




**UPME 04-2014**

**REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV  
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

**CAPÍTULO 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO  
NUMERAL 3.2.7 HIDROGEOLOGÍA**



<b>ESCALA</b> <b>SIN</b>	<b>FORMATO</b> <b>CARTA</b>	<b>CÓDIGO GEB</b> EEB-U414-CT101223-L390-EST- 1003_2.7	<b>CÓDIGO CONTRATISTA</b> EEB-U414-CT101223- L390-EST-1003_2.7	<b>HOJA</b> Página 1 de <b>37</b>	<b>REV</b> <b>0</b>
-----------------------------	--------------------------------	--	--	---	------------------------

**UPME 04-2014  
REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV  
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

**TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	4
3.2 MEDIO ABIÓTICO	4
3.2.7 Hidrogeología	4
3.2.7.1 <b>Inventario de puntos de agua subterránea</b>	5
3.2.7.2 Unidades Hidrogeológicas	21
3.2.7.3 Caracterización hidrogeológica	23
3.2.7.4 Zonas de recarga y descarga	26
3.2.7.5 Direcciones de flujo	30
3.2.7.6 Evaluación y clasificación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación	32

**UPME 04-2014  
REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV  
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
Tabla 3.2.7-1 Inventario de puntos de agua subterránea en el área de influencia indirecta del proyecto .....	9
Tabla 3.2.7-2 Puntos identificados en el AID y a una distancia de 100 m del trazado de la línea .....	16
Tabla 3.2.7-3 Unidades Hidrogeológicas presentes en el área de influencia indirecta (All) .....	23
Tabla 3.2.7-4 Variables y evaluación de zonas de recarga .....	26
Tabla 3.2.7-5 Valoraciones parámetros método GOD .....	32
Tabla 3.2.7-6 Distribución del Parámetro “G” en el área de estudio .....	33
Tabla 3.2.7-7 Valor de parámetro “O” asignado .....	34
Tabla 3.2.7-8 Valor del parámetro “D” asignados .....	34
Tabla 3.2.7-9 Vulnerabilidad a la contaminación de sistemas Acuíferos .....	35

**UPME 04-2014  
REFUERZO SUROCCIDENTAL A 500 KV  
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO ALFÉREZ SAN MARCOS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

	<b>Pág.</b>
Figura 3.2.7-1 Distribución de los puntos de agua en el Area de Influencia Indirecta All ...	8
Figura 3.2.7-2 Inventario de puntos de agua subterránea en el área de influencia indirecta (All).....	13
Figura 3.2.7-3 Inventario de puntos de agua subterránea en el Área de influencia directa (AID) y un buffer de 100 m.....	15
Figura 3.2.7-4 Ubicación del Pozo (vyu-120), predio Platanares, estado abandonado, cubierto por el cultivo de caña X: 1067440.91, Y: 889360.23.....	17
Figura 3.2.7-5 Aljibe ubicado en el Municipio de Yumbo, predio llamado Poso, X: 1067313,26 y Y: 889232,93.....	21
Figura 3.2.7-6 Distribución espacial de las unidades hidrogeológicas en el área de influencia.....	25
Figura 3.2.7-7 Distribución de las áreas de Recarga.....	28
Figura 3.2.7-8 Zonas de recarga potenciales para el All.....	29
Figura 3.2.7-9 Definición de las direcciones de flujo.....	30
Figura 3.2.7-10 Direcciones de Flujo en el All.....	31
Figura 3.2.7-11 Mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de acuíferos.....	36

## 1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

### 1.2 MEDIO ABIÓTICO

#### 1.2.7 Hidrogeología

En atención a la solicitud de información adicional requerida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA el día 17 de agosto de 2018, en el marco del trámite de licencia ambiental, iniciado mediante auto 03652 de 04 de julio de 2018, referente al requerimiento veinte tres (23) *“Ajustar el Estudio de Impacto Ambiental (capítulos) de conformidad con la definición del área de influencia del proyecto para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, , y teniendo en cuenta la totalidad de los requerimientos anteriormente mencionados (caracterización ambiental, ambiental, demanda uso y aprovechamiento de recursos naturales, y evaluación de impactos ambientales)”*

Teniendo en cuenta lo establecido en el Numeral 3.2.7 (Hidrogeología), del Capítulo 3 de los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para “Tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 kv” (LITER-1-01, 2006), y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (MAVDT, 2010), se presenta la caracterización del componente hidrogeológico del proyecto Alférez – San Marcos, teniendo en cuenta que el proyecto se desarrollara en una morfología plana, por lo cual no se encuentran taludes en el área de estudio.

La caracterización hidrogeológica tiene como objetivos principales, evaluar el potencial hidrogeológico de las rocas y sedimentos presentes en el área de influencia para almacenar y transmitir agua, establecer la productividad de los acuíferos, identificar posibles zonas de recarga y descarga de las unidades hidrogeológicas identificadas, determinar las posibles direcciones de flujo del agua subterránea, y recopilar información del inventario de puntos de agua subterránea con el fin de identificar las características principales de los acuíferos que puedan tener una relación directa o indirecta con la construcción de la línea de interconexión Alférez – San Marcos, su estado actual y la posible incidencia del proyecto sobre este componente que será evaluada en la evaluación ambiental.

Teniendo en cuenta la división de provincias Hidrogeológicas propuesta por el (IDEAM, 2013), en el Atlas Hidrogeológico de Colombia, el territorio Colombiano fue dividido en 17 provincias, agrupadas en costeras e insulares, montañas e intramontañas y pericrátonicas. Por su parte, el área de influencia del proyecto se ubica en la zona hidrogeológica identificada por el Estudio Nacional de Agua, realizado por el IDEAM con el nombre de Cauca – Patía.

Para la elaboración de la cartografía hidrogeológica y caracterización de las unidades, se siguieron los lineamientos propuestos en los estándares internacionales, en este sentido se adopta la nomenclatura de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH) “Leyenda Internacional de los Mapas Hidrogeológicos” (UNESCO, 1983)<sup>1</sup>. La leyenda se basa en la

<sup>1</sup> UNESCO, 1983. International Legend For Hydrogeological Maps, Paris.

asignación de categorías hidrogeológicas con base en el potencial de rocas y sedimentos para almacenar y transmitir agua subterránea, en función de la composición, permeabilidad y capacidad específica de cada unidad litológica evaluada.

Según las características del Proyecto, el trazado de la línea de transmisión Alférez – San Marcos a 500kV y la conexión Juanchito – Pance a 230 kV busca la ubicación de torres de soporte separadas a distancias considerables, para el tendido de cuerdas eléctricas aéreas y que muy poco contacto tienen con la superficie terrestre; por lo anterior en general el proyecto no presentará restricciones desde el punto de vista hidrogeológico ya que no se encuentran nacimientos en el trazado de la línea, concordantemente a las características geológicas y la geometría de la estratificación plano-paralela dentro de la Cuenca sedimentaria del Cauca – Patía lo cual no se identifican afloramientos naturales de las aguas subterráneas.

### 1.2.7.1 Inventario de puntos de agua subterránea

En atención a la solicitud de información adicional requerida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA el día 17 de agosto de 2018, en el marco del trámite de licencia ambiental, iniciado mediante auto 03652 de 04 de julio de 2018, referente al requerimiento doce (12) “Aclarar la caracterización hidrogeológica, en relación con la identificación de los puntos hidrogeológicos (aljibes, pozos profundos, entre otros) del área de influencia del proyecto”.

El inventario es un método de recopilación y análisis de los datos relacionados con la hidrogeología y que proceden de la información de usuarios de los denominados puntos de agua; se utiliza para conocer rápidamente las características hidrogeológicas de una zona dada. En sentido estricto se puede definir un punto de agua subterránea como un lugar, obra civil o circunstancia que permita un acceso directo o indirecto a un acuífero, estos pueden incluir perforaciones existentes (pozos o aljibes), también se cuentan las fuentes o surgencias naturales (manantiales).

De acuerdo con el glosario de términos geológicos del portal del servicio Geológico Colombiano (S.G.C)<sup>2</sup> y Secretaria Distrital de Ambiente, la definición de cada punto de agua subterránea es el siguiente:

**Pozo (Hidrogeología):** Perforación mecánica vertical por lo general de forma cilíndrica (diámetro 2 a 16 pulgadas) revestidos de tubería metálica o PVC. Se realizan mediante hincados de tubería o perforación con taladros y se dotan de sistemas de extracción (electrobombas o compresores)<sup>3</sup> (ver Fotografía 1.2.7-1).

<sup>2</sup> <https://www2.sgc.gov.co/AtencionAlCiudadano/Paginas/Glosario.aspx>

<sup>3</sup> <http://ambientebogota.gov.co/aguas-subterranas>

**Fotografía 1.2.7-1 Ejemplo de pozo de aguas subterráneas**



Fuente: Tomado de “Vulnerabilidad en la Construcción y Extracción de Pozos para Agua Subterránea”, Tesis Universidad de la Salle, Gomez, C. & Basto L., 2016.

**Aljibe:** Excavación poco profunda, de gran diámetro, revestida y abierta en el fondo. Perforación de gran diámetro (> 60 cm) perforada con métodos manuales. Normalmente capta los horizontes acuíferos más superficiales (ver Fotografía 1.2.7-2).

**Fotografía 1.2.7-2 Ejemplo de Aljibe**



Fuente: Tomado de “Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos”, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible”, 2014.

**Manantial:** Descarga natural de agua subterránea a la superficie terrestre en forma de corriente (ver Fotografía 1.2.7-3).

**Fotografía 1.2.7-3 Ejemplo de Manantial**

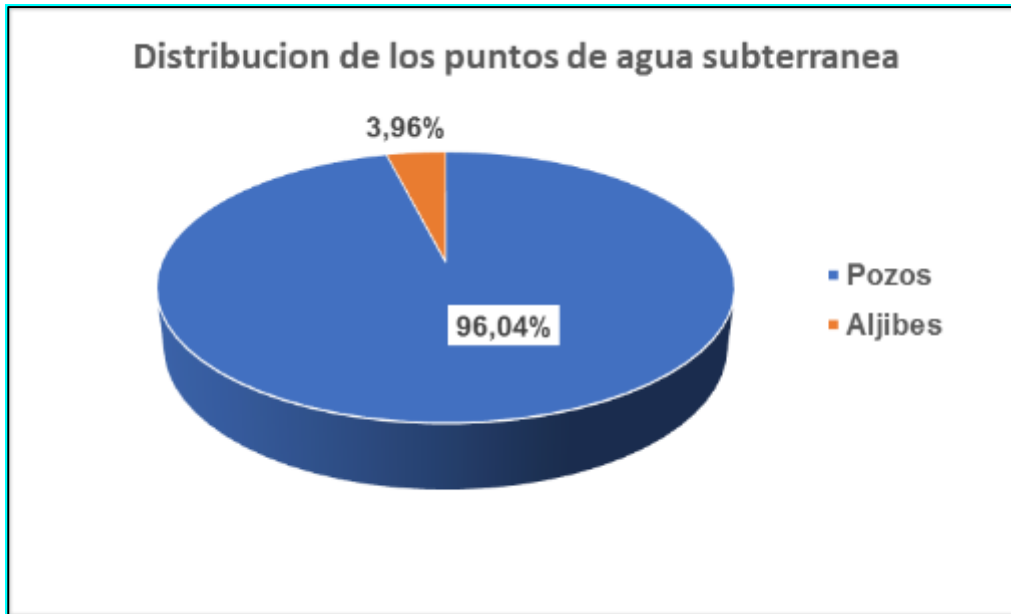


Fuente: Tomado de “Guía Metodológica para la Formulación de Planes de Manejo Ambiental de Acuíferos”, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible”, 2014.

Teniendo en cuenta la información aportada por la Corporación Autónoma del Valle del Cauca - C.V.C. como ente oficial a quien se le solicitó esta información y fue recibida actualizada hasta el día 4 de septiembre del año 2018 y a las visitas de campo en total en el Área de Influencia Indirecta (AII) se identificaron un total de 101 puntos de agua subterránea, en donde se encuentran un total de 4 aljibes y 97 pozos profundos lo que equivale a que en el AII solo el 3,96% de los puntos de agua subterránea son aljibes y el 96,04% son pozos profundos utilizados principalmente para producción industrial en el caso de las Bodegas de Unilever Palmira y agroindustrial para el cultivo de caña de azúcar.



**Figura 1.2.7-1 Distribución de los puntos de agua en el Area de Influencia Indirecta AII**



Fuente: Modificado de inventario de puntos de agua subterranea C.V.C. 2018.

En la Tabla 1.2.7-1 se presenta el total del inventario de puntos de agua subterranea, levantado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC, para toda el área de influencia indirecta AII y en la Tabla 1.2.7-2 se relacionan los puntos de agua subterranea identificados dentro de la AID y un buffer de 100 m que se tuvo en cuenta desde la línea con el fin de generar una revisión de los puntos de agua subterranea más cercanos al trazado de la línea, en esta información se puede identificar información como tipo de punto, ubicación y la descripción del estado de los pozos la cual se realizo de la siguiente forma:

- Activo: Punto de agua subterranea con instalaciones, en uso.
- Inactivo: Punto de agua subterranea con instalaciones, sin uso.
- Abandonado: Punto de agua subterranea sin instalaciones, sin uso.

La ubicación espacial de los puntos de agua subterranea identificados, se presenta en la Figura 1.2.7-2, evidenciando que en el Área de Influencia indirecta (AII) y Área de Influencia Directa (AID) del Proyecto, no se reportan nacimientos (ver Tabla 1.2.7-1), teniendo en cuenta que se trata de una cuenca sedimentaria compuesta por depósitos aluviales los cuales no tienen buzamientos o estructuras que permitan el afloramiento natural de las aguas subterraneas.

**Tabla 1.2.7-1 Inventario de puntos de agua subterránea en el área de influencia indirecta del proyecto**

ID	Coordenada		Tipo de punto	Estado	Profundidad	Municipio	Unidad Captada	Sitio de Torre más cercana	Distancia al sitio de torre más cercana (m)
	X	Y							
vcn-100	1071434,97	869607,99	Pozo Profundo	Abandonado	108	CANDELARIA	Qal	TAS025	322,80
vcn-108	1071820,02	870665,98	Pozo Profundo	Activo	40	CANDELARIA	Qal	TAS029	278,78
vcn-169	1072890,99	870134,92	Pozo Profundo	Abandonado	171	CANDELARIA	Qal	TAS031	1273,59
vcn-174	1070947,88	867899,01	Pozo Profundo	Abandonado	122	CANDELARIA	Qt	TAS022	653,56
vcn-210	1071259,04	871156	Pozo Profundo	Abandonado	100	CANDELARIA	Qal	TAS029	482,64
vcn-215	1070800,516	868855,967	Pozo Profundo	Colapsado y cubierto	-	CANDELARIA	Qt	TAS023	106,66
vcn-222	1070957,85	867185,01	Pozo Profundo	Activo	-	CANDELARIA	Qt	TAS021	1012,74
vcn-223	1071888,02	870647,97	Pozo Profundo	Activo	58	CANDELARIA	Qal	TAS029	348,18
vcn-241	1073245,97	869602,9	Pozo Profundo	Abandonado	103	CANDELARIA	Qt	TAS031	1911,76
vcn-262	1071976,451	871701,6281	Pozo Profundo	Abandonado	105	CANDELARIA	Qal	TAS031	593,52
vcn-334	1071447,97	869638,99	Pozo Profundo	Activo	245	CANDELARIA	Qal	TAS025	343,45
vcn-349	1070682,99	870200,03	Pozo Profundo	Activo	245	CANDELARIA	Qal	TAS027	566,35
vcn-358	1072502,94	869116,94	Pozo Profundo	Abandonado	142	CANDELARIA	Qt	TAS025	1444,96
vcn-381	1074727,11	872490,84	Pozo Profundo	Activo	280	CANDELARIA	Qal	TAS035	1256,05
vcn-388	1073667,08	871794,89	Pozo Profundo	Activo	118	CANDELARIA	Qal	TAS034	329,92
vcn-399	1074122,63	870486,01	Pozo Profundo	Activo	147	CANDELARIA	Qal	TAS034	1668,18
vcn-45	1074743,12	872771,84	Pozo Profundo	Abandonado	153	CANDELARIA	Qal	TAS036	1211,65
vcn-469	1072259,66	872233,88	Pozo Profundo	Activo	85	CANDELARIA	Qal	TAS032	836,15
vcn-499	1073219,29	869599,08	Pozo Profundo	Activo	147	CANDELARIA	Qt	TAS031	1901,62
vcn-530	1074511,29	873524,52	Pozo Profundo	Activo	303	CANDELARIA	Qal	TAS037	882,39
vcn-552	1072916,95	870708,49	Pozo Profundo	Activo	260	CANDELARIA	Qal	TAS032	827,88
vcn-586	1072290,79	869713,01	Pozo Profundo	Activo	291	CANDELARIA	Qt	TAS026	1130,26
vcn-605	1071585,82	868955,43	Aljibe	Activo	18	CANDELARIA	Qt	TAS024	702,82
vcn-623	1071085	869004	Aljibe	Activo	14	CANDELARIA	Qt	TAS024	298,00
vp-132	1074527,948	875189,838	Pozo Profundo	Activo	125	PALMIRA	Qal	TAS040	634,99

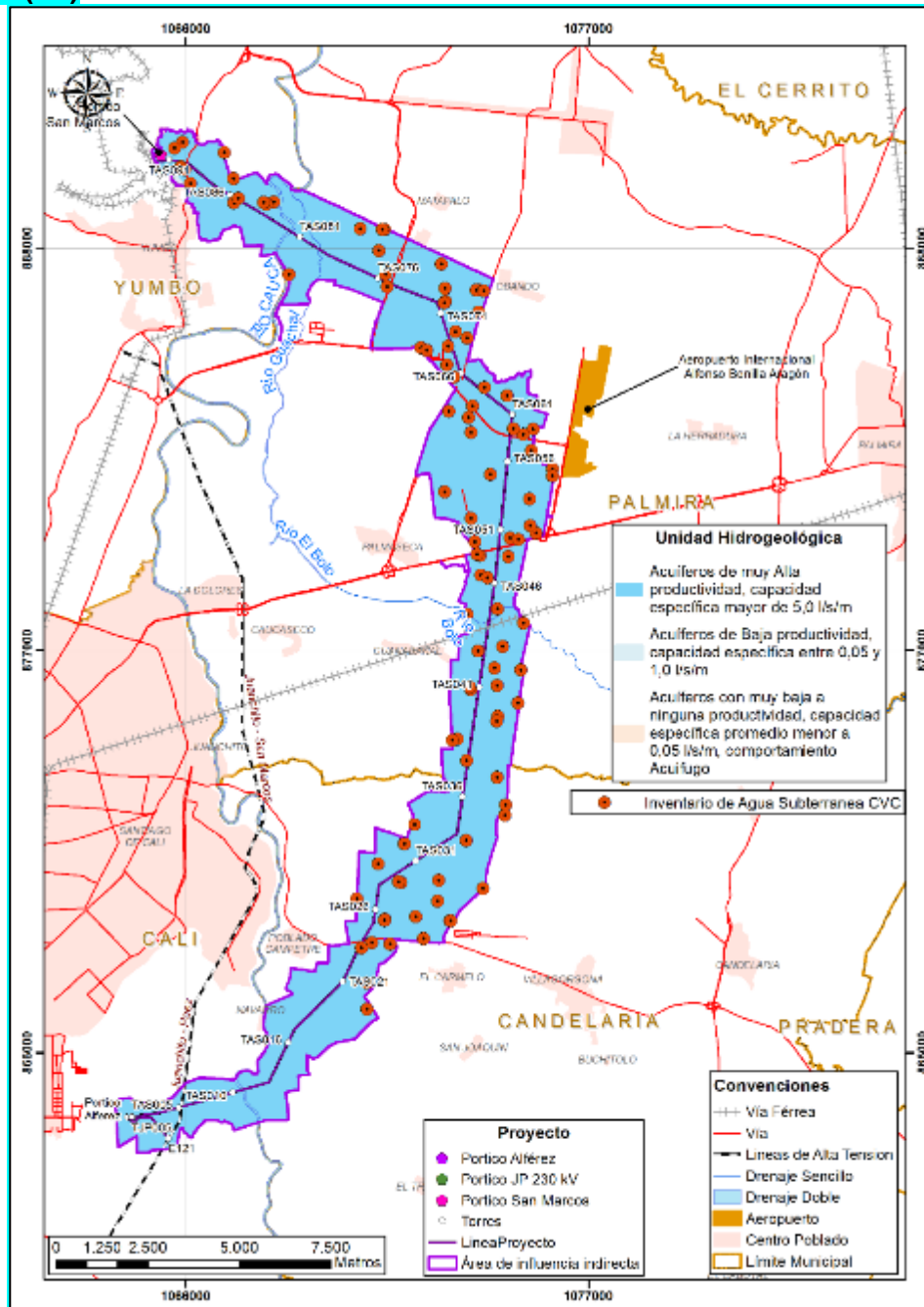
ID	Coordenada		Tipo de punto	Estado	Profundidad	Municipio	Unidad Captada	Sitio de Torre más cercana	Distancia al sitio de torre más cercana (m)
	X	Y							
vp-21	1074020,8	886849,91	Pozo Profundo	Abandonado	215	PALMIRA	Qal	TAS072	1203,52
vp-215	1074149,25	886829,73	Pozo Profundo	Inactivo	62	PALMIRA	Qal	TAS072	1322,55
vp-216	1074005,77	886244,9	Pozo Profundo	Activo	82	PALMIRA	Qal	TAS070	999,25
vp-217	1073067,78	886505,95	Pozo Profundo	Activo	247	PALMIRA	Qal	TAS072	204,08
vp-22	1073688,51	885537,08	Pozo Profundo	Activo	85	PALMIRA	Qal	TAS068	491,37
vp-254	1075444,59	882455,83	Pozo Profundo	Abandonado	183	PALMIRA	Qal	TAS057	624,55
vp-261	1076030,57	881959,8	Pozo Profundo	Abandonado	110	PALMIRA	Qal	TAS056	1261,46
vp-266	1073420,21	874569,91	Pozo Profundo	Abandonado	210	PALMIRA	Qal	TAS039	418,88
vp-267	1073990,33	876978,89	Pozo Profundo	Abandonado	154	PALMIRA	Qal	TAS042	316,97
vp-293	1072985,83	887561,96	Pozo Profundo	Activo	191	PALMIRA	Qal	TAS073	1017,14
vp-299	1074164,67	884184,89	Pozo Profundo	Activo	150	PALMIRA	Qal	TAS064	130,34
vp-308	1071373,87	888499,04	Pozo Profundo	Abandonado	137	PALMIRA	Qal	TAS077	1247,64
vp-310	1073292,21	874537,91	Pozo Profundo	Abandonado	247	PALMIRA	Qal	TAS039	550,14
vp-312	1073804,98	880610,73	Pozo Profundo	Inactivo	136	PALMIRA	Qal	TAS052	836,13
vp-317	1073330,68	884469,93	Pozo Profundo	Activo	96	PALMIRA	Qal	TAS066	205,22
vp-329	1071283,85	887925,04	Pozo Profundo	Activo	150	PALMIRA	Qal	TAS077	738,17
vp-337	1074333,88	881804,11	Pozo Profundo	Activo	250	PALMIRA	Qal	TAS055	418,19
vp-338	1074249,42	878976,88	Pozo Profundo	Abandonado	245	PALMIRA	Qal	TAS046	224,09
vp-354	1074661,857	877102,91	Pozo Profundo	Activo	126	PALMIRA	Qal	TAS043	487,52
vp-367	1074818,19	879555,17	Pozo Profundo	Activo	105	PALMIRA	Qal	TAS049	332,75
vp-394	1073764,28	875993,89	Pozo Profundo	Abandonado	157	PALMIRA	Qal	TAS041	240,27
vp-463	1070770,43	888522,16	Pozo Profundo	Activo	65	PALMIRA	Qal	TAS078	1012,59
vp-480	1074789,66	883964,86	Pozo Profundo	Activo	121	PALMIRA	Qal	TAS062	336,30
vp-502	1073090,8	886899,95	Pozo Profundo	Activo	98	PALMIRA	Qal	TAS072	444,45
vp-510	1075584,48	880197,82	Pozo Profundo	Abandonado	141	PALMIRA	Qal	TAS051	998,88
vp-515	1073799,23	882958,31	Pozo Profundo	Activo	144	PALMIRA	Qal	TAS058	1065,74

ID	Coordenada		Tipo de punto	Estado	Profundidad	Municipio	Unidad Captada	Sitio de Torre más cercana	Distancia al sitio de torre más cercana (m)
	X	Y							
vp-516	1074963,731	883052,0196	Pozo Profundo	Activo	60	PALMIRA	Qal	TAS059	138,55
vp-532	1073844,55	883673,43	Pozo Profundo	Activo	115	PALMIRA	Qal	TAS064	517,03
vp-540	1073940,8	886849,91	Pozo Profundo	Activo	130	PALMIRA	Qal	TAS072	1126,84
vp-541	1073376,74	885704,93	Pozo Profundo	Activo	140	PALMIRA	Qal	TAS069	234,41
vp-548	1073680,515	873983,3724	Pozo Profundo	Inactivo	152	PALMIRA	Qal	TAS038	116,78
vp-554	1072425,28	885269,52	Pozo Profundo	Activo	315	PALMIRA	Qal	TAS069	812,26
vp-564	1073684,37	877980,9	Pozo Profundo	Activo	135	PALMIRA	Qal	TAS044	635,89
vp-577	1075164,3	876464,83	Pozo Profundo	Abandonado	205	PALMIRA	Qt	TAS042	1078,57
vp-582	1075238,36	877735,83	Pozo Profundo	Activo	141	PALMIRA	Qt	TAS044	974,08
vp-598	1076030,09	881767,82	Pozo Profundo	Activo	230	PALMIRA	Qal	TAS055	1280,45
vp-605	1073793,87	875919,2	Pozo Profundo	Activo	310	PALMIRA	Qal	TAS041	224,07
vp-642	1071506,8	886937,03	Pozo Profundo	Activo	100	PALMIRA	Qal	TAS075	216,74
vp-672	1075222,41	882904,09	Pozo Profundo	Activo	55	PALMIRA	Qal	TAS059	357,02
vp-683	1073968	879621	Pozo Profundo	Activo	-	PALMIRA	Qal	TAS048	568,97
vp-684	1074042	879581	Pozo Profundo	Activo	-	PALMIRA	Qal	TAS048	485,61
vp-702	1071432,87	888507,03	Pozo Profundo	Activo	172	PALMIRA	Qal	TAS077	1285,22
vp-710	1072587,62	885202,87	Pozo Profundo	Activo	112	PALMIRA	Qal	TAS068	692,73
vp-737	1074870,55	880066,62	Pozo Profundo	Activo	20	PALMIRA	Qal	TAS050	349,76
vp-739	1074508,67	876032,97	Pozo Profundo	Activo	122	PALMIRA	Qal	TAS041	505,51
vp-752	1073727,31	883357,53	Pozo Profundo	Activo	20	PALMIRA	Qal	TAS063	829,88
vp-766	1075089,17	880032,6	Pozo Profundo	Activo	-	PALMIRA	Qal	TAS050	548,71
vp-77	1073144,7	884808,94	Pozo Profundo	Activo	102	PALMIRA	Qal	TAS067	270,04
vp-775	1073172,6	885315,41	Pozo Profundo	Activo	40	PALMIRA	Qal	TAS068	114,84
vp-778	1074438,94	876513,3	Pozo Profundo	Activo	170	PALMIRA	Qal	TAS042	372,36
vp-781	1073906,75	879965,52	Pozo Profundo	Activo	53	PALMIRA	Qal	TAS050	646,03
vp-794	1075400,08	881130,91	Pozo Profundo	Activo	233	PALMIRA	Qal	TAS053	722,86

ID	Coordenada		Tipo de punto	Estado	Profundidad	Municipio	Unidad Captada	Sitio de Torre más cercana	Distancia al sitio de torre más cercana (m)
	X	Y							
vp-801	1074520	878130	Pozo Profundo	Activo	70	PALMIRA	Qal	TAS045	228,98
vp-843	1075502	883042	Pozo Profundo	Activo	52,4	PALMIRA	Qal	TAS060	630,29
vp-844	1073076,13	881332,84	Pozo Profundo	Activo	257	PALMIRA	Qal	TAS053	1614,56
vp-854	1073190,1	883535,2	Pozo Profundo	Activo	149	PALMIRA	Qal	TAS065	1017,88
vp-866	1075086	875552	Aljibe	Activo	20	PALMIRA	Qt	TAS041	1168,86
vp-875	1074063	879056	Pozo Profundo	Activo	-	PALMIRA	Qal	TAS047	410,68
vp-891	1073102,64	886537,34	Pozo Profundo	Activo	-	PALMIRA	Qal	TAS072	239,41
vp-894	1075416	880402	Pozo Profundo	Activo	-	PALMIRA	Qal	TAS051	830,01
vyu-112	1067313,146	889234,0411	Aljibe	Abandonado	7,5	YUMBO	Qca	TAS086	236,73
vyu-114	1067050,96	890610,25	Pozo Profundo	Abandonado	44	YUMBO	Qca	TAS088	872,74
vyu-116	1068400,9	889260,18	Pozo Profundo	Inactivo	25	YUMBO	Qal	TAS084	440,75
vyu-120	1067440,91	889360,23	Pozo Profundo	Colapsado y cubierto	-	YUMBO	Qca	TAS086	238,93
vyu-175	1068198,61	889190,84	Pozo Profundo	Inactivo	117	YUMBO	Qal	TAS084	267,46
vyu-189	1065692,43	890727,64	Pozo Profundo	Activo	72	YUMBO	Qca	TAS090	340,02
vyu-270	1065911,11	890890,18	Pozo Profundo	Activo	-	YUMBO	Qca	TAS090	551,34
vyu-277	1065872,87	890221,47	Pozo Profundo	Activo	-	YUMBO	Qca	TAS089	221,07
vyu-309	1065976,84	890135,69	Pozo Profundo	Activo	46,55	YUMBO	Qca	TAS089	192,42
vyu-79	1067311,04	889900,69	Pozo Profundo	Inactivo	108	YUMBO	Qca	TAS086	458,02
vyu-80	1066130,92	889760,29	Pozo Profundo	Abandonado	108	YUMBO	Qca	TAS088	379,86
45	1071978,041	871701,65	Pozo Profundo	Activo	-	CANDELARIA	Qal	TAS031	540,61
36	1074499,931	875056,94	Pozo Profundo	Activo	-	PALMIRA	Qal	TAS040	661,29
25	1068816,342	887278,66	Pozo Profundo	Activo	-	PALMIRA	Qal	TAS080	1048,75
12	1071464,787	887287,18	Pozo Profundo	Activo	-	PALMIRA	Qal	TAS076	234,65
6	1068131,771	889249,20	Pozo Profundo	Activo	-	YUMBO	Qal	TAS084	306,37

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018, Modificado de inventario de puntos de agua subterránea C.V.C. 2018.

**Figura 1.2.7-2 Inventario de puntos de agua subterránea en el área de influencia indirecta (AII)**

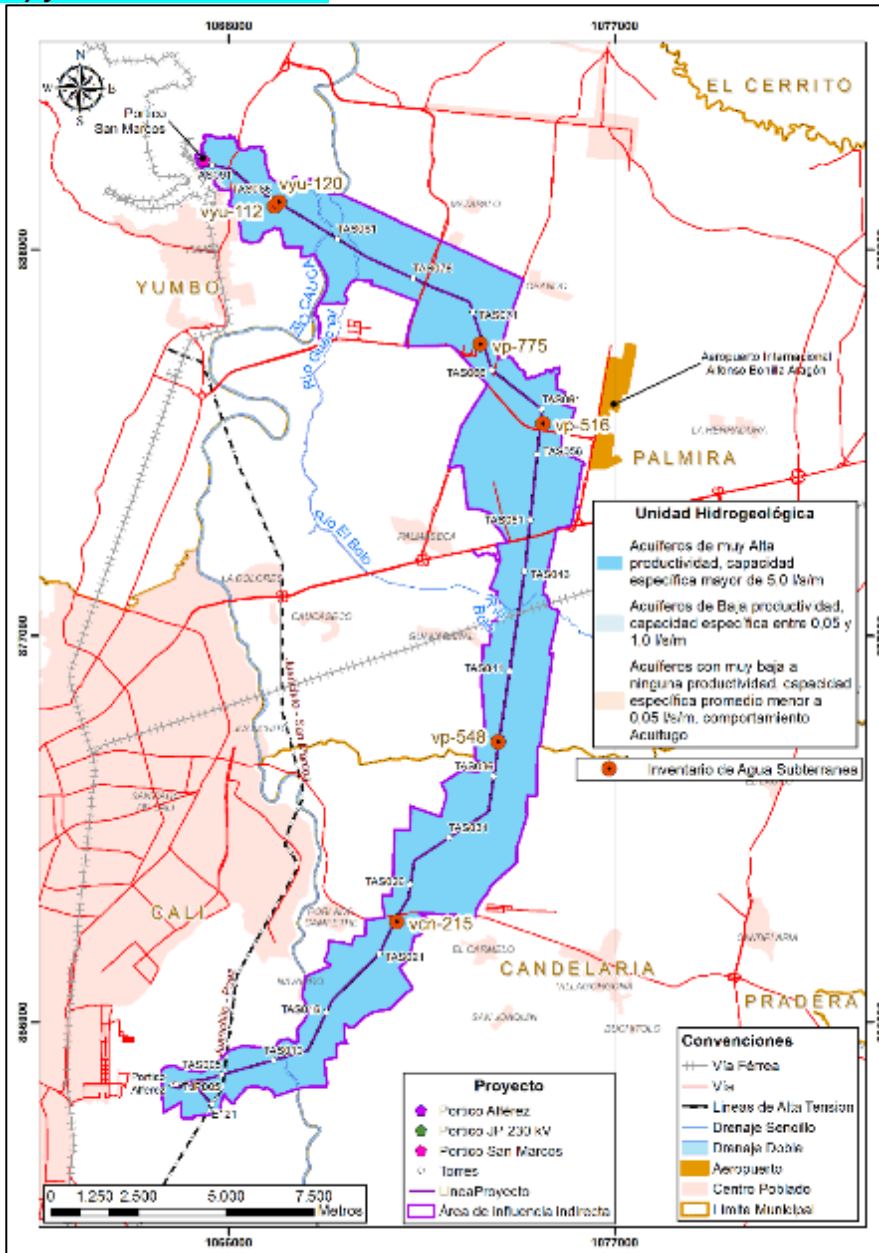


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018, Modificado de inventario de puntos de agua subterránea C.V.C. 2018.

Con el fin de identificar los puntos de agua subterránea cercanos al proyecto se realizó una verificación de los puntos que se encuentran en el AID y en un buffer de 100 m del trazado de la línea de interconexión en donde se identificaron un total de 6 puntos de agua que al comprobarse en campo y al visitarse con la información de la población, coinciden con el

inventario de la Corporación Autónoma del Valle del Cauca (C.V.C.) de los cuales se identificaron un total de 5 pozos profundos y 1 aljibe (ver Tabla 1.2.7-2), donde solo 2 pozos profundos se encuentran en uso, 2 pozos abandonados, colapsados y cubiertos sin instalaciones ni uso, 1 pozo abandonado donde todavía se encuentran instalaciones y un aljibe que se encuentra en reserva y a más de 140 m del trazado de la línea (Figura 1.2.7-3) el cual fue identificado en la visita de campo (Tabla 1.2.7-2), todos los puntos de agua subterránea se encuentran a más de 100 m del sitio de torre más cercano, de estos puntos se levantó la caracterización con el formato FUNIAS (Formato único nacional de inventario de aguas subterráneas) del IDEAM y el SGC (Anexo D – Componente Abiótico/D6 Hidrogeología/D6.2\_FUNIAS).

**Figura 1.2.7-3 Inventario de puntos de agua subterránea en el Área de influencia directa (AID) y un buffer de 100 m**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018, Modificado de inventario de puntos de agua subterránea C.V.C. 2018.



**Tabla 1.2.7-2 Puntos identificados en el AID**

ID	Coordenada		Tipo de punto	Estado	Profundidad	Municipio	Unidad Captada	Sitio de Torre mas cercana	Distancia al sitio de torre mas cercana (m)
	X	Y							
vcn-215	1070800,516	868855,967	Pozo Profundo	Colapsado y cubierto	-	CANDELARIA	Qt	TAS023	106,66
vp-516	1074963,731	883052,0196	Pozo Profundo	Activo	60	PALMIRA	Qal	TAS059	138,55
vp-548	1073680,515	873983,3724	Pozo Profundo	Inactivo	152	PALMIRA	Qal	TAS038	116,78
vp-775	1073172,6	885315,41	Pozo Profundo	Activo	40	PALMIRA	Qal	TAS068	114,84
vyu-112	1067313,146	889234,0411	Aljibe	Abandonado	7,5	YUMBO	Qca	TAS086	236,73
vyu-120	1067440,91	889360,23	Pozo Profundo	Colapsado y cubierto	-	YUMBO	Qca	TAS086	238,93

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

### Pozos:

Los pozos activos encontrados en el All tienen profundidades de captación del agua subterránea que oscilan entre los 60 y 65 m de profundidad. El diámetro en general varía entre 4 y 6 pulgadas y se encuentran revestidos en PVC.

### Punto vyu-120:

Este punto se trata de uno de los puntos reportados por la CVC como pozo profundo, al cual se realizó una visita en campo con el fin de verificar su ubicación y características, de acuerdo a los recorridos realizados y la verificación tanto en campo con la población cercana al área se identificó el lugar donde hace muchos años se encontraba un pozo de captación de aguas subterráneas el cual actualmente no existe, actualmente el lugar se encuentra en medio de un cultivo de caña y su estado es abandonado (Punto de agua subterránea sin instalaciones, sin uso), se identificó que este pozo fue desmantelado y ahora se encuentra cubierto por los cultivos.

**Figura 1.2.7-4 Ubicación del Pozo (vyu-120), predio Platanares, estado abandonado, cubierto por el cultivo de caña X: 1067440.91, Y: 889360.23**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

### Punto vp-775:

Este punto se encuentra dentro de las instalaciones de la compañía Unilever Palmira, a los cuales no se pudo obtener acceso a pesar de varias comunicaciones telefónicas con el fin de solicitar acceso al predio, por lo cual se realizó una declaración extrajudicial en la Notaría Primera del municipio de Palmira a la cual pertenece el predio (Anexo: hidrogeología) indicando la imposibilidad de acceder a este predio. De acuerdo con la información de la CVC se trata de un Pozo profundo el cual se encuentra activo y estado productivo y tiene una profundidad de 40 m.

**Fotografía 1.2.7-4 Entrada al predio de Unilever Palmira, pozo profundo X: 1073172,6 y Y: 885315,41 de acuerdo a la CVC**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

**Punto vp-516:**

Este punto se trata de un pozo profundo que capta agua subterránea en predios de la compañía Palmaseca, el cual es utilizado exclusivamente para el cultivo de caña, la profundidad de captación es de 60 m el diámetro es de 6 pulgadas, realizan la captación por medio de una electrobomba, se encuentra revestido en PVC, de acuerdo con la información recolectada en campo las características del agua son: temperatura de 23.7°C, conductividad de 842  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , pH de 7.85.

**Fotografía 1.2.7-5 Pozo profundo predios Aeropuerto #1 de la compañía Palmaseca X: 1074947,99 y Y: 883056,64**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

**Punto vp-548:**

En este punto se identificó un pozo en estado inactivo (Punto de agua subterránea con instalaciones, sin uso), se encuentra una electrobomba que se identifica sin uso hace varios años, el pozo se encuentra colapsado.

**Fotografía 1.2.7-6 Pozo inactivo en el predio Yunde del ingenio Manuelita X: 1073664,18 y Y: 874001,89**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

**Punto vcn-215:**

Pozo en estado Abandonado (Punto de agua subterránea sin instalaciones, sin uso), el punto ya no existe y fue cubierto con vegetación y suelo, por lo cual solo se encuentra en medio del cañaduzal un espacio libre de caña en donde estuvo ubicado, ya no se encuentran instalaciones.

**Fotografía 1.2.7-7 Pozo abandonado en el predio Tortugas, X: 1070799,93 y Y: 868860,02**

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018

**Aljibes:**

En el área visitada a 140 m del trazado de la línea se identificó un aljibe que no se encuentra en el AID ni en la distancia verificada de 100 m desde la línea.

**Punto vyu-112:**

El punto de agua subterránea se trata de un aljibe el cual se encuentra ubicado a 75 m del punto informado por la CVC por fuera del área de influencia indirecta y de un buffer identificado de 100 m respecto a la línea, el aljibe que se encuentra en reserva de uso, no se utiliza diariamente, el punto no se utiliza para consumo humano, el nivel del agua se encuentra a 3.3 m de profundidad, de acuerdo a la información recolectada en campo las características del agua son: temperatura de 29.1°C, conductividad de 711  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , pH de 9.49.

**Figura 1.2.7-5 Aljibe ubicado en el Municipio de Yumbo, predio llamado Poso, X: 1067313,26 y Y: 889232,93**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

### 1.2.7.2 Unidades Hidrogeológicas

El mapa de Unidades Hidrogeológicas representa las unidades acuíferas y confinantes que se encuentran aflorando en la zona de estudio, compuestas por una o varias unidades litológicas, las cuales han sido agrupadas en tres categorías principales que dependen del tipo de porosidad de las rocas, de la ocurrencia o no de aguas subterráneas y de la capacidad de almacenamiento. En la elaboración de la cartografía temática para este proyecto se representan las unidades hidrogeológicas, su capacidad, y las direcciones de flujo, en el mapa también se presentan las áreas potenciales de recarga en superficie, definidas de forma cualitativa dados los afloramientos de los mismos y correlacionando esta información con las características topográficas, datos estructurales obtenidos y porosidad de las unidades litológicas (Ver Mapa Hidrogeológico en el **Anexo A1 Cartografía temática**).

Teniendo en cuenta las definiciones de Acuíferos, Acuicludos, Acuitardos y Acuífugos se puede clasificar las unidades litológicas según sus características de permeabilidad y conductividad del recurso hídrico, de donde se puede obtener la siguiente clasificación:

#### Acuíferos

Unidad geológica que permite el almacenamiento y circulación del agua dadas sus condiciones de permeabilidad suficientes para generar acumulaciones significativas del recurso hídrico, los acuíferos más comunes son las arenas y gravas (materiales no consolidados), pero rocas sedimentarias permeables tales como las areniscas, calizas, rocas cristalinas fracturadas y volcánicas intensamente meteorizadas o fracturadas también pueden ser clasificadas como acuíferos. En el área de estudio afloran los sistemas Acuíferos de las Sedimentitas de la Formación volcánica y los depósitos de edad Cuaternario donde se encuentran las siguientes unidades: Depósitos Aluviales (Qal), Conos Aluviales (Qca) y las Terrazas Aluviales (Qt).

## Acuífugos

Aquellas unidades geológicas que no contienen agua ni la pueden transmitir, como por ejemplo un macizo granítico que no esté fisurado o rocas metamórficas sin meteorización ni fracturación, estas se consideran unidades impermeables. En el área de estudio se encuentran unidades cuyas características litológicas y naturaleza cristalina generan Acuífugos como Formación Volcánica (Kv).

En la **Tabla 1.2.7-3**, se puede observar la valoración de las unidades desde el punto de vista de su capacidad para almacenar agua subterránea, encontradas en el área de influencia del proyecto.

**Tabla 1.2.7-3 Unidades Hidrogeológicas presentes en el área de influencia indirecta (All)**

Sistema de Acuífero	Unidad Hidrogeológica	Área (ha)	%	Área (ha)	%
<b>Sedimentos y rocas con flujo intergranular</b>					
Acuíferos de muy Alta productividad, capacidad específica mayor de 5,0 l/s/m	Depósitos Aluviales (Qal)	6192,24	86,06	7180,31	99,79
	Conos Aluviales (Qca)	450,71	6,26		
	Terrazas (Qt)	537,36	7,47		
Acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m	Formación Volcánica (Sedimentitas) (Kvs)	11,56	0,16	11,56	0,16
<b>Sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea</b>					
Acuíferos con muy baja a ninguna productividad, capacidad específica promedio menor a 0,05 l/s/m, comportamiento Acuífugos	Formación Volcánica (Kv)	3,32	0,05	3,32	0,05
<b>TOTAL</b>				<b>7195,19</b>	<b>100</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

### 1.2.7.3 Caracterización hidrogeológica

Los diferentes sistemas acuíferos, se clasifican por sus características de permeabilidad, porosidad, transmisividad, extensión y espesor; en general en el área de influencia indirecta del proyecto se presentan 2 sistemas de acuíferos: uno con sedimentos con flujo intergranular en donde se encuentran las unidades no consolidadas y rocas sedimentarias con alguna porosidad primaria y otro donde encontramos las rocas y sedimentos con limitados recursos de agua subterránea. Estos sistemas se describen a continuación.

- **Sedimentos y rocas con flujo intergranular**

Se definen como sedimentos y rocas con flujo intergranular a los sistemas con una porosidad que permite el flujo del recurso, por lo general se debe a su bajo grado de consolidación y el tamaño de grano.<sup>4</sup>

#### **Sistema de acuíferos de muy Alta productividad, capacidad específica mayor de 5,0 l/s/m**

Estos acuíferos se encuentran representados por depósitos sedimentarios no consolidados de los aluviones inconsolidados y conos aluviales que se encuentran en el Valle del río Cauca que se caracterizan litológicamente por su composición de arenas, gravas, limos e intercalaciones de arcillas, de poco espesor, de edad Cuaternario

<sup>4</sup> Sánchez J, 2014. Conceptos Básicos de Hidrogeología, Universidad de Salamanca, España. Pág. 3.



En el área de estudio se encuentran acuíferos cuaternarios conformados por sedimentos de origen aluvial que hacen parte de amplios y estrechos valles, y depósitos fluviales de edad Cuaternario, estos acuíferos son de muy alta productividad y ocupan una gran proporción del área de estudio con un 99.79%.

**Sistemas de acuíferos de Baja productividad, capacidad específica entre 0,05 y 1,0 l/s/m**

Corresponde a sistemas acuíferos discontinuos de extensión local a semiregional, conformados por sedimentos cuaternarios no consolidados, de ambiente fluvial, aluvial, que generalmente conforman acuíferos de tipo libre. Almacenan aguas que requiere tratamiento para algunos usos

Dentro de este sistema hidrogeológico y aflorando en el área de influencia se encuentran los acuíferos de la Formación volcánica (Kvs) en su sección de rocas sedimentarias (ver [Figura 1.2.7-6](#)).

- **Sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea**

Son acuíferos con muy baja productividad, comportamiento se correlaciona al de acuíferos, por lo general son unidades ígneas de grano muy fino antiguas como la Formación Volcánica (Kv) que no permiten la conductividad y carecen de propiedades permeables por su alta compactación.

**Acuíferos con muy baja a ninguna productividad, capacidad específica menor de 0.05 l/s/m, que se comportan como Acuíferos.**

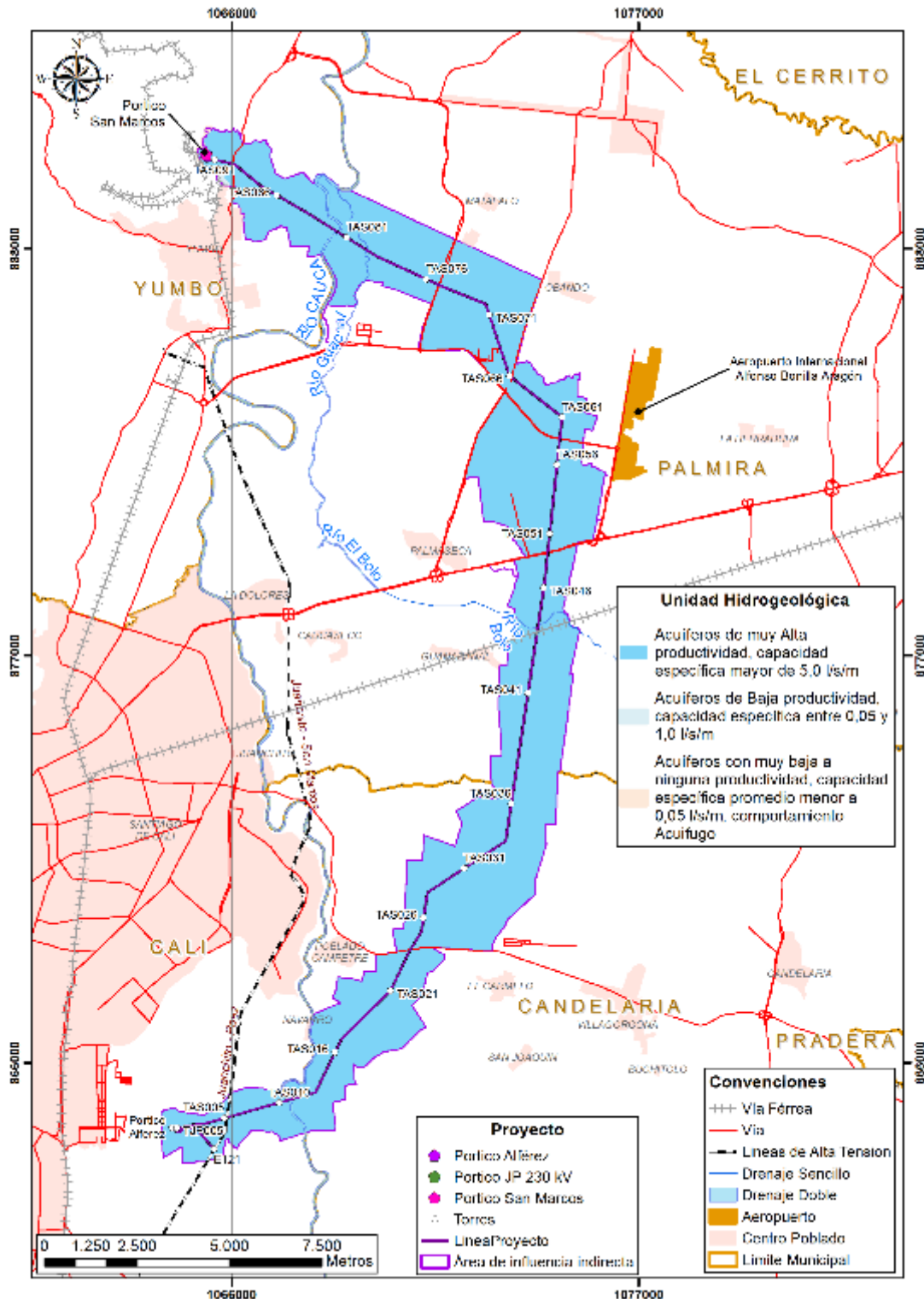
Complejo de Rocas ígneas con muy baja a ninguna productividad, muy compactadas y en ocasiones fracturadas, Cretácicas.

Este sistema está conformado por la Formación Volcánica (Kv).

En resumen, la caracterización hidrogeológica del área de influencia indirecta sugiere que los sedimentos y rocas con limitados recursos de agua subterránea tienen la menor participación en el área de influencia indirecta con un 0,05%.

La distribución de cada sistema hidrogeológico se puede observar en la [Figura 1.2.7-6](#).

**Figura 1.2.7-6 Distribución espacial de las unidades hidrogeológicas en el área de influencia**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018

#### 1.2.7.4 Zonas de recarga y descarga

Se han identificado en el área de estudio como principales mecanismos de recarga, la infiltración de agua de escorrentía, la precipitación para los acuíferos de edad Cuaternario y para las zonas donde afloran las unidades hidrogeológicas con mayor capacidad de almacenamiento.

La descarga del agua subterránea ocurre por medio del flujo base en los principales cauces de los ríos principales a los que están asociados los acuíferos porosos, en este caso el drenaje principal en el área es el río Cauca. También se presenta descarga artificial de los niveles acuíferos mediante la explotación de pozos y aljibes.

Para determinar las zonas de recarga en el área de estudio se realizó el método (Matus, 2007), que se basa en ponderaciones de 1 a 5 para los siguientes parámetros: Pendiente (Pend), Tipo de suelo (Ts), tipo de roca (Tr), cobertura vegetal permanente (Cve) y se evaluó el uso del suelo (Us); con base en estas ponderaciones se obtuvo el mapa de zonas de recarga potenciales para el área de estudio como se observa en la Tabla 1.2.7-4.

**Tabla 1.2.7-4 Variables y evaluación de zonas de recarga**

<b>Pendiente (Pend)</b>			
Descripción	%	Ponderación	Posibilidad de recarga
Planos a casi planos	0-6	5	Muy Alta
Moderadamente ondulados	6-15.	4	Alta
Ondulados/cóncavos	15-45	3	Moderada
Escarpados	45-65	2	Baja
Fuertemente escarpados	>65	1	Muy Baja
<b>Tipo de Suelo (Ts)</b>			
Textura		Ponderación	Posibilidad de recarga
Suelos franco arenosos a arenosos.		5	Muy Alta
Suelos francos		4	Alta
Suelos franco limosos		3	Moderada
Suelos Franco arcillosos		2	Baja
Suelos arcillosos		1	Muy Baja
<b>Tipo de roca (Tr)</b>			
Textura		Ponderación	Posibilidad de recarga
Rocas muy permeables, muy suaves constituidas por agregados gruesos, con macro poros interconectados		5	Muy Alta
Rocas permeables constituidas por agregados medianos con poros conectados entre sí, ej. arenas finas.		4	Alta
Rocas moderadamente permeables, con regular conexión de poros entre si		3	Moderada
Rocas poco permeables un poco duras, moderadamente compactas, constituidas por partículas finas, una combinación de gravas con arcillas, con presencia de fracturas conectadas entre si		2	Baja
Rocas impermeables		1	Muy Baja

<b>Cobertura vegetal permanente (Cve)</b>		
Porcentaje	Ponderación	Posibilidad de recarga
>80%	5	Muy Alta
70-80%	4	Alta
50-70%	3	Moderada
30-50%	2	Baja
<30%	1	Muy Baja
<b>Uso de suelo (Us)</b>		
Uso de suelo	Ponderación	Posibilidad de recarga
Bosque que presentan los tres estratos con árboles, arbustos y hierbas	5	Muy Alta
Sistemas agroforestales o silvopastoriles	4	Alta
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo	3	Moderada
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua	2	Baja
Terrenos agropecuarios, con manejo intensivo	1	Muy Baja

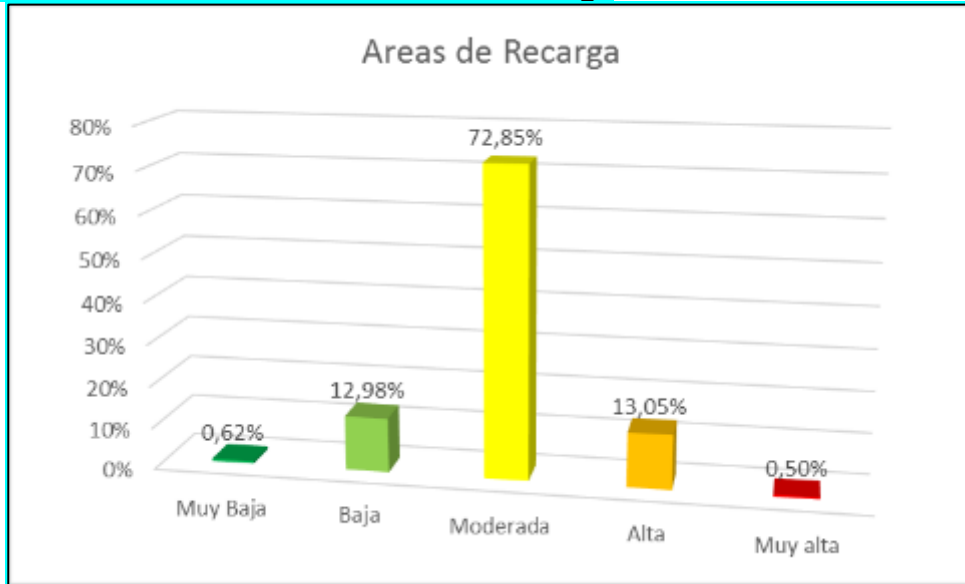
Modificado de: (Matus, 2007)

Luego de realizar la calificación y la ponderación a cada una de estas variables se aplica la siguiente relación para obtener la zona potencial de recarga:

$$ZR = (0.27 * Pend) + (0.23 * TS) + (0.12 * Tr) + (0.25 * Cve) + (0.13 * Us)$$

Como resultado final obtenemos una escala entre 1 y 5 con valores de posibilidad de recarga desde muy baja hasta muy alta, para el AII el mayor porcentaje del área 72,85% corresponde a zonas de recarga moderada, las áreas de recarga que le siguen son las zonas de recarga baja con un 12,98%, la siguiente categoría son las zonas de recarga alta con 13,05% y finalmente están las zonas de recarga muy baja con un 0,62% y zonas de recarga muy alta con un 0,5% respectivamente (ver Figura 1.2.7-7), dadas las características de suelos, uso del suelo, cobertura vegetal, tipo de suelo, pendiente y tipo de roca, teniendo en cuenta que se trata de una cuenca sedimentaria con depósitos aluviales.

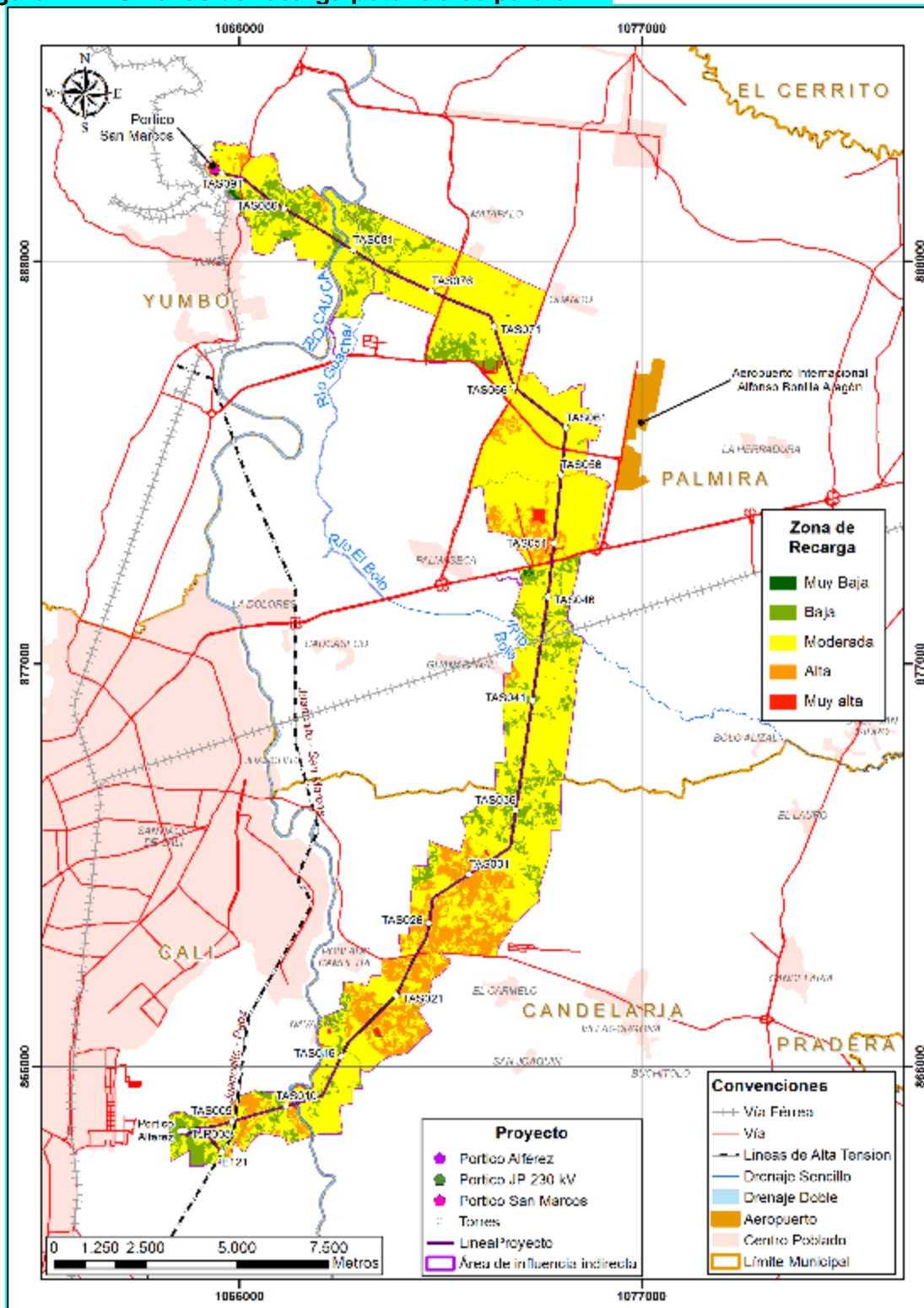
**Figura 1.2.7-7 Distribución de las áreas de Recarga**



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

En la Figura 1.2.7-8 se identifican las zonas de recarga potencial para el área de influencia indirecta (AII).

Figura 1.2.7-8 Zonas de recarga potenciales para el AI

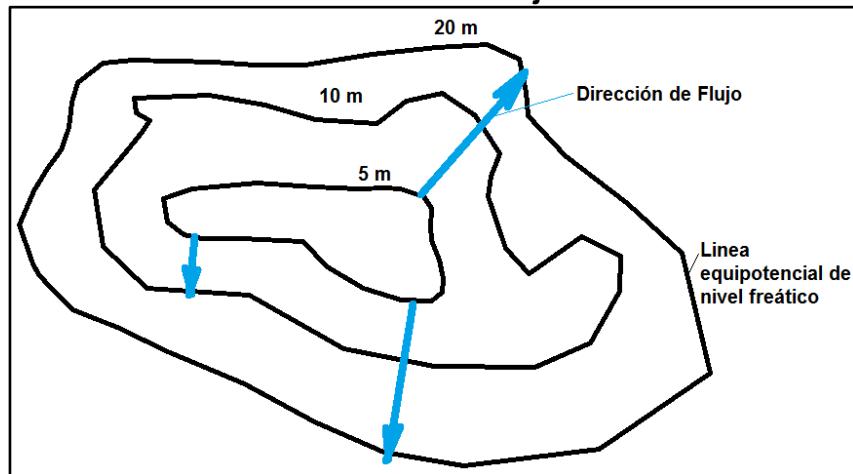


Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

### 1.2.7.5 Direcciones de flujo

La definición de las direcciones de flujo consiste en representar la dirección y el sentido del flujo de aguas subterráneas y su interconexión hidráulica con sistemas acuíferos adyacentes y sistemas superficiales; la caracterización del flujo subterráneo local o somero, que se presenta en el área de influencia del proyecto fluye a través de los acuíferos Cuaternarios, Paleógenos y Neógenos; las direcciones de flujo en el presente estudio se hallaron tomando los niveles piezométricos de los acuíferos locales, donde se utilizaron los puntos inventariados por la CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca), y se realizó en mapa respectivo con determinando las direcciones de flujo locales. A los datos de profundidad de nivel freático adquiridos se les realiza la corrección de línea base (topografía), para luego realizar la interpolación de líneas equipotenciales de nivel freático, estas líneas equipotenciales indican implícitamente la dirección de flujo, ya que en el sentido en el que su valor disminuye nos indica la dirección de flujo somero, esto quiere decir que la dirección de flujo es perpendicular a las líneas equipotenciales del nivel freático (ver Figura 1.2.7-9).

**Figura 1.2.7-9 Definición de las direcciones de flujo**



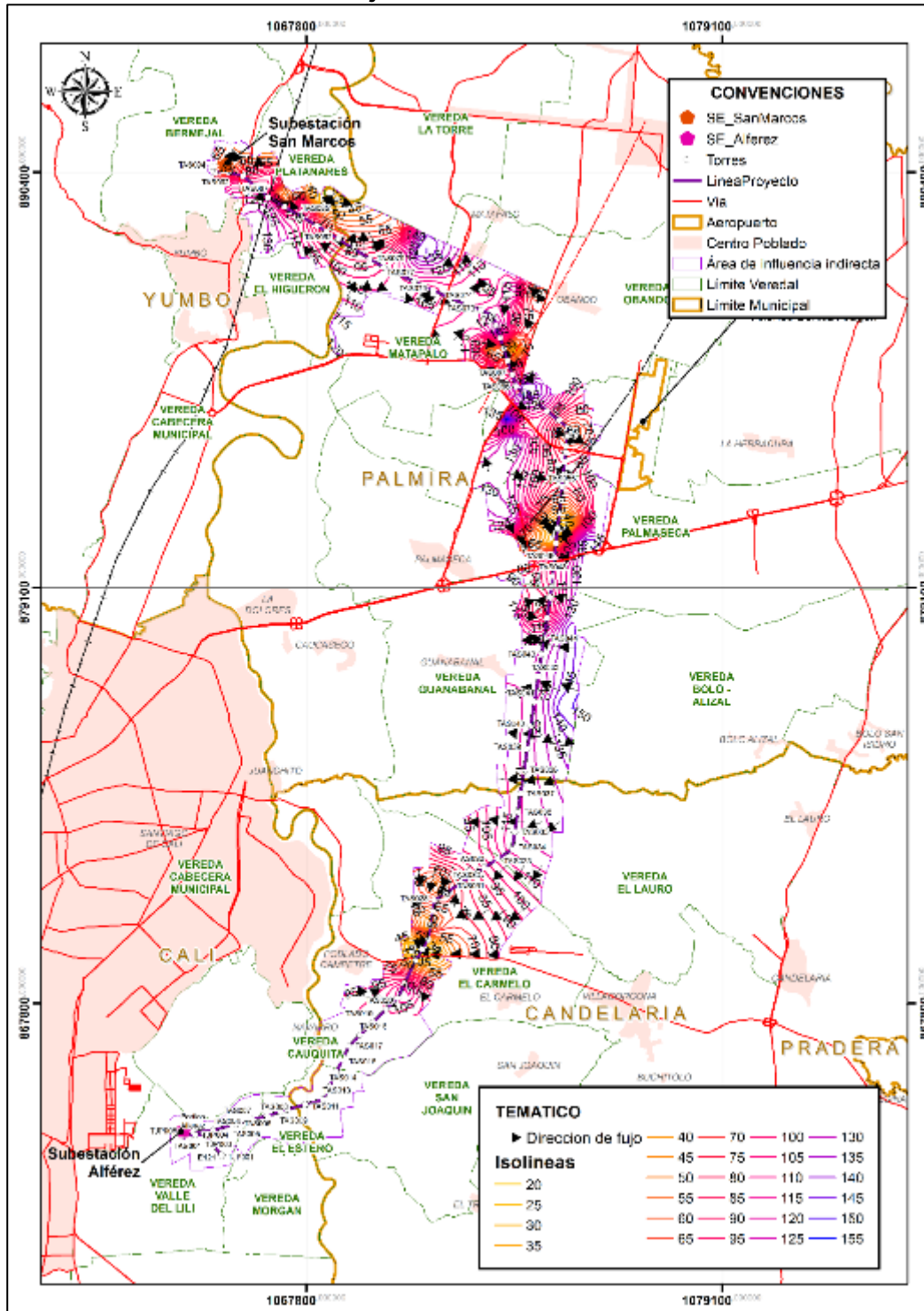
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

Las direcciones de flujo son diferentes para cada tipo de acuífero, en el área de estudio se encuentra una pequeña parte constituida por rocas con limitados recursos de aguas subterráneas debido a su poca permeabilidad con una cobertura amplia de sedimentos permeables.

Los sedimentos permeables de los acuíferos del relleno aluvial presentan intercalaciones de arcilla y limos de origen orgánico e inorgánico generados por la dinámica fluvial del río Cauca, en donde se encuentran espesores de pocos metros hasta más de 60 m (CVC, 2009).

En el área de influencia del proyecto, las direcciones de flujo se evidencian en los sedimentos y rocas con flujo intergranular los cuales tienen mayor comunicación entre poros, estas direcciones convergen de Suroeste al Noreste (SE-NW) en el valle del Cauca - Patía llevando la dirección hacia el cauce principal del río Cauca y subparalelo a este. (Ver Figura 1.2.7-10).

Figura 1.2.7-10 Direcciones de Flujo en el AII



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.



### 1.2.7.6 Evaluación y clasificación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación

La vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación se define como la facilidad con la cual ingresan sustancias que puedan afectar la calidad de agua subterránea siendo penetradas por una carga contaminante mediante infiltración a través del suelo y/o la zona no saturada.<sup>5</sup>

Para realizar la evaluación de la vulnerabilidad de los acuíferos, se valoró cuantitativamente cada uno de los siguientes parámetros: naturaleza litológica de la zona no saturada, condición de confinamiento y profundidad de la tabla de agua, calificando cada uno de estos parámetros utilizando el sistema de indexación GOD, propuesto por (Foster, 1987) (ver Tabla 1.2.7-5).

Parámetro “G”: Se refiere a la condición de confinamiento del acuífero más superficial, y establece las siguientes categorías: no confinado, no confinado-cubierto, semiconfinado, confinado, surgente sin presencia de acuífero.

Parámetro “O”: Este parámetro incluye una caracterización global de la zona saturada para acuíferos libres, o del estado confinante, para acuíferos confinados. Se valora la naturaleza litológica, el grado de consolidación y el fracturamiento de la roca.

Parámetro “D”: Profundidad del nivel freático para los acuíferos libres, o el techo para los acuíferos de tipo semiconfinado o confinado.

**Tabla 1.2.7-5 Valoraciones parámetros método GOD**

Ocurrencia del agua subterránea “G”			
Ninguno			0
Surgente			0.1
Confinado			0.2
Semiconfinado			0.3
No Confinado (cubierto)			0.5
Libre			1
Litología predominante sobre el acuífero “O”			
No Consolidados	Consolidados (Rocas porosas)	Consolidados masivos (Rocas ígneas, metamórficos, volcánicos antiguos)	Ponderación
Arcillas			0.4
Limos	Arcillolitas Lutitas		0.5
Gravas con matriz arcillosa	Limolitas		0.6
Arcilla/Grava y/o Arena (intercalaciones)	Areniscas Tobas volcánicas		0.7
Arenas	Litoarenitas		0.8
Gravas	Calcarenitas Calizas Blandas	Lavas volcánicas recientes	0.9
		Caliche Otras calizas duras	1.0

<sup>5</sup>CEPIS. Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. Lima, 1992.

Ocurrencia del agua subterránea "G"					
Profundidad del agua "D"					
> 100m			0.4		
50 – 100m			0.5		
20 – 50m			0.6		
10 – 20m			0.7		
5 – 10m			0.8		
2 – 5m			0.9		
0 – 2m			1.0		
Grado de vulnerabilidad a la contaminación "GOD"	Despreciable	Baja	Moderada	Alta	Extrema
	0 – 0.1	0.1 – 0.3	0.3 – 0.5	0.5 – 0.7	0.7 – 1

Fuente: (Foster, 1987)

El método "GOD" establece escalas de valores para cada parámetro de acuerdo con su contribución en la defensa de los acuíferos a la contaminación. Estas tienen valores entre cero (0) y uno (1), siendo los valores más bajos los que más retienen o atenúan el transporte de contaminantes. La evaluación de la vulnerabilidad se determina multiplicando los valores dados a cada parámetro obteniendo valores entre cero (0) y uno (1), donde cero (0) significa vulnerabilidad nula y uno (1) vulnerabilidad extrema a la contaminación.

Cabe aclarar que la metodología "GOD" se encamina a estudiar los acuíferos más someros o la parte más superficial de los acuíferos de interés, ya que se considera que las características de la zona no saturada son las que finalmente determinan el grado de protección, porque son las más susceptibles a ser afectadas adversamente por una carga contaminante y una vez contaminadas, este fenómeno se puede inducir fácilmente a los horizontes profundos (INGEOMINAS, 2003).

- **Parámetro "G"**

El parámetro "G" analiza el acuífero más somero a partir de la información de litología de pozos, aljibes someros, y manantiales identificados en el estudio y soportado con el Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia, que delimita las zonas de recarga, asumiendo estas áreas como acuíferos libres; estableciendo de esta manera la categorización del acuífero de acuerdo con su condición de confinamiento. Esta metodología establece que cuando no existe certeza sobre la continuidad lateral de los acuíferos o no están conectados hidráulicamente estos deben asumirse como acuíferos libres.

En la **Tabla 1.2.7-6** se presenta la ponderación del parámetro y la distribución del área en hectáreas y porcentajes.

**Tabla 1.2.7-6 Distribución del Parámetro "G" en el área de estudio**

Confinamiento del acuífero	Valor "G"	Área de Estudio (ha)	Área de estudio (%)
Conos Aluviales (Qca)	1	450,71	6,26
Depósitos Aluviales (Qal)	1	6192,24	86,06
Formación Volcánica (Sedimentitas) (Kvs)	0.3	11,56	0,16
Terrazas (Qt)	1	537,36	7,47
Formación Volcánica (Kv)	0.2	3,32	0,05
<b>TOTAL</b>		<b>7009,17</b>	<b>100</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

- **Parámetro “O”**

El parámetro “O” se obtiene a partir de las descripciones de las unidades litoestratigráficas y de la cartografía geológica elaborada para el presente estudio; en donde predominan en superficie rocas pertenecientes a complejos Ígneo-metamórficos.

A continuación, en la **Tabla 1.2.7-7** se presenta la ponderación del parámetro, con sus áreas y porcentajes, unidades geológicas y su respectiva descripción.

**Tabla 1.2.7-7 Valor de parámetro “O” asignado**

Unidad Geológica	Litología del acuífero	Valor Parámetro “O”	Área de Estudio (ha)	Área de estudio (%)
Depósitos Aluviales (Qal)	Depósitos inconsolidados de origen aluvial	0.8	6192,24	86,06
Conos Aluviales (Qca)	Conos aluviales compuestos por cantos, guijarros y gravas	0.7	450,71	6,26
Terrazas (Qt)	aluviones inconsolidados relacionados a los ríos principales	0.7	537,36	7,47
Formación Volcánica (Sedimentitas) (Kvs)	Rocas sedimentarias dentro de Kv. Lutitas, areniscas, shales y cherts	0.5	11,56	0,16
Formación Volcánica (Kv)	Lavas basálticas, lutitas, shales y cherts	0.8	3,32	0,05
<b>Totales</b>			<b>7195,19</b>	<b>100</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018

- **Parámetro “D”**

Para la determinación del parámetro “D” se utilizó la información de los niveles de agua subterránea de captaciones más someras correspondientes al inventario de puntos.

En la **Tabla 1.2.7-8** se presentan la distribución por área de la profundidad de la tabla de agua encontrada en la zona.

**Tabla 1.2.7-8 Valor del parámetro “D” asignados**

Unidad Hidrogeológica	Profundidad (m)	Ponderación	Área de estudio (ha)	Área de estudio (%)
Formación Volcánica (Kv)	20 – 50m	0.5	3,32	0,05
Formación Volcánica (Sedimentitas) (Kvs)	10 – 20 m	0.5	11,56	0,16
Depósitos Aluviales (Qal)	5 – 10m	0.9	6192,24	86,06
Conos Aluviales (Qca)	5 – 10m	0.9	450,71	6,26
Terrazas (Qt)	5 – 10m	0.8	537,36	7,47
<b>TOTAL</b>			<b>7195,19</b>	<b>100</b>

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2018.

Finalmente se obtiene el resultado final del análisis de vulnerabilidad a la contaminación de los sistemas acuíferos por las actividades del proyecto donde se prevé haya lugar a actividades que generen la probabilidad de afectación teniendo en cuenta los términos de referencia LI-TER-1-01 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2006, y la Metodología general para la presentación de estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2010. Para los proyectos de líneas eléctricas las actividades se limitan a los sitios de torre en este sentido se realizó el análisis de vulnerabilidad a la contaminación para el área de influencia directa AII.

En la Tabla 1.2.7-9 se presentan los resultados del análisis de vulnerabilidad utilizando el método GOD, los acuíferos con mayor susceptibilidad son los compuestos por los depósitos cuaternarios, en los cuales el resultado del análisis de vulnerabilidad sugiere un nivel alto y moderado a la contaminación, en este sentido y teniendo en cuenta las actividades asociadas al proyecto de interconexión eléctrica se concluye que no se generarán afectaciones a los sistemas acuíferos ya que las actividades asociadas a este proyecto no contempla el vertimiento de sustancias alóctonas que puedan contaminar los sistemas acuíferos someros, por último tenemos la Formación Volcánica con limitados recursos de agua subterránea, la vulnerabilidad de esta unidad sugiere un nivel despreciable dadas sus características litológicas y la ocurrencia de esta en el contexto hidrogeológico.

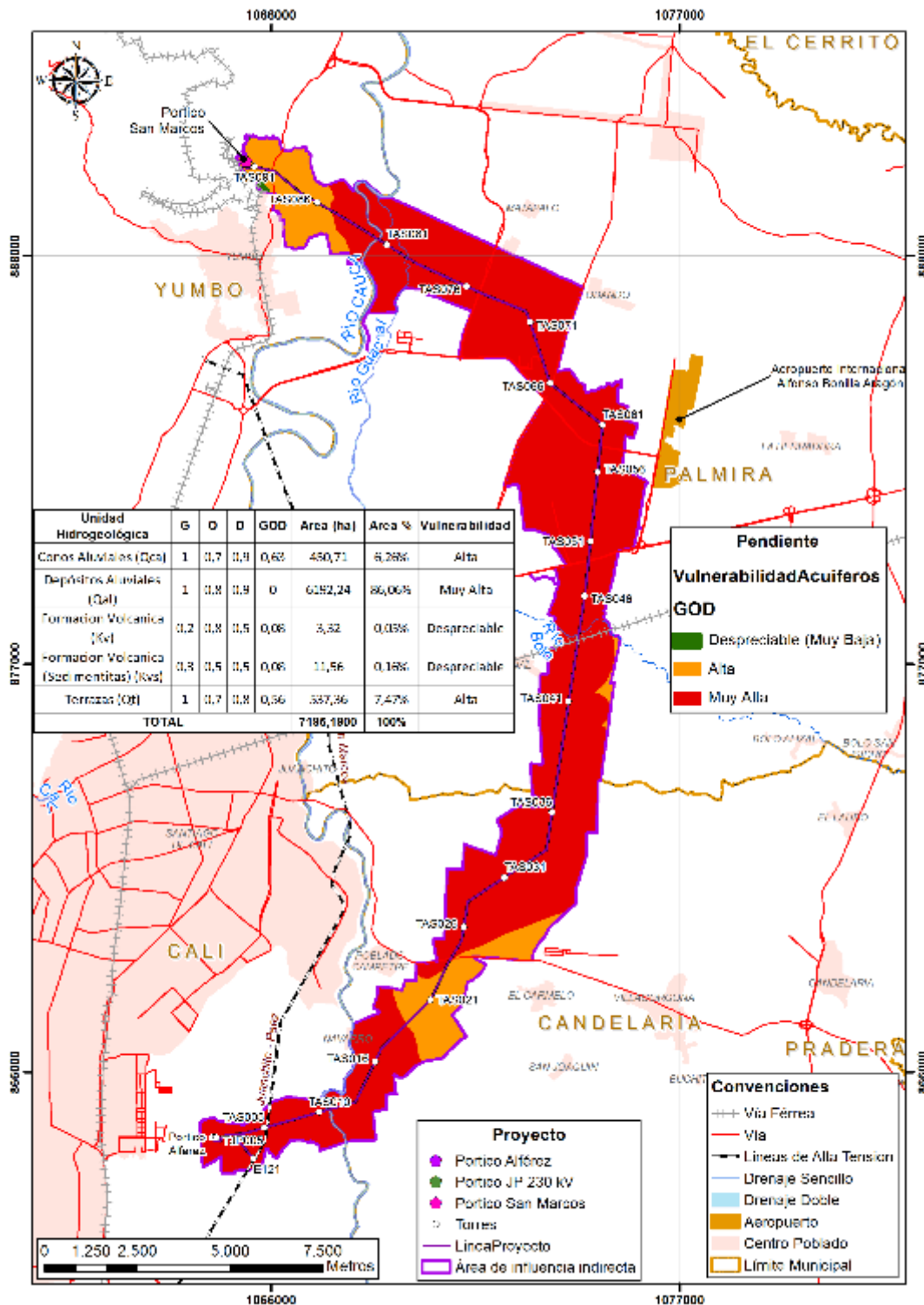
**Tabla 1.2.7-9 Vulnerabilidad a la contaminación de sistemas Acuíferos**

Unidad Hidrogeológica	G	O	D	GOD	Vulnerabilidad
Depósitos aluviales (Qal)	1	0,8	0,9	0,72	Muy alta
Depósitos de Conos Aluviales (Qca)	1	0,7	0,9	0,63	Alta
Terrazas (Qt)	1	0,7	0,8	0,56	Alta
Formación Volcánica (Sedimentitas) (Kvs)	0,3	0,5	0,5	0,075	Despreciable
Formación Volcánica (Kv)	0,2	0,8	0,5	0,08	Despreciable

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2018

La Figura 1.2.7-11 representa la vulnerabilidad intrínseca en el AII en donde se encuentran vulnerabilidades moderadas y altas teniendo en cuenta las características litológicas y de infiltración de estas unidades y las unidades litológicas que afloran.

Figura 1.2.7-11 Mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de acuíferos



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2018.