
 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO





CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS QUE INCLUYEN LOS COMPONENTES DE RIESGO Y/O AMENAZA PARA LA RECUPERACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO, LOCALIZADOS EN TRES (3) MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA.

Agosto de 2014

Medellín – Colombia





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## TABLA DE CONTENIDO



1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CORRIENTES MONTENEGRO Y SAN FRANCISCO.....	2
2.1	CARTOGRAFÍA UTILIZADA PARA EL ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	2
2.2	VARIABLES HIDROCLIMÁTICAS.....	5
2.3	MODELO DIGITAL DEL TERRENO.....	5
2.4	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PARA LA SIMULACIÓN HIDROLÓGICA .....	7
2.8.1	PRECIPITACIÓN.....	7
2.8.2	TEMPERATURA AMBIENTAL .....	9
2.8.3	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL.....	11
2.9	CAUDALES MEDIOS DIARIOS PARA LAS MICROCUENCAS EN EL SITIO DE BOCATOMA.....	12
2.9.1	ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS, MÍNIMOS Y MÁXIMOS PARA LA CORRIENTE MONTENEGRO HASTA EL SITIO DE CAPTACIÓN .....	14
2.9.2	CLASIFICACIÓN DE AMENAZAS POR EVENTOS HIDROCLIMÁTICOS.....	20
2.9.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES .....	21
2.9.4	ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS, MÍNIMOS Y MÁXIMOS PARA LA CORRIENTE SAN FRANCISCO HASTA EL SITIO DE CAPTACIÓN.....	22
2.9.5	CLASIFICACIÓN DE AMENAZAS POR EVENTOS HIDROCLIMÁTICOS.....	28
3.	GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y AMENAZAS GEOLÓGICAS DE LA CUENCA DEL LA QUEBRADA SAN FRANCISCO, SAN PEDRO DE LOS MILAGROS.....	29
3.1	AMENAZAS NATURALES .....	29
3.2	GEOLOGÍA REGIONAL .....	33
3.2.1	ESQUISTOS CUARZO-SERICÍTICOS (PES).....	33
3.2.2	ANFIBOLITAS (PA) .....	34



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

3.2.3	BATOLITO ANTIOQUEÑO (KSTAC) .....	35
3.2.4	ALUVIONES CUATERNARIOS (QAL) .....	35
3.3	GEOLOGÍA LOCAL .....	35
3.3.1	ANFIBOLITAS .....	36
3.3.2	BATOLITO ANTIOQUEÑO .....	37
3.3.3	FLUJOS DE TIERRA .....	38
3.3.4	ALUVIONES RECIENTES .....	38
3.4	GEOMORFOLOGÍA Y PROCESOS MORFODINÁMICOS .....	39
3.4.1	VERTIENTES MONTAÑOSAS SUAVES (MDS) .....	39
3.4.2	COLINAS BAJAS SUBREDONDEADAS (CBR) .....	40
3.4.3	PLANICIES EN DEPÓSITOS DE VERTIENTE (PDV) .....	41
3.4.4	LLANURA ALUVIAL .....	42
3.4.5	CAUCE DE LA QUEBRADA .....	42
3.5	MORFODINÁMICA .....	43
3.5.1	MOVIMIENTOS EN MASA .....	43
3.5.2	SOCAVACIÓN DE CAUCES .....	44
3.5.3	AVENIDAS TORRENCIALES .....	45
3.6	AMENAZAS GEOLÓGICAS .....	45
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	49
5.	BIBLIOGRAFÍA .....	51



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. SERIE MENSUAL DE PRECIPITACIÓN PARA LA ESTACIÓN BELMIRA EN MM.....	7
TABLA 2. SERIE MENSUAL DE PRECIPITACIÓN PARA LA ESTACIÓN SAN ISIDRO EN MM.....	8
TABLA 3. PARÁMETROS FÍSICO-HIDRÁULICOS DEL MODELO AGREGADO DE TANQUES EN LA ESTACIÓN LM SOPETRÁN, QUEBRADA SOPETRÁN.....	12
TABLA 4. PARÁMETROS DEL MODELO AGREGADO DE TANQUES MICROCUENCA MONTENEGRO.....	14
TABLA 5 A TABLA 11. CAUDAL MEDIO DIARIO EN M3/S DEL AÑO 1990 AL AÑO 1996.....	55-61
TABLA 12. CAUDALES MEDIOS MENSUALES, ANUALES, MULTIANUAL Y CAUDAL ECOLÓGICO, ESTIMADOS PARA LA MICROCUENCA MONTENEGRO EN BOCATOMA.....	15
TABLA 13. CAUDALES MÍNIMOS ESTIMADOS PARA LA CORRIENTE MONTENEGRO EN BOCATOMA EN M3/S.....	16
TABLA 14. CAUDALES MÍNIMOS ESTIMADOS PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO. SITIO BOCATOMA. DISTRIBUCIÓN NORMAL....	17
TABLA 15. CAUDALES MÍNIMOS ESTIMADOS PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO. SITIO BOCATOMA. DISTRIBUCIÓN GUMBEL....	17
TABLA 16. CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ESTIMADOS PARA LA CORRIENTE MONTENEGRO EN BOCATOMA EN M3/S.....	18
TABLA 17. CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ESTIMADOS PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO. SITIO BOCATOMA. DISTRIBUCIÓN GUMBEL.....	18
TABLA 18. CAUDALES MÁXIMOS ABSOLUTOS ESTACIÓN SOPETRÁN.....	19
TABLA 19. CAUDALES MÁXIMOS ABSOLUTOS PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO MICROCUENCA SOPETRÁN.....	19







 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

TABLA 20. RENDIMIENTO HÍDRICO MÁXIMO QUEBRADA SOPETRÁN Y CAUDALES MÁXIMOS ABSOLUTOS PARA LA MICROCUENCA MONTENEGRO.....	19
TABLA 21. CLASIFICACIÓN DE AMENAZAS POR EVENTOS EXTREMOS....	20
TABLA 22. PARÁMETROS DEL MODELO AGREGADO DE TANQUE MICROCUENCA SAN FRANCISCO.....	22
TABLA 23 A TABLA 29. CAUDAL MEDIO DIARIO EN M3/S DEL AÑO 1990 AL AÑO 1996.....	63-69
TABLA 30. CAUDALES MEDIOS MENSUALES, ANUALES, MULTIANUAL Y CAUDAL ECOLÓGICO, ESTIMADOS PARA LA MICROCUENCA SAN FRANCISCO EN BOCATOMA.....	24
TABLA 31. CAUDALES MÍNIMOS ESTIMADOS PARA LA CORRIENTE SAN FRANCISCO EN BOCATOMA EN M3/S.....	24
TABLA 32. CAUDALES MÍNIMOS ESTIMADOS PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO. SITIO BOCATOMA. DISTRIBUCIÓN NORMAL...	25
TABLA 33. CAUDALES MÍNIMOS ESTIMADOS PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO. SITIO BOCATOMA. DISTRIBUCIÓN GUMBEL....	25
TABLA 34. CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ESTIMADOS PARA LA CORRIENTE SAN FRANCISCO EN BOCATOMA EN M3/S.....	26
TABLA 35. CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ESTIMADOS PARA DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO. SITIO BOCATOMA. DISTRIBUCIÓN GUMBEL.....	26
TABLA 36. CAUDALES MÁXIMOS ABSOLUTOS ESTACIÓN SOPETRÁN QUEBRADA SOPETRÁN.....	27
TABLA 37. CAUDALES MÁXIMOS ABSOLUTOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO, MICROCUENCA SOPETRÁN.....	27
TABLA 38. RENDIMIENTO HÍDRICO MÁXIMO QUEBRADA SOPETRÁN Y CAUDALES MÁXIMOS ABSOLUTOS PARA LA MICROCUENCA SAN FRANCISCO.....	28
TABLA 39. CLASIFICACIÓN DE AMENAZAS POR EVENTOS EXTREMOS....	28







	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN Y RELIEVE DE LAS MICROCUENCAS. FUENTE: SRTM.....	4
FIGURA 2. MODELO DIGITAL DEL TERRENO. ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.....	6
FIGURA 3. HISTOGRAMA MULTIMENSUAL EN MM, ESTACIÓN BELMIRA.....	8
FIGURA 4. HISTOGRAMA MULTIMENSUAL EN MM, ESTACIÓN SAN ISIDRO.....	9
FIGURA 5. VARIACIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO .....	10
FIGURA 6. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS MICROCUENCAS ESTUDIADAS.....	11
FIGURA 7. IMAGEN DEL SOFTWARE DEL MODELO AGREGADO DE TANQUES. FUENTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. SEDE MEDELLÍN.....	13
FIGURA 8. GEOLOGÍA REGIONAL DEL ÁREA DE LA QUEBRADA SAN FRANCISCO (TOMADO DE INGEOMINAS, 1983). PES= ESQUISTOS, PA= ANFIBOLITA, KSTAC= BATOLITO ANTIOQUEÑO .....	34
FIGURA 9. MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL ACUEDUCTO DE SAN FRANCISCO.....	37
FIGURA 10. MAPA GEOMORFOLÓGICO Y DE PROCESOS MORFODINÁMICOS. ....	40
FIGURA 11. VERTIENTES MONTAÑOSAS QUE RODEAN A) DEPÓSITOS DE VERTIENTE; B) LLANURA ALUVIAL.....	41
FIGURA 12. A) GRIETA QUE DEFINE CORONA DE DESLIZAMIENTO. SOCAVACIÓN EN MARGEN DE LA QUEBRADA.....	45





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## LISTADO DE ANEXOS

1. SERIES DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS ESTIMADOS PARA LA MICROCUENCA SAN MONTENEGRO EN EL PUNTO DE CIERRE DE LA BOCATOMA.
2. SERIES DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS ESTIMADOS PARA LA MICROCUENCA SAN FRANCISCO EN EL PUNTO DE CIERRE DE LA BOCATOMA.





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



## 1. INTRODUCCIÓN

Conhydra realiza mediante el contrato 038 la consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en tres (3) Municipios del Departamento de Antioquia. A continuación se realiza la descripción del sistema que hace parte del componente de acueducto de la vereda San Francisco del municipio de San Pedro de los Milagros. Dentro de este contrato, la consultoría realizó los estudios hidrológico, geológico y amenazas naturales. A continuación se presenta una breve introducción a estos estudios.

La captación de agua para el abastecimiento de algunas veredas en el municipio de San Pedro de los Milagros, se realiza de las corrientes denominadas Montenegro y San Francisco. Las fuentes de agua carecen de información de caudales, por lo tanto es necesario realizar estudio hidrológico que permita conocer el comportamiento del ciclo hidrológico asociado a dichas corrientes, con el fin de estimar mediante información primaria y modelación matemática y estadística, los caudales medios, mínimos y máximos, cuyo proceso y resultados se describen en este documento.

Dentro del marco del contrato Fondo Adaptación – Conhydra, también se contempla el estudio de las amenazas geológicas en las cuencas y áreas vecinas a la infraestructura de acueductos, en este caso del que surte principalmente la vereda San Francisco y algunos sectores de dos veredas cercanas, San Juan y la Pulgarina, localizadas en el municipio de San Pedro de los Milagros (Antioquia). Como componente metodológico para evaluar las amenazas naturales se encuentran la geología y la geomorfología que aportan el conocimiento del suelo y subsuelo, factores determinantes en la susceptibilidad del suelo a los fenómenos naturales de origen hidrometeorológico como inundaciones, avenidas torrenciales y movimientos en masa y que revelan eventualmente su período de recurrencia. Metodológicamente, se aplicó la observación y análisis de los fenómenos de inestabilidad en el campo y se elaboró su cartografía geológica y geomorfológica directa, aplicando a la vez criterios morfodinámicos para la evaluación de la amenaza, tal como se describen en este informe.





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

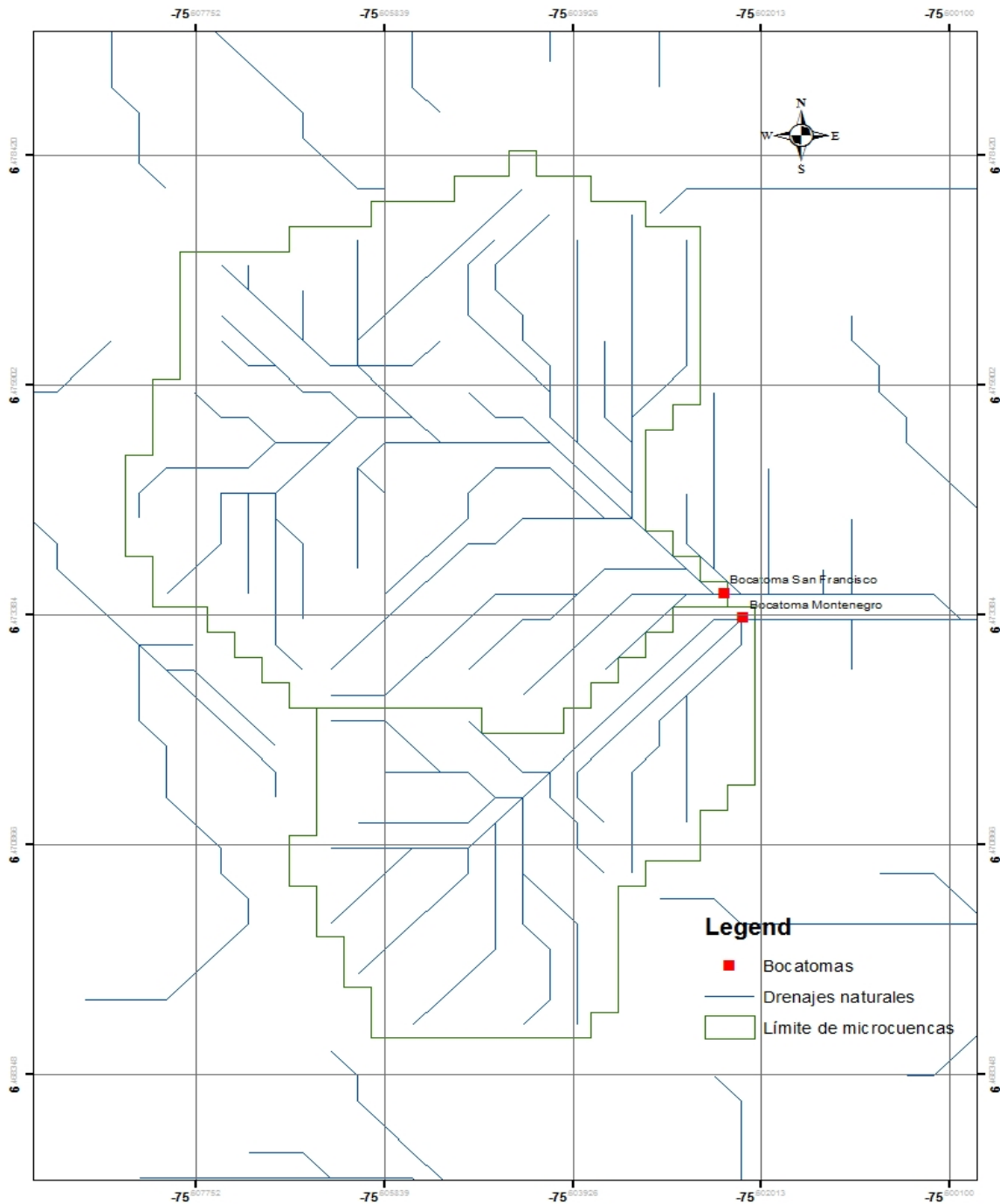
## 2. ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CORRIENTES MONTENEGRO Y SAN FRANCISCO



### 2.1 CARTOGRAFÍA UTILIZADA PARA EL ESTUDIO HIDROLÓGICO

Consultas realizadas en el IGAC, regional Antioquia-Chocó dan cuenta que para las microcuencas, se dispone de cartografía base IGAC en escala 1:25000. Para éste estudio se utilizan imágenes de satélite del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), de tal manera que permita representar la elevación del terreno a partir de celdas cuadradas (píxeles) de 30.556 m. de ancho (CGIAR-CSI, 2004). Con dichas imágenes y software's adecuados como Hidrosig bajo MapWindows y ArcGis, se puede delimitar la divisoria de agua y determinar sus parámetros morfométricos., ver figura 1.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



**Figura 1.** Localización y relieve de las microcuencas. Fuente: SRTM



	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 2.2 VARIABLES HIDROCLIMÁTICAS

Se realizaron consultas en el IDEAM y otras instituciones del Sistema de Información Nacional Ambiental, con el fin de encontrar la disponibilidad y localización de estaciones que pudieran suministrar información de variables hidroclimáticas como precipitación, temperatura ambiental y caudales, encontrándose que son varias las estaciones localizadas en las vecindades de las microcuencas objeto de estudio hidrológico, tal como se ilustra en la cuadro 1.

**Cuadro 1.** Estaciones localizadas en el área de influencia del proyecto. Fuente IDEAM



Código	Tipo	Nombre	°N	°W
27010830	PM	San Isidro	6° 33´	75° 30´
27010870	PM	Belmira	6° 36´	75° 40´
26237060	LM	Sopetrán	6° 31´	75° 45´

Se concluye que en el área adyacente a las microcuencas, existe información relacionada con la precipitación a partir de los registros suministrados por las estaciones San Isidro (PM) código IDEAM 27010830 y Belmira (PM) código IDEAM 27010870; en el sitio de las bocatomas, no existe información de caudales, por lo tanto para el manejo y proceso de las variables hidrológicas, se emplea una metodología de trabajo catalogada y clasificada como de información escasa, es decir debe estar basada en la estimación y simulación matemática y estadística, utilizando los registros de la estaciones enunciadas y la estación Sopetrán (LM) código IDEAM 26237060, como estación satélite sobre la corriente Sopetrán.

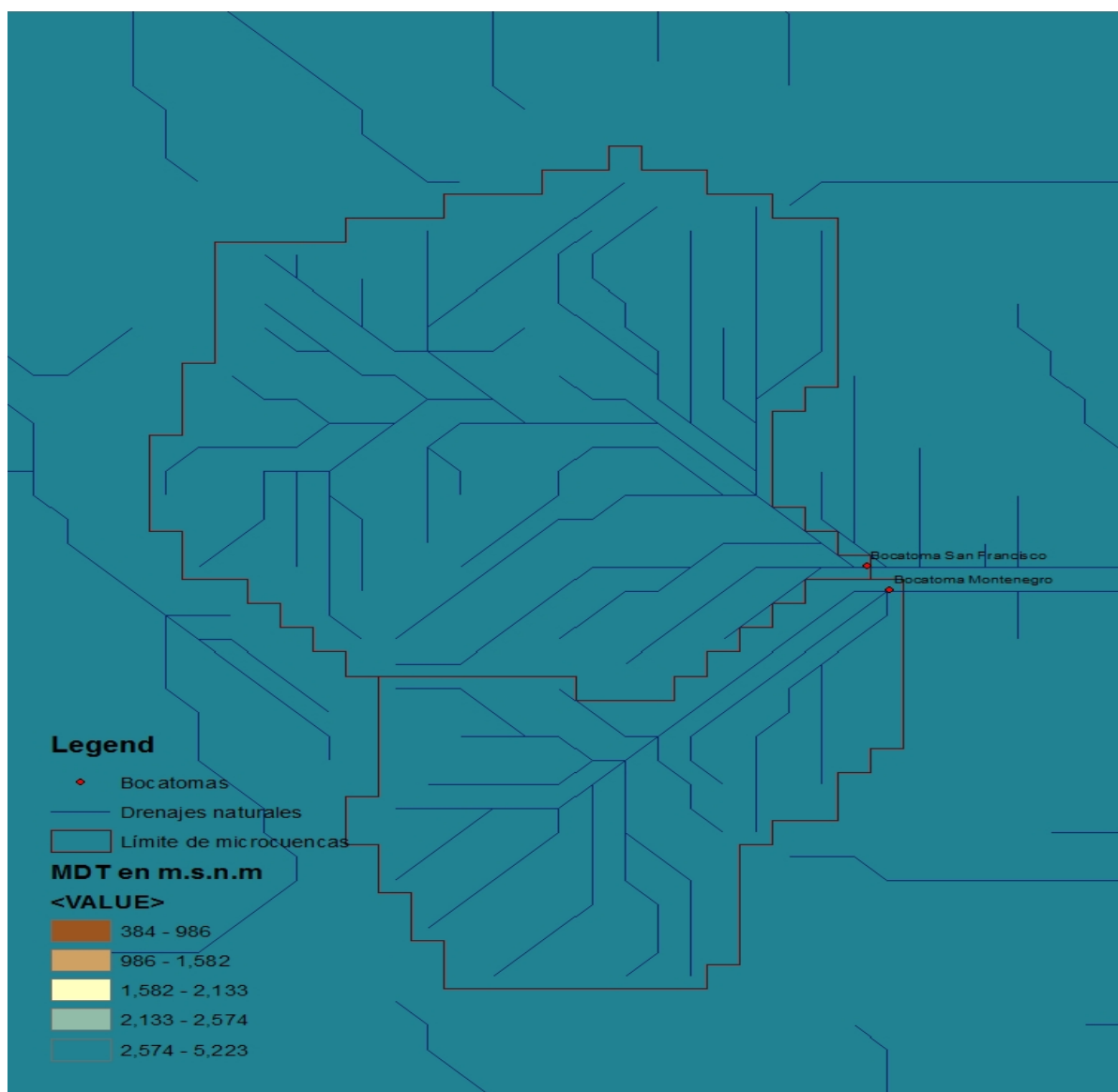
## 2.3 MODELO DIGITAL DEL TERRENO

Con el soporte informático del software Hidrosig bajo ambiente Windows, MapWindows v4.6, diseñado por el postgrado de Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, y ArcGis



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



versión 10 y con la cartografía básica, se procede a generar modelo digital de elevaciones (MDT) para las microcuencas objeto de estudio. El resultado es un MDT corregido de 35 m x 35 m, tal como se aprecia en la figura 2. Se observa que las microcuencas están a una altura media de 2500 m.s.n.m



**Figura 2.** Modelo digital del terreno. Alturas sobre el nivel del mar





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 2.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN PARA LA SIMULACIÓN HIDROLÓGICA

### 2.4.1 Precipitación



Las estaciones pluviométricas Belmira y San Isidro operadas por el IDEAM, son las que efectivamente identifican la precipitación de las microcuencas. Se toma la decisión de utilizar dichas estaciones para inferir su hidrología. Se dispone de registros de precipitación para el periodo común disponible de registros de lluvia y caudales según IDEAM, 1990-1996, información que incluye la influencia del cambio climático en Colombia. Las tablas 1 y 2 entregan la serie mensual de precipitación para dichas estaciones.

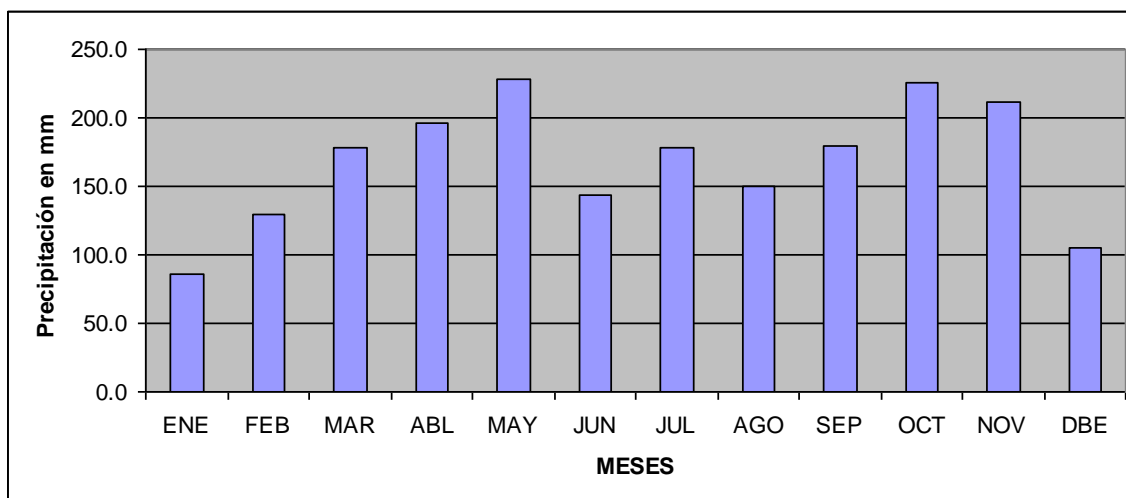
**Tabla 5.** Serie mensual de precipitación para la estación Belmira en mm.  
Fuente IDEAM

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1990	104	127	117.2	154	81	151	147	97	173	337	123	89	1700.2
1991	84	16	145	130	249	127	158	36	114	252	188	66	1565
1992	55	126	93	128	176	61	107	131	146	97	241	169	1530
1993	112	44	132	224	265	84	231	126	292	230	257	157	2154
1994	62	219	179	300	247	119	79	189	169	235	227	62	2087
1995	13	82	255	222	239	198	267	288	256	188	313		2321
1996	168	296	327	214	343	261	259	179	105	238	134	88	2612
PROM	85.4	130.0	178.3	196.0	228.6	143.0	178.3	149.4	179.3	225.3	211.9	105.2	1995.6





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	





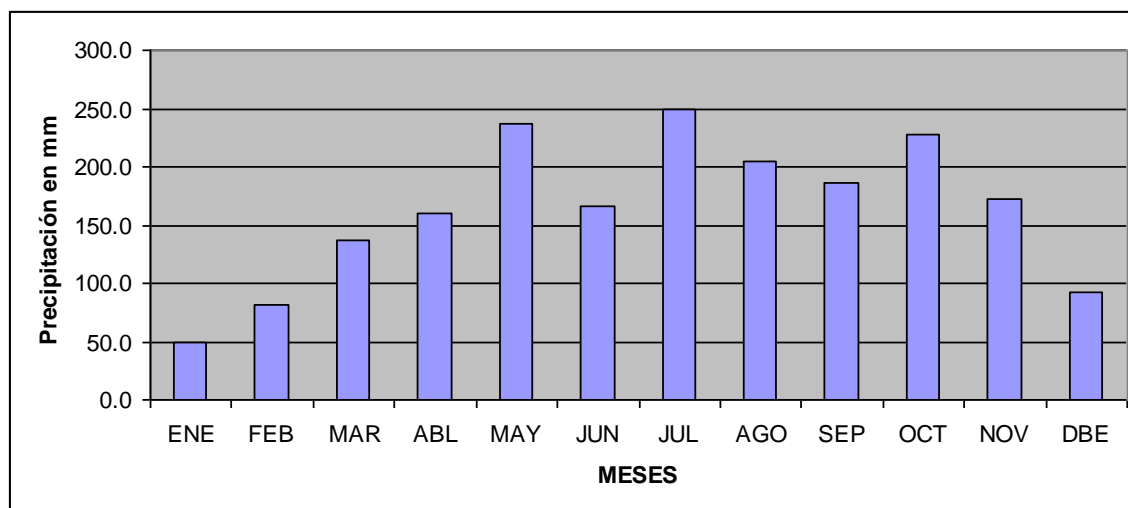
**Figura 3.** Histograma multimensual en mm, estación Belmira

**Tabla 6.** Serie mensual de precipitación para la estación San Isidro en mm.  
Fuente IDEAM

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABL	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBE	ANUAL
1990	46	85	75	227	181	132	184	139	189	384	129	58	1829
1991	20	32	257	100	183	156	227	94	77	246	156	149	1697
1992	10	31	75	78	151	160	291	292	260	96	242	98	1784
1993	78	58	145	227	253	27	228	100.2	355	189	275	151	2086.2
1994	8	79	68	235	207	313	178	301	181	221	177	40	2008
1995	13	19	165	151	272	203	306	288	131	254	92.2	124	2018.2
1996	169	265	178	106	407	171	331	220	111	202	135	22	2317
<b>PROM</b>	<b>49.1</b>	<b>81.3</b>	<b>137.6</b>	<b>160.6</b>	<b>236.3</b>	<b>166.0</b>	<b>249.3</b>	<b>204.9</b>	<b>186.3</b>	<b>227.4</b>	<b>172.3</b>	<b>91.7</b>	<b>1962.8</b>



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



**Figura 4.** Histograma multimensual en mm, estación San Isidro

Se observa en las figuras 3 y 4 la distribución bimodal a lo largo del año, dos períodos secos y dos húmedos.

## 2.4.2 Temperatura ambiental



Dada la localización del área de estudio en la zona tropical, la variación anual de la temperatura no alcanza los 3°C, mientras que la oscilación diaria puede ser de varios grados. Posee por lo tanto un régimen isotermal.

Una forma de estimar la temperatura ambiental es a partir de modelos de regionalización. Uno de esos modelos es la ecuación propuesta por Cenicafé (1997), que estima de forma adecuada la temperatura ambiental en los ecosistemas andinos colombianos:

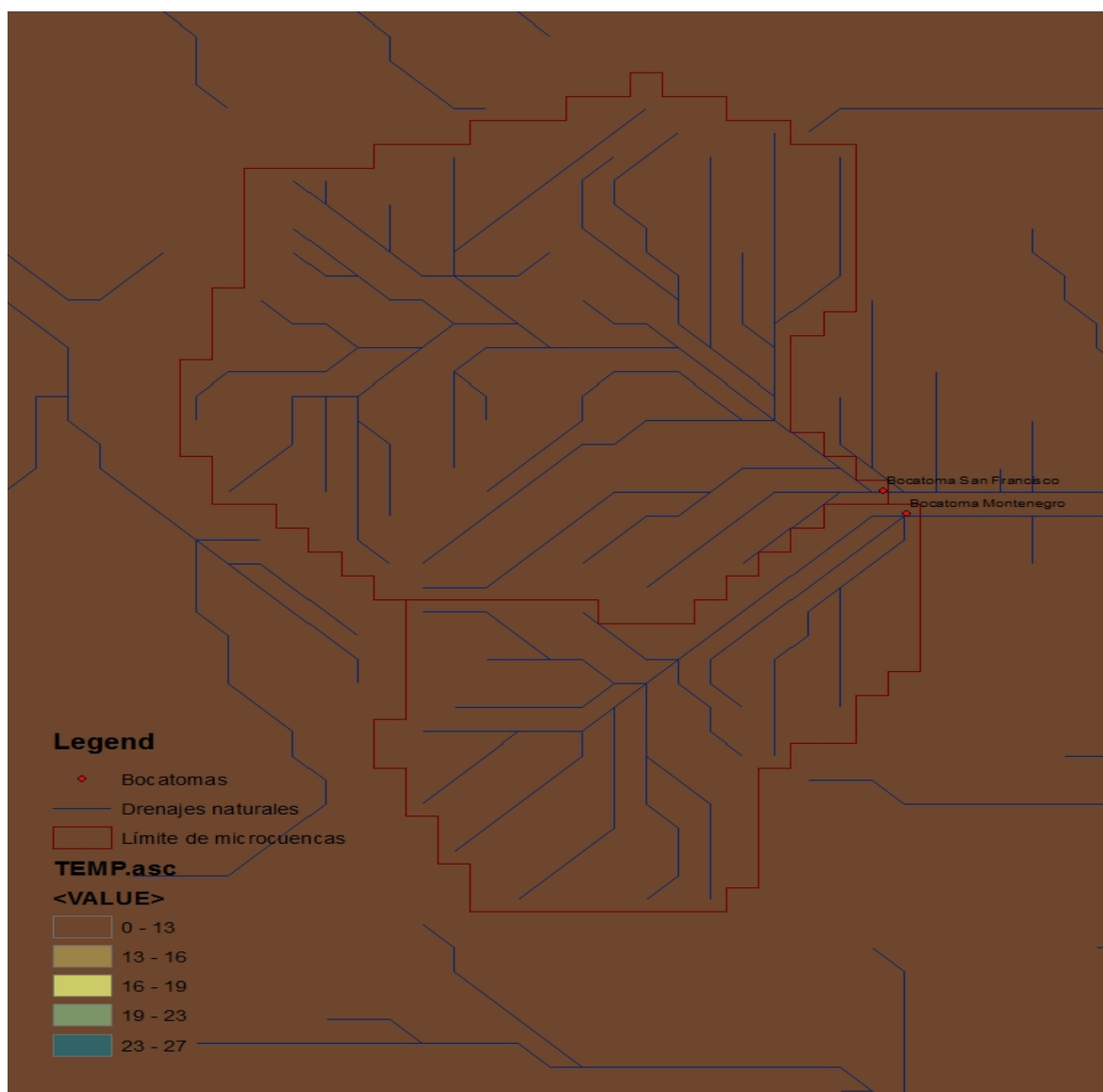
$$T_{media} = 29.42 - 0.0061 * H$$

$T_{media}$  es la temperatura media en °C y H es la altura sobre el nivel del mar. La figura 5 entrega la distribución espacial de la temperatura para las microcuencas objeto de estudio y área de influencia, utilizando el MDT de elevaciones y la





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

ecuación de Cenicafé, con los software's Hidrosig y ArcGis 10. La temperatura en las microcuencas en promedio es de 13 °C.



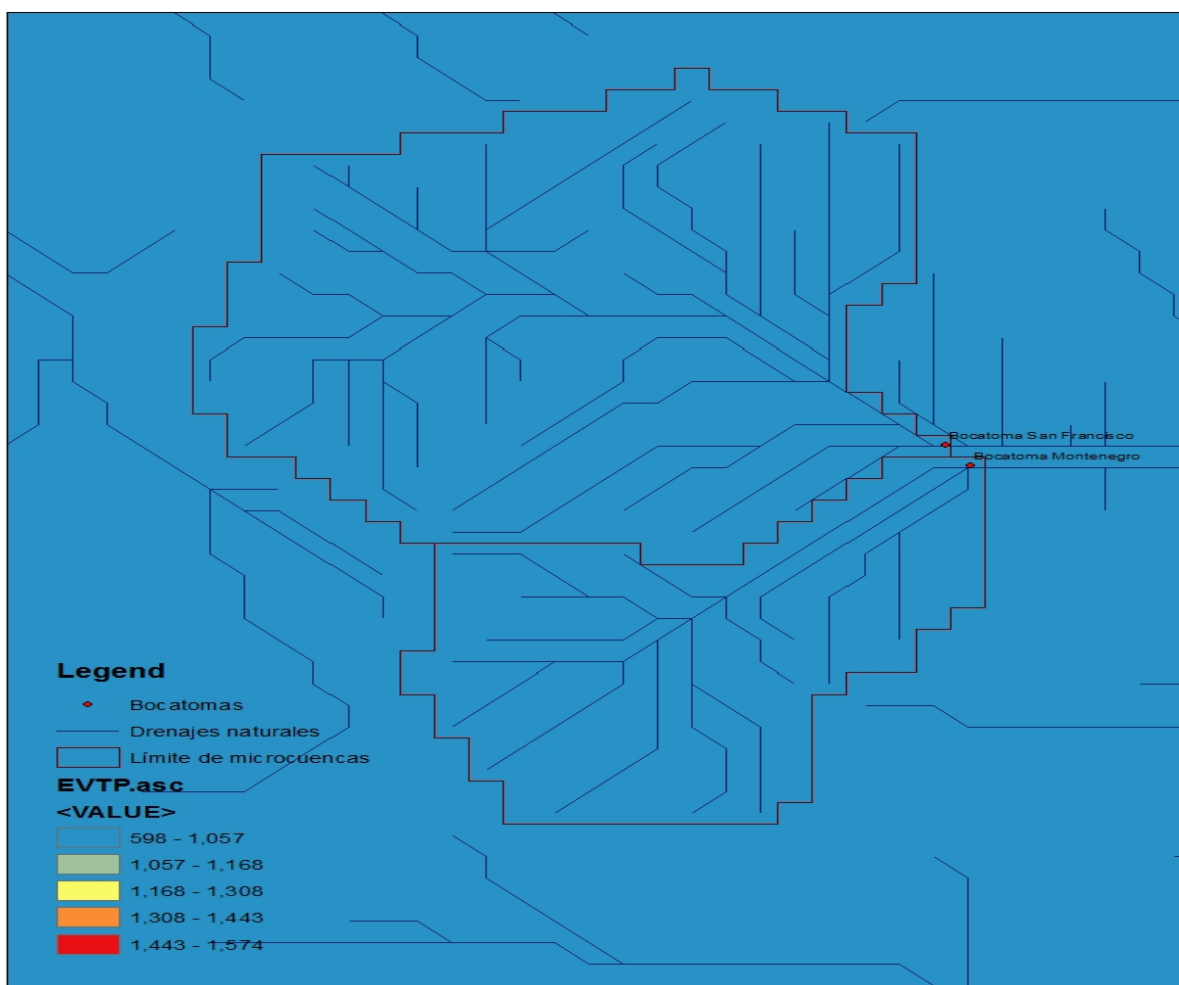
**Figura 5.** Variación espacial de la temperatura ambiental en el área de estudio



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



### 2.4.3 Evapotranspiración potencial

Del mismo modo que se procede para la temperatura y utilizando las mismas herramientas informáticas, la figura 6 entrega la variación espacial de la evapotranspiración potencial según el método de Cenicafé (1997). La variación de la evapotranspiración potencial de las microcuencas estudiadas está en el rango de los 598 a 1057 mm/año.



**Figura 6.** Evapotranspiración potencial en el área de influencia de las microcuencas estudiadas



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 2.5 CAUDALES MEDIOS DIARIOS PARA LAS MICROCUENCAS EN EL SITIO DE BOCATOMA



La microcuencas Montenegro y San Francisco con punto de cierre en el sitio de toma carecen de registros históricos de caudales, por ello la estimación de estos se realiza de forma indirecta a través de la simulación hidrológica mediante el Modelo Agregado de Tanques (Vélez, 2001). Para realizar dicha simulación se emplean registros de caudales medios diarios de la estación limnimétrica Sopetrán, código IDEAM 26237060. Con dichos registros de caudal y la serie histórica de precipitaciones de las estaciones Belmira y San Isidro, se calibran los parámetros hidráulicos del modelo y se estiman los caudales medios diarios para el período 01/01/1990-31/12/1996, sobre un área de captación de 61.55 Km<sup>2</sup> hasta la estación LM Sopetrán.

Los parámetros hidráulicos resultantes del proceso de calibración se presentan en la tabla 3; la figura 7 entrega imagen del modelo agregado de tanques.

**Tabla 7.** Parámetros físico-hidráulicos del modelo agregado de tanques en la estación LM Sopetrán, quebrada Sopetrán

MODELO DE TANQUES AGREGADO			
Resolución Diaria			
Datos Generales			
Área de la Cuenca en Km <sup>2</sup>	61.55		
Parámetros		Mínimo Sugerido	Máximo Sugerido
Almacenamiento Máximo Capilar	300	20	600
Conductividad Capa Sup. (mm/día)	40	1	100
Conductividad Capa Inf. (mm/día)	1	0.01	10
Perdidas Subterráneas (mm)	0	0	10
Tiempo de Residencia Flujo Superficial (días)	1	1	10
Tiempo de Residencia Flujo Subsuperficial (días)	6	1	10
Tiempo de Residencia Flujo Base (días)	100	50	200

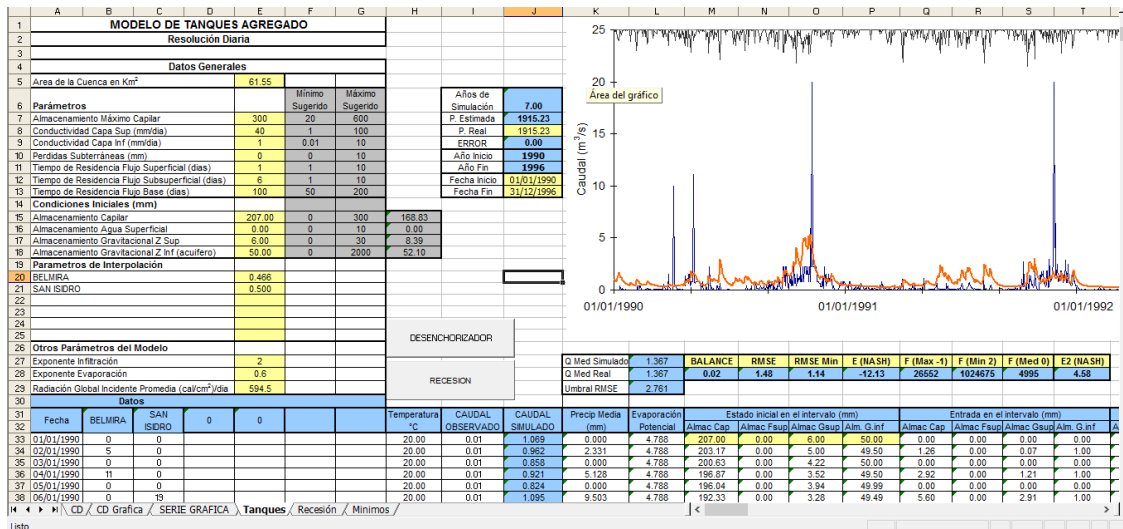


 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## MODELO DE TANQUES AGREGADO



### Resolución Diaria

Datos Generales			
<b>Condiciones Iniciales (mm)</b>			
Almacenamiento Capilar	207.00	0	300
Almacenamiento Agua Superficial	0.00	0	10
Almacenamiento Gravitacional Z Sup	6.00	0	30
Almacenamiento Gravitacional Z Inf (acuífero)	50.00	0	2000
<b>Parametros de Interpolación</b>			
BELMIRA	0.466		
SAN ISIDRO	0.500		
<b>Otros Parámetros del Modelo</b>			
Exponente Infiltración	2		
Exponente Evaporación	0.6		
Radiación Global Incidente Promedia (cal/cm <sup>2</sup> )/día	594.5		



**Figura 7.** Imagen del software del modelo agregado de tanques. Fuente: Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 2.5.1 Estimación de caudales medios, mínimos y máximos para la corriente Montenegro hasta el sitio de captación

### 2.5.1.1 Caudales medios diarios estimados

Dado que la microcuenca Montenegro es adyacente y colindante con la subcuenca de la quebrada Sopetrán, son válidos los mismos parámetros físicos e hidráulicos del modelo agregado de tanques, de la tabla 3.



Con los parámetros hidráulicos presentados en la tabla 3 y registros de lluvia diaria en las estaciones Belmira y San Isidro como variables básicas, se estiman vía simulación hidrológica, la serie de caudales medios diarios para el período 01/01/1990-31/12/1996. Se emplea un valor de lluvia media multianual de 1915.23 mm, una temperatura media multianual de 13°C y área hasta bocatoma de 0.17 Km<sup>2</sup>. Tabla 4.

**Tabla 8.** Parámetros del modelo agregado de tanques microcuenca Montenegro

MODELO DE TANQUES AGREGADO			
Resolución Diaria			
Datos Generales			
Área de la Cuenca en Km <sup>2</sup>	0.17		
<b>Parámetros</b>		Mínimo Sugerido	Máximo Sugerido
Almacenamiento Máximo Capilar	300	20	600
Conductividad Capa Sup. (mm/día)	40	1	100
Conductividad Capa Inf. (mm/día)	1	0.01	10
Perdidas Subterráneas (mm)	0	0	10
Tiempo de Residencia Flujo Superficial (días)	1	1	10
Tiempo de Residencia Flujo Subsuperficial (días)	6	1	10
Tiempo de Residencia Flujo Base (días)	100	50	200
<b>Condiciones Iniciales (mm)</b>			





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

Almacenamiento Capilar	207.00	0	300
Almacenamiento Agua Superficial	0.00	0	10
Almacenamiento Gravitacional Z Sup.	6.00	0	30
Almacenamiento Gravitacional Z Inf. (acuífero)	50.00	0	2000
<b>Parametros de Interpolación</b>			
BELMIRA	0.466		
SAN ISIDRO	0.500		
<b>Otros Parámetros del Modelo</b>			
Exponente Infiltración	2		
Exponente Evaporación	0.6		
Radiación Global Incidente Promedia (cal/cm <sup>2</sup> )/día	594.5		

Las tablas 5 a 11 del anexo 1 entregan las series de caudales medios diarios estimados para la microcuenca Montenegro en el punto de cierre de la bocatoma. Celdas con valor de cero en las tablas, significa que no se dispone de información original del IDEAM.



### 2.5.1.2 Caudales medios mensuales estimados para la Microcuenca Montenegro en bocatoma

A partir de la información de las tablas anteriores, se obtiene la serie de caudales medios mensuales y multianual estimados para la microcuenca en sitio de bocatoma. Ver tabla 12.

**Tabla 12.** Caudales medios mensuales, anuales, multianual y caudal ecológico, estimados para la microcuenca Montenegro en bocatoma

SERIE MENSUAL DE CAUDALES MEDIOS ESTIMADOS													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBE	ANUAL
1990	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.004	0.003	0.002	0.004	0.010	0.006	0.002	0.004
1991	0.001	0.001	0.002	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.001	0.006	0.004	0.003	0.003
1992	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.006	0.006	0.004	0.004	0.006	0.003
1993	0.002	0.002	0.001	0.005	0.008	0.002	0.004	0.004	0.009	0.008	0.009	0.006	0.005
1994	0.002	0.002	0.002	0.007	0.006	0.008	0.005	0.006	0.005	0.007	0.007	0.002	0.005
1995	0.001	0.001	0.001	0.002	0.006	0.007	0.007	0.011	0.007	0.009	0.005	0.006	0.005
1996	0.005	0.007	0.011	0.004	0.012	0.010	0.011	0.007	0.004	0.005	0.004	0.002	0.007



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

	PROM	0.002	0.002	0.003	0.003	0.006	0.005	0.005	0.006	0.005	0.007	0.006	0.004	0.005
Qeco. (Resol. 0865/2004)		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Q disponible		0.002	0.001	0.002	0.002	0.005	0.004	0.004	0.005	0.004	0.006	0.005	0.003	0.004

De la tabla 12, se concluye que el caudal multianual de la corriente en sitio de captación es de 0.005 m<sup>3</sup>/s. El caudal ecológico según metodología emanada de la Resolución No. 0865 de 2004 del MINAMBIENTE, es de 0.001 m<sup>3</sup>/s, el caudal disponible para captación corresponde a 0.004 m<sup>3</sup>/s.

### 2.5.1.3 Caudales mínimos estimados para la microcuenca Montenegro en bocatoma

A partir de la serie de caudales medios diarios obtenida de la simulación, se extrae para cada mes y año el caudal mínimo registrado. Se construye de ésta manera la serie de caudales mínimos mensuales estimados para el período 1990-1996. Ver tabla 13.



**Tabla 13.** Caudales mínimos estimados para la corriente Montenegro en bocatoma en m<sup>3</sup>/s

SERIE MENSUAL DE CAUDALES MINIMOS ESTIMADOS												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBE
1990	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.005	0.003	0.001
1991	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001
1992	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001	0.002
1993	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.001	0.002	0.002	0.002	0.005	0.005	0.003
1994	0.001	0.001	0.001	0.004	0.003	0.005	0.002	0.002	0.001	0.003	0.004	0.001
1995	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.007	0.003	0.004	0.003	0.002
1996	0.002	0.003	0.006	0.002	0.005	0.004	0.005	0.005	0.002	0.003	0.002	0.001

### 2.5.1.4 Caudales mínimos para diferentes periodos de retorno

Para la determinación de los caudales mínimos de la microcuenca para diferentes períodos de retorno, se utilizan las distribuciones Normal y Gumbel. Para dicha serie, tabla 13, se calcula la media ( $\mu_{Qmin}$ ) y la desviación estándar



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

( $\sigma_{Qmin}$ ). Para cada una de la funciones de distribución, se utiliza la ecuación de Ven Te Chow. El factor de frecuencia K, toma valores dependiendo del tipo de distribución. Los resultados se entregan en las tablas 14 y 15.

**Tabla 14.** Caudales mínimos estimados para diferentes períodos de retorno.  
Sitio bocatoma. Distribución Normal

**NORMAL**

Tr	2.33	5	10	25	50	100
K	-0.1779	-0.8413	-1.2815	-1.7509	-2.054	-2.3266
Q	0.00195	0.00099	0.000	0.000	0.000	0.000

**Tabla 15.** Caudales mínimos estimados para diferentes períodos de retorno.  
Sitio bocatoma. Distribución Gumbel



GUMBEL						
Tr años	2.33	5	10	25	50	100
K	-0.00108	-0.71945	-1.30456	-2.04384	-2.59228	-3.13668
Q m³/s	0.00221	0.00117	0.000	0.000	0.000	0.000

Se recomienda utilizar los resultados de la distribución Gumbel como la de mayor tradición.

### 2.5.1.5 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno

Igual que el procedimiento utilizado para los caudales mínimos, de las series de caudales medios diarios, para cada mes y año, se extrae el valor máximo presentado; se genera una nueva serie de caudales máximos instantáneos estimados, tabla 16.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**Tabla 16.** Caudales máximos instantáneos estimados para la corriente Montenegro en bocatoma en m<sup>3</sup>/s

SERIE MENSUAL DE CAUDALES MÁXIMOS ESTIMADOS												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBE
1990	0.005	0.004	0.002	0.006	0.007	0.010	0.005	0.004	0.007	0.016	0.017	0.006
1991	0.002	0.001	0.004	0.003	0.009	0.007	0.009	0.008	0.002	0.010	0.006	0.007
1992	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.004	0.008	0.012	0.011	0.007	0.013	0.013
1993	0.004	0.003	0.003	0.008	0.012	0.004	0.007	0.006	0.016	0.014	0.014	0.012
1994	0.003	0.004	0.004	0.011	0.012	0.015	0.008	0.009	0.012	0.012	0.010	0.006
1995	0.001	0.001	0.001	0.005	0.009	0.014	0.012	0.013	0.011	0.016	0.010	0.010
1996	0.010	0.013	0.015	0.007	0.022	0.018	0.021	0.011	0.008	0.010	0.008	0.003

A dicha serie se le calcula la media y la desviación estándar y se aplica la distribución Gumbel, ver tabla 17. Se utiliza la ecuación de Ven Te Chow. El factor de frecuencia K, toma valores dependiendo del tipo de distribución.



$$Q_{tr} = \mu + K * \sigma$$

**Tabla 17.** Caudales máximos instantáneos estimados para diferentes períodos de retorno. Sitio bocatoma. Distribución Gumbel

GUMBEL						
Tr años	2.33	5	10	25	50	100
K	0.00108	0.71945	1.30456	2.04384	2.59228	3.13668
Q m <sup>3</sup> /s	0.008	0.012	0.015	0.018	0.021	0.024

Los caudales máximos instantáneos, caudales determinados a partir del promedio de caudales medios diarios, no son aplicables para el diseño de obras hidráulicas y/o análisis de riesgos por eventos máximos en bocatoma, para ello se recurre a los caudales máximos absolutos suministrados por el IDEAM. El método consiste en elaborar y construir la serie de caudales máximos absolutos registrados en la estación Sopetrán sobre la quebrada del mismo nombre, tabla 18.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**Tabla 18.** Caudales máximos absolutos estación Sopetrán

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBE
1990	0.43	0.43	2.88	20	20	0.6	0.43	0.78	2.25	2.25	20	2.25
1991	0.05	0.78	2.05	2.05	0.78	0.78	2.05	0.78	5.2	2.88	20	3.7
1992	0.05	0.17	20	5.2	3.7	3.7	2.88	3.7	3.7	2.88	2.88	2.88
1993	0.46	2.46	2.88	20	2.05	2.05	1.9	1.74	5.2	5.2	5.95	3.29
1994	0.29	5.2	2.88	5.2	5.2	3.45	2.88	3.54	3.54	5.2	19.6	5.2
1995	0.71	1.817	3.287	5.2	5.2	3.7	0.775	1.025	0.425	0.775	2.05	4.45
1996	0.7	2.875	5.2	8.29								

A la serie presentada en la tabla 18, se le calcula la media y la desviación estándar y mediante la ecuación de Ven Te Chow, se aplica la distribución Gumbel, obteniendo los caudales máximos absolutos para diferentes periodos de retorno, tabla 19.

**Tabla 19.** Caudales máximos absolutos para diferentes periodos de retorno microcuenca Sopetrán



GUMBEL						
Tr años	2.33	5	10	25	50	100
K	0.00108	0.71945	1.30456	2.04384	2.59228	3.13668
Q m³/s	4.308	8.122	11.228	15.152	18.064	20.954

A la serie anterior se le calcula el rendimiento máximo, para diferentes periodos de retorno, tabla 20.

**Tabla 20.** Rendimiento hídrico máximo quebrada Sopetrán y caudales máximos absolutos para la microcuenca Montenegro

GUMBEL						
Tr años	2.33	5	10	25	50	100
K	0.00108	0.71945	1.30456	2.04384	2.59228	3.13668
Q m³/s	4.308	8.122	11.228	15.152	18.064	20.954
AREA QDA. SOPETRAN km2	61.55	61.55	61.55	61.55	61.55	61.55
REND MAXINS m3/s/km2	0.0700	0.1320	0.1824	0.2462	0.2935	0.3404
AREA CUENCA MONTENEGRO km2	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
QMAXABS MONTENEGRO m3/s	0.012	0.022	0.031	0.042	0.050	0.058



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

El rendimiento máximo se multiplica por el área de la microcuenca Montenegro, obteniendo de ésta manera los caudales máximos absolutos, válidos para la corriente de agua en el sitio de captación.

### 2.5.2 Clasificación de amenazas por eventos hidrológicos

Se entrega a continuación clasificación de la amenaza por eventos hidrológicos extremos, según requerimientos del memorando interno de la Subgerencia de Gestión del Riesgo del Fondo de Adaptación de fecha 20 de Junio de 2013

**Tabla 21.** Clasificación de amenazas por eventos extremos

Eventos mínimos:



PERIODO DE RETORNO (años)	CAUDAL EN m <sup>3</sup> /s	TIPO DE AMENAZA	AFECTACIÓN / RIESGO
100	0.0	<b>BAJA</b>	Desabastecimiento de agua
10	0.0	<b>MEDIA</b>	Desabastecimiento de agua
2.33	0.0022	<b>ALTA</b>	Ninguno

Eventos máximos:

PERIODO DE RETORNO (años)	CAUDAL EN m <sup>3</sup> /s	TIPO DE AMENAZA	AFECTACIÓN / RIESGO
100	0.058	<b>BAJA</b>	Bocatoma, conducción
10	0.031	<b>MEDIA</b>	Bocatoma, conducción
2.33	0.012	<b>ALTA</b>	Bocatoma, conducción





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 2.5.3 Análisis de resultados y recomendaciones

### 2.5.3.1 Caudal ecológico

Con relación al caudal ecológico, es necesario que se diseñe estructura de control en bocatoma, de tal manera que se mantenga como mínimo en el cauce un caudal de 1.0 litros/s. Dicha estructura puede ser de tipo vertedero o de compuerta. Es importante instalar estación de medición de caudales, limnómetro o limnigrafo, aguas arriba de la bocatoma. La información colectada deberá ser suministrada a la autoridad ambiental competente

### 2.5.3.2 Análisis de eventos extremos mínimos



Se concluye de las tablas 14 y 15, que existe un riesgo potencial por desabastecimiento de agua cada cinco años, que se manifiesta en una disminución extrema de agua en el cauce, hecho que coincide con el periodo de retorno del conocido fenómeno del Niño, de acuerdo a organismos internacionales como la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Deberán tomarse medidas y acciones de recuperación de cuencas, de ahorro y uso eficiente del agua, o en su defecto buscar fuentes alternas de suministro de agua a partir de microcuencas vecinas. Obsérvese que el caudal mínimo con periodo de retorno de cinco años, según la distribución Gumbel de  $0.00117 \text{ m}^3/\text{s}$ , 1.17 litro/s, equivale a una disminución del 70% del caudal medio multianual de  $0.004 \text{ m}^3/\text{s}$

### 2.5.3.3 Análisis de eventos extremos máximos

Se recomienda para el diseño de obras hidráulicas en bocatoma y análisis de riesgo hidroclimático de caudales extremos, utilizar el caudal con periodo de retorno de 100 años, esto es  $0.058 \text{ m}^3/\text{s}$ , que equivale a un 93% más del caudal medio multianual de  $0.004 \text{ m}^3/\text{s}$ .





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			 <p><b>CONHYDRA</b> S.A. E.S.P. GESTORES DE SERVICIOS PÚBLICOS</p>
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 2.5.4 Estimación de caudales medios, mínimos y máximos para la corriente San Francisco hasta el sitio de captación

### 2.5.4.1 Caudales medios diarios estimados



Dado que la microcuenca San Francisco es adyacente y colindante con la subcuenca de la quebrada Sopetrán, son válidos los mismos parámetros físicos e hidráulicos del modelo agregado de tanques de la tabla 3.

Con los parámetros hidráulicos presentados en la tabla 3 y registros de lluvia diaria en las estaciones Belmira y San Isidro como variables básicas, se estiman vía simulación hidrológica, la serie de caudales medios diarios para el período 01/01/1990-31/12/1996. Se emplea un valor de lluvia media multianual de 1915.23 mm, una temperatura media multianual de 13°C y área hasta bocatoma de 0.34 Km<sup>2</sup>. Tabla 22.

**Tabla 22.** Parámetros del modelo agregado de tanque microcuenca San Francisco

MODELO DE TANQUES AGREGADO			
Resolución Diaria			
Datos Generales			
Área de la Cuenca en Km <sup>2</sup>	0.34		
Parámetros		Mínimo Sugerido	Máximo Sugerido
Almacenamiento Máximo Capilar	300	20	600
Conductividad Capa Sup. (mm/día)	40	1	100
Conductividad Capa Inf. (mm/día)	1	0.01	10
Perdidas Subterráneas (mm)	0	0	10
Tiempo de Residencia Flujo Superficial (días)	1	1	10
Tiempo de Residencia Flujo Subsuperficial (días)	6	1	10
Tiempo de Residencia Flujo Base (días)	100	50	200
Condiciones Iniciales (mm)			



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

MODELO DE TANQUES AGREGADO
Resolución Diaria



Datos Generales			
Almacenamiento Capilar	207.00	0	300
Almacenamiento Agua Superficial	0.00	0	10
Almacenamiento Gravitacional Z Sup.	6.00	0	30
Almacenamiento Gravitacional Z Inf. (acuífero)	50.00	0	2000
<b>Parametros de Interpolación</b>			
BELMIRA	0.466		
SAN ISIDRO	0.500		
<b>Otros Parámetros del Modelo</b>			
Exponente Infiltración	2		
Exponente Evaporación	0.6		
Radiación Global Incidente Promedia (cal/cm <sup>2</sup> )/día	594.5		

Las tablas 23 a 29 del anexo 2, entregan las series de caudales medios diarios estimados para la microcuenca San Francisco en el punto de cierre de la bocatoma. Celdas con valor de cero en las tablas, significa que no se dispone de información original del IDEAM.

#### 2.5.4.2 Caudales medios mensuales estimados para la Microcuenca San Francisco en bocatoma

A partir de la información de las tablas anteriores, se obtiene la serie de caudales medios mensuales y multianual estimados para la microcuenca en sitio de bocatoma. Ver tabla 30.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**Tabla 30.** Caudales medios mensuales, anuales, multianual y caudal ecológico, estimados para la microcuenca San Francisco en bocatoma.

SERIE MENSUAL DE CAUDALES MEDIOS ESTIMADOS													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBE	ANUAL
1990	0.005	0.004	0.003	0.005	0.007	0.008	0.007	0.005	0.008	0.021	0.013	0.005	0.007
1991	0.003	0.002	0.003	0.004	0.008	0.007	0.009	0.007	0.003	0.011	0.008	0.007	0.006
1992	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.004	0.006	0.011	0.013	0.008	0.008	0.013	0.006
1993	0.004	0.003	0.003	0.010	0.016	0.004	0.009	0.007	0.018	0.016	0.018	0.013	0.010
1994	0.003	0.003	0.005	0.013	0.013	0.017	0.009	0.012	0.011	0.014	0.014	0.005	0.010
1995	0.002	0.002	0.002	0.004	0.012	0.015	0.014	0.022	0.015	0.019	0.010	0.012	0.011
1996	0.010	0.014	0.021	0.009	0.023	0.020	0.023	0.015	0.007	0.011	0.009	0.004	0.014
<b>PROM</b>	<b>0.004</b>	<b>0.004</b>	<b>0.005</b>	<b>0.007</b>	<b>0.012</b>	<b>0.011</b>	<b>0.011</b>	<b>0.011</b>	<b>0.010</b>	<b>0.014</b>	<b>0.011</b>	<b>0.008</b>	<b>0.009</b>
<b>Qeco. (Resol. 0865/2004)</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>
<b>Q disponible</b>	<b>0.003</b>	<b>0.003</b>	<b>0.004</b>	<b>0.006</b>	<b>0.011</b>	<b>0.010</b>	<b>0.010</b>	<b>0.010</b>	<b>0.009</b>	<b>0.013</b>	<b>0.010</b>	<b>0.007</b>	<b>0.008</b>

De la tabla 30, se concluye que el caudal multianual de la corriente en sitio de captación es de 0.009 m<sup>3</sup>/s. El caudal ecológico según metodología emanada de la Resolución No. 0865 de 2004 del MINAMBIENTE, es de 0.001 m<sup>3</sup>/s, el caudal disponible para captación corresponde a 0.008 m<sup>3</sup>/s.



#### 2.5.4.3 Caudales mínimos estimados para la microcuenca San Francisco en bocatoma

A partir de la serie de caudales medios diarios obtenida de la simulación, se extrae para cada mes y año el caudal mínimo registrado. Se construye de ésta manera la serie de caudales mínimos mensuales estimados para el período 1990-1996. Ver tabla 31.

**Tabla 31.** Caudales mínimos estimados para la corriente San Francisco en bocatoma en m<sup>3</sup>/s

SERIE MENSUAL DE CAUDALES MINIMOS ESTIMADOS												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBE
1990	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.010	0.005	0.003
1991	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.003	0.005	0.003
1992	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.005	0.007	0.003	0.003	0.003



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

SERIE MENSUAL DE CAUDALES MÍNIMOS ESTIMADOS												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBE
1993	0.003	0.002	0.002	0.004	0.009	0.002	0.004	0.005	0.004	0.010	0.010	0.006
1994	0.002	0.002	0.002	0.008	0.006	0.010	0.004	0.004	0.003	0.007	0.009	0.003
1995	0.002	0.001	0.001	0.001	0.007	0.007	0.007	0.014	0.006	0.008	0.005	0.004
1996	0.005	0.007	0.012	0.005	0.009	0.009	0.010	0.009	0.004	0.006	0.004	0.002

#### 2.5.4.4 Caudales mínimos para diferentes periodos de retorno

Para la determinación de los caudales mínimos de la microcuenca para diferentes períodos de retorno, se utilizan las distribuciones Normal y Gumbel. Para dicha serie, tabla 31, se calcula la media ( $\mu_{Qmin}$ ) y la desviación estándar ( $\sigma_{Qmin}$ ). Para cada una de la funciones de distribución, se utiliza la ecuación de Ven Te Chow. El factor de frecuencia K, toma valores dependiendo del tipo de distribución. Los resultados se entregan en las tablas 32 y 33.

**Tabla 32.** Caudales mínimos estimados para diferentes períodos de retorno.  
Sitio bocatoma. Distribución Normal

##### NORMAL



Tr	2.33	5	10	25	50	100
K	-0.1779	-0.8413	-1.2815	-1.7509	-2.054	-2.3266
Q	0.00393	0.00200	0.0007	0.000	0.000	0.000

**Tabla 33.** Caudales mínimos estimados para diferentes períodos de retorno.  
Sitio bocatoma. Distribución Gumbel

GUMBEL						
Tr años	2.33	5	10	25	50	100
K	-0.00108	-0.71945	-1.30456	-2.04384	-2.59228	-3.13668
Q m <sup>3</sup> /s	0.00445	0.00235	0.0006	0.000	0.000	0.000

Se recomienda utilizar los resultados de la distribución Gumbel, como la de mayor tradición.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

#### 2.5.4.5 Caudales máximos para diferentes periodos de retorno

Igual que el procedimiento utilizado para los caudales mínimos, de las series de caudales medios diarios, para cada mes y año, se extrae el valor máximo presentado; se genera una nueva serie de caudales máximos instantáneos estimados, tabla 34.

**Tabla 34.** Caudales máximos instantáneos estimados para la corriente San Francisco en bocatoma en m<sup>3</sup>/s

SERIE MENSUAL DE CAUDALES MÁXIMOS ESTIMADOS												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBE
1990	0.010	0.007	0.005	0.013	0.014	0.021	0.010	0.007	0.014	0.032	0.033	0.011
1991	0.004	0.002	0.008	0.006	0.017	0.014	0.018	0.017	0.004	0.021	0.013	0.014
1992	0.003	0.002	0.004	0.002	0.006	0.007	0.017	0.025	0.022	0.015	0.026	0.027
1993	0.008	0.007	0.006	0.017	0.025	0.008	0.015	0.013	0.033	0.028	0.028	0.024
1994	0.005	0.008	0.008	0.021	0.024	0.031	0.017	0.019	0.025	0.024	0.020	0.012
1995	0.003	0.002	0.002	0.010	0.018	0.028	0.025	0.026	0.022	0.032	0.021	0.019
1996	0.020	0.027	0.031	0.015	0.045	0.035	0.041	0.022	0.015	0.019	0.017	0.007

A dicha serie se le calcula la media y la desviación estándar y se aplica la distribución Gumbel, ver tabla 35. Se utiliza la ecuación de Ven Te Chow. El factor de frecuencia K, toma valores dependiendo del tipo de distribución.



$$Q_{tr} = \mu + K * \sigma$$

**Tabla 35.** Caudales máximos instantáneos estimados para diferentes períodos de retorno. Sitio bocatoma. Distribución Gumbel

GUMBEL						
Tr años	2.33	5	10	25	50	100
K	0.00108	0.71945	1.30456	2.04384	2.59228	3.13668
Q m <sup>3</sup> /s	0.017	0.024	0.030	0.037	0.042	0.048

Los caudales máximos instantáneos, caudales determinados a partir del promedio de caudales medios diarios, no son aplicables para el diseño de obras hidráulicas y/o análisis de riesgos por eventos máximos en bocatoma, para ello



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

se recurre a los caudales máximos absolutos suministrados por el IDEAM. El método consiste en elaborar y construir la serie de caudales máximos absolutos registrados en la estación Sopetrán sobre la quebrada del mismo nombre, tabla 36.

**Tabla 36.** Caudales máximos absolutos estación Sopetrán quebrada Sopetrán

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DBE
1990	0.43	0.43	2.88	20	20	0.6	0.43	0.78	2.25	2.25	20	2.25
1991	0.05	0.78	2.05	2.05	0.78	0.78	2.05	0.78	5.2	2.88	20	3.7
1992	0.05	0.17	20	5.2	3.7	3.7	2.88	3.7	3.7	2.88	2.88	2.88
1993	0.46	2.46	2.88	20	2.05	2.05	1.9	1.74	5.2	5.2	5.95	3.29
1994	0.29	5.2	2.88	5.2	5.2	3.45	2.88	3.54	3.54	5.2	19.6	5.2
1995	0.71	1.817	3.287	5.2	5.2	3.7	0.775	1.025	0.425	0.775	2.05	4.45
1996	0.7	2.875	5.2	8.29								



A la serie presentada en la tabla 36, se le calcula la media y la desviación estándar y mediante la ecuación de Ven Te Show, se aplica la distribución Gumbel obteniendo los caudales máximos absolutos para diferentes periodos de retorno, tabla 37.

**Tabla 37.** Caudales máximos absolutos para diferentes periodos de retorno, microcuenca Sopetrán

GUMBEL						
Tr años	2.33	5	10	25	50	100
K	0.00108	0.71945	1.30456	2.04384	2.59228	3.13668
Q m <sup>3</sup> /s	4.308	8.122	11.228	15.152	18.064	20.954

A la serie anterior se le calcula el rendimiento máximo para diferentes periodos de retorno, tabla 38.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**Tabla 38.** Rendimiento hídrico máximo quebrada Sopetrán y caudales máximos absolutos para la microcuenca San Francisco

<b>GUMBEL</b>						
<b>Tr años</b>	2.33	5	10	25	50	100
<b>K</b>	0.00108	0.71945	1.30456	2.04384	2.59228	3.13668
<b>Q m³/s</b>	4.308	8.122	11.228	15.152	18.064	20.954
<b>AREA QDA. SOPETRÁN km2</b>	61.55	61.55	61.55	61.55	61.55	61.55
<b>REND MAXINS m3/s/km2</b>	0.0700	0.1320	0.1824	0.2462	0.2935	0.3404
<b>AREA CUENCA SAN FRANCISCO km2</b>	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
<b>QMAXABS SAN FRANCISCO m3/s</b>	0.024	0.045	0.062	0.084	0.100	0.116

El rendimiento máximo se multiplica por el área de la microcuenca San Francisco, obteniendo de ésta manera los caudales máximos absolutos válidos para la corriente de agua en el sitio de captación.

### 2.5.5 Clasificación de amenazas por eventos hidrológicos

Se entrega a continuación clasificación de la amenaza por eventos hidrológicos extremos, según requerimientos del memorando interno de la Subgerencia de Gestión del Riesgo del Fondo de Adaptación de fecha 20 de Junio de 2013



**Tabla 39.** Clasificación de amenazas por eventos extremos

Eventos mínimos:

<b>PERIODO DE RETORNO (años)</b>	<b>CAUDAL EN m3/s</b>	<b>TIPO DE AMENAZA</b>	<b>AFECTACIÓN / RIESGO</b>
100	0.0	<b>BAJA</b>	Desabastecimiento de agua
10	0.0006	<b>MEDIA</b>	Desabastecimiento de agua
2.33	0.00455	<b>ALTA</b>	Ninguno





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

Eventos máximos:

PERIODO DE RETORNO (años)	CAUDAL EN m <sup>3</sup> /s	TIPO DE AMENAZA	AFECTACIÓN / RIESGO
100	0.116	<b>BAJA</b>	Bocatoma, conducción
10	0.062	<b>MEDIA</b>	Bocatoma, conducción
2.33	0.024	<b>ALTA</b>	Bocatoma, conducción

### 3. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y AMENAZAS GEOLÓGICAS DE LA CUENCA DEL LA QUEBRADA SAN FRANCISCO, SAN PEDRO DE LOS MILAGROS.

#### 3.1 AMENAZAS NATURALES

**Movimientos en masa.** Para evaluar su amenaza se utilizó el método directo, que consiste en realizar la observación y levantamiento detallado de sus aspectos geológicos y geomorfológicos, para compararlos con los diferentes episodios de inestabilidad en el área estudiada y de esta manera se obtiene una evaluación de su magnitud. Para evaluar su periodicidad se aplican criterios de presencia y estado evolutivo de las cicatrices de movimientos en masa encontradas en la zona aledaña al proyecto, teniendo en cuenta que ellas indican un rango de tiempo transcurrido desde la ocurrencia del fenómeno (edad), el cual se asimila a período de recurrencia (Parra, 2009).



Recientes: La zona de arranque se observa sin o casi sin vegetación (0 a 10 años).

Subrecientes: Zona de arranque con vegetación de rastrojo bajo hasta alto (10 a 50 años).

Antiguas: Zona de arranque con redondeamiento de flancos (50 a 100 años)

Muy antiguas: Zona de arranque con redondeamiento de flancos y corona (100 a 300 años).



	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



Nichos de deslizamientos: Solamente se observa una depresión topográfica con forma de movimiento en masa (> 300 años).

**Avenidas torrenciales:** Las avenidas torrenciales consisten en crecientes excepcionales que superan decenas a centenares de veces las crecientes normales de una cuenca hidrográfica, en razón a que su caudal además de agua, consiste en una mezcla viscosa de rocas, troncos, suelos y escombros, que gracias a la pendiente del cauce y su energía potencial, se convierte en un flujo laminar denso que arrastra con cuanto material suelto o débil encuentre a su paso. El fluido así formado, transita aguas abajo, destruyendo todo, hasta llegar a un sitio plano en el cual va depositando el material, hasta convertirse de nuevo en un flujo laminar.

Cada evento que ocurre en la naturaleza, deja una huella sobre el terreno proporcional a su magnitud, así que una creciente hidrológicamente “normal”, de 2.33 años de período de recurrencia, no deja mayor evidencia sobre su cauce; crecientes de menor frecuencia van dejando huellas mayores que si son correctamente interpretadas, permiten conocer el fenómeno, en especial su edad y magnitud. El estudio de las avenidas torrenciales se basó en la estratigrafía de los depósitos cuaternarios (acumulados en las márgenes hace decenas, centenares o miles y en algunos casos, millones de años), lo que permite establecer su intervalo de recurrencia aproximado y la magnitud de los fenómenos aluviales o torrenciales que han transitado por su cauce. (INGEOMINAS 1995). Un criterio adicional lo proporciona la lectura de la textura superficial de las vertientes en la cuenca, la cual permite identificar fenómenos de movimientos en masa que hayan ocurrido aproximadamente en las últimas decenas o centenares de años (Huff, 1988). En consecuencia, el análisis e interpretación de aerofotografías, complementadas con reconocimiento de campo, permiten saber si en una cuenca se presentan avenidas torrenciales o no, y en tal caso, se pueden saber detalles sobre su origen, magnitud e intervalo de recurrencia.

**Crecientes de bajo intervalo de recurrencia:** Este tipo de crecientes se presentan esporádicamente en una cuenca y tradicionalmente se las ha estudiado mediante métodos hidrológicos que parten de datos de instrumentación pluvial colectada en la zona. Cuando este tipo de información no



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

existe, las técnicas geomorfológicas y geológicas y también pueden dar luces sobre este tipo de caudales máximos, con el fin de apoyar las aproximaciones hidrológicas y proveer datos para el adecuado diseño de las obras que se relacionen con su cauce (Kochel et. Al., 1988).

La historia reciente y la consulta con pobladores de la cuenca hidrográfica, permite verificar los eventos más recientes y en algunos casos su génesis, lo que ayuda a obtener una visión más cercana al fenómeno en el tiempo. Conocida la recurrencia y magnitud aproximada de las eventuales crecientes que se puedan presentar en una cuenca, es posible diseñar infraestructura que evite su impacto directo, lo mitigue, o en último caso, tomar decisiones acerca de la adquisición de seguros que protejan la inversión.



En muchos casos la amenaza se puede representar sobre mapas, en especial cuando se obtienen diferentes grados de la misma porque se trabajan áreas de tamaño considerable, aunque dichos mapas requieren de bases topográficas con precisiones que no se encuentran en ninguna de las bases topográficas disponibles para este trabajo. La sola elaboración de las bases a tales escalas (1:5.000 o mayores), es más costosa que los estudios aquí emprendidos.

Si se tiene en cuenta que por ejemplo en un área urbana, una inundación puede ser muy dañina al subir sólo un metro de nivel, pues implica que en las viviendas las pérdidas en ropa y enseres serían totales, serían necesarias bases topográficas con precisión vertical mayor a un metro, es decir, de escala mayor de 1:1.000, las cuales casi ninguna ciudad de Colombia las tiene.

En el presente caso, los mapas disponibles de IGAC tienen escala 1:25.000, con curvas de nivel cada 50 m, lo que hace imposible expresar zonas de amenaza por inundación o por avenidas torrenciales. Algo semejante ocurre con los movimientos en masa, pues ellos tendrían que ser muy grandes para aparecer en un mapa escala 1:25.000, donde el trazo mínimo de uno de ellos que sería de unos 3 mm sobre el mapa, implicaría 75 metros, es decir un deslizamiento grande a muy grande, que no aplica en este caso.

Dadas las limitaciones expresadas anteriormente, la amenaza estudiada para este informe tiene que ver con la ocurrencia del fenómeno y su periodicidad antes que su extensión específica, es decir, se encuentra si la periodicidad de una avenida torrencial es alta, media o baja y no un dimensionamiento espacial para el caso de que se presenten varios escenarios del fenómeno o que haya



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

suficiente área e información de campo para comparar su ocurrencia en varias cuencas vecinas. Lo anterior no quiere decir que el estudio no esté completo, sino que está dirigido a informar si el fenómeno ocurre o no, su tamaño y su frecuencia aproximada para una sola cuenca.

Es preciso entender además que la presentación de un mapa se justifica si en el área que él representa, se encuentran por lo menos dos unidades diferenciables, de lo contrario, no tiene justificación un mapa con un solo color (unidad), lo cual puede quedar claro solamente enunciando tal condición en el texto.



Por último, es necesario tener en cuenta, que para un sistema de acueducto, la bocatoma y parte de la línea de aducción siempre se van a encontrar en la zona de amenaza alta indiferentemente de si está expuesta a una avenida torrencial o a una inundación, porque sin excepción, todos los cauces naturales presentan inundaciones, pero no todos avenidas torrenciales.

Para complementar la información geológica regional, se realizó una visita al área, donde se recorrió el sector de bocatomas y buena parte de la conducción, en la que se hicieron observaciones de los fenómenos de inestabilidad y se levantó la cartografía geológica y geomorfológica de manera directa, que complementaron la información derivada de la interpretación de las siguientes aerofotografías:

Vuelo	Fecha	Escala	Fotografías
San Pedro AE- 251	Agosto de 2006	1:10.500	faja 06, 255 y 256
San Pedro AE-251	Agosto de 2006	1:10.500	faja 07, 178 y 179

La información sobre crecientes y fenómenos sucedidos en la cuenca se completó con el testimonio del fontanero y de habitantes vecinos. La consulta en las bases de datos de desastres naturales disponibles para Colombia (Desinventar, SIMMA), no dio resultado positivo, pues no aparece en la cuenca ningún movimiento en masa registrado, índice de que no han sucedido hechos graves en la cuenca al menos desde 1920, fecha en que comienzan los registros.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

La cuenca de la quebrada San Francisco se localiza en la vereda del mismo nombre, en la jurisdicción de San Pedro de los Milagros, Antioquia, al noroccidente de su cabecera municipal, en este mismo sector se localiza un afluente de caudal menor que recibe el nombre de quebrada Montenegro. En su tramo medio a superior, las aguas de dichas quebradas, surten el acueducto de varias veredas, entre ellas San Francisco y San Luis, pertenecientes al mismo municipio. Ambas microcuencas nacen en la Cuchilla de Montenegro, que es la parte más alta del entorno local y que alcanza los 2.700 m de altura; en esta zona el uso de suelo es mixto, donde se presentan pastos para ganadería extensiva, que se alternan con bosque secundario protector y en los últimos años algunos cultivos limpios aislados. En la parte media, aguas abajo de las bocatomas, predominan las áreas cubiertas de pastos, con una menor proporción de fincas recreativas.

El acueducto consta de dos bocatomas localizadas cerca de la confluencia de los cauces, ambas con desarenador independiente, las que aportan su caudal a una planta de potabilización, de la cual parte una línea de conducción de más de 8 km. de longitud para surtir de agua a estas comunidades.

## 3.2 GEOLOGÍA REGIONAL



La geología regional publicada por INGEOMINAS (1983, Figura 8), indica para la zona de influencia directa de este acueducto, cuatro unidades litológicas: Esquistos cuarzo sericíticos (Pes) en la parte más alta, sobre la cumbre de la Cuchilla Montenegro; anfibolitas (Pa) desde la mitad de la vertiente hasta la planicie y por último en la parte de colinas bajas, se encuentran las cuarzodioritas del Batolito Antioqueño (Ksta), dentro de las cuales se destaca un estrecho aluvión cuaternario que bordea la quebrada (Qal).

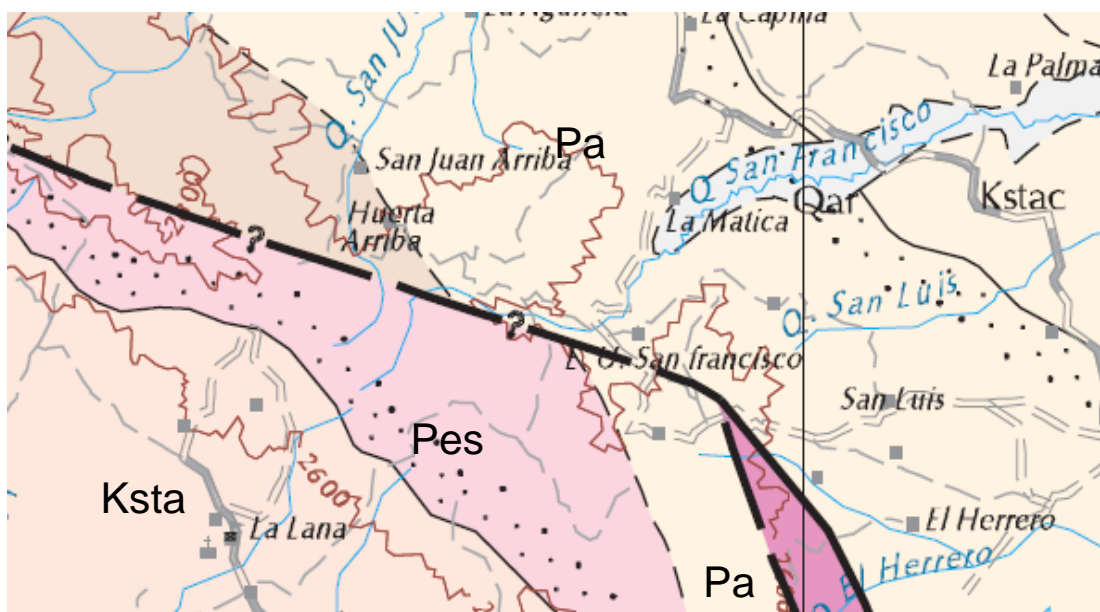
### 3.2.1 Esquistos cuarzo-sericíticos (Pes)

Componen un macizo rocoso compacto, foliado en bandas milimétricas alternas de plagioclasa, cuarzo y sericita, con cantidades menores de biotita que definen las bandas oscuras. Por efectos de meteorización, estas rocas se han descompuesto para formar un perfil de suelos areno-limoso a arcilloso de color ocre amarillo, cohesivos, de más de 5 m de espesor, cubierto por horizontes A y B de más de 20 cm de espesor, maduros y con aporte de cenizas volcánicas.





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	





**Figura 8.** Geología regional del área de la quebrada San Francisco (Tomado de INGEOMINAS, 1983). Pes= esquistos, Pa= Anfibolita, Kstac= Batolito Antioqueño

### 3.2.2 Anfibolitas (Pa)

Se trata de una roca masiva, bandeada debido a su composición de cantidades equivalentes de plagioclasa y hornblenda; por efectos de meteorización, la roca se descompone superficialmente para formar un perfil de meteorización también de más de 5 m de espesor, compuesto por suelo limoarcilloso, color pardo rojizo, firme y cohesivo, que igualmente presenta una cubierta de horizontes A y B de más de 20 cm de espesor, ambos con aporte de cenizas volcánicas.





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

### 3.2.3 Batolito Antioqueño (Kstac)

Las colinas bajas que bordean la cuenca en su parte plana inferior, están compuestas de cuarzodiorita – tonalita que componen esta unidad roca tan común en el centro de Antioquia; está constituido por plagioclasa, cuarzo, biotita y hornblenda, las que en conjunto forman un macizo rocoso de color gris claro a blanco moteado negro con textura granítica gruesa. El perfil de meteorización del batolito alcanza en la zona más de 20 m de espesor, por lo cual no aflora en ningún sitio como roca fresca en superficie y sólo se aprecia su perfil de meteorización en las vías como un suelo color naranja rojizo, arcillo-arenoso, con cubierta de horizontes A y B de 20 a 30 cm. de espesor cada uno.

### 3.2.4 Aluviones Cuaternarios (Qal)



Con este nombre se agrupa el material que forma el relieve plano que bordea la quebrada en su parte baja, compuesto por gravas, arenas y limos sueltos, cubiertos también por horizontes de suelos A y B de espesor similar a los anteriores.

La presencia de una capa espesa de suelos sobre todas las unidades, complementada con horizontes A y B relativamente gruesos, indica la existencia de un paisaje maduro, en el cual los agentes atmosféricos presentes en los últimos centenares a miles de años no han tenido una agresividad suficiente como para dejar cicatrices de movimientos en masa importantes. Excepción de lo anterior lo constituye el pequeño depósito aluvio-torrencial formado entre la vía de acceso a las bocatomas y el viaducto de la conducción que se localiza unos 100 metros aguas arriba de este punto.

## 3.3 GEOLOGÍA LOCAL

Para realizar el mapa geológico local (Figura 9), se tomaron los contactos de las unidades mayores contenidas en el mapa de INGEOMINAS (1983), con modificaciones menores resultantes de observaciones realizadas durante la fotointerpretación y la visita a campo, en tanto que las unidades cuaternarias sí registran cambios significativos, en razón a que se incorpora una unidad de flujos de tierra y los aluviones cambian de extensión. No se describe en detalle





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

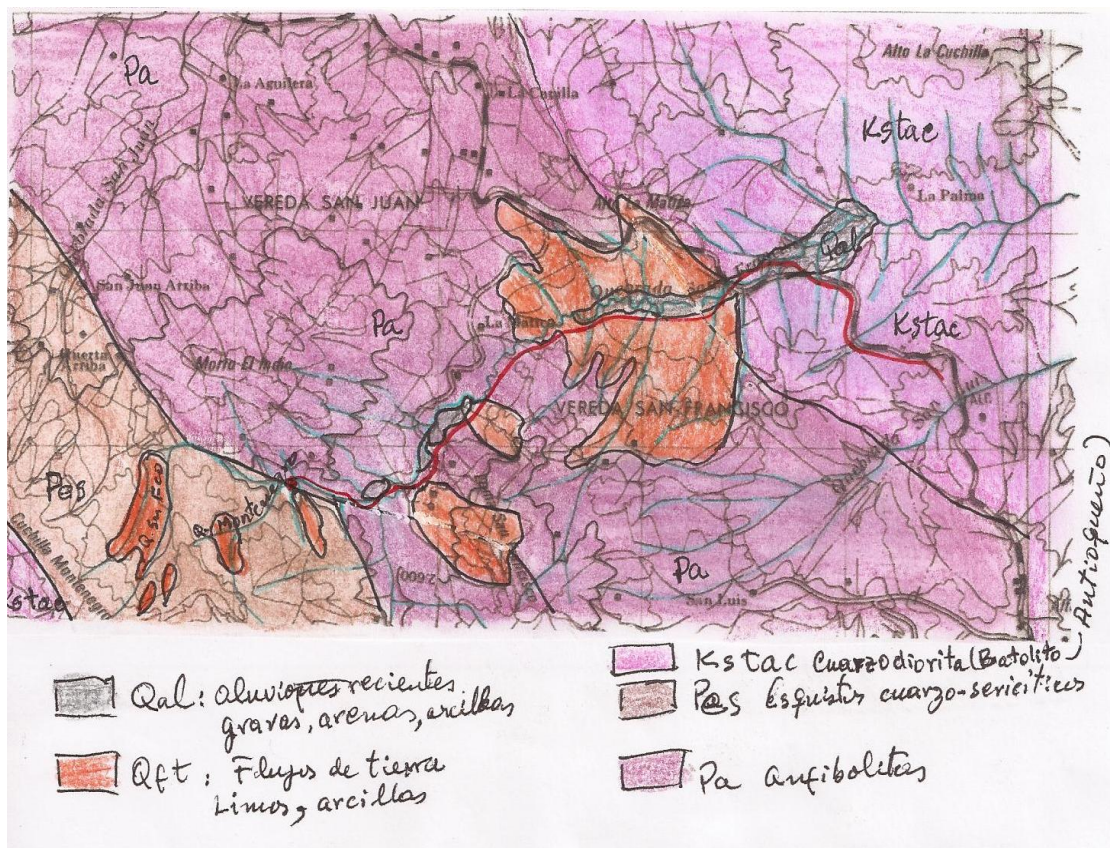
en este numeral la unidad de esquistos puesto que en ella no se localiza ninguna infraestructura del acueducto.

### 3.3.1 Anfibolitas

Las anfibolitas que se pudieron observar en la zona de este trabajo se limitan a los afloramientos que se encuentran sobre el camino a la bocatoma, en el sitio donde la conducción cambia de la margen izquierda a la derecha. En este lugar se observa la anfibolita casi fresca, solamente oxidada a lo largo de fracturas y afectada por dos juegos de diaclasas más o menos ortogonales que definen poliedros de rocas de 20x20 cm de diámetro, lo que no representa ninguna debilidad importante del macizo rocoso. Por encima de la roca y sobre todo el resto de la zona de trabajo que corresponde con esta roca, se presenta el suelo limoarcilloso color pardo rojizo ya descrito, de más de 5 m de espesor, que con penetrómetro de mano arrojó una resistencia de 3.5 Kg/cm<sup>2</sup>, valor que indica un suelo de buenas condiciones para propósito de fundación de estructuras, en especial si son livianas, tales como las que requiere un acueducto de este tipo.



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	





**Figura 9.** Mapa geológico de la zona de influencia del acueducto de San Francisco.

### 3.3.2 Batolito Antioqueño

La zona occidental del sistema de acueducto reposa sobre suelos derivados de la cuarcodiorita – tonalita del Batolito Antioqueño, que presenta suelos de color pardo-naranja, arcillo – limosos hasta arcillo – arenosos, cohesivos que al penetrómetro de mano dieron valores de 2.5 kg/cm<sup>2</sup>, el cual se puede considerar como suficiente ya que por las características de la conducción, las demandas de resistencia del suelo no son muy significativas y además no se encuentran zonas inestables a lo largo de su recorrido, con excepción de las que se han socavado recientemente por su cercanía al cauce de la quebrada.





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

### 3.3.3 Flujos de tierra



Existen en el área varias zonas de topografía suave que definen planicies inclinadas de pendientes menores de  $8^\circ$ , que resaltan en la topografía redondeada de las colinas circundantes, se trata de depósitos de flujos de tierra meteorizados totalmente que forman suelos de color pardo-naranja a pardo rojizo que se presentan en el segmento inferior de algunas laderas de la parte alta y media de la cuenca. De acuerdo con numerosos estudios llevados a cabo en la zona, entre ellos los de Corantioquia (2007), se identifican abundantes depósitos de esta clase que fueron formados en las fases finales del levantamiento de la Cordillera Central, o posteriores a ella, es decir con edades entre 2.0 y 0,5 millones de años. Los perfiles de meteorización deben alcanzar en partes más de 10 m, si se tiene en cuenta que el sólo suelo tipo C-VI en la clasificación de Dearman (1991), tiene más de 1.5 m de espesor, en tanto que los otros suelos subyacentes no se pudieron observar por falta de afloramientos. Los horizontes A y B de más de 30 cm de espesor cada uno, ratifican la longevidad de estos suelos. Una medida de resistencia con penetrómetro de mano, en un afloramiento cercano a bocatoma, húmedo, no saturado, mostró un valor de  $2.5 \text{ Kg/cm}^2$ , lo que indica que el valor de resistencia en estado de saturación debe ser ligeramente menor, del orden de  $1.5 \text{ Kg/cm}^2$ , lo que indica un suelo de mediana resistencia, sin problemas de asentamiento para estructuras livianas tales como las que se relacionan con un acueducto de esta magnitud.

### 3.3.4 Aluviones recientes

En la parte baja de la cuenca, la quebrada corre por el fondo de un valle amplio formado por las bases de colinas amplias y de depósitos de vertiente que la han limitado lateralmente para que forme un valle relativamente estrecho que alcanza menos de 20 m de amplitud normal y solo se amplía hacia el oriente del sitio La Matica. El cauce de la quebrada se torna a meándrico gracias a las bajas pendientes del paisaje y a la baja cantidad de sedimentos que transporta en aguas medias. En el borde de tal cauce se han depositado capas de gravas de tamaño medio, arenas, limos y arcillas que definen una terraza estrecha de poco más de un metro de altura sobre la banca, que dada su composición, rara vez se inunda, es decir puede tener un intervalo de recurrencia de inundaciones de

38



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

alrededor de 7 a 10 años, es decir, coincidentes con fenómenos de La Niña. En la temporada 2010 y de acuerdo a los vecinos, se inundó tal vez tres veces, una de ellas coincidente con la avenida torrencial que produjo los daños en las bocatomas.

Por su condición de inundable no se recomienda acercar la tubería de conducción a esta unidad, y en caso necesario se debe realzar al menos 1 metro mediante viaductos, para evitar daños durante las crecientes ya citadas. Debido a su baja cohesión, si es necesario fundar pilotes en esta unidad, se hace necesario profundizar lo suficiente para que ellos no sean deteriorados por las crecientes descritas.

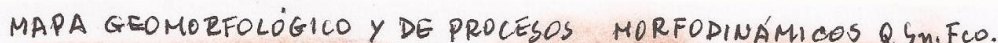
### 3.4 GEOMORFOLOGÍA Y PROCESOS MORFODINÁMICOS

La zona de influencia del acueducto de la vereda San Francisco se compone de cuatro unidades geomorfológicas, dos de origen denudativo (erosivo), que corresponden a Vertientes montañosas suaves (Mds) y a Colinas bajas subredondeadas (Cbr) y dos de origen coluvio-aluvial, definidas por planicies en depósitos de vertiente (Pdv) y llanuras aluviales (Lla), como se muestra en la Figura 10.

#### 3.4.1 Vertientes Montañosas suaves (Mds)

Se localizan en la parte alta y media de la microcuenca, se trata de montañas bajas de filos estrechos y vertientes rectas y cortas, de pendientes moderadas a fuertes, hasta de 40°, que rematan hacia los valles con pendientes más altas que bordean depósitos de vertiente (Figura 11 a) y pequeñas planicies aluvio-coluviales (Figura 11 b). Se componen de esquistos y anfibolitas.







### 3.4.2 Colinas bajas subredondeadas (Cbr)

Se encuentran hacia el oriente de las bocatomas y se extienden por toda la parte media y baja de la cuenca, hasta su desembocadura en el río Chico. Son colinas bajas, de menos de 150 m de altura, ligeramente orientadas en dirección noroeste, de topos redondeados y vertientes cortas, de menos de 300 m, rectas a cóncavas, de pendientes suaves y rara vez mayores de 30°. Los valles son en forma de V abierta, con fondos planos ocupados por llenos de depósitos de vertientes o coluvio-aluviales; en las anfíbolitas, las colinas forman valles



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

estrechos con vertientes de inclinación fuerte como en el caso de aguas abajo de las bocatomas. Este paisaje se forma en las anfibolitas o en las tonalitas del Batolito Antioqueño.

### 3.4.3 Planicies en Depósitos de Vertiente (Pdv)



La parte inferior de la quebrada ocupa una superficie relativamente baja, rodeada de colinas y que se formó durante el levantamiento de la Cordillera Central hace varios millones de años, luego de los cuales se formaron algunos depósitos de vertiente, producto de movimientos en masa y deslizamientos que fueron producto de climas mucho más húmedos que las últimas decenas de miles de años en La Tierra.

Los depósitos de vertiente forman superficies regulares, casi planas, de menos de 8° de inclinación, generalmente están cortadas por cañadas de más de 2 m de profundidad, lo que se conoce como incisión moderada, generalmente forman zonas pantanosas que requieren drenajes artificiales para su aprovechamiento agropecuario.



**Figura 11.** Vertientes montañosas que rodean a) depósitos de vertiente; b) llanura aluvial.



	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



#### 3.4.4 Llanura aluvial

Los depósitos aluviales muestran en los valles estrechos pequeñas terrazas torrenciales, producto de deslizamientos de tamaño moderado que ocasionalmente bloquean el cauce para luego reventar el dique así formado y producir el flujo asociado, algo similar a esto fue lo que ocurrió en la quebrada San Francisco en la temporada invernal 2010-2011, con la diferencia de que no hubo movimientos en masa pequeños, sino socavación de las márgenes y el fondo del cauce. El resto de la zona plana se caracteriza por presentar una terraza reciente, estrecha, de menos de 50 m de ancho y una altura con respecto al cauce de aproximadamente 1. 2 m, rara vez inundable. En ambos casos, los depósitos presentan pendiente hacia las vertientes vecinas, lo que indica una edad avanzada de los mismos, del orden de decenas de miles de años para ellos.

#### 3.4.5 Cauce de la quebrada

El cauce en cercanías de la bocatoma es un típico cauce de montaña que tiene un fondo compuesto casi en su totalidad por bloques de roca rodados por gravedad desde las vertientes que hacen las veces de estructuras de disipación y se alternan con pequeños charcos de menos de 1 m de extensión. Debido al espesor importante de los suelos que conforman las vertientes laterales, que en todos los casos es mayor de 5 m, constituyen un elemento blando fácilmente socavable ante la ocurrencia de una creciente mayor, del tipo de intervalo de recurrencia del orden de 50 o más años como la ocurrida en la temporada invernal de 2010, y son erosionadas de manera natural durante esos caudales pico para disminuir la velocidad del fluido. Las dos vertientes del tramo crítico para la tubería de conducción que es el comprendido entre las bocatomas y la vía vehicular de acceso, tienen tramos potencialmente inestables; de manera que no se puede pensar en una “solución definitiva” escogiendo una u otra margen para la conducción. Los pequeños movimientos en masa de las márgenes se seguirán presentando cada que haya episodios de lluvia similares a los de 2010, y aunque la margen derecha presenta en general menor pendiente que la izquierda, tiene de todas maneras sectores potencialmente inestables que en un futuro pueden generar problemas de inestabilidad.



	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

### 3.5 MORFODINÁMICA



Para efectos de este trabajo y por las características propias de la zona, se considera la morfodinámica como los fenómenos naturales que han ocurrido en épocas relativamente recientes, de sólo decenas de años. Ya se había expresado en el numeral de geología que los suelos de todas las unidades revelan un paisaje relativamente antiguo en el cual no se manifiestan cicatrices de fenómenos naturales de magnitud. Al nivel de los cauces y su entorno inmediato, sí se desarrollan fenómenos morfodinámicos, tales como cicatrices o coronas de movimientos en masa, socavación de cauces y avenidas torrenciales, aparentemente asociados todos con el período invernal 2010 – 2011, los cuales tienen una característica en común, su tamaño reducido y su bajo período de recurrencia.

#### 3.5.1 Movimientos en masa

Los fenómenos de este tipo son de tamaño reducido, el más pequeño está representado por la caída de un árbol en la zona boscosa adyacente a la bocatoma de la quebrada Montenegro, el cual produjo un desgarre del suelo de tal vez 3x3 metros, que cada vez que se presenta un evento de lluvia, se enturbia el agua que inmediatamente llega a la bocatoma. El procedimiento a seguir es aserrar el árbol para su aprovechamiento como madera y retirar el material sobrante, incluido el sistema de raíces.

Otro síntoma de inestabilidad encuentra unos 200 m abajo de la bocatoma, sobre la margen derecha de la quebrada, donde se aprecia una grieta semicircular (figura 12 a), que define una corona de deslizamiento de unos 10 m x 10 m, con tal vez 1.5 m de espesor, lo que resulta en un volumen aproximado de 150 metros cúbicos, los cuales si caen a la quebrada durante una creciente importante, pueden formar una avenida torrencial más pequeña que la de 2010. El procedimiento a seguir es la “costura” de la superficie de falla, lo que se logra mediante el vaciado sobre la grieta de lechada de cal cálcica (cal comercial que tenga más de 90% de  $\text{CaCO}_3$ ), en lechada espesa a razón de 1 balde por metro de longitud de la grieta y posteriormente se llena de suelo y se apisona, de tal manera que se pueda apreciar días después si se ha abierto, lo que indica que ha seguido el movimiento y en este caso se repite el tratamiento.



	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

### 3.5.2 Socavación de cauces



Con la creciente y avenida torrencial de 2010, la quebrada socavó lateralmente varios puntos de su cauce, todos ellos aguas abajo de las bocatomas y de menos de 2 m de longitud, por varios de altura, dependiendo de la margen en el sitio; la excepción de ellos se encuentra inmediatamente aguas arriba del puente sobre la quebrada (Figura 12 b). En este lugar y debido al efecto de embudo producido por la obstrucción parcial con palos de la sección del mismo, la corriente socavó la margen por cerca de 4 m, lo que permitió en arrastre de unos 4 m<sup>3</sup> de gravas, arenas y limos por la corriente.

Otro tipo de socavación que se presenta es la del fondo del cauce, que se pudo observar inmediatamente debajo de las bocatomas, por falta de estructuras de disipación, las cuales se deben diseñar de manera que requieran mínimo mantenimiento.

Debido a que la tubería de conducción presenta largos tramos casi tangenciales a la margen de la quebrada, es necesario alejarla para prevenir daños en el futuro cercano. Es necesario insistir a los propietarios de los predios que por ley, los primeros 30 m a partir del cauce no son propiedad privada y en consecuencia, no se trata de prestar una servidumbre sino de respetar el retiro de la quebrada. En consecuencia con lo anterior, es necesario que la autoridad municipal en conjunto con la autoridad ambiental lleve a cabo el Plan Integral de Ordenamiento de la Microcuenca exigido por la ley para facilitar la intervención de las márgenes mediante herramientas jurídicas.





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



**Figura 12.** a) Grieta que define Corona de deslizamiento. Socavación en margen de la quebrada.



### 3.5.3 Avenidas torrenciales

Bajo condiciones muy especiales de lluvia, en 2010, en la quebrada San Francisco se originó una avenida torrencial pequeña, que no dejó mayores cicatrices sobre el terreno y únicamente formó un depósito torrencial de tamaño reducido, que es el que se observa en la figura 11 b. La sección máxima medida de la creciente pico para esta avenida torrencial fue del orden de 15 m<sup>2</sup>, medida unos 50 m aguas arriba de la intersección con la vía, en el sitio que se muestra en la figura ya citada. Aguas abajo en la quebrada principal, no hay evidencias de depósitos torrenciales, lo que confirma el tamaño reducido y la baja periodicidad de estos fenómenos. En síntesis, la quebrada es torrencial, con intervalos de recurrencia de centenares de años y caudales moderados.

## 3.6 AMENAZAS GEOLÓGICAS

A lo largo del trabajo se ha mostrado que en la cuenca de la quebrada San Francisco los eventos naturales que se han presentado en los últimos miles de años han sido de tamaño reducido, al punto que no han dejado un registro geológico que se pueda apreciar en el campo. El análisis de la morfodinámica tanto en el campo como en las aerofotografías no muestra huellas de fenómenos



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

naturales de importancia, con excepción de flujos de tierra que se formaron en épocas tan lejanas como del orden de un millón o centenares de miles de años, lo que no tiene importancia para la gestión del riesgo en la cuenca.

Para evaluar las amenazas geológicas que podrían afectar la bocatoma es necesario partir de la definición internacional del término AMENAZA, que según Naciones Unidas (1992), es “un evento amenazante, o probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino dentro de un área y período de tiempo dado”.

Bajo la consideración anterior es necesario establecer niveles de amenaza con calificativos de Alto, Medio y Bajo, de acuerdo con criterios que en general siguen recomendaciones internacionales, por ejemplo, Naciones Unidas, sugiere para las inundaciones en áreas urbanas una escala de amenaza con los siguientes criterios de intervalo de recurrencia del evento.

Alta. Hasta 100 años.

Media. Hasta 500 años.

Baja > de 500 años.

Para el caso de este estudio, el Fondo Adaptación (2013), establece en sus lineamientos la siguiente escala, de acuerdo con el intervalo de recurrencia.

**Alta.** De 0 a 10 años

**Media.** De 10 a 100 años



**Baja.** > De 100 años.

La anterior escala puede ser válida para zonas rurales o acueductos como en este caso, que deben estar expuestos a daños por crecientes relativamente frecuentes y en áreas que no tengan viviendas cercanas a los cauces, tal como sucede hasta ahora en la quebrada San Francisco.

El fenómeno de La Niña 2010, produjo por primer vez en muchos años (decenas de miles de años), afectación en esta cuenca, de manera similar a eventos de lluvia ocurridos en otras partes del mundo que se atribuyen al cambio climático, aunque de acuerdo con el criterio geológico, son estos fenómenos los que han





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

modelado el paisaje desde hace millones de años. Se considera que fenómenos de baja recurrencia como éste deben ser tenidos en cuenta para efectos de la planeación en el uso del suelo, lo que se conoce como ordenamiento territorial.

El municipio de San Pedro es una localidad atípica del territorio colombiano, pues no se encuentra en las bases de datos disponibles referencia a ningún desastre natural reportado en él; esto no quiere decir que no hayan ocurrido eventos, sino que seguramente sus magnitudes han sido bajas y sus consecuencias leves, por lo tanto no hay reportes de ellos.

Para el caso de un sistema de acueducto como en este caso, al menos la bocatoma y las primeras decenas de metros siempre estarán en zona de amenaza alta, gracias a que necesariamente se encuentran en zonas fácilmente inundables, por lo tanto el criterio no es externo a la estructura sino inherente a ella, es decir, ésta debe ser construida bajo un diseño compatible con la exigencia (solicitud o fuerza del fenómeno), generada con caudales pico de esos intervalos de recurrencia. Las velocidades pico de flujos de escombros y lodo semejantes a los de 2010, pueden ser del orden de 3m/seg, con densidades del fluido de 1.4 a 1.6 g/cm<sup>3</sup>.

De acuerdo con este estudio, la cuenca de la quebrada San Francisco puede estar sujeta a movimientos en masa, avenidas torrenciales y sismos.



#### a. Amenaza por movimientos en masa

En el numeral de morfodinámica se estableció que las cicatrices por movimientos en masa en la cuenca prácticamente no existen, a pesar del uso intensivo en ganadería y agricultura que ella tiene, lo que indica un intervalo de recurrencia muy bajo y en consecuencia **la amenaza por movimientos en masa es baja.**

#### b. Amenaza por avenidas torrenciales

Si se tiene en cuenta que no puede haber avenidas torrenciales sin movimientos en masa que aporten los sólidos, la cuenca de la quebrada San Francisco debe tener una amenaza similar a ellos, lo que implica que su **amenaza por avenidas torrenciales es baja.**





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

### c. Amenaza sísmica

La Amenaza sísmica está definida para el territorio nacional como una Ley, que se modifica cuando la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica –AIS- y los integrantes del Comité Nacional de Amenaza Sísmica, que representan a entes investigadores y Universidades, lo consideren pertinente. De acuerdo con el avance del conocimiento del territorio nacional en esta temática, en el Estudio General de la Amenaza Sísmica de Colombia, el municipio de San Pedro de los Milagros se encuentra en la zona **Amenaza Intermedia**, con valores de  $Aa=0,15g$  y  $Av=0,20g$ , los cuales deben ser de estricto cumplimiento para cualquier obra que se lleve a cabo en el Municipio.





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con relación al caudal ecológico, es necesario que se diseñe estructura de control en bocatoma, de tal manera que se mantenga como mínimo en el cauce un caudal de 1.0 litros/s. Dicha estructura puede ser de tipo vertedero o de compuerta. Es importante instalar estación de medición de caudales, limnómetro o limnigrafo, aguas arriba de la bocatoma. La información colectada deberá ser suministrada a la autoridad ambiental competente
- Se concluye de las tablas 32 y 33, que existe un riesgo potencial por desabastecimiento de agua cada cinco años, que se manifiesta en una disminución extrema de agua en el cauce, hecho que coincide con el periodo de retorno del conocido fenómeno del Niño, de acuerdo a organismos internacionales como la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Deberán tomarse medidas y acciones de recuperación de cuencas, de ahorro y uso eficiente del agua, o en su defecto buscar fuentes alternas de suministro de agua a partir de microcuencas vecinas. Obsérvese que el caudal mínimo con periodo de retorno de cinco años según la distribución Gumbel de  $0.00235 \text{ m}^3/\text{s}$ , 2.35 litro/s, equivale a una disminución del 70% del caudal medio multianual de  $0.008 \text{ m}^3/\text{s}$
- Se recomienda para el diseño de obras hidráulicas en bocatoma y análisis de riesgo hidrológico de caudales extremos, utilizar el caudal con periodo de retorno de 100 años, esto es  $0.116 \text{ m}^3/\text{s}$ , que equivale a un 93% más del caudal medio multianual de  $0.008 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- La creciente que afectó las bocatomas de las quebradas San Francisco y Montenegro en 2010 es un fenómeno que se puede presentar en la zona con recurrencia menor a 100 años y muy probablemente menor a 500, lo que se puede calificar como de Amenaza Baja.
- Los daños causados tienen más relación con el bajo perfil de ingeniería del sistema que con la creciente que los afectó, por ejemplo las aletas laterales de las bocatomas no tienen inclinación para centrar la corriente en crecientes importantes y por eso socavan las márgenes, al igual que





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

no tienen disipadores inmediatamente debajo de la estructura de bocatoma por lo que socavan el lecho que es susceptible de lavado.

- Existen unas pocas zonas inestables que muestran coronas de deslizamientos que se deben tratar a corto plazo con lechada de cal para coser sus suelos. Esta labor debe ser rutinaria para el fontanero en el futuro, con el fin de minimizar efectos sobre bocatomas y el sistema en general.
- De acuerdo con lo observado en campo, no hay mayores ventajas en cambiar la conducción a la margen derecha de la quebrada, pues los procesos erosivos son marcadamente similares en ambas márgenes.



	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## 5. BIBLIOGRAFÍA

CEBALLOS, A. y C. GÓEZ. “Detección de valores anormalmente extremos “outliers” es series hidrológicas”. Trabajo dirigido de grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas. Medellín. 2003.

CHOW V.T, MAIDMENT D, y MAYS L. Hidrología aplicada. Santafé de Bogotá: McGRAW – HILL Interamericana S.A. 584p. 1994

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 0865 del 22 de Julio de 2004. Metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales. Bogotá D.C. 2004.15 p.

POVEDA G. La Hidroclimatología de Colombia: Una síntesis desde la escala inter-decadal hasta la escala diurna. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias. Vol. 28, Nº 107. 2004. pp.201-222



POVEDA G, VÉLEZ J, MESA O, CUARTAS A, BARCO J, MANTILLA R, MEJÍA F, HOYOS C, RAMÍREZ J, CEBALLOS L, ZULUAGA M, ARIAS P, BOTERO B, MONTOYA M, GIRALDO J, y QUEVEDO D. Linking Long-Term Water Balances and Statistical Scaling to Estimate River Flows along the Drainage Network of Colombia. Journal of Hydrologic Engineering ASCE. 2007. Vol. 12, Nº 1, pp. 4-13.

UNIVERSIDAD NACIONAL De COLOMBIA SEDE MEDELLÍN, CORANTIOQUIA, MI RÍO. Diseño de la Metodología para la formulación de planes de ordenamiento y manejo de microcuencas (PIOM) y su aplicación en la parte baja de la cuenca hidrográfica de la quebrada de la Igua. Postgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos – PARH. Medellín. 2003. 1 CD rom.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN – UPME - COLCIENCIAS. Atlas hidrológico de Colombia. Unidad de planeación minero Energética- Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, Postgrado de Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. Medellín, 2000. 200 p.

VÉLEZ, J.I. Desarrollo de un modelo hidrológico conceptual y distribuido orientado a la simulación de las crecidas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica



	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

de Valencia. Escuela Técnica superior de ingenieros de Caminos y Puertos. Departamento de Ingeniería Hidráulica y medio Ambiente. Valencia. 2001. 266p.

VÉLEZ M. Hidrología para Ingenieros. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 377 p. 2000

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA -AIS-, 2009. Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia, Bogotá, 206 p.

CORANTIOQUIA, 2007. Plan de Ordenamiento territorial de la cuenca de la quebrada La García, Medellín, 467 p.

DEARMAN. W.R., 199. Rock and soil description and Classification for engineering geological mapping. In Eng. Geol. Mapping, Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 24-45.

FONDO ADAPTACIÓN, 2013. Alcance técnico general de la gestión de riesgo para intervenciones del Fondo Adaptación directas o descentralizadas. Memorando Interno, Bogotá, 9 p.

HUPP, CLIFF. 1988. Plant ecological aspects on flood Geomorphology and paleoflood history. In Flood Geomorphology. John Wiley & sons, New York, pp. 335-356.

KOCHEL, CRAIG; BAKER, VICTOR. 1988. Paleoflood analysis using slackwater deposits. In Flood Geomorphology. John Wiley & sons, New York, pp. 357-376.

INGEOMINAS, 1983. Geología de la Plancha 130, Santa Fe de Antioquia. Escala 1:100.000



INGEOMINAS, 1984. Geología y geoquímica de las planchas 130, santa Fe de Antioquia y 146 Medellín Occidental, Ingeominas, Medellín, 397 p.

INGEOMINAS, 1995. Evaluación de la amenaza por torrencialidad, caso del oriente antioqueño. Desarrollo de una metodología. INGEOMINAS. Memorias VII Congreso Colombiano de Geología, Bogotá.

NACIONES UNIDAS, 1992. Glosario multilingüe de términos convenidos internacionalmente relativos a la Gestión de Desastres. Ginebra, 83 p.







	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

PARRA, EDUARDO, 2009. Determinación de edades de Movimientos en Masa para evaluación de la amenaza en Morro Pelón. U. de Medellín – Municipio de Medellín, Plan de Ordenamiento de Morro Pelón, 14 p.





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## ANEXO 1

### SERIES DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS ESTIMADOS PARA LA MICROCUENCA MONTENEGRO EN EL PUNTO DE CIERRE DE LA BOCATOMA.





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**TABLA 5. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	MES												
DIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1	0.003	0.001	0.002	0.001	0.007	0.004	0.002	0.003	0.003	0.005	0.013	0.003	
2	0.003	0.001	0.002	0.001	0.006	0.003	0.001	0.003	0.003	0.005	0.017	0.003	
3	0.002	0.001	0.002	0.001	0.005	0.003	0.001	0.002	0.003	0.005	0.015	0.003	
4	0.003	0.003	0.002	0.001	0.006	0.004	0.001	0.002	0.002	0.006	0.015	0.005	
5	0.002	0.004	0.002	0.001	0.006	0.004	0.003	0.002	0.002	0.006	0.013	0.006	
6	0.003	0.003	0.001	0.002	0.005	0.004	0.003	0.002	0.002	0.008	0.011	0.005	
7	0.004	0.003	0.001	0.002	0.005	0.003	0.002	0.002	0.002	0.009	0.009	0.005	
8	0.005	0.003	0.001	0.002	0.005	0.003	0.003	0.003	0.003	0.008	0.008	0.004	
9	0.005	0.002	0.001	0.001	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004	0.009	0.008	0.004	
10	0.004	0.002	0.001	0.001	0.004	0.004	0.004	0.002	0.003	0.008	0.006	0.003	
11	0.004	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.002	0.003	0.014	0.006	0.003	
12	0.004	0.002	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.011	0.005	0.003	
13	0.003	0.002	0.001	0.002	0.003	0.005	0.003	0.002	0.005	0.012	0.005	0.002	
14	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002	0.007	0.003	0.002	0.004	0.010	0.005	0.002	
15	0.003	0.002	0.001	0.002	0.002	0.010	0.004	0.002	0.004	0.009	0.004	0.002	
16	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.009	0.004	0.003	0.003	0.008	0.004	0.002	
17	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.008	0.003	0.004	0.003	0.009	0.003	0.002	
18	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.006	0.003	0.003	0.002	0.007	0.004	0.002	
19	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.006	0.003	0.003	0.002	0.009	0.004	0.002	
20	0.002	0.002	0.001	0.003	0.001	0.005	0.003	0.003	0.002	0.011	0.004	0.001	
21	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001	0.004	0.002	0.002	0.004	0.011	0.004	0.001	
22	0.001	0.003	0.001	0.004	0.001	0.004	0.002	0.002	0.007	0.015	0.004	0.001	
23	0.001	0.003	0.001	0.003	0.001	0.004	0.004	0.002	0.007	0.016	0.004	0.001	
24	0.001	0.003	0.001	0.003	0.002	0.003	0.004	0.002	0.006	0.015	0.004	0.002	
25	0.001	0.002	0.001	0.004	0.002	0.003	0.005	0.002	0.007	0.016	0.004	0.002	
26	0.002	0.002	0.002	0.004	0.002	0.002	0.004	0.002	0.007	0.014	0.003	0.002	
27	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.002	0.004	0.002	0.006	0.013	0.003	0.001	
28	0.002	0.002	0.002	0.003	0.005	0.002	0.003	0.003	0.005	0.013	0.003	0.001	
29	0.002		0.002	0.004	0.005	0.002	0.005	0.003	0.005	0.012	0.004	0.001	
30	0.001		0.002	0.006	0.004	0.002	0.004	0.003	0.005	0.016	0.003	0.002	
31	0.001		0.001		0.004		0.004	0.003		0.014		0.002	
PROM	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.004	0.003	0.002	0.004	0.010	0.006	0.002	0.004
MIN	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.005	0.003	0.001	0.002
MAX	0.005	0.004	0.002	0.006	0.007	0.010	0.005	0.004	0.007	0.016	0.017	0.006	0.007





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**TABLA 6. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	1991											
	MES											
DIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.005	0.004	0.008	0.001	0.002	0.003	0.004
2	0.002	0.001	0.001	0.003	0.004	0.005	0.004	0.008	0.001	0.003	0.003	0.004
3	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.007	0.001	0.003	0.003	0.003
4	0.002	0.001	0.001	0.002	0.004	0.004	0.006	0.006	0.001	0.003	0.004	0.005
5	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.008	0.005	0.001	0.003	0.004	0.005
6	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.005	0.001	0.006	0.003	0.005
7	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.004	0.006	0.005	0.001	0.007	0.004	0.004
8	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.004	0.007	0.005	0.001	0.008	0.003	0.004
9	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.006	0.007	0.001	0.010	0.005	0.003
10	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.006	0.006	0.001	0.010	0.004	0.003
11	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.003	0.005	0.005	0.001	0.009	0.005	0.003
12	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.005	0.005	0.001	0.008	0.004	0.003
13	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.004	0.004	0.001	0.008	0.004	0.002
14	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.004	0.003	0.001	0.008	0.005	0.003
15	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.001	0.007	0.006	0.005
16	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.001	0.006	0.006	0.006
17	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.001	0.010	0.005	0.007
18	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.002	0.004	0.002	0.001	0.009	0.004	0.006
19	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.002	0.003	0.002	0.001	0.008	0.004	0.005
20	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001	0.006	0.004	0.004
21	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.006	0.005	0.004
22	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	0.004	0.003	0.002	0.002	0.005	0.005	0.003
23	0.001	0.001	0.001	0.002	0.009	0.003	0.003	0.002	0.002	0.004	0.004	0.003
24	0.001	0.001	0.001	0.002	0.007	0.004	0.002	0.001	0.002	0.004	0.004	0.003
25	0.001	0.001	0.002	0.001	0.007	0.006	0.002	0.001	0.001	0.003	0.004	0.002
26	0.001	0.001	0.004	0.001	0.008	0.007	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.002
27	0.001	0.001	0.003	0.002	0.007	0.007	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.002
28	0.001	0.001	0.004	0.002	0.006	0.006	0.003	0.001	0.002	0.002	0.006	0.002
29	0.001		0.004	0.002	0.005	0.005	0.004	0.001	0.002	0.003	0.005	0.002
30	0.001		0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.002
31	0.001		0.003		0.006		0.009	0.001		0.004		0.001
<b>PROM</b>	0.001	0.001	0.002	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.001	0.006	0.004	0.003
<b>MIN</b>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.001
<b>MAX</b>	0.002	0.001	0.004	0.003	0.009	0.007	0.009	0.008	0.002	0.010	0.006	0.007
												<b>ANUAL</b>





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**TABLA 7. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	MES											
1992	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DIAS												
1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.012	0.008	0.007	0.002	0.012
2	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.010	0.007	0.006	0.002	0.013
3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.009	0.007	0.005	0.002	0.011
4	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.007	0.007	0.005	0.001	0.011
5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.006	0.007	0.006	0.002	0.011
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.005	0.006	0.007	0.002	0.011
7	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.005	0.005	0.007	0.002	0.010
8	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.004	0.005	0.006	0.001	0.009
9	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.004	0.004	0.006	0.002	0.008
10	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001	0.005	0.005	0.005	0.002	0.009
11	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001	0.005	0.004	0.006	0.002	0.008
12	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.002	0.004	0.004	0.005	0.002	0.009
13	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.004	0.005	0.005	0.004	0.003	0.008
14	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.005	0.005	0.005	0.004	0.003	0.007
15	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.008
16	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.005	0.003	0.004	0.003	0.003	0.007
17	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.004	0.006	0.003	0.003	0.004	0.006
18	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.004	0.005	0.004	0.002	0.004	0.005
19	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.003	0.006	0.005	0.002	0.005	0.005
20	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.005	0.005	0.002	0.004	0.004
21	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.002	0.004	0.004
22	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006	0.002	0.003	0.003
23	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.003	0.003	0.007	0.003	0.004	0.003
24	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.002	0.003	0.010	0.002	0.004	0.003
25	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.009	0.003	0.006	0.002
26	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.004	0.002	0.011	0.003	0.007	0.002
27	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.005	0.011	0.003	0.009	0.002
28	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.007	0.009	0.003	0.010	0.002
29	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.008	0.008	0.002	0.012	0.002
30	0.001		0.001	0.001	0.002	0.003	0.006	0.011	0.008	0.002	0.013	0.002
31	0.001		0.001		0.002		0.008	0.010		0.002		0.002
ANUAL												
PROM	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.006	0.006	0.004	0.004	0.006
MIN	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002	0.001	0.002
MAX	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	0.004	0.008	0.012	0.011	0.007	0.013	0.013



 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	



**TABLA 8. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	MES											
1993	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DIAS												
1	0.002	0.003	0.001	0.002	0.005	0.004	0.005	0.006	0.002	0.010	0.005	0.008
2	0.002	0.003	0.001	0.003	0.006	0.004	0.004	0.005	0.002	0.008	0.007	0.009
3	0.002	0.003	0.001	0.002	0.005	0.003	0.004	0.005	0.003	0.010	0.011	0.008
4	0.001	0.002	0.001	0.002	0.005	0.003	0.004	0.004	0.005	0.008	0.014	0.007
5	0.002	0.002	0.001	0.004	0.005	0.003	0.005	0.004	0.007	0.007	0.012	0.006
6	0.002	0.002	0.001	0.005	0.009	0.002	0.004	0.003	0.006	0.006	0.010	0.005
7	0.002	0.002	0.001	0.005	0.008	0.002	0.004	0.003	0.006	0.010	0.010	0.005
8	0.003	0.002	0.001	0.005	0.009	0.002	0.004	0.003	0.005	0.012	0.009	0.004
9	0.003	0.002	0.001	0.005	0.012	0.002	0.005	0.003	0.009	0.014	0.009	0.006
10	0.003	0.001	0.001	0.005	0.010	0.002	0.006	0.004	0.008	0.014	0.010	0.005
11	0.002	0.002	0.001	0.004	0.010	0.002	0.005	0.004	0.010	0.012	0.009	0.005
12	0.002	0.002	0.001	0.004	0.011	0.001	0.005	0.004	0.009	0.010	0.009	0.004
13	0.002	0.002	0.001	0.005	0.012	0.001	0.004	0.003	0.010	0.009	0.010	0.004
14	0.002	0.002	0.001	0.004	0.012	0.001	0.004	0.003	0.010	0.008	0.010	0.009
15	0.004	0.001	0.001	0.004	0.010	0.001	0.003	0.004	0.016	0.008	0.011	0.010
16	0.003	0.001	0.001	0.005	0.008	0.001	0.003	0.005	0.014	0.007	0.011	0.012
17	0.004	0.001	0.001	0.007	0.007	0.001	0.002	0.004	0.012	0.007	0.009	0.012
18	0.003	0.001	0.001	0.007	0.006	0.001	0.002	0.004	0.012	0.007	0.008	0.011
19	0.003	0.001	0.001	0.007	0.010	0.001	0.003	0.003	0.010	0.007	0.007	0.009
20	0.003	0.001	0.001	0.008	0.012	0.001	0.005	0.003	0.009	0.007	0.008	0.008
21	0.003	0.001	0.001	0.007	0.010	0.001	0.004	0.003	0.011	0.007	0.008	0.007
22	0.002	0.001	0.001	0.006	0.009	0.002	0.004	0.002	0.010	0.007	0.007	0.006
23	0.002	0.001	0.002	0.005	0.007	0.001	0.004	0.003	0.010	0.006	0.007	0.005
24	0.002	0.001	0.002	0.005	0.008	0.001	0.006	0.003	0.008	0.005	0.007	0.005
25	0.002	0.001	0.002	0.004	0.009	0.001	0.005	0.003	0.007	0.006	0.008	0.004
26	0.002	0.001	0.002	0.005	0.008	0.001	0.005	0.004	0.006	0.007	0.007	0.004
27	0.002	0.001	0.003	0.005	0.007	0.002	0.004	0.004	0.009	0.006	0.006	0.003
28	0.001	0.001	0.002	0.005	0.007	0.002	0.004	0.004	0.012	0.006	0.008	0.004
29	0.001		0.003	0.005	0.006	0.002	0.006	0.003	0.012	0.005	0.009	0.004
30	0.001		0.003	0.004	0.005	0.002	0.006	0.003	0.011	0.005	0.008	0.003
31	0.001		0.002		0.005		0.007	0.003		0.006		0.003
ANUAL												
PROM	0.002	0.002	0.001	0.005	0.008	0.002	0.004	0.004	0.009	0.008	0.009	0.006
MIN	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.001	0.002	0.002	0.002	0.005	0.005	0.003
MAX	0.004	0.003	0.003	0.008	0.012	0.004	0.007	0.006	0.016	0.014	0.014	0.012









 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	<b>ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO</b>			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**TABLA 10. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	1995												MES
DIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	0.011	0.006	0.010	0.006	0.006	0.005	0.002	
2	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.014	0.005	0.011	0.006	0.005	0.005	0.002	
3	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.013	0.004	0.010	0.005	0.004	0.005	0.003	
4	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	0.013	0.005	0.012	0.004	0.004	0.004	0.006	
5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.008	0.014	0.005	0.012	0.004	0.004	0.004	0.006	
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.008	0.013	0.004	0.010	0.003	0.006	0.004	0.005	
7	0.001	0.001	0.001	0.001	0.007	0.011	0.004	0.008	0.003	0.008	0.004	0.006	
8	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	0.010	0.005	0.007	0.006	0.008	0.004	0.007	
9	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.008	0.006	0.009	0.007	0.007	0.004	0.006	
10	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	0.008	0.005	0.010	0.009	0.007	0.004	0.006	
11	0.001	0.001	0.001	0.001	0.004	0.007	0.004	0.013	0.008	0.007	0.005	0.006	
12	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.007	0.004	0.011	0.009	0.009	0.010	0.006	
13	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006	0.007	0.005	0.009	0.010	0.009	0.009	0.006	
14	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.007	0.004	0.010	0.009	0.010	0.008	0.006	
15	0.001	0.001	0.001	0.002	0.007	0.006	0.005	0.012	0.011	0.015	0.007	0.006	
16	0.001	0.001	0.001	0.002	0.008	0.006	0.006	0.010	0.009	0.014	0.006	0.007	
17	0.001	0.001	0.001	0.002	0.007	0.006	0.006	0.011	0.009	0.016	0.005	0.008	
18	0.001	0.001	0.001	0.002	0.006	0.005	0.006	0.011	0.008	0.015	0.005	0.007	
19	0.001	0.001	0.001	0.002	0.005	0.004	0.006	0.012	0.008	0.013	0.005	0.009	
20	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.004	0.006	0.011	0.007	0.015	0.005	0.010	
21	0.001	0.001	0.001	0.003	0.004	0.004	0.010	0.011	0.008	0.015	0.005	0.009	
22	0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.005	0.011	0.013	0.007	0.014	0.004	0.008	
23	0.001	0.001	0.001	0.002	0.006	0.005	0.010	0.012	0.007	0.012	0.004	0.008	
24	0.001	0.001	0.001	0.002	0.006	0.005	0.012	0.012	0.006	0.012	0.004	0.008	
25	0.001	0.001	0.001	0.003	0.007	0.004	0.011	0.011	0.008	0.010	0.004	0.007	
26	0.001	0.001	0.001	0.005	0.007	0.004	0.010	0.012	0.007	0.009	0.004	0.006	
27	0.001	0.001	0.001	0.005	0.007	0.003	0.010	0.013	0.009	0.008	0.004	0.006	
28	0.001	0.001	0.001	0.004	0.006	0.004	0.010	0.012	0.009	0.008	0.003	0.005	
29	0.001		0.001	0.004	0.008	0.007	0.009	0.010	0.008	0.007	0.003	0.004	
30	0.001		0.001	0.004	0.009	0.007	0.012	0.009	0.007	0.006	0.003	0.004	
31	0.001		0.001		0.008		0.011	0.008		0.005		0.004	ANUAL
PROM	0.001	0.001	0.001	0.002	0.006	0.007	0.007	0.011	0.007	0.009	0.005	0.006	0.005
MIN	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.007	0.003	0.004	0.003	0.002	0.003
MAX	0.001	0.001	0.001	0.005	0.009	0.014	0.012	0.013	0.011	0.016	0.010	0.010	0.009





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**TABLA 11. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	1996											
	MES											
DIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.003	0.003	0.014	0.005	0.006	0.018	0.011	0.008	0.006	0.004	0.005	0.003
2	0.003	0.003	0.012	0.005	0.006	0.015	0.013	0.007	0.007	0.003	0.004	0.003
3	0.003	0.004	0.011	0.005	0.005	0.016	0.015	0.006	0.008	0.003	0.004	0.003
4	0.003	0.005	0.011	0.005	0.005	0.015	0.021	0.011	0.007	0.004	0.003	0.003
5	0.002	0.006	0.012	0.005	0.005	0.014	0.018	0.011	0.006	0.005	0.003	0.003
6	0.003	0.006	0.015	0.005	0.006	0.012	0.018	0.011	0.005	0.005	0.003	0.003
7	0.003	0.006	0.015	0.004	0.007	0.010	0.017	0.009	0.004	0.004	0.003	0.003
8	0.003	0.007	0.013	0.004	0.008	0.009	0.015	0.010	0.004	0.004	0.002	0.002
9	0.003	0.009	0.014	0.004	0.007	0.008	0.014	0.010	0.003	0.003	0.002	0.002
10	0.002	0.009	0.015	0.004	0.007	0.006	0.015	0.010	0.003	0.003	0.002	0.003
11	0.002	0.008	0.014	0.003	0.008	0.006	0.014	0.009	0.003	0.003	0.002	0.003
12	0.004	0.008	0.012	0.003	0.008	0.005	0.012	0.007	0.003	0.003	0.002	0.002
13	0.004	0.007	0.010	0.003	0.008	0.004	0.010	0.006	0.002	0.005	0.002	0.002
14	0.007	0.006	0.009	0.003	0.007	0.006	0.009	0.006	0.002	0.007	0.006	0.002
15	0.007	0.005	0.015	0.003	0.011	0.006	0.008	0.005	0.002	0.010	0.006	0.002
16	0.007	0.005	0.014	0.003	0.011	0.009	0.007	0.005	0.002	0.009	0.006	0.002
17	0.006	0.004	0.012	0.003	0.014	0.012	0.006	0.007	0.002	0.009	0.008	0.002
18	0.007	0.006	0.010	0.002	0.018	0.010	0.005	0.006	0.002	0.008	0.007	0.002
19	0.007	0.006	0.009	0.003	0.019	0.010	0.005	0.005	0.003	0.008	0.006	0.002
20	0.009	0.008	0.008	0.003	0.018	0.011	0.013	0.006	0.004	0.007	0.006	0.001
21	0.009	0.009	0.009	0.004	0.016	0.010	0.012	0.006	0.003	0.006	0.005	0.001
22	0.010	0.010	0.008	0.005	0.014	0.009	0.010	0.006	0.003	0.007	0.007	0.001
23	0.009	0.009	0.009	0.005	0.012	0.008	0.009	0.006	0.003	0.006	0.006	0.001
24	0.008	0.008	0.008	0.004	0.012	0.010	0.008	0.008	0.003	0.005	0.005	0.001
25	0.007	0.007	0.009	0.005	0.013	0.012	0.012	0.008	0.002	0.004	0.005	0.001
26	0.006	0.007	0.007	0.005	0.015	0.012	0.010	0.008	0.002	0.004	0.004	0.001
27	0.005	0.011	0.006	0.005	0.014	0.010	0.009	0.007	0.003	0.005	0.004	0.001
28	0.004	0.011	0.006	0.006	0.017	0.009	0.009	0.006	0.003	0.006	0.004	0.001
29	0.004	0.013	0.006	0.007	0.018	0.009	0.011	0.008	0.003	0.006	0.003	0.001
30	0.003		0.006	0.007	0.022	0.009	0.011	0.007	0.004	0.006	0.003	0.001
31	0.003		0.006		0.019		0.009	0.006		0.006		0.001
PROM	0.005	0.007	0.011	0.004	0.012	0.010	0.011	0.007	0.004	0.005	0.004	0.002
MIN	0.002	0.003	0.006	0.002	0.005	0.004	0.005	0.005	0.002	0.003	0.002	0.001
MAX	0.010	0.013	0.015	0.007	0.022	0.018	0.021	0.011	0.008	0.010	0.008	0.003
												ANUAL
												0.007
												0.003
												0.012





	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

## ANEXO 2

### SERIES DE CAUDALES MEDIOS DIARIOS ESTIMADOS PARA LA MICROCUENCA SAN FRANCISCO EN EL PUNTO DE CIERRE DE LA BOCATOMA





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**TABLA 23. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	1990											
	MES											
DIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.006	0.003	0.003	0.003	0.014	0.008	0.003	0.006	0.006	0.010	0.027	0.006
2	0.005	0.002	0.004	0.003	0.012	0.007	0.003	0.006	0.006	0.010	0.033	0.005
3	0.005	0.002	0.004	0.002	0.010	0.006	0.003	0.005	0.005	0.010	0.031	0.006
4	0.005	0.006	0.003	0.002	0.012	0.008	0.003	0.004	0.005	0.012	0.029	0.010
5	0.005	0.007	0.003	0.002	0.011	0.008	0.005	0.004	0.004	0.012	0.025	0.011
6	0.006	0.006	0.003	0.003	0.011	0.007	0.005	0.004	0.004	0.016	0.022	0.010
7	0.008	0.006	0.003	0.003	0.010	0.007	0.005	0.003	0.004	0.019	0.018	0.009
8	0.010	0.005	0.003	0.003	0.010	0.007	0.006	0.006	0.007	0.016	0.016	0.009
9	0.009	0.005	0.003	0.003	0.009	0.007	0.009	0.005	0.007	0.018	0.015	0.008
10	0.008	0.004	0.002	0.003	0.007	0.007	0.008	0.004	0.006	0.017	0.013	0.007
11	0.007	0.004	0.002	0.003	0.007	0.006	0.007	0.004	0.006	0.027	0.011	0.006
12	0.007	0.003	0.002	0.004	0.006	0.006	0.007	0.004	0.006	0.023	0.011	0.006
13	0.007	0.003	0.002	0.003	0.006	0.011	0.006	0.003	0.010	0.024	0.011	0.005
14	0.006	0.004	0.002	0.004	0.005	0.013	0.007	0.003	0.008	0.021	0.010	0.005
15	0.005	0.004	0.002	0.004	0.004	0.021	0.009	0.004	0.007	0.018	0.008	0.004
16	0.005	0.003	0.002	0.004	0.004	0.018	0.008	0.006	0.006	0.017	0.007	0.004
17	0.004	0.003	0.002	0.004	0.004	0.015	0.007	0.007	0.006	0.017	0.006	0.004
18	0.004	0.004	0.002	0.004	0.003	0.013	0.007	0.007	0.005	0.015	0.007	0.003
19	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.011	0.006	0.006	0.004	0.018	0.009	0.003
20	0.003	0.003	0.002	0.005	0.003	0.010	0.005	0.005	0.004	0.021	0.008	0.003
21	0.003	0.005	0.002	0.005	0.003	0.008	0.005	0.005	0.009	0.023	0.008	0.003
22	0.003	0.007	0.002	0.007	0.003	0.007	0.004	0.004	0.013	0.029	0.008	0.003
23	0.003	0.006	0.003	0.006	0.003	0.007	0.009	0.004	0.013	0.031	0.008	0.003
24	0.003	0.005	0.002	0.006	0.004	0.006	0.009	0.004	0.011	0.030	0.008	0.004
25	0.002	0.005	0.003	0.008	0.004	0.006	0.010	0.003	0.013	0.032	0.007	0.003
26	0.004	0.004	0.005	0.007	0.004	0.005	0.009	0.004	0.014	0.029	0.006	0.003
27	0.004	0.004	0.004	0.007	0.006	0.005	0.008	0.004	0.012	0.027	0.006	0.003
28	0.004	0.003	0.004	0.006	0.010	0.004	0.007	0.007	0.010	0.026	0.005	0.003
29	0.003		0.003	0.008	0.010	0.004	0.010	0.007	0.010	0.025	0.007	0.003
30	0.003		0.003	0.013	0.009	0.003	0.008	0.007	0.010	0.032	0.007	0.003
31	0.003		0.003		0.007		0.007	0.006		0.029		0.003
<b>PROM</b>	0.005	0.004	0.003	0.005	0.007	0.008	0.007	0.005	0.008	0.021	0.013	0.005
<b>MIN</b>	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.010	0.005	0.003
<b>MAX</b>	0.010	0.007	0.005	0.013	0.014	0.021	0.010	0.007	0.014	0.032	0.033	0.011
												<b>ANUAL</b>
												0.007
												0.003
												0.015







 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**TABLA 24. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	1991												MES											
DIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC												
1	0.003	0.002	0.001	0.006	0.006	0.010	0.008	0.017	0.002	0.003	0.007	0.008												
2	0.004	0.002	0.002	0.006	0.007	0.009	0.007	0.017	0.002	0.005	0.006	0.007												
3	0.003	0.002	0.002	0.005	0.007	0.008	0.012	0.014	0.002	0.006	0.005	0.007												
4	0.003	0.002	0.002	0.004	0.007	0.007	0.012	0.012	0.002	0.005	0.008	0.009												
5	0.003	0.002	0.002	0.004	0.006	0.006	0.015	0.011	0.002	0.006	0.007	0.010												
6	0.003	0.002	0.002	0.003	0.006	0.010	0.013	0.009	0.003	0.013	0.006	0.009												
7	0.003	0.002	0.002	0.003	0.005	0.009	0.013	0.009	0.002	0.013	0.008	0.008												
8	0.003	0.002	0.003	0.004	0.004	0.007	0.015	0.011	0.002	0.016	0.007	0.007												
9	0.003	0.002	0.003	0.004	0.004	0.007	0.013	0.015	0.002	0.019	0.009	0.007												
10	0.003	0.002	0.003	0.004	0.004	0.006	0.011	0.012	0.002	0.020	0.008	0.006												
11	0.003	0.002	0.003	0.005	0.003	0.005	0.010	0.011	0.002	0.019	0.009	0.006												
12	0.003	0.002	0.002	0.005	0.004	0.005	0.009	0.009	0.002	0.017	0.008	0.005												
13	0.003	0.002	0.002	0.004	0.004	0.004	0.008	0.008	0.002	0.015	0.008	0.005												
14	0.003	0.002	0.002	0.004	0.003	0.004	0.007	0.007	0.002	0.017	0.010	0.006												
15	0.003	0.002	0.002	0.004	0.003	0.004	0.006	0.006	0.003	0.014	0.013	0.010												
16	0.003	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006	0.006	0.005	0.003	0.012	0.011	0.013												
17	0.003	0.002	0.002	0.003	0.007	0.005	0.005	0.006	0.002	0.021	0.010	0.014												
18	0.003	0.002	0.002	0.004	0.008	0.004	0.007	0.005	0.002	0.018	0.009	0.012												
19	0.003	0.002	0.002	0.004	0.009	0.004	0.006	0.004	0.003	0.015	0.008	0.010												
20	0.002	0.002	0.002	0.003	0.010	0.008	0.006	0.004	0.002	0.013	0.008	0.009												
21	0.002	0.002	0.002	0.003	0.009	0.007	0.007	0.004	0.003	0.011	0.010	0.008												
22	0.002	0.002	0.002	0.003	0.012	0.007	0.006	0.003	0.003	0.010	0.009	0.007												
23	0.002	0.002	0.002	0.004	0.017	0.007	0.005	0.003	0.003	0.008	0.009	0.006												
24	0.002	0.002	0.002	0.003	0.015	0.008	0.005	0.003	0.003	0.007	0.009	0.005												
25	0.002	0.002	0.004	0.003	0.013	0.011	0.004	0.003	0.003	0.006	0.008	0.005												
26	0.002	0.001	0.008	0.003	0.016	0.014	0.004	0.003	0.003	0.006	0.007	0.004												
27	0.002	0.001	0.007	0.003	0.014	0.013	0.003	0.002	0.003	0.006	0.006	0.004												
28	0.002	0.001	0.008	0.004	0.012	0.011	0.006	0.002	0.004	0.005	0.012	0.004												
29	0.002		0.007	0.004	0.010	0.010	0.007	0.002	0.003	0.006	0.010	0.003												
30	0.002		0.007	0.006	0.009	0.009	0.009	0.002	0.003	0.006	0.009	0.003												
31	0.002		0.006		0.012		0.018	0.002		0.007		0.003	ANUAL											
PROM	0.003	0.002	0.003	0.004	0.008	0.007	0.009	0.007	0.003	0.011	0.008	0.007	0.006											
MIN	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.003	0.002	0.002	0.003	0.005	0.003	0.003											
MAX	0.004	0.002	0.008	0.006	0.017	0.014	0.018	0.017	0.004	0.021	0.013	0.014	0.011											





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**TABLA 25. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	MES												
1992	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.004	0.004	0.025	0.016	0.014	0.004	0.025	
2	0.003	0.002	0.002	0.001	0.002	0.006	0.004	0.021	0.014	0.012	0.003	0.027	
3	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.006	0.004	0.018	0.015	0.010	0.003	0.023	
4	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.005	0.003	0.015	0.014	0.011	0.003	0.023	
5	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.004	0.003	0.013	0.014	0.012	0.003	0.023	
6	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003	0.004	0.003	0.011	0.013	0.015	0.003	0.021	
7	0.002	0.002	0.002	0.001	0.005	0.004	0.002	0.009	0.011	0.014	0.003	0.021	
8	0.002	0.002	0.002	0.001	0.005	0.004	0.002	0.008	0.010	0.012	0.003	0.018	
9	0.002	0.002	0.002	0.001	0.004	0.004	0.002	0.009	0.008	0.013	0.004	0.016	
10	0.002	0.002	0.002	0.001	0.004	0.003	0.002	0.011	0.010	0.011	0.004	0.017	
11	0.002	0.002	0.002	0.001	0.005	0.003	0.002	0.009	0.008	0.012	0.005	0.017	
12	0.002	0.002	0.003	0.001	0.005	0.003	0.004	0.009	0.008	0.010	0.004	0.017	
13	0.002	0.002	0.004	0.001	0.004	0.003	0.009	0.010	0.009	0.009	0.005	0.015	
14	0.002	0.002	0.004	0.002	0.005	0.002	0.009	0.009	0.010	0.008	0.006	0.013	
15	0.002	0.002	0.004	0.002	0.005	0.002	0.008	0.008	0.009	0.007	0.007	0.015	
16	0.002	0.002	0.003	0.001	0.005	0.002	0.010	0.007	0.008	0.006	0.007	0.014	
17	0.002	0.002	0.003	0.001	0.004	0.002	0.008	0.013	0.007	0.005	0.008	0.013	
18	0.002	0.002	0.003	0.002	0.004	0.002	0.007	0.011	0.009	0.005	0.008	0.011	
19	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005	0.007	0.006	0.011	0.010	0.004	0.009	0.009	
20	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006	0.005	0.010	0.010	0.004	0.008	0.008	
21	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.006	0.007	0.009	0.009	0.004	0.007	0.007	
22	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.012	0.003	0.006	0.006	
23	0.002	0.002	0.002	0.002	0.006	0.004	0.005	0.007	0.015	0.006	0.008	0.006	
24	0.002	0.002	0.002	0.002	0.006	0.004	0.005	0.006	0.020	0.005	0.009	0.005	
25	0.002	0.002	0.002	0.002	0.005	0.003	0.004	0.005	0.018	0.007	0.012	0.005	
26	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.005	0.007	0.005	0.022	0.006	0.014	0.004	
27	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.004	0.007	0.009	0.022	0.006	0.017	0.004	
28	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.007	0.008	0.014	0.019	0.006	0.020	0.003	
29	0.002	0.002	0.001	0.002	0.003	0.006	0.009	0.017	0.016	0.005	0.024	0.003	
30	0.002		0.001	0.002	0.005	0.005	0.013	0.023	0.016	0.004	0.026	0.004	
31	0.002		0.001		0.005		0.017	0.019		0.004		0.004	
PROM	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.004	0.006	0.011	0.013	0.008	0.008	0.013	0.006
MIN	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.005	0.007	0.003	0.003	0.003	0.003
MAX	0.003	0.002	0.004	0.002	0.006	0.007	0.017	0.025	0.022	0.015	0.026	0.027	0.013





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**TABLA 26. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	MES											
1993	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
DIAS												
1	0.003	0.007	0.002	0.004	0.010	0.008	0.009	0.013	0.005	0.020	0.010	0.017
2	0.003	0.006	0.002	0.006	0.012	0.007	0.008	0.011	0.004	0.017	0.014	0.018
3	0.003	0.005	0.002	0.005	0.010	0.006	0.009	0.009	0.006	0.019	0.023	0.016
4	0.003	0.005	0.002	0.004	0.010	0.006	0.009	0.008	0.011	0.016	0.028	0.014
5	0.003	0.004	0.002	0.008	0.010	0.005	0.010	0.007	0.014	0.014	0.024	0.012
6	0.003	0.004	0.002	0.009	0.018	0.005	0.009	0.006	0.013	0.012	0.021	0.011
7	0.004	0.004	0.002	0.010	0.016	0.004	0.008	0.006	0.011	0.021	0.020	0.009
8	0.006	0.003	0.002	0.009	0.019	0.004	0.008	0.005	0.010	0.025	0.017	0.008
9	0.006	0.003	0.002	0.010	0.023	0.004	0.010	0.007	0.018	0.028	0.019	0.011
10	0.005	0.003	0.002	0.010	0.020	0.003	0.013	0.008	0.015	0.028	0.020	0.010
11	0.005	0.004	0.002	0.009	0.020	0.003	0.011	0.008	0.021	0.024	0.017	0.010
12	0.004	0.004	0.002	0.007	0.021	0.003	0.009	0.008	0.019	0.020	0.019	0.009
13	0.005	0.003	0.002	0.009	0.025	0.003	0.008	0.007	0.019	0.018	0.020	0.008
14	0.005	0.003	0.002	0.008	0.024	0.003	0.007	0.006	0.020	0.016	0.020	0.018
15	0.007	0.003	0.002	0.008	0.020	0.003	0.006	0.008	0.033	0.015	0.023	0.021
16	0.007	0.003	0.002	0.011	0.017	0.002	0.006	0.009	0.028	0.013	0.022	0.024
17	0.008	0.003	0.002	0.014	0.015	0.002	0.005	0.008	0.024	0.014	0.019	0.024
18	0.007	0.002	0.002	0.014	0.013	0.002	0.004	0.007	0.024	0.014	0.016	0.022
19	0.006	0.002	0.002	0.014	0.019	0.002	0.006	0.007	0.021	0.014	0.014	0.019
20	0.006	0.002	0.002	0.017	0.024	0.002	0.009	0.006	0.018	0.014	0.015	0.016
21	0.005	0.002	0.002	0.015	0.020	0.002	0.008	0.005	0.021	0.015	0.015	0.014
22	0.005	0.002	0.002	0.012	0.017	0.003	0.008	0.005	0.019	0.014	0.013	0.012
23	0.004	0.002	0.003	0.011	0.015	0.003	0.008	0.006	0.020	0.012	0.015	0.010
24	0.004	0.002	0.004	0.009	0.017	0.003	0.012	0.006	0.017	0.010	0.015	0.009
25	0.004	0.002	0.003	0.008	0.018	0.003	0.011	0.006	0.015	0.012	0.017	0.008
26	0.003	0.002	0.004	0.009	0.016	0.003	0.009	0.007	0.013	0.013	0.015	0.007
27	0.003	0.002	0.006	0.010	0.014	0.004	0.008	0.008	0.018	0.013	0.013	0.006
28	0.003	0.002	0.005	0.010	0.014	0.004	0.008	0.007	0.025	0.011	0.017	0.008
29	0.003		0.006	0.010	0.012	0.004	0.011	0.006	0.024	0.010	0.018	0.007
30	0.003		0.006	0.008	0.010	0.005	0.012	0.006	0.022	0.010	0.017	0.006
31	0.003		0.005		0.009		0.015	0.005		0.011		0.006
<b>ANUAL</b>												
PROM	0.004	0.003	0.003	0.010	0.016	0.004	0.009	0.007	0.018	0.016	0.018	0.013
MIN	0.003	0.002	0.002	0.004	0.009	0.002	0.004	0.005	0.004	0.010	0.010	0.006
MAX	0.008	0.007	0.006	0.017	0.025	0.008	0.015	0.013	0.033	0.028	0.028	0.024







 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**TABLA 28. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	1995											
	MES											
DIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.003	0.002	0.001	0.002	0.008	0.023	0.012	0.020	0.013	0.012	0.010	0.005
2	0.003	0.002	0.001	0.002	0.010	0.027	0.010	0.022	0.011	0.010	0.010	0.004
3	0.002	0.002	0.001	0.002	0.010	0.026	0.009	0.020	0.010	0.009	0.009	0.006
4	0.002	0.002	0.001	0.001	0.012	0.026	0.009	0.024	0.009	0.009	0.008	0.012
5	0.002	0.002	0.001	0.001	0.016	0.028	0.010	0.023	0.008	0.008	0.007	0.011
6	0.002	0.002	0.001	0.001	0.016	0.026	0.008	0.020	0.007	0.012	0.009	0.011
7	0.002	0.002	0.001	0.001	0.014	0.023	0.007	0.017	0.006	0.017	0.008	0.012
8	0.002	0.002	0.001	0.002	0.012	0.020	0.011	0.014	0.012	0.016	0.008	0.014
9	0.002	0.002	0.001	0.002	0.010	0.017	0.012	0.019	0.015	0.013	0.007	0.013
10	0.002	0.002	0.001	0.002	0.009	0.017	0.010	0.020	0.018	0.014	0.008	0.012
11	0.002	0.002	0.001	0.002	0.008	0.015	0.009	0.026	0.017	0.015	0.010	0.011
12	0.002	0.002	0.002	0.002	0.007	0.013	0.008	0.022	0.018	0.018	0.021	0.011
13	0.002	0.002	0.001	0.002	0.012	0.015	0.010	0.019	0.020	0.018	0.018	0.011
14	0.002	0.002	0.001	0.003	0.010	0.015	0.008	0.019	0.019	0.020	0.016	0.013
15	0.002	0.002	0.001	0.004	0.013	0.013	0.010	0.024	0.022	0.030	0.014	0.013
16	0.002	0.002	0.001	0.003	0.016	0.011	0.012	0.020	0.019	0.029	0.012	0.013
17	0.002	0.001	0.002	0.003	0.014	0.011	0.013	0.022	0.019	0.032	0.011	0.016
18	0.002	0.001	0.002	0.004	0.012	0.010	0.012	0.022	0.016	0.029	0.010	0.014
19	0.002	0.001	0.002	0.004	0.010	0.009	0.011	0.024	0.017	0.026	0.010	0.018
20	0.002	0.001	0.002	0.005	0.009	0.009	0.013	0.023	0.014	0.029	0.010	0.019
21	0.002	0.001	0.002	0.005	0.008	0.008	0.020	0.023	0.015	0.029	0.009	0.019
22	0.002	0.001	0.002	0.005	0.007	0.009	0.023	0.026	0.015	0.028	0.008	0.016
23	0.002	0.001	0.002	0.004	0.012	0.010	0.021	0.024	0.014	0.024	0.007	0.017
24	0.002	0.001	0.002	0.005	0.011	0.010	0.024	0.024	0.013	0.023	0.009	0.016
25	0.002	0.001	0.002	0.006	0.014	0.009	0.022	0.023	0.017	0.020	0.008	0.014
26	0.002	0.001	0.002	0.009	0.015	0.008	0.021	0.025	0.014	0.017	0.008	0.013
27	0.002	0.001	0.002	0.010	0.013	0.007	0.021	0.026	0.019	0.016	0.007	0.011
28	0.002	0.001	0.002	0.009	0.012	0.009	0.020	0.024	0.017	0.015	0.006	0.010
29	0.002		0.002	0.008	0.017	0.014	0.019	0.021	0.015	0.013	0.006	0.009
30	0.002		0.002	0.009	0.018	0.014	0.025	0.018	0.014	0.011	0.005	0.008
31	0.002		0.002		0.016		0.022	0.015		0.010		0.007
<b>ANUAL</b>												
<b>PROM</b>	0.002	0.002	0.002	0.004	0.012	0.015	0.014	0.022	0.015	0.019	0.010	0.012
<b>MIN</b>	0.002	0.001	0.001	0.001	0.007	0.007	0.007	0.014	0.006	0.008	0.005	0.004
<b>MAX</b>	0.003	0.002	0.002	0.010	0.018	0.028	0.025	0.026	0.022	0.032	0.021	0.019





 <p><b>Fondo Adaptación</b> Trabajamos en la Reconstrucción gestionando el Riesgo de Desastres</p>	ANÁLISIS DE GESTIÓN DEL RIESGO			
	Consultoría para la elaboración de estudios y diseños que incluyen los componentes de riesgo y/o amenaza para la recuperación y construcción de la Infraestructura de Agua potable y Saneamiento Básico, localizados en 3 Municipios del Departamento de Antioquia.			
	Vereda San Francisco - Municipio San Pedro de los Milagros - Antioquia	Agosto de 2014	Versión 1	

**TABLA 29. CAUDAL MEDIO DIARIO EN m3/s**

AÑO	1996											
	MES											
DIAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0.006	0.007	0.029	0.010	0.013	0.035	0.023	0.016	0.012	0.008	0.010	0.006
2	0.006	0.007	0.025	0.010	0.011	0.030	0.025	0.014	0.015	0.007	0.009	0.006
3	0.005	0.008	0.023	0.010	0.011	0.031	0.029	0.013	0.015	0.007	0.008	0.006
4	0.005	0.010	0.022	0.010	0.009	0.030	0.041	0.022	0.013	0.008	0.007	0.006
5	0.005	0.012	0.024	0.011	0.011	0.028	0.035	0.022	0.012	0.010	0.006	0.007
6	0.005	0.012	0.029	0.010	0.011	0.024	0.036	0.022	0.010	0.009	0.006	0.006
7	0.006	0.012	0.029	0.008	0.015	0.020	0.033	0.019	0.009	0.008	0.005	0.005
8	0.006	0.015	0.027	0.007	0.017	0.018	0.031	0.020	0.008	0.007	0.005	0.005
9	0.005	0.018	0.027	0.007	0.014	0.015	0.027	0.020	0.007	0.007	0.004	0.005
10	0.005	0.019	0.029	0.007	0.015	0.013	0.029	0.020	0.006	0.007	0.005	0.005
11	0.005	0.017	0.028	0.007	0.017	0.011	0.028	0.017	0.006	0.007	0.005	0.005
12	0.008	0.016	0.024	0.006	0.015	0.010	0.024	0.015	0.005	0.006	0.004	0.005
13	0.008	0.014	0.021	0.006	0.016	0.009	0.021	0.013	0.005	0.010	0.005	0.005
14	0.014	0.012	0.019	0.006	0.014	0.011	0.018	0.012	0.004	0.014	0.013	0.004
15	0.015	0.011	0.031	0.007	0.022	0.013	0.015	0.011	0.004	0.019	0.011	0.004
16	0.015	0.009	0.028	0.006	0.022	0.019	0.013	0.009	0.004	0.018	0.011	0.004
17	0.013	0.008	0.024	0.005	0.029	0.023	0.011	0.015	0.004	0.019	0.017	0.003
18	0.014	0.011	0.021	0.005	0.035	0.020	0.010	0.013	0.004	0.016	0.015	0.003
19	0.015	0.012	0.018	0.006	0.038	0.020	0.010	0.011	0.006	0.015	0.013	0.003
20	0.019	0.016	0.015	0.005	0.036	0.021	0.026	0.011	0.008	0.014	0.011	0.003
21	0.019	0.018	0.018	0.009	0.031	0.020	0.025	0.013	0.007	0.012	0.010	0.003
22	0.020	0.020	0.017	0.010	0.028	0.017	0.021	0.012	0.006	0.013	0.014	0.003
23	0.018	0.019	0.019	0.010	0.025	0.017	0.018	0.012	0.006	0.011	0.013	0.003
24	0.015	0.016	0.016	0.009	0.024	0.021	0.016	0.015	0.005	0.010	0.011	0.003
25	0.013	0.014	0.017	0.011	0.026	0.024	0.023	0.016	0.005	0.009	0.010	0.002
26	0.011	0.013	0.015	0.009	0.031	0.024	0.020	0.015	0.004	0.008	0.008	0.002
27	0.010	0.021	0.013	0.010	0.028	0.021	0.019	0.013	0.006	0.011	0.007	0.002
28	0.009	0.023	0.012	0.012	0.034	0.018	0.019	0.012	0.005	0.013	0.007	0.002
29	0.008	0.027	0.012	0.015	0.036	0.017	0.023	0.015	0.007	0.012	0.006	0.002
30	0.007		0.013	0.015	0.045	0.019	0.022	0.013	0.008	0.011	0.006	0.002
31	0.006		0.012		0.038		0.019	0.012		0.012		0.002
PROM	0.010	0.014	0.021	0.009	0.023	0.020	0.023	0.015	0.007	0.011	0.009	0.004
MIN	0.005	0.007	0.012	0.005	0.009	0.009	0.010	0.009	0.004	0.006	0.004	0.002
MAX	0.020	0.027	0.031	0.015	0.045	0.035	0.041	0.022	0.015	0.019	0.017	0.007
												<b>ANUAL</b>
												0.014
												0.007
												0.025

