	3/4"	1/2"	1/4"

Ancho

5,5 m

Largo

15 m

Número de filtros

4 und

## MEDIO DE SOPORTE

Fondo Tipo Leopold

## SISTEMA DE LAVADO

Pérdida de Carga durante el lavado:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad [\text{Ec 11.31}]$$

Pérdida de carga a través del lecho expandido

$$h_1 = L(1 - e)(S_s - 1) \quad [\text{Ec 11.32}]$$

Pérdida de carga a través del lecho de grava:

$$h_2 = \frac{V_B \cdot L_2}{3} \quad [\text{Ec 11.33}]$$

Pérdida de carga a través del sistema de drenaje:

$$h_3 = \frac{1}{2g} \left( \frac{V_b}{\alpha \cdot \beta} \right)^2 \quad [\text{Ec 11.34}]$$

Pérdida de carga en la tubería, válvulas, controlador,





# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

etc:

$$H_4 = f \left( \frac{L}{D} \right) \cdot \left( \frac{1}{2g} \right) \left( \frac{4A \cdot V_b}{\pi \cdot D^2} \right)^2 \quad [\text{Ec 11.35}]$$

$$\begin{aligned} L &= 0,30 \text{ m} \\ e &= 0,48 \\ S_s &= 2,65 \end{aligned}$$

De la Ec. 11.32

$$\rightarrow h_1 = 0,792 \text{ m}$$

$$V_b = 0,013 \text{ m/s}$$

De la Ec. 11.33

$$\rightarrow h_2 = 0,075 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,6$$

$$\beta = 0,60\%$$

De la Ec. 11.34

$$\rightarrow h_3 = 0,615 \text{ m}$$

$$f = 0,02$$

$$L = 60 \text{ m}$$

$$D = 20'' \quad 0,508 \text{ m}$$

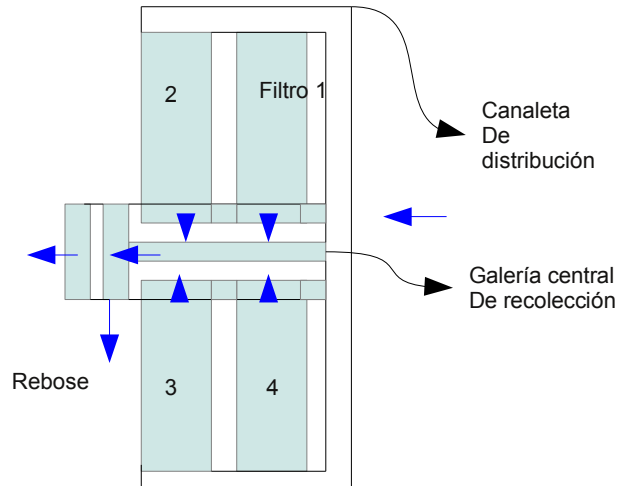
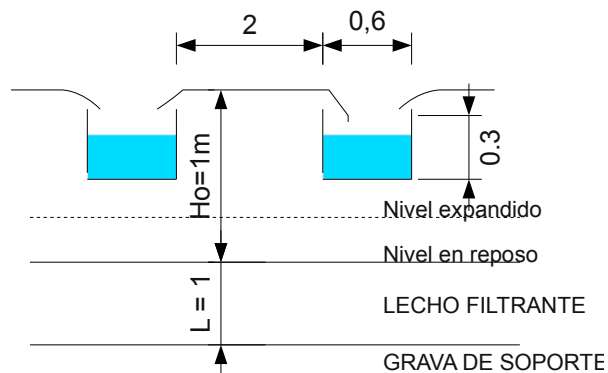
$$A = 82,5 \text{ m}^2$$

De la Ec. 11.35

$$\rightarrow h_4 = 3,12 \text{ m}$$

Luego,

$$H = 4,602 \text{ m}$$



### CANALETAS DE LAVADO

Caudal de lavado

$$Q = 0,023 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dimensiones

Relación largo/ancho en función del caudal

$$Q = 1,38b \cdot h^{1,5} \quad [11.36]$$

Si elegimos ancho de la canaleta

$$b = 0,4 \text{ m}$$

$$\rightarrow h' = 0,12 \text{ m}$$

Borde libre

$$b \cdot l = 0,08 \text{ m}$$

$$\rightarrow h = 0,2 \text{ m}$$

Longitud de la canaleta

$$L_c = 5 \text{ m}$$

La longitud de canaleta es la longitud de vertedero a través del cual se evacua el agua de lavado

Altura lámina de agua sobre la canaleta

De la Ec. 11.01

$$h'' = 0,018 \text{ m}$$

Espesor del lecho filtrante

$$L = 1 \text{ m}$$

Altura de la canaleta sobre el lecho filtrante

$$H_0 = 0,85L + h$$

$$H_0 = 1,05 \text{ m}$$

Separación entre canaletas

$$S = 1,85H_0 = 2 \text{ m}$$



# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

### 11.1.5 CLORACION

La tasa de desinfección con cloro es función del tiempo de contacto, del número y clase de organismos, de la dosis de cloro, del tipo residual de cloro, del pH y de la T°.

Para efectuar la medición del caudal real antes del proceso de cloración se instalará una canaleta parshall

#### 11.1.5.1 CANALETA PARSHALL

Se anexa las dimensiones establecidas empíricamente por R.L. Parshall, para el aforo del caudal que entra a la planta de cloración, en la Figura 11.1 y Tabla 11.6.

Se elige

Ancho garanta

$$W = 3,00 \text{ pies} \quad 0,91 \text{ m}$$

$$\rightarrow Q = 4 \cdot W \cdot H_a^{(1.522W^{0.026})} \quad [\text{Ec } 11.37]$$

Condición de flujo sumergido

$$\text{Si } H_b/H_a > 0,7$$

El dimensionamiento se hará con base en la Tabla 11.6, para el ancho W elegido.

, se debe corregir el caudal calculado mediante la aplicación de diagramas experimentales los cuales se presentarán en su versión completa en el Manual de Operación de la Planta de Tratamiento.

#### 11.1.5.2 CLORO RESIDUAL

EN cualquier punto de la red el clo residual deb estar entre 0,2 y 1 mg/l<sup>11</sup>

11 Decreto 475 / 1998. Ministerio de Desarrollo

#### 11.1.5.3 META DE REDUCCION

El proceso de desinfección debe lograr no sólo la remoción de los coliformes, sino la reducción de 3 log 99,99% en Giardia Lamblia y de log 4 99,99% en los virus .

Para lograr este objetivo, se sigue las recomendaciones de la US Environmental Protection Agency ( Agencia para la Conservación del Medio Ambiente de los EE.UU). Dichas recomendaciones están de acuerdo con lo establecido en la RAS 200 C.8.

Tiempo que transcurre entre el momento que se aplica cloro al gua y que ésta es consumida: 8hr

Se parte de una dosis aplicada de 2mg/l

#### 11.1.5.4 VALOR CT, CONCENTRACIÓN- TIEMPO DE CONTACTO

La dosis de desinfectante está intimamente relacionada al niveld e remoción que se quiere lograr, así como al tiempo de contacto

$$t = \frac{K}{C^n} \quad [\text{Ec } 11.38]$$

Que se puede expresar así:

$$C^n \cdot t = K$$

Ahora bien, si n = 1, el valor de C.t será el mismo para cualquier sistema. Se entiende por sistema la concentración o dosis de desinfectante que requiere la reducción de giardia lamblia a cierta escala.

En el caso de estudio se usará como referencia la Tabla 11.7 corsepondiente al valor de Ct para una reducción de log 4, es decir, de 99,99%.



# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

Dicha tabla se corresponde con la Tabla RAS C.8.2.C para el caso de plantas que usen una fuente altamente contaminada o que en la operación de los procesos previos de sedimentación y filtración se remueva menos del 90% de los coliformes totales y la turbiedad del agua filtrada esta entre 2,0 y 5,0 UN.

En el caso presente la fuente no se altamente contaminada, sin embargo, se sigue la recomendación de la US EPA que exige reducciones de cuarto nivel, o de lg 4, es decir de 99,99%.

Las demás tablas consideradas en la RAS, Tablas C.8.2.A y C.8.2.B se corresponden a reducciones log 2 (99%) y log 3 (99,9%) respectivamente.

Según dicha tabla tendemos que:

A  $T^{\circ}C = 15^{\circ}C$  y para una dosis  $C = 2 \text{ mg/l}$

$$K = C.t = 67 \text{ mg.min/l}^{12}$$

Luego,

### 11.1.5.5 TIEMPO DE CONTACTO MINIMO

$$t = 67/2 \\ = 34 \text{ mín.}$$

Comparando este valor obtenido según la constante C.t bajo la cual se remueve 99,99% de giardia lamblia, contra la constante arrojada por el diagrama 11,2:

Según el diagrama 11.2; para  $pH = 7,5$  y  $T^{\circ} = 15^{\circ}C$

$$C.t \text{ coliformes} = 9 \text{ mg.min/l}$$

Y

$$t = 4 \text{ min}$$

Luego, se observa que el tiempo de contacto necesario para eliminar los coliformes es menor que el necesario para eliminar los virus.

Se establece como  $t$  mínimo 34 minutos.

### 11.1.5.6 TANQUE DE CONTACTO

Dada la ubicación de la PTAP, el tanque de almacenamiento y la primera red de distribución (El Porvenir) no se proyecta el tanque de contacto y se usará la conducción del acueducto.

El tanque de contacto predimensionado a continuación se debe construir en el siguiente caso:

Se realizará suministro de agua potable en puntos localizados antes de la red de El Porvenir.

Sección tabique:  $0,5 * 1,9$

→ Área transversal

$$A = 0,95 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,023 \text{ m}^3/\text{s} \quad 1,38 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\rightarrow V = 1,453 \text{ m/min}$$

$$\text{Si } t = 34 \text{ min}$$

Longitud de recorrido:

$$L = 49,39 \text{ m}$$

Sea ancho del tanque  $5 \text{ m}$

Luego serán necesarios los siguientes recorridos de  $5 \text{ m}$   $9,9$

<sup>12</sup>  $pH = 7,49$ . Río El Dorado. AQUATEKNICA LTDA





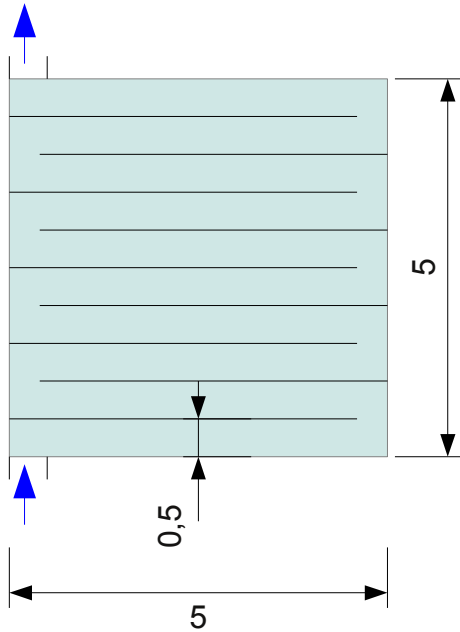
# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL  
VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA,  
MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

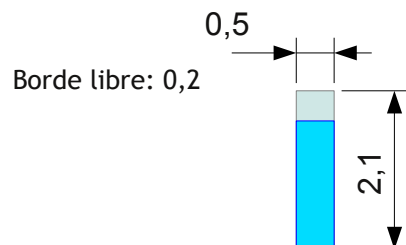
## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1



Sección Transversal:





### 11.1.6 ALMACENAMIENTO

Período de Diseño

El almacenamiento no es reemplazo del tanque de contacto.

$$TR = 25 \text{ años}^{15}$$

Las estructuras de almacenamiento se concibieron de la siguiente manera:

Número Mínimo de Tanques:

21 tanques

Una estructura de almacenamiento principal localizada después de la planta de tratamiento de agua potable, la cual tendrá como fin almacenar el agua clara y clorada.

Tiempo de servicio:

24 horas

Veinte (20) estructuras de almacenamiento individuales localizadas en cada centro poblado con el fin de almacenar el volúmen de agua necesario para surtir a la población de dicho centro.

Un menor tiempo de servicio da como resultado una mayor capacidad de almacenamiento.

En el presente capítulo se diseñará la capacidad hidráulica de los tanques y su elevación, de tal forma que permita el funcionamiento por gravedad de todo el sistema.

La capacidad de almacenamiento está dada por el volúmen de compensación que el tanque debe tener para suplir la demanda del QMH durante todo el período de su operación, es decir, 24 horas.

Posteriormente se desarrollará el diseño estructural para cada caso que considere tanques enterrados o elevados.

Las tablas de compensación de volúmen están elaboradas para períodos de servicio de 24, 12 y 8hr diarias, con base en una curva característica de demanda del caudal horario.

Capacidad de Regulación

[Ec 11.39]

Previamente al desarrollo de este numeral se estableció la dotación y demanda de cada centro poblado, así como del sistema en general<sup>13</sup>.

$$C_r = QMH * \left( \frac{3600s}{1hr} \right) * (|máx_{excedente}| + |máx_{déficit}|)$$

De igual forma, los cálculos desarrollados en la Tabla 11B referentes a datos de población fueron tomados de la Tabla 11A<sup>14</sup> y sus fichas anexas, en las cuales se establece la población actual y futura con base en el censo por vivienda adelantado en esta consultoría.

Volumen de Reserva

Se tiene en cuenta un caudal de reserva por 2 horas.

$$V_r = QMD * \left( \frac{3600s}{1hr} \right) * 2hr \quad [Ec 11.40]$$

<sup>13</sup> Tabla 11B. Determinación de Dotaciones y Demanda

<sup>14</sup> Tabla 11A. Población Actual y Futura

<sup>15</sup> Res. 2023 de 2009. Artículo 9. Minambiente



# UNION TEMPORAL BACER

**DISEÑOS HIDRAULICOS**  
Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

Volumen para suplir demanda contra Incendios

$$Q_i = \frac{386}{60} \sqrt{\frac{P}{1000}} \cdot (1 - 0,01 \sqrt{\frac{P}{1000}}) \quad [\text{Ec 11.41}]$$

Este caudal se considera que se debe sostener durante 2 horas, luego

$$V_i = Q_i \cdot \left( \frac{3600s}{1hr} \right) \cdot 2hr \quad [\text{Ec 11.42}]$$

Capacidad de Almacenamiento:

C = Mayor valor entre

$$C_r + V_r \quad \text{y} \quad V_i$$

Esta capacidad de almacenamiento se evalúa para el sistema total.

En atención a las pequeñas poblaciones de los centros poblados, a sus sistemas de almacenamiento no se les incorpora individualmente capacidad para demanda contra incendio por 2 horas <sup>16</sup>

Dicha capacidad si se tiene en cuenta en el almacenamiento de todo el sistema, debido a que el sistema en general es de nivel de complejidad Medio.

## 11.1.6.1 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL SISTEMA 533 M3/S

Para su diseño se tiene en cuenta la demanda de todas las veredas comprendidas en el estudio y su fin es regular la demanda de cada uno de dichos centros poblados.

Se localiza cerca a la planta de tratamiento de agua potable.

Población

P	=	6958 hab	
QMD	=	17,45 lps	0,017 m3/s
QMH	=	27,92 lps	0,03 m3/s
(%máx.exc+%máx.déf)			4,05
t	=	2 hr	

de las Ec 11.39, 11.40 y 11.41:

→ Cr	=	407,1 m3
Vr	=	125,6 m3
Vi	=	297,4 m3

y

C	=	532,7 m3
---	---	----------

## DIMENSIONES ELEGIDAS

A	=	12 m	dimensiones
B	=	12 m	libres
H	=	4 m	

## 11.1.6.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO INDIVIDUALES DE CADA VEREDA

A continuación se presenta la tabla 11C, en la cual se relaciona la capacidad de almacenamiento de cada centro poblado.

Con base en dicha tabla de cálculo se eligieron las dimensiones de cada tanque:

### 11.1.6.2.1 EL PORVENIR 55 M3

P	=	692 hab	
QMD	=	1,736 lps	0,002 m3/s
QMH	=	2,78 lps	0,00 m3/s
(%máx.exc+%máx.déf)			4,05
t	=	2 hr	

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr	=	40,53 m3
Vr	=	12,5 m3
y C	=	53,03 m3

<sup>16</sup> RAS 2000 B.9.4.6





# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 5 m dimensiones  
B = 5 m libres  
H = 2,5 m

#### 11.1.6.2.2 CANANGUCHO 68 M3

P = 848 hab  
QMD = 2,127 lps 0,002 m<sup>3</sup>/s  
QMH = 3,4 lps 0,00 m<sup>3</sup>/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 49,57 m<sup>3</sup>  
Vr = 15,31 m<sup>3</sup>

y C = 64,88 m<sup>3</sup>

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 5 m dimensiones  
B = 5 m libres  
H = 3 m

#### 11.1.6.2.3 CHAMPAGNAT 20 M3

P = 212 hab  
QMD = 0,532 lps 0,001 m<sup>3</sup>/s  
QMH = 0,85 lps 0,00 m<sup>3</sup>/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 12,39 m<sup>3</sup>  
Vr = 3,828 m<sup>3</sup>

y C = 16,22 m<sup>3</sup>

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m dimensiones  
B = 3 m libres  
H = 2,5 m

#### 11.1.6.2.4 ALEMANIA 15 M3

P = 172 hab  
QMD = 0,432 lps 0 m<sup>3</sup>/s  
QMH = 0,69 lps 0,00 m<sup>3</sup>/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 10,06 m<sup>3</sup>

Vr = 3,108 m<sup>3</sup>

y C = 13,17 m<sup>3</sup>

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m dimensiones  
B = 3 m libres  
H = 2 m

#### 11.1.6.2.5 LA PAZ 20 M3

P = 274 hab  
QMD = 0,688 lps 0,001 m<sup>3</sup>/s  
QMH = 1,1 lps 0,00 m<sup>3</sup>/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 16,04 m<sup>3</sup>

Vr = 4,951 m<sup>3</sup>

y C = 20,99 m<sup>3</sup>

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m dimensiones  
B = 3 m libres  
H = 2,5 m

#### 11.1.6.2.6 UCHUPAYACO 15 M3

P = 159 hab  
QMD = 0,399 lps 0 m<sup>3</sup>/s  
QMH = 0,64 lps 0,00 m<sup>3</sup>/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 9,331 m<sup>3</sup>

Vr = 2,874 m<sup>3</sup>

y C = 12,2 m<sup>3</sup>



# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m dimensiones  
B = 3 m libres  
H = 2 m

#### 11.1.6.2.7 OROYACO 25 M3

P = 323 hab  
QMD = 0,81 lps 0,001 m3/s  
QMH = 1,3 lps 0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 18,95 m3  
Vr = 5,831 m3

y C = 24,79 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m dimensiones  
B = 3 m libres  
H = 3 m

#### 11.1.6.2.8 LAS MINAS 20 M3

P = 249 hab  
QMD = 0,624 lps 0,001 m3/s  
QMH = 1 lps 0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 14,58 m3  
Vr = 4,493 m3

y C = 19,07 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m dimensiones  
B = 3 m libres  
H = 2,5 m

#### 11.1.6.2.9 ISLANDIA 20 M3

P = 243 hab  
QMD = 0,61 lps 0,001 m3/s  
QMH = 0,98 lps 0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 14,29 m3

Vr = 4,39 m3

y C = 18,68 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m dimensiones  
B = 3 m libres  
H = 2,5 m

#### 11.1.6.2.10 VILLA HERMOSA 10 M3

P = 128 hab  
QMD = 0,321 lps 0 m3/s  
QMH = 0,51 lps 0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 7,436 m3

Vr = 2,312 m3

y C = 9,748 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 2,5 m dimensiones  
B = 2,5 m libres  
H = 2 m

#### 11.1.6.2.11 PUERTO UMBRIA 146 M3

P = 1916 hab  
QMD = 4,805 lps 0,005 m3/s  
QMH = 7,69 lps 0,01 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 112,1 m3

Vr = 34,59 m3

y C = 146,7 m3



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 7 m dimensiones  
B = 7 m libres  
H = 3,2 m

#### 11.1.6.2.12 SAN LUIS 2,8 M3

P = 36 hab  
QMD = 0,09 lps ### m3/s  
QMH = 0,14 lps 0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 2,041 m3

Vr = 0,646 m3

y C = 2,687 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 2 m dimensiones  
B = 2 m libres  
H = 1 m

#### 11.1.6.2.13 SIMON BOLIVAR 25 M3

P = 320 hab  
QMD = 0,802 lps 0,001 m3/s  
QMH = 1,28 lps 0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 18,66 m3

Vr = 5,775 m3

y C = 24,44 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m dimensiones  
B = 3 m libres  
H = 3 m

#### 11.1.6.2.14 LA MARIPOSA 10 M3

P = 113 hab  
QMD = 0,283 lps 0 m3/s  
QMH = 0,45 lps 0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 6,561 m3

Vr = 2,04 m3

y C = 8,601 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 2,5 m dimensiones  
B = 2,5 m libres  
H = 2 m

#### 11.1.6.2.15 EL DESIERTO 10 M3

P = 115 hab  
QMD = 0,289 lps 0 m3/s  
QMH = 0,46 lps 0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 6,707 m3

Vr = 2,078 m3

y C = 8,785 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 2,5 m dimensiones  
B = 2,5 m libres  
H = 2 m

#### 11.1.6.2.16 LA PALANCA 15 M3

P = 167 hab  
QMD = 0,419 lps 0 m3/s  
QMH = 0,67 lps 0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 9,769 m3

Vr = 3,014 m3

y C = 12,78 m3



# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m      dimensiones  
B = 3 m      libres  
H = 2 m

#### 11.1.6.2.17 LAS PALMERAS 15 M3

P = 166 hab  
QMD = 0,416 lps      0 m3/s  
QMH = 0,67 lps      0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 9,769 m3  
Vr = 2,995 m3

y C = 12,76 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m      dimensiones  
B = 3 m      libres  
H = 2 m

#### 11.1.6.2.18 RIO BLANCO 20 M3

P = 223 hab  
QMD = 0,559 lps      0,001 m3/s  
QMH = 0,89 lps      0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 12,98 m3  
Vr = 4,025 m3

y C = 17 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m      dimensiones  
B = 3 m      libres  
H = 2,5 m

#### 11.1.6.2.19 ALTO SINAI M3

P = 144 hab  
QMD = 0,361 lps      0 m3/s  
QMH = 0,58 lps      0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 8,456 m3

Vr = 2,602 m3

y C = 11,06 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 3 m      dimensiones  
B = 3 m      libres  
H = 2 m

#### 11.1.6.2.20 EL NARANJITO 35 M3

P = 458 hab  
QMD = 1,149 lps      0,001 m3/s  
QMH = 1,84 lps      0,00 m3/s  
(%máx.exc+%máx.déf) 4,05  
t = 2 hr

de las Ec 11.39 y 11.40:

→ Cr = 26,83 m3

Vr = 8,274 m3

y C = 35,1 m3

### DIMENSIONES ELEGIDAS

A = 4 m      dimensiones  
B = 4 m      libres  
H = 2,4 m





## **11.2 RED DE ADUCCION Y CONDUCCION BOCATOMA – V. NARANJITO**

### **ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO**

Se desarrolla en la hoja de cálculo anexa que se desarrolla de la siguiente manera:

Uso normal:

Se diseña la red de conducción para dar servicio suministrando el caudal de diseño correspondiente a la población en el horizonte de diseño, de los siguientes centros poblados :

El Porvenir, Canangucho, Champagnat, Alemania, Uchupayaco, Oroyaco, La Paz

Uso excepcional:

En previsión de una emergencia en el casco urbano del municipio de Villagarzón, el sistema concebido puede suplir la demanda del casco urbano operando de la siguiente manera:

Se cierra una válvula instalada inmediatamente después del casco urbano de Villagarzón.

El sistema deja de suministrar agua potable hacia los centros poblados y en contraprestación, tiene capacidad para entregar al casco urbano del municipio un caudal igual a 30 lps.

Dicha operación de cierre debe efectuarse según se indica en el Manual de Operación del Sistema, concebido por la Empresa de Servicios Públicos del Sector.

### **11.2.1 METODOLOGIA DE CALCULO**

#### **11.2.1.1 TABLA RESUMEN**

Como resultado de los cálculos hidráulicos se elabora esta tabla en la cual se presenta las características sobresalientes del tramo de tubería de la línea de aducción /conducción.

Se identifica:

Tramo, Nudo; coordenadas UTM referidas al origen Bogotá, Zona 3 Este;

Cota Terreno y Eje de la tubería;

Aditamentos y Pérdidas;

Longitud del tramo; Caudal conducido;

cota piezométrica;

Tubería Material Clase y Diámetro elegido y

Presión dinámica.

#### **11.2.1.2 HOJA DE CALCULOS HIDRAULICOS**

Columnas 1 a 5

Identificación del punto final del tramo de la tubería de aducción / conducción.

No.

Nodo: PI Deflexión Horizontal de la línea de tubería en dicho punto

VPI Deflexión Vertical de la línea en dicho punto

Abcisa: Abcisa punto

Cota Terreno: En el punto



# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

Cota Eje: Cota de la Línea de Tubería en el punto.

120% - 180%

45 + 11,25°

Columna 6: Longitud del tramo, entre el punto anterior y el actual. Es la longitud real, no la longitud en planta.

Columna 9: Coeficiente de Pérdida Local. Corresponde al coeficiente de pérdida del aditamento.

Columna 7: Aditamentos que se ubican sobre el tramo o en el punto.

En el Caso en que no se registran aditamentos se considera un coeficiente de pérdida local de 0,2 ó 0,3, con el cual se proyecta cubrir las pérdidas ocasionadas por futuros aditamentos no incluidos en el cálculo inicial.

Columna 8: Tipo de Codo Comercial en el punto. La tubería

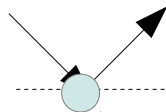
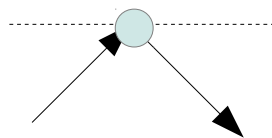
La selección del tipo de codo comercial se realiza teniendo en cuenta la suma o diferencia de pendiente de los dos tramos de tubería, el que llega al punto y el que inicia en el punto, según el siguiente criterio:

Columna 10: Longitud equivalente de los aditamentos, para el cálculo de pérdidas por el método de longitudes equivalentes.

Columna 11: Longitud Total: (6) + (10)

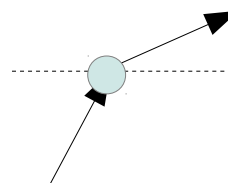
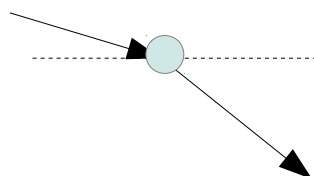
Columna 12: Demanda en el nudo actual. Se corresponde con el consumo en el centro poblado o bifurcación hacia un ramal secundario.

Suma de pendientes



Columna 13: Caudal del tramo: Caudal de diseño sin el caudal derivado.

Resta de pendientes



En la hoja de cálculo se considera el caudal para cada tramo en la condición de servicio más frecuente, es decir, en la cual cada centro poblado tenga el consumo señalado en la Tabla 11B. De esta forma, se asegura que a cada centro poblado le llegue el caudal necesario.

Sin embargo, para la selección de la tubería se trabaja con la presión estática, es decir, aquella que considera que los consumos en la línea de tubería son iguales a cero. Esta condición particular se presentará eventualmente en el caso de que todos los centros poblados de la línea cierren sus válvulas y no haya consumo. El caudal derivado en este caso es nulo y cada tramo conducirá el caudal de diseño total. Este evento se utiliza para la selección de la tubería (material y rde) apropiada que resista las máximas presiones.

Suma o Diferencia de Pendientes	Codo Comercial
14% - 30%	11,25°
31% - 53%	22,25°
54% - 83%	22,25 + 11,25°
84% - 119%	45°

Columna 14: Cabeza de Presión Estática = Nivel



# UNION TEMPORAL BACER

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

Estático Máximo - Cota Eje

interno)

Nivel Estático Máximo: Nivel de la lámina en el almacenamiento principal.

Presión Estática = N.E.M  
- columna (5)

Columna 23: Velocidad en el tramo. Teniendo en cuenta el caudal de la columna (13) y la sección del tubo, columnas (19 a 22)

El N.E.M en el tanque principal es de 951,08 m.s.n.m

Columna 24: Cabeza de Velocidad

Columna 15: Golpe de ariete

Columna 25: Coeficiente de rugosidad del material de tubería.

Fase o período de la tubería en el tramo

$$T = \frac{2 \cdot L}{C} \quad [\text{Ec 11.43}]$$

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \frac{k \cdot D}{e}}} \quad [\text{Ec 11.44}]$$

$$k = \frac{10^{10}}{E_{\text{tubería}}} \quad [\text{Ec 11.45}]$$

Columna 26: Viscosidad cinemática  $\{\gamma\}$  del líquido conducido, elegida de la Tabla 11.14, en función de la  $T^\circ$

Columna 27: Número de Reynolds

$$N_{\text{R}} = \frac{D_I \cdot V}{\gamma} \quad [\text{Ec 11.48}]$$

Para un cierre rápido, en el cual el tiempo de cierre sea menor a la fase del tramo:

$$h_a = \frac{C \cdot V}{g} \quad [\text{Ec 11.46}]$$

Columna 28: Vida útil esperada del material elegido

Para un cierre rápido superior a la fase:

$$h_a = \frac{C \cdot V}{g} \cdot \left( \frac{T}{t_c} \right) \quad [\text{Ec 11.47}]$$

Columnas 29 y 30: Factor de fricción de la ecuación de Hazen-Williams calculado mediante iteración de las columnas 29 y 30

Se toma un tiempo de cierre de 42 segundos.

Columna 31: Factor de Envejecimiento

Columna 16: Presión Total = (14) + (15)

Columna 32: Factor de fricción de Hazen-Williams elegido de las columnas 29 y 30 cuando se completa la iteración

Columna 17: Clase de Material

Columna 18: Relación Diámetro/Espesor

Columna 33: Gradiente de Darcy: Pérdida de energía debida a la fricción por unidad de longitud de tubería

Columna 19 a 22: Características del tubo (diámetro nominal, externo, espesor y diámetro



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

$$\frac{h_f}{L} = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \left(\frac{V^2}{2g}\right) \quad [\text{Ec 11.49}]$$

Columna 34: Pérdida de Carga en el tramo, proporcional a la longitud del tramo y al gradiente unitario = (33)\*(11)

Columna 35: Cota de Altura Total = Nivel Estático pupnto anterior menos las pérdidas calculadas en el tramo

Columna 36: Cota de Altura Piezométrica: Cota de Altura Total menos la cabeza de velocidad = (35) - (24)

Columna 37: Presión Dinámica: Columna de Agua sobre la línea de tubería = (36) - (5)

Columna 38 y 39: Diámetro comercial de la tubería

Columnas 40 a 43: Información de los ramales que se desprenden del nudo actual.

40: identificación del ramal

41: Cota de Altura total necesaria en el nudo actual para garantizar la presión en el ramal. Dicha cota se calcula según la demanda que abastece dicho ramal.

Este dato (41) se compara contra la Cota de Altura Piezométrica de la Línea Principal.

Columnas 44 a 51: Información de las deflexiones y los codos comerciales elegidos

Columnas 54 a 58: Cálculo del Golpe de Ariete

54: Identificación de la deflexión

55: Celeridad o velocidad de propagación

56: Fase/2

Columnas 59 y 60: Resultados del cálculo del golpe de ariete





# UNION TEMPORAL BACER

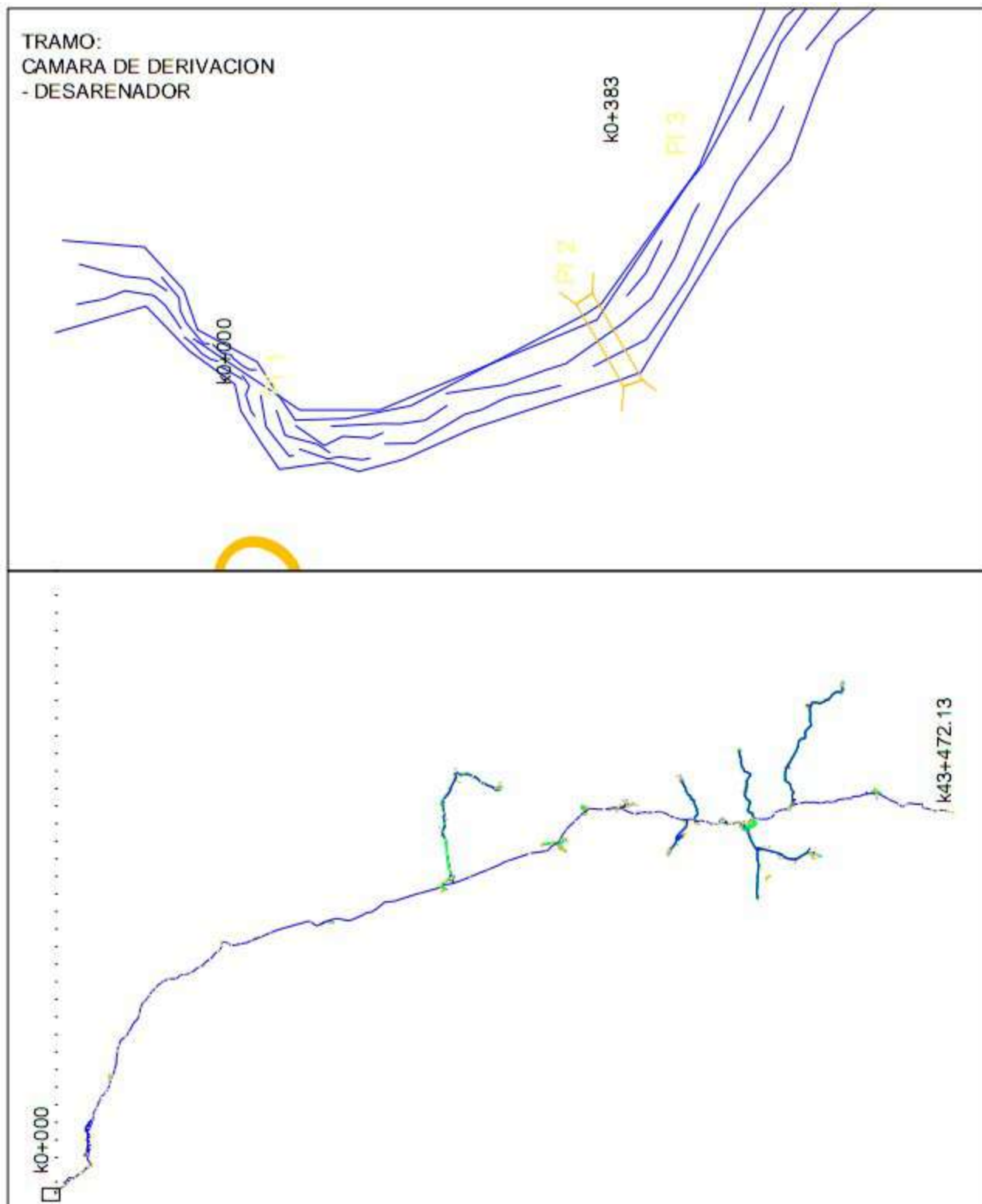
ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1





# UNION TEMPORAL BACER

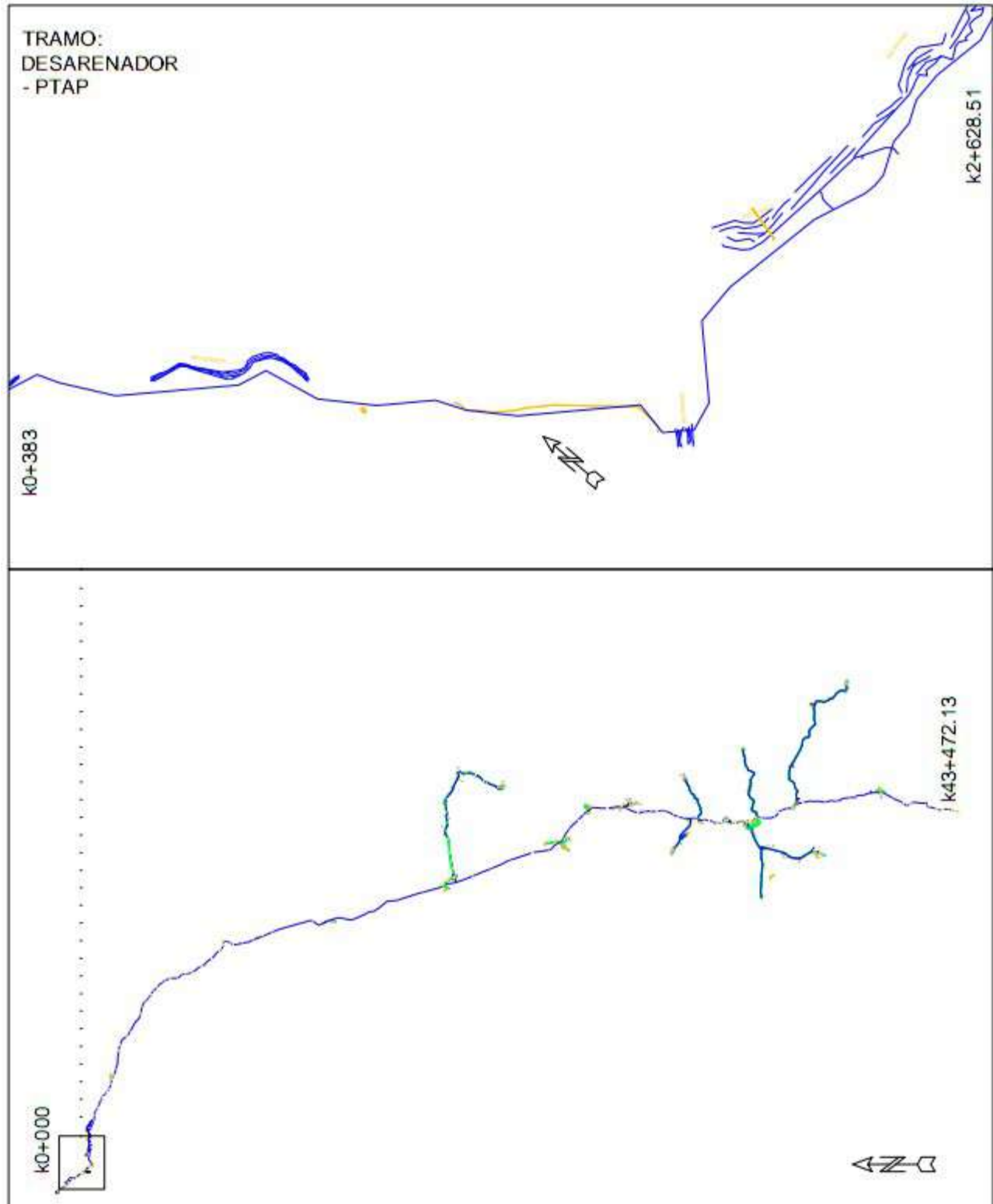
ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1





# UNION TEMPORAL BACER

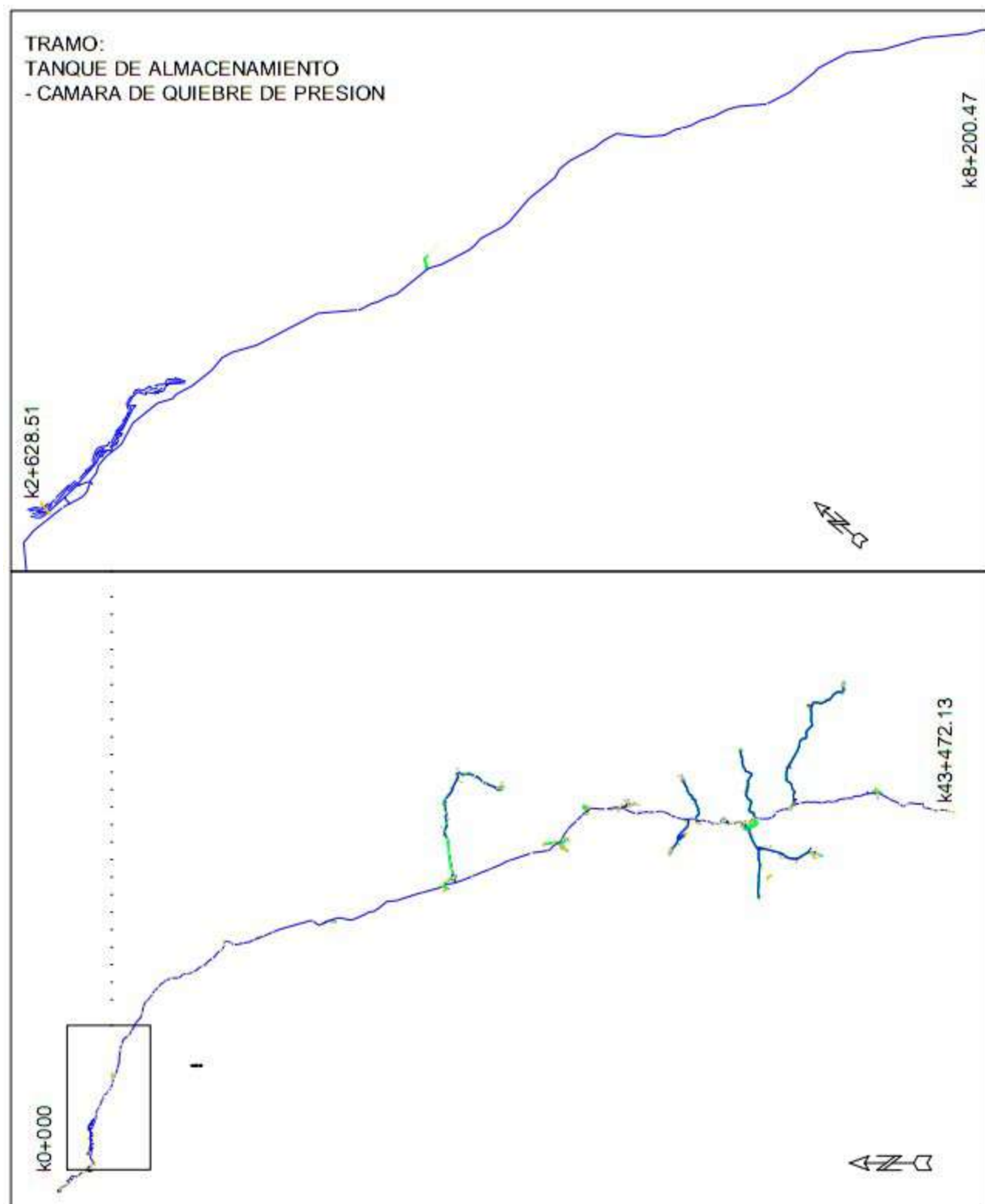
ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL  
VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA,  
MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1





# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

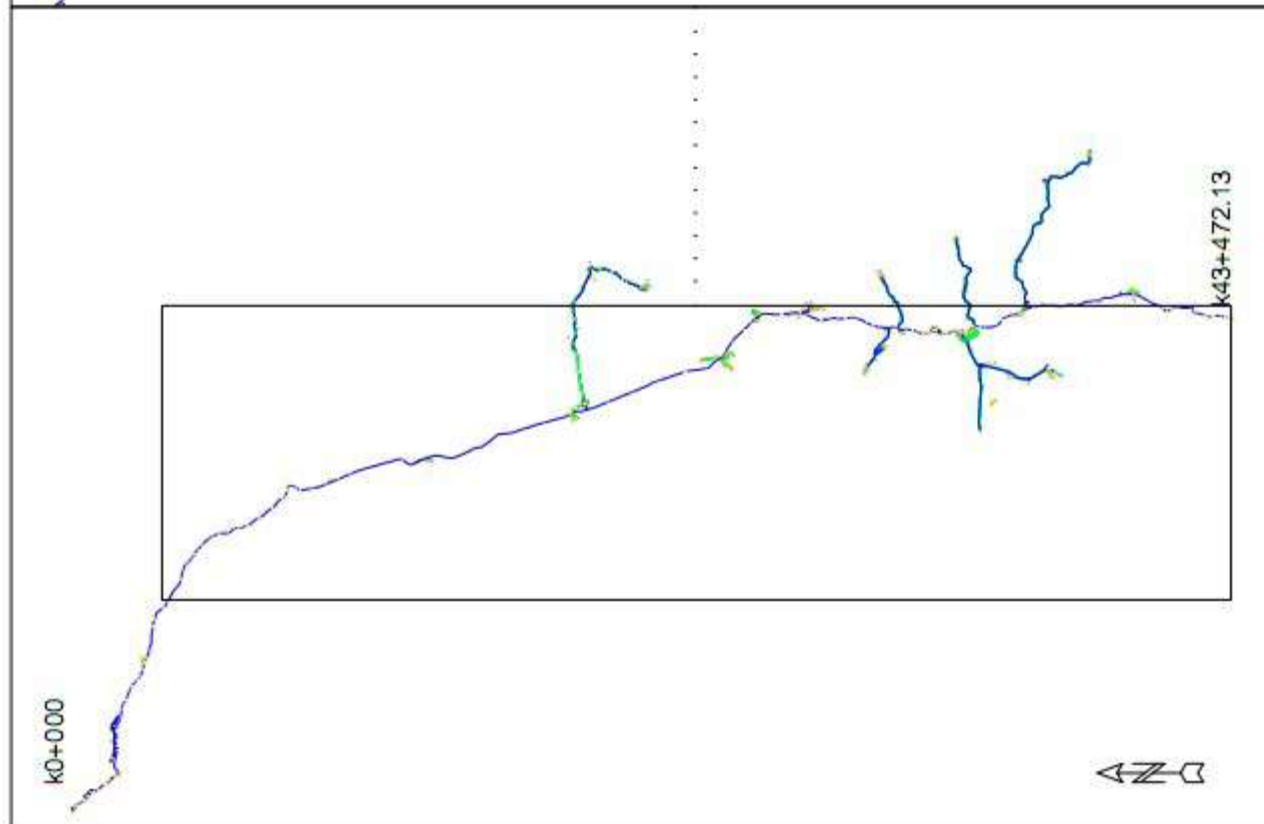
## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

TRAMO:  
CAMARA DE QUIEBRE DE PRESION  
- VEREDA LA JOYA







# UNION TEMPORAL BACER

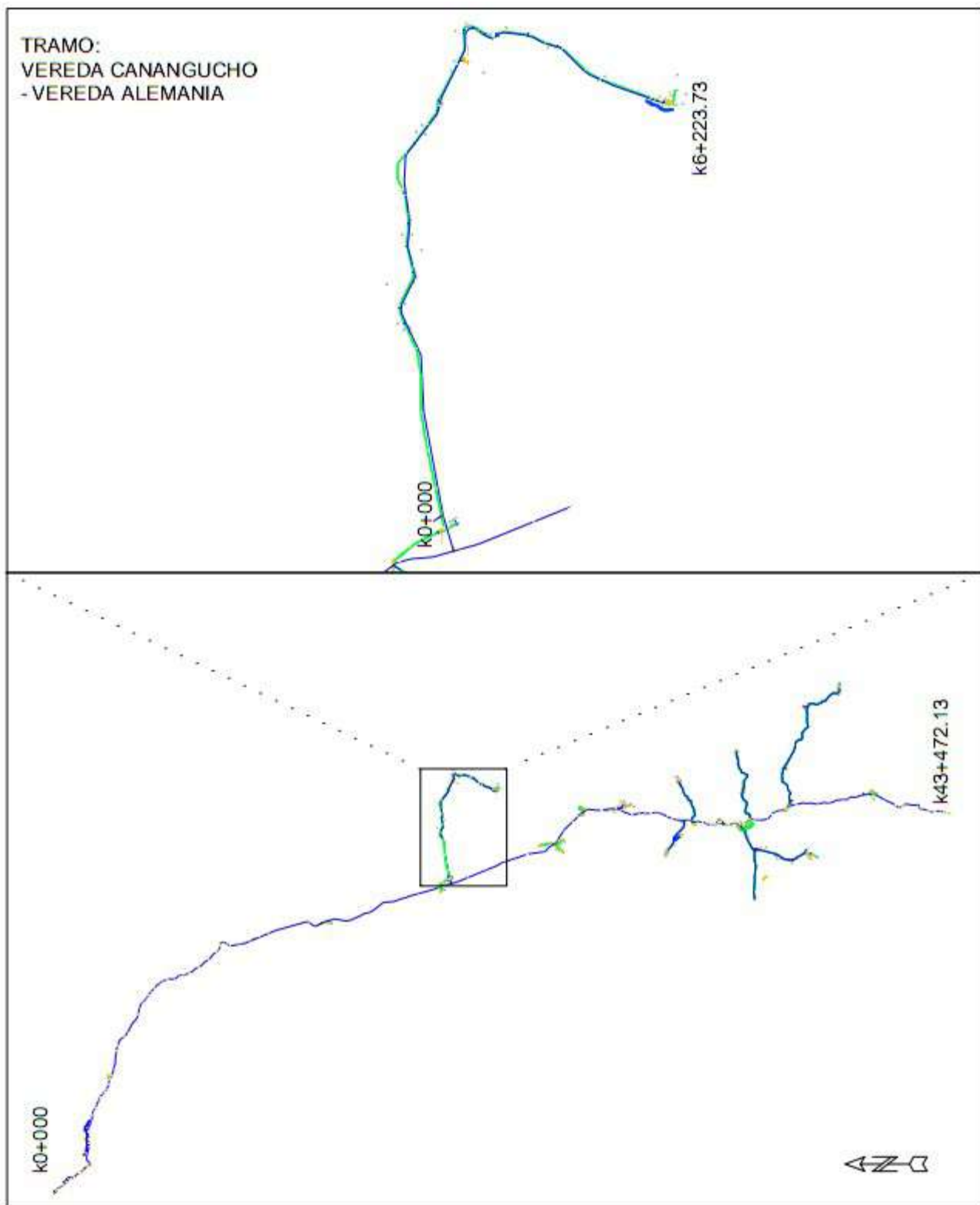
ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1





# UNION TEMPORAL BACER

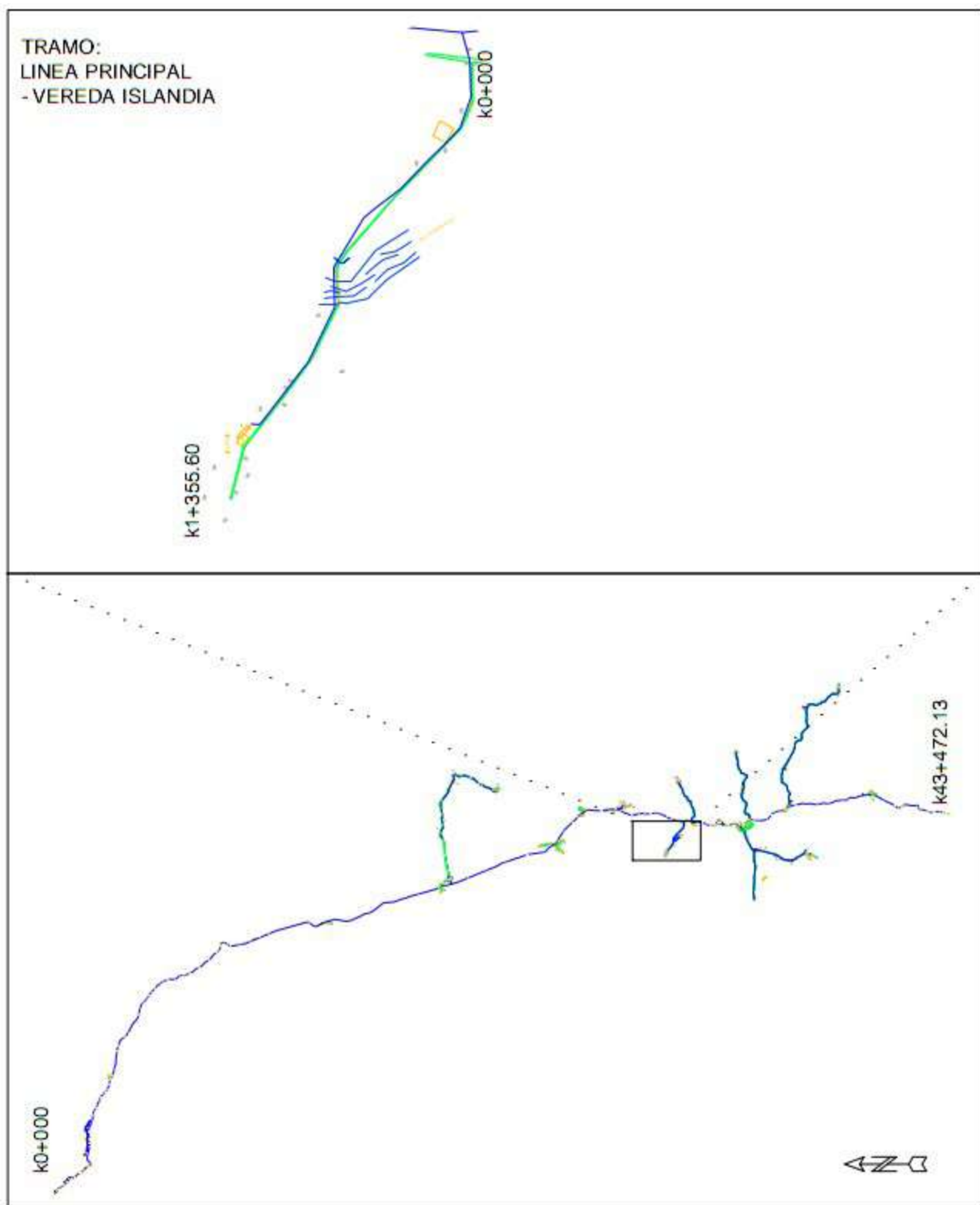
ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1





# UNION TEMPORAL BACER

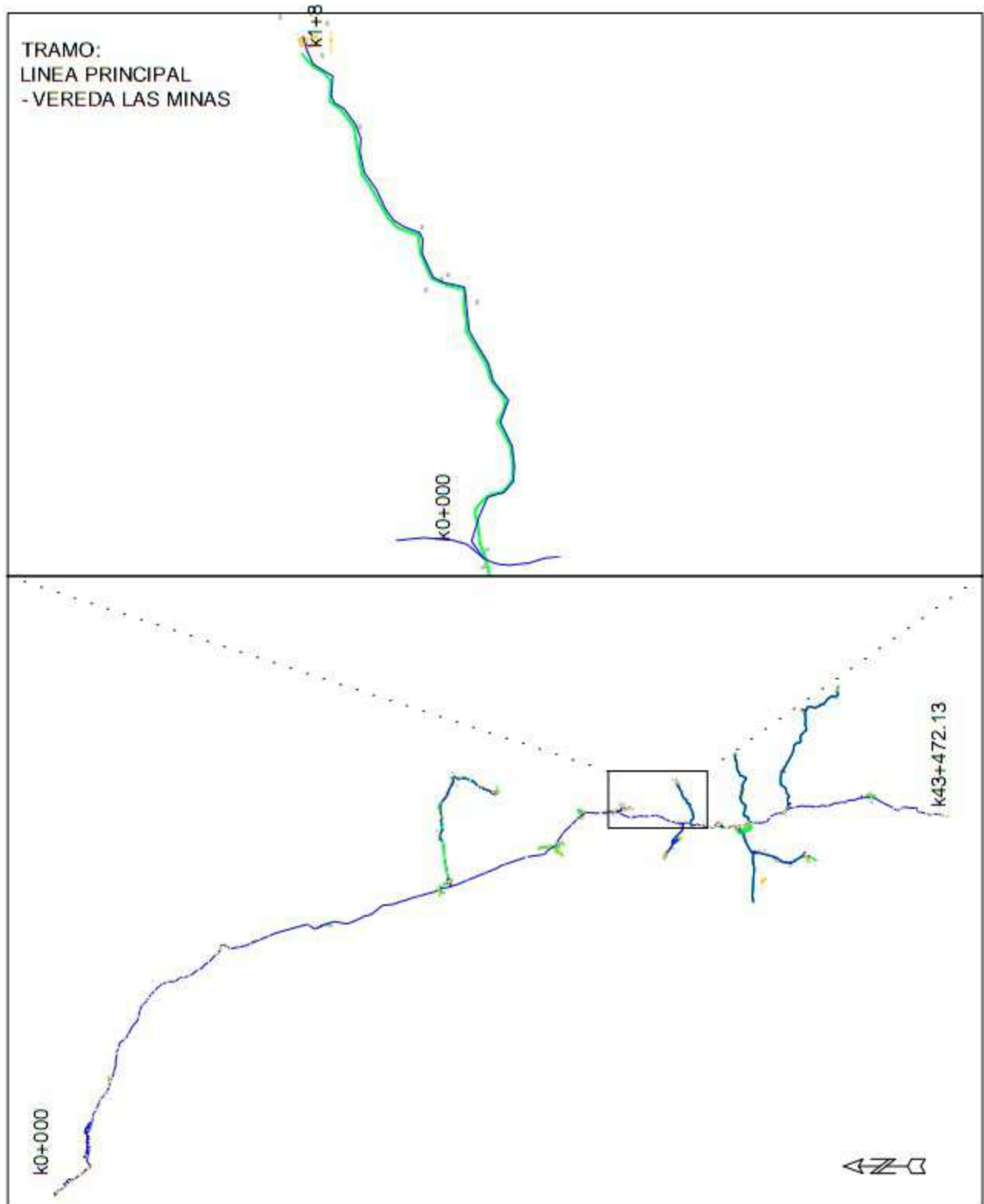
ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1





# UNION TEMPORAL BACER

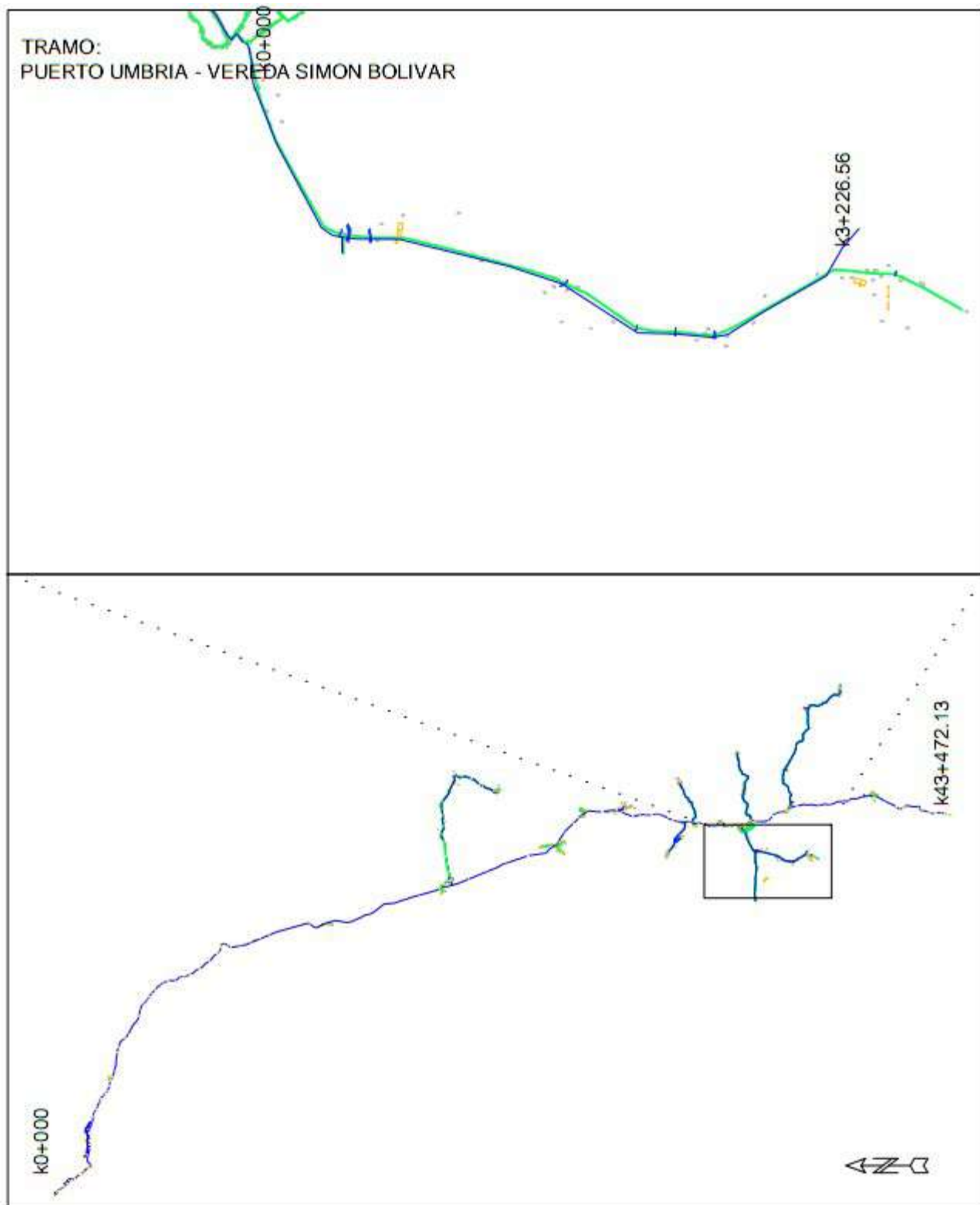
ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1







# UNION TEMPORAL BACER

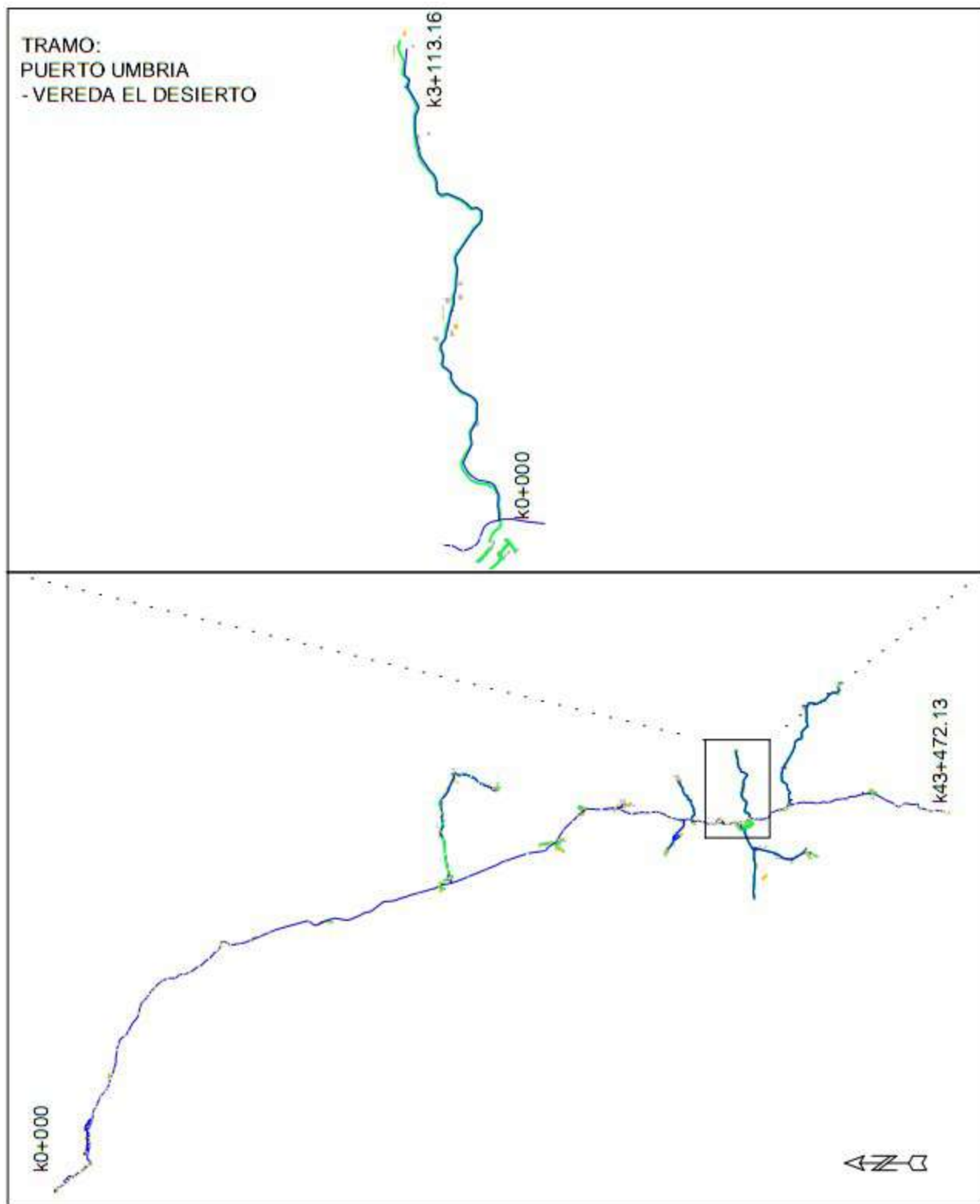
ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1





# UNION TEMPORAL BACER

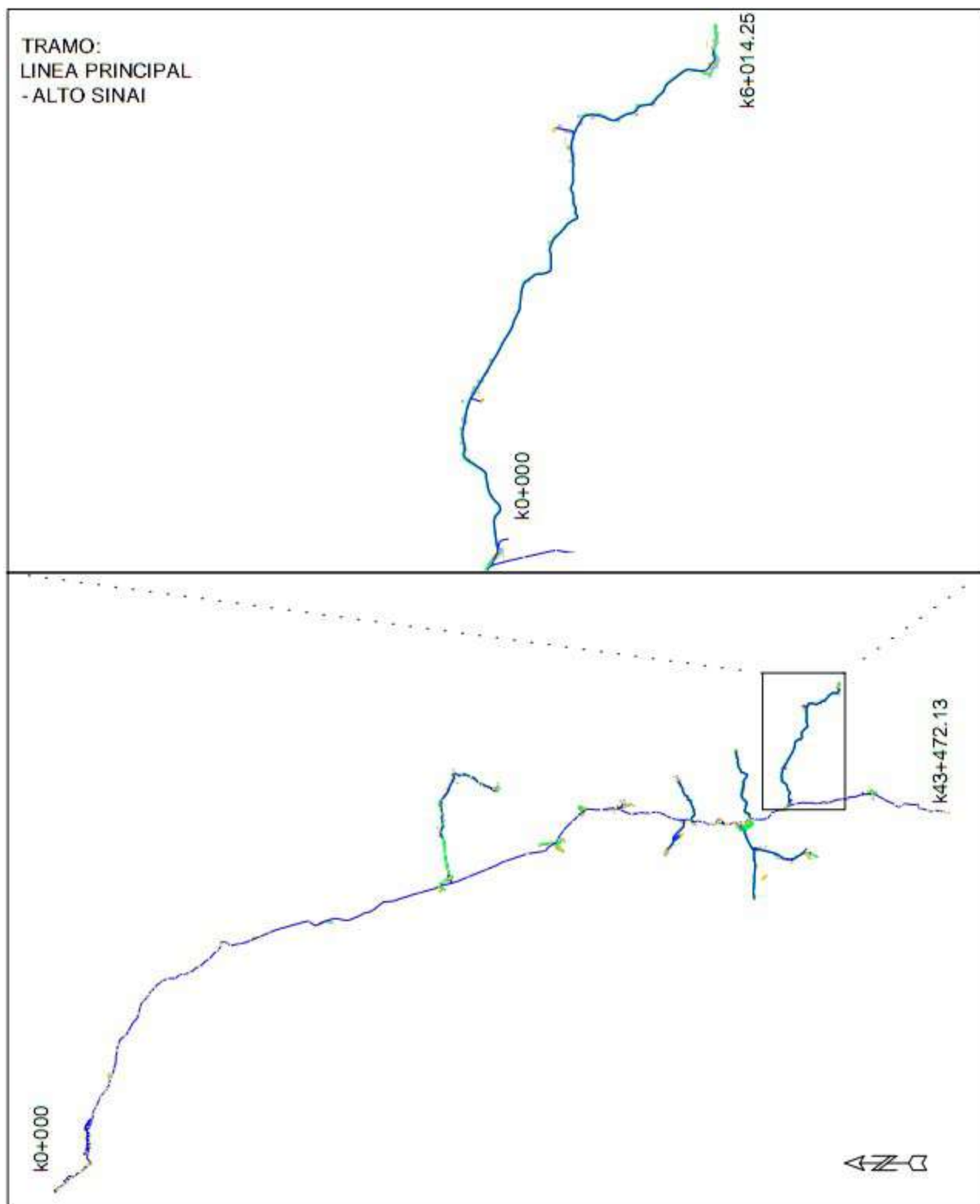
ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1





# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

### 11.3 RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

El presente documento presenta los cálculos hidráulicos de la red de evacuación de aguas residuales urbanas y aguas lluvias, así como del sistema de tratamiento de las aguas residuales del corregimiento de Puerto Umbria, localizado en el Municipio de Villagarzón, sobre las coordenadas:

1055532.935 ESTE  
586872.0894 NORTE  
326.54 ELEVACION<sup>17</sup>  
Coordenadas UTM

#### OBJETIVOS

Se diseña para potenciar el manejo de los recursos hídricos, de ARU y aguas lluvias del corregimiento.

Promover la ampliación de la capacidad de la Empresa de Servicios Públicos Aguas la Citalina con el fin de extender los servicios públicos hacia zonas de desarrollo del municipio como lo es el corregimiento en estudio

#### METAS

Dotar a 1168 habitantes actuales (y 1916 hab en el horizonte del proyecto) del corregimiento de las redes de alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial necesarias, con sus colectores finales y procesos de tratamiento correspondientes que garanticen la protección de los cuerpos de agua cercanos a este centro poblado.

#### SITUACION ACTUAL EN MATERIA DE RECOLECCION Y EVACUACION DE ARUs Y AGUAS LLUVIAS.

Existe un sistema de Alcantarillado Sanitario

combinado, con una longitud de 2357,74 ML

#### PERIODO DE DISEÑO

25 Años<sup>18</sup>

#### CAUDAL DE DISEÑO

#### COEFICIENTE DE RUGOSIDAD RAS D.2.3.3

n = 0.10

#### DENSIDAD POBLACIONAL

AÑO	Población
2036	1916 hab
2011	1168 hab

Área  
A = 11,25 H@

→ D<sub>P</sub> = 170,3 hab/H@

#### APORTE DE ARs DOMESTICAS AL CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_D = \frac{D_N \cdot D_P \cdot A_T \cdot R}{86400} \quad [\text{Ec 11.51}]$$

Previamente se estableció que

Dotación Neta, D<sub>n</sub><sup>19</sup>:

125 lt/ hab.día

<sup>17</sup> Referidas al observatorio Bogotá Zona Oeste

<sup>18</sup> Res. 20323 de 2009. MINAMBIENTE

<sup>19</sup> Tabla 11B. Dotaciones y Demanda



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

y

Factor de Retorno del consumo doméstico del agua potable que llega, en relación al agua que se entrega al sistema de evacuación de ARs:

R<sup>20</sup>

0,8

CAUDAL MAXIMO HORARIO DE ARs

Factor de Caudal Máximo Horario

$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad [\text{Ec 11.53}]$$

y

APORTE DE ARs INDUSTRIALES AL CAUDAL DE DISEÑO

No se tiene en cuenta aportes industriales teniendo en cuenta la naturaleza del sector económico del corregimiento. No hay industrias especializadas en el área de influencia del alcantarillado de Puerto Umbria.

$$Q_{MH} = F \cdot Q_{M_{AR}} \quad [\text{Ec 11.54}]$$

El factor se toma mínimo 1,4 si el calculado es inferior a dicho valor.<sup>23</sup>

= aporte nulo

APORTE POR CONEXIONES ERRADAS

Aportes máximos por drenaje domiciliario de aguas lluvias sin sistema pluvial

2 lt/s.H@

APORTE DE ARs DEL SECTOR COMERCIAL AL CAUDAL DE DISEÑO

Aporte por unidad de área:

0,5 lt/s. H@ comercial<sup>21</sup>

Se evalúa en los tramos localizados sobre la vía principal.

0,5 lt/s. H@

APORTE POR INFILTRACION

Aportes por infiltración en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales

0,2 lt/s.H@

APORTE DE ARs DE SECTOR INSTITUCIONAL AL CAUDAL DE DISEÑO

CAUDAL DE DISEÑO

$$Q_D = Q_{MH} + Q_{CE} + Q_{INF} \quad [\text{Ec 11.55}]$$

Aporte institucional por unidad de área:

0,5 lt/s. H@ institucional<sup>22</sup>

Si el caudal de diseño calculado en el tramo es inferior a 1.5 LPS se tomará mínimo este valor<sup>24</sup>

CAUDAL MEDIO DE ARs

$$Q_{M_{AR}} = Q_{AR} + Q_{IND} + Q_C + Q_{INS} \quad [\text{Ec 11.52}]$$

<sup>20</sup> RAS 2000. D.3.2.2.1

<sup>21</sup> RAS 2000. D.3.2.2.3

<sup>22</sup> RAS 2000, D.32.2.4

<sup>23</sup> RAS 2000. D.3.2.4

<sup>24</sup> RAS 2000. D.3.2.5





**UNION TEMPORAL  
BACER**

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL  
VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA,  
MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

**PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y  
ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA**

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1



## **11.4 ANEXO 1. LISTA DE ECUACIONES**

Ec 11.01 Fórmula de Francis

$Q = 1.84 \cdot L \cdot H^{3/2}$	L	Longitud de la Cresta del Vertedero	[m]
	H	Altura lámina de agua sobre la cresta.	[m]

Ec 11.02 Caudal a evacuar en creciente del río.

$Q_e = Q_{m\acute{a}x} - Q_c$	$Q_{m\acute{a}x}$	Caudal de máxima creciente	[ m3/s]
	Q	Capacidad del vertedero de la zona de rejilla	[m3/s]

Ec 11.03 Fórmula de Orificio Sumergido

$Q = C_d \cdot A \cdot (2 \cdot g \cdot H)^{1/2}$	$C_d$	Coeficiente de descarga	[ ]
	A	Área de la sección del orificio	[m2]
	H	Altura lámina de agua sobre la cresta.	[m]

Ec 11.04 Longitud de vertedero de creciente

$L_{VC} = A_c - L_v$	$A_c$	Ancho Canal	[ m]
	$L_v$	Longitud vertedero central	[m]

Ec 11.05 Carga sobre el vertedero central, en creciente

$H' = H - H_{vc}$	H	Carga sobre la cresta	[ m]
	$H_{vc}$	Carga sobre el vertedero de creciente	[m]

Ec 11.06 Caudal evacuado por el vertedero en creciente



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

$$Q_T = L_{vc} * q_{vc} + L_v * q'$$

$q_{vc}$  Caudal unitario del vertedero de creciente [m<sup>3</sup>/s\*m]  
 $q'$  Caudal unitario del vertedero central en creciente [m<sup>3</sup>/s\*m]

Ec 11.07 Velocidad en el vertedero de llegada a la rejilla

$$V_h = \sqrt{2g(H-h)}$$

$H$  Carga sobre la cresta, con caudal mínimo [m]  
 $h$  Lámina de agua sobre el vertedero central con  $q_{mín}$  [m]

Ec 11.08 Distancia de aproximación a la rejilla de la bocatoma

$$S = \frac{z \cdot V_{h^2}}{g \cdot B}$$

$z/B$  Pendiente rejilla []

Ec 11.09 Distancia de aproximación a la rejilla de la bocatoma

$$q_c = C_2 \cdot C_1 \left( \frac{V_{h^3}}{g} \ln \frac{B}{S_o} + \frac{g}{2 \cdot V_h} (B^2 - S_o^2) \right)$$

$q_c$  Caudal a captar en la rejilla [m<sup>3</sup>/s]  
 $C_2, C_1$  Constante de N.Nyerges []  
 $B$  Ancho de la rejilla en planta [m]  
 $S_o$  Distancia de aproximación a la rejilla [m]

Ec 11.10 Profundidad crítica en la rejilla

$$Y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g \cdot b^2}}$$

$Q$  Caudal de diseño a captar [m<sup>3</sup>/s]  
 $b$  Ancho de la rejilla [m]

Ec 11.11 Velocidad crítica en la sección crítica



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

$$v_c = \sqrt{g \cdot y_c}$$

Ec 11.12 Altura de la lámina de agua al final del canal recolector

$$H_2 = 1,1 \cdot y_c$$

Ec 11.13 Altura de la lámina de agua al inicio del canal recolector

$$H_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot y_c^3}{H_2} + \left(H_2 - \frac{L \cdot S}{3}\right)^2} - \frac{2}{3} L \cdot S$$

L Longitud canal recolector [m]

S Pendiente canal recolector [m]

Ec 11.14 Distancia a la que cae el agua, desde el borde de la rejilla, en el canal

$$X_i = 0,18 \cdot V_2^{4/7} + 0,74 \cdot H_2^{3/4}$$

V2 Velocidad al final del canal recolector [m/s]

Ec 11.15 Distancia máxima a la que cae el agua

$$X_s = 0,36 \cdot V_2^{2/3} + 0,6 \cdot H_2^{4/7}$$

V2 Velocidad al final del canal recolector [m/s]

Ec 11.16 Viscosidad del agua a T° diferentes a 10°C

$$\mu_{T^\circ} = \frac{\mu_{10^\circ} \cdot 33,3}{T^\circ C + 23,3}$$

$\mu_{10^\circ}$

Viscosidad a 10°C = 0,0131

[N.s/m²]

T°C

Temperatura

[°C]

Ec 11.17 Ecuación de Stokes Velocidad de Sedimentación de una partícula de diámetro 2,65 mm a una T° dada





# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

$$V_{T^{\circ}} = \frac{g \cdot D_b^2 (2,65 - 1)}{18 \cdot \mu_{T^{\circ}}} \quad \text{Db} \quad \text{Diámetro partícula sedimentable} \quad [\text{m}]$$

Ec 11.18 Método de Allen Hazen para estimar la Velocidad de Sedimentación de una partícula a una  $T^{\circ}$  dada

$$V_{T^{\circ}} = V_{10^{\circ}\text{C}} \frac{T^{\circ} + 23,3}{33,3} \quad V_{10^{\circ}\text{C}} \quad \text{Velocidad Tabla de Allen Hazen, en función de la } T^{\circ} \quad [\text{m/s}]$$

Ec 11.19 Tiempo de sedimentación de una partícula

$$t = \frac{H}{V_s} \quad H \quad \text{Profundidad útil del sedimentador} \quad [\text{m}]$$

$$V_s \quad \text{Velocidad de sedimentación} \quad [\text{m/s}]$$

Ec 11.20 Capacidad del desarenador

$$C = \frac{Q}{a} \quad a \quad \text{Tiempo de retención del sedimento} \quad [\text{s}]$$

Ec 11.21 Área superficial del desarenador

$$A = \frac{C}{H}$$

Ec 11.22 Ecuación de Hazen-Williams

$$Q = 0,2785 \cdot C \cdot D^{2,63} \cdot J^{0,54}$$

C	Coeficiente de Tuberñia de Hazen Williams	[ ]
D	Diámetro tubería	[m]
J	pendiente	[m/m]



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

### Ec 11.23 Área de filtración

$$A = \frac{Q}{V_f} \cdot 86400$$

Q	Caudal de diseño del filtro	[m <sup>3</sup> /s]
V <sub>f</sub>	Velocidad de filtración	[m/día]

### Ec 11.24 Ecuación de Morril y Wallace. Número de unidades de filtración

$$n = 0,044 \cdot \sqrt{Q}$$

Q	Caudal de diseño del filtro	[m <sup>3</sup> /d]
---	-----------------------------	---------------------

### Ec 11.25 Número de Reynolds para el flujo a través de un filtro

$$N_{R.E} = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

v	Velocidad de filtración	[m/s]
d	diámetro promedio partícula	[m]
ν	Viscosidad cinemática del agua a la T° dada	[m <sup>2</sup> /s]

### Ec 11.26 Coeficiente de arrastre de los granos del filtro estratificado

$$C_D = \frac{24}{N_{R.E}} + \frac{3}{\sqrt{N_{R.E}}} + 0,34$$

### Ec 11.27 Relación Área superficial real del grano / Volúmen real del grano del filtro

$$\frac{A}{V} = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \sum \left( \frac{P_i}{d_i} \right)$$

A	Área superficial real del grano	[cm <sup>2</sup> ]
V	Volúmen real del grano	[cm <sup>3</sup> ]
α	Factor de forma de área superficial .Tabla 11.5	[]
β	Factor de forma de volumen. Tabla 11.5	[]
P <sub>i</sub>	fracción en peso de partículas de tamaño d <sub>i</sub>	[%]



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

$d_i$  promedio geométrico de dos aberturas de tamices [cm]

Ec 11.28 Diámetro característico del lecho filtrante

$$d = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \left( \frac{V}{A} \right)$$

Ec 11.29 Ec. De Rose. Pérdida de carga de un lecho filtrante

$$\frac{h}{L} = \frac{0,178 \cdot (C_D \cdot V^2)}{(g \cdot e^4)} \cdot \left( \frac{\alpha}{\beta} \right) \cdot \sum \left( \frac{P_i}{d_i} \right)$$

$C_D$	Ec. 11.26	
$e$	Porosidad del lecho. (volumen <sub>VACÍOS</sub> / voúmen <sub>LECHO</sub> )	[ ]
$L$	Profundidad del lecho filtrante	[m]
$v$	velocidad de filtración	[m/s]

Ec 11.30 Ec. De Cleasby. Relación Largo/acho de un medio filtrante para un diseño de costo mínimo

$\frac{L}{W} = \frac{N \cdot C_1 + 4 \cdot N \cdot C_2}{2(N+2)C_2}$	$L$	Largo	[m]
	$W$	Ancho	[m]
	$C_1$	Costo por unidad de longitud de galería de filtro incluye: tubería y placas de piso y techo	[\$]
	$C_2$	Costo por unidad de longitud de ared de filtro	[\$]

Ec 11.31 Pérdida total de carga durante el elavdo del filtro



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$	h1	Pérdida de carga a través del lecho expandido	[m]
	h2	Pérdida de carga a través del lecho de grava	[m]
	h3	Pérdida de carga a través del sistema de drenaje	[m]
	h4	Pérdida de carga en la tubería, válvulas, controlador, etc	[m]

Ec 11.32 Pérdida de carga a través del lecho expandido

$h_1 = L(1 - e)(S_s - 1)$	L	Profundidad del lecho filtrante	[m]
	e	Porosidad del lecho fijo (volumen <sub>VACÍOS</sub> / voúmen <sub>LECHO</sub> )	[]
	Ss	Densidad realtiva de las partículas	[kg/m3]

Ec 11.33 Pérdida de carga a través del lecho de grava

$h_2 = \frac{V_b \cdot L_2}{3}$	Vb	Velocidad de lavado	[m/min]
	L2	Altura del lecho de grava	[m]

Ec 11.34 Pérdida de carga a través del sistema de drenaje

$h_3 = \frac{1}{2g} \left( \frac{V_b}{\alpha \cdot \beta} \right)^2$	$\alpha$	Coeficiente de orificio (0,6)	[]
	$\beta$	Relación área total orificios/área lecho	

Ec 11.35 Pérdida de carga en la tubería, válvulas, controlador, etc

$H_4 = f \left( \frac{L}{D} \right) \cdot \left( \frac{1}{2g} \right) \left( \frac{4A \cdot V_b}{\pi \cdot D^2} \right)^2$	f	factor de fricción	[]
	L	Longitud equivalente de la tubería + accesorios	[m]





# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

D	Diámetro Tubería	[m]
A	Área superficial del filtro	[m]
Vb	Velocidad de lavado	[m/s]

Ec 11.36 Relación largo/ancho de una canaleta de lavado en función del caudal

$Q = 1,38 \cdot b \cdot h^{1,5}$	Q	Caudal de lavado	[m3/s]
	b	Ancho de la canaleta	[m]
	h	Altura de la canaleta	[m]

Ec 11.37 Caudal de una canaleta Parshall de ancho = 3 pies

$Q = 4 \cdot W \cdot H_a^{1,522} W^{(0,026)}$	Q	Caudal canaleta	[pies3/s]
	W	Ancho de la garganta	[pies]
	Ha	Lectura de aforo	[pies]

Ec 11.38 Tiempo de contacto de un desinfectante a cierta dosis

$t = \frac{K}{C^n}$	t	Tiempo de contacto	[min]
	K	Constante empírica. Tablas EPA o RAS 2000	[mg.min/l]
	C	Dosis de desinfectante	[mg/l]
	n	pendiente de la línea C versus t	[]

Ec 11.39 Capacidad de Regulación de un Tanque de Almacenamiento

$C = QMH * \left( \frac{3600s}{1hr} \right) * ( máx_{excedente}  +  máx_{déficit} )$	QMH	Caudal máximo horario de diseño	[m3/s]
	MAX excedente	máximo % excedente en el suministro horario	[%]
	MAX déficit	máximo % de déficit en el suministro horario	[%]



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

Ec 11.40 Volúmen adicional de reserva de un tanque de almacenamiento

$$V_r = QMD * \left( \frac{3600s}{1hr} \right) * 2hr$$

Ec 11.41 Caudal contra incendios

$$Q_i = \frac{386}{60} \sqrt{\frac{P}{1000}} \cdot (1 - 0,01 \sqrt{\frac{P}{1000}})$$

P Población [hab]

Ec 11.42 Volúmede reserva contra incendios

$$V_i = Q_i * \left( \frac{3600s}{1hr} \right) * 2hr$$

Ec 11.43 Fase o período del tramo de tubería en el cual se propaga la onda de sobrepresión cuando ocurre el golpe de ariete.

$$T = \frac{2 \cdot L}{C}$$

L Longitud desde la válvula hasta el depósito [m]

C Velocidad de propagación de la onda [m/s]

Ec 11.44 Velocidad de propagación de la onda de sobrepresión cuando ocurre el golpe de ariete.

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + \frac{k \cdot D}{e}}}$$

D Diámetro de la tubería [m]

e Espesor de la apred de la tubería [m]

Ec 11.45 Relación entre e Módulo de Elasticidad del Agua ( $10^{10}$ ) y el del material de la tubería.



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

$$k = \frac{10^{10}}{E_{tubería}}$$

Ec 11.46

Soprepresión debida al golpe de ariete, cuando el tiempo de cierre de la válvula es inferior a la fase ( $t_c < T$ ) CIERRE RAPIDO

$$h_a = \frac{C \cdot V}{g}$$

V

Velocidad

[m/s]

Ec 11.47

Soprepresión debida al golpe de ariete, cuando el tiempo de cierre de la válvula es superior a la fase ( $t_c > T$ ) CIERRE LENTO

$$h_a = \frac{C \cdot V}{g} \cdot \left( \frac{T}{t_c} \right)$$

$t_c$

Tiempo de cierre elegido

[s]

Ec 11.48

Número de Reynolds

$$N_{\text{Re}} = \frac{D_i \cdot V}{\gamma}$$

$D_i$

Diámetro interno de la tubería

[m]

V

Velocidad del líquido

[m/s]

$\gamma$

Viscosidad cinemática {Tabla 11.4}

[m<sup>2</sup>/s]

Ec 11.49

Modelo Darcy-Weisbach. Pérdida de Carga Unitaria

$$\frac{h_f}{L} = f \cdot \left( \frac{L}{D} \right) \left( \frac{V^2}{2g} \right)$$

f

factor de fricción

[]

L

Longitud del tramo

[m]

D

Diámetro de la tubería

[m]

Ec 11.50

Ecuación de Colebrook-White. Factor de fricción para  $Re > 4000$ , para el modelo Darcy-Weisbach.



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log_{10} \left( \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} + \frac{\xi}{3,71 \cdot D} \right)$$

$\xi$	Fricción absoluta	[ ]
Re	Número de reynolds	[m]
D	Diámetro de la tubería	[m]

Ec 11.51 Aporte de Aguas Residuales debido al consumo doméstico.

$$Q_D = \frac{D_N \cdot D_P \cdot A_T \cdot R}{86400}$$

DN	Dotación Neta de Agua Potable a la población	[lt/s.hab]
DP	Densidad Poblacional	[hab/H@]
AT	Área Tributaria al tramo colector	[H@]
R	Coficiente de Retorno del agua potable que el sistema de acueducto local entrega al habitante y la que el individuo entrega al colector	[ ]

Ec 11.52 Caudal Medio de Aguas Residuales

$$QM_{AR} = Q_{AR} + Q_{IND} + Q_C + Q_{INS}$$

QAR	Caudal de ARs domésticas	[lt/s]
QIND	Caudal de ARs industriales	[lt/s]
QC	Caudal de ARs comerciales	[lt/s]
QINS	Caudal de ARs institucional	[lt/s]

Ec 11.53 Ecuación de Harmon. Factor de Mayoración del QMAR

$$F = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

P	Población	[miles de hab]
---	-----------	----------------

Ec 11.54 Caudal máximo Horario de ARs

$$QMH = F \cdot QM_{AR}$$



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

Ec 11.55

Caudal de Diseño de ARUs, aguas residuales urbanas.

$$Q_D = Q_{MH} + Q_{CE} + Q_{INF}$$

QCE

Caudal por conexiones erradas

[lt/s]

QINF

Caudal de infiltración

[lt/s]





**UNION TEMPORAL  
BACER**

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL  
VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA,  
MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

**DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS**

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

## **11.5 ANEXO 2. GRAFICOS Y TABLAS DE DISEÑO**



DIAGRAMA 11.1

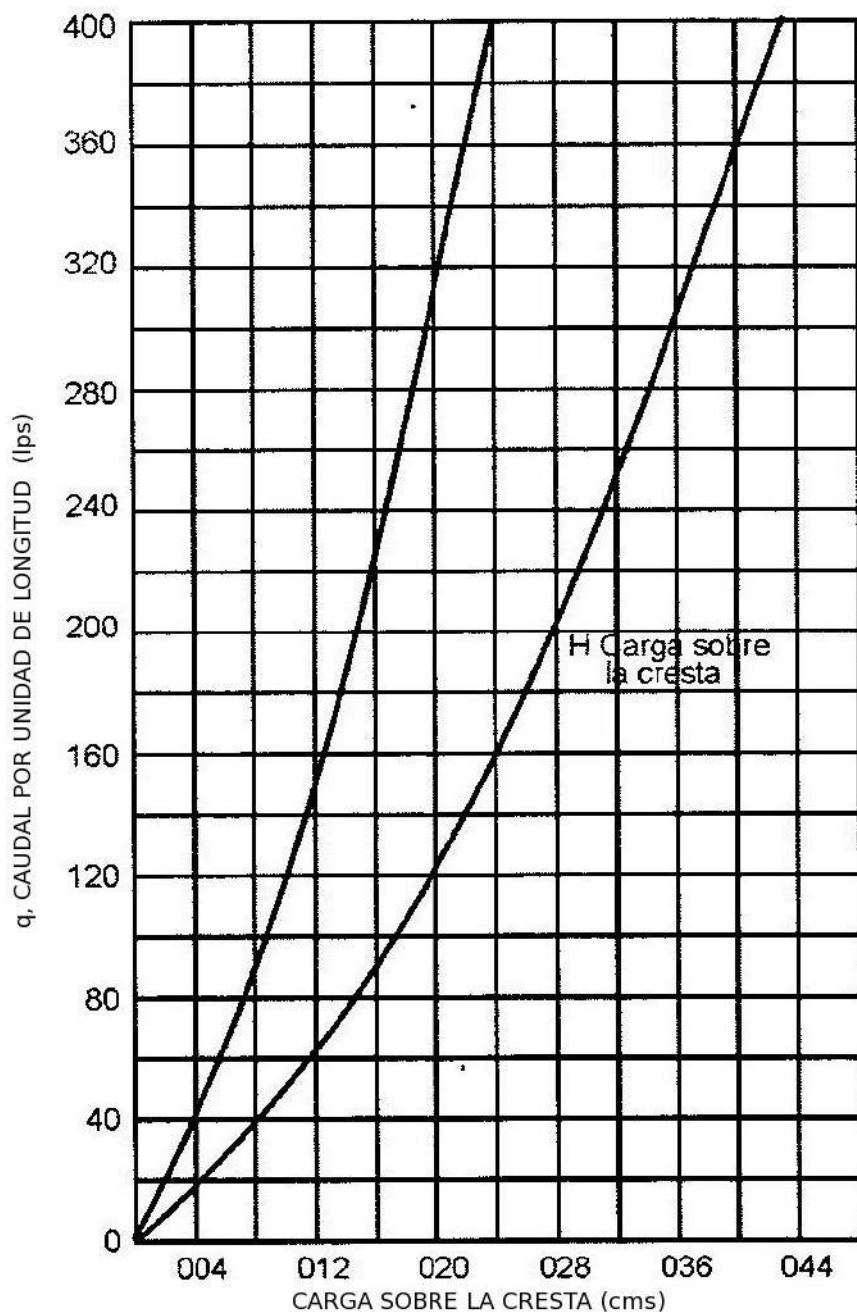


DIAGRAMA 11.1 DESCARGA MAXIMA POR  
METRO LINEAL DE CRESTA DE VERTEDERO



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL  
VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA,  
MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

Tabla 11.1  
Coeficiente de Construcción (N.Nyerges)

Tipo	Descripción	$C_2$	$C_1$	$C_1 \times C_2$
1	Barras cuadradas de 1 cm. de lado, espaciadas 1 cm. cada una.	0,45	0,50	0,225
2	Barras cuadradas de 1 cm. de lado, espaciadas cada 2 cm.	0,55	0,65	0,357
3	Barras cuadradas de 1,5 cm. de lado, espaciadas 1 cm.	0,45	0,40	0,180
4	Barras cuadradas de 1,5 cm. de lado, espaciadas a 2 cm.	0,55	0,56	0,308
5	Igual tipo 1, pero con tela metálica, de espesor 2 mm.	0,30	0,18	0,054
6	Igual tipo 2, pero con tela metálica, soldada.	0,37	0,23	0,085
7	Igual tipo 3, pero con tela metálica, soldada.	0,30	0,14	0,042
8	Igual tipo 4, pero con tela metálica, soldada.	0,37	0,20	0,074



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

**TABLA 11.2**  
**Relación entre diámetro de partículas y velocidad de sedimentación**

Material	ØPartículas Límite	Número Reynolds	Velocidad Sedimentación	Régimen	Ley Aplicada
Grava	1 cm	> 10.000	≈ 100 cm/s	Turbulento	Newton
Arena gruesa y media	0,10 cm	≈ 1.000	10,0 cm/s	Transición	Allen
	0,08 cm	≈ 660	8,3 cm/s	Transición	
	0,05 cm	≈ 380	6,3 cm/s	Transición	
	0,05 cm	≈ 27	5,3 cm/s	Transición	
	0,04 cm	≈ 17	4,2 cm/s	Transición	
	0,03 cm	≈ 10	3,2 cm/s	Transición	
	0,02 cm	≈ 4	2,1 cm/s	Transición	
	0,015 cm	≈ 2	1,5 cm/s	Transición	
Arena fina	0,010 cm	≈ 0,8	0,8	Laminar	Stokes
	0,008 cm	≈ 0,5	0,6	Laminar	
	0,006 cm	≈ 0,24	0,4	Laminar	
	0,005 cm	< 1,0	0,3	Laminar	
	0,004 cm	< 1,0	0,2	Laminar	
	0,003 cm	< 1,0	0,13	Laminar	
	0,002 cm	< 1,0	0,06	Laminar	
	0,001 cm	< 1,0	0,015	Laminar	



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

TABLA 11.3  
VALORES DE a/t

Condiciones	Remoción 50%	Remoción 75%	Remoción 87 1/2%
Máximo Teórico	0,500	0,750	0,875
Depósitos con muy buenos deflectores	0,730	1,520	2,370
Depósitos con buenos deflectores	0,760	1,660	2,750
Depósitos con deficientes deflectores o sin ellos	1,000	3,000	7,000





**UNION TEMPORAL  
BACER**

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL  
VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE  
ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA,  
MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

**DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS**

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

TABLA 11.4

PROPIEDADES FISICAS DEL AGUA EN FUNCION DE LA T°



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

Temperature °C	Pressure Pa	Saturation vapor pressure Pa	Density kg/m <sup>3</sup>	Specific enthalpy of liquid water		Specific heat		Volume heat capacity kJ/m <sup>3</sup>	Dynamic viscosity kg/ms	kinematic viscosity m <sup>2</sup> /s
				kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg			
0	101325	611	999,82	0,06	0,01	4217	1007	4216,1	0,001792	1,79232E-006
1,00	101325	657	999,89	4,28	1,02	4213	1006	4213,03	0,001731	1,73119E-006
2,00	101325	705	999,94	8,49	2,03	4210	1006	4210,12	0,001674	1,67410E-006
3,00	101325	757	999,98	12,70	3,03	4207	1005	4207,36	0,00162	0,00000162
4,00	101325	813	1000	16,9	4,04	4205	1004	4204,74	0,001569	0,000001569
5,00	101325	872	1000	21,11	5,04	4202	1004	4202,26	0,00152	0,00000152
6,00	101325	935	999,99	25,31	6,04	4200	1003	4199,89	0,001473	0,000001473
7,00	101325	1001	999,96	29,51	7,05	4198	1003	4197,63	0,001429	1,42906E-006
8,00	101325	1072	999,91	33,7	8,05	4196	1002	4195,47	0,001386	1,38612E-006
9,00	101325	1147	999,85	37,9	9,05	4194	1002	4193,4	0,001346	1,34620E-006
10,00	101325	1227	999,77	42,09	10,05	4192	1001	4191,42	0,001308	1,30830E-006
11,00	101325	1312	999,68	46,28	11,05	4191	1001	4189,51	0,001271	1,27141E-006
12,00	101325	1402	999,58	50,47	12,06	4189	1001	4187,67	0,001236	1,23652E-006
13	101325	1497	999,46	54,66	13,06	4188	1000	4185,89	0,001202	1,20265E-006
14	101325	1597	999,33	58,85	14,06	4187	1000	4184,16	0,00117	1,17078E-006
15	101325	1704	999,19	63,04	15,06	4186	1000	4182,49	0,001139	1,13992E-006
16	101325	1817	999,03	67,22	16,06	4185	1000	4180,86	0,001109	1,11008E-006
17	101325	1936	998,86	71,41	17,06	4184	999	4179,27	0,001081	1,08223E-006
18	101325	2063	998,68	75,59	18,05	4183	999	4177,72	0,001054	1,05539E-006
19	101325	2196	998,49	79,77	19,05	4182	999	4176,2	0,001028	1,02955E-006
20	101325	2337	998,29	83,95	20,05	4182	999	4174,7	0,001003	1,00472E-006
21	101325	2486	998,08	88,14	21,05	4181	999	4173,23	0,000979	9,80883E-007
22	101325	2642	997,86	92,32	22,05	4181	999	4171,78	0,000955	0,000000955
23	101325	2808	997,62	96,5	23,05	4180	998	4170,34	0,000933	9,35226E-007
24	101325	2982	997,38	100,68	24,05	4180	998	4168,92	0,000911	9,13393E-007
25	101325	3166	997,13	104,86	25,04	4180	998	4167,51	0,000891	8,93565E-007
26	101325	3360	996,86	109,04	26,04	4179	998	4166,11	0,000871	8,73744E-007
27	101325	3564	996,59	113,22	27,04	4179	998	4164,71	0,000852	8,54915E-007
28	101325	3779	996,31	117,39	28,04	4179	998	4163,31	0,000833	8,36085E-007
29	101325	4004	996,02	121,57	29,04	4179	998	4161,92	0,000815	8,18257E-007
30	101325	4242	995,71	125,75	30,04	4178	998	4160,53	0,000798	8,01438E-007
31	101325	4491	995,41	129,93	31,03	4178	998	4159,13	0,000781	7,84601E-007
32	101325	4754	995,09	134,11	32,03	4178	998	4157,73	0,000765	7,68775E-007
33	101325	5029	994,76	138,29	33,03	4178	998	4156,33	0,000749	7,52945E-007
34	101325	5318	994,43	142,47	34,03	4178	998	4154,92	0,000734	7,38111E-007
35	101325	5622	994,08	146,64	35,03	4178	998	4153,51	0,00072	7,24288E-007
36	101325	5940	993,73	150,82	36,02	4178	998	4152,08	0,000705	7,09448E-007
37	101325	6274	993,37	155	37,02	4178	998	4150,65	0,000692	6,96619E-007
38	101325	6624	993	159,18	38,02	4178	998	4149,2	0,000678	6,82779E-007
39	101325	6991	992,63	163,36	39,02	4179	998	4147,74	0,000666	6,70945E-007
40	101325	7375	992,25	167,54	40,02	4179	998	4146,28	0,000653	6,58100E-007
41	101325	7777	991,86	171,71	41,01	4179	998	4144,8	0,000641	6,46261E-007
42	101325	8198	991,46	175,89	42,01	4179	998	4143,3	0,000629	6,34418E-007
43	101325	8639	991,05	180,07	43,01	4179	998	4141,8	0,000618	6,23581E-007
44	101325	9100	990,64	184,25	44,01	4179	998	4140,28	0,000607	6,12735E-007
45	101325	9582	990,22	188,43	45,01	4180	998	4138,75	0,000596	6,01886E-007
46	101325	10085	989,8	192,61	46	4180	998	4137,2	0,000586	0,000000586
47	101325	10612	989,36	196,79	47	4180	998	4135,64	0,000576	5,82195E-007
48	101325	11161	988,92	200,97	48	4180	998	4134,06	0,000566	5,72342E-007
49	101325	11735	988,47	205,15	49	4181	999	4132,47	0,000556	5,62485E-007
50	101325	12335	988,02	209,33	50	4181	999	4130,87	0,000547	5,53633E-007
51	101325	12960	987,56	213,51	51	4181	999	4129,25	0,000538	5,44777E-007
52	101325	13612	987,09	217,69	52	4182	999	4127,61	0,000529	5,35919E-007
53	101325	14292	986,62	221,88	52,99	4182	999	4125,97	0,000521	5,28066E-007
54	101325	15001	986,14	226,06	53,99	4182	999	4124,3	0,000512	5,19196E-007
55	101325	15740	985,65	230,24	54,99	4183	999	4122,63	0,000504	5,11338E-007
56	101325	16510	985,16	234,42	55,99	4183	999	4120,94	0,000496	5,03472E-007
57	101325	17312	984,66	238,61	56,99	4183	999	4119,24	0,000489	4,96618E-007
58	101325	18146	984,16	242,79	57,99	4184	999	4117,52	0,000481	4,88742E-007
59	101325	19015	983,64	246,97	58,99	4184	999	4115,79	0,000474	4,81884E-007
60	101325	19919	983,13	251,16	59,99	4185	999	4114,05	0,000467	0,000000467
61	101325	20859	982,6	255,34	60,99	4185	1000	4112,3	0,00046	4,68146E-007
62	101325	21837	982,07	259,53	61,99	4186	1000	4110,53	0,000453	4,61271E-007
63	101325	22854	981,54	263,72	62,99	4186	1000	4108,75	0,000447	4,55407E-007
64	101325	23910	981	267,9	63,99	4187	1000	4106,97	0,00044	4,48522E-007
65	101325	25008	980,45	272,09	64,99	4187	1000	4105,17	0,000434	4,42654E-007
66	101325	26148	979,9	276,28	65,99	4188	1000	4103,36	0,000428	4,36779E-007
67	101325	27332	979,34	280,46	66,99	4188	1000	4101,54	0,000422	4,30902E-007

TABLA 11.5



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

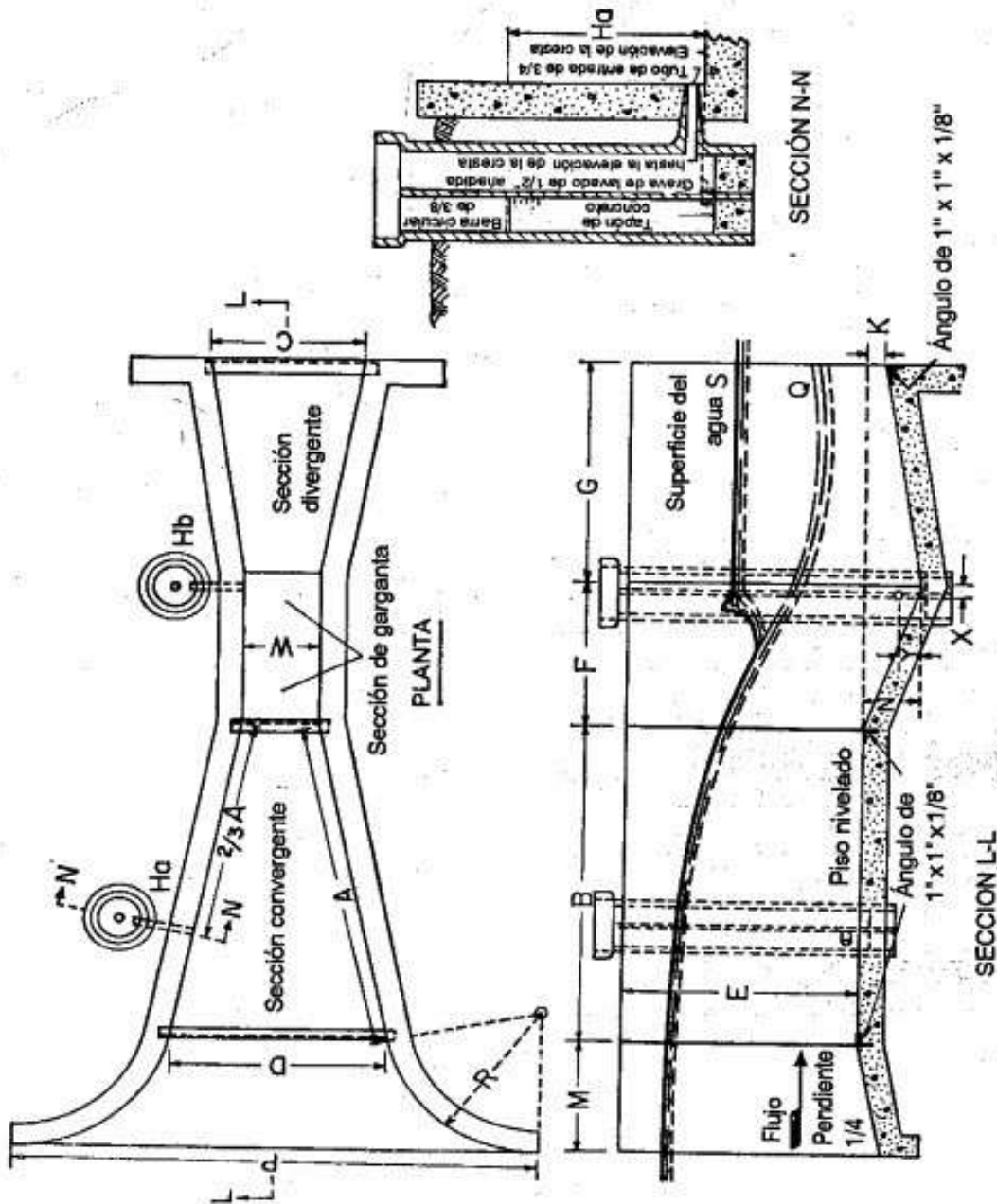
FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

### FACTORS DE FORMA $\alpha/\beta$

Valores aproximados de factores de forma para arena

Tipo de arena	$\beta$	$\alpha/\beta$	$\psi$
Angular	0,64	6,9	0.81
Afilada	0,77	6,2	0,85
Erosionada	0,86	5,7	0,89
Redondeada	0,91	5,5	0,91
Esférica	0,52	6,0	1,00

FIGURA 11.1  
CANALETA PARSHALL





# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

TABLA 11.6

### DIMENSIONES DE UNA CANALETA PARSHALL

Dimensiones y capacidades de las canales de medición. Parshall, para varios anchos de garganta, *W*  
[Las dimensiones correspondientes a cada letra se muestran en la figura 11.1]

W	A	3/4 A	B	C	D	E	F	G	K	N	R	M	P	X	Y	Capacidad a flujo libre	
																Min	Max
0 3	1 6 3/8	1 1/4	1 6	0 7	0 10 3/16	2 0	0 6	1 0	1	2 1/4	1 4	1 0	2 6 1/4	1	1 1/2	Pulg.	Pie/s
0 6	2 2 1/16	1 4 3/16	2 0	1 3 1/2	1 3 5/8	2 0	1 0	2 0	3	4 1/2	1 4	1 0	2 11 1/2	2	3	Pulg.	Pie/s
0 9	2 10 3/8	1 11 1/8	2 10	1 3	1 10 5/8	2 6	1 0	1 6	3	4 1/2	1 4	1 0	3 6 1/2	2	3	Pulg.	Pie/s
1 0	4 6	3 0	4 4 3/8	2 0	2 9 1/4	3 0	2 0	3 0	3	9	1 8	1 3	4 10 3/4	2	3	Pulg.	Pie/s
1 6	4 9	3 2	4 7 7/8	2 6	3 4 3/8	3 0	2 0	3 0	3	9	1 8	1 3	5 6	2	3	Pulg.	Pie/s
2 0	5 0	3 4	4 10 7/8	3 0	3 11 1/2	3 0	2 0	3 0	3	9	1 8	1 3	6 1	2	3	Pulg.	Pie/s
3 0	5 6	3 8	5 4 3/4	4 0	5 1 7/8	3 0	2 0	3 0	3	9	1 8	1 3	7 3 1/2	2	3	Pulg.	Pie/s
4 0	6 0	4 0	5 10 5/8	5 0	6 4 1/4	3 0	2 0	3 0	3	9	2 0	1 6	8 10 3/4	2	3	Pulg.	Pie/s
5 0	6 6	4 4	6 4 1/2	6 0	7 6 5/8	3 0	2 0	3 0	3	9	2 0	1 6	10 1 1/4	2	3	Pulg.	Pie/s
6 0	7 0	4 8	6 10 3/8	7 0	8 9	3 0	2 0	3 0	3	9	2 0	1 6	11 3 1/2	2	3	Pulg.	Pie/s
7 0	7 6	5 0	7 4 1/4	8 0	9 11 3/8	3 0	2 0	3 0	3	9	2 0	1 6	12 6	2	3	Pulg.	Pie/s
8 0	8 0	5 4	7 10 3/8	9 0	11 1 1/4	3 0	2 0	3 0	3	9	2 0	1 6	13 8 1/4	2	3	Pulg.	Pie/s





# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

TABLA 11.7

Valores de  $Ct = K$  en mg-min/l para inactivación de quiste Giardia por Cloro libre para log 4

Dosis de Cloro aplicada mg/l	10°C				15°C				20°C				25°C			
	pH				pH				pH				pH			
	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
<=0.4	49	59	69	83	33	39	47	55	24	29	35	41	16	19	23	28
0,6	50	60	71	85	33	40	48	57	25	30	36	43	17	20	24	29
0,8	52	61	73	87	35	41	49	59	26	31	37	44	17	21	25	29
1	53	63	75	89	35	42	50	60	26	31	37	45	17	21	25	30
1,2	53	63	76	91	36	43	51	61	27	32	38	46	18	21	25	31
1,4	55	65	77	93	37	43	52	63	27	33	39	47	18	22	26	31
1,6	55	66	79	96	37	44	53	64	28	33	39	48	19	22	27	32
1,8	57	67	81	98	38	45	54	65	29	34	41	49	19	23	27	33
2	58	69	83	100	39	46	55	67	29	35	41	50	19	23	27	33
2,2	59	70	85	102	39	47	57	68	29	35	42	51	20	23	28	34
2,4	60	71	86	105	40	48	57	70	30	36	43	52	20	24	29	35
2,6	61	73	87	107	41	49	59	71	31	37	44	53	21	25	29	35
2,8	62	74	89	109	41	49	59	73	31	37	45	54	21	25	30	36
3	63	75	91	111	42	51	61	74	31	38	45	55	21	25	31	37

Fuente: RAS 200. C.8.5.1 ; Tabla C.8.2.C



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

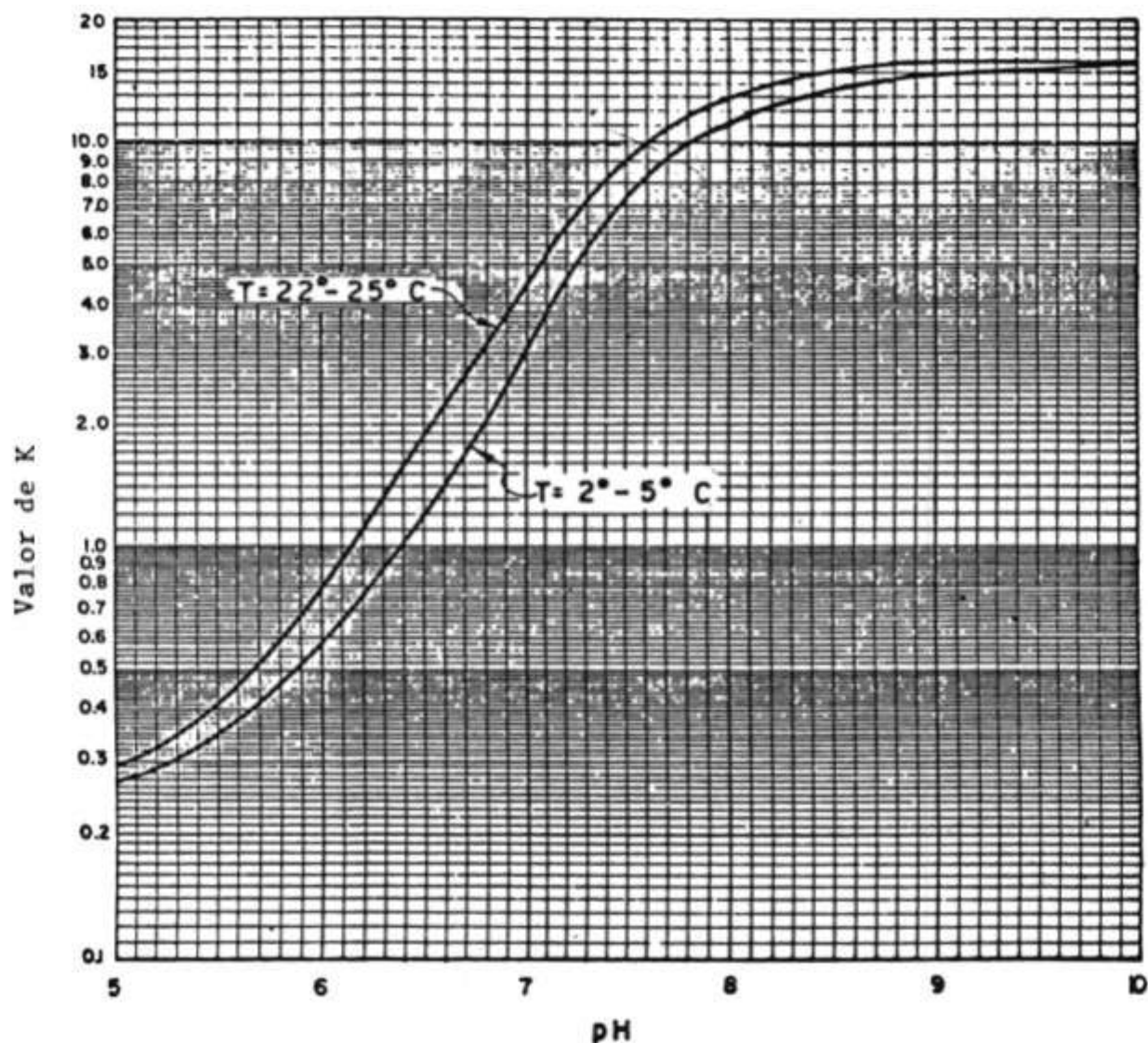
Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

DIAGRAMA 11.2

VALORES DE LA CONSTANTE C.t (K) PARA LOGRAR REMOCION DE COLIFORMES MEDIANTE CLORO LIBRE





# UNION TEMPORAL BACER

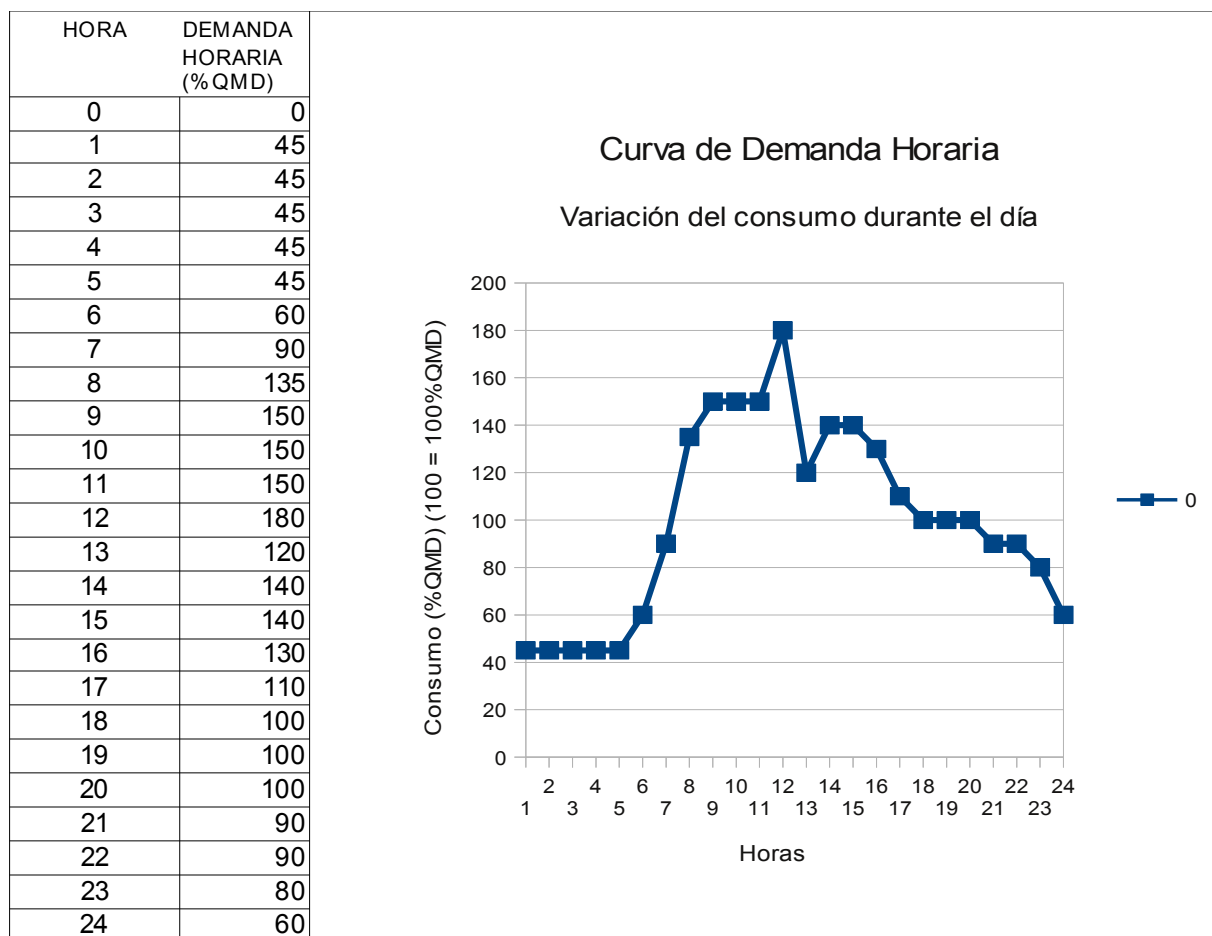
ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

DIAGRAMA 11.3





# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

TABLA 11.8

VOLUMEN DE COMPENSACION PARA UN SUMINISTRO DE 24 HR

HORAS	SUMINISTRO	DEMANDAS			DIFERENCIAS ACUMULADAS + MAX. DEFICIT (%)
		HORARIA (%)	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS ACUMULADAS	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0-1	100	45	55	55	135
1-2	100	45	55	110	190
2-3	100	45	55	165	245
3-4	100	45	55	220	300
4-5	100	45	55	275	355
5-6	100	60	40	315	395
6-7	100	90	10	325	405
7-8	100	135	-35	290	370
8-9	100	150	-50	240	320
9-10	100	150	-50	190	270
10-11	100	150	-50	140	220
11-12	100	140	-40	100	180
12-13	100	120	-20	80	160
13-14	100	140	-40	40	120
14-15	100	140	-40	0	80
15-16	100	130	-30	-30	50
16-17	100	130	-30	-60	20
17-18	100	120	-20	-80	0
18-19	100	100	0	-80	0
19-20	100	100	0	-80	0
20-21	100	90	10	-70	10
21-22	100	90	10	-60	20
22-23	100	80	20	-40	40
23-24	100	60	40	0	80
TOTAL	2400	2400			

Suministro excesivo                      %QMD                      325  
Mayor Deficit                                %QMD                      -80

- (1) Tiempo en Horas
- (2) Entrada de Suministro al Tanque al 100% del Caudal de Bombeo (QMD)
- (3) Variaciones horarias de consumo conocidas
- (4) (2)-(3)
- (5) Diferencias acumuladas
- (6) (5) + [mayor déficit]

Luego, para cubrir el déficit en las horas de máximo consumo, se debe suministrar un caudal 405% veces el QMD en un período de 1 hora



# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011  
Revisión 1

TABLA 11.9

VOLUMEN DE COMPENSACION PARA UN SUMINISTRO DE 12 HR

HORAS	SUMINISTRO	DEMANDAS			DIFERENCIAS
	Q Bombeo (%)	HORARIA (%)	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS ACUMULADAS	ACUMULADAS + MAX. DEFICIT (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0-1	0	45	-45	-45	135
1-2	0	45	-45	-90	90
2-3	0	45	-45	-135	45
3-4	0	45	-45	-180	0
4-5	200	45	155	-25	155
5-6	200	60	140	115	295
6-7	200	90	110	225	405
7-8	200	135	65	290	470
8-9	200	150	50	340	520
9-10	200	150	50	390	570
10-11	200	150	50	440	620
11-12	200	140	60	500	680
12-13	200	120	80	580	760
13-14	200	140	60	640	820
14-15	200	140	60	700	880
15-16	200	130	70	770	950
16-17	0	130	-130	640	820
17-18	0	120	-120	520	700
18-19	0	100	-100	420	600
19-20	0	100	-100	320	500
20-21	0	90	-90	230	410
21-22	0	90	-90	140	320
22-23	0	80	-80	60	240
23-24	0	60	-60	0	180
TOTAL	2400	2400			

Suministro excesivo                      %QMD                      770  
Mayor Deficit                                %QMD                      -180

- (1) Tiempo en Horas
- (2) Entrada de Suministro al Tanque al 100% del Caudal de Bombeo (QMD)
- (3) Variaciones horarias de consumo conocidas
- (4) (2)-(3)
- (5) Diferencias acumuladas
- (6) (5) + [mayor déficit]

Luego, para cubrir el déficit en las horas de máximo consumo, se debe suministrar un caudal **950%** veces el QMD en un período de 1 hora





# UNION TEMPORAL BACER

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL MACROACUEDUCTO VEREDAL VILLAGARZÓN - LA JOYA, Y DEL PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE PUERTO UMBRIA, MUNICIPIO DE VILLAGARZON, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO

## DISEÑOS HIDRAULICOS. ANEXOS

Producto No. 11

FEBRERO DE 2011

Revisión 1

TABLA 11.10

VOLUMEN DE COMPENSACION PARA UN SUMINISTRO DE 08 HR

HORAS	SUMINISTRO	DEMANDAS			DIFERENCIAS ACUMULADAS + MAX. DEFICIT (%)
		HORARIA (%)	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS ACUMULADAS	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0-1	0	45	-45	-45	180
1-2	0	45	-45	-90	135
2-3	0	45	-45	-135	90
3-4	0	45	-45	-180	45
4-5	0	45	-45	-225	0
5-6	300	60	240	15	240
6-7	300	90	210	225	450
7-8	300	135	165	390	615
8-9	300	150	150	540	765
9-10	300	150	150	690	915
10-11	300	150	150	840	1065
11-12	300	140	160	1000	1225
12-13	300	120	180	1180	1405
13-14	0	140	-140	1040	1265
14-15	0	140	-140	900	1125
15-16	0	130	-130	770	995
16-17	0	130	-130	640	865
17-18	0	120	-120	520	745
18-19	0	100	-100	420	645
19-20	0	100	-100	320	545
20-21	0	90	-90	230	455
21-22	0	90	-90	140	365
22-23	0	80	-80	60	285
23-24	0	60	-60	0	225
TOTAL	2400	2400			

Suministro excesivo %QMD 1180

Mayor Deficit %QMD -225

- (1) Tiempo en Horas
- (2) Entrada de Suministro al Tanque al 100% del Caudal de Bombeo (QMD)
- (3) Variaciones horarias de consumo conocidas
- (4) (2)-(3)
- (5) Diferencias acumuladas
- (6) (5) + [mayor déficit]

Luego, para cubrir el déficit en las horas de máximo consumo, se debe suministrar un caudal **1405%** veces el QMD en un período de 1 hora