

TABLA DE CONTENIDO

1	GENERALIDADES	5
1.1	ANTECEDENTES	5
1.2	LOCALIZACIÓN	6
1.3	ALCANCE	11
1.4	MARCO NORMATIVO	11
1.5	ORGANIZACIÓN Y RESPONSABLES DEL PROGRAMA	13
2	INFORMACIÓN GENERAL	14
2.1	CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	14
2.1.1	CLASIFICACIÓN HIDROGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE CAPTACIÓN PARA EL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA – APE COR-15	15
2.1.2	Identificación de los puntos de captación de agua superficial	16
2.2	CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	18
2.2.1	LOCALIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LOS PUNTOS DE CAPTACIÓN PARA EL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA – APE COR-15	18
2.2.2	Identificación de los puntos de captación de agua subterránea	27
3	DIAGNÓSTICO	30
3.1	LÍNEA BASE DE OFERTA DE AGUA SUPERFICIAL	30
3.1.1	Régimen hidrológico para los puntos de captación de agua superficial	30
3.1.2	Caudal disponible en el río Chicamocha e índice de escasez	42
3.1.3	Usos y usuarios del agua superficial	44
3.1.4	Conflictos por uso del recurso hídrico superficial	47
3.2	LÍNEA BASE DE OFERTA DE AGUA SUBTERRÁNEA	47
3.2.1	Régimen de recarga para las unidades hidrogeológicas con puntos de captación de agua subterránea	47
3.2.2	Usos y usuarios del agua subterránea	48
3.2.3	Conflictos por uso del recurso hídrico subterráneo	50
3.3	OTRAS FORMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA EL PROYECTO	50
3.4	LÍNEA BASE DE DEMANDA DE AGUA	50
3.4.1	Usuarios del sistema	50
3.4.2	Requerimientos de agua del proyecto	52

3.4.3	Proyección de demanda anual.....	53
3.4.4	Sistema y método de medición del caudal utilizado en la actividad	53
3.4.5	Balance de masa.....	56
3.4.6	Proporción de pérdidas	58
4	OBJETIVOS	58
4.1	OBJETIVO GENERAL	58
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	58
5	PLAN DE ACCIÓN.....	58
5.1	Estrategia 1: Inducción y presentación del programa	59
5.2	Estrategia 2: Uso y ahorro de agua.....	60
5.3	Estrategia 3: Reúso	60
5.4	Estrategia 4: Inspección y detección de fugas	61
5.5	Estrategia 5: Mantenimiento preventivo	62
6	CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO PARA LA EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PUEAA	63
7	ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PUEAA.....	64
7.1	Evaluación	64
7.2	Seguimiento.....	64

INDICE DE TABLAS

TABLA 1-1 PROYECTOS DE HIDROCARBUROS ASIGNADOS POR LA ANH QUE SE ENCUENTRAN EN INMEDIACIONES DEL BLOQUE E&P COR-15	6
TABLA 1-2 COORDENADAS DE LOS VÉRTICES APE COR-15	8
TABLA 1-3 MARCO NORMATIVO RELACIONADO CON EL USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO.....	11
TABLA 1-4 SISTEMA GERENCIAL DE GESTIÓN AMBIENTAL MAUREL & PROM COLOMBIA B.V.	13
TABLA 2-1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO DENTRO DE LA ZONIFICACIÓN HIDROGRÁFICA NACIONAL Y REGIONAL	15
TABLA 2-2 CORRIENTES DE AGUA PROPUESTAS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES EN EL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA COR 15	17
TABLA 2-3 INTERPRETACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA LTE-2.	19
TABLA 2-4 INTERPRETACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA LTE-15	21
TABLA 2-5 INTERPRETACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA LTE-18	22
TABLA 2-6 INTERPRETACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA LTE-27	23
TABLA 2-7 INTERPRETACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA LTE-28	24
TABLA 2-8 INTERPRETACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA LTE-29	25
TABLA 2-9 INTERPRETACIÓN DE LA TOMOGRAFÍA LTE-33	27
TABLA 2-10 LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS PROYECTADOS PARA PERFORAR UN POZO Y REALIZAR APROVECHAMIENTO	27
TABLA 3-1 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PARA AJUSTE DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA	32
TABLA 3-2 RESULTADOS TIEMPO DE CONCENTRACIÓN POR CUENCA HIDROGRÁFICA.....	35
TABLA 3-3 CAUDALES MEDIOS MENSUALES MULTIANUALES ESTIMADOS CAPTACIÓN 1 (M3/s)	35
TABLA 3-4 CAUDALES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO ESTIMADOS CAPTACIÓN 1 (M3/s)	37
TABLA 3-5 CAUDALES MEDIOS MENSUALES MULTIANUALES ESTIMADOS CAPTACIÓN 2.....	39
TABLA 3-6 CAUDALES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO ESTIMADOS CAPTACIÓN 2 (M3/s)	40
TABLA 3-7 ESCALA DE VALORACIÓN ÍNDICE DE ESCASEZ	43
TABLA 3-8 ÍNDICE DE ESCASEZ DE AGUA PARA EL RÍO CHICAMOCHA	43
TABLA 3-9 RELACIÓN DE CONCESIONES DE AGUA OTORGADAS POR CORPOBOYACA EN EL ÁREA DE INTERÉS	45
TABLA 3-10 USOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA IDENTIFICADOS CON EL INVENTARIO POR TIPO DE PUNTO DE AGUA	49
TABLA 3-11 USOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA IDENTIFICADOS CON EL INVENTARIO POR UNIDAD GEOLÓGICA CAPTADA	49
TABLA 3-12 ESTIMATIVO DE PERSONAL PARA LA ETAPA DE DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO.....	50
TABLA 3-13 PERSONAL REQUERIDO PARA ACTIVIDADES DE PERFORACIÓN.....	51
TABLA 3-14 ESTIMATIVO DE PERSONAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CADA LOCACIÓN, FACILIDADES, ESTACIONES Y VÍAS DE ACCESO.....	52
TABLA 3-15 RESUMEN DEL PERSONAL REQUERIDO POR EL PROYECTO EN CADA ETAPA	52
TABLA 3-16 CAUDAL DE AGUA REQUERIDOS POR EL PROYECTO	52
TABLA 3-17 BALANCE DE MASA DEL SISTEMA DE AGUA.....	58
TABLA 6-1 CRONOGRAMA DEL PUEAA	64
TABLA 6-2 PRESUPUESTO DEL PUEAA	64

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1 CONTRATO E&P COR-15 Y ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA COR-15	5
FIGURA 1-2 BLOQUES ALEDAÑOS AL BLOQUE COR-15.....	6
FIGURA 1-3 LOCALIZACIÓN GENERAL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA (APE) COR-15.....	7
FIGURA 1-4 CONTRATO E&P COR-15 Y ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA COR-15	8
FIGURA 1-5 DIVISIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA DE LAS UNIDADES TERRITORIALES MENORES (VEREDAS) Y MAYORES (MUNICIPIOS QUE SE UBICAN DENTRO DEL APE COR-15.....	10
FIGURA 1-6 ESTRUCTURA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO APE COR-15.....	13
FIGURA 2-1 UBICACIÓN DE PUNTOS SOLICITADOS CAPTACIÓN DEL APE COR 15	18
FIGURA 2-2 PERFIL GEOELÉCTRICO LTE-2.....	19
FIGURA 2-3 PERFIL GEOELÉCTRICO LTE-15.....	20
FIGURA 2-4 PERFIL GEOELÉCTRICO LTE-18.....	22
FIGURA 2-5 PERFIL GEOELÉCTRICO LTE-27	23
FIGURA 2-6 PERFIL GEOELÉCTRICO LTE-28.....	24
FIGURA 2-7 PERFIL GEOELÉCTRICO LTE-29.....	25
FIGURA 2-8 PERFIL GEOELÉCTRICO LTE-33.....	26
FIGURA 2-9 DISTRIBUCIÓN DE LOS SITIOS PROPUESTOS PAR AL PERFORACIÓN DEL POZO DE AGUA	29
FIGURA 3-1 CAUDALES MEDIO MENSUALES MULTIANUALES ESTIMADOS CAPTACIÓN 1	36
FIGURA 3-2 CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES CAPTACIÓN 1	36
FIGURA 3-3 TOPO-BATIMETRÍAS SECCIÓN TRASVERSAL CAPTACIÓN 1	38
FIGURA 3-4 CAUDALES MEDIO MENSUALES MULTIANUALES ESTIMADOS CAPTACIÓN 2	39
FIGURA 3-5 CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES CAPTACIÓN 2	40
FIGURA 3-6 TOPO-BATIMETRÍAS SECCIÓN TRASVERSAL CAPTACIÓN 2	41
FIGURA 3-7 RECARGA CALCULADA A PARTIR DE BALANCE HÍDRICO DE SUELOS.....	48
FIGURA 3-8 SISTEMA DE CAPTACIÓN DIRECTA DESDE CARROTANQUE	54
FIGURA 3-9 PLACA PARA LA INSTALACIÓN DE MOTOBOMBA PARA CAPTACIÓN DE AGUA	55
FIGURA 3-10 PREDISEÑO DEL POZO.....	56
FIGURA 3-11 DIAGRAMA DE PROPORCIONES DE FLUJOS DE AGUA ESPERADOS EN EL PROYECTO APE COR- 15	57

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 3-1 LOCALIZACIÓN DEL PUNTO DE CAPTACIÓN 1 SOBRE EL RÍO CHICAMOCHA	38
FOTOGRAFÍA 3-2 VÍA DE ACCESO AL PUNTO DE CAPTACIÓN 1 SOBRE EL RÍO CHICAMOCHA	38
FOTOGRAFÍA 3-3 LOCALIZACIÓN DEL PUNTO DE CAPTACIÓN 2 SOBRE EL RÍO CHICAMOCHA	42
FOTOGRAFÍA 3-4 PANORÁMICA VÍA DE ACCESO AL PUNTO DE CAPTACIÓN 1 SOBRE EL RÍO CHICAMOCHA	42

1 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El Área de Perforación Exploratoria COR-15 tiene una extensión total de 9.397 ha y forma parte de la superficie del contrato E&P COR-15, suscrito para exploración y producción de hidrocarburos convencionales con la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, el cual se presenta en la **Figura 1-1**.

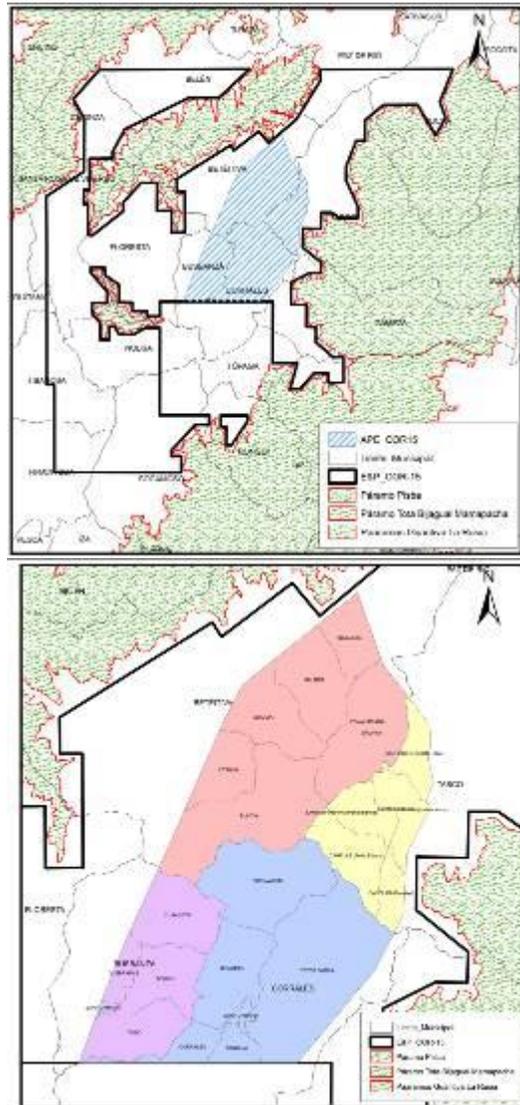


Figura 1-1 Contrato E&P COR-15 y Área de Perforación Exploratoria COR-15
Fuente: Grupo SIG EIA COR-15- INCITEMA, 2019

El bloque de perforación exploratoria COR-15 se encuentra inmerso en la cuenca sedimentaria Cordillera Oriental que cruza el departamento de Boyacá y colinda con los bloques COR-24, Muisca y Buenavista este último actualmente se encuentra en producción principalmente de gas. (Ver **Figura 1-2** y **Tabla 1-1**).



Figura 1-2 Bloques aledaños al Bloque COR-15
Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

Tabla 1-1 Proyectos de Hidrocarburos asignados por la ANH que se encuentran en inmediaciones del Bloque E&P COR-15

ID	BLOQUE	OPERADORA	CUENCA	TIPO DE ÁREA
0370	COR-15	Maurel & Prom Colombia B.V.	COR	Exploración
0071	Buenavista	Omega Energy	COR	Área de explotación Bolívar
0071	Buenavista	Omega Energy	COR	Área de explotación Corrales
258	COR-24	Frontera Energy	COR	Área en Evaluación Técnica

Fuente: ANH, 2019

1.2 LOCALIZACIÓN

El Área de Perforación Exploratoria - APE COR-15, se encuentra ubicada en el departamento de Boyacá, en los municipios de Betétiva, Busbanzá, Corrales y Tasco, en jurisdicción ambiental de la Corporación Autónoma Regional de Boyacá -CORPOBOYACÁ-. La ubicación geográfica del APE COR-15 se presenta en la **Figura 1-3** y en el **Anexo Cartográfico Mapa 001 Localización APE COR-15**.

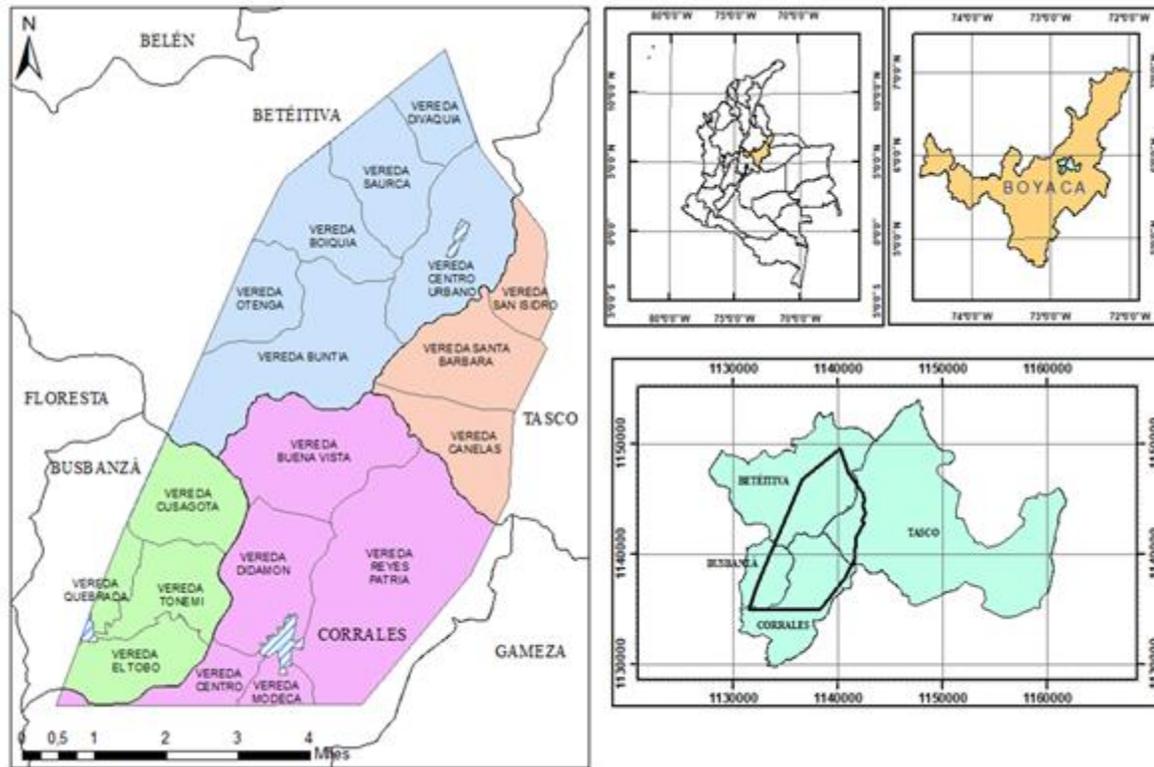


Figura 1-3 Localización General Área de Perforación Exploratoria (APE) COR-15

Fuente: Grupo SIG EIA COR-15- INCITEMA, 2019

El Área de Perforación Exploratoria COR-15 tiene una extensión total de 9.397 ha y forma parte de la superficie del contrato E&P COR-15, suscrito para exploración y producción de hidrocarburos convencionales con la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, el cual se presenta en la **Figura 1-4** y cuya copia del Contrato se presenta en el **Anexo 1**.

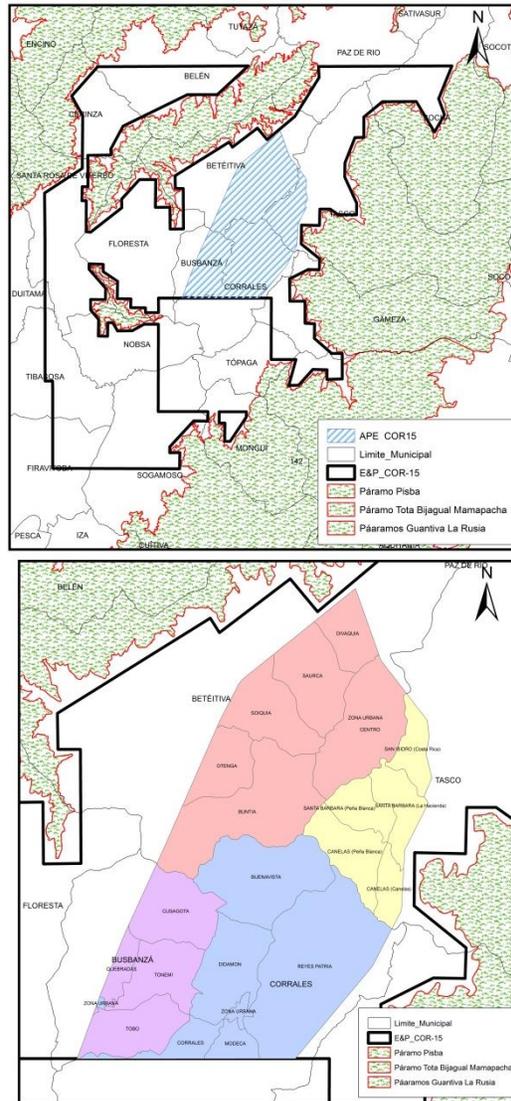


Figura 1-4 Contrato E&P COR-15 y Área de Perforación Exploratoria COR-15
Fuente: Grupo SIG EIA COR-15- INCITEMA, 2019

Las coordenadas Magna Sirgas origen Bogotá del polígono del APE COR-15 se presentan en la **Tabla 1-2**.

Tabla 1-2 Coordenadas de los vértices APE COR-15

ID	ESTE [m]	NORTE [m]
1	1138293.275	1134994.181
2	1131472.148	1134987.758
3	1132213.552	1137027.615
4	1132961.002	1138886.317
5	1134266.112	1141738.232
6	1135937.57	1145540.601

ID	ESTE [m]	NORTE [m]
7	1136513.04	1146651.853
8	1136620.493	1146801.384
9	1140170.912	1149648.265
10	1140964.663	1147412.532
11	1142414.394	1145538.119
12	1142470.963	1145031.504
13	1142378.087	1144464.516
14	1142561.576	1143747.123
15	1142314.627	1143164.466
16	1142450.527	1142960.421
17	1141712.113	1141499.082
18	1141606.279	1139613.922
19	1140706.694	1137874.284

Fuente: UPTC – INCITEMA, 2019

La distribución política administrativa del APE COR-15 se presenta en la **Figura 1-5**.

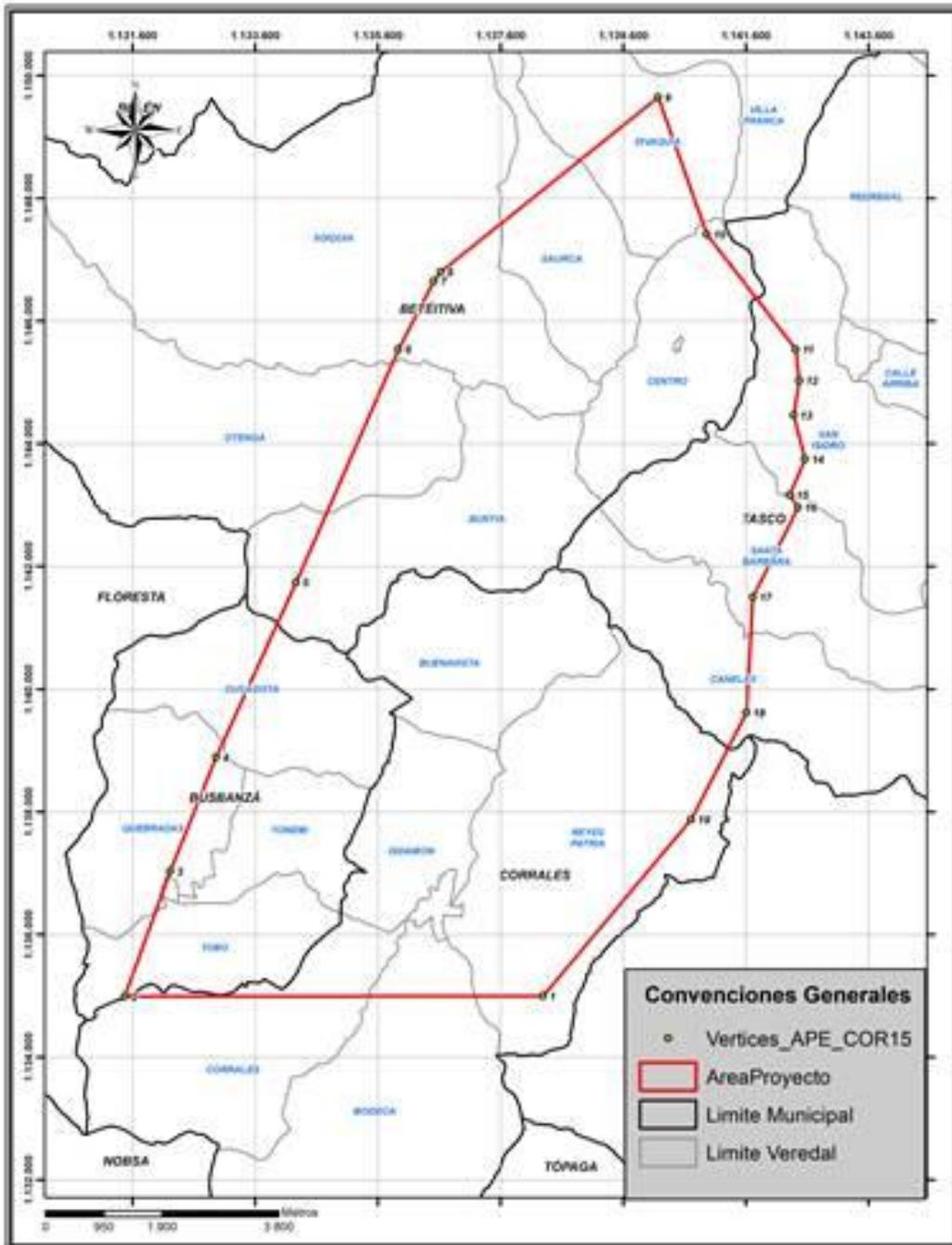


Figura 1-5 División político-administrativa de las unidades territoriales menores (veredas) y mayores (municipios que se ubican dentro del APE COR-15
Fuente: UPTC - INCITEMA, 2019

1.3 ALCANCE

El presente Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua – PUEAA se concibe como un instrumento que propende por el cumplimiento de la normatividad ambiental de la República de Colombia, los objetivos y metas de las políticas ambientales y de sostenibilidad de la compañía Maurel & Prom Colombia B.V., engranados con los intereses de las diversas instituciones, entidades, autoridades y actores del territorio, en materia del aprovechamiento eficiente y sostenible del recurso hídrico.

El programa contempla la definición de estrategias, líneas de acción, operaciones y procesos técnicos y administrativos que serán realizados por Maurel & Prom Colombia B.V. y todos sus contratistas en las actividades del proyecto de Exploración COR-15 que propendan por el uso eficiente y ahorro del recurso hídrico.

1.4 MARCO NORMATIVO

El marco normativo relacionado con los Programas de Uso Eficiente y Ahorro de Agua – PUEAA para el proyecto Exploratorio COR-15 se presenta en la **Tabla 1-3**.

Tabla 1-3 Marco Normativo Relacionado Con El Uso Eficiente Del Recurso Hídrico

ACTO LEGISLATIVO	DESCRIPCIÓN
Constitución Política de Colombia Artículos 79 y 80	Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental para garantizar el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución; debiendo prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.
Decreto 2811 de 1974	"Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente"
Decreto 1594 de 1984	Por el cual se reglamenta todo lo relacionado a usos del agua y residuos líquidos. (Art. 1 a 21 Definiciones, Art. 22-23 Ordenamiento del recurso agua, Art. 29 Usos del agua, Art. 37 a 50 Criterios de calidad de agua, Art. 60 a 71 Vertimiento de residuos líquidos, Art. 72 a 97 Normas de vertimientos, Art. 142 Tasas retributivas y Art. 155 procedimiento para toma y análisis de muestras.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio de Ambiente
Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua, como estrategia a desarrollar por parte de las empresas prestadoras de servicios, para reducir las pérdidas de agua.
Decreto 3102 de 1997	"Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la ley 373 de 1997, en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua. Define el consumo básico. Establece obligaciones para los usuarios, constructores, urbanizadores y entidades prestadoras del servicio de acueducto."
Resolución 1096 de 2000	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS

ACTO LEGISLATIVO	DESCRIPCIÓN
Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000	Prácticas de buena ingeniería: Título C- Sistemas de Potabilización, Título D - Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias, Título E- Tratamiento de Aguas residuales
Decreto 155 de 2004	"Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones"
Decreto 3930 de 2010	Decreto que establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el ordenamiento y los vertimientos a cuerpos de agua, al suelo y a los alcantarillados.
Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico -PNGIRH	Esta Política tiene como una de sus estrategias el uso eficiente y sostenible del agua, orientada a la implementación de los Programas de Uso Eficiente y Ahorro de Agua (PUEAA), por parte de los concesionarios del agua, para lo cual se deben implementar mecanismos que promuevan el cambio de hábitos no sostenibles de uso del recurso hídrico.
Decreto 2667 de 2012	"Por medio del cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras disposiciones"
Decreto 1076 de 2015	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Resolución 631 de 2015	Resolución a través de la cual se establecen los parámetros y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado.
Decreto 2141 de 2016	"Por medio del cual se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el ajuste a la tasa retributiva"
Decreto 2099 de 2016	"Por el cual se modifica el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible Decreto 1076 de 2015, en lo relacionado con la "Inversión Forzosa por la utilización del agua tomada directamente de fuentes naturales" y se toman otras determinaciones"
Decreto 075 de 2017	"Por el cual se modifican el literal h del artículo 2.2.9.3.1.2, el párrafo del artículo 2.2.9.3.1.3., el artículo 2.2.9.3.1.8 y el numeral 4 del artículo 2.2.9.3.1.17 del Decreto 1076 de 2015, en lo relacionado con la "Inversión Forzosa por la utilización del agua tomada directamente de fuentes naturales" y se toman otras determinaciones"
Resolución 330 de 2017	"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 024 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"
Decreto 1090 de 2018	Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa el Uso Eficiente y Ahorro de Agua.

ACTO LEGISLATIVO	DESCRIPCIÓN
Resolución 1257 de 2018	Por la cual se establece la estructura y contenido del Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua (PUEAA) y del Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua simplificado, en donde se implementarán los mecanismos para promover la optimización del uso del recurso hídrico.

Fuente: UPTC – INCITEMA, 2019

1.5 ORGANIZACIÓN Y RESPONSABLES DEL PROGRAMA

El Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua del proyecto exploratorio COR-15 será implementado por la compañía Maurel & Prom Colombia B.V. y sus contratistas; para lograr esto se definen responsabilidades a todos los niveles internos de la organización y a los contratistas y trabajadores. Para el desarrollo del proyecto exploratorio COR-15 se estableció una estructura organizacional o Sistema de Gestión Integral (ver **Figura 1-6**), dentro de la cual se existen actores claves para la correcta implementación del PUEAA.

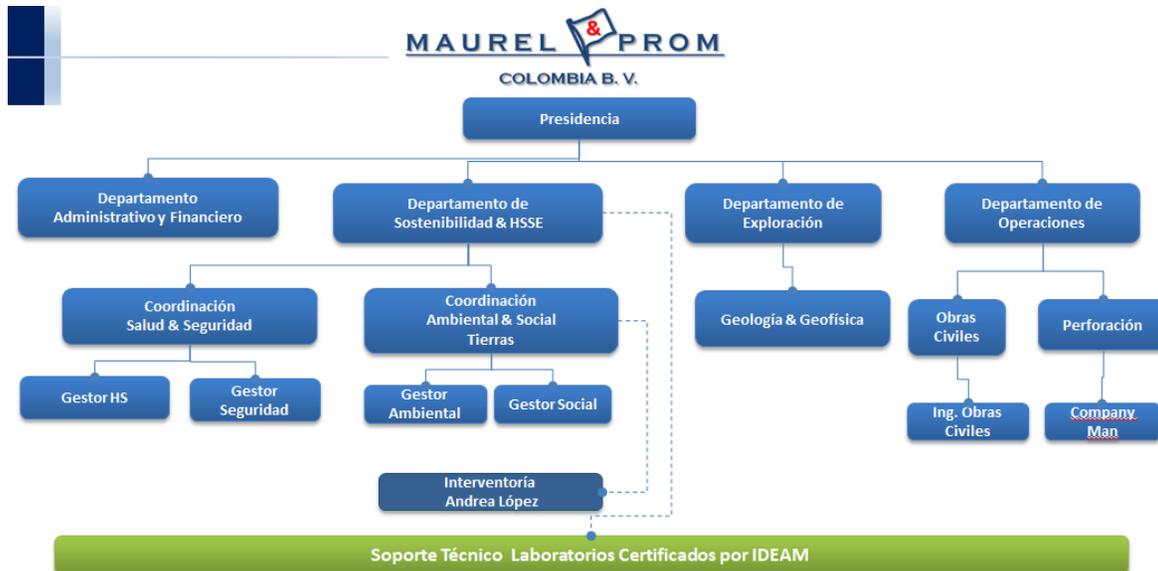


Figura 1-6 Estructura para el desarrollo del proyecto APE COR-15

Fuente: MAUREL & PROM COLOMBIA B. V., 2019

Dentro del Sistema de Gestión Integral de Maurel & Prom Colombia se cuenta con la Política de Gestión Integral para la cual las dimensiones ambiental y social de sus actividades son de gran importancia y preeminencia, por lo cual cuenta con un departamento específico denominado de Sostenibilidad y HSSE, en el que los diferentes integrantes brindan el soporte técnico y adelantan la gestión conforme a las funciones definidas en el sistema. En la Tabla 1-4 se presentan los responsables y funciones dentro del desarrollo del PUEAA

Tabla 1-4 Sistema Gerencial de Gestión Ambiental Maurel & Prom Colombia B.V.

RESPONSABLE	FUNCIONES
Presidente	<ul style="list-style-type: none"> Garantizar las condiciones estratégicas para el cumplimiento de las políticas empresariales relacionadas con medio ambiente y la sostenibilidad, con el fin de permitir el oportuno desarrollo del PUEAA.

RESPONSABLE	FUNCIONES
Gerente de Sostenibilidad y HSSE	<ul style="list-style-type: none"> Garantizar el cumplimiento de las actividades definidas para el Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua por parte de los empleados de la compañía, socios, contratistas y demás actores del proyecto que participen en las actividades relacionadas con el uso de agua. Garantizar los canales de comunicación efectiva entre los diferentes actores involucrados en la implementación del PUEAA para garantizar su éxito.
Coordinación Ambiental, Social & Tierras	<ul style="list-style-type: none"> Definir y asegurar la disponibilidad los recursos materiales y vinculación del talento humano requeridos para el desarrollo e implementación del PUEAA
Gestor Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Asegurar el cumplimiento de las metas del del PUEAA. Asegurar la disponibilidad de la infraestructura necesaria en la implementación del PUEAA.
Gestor Social	<ul style="list-style-type: none"> Asegurar el cumplimiento de las metas del del PUEAA. Asegurar los mecanismos de comunicación y educación para el buen desarrollo del PUEAA
Interventoría Ambiental y Social	<ul style="list-style-type: none"> Verificar el cumplimiento del PUEAA. Revisar el PUEAA en las diferentes etapas del proyecto y proponer ajustes y mejoras cuando sea necesario.
Profesionales ambientales	<ul style="list-style-type: none"> Supervisar la realización de las actividades realizadas en el marco del PUEAA. Divulgar el PUEAA a los contratistas y trabajadores, verificando el entrenamiento adecuado al personal para el cumplimiento de las metas establecidas en el PUEAA. Tabular y gestionar la información generada en el desarrollo del PUEAA con el fin de desarrollar los informes y reportes de cumplimiento del programa. Registrar los
Contratistas y trabajadores	<ul style="list-style-type: none"> Presentar los resultados de las variables de consumo y reúso de agua, y otras relacionadas con la implementación del PUEAA. Cumplir con las actividades contempladas en el PUEAA, asegurando su participación en las tareas tendientes al ahorro y uso eficiente de agua.

Fuente: MAUREL & PROM COLOMBIA B.V., 2019

2 INFORMACIÓN GENERAL

De acuerdo con la Resolución 1257 del 10 de julio de 2018 la información general del PUEAA presenta las especificaciones de las fuentes de agua, indicando la subzona hidrográfica, unidad hidrológica, provincia hidrogeológica o sistema acuífero al cual pertenecen los puntos de captación, de acuerdo con los tipos de fuentes existentes. A continuación, se desarrolla este ítem para las captaciones de agua superficial y subterránea.

2.1 CAPTACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

Se solicita la captación de agua superficial en el río Chicamocha, a continuación, se presenta la información técnica al respecto.

2.1.1 CLASIFICACIÓN HIDROGRÁFICA DE LOS PUNTOS DE CAPTACIÓN PARA EL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA – APE COR-15

Los puntos de captación del proyecto se localizaron en la zonificación hidrográfica nacional delimitada por IDEAM y MINAMBIENTE¹ para los niveles jerárquicos superiores y los dentro de los niveles subsiguientes definidos por la corporación Autónoma Regional de Boyacá CORPOBOYACÁ, en el Plan de Ordenación de la Cuenca Media del río Chicamocha POMCA²; esta clasificación se presenta en la **Tabla 2-1**.

Tabla 2-1 Localización del área de estudio dentro de la zonificación hidrográfica nacional y regional

ÁREA HIDROGRÁFICA	ZONA HIDROGRÁFICA	SUBZONA HIDROGRÁFICA	UNIDAD HIDROGRÁFICA NIVEL I
Magdalena - cauca (2)*	Sogamoso (24)*	Río Chicamocha (2403)*	Cuenca Media del Río Chicamocha (2403-02)**

Fuente: IDEAM*, CORPOBOYACÁ**

- Área hidrográfica Magdalena Cauca (2)

La Gran Cuenca del Magdalena-Cauca tiene una superficie total de 273.459 km², equivalente al 24% del territorio colombiano, sobre la cual se estableció el 77% de la población colombiana (35 millones de habitantes). Desde la colonización peninsular hace más de 500 años, este río ha sido el eje de comunicación entre el interior y el exterior, siendo uno de los territorios que más transformaciones en sus ecosistemas naturales, y con mayores y complejos problemas de carácter ambiental.

El Magdalena-Cauca corresponde a uno de los sistemas fluviales de mayor caudal y extensión de la vertiente del Caribe.

La superficie de la cuenca Magdalena sin el río Cauca es de 199.294 km², y la longitud del río Magdalena desde su nacimiento en la Laguna de la Magdalena, ubicada en el páramo de las Papas en el macizo colombiano a una altura de 3.685 m.s.n.m. hasta su desembocadura en Bocas de Ceniza en el Mar Caribe es de 1.540 km, de los cuales son navegables por tramos aproximadamente 886 km., lo que la convierte en uno de los principales ejes económicos del territorio colombiano. Adicionalmente en dicha cuenca se genera el 70% de la energía hidroeléctrica del país.

La altura de la cuenca varía entre 0 y 5617 m.s.n.m. En su desembocadura, el río Magdalena vierte en el Caribe un promedio de 7.100 m³/s (medidos a la altura de Calamar, antes de la bifurcación con el canal del Dique), de los cuales aproximadamente un 32% (en promedio 2.275 m³/s) son aportados por el río Cauca.

El río Cauca, afluente principal del Magdalena, nace en el Páramo de Sotará en el Macizo Central a 4.000 m.s.n.m. y discurre longitudinalmente entre las cordilleras Occidental y Oriental en una extensión de 1.180 km, la cual se enmarca en una cuenca hidrográfica con una superficie de 74.165 km².

¹ IDEAM - MADS, 2013

² CORPOBOYACÁ - UNIDISTRITAL, 2010

- Zona hidrográfica Río Sogamoso (24)

El río Sogamoso nace en la confluencia del río Suárez y río Chicamocha en el municipio de Puerto Wilches, a 370 metros de altura, departamento de Santander y constituye uno de los principales afluentes del río Magdalena. Tiene una longitud de 135 km² en los que baña los municipios de los Santos, Zapatoca, Betulia, San Juan de Girón, San Vicente de Chucurí, Sabana de Torres, Puerto Wilches y Barrancabermeja. El río Sogamoso representa la base económica de toda la región, donde el comercio motoriza la industria siderúrgica y de materiales de construcción.

- Sub zona hidrográfica Río Chicamocha (2403)

El río Chicamocha es uno de los ríos más importantes del centro-oriente de Colombia. Se origina en el municipio de Tuta y en el Jordán en Tunja en el departamento de Boyacá, donde luego forma el caño del Chicamocha, ingresa al departamento de Santander y se une con el río Suárez y el afluente de este último el río Fonce para formar finalmente el río Sogamoso.

Durante su recorrido recibe otros afluentes importantes como son: los ríos Tuta, Sotaquirá, Surba, Chiticuy y el río Chiquito. Este último es formado por los ríos Pesca y Tota. La cuenca alta del río Chicamocha drena aproximadamente la tercera parte del departamento de Boyacá. Esta cuenca tiene un área aproximada de 1536 km², de los cuales 367 km² son de la subcuenca del río Jordán y 441 km² de la subcuenca del río Tuta. La cuenca presenta una elevación media de 2950 msnm y una pendiente media de 1,10%. En inmediaciones del municipio de Paz de Río en Boyacá inicia el Cañón del Chicamocha, el cual se prolonga hasta después de la confluencia con el río Suárez.

El río Chicamocha satisface en buena parte las demandas de agua existentes en su trayectoria. La regulación de sus caudales que se hace mediante el embalse de La Copa localizado en la cuenca del río Tuta, el embalse la Playa sobre el río Jordán y el Lago Sochagota en Paipa. De este río depende en gran medida el desarrollo, tanto municipal como industrial de la región.

Existen múltiples captaciones de agua durante el recorrido, donde alimenta una importante red de canales, caños y acequias interconectadas entre sí, de varios kilómetros de longitud y que tienen como función la de irrigar y a la vez drenar la amplia zona plana existente entre Paipa y Sogamoso.

También se encuentra la demanda de agua solicitada o utilizada para consumo humano por distintos municipios de la región alcanza 0.72 m³/s. El uso de agua para agricultura y ganadería es importante debido a la intensa actividad agropecuaria. El requerimiento para atender el riego de cultivos y pastos durante el mes de mayor demanda es de 2.94 m³/s. El uso industrial está concentrado en el corredor industrial. La necesidad de agua en las industrias de mayor consumo totaliza 0.67 m³/s. En resumen, la demanda de agua estimadas por los diversos usos es de aproximadamente 4.59 m³/s.

2.1.2 Identificación de los puntos de captación de agua superficial

Los dos puntos de captación propuestos son los que se muestran en la **Tabla 2-2**.

Tabla 2-2 Corrientes de Agua Propuestas para la Captación de Aguas Superficiales en el Área de Perforación Exploratoria COR 15

CORRIENTE	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		ÉPOCA DE CAPTACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
	ESTE	NORTE		
Río Chicamocha – Pto. de captación 1	1138754E	1142373N	Todo el año	
Río Chicamocha – Pto. de Captación 2	1136811E	1136481N		

Fuente: UPTC – INCITEMA, 2019

Los sitios propuestos para captación corresponden a áreas previamente intervenidas que cuentan con un fácil acceso. Cabe aclarar que para el ingreso a los puntos de captación se realizará la adecuación de la vía de acceso para carrozanque o se instalará línea de flujo para conducir el agua hacia un sitio de almacenamiento y posterior transporte al sitio de operación o se realizará el tendido de línea de flujo hasta las plataformas multipozo o facilidades de producción.

La **Figura 2-1** presenta la ubicación de los puntos de captación propuestos para el desarrollo de las actividades de perforación exploratoria en el APE COR 15.



Figura 2-1 Ubicación de Puntos Solicitados Captación del APE COR 15

Fuente: UPTC – INCITEMA, 2019

2.2 CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

El área de influencia del proyecto está enmarcada en la Provincia Hidrogeológica Montana Cordillera Oriental (PM4), correspondiente principalmente a acuíferos clásticos en rocas sedimentarias con buenas posibilidades hidrogeológicas en las secuencias cretácicas, Paleógeno-Neógeno y sedimentos del Cuaternario. Además, hacia el sur el APE COR-15 limita (sin hacer parte de este) con el sistema acuífero montano Duitama Sogamoso – SAM 4.4.

2.2.1 LOCALIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LOS PUNTOS DE CAPTACIÓN PARA EL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA – APE COR-15

Se proponen 7 opciones de puntos para exploración de aguas subterráneas con el fin de tener captación de aguas subterráneas. A continuación, se presenta la información técnica al respecto. Se identificaron las unidades hidrogeológicas más propicias para aprovechamiento de agua subterránea a través de tomografías eléctricas, seleccionando aquellas con mayor potencial de saturación de los materiales (ver **Figura 2-2, Figura 2-3, Figura 2-4, Figura 2-5, Figura 2-6, Figura 2-7 y Figura 2-8**).

➤ **Tomografía geoelectrica LTE-2**

La tomografía se ubica al suroeste del municipio de Corrales, con una longitud de 800 metros y espaciado de 10 metros entre electrodos.

De izquierda a derecha se tiene el conjunto de areniscas secas (alta resistividad) de la formación Une de alta resistividad en contacto neto fallado con el Cuaternario Fluvio-lacustre de baja resistividad saturado (acuífero). La secuencia termina con resistividades bajas correspondientes a niveles arcillosos de la formación Concentración.

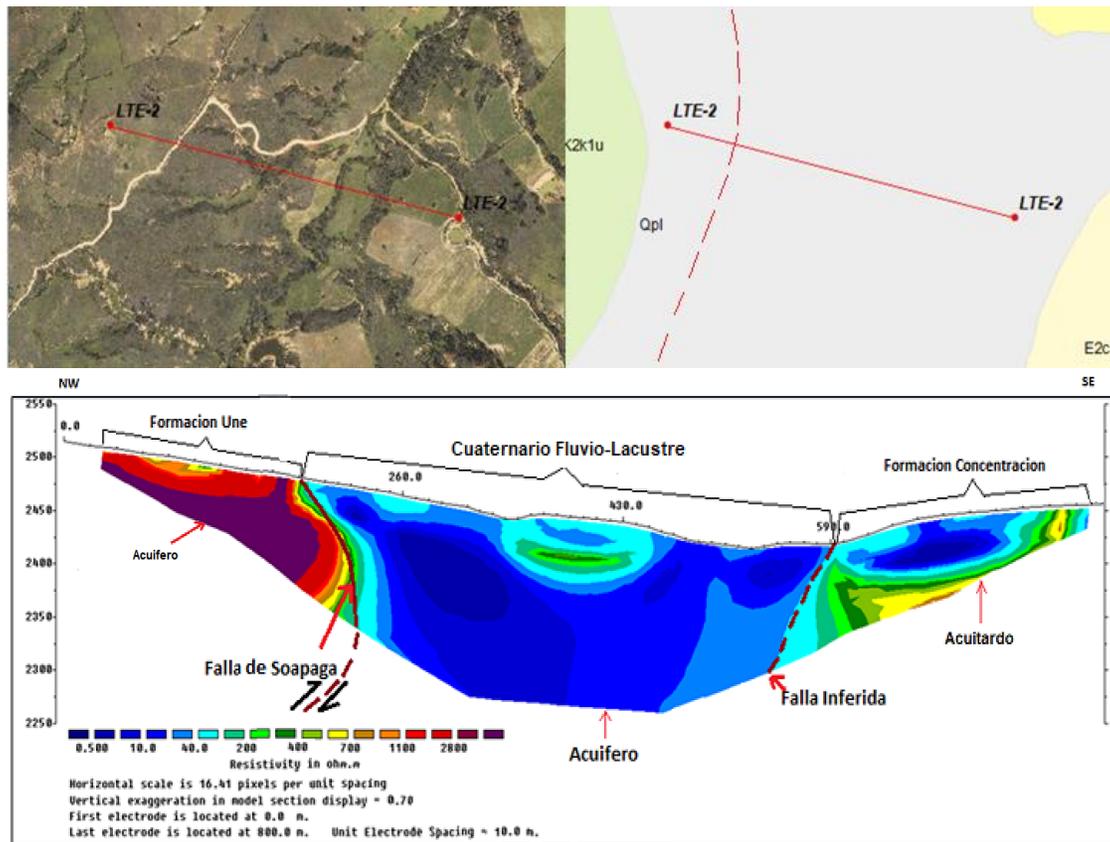


Figura 2-2 Perfil Geoelectrico LTE-2

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

El análisis litológico, geofísico e hidrogeológico de la tomografía LTE-2, se presentan en la **Tabla 2-3**.

Tabla 2-3 Interpretación de la tomografía LTE-2.

Formación Geológica	Litología	Rango De Resistividad (Ω.m)	Clasificación Hidrogeológica
Une (K2k1u)	Areniscas cuarzosas intercaladas con capas gruesas de lodolitas.	>1000	Acuífero Alta resistividad, terreno seco.
Cuaternario Fluvio-Lacustre (Qpl)	Material heterogéneo compuesto por guijos, cantos y gravas.	0-100	Acuífero Baja resistividad, media saturación.

Formación Geológica	Litología	Rango De Resistividad ($\Omega.m$)	Clasificación Hidrogeológica
Concentración (E2c)	Arcillolitas grises oscuras y negras, intercalaciones de cuarzo arenitas de grano fino a medio y localmente grueso.	5-700	Acuitardo Baja resistividad.

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

➤ Tomografía geoelectrica LTE-15

La tomografía se ubica al noreste del municipio de Busbanzá, con una longitud de 600 metros y espaciado de 10 metros entre electrodos.

La tomografía se realizó sobre el Stock de Otengá (Oso). Se describe de izquierda a derecha: granitos alterados de baja resistividad que suprayace a un cuerpo intrusivo compuesto por cuarzo sienita, granito a granodiorita (UPTC, 2019) de alta resistividad en contacto con una zona de baja resistividad levemente saturada y termina con granitos aplíticos de alta resistividad (>2500 $\Omega.m$).

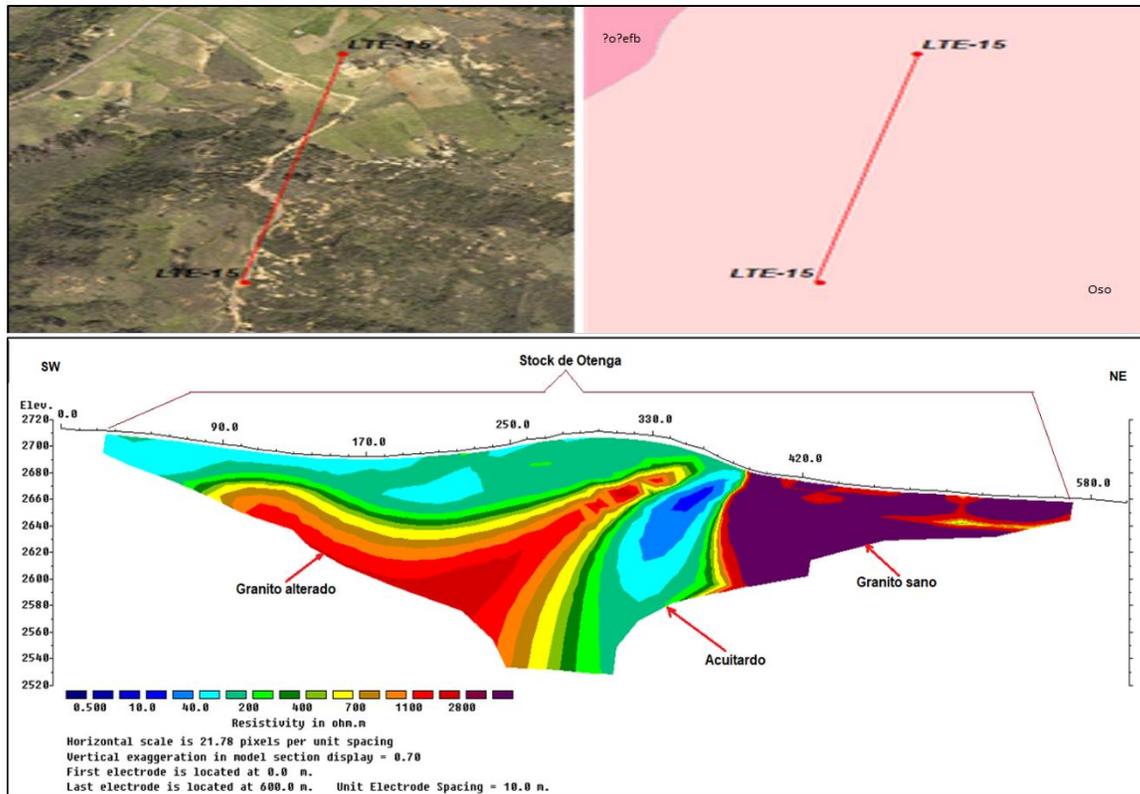


Figura 2-3 Perfil Geoelectrico LTE-15

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

El análisis litológico, geofísico e hidrogeológico de la tomografía LTE-15, se presentan en la **Tabla 2-4**.

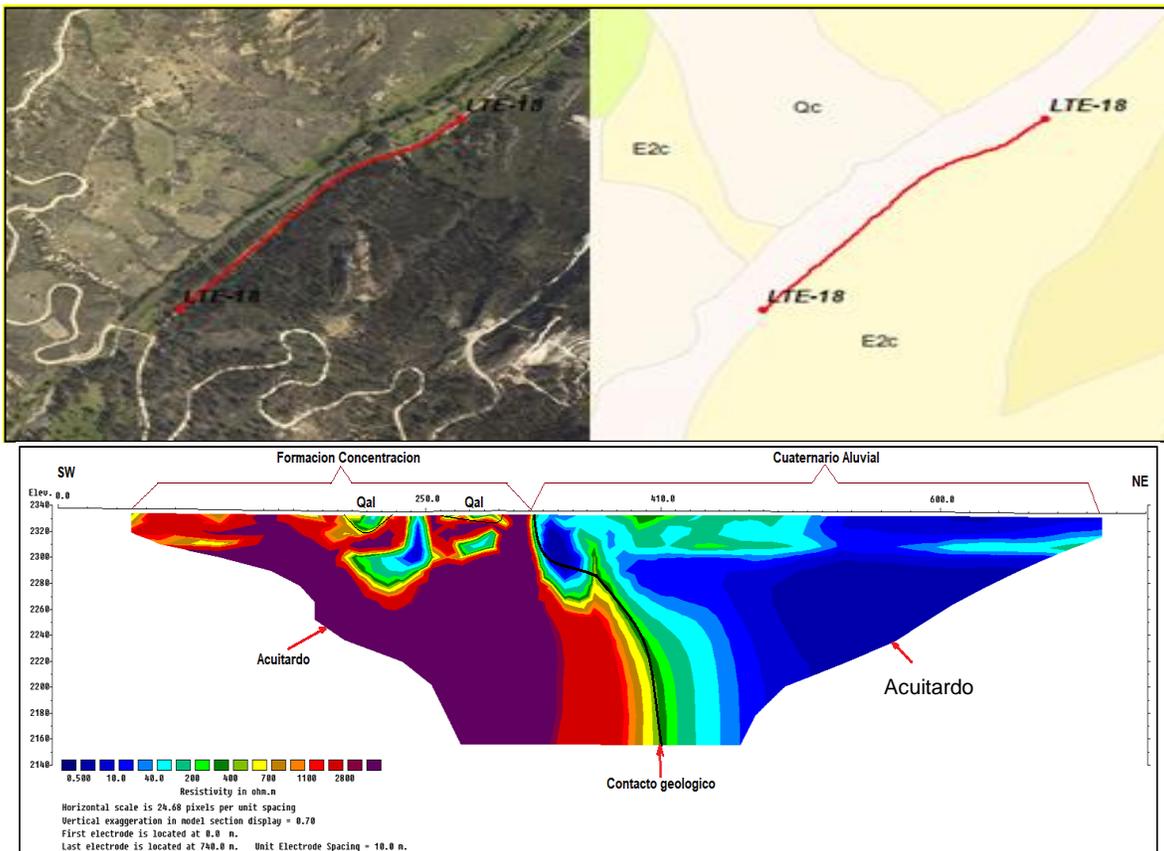
Tabla 2-4 Interpretación de la tomografía LTE-15

Formación Geológica	Litología	Rango De Resistividad ($\Omega.m$)	Clasificación Hidrogeológica
Stock de Otengá (Oso)	Rocas graníticas, el intrusivo en roca está compuesto por varios elementos desde cuarzo sienita, granito a granodiorita.	100 – 3200 *Granitos aplíticos sanos: >2500	Acuífero Baja resistividad.

➤ **Tomografía geoelectrica LTE-18**

La línea geoelectrica se ubica al noreste del municipio de Corrales paralela a la vía férrea cercana al cruce de la vía a Otengá, con una longitud de 740 metros y espaciado de 10 metros entre electrodos.

La tomografía eléctrica de izquierda a derecha denota niveles de arenisca secas de la formación Concentración (E2c) de alta resistividad con intercalaciones de arcillolitas de baja resistividad en contacto con el depósito cuaternario aluvial (Qal) constituido por conglomerados que presentan bajas resistencias relacionada con alta saturación. Ocasionalmente remanentes de depósitos aluviales de baja resistividad a lo largo de la línea.



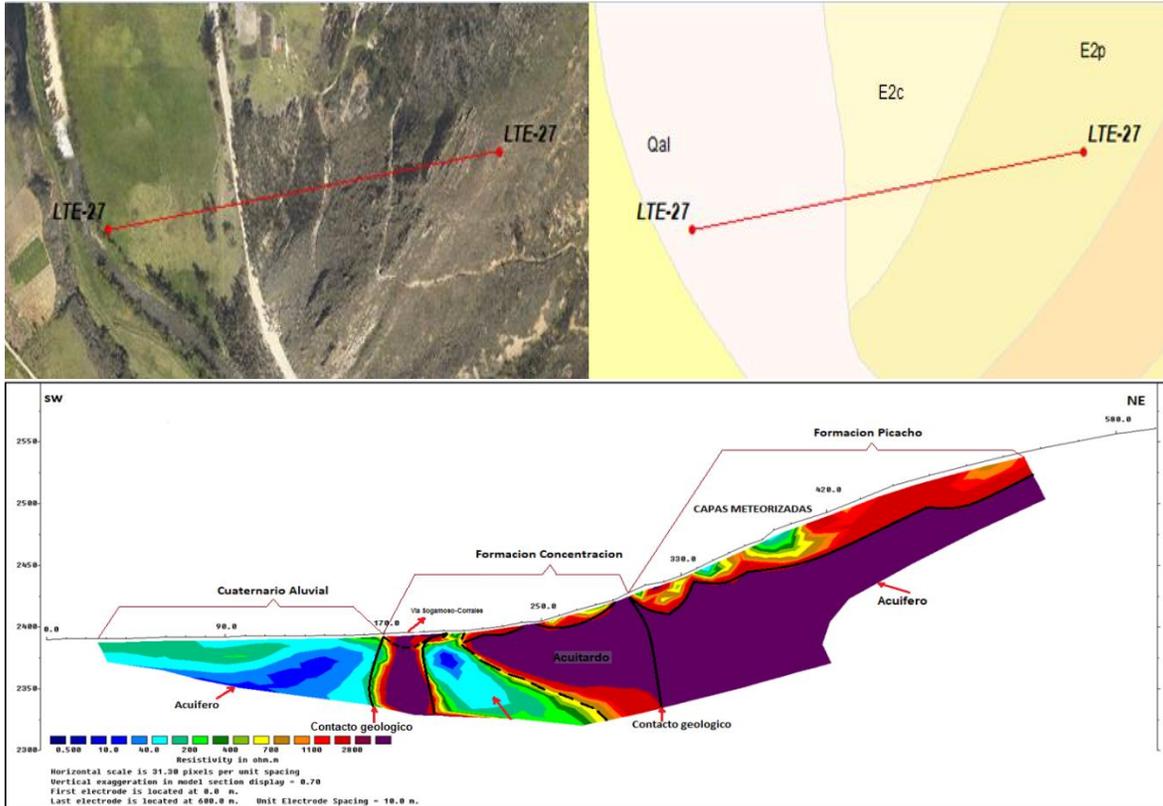


Figura 2-5 Perfil Geoeléctrico LTE-27

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

El análisis litológico, geofísico e hidrogeológico de la tomografía LTE-27, se presentan en la **Tabla 2-6**.

Tabla 2-6 Interpretación de la tomografía LTE-27

Formación Geológica	Litología	Rango De Resistividad (Ω.m)	Clasificación Hidrogeológica
Cuaternario aluvial (Qal)	Materiales heterogéneos, consisten principalmente en guijos, cantos y gravas.	2 - 100	Acuífero Resistividad baja.
Concentración (E2c)	Arcillolitas y frecuentes intercalaciones de cuarzo arenitas.	2 - 3000	Acuitardo *Arcillas-baja resistividad *Arenas secas-alta resistividad
Picacho (E2p)	Cuarzoarenitas de grano medio a conglomerático e intercalaciones de arcillolitas.	>2500	Acuífero Alta resistividad.

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

➤ **Tomografía geoeléctrica LTE-28**

La tomografía se ubica al suroeste del municipio de Corrales, en inmediaciones de la cabecera municipal, con una longitud de 600 metros y espaciado de 10 metros entre electrodos.

De izquierda a derecha se tiene un depósito de guijos, cantos y gravas de la formación Cuaternario Aluvial de baja resistividad levemente saturados en contacto con areniscas secas de alta resistividad de la formación Concentración (E2c). Se presentan depósitos aluviales secos de alta resistividad sobre los paquetes arenosos de la formación Concentración que infrayace a los depósitos.

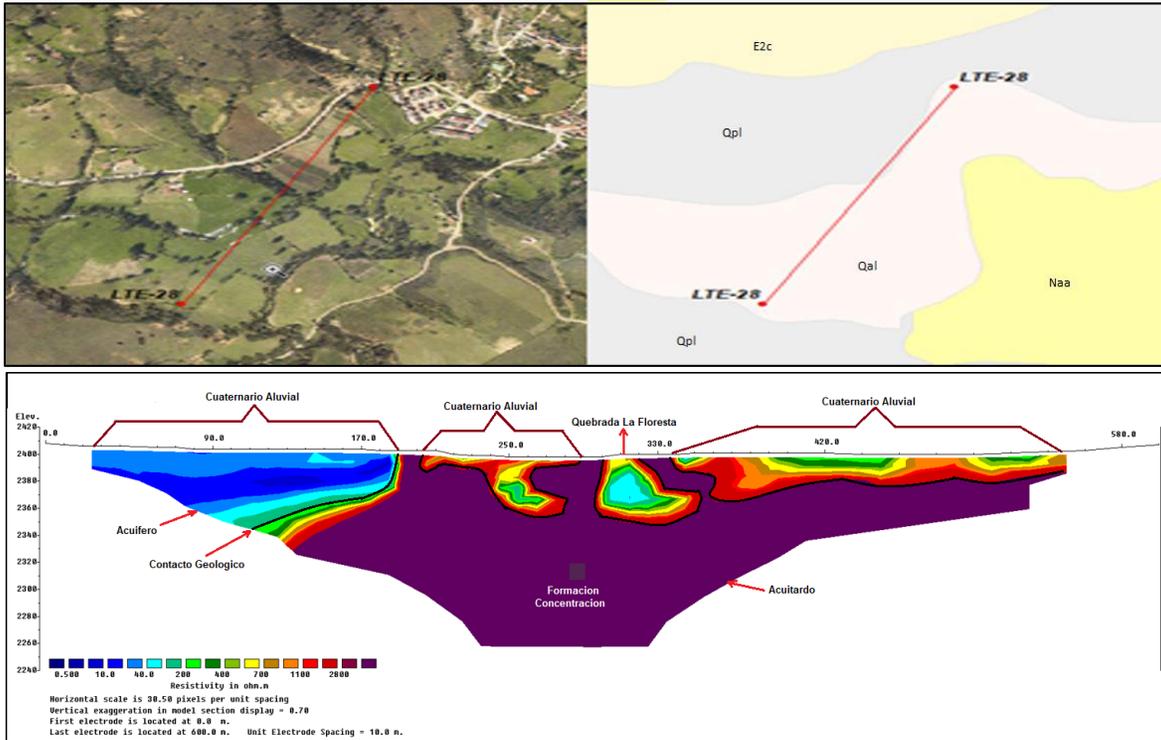


Figura 2-6 Perfil Geoeléctrico LTE-28

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

El análisis litológico, geofísico e hidrogeológico de la tomografía LTE-28, se presentan en la **Tabla 2-7**.

Tabla 2-7 Interpretación de la tomografía LTE-28

Formación Geológica	Litología	Rango De Resistividad ($\Omega.m$)	Clasificación Hidrogeológica
Cuaternario aluvial (Qal)	Materiales heterogéneos, que han sido transportados y depositados por la acción del agua, consisten principalmente en guijos, cantos y gravas.	2 – 100	Acuífero Resistividad baja Terreno Saturado.
Concentración (E2c)	Arcillolitas y frecuentes intercalaciones de cuarzo arenitas de grano fino a medio y localmente grueso.	>3000	Acuitardo Alta resistividad

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

➤ Tomografía geoeléctrica LTE-29

La tomografía se ubica al norte del municipio de Corrales, con una longitud de 600 metros y espaciado de 10 metros entre electrodos.

De izquierda a derecha se tienen areniscas conglomeráticas secas de la formación Girón (J3g) de alta resistividad junto a capas de conglomerados y areniscas de baja resistividad pobremente saturadas del miembro inferior de la Formación Tibasosa (K1b3t), seguido por intercalaciones de capas delgadas de caliza arenosa secas de alta resistividad luego el contacto neto con las areniscas y los bancos de caliza del miembro superior de la formación Tibasosa (K1b3ts) de baja resistividad moderadamente saturados debido a porosidad secundaria por disolución, la secuencia termina con la base arenosa de la formación Une (K2k1u) de baja resistividad saturada.

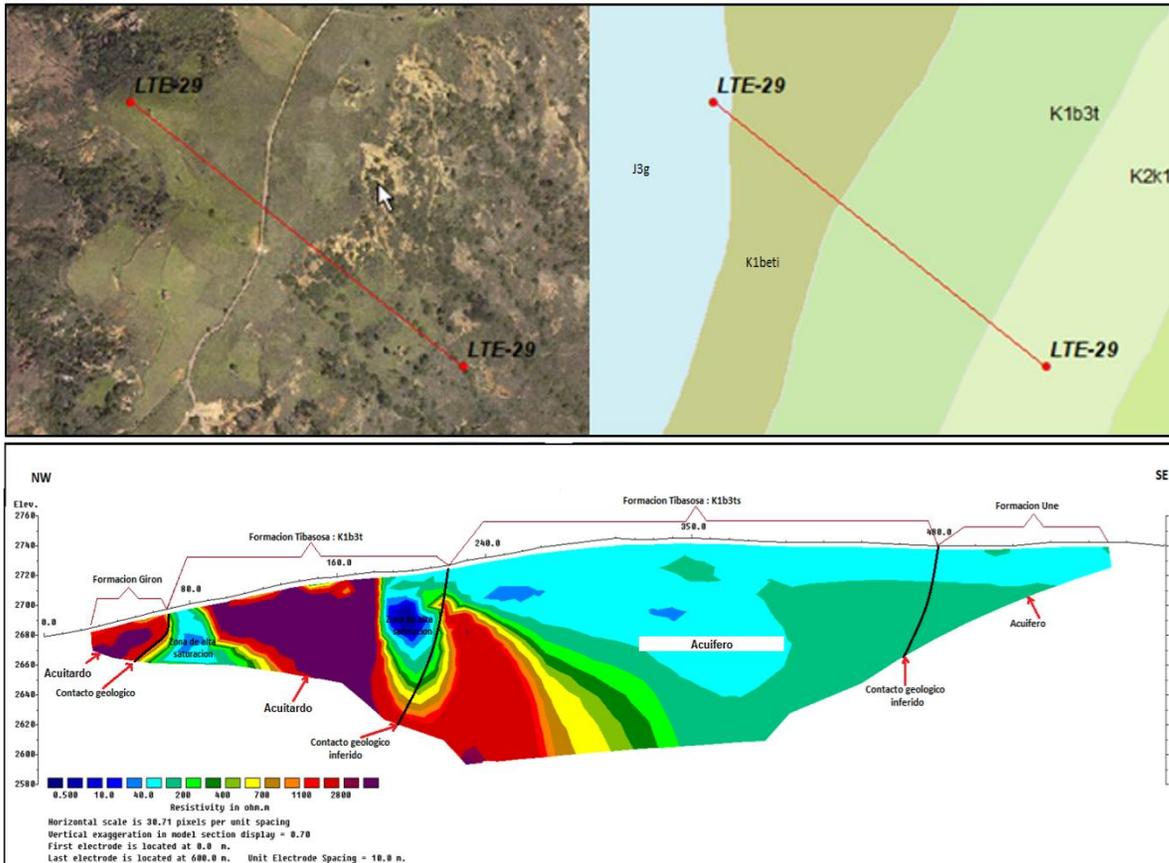


Figura 2-7 Perfil Geoeléctrico LTE-29

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

El análisis litológico, geofísico e hidrogeológico de la tomografía LTE-29, se presentan en la **Tabla 2-8**.

Tabla 2-8 Interpretación de la tomografía LTE-29

Formación Geológica	Litología	Rango De Resistividad ($\Omega.m$)	Clasificación Hidrogeológica
Une (K2k1U)	Areniscas cuarzosas intercaladas con capas gruesas de lodolitas	40 - 100	Acuífero Resistividad baja, Terreno saturado.
Tibasosa (K1b3t)	Miembro superior: Niveles calcareos con intercalaciones de arenisca y arcillolitas.	40 - 500	Acuífero *Arenas secas-alta resistividad

Formación Geológica	Litología	Rango De Resistividad ($\Omega.m$)	Clasificación Hidrogeológica
	Miembro inferior: Arcillolitas y lodolitas con niveles calcareos.	400 - 3200	Acuitardo *arcillolitas y lodolitas de baja resistividad *Arenas secas-alta resistividad
Girón (J3g)	Arenisca de grano grueso, areniscas conglomeráticas.	>1000	Acuitardo Alta resistividad

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

➤ Tomografía geoelectrica LTE-33

La tomografía se ubica al este del municipio de Corrales, en inmediaciones del casco urbano y en cercanías al Río Chicamocha con una longitud de 740 metros y espaciado de 10 metros entre electrodos.

De izquierda a derecha se tienen arena, gravas y cantos secos de alta resistividad del Cuaternario Aluvial (Qal), hacia el centro de la tomografía conjuntos de arcillolitas de baja resistividad en contacto con areniscas masivas de alta resistividad del segmento medio de la formación Concentración (E2c), al final un depósito aluvial de baja resistividad saturado.

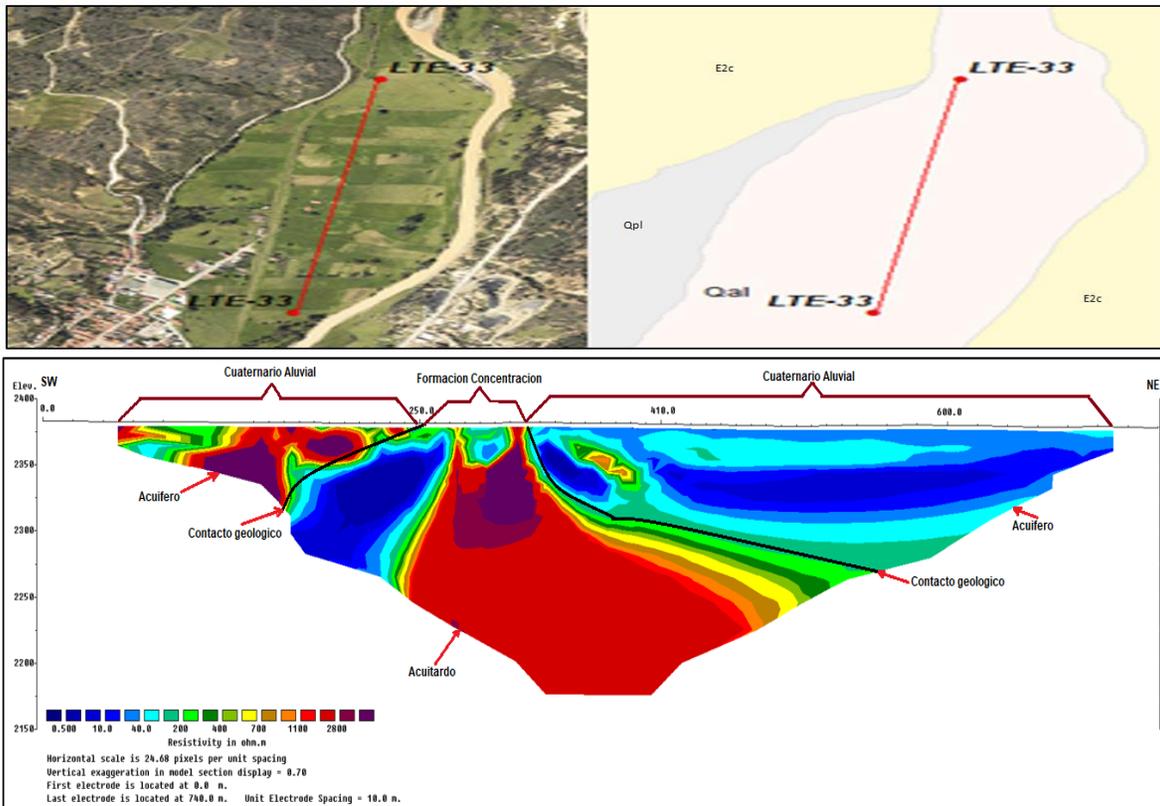


Figura 2-8 Perfil Geoelectrico LTE-33

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

El análisis litológico, geofísico e hidrogeológico de la tomografía LTE-33, se presentan en **Tabla 2-9**.

Tabla 2-9 Interpretación de la tomografía LTE-33

Formación Geológica	Litología	Rango De Resistividad (Ω .m)	Clasificación Hidrogeológica
Cuaternario aluvial (Qal)	Materiales heterogéneos, guijos, cantos y gravas.	2 – 150 400 - 3200	Acuífero Baja resistividad, Terreno saturado. Contacto discordante.
Concentración (E2c)	Arcillolitas y frecuentes intercalaciones de cuarzo arenitas de grano fino a medio y localmente grueso.	150 – 3200 2 – 150	Acuitardo Alta resistividad *Arcillas-baja resistividad

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

En conclusión, las unidades hidrogeológicas donde se propone captación son: acuífero depósitos aluviales, acuífero depósitos fluvio-lacustres, acuífero somero fracturado y meteorizado Stock de Otengá y acuífero Tibasosa.

2.2.2 Identificación de los puntos de captación de agua subterránea

Se realizará la exploración de aguas subterráneas dentro del Área de Perforación Exploratoria COR 15, para la perforación de un (1) pozo profundo asociado a cada plataforma de perforación, siguiendo las recomendaciones del estudio de prospección de recursos hídricos subterráneos a partir de tomografías realizado, con una profundidad máxima de 180 m.

En los PMA específicos para cada pozo exploratorio se presentarán las coordenadas de los pozos profundos a perforar y de los cuales se proyecta captación en caso de que las pruebas de bombeo realizadas lo permitan. Los resultados de las pruebas de bombeo se presentarán en los Informes de Cumplimiento Ambiental.

Los sitios en donde se podría realizar el pozo se presentan a continuación en la **Tabla 2-10** y en la **Figura 2-9**.

Tabla 2-10 Localización de los Sitios Proyectos para Perforar un Pozo y Realizar Aprovechamiento

TOMOGRAFÍA	UNIDAD GEOLÓGICA	PROFUNDIDAD REJILLAS [m]	ELEVACIÓN [msnm]	COMENTARIOS
LTE-2	Qpl	Entre 80 m y 120 m	2460	Las rejillas iniciarían a 2380 msnm, es el mismo nivel al que está la confluencia de la Q. La Floresta con el río Chicamocha y muy por debajo de las corrientes de agua cercanas al punto.
LTE-15	Oso	Entre 30 m y 70 m	2700	Zona de granito fracturado
LTE-18	Qal	Entre 30 m y 70 m	2334	En depósitos del río Chicamocha.
LTE_27	Qal	Entre 20 m y 50 m	2393	En depósitos del río Chicamocha.

TOMOGRAFÍA	UNIDAD GEOLÓGICA	PROFUNDIDAD REJILLAS [m]	ELEVACIÓN [msnm]	COMENTARIOS
LTE-28	Qal	Entre 20 m y 40 m	2404	Es un depósito aluvial.
LTE-29	K1b3t	Entre 40 m y 80 m	2745	La rejilla empezaría a 2705 msnm, por debajo de los cuerpos de agua cercanos y un manantial al nororiente
LTE-33	Qal	Entre 50 m y 120 m	2380	Está ubicado sobre una zona de depósitos aluviales.

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

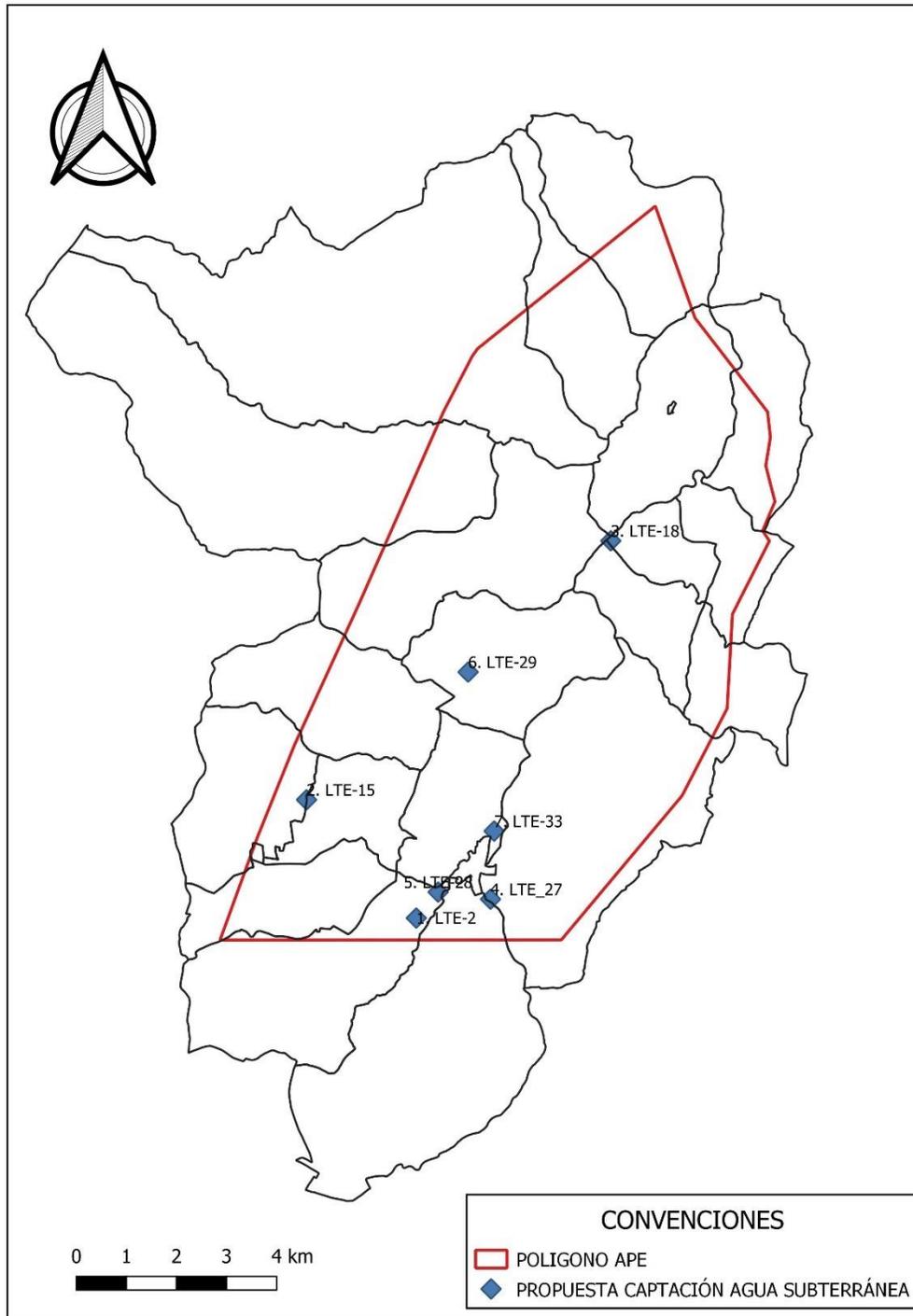


Figura 2-9 Distribución de los sitios Propuestos para el Perforación del Pozo de Agua

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

3 DIAGNÓSTICO

3.1 LÍNEA BASE DE OFERTA DE AGUA SUPERFICIAL

Como se ha informado con anterioridad, el río Chicamocha es la fuente de agua superficial, y por lo tanto a continuación se presenta su caracterización a la luz del régimen de caudal, disponibilidad de agua, usos y usuarios, y el análisis de conflictos por el uso del recurso hídrico superficial.

3.1.1 Régimen hidrológico para los puntos de captación de agua superficial

➤ Caudales medio para los Puntos de Captación

Para los dos puntos solicitados para aprovechamiento de agua superficial se calcularon los caudales en sitio, así como su curva de duración:

Para la estimación de dichos caudales medios se empleó la base física del balance hidrológico que es la formulación de las ecuaciones de conservación de masa para volúmenes de control o unidades hidrográficas determinadas. Expresa la equivalencia entre los aportes de agua que entran al volumen de control y la cantidad de agua que sale considerando además las variaciones internas en el almacenamiento de humedad ocurridas durante un periodo de tiempo determinado.

Formula de Turc

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde

ETR Evapotranspiración real en mm/año

P Precipitación en mm/año, para la fórmula de Turc

t Temperatura media anual en ° C

L: Factor Helio = $300 + 25 * t + 0.05 * t$

La infiltración es el volumen de agua procedente de las precipitaciones que atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo y del subsuelo, para determinar el cálculo de infiltración de la precipitación mensual registrada se encuentra dada por la siguiente expresión

$$P_i = (C_i) * (P - ETP)$$

Donde

Pi = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo (mm/mes)

Ci = Coeficiente de infiltración (adimensional)

P = Precipitación mensual en (mm/mes)

ETR = Evapotranspiración real (mm/mes)

Una vez estimada el agua que se infiltran mensualmente en la cuenca, se establece que el agua restante es la que escurre superficialmente, por lo tanto, para el cálculo de la escorrentía anual (mm) en la cuenca y cuenca total se utiliza la expresión matemática que relaciona el caudal y el área de drenaje.

$$E = \frac{31.5 * Q}{A}$$

Donde

E = Escorrentía en mm

Q = Caudal en m³/s

A = Área de drenaje km²

Posterior a la implementación de la metodología de balance hídrico para estimación de caudales medios, y basados en la información de caudales que se tiene en estación Chámeza, se procede a realizar estimación de caudales por medio del de rendimiento hídrico, para los puntos de captación. Dichos resultados se presentan en la Tabla 3-3y Tabla 3-5.

➤ Caudales extremos para los Puntos de Captación

La magnitud de un evento extremo esta inversamente relacionada con su frecuencia de ocurrencia, es decir, eventos muy severos ocurren con menor frecuencia que eventos más moderados. El objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica es relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad. Se supone que a la información hidrológica analizada es independiente y esta idénticamente distribuida y el sistema hidrológico que la produce se considera estocástico, independiente del espacio y del tiempo. (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

El análisis de frecuencias en el presente estudio se realizó mediante la selección de los caudales máximos calculados en las series de caudales medios mensuales, debido a que, los caudales analizados contemplan todos los eventos climáticos registrados en las series de tiempo, producto del procesamiento de precipitaciones totales.

Los caudales máximos fueron registrados para diferentes periodos de retorno, este concepto supone que un evento extremo ocurre si una variable aleatoria X es mayor o igual que un cierto nivel XT. El periodo de retorno T de un evento $X \geq XT$ es el valor esperado de T, E (T), su valor promedio medido sobre el número de ocurrencias suficientemente grande. Por consiguiente, el periodo de retorno de un evento con una magnitud dada puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada. (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

La probabilidad $p=P(X \geq XT)$ de ocurrencia del evento $X \geq XT$ en cualquiera observación puede relacionarse con el periodo de retorno en la siguiente forma. Para cada observación existen dos resultados posibles: ya sea "éxito" $X \geq XT$ (Probabilidad p) p falla $X < XT$ (probabilidad 1-p). Debido a que las observaciones son independientes, la probabilidad de in intervalo de recurrencia de duración T es el producto de las probabilidades T-1 fallas seguidas por un éxito, es decir $(1-p)^{T-1}p$ y el valor esperado para T está dado por las siguientes ecuaciones (ibid.):

$$E_{(T)} = \sum_{\tau=1}^{\infty} \tau(1-p)^{\tau-1}p$$

$$= p + 2(1-p)p + 3(1-p)^2p + 4(1-p)^3p + \dots$$

$$= p[+2(1-p) + 3(1-p)^2 + 4(1-p)^3 + \dots]$$

La expresión dentro de los corchetes tiene la forma de una expansión de series de potencia $(1+x)^n = 1 + nx + \frac{n(n-1)}{2!}x^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{6}x^3 + \dots$, con $x = -(1-p)$ y $n = -2$, luego puede reescribirse como:

$$E_{(T)} = \frac{p}{[1 - (1-p)]^2}$$

$$E_{(T)} = \frac{1}{p}$$

Luego $E(T) = T = 1/p$; es decir, la probabilidad de ocurrencia de un evento en cualquier observación es inverso de su periodo de retorno:

$$P(X \geq X_T) = \frac{1}{T}$$

Una serie de valor extremo incluye el valor mínimo o máximo que ocurre en cada uno del intervalo de tiempo de igual longitud o registro. La longitud de intervalo de tiempo usualmente se toma como un año y una serie seleccionada de esa manera se conoce como una serie anual. Con esto, la ocurrencia de un gran creciente bien puede estar relacionada con unas condiciones de suelo saturado producidas por otro gran creciente ocurrido un corto tiempo antes. Como resultado, usualmente es mejor utilizar la serie de máximos anuales para el análisis. A medida que el periodo de retorno del evento considerado es mayor, los resultados son más adecuados debido a que la posibilidad que dos de estos eventos ocurran durante un mismo año es muy pequeña. (ibid.)

El cálculo de las magnitudes de eventos extremos requiere que la función de distribución de probabilidad sea invertible, es decir, dado un valor para T o $[F(X_T) = T / (T-1)]$, el correspondiente valor de X_T puede determinarse. Las Funciones de distribuciones de probabilidad existentes y más utilizadas en hidrología se presentan en la **Tabla 3-1**.

Tabla 3-1 Distribución de probabilidad para ajuste de información hidrológica

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	RANGO	PARÁMETROS
Normal	La distribución normal surge del teorema del límite central, el cual establece que si una secuencia de variables aleatorias X_i son independientes y están idénticamente distribuidas con media μ y varianza σ^2 , entonces la distribución de la suma de n de las variables aleatorias $Y = \sum_{i=1}^n X_i$, tiende hacia la distribución normal con media $n\mu$ y varianza $n\sigma^2$ a medida que aumenta n .	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$	$-\infty \leq x \leq \infty$	$\mu = \bar{x}, \sigma = s_x$
Log normal	Si la variable aleatoria $Y = \log X$ esta normalmente distribuida, entonces se dice que X está distribuida en forma log normal. Chow (1954) llegó a la conclusión	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\log x - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)$	$x > 0$	$\mu_y = \bar{y}, \sigma_y = s_y$

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	RANGO	PARÁMETROS
	<p>que esta distribución se aplica a las variables hidrológicas formadas como productos de otras variables debido a que si $X = X_1 X_2 X_3 \dots X_n$, entonces $Y = \log X = \sum_{i=1}^n \log X_i = \sum_{i=1}^n Y_i$, lo cual tiende a una distribución normal para valores grandes de n siempre y cuando los X_i sean independientes y estén idénticamente distribuidos. Se ha encontrado que la distribución log normal describe la distribución de la conductividad hidráulica en el medio porosos (Freeze, 1975), la distribución del tamaño de las gotas de lluvia en una tormenta y otras variables hidrológicas.</p>			
<p>Pearson Tipo III</p>	<p>La distribución Pearson tipo III, también llamada la distribución gamma de tres parámetros, introduce un tercer parámetro el límite inferior ϵ, de tal manera que, por el método de los momentos, los tres momentos de la muestra (la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría) pueden transformarse en los tres parámetros λ, β, ϵ de la distribución de probabilidad. Esta es una distribución muy flexible, que puede asumir diferentes formas a medida que λ, β, ϵ varían (Bobee y Ro itaille, 1977)</p>	$f(x) = \frac{\lambda^\beta (x - \epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(x-\epsilon)}}{\Gamma(\beta)}$	$x \geq \epsilon$	$\lambda = \frac{s_x}{\sqrt{\beta}}, \beta = \left(\frac{2}{C_s}\right)^2$ $\epsilon = \bar{x} - s_x \sqrt{\beta}$
<p>Log Pearson Tipo III</p>	<p>Si $\log X$ sigue una distribución Pearson tipo III, entonces se dice que X sigue una distribución Log Pearson tipo III. Esta es la distribución estándar para análisis de frecuencia de crecientes máxima en Estados Unidos (Benson, 1968).</p>	$f(x) = \frac{\lambda^\beta (y - \epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(y-\epsilon)}}{x \Gamma(\beta)}$ <p>donde $y = \log x$</p>	$\log x \geq \epsilon$	$\lambda = \frac{s_x}{\sqrt{\beta}}$ $\beta = \left[\frac{2}{C_s(y)}\right]^2$ $\epsilon = \bar{y} - s_y \sqrt{\beta}$ <p>(Suponiendo que $C_s(y)$ es positivo)</p>

FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN	DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	RANGO	PARÁMETROS
	La distribución de Log Pearson tipo III se desarrolló como un método para ajustar una curva a cuenta información. Su uso está justificado por que se ha encontrado que arroja buenos resultados en muchas aplicaciones particularmente para la información de picos de crecientes.			
Gumbel	Los valores extremos son valores máximos o mínimos seleccionados de conjuntos de datos. Por ejemplo, el caudal máximo anual en un lugar dado es el mayor caudal registrado durante un año y los valores de caudal máximo anual para cada año de registro histórico conforman un conjunto de valores extremos que puede analizarse estadísticamente.	$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{x-u}{\alpha} - \exp \left(-\frac{x-u}{\alpha} \right) \right]$	$-\infty < x < \infty$	$\alpha = \frac{\sqrt{6}s_x}{\pi}$ $u = \bar{x} - 0.5772\alpha$

Fuente: Modificado de (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

✓ Caudal máximo cuenca hidrográfica asociada al punto de captación

La generación de caudales máximos para las cuencas hidrográficas existentes en el área de estudio se desarrolla bajo el método racional, siendo este uno de los modelos más útiles en cuencas pequeñas como las que se evalúan en el presente informe que no superan los 85km², dicho método se representa en la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 (C * i * A)$$

Donde:

A: Área de cuenca hidrográfica (km²)

i: Intensidad (mm/hr)

C: Coeficiente de escorrentía

✓ Caudal mínimo cuenca hidrográfica asociada al punto de captación

Para el desarrollo de los caudales mínimos se realiza análisis de información de precipitación mínima 24 horas tomada en el periodo correspondiente a los años desde 1992 y 2016, en este caso en particular, para determinar los caudales mínimos se calcularon por medio del software Hyfran

Posteriormente, es necesario conocer la duración de las lluvias asociadas al área de estudio, para ello, se aplican diferentes fórmulas empíricas en cada una de las cuencas aferentes a las captaciones cuyos resultados se presentan en la **Tabla 3-2**.

Tabla 3-2 Resultados tiempo de concentración por cuenca hidrográfica

MÉTODO	KIRPICH	KIRPICH (CFE)	R.R. ROWE	US ARMY CORPS OF ENGINEERS (TEMEZ)	CHOW	SOIL CONSERVATION SERVICE	PROMEDIO (horas)
FORMULA	$t_c = 0.195 (L^2 / H)^{0.385}$	$t_c = ((0.86 L^2) / H)^{0.325}$	$t_c = ((0.86 L^2) / AH)^{0.385}$	$t_c = 0.3 (L / S^{0.25})^{0.7}$	$t_c = 0.00505 (L / S^{0.5})^{0.6}$	$t_c = L^{1.15} / ((3085 (AH)^{0.38}))$	
Cap 1	22.4 horas	13.8 horas	13.8 horas	9.3 horas	12.2 horas	21.8 horas	15.5 horas
Cap 2	21.7 horas	13.3 horas	13.3 horas	8.9 horas	11.84 horas	21 horas	15.0 horas

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

o Punto de Captación 1

CAPTACIÓN	ESTE	NORTE
Captación 1	1138754	1142373

Tabla 3-3 Caudales medios Mensuales Multianuales Estimados Captación 1 (m3/s)

Fuente	Nº Años	Máximo Registro	Mínimo Registro	Mediana	Mediana	Desviación estándar	Registro 10%, O Caudal de Aguas Altas	Registro 50%, O Caudal de Aguas Altas	Registro 90%, O Caudal de Aguas Altas				
Captación 1	20	62.2 (m3/s)	0.04 (m3/s)	13.98	12.67	9.43	27.9 (m3/s)	12.7 (m3/s)	3.7 (m3/s)				
MÉTODO	Caudal (m3/s)	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Balance Hídrico	Min	0,51	1,81	2,42	1,16	3,59	4,46	4,16	1,14	3,02	6,05	2,79	0,04
	Med	8,43	8,91	14,85	23,11	20,18	11,61	11,5	9,65	12,34	20,68	17,61	8,92
	Max	22,77	25,19	38,01	62,15	42,68	20,07	39,86	19,02	31,15	33,55	36,71	20,48
Rendimiento hídrico	Min	0,75	0,88	0,11	1,17	2,26	2,84	2,33	2,38	1,75	2,24	4,03	0,55
	Med	3,46	2,99	4,55	11,31	17,50	13,56	10,32	9,10	8,53	14,13	18,59	8,93
	Max	10,03	8,81	24,12	57,90	75,20	50,73	47,44	21,66	28,36	45,87	63,52	41,84

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

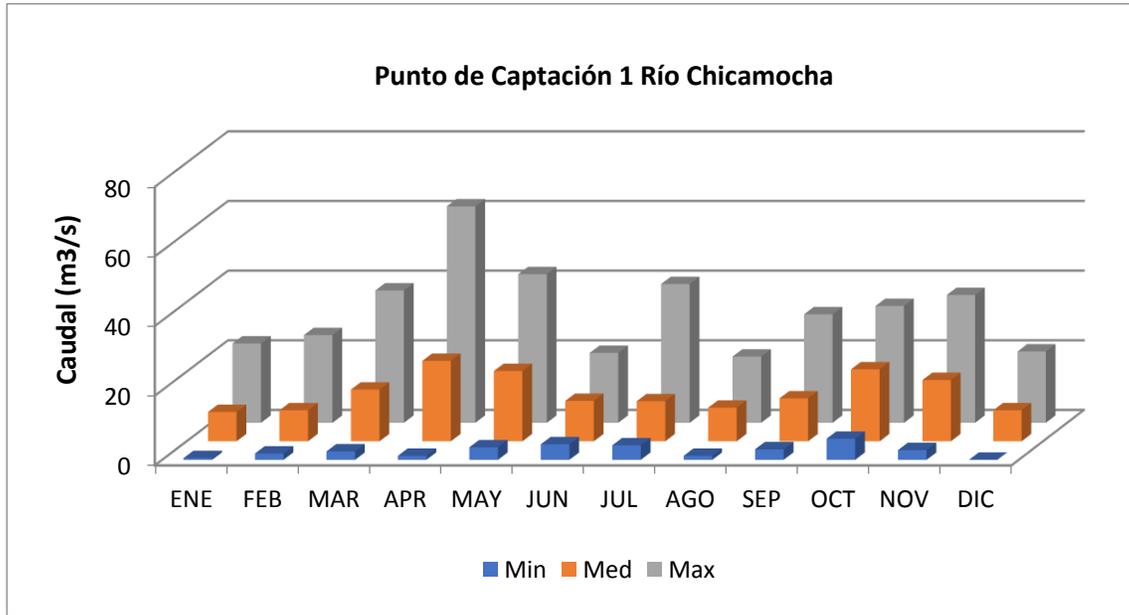


Figura 3-1 Caudales Medio Mensuales Multianuales Estimados Captación 1
Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

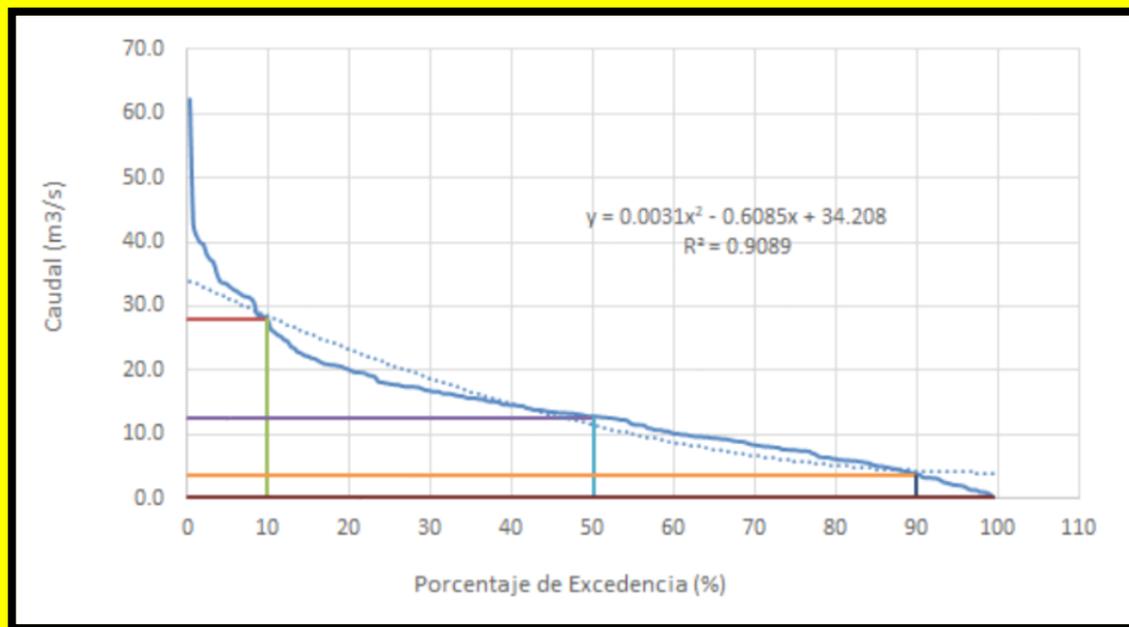
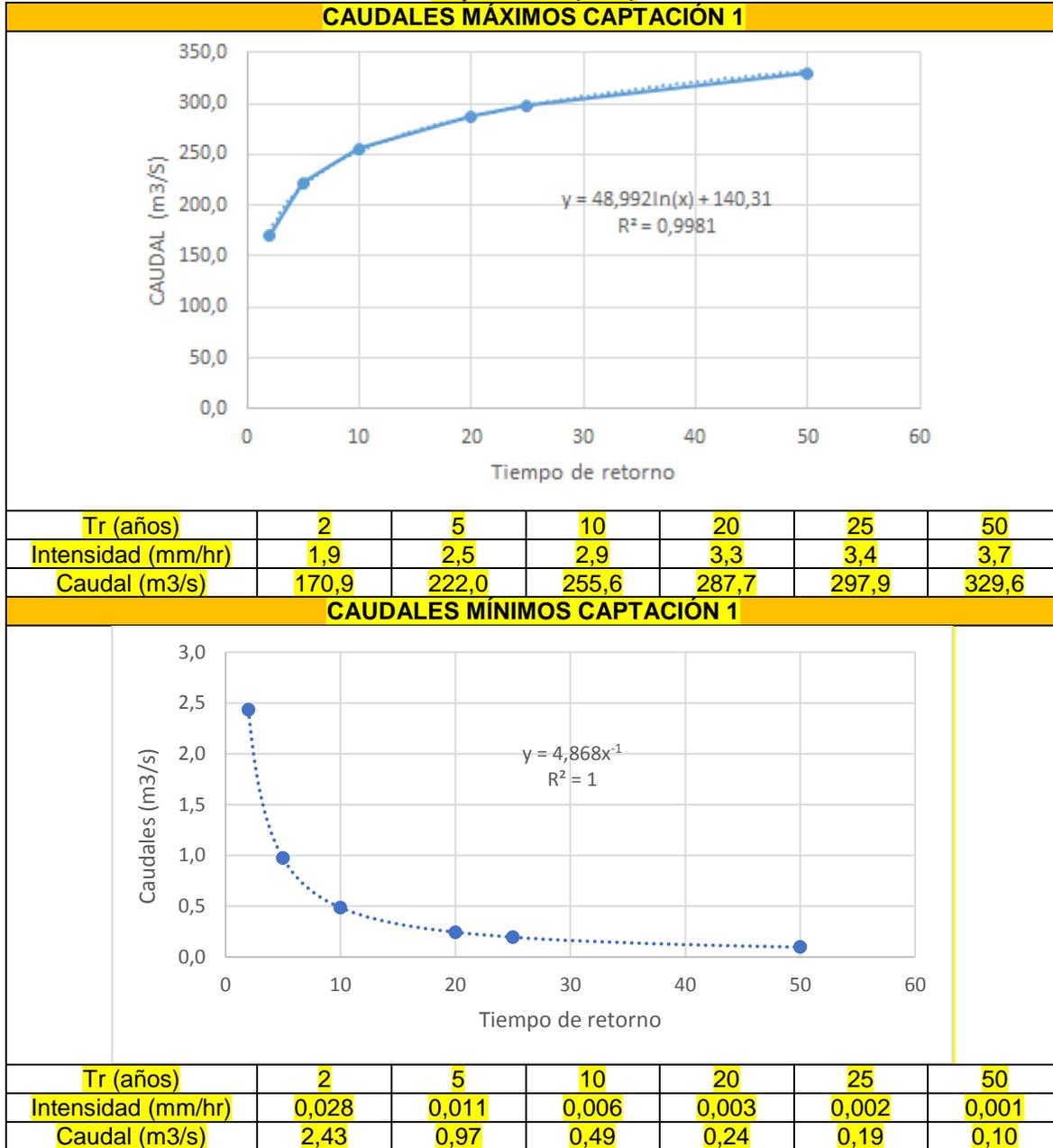


Figura 3-2 Curva de Duración De Caudales Captación 1
Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

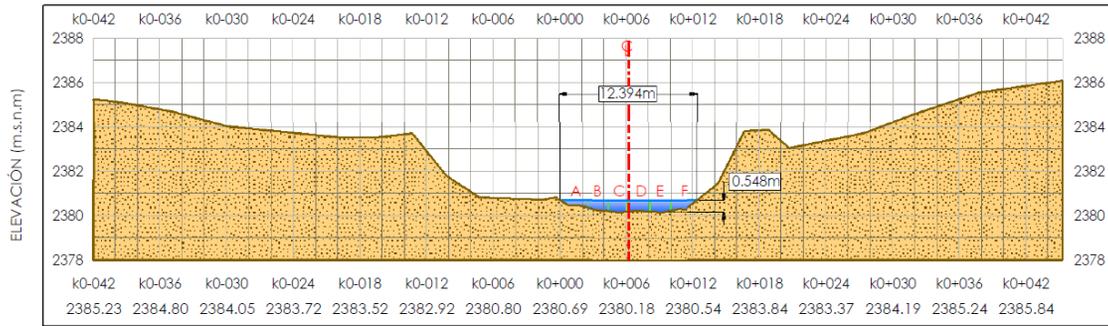
**Tabla 3-4 Caudales Máximos y Mínimos Diferentes Periodos de Retorno Estimados
Captación 1 (m3/s)**



Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

Para el presente punto de captación 1 se encuentra ubicado espacialmente en la intersección del río Chicamocha con la carretera que conduce a Betétiva, igualmente en dicho punto se realiza topografía y aforo de caudales y se presentan los resultados en la **Figura 3-3**.

PERFIL SECCIÓN 1



Ancho Lámina (m)	12.394	Profundidad Máxima (m)	0.548	Cota Lecho (m.s.n.m)	2380.1	Área Mojada (m2)	4.933
Perímetro Total (m)	24.920	Cota Lámina (m.s.n.m)	2380.1	CAUDAL (m3/s)	4.802	Velocidad Media (m/s)	0.973

Figura 3-3 Topo-batimetrías sección transversal Captación 1

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019



Fotografía 3-1 Localización del Punto de Captación 1 sobre el Río Chicamocha

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019



Fotografía 3-2 Vía de acceso al Punto de Captación 1 sobre el Río Chicamocha

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

o Punto de Captación 2

CAPTACIÓN	ESTE	NORTE
Captación 2	1136811	1136481

Tabla 3-5 Caudales medios Mensuales Multianuales Estimados Captación 2

Fuente	N° Años	Máximo Registro	Mínimo Registro	Mediana	Mediana	Desviación estándar	Registro 10%, O Caudal de Aguas Altas	Registro 50%, O Caudal de Aguas Altas	Registro 90%, O Caudal de Aguas Altas				
Captación 2	20	57.7 (m3/s)	0.04 (m3/s)	12.98	11.76	8.76	25.9 (m3/s)	11.8 (m3/s)	3.4 (m3/s)				
MÉTODO	Caudal (m3/s)	ENE	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Balance Hídrico	Min	0,48	1,68	2,25	1,08	3,33	4,14	3,86	1,06	2,8	5,62	2,59	0,04
	Med	7,83	8,27	13,79	21,46	18,74	10,78	10,68	8,96	11,45	19,2	16,35	8,28
	Max	21,14	23,39	35,29	57,71	39,63	18,63	1	17,66	2	31,16	9	19,02
Rendimiento hídrico	Min	0,80	0,95	0,11	1,26	2,43	3,05	2,51	2,56	1,88	2,41	4,34	0,60
	Med	3,72	3,22	4,91	12,18	18,85	14,61	11,12	9,80	9,18	15,22	20,02	9,61
	Max	10,80	9,49	25,98	62,35	81,00	54,64	51,09	23,33	30,55	49,41	68,42	45,07

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

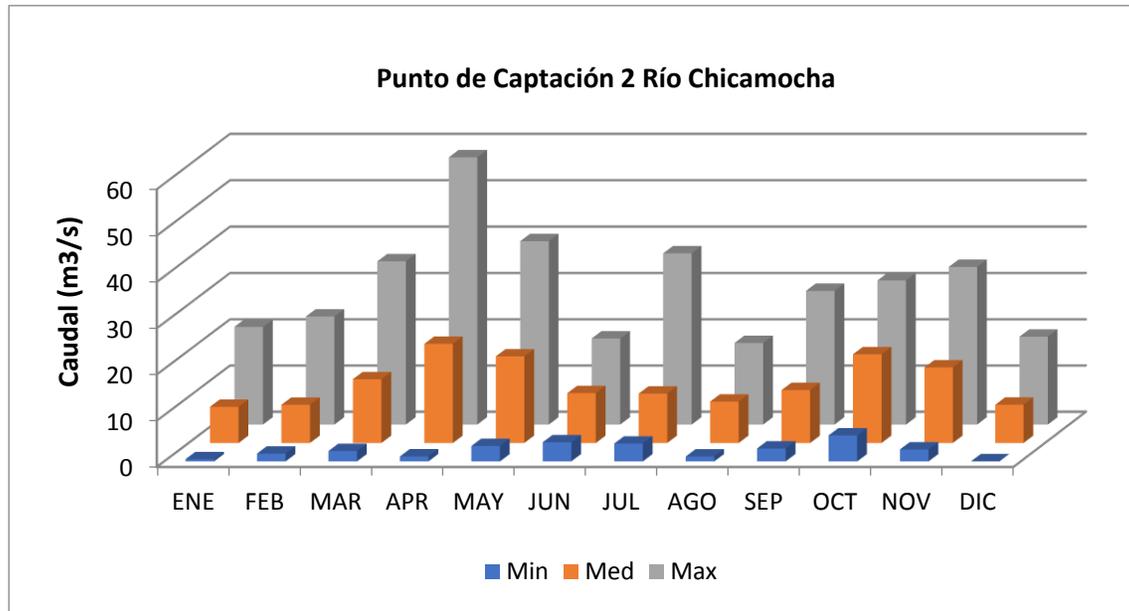


Figura 3-4 Caudales Medio Mensuales Multianuales Estimados Captación 2

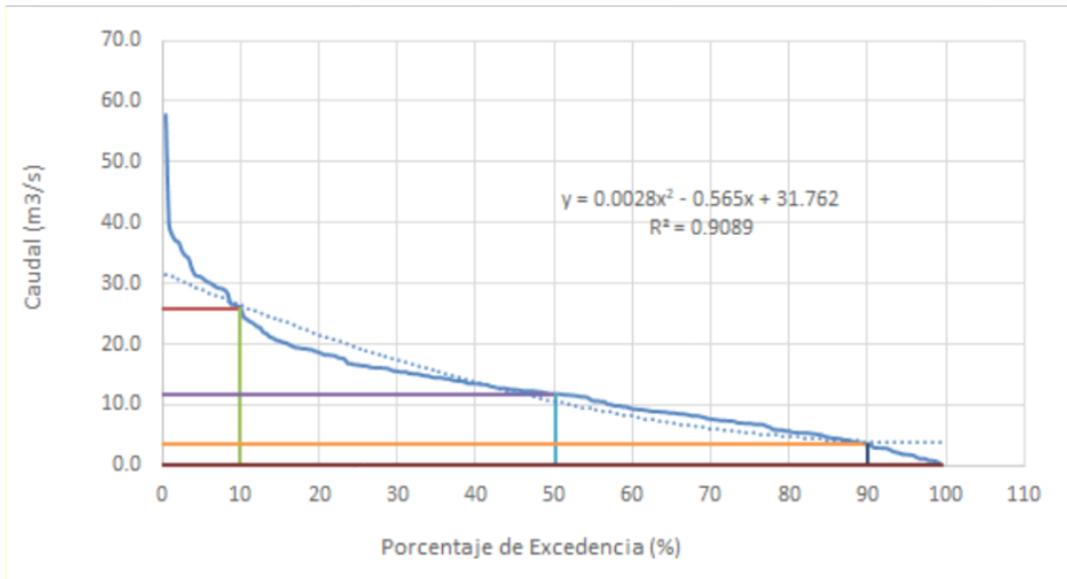
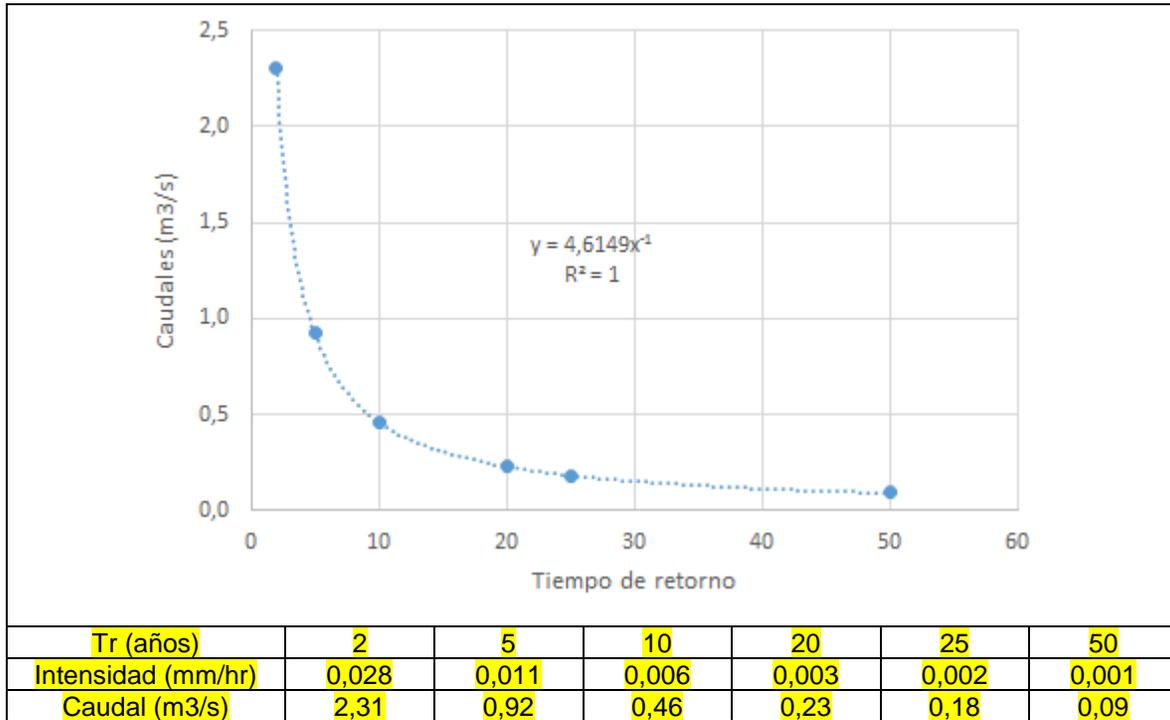


Figura 3-5 Curva De Duración De Caudales Captación 2

**Tabla 3-6 Caudales Máximos y Mínimos Diferentes Periodos de Retorno Estimados
Captación 2 (m3/s)**

CAUDALES MÁXIMOS CAPTACIÓN 2						
	2	5	10	20	25	50
Tr (años)	2,0	2,6	3,0	3,3	3,5	3,8
Intensidad (mm/hr)	162,0	210,4	242,3	272,7	282,4	312,4
Caudal (m3/s)						
CAUDALES MÍNIMOS CAPTACIÓN 2						



Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

El punto de captación 2 se encuentra en la cabecera del municipio de corrales, lugar donde el día 13 de diciembre de 2019 se realiza levantamiento topo-batimétrico y aforo de caudales de la sección transversal, como ya se enuncio punto 1 solicitado para captación sobre el rio Chicamocha. Los resultados de la topo-batimetría se presenta en la **Figura 3-6**.

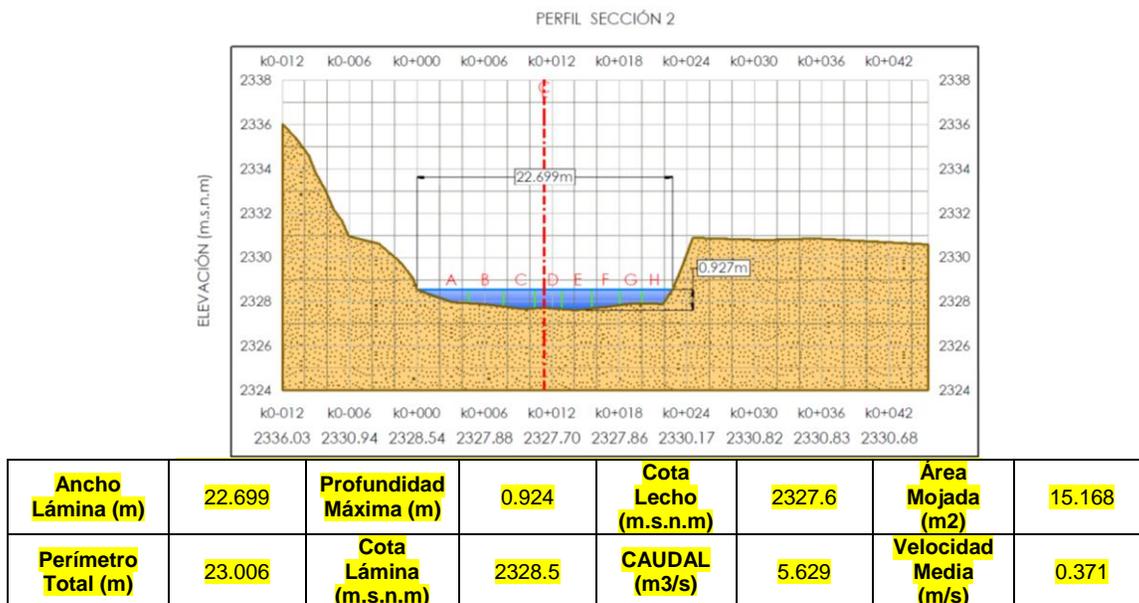


Figura 3-6 Topo-batimetrías sección transversal Captación 2

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019



Fotografía 3-3 Localización del Punto de Captación 2 sobre el Río Chicamocha



Fotografía 3-4 Panorámica Vía de acceso al Punto de Captación 1 sobre el Río Chicamocha

3.1.2 Caudal disponible en el río Chicamocha e índice de escasez

El caudal ecológico se define como aquel que mantiene el funcionamiento, composición y estructura del ecosistema fluvial que el cauce contiene en condiciones naturales, preservando los valores ecológicos, el hábitat natural y funciones ambientales tales como: purificación de aguas, amortiguación de extremos hidrológicos, recreación y pesca, entre otros (Davis y Hirji, 1999; García de Jalón y González del Tánago, s. f.).

Para el presente estudio se tomó como caudal ecológico el 25% del caudal medio mensual multianual al cual se le suma un 25% por calidad de agua de las fuentes hídricas, lo que nos lleva a estimar un 50% de la oferta neta disponible porcentajes avalados por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, dicho valor es de vital importancia para la identificación del índice de escasez que se describe a continuación.

Se entiende como índice de escasez de agua la relación porcentual entre la demanda potencial de agua con la oferta hídrica disponible, luego de aplicar factores de reducción por régimen de estiaje³.

El índice de escasez para el presente análisis se establece bajo los criterios de la siguiente fórmula:

$$I_e = \frac{D}{O_n} * 100\%$$

Donde:

Ie: índice de escasez (%)

D: Demanda de recurso (m³)

On: Oferta hídrica superficial (m³)

Teniendo en cuenta lo relacionado anteriormente, se registra escasez de agua cuando la cantidad de agua tomada de la fuente hídrica supera su oferta, con el objeto de identificar dicho déficit, la práctica del índice de escasez ha permitido determinar los umbrales críticos de presión sobre el recurso hídrico, según esto se distinguen cuatro categorías, las **Tabla 3-7**.

Tabla 3-7 Escala de valoración índice de escasez

CATEGORÍA DEL ÍNDICE DE ESCASEZ	PORCENTAJE DE LA OFERTA HÍDRICA UTILIZADA	COLOR	EXPLICACIÓN
Alto	> 40%	Rojo	Existe fuerte presión sobre el recurso hídrico denota una urgencia máxima para el ordenamiento de la oferta y la demanda. En estos casos la baja disponibilidad de agua es un factor limitador del desarrollo económico
Medio	20 – 40 %	Naranja	Cuando los límites de presión exigen entre el 20 y el 40 % de la oferta hídrica disponible es necesario el ordenamiento tanto de la oferta como la demanda. Es menester asignar prioridades a los distintos usos y prestar particular atención a los ecosistemas acuáticos para garantizar que reciban el aporte hídrico requerido para su existencia. Se necesitan investigaciones para manejar la eficiencia en la utilización de los recursos hídricos.
Moderado	10 – 20 %	Amarillo	Indica que la disponibilidad de agua se está convirtiendo en un factor limitador del desarrollo
Bajo	< 10 %	Verde	No se experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico

Fuente: Metodología para el cálculo de índice de escasez de agua superficial, 2019

Teniendo en cuenta la metodología de cálculo de índice de escasez relacionada, en la **Tabla 3-8** se presenta el resultado obtenido en el análisis de índice de escasez para el río Chicamocha.

Tabla 3-8 Índice de Escasez de Agua para el río Chicamocha

CUENCA	NÚMERO DE HABITANTES	CAUDAL MEDIO (m ³ /s)	CAUDAL ECOLÓGICO (m ³ /s)	DEMANDA (m ³ /s)	ÍNDICE DE ESCASEZ	
					RANGO %	CATEGORÍA
R. Chicamocha	690	0.60	0.30	0.043	14.4	Moderado

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

³ IDEAM, 2008

Igualmente se complementa la información de índice de escasez a partir de los datos estipulados por parte del Sistema de Información del Medio Ambiente de los Países de la Comunidad Andina para el municipio de corrales. Este municipio reporta un rango de 6.1 considerada categoría baja, para el cálculo se tuvo en cuenta una población aproximada a servir de 2481 personal que generan una demanda potencial de 4.2 mm^3 y la oferta disponible asciende a 69 mm^3 .

3.1.3 Usos y usuarios del agua superficial

En la **Tabla 3-9** se presenta la relación de concesiones otorgadas para uso y aprovechamiento del agua por CORPOBOYACÁ, inventario que fue corroborado por el equipo de la UPTC para establecer la disponibilidad del recurso para las actividades previstas en el APE COR 15:

Tabla 3-9 Relación de Concesiones de agua otorgadas por CORPOBOYACA en el área de interés

No.	MUNICIPIO	VEREDA	SISTEMA CAPTACIÓN	MICROCUENCA	CAUDAL FUENTE	CAUDAL OTORGADO	USUARIO	USO AGUA
1	Betéitiva	Saurca	Superficial	Chicamocha	0,05	0,025	Pablo E Vargas	Agrícola
2	Betéitiva	Saurca	Superficial	Chicamocha	0,5	0,27	Municipio De Betéitiva	Domestico
3	Betéitiva	Saurca	Superficial	Rio Chicamocha	1	0,41	1023979	ABREVADERO
4	Betéitiva	Saurca	Superficial	Rio Chicamocha	2,5	0,545	Eloísa Araque Rojas	Domestico
5	Betéitiva	Divaquíá	Superficial	Chicamocha	1,67	0,95	Municipio De Betéitiva	Abrevadero, Domestico
6	Betéitiva	Soiquía	Bocatoma De Fondo	Media Chicamocha	0	1	Municipio De Betéitiva	Domestico
7	Betéitiva	Soiquía	Bocatoma Lateral	Media Chicamocha	3	0,048	Asociación De Piscicultores De Betéitiva (Asopispensa)	Abrevadero, Domestico
8	Betéitiva	Soiquía	-	Rio Chicamocha	41,5	0,07	María Cristina Rojas	Doméstico, Pecuario
9	Betéitiva	Soiquía	-	Chicamocha	9,02	0,13	María Cristina Rojas	Doméstico, Pecuario
10	Betéitiva	Soiquía	Superficial	Chicamocha	0,47	0,139	Rogero Rojas Representante Asociación Las Hoyas A La Guada	Doméstico
11	Betéitiva	Buntía	Succión.	Rio Chicamocha	1510,25	0,95	Mario Cárdenas Gil Y Gloria Inés Rojas Gil	Pecuario Y Agrícola
12	Corrales	Modecá	Superficial	Chicamocha	2,72	0,219	Jose N Sánchez R	Industrial
13	Corrales	Reyes Patria	Superficial	Rio Chicamocha	4788	219	Mauricio Cely Albarracín	Industrial
14	Corrales	Reyes Patria	Superficial	Chicamocha	0,12	0,09	Jose Idulfo Fonseca Pinto	Abrevadero, Domestico, Riego
15	Corrales	Reyes Patria	Superficial	Rio Chicamocha	1960	1,21	Jose Antonio Vargas Castellanos	Industrial (Lavado De Arena)
16	Corrales	Reyes Patria	Bombeo	Rio Chicamocha	9265,34	0,99	Tamizadora El Triunfo	Industrial (Lavado De Arena)
17	Corrales	Reyes Patria	Bombeo	Rio Chicamocha	9265,34	0,99	Minerales La Mexicana	Industrial (Lavado De Arena)
18	Corrales	Reyes Patria	Superficial	Media Chicamocha	117,6	1,46	Municipio De Corrales	Diario
19	Corrales	Reyes Patria	Superficial	Rio Chicamocha	0,5	0,69	Jose Rodulfo López Fonseca	D

No.	MUNICIPIO	VEREDA	SISTEMA CAPTACIÓN	MICROCUENCA	CAUDAL FUENTE	CAUDAL OTORGADO	USUARIO	USO AGUA
20	Corrales	Corrales	Superficial	Rio Chicamocha	16,63	2,6	Minas Paz Del Rio S,A	Industrial
21	Corrales	Reyes Patria	Superficial	Rio Chicamocha	0,23	0,2	Municipio De Corrales	Domestico
22	Corrales	Reyes Patria	Otro	Rio Chicamocha Medio	6668	0	Consortio Muisca Sogamoso	Agrícola
23	Corrales	Reyes Patria	Otro	Rio Chicamocha	6669	0	Consortio Muisca Sogamoso	Agrícola
24	Corrales	Reyes Patria	Succión	Rio Chicamocha Medio	6688,43	0,5	Pedro Alberto Agudelo	Industrial
25	Corrales	Reyes Patria	Succión	Rio Chicamocha Medio	6688,43	0,1	Nelson Javier Torres Castro	Industrial
26	Corrales	Modecá	Na	Rio Chicamocha Medio	0	0	Municipio De Tópaga	Na
27	Tasco	San Isidro	Superficial	Chicamocha	286	0,61	Álvaro Llanos Nino	Riego
28	Tasco	Santa Bárbara	Bombeo	Rio Chicamocha	9265,34	0,343	Dora Costanza León Rojas	Industrial (Lavado De Arena)
29	Tasco	San Isidro	Superficial	Chicamocha	544,8	0	Personera Mpal Marina Fonseca	Domestico
30	Tasco	San Isidro	Superficial	Chicamocha	15,2	0,3	Luis Alberto Rodríguez Parra	Abrevadero, Domestico
31	Tasco	Santa Bárbara	Superficial	Chicamocha	8,16	3,54	Suscriptores De La Vereda Sn Isidro	Abrevadero, Domestico
32	Tasco	San Isidro	Superficial	Rio Chicamocha	68,4	0,1	Jose Manuel Pasachoa	Riego
33	Tasco	Canelas	Superficial	Rio Chicamocha	16	0,63	Municipio De Corrales-	Domestico
34	Tasco	San Isidro	Superficial	Rio Chicamocha	9651	33,75	Asosario	Pecuario, Riego
35	Tasco	San Isidro	Superficial	Chicamocha	9651	33,75	Asosario	Pecuario, Riego
36	Tasco	Santa Bárbara	Superficial	Rio Chicamocha	172	14	Asousuarios Distrito De Riego Pequeña Escala-Asodistrictanelas	Pecuario, Riego

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

De los 36 usuarios identificados el caudal que demandan es de 320 l/s. Al realizar la estimación de los caudales en cada uno de los puntos señalados para el APE COR-15 se puede establecer que no se presentará conflicto por cuanto existe caudal disponible.

El río Chicamocha de acuerdo con la estación del IDEAM a la altura de Paz del Río registra un caudal de 40100 l/s, por lo cual la disponibilidad para usuarios actual y futura frente a este cuerpo de agua es alta. No obstante, en buena medida en el río Chicamocha y en algunos de sus afluentes los vertimientos de tipo doméstico son frecuentes lo que compromete la calidad del agua y la disponibilidad para muchos usuarios.

Teniendo en cuenta que el proyecto del APE COR-15 requiere el agua para usos de tipo doméstico e industrial y que contará con las debidas plantas de tratamiento "in situ" para su manejo y puesta en las condiciones requeridas, no reviste inconveniente. Pero si es claro que la calidad del agua se encuentra comprometida por los distintos aportes que recibe correspondientes a vertimientos de aguas residuales domésticas, el lavado de los suelos producto de la escorrentía y demás aportes de otros usuarios por ejemplo en materia de residuos sólidos.

3.1.4 Conflictos por uso del recurso hídrico superficial

De acuerdo con los valores medidos en los dos sitios de captación sobre el río Chicamocha, no se presentarán conflictos con los usuarios aguas debajo de estos puntos, por cuanto la captación prevista para el APE COR-15 solo será de 2 l/s y con los caudales medios registrados no se generará interferencia en las otras captaciones. En el caso más extremo estarán disponibles cerca de 3.7 m³/s y 3.4 m³/s en el río Chicamocha a la altura de los puntos de captación, es decir que frente a los 320 l/s concesionados por CORPOBOYACA para los diferentes usuarios sobre la margen del río, existirá disponibilidad de cerca de 3.400 l/s, es decir disponibilidad amplia y suficiente.

3.2 LÍNEA BASE DE OFERTA DE AGUA SUBTERRÁNEA

El recurso hídrico subterráneo es fuente de agua para el aprovechamiento del proyecto APE COR-15 y por lo tanto a continuación se presenta la caracterización tendiente a reconocer la disponibilidad y renovabilidad del recurso, así como los usos y usuarios actuales, y el análisis de conflictos que pudieran llegar a darse por el uso de este recurso.

3.2.1 Régimen de recarga para las unidades hidrogeológicas con puntos de captación de agua subterránea

Se realizó un balance hídrico de suelo en la línea base de hidrogeología (ver numeral 5.1.6.9 Balance hídrico de suelos), el resultado final de recarga anual obtenido al aplicar el balance hídrico de suelos se presenta en la **Figura 3-7**.

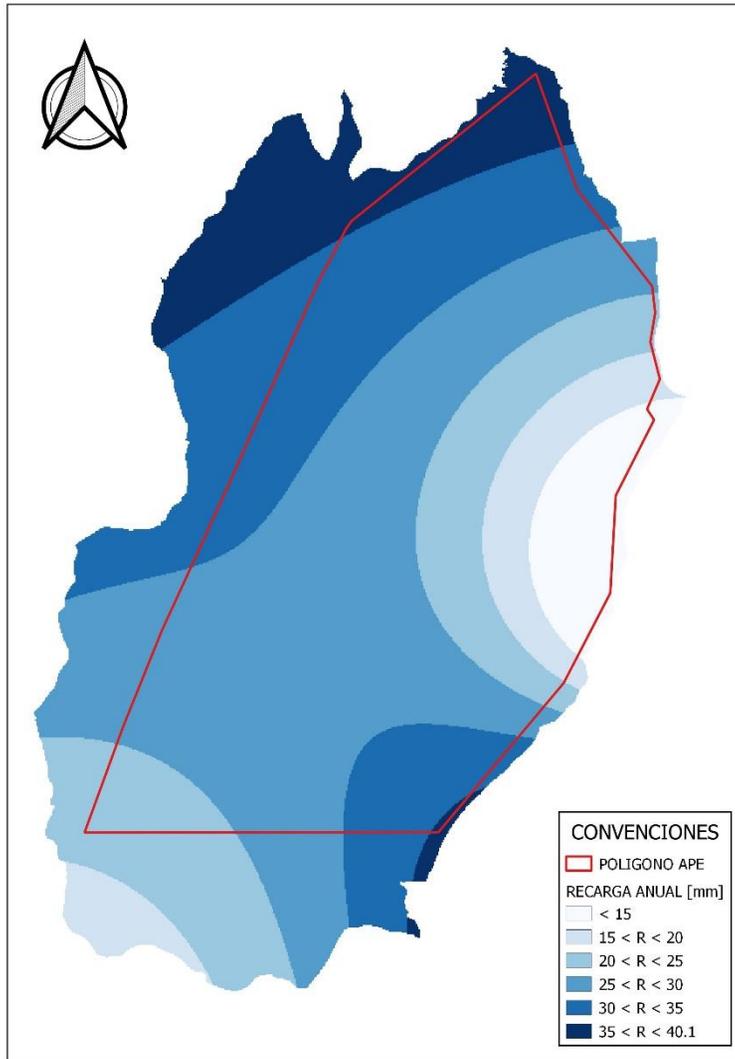


Figura 3-7 Recarga calculada a partir de balance hídrico de suelos

Fuente: UPTC-INCITEMA (2019).

Se identifican rangos de recarga de acuíferos que van aproximadamente desde 3 mm hasta 40 mm, con un valor medio de 27.4 mm que representa el 8.5 % de la OHTS. En ese orden de ideas, con una recarga media de esa magnitud se requiere un área de aporte de recarga de 230 ha para mantener un caudal de 2 l/s. De cualquier manera, el caudal que será aprovechado estará de acuerdo con las pruebas de bombeo que se realicen y con el caudal máximo aprovechable que minimice el impacto sobre el recurso hídrico subterráneo y superficial.

3.2.2 Usos y usuarios del agua subterránea

Se encontraron diversos usos del agua subterránea en la zona de estudio, en los que se encuentran consumo humano colectivo, necesidades domésticas individuales, usos agropecuarios comunitarios y uso agropecuario individual. En la **Tabla 3-10** se presenta el consolidado de usos para todos los puntos.

Tabla 3-10 Usos del agua subterránea identificados con el inventario por tipo de punto de agua

TIPO PUNTO	USOS			
	Consumo humano colectivo	Necesidades domésticas individuales	Usos agropecuarios comunitarios	Uso agropecuario individual
Pozo	3	7	0	5
Aljibe	0	6	0	9
Manantial	6	43	1	193
Total general	9	56	1	207

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

El uso más extendido es el agropecuario individual con 207 puntos, seguido por las necesidades domésticas individuales. Se encontró que 248 puntos de los 288 identificados son usados, lo que indica que el recurso hídrico subterráneo es ampliamente usado en el AI del APE COR-15.

Las unidades geológicas que actualmente están en uso se presentan en la **Tabla 3-11**.

Tabla 3-11 Usos del agua subterránea identificados con el inventario por unidad geológica captada

UNIDAD GEOLÓGICA	USOS				PUNTOS EN USO
	Consumo humano colectivo	Necesidades domésticas individuales	Usos agropecuarios comunitarios	Uso agropecuario individual	
Depósito Cuaternario Aluvial y Coluvial	4	12	0	18	36
Formación Arcillas de Socha	0	0	0	1	1
Formación Areniscas de Socha	1	0	0	0	1
Formación Chipaque	0	0	1	13	15
Formación Concentración	1	4	0	20	24
Formación Cuche	0	0	0	1	1
Formación Filitas y Esquistos de Busbanzá	0	23	0	62	89
Formación Girón	0	7	0	19	32
Formación Guaduas	1	1	0	8	9
Formación Labor y Tierna	2	0	0	8	8
Formación Los Pinos	0	0	0	2	3
Formación Picacho	0	0	0	5	5
Formación Plaeners	0	1	0	5	5
Formación Tibasosa	0	3	0	23	33
Formación Une	0	1	0	7	8
Stock de Otengá	0	4	0	15	18

Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

Se encontró que la unidad con mayor cantidad de puntos en uso son las Filitas y Esquistos de Busbanzá con 89 puntos, seguido por los Depósitos Cuaternarios con 36 puntos, Tibasosa con 33

puntos, Girón con 32 puntos, Concentración con 24 puntos, Stock de Otengá con 18 puntos y Chipaque con 15 puntos. Las unidades Guaduas, Labor y Tierna, Une, Picacho, Plaeners, Los Pinos, Cucho y Areniscas de Socha tienen menos de 10 puntos con uso. De todos estos puntos la gran mayoría son manantiales, con excepción los aljibes y pozos que se encontraron en los depósitos localizados en el valle de la quebrada la Floresta en Busbanzá y el río Chicamocha en Corrales.

3.2.3 Conflictos por uso del recurso hídrico subterráneo

Aunque se identificaron usos y usuarios del recurso hídrico subterráneo, se considera que no se generarán conflictos por el uso toda vez que se propone captar agua en niveles más profundos a los que utiliza la comunidad actualmente. Estos niveles son, en su mayoría, muy someros y transportan flujos cortos o subsuperficiales que son recargados directamente por la precipitación y que no llegan a hacer parte de un sistema hidrogeológico regional.

Además, se utilizaron los siguientes criterios para evitar conflicto por el uso del recurso hídrico con otros actores del territorio:

- Ubicación de zonas saturadas en profundidad en acuíferos.
- Zonas con pocos o ningún punto de agua subterránea alrededor.
- Zonas más de 100 m de cualquier punto de agua subterránea y 30 m de cuerpos de agua superficial.
- Rejillas a profundidades por debajo de manantiales y drenajes cercanos para tomar agua de flujos con poca o nula conexión al agua en superficie.

3.3 OTRAS FORMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA EL PROYECTO

Se contempla la posibilidad de compra de agua a terceros para uso del proyecto a terceros autorizados en la región que cuenten con los permisos de ley al día, la disponibilidad y capacidad de suministro requerida por el proyecto.

3.4 LÍNEA BASE DE DEMANDA DE AGUA

3.4.1 Usuarios del sistema

El personal requerido para el desarrollo de las actividades del proyecto exploratorio COR-15 se definió para cada etapa, teniendo en cuenta las características de las obras a realizar, la tecnología de perforación y el desarrollo de las actividades de desmantelamiento y abandono. En la **Tabla 3-12**, **Tabla 3-13** y **Tabla 3-14** se presenta el detalle del personal requerido por etapa y en la **Tabla 3-15** se encuentra el resumen de personal del proyecto.

Tabla 3-12 Estimativo de personal para la etapa de desmantelamiento y abandono

PROFESIÓN, CARGO O FUNCIÓN	CANTIDAD PERSONAS
Ingeniero Civil, Director de Obra	1
Ingeniero Civil, residente de obra	1
Interventor Ambiental	1
Interventor de obras civiles	1
Supervisor de obras civiles	3
Administrador de campo	1
Inspector de obra	2
Almacenista	1
Topógrafo	2
Cadeneros (primero y segundo)	4
Maestro de obra	2

PROFESIÓN, CARGO O FUNCIÓN	CANTIDAD PERSONAS
Oficial de construcción	4
Ayudante de construcción	20
Conductores de volquetas	10
Con ductores de camionetas	3
Operario de buldócer	2
Operario de motoniveladora	2
Operario de Vibro compactador	2
Operario de Retroexcavadora	2
Operario de cargador	1
Auxiliar de maquinaria	2
TOTAL DE PERSONAL	25

Fuente: MAUREL & PROM COLOMBIA B. V., 2019

Tabla 3-13 Personal requerido para actividades de perforación

ACTIVIDAD	CARGO	TOTAL	POR TURNO
PERFORACIÓN	Company Man	1	1
	Asistente de Co. Man	2	1
	ToolPusher	2	1
	Tower Pusher	2	1
	Perforador (Driller)	4	1
	Encuellador	4	1
	Cuñeros	12	3
	Electricista	2	1
	Mecánico	2	1
	Bodeguero	2	1
	Enfermero / Coordinador HSE	2	1
	IT-Comunicaciones	1	1
	Obreros de patio	12	6
	Aceitero	3	1
	Soldador	2	1
FLUIDO DE PERFORACIÓN	Ingenieros de lodos	2	1
	TFM	1	1
PERFORACIÓN DIRECCIONAL	Ingeniero direccional	2	1
	Ingeniero MWD	2	1
CONTROL DE SÓLIDOS	Supervisor	2	1
	Técnico de centrifugas	2	1
	Obreros	4	2
REGISTROS DE POZO	Jefe de geología (WellSite)	1	1
	Ingeniero MudLogging	2	2
	Geólogos	2	2
CEMENTACIÓN	Ingeniero	1	1
	Técnicos de cementación	3	3
REGISTROS	Ingeniero	1	1
	Técnicos de registros	3	3
REVESTIMIENTO	Ingeniero	1	1
	Ayudantes de revestimiento	2	2
AMBIENTAL	Ingeniero Ambiental	2	1
	Obreros de patio	4	2
TOTAL		90	49

Fuente: FEEL Consulting, 2019

Tabla 3-14 Estimativo de personal para la construcción de cada locación, facilidades, estaciones y vías de acceso

CARGO O FUNCIÓN	CANTIDAD PERSONAS
Director de obra	1
Ingeniero asistente	1
Topógrafo	1
Interventor técnico	1
Interventor ambiental	1
Interventor social	1
Especialista SST	1
Oficial	1
Ayudante	11
Operador de motoniveladora	1
Operador de retroexcavadora	1
Conductor de volqueta	2
Operador de vibro compactador	1
Vigilante	1
TOTAL DE PERSONAL	25

Fuente: MAUREL & PROM COLOMBIA B.V., 2019

Tabla 3-15 Resumen del personal requerido por el proyecto en cada etapa

ETAPA	CANTIDAD PERSONAS
Operativa - Construcción	1
Operativa – Perforación	1
Postoperativa – Desmantelamiento y abandono	1

Fuente: FEEL Consulting, 2019

3.4.2 Requerimientos de agua del proyecto

Para la ejecución de las actividades del proyecto del APE COR 15 se requiere la utilización del recurso agua en un caudal máximo de 2 L/s, los cuales se justifican a continuación:

Para la ejecución del proyecto de perforación exploratoria APE COR 15 se requiere el aprovechamiento del recurso hídrico superficial para las etapas de Construcción de obras civiles (tales como vías de acceso, locación, facilidades, estaciones de recibo), Perforación, Pruebas de Producción, Pruebas Hidrostáticas y Operación, como se muestra en la **Tabla 3-16**.

Tabla 3-16 Caudal de agua requeridos por el proyecto

ETAPA	DESCRIPCIÓN	CAUDAL	USO
Construcción De Obras Civiles, Vías De Acceso Locación	En la adecuación de la vía y plataforma de perforación se requiere agua básicamente para las actividades constructivas de afirmado y rellenos (si las condiciones del material en el momento de la conformación lo ameritan y dependiendo de las condiciones climáticas y de los ensayos de campo) y para las construcciones de obras en concreto.	2.0 l/s (0.002 m ³ /s)	Doméstico e industrial

ETAPA	DESCRIPCIÓN	CAUDAL	USO
Perforación	Industrial: para las actividades de perforación como preparación del lodo de perforación, lavado de equipos, entre otras; y doméstico: para duchas, servicios sanitarios, entre otros.	2.0 l/s (0.002 m3/s)	Doméstico e industrial
Prueba De Producción	Industrial: equipos, maquinaria y doméstico.	(1 l/s para uso doméstico y 1 l/s para uso industrial)	Doméstico e industrial
Pruebas Hidrostáticas	las actividades de construcción y prueba hidrostática	2 L/s (0.002 m3/s)	Industrial
EPF	Operación y construcción EPF	2.0 l/s (0.002 m3/s)	Doméstico e industrial

Fuente: MAUREL & PROM COLOMBIA B.V., 2019

3.4.3 Proyección de demanda anual

El proyecto de exploración COR-15 tiene una asignación fija y por lo tanto no aplica realizar proyección de demanda.

3.4.4 Sistema y método de medición del caudal utilizado en la actividad

> Captación de agua superficial

La captación de aguas se realizará: a) mediante una motobomba adosada a un cárcamo portátil que contendrá la motobomba, la cual se unirá a una manguera o tubería de succión de 2" proveniente de la corriente de agua; b) mediante la instalación de una motobomba en un punto fijo contando con su dique de aislamiento y conexiones para abastecer los carrotanques o la línea de flujo que conducirá el agua hasta los sitios de almacenamiento en plataformas o en las facilidades de producción. Dicha tubería contará con un accesorio en el extremo de succión que impida la entrada de material de arrastre, tal como se muestra en la **Figura 3-8**.

Se captará estrictamente el caudal requerido para cada actividad, controlando el volumen mediante un medidor de flujo, con el fin de evitar la generación de sobrantes en los frentes de trabajo, que deban ser retornados.

Los carrotanques que se utilicen para el transporte de agua hasta los sitios de utilización no ingresarán por ningún motivo a las fuentes superficiales en las cuales se solicita el permiso. Estos vehículos se ubicarán a una distancia suficiente de la margen de la fuente hídrica, durante el proceso de captación, con el fin de prevenir la alteración de las características del recurso hídrico.

En el uso de carrotanque y como medida preventiva, el cárcamo portátil recogería cualquier escape posible de la motobomba con el fin de evitar la contaminación del medio. En esta modalidad se llevará el registro diario de carrotanque cargados indicando el volumen o capacidad de cada uno de ellos.

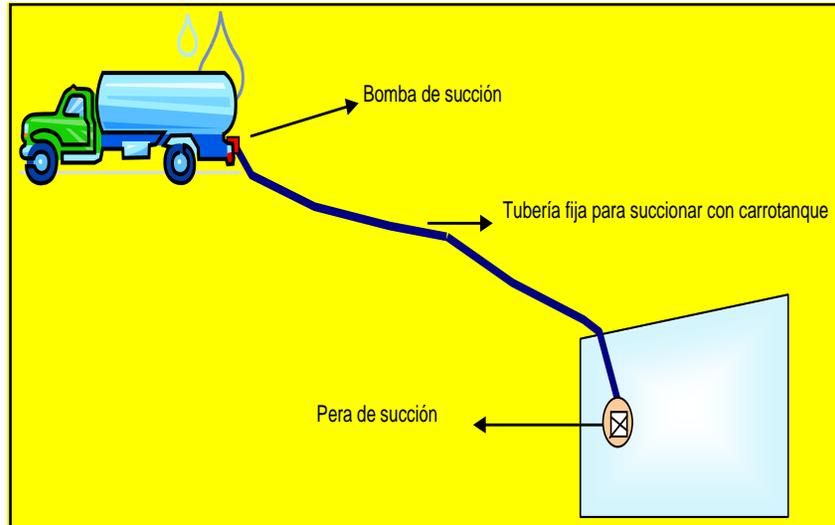
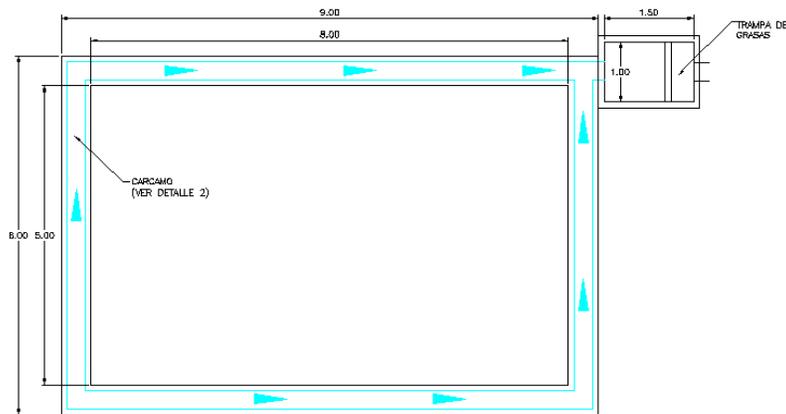


Figura 3-8 Sistema de Captación Directa desde Carrotanque
Fuente: UPTC - INCITEMA, 2019

Para la captación se contempla la opción de captación permanente, mediante motobomba instalada fuera de la ronda protectora de la fuente en una caseta de 2 m x 3 m (área de 6m²) con medidor de flujo. Ver Figura 3-9.



VISTA EN PLANTA PLACA PARA MOTOBOMBA

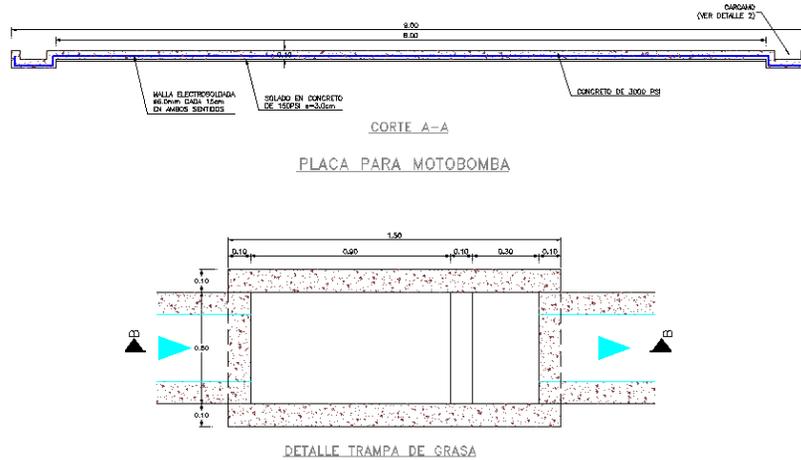


Figura 3-9 Placa para la Instalación de Motobomba para Captación de Agua

Fuente: UPTC - INCITEMA, 2019

En cuanto a la conducción, luego de hecha la captación de la corriente superficial emplearán los carrotanques, los cuales tendrán una capacidad variable entre 3200 y 2700 galones y su uso, será exclusivo para el transporte de agua. Previo al llenado del vehículo deberá hacerse la limpieza del tanque y, una vez llenado, se puede iniciar el transporte hasta los frentes de trabajo o áreas operativas.

➤ Captación de agua subterránea

Se realizará la captación con bomba electro sumergible dentro del pozo perforado (ver Figura 3-10) una vez haya sido adecuado con tubería y filtros, desarrollado, se haya realizado prueba de bombeo y se haya informado a la Autoridad Ambiental mediante ICA los resultados de capacidad de suministro de agua del pozo.

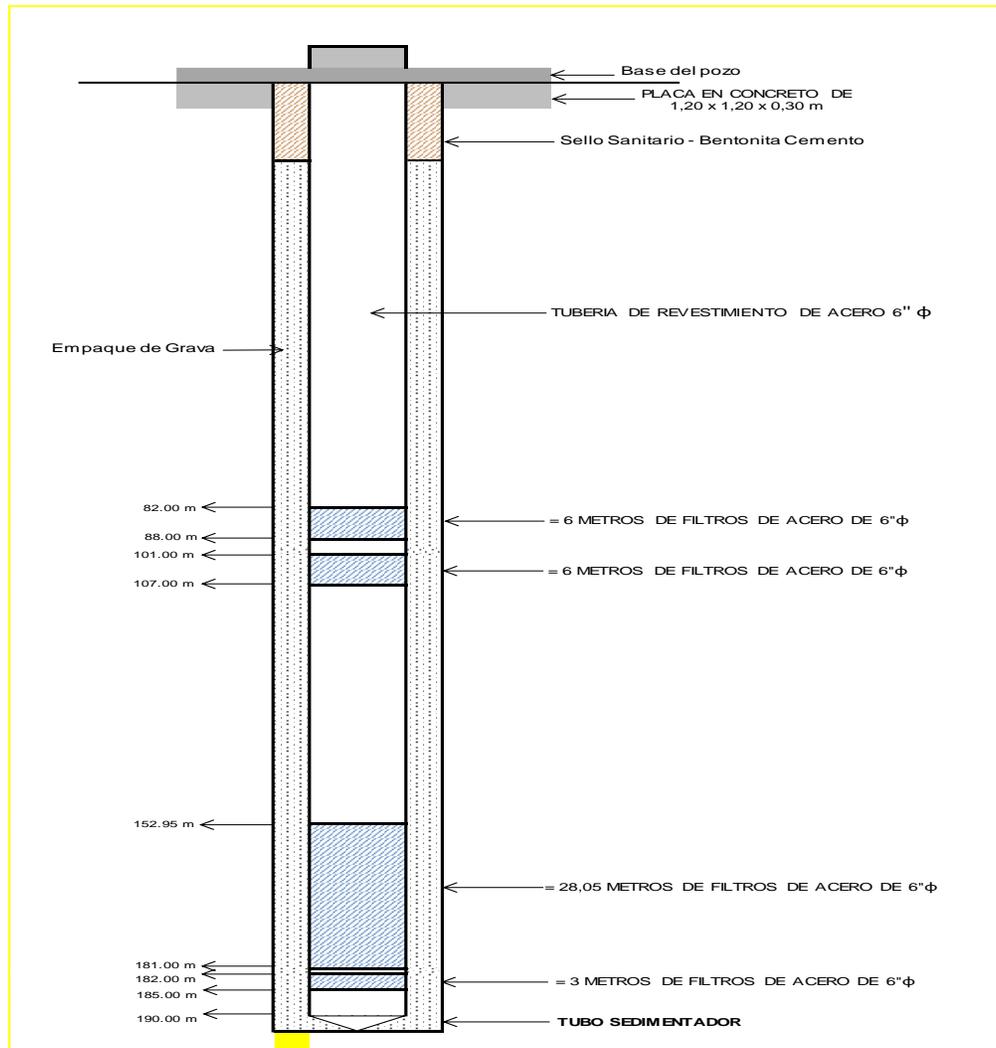


Figura 3-10 Prediseño del Pozo
Fuente: UPTC - INCITEMA, 2019

➤ Medición de agua

Se realizará la instalación de macromedidores y micromedidores en la red de agua del proyecto con el fin de cuantificar los flujos de entrada, salida e intermedios, para así cuantificar y localizar las posibles fugas de agua del sistema con el fin de reducir pérdidas y por ende la presión sobre el recurso hídrico.

3.4.5 Balance de masa

El balance de masa presenta las entradas, consumos y salidas del sistema de uso de agua en el proyecto EIA APE COR-15. En la **Figura 3-11** se presenta un diagrama con las proporciones esperadas de los flujos del agua en el APE COR-15.

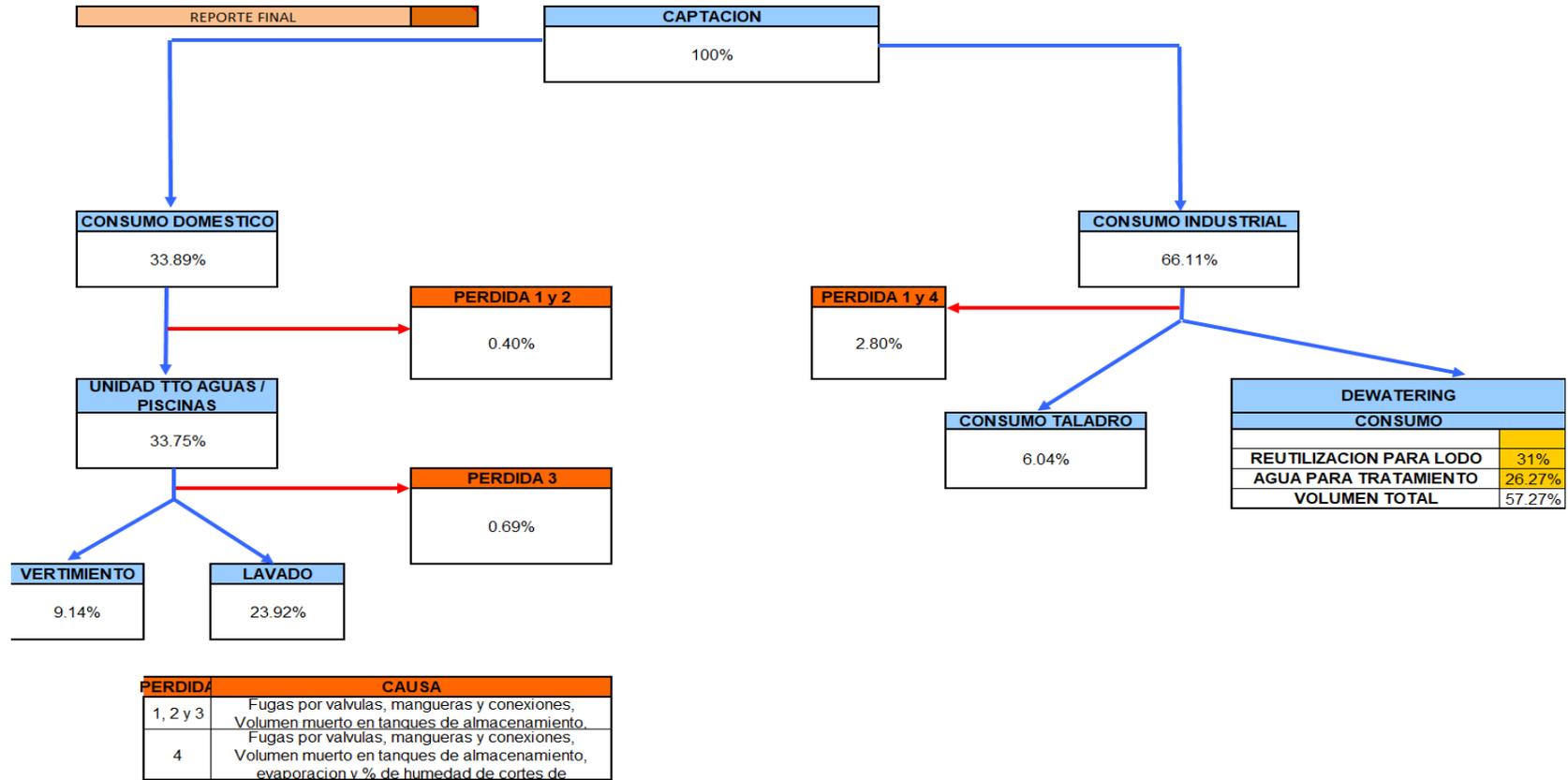


Figura 3-11 Diagrama de proporciones de flujos de agua esperados en el proyecto APE COR-15

Fuente: MAUREL & PROM COLOMBIA B.V., 2019

El resumen del balance de masa de agua global de un pozo de un pozo se presenta en la **Tabla 3-17**. La reutilización propuesta es del 55 % de los 2 l/s a captar por el proyecto, esta es una proporción elevada de reúso que tiene implicaciones en la disminución de la presión sobre el recurso hídrico por parte del proyecto APE COR-15.

Tabla 3-17 Balance de masa del sistema de agua

AGUA	VOLUMEN*		CAUDAL		%
	Litros	Barriles	l/s	Bpd	
Total Agua Captada (TC)	62208000	391275.878	2	27473052	100
Total Perdidas (TP)	1866240	11738.2764	0.06	824192	3
Total Reutilizada (TR)	34214400	215201.733	1.1	15110178	55
Total Vertida (TV)	21772800	136946.557	0.7	9615568	35
Consumo Taladro	4354560	27389.3115	0.14	1923114	7

*Los volúmenes fueron calculados con una duración estimada de 1 año para un pozo exploratorio

FUENTE: INCITEMA – UPTC, 2020

3.4.6 Proporción de pérdidas

La proporción total de pérdidas de agua esperadas en el sistema de manejo de agua asciende al 4%, que es una proporción mucho menor que el 25 % de pérdidas técnicas máximas en el sistema de conducción, aducciones y PTAP aceptable según el artículo 44° de la Resolución 0330 de 2017 por medio de la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. De cualquier manera, las pérdidas reales que se presenten en el desarrollo del proyecto deberán ser siempre menores que el umbral del 25 % de la Resolución precitada.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Formular e implementar un programa tendiente al uso eficiente del recurso hídrico y ahorro de agua por parte de Maurel & Prom Colombia B.V., sus contratistas y colaboradores en el proyecto de perforación exploratoria COR-15 localizado en el departamento de Boyacá, para dar cumplimiento a la normatividad ambiental vigente.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir estrategias, líneas de acción, operaciones y procesos técnicos y administrativos que propendan por el uso eficiente y ahorro del recurso hídrico en el marco del proyecto de perforación exploratoria COR-15.
- Desarrollar las actividades del proyecto de perforación exploratoria COR-15 de acuerdo con lineamientos de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico.
- Identificar, evitar y/o minimizar las pérdidas de recurso hídrico captado y/o usado en el proyecto de perforación exploratoria COR-15.

5 PLAN DE ACCIÓN

Se proponen cinco estrategias en el Plan de Uso Eficiente y Ahorro de Agua enmarcadas en el cumplimiento de los objetivos propuestos, son las siguientes:

- Estrategia 1: Inducción y presentación del programa
- Estrategia 2: Uso y ahorro del agua
- Estrategia 3: Reúso
- Estrategia 4: Inspección y detección de fugas
- Estrategia 5: Mantenimiento preventivo

En los numerales siguientes se describen las acciones que se llevarán a cabo para cada una de las estrategias listadas

5.1 Estrategia 1: Inducción y presentación del programa

Previo al inicio de las actividades, se capacitará al personal involucrado en esta actividad (trabajadores y contratistas), sobre las medidas de manejo asociadas al ahorro y uso eficiente del agua. Para cada etapa del proyecto se determinarán los flujos diarios a través de la toma de registro de los medidores cada hora, desde el inicio de la actividad hasta su finalización, durante un día, para evaluar durante que horarios el consumo de agua alcanza sus picos, y poder relacionarlos con las actividades que se desarrollan en ese momento. El resto del tiempo se tomará el consumo del líquido tres veces al día de acuerdo a los picos registrados.

Los proyectos de ahorro de agua presentan un componente social que es la participación de los miembros de una comunidad, siendo en este caso el personal vinculado a la perforación exploratoria, en donde ellos comprenden el sentido de estas actividades, su importancia y el papel que ellos juegan durante el desarrollo y culminación, de esta manera se logra un compromiso y la colaboración es mucho mayor en el uso del agua. Una herramienta para lograr esta participación es la educación ambiental.

Para la realización del programa de educación ambiental sobre el uso adecuado del agua, se llevarán a cabo las siguientes actividades:

- Presentación inicial del programa de uso eficiente y ahorro del agua, junto con sus componentes, como parte de la Meta de la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible PyCS, que establece ahorros del 10%
- Charlas periódicas sobre el uso del agua (semanales) con el desarrollo del siguiente temario:
 - Ciclo Hidrológico
 - Estrategias de ahorro del agua en actividades diarias para consumo humano e industrial
 - Panorama del recurso hídrico en el área del proyecto
 - Forma de reportar situaciones de pérdida de agua o maneras de optimizar el uso del recurso.
- Presentación mensual de resultados obtenidos en materia de manejo de agua, como estrategia motivacional y de vinculación del personal.

El indicador de esta estrategia es el siguiente:

$$I1 = \frac{\text{Campañas de información realizadas}}{\text{Campañas de información programadas}} \times 100$$

La meta de este indicador es el 100 % de cumplimiento y será llevado a cabo por el ingeniero de aguas del proyecto.

5.2 Estrategia 2: Uso y ahorro de agua

Las instalaciones se sectorizarán por subzonas para medir la demanda de agua por los procedimientos que allí se realizan, de esta manera determinar qué actividades consumen más agua. Se recomienda que las subzonas propuestas sean a partir del subsistema de servicio industrial y doméstico.

De acuerdo al consumo registrado por horarios de actividad y por subsistema de servicio, se emprenderán acciones con el fin de disminuir la demanda.

➤ Instalaciones de uso doméstico:

- Los grifos del lavamanos y la cocina serán acondicionados con perlizadores, los cuales incorporan aire al chorro de agua, y así reducen el consumo de agua en un 40%.
- Para los inodoros en caso de que estos no sean portátiles se recomienda la utilización de mecanismos de doble descarga (permiten regular la descarga parcial o total del tanque del inodoro) en donde se ahorra un 60% del agua, o se puede introducir una o dos botellas de agua en la cisterna lejos de las válvulas, ocupando el espacio del agua y ahorrando 2 a 3 litros por descarga.
- Las duchas se adecuarán con perlizadores que reduzcan el flujo del agua en un 50%.

➤ Instalaciones de uso industrial:

- Para el suministro de las máquinas se emplearán mangueras equipadas con dispositivos de pistola, los cuales disminuyen el consumo del recurso.

Cada mes se realizará un informe con el fin de determinar la efectividad de la implementación del programa.

El indicador de esta estrategia es el siguiente:

$$I2 = 100 - \frac{\text{Caudal captado}}{\text{Caudal de captación autorizado}} \times 100$$

La meta del indicador es de mínimo el 10 % de ahorro de agua con respecto al caudal de captación autorizado.

5.3 Estrategia 3: Reúso

Se reciclará agua de procesos al interior de cada proyecto, mediante la aplicación de prácticas de reúso de agua (cuando sea viable técnicamente). Durante el proceso de tratamiento del agua residual se restablecen las propiedades que permiten reincorporarla al ambiente o reutilizarla en otros procedimientos los parámetros de calidad alcanzados así lo permiten, y de esta manera utilizar el agua de alta calidad en usos que lo requieran.

Durante las operaciones de perforación exploratoria, se realizará la recirculación de las aguas tratadas a tanques diferenciados para ser empleadas en abastecimiento de tanques de inodoros (una de las actividades que más demanda agua en el uso doméstico), zona de lavandería, preparación de lodos, refrigeración y enfriamiento de equipos.

Mensualmente se realizará un informe en donde se establecerá el porcentaje de agua reutilizada junto con la actividad o proceso en el cual fue empleada, esto con el fin de establecer si programa

ha alcanzado el porcentaje propuesto de reducción de consumo de agua captada y de realizar ajustes al programa si es requerido.

➤ Utilización de Aguas Lluvias

En las instalaciones se emplearán las piscinas de tratamiento o los tanques como mecanismos de almacenamiento, con el fin de aprovechar la infraestructura asociada al proyecto. De lo anterior, el uso que se le dé al recurso dependerá de las condiciones de calidad con la que salga el agua tratada y con la calidad de agua que requiera el proceso.

El agua tratada podrá usarse para el tanque del inodoro, lavado, refrigeración y enfriamiento de las máquinas y para retorno al sistema activo de lodo.

El aprovechamiento de este recurso estará acompañado de un registro en donde se indicarán los volúmenes empleados para el uso doméstico e industrial, así mismo la época en la que se realiza para establecer en qué período esta estrategia presenta su mayor aporte en el programa de uso eficiente y ahorro del agua. No obstante, la aplicación de esta medida de manejo estará en función de los niveles de pluviosidad que se presenten al momento de adelantar las perforaciones.

El indicador de esta estrategia es el siguiente:

$$I3 = \frac{\text{Volumen reusado}}{\text{Volumen captado}} \times 100$$

La meta del indicador es el 20 % de agua reutilizada con respecto al agua captada.

5.4 Estrategia 4: Inspección y detección de fugas

Se desarrollarán las siguientes actividades en esta estrategia.

- Sectorización de la red: Permitirá delimitar físicamente y aislar tramos de tuberías para tener un control de la red hidráulica.
- Instalación de medidores: La medición en un sistema de abastecimiento de agua permite conocer el volumen inyectado en la red (macromedición) y el volumen utilizado en los diferentes procesos de operación (micromedición) (realizado por medidores), con la finalidad de disponer de registros mensuales del consumo de agua que permitan calcular la pérdida de este recurso. Por esta razón es importante instalar estos dispositivos en puntos específicos dentro del sistema a utilizar, por ejemplo, los macromedidores serían ubicados en el carrotanque y tanques de almacenamiento, mientras los micromedidores en las zonas de consumo por los trabajadores y el proceso industrial de la empresa.
- Creación de una cuadrilla de inspección: Para la detección, localización y reparación de fugas es necesaria la participación de los trabajadores y del personal idóneo para el desarrollo de las actividades correspondientes.
- Instrumentos de medida para fugas no visibles: El personal que está a cargo de estas actividades es el jefe de cuadrilla de detección y localización de fugas (fontanero e ingeniero auxiliar), y una cuadrilla de reparación de fugas (operario de válvulas, maquinaria y trabajadores). El jefe de departamento es un profesional capaz de coordinar, controlar y supervisar las actividades de detección, localización y reparación de fugas; la cuadrilla de detección y localización de fugas realizará la inspección diaria de la infraestructura hidráulica y llenará el formato correspondiente; y la cuadrilla de reparación de fugas revisará la información consignada en los formatos y tomará las medidas necesarias para mitigar las fugas.

- Implementación del “Formato de inspección y detección de fugas”: Durante cada inspección se llenará los “formatos de inspección y detección de fugas”, donde se consignará fecha, sector, No. Hoja, hora de inicio y finalización del recorrido de inspección. En caso de existir una fuga se colocará su ubicación en el mapa del sector junto con sus coordenadas, el tipo de fuga y el volumen de agua perdido por segundo (se calculará recogiendo el agua fugada en un recipiente mientras se toma el tiempo con el cronómetro). La implementación de los formatos durante los recorridos permitirá:
 - Tener un historial de fugas en el abastecimiento de agua que permita conocer si el problema persiste
 - Realizar informes diarios sobre el estado de la instalación hidráulica, determinando frecuencias de fugas, caudal fugado, localización y tipo, los cuales permitirán tener un mayor control para minimizar el número de estas
 - Suministrar la información necesaria del punto de fuga para que la cuadrilla de reparación pueda actuar
- Realización del informe de fugas: A partir de los registros, se realizará un informe mensual del historial de detección y reparación de fugas, los cuales complementarán el diagnóstico que se realizará por medio del balance de masa, en donde se verá la efectividad del programa propuesto en la reducción de pérdidas.

De la acción anterior, la reducción de pérdidas de agua por fugas permite la utilización exacta del recurso, que a medida que avanza el proceso se ve reflejado en la reducción de efluentes líquidos para tratamiento y su posterior vertimiento.

El indicador de esta estrategia es el siguiente:

$$I_4 = \frac{\text{Volumen de fugas}}{\text{Volumen captado}} \times 100$$

La meta del indicador es tener pérdidas menores que el 25 % de acuerdo con las pérdidas técnicas máximas permisibles en el sistema de conducción, aducciones y PTAP según el artículo 44° de la Resolución 0330 de 2017 por medio de la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS

5.5 Estrategia 5: Mantenimiento preventivo

Se entenderá como mantenimiento preventivo todas las acciones y actividades que se planifiquen y realicen para anticiparse a los daños en equipos, conducciones e instalaciones del sistema de abastecimiento de agua. Este se realizará con el propósito de disminuir la gravedad de las fallas que puedan presentarse, obteniendo volúmenes bajos de agua fugada. Para tal fin se realizarán las siguientes actividades:

- Sectorización de la red.
- Creación de la cuadrilla, la cual realizara el mantenimiento preventivo.
- Implementación de la “Lista de chequeo”.
- Realización del informe de Revisión y mantenimiento de todo el sistema hidráulico.

➤ Sectorización de la red

Permitirá delimitar físicamente y asilar tramos de tuberías para tener un control de la red hidráulica.

➤ Creación de una cuadrilla de revisión y mantenimiento

Para la revisión y mantenimiento de todo el sistema hidráulico de conducción y distribución es necesaria la participación del personal idóneo para el desarrollo de las actividades correspondientes.

El personal que integrará la cuadrilla corresponde a: jefe de cuadrilla y una cuadrilla de mantenimiento preventivo. La supervisión la realizará un ingeniero ambiental que coordinará, controlará y supervisará las actividades de revisión y mantenimiento de todo el sistema hidráulico; el técnico operador asignará las tareas otorgadas por el ingeniero ambiental y supervisará los trabajos realizados por la cuadrilla para la elaboración del informe; y la cuadrilla realizará la inspección y mantenimiento de la infraestructura hidráulica y llenará la “lista de chequeo” correspondiente, estará compuesta por 2 personas, un operario de válvulas y el fontanero.

➤ Implementación de la “Lista de Chequeo”

Durante cada revisión y mantenimiento del sistema hidráulico se llenará la “lista de chequeo”, este se efectuará de forma controlada, realizando las siguientes actividades:

- Limpieza exterior de captación, planta de tratamiento y tanques de almacenamiento.
- Inspecciones de campo, verificar el buen funcionamiento de los medidores en los nudos de control, caso contrario ajustarlo o sustituirlos.
- Reparación o renovación de la tubería en caso de presentar fugas, debido a material deteriorado, etc.
- Revisión y mantenimiento de los componentes e instalaciones internas totales que hacen parte del campamento y el casino (Grifos, duchas e inodoros).
- Desinfección de la tubería utilizando solución de hipoclorito.
- Mantenimiento de válvulas.

➤ Realización del informe de mantenimiento.

A partir de los registros, se realizará un informe semanal y mensualmente del historial de revisión y mantenimiento del sistema hidráulico, los cuales complementaran el diagnóstico que se realizara por medio del balance de masas, en donde se verá la efectividad del programa propuesto en la reducción de volúmenes fugados.

El indicador de esta estrategia es el siguiente:

$$I5 = \frac{\text{Inspecciones realizadas}}{\text{Inspecciones programadas}} \times 100$$

La meta del indicador es del 100 % de cumplimiento de las inspecciones de mantenimiento preventivo.

6 CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO PARA LA EJECUCIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PUEAA

El PUEAA será aplicado en el proyecto APE COR-15 guardando el cronograma presentado en la **Tabla 6-1.**

Tabla 6-1 Cronograma del PUEAA

ACTIVIDADES	ETAPAS				
	PREOPERATIVA	CONSTRUCCIÓN DE VÍAS DE ACCESO Y LOCACIÓN	PERFORACIÓN / PRUEBAS PRODUCCIÓN	LÍNEA DE FLUJO	ABANDONO Y RESTAURACIÓN
Inducción y Presentación del Programa		X	X	X	X
Uso y Ahorro Eficiente		X	X	X	X
Reúso		X	X	X	X
Identificación de Fugas		X	X	X	X
Mantenimiento preventivo y correctivo		X	X	X	X

Fuente: INCITEMA – UPTC, 2020

El presupuesto destinado para el desarrollo del PUEAA se presenta en la **Tabla 6-2**.

Tabla 6-2 Presupuesto del PUEAA

ITEM	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	SUBTOTAL
Instalación macro y micromedidores	UN	\$ 2.200.000	2	\$ 4.400.000
Instalación dispositivos ahorradores de agua	UN	\$ 14.000	8	\$ 112.000
Recirculación de agua tratada	m ³ /mes	\$ 175.000	3	\$ 525.000
Interventor Ambiental	mes	\$ 800.000	3	\$ 2.400.000
TOTAL				\$ 7.437.000

Fuente: INCITEMA – UPTC, 2020

7 ESTRATEGIA DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PUEAA

El Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua tendrá un seguimiento y evaluación a lo largo de su aplicación, en busca de una mejora continua y del cumplimiento de las estrategias y metas planteadas. A continuación se presentan las líneas generales del seguimiento y evaluación del PUEAA del APE COR-15.

7.1 Evaluación

La evaluación del PUEAA se realizará a través de los cinco indicadores propuestos (uno por estrategia). Este proceso de evaluación permitirá reconocer el estado de cumplimiento del PUEAA y junto con el seguimiento, permitirá proponer acciones tendientes a mantener una buena evaluación y a mejorar en el caso que sea necesario. Una evaluación es aprobada cuando todos los indicadores cumplen con la meta establecida, por el contrario es reprobada cuando uno o más indicadores no cumplen con las metas establecidas. Las evaluaciones del PUEAA se realizarán semestralmente al proyecto APE COR-15.

7.2 Seguimiento

En el seguimiento se llevará un registro continuo a lo largo del desarrollo de proyecto donde se consignen todas las evaluaciones que se lleven a cabo. El seguimiento permitirá:

- Reconocer el estado de cumplimiento de las metas propuestas en el PUEAA.
- Seguir la tendencia del cumplimiento de las metas propuestas en el PUEAA.

- Identificar las estrategias que requieren acciones a corto, mediano y largo plazo con el fin de asegurar el cumplimiento de las metas propuestas en el PUEAA.
- Proponer acciones a corto, mediano y largo plazo con el fin de asegurar el cumplimiento de las metas propuestas en el PUEAA.
- Reportar a la Autoridad Ambiental en los ICA el estado de cumplimiento, tendencia de las metas, acciones desarrolladas y efectividad del PUEAA del APE COR-15.