

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

TABLA DE CONTENIDO

2.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
2.1	LOCALIZACIÓN	1
2.2	VÍAS DE ACCESO	2
2.3	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	2
2.3.1	Construcción	3
2.3.1.1	Descripción de obras	3
2.3.1.2	Actividades generales de construcción del proyecto	20
2.3.1.3	Descripción de actividades previas y complementarias a la construcción	22
2.3.1.4	Descripción de métodos constructivos	29
2.3.1.5	Ubicación y características de plantas de triturado y concretos	43
2.3.1.6	Estimación de volúmenes de descapote, corte, relleno y excavación	44
2.3.1.7	Ubicación de los sitios de disposición de materiales sobrantes	45
2.3.1.8	Descripción de las fuentes de emisiones atmosféricas que se generaran	48
2.3.1.9	Descripción de emisiones de ruido	48
2.3.1.10	Requerimiento de uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales	48
2.3.1.11	Estimación de mano de obra requerida	53
2.3.1.12	Duración de obras, etapas y cronograma de actividades	54
2.3.1.13	Estimación del costo total de construcción del proyecto	55
2.3.2	Operación	57
2.3.2.1	Características técnicas de operación	57
2.3.2.2	Descripción de las características técnicas de operación	58
2.3.2.3	Descripción de actividades de manejo y disposición final de sedimentos atrapados en los sedimentadores	62
2.3.2.4	Requerimientos de uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales	62
2.3.2.5	Estimación de mano de obra requerida	63
2.3.2.6	Estimación de costo anual de operación	64
2.3.3	Caudal de Garantía Ambiental	64
2.3.4	Resultados	68
2.3.5	CONCLUSIONES	83

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Características técnicas generales del proyecto.....	2
Tabla 2.2 Sostenimiento constructivo túnel de conducción - Santa María.....	12
Tabla 2.3 Vías nuevas para el proyecto de Santa María	19
Tabla 2.4 Coordenadas del campamento	28
Tabla 2.5 Distancias a recorrer entre facilidades del proyecto	29
Tabla 2.6 Localización y longitud de vías de acceso para la construcción y operación del proyecto Santa María	31
Tabla 2.7 Vías a utilizar por actividades constructivas.....	43
Tabla 2.8 Volúmenes por obra.....	44
Tabla 2.9 Áreas y volúmenes de ZODMES.....	47
Tabla 2.10 Distancias medias a recorrer entre las plataformas de trabajo y los ZODMES	47
Tabla 2.11 Estimado de número de individuos, volumen comercial y total que se debe aprovechar en la construcción de cada estructura/obra en desarrollo del proyecto PCH Santa María.....	49
Tabla 2.12 Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles DB(A).....	53
Tabla 2.13 Mano de obra calificada y no calificada requerida para la construcción del proyecto	53
Tabla 2.14 Costos del proyecto	56
Tabla 2.15 Resumen de mano de obra calificada y no calificada en etapa de operación	63
Tabla 2.16 Calificación para el caudal de garantía.....	66
Tabla 2.17 Caudales característicos en la captación de la central Santa María	69
Tabla 2.18 Caudal Ecológico Natural (Valor mínimo de caudales mínimos mensuales).....	69
Tabla 2.19 Calidad fisicoquímica del agua Estación 1. Antes de Captación Santa María (Época de verano).....	71
Tabla 2.20 Calidad fisicoquímica del agua Estación 2. Aguas abajo Captación Santa María (Época de verano).....	71
Tabla 2.21 Calidad fisicoquímica del agua Estación 1. Antes de Captación Santa María (Época de lluvias)	71
Tabla 2.22 Calidad fisicoquímica del agua Estación 2. Aguas abajo Captación Santa María (Época de lluvias)	72
Tabla 2.23 Resultados de DQO de los principales afluentes en el sector reducido.....	73
Tabla 2.24 Familias de macroinvertebrados identificados en los puntos de muestreo en la captación (1) y en el sitio de descarga (2) de la PCH Santa María, en febrero y marzo de 2013.....	74
Tabla 2.25 Longitud de tramos del río con caudal reducido que son visibles.....	76
Tabla 2.26 Concesiones de agua tramitadas en el municipio de Santa María	77
Tabla 2.27 Calificación de las variables ambientales para la determinación del caudal de garantía ambiental de la PCH Santa María.....	79
Tabla 2.28 Calificación de las variables ambientales para la determinación del caudal de garantía ambiental de la PCH Santa María	82

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Localización del proyecto.....	1
Figura 2.2 Planta general del azud de derivación - Santa María	5
Figura 2.3 Sección A-A, azud de derivación - Santa María	6
Figura 2.4 Sección B-B, desgravador - Santa María.....	6
Figura 2.5 Canales de aducción y conducción - Santa María	7
Figura 2.6 Planta del desarenador- Santa María	8
Figura 2.7 Corte A-A desarenador Santa María.....	8
Figura 2.8 Corte Longitudinal desarenador Santa María	9
Figura 2.9 Tanque de carga Santa María.....	10
Figura 2.10 Perfil del túnel de conducción.....	11
Figura 2.11 Secciones típicas del túnel de conducción - Santa María	12
Figura 2.12 Esquema de almenara en planta - Santa María	13
Figura 2.13 Perfil típico de tubería a presión - Santa María.....	13
Figura 2.14 Detalles A y B de acople y abrazadera en tubería GRP.....	14
Figura 2.15 Sección transversal de tubería a presión instalada en zanja - Santa María.....	14
Figura 2.16 Planta de la casa de máquinas - Santa María	16
Figura 2.17 Corte A-A Casa de máquinas - Santa María	17
Figura 2.18 Corte B-B Casa de máquinas - Santa María	18
Figura 2.19 Sección transversal típica en vías Terciarias.....	19
Figura 2.20 Localización de vías nuevas y existentes	20
Figura 2.21 Diagrama de actividades generales del proyecto	22
Figura 2.22 Localización de campamentos	27
Figura 2.23 Esquema de mezcladoras de concreto propuestas	44
Figura 2.24 Ubicación de ZODMES.....	46
Figura 2.25 Esquema general de los ZODMES tipo y sistema de protección de taludes y manejo paisajístico.....	51
Figura 2.26 Estructura organizacional del proyecto	57
Figura 2.27 Planta y corte del tanque séptico tipo FAFA	59
Figura 2.28 Organigrama de operación PCH Santa María	64
Figura 2.29 Curva de Duración de Caudales mensuales estación Santa María 1978-2008..	69
Figura 2.30 Localización de las estaciones de monitoreo sobre el río Baché para la PCH Santa María.	70
Figura 2.31 Fragilidad visual extrínseca	75
Figura 2.32 Localización captaciones tramitadas en el municipio de Santa María	76
Figura 2.33 Caudales río Bache PCH Santa María	83

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

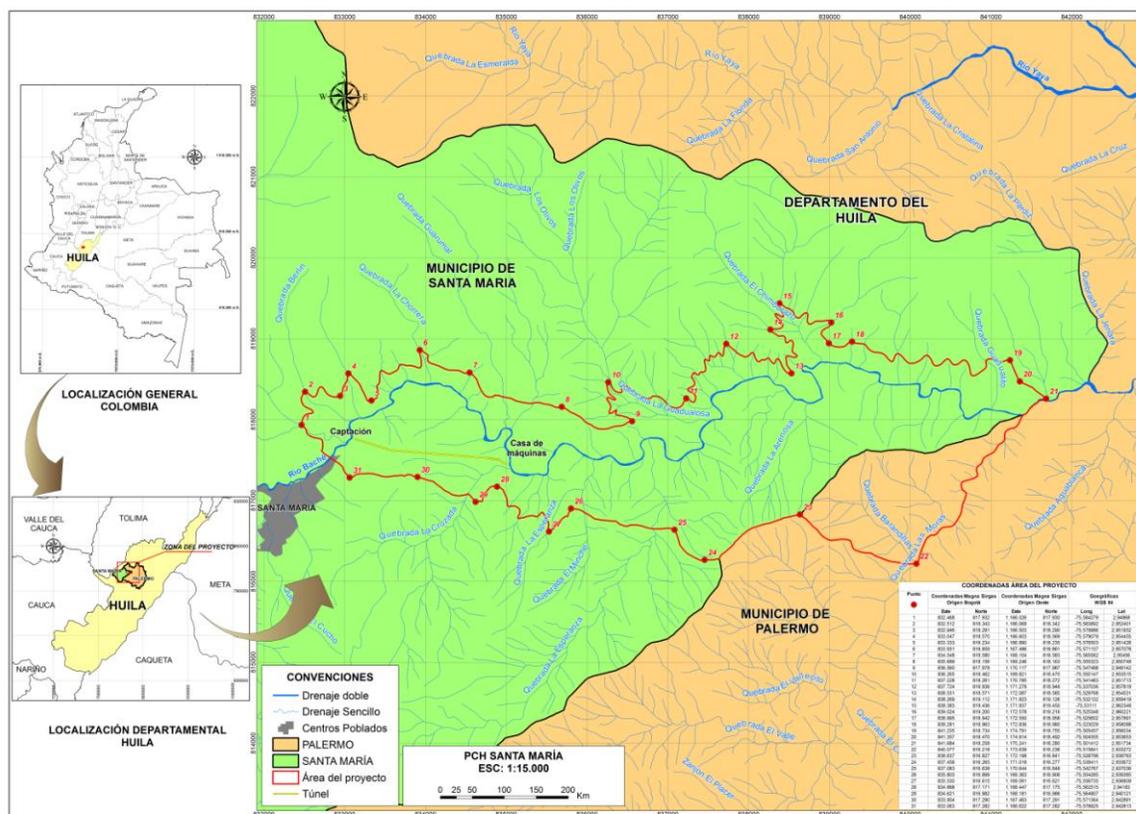
El siguiente capítulo contiene la descripción técnica del proyecto, siguiendo los lineamientos de los términos de referencia HE-TER-1-01. El origen de la información en él contenida corresponde al Estudios Técnicos de Factibilidad elaborado por INTEGRAL S.A. para ELECTROHUILA S.A. E.S.P. en el período 2010 - 2011.

2.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto se ubica en el Departamento del Huila, aproximadamente a 1 hora y 30 minutos de su capital Neiva por la vía que comunica Neiva - Palermo - Santa María. Se encuentra localizado principalmente en el municipio de Santa María, en las veredas que llevan por nombre Santa Helena, La Primavera, Buena Vista, La Esperanza, Las Mercedes, El Socorro y Mesitas; y una pequeña porción en el municipio de Palermo más exactamente en la vereda San José.

En la Figura 2.1, a continuación se ilustra la localización del proyecto (Ver plano 2600-01-EV-DW-0011):

Figura 2.1 Localización del proyecto



Fuente: H.M.V. Ingenieros Ltda., 2013

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**2.2 VÍAS DE ACCESO**

Al área del proyecto se puede llegar por vía terrestre saliendo de la ciudad de Neiva, por la vía que comunica Neiva - Palermo - Santa María a una distancia aproximada de 54 km. Si bien la vía de acceso existente no está en óptimas condiciones en todo su recorrido, las deficiencias encontradas se limitan a sectores puntuales donde principalmente se encuentran zonas inestables o de derrumbe.

En el tramo Neiva - Palermo la vía existente es pavimentada y de nivel secundario; de Palermo a Santa María la vía es terciaria e igualmente pavimentada.

Foto 2.1 Puente sobre el río Baché, vereda El Socorro (Municipio de Santa María)

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

2.3 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El objeto final del proyecto es la generación mediante la construcción de una pequeña central hidroeléctrica Santa María (PCH) es la generación de 9,9 MW sobre la cuenca media del río Baché en el municipio de Santa María (Departamento del Huila).

En la Tabla 2.1 se resumen las características técnicas del proyecto.

Tabla 2.1 Características técnicas generales del proyecto

DESCRIPCIÓN	SANTA MARÍA
Caudal (m ³ /s)	7,5
Generación (MW)	9,9
Tipo de captación	Lateral
Cota de captación (msnm)	1260
Desarenador	Si
Túnel a presión (m)	1680
Cerro	Cerro de la Cruz

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

DESCRIPCIÓN	SANTA MARÍA
Sección del túnel	2,5 m (ancho) x 1,25 m (alto) bóveda circular 2,5 m de diámetro
Tubería a presión en galería (m)	220
Diámetro tubería (ϕ) (m)	1,6
Tubería superficial a presión (m)	275
Diámetro tubería (ϕ) (m)	1,6
Salto bruto	160
Vías de acceso nuevas (km)	0,47
Casa de máquinas	Superficial
Número y tipo de unidades	2 Francis

Fuente: Estudio de Factibilidad Fase I, INTEGRAL S.A., 2010

2.3.1 Construcción

2.3.1.1 Descripción de obras

El orden en que se presenta la descripción de las obras a continuación, corresponde con el sentido del flujo del río Baché iniciando por el punto más alto, que es la captación de Santa María hasta llegar al punto más bajo que corresponde con la descarga en casa de máquinas. Los esquemas generales de las obras civiles se encuentran en el anexo 2.3.

2.3.1.1.1 Obras de derivación y captación - Santa María

El aprovechamiento hídrico en Santa María - sobre el río Baché se dará aproximadamente en la cota 1.260 msnm, al margen derecho del río y costado occidental del Cerro de La Cruz o cerro El Diablo, más exactamente sobre la vereda la Primavera.

La captación se hará a filo de agua con un azud de derivación en concreto de altura mínima para generar el gradiente hidráulico requerido para llevar las aguas captadas hacia las estructuras siguientes de desgravador y desarenador.

La estructura de derivación se localizará aguas abajo de la descarga de la quebrada La Honda, también conocida como San Miguel. La altura prevista hasta la cresta del azud es de 5 metros sobre el lecho actual del río.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Foto 2.2 Aguas arriba de la localización del azud de derivación - Santa María

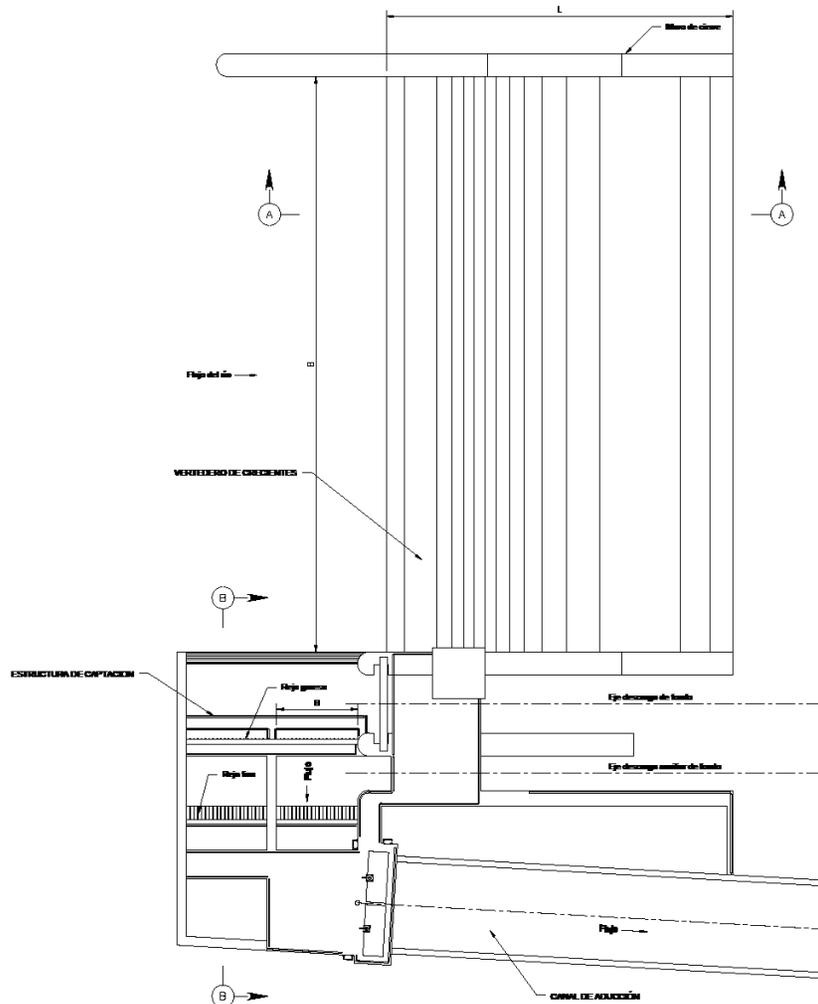


Fuente: H.M.V. Ingenieros Ltda., Febrero 2013

En la Figura 2.2 se presenta la planta general de la estructura de derivación. El ancho L (ver Figura 2.2) del azud es de 16,9 m. Sobre el margen derecho del río se ubicará la captación, la cual contará con estructuras de cribado para gruesos y para finos; y dos descargas de fondo (una antes del cribado grueso y otra auxiliar entre el cribado de grueso y de finos).

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Figura 2.2 Planta general del azud de derivación - Santa María

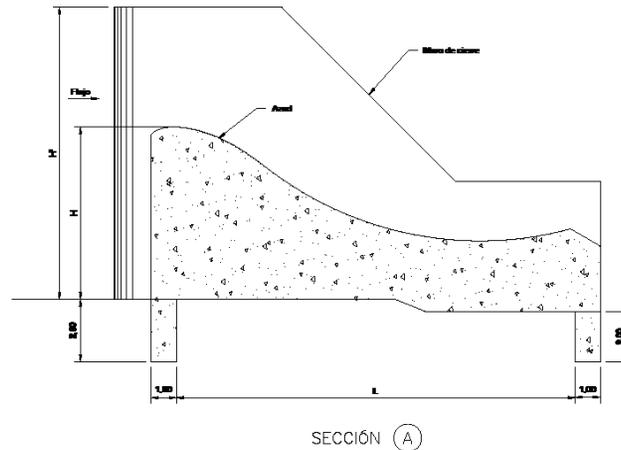


Fuente: Integral S.A., 2010

En la Figura 2.3, se presenta el corte A-A del azud en planta. En él se presenta el azud (presa - vertedero) que fue dimensionado para evacuar crecientes con periodo de retorno de hasta 200 años. El azud, tendrá una altura de 5 m y la estructura estará provista de muros de confinamiento lateral en ambos costados, con altura máxima de 9,70 m, sobre la margen izquierda de la corriente.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Figura 2.3 Sección A-A, azud de derivación - Santa María

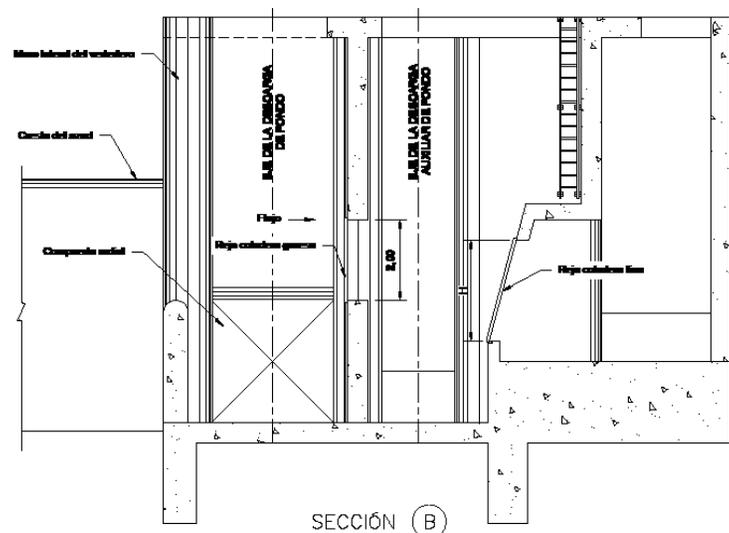


Fuente: Integral S.A., 2010

2.3.1.1.2 Estructura de desgravación - Santa María

El tanque desgravador, se conecta al azud mediante un canal rectangular sobre el costado derecho del vertedero. En él se tendrá la descarga de fondo que permite, mediante la apertura de la compuerta radial, la evacuación de sedimentos depositados aguas arriba de azud. Posterior al paso de los dos sistemas de rejillas, diseñados básicamente para impedir el ingreso de basuras al sistema, se encuentra el canal de aducción. (Ver Figura 2.4).

Figura 2.4 Sección B-B, desgravador - Santa María



Fuente: Integral S.A., 2010

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Cada uno de los sistemas de cribado contará con dos rejas. Cada reja de gruesos tendrá un área de $3,4 \text{ m}^2$ (1.7 m de ancho x 2 m de alto), barrotes de $1/2''$ y separación de 0,10 m entre barrotes. Cada reja de finos tendrá un área de $4,25 \text{ m}^2$ (1,7 m de ancho x 2,5 m de alto), barrotes de $1/2''$ y separación de 0.02 m entre barrotes.

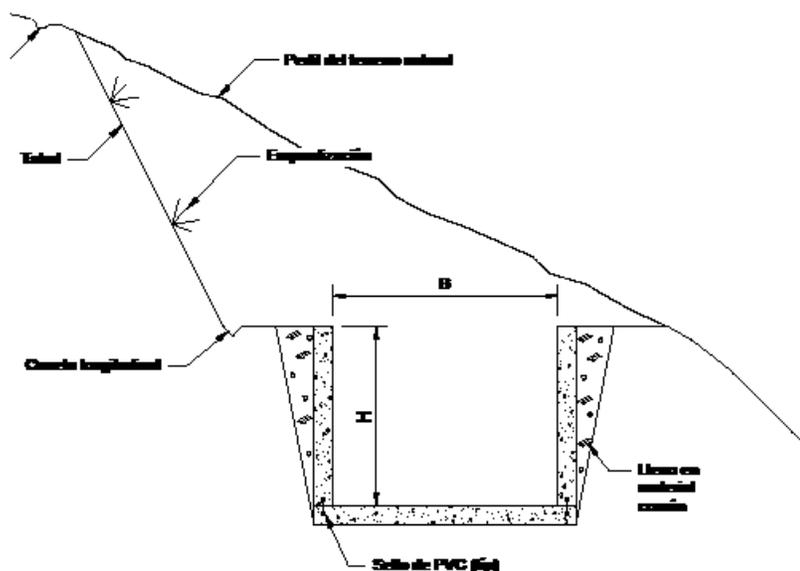
Adicionalmente cuenta con un sistema de rebose para evacuar los excesos de agua captados durante los periodos de caudales altos y otro sistema de evacuación del caudal ecológico con el que se retornará agua al cauce del río, durante los periodos en los cuales sea captada en la bocatoma la totalidad del agua que transporta el río, de manera que se garantice el retorno inmediato al río del caudal mínimo exigido de mantenimiento aguas abajo del sitio de la presa.

Luego del sistema de cribado y desgravado se encuentra el canal de aducción que conduce el caudal captado hacia el proceso de desarenado. La capacidad de captación del sistema es de 7.5 m^3 .

2.3.1.1.3 Desarenador - Santa María

Después de la estructura de desgravado, y mediante una corta aducción en canal cuadrado en concreto, de base y lado igual a 2 m, como el que se ve en la Figura 2.5, el agua es conducida hacia el desarenador.

Figura 2.5 Canales de aducción y conducción - Santa María



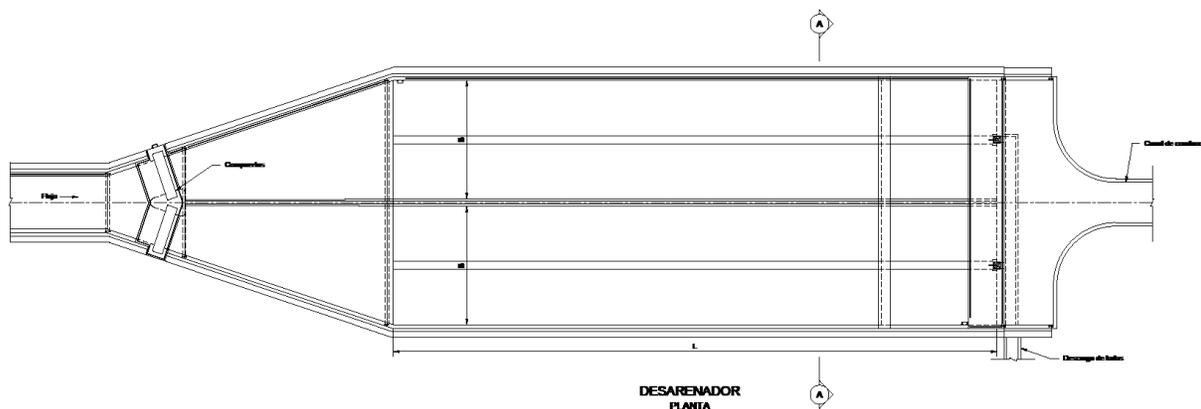
Fuente: Integral S.A., 2010

El desarenador estará provisto de dos cámaras rectangulares y fue diseñado para remover partículas de 0.5 mm de diámetro. A la entrada de cada cámara se dispondrán compuertas de aislamiento total o parcial de la estructura. Así mismo contará con sistemas de purga y lavado de sedimentos, controlados mediante compuertas para tal fin. La longitud de cada cámara es de 28.5 m y el ancho es de 7 m (cada celda). Ver Figura 2.6.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El fondo tendrá una inclinación horizontal y vertical con el fin de promover el flujo de material particulado sedimentado hacia los canales centrales de lodos, como se muestra en la Figura 2.7 y finalmente hacia la descarga de lodos, como se ve en la Figura 2.6.

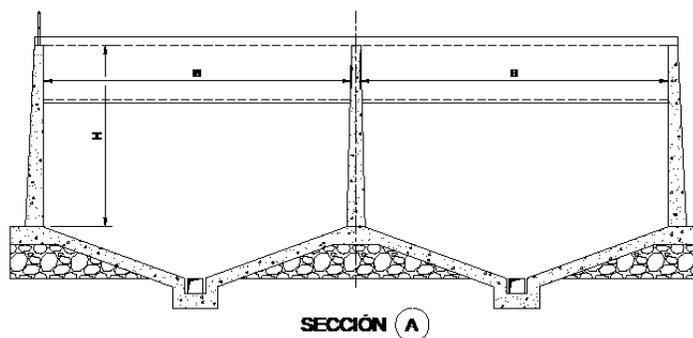
Figura 2.6 Planta del desarenador- Santa María



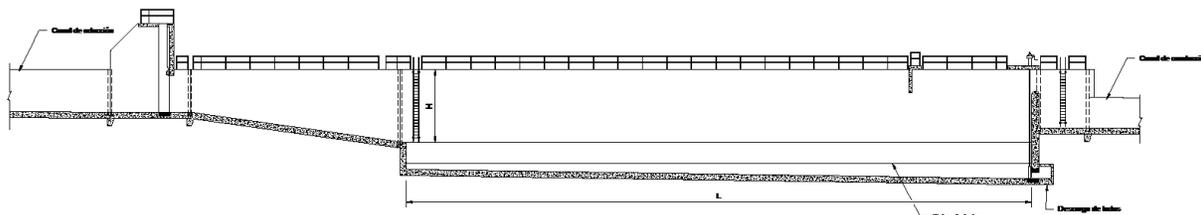
Fuente: Integral S.A., 2010

La altura H del muro del desarenador es de 3 m y el ancho B es de 7 m. El fondo del desarenador tendrá pendiente en los dos sentidos con el fin de facilitar el movimiento de las partículas sedimentadas.

Figura 2.7 Corte A-A desarenador Santa María



Fuente: Integral S.A., 2010

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**Figura 2.8 Corte Longitudinal desarenador Santa María**

Fuente: Integral S.A., 2010

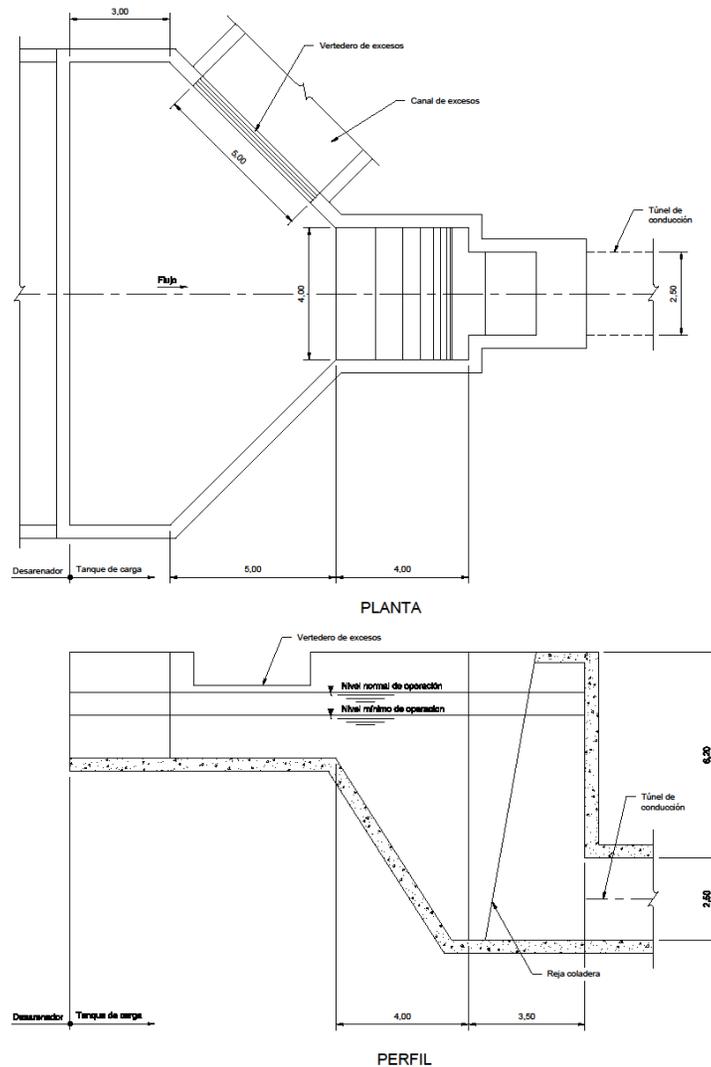
En el extremo de aguas abajo del desarenador entregará el agua desarenada al tanque de carga donde se inicia el sistema a presión de la central con el túnel de conducción.

2.3.1.1.4 Tanque de carga - Santa María

El tanque de carga ha sido prediseñado para evitar la ocurrencia de vórtices que puedan generar inconvenientes o daños durante la operación de la tubería de conducción a presión. Este se encuentra al final del desarenador. En la Figura 2.9 se presenta la planta y el corte de la estructura.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Figura 2.9 Tanque de carga Santa María

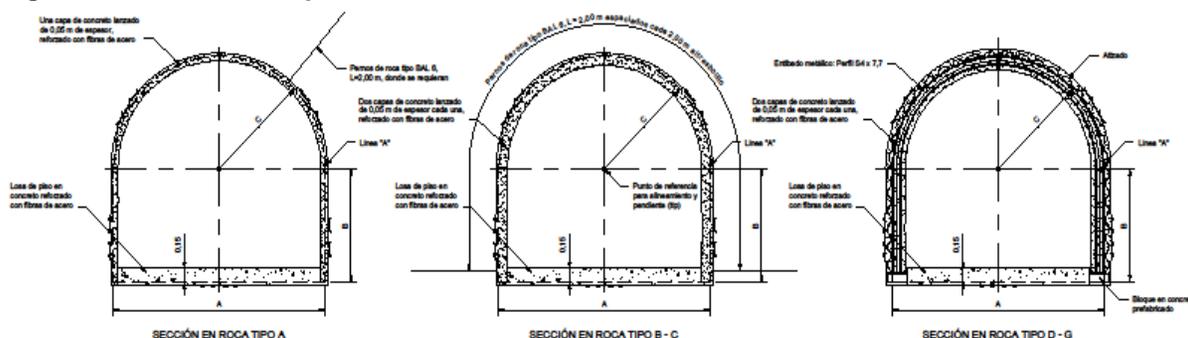


Fuente: Integral S.A., 2010

En su costado izquierdo, cuenta con un vertedero y un canal de excesos para el paso seguro del agua hacia el río Baché cuando este no pueda ser conducido para generación o cuando se requieran operaciones de mantenimiento en el túnel.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Figura 2.11 Secciones típicas del túnel de conducción - Santa María



Fuente: Integral S.A., 2010

Tal como se evidencia, en la siguiente tabla, alrededor del 88% del túnel tendrá secciones Tipo I y II.

Tabla 2.2 Sostenimiento constructivo túnel de conducción - Santa María

Litología: Rocas volcano-sedimentarias y plutónicas	Tipo A (m) Tipo I	Tipo B-C (m) (Tipo II y III)	Tipo D-G (m) Tipo (IV)
Portal de entrada			17 (1%)
Portal de salida			110 (6,5%)
Lineamientos de baja expresión			15 (1%)
Macizo rocoso general	810 (48%)	670 (40%)	60 (3,5%)
Longitud Total (m)			1680

Fuente: Integral S.A., 2010

La descripción del soporte definitivo incluye una capa de concreto lanzado reforzado con fibra de 0.05 m de espesor en toda la longitud del túnel, con el fin de evitar corrosión de los elementos de soporte. En las secciones con roca competente, se colocarán pernos sistemáticos donde se requiera. En las secciones de calidad intermedia de roca, se utilizará además del revestimiento de concreto lanzado, malla de refuerzo y pernos de roca donde sea requerido.

Alrededor de 200 metros antes del portal de salida, se construya la almenara seguida de una trampa de gravas en la solera del túnel, cuyo propósito es retener el material grueso que pudiese ser arrastrado durante los procesos de llenado o vaciado por gravedad de la tubería.

Se plantea por el diseñador que el túnel puede ser construido por dos frentes de obra, uno en cada portal, teniendo en cuenta que el acceso a cualquiera de los dos es fácil desde la vía Palermo - Santa María.

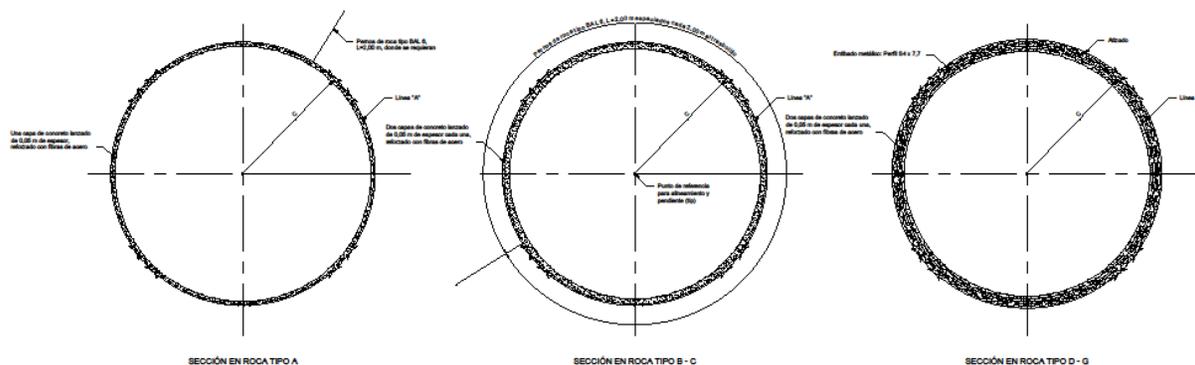
2.3.1.1.5 Almenara - Santa María

La almenara, dispuesta para prevenir y controlar daños en las estructuras debido al golpe de ariete, se ubica en el tramo final del túnel de conducción en su costado derecho. La localización se definió por las condiciones topográficas y constructivas.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

La almenara proyectada es de tipo pozo simple con orificio restrictivo y está conformada por el tanque de oscilación y un pozo elevador, el cual empalma con el conducto por un codo vertical. La almenara en todo su trayecto tiene una sección hidráulica circular de 2.5 m de radio (véase C en la Figura 2.12) con revestimiento en concreto reforzado. Por su parte, el diámetro del tanque de oscilación será de 5 metros.

Figura 2.12 Esquema de almenara en planta - Santa María



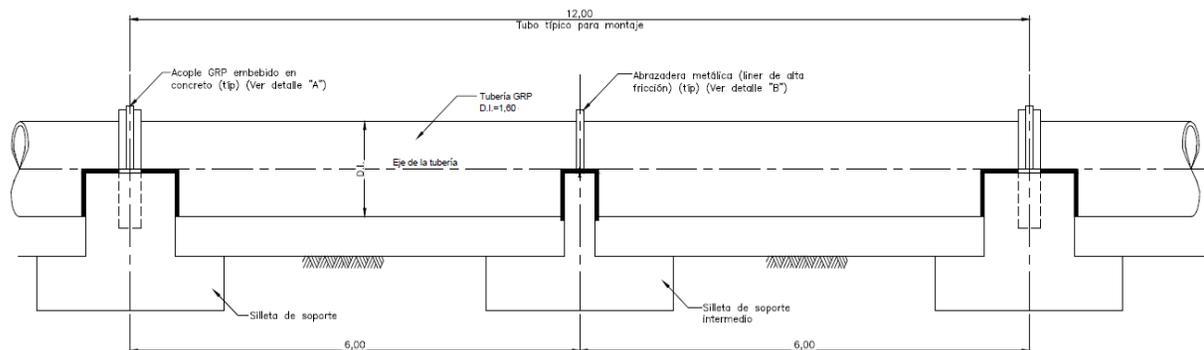
Fuente: Integral S.A., 2010

2.3.1.1.6 Tubería de presión - Santa María

Se considera para este tramo de tubería a presión el uso del material GRP (fibra de vidrio reforzado), teniendo en cuenta que se aprovechará un salto bruto de 160 m. El diámetro requerido para este tramo de 495 m será de 1,60 m. Del total de la longitud, aproximadamente 220 m se encuentran dentro del túnel en galería. El perfil típico de la tubería GRP se muestra en la Figura 2.13, en donde se resaltan los detalles de acople de tuberías GRP en concreto (ver detalle A de la Figura 2.14) y de abrazadera metálica (ver detalle B de la Figura 2.14)

Para los detalles A y B de la Figura 2.14, las dimensiones de B y H, corresponden a 0.80 m y 3.0 m, respectivamente.

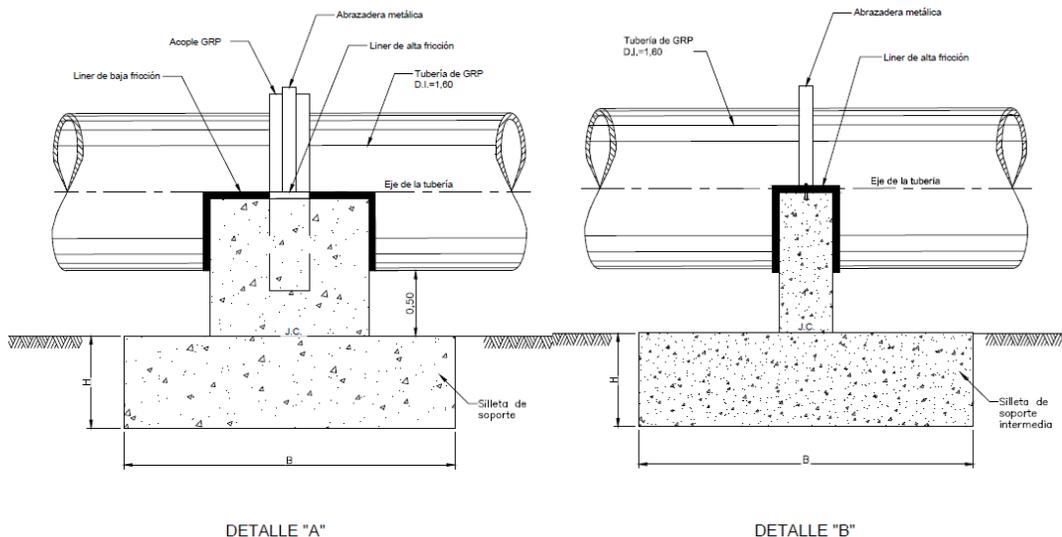
Figura 2.13 Perfil típico de tubería a presión - Santa María



Fuente: Integral S.A., 2010

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Figura 2.14 Detalles A y B de acople y abrazadera en tubería GRP

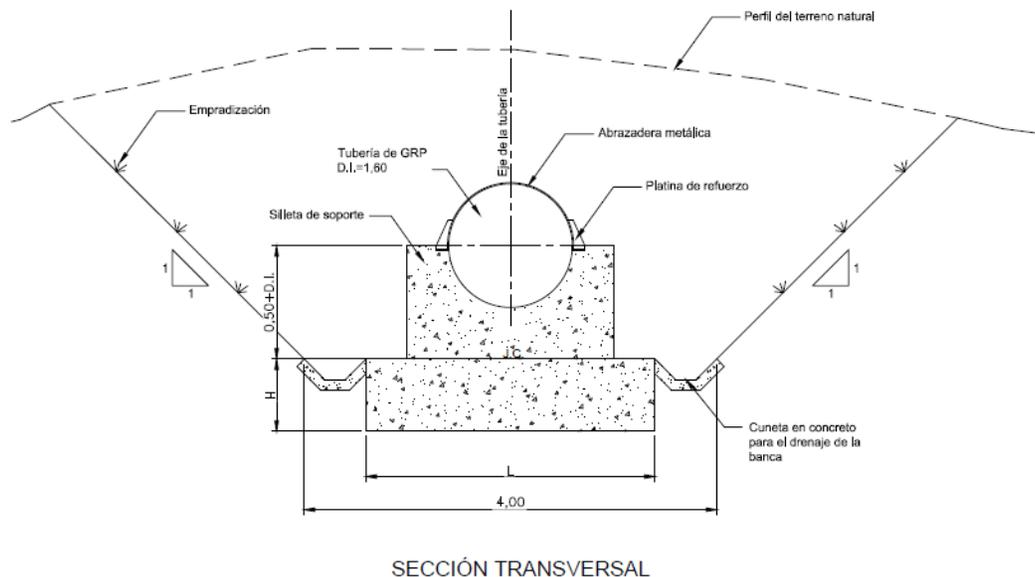


Fuente: Integral S.A., 2010

Por su parte, el restante tramo de tubería a presión, correspondiente a 275 m, será colocado en zanja, como lo muestra la sección transversal de la Figura 2.15. La instalación de esta tubería, además de a zanja requerirá de silletas de apoyo, anclajes, cunetas, estabilización de taludes, cerramientos, señalización, etc.

Al final de la tubería se prevé la construcción de unos distribuidos, hacia cada una de las unidades de generación ubicadas en la central.

Figura 2.15 Sección transversal de tubería a presión instalada en zanja - Santa María



Fuente: Integral S.A., 2010

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.1.1.7 Casa de máquinas y unidades de generación - Santa María

La casa de máquinas para generación en Santa María será de tipo superficial, y en ella se alojarán dos unidades de generación tipo Francis, con una potencia final instalada de 9,9 MW. Se ubicará en la cota 1.100 msnm aproximadamente, con el fin de mantener las instalaciones fuera de los niveles de inundación (el nivel de inundación en este punto está cercano a 1.092 msnm).

En la Figura 2.16 se presenta la planta de la casa de máquinas de Santa María y en ella se indican los cortes A-A y B-B que se presentan en la Figura 2.17 y en la Figura 2.18, respectivamente.

La planta mostrada corresponde al primer piso de la casa de máquinas, donde se ubicarán los equipos de generación, una sala de servicios auxiliares y una sala de baterías. El área total estimada es de 202,96 m², proveniente de 8,60 m de ancho por 23,60 m de largo.

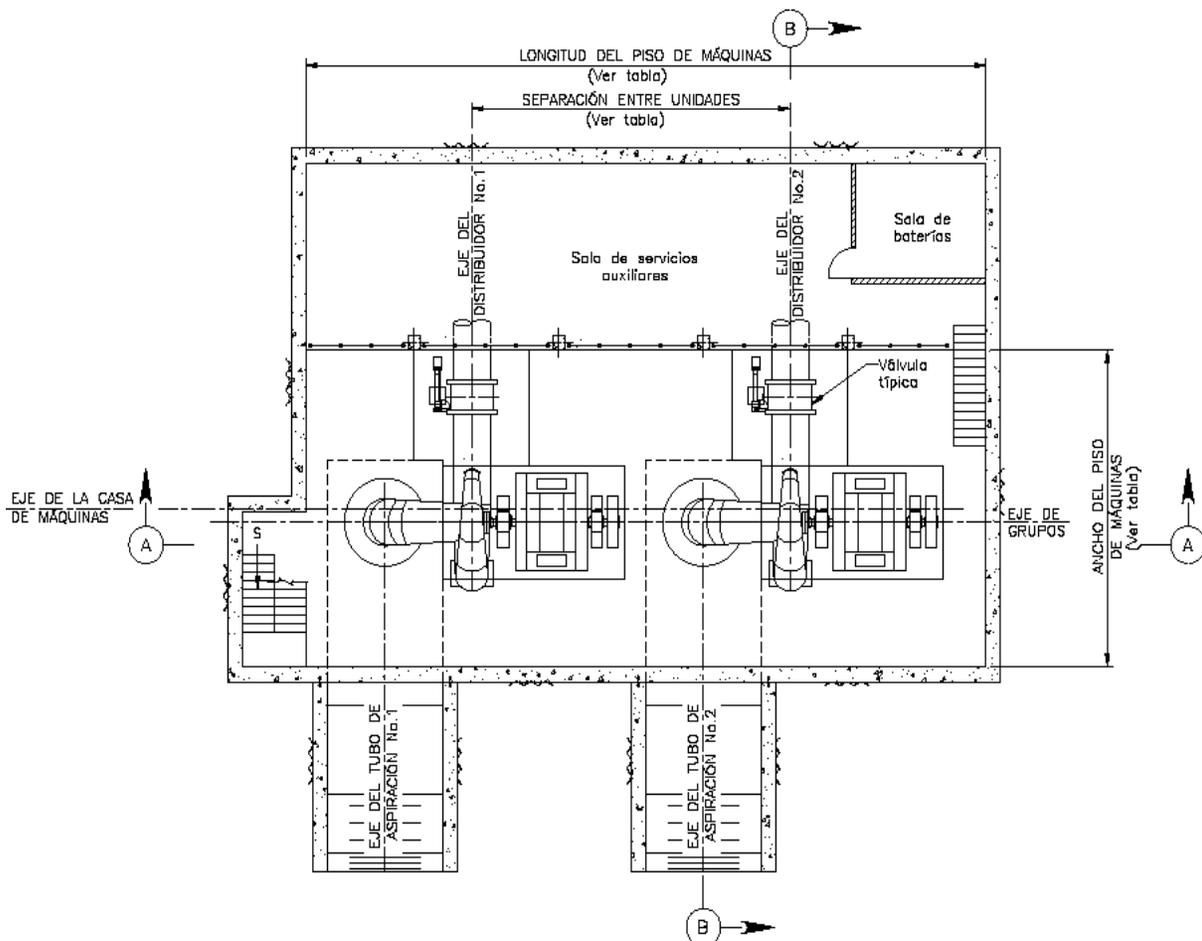
Además de los equipos de generación, en la casa de máquinas se alojarán los equipos adicionales de operación y control, y estará provista de sala de montaje y sistemas de manejo y alce de piezas pesadas (ver grúa segundo nivel de la Figura 2.18).

En la parte exterior se construirá la subestación de la planta, con lo equipos requeridos para su futura conexión al sistema de ELECTROHUILA S.A. E.S.P. a 34.5 kV. El área aproximada para esta infraestructura es de 220 m² que corresponden a 14 m x 15,7 m.

Para el ingreso a la casa de máquinas de Santa María se requerirá la prolongación de una vía de acceso que se deriva de la vía Palermo - Santa María, en una longitud aproximada de 282,9 m.

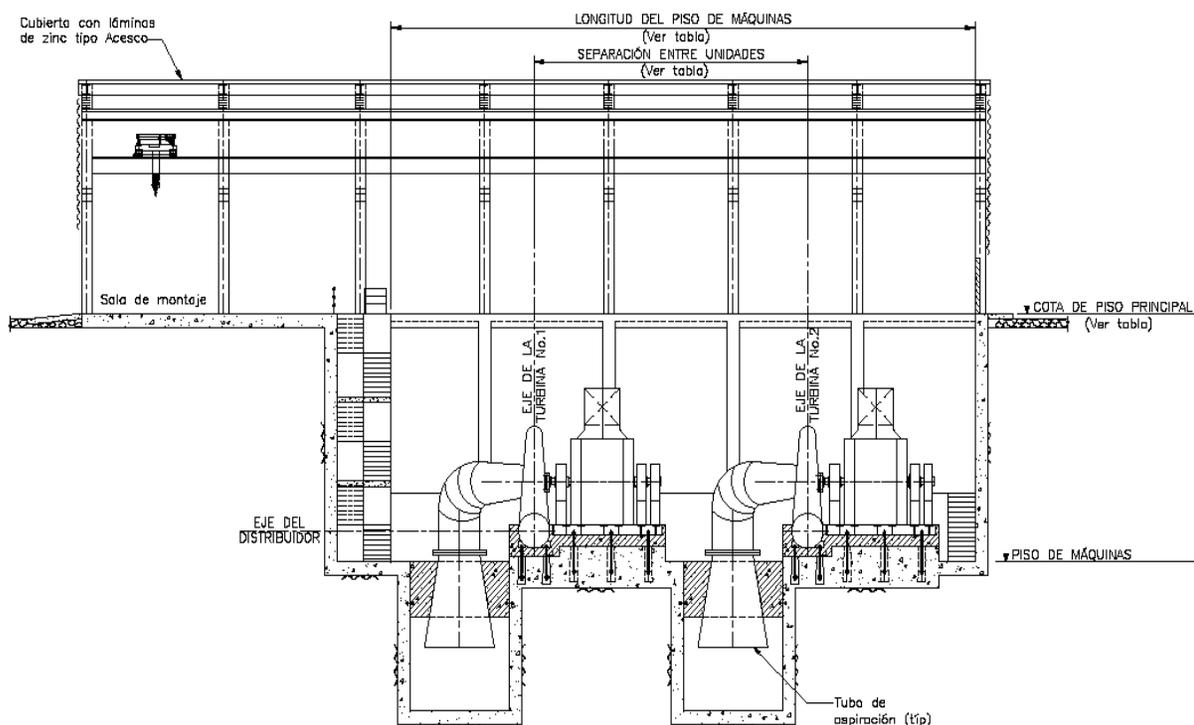
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Figura 2.16 Planta de la casa de máquinas - Santa María



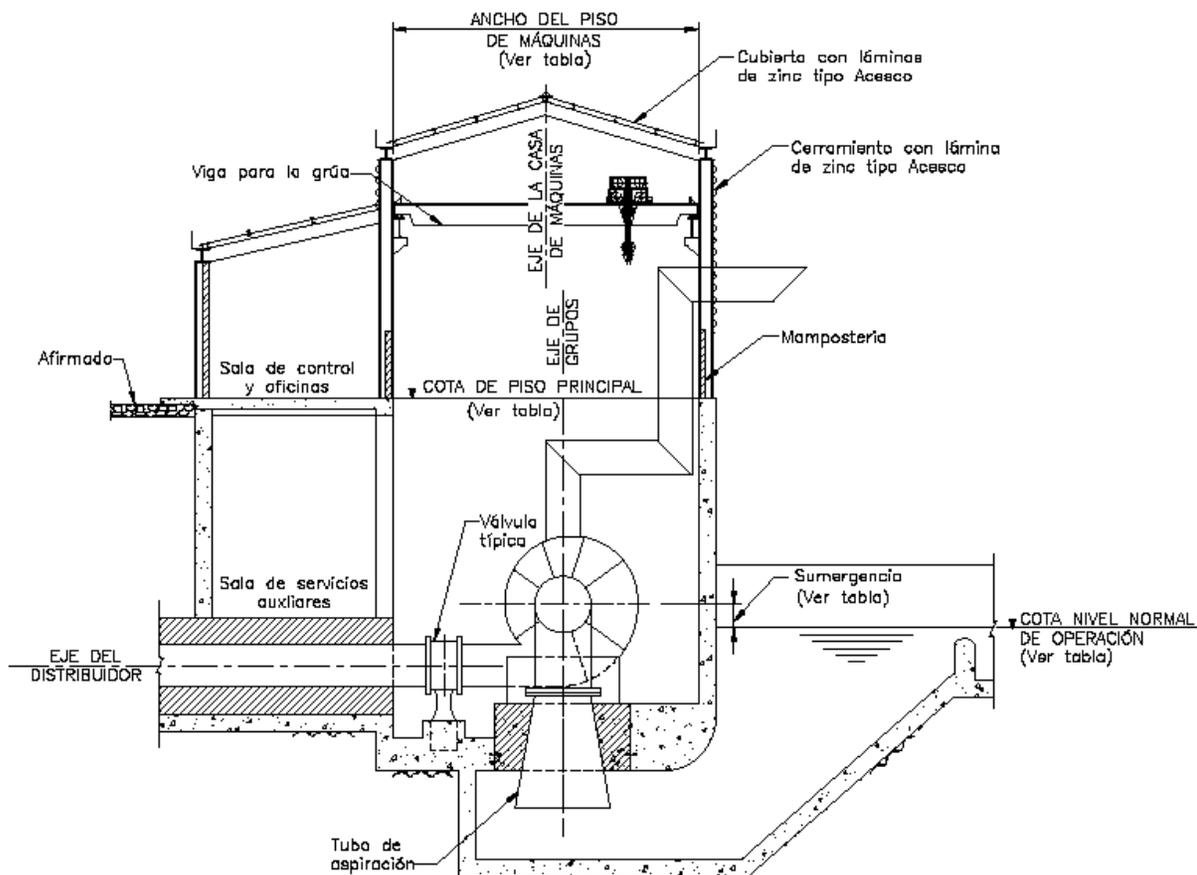
Fuente: Integral S.A., 2010

Para el corte A-A de la siguiente figura, la cota del piso principal será la 1.005 msnm. Cada una de las turbinas de generación tiene las siguientes especificaciones: eje horizontal, potencia de diseño de 4,95 MW, salto neto de diseño de 153 m, caudal de diseño 3,75 m³/s y velocidad sincrónica de 720 RPM.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**Figura 2.17 Corte A-A Casa de máquinas - Santa María**

Fuente: Integral S.A., 2010

La cota del nivel normal de operación en la descarga será la 1.100 msnm con una sumergencia de 1,2 m por encima de dicha cota para los equipos de generación, como se detalla en el corte B-B (ver Figura 2.18).

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**Figura 2.18 Corte B-B Casa de máquinas - Santa María**

Fuente: Integral S.A., 2010

2.3.1.1.8 Canal de restitución - Santa María

El agua que ha sido empleada para generar, será regresada al río Baché sin ninguna alteración en su calidad luego del proceso, mediante un canal superficial, en la abscisa 1930 del proyecto, aguas arriba de la descarga de la quebrada La Cruzada, sobre la vereda La Esperanza.

2.3.1.1.9 Mejoramiento y vías nuevas de acceso

Se conciben dentro de las obras requeridas para el acceso al proyecto, tanto en la fase de construcción como en la etapa de operación, dos vías nuevas para llegar a las facilidades de generación.

En la Tabla 2.3 se listan los nuevos tramos viales requeridos para el ingreso al proyecto. En total serán 470,47 m de vías nuevas. Estas vías tendrán un ancho mínimo de 6 m, respetando los requisitos mínimos del Manual de Diseño Geométrico del INVIAS 2008, en cuanto a pendientes y radios de giro para una vía terciaria.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

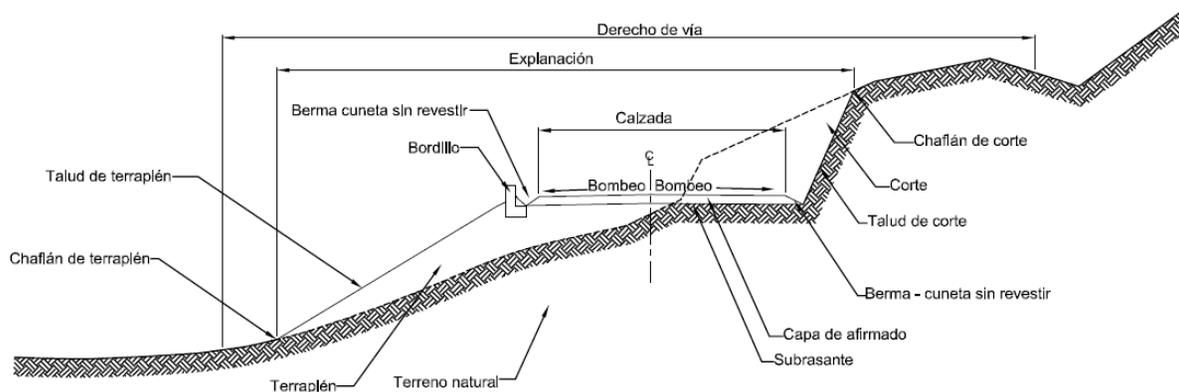
Tabla 2.3 Vías nuevas para el proyecto de Santa María

Nombre	Longitud (m)
Vía a captación Santa María	187,59
Vía a casa de máquinas Santa María	282,88

Fuente: Integral S.A., 2010

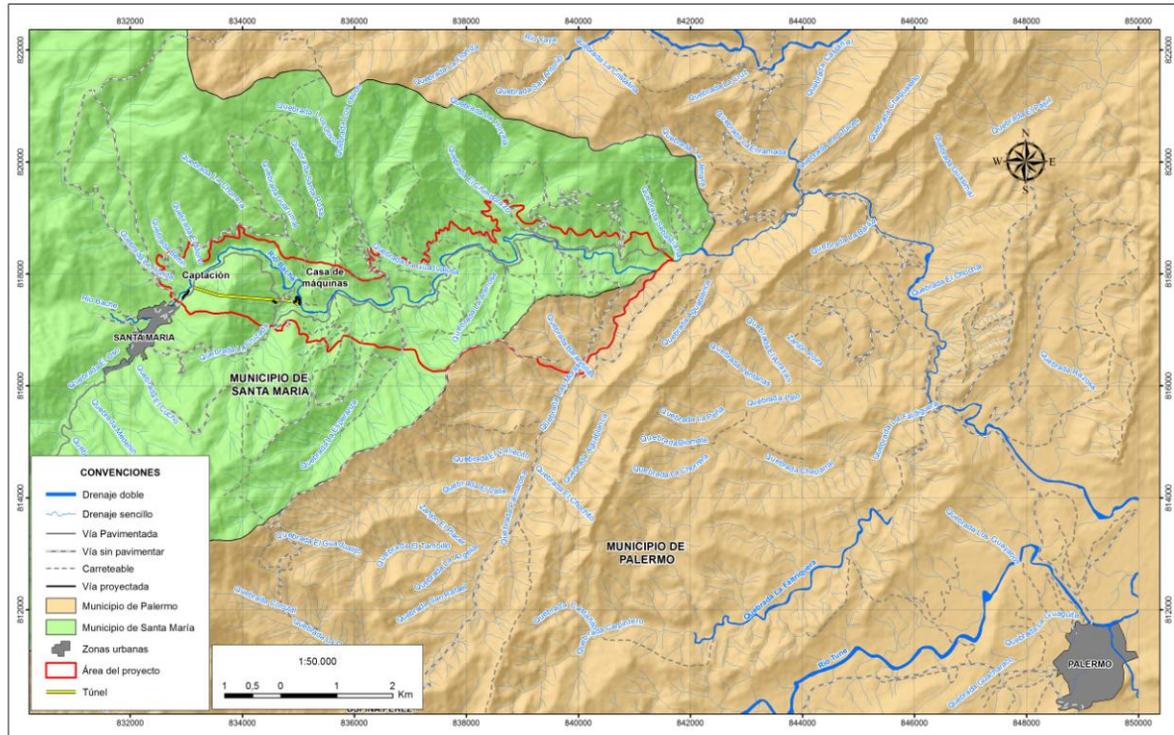
En la Figura 2.19 se presenta la sección transversal típica de una vía terciaria. Esta generalmente se termina en una capa de afirmado.

Figura 2.19 Sección transversal típica en vías Terciarias



Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. INVIAS. 2008

En la Figura 2.20 se muestran gráficamente las vías nuevas a construir y los predios en donde se localizarán.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**Figura 2.20 Localización de vías nuevas y existentes**

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

Otras vías de acceso al proyecto, como la vía municipal (de orden terciario) que comunica Palermo con Santa María, no será afectada por el proyecto, dado que cuenta con las especificaciones requeridas y su uso no excederá al cual ha sido proyectada.

2.3.1.1.10 Campamentos e infraestructura conexa

Dada la cercanía del proyecto al casco urbano de Santa María y al caserío de la vereda La Esperanza - Patio Bonito, los campamentos de obra, donde se focalizarán las tareas administrativas y de control, se encontrarán en las zonas urbanizadas.

Otra infraestructura relacionada, como es el caso de puntos de acopio, zonas de talleres y parqueaderos, se localizarán en los diferentes frentes de obra mediante infraestructura temporal de acuerdo con sus necesidades de obra y se conocerán como plataformas de trabajo. Más información se encuentra en el numeral 2.3.1.3.8, en la página 27.

2.3.1.2 Actividades generales de construcción del proyecto

Una vez descritas las diferentes estructuras e infraestructura conexa que conforman el proyecto, y previo a la descripción de actividades preliminares y métodos constructivos, se presenta a continuación la cronología general de las actividades de obra.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.1.2.1 Actividades preliminares

Se incluyen las actividades previas al inicio de las obras de construcción del proyecto como son: sondeos geofísicos, perforaciones geotécnicas profundas y someras, apiques, negociación de predios, contratación de mano de obra, transporte de materiales, equipos y personal, y la instalación de la infraestructura temporal (campamentos, oficinas y sitios de acopio de material).

2.3.1.2.2 Etapa de construcción

La etapa de construcción comenzará realmente con las actividades de adecuación y construcción de las vías de acceso y sus obras auxiliares, que se requerirán para el transporte de los materiales y maquinaria desde y hacia las diferentes áreas de trabajo.

En seguida se realizarán las obras de adecuación que incluyen el desmonte y descapote de las áreas donde se realizarán las obras y los movimientos de tierras que se requieren para la nivelación, conformación y compactación del terreno o del afirmado con material clasificado, de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas para cada una de las estructuras.

Una vez se cuente con la adecuación de las áreas de trabajo se iniciarán las actividades de construcción de las diferentes estructuras. La etapa de construcción finalizará con el desmantelamiento y abandono de las instalaciones temporales. En la Figura 2.21 se presenta el diagrama de flujo de las etapas generales de construcción del proyecto.

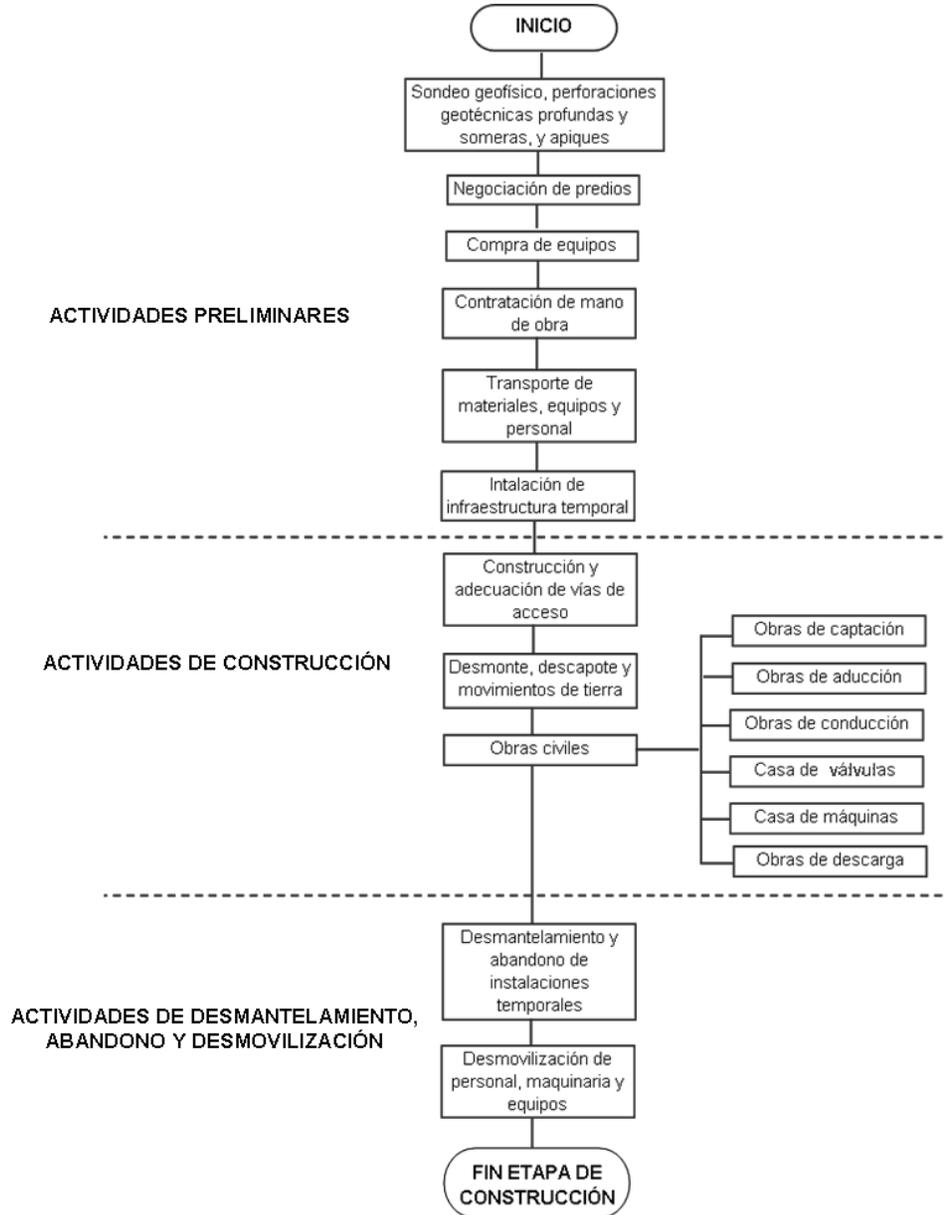
2.3.1.2.3 Etapa de operación

La etapa de operación iniciará con la puesta en marcha de los campamentos, oficinas, bodegas y talleres a requerirse durante la operación del proyecto.

Luego de que estas instalaciones y estructuras se encuentren totalmente construidas y en funcionamiento, se desarrollarán las actividades necesarias para la generación de energía eléctrica que comprenden: verificación de niveles en el tanque de carga, medición de caudales conducidos, verificación de fugas en el canal, túneles y tubería, verificación de apertura y cierre de válvulas, verificación del control de generación de la turbina, pruebas de los equipos eléctricos en casa de máquinas y verificación de los niveles en la estructura de descarga.

Paralelamente a estas actividades y durante todo el transcurso de la etapa de operación del proyecto se realizarán actividades de mantenimiento e inspección.

Figura 2.21 Diagrama de actividades generales del proyecto



Fuente: H MV Ingenieros Ltda., 2013

2.3.1.3 Descripción de actividades previas y complementarias a la construcción

El nivel de diseño del proyecto, requiere prever actividades complementarias y previas al desarrollo constructivo, que serán descritas en el presente numeral.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

2.3.1.3.1 Estudios complementarios

a. Sondeos geofísicos

Con el objetivo de confirmar la conformación de las diferentes capas que componen el subsuelo en el área de influencia del proyecto, se deberán desarrollar los sondeos o prospecciones geofísicas.

Estos sondeos se basan en la reflexión de ondas sonoras. Consisten en la generación artificial de ondas acústicas que se desplazan a través de las capas del subsuelo y son reflejadas hacia la superficie por las interfaces (p.e. discontinuidades estratigráficas y estructurales) encontradas en su recorrido. Al llegar a la superficie son captadas y registradas mediante detectores especiales (geófonos). Las señales recibidas por los equipos de superficie se interpretan geofísica y geológicamente.

La generación artificial de ondas sonoras se realiza por medio de pequeñas detonaciones controladas y confinadas en agujeros o barrenos de pequeño diámetro (menos de 10 cm) y profundidad menor de 1,5 m, esperando obtener información a una profundidad de máximo 500 m.

El tiempo de adquisición de datos en campo se estima en 8 días, considerando 7 días más para la movilización y transporte de personal y equipos.

Previo a la realización de estas actividades se solicitará permiso a los propietarios de los predios donde se seleccione realizar los sondeos.

b. Perforaciones geotécnicas profundas

Esta actividad se realizará en tres tramos del trazado de cada túnel (tres perforaciones en total para cada uno), con el fin de obtener muestras de roca (recuperación de núcleos), llegando a niveles del subsuelo.

Para realizar las perforaciones se utilizará un taladro, que está montado sobre una plataforma metálica, sostenida en un chasis de acero; la parte frontal termina en forma de patín para poder halarlo de una forma segura y fácil sobre la mayoría de terrenos hasta de 60° de inclinación. El taladro tiene integradas las siguientes partes principales: planta de poder (que puede ser de combustión interna o eléctrica), bomba hidráulica, bomba de lodos y torre de rotación, fuente de agua, depósito de lodos, bomba de succión de lodos, depósito de varillas, depósito de muestras y motor de autopropulsión. La broca es el elemento de corte de la roca, la cual permanece en rotación constante; está constituida por una corona de tungsteno, con puntos de diamante.

Para acceder a los sitios específicos donde se requiera realizar las perforaciones, el taladro se llevará mediante un motor de autopropulsión y una cuerda de acero con gancho; el motor se fijará a un lugar seguro, árbol o similar, y se moverá empujado por el personal; en el momento de tener que marcar una curva, se ayuda con barras de acero, fijadas momentáneamente al suelo. La fijación del taladro se hará en un sitio donde se haya despejado una zona pequeña para su instalación, por lo general sobre rieles o madera gruesa, y anclando el acero del taladro con varillas al piso, con el fin de que no se mueva.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Durante la perforación se utilizará una mezcla de lodo bentonítico para refrigerar la broca que se calienta por la fricción; estos lodos se reutilizarán durante el proceso, para lo cual se instalará una bomba succionadora.

Las muestras que se recuperen se colocarán en contenedores especialmente diseñados para tal fin, para su posterior transporte hasta el sitio donde serán analizadas.

Previo a la realización de estas actividades se solicitará permiso a los propietarios de los predios donde se seleccione realizar los sondeos.

c. Perforaciones geotécnicas someras

Para la realización de la toma y recuperación de muestras cuya profundidad no sea mayor a 10 metros de profundidad, o hasta donde la dureza y tenacidad de la roca o substrato lo permitan, y realizar ensayos SPT (Standard Penetration Test) con el fin de determinar la capacidad de soporte de los suelos donde se cimentarán las estructuras, se usará un equipo liviano de menor tamaño, que básicamente consta de un trípode, una pesa para golpear, un motor que sube la pesa, y varillaje para la extracción de la muestra.

Este procedimiento de investigación del subsuelo es muy usado, dado la facilidad de transporte e instalación, y porque no requiere elementos adicionales para la ejecución de los trabajos.

Al igual que en la perforación profunda descrita anteriormente, las muestras del suelo recogido, se guardarán en contenedores apropiados con el fin de realizar los respectivos análisis.

Previo a la realización de estas actividades se solicitará permiso a los propietarios de los predios donde se selecciones realizar los sondeos.

d. Apiques

Estas obras se ejecutarán en los terrenos donde se realizarán cimentaciones para las estructuras del proyecto, con el fin de realizar una inspección del terreno, realizar ensayos de clasificación de suelos como corte directo, y límites de contracción. Este procedimiento consiste en excavar agujeros hasta de 2,0 m de profundidad, y ancho y largo necesarios.

Una vez se culminen las obras, estos agujeros se tapanán nuevamente con el mismo material que se extrajo.

Previo a la realización de estas actividades se solicitará permiso a los propietarios de los predios donde se seleccione realizar los sondeos.

e. Estudios para la protección de cauce

En general se considera que el área de estudio cuenta con adecuada información (en cuanto a la calidad y cobertura). Sin embargo se recomienda realizar un estudio hidráulico que permita establecer cuáles son los sectores que pueden presentar una mayor susceptibilidad a sufrir procesos de socavación aguas abajo a partir del punto en donde se hace la entrega de caudal adicional en el río Baché. Este estudio requerirá realizar una topografía a detalle del corredor posiblemente afectado y una cartografía geológica detallada de los sectores susceptibles a sufrir procesos de socavación y un estudio geotécnico a fin de poder diseñar las obras que se requieren en los sectores susceptibles a sufrir procesos de socavación.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

f. Diseño y licitación de construcción

Los diseños que se han presentado en el numeral 2.3.1.1 Descripción de obras, deberán ser precisados para llevarlos a detalle de planos de construcción. No se prevén variaciones significativas.

Una vez se tengan los diseños de construcción se realizará la licitación para construcción de obras civiles y para el suministro de equipos.

Bajo este esquema, los contratistas deberán ofertar la construcción y suministros de acuerdo con las bases de licitación, de las cuales hará parte integral el Plan de Manejo Ambiental - PMA del proyecto (capítulo 7), a obtener mediante el presente Estudio de Impacto Ambiental.

Es de resaltar que por tratarse de un proyecto hidroeléctrico con construcción de túneles, es usual que cada contratista pueda ofrecer equipos para la construcción, de acuerdo con su disponibilidad propia, suministradores de confianza y experiencia en este tipo de construcción.

2.3.1.3.2 Negociación de predios y servidumbres

La negociación de predios se refiere a la actividad previa a toda intervención, que consiste en la compra de las áreas donde se requerirá el establecimiento de infraestructura para el proyecto, a través de mecanismos claros de negociación comercial, y concertación con los propietarios y poseedores de los inmuebles.

En el caso de las servidumbres a constituir, la gestión inmobiliaria está encaminada a resarcir económicamente a los propietarios, por una única vez, por las limitaciones permanentes (vitalicias) que se hacen sobre el uso del suelo causadas sobre sus predios, y por los derechos de uso, acceso al predio por parte del operador del proyecto para actividades de construcción y mantenimiento de la hidroeléctrica. La negociación de servidumbres es también previa a las intervenciones del proyecto.

2.3.1.3.3 Contratación de mano de obra y alquiler de bienes y servicios

Esta actividad se considera preliminar, pero también puede darse durante la etapa constructiva. Consiste en la vinculación del personal profesional, técnico y operativo que se requiere para la construcción del proyecto.

La contratación del personal calificado y poco calificado se realizará con base en las necesidades de cada actividad constructiva, para lo cual se dará preferencia a la mano de obra disponible en el área de influencia del proyecto, teniendo como prioridad las veredas Santa Helena, La Primavera, La Esperanza, Buenavista, Las Mercedes, El Socorro y Mesitas en el municipio de Santa María.

Las actividades de contratación se implementarán con base en la ficha del programa de gestión social correspondiente, incluido en el PMA del presente estudio.

2.3.1.3.4 Adecuación e instalación de campamentos e infraestructura conexas

Previo a la ubicación de instalaciones temporales y de todo tipo de intervención, se realizará actas de vecindad con el objetivo de evidenciar las condiciones existentes y garantizar la

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

menor afectación con la intervención del proyecto, en predios o instalaciones públicas o privadas.

Esta actividad consiste en llegar a la zona, implementar instalaciones temporales, que se ubicarán en las zonas previstas de las obras, en los lugares que determine el contratista de acuerdo con la logística detallada de construcción. Estos trabajos básicamente incluyen el posicionar campamentos tipo oficina, adecuar servicios públicos, sanitarios y de comunicaciones, y generalmente ocurre al tiempo que se realizan labores de contratación de mano de obra local y levantamientos topográficos entre otros.

Antes de iniciar los trabajos se colocarán las señales preventivas (de acuerdo con el PMA en cuanto a Plan de manejo de tránsito, traslado de maquinaria y equipo de construcción, señalización, restricciones y circulación) y se tramitarán todos los permisos de construcción que sean requeridos.

2.3.1.3.5 Movilización y desmovilización

El Contratista que sea seleccionado iniciará sus labores con la actividad que se denomina movilización, que se estima de 1 mes aproximadamente. Como movilización se define el transporte hacia los diferentes frentes de trabajo del personal, equipos, herramientas y materiales, efectuado con suficiente anticipación a la iniciación de los trabajos de construcción.

Como desmovilización se consideran todas las operaciones que el Contratista debe realizar para retirar de los diferentes frentes de trabajo: el personal, equipos y herramientas y otros requeridos y empleados durante la construcción.

2.3.1.3.6 Transporte de equipos

El Contratista efectuará los trabajos de movilización y desmovilización, utilizando los medios más adecuados para evitar daños a los sitios por donde se realice el transporte. Para el transporte de equipos pesados o livianos, se utilizarán elementos tales como polines, sacos y cadenas, para garantizar que durante el transporte no ocurran accidentes que puedan afectar tanto a los elementos transportados como al entorno en su trayecto. Esta actividad se encuentra reglamentada por el Ministerio de Transporte en diferentes normas, en las que se incluye la Resolución 777 de 1995, las cuales deberán ser acogidas por quien ejecute esta actividad.

Por lo anterior, los vehículos que se utilicen para el transporte deben ser los apropiados, tanto en número como en capacidad, para no sobrepasar los límites de carga dados para las vías y puentes por donde se transite. Estos deben estar en óptimas condiciones mecánicas para no ocasionar interrupciones en el tráfico.

Para el transporte o movilización de todo tipo de maquinaria, se deberán adelantar los permisos requeridos ante la entidad competente y adicionalmente deberá tener en cuenta la normatividad vigente del Instituto Nacional de Vías para este tipo de maniobras.

2.3.1.3.7 Transporte de personal

El transporte colectivo del personal de construcción hacia los sitios de obra se hará en vehículos apropiados para tal fin, tales como camperos, buses o camiones acondicionados

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

para el transporte seguro de personas, los cuales deben ser de modelos cuya antigüedad no exceda los tres años.

Para esta actividad no se permitirá el uso de volquetas, camiones no acondicionados o el uso de los mismos vehículos de transporte de los equipos y materiales, al igual que el sobrecupo o cualquier otro tipo de incomodidad en los vehículos autorizados.

2.3.1.3.8 Infraestructura temporal (campamentos, oficinas, plataformas de trabajo)

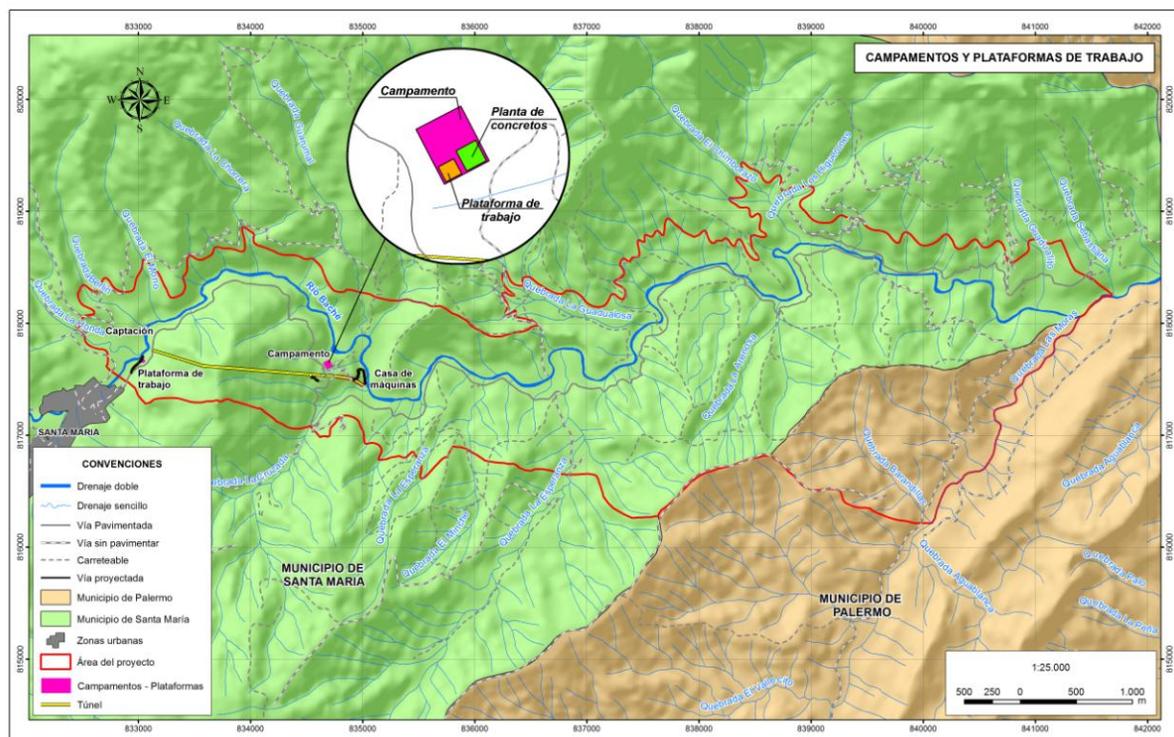
a. Campamentos y oficinas

Las oficinas principales del proyecto, donde se realizarán mayormente labores administrativas, se ubicarán en la cabecera municipal de Santa María o en el caserío de la vereda La Esperanza conocido como Patio Bonito; según los requerimientos del contratista de obras. En estas oficinas se albergará al equipo profesional y técnico de la obra, y se desarrollarán las labores administrativas del proyecto.

Para el desarrollo de las obras, se instalará un campamento (ver Figura 2.22 y

Tabla 2.4) localizado entre la captación del proyecto Santa María y la descarga del mismo, más exactamente a 3,25 km del casco urbano de Santa María.

Figura 2.22 Localización de campamentos



Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2.4 Coordenadas del campamento

NOMBRE	ESTE	NORTE
Campamento Santa María	834.687	817.642

Fuente: HMV Ingenieros., 2013

Este campamento tendrá una capacidad aproximada de 50 personas, sin alojamientos, en ellos habrá áreas necesarias para: patio de maniobras, equipos, planta de concretos, zonas de acopio, locaciones modulares prefabricadas para oficinas, cocina, comedor, y almacén; serán de 0,3 ha aproximadamente.

Para la definición de la ubicación del campamento, el principal criterio que se tuvo en cuenta fue la protección de los cuerpos de agua y de los bosques nativos, además de la cercanía a los sitios de obra y vías de acceso existentes.

El personal que trabajará para el proyecto no pernochará en los campamentos; los trabajadores que viven en las veredas se desplazarán a sus viviendas mediante un recorrido de transporte, y los que no son locales se movilizarán al final de la jornada hacia los cascos urbanos de Santa María y Patio Bonito.

La captación del agua para uso doméstico del campamento en etapa de construcción se realizará del acueducto veredal Sinaí. De acuerdo con las estimaciones se requerirán 0,05 l/sen total. Con respecto al uso industrial, se estima que el caudal requerido en la fase de construcción sea de 0,09 l/s. En el uso industrial se incluyen actividades de: pruebas de estanqueidad, elaboración de concretos y humectación de vías, principalmente; y la fuente de donde se harán las diferentes captaciones corresponden siempre al río Baché.

Los residuos sólidos que se generen se manejarán a través de una caseta temporal para la disposición y clasificación de residuos sólidos domésticos e industriales generados en los campamentos y en cada uno de los frentes de obra. Esta caseta estará debidamente aislada de la intemperie y se ubicará en proximidad al campamento (20 m en promedio).

Las aguas residuales domésticas y de uso industrial generadas en el proyecto en etapa de construcción provendrán principalmente de los campamentos de cada frente de obra y de las oficinas principales. Se utilizarán unidades sanitarias portátiles, cuyo manejo será realizado por empresas especializadas. Las aguas grises producto de la preparación de alimentos, aseo de los campamentos y casino y de las aguas provenientes de los seis frentes de trabajo (plataformas de trabajo) serán tratadas por medio de una trampa de grasas y aceites, garantizando el 80 % de remoción.

Las aguas de las oficinas en Santa María se manejarán con la red de alcantarillado del municipio.

b. Plataformas de trabajo

Las plataformas corresponden a explanaciones para conformar un área de trabajo. Los movimientos de tierra iniciales adecuarán las plazoletas de trabajo en la zona de: aducciones, casas de máquinas, subestaciones eléctricas, almenaras, ventana de construcción y portales de los túneles.

En las plataformas se podrán adecuar zonas de almacenamiento temporal de materiales de construcción como gravilla, arena, cemento, ladrillo y otros. Igualmente en estas zonas se

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

podrán ubicar equipos de trituración y producción de mezclas de concreto y estructuras de desarenación. Estos espacios estarán habilitados para talleres y almacenes.

Estas se aislarán mediante malla de cerramiento o cerca de alambre de púa.

Se ubicarán plataformas de trabajo así:

1. En el campamento anteriormente mencionado (1).
2. En el portal del túnel y ventana de construcción (2).
3. En lacasa de máquinas (1).

Las plataformas de la zona de aducción y en el portal de entrada del túnel tendrán la infraestructura necesaria para: disponer material de construcción en paneles que separan cada tipo y espacio para material de excavación que luego se dispondrá en los ZODMES.

Las obras de la almenara se realizarán desde la plataforma de trabajo de la almenara que tendrá un patio de maniobras, almacén, espacio para mezcla de concreto y almacenamiento temporal de materiales de construcción.

El área para la disposición temporal de material sobrante en cada una de las plataformas de trabajo será de 150 m².

Las distancias a recorrer entre los diferentes puntos de la infraestructura temporal y frentes de obra, se detalla a continuación en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Distancias a recorrer entre facilidades del proyecto

PROYECTO	FACILIDAD	DESTINO	TIPO VÍA	LONG (m)	LONG TOTAL (m)		
Santa María	Plataforma de trabajo captación SM	Cabecera Municipal Santa María	A construir	155	302		
			Pavimentada	147			
	Campamento	Cabecera Municipal Santa María	Pavimentada	Pavimentada	2.921	2.921	
				Captación	Pavimentada	2.775	2.962
			Almenara	A construir	188		
				Carreteable (Para adecuar)	179	256	
			A construir	77			
			Casa de máquinas	Casa de máquinas	Pavimentada	156	916
					Sin pavimentar angosta	477	
					A construir	283	

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

2.3.1.4 Descripción de métodos constructivos

Los métodos constructivos propuestos serán los que se detallan a continuación, recalando que es factible que las propuestas técnicas y económicas del contratista seleccionado pueden promover el uso de tecnologías más eficientes y menos invasivas para alcanzar los objetivos del proyecto.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Una vez cumplidas las actividades preliminares, se requerirán procedimientos y maquinaria específicos para la construcción. En muchas actividades se requerirá la misma maquinaria para las tareas generales; en el Anexo 2.1 se presentan las actividades y la maquinaria común para la construcción de las diferentes estructuras.

Durante la construcción de las diferentes obras se requerirá maquinaria para:

- Realizar los trabajos de excavación, descapote, conformación de terreno, conformación de taludes, para lo cual se podrán utilizar buldóceres, cargadores y maquinaria para perforación y rompimiento.
- Perforación del túnel
- Cargue del material excavado con cargadores de pala hidráulica.
- Mezclas de agregados con mezcladores (plantas de concreto o trompos).
- Doblaje y corte de acero con figuradoras y cortadoras.
- Compactación del material de base de las diferentes estructuras utilizando equipo vibro compactador, rodillos lisos y pata de cabra.
- Transporte y colocación de los materiales, conformación de los terraplenes, para lo cual se utilizarán volquetas.
- Transporte de personal con camionetas o buses.
- Aplicación de concreto neumático y empantallamiento con equipos de bombeo especiales.

2.3.1.4.1 Desmonte y descapote

El desmonte y descapote hace referencia a despejar el material arbustivo y eliminar la capa de material vegetal remanente de la zona de construcción, este procedimiento se realizará con maquinaria como retroexcavadora o guadañadora.

El desmonte consiste en el retiro de todo el material vegetal hasta el nivel del terreno natural, de manera tal que la superficie quede despejada. Esta actividad incluye la tala y eventual corte de árboles y arbustos, el corte de maleza y la remoción, transporte y disposición de todos los residuos respectivos.

El descapote consiste en la remoción de todo el material que sea necesario retirar para lograr una fundación adecuada para cualquiera de las estructuras de la obra, o para poder utilizar el material subyacente como material de construcción.

Los materiales provenientes de las operaciones de desmonte y descapote, al igual que todos los materiales excavados que no se utilicen en la obra, serán retirados y dispuestos en los ZODMES.

2.3.1.4.2 Replanteo

El replanteo topográfico identificará en campo los ejes de las instalaciones, los bordes de las estructuras, y en general los sitios identificados en planos de diseños; se usará equipo topográfico para dimensionar y estacas y pintura para materializar.

Todos los equipos contarán con la certificación de calibración vigente, otorgada por una empresa idónea en la calibración de equipos topográficos.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Se colocarán referencias de nivel. Los mojones serán de concreto clase C de 0,20 m x 0,20 m x 0,60 m, con placa de bronce, fundidos en el sitio y tendrán como identificación un número.

Antes de iniciar los movimientos de tierra se adecuarán las zonas de depósito para recibir los materiales de excavación.

2.3.1.4.3 Adecuación de ZODMES

Los ZODMES corresponden a las zonas de disposición de material de excavaciones y sobrantes. Para el proyecto se han previsto un total de 3 ZODMES, de acuerdo como se describe en el numeral 2.3.1.7 en la página 45.

La adecuación de los ZODMES tendrá las siguientes actividades preliminares: replanteo, descapote, almacenamiento de la tierra orgánica para su posterior reúso, construcción de accesos, construcción de obras de control de aguas de escorrentía, y construcción de obras para controlar taludes.

2.3.1.4.4 Vías de acceso

La vía principal de acceso al proyecto corresponde con la ruta Palermo – Santa María, vía existente de la que se desprenderán vías de ingreso hacia los diferentes frentes de obra. Las vías a construir, corresponden a tramos de menos de 700 metros, y serán usados mayormente en la fase de construcción. Se espera que en fase de operación, solo se requieran las vías que conducen a casa de máquinas de cada una de las centrales. Las características de las vías se describen a continuación:

Las vías de acceso que se construirán tendrán un ancho de 6 m, diseñadas con una velocidad no superior a 30 km por hora, una pendiente máxima del 12 % y un radio mínimo en las curvas de 30 m, que garantiza el tránsito rápido y seguro de camiones y vehículos.

Las vías proyectadas no llevarán acabado final en asfalto o concreto. Se realizará compactación del material granular de tal forma que cumpla con un grado de compacidad o firmeza determinado a través de la prueba de Próctor modificado.

Tabla 2.6 Localización y longitud de vías de acceso para la construcción y operación del proyecto Santa María

Vía de acceso	Construir (m)	Adecuar (m)	COORDENADAS VÍA A CONSTRUIR			
			UBICACIÓN	NORTE	ESTE	COTA (msnm)
Vía A captación y túnel de Santa María	187.59	0	INICIO	832.938	817.555	1283
			FIN	833.042	817.706	1268

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Vía de acceso	Construir (m)	Adecuar (m)	COORDENADAS VÍA A CONSTRUIR			
			UBICACIÓN	NORTE	ESTE	COTA (msnm)
Vía casa de máquinas de Santa María	282.88	0	INICIO	834.917	817.501	1146
			FIN	835.021	817.456	1093

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

La construcción de las vías de acceso es una de las obras civiles preliminares de mayor importancia, ya que éstas y sus obras auxiliares se requerirán para el transporte de los materiales y maquinaria desde y hacia las diferentes estructuras. Las vías proyectadas son variantes de la vía principal en afirmado.

A continuación se presenta una breve descripción de las obras de construcción de vías o mejoramiento de las mismas:

- **Excavación:** Comprenderá el desmonte y descapote de la cobertura vegetal y suelo, y la posterior remoción del material estéril por debajo del nivel de la subrasante hasta las líneas y cotas especificadas en los planos. Se utilizarán retroexcavadoras, siempre que estos equipos no causen daños a infraestructuras existentes en el entorno de la obra.

El material de excavación que se extraerá del terreno será evaluado para ser reutilizado en la misma vía; sino es apto para relleno, se dispondrá entonces en las zonas de disposición de material definidos para la ejecución del proyecto – ZODMES.

- **Relleno:** Antes de iniciar los trabajos de rellenos, el terreno que servirá de base deberá estar totalmente libre de vegetación, tierra orgánica, y materiales de desecho de la construcción y las superficies no deberán presentar zonas con aguas estancadas o inundadas. El material que se requiere para el relleno provendrá de los sitios autorizados.

Los materiales de relleno serán agregados duros, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o deleznable y sin materia orgánica u otras sustancias perjudiciales.

La compactación del relleno se hará por medio de equipos manuales o mecánicos, rodillos apisonadores o compactadores vibratorios, y con el equipo vibratorio que mejor se adapte a las condiciones de la obra, a la humedad óptima del material, con el fin de obtener una compactación mínima del 90 % del ensayo de próctor modificado. El material se colocará y compactará en capas simétricas sucesivas de tal manera que permita obtener el grado de compactación exigido, los espesores indicados en los planos, y como mínimo hasta 10 cm sobre la clave exterior o lomo de las tuberías, o hasta el nivel indicado en los planos de diseño.

- **Retiro de sobrantes:** Los materiales provenientes de las excavaciones y los escombros generados se dispondrán en los ZODMES autorizados. Sin embargo, pueden ser

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

dispuestos de forma temporal en las áreas laterales de la vía y plataformas de trabajo y posteriormente serán transportados hasta los sitios autorizados, con el manejo ambiental indicado en el Plan de Manejo Ambiental (PMA).

- **Obras complementarias:** las obras complementarias corresponden a obras de arte como alcantarillado transversal, cunetas y zanjas de coronación.

2.3.1.4.5 Obras de captación

Se prevé que las obras de captación y aducción se ubicarán en las cotas 1.260 msnm para Santa María en la margen derecha del río Baché. La captación consiste en un azud de 5 m de alto.

2.3.1.4.6 Cámaras desgravador, desarenador y de carga

Estas son obras en concreto reforzado que se ejecutaran con las siguientes actividades de obra: desmonte y descapote, cimbra y replanteo de estructuras, figuración de hierro, uso de formaletas, elaboración de concretos, fundición y curado.

2.3.1.4.7 Obras de conducción

410. Portales de los túneles

Los portales de los túneles serán muros en concreto reforzado para dar contención al terreno adyacente donde inician o terminan.

Se plantea 2 portales: Uno en la entrada del túnel (al final de la aducción) y otro en la salida del túnel (sitio de casa de máquinas).

Los portales de los túneles tendrán los siguientes elementos para un correcto y seguro funcionamiento de la excavación subterránea.

- **Tubería de ventilación:** esta tubería está asociada a un ventilador, que dependiendo de la magnitud de la obra (área de excavación y longitud de excavación), se montará o no en una torre o un talud cercano, a unos 10 m del portal, con el fin de dejar un espacio para que en la admisión de aire fresco no se mezcle el aire contaminado (salida del túnel) y el limpio de entrada.
- **Aire comprimido:** se trata de un compresor y en ocasiones asociado a un “pulmón” con el fin de estabilizar la presión de aire.
- **Bomba de agua técnica:** agua para procesos industriales.
- **Taller** de soldadura y reparaciones menores.
- **Transformador y pequeño patio de conexiones:** y eventualmente una planta auxiliar de generación.
- **Sitio de almacenamiento de explosivos** (polvorín). En el lugar de almacenamiento de los explosivos (polvorín) se tendrán en cuenta las medidas de seguridad para el Almacenamiento y Polvorines del Decreto 1335 de 1987 en su Artículo 88.
- **Almacén.** Herramienta y almacenamiento de explosivos (polvorín), teniendo en cuenta las medidas de seguridad incluidas en la normatividad colombiana.
- **Trampa de aguas aceitosas.**

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

- **Desarenador** (sedimentador del túnel).

Para la construcción de los portales del túnel se efectuarán las excavaciones siguiendo un proceso sistemático por niveles, para el corte de los taludes y su terraceo respectivo. Para contener las superficies de corte se podrán utilizar métodos como la instalación de una malla de acero, anclajes de barras de acero, aplicación de concreto neumático para lograr el control y contención de los taludes de corte y posteriormente para la conformación de los niveles de explanación o los niveles de solera a la entrada del túnel. De igual forma para conformar las explanaciones de las áreas de las plazoletas se utilizarán los equipos de corte, compactación y nivelación.

410. Túnel de conducción

Se requerirán voladuras para excavaciones en roca en el túnel de conducción. Estas voladuras a cielo abierto requerirán una mínima cantidad de explosivos (0,1 kg / MCB aproximadamente), y serán controladas para evitar que vuelen materiales hacia la carretera o zonas pobladas.

Con el fin de conducir el agua captada, al proyecto, se requiere la construcción de un túnel, cuyo trazado será por la margen derecha del río Baché, como se observa en la figura del trazado del proyecto (Figura 2.1 y Anexo 3.1, Plano 2600-01-EV-DW-001 – Localización del proyecto). Estos túneles permitirán la conducción subterránea a través de los diferentes estratos rocosos. Los túneles tendrán diferentes tipos de sección que se dispondrán de acuerdo a la condición de la roca y el material encontrado sobre los cuales tendrán el tipo de blindaje y revestimiento adecuado. Todos los túneles tendrán una sección típica tipo baúl de 2,50 m de base, 1,25 m de alto y 2,50 m de diámetro, dependiendo si tiene o no revestimiento en concreto hidráulico y como elemento básico de revestimiento tendrá concreto neumático como se indica en las secciones típicas de los tipos de sección sugerida indicada en los planos preliminares.

Los accesos requeridos para la construcción y frentes de trabajo para realizar las excavaciones serán el portal de entrada y salida, los cuales tendrán las plataformas de trabajo y los accesos correspondientes a los sitios destinados para disponer del material proveniente de las excavaciones (ZODMES).

En la etapa de diseño definitivo para construcción, una vez se hayan realizado las perforaciones profundas, se corroborarán los tipos de soporte y revestimiento del túnel para garantizar la resistencia a los esfuerzos de los materiales y de las presiones hidráulicas ejercidas durante su operación.

Para la construcción de los túneles se deberán definir preliminarmente los frentes de trabajo para realizar las excavaciones. Las obras del túnel se iniciarán en el portal de entrada (Foto 2.3) y salida, sobre los cuales se crearán frentes de trabajo para la excavación y retiro del material correspondiente.

La construcción del túnel se iniciará con las excavaciones y la instalación del soporte requerido para el terreno.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Foto 2.3 Ubicación del portal de entrada al túnel de conducción Santa María (Cerro de la Cruz)



Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

Método de trabajo de emportalamiento y excavación.

- En los sitios de excavación del túnel y su lugar de emportalamiento, se procederá a ejecutar una explanación para las plataformas de trabajo. Estos espacios se utilizarán para instalación del equipo de ventilación, subestación eléctrica temporal para el sistema de iluminación, compresor de aire, sistema de bombeo de agua, acopio de material sobrante y zona de parqueo para los vehículos de cargue y transporte de material sobrante o rezaga.
- Se instalarán los equipos para inicio de labores, como compresor de aire, sistema de bombeo de agua, generador eléctrico y subestación temporal, entre otros.
- El talud que servirá de sitio de emportalamiento se intervendrá de acuerdo a lo establecido en la técnica de excavación:
 - o Limpieza del material de suelo orgánico.
 - Protección con malla y concreto neumático del área de limpieza.
 - Pernado del área superior de excavación
 - o Colocación de paraguas de enfilaje en la cercanía al límite de excavación, como medida de protección.
 - Ejecución de huecos de drenaje.

El paraguas de enfilaje consiste en perforaciones hacia el frente de trabajo, desde unos 10 cm arriba de la línea teórica de excavación. Estas perforaciones se llenan de un elemento metálico (tubería de acero), inyectado o no, con el fin de soportar el terreno que se va a excavar. En resumen, es un método de pre estabilización de la excavación.

Los huecos de drenaje son perforaciones en cualquier dirección e inclinación, desde el interior de la excavación y hacia la roca, con el fin de aliviar sobrepresiones de agua y/o

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

conducir el agua por un solo punto, para mejorar las condiciones de trabajo o poder aplicar soporte primario del túnel.

Una vez se tenga soportado el material a excavar y se haya manejado el agua subterránea, para no interferir con la excavación se seguirá la secuencia general que se describe a continuación:

- Se retirará manualmente el material común del portal hasta donde las condiciones del material lo permitan.
- Se realizará la primera voladura de producción o se excavará manualmente según sea el caso, con una distancia no mayor a 1,0 m para iniciar los trabajos de excavación del túnel.
- Se retirará el material producto del avance o rezaga.
- Se procederá a proteger la excavación con concreto proyectado o neumático, pernos, malla, arcos estructurales, etc.
- Una vez se tenga totalmente la excavación inicial asegurada, se ejecutará el segundo avance siguiendo la rutina:
 - o Perforación de orificios dispuestos para colocación de explosivos.
 - o Cargue o colocación de los explosivos.
 - o Amarre o conexión de las mechas de detonación.
 - o Voladura de la sección a intervenir o excavar.
 - o Deshumo o ventilación adecuada del material en suspensión del aire.
 - o Rezaga inicial o retiro del material destruido por la explosión.
 - o Desabombe (acabado preliminar de la superficie).
 - o Segunda rezaga.
 - o Protección de la superficie excavada con malla de hache (H), aplicación del concreto neumático.
- A medida que se continúe el avance, en los patios o portales del túnel se preparará el lugar y las obras complementarias como son:
 - o Torre de colocación de ventilación o recirculación de aire limpio para el interior del túnel.
 - o Instalaciones eléctricas definitivas (colocación de transformador y cables de alta tensión).
 - o Sitio de acopio para manipulación de rezaga o material proveniente de la excavación del túnel.
 - o Zona de bomba para aplicación de agua a presión, ya sea para lavado o aplicación del concreto lanzado para revestimiento.
- Se instalarán equipos y ductos de ventilación para sacar los humos de las voladuras y renovar el aire. Se utilizarán equipos auxiliares como compresores de aire para los

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

equipos neumáticos de perforación, bombas de agua y tuberías para achique de las aguas de infiltración. Igualmente se requiere la instalación de equipo eléctrico para iluminación. El Contratista deberá garantizar un mínimo contenido de oxígeno del 19 % en todos los frentes de trabajo. La salida del ducto de aire se mantendrá a no menos de 10 m en cada frente de avance.

- A una distancia no mayor de 50 m del frontón se instalará la tubería de aire comprimido y agua para uso industrial.

En la medida en que se realicen las excavaciones se encontrarán diferentes materiales de composición de la formación rocosa, para las cuales deberán adoptarse los sistemas de soporte y revestimiento adecuados, utilizando pernos de anclaje, materiales de anclaje sintéticos, colocación de malla de acero, aplicación de concreto neumático y arcos de acero entre otros.

Con el objeto de mejorar la capacidad hidráulica se realizará un acabado menos rugoso en las paredes del túnel con revestimiento de concreto hidráulico.

Para la construcción de las obras del túnel de conducción, cada frente de obra requerirá de la siguiente maquinaria: una perforadora tipo Boomer 282 o similares de 1 brazo escualizable, equipada con martillos de unos 16 kW de potencia, dos perforadoras manuales con pata, bomba de agua para aplicación de agua a presión (agua técnica), ya sea para lavado o para la utilización del equipo de aplicación de concreto lanzado, dos transformadores, camiones para el transporte de rezaga o material partido o pulverizado producto de la voladura, compresor de aire para utilización del equipo neumático de perforación, sistema de ventilación de aire, ductos de ventilación para conducción del aire limpio al interior del túnel, bomba o equipo especial para aplicación del concreto neumático con fibra sintética o metálica según las condiciones encontradas, y sistema de cargue del material proveniente de excavación.

El mayor porcentaje de excavación se realizará con voladura para fracturamiento y remoción de la roca dura, eventualmente solo se excavará con maquinaria. Se emplearán equipos de bombeo para aplicación de inyecciones de concreto para aumentar la resistencia de la roca de soporte de las secciones del túnel y equipo para perforación y colocación de barras de anclaje.

Para efectuar las voladuras del túnel se utilizará gel nitrogenado (Indugel) suministrado por Indumil con factor de carga $0,22 \text{ kg gel/m}^3$, utilizando 40 retardos por avance, estopines y cordones detonantes.

Se requiere adicionalmente de tubería para la conducción de agua de bombeo y aire, cables de alta y baja tensión, transformadores, lámparas para iluminación, varillas de perforación, brocas de 50,0 mm, rieles para vagonetas, medidores de gases, anemómetro, luxómetro entre otros.

A partir de las actividades de aplicación de agua a presión, concreto lanzado y del agua de infiltración del terreno, se generarán aguas residuales del proceso en un caudal aproximado de 2,0 l/s en el portal; para su recolección se mantendrá un adecuado drenaje del túnel. En el frente de trabajo del portal de salida del túnel se adecuará una cuneta provisional en el túnel, que conducirá el agua hasta el portal de salida del túnel. En ambos casos, a la salida se dispondrá de una trampa de aguas aceitosas y un desarenador, para recolectar las

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

partículas en suspensión. Posteriormente las aguas que salen por el portal de entrada y salida al túnel, serán conducidas hacia el río Baché. Estas aguas de descarga serán tratadas previamente con un proceso de remoción de partículas mediante un desarenador.

Almenara y Pozo vertical

Las almenaras del proyecto consistirán en la apertura de una cámara circular vertical conectada al túnel de conducción. Ésta estructura permitirá disipar las ondas de presión generadas dentro del túnel en caso de un cierre instantáneo de las unidades generadoras en la casa de máquinas, y lograr un volumen adicional en caso de apertura instantánea de las mismas.

La construcción de la almenara y sus respectivos pozos, por ser con diámetros superiores a 2,50 m, se realizará con la siguiente metodología y dependerá de la programación, maquinaria y demás recursos con que cuente el contratista de obras.

La técnica se conoce como perforación y voladura, se realiza de abajo hacia arriba, evacuando el material sobrante por la parte inferior. Se lleva a cabo usando una jaula vertical o Alimak, la construcción es de abajo hacia arriba; la jaula es un elemento de protección para los operarios que desde este punto realizan la perforación vertical (de abajo hacia arriba), cargue, conexión, evacuación del personal y voladura, pues casi toda la carga cae. Luego los operarios con protección hacen el desabombe (retiro de material suelto), extienden los rieles de la jaula e inician de nuevo el ciclo.

En la medida que se logre el avance en la perforación de la almenara y se amplíe la sección circular, y según las condiciones de los materiales encontrados, se irán instalando los revestimientos necesarios en las paredes verticales.

Para la construcción de la almenara se utilizará un equipo de bombeo en la aplicación del concreto neumático para revestimiento de las paredes verticales circulares, equipo para perforación y colocación de barras de anclaje para soporte del revestimiento lateral.

Casa de válvulas

Para la pequeña central hidroeléctrica se implantarán pequeñas casetas para el alojamiento y manejo de válvulas, con el objeto de establecer un control del flujo entre el túnel y la tubería de presión en el caso de un eventual mantenimiento o reparación de la tubería de presión, se implementará a la salida del túnel y al inicio de la tubería de carga un sistema de control con una válvula de cierre con dispositivo de activación mediante sobrevelocidad del flujo, cuyo propósito es el cierre de emergencia ante eventuales rupturas en la conducción.

Esta válvula se alojará en una caseta localizada superficialmente cerca al portal de salida del túnel donde se alojará la tubería de presión en galería; ésta caseta dispondrá adicionalmente de instalaciones eléctricas para operación y mantenimiento de la válvula, iluminación y un sistema de viga riel para el montaje y desmontaje de la válvula.

Los elementos de conexión de la válvula con la tubería y el túnel se harán con elementos metálicos o niples de acero. Se efectuarán las excavaciones para la construcción del anclaje en concreto y apoyo de la válvula, posteriormente se efectuará la construcción del macizo de anclaje de la válvula en concreto reforzado, luego se construirá la cimentación de la placa y los muros de la caseta, y a continuación se realizará la construcción de las vigas de amarre, columnas de concreto, muros exteriores en ladrillo, acabados, enchapes, carpintería

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

metálica y cubierta de la caseta entre otros. Dentro de la caseta se instalará una viga riel para el montaje y desmontaje de la válvula para mantenimiento y su unión con la tubería.

e. Tubería de carga

La tubería de carga permitirá la conexión de agua a presión en el tramo comprendido entre la salida del túnel y la casa de máquinas. El material de la tubería será en GRP con diámetro de 1.60 m y longitud de 275 m.

Antes de la casa de máquina se conectará la tubería de conducción de GRP y la de acero con las tuberías de bifurcación para permitir la conexión con las unidades de generación y con la tubería adicional para permitir la descarga en caso de mantenimiento de las unidades turbogeneradoras. En los cambios de alineamiento horizontal o vertical de la tubería de carga se dispondrán anclajes en concreto reforzado debidamente anclados al terreno para contener y soportar las fuerzas de empuje hidrodinámico que se produzcan en los cambios de alineamiento de la tubería y por las sobrepresiones producidas durante la operación del sistema de generación. Para el diseño definitivo de la tubería se tendrán en cuenta adicionalmente las presiones estáticas, dinámicas y las sobrepresiones generadas por el golpe de ariete del sistema durante su operación, así mismo las velocidades máximas permisibles o recomendadas por el fabricante.

Para la instalación de la tubería de carga a partir de la poligonal correspondiente a su eje, se marcarán los dos bordes de las zanjas a ser abiertas. Las cotas de fondo y alineamientos de las zanjas se verificarán cada 5,0 m antes de la colocación de la tubería para que correspondan con las cotas del proyecto. La cota clave de la tubería se verificará inmediatamente a su instalación.

Una vez realizadas las actividades preliminares se efectuarán las excavaciones para los anclajes de concreto reforzado hasta llegar al nivel de base. Una vez excavada la zanja y comprobados los niveles de batea de la misma, se procederá a transportar y colocar los tramos de tubería, para lo cual se requiere conformar los corredores del trazado de la tubería con los niveles y taludes necesarios para permitir el transporte y montaje de estos elementos.

Para efectuar la instalación de la tubería de carga se adoptará el método constructivo para instalación de tuberías enterradas, procedimiento que se describe a continuación.

La tubería se acopiará en el campamento cercano al portal de salida del túnel de conducción. Se transportará mediante el uso de animales de carga, empleando senderos existentes y se irá dejando paralelamente al trazado para luego realizar su izamiento e instalación.

Los anclajes en concreto reforzado deberán estar cimentados sobre suelo firme. Una vez construida la totalidad de estas estructuras se procederá a instalar los tubos con sus respectivos anclajes, codos y uniones.

Durante el proceso constructivo se podrán utilizar poleas y sistemas de soportes para evitar que la tubería se desplace o derrumbe hacia la casa de máquinas.

Una vez instalada la tubería con sus accesorios y elementos de soporte, ésta se someterá a pruebas tanto de presión como de estanqueidad para garantizar la confiabilidad y seguridad en la operación de la misma. El volumen de agua requerido para estas pruebas en la tubería

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

de carga será de 45 m³aproximadamente, los cuales se captarán del río Baché y se descargarán nuevamente sobre el mismo río por medio del canal de descarga que se ubica al final del trazado, teniendo en cuenta que el agua captada se entregará en las mismas condiciones de calidad y en un volumen igual.

2.3.1.4.8 Obras para la generación de energía eléctrica

Casa de máquinas

La casa de máquinas corresponde al componente del sistema hidroeléctrico más complejo, debido a que alojará las unidades generadoras y el mecanismo de control del sistema, además de los componentes eléctricos, mecánicos, electrónicos y de seguridad que garantizarán la generación y transmisión de energía en forma segura y confiable.

La casa de máquinas será superficial de tipo convencional y estará localizada sobre la margen derecha del río Baché.

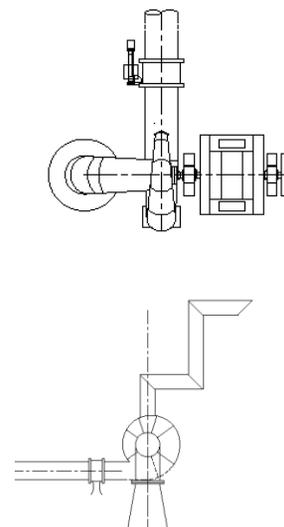
La casa de máquinas está dimensionada de acuerdo a los requerimientos de los equipos turbogeneradores, sistemas auxiliares y complementarios para su adecuada operación y mantenimiento, del área de desmontaje, equipos y oficina entre otros. Esta estructura alojará dos unidades generadoras de eje horizontal de 4,95 Mw equipada con turbinas tipo Francis, las cuales se conectarán a generadores de tipo sincrónico para lograr una capacidad instalada de 9,9 MW.

La casa de máquinas alojará, dos válvulas esféricas que se ubicarán antes de cada turbina tipo Francis (Foto 2.4). En la casa de máquinas se instalará un puente grúa, el cual se utilizará para el montaje y mantenimiento de las unidades generadoras, los tableros de control, la sala de montaje, oficinas, servicios hidráulicos y sanitarios, sistema de drenaje de aguas superficiales y equipos auxiliares.

Al exterior de la casa de máquina se dispondrá de un área donde se localizarán los transformadores de potencia y auxiliar, interruptores de protección y la subestación, de la cual saldrán las líneas de transmisión.

Una vez se terminen las actividades preliminares, se efectuarán las explanaciones de las zonas de trabajo necesarias para construir la cimentación del cárcamo de la superestructura. Se construirán los anclajes de la bifurcación y codos de la tubería de carga. Posteriormente se desarrollarán las obras para la construcción de los macizos de anclaje de las unidades generadoras, válvulas de control y bases para los equipos auxiliares.

La casa de máquinas requerirá de la construcción de una losa de cimentación del piso de operación, vigas de amarre, columnas principales, ménsulas de apoyo para el puente grúa de mantenimiento de las unidades generadoras, construcción de cunetas, filtros, sistemas de drenajes para el manejo de las aguas lluvias y niveles freáticos, construcción de muros exteriores de la casa, carpintería metálica, instalaciones hidráulicas y sanitarias, sistemas eléctricos de iluminación y auxiliares, adecuación de áreas para baños, oficinas, bodega y zona desmontaje de los equipos turbogeneradores, equipos auxiliares para la operación del sistema, construcción de la cubierta de las casas con sus elementos respectivos de apoyo y fijación.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**Foto 2.4 Turbina Francis de eje horizontal**

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

A continuación se apoyarán y se instalarán sobre las bases de concreto los conjuntos de los equipos turbogeneradores, las válvulas de control, los equipos auxiliares, los tableros o gabinetes de los equipos de control y medida, las vigas de desplazamiento y el puente grúa para el mantenimiento de las unidades generadores y equipos auxiliares. Simultáneamente se construirán los anclajes de la bifurcación y el codo de la tubería de carga.

Posteriormente se instalará el transformador de potencia sobre las bases de concreto, localizados exteriormente y adyacente a la casa de máquinas. Junto a la casa de máquinas se dispondrá un área para la instalación de la subestación eléctrica, la cual alojará transformadores, interruptores de potencia y relés (sistema de protección eléctrica contra sobre voltajes y sobre corrientes), y demás mecanismos de protección contra las sobrecargas de alta tensión y los rayos que puedan caer en las líneas de transmisión y las mallas de puesta a tierra respectivas.

Dentro de la casa de máquinas se instalará la sala de control con sus correspondientes equipos y tableros de control y medida; simultáneamente se efectuarán los acabados interiores y exteriores de la casa, andenes y accesos, canales de drenaje, canales y ductos porta cables, cajas para manejo de aguas lluvias y desagües, carpintería metálica de puertas y ventanas, sistema de iluminación, sistema de suministro de agua, sistema de refrigeración y sistema de accionamiento de las válvulas de entrada a las turbinas, construcción de la cubierta de la casa con sus elementos respectivos de apoyo y fijación.

Los equipos que se utilizarán para la construcción de la casa de máquinas serán retroexcavadoras y volquetas.

Para el vaciado de los concretos se requerirán bombas de achique, bombas de concreto, herramienta para fabricación de formaletas, y trompos para la elaboración de concreto. Para el montaje de equipos menores se requerirán camiones grúas con capacidad para 10 t. Los

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

equipos como turbina y generador serán montados con el puente grúa que para tal fin se instalará en la casa de máquinas.

Subestación eléctrica

La subestación eléctrica se construirá, en una plazoleta ubicada en inmediaciones de su casa de máquina, la cual tendrá un área de 220 m².

Se construirán la base de concreto para la instalación del transformador, equipos de protección de sobrevoltaje y dispositivos eléctricos necesarios para efectuar las conexiones a los circuitos o subestaciones más próximas, de acuerdo a lo establecido en los diseños eléctricos del sistema.

La línea de transmisión de 15 km, conectará la subestación del proyecto con el sistema existente de ELECTROHUILA S.A. ESP.

Obras de descarga

Con el objeto de efectuar la descarga de las aguas turbinadas de las casas de máquinas hasta el río Baché, se han proyectado sendos canales de restitución en concreto reforzado, los cuales iniciarán a partir del nivel de los difusores de las turbinas.

En líneas generales, este canal tiene como fin entregar el agua con baja velocidad al río Baché para proteger los márgenes del mismo y disipar la mayor cantidad posible de energía cinética en el momento de la descarga, lo que garantiza que no habrá una afectación en el cauce del río por socavación. De esta forma se espera la mínima incidencia en la geometría hidráulica del río Baché y se evitará alterar su condición actual de equilibrio.

Una vez efectuados los trabajos de cimentación y las excavaciones correspondientes, se procederá a construir por tramos la estructura del canal en concreto reforzado. Las obras se llevarán a cabo de forma simultánea y complementaria a la casa de máquinas, para lo cual se harán las actividades preliminares respectivas, como las excavaciones, partiendo de la descarga de la casa de máquinas. Se ejecutarán a continuación los trabajos correspondientes para la cimentación del canal.

Durante todo el proceso constructivo se efectuará un control para la estabilización de los taludes y la protección de la margen del río Baché adyacente al sitio de la descarga. Se colocará un enrocado en la orilla del río para protegerlo de cualquier socavación que se pueda llegar a presentar.

2.3.1.4.9 Mantenimiento de vías durante la etapa constructiva

El mantenimiento de vías tiene como objetivo conservar en forma continua y permanente las condiciones de transitabilidad de las vías, durante la etapa constructiva.

Las vías a utilizar por el proyecto habitualmente presentan un tráfico local bajo. Las actividades constructivas del proyecto para las vías existentes se presentan a continuación en la Tabla 2.7.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2.7 Vías a utilizar por actividades constructivas

ACTIVIDAD	VÍA A USAR
OBRAS DE CAPTACIÓN	
Movilización de equipos y maquinaria	Vía Palermo – Santa María
Transporte de agregados	Vía Palermo – Santa María
Movilización personal	Vía Palermo – Santa María
Construcción y operación de campamentos	
Movilización de equipos y materiales	Vía Palermo – Santa María
Movilización personal	Vía Palermo – Santa María
Casa de máquinas	
Transporte de tubería	Vía Palermo – Santa María
Transporte de turbinas	Vía Palermo – Santa María
Transporte de subestación eléctrica	Vía Palermo – Santa María
Movilización de equipos y maquinaria	Vía Palermo – Santa María
Construcción de túneles y ventana de construcción	
Movilización de equipos y materiales	Vía Palermo – Santa María
Transporte de material extraído de los túneles de servicio y de conducción zona de captación	Vía Palermo – Santa María
Transporte de material extraído del túnel y almenara en casa de máquinas	Vía Palermo – Santa María

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

Se hará uso de la vía durante todo el tiempo que dure la construcción. La mayor parte de la movilización de agregados, materiales y equipos se hará con volquetas, que por su menor tamaño se adaptan mejor a la condición actual de las vías. En consecuencia, el incremento del uso de la vía, hace previsible que se requieran ciertas y puntuales actividades de mantenimiento de la vía, con el fin de asegurar la condición adecuada de tránsito permanente por ellas.

El transporte del material extraído por la construcción del túnel y almenara se acopiará temporalmente en las plazoletas de maniobras y finalmente se transportará en volquetas hasta los ZODMES.

2.3.1.5 Ubicación y características de plantas de triturado y concretos

Para facilitar las actividades constructivas del proyecto y teniendo en cuenta las características y localización de las obras, se propone ubicar la planta mezcladora de concreto y área de beneficio en sitios estratégicos que permitan la optimización del recurso.

La planta mezcladora de concreto a utilizar, se ubicará en el campamento de Santa María. Eventualmente donde se requiera, se usarán mezcladoras pequeñas de concreto (trompos) para la construcción de obras que no requieran grandes volúmenes por vaciado.

La planta mezcladora de concreto propuesta tiene la capacidad de producir 10 m³ por proceso en una tolva en la que se agregan los materiales gruesos y finos, cemento y agua. La mezcla se hace en un cilindro que funciona con combustible o con energía eléctrica.

La tolva es de sección cuadrada de 2 m x 2 m y la mezcladora es de 2 m x 2 m. Se requerirá de espacio adicional debajo de la mezcladora para el vehículo que carga el concreto; igualmente será necesaria una rampa para subir el material hasta la tolva. El tanque de agua

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ocupará 2 m². De acuerdo con lo anterior el área requerida para cada mezcladora de concreto es de 20 m².

Figura 2.23 Esquema de mezcladoras de concreto propuestas



Fuente: www.constructionmachine.es

Las medidas de control de la producción de concreto en este tipo de plantas son mínimas, pues todo el material granular que entra en la tolva sale directamente al camión de carga. De la misma manera, el agua que sale del tanque de almacenamiento hacia la tolva no se pierde en la conducción. De cualquier forma las áreas donde se instalarán las mezcladoras de concreto contarán con canales perimetrales para recoger los posibles derrames de agua utilizada para la mezcla, combustibles o aceites.

2.3.1.6 Estimación de volúmenes de descapote, corte, relleno y excavación

El movimiento de tierras y manejo de material natural durante el desarrollo de las obras se resume en el presente numeral, mediante la estimación de volúmenes a remover en función de las obras (ver Tabla 2.8). Dada la incertidumbre sobre las cotas en donde se emplazarán finalmente las estructuras, se asume que el 100% de las mismas requerirán de excavaciones.

Tabla 2.8 Volúmenes por obra

OBRA	Descapote m ³	Corte m ³	Relleno m ³	Excavación m ³
Estructura de derivación y vertedero de excesos Santa María	163,6	0	0	33,8
Captación lateral Santa María	53,9	0	0	125,7
Tanque de carga Santa María	13,5	0	0	367
Desarenador Santa María	205	0	0	1.560,00
Casa de máquinas Santa María	192,2	0	0	1.014,80
Canal de descarga Santa María	95,1	0	0	253,5

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

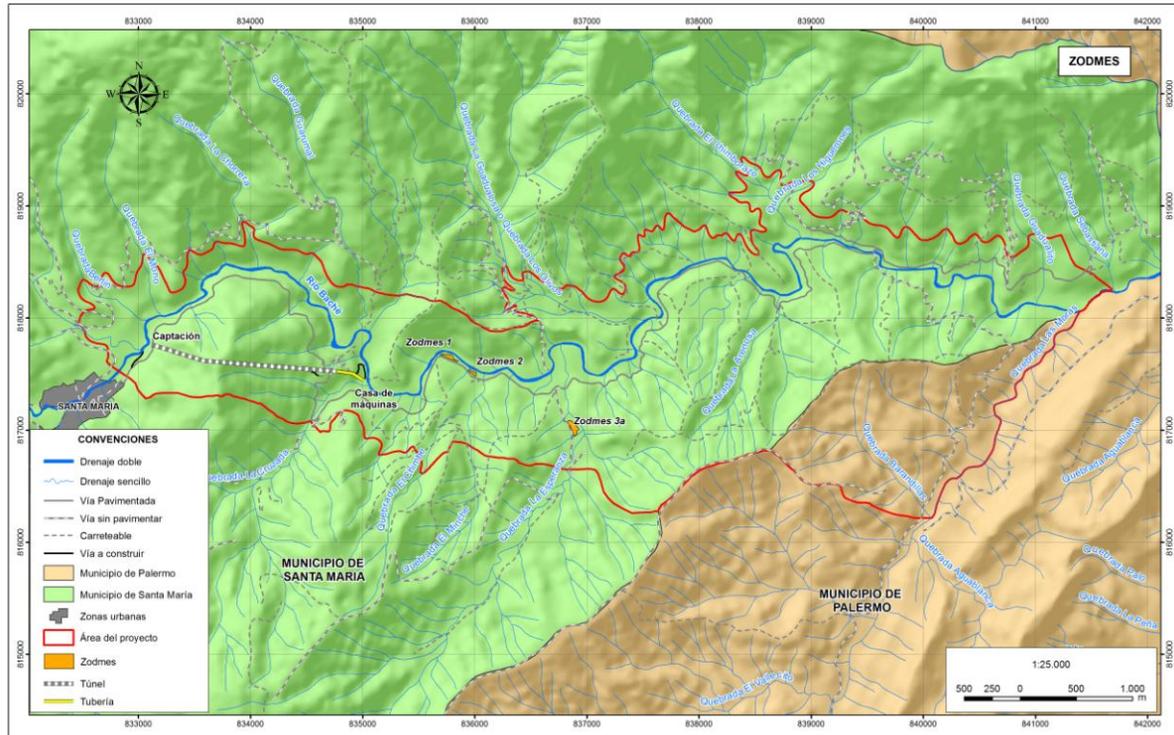
OBRA	Descapote m ³	Corte m ³	Relleno m ³	Excavación m ³
Portal entrada túnel Santa María	15,8	0	0	0
Túnel Santa María	0	0	0	10.479,50
ZODMES 1 Santa María	1.014,60	0	0	0
ZODMES 2 Santa María	542,1	0	0	0
ZODMES 3ª Santa María	1.910,70	0	0	0
Tubería Santa María	1.439,30	0	0	5.420,80
Portal salida túnel Santa María	19,3	0	0	0
Caseta de válvula Santa María	16,1	0	0	48,4
Distribuidor Santa María	26,3	0	0	131,6
Campamentos y plataformas de trabajo	748,2	0	0	1995,3
Vía casa de máquinas Santa María	481,2	1443,5	962,3	2405,8
Vía captación Santa María	343	857,4	857,4	1714,8
Almenara Santa María	23,7	0	0	1.592,80
TOTAL	7.303,6	2.300,9	1.819,7	23.023,2

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

2.3.1.7 Ubicación de los sitios de disposición de materiales sobrantes

Se han definido tres zonas para disposición de material sobrante de excavaciones (ZODMES), con una capacidad cercana a los 52.012 m³ en total con alturas máximas de disposición de 4.5 m. Como se puede extraer del numeral 2.3.1.6, el volumen requerido para disponer el material es aproximadamente 38.230 m³ (se refiere exclusivamente a descapote y excavación), con una incertidumbre asumida del 15%, dado el nivel de desarrollo de los diseños en fase de prefactibilidad. En la Figura 2.24 y el mapa 2600-01-EV-DW-004 (Anexo 3.1), se muestra gráficamente la ubicación de los mismos.

Figura 2.24 Ubicación de ZODMES



Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

La selección de estos sitios se origina en la evaluación de las mejores condiciones con respecto a los siguientes criterios:

- Menores distancias de transporte de material.
- Existencia de vías.
- Sin cruces de agua o drenajes naturales: ni permanentes ni intermitentes.
- Predominio de suelos tipo pastos limpios.
- Ausencia de viviendas o predios productivos.
- Alturas bajas de relleno (<5 m).
- Equidistancia a las plataformas de trabajo.

En la Tabla 2.9, se presentan las áreas de los ZODMES previstos y los volúmenes capaces de recibir, bajo la premisa de alturas máximas de disposición de material de 4.5 m.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2.9 Áreas y volúmenes de ZODMES

Nombre	Proyecto	Área m ²	Altura Asumida m	Volumen m ³
ZODMES 1	Santa María	3.382	4.5	15.221
ZODMES 2	Santa María	1.807	4.5	8.132
ZODMES 3 ^a	Santa María	6.369	4.5	28.659
Volumen Total				52.012

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

Las distancias a recorrer desde los diferentes frentes de trabajo se resumen en la Tabla 2.10.

Tabla 2.10 Distancias medias a recorrer entre las plataformas de trabajo y los ZODMES

ZODMES	Proyecto	Obras	Tipo vía	Distancia, m	Distancia total, m
ZODMES 1	Santa María	Captación	Pavimentada angosta	5.217	5.404
			A construir	188	
		Campamento	Pavimentada angosta	2.423	2.423
			Almenara	Pavimentada angosta	2.439
		Carreteable		179	
		A construir		77	
		Casa de máquinas	Pavimentada angosta	2.283	3.043
			Sin pavimentar angosta	477	
			A construir	283	
ZODMES 2	Santa María	Captación	Pavimentada angosta	5.557	5.744
			A construir	188	
		Campamento	Pavimentada angosta	2.782	2.782
			Almenara	Pavimentada angosta	2.782
		Carreteable		179	
		A construir		77	
		Casa de máquinas	Pavimentada angosta	2.626	3.386
			Sin pavimentar angosta	477	
			A construir	283	
ZODMES 3 ^a	Santa María	Almenara	A construir	77	4.357
			Carreteable	179	
			Pavimentada angosta	3.687	

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ZODMES	Proyecto	Obras	Tipo vía	Distancia, m	Distancia total, m
			Sin pavimentar angosta	413	
		Casa de máquinas	A construir	283	4.705
			Sin pavimentar angosta	890	
			Pavimentada angosta	3.532	

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

2.3.1.8 Descripción de las fuentes de emisiones atmosféricas que se generaran

El proyecto en fase de construcción (24 meses), generará emisiones atmosféricas en: material particulado por el manejo de material proveniente de excavaciones y disposición en ZODMES, así como por el uso de vías sin pavimentar; adicionalmente, es factible que haya incremento del tráfico de vehículos pesados que trabajan a gasolina y/o diesel, lo que generará, óxidos de nitrógeno (Nox) y de azufre (SO₂) en proporciones diferentes a la condición actual. Esta situación será evaluada posteriormente en el capítulo de identificación, valoración y manejo de impactos.

En la fase de operación, el proceso de generación de energía, no generara emisiones contaminantes a la atmósfera.

2.3.1.9 Descripción de emisiones de ruido

Con respecto a los ruidos, este se podrá ver incrementado en la fase de construcción, por el paso de vehículos en las vías existentes, de forma marginal y ligada al plan de ejecución de los contratistas de obra.

2.3.1.10 Requerimiento de uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales

A continuación se presenta la descripción general de los requerimientos de recursos naturales para la etapa de construcción del proyecto. En el capítulo 4 del presente estudio se encuentra, de forma más detallada, la información aquí relacionada incluyendo la identificación de los permisos y concesiones necesarias.

Requerimientos de agua

El agua de uso industrial se requerirá para la mezcla del concreto, la humectación de vías, las pruebas hidrostáticas y de estanqueidad de la tubería de carga y del canal de aducción. El volumen total estimado para estas actividades es de 2.865,71 m³ que corresponde a un caudal promedio de 0,09 l/s. El volumen de agua requerido para uso doméstico de los trabajadores (120 trabajadores como máximo en el mismo periodo de tiempo) vinculados al proyecto durante la fase de construcción (24 meses) se estima en 5.678,21 m³, que corresponde a un caudal promedio de 0,14 l/s, que serán utilizados en actividades de aseo personal, preparación de alimentos en la cocina, y aseo de los campamentos en general.

Para mayor detalle de: volúmenes, caudales, estructuras y sistemas de captación, ver capítulo 4.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**Vertimiento de aguas residuales industriales y domésticas**

Los vertimientos de aguas residuales industriales en la fase de construcción (24 meses) provendrán de tres fuentes: el proceso de fabricación del concreto, del cual se estima un volumen de 117,3 m³/planta, que se reutilizarán durante toda la etapa de construcción, ya que si bien no son aguas potables, si son aptas para dicho proceso. Por otra parte, se generarán 158.000 m³ durante el proceso de construcción de los túneles, y 45 m³ producto de las pruebas hidrostáticas y de estanqueidad de la tubería de carga.

Las aguas residuales domésticas producto de la preparación de alimentos y actividades de aseo en los campamentos (que corresponde a un caudal promedio de 0,036 l/s con un coeficiente de retorno del 80%), se verterán a los sitios previstos, una vez hayan sido tratadas mediante plantas compactas o pozos sépticos en los campamentos. Las aguas residuales de las unidades portátiles las manejarán terceros. Para mayor detalle de volúmenes, caudales, estructuras y vertimientos, ver capítulo 4.

Aprovechamiento forestal

Para la determinación del volumen a aprovechar se realizó un inventario forestal estadístico, que contó con la aplicación de muestreo estratificado según tipo de cobertura, con unidades muestreables rectangulares de igual longitud, distribuidas al azar en los estratos, dichas parcelas contaron con una dimensión de 10 m * 30 m.

Para la construcción de la Central Hidroeléctrica Santa María se estima que se deberá aprovechar un volumen comercial de 104,67 m³ y un volumen total de 327,71 m³, correspondientes a la tala de 472 árboles fustales. En la Tabla 2.11 se presenta el volumen para cada una de las obras que requieren aprovechamiento forestal para la construcción de dicho proyecto.

Tabla 2.11 Estimado de número de individuos, volumen comercial y total que se debe aprovechar en la construcción de cada estructura/obra en desarrollo del proyecto PCH Santa María.

ESTRUCTURA/OBRA	N° ÁRBOLES	VOLUMEN COMERCIAL (m³)	VOLUMEN TOTAL (m³)
ZODMES 1 SM	148	35,02	112,52
ZODMES 2 SM	80	18,70	60,08
Tubería SM	67	15,65	50,28
Vía casa de máquinas SM	45	10,45	33,58
Vía captación SM	58	9,71	25,01
Desarenador SM	34	7,23	21,87
Casa de máquinas SM	15	3,58	11,50
Plataforma de trabajo captación SM	11	2,47	7,93
Canal de descarga SM	4	0,64	1,74
Tanque de carga SM	3	0,43	1,37
ZODMES 3ª SM	3	0,41	0,93

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ESTRUCTURA/OBRA	N° ÁRBOLES	VOLUMEN COMERCIAL (m ³)	VOLUMEN TOTAL (m ³)
Estructura de derivación y vertedero de excesos SM	1	0,18	0,40
Captación lateral SM	1	0,15	0,34
Distribuidor SM	1	0,03	0,10
Portal entrada túnel SM	1	0,02	0,07
Total general	472	104,67	327,71

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

Ocupación de cauces

Para el proyecto se solicitará permiso de ocupación de cauces y lechos en el río Baché.

Las bocatomas laterales de agua para los usos industriales se construirán en las márgenes del río Baché y servirán para la etapa de operación. La descripción detallada se encuentra en el capítulo 4 del presente estudio.

La descarga de las aguas turbinadas de la central hidroeléctrica se hará sobre el río Baché por medio de un canal de descarga, estructuras que se describen en los numerales 2.3.1.1.8.

Estas obras se realizarán en época seca. Para mayor detalle de los sitios de ocupación de cauces ver capítulo 4 numeral 4.4.

Residuos sólidos

El peso estimado de residuos domésticos a generar durante la fase de construcción del proyecto, por todo el personal, es decir 90 trabajadores (incluyendo mano de obra calificada y no calificada), y considerando una producción promedio de 2 – 4 kg/persona/día, estaría entre 100 kg y 180 kg diarios. En la fase de operación los residuos a generar serán del orden de 14 a 28 kg/día.

Es importante tener en cuenta que algunos de estos residuos se generarán a diario, pero que otros sólo se generarán con alguna periodicidad, por lo cual la producción diaria real será menor.

Los residuos sólidos se manejarán en una caseta temporal para la clasificación y disposición de residuos sólidos domésticos e industriales generados en el campamento y en cada uno de los frentes de obra. Esta caseta estará debidamente aislada de la intemperie y se ubicará en proximidad al campamento (20 m de distancia, aproximadamente). La recolección se hará en bolsas y canecas debidamente rotuladas, hasta la entrega a terceros según las medidas consignadas en el Plan de Manejo Ambiental del presente estudio.

Volúmenes de materiales, cortes y rellenos y zonas de disposición de material sobrante

Volúmenes de excavación y rellenos

Los volúmenes de excavación y relleno se calcularon con los prediseños de cada una de las estructuras e infraestructura requerida en los proyectos. Con estos datos se determinaron

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

las cantidades necesarias de fuentes externas de materiales, volúmenes requeridos para disponer y los volúmenes a reusar.

Debido a que, es factible que no todo el material de excavación cumpla con los requerimientos técnicos para su uso como material de relleno, éste será adquirido en las canteras autorizadas para tal fin, y el material sobrante se dispondrá en los ZODMES.

El volumen total aproximado de excavación en cualquier material es de 38.230 m^3 (incluye un 15% adicional debido a la incertidumbre asumidos por este estudio). Se podrían reusar cerca de 11.500 m^3 del material excavado en rellenos de diferentes tipos. Así, el volumen de material que se requiere disponer en ZODMES es aproximadamente 26.730 m^3 .

Cabe aclarar que en esta fase del proyecto no se tiene programado abrir nuevos frentes de explotación, ni se ha considerado realizar la extracción de material de arrastre de los cauces de las corrientes hídricas.

Las áreas de almacenamiento temporal de materiales tendrán en cuenta características y medidas de manejo de los materiales almacenados, estipulados en el Plan de Manejo Ambiental del presente estudio.

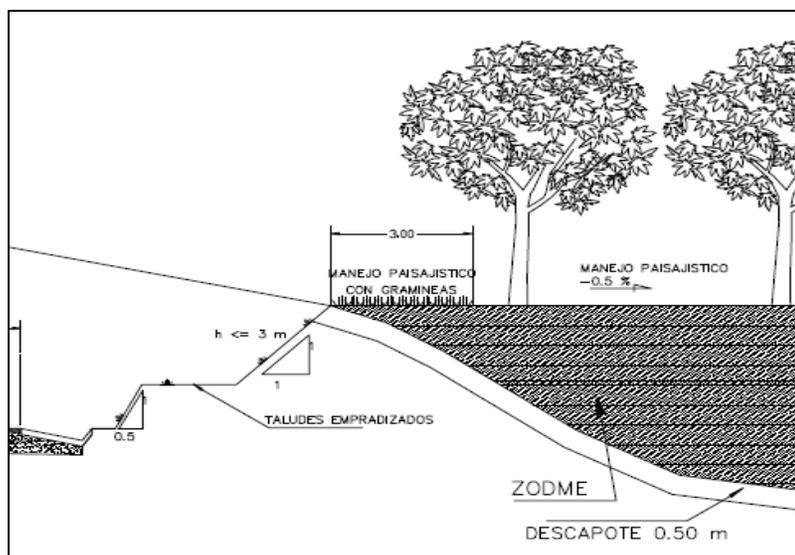
Para ampliar la información de los volúmenes de excavación ver capítulo 4.

Zonas de disposición de material sobrante de excavación (ZODMES)

Los sitios elegidos para disposición de materiales sobrantes de excavación (ZODMES) se determinaron por su topografía, condición geotécnica y accesos.

La capacidad total de los ZODMES es 52.012 m^3 (con altura máxima de disposición de 4.5 metros de altura), la cual es superior al volumen total requerido de material para disponer de 38.230 m^3 .

Figura 2.25 Esquema general de los ZODMES tipo y sistema de protección de taludes y manejo paisajístico



Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Para mayor información de los sitios para ZODMES ver capítulo 4.

Energía para la construcción

Se ha estimado que la construcción del túnel de conducción, al igual que las obras de captación y casa de máquinas demandará 400 kVA, la cual será suministrada a través de la prolongación del sistema de distribución local. Además, se contará con una planta diesel de respaldo de una potencia de 300 kVA, tanto en la zona de captación como en la zona de casa de máquinas y portales de entrada y salida de los túneles.

Las instalaciones eléctricas de la etapa de construcción se utilizarán para alimentar los diferentes equipos (compuertas, sensores, servicios auxiliares de casa de máquinas, iluminación, entre otros) en la etapa de operación del proyecto.

Fuentes de emisiones atmosféricas

La maquinaria y equipo que se requiere para las obras de construcción se presenta en el Anexo 2.1. La operación de maquinaria y equipos generará material particulado en bajas concentraciones, y gases como Dióxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (Nox) y Monóxido de Carbono (CO) producto de la combustión del Diesel por parte de los motores.

Con la construcción del proyecto aumentará el tráfico de vehículos pesados, por lo que se esperaría un incremento en las emisiones atmosféricas en el área, aunque debido al carácter temporal del proyecto en etapa de construcción (24 meses), no se considera que se altere significativamente la calidad percibida actualmente.

El proyecto contará con dos mezcladoras de concreto ubicada en el campamento mencionado en el numeral 2.3.1.5 "Ubicación y características de plantas de triturado y concretos", las cuales generarán algunas emisiones de gases producto de la combustión (SO₂, Nox, CO) ya que funcionan con un motor Diesel. Estas emisiones son reducidas, dada la capacidad, y no alteran sensiblemente la calidad del aire.

Debido a que el proceso de mezcla del concreto se realizará de manera confinada, la emisión de material particulado a la atmósfera será mínima.

Por su parte, el proyecto en sí, en su etapa de operación no generará ningún tipo de emisiones a la atmósfera.

Adicionalmente, en el Plan de Manejo del presente estudio se han establecido las medidas necesarias para evitar los impactos que se pueden generar en la etapa de construcción, tales como el adecuado mantenimiento de maquinaria y vehículos y las especificaciones para el transporte de materiales de construcción en volquetas; también se prevé la humectación de las vías a utilizar.

En la etapa de operación del proyecto solamente se prevé la generación de algún material particulado por el paso eventual de vehículos, cuando se requieran mantenimientos en las diferentes estructuras del proyecto.

Emisiones de ruido por fuentes fijas o móviles

Las fuentes móviles generadoras de ruido corresponderán a los equipos y maquinaria que se presentan en el Anexo 2.1 al final de este documento.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Por el desarrollo del proyecto se puede esperar un aumento en los niveles de ruido como consecuencia de la operación de maquinaria y equipos; sin embargo, considerando la duración temporal de las obras y las medidas de control que se seguirán, el impacto se considera de magnitud moderada.

De acuerdo con la Resolución N° 627 / 2006 emitida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (ver Tabla 2.12), las áreas de intervención del proyecto corresponden a zonas rurales (Sector D). Durante la ejecución de las obras del proyecto, la emisión de ruido debido a la maquinaria a utilizar posiblemente sobrepasará los niveles permitidos para este sector, para lo cual se tendrán en cuenta los niveles establecidos para el sector "C", correspondiente (entre otros) a talleres de mecánica automotriz e industrial, y se adoptarán las medidas propuestas en el Plan de Manejo Ambiental respecto a la seguridad industrial de los trabajadores.

Tabla 2.12 Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles DB(A)

SECTOR	SUBSECTOR	ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE EMISIÓN DE RUIDO EN DB (A)	
		DÍA	NOCHE
C: Ruido intermedio restringido	Zonas con usos permitidos comerciales, como almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos	70	55
D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana. Rural habitada destinada a explotación agropecuaria	55	50

Fuente: Resolución 627 de 2006. MAVDT.

2.3.1.11 Estimación de mano de obra requerida

La mano de obra requerida para la construcción del proyecto hidroeléctrico de Santa María, se describe en la Tabla 2.13. La proyección de personal se hace con base en la programación de obra y estará sujeta a modificaciones de acuerdo con el contratista y la metodología de construcción propuesta también por él.

Tabla 2.13 Mano de obra calificada y no calificada requerida para la construcción del proyecto

MANO DE OBRA CALIFICADA*	
Ingenieros y especialistas	6
Administradores	1
Almacén	1
Topografía	4
Laboratorio	2
Subtotal MO Calificada	14
MANO DE OBRA NO CALIFICADA	

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

	Oficiales	Ayudantes	Operadores
Actividades preliminares, Transporte y suministro de materiales y construcción de obras auxiliares	6	6	4
Construcción de obras del canal de aducción	3	3	3
Construcción túnele de conducción y almenara	4	8	3
Construcción casa de válvulas y tubería a presión	5	7	3
Construcción de casa de máquinas y canal de descarga	8	10	3
Subtotal MO No Calificada		76	
Total Mano de Obra		90	

* Persona con título profesional o técnico

En el caso de los sondeos geofísicos y las perforaciones geotécnicas profundas y someras, la empresa a sub-contratar contará con el personal necesario y calificado para la ejecución de dichas labores.

Para las demás actividades preliminares se requiere de dos grupos de topografía con sus respectivos cadeneros, que luego continuarán a lo largo del desarrollo del proyecto. También se incluye personal para el manejo de compra de predios.

El suministro y transporte de equipos y materiales de construcción requieren de personal de transporte y de personal capacitado para la administración y control de entrada y salida de dichos elementos (Almacenista).

Dentro de la construcción de obras auxiliares se encuentra incluida la construcción de las vías de acceso a todos los frentes. Estas obras requieren de un ingeniero y un grupo de trabajadores, que será el mismo encargado de las obras de aducción al túnel.

Las obras de construcción del túnel y la almenara las dirige un ingeniero sénior y dos ingenieros por cada frente. Se proyecta trabajar en dos frentes y con dos turnos.

Las estructuras como, tubería de carga, casa de máquinas y canal de descarga las desarrollarán tres ingenieros de distintas especialidades, tales como ingenieros electricistas, electrónicos e ingenieros mecánicos, y un grupo de trabajadores.

Las pruebas hidráulicas, eléctricas y mecánicas las realizarán los mismos ingenieros del equipo anterior con un grupo pequeño de trabajadores de apoyo.

La interventoría requerirá de personal de laboratorio, topografía, conductor e ingeniero.

2.3.1.12 Duración de obras, etapas y cronograma de actividades

Las obras están programadas para tener una duración de 24 meses; en los cuales se incluyen las actividades preliminares, suministro y transporte de materiales y las diferentes actividades constructivas.

Duración de las obras y cronograma

Las actividades más relevantes durante la construcción de la obra se pueden clasificar en: preliminares, que incluyen la negociación de predios, levantamientos topográficos y referenciación, estudios de suelos y perforaciones para determinar la estratigrafía y litografía,

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

y resistencia de los suelos y rocas de los diferentes sitios donde se desarrollarán las obras. Estas actividades se desarrollarán en los plazos establecidos antes de iniciar la construcción de las obras principales.

La actividad de transporte y suministro de materiales es una actividad previa a la construcción de las obras principales, se requiere una planeación en la fecha de inicio de la obra y el plazo de ejecución de la obra. El contratista efectuará la orden de pedido de los materiales, los cuales deberán ser transportados a los sitios de las obras para iniciar las actividades de construcción respectivas.

Según la planeación de las obras y su cronograma general se podrán iniciar las actividades en diferentes frentes de trabajo generales, los cuales podrán operar en forma simultánea.

Para efectos de cumplir con las excavaciones de los túneles se mantendrán los frentes de trabajo en los portales y ventana de construcción. Se incluye en estos trabajos un frente para la construcción de la almenara, la cual se construirá en forma simultánea con los túneles de conducción.

Los frentes de construcción de la casa de máquina, la subestación y los canales de descarga, inicialmente podrían efectuarse en forma independiente, pero según el avance de las obras estarán directamente relacionados e interconectados al final de las obras. También será necesario efectuar las pruebas de presión necesarias para garantizar la estanqueidad y corrección o reparación de las fugas que puedan presentarse una vez terminadas las obras, principalmente en el túnel de conducción y tubería de carga y elementos de interconexión con las unidades generadoras.

2.3.1.13 Estimación del costo total de construcción del proyecto

El valor total aproximado para la construcción es de \$ USD 21.730.626 a valor presente del 2010, como se indica en la Tabla 2.14.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2.14 Costos del proyecto

DESCRIPCIÓN	Santa María (US\$)
Predios	18.000
Vías de acceso	295.000
Campamentos y oficinas	90.000
ZODMES (Botaderos)	70.000
Estructura de derivación y captación	970.000
Desarenados y tanque de carga	745.000
Túneles y tuberías	5.018.000
Almenara	550.000
Casa de máquinas y canal de descarga	1.700.000
SUBTOTAL INVERSIÓN (1)	9.456.000
Equipos mecánicos	2.803.000
Equipos eléctricos	3.906.000
Subestación	725.000
Energía para construcción	120.000
Costos ambientales (1% Inversión)	191.737
Plan de Manejo Ambiental	1.020.054
Plan de Seguimiento y Monitoreo	435.241
SUBTOTAL (2)	9.201.032
Imprevistos Obra Civil (15%)	1.418.400
Imprevistos equipos electromecánicos (8%)	604.320
Ingeniería y administración (6%)	1.050.874
SUB TOTAL (3)	3.073.594
TOTAL	21.730.626

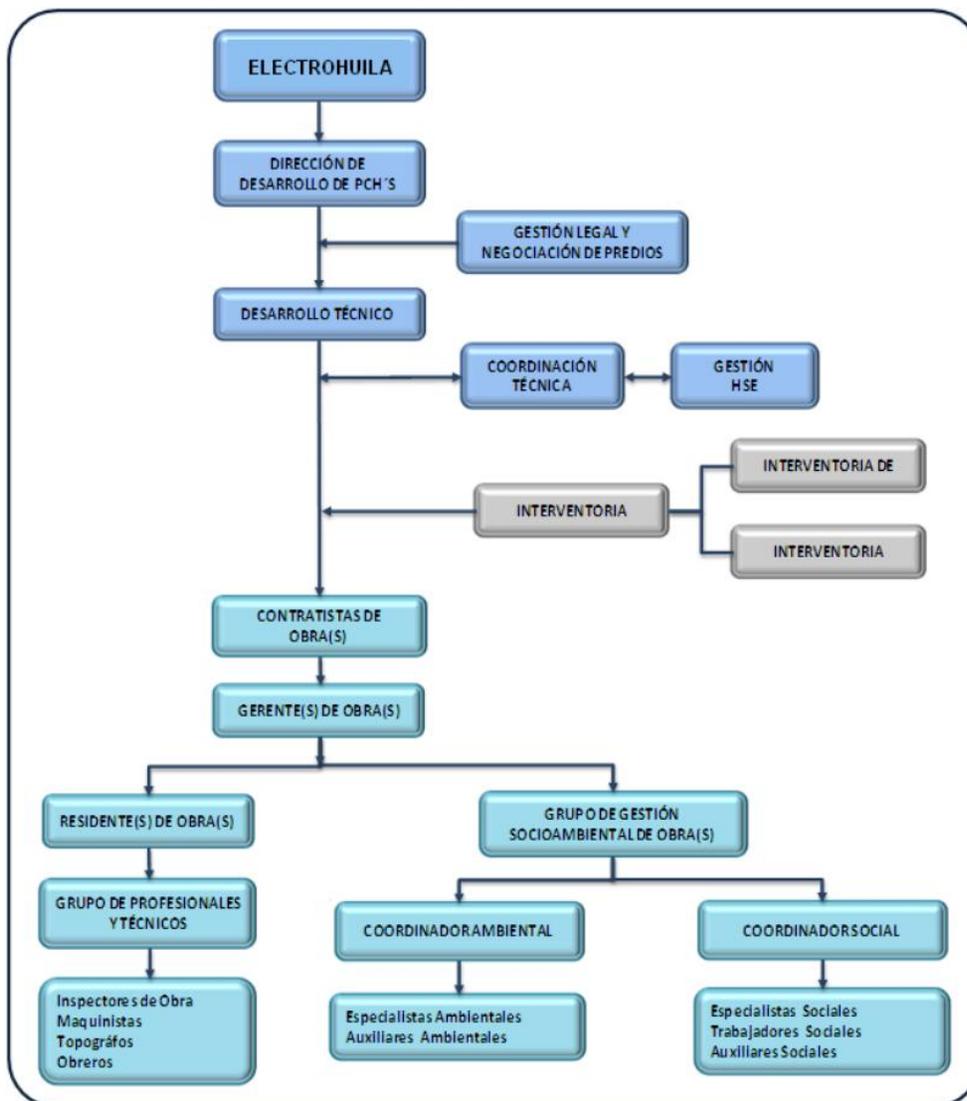
Fuente: Estudio de Factibilidad Fase I. Integral - ELECTROHUILA S.A. ESP .Junio de 2010

2.4.11.3 Estructura organizacional del proyecto

La estructura organizacional del proyecto PCH Santa María se presenta en la Figura 2.26.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Figura 2.26 Estructura organizacional del proyecto



Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

2.3.2 Operación

2.3.2.1 Características técnicas de operación

2.3.2.1.1 Características y reglas de operación y mantenimiento

a. Operación

La operación del proyecto Santa María, como parte del sistema de transmisión regional, deberá cumplir ciertas condiciones de tipo técnico impuestas por el Centro Nacional de Despacho (CND) y la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG); tal como lo

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

estipula la Ley 143 de 1994. Adicionalmente a estas condiciones externas, la operación de las centrales se realizará de acuerdo con las condiciones de hidrología existentes en la zona, de tal manera que para las épocas de invierno, y mediante un control automático, se buscará tener la máxima generación en la central, es decir 9,9 MW. Para las épocas más secas, el control de la generación se realizará de forma manual o automática, donde los niveles de generación varían de acuerdo a los caudales disponibles. Esta consigna operativa obedece al compromiso social y ambiental de asegurar el caudal de garantía durante todo el tiempo por parte de la central.

Para tal efecto, la central contará con un ingeniero encargado (quien hará visitas periódicas), cuatro operadores en turnos de ocho horas y cuya función principal es monitorear y operar todos los equipos electromecánicos asociados a ésta. Igualmente, se contará con seis auxiliares de operación quienes seguirán las instrucciones del operador de turno con respecto a la apertura y cierre de las compuertas y mantenimiento del sistema de aducción.

Adicionalmente, se contará con cuatro vigilantes en labores de servicios varios y de vigilancia por las zonas de la casas de máquinas y aducción.

b. Mantenimiento

El mantenimiento que se realizará en la pequeña Central Santa María, está caracterizado por la búsqueda de tareas que permitan eliminar o minimizar la ocurrencia de fallas, y a su vez disminuir las consecuencias de las mismas, considerando todos los factores de riesgo. El mantenimiento busca asegurar el servicio de la central de manera continua, aprovechando de forma eficiente los recursos hídricos.

Los tipos de mantenimiento que se realizarán en la central serán el mantenimiento predictivo y el mantenimiento correctivo. El mantenimiento predictivo busca, mediante inspecciones periódicas determinar cuándo cambiar o reconstruir un equipo o alguna parte de éste con relación a su estado actual, mientras que el mantenimiento correctivo consiste en la restitución del equipo al estado operativo óptimo después de la ocurrencia de una falla.

Todas las actividades de mantenimiento serán coordinadas por el jefe de operación y mantenimiento (Operadores) y programadas con anterioridad; para estas actividades se contará con la total disponibilidad del personal que labora en la central.

Se harán mantenimientos cada seis meses de manera preventiva, aunque se realizarán inspecciones diarias, semanales y mensuales a los equipos electromecánicos, siguiendo las recomendaciones establecidas por los fabricantes.

2.3.2.2 Descripción de las características técnicas de operación

A continuación se describen de forma general las principales actividades y características técnicas del proyecto en la fase de operación:

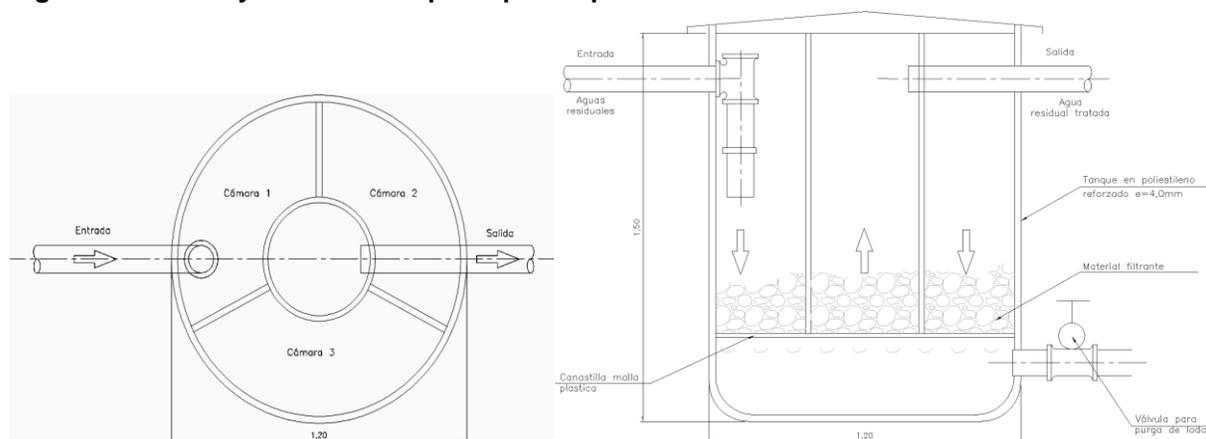
a. Ubicación y características de los campamentos, oficinas, bodegas y talleres a requerirse durante la operación

Durante la etapa de operación de la PCH se requerirá de una caseta con capacidad para tres personas y un área construida de 16 m² que se ubicará en un sitio cercano a la captación. Por otra parte, en la casa de máquinas se ubicará el personal encargado de esta edificación, estimado en 4 personas (un operador, dos auxiliares y un vigilante por turno).

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Para el manejo de los residuos líquidos domésticos provenientes de la casa de máquinas se contará con un tanque séptico tipo FAFA, conservando las distancias mínimas establecidas según la normatividad (RAS 2000). Desde el sitio en donde se ubiquen los filtros FAFA, se conducirán en una longitud aproximada de 50 m los líquidos tratados a un vertimiento sobre el río Baché, ver Figura 2.27. Los residuos sólidos domésticos serán almacenados temporalmente, al igual que en la etapa de construcción, hasta la entrega a terceros para su disposición final.

La bodega y el taller se ubicarán en el sitio de casa de máquinas con un área aproximada de 40 m². Las casas de máquinas contarán con sitio de acopio de aceites, grasas, baterías, y canales perimetrales de control de derrames. Los residuos líquidos que se recolecten en los canales perimetrales serán almacenados temporalmente y posteriormente entregados a un operador autorizado.

Figura 2.27 Planta y corte del tanque séptico tipo FAFA

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

b. Actividades relacionadas con el proceso de generación de energía**Captación de agua**

El caudal requerido se tomará del río Baché en el proyecto Central Hidroeléctrica Santa María será de 7,5 m³/s. Una vez que las aguas turbinadas en la PCH Santa María han sido entregadas de nuevo al río Baché, estas transcurrirán por su cauce natural en una longitud de 2,5 km aproximadamente. Existirán algunos días del año en que el caudal captado por el proyecto de Santa María, será menor que el caudal de diseño. En estas épocas de bajo caudal en el río, el caudal de captación será menor al de diseño y siempre permitirá el paso del caudal de garantía ambiental para así cumplir con la normatividad ambiental.

El sistema de generación será controlado mediante sensores dispuestos en las captaciones del proyecto y en los desarenadores, los cuales registrarán los niveles de operación y permitirán determinar la correspondencia entre los caudales aportados por el río Baché y los caudales turbinados. Las variaciones de nivel estarán monitoreadas por el sistema de control, permitiendo ajustar el caudal a turbinar según los aportes del río, y a la vez manteniendo los niveles en los rangos estimados para la operación. Si el caudal captado

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

excede al caudal de diseño del sistema de generación, el agua sobrante será descargada nuevamente al río Baché por el vertedero de excesos de la captación.

Estos reguladores hacen parte del sistema de control de las turbinas, y el operador, normalmente, no ejerce funciones distintas a la supervisión.

Generación de energía

Durante su operación, en el proyecto PCH Santa María, se producirá una continua conversión de energía hidráulica en energía mecánica en la turbina, y de energía mecánica en energía eléctrica en el generador.

El proceso de generación de energía se produce en lo que se denomina grupo turbogenerador, que consiste en una turbina y un generador eléctrico acoplados por el mismo eje; este grupo turbogenerador se encuentra ubicado en la casa de máquinas.

En éste caso las turbinas son tipo Francis de eje horizontal (turbina de reacción, de flujo mixto centrípeto, admisión total y radial). Esta turbina tiene tres elementos básicos que son el distribuidor (direcciona y regula el agua hacia el rodete), el difusor (salida del fluido, tiene forma de tubo de aspiración) y el rodete (compuesto de álabes móviles).

La turbina recibe el flujo de agua a gran presión hacia sus álabes a través de la tubería de carga y aprovecha la energía cinética y potencial del agua para producir un movimiento de rotación que, transferido mediante un eje, mueve directamente el generador, que a su vez transforma la energía mecánica en eléctrica.

El generador por su parte, se compone del rotor (parte giratoria) y el estator (parte estática) que produce un campo magnético que atraviesa las bobinas del rotor, conformadas por arrollamientos de alambres de cobre, los cuales van conectados entre sí, y de las cuales finalmente se genera la energía eléctrica que tiene como parámetros básicos de salida un voltaje y una corriente eléctrica en función del tiempo que se transmitirá a la subestación eléctrica del proyecto. Esta última tiene como función elevar el voltaje de salida del generador para poder reducir la cantidad de corriente generada; no obstante la energía seguirá siendo aproximadamente la misma cantidad. Este proceso se realiza con el objeto de poder transmitir la energía a grandes distancias.

Descarga de aguas al río Baché

Las aguas turbinadas que saldrán de la casa de máquinas del proyecto que corresponden al caudal de diseño, serán entregadas al río Baché por medio de los respectivos canales de descarga, cuyo trazado se ha dispuesto para verter las aguas al río con la menor velocidad posible mediante la implementación de estructuras de disipación de energía, de esta forma se evitará la socavación en las orillas y lecho del río, producto de la energía y velocidad acumulada por el desnivel que existe entre las casas de máquinas y el río Baché en los puntos de la descarga.

La carga de sedimentos de esta agua se espera que sea mínima ya que estos serán retenidos en los desarenadores del proyecto; además las condiciones de calidad del agua reportadas en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en el río Baché son adecuadas para el uso industrial en la generación de energía, y no presentarán adiciones de contaminantes por parte del proyecto.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Actividades de mantenimiento e inspección

- *Mantenimiento de vías de acceso*

Se considera dentro de las labores de operación, el mantenimiento de las vías de acceso para garantizar el transporte del personal operativo, transporte de materiales y equipos para una eventual reparación, y mantenimiento del sistema en caso de daños o averías.

Para las actividades de mantenimiento de las vías se tendrá a disposición: volquetas, retroexcavadora y motoniveladora. Adicionalmente se requerirá personal para reparar y hacer limpieza periódicamente de las cunetas de drenaje.

- *Inspección y mantenimiento del estado del revestimiento interior de los túneles de conducción y la almenara*

Diez años después de estar en operación y posteriormente cada 10 años se hará un vaciado de los túneles para su inspección y control visual del estado del revestimiento de este. En caso de encontrarse algún defecto que requiera reparación deberá ingresar personal para los trabajos de reparación y mantenimiento.

- *Verificación del estado general del box de aducción (dos centrales)*

En esta actividad es primordial efectuar una verificación del estado estructural del canal; el mantenimiento consiste en realizar trabajos para la limpieza y extracción de los sedimentos depositados a lo largo del mismo, que podría ser manualmente utilizando herramientas mecánicas. Posteriormente los sedimentos serán recolectados y dispuestos en los sitios de disposición de materiales autorizados.

- *Verificación del estado general de la casa de máquinas, sus áreas de desmontaje y sistema de puente grúa*

Se realizará una verificación técnica y visual del estado general de las casas de máquinas, incluyendo su aspecto estructural, estado de los anclajes y puntos de apoyo de los equipos acabados y de los sistemas eléctricos, instalaciones hidráulicas y desagües, que intervienen en su operación y mantenimiento, entre otros.

- *Verificación del estado general de los sistemas de control y medida, sistemas eléctricos de iluminación, refrigeración*

Esta actividad consistirá en la revisión de campo realizada por el jefe de planta con ayuda del personal de operación y mantenimiento, en la cual se verificarán de forma remota o manual los valores suministrados en los tableros y las anomalías detectadas por los sistemas de control y medida y lo detectado por el Control Lógico de Programación (PLC) del sistema computarizado de la central. Se confirmará en forma visual o en sitio para detectar posibles fugas de los líquidos del sistema primario y de los mecanismos de operación del conjunto turbogenerador, dispositivos complementarios y auxiliares entre otros.

- *Verificación del estado general del equipo turbogenerador en casa de máquinas*

Se tendrán en cuenta principalmente las recomendaciones operativas y de mantenimiento de los fabricantes del turbogenerador, siguiendo una bitácora de mantenimiento; dependiendo del número de horas de servicio al año, se deberá verificar con los instrumentos de control y medida las vibraciones anormales, temperatura normal de

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

funcionamiento, estado de operación de los equipos auxiliares, de los sistemas de protección en caso de sobre voltaje, en caso de emergencia, en caso de salto de línea y su posterior sobre velocidad.

- *Verificación del estado general de la subestación eléctrica*

Para el buen funcionamiento del sistema de transmisión y distribución eléctrica se verificará el estado general de la subestación eléctrica en forma visual, comprobando los dispositivos de control y medida para detectar las anomalías producidas en el sistema. Se atenderán las recomendaciones de los fabricantes de los equipos, y, principalmente, cuando ocurran daños ocasionados por saltos de línea y sobre voltaje y riesgos de caídas de rayos en el sistema, se efectuarán las labores de verificación visual y mantenimiento por parte de los ingenieros electricistas.

- *Verificación del estado estructural de los canales de descarga y de las obras de protección de orilla en la margen del río Baché en los sitios de descarga*

Las condiciones de operación del canal de descarga pueden verse afectadas por la estabilidad de las masas de suelo circundante a la estructura y la calidad de los materiales de cimentación o de suelo que conforman el material de soporte adyacente a la estructura del canal de descarga.

Se instalarán puntos de referencia topográficos para establecer un control de desplazamientos. Estos controles deben efectuarse periódicamente y durante la vida útil del proyecto.

Se recomienda la verificación técnica y visual de la estructura teniendo en cuenta sus condiciones de operación y los elementos de protección localizados en las riberas del río Baché y adyacentes a las estructuras desde su conexión con las casas de máquinas hasta la descarga al río.

2.3.2.3 Descripción de actividades de manejo y disposición final de sedimentos atrapados en los sedimentadores

2.3.2.4 Requerimientos de uso, aprovechamiento y afectación de recursos naturales

a. Requerimientos de agua

Se prevé que durante la fase de operación, en la casa de máquinas del proyecto permanezcan cuatro trabajadores; por lo tanto el consumo total de agua por mes será un caudal de 0,003 l/s, proveniente de una dotación bruta de 75 l/hab/día.

El agua para uso doméstico en las casas de máquinas se captará del acueducto veredal Sinaí. El agua para uso doméstico en los sitios de captación se tomará del mismo acueducto veredal (Sinaí).

Durante toda la fase de operación se captará agua para la generación de energía eléctrica para el proyecto; dicha captación se realizará del río Baché.

b. Vertimiento de aguas residuales industriales y domésticas a disponer

En la fase de operación se generará un volumen de 7,2 m³ mensuales (0,48 l/día) de residuos líquidos domésticos provenientes de la casa de máquinas.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El manejo de las aguas residuales domésticas (grises y negras) que se generarán en el campamento en operación será el siguiente: las aguas grises comenzarán el tratamiento en una trampa de grasas, la cual será la misma que se usó en la fase de construcción; posteriormente pasarán a un pozo séptico, uniéndose con las aguas residuales negras y por último el total del volumen generado de aguas residuales domésticas pasarán a un campo de infiltración, el cual estará alejado 50 m de cualquier cuerpo de agua. Por lo anterior, no se prevé realizar vertimiento directo de aguas residuales domésticas sobre ningún cuerpo de agua superficial.

Las aguas residuales industriales que corresponden al caudal captado para la generación de energía eléctrica no requieren de tratamiento para su vertimiento sobre el río Baché.

c. Residuos sólidos

El peso estimado de generación de residuos sólidos domésticos durante la operación estará entre 14 kg/día y 28 kg/día (por el total del personal, es decir siete trabajadores en la PCH), considerando una producción entre 2 kg/persona/día y 4 kg/persona/día. Es importante tener en cuenta que algunos de estos residuos se generarán a diario, pero que otros sólo se generarán con alguna periodicidad, por lo cual la producción diaria real será menor. El manejo que se les dará es el mismo al especificado en el numeral 2.3.1.10 literal e, de este capítulo.

2.3.2.5 Estimación de mano de obra requerida

La etapa de operación solo necesita un ingeniero encargado para la PCH y personal para el mantenimiento y operación de la captación y casa de máquinas. (Ver Tabla 2.15).

Tabla 2.15 Resumen de mano de obra calificada y no calificada en etapa de operación

MANO DE OBRA – ETAPA DE OPERACIÓN	
Mano de obra calificada*	1 persona
Mano de obra no calificada	6 personas
TOTAL	7 personas

* Persona con título profesional o técnico

Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Figura 2.28 Organigrama de operación PCH Santa María



Fuente: HMV Ingenieros Ltda., 2013

Este grupo estará soportado con la actividad de 2 vigilantes los cuales ejercerán labores de servicios varios y de vigilancia en turnos de 12 horas.

2.3.2.6 Estimación de costo anual de operación

La operación del proyecto se prevé para un periodo de 50 años con posibilidades de prorrogarse. El costo de operación anual del proyecto depende de varios factores, entre los que se encuentran principalmente los costos de administración, operación, mantenimiento (AOM), los pagos de seguros, los aportes a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios - SSPD, los costos de depreciación de obras civiles, la depreciación de equipos y la depreciación de otros activos.

Para este proyecto se ha estimado un factor de planta de 0,56 con una producción anual de 48,92 GWh-año; lo que representa en términos preliminares, y con base en estudios anteriores, a un costo de operación anual de 50 USD/kW instalado - año, que se puede ver distribuido en los siguientes ítems y respectivos porcentajes:

1. Administración, operación, mantenimiento y seguros	4.5%
2. Aporte SSPD y otros	0.5%
3. Depreciación de obras civiles	30%
4. Depreciación equipos electromecánicos	25%
5. Depreciación otros equipos y sistemas	40%

2.3.3 Caudal de Garantía Ambiental

El caudal ambiental se define como aquel que mantiene el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que el cauce tiene en condiciones naturales, preservando los valores ecológicos, el hábitat natural (que cubija una riqueza de flora y fauna) y funciones

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ambientales tales como purificación de aguas, amortiguación de extremos hidrológicos, recreación, pesca, entre otros (Davis y Hirji, 1999).

El reto radica en establecer cuál es el caudal necesario en un determinado cuerpo de agua para conservar las características propias del ecosistema, y para que el hombre pueda continuar con los usos que de este se provee, sin afectar los ecosistemas acuáticos y procesos propios del río, considerando el aprovechamiento que se pretende realizar para la generación de energía eléctrica a partir de la energía cinética y potencial del agua.

En este sentido se han desarrollado varias metodologías, que desde diferentes aproximaciones buscan la estimación del caudal de garantía ambiental, también denominado como ecológico, caudal de mantenimiento, caudal mínimo o caudal de reserva.

En el Anexo 2.2, del EIA se presenta de forma más completa la metodología, resultados y análisis de la determinación del caudal de garantía ambiental desarrollado para este proyecto.

Dentro de estos métodos holísticos se encuentra la metodología desarrollada por el Biólogo Adolfo Grecco G., especialista de Planeación de Energía de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) (2004), la cual ya ha sido aplicada a proyectos desarrollados por EPM como Porce III (660 MW), y de HMV Ingenieros en los proyectos hidroeléctricos tales como Caruquia (9,76 MW) y Guanaquitas (9,74 MW); y propuesta para proyectos hidroeléctricos de HMV Ingenieros como El Viaho (9,9 MW), Tafetanes (9,9 MW), El Popal (21 MW), San Bartolomé (21 MW), Oibita (20 MW) Santa Rosa (21 MW), Altamira (21 MW), San Marcos (21 MW), y Agua Bonita (21 MW); que ya han sido licenciados, Así como en los proyectos, y las desviaciones efectuadas por EPM de los ríos Buey, Piedras y Pantanillo, validando así dicha metodología. Por lo cual se tienen las suficientes experiencias para decidir la aplicación de esta metodología GRECCO, 2004 para el presente proyecto.

La metodología para el cálculo del caudal de Garantía se describe a continuación:

Paso 1. Definición del caudal de referencia

Consecución de la serie de caudales naturales que permita la obtención de la curva de caudales mínimos (mínimos instantáneos o mínimos promedios diarios) en el sitio de presa o desviación de caudales, los cuales serán la referencia para el cálculo del caudal de garantía ambiental. La intención es la de obtener los mínimos valores de caudal que se hayan podido registrar históricamente para cada uno de los meses del año.

Paso 2. Evaluación ambiental multivariable

Recopilación de información de campo y oficina, cuyo objeto es permitir la adecuada calificación de las variables ambientales a garantizar dentro del ecosistema en estudio (es decir, el cauce con caudal reducido, que por lo general se presenta entre el sitio de captación o presa y la descarga proveniente de la casa de máquinas, o el cauce entre el sitio de captación y la confluencia con otra corriente de igual o mayor orden). En este sentido, se determinan 10 variables correspondientes tanto a los aspectos físicos, biológicos como sociales, que en conjunto califican ambientalmente el sector del cauce alterado. Ellas son:

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

- ❖ Longitud del río con drástica reducción de caudal.
- ❖ Calidad físico química de las aguas que caracterizan el tramo afectado.
- ❖ Demanda de agua para la disolución de contaminantes en el sector afectado.
- ❖ Importancia de la actividad pesquera.
- ❖ Migración de peces
- ❖ Especies acuáticas amenazadas o en peligro de extinción
- ❖ Calidad biológica del agua
- ❖ Importancia del transporte fluvial
- ❖ Modificación del paisaje
- ❖ Usos del agua en el sector con caudal alterado.

Paso 3: Determinación de Caudal de Garantía Ambiental

En el desarrollo del paso 1 se obtiene la serie del caudal natural del río afectado en el sitio de captación. Para este sitio se calcula el caudal ecológico natural del río, el cual corresponde a los menores caudales que se han registrado históricamente para cada mes del año.

La curva de caudal mensual de garantía ambiental resulta de la obtención de valores en m³/s, definidos a partir de la curva del caudal ecológico para el sitio de presa o desviación, a los cuales se les aplica el porcentaje obtenido dentro de la calificación ambiental realizada en el paso 2, ver Tabla 2.16.

Tabla 2.16 Calificación para el caudal de garantía

Aspectos Ambientales	Metodología	Descriptor	Rango		Ponderador
Longitud de cauce con caudales drásticamente reducidos	Medición cartográfica y curva de acumulación de caudales	km	0		0
			1		1
			2		2
			3		3
			4		4
			5		5
			6		6
			7		7
			8		8
			9		9
>9		10			
Calidad del agua del río	Índice de calidad del agua NSF	Excelente	91	100	10
			86	90	9
		Buena	81	85	8
			76	80	7
			71	75	6
		Regular	66	70	5
			61	65	4
			56	60	3

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Aspectos Ambientales	Metodología	Descriptor	Rango		Ponderador
			51	55	2
		Mala	26	50	1
		Pésima	0	25	0
Requerimiento de agua para dilución de carga contaminante que ingresa en el sector afectado	Determinación de la demanda química de oxígeno DQO en mg/l	mg/l	1	5	0
			5	7	1
			7	9	2
			9	11	3
			11	13	4
			13	15	5
			15	16	6
			16	17	7
			17	18	8
			18	19	9
	>19		10		
Importancia de la actividad pesquera	Porcentaje de participación del sector pesquero en el producto interno del municipio	Promedio de los porcentajes de cada municipio (si existen varios)	0		0
			0	1	1
			1	2	2
			2	3	3
			3	4	4
			4	5	5
			5	10	6
			10	15	7
			15	20	8
			20	25	9
	>25		10		
Migraciones de peces	Determinación del número de especies que realizan migraciones en el sector	Inexistente	0		0
			1		1
		Local	2		2
			3		3
			1		4
		Regional	2		5
			3		6
			4		7
			5		8
		Supraregional	1		9
>1			10		
Especies acuáticas en peligro de extinción	Especies con amplia distribución				0
	Especies amenazadas o en peligro de extinción				10
Calidad Biológica del agua	Valor del índice BMWPC/Colombia	Muy crítica	<15		0
			16	35	1
		Crítica	36	60	2
			61	70	3
		Dudosa	71	80	4
			81	90	5

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Aspectos Ambientales	Metodología	Descriptor	Rango		Ponderador
		Buena	91	100	6
			101	110	7
			111	120	8
			121	130	9
			>131		10
Transporte fluvial	Ausencia				0
	Presencia	Ocasional			5
		Permanente			10
Modificación del paisaje	Cuenca visual (sumatoria de longitudes en m del cauce con caudales reducidos que se observa desde los diferentes puntos de la cuenca)	Ausente	0		0
		Presente	1	100	1
			100	200	2
			200	300	3
			300	400	4
			400	500	5
			500	600	6
			600	700	7
			700	800	8
			800	900	9
>900		10			
Usos del agua en el trayecto con caudales reducidos	Porcentaje entre la suma de caudales utilizados en relación con el promedio de los caudales ecológicos naturales para cada mes (%)	Ausente	0		0
		Presentes	0	0,1	1
			0,1	0,2	2
			0,2	0,3	3
			0,3	0,4	4
			0,4	0,5	5
			0,5	0,6	6
			0,6	0,7	7
			0,7	0,8	8
			0,8	0,9	9
>0,9		10			

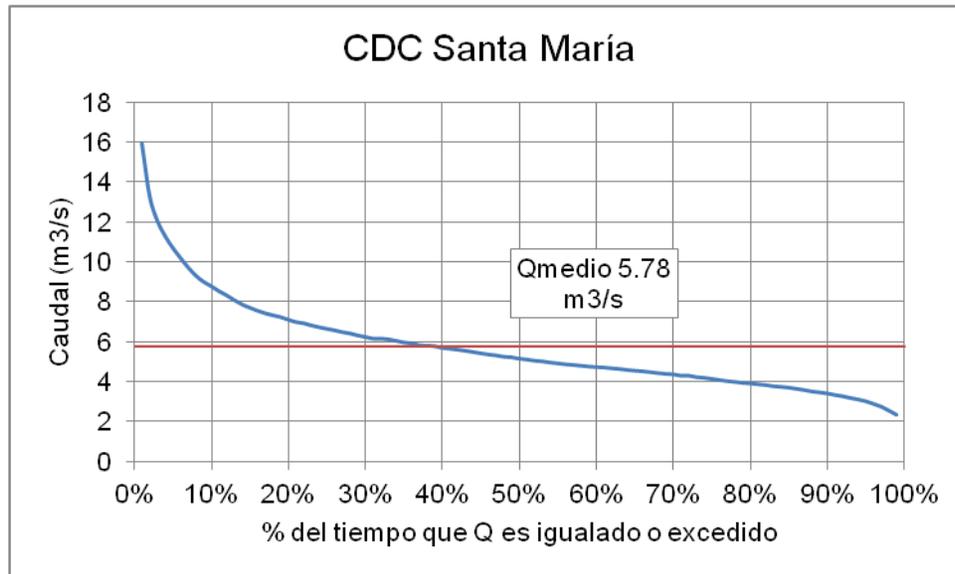
2.3.4 Resultados

Paso 1: Definición de caudal ecológico natural

A partir de las series de caudales medios mensuales de la estación instrumentada, se construyó la curva de duración de caudales (CDC), la cual permite identificar la probabilidad de que un cierto caudal Q, sea igualado o excedido durante un período de un año. De la CDC se pueden obtener los caudales característicos máximo, de sequía y de aguas bajas, que corresponden a los caudales que son igualados o excedidos el 10, 90 y 75% del tiempo, respectivamente. En la Figura 2.29, se presenta la CDC a nivel mensual de la estación Santa María para el periodo 1978-2008. A su vez, en la Tabla 2.17, se presentan los caudales característicos de la corriente.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Figura 2.29 Curva de Duración de Caudales mensuales estación Santa María 1978-2008



Fuente: HMV Ingenieros, 2013

Tabla 2.17 Caudales característicos en la captación de la central Santa María

% tiempo Q es igualado o excedido	10%	50%	75%	90%	95%	98%
Q (m ³ /s)	8,78	5,14	4,13	3,40	3,01	2,33

Fuente: HMV Ingenieros, 2013

Caudal mínimo mensual natural en el sitio de captación

Una vez construida la serie de caudales mínimos en la captación de las dos PCH sobre el río Baché, En la Tabla 2.18 se presenta el caudal mínimo para cada mes del año en captación, para el proyecto Santa María.

Tabla 2.18 Caudal Ecológico Natural (Valor mínimo de caudales mínimos mensuales)

PCH	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Santa María	2.27	2.04	1.63	1.73	1.39	2.36	2.23	2.00	1.62	1.60	1.83	2.40

Fuente: HMV Ingenieros, 2013

Paso 2. Evaluación ambiental multivariable

- Longitud del río con drástica reducción de caudal

Para efectos de definir el caudal de garantía ambiental que se debe respetar en el río Baché se consideró la longitud del caudal que sufrirá la reducción del caudal cuando el proyecto se encuentre en operación. Para la PCH Santa María se ha considerado la longitud desde la captación hasta la descarga sobre el río Baché, bajo este criterio la longitud total

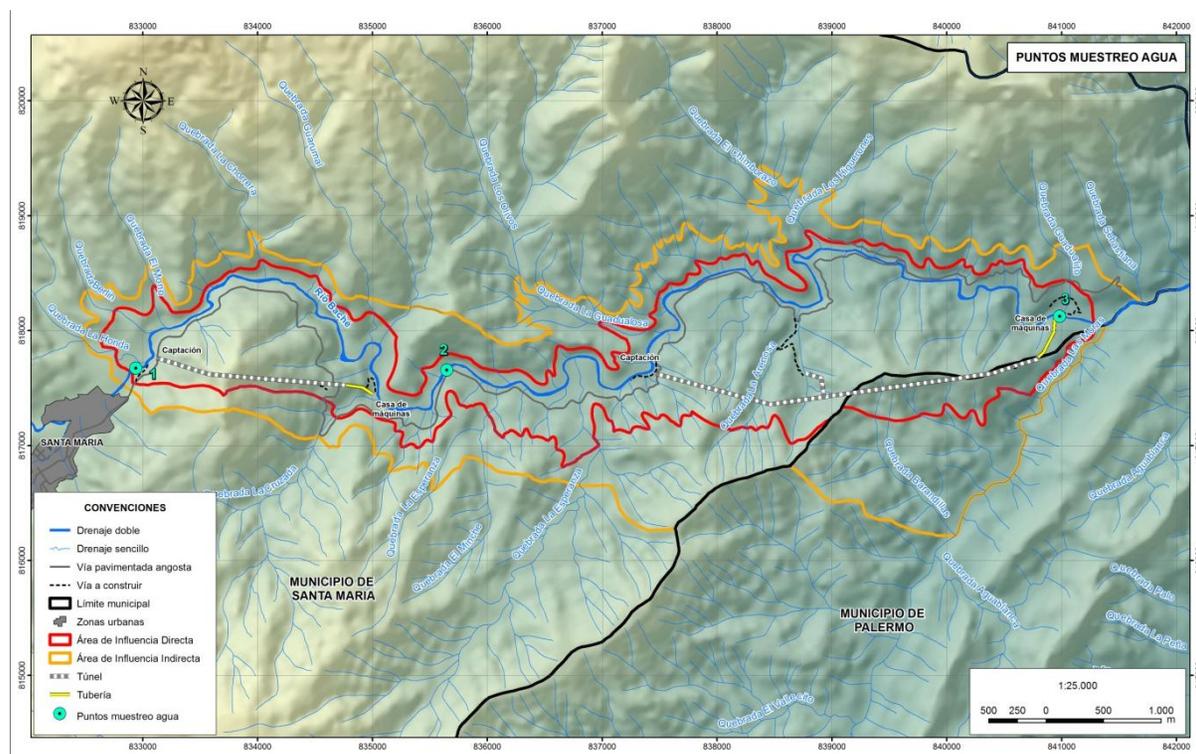
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

para la PCH Santa María es de 3.580 m, la cual corresponde a un valor ponderado en la calificación de cuatro (4).

- Calidad fisicoquímica de las aguas que caracterizan el tramo afectado

Para la caracterización físico-química del río Baché, se realizaron monitoreos en época de verano los días 25 y 26 de febrero y 12 y 14 de marzo de 2013, y para la época de invierno los días 24 y 25 de abril de 2013. Ver Figura 2.30. En el capítulo 3 del EIA, en el numeral 3.2.8 se presentan los resultados de los parámetros físico-químicos para los monitoreos realizados sobre el río Baché y en algunos de sus afluentes, así como la discusión de resultados.

Figura 2.30 Localización de las estaciones de monitoreo sobre el río Baché para la PCH Santa María.



De acuerdo con los resultados y teniendo en cuenta lo expresado en cuanto al índice NSF en la metodología, se obtuvieron los siguientes resultados para las estaciones consideradas para el proyecto PCH Santa María, se utilizaron las Estaciones 1 Antes de captación Santa María y 2 Aguas abajo Captación Santa María. Los valores y resultados para cada una de las estaciones se muestran en la Tabla 2.19 y Tabla 2.20. Los valores con los que se calculó este índice para las dos estaciones corresponden a los resultados de los análisis tomados en las dos épocas del año, verano e invierno.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 2.19 Calidad fisicoquímica del agua Estación 1. Antes de Captación Santa María (Época de verano)

VARIABLE	VALOR DE CAMPO	VALOR RELATIVO (Vi)	Li	Li*Vi
Oxígeno disuelto (mg/l)	9.4	0.17	89.80	15.27
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	30	0.15	59.38	8.91
pH	8.03	0.12	87.00	10.44
DBO (mg/l)	8	0.1	38.80	3.88
Nitratos (mg/l)	0.548	0.1	99.00	9.90
Fosfatos (mg/l)	0.068	0.1	100.00	10.00
Temperatura (oC)	16.6	0.1	5.00	0.50
Turbiedad (UI)	14.6	0.08	68.40	5.47
Sólidos totales (mg/l)	120	0.08	82.40	6.59
Altura (msnm)	1271			
Total		1		70.96
REGULAR CALIDAD				

Tabla 2.20 Calidad fisicoquímica del agua Estación 2. Aguas abajo Captación Santa María (Época de verano)

VARIABLE	VALOR DE CAMPO	VALOR RELATIVO (Vi)	Li	Li*Vi
Oxígeno disuelto (mg/l)	7.8	0.17	83.00	14.11
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	110	0.15	40.00	6.00
pH	7.86	0.12	89.40	10.73
DBO (mg/l)	6	0.1	47.60	4.76
Nitratos (mg/l)	0.427	0.1	100.00	10.00
Fosfatos (mg/l)	0.074	0.1	100.00	10.00
Temperatura (oC)	21.6	0.1	5.00	0.50
Turbiedad (UI)	13.1	0.08	69.80	5.58
Sólidos totales (mg/l)	108	0.08	83.36	6.67
Altura (msnm)	1171			
Total		1		68.35
REGULAR CALIDAD				

Tabla 2.21 Calidad fisicoquímica del agua Estación 1. Antes de Captación Santa María (Época de lluvias)

VARIABLE	VALOR DE CAMPO	VALOR RELATIVO (Vi)	Li	Li*Vi
Oxígeno disuelto (mg/l)	8	0.17	75.80	12.886
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	70	0.15	45.50	6.83
pH	6,7	0.12	83.50	10.02
DBO (mg/l)	2	0.1	80.80	8.080
Nitratos (mg/l)	0,053	0.1	100.00	10.000
Fosfatos (mg/l)	0,055	0.1	100.00	10.000
Temperatura (oC)	17,1	0.1	5.00	0.500

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

VARIABLE	VALOR DE CAMPO	VALOR RELATIVO (Vi)	Li	Li*Vi
Turbiedad (UI)	285	0.08	5.00	0.40
Sólidos totales (mg/l)	420	0.08	43.20	3.46
Altura (msnm)	1271			
Total		1		62.17
REGULAR CALIDAD				

Tabla 2.22 Calidad fisicoquímica del agua Estación 2. Aguas abajo Captación Santa María (Época de lluvias)

VARIABLE	VALOR DE CAMPO	VALOR RELATIVO (Vi)	Li	Li*Vi
Oxígeno disuelto (mg/l)	8.1	0.17	78.60	13.362
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1	0.15	100.00	15.00
pH	7.85	0.12	89.40	10.73
DBO (mg/l)	2	0.1	80.80	8.080
Nitratos (mg/l)	0.168	0.1	100.00	10.000
Fosfatos (mg/l)	0.056	0.1	100.00	10.000
Temperatura (oC)	15.3	0.1	5.00	0.500
Turbiedad (UI)	313	0.08	5.00	0.40
Sólidos totales (mg/l)	430	0.08	41.80	3.34
Altura (msnm)	1171			
Total		1		71.41
BUENA CALIDAD				

Se puede observar para la época de verano, que a medida que se desciende en el trayecto la calidad del río tiene una tendencia a bajar de acuerdo al **Índice de Calidad Físico-Química – NSF**, lo cual es consecuente en estos sistemas donde los diferentes vertimientos y entrada de contaminantes se va acumulando en la medida que el río continua se recorrido y la cantidad de afluentes también es mayor. Según los resultados para la época de lluvias se ve, como el aumento de caudal de los demás tributarios mejora las condiciones del río en el tramo entre descarga y captación, pero en la estación E3, las condiciones de los demás afluentes vuelve a desmejorar la calidad del agua. (Ver capítulo 3, numeral de calidad del agua).

Para efectos de la determinación del caudal de garantía ambiental se establece que de acuerdo con el Índice de Calidad Físico-química –NSF se cuenta con dos calificaciones según la época del año y dos estaciones, para la PCH Santa María se tomaron la calificación de la Estación 1 Antes de captación Santa María y Estación 2 Aguas abajo Captación Santa María, que en promedio para las dos épocas del año suman un puntaje de 68,22 que corresponde a aguas de regular calidad; por lo tanto el valor ponderado es de cinco (5).

- Demanda de agua para la dilución de contaminantes en el sector afectado

Con el fin de asignar la variable correspondiente a la capacidad de dilución que requiere el río por los aportes de aguas de menor calidad y que corresponden a los mayores afluentes en el tramo de reducción del caudal, se consideró el promedio de los resultados de DQO de los principales afluentes en el sector reducido para la central Santa María. Ver Tabla 2.23.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2.23 Resultados de DQO de los principales afluentes en el sector reducido.

Aspecto	Central Santa María	
	Quebrada Guarumal	Quebrada La Honda
DQO (mg O ₂ /l) Verano	<10	14
DQO (mg O ₂ /l) Invierno	<10	<10
Promedio (mg /l)	11	

Para la Central de Santa María se tuvo en cuenta la DBO de las quebradas Guarumal y La Honda San Miguel. Las cuales arrojan un valor promedio de 11 mg/L. Lo cual arroja un valor ponderado de cuatro (4).

- Importancia de la Actividad Pesquera

Tal como se definió en el capítulo 3, en el numeral 3.4.6.2.2. Procesos productivos y tecnológicos, en el municipio en general, no hay pesca, aunque sí lugares para pesca deportiva.

En cuanto a producción piscícola la zona en estudio no es importante frente a la producción departamental, pero se constituye en una fuente de recursos y alimentos en las unidades productivas, con un área de producción de 215.281 m². Se crían principalmente tilapia, mojarra y cachama. Sin embargo se tuvo en cuenta un porcentaje del 0.3% del PIB en la importancia de la actividad pesquera del municipio, con el fin de brindar un mayor valor a este aspecto y no afectar esta actividad de carácter recreativo.

Por lo anterior se considera que a este aspecto ambiental le corresponde un valor ponderado de tres (3) para la central de Santa María.

- Migración de peces

Aunque en el Plan Nacional de Especies Migratorias se menciona una posible migración lateral corta de las especies del género *Trichomycterus* para las poblaciones del río Cauca, esta misma aseveración no se ha podido comprobar para la especie presente en el río Baché, por lo cual, se considera que en el AID no existen especies migratorias, ni en peligro de extinción. De acuerdo a lo anterior la ponderación de esta variable es de cero, (0) para la PCH Santa María.

- Especies acuáticas en peligro de extinción:

De acuerdo con las especies de organismos acuáticos encontrados durante los monitoreos hidrobiológicos o con presencia potencial en la zona no se encuentran reportadas bajo ninguna categoría de amenaza de extinción, por lo tanto la calificación del ponderador para este aspecto ambiental es de cero (0) para la central Santa María.

- Calidad Biológica del agua (Valor del índice BMWP)

A continuación se presentan los resultados de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos monitoreados en las estaciones 1 y 2, utilizadas para este proyecto.

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

Tabla 2.24 Familias de macroinvertebrados identificados en los puntos de muestreo en la captación (1) y en el sitio de descarga (2) de la PCH Santa María, en febrero y marzo de 2013.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	1. Antes captación Santa María	2. Aguas abajo Captación Santa María	BMW P /COL
					IND/m ³	IND/m ²	
ANNELIDA	Clitellata	Hapotaxida	Tubificidae	Morfoespecie 1		16	1
ARTHOPODA	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Gonielmis		27	6
ARTHOPODA	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Phanocerus		1	
ARTHOPODA	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Stenelmis		4	
ARTHOPODA	Insecta	Coleoptera	Psephenidae	Psephenops		1	10
ARTHOPODA	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	Probezzia		1	3
ARTHOPODA	Insecta	Diptera	Chironomidae	Morfoespecie 1*		20	2
ARTHOPODA	Insecta	Diptera	Simuliidae	Simulion		4	8
ARTHOPODA	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes	2	6	7
ARTHOPODA	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	Thraulodes		23	9
ARTHOPODA	Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania		1	10
ARTHOPODA	Insecta	Odonata	Calopterygidae	Hetaerina		1	7
ARTHOPODA	Insecta	Odonata	Gomphidae	Progomphus		1	10
ARTHOPODA	Insecta	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria		5	10
ARTHOPODA	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	Helicopsyche		2	7
ARTHOPODA	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	Leptonema		13	
ARTHOPODA	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	Smicridea		29	
ARTHOPODA	Insecta	Trichoptera	Hydrophilidae	Ochrotrichia	1	3	3
ARTHOPODA	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica		19	8
PLATYHELMINTHES	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	Dugesia		5	7
TOTAL					3	182	108

Fuente: HMV Ingenieros, 2013

Para este caso el índice BMWP/Colombia adoptado por Roldán (2003) es de 108 para la PCH Santa María, lo que corresponde a una calidad biológica de agua “buena” relacionada con aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible. Lo que corresponde a una calificación ponderada de siete (7).

- Importancia del transporte fluvial

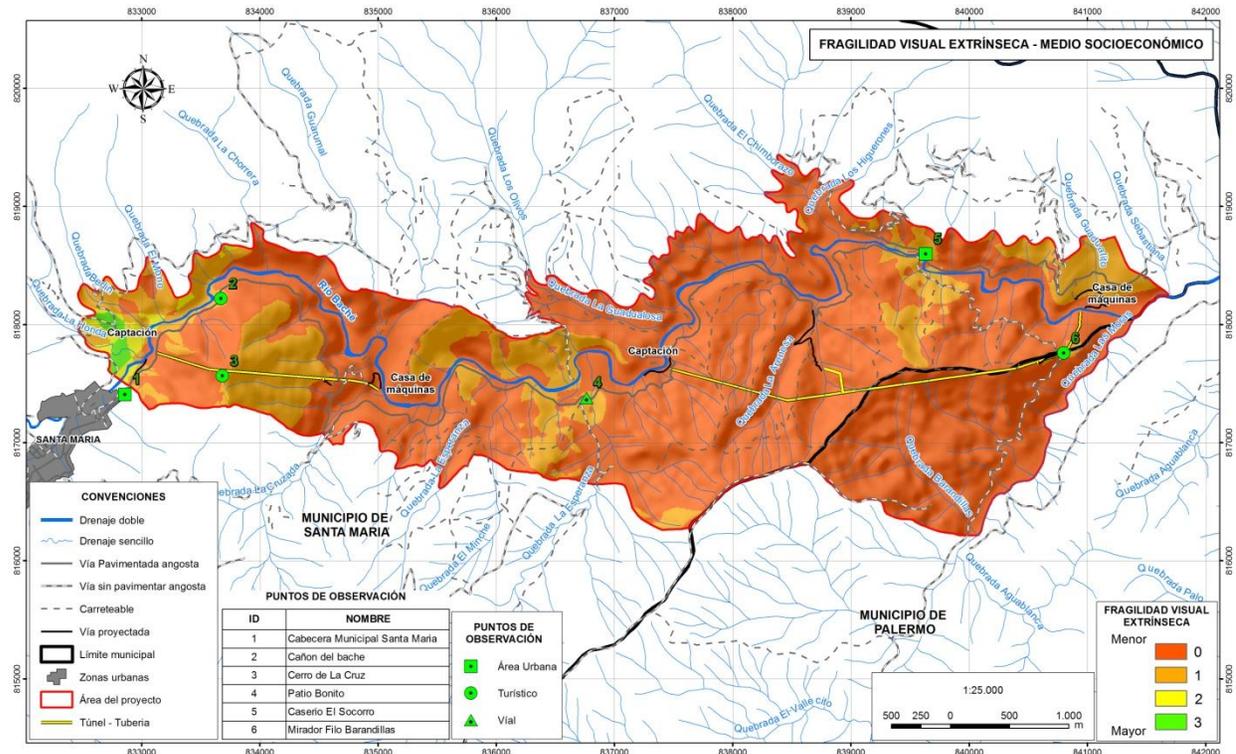
En el tramo afectado no hay actividades de transporte fluvial; por lo tanto, la calificación del ponderador para este aspecto del componente social es cero (0).

- Modificación del paisaje

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Para el análisis de modificación de paisaje se logró a través de la utilización del software especializado Arc View y la herramienta que involucró el análisis espacial de superficies y evaluaciones Viewshed, con el cual se obtuvo el mapa del trayecto de río que tendrá caudales reducidos y que será visible desde los puntos marcados. Para el caso de la PCH Santa María, se tomaron tres puntos de observación, uno desde el área urbana y dos de interés turístico, los cuales se observan en la Figura 2.31.

Figura 2.31 Fragilidad visual extrínseca



Para la fragilidad visual extrínseca, teniendo en cuenta los cuatro puntos de observación seleccionados, (1, 2, 3 y 4) se encuentra que la mayor parte del paisaje presenta una fragilidad reducida, implicando ello que la mayoría del paisaje comprendido dentro del área de influencia del Proyecto es de nula o baja visibilidad. Contrasta lo anterior, con la visual obtenida desde el centro urbano de Santa María, para un sector ubicado en sus proximidades (fragilidad visual extrínseca 3, Figura 3.38). Desde este punto de observación hacia el paisaje restante comprendido por el Proyecto se tiene igualmente una baja y nula visibilidad.

Respecto al tramo del río con caudal reducido se midieron las longitudes según la fragilidad visual de estas, las cuales se encuentran en el rango de 0 a 3, siendo 0, fragilidad visual menor y 3 mayor, los resultados se presentan en la Tabla 2.25.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tabla 2.26 Concesiones de agua tramitadas en el municipio de Santa María

ID	Fecha	Asunto	Negocio	Razón social	Apellidos	Vereda	Fuente hídrica	ESTE	NORTE	Tipo
1	19/06/08	PCA	AGRICOLA	JOSE JOAQUIN	CHIMBACO TRUJILLO	CISNE ALTO	NACIMIENTO	829,045	813,232	Predio
2	8/12/2010	PCA	DOMESTICO	DIUVICELDA	TORRES VARGAS	SANTA LIBRADA	Q. SAN ISIDRO	827,266	812,232	Predio
3	9/20/2010	PCA	AGROPECUARIO	MIGUEL y OTROS	CABRERA SALAZAR	SANTA LIBRADA	Q. SAN ISIDRO	827,134	812,524	Predio
4	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	CARLOS ARTURO	MENESES VELANDIA	EL CISNE	NACIMIENTO EL VENADO	829,045	813,232	Predio
5	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	ORLANDO	MONTILLA RAYO	LA MARÍA	Q. SIN NOMBRE	827,883	815,184	Predio
6	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	LUIS ARLEY	RODRGUEZ OSPINA	EL BACHE	Q. EL CONSUELO	824,548	817,911	Predio
7	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	JELMER	CORRECHA CANACUE	LA ESPERANZA	NACIMIENTO EL CHIMBE	835,485	817,087	Predio
8	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	HILDA	CENTENO MANRIQUE	EL BACHE	NACIMIENTO EL BARUGO	824,548	817,911	Predio
9	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	JAVIER	TRUJILLO CABRERA	EL BACHE	Q. EL CEDRO	824,548	817,911	Predio
10	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	MILLER	SARMIENTO MURCIA	CANAAN	NACIMIENTO SIN NOMBRE	829,945	823,621	Predio
11	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	JOSE JOAQUIN	CARDOZO TRUJILLO	BUENAVISTA	NACIMIENTO LA TUMBA	834,710	819,787	Predio
12	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	JOSE ALIRIO	PEREZ TRUJILLO	SANTA LUCIA	NACIMIENTO SIN NOMBRE	828,756	818,580	Predio
13	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	JAIRO	CERQUERA LAGUNA	SANTA LUCIA	NACIMIENTO EL ENCANTO	828,756	818,580	Predio
14	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	SANTIAGO	CRUZ GAONA	LA MARÍA	NACIMIENTO SIN NOMBRE	827,599	819,822	Predio
15	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	TITO ALBEIRO	PULIDO OSORIO	BUENAVISTA	NACIMIENTO LAS PEÑAS	834,710	819,787	Predio
16	10/4/2010	PCA	INDUSTRIAL	BENICIO	DIAZ DELGADO	SAN JOAQUIN	NACIMIENTO SIN NOMBRE	826,765	813,615	Predio
17	5/16/2011	PCA	AGRICOLA	SEVERIANO	PEREZ ESQUIVEL	LA ESPERANZA	Q LA ESPERANZA	835,485	817,087	Predio



PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA

Doc.: 2600-01-EV-RP-001-02

Rev. No.: 0

2013-10-15

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ID	Fecha	Asunto	Negocio	Razón social	Apellidos	Vereda	Fuente hídrica	ESTE	NORTE	Tipo
18	9/8/2011	PCA		LEONARDO	FARFAN VARGAS	EL VERGEL	QUEBRADA MIRADOR	830,275	817,314	Predio
19	11/29/2011	PCA	DOMESTICO			REGIONAL	Q LA ESPERANZA	830,275	817,314	Predio
20	19/06/08	PCA	AGRICOLA	JOSE JOAQUIN	CHIMBACO TRUJILLO	CISNE ALTO	NACIMIENTO	829,045	813,232	Captación
21	8/12/2010	PCA	DOMESTICO	DIUVICELDA	TORRES VARGAS	SANTA LIBRADA	Q. SAN ISIDRO	827,266	812,232	Captación
22	9/20/2010	PCA	AGROPECUARIO	MIGUEL y OTROS	CABRERA SALAZAR	SANTA LIBRADA	Q. SAN ISIDRO	827,134	812,524	Captación

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Tal como se observa en la Figura 2.32 y en la Tabla 2.26, sobre el río Baché no hay registro de ninguna concesión de aguas, que se ubique entre la captación y descarga de ninguna de las PCH Santa María. Teniendo en cuenta la información suministrada por Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, y teniendo en cuenta que los únicos usos que le da la población al río Baché están asociados a la ganadería no extensiva, por lo que se estimó un consumo de agua para uso pecuario de 3,5 l/s. De acuerdo con esto, el valor ponderado para este aspecto ambiental es de tres (3), para las dos centrales.

En la Tabla 2.27 PCH Santa María se presenta el resumen de las calificaciones para cada variable ambiental.

Tabla 2.27 Calificación de las variables ambientales para la determinación del caudal de garantía ambiental de la PCH Santa María.

ASPECTOS AMBIENTALES	METODOLOGÍA	DESCRIPTOR	RANGO		PONDERADOR	RESULTADO
Longitud de cauce con caudales drásticamente reducidos	Medición cartográfica y curva de acumulación de caudales	km	0		0	4
			1		1	
			2		2	
			3		3	
			4		4	
			5		5	
			6		6	
			7		7	
			8		8	
			9		9	
			>9		10	
Calidad del agua del río	Índice de calidad del agua NSF	Excelente	91	100	10	5
		Buena	86	90	9	
			81	85	8	
			76	80	7	
			71	75	6	
			66	70	5	
		Regular	61	65	4	
			56	60	3	
			51	55	2	
		Mala	26	50	1	
		Pésima	0	25	0	
Requerimiento de agua para dilución de carga	Determinación de la demanda	mg/l	1	5	0	4
			5	7	1	

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ASPECTOS AMBIENTALES	METODOLOGÍA	DESCRIPTOR	RANGO		PONDERADOR	RESULTADO	
contaminante que ingresa en el sector afectado	química de oxígeno DQO en mg/l		7	9	2		
			9	11	3		
			11	13	4		
			13	15	5		
			15	16	6		
			16	17	7		
			17	18	8		
			18	19	9		
			>19		10		
Importancia de la actividad pesquera	Porcentaje de participación del sector pesquero en el producto interno del municipio	Promedio de los porcentajes de cada municipio (si existen varios)	0		0	3	
			0	1	1		
			1	2	2		
			2	3	3		
			3	4	4		
			4	5	5		
			5	10	6		
			10	15	7		
			15	20	8		
			20	25	9		
>25		10					
Migraciones de peces	Determinación del número de especies que realizan migraciones en el sector	Inexistente	0		0	0	
			Local	1			1
				2			2
		3			3		
		Regional	1		4		
			2		5		
			3		6		
			4		7		
		Supraregional	5		8		
			1		9		
>1			10				
Especies acuáticas en peligro de extinción	Especies con amplia distribución		0		0		
	Especies amenazadas o en peligro de extinción		10				

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ASPECTOS AMBIENTALES	METODOLOGÍA	DESCRIPTOR	RANGO		PONDERADOR	RESULTADO
Calidad Biológica del agua	Valor del índice BMWP/Colombiana	Muy critica	<15		0	7
		Critica	16	35	1	
		Dudosa	36	60	2	
		Aceptable	61	70	3	
			71	80	4	
			81	90	5	
			91	100	6	
		Buena	101	110	7	
			111	120	8	
		Muy buena	121	130	9	
>131			10			
Transporte fluvial	Ausencia			0	0	
	Presencia	Ocasional		5		
		Permanente		10		
Modificación del paisaje	Cuenca visual (sumatoria de longitudes en m del cauce con caudales reducidos que se observa desde los diferentes puntos de la cuenca)	Ausente	0		0	9
		Presente	1	100	1	
			100	200	2	
			200	300	3	
			300	400	4	
			400	500	5	
			500	600	6	
			600	700	7	
			700	800	8	
			800	900	9	
>900		10				
Usos del agua en el trayecto con caudales reducidos	Porcentaje entre la suma de caudales utilizados en relación con el promedio de los caudales ecológicos naturales para cada mes (%)	Ausente	0		0	3
		Presentes	0	0,1	1	
			0,1	0,2	2	
			0,2	0,3	3	
			0,3	0,4	4	
			0,4	0,5	5	
			0,5	0,6	6	
			0,6	0,7	7	

	PCH EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BACHÉ, HUILA, MUNICIPIO DE SANTA MARÍA, DENOMINADA SANTA MARÍA	Doc.: 2600-00-EV-RP-001-02	
		Rev. No.: 0	2013-10-15
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL			

ASPECTOS AMBIENTALES	METODOLOGÍA	DESCRIPTOR	RANGO		PONDERADOR	RESULTADO
			0,7	0,8	8	
			0,8	0,9	9	
			>0,9		10	
					TOTAL	33

Paso 3. Determinación del caudal de garantía Ambiental

La sumatoria de los resultados obtenidos para las variables correspondientes a los aspectos físicos, biológicos y sociales, que califican ambientalmente el sector del cauce alterado es de 33 para la PCH Santa María, lo cual se traduce en que el caudal de garantía ambiental deber ser de 33% para la PCH Santa María, del caudal ecológico natural, que corresponde a los caudales mínimos obtenidos para el sitio de captación entre los años 1978-2008 (n=30).

Se puede considerar que el rango de años para los cuales se cuenta con información (n=30 años) es suficiente para tener una buena representatividad del comportamiento natural del río por lo tanto de acuerdo al comportamiento observado los meses más críticos están entre enero a marzo y agosto a septiembre, en los otros meses se puede esperar caudales suficientes para garantizar la generación de energía y caudales por encima del caudal de Garantía Ambiental. Ver Tabla 2.28.

Tabla 2.28 Calificación de las variables ambientales para la determinación del caudal de garantía ambiental de la PCH Santa María

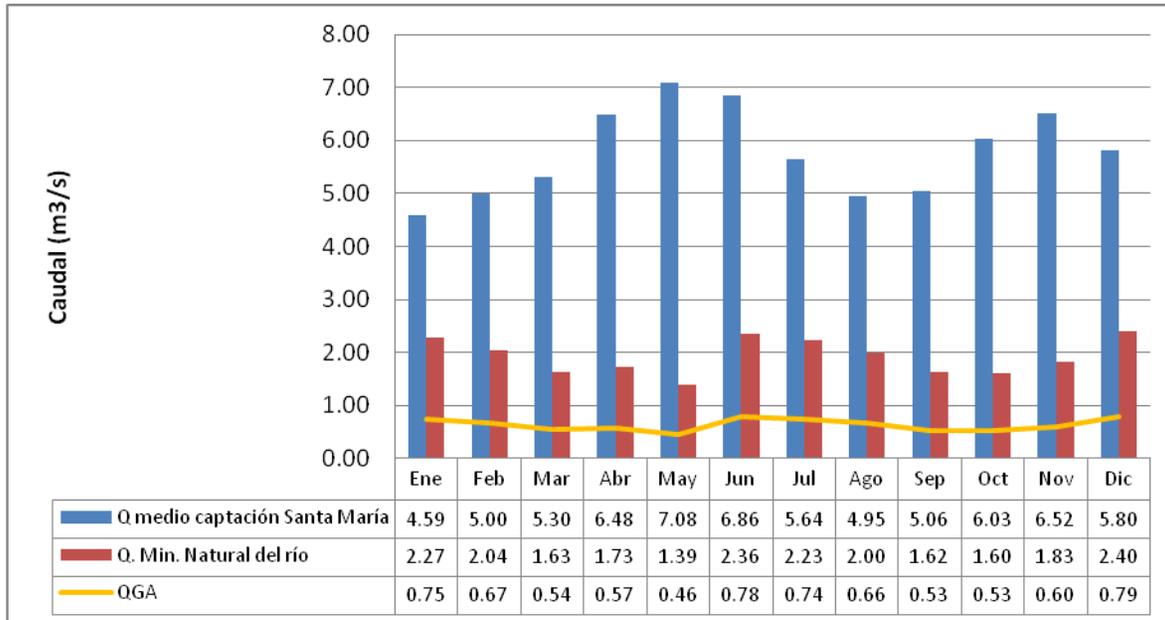
CAUDAL DE GARANTIA AMBIENTAL GRECO												
RÍO BACHE PCH SANTA MARÍA												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Q ecológico natural ₃ (m ³ /s)	2.27	2.04	1.63	1.73	1.39	2.36	2.23	2.00	1.62	1.60	1.83	2.40
Calificación GRECO 2004	0,33											
QGA ₃ GRECO (m ³ /s)	0.75	0.67	0.54	0.57	0.46	0.78	0.74	0.66	0.53	0.53	0.60	0.79

Fuente: HMV Ingenieros, 2013

Como se puede observar, en la Figura 2.33, PCH Santa María, el caudal de Garantía Ambiental presenta valores entre 0,46 y 0,78 m³/s.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Figura 2.33 Caudales río Bache PCH Santa María



Fuente: HMV Ingenieros, 2012

La definición del Caudal de Garantía Ambiental según Davis y Hirji (1999) y adoptada por la metodología de Empresas Públicas de Medellín (Grecco A., 2004) corresponde con la definición de caudal ecológico de la Resolución 865 de 2004 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Es decir que cuando se habla de Caudal de Garantía Ambiental, igualmente se habla de caudal ecológico y viceversa, por lo tanto caudal de garantía ambiental y caudal ecológico no deben ser tratados como conceptos diferentes.

La curva del caudal de garantía ambiental presenta un comportamiento similar en relación con el comportamiento observado a través de los reportes multianuales, lo cual estaría asegurando que el caudal de garantía ambiental presentará un comportamiento que refleja los cambios y ciclos naturales del río.

Como se ha identificado anteriormente, en enero y agosto pueden ser meses en que es posible que se disminuya la capacidad de generación de energía eléctrica, pero que no comprometerán las condiciones ecológicas del río ya que el caudal de garantía ambiental será siempre respetado. Sin embargo, se puede concluir que la probabilidad de que esto ocurra es baja y se presente de manera concentrada específicamente en los meses de enero, agosto y septiembre.

2.3.5 CONCLUSIONES

Es importante tener en cuenta que de acuerdo con el análisis realizado, el río Baché presenta las siguientes características que determinan que la necesidad de caudales para que el mantenimiento de las condiciones ambientales actuales sea baja:

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

- En el trayecto del río afectado no se presentan usos del agua sobre esta corriente para captaciones de acueductos, ni uso doméstico, industrial o de riego.
- No se presenta ninguna especie acuática amenazada, que migre o se encuentre en vía de extinción.
- Lo observado en campo y lo reportado por los pobladores (en el caso de la fauna íctica), está reflejando que no hay comunidades hidrobiológicas biodiversas y/o con abundancia de individuos que puedan verse sensiblemente afectadas por la reducción en el caudal.
- Relacionado con lo anterior, no se reporta la presencia de especies ícticas en algún grado de amenaza de acuerdo a los criterios de la IUCN, ni tampoco existen especies que realicen migraciones regionales que puedan verse afectadas y cuyo impacto pueda verse reflejado en contextos espaciales amplios.
- La demanda de agua para la dilución de contaminantes en el tramo afectado es media, teniendo en cuenta el promedio de los aportes (DQO) de las quebradas monitoreadas, el cual fue de 11 mg/l para la central Santa María, que refleja que aunque hay presencia de contaminación en estas corrientes, la carga es moderada.
- La dirección del flujo de las aguas subterráneas determina que los acuíferos se recargan por medio de la precipitación y no por medio del caudal que transcurre por el río, es decir que los acuíferos no se verán afectados por una disminución en el caudal del río.

Muy diferente sería el caso en que se presentaran otras características respecto a los usos del agua en el trayecto (pesca comercial, especies amenazadas, demanda para dilución de contaminantes, recarga de acuíferos a partir del caudal del río, etc.) para lo cual se tendría que ser muy restrictivo en el caudal de garantía ambiental, determinando valores mucho más altos para poder garantizar el mantenimiento de las condiciones y funciones ambientales, aunque se actúe en detrimento de la factibilidad operativa y financiera del proyecto. Sin embargo, este no es el caso, por los elementos anteriormente mencionados.

Como se mencionó anteriormente, la metodología de Empresas Públicas de Medellín (Grecco A., 2004), representa un marco de análisis detallado, riguroso, integral y multivariable, que evalúa por medio de diez variables ambientales y sociales los aspectos más relevantes que pueden resultar afectados por las variaciones artificiales del caudal que se producen por la captación de agua por parte del proyecto para la generación de energía.

De esta forma, mediante la aplicación de la metodología de EPM se busca que los impactos que se producen, como la pérdida del hábitat, alteración del régimen fluvial, alteración del paisaje, afectación de los usos del agua, sean mitigados, controlados y/o reducidos y que se garantice la integridad del sistema en sus dimensiones físicas, bióticas y sociales.

En relación con lo anterior, se considera que el caudal de garantía ambiental obtenido por medio de la metodología de EPM es adecuado para asegurar la protección del recurso hídrico y las condiciones de vida existentes en el río Baché y sus relaciones con los elementos bióticos y abióticos del medio, sin afectar por su parte la capacidad de generación del proyecto y por consiguiente su viabilidad ambiental.