DEMANDA DE RECURSOS NATURALES
AGUAS SUBTERRÁNEAS

TABLA DE CONTENIDO

7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES 1
7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS 1
7.2.1 Descripción del Aljibe y Condición actual 2
7.2.2 Línea base hidrogeológica 2
7.2.2.1 Contexto geológico e hidrogeológico 2
7.2.2.2 Parámetros hidráulicos 3
7.2.2.3 Comportamiento de niveles 4
7.2.2.4 Calidad del agua subterránea 4
7.2.2.5 Demanda histórica y de diseño 8
7.2.2.6 Oferta y demanda del acuífero 9
BIBLIOGRAFÍA 10

LISTA DE TABLAS

Tabla 7.1 Definición de parámetros hidráulicos 3
Tabla 7.3 Coeficientes de consumo máximo diario (RAS) 8

LISTA DE FIGURAS

Figura 7.1 Diagrama Piper. Composición Geoquímica en meq/l del Agua del Aljibe La Mayoría y su Relación con las Aguas del Humedal La Mayoría, el Río Nus y la Quebrada Guacas en el Área del Proyecto Gramalote 6

Figura 7.2 Diagrama Schoeller. - Relación en la Concentración Iónica en meq/l del Agua del Aljibe La Mayoría del Humedal La Mayoría, el Río Nus y la Quebrada Guacas en el Área del Proyecto Gramalote 7

Figura 7.3 Diagrama de Stiff con base en los resultados Físico - Químicos de las muestras procedentes del Humedal y del Aljibe La Mayoría 7

MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO DE MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO GRAMALOTE

ATENCION A REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN ADICIONAL
ACTA 30 DE 30 DE JUNIO DE 2026

7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

Este capítulo presenta la caracterización de los recursos naturales demandados y su forma de uso, aprovechamiento y/o afectación, por las obras y/o actividades objeto de la Modificación de licencia del Proyecto Gramalote. Además, se diligencian los Formularios Únicos Nacionales (FUN), requeridos para gestionar los permisos, concesiones y autorizaciones, según la normatividad ambiental vigente.

7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Para la presente Modificación de licencia no se contempla el uso ni el aprovechamiento de nuevas fuentes de agua subterráneas.

Actualmente, el proyecto dispone del Aljibe denominado La Mayoría para la etapa de reasentamiento, ubicado en la parte suroriental de las instalaciones del proyecto Gramalote, en el sector conocido como La Mayoría, con coordenadas X: 4.789.157,00; Y: 2.278.274,00. Este aljibe cuenta con autorización mediante la resolución 135-0022 del 11 de febrero de 2013, modificada mediante resolución 035-0180 del 15 de agosto de 2013, otorgada a Gramalote Colombia Limited, para un caudal de 0,25 l/s.

En el marco de la modificación solicitada, se requiere la extensión de la temporalidad para el uso del aljibe La Mayoría, manteniéndolo operativo durante la etapa de reasentamiento y solicitando su aprovechamiento hasta la culminación de la etapa de construcción y montaje, sin cambios en el caudal autorizado ni en las condiciones técnicas previamente aprobadas.

En complemento a lo anterior, y con el propósito de sustentar la extensión de la temporalidad del Aljibe La Mayoría sin variación del caudal autorizado (0,25 l/s), ni de sus condiciones técnicas, se presenta a continuación, la información relacionada con la capacidad hidráulica, calidad del agua y antecedentes de concesión, cuyo detalle de la información se encuentra en el ANEXO_DEMANDA_AGUA SUBTERRANEA.

7.2.1 Descripción del Aljibe y Condición actual

El aljibe presenta una profundidad de 3,70 m, tomada a partir de su brocal que tiene una altura desde la superficie del terreno de 0,83 m. Está revestido con anillos de cemento de 1,80 m de diámetro, hallándose el nivel estático del agua subterránea a los 1,11 m de profundidad. De acuerdo con los estudios realizados para el aljibe (Hidrogeocol LTDA, 2012), este presenta un tiempo de recuperación de 6 minutos y permite un caudal optimo de extracción sin agotamiento de la columna de agua.

7.2.2 Línea base hidrogeológica

7.2.2.1Contexto geológico e hidrogeológico

La zona donde se encuentra el Aljibe La Mayoría está enmarcada geomorfológicamente por colinas largas de topes redondeados que constituyen pequeños y estrechos valles, uno de ellos probablemente controlado por una fractura y cubierto por material saprolítico situado hacia la parte Meridional del aljibe; este valle almacena agua en su fondo, conformando un humedal.

Las colinas están constituidas en la base por rocas ígneas del Cretácico Superior pertenecientes al Batolito Antioqueño y en su parte superior por material saprolítico Cuaternario producto de intensos períodos de meteorización in situ de estas rocas, con espesores que pueden alcanzar hasta los 40,0 m., donde se desarrolla un drenaje subparalelo de corta longitud e intermitente. Las planicies aluviales son zonas de baja pendiente localizadas en cercanías y a lo largo de las corrientes de mayor jerarquía de la zona como son el Río Nus y la Quebrada Guacas, donde los procesos de sedimentación son favorecidos por una disminución del gradiente hidráulico.

Geológicamente la zona está comprendida fundamentalmente por tres unidades geológicas, el Batolito Antioqueño, el Saprolito y los Depósitos de Terrazas. El Batolito es un macizo granítico, clasificado entre tonalitas, granodiorita y cuarzodiorita con variaciones composicionales importantes a lo largo de los diversos afloramientos. Los minerales constituyentes incluyen plagioclasas, anfíbol, biotita y cuarzo. La textura es fanerítica equigranular y localmente presenta cambios texturales y composicionales. En general la roca ígnea se presenta como una roca masiva con desarrollo de porosidad secundaria por fracturas, donde la capacidad de almacenamiento de agua subterránea depende de la densidad y ancho de esas fracturas.

El Saprolito es una secuencia Cuaternaria generalmente de granulometría predominantemente fina, producto de la meteorización diferencial de las rocas ígneas del Batolito Antioqueño. Es un cuerpo arcilloso, caolinizado de color rojizo a pardo amarillento por presencia de óxidos de hierro, moteado y muy poco compacto, sin estructuras evidentes; donde los minerales de la roca madre en buena parte han desaparecido por efecto de oxidación y diversos procesos de meteorización. Desarrolla una porosidad primaria y por su fina granulometría se considera de poca capacidad de almacenamiento en sus afloramientos, pero pude almacenar agua cuando está infrayaciendo al Depósito de Terraza, siendo recargado por éste y las corrientes superficiales. En la zona de estudio conforma un humedal hacia la base de un estrecho valle situado al Sur del Aljibe La Mayoría, como resultado de flujos subterráneos locales de corto recorrido que convergen hacia el valle. En el sitio donde se ubica este aljibe el cual capta una unidad hidrogeológica,

representada por el Saprolito del Batolito Antioqueño, se observa que el humedal anteriormente descrito, recarga a esta unidad.

Finalmente, las Terrazas son depósitos conformados en su mayoría por capas de grava gruesa a fina clasto soportados, con cantos de rocas ígneas y sedimentarias redondeados a subredondeados embebidos en una matriz arenosa e intercalada con capas de arena fina a gruesa limo y arcilla, con desarrollo de porosidad primaria, depositadas discordantemente sobre el material saprolítico del Batolito Antioqueño.

7.2.2.2Parámetros hidráulicos

La determinación del valor de los parámetros hidráulicos de los acuíferos permite conocer el comportamiento del flujo subterráneo, relacionado a la capacidad de almacenamiento y su conductividad hidráulica. Igualmente es básica para la elaboración de mapas hidrogeológicos veraces y reales. Su análisis debe hacerse tanto al nivel de investigaciones de datos recolectados en campo como a nivel de la recopilación de información existente correlacionable.

A continuación, en la Tabla 7.1 se describen los parámetros de mayor relevancia, calculados mediante la interpretación de las pruebas, para la unidad hidrogeológica captada, representada por rocas Ígneas del Batolito Antioqueño, localmente muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, caracterizada por su alta capacidad de almacenamiento al ser recargadas directamente por el agua procedente de un humedal.

Tabla 7.1 Definición de parámetros hidráulicos

Parámetro	Definición
Porosidad	La porosidad de un material viene expresada por la relación entre el volumen de su parte vacía u ocupada por aire y/o agua y su volumen total.
Conductividad hidráulica	Es la medida de la capacidad de un medio poroso para permitir el flujo de un fluido específico. Analíticamente la conductividad hidráulica se relaciona, en la ecuación de Darcy, con el coeficiente de proporcionalidad entre el caudal y el gradiente hidráulico.
Transmisividad	Es el volumen de agua (a la viscosidad cinemática existente), que fluye por unidad de tiempo (caudal), bajo un gradiente unitario, a través de un ancho unitario de acuífero, en todo su espesor.
Coeficiente de almacenamiento	Es el volumen de agua que un acuífero puede dar o recibir en almacenamiento por unidad de área y por unidad de cambio en la cabeza. En acuíferos confinados el coeficiente de almacenamiento es igual al producto del almacenamiento específico por el espesor del acuífero. En acuíferos libres es aproximadamente igual a la porosidad eficaz.

Parámetro	Definición
Porosidad total	Es el volumen total de vacíos por unidad de volumen de medio poroso.
Porosidad efectiva	Es igual a la producción eficaz y se define como el volumen de agua que un acuífero puede drenar bajo la acción de la gravedad por unidad de volumen del medio poroso

Fuente: Integral S.A. 2026

Luego de la interpretación de los datos obtenidos en la prueba de bombeo, cuyos resultados se presentan en detalle en el ANEXO_DEMANDA_AGUA SUBTERRANEA en el documento Apendice_1_3_Hidrogeologia_Aljibe224 (Hidrogeocol LTDA, 2012), se determinaron los parámetros hidráulicos del sistema acuífero. Se estimó una transmisividad de 165 m²/día y un coeficiente de almacenamiento de $1,2 \times 10^{-3}$, valores que indican que el acuífero captado en las inmediaciones del aljibe presenta un comportamiento semi-libre. Este comportamiento puede estar asociado a la influencia de flujos subterráneos laterales provenientes del humedal adyacente. Asimismo, se obtuvo una conductividad hidráulica real de 50,0 m/día.

7.2.2.3Comportamiento de niveles

La prueba a caudal constante se interpreta por el método de Papadopulos, utilizando el programa Hidrogeocol Ltda. (2001), el cual tiene implícito la corrección del caudal de la prueba, teniendo en cuenta que el caudal de almacenamiento del aljibe, es el volumen de agua en el aljibe con relación al tiempo de bombeo. La prueba de recuperación se interpreta mediante el método de Theis a través del programa AquifertTest v. 3.5 (2002) de Waterloo Hydrogeologic, Inc.

La unidad captada tiene un comportamiento semi-libre después de corto tiempo de bombeo, cuando se inicia su recarga directa a partir del humedal. La prueba a un caudal constante de 3,70 l/s se inicia a partir de un nivel estático de 1,11 m de profundidad y tiene corta duración (55 minutos) porque el nivel del agua en el aljibe comienza a recuperarse rápidamente (100% en 6 minutos), debido a que su cono de abatimiento, en ese tiempo, alcanza al humedal, su principal fuente de recarga

7.2.2.4Calidad del agua subterránea

La hidrogeoquímica suministra información sobre la distribución de los elementos químicos y su evolución espacial y temporal en un sistema hidrogeológico, permitiendo caracterizar el agua almacenada en los acuíferos y evaluar su interacción con otros cuerpos de agua.

La composición físico-química del agua subterránea depende de las características litológicas y mineralógicas de la roca por la que circula. Generalmente la composición catiónica del recurso subterráneo está relacionada con la roca fuente, aunque también otros factores como la composición de la lluvia, el clima, la agresividad del agua (por su concentración de CO2), el tiempo de contacto agua-roca, la presión y la temperatura, pueden controlar esa composición. Otro aspecto importante es la porosidad de la roca, ya que en una roca masiva por la que el agua circula solamente por fisuras, ésta tiene menor contacto con la roca y por lo tanto menor posibilidad de reaccionar o disolver los minerales presentes, mientras que en las rocas porosas la mayor superficie de contacto permite más interacción entre agua-roca.

Otros factores que controlan la química del agua son: evaporación y evapotranspiración; captura selectiva de iones por la vegetación; decaimiento de materia orgánica ($CH_2O + O_2 \rightarrow H_2O + CO_2$), meteorización y disolución de carbonatos, silicatos o minerales evaporíticos; precipitación de minerales en suelos o acuíferos; reacciones de intercambio iónico y mezcla de aguas de diferentes características. También pueden afectar la calidad natural del agua las cargas contaminantes generadas por actividades antrópicas como el manejo y disposición inadecuada de residuos sólidos y líquidos, el saneamiento in situ, las fuentes superficiales contaminadas, el riego y uso de agroquímicos.

Para esta caracterización hidrogeoquímica se comparan los resultados analíticos de 5 muestras de agua provenientes del agua subterránea del Aljibe La Mayoría y en un Humedal asociado al citado aljibe, conocido como Humedal La Mayoría desarrollado sobre material saprolítico. Igualmente se incluye en este examen los resultados analíticos del agua superficial del Río Nus en un sitio ubicado aguas arriba de la desembocadura de la Quebrada Guacas, también en el mismo río, pero después de la desembocadura de la Quebrada La Colorada y en la parte baja de la Quebrada Guacas. El muestreo así planteado se lleva a cabo para conocer la relación entre los dos recursos. La preservación y transporte de las muestras se realiza de acuerdo con el protocolo ANQ(2)-PR-018 establecido por el laboratorio donde se analizan las muestras, para el caso del aljibe y del humedal.

En el rombo del Diagrama Piper (Figura 7.1) se observa un agrupamiento de facies hidrogeoquímicas de las muestras procedentes del Aljibe, del Humedal y del agua del Río Nus, como respuesta a la similitud en su composición geoquímica, siendo aguas mixtas de tipo bicarbonatada sódica cálcico magnésica del agua de del aljibe que proviene del Saprolito, con las fuentes superficiales, incluyendo el humedal. El agua es mixta de tipo bicarbonatada sulfatada cálcico-sódica o bicarbonatada cálcico magnésico sódica. Es importante anotar que la muestra obtenida en el Río Nus aguas abajo de la Quebrada La Colorada es de tipo bicarbonatada sulfatada sódica magnésica, donde el ión sulfato puede ser producto de actividades mineras. Se aleja un poco de ésta facie hidrogeoquímica, el agua de la Quebrada Guacas de tipo bicarbonatada sódica cálcica contiene el ión sulfato el agua de la sódica.

La presencia de los iones bicarbonatos, calcio, sodio y magnesio en el agua subterránea del aljibe y del humedal, es producto de la disolución de los minerales de cuarzo, feldespatos sódicos y cálcicos y minerales ferromagnesianos del saprolito que han sufrido procesos de meteorización y caolinitización. Igualmente, la presencia de estos iones en las otras fuentes superficiales es producto de la disolución de los mencionados minerales, que constituyen las rocas del Batolito Antioqueño. La presencia de sodio por calcio refleja procesos de intercambio iónico en las arcillas.

La anterior situación indica que el agua subterránea que se extrae del Aljibe La Mayoría es producto de la recarga procedente principalmente del agua del humedal de tipo bicarbonatada cálcico sódica, la cual una vez infiltrada en el Saprolito evoluciona al tipo bicarbonatada sódica cálcico magnésica.

Como se puede observar al final de los reportes de composición geoquímica de las muestras analizadas, la relación iónica Ca/Mg, Ca/SO_4 y Na/Cl tanto del agua subterránea como la superficial es muy superior a la del agua del mar, indicando que su origen es continental

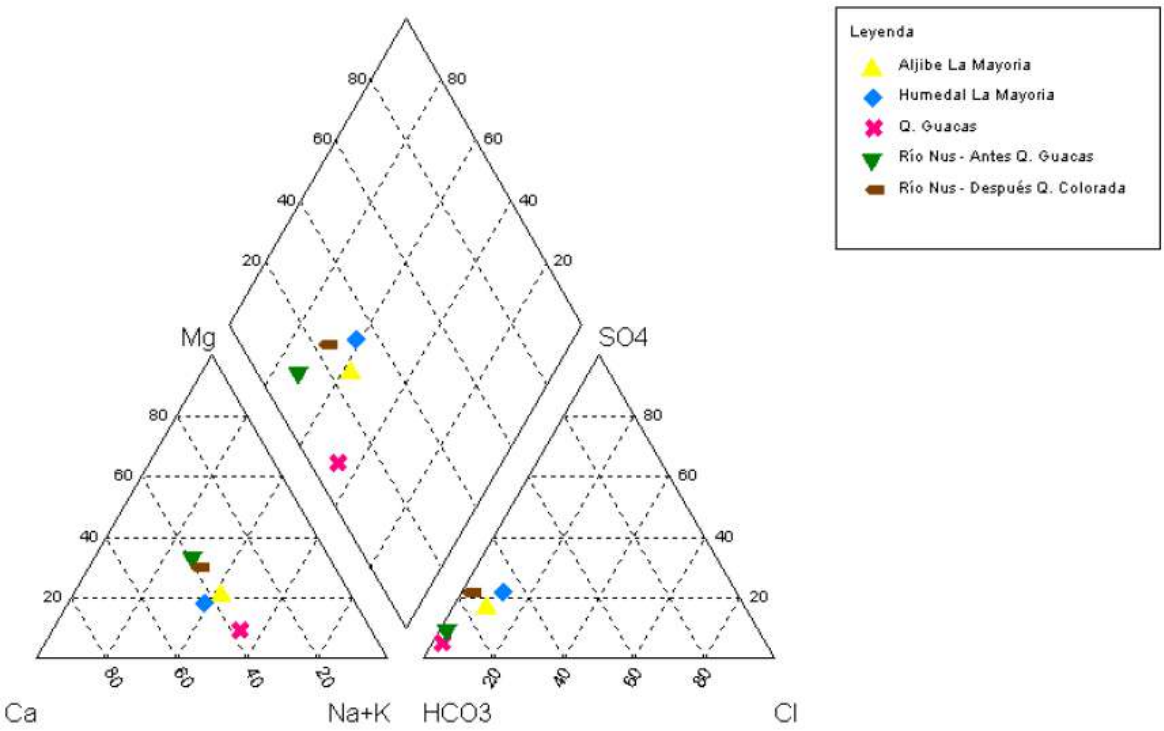

Figura 7.1 Diagrama Piper. Composición Geoquímica en meq/l del Agua del Aljibe La Mayoría y su Relación con las Aguas del Humedal La Mayoría, el Río Nus y la Quebrada Guacas en el Área del Proyecto Gramalote
Fuente: Hidrogeocol LTDA (2012)

El Diagrama Schoeller de la Figura 7.2 señala que todas las muestras se caracterizan por contener una baja y poca variabilidad de la concentración en meq/l de sus principales iones en solución. El ión cloruro en todas ellas tiene muy baja concentración como respuesta a la escasa salinidad del agua y ausencia de contaminación orgánica, como también lo refleja la muy baja concentración del ión nitrato.

Todo lo anteriormente expuesto, ratifica que el agua subterránea almacenada en el Saprolito transita mediante flujos locales con poco a moderado tiempo de residencia en esa unidad, evolucionando hidrogeoquímicamente de la facie bicarbonatada cálcica sódica a la facie bicarbonatada sódica cálcico magnésica. Cabe destacar que la menor mineralización ocurre en el agua del Humedal y del Aljibe, lo cual marca aún más su interrelación, como se indica en el Diagrama de Stiff de la Figura 7.3.

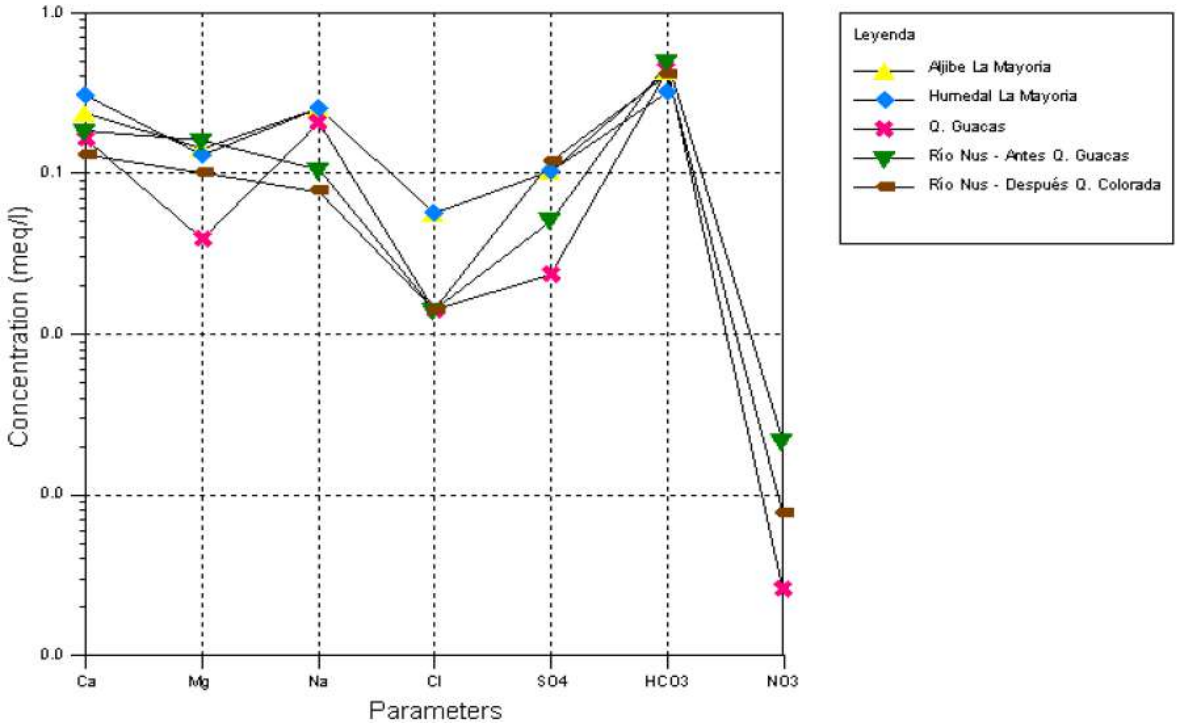

Figura 7.2 Diagrama Schoeller. - Relación en la Concentración Iónica en meq/l del Agua del Aljibe La Mayoría del Humedal La Mayoría, el Río Nus y la Quebrada Guacas en el Área del Proyecto Gramalote
Fuente: Hidrogeocol LTDA (2012)

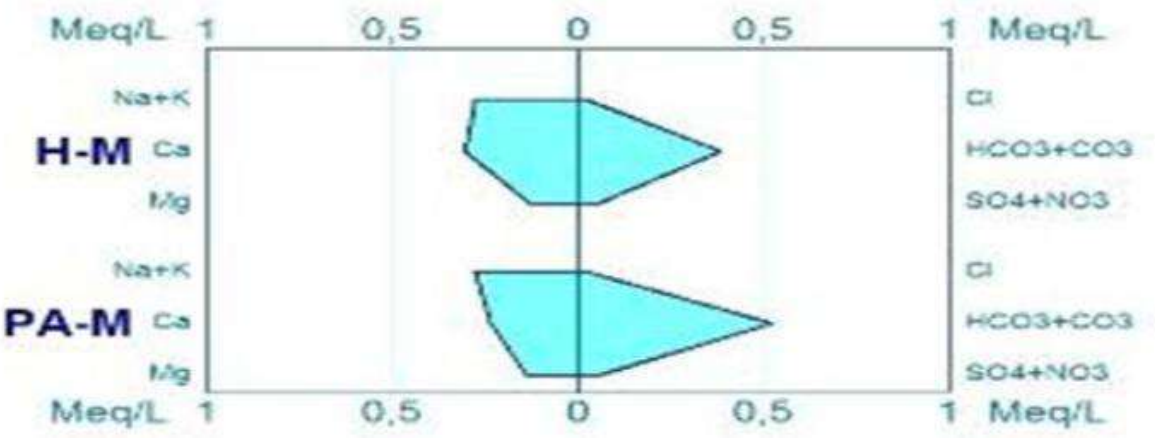

Figura 7.3 Diagrama de Stiff con base en los resultados Físico - Químicos de las muestras procedentes del Humedal y del Aljibe La Mayoría
Fuente: Hidrogeocol LTDA (2012)

De acuerdo a la Resolución No 2115 de 2007 por medio de la cual los Ministerios de Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, señalan las características para la calidad del agua para consumo humano, el agua almacenada en la unidad saprolítica captada por el Aljibe La Mayoría, es dulce con un contenido de Sólidos

Disueltos Totales (SDT) 94,10 mg/l, valor muy inferior a lo establecido por la norma (500 mg/l) y una Conductividad Eléctrica de 59,0 uS/cm, también inferior a la norma (1000 uS/cm). Presenta una salinidad baja con valor de alcalinidad como CaCO3 de 27,07 mg/l, por debajo del señalado en la norma (100,0 mg/l). En cuanto a la dureza, el agua es blanda con valores de dureza total como CaCO3 de 19, inferior al de la norma (160,0 mg/l). Estas consideraciones permiten clasificarla como agua potable, exceptuando el contenido de hierro que es muy alto con valores de 2,06, muy por encima de lo establecido en la norma (0,03 mg/l) y por lo tanto requiere tratamiento previo.

El índice de saturación de Langelier, negativo en la muestra, indica que el agua es agresiva o corrosiva, con valores de pH entre 6,6, moderadamente neutra. El agua del Humedal y la del Río Nus y la Quebrada Guacas, igualmente son corrosivas y moderadamente neutra a neutras con pH desde 6,6 hasta 7,7.

7.2.2.5Demanda histórica y de diseño

Según el Ras-2000 el caudal medio diario Qmd, es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la Ecuación 7.1:

$$Q_{md} = \frac{75hab \times 240 \frac{Litros}{hab \times día}}{86400 \frac{seg}{día}} = 0{,}21 \frac{Litros}{seg}$$

Ecuación 7.1 Caudal máximo diario

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas en un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, *K1*, obtenido de la Tabla 7.2 del Ras-2000, se origina en el hecho que los hábitos de consumo de agua de la población no son los mismos todos los días de la semana, ni todos los días del año. La demanda máxima diaria (Q_{MD}) se calcula mediante la Ecuación 7.2:

$$Q_{MD} = Q_{md} \times K_1$$

Ecuación 7.2 Demanda máxima diaria

El coeficiente *K1* se denomina coeficiente de consumo máximo diario y se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los registros de medición de un período mínimo de un año, o el promedio de varios años. En caso de no existir estos datos, el RAS recomienda usar los valores establecidos en la Tabla 7.2, los cuales se muestran a continuación:

Tabla 7.2 Coeficientes de consumo máximo diario (RAS)

Nivel de complejidad	**Coeficiente de consumo máximo diario (*K1*)**
Bajo	1,30
Medio	1,30
Medio – Alto	1,20
Alto	1,20

Fuente: Hidrogeocol LTDA (2012)

Debido a que no se disponen de datos reales para estimar el valor de k1, y que el sistema se ubica en un nivel de complejidad alto, se adopta 1.20 como coeficiente de consumo máximo diario.

$$Q_{MD} = 0{,}21 \frac{Litros}{segundo} \times 1{,}20 = 0{,}25 \frac{Litros}{segundo}$$

Según lo calculado se define un caudal para consumo humano en la etapa de reasentamiento de 0,25 l/s para el consumo humano

7.2.2.6 Oferta y demanda del acuífero

La evaluación de la oferta y la demanda del sistema acuífero se realizó con base en los resultados de la caracterización hidrogeológica y el análisis de consumo de agua del proyecto.

La oferta hídrica subterránea fue estimada a partir de la interpretación de la prueba de bombeo, en la cual se determinó un caudal óptimo de explotación de 3,5 L/s, con un régimen de operación de hasta 8 horas por día, equivalente a un volumen disponible de 100,8 m³/día. Estos resultados evidencian una alta capacidad de transmisión y recuperación del acuífero, asociada a su comportamiento semilibre y a la influencia de procesos de recarga lateral desde el humedal adyacente.

Por su parte, la demanda de agua subterránea corresponde al requerimiento hídrico del proyecto para la etapa de reasentamiento, estimado a partir de la dotación, población de diseño y criterios establecidos en el RAS-2000. Se definió un caudal máximo diario de 0,25 l/s, equivalente a un volumen de 21,6 m³/día, el cual representa la extracción proyectada desde el acuífero. El desarrollo metodológico y los cálculos asociados se presentan en el ANEXO_DEMANDA_AGUAS_SUBTERRANEAS en el documento Apendice_1_3_Hidrogeologia_Aljibe224 (Hidrogeocol LTDA, 2012).

BIBLIOGRAFÍA

ANLA. (2016). *TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL – EIA PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN MINERA.* Bogotá.

Hidrogeocol LTDA. (2012). *Informe Técnico. Evaluación hidrogeoquímica e Hidráulica del Aljibe 224 La Mayoría en las instalaciones del Proyecto Gramalote. .* Bogotá.

MADS. (Mayo de 2015). Decreto 1076 de 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible".

Metcalf, & Eddy. (1985). *Wastewater engineering: Treatment, disposal, and reuse.* New York: McGraw-Hill.