



República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTÁ, MEJOR PARA TODOS”

ESTUDIO HIDRULICO E HIDROLOGICO

PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE EN LA VEREDA SAN PEDRO SOBRE LA QUEBRADA SAN PEDRO EN EL MUNICIPIO DE SOCOTÁ, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ"



ESTUDIO HIDRAULICO E HIDROLOGICO

FEBRERO DE 2019.

Carrera 3 No. 2-78 Parque Principal
Telefax 098 – 7820118
www.socota-boyaca.gov.co - alcaldia@socota-boyaca.gov.co



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
RESEÑA MUNICIPIO	3
GEOGRAFÍA.....	4
LOCALIZACIÓN Y ACCESO	5
LÍMITES DEL MUNICIPIO	5
EXTENSION	6
DIVISION TERRITORIAL.....	7
ESTUDIOS HIDROLOGICOS	10
METODOLOGÍA.....	10
CARTOGRAFÍA.....	10
ANÁLISIS DE LLUVIAS.....	11
Curvas Intensidad Duración Frecuencia	13
OTROS FENÓMENOS CLIMATOLÓGICOS	19
Temperatura.....	19
HISTOGRAMA DE VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA ESTACIÓN EL CARDON:	19
HUMEDAD ATMOSFERICA:.....	20
EVAPORACION Y NUBOSIDAD:	21
RECORRIDO DEL VIENTO:.....	21
Brillo solar	22



República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTÁ, MEJOR PARA TODOS”

INTRODUCCIÓN

Los municipios de Colombia son cada vez más conscientes de la obligatoriedad legal y política de asumir las responsabilidades inherentes a los procesos de desarrollo en el país, de tal forma que implementar y afianzar procesos de planificación y desarrollo en sus jurisdicciones resulta la manera más eficiente de programar las acciones de gobierno en orden de magnitud e impacto social, de fortalecer la estructura institucional de la municipalidad, de aprovechar los recursos disponibles y de mejorar las condiciones de bienestar de los ciudadanos.

En este entendido, y una vez identificada la necesidad de realizar el proyecto; **CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE EN LA VEREDA SAN PEDRO SOBRE LA QUEBRADA SAN PEDRO EN EL MUNICIPIO DE SOCOTÁ, DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**, considerando su urgencia y necesidad la administración municipal actual, ordena el inicio de estudios y diseños necesarios para solucionar el problema existente; “ el puente existente sobre la vía terciaria del municipio de Socotá que comunica las veredas de San Pedro, con la vereda de La Estancia y sigue al casco dando curso hasta el casco urbano del municipio de Socotá está en muy mal estado, y el riesgo que representa pasar sobre el puente existente pone en riesgo la vida de transeúntes y visitantes, en este orden de ideas se quiere beneficiar a toda la comunidad Socotense que transita por esta vía, y principalmente las rutas escolares con los niños de estos sectores que al no existir otra forma de llegar a sus escuelas tiene que arriesgar su integridad pasando por este puente que no ofrece mayores garantías”

Dentro de los diseños de las obras necesarias para la construcción del Proyecto que adelanta la administración municipal, se encuentran los Estudios de Hidrología, Hidráulica y Socavación que tiene por objetivo la definición de los parámetros hidráulicos necesarios para el dimensionamiento de la estructura de este puente en consideración.

El presente documento contiene los parámetros, criterios y metodología de cálculo general aplicados para la realización de los estudios de hidrología, hidráulica y socavación requeridos para el dimensionamiento y protección del proyecto.

RESEÑA MUNICIPIO

Año de Fundación : 1.822 Año de creación municipal : 1.827

El grupo primigenio de la conformación étnica del pueblo boyacense es el indígena, representado fundamentalmente por la población Chibcha o Muisca, quienes poblaron la región que en la actualidad se conoce como altiplano Cundiboyacense y sectores de los departamentos Santander y Casanare. Uno de los principales cacicatos del pueblo Chibcha fue el de Tundama, al cual tributaba el pueblo de Socotá y se extendía hasta Soatá e incluía pueblos indígenas como los Tunebos o U'wa, los Laches, ubicados en cercanías del nevado del Cocuy que incluían las tribus de los Chiscas, Guacamamayas, Panquebas, Tequias, Uras, y otras, laboraban la sal en el gran manantial de agua salada de la Salina, desarrollaron sus labores con base en el calendario agrícola y teniendo sus observaciones meteorológicas y climáticas, utilizaron las terrazas para sus cultivos.

El 6 de agosto de 1.539, Gonzalo Suárez Rendón hizo la fundación hispánica de Tunja, en el Lugar en donde existía la antigua Hunza de los Chibchas, al día siguiente el 7 de agosto, se fundó la



provincia de Tunja, que comprendía gran parte del territorio de Boyacá. La extensión de la provincia, entre 1.539 y 1.607 fue considerable, pues comprendía las tierras de los Pedraza y barrían hasta el lago de Maracaibo en Venezuela.

En la época colonial se formaron los pueblos boyacenses. Algunos surgieron de los antiguos poblados indígenas, otros alrededor de los templos doctrineros, de las encomiendas y resguardos; y otros fueron fundados por los españoles en categoría de ciudades o villas. De los antiguos poblados indígenas, surgieron algunos pueblos como Ráquira, Tinjacá, Tenza, Somondoco, Combita, Cucaita, Samacá, Tuta, Oicatá, Soatá, Boavita, Betéitiva, Susacón, Tópaga, Busbanzá, Socotá y otros.

El siglo XIX representa en la historia de Colombia la tendencia hacia la consolidación nacional. La Constitución de Cúcuta de 1.821 dividió la República en Departamentos, provincias, cantones, y parroquias. Así se creó el departamento de Boyacá en la antigua provincia de Tunja y se dividió en las provincias de Tunja, Socorro, Pamplona y Casanare.

Después de la desintegración de la Gran Colombia en 1.830, surgió el Estado de la Nueva Granada. Según la ley fundamental del 21 de noviembre de 1.831, fueron suprimidos los departamentos y prefecturas y el país se dividió en 18 provincias. En 1.845 la provincia de Tunja tenía 8 cantones, entre ellos el de El Cocuy con 9 parroquias.

A partir de 1.851, La Nueva Granada entró en el proceso político nacional con tendencias hacia la federación del estado de Boyacá con las provincias de Tunja, Tundama y Casanare, aprobando el nuevo estado su propia constitución Federal.

La Constitución Nacional de 1886, creó la República de Colombia y denominó Departamentos a los antiguos estados federados. En 1.908 la República de Colombia se dividió en 35 departamentos, en Boyacá surgieron los departamentos de Tunja, Santa Rosa y Chiquinquirá y se organizó la Intendencia de Casanare. Mediante la Ley 65 de 1.909, se restableció la división territorial que existía en 1.905 y así se organizó definitivamente el territorio del departamento de Boyacá.

La división en provincias y cantones desde mediados del siglo XIX se reflejó en la consolidación de las provincias que conforman en la actualidad el Departamento de Boyacá y entre las que se cuenta la provincia de Valderrama, a la cual pertenece Socotá.

Socotá se hizo presente en las letras, y la historia durante el siglo XVIII. Sobresale en 10 la Nueva Granada el cura Basilio Vicente de Oviedo, (1.699 – 1.774), natural de esta población y considerado el primer historiador nacido en Boyacá y en la Nueva Granada, fue párroco de varios pueblos de la provincia de Tunja y Santafé y comisario del santo oficio. Se destacan sus obras “Cualidades y Riquezas del Nuevo Reino de Granada”, en ella se presentan estudios monográficos de los rublos neogranadinos y “pensamientos y noticias escogidas para utilidad de los curas”, que incluyen aspectos históricos de los curatos del Nuevo Reino y sus circunstancias.

* (Esquema de Ordenamiento Territorial) EOT Socotá

GEOGRAFÍA

Descripción Física:

El Municipio de Socotá está localizado en la región Andina colombiana, en la parte nororiental del Departamento de Boyacá, sobre la Cordillera Oriental de los Andes. Se caracteriza por una



compleja topografía, por relieves escarpados y erosionados, de material sedimentario del terciario y mesozoico, posee considerables depósitos minerales de carbón, en sectores de las veredas Guatátamo, Coscativa Jordán y San Pedro, Guarca, Aposentos, Comeza Baho, Hato Cochía, El Morro y La Cabrerita explotados sin mayor técnica, con condiciones mínimas de seguridad. Ver figura N°1.

Figura 1. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE SOCOTA

El Municipio de Socotá se localiza en las siguientes coordenadas:

NORTE: X1: 1.129.000 X2: 1.169.000

SUR : Y1: 1.156.000 Y2: 1.168.000 *

El territorio municipal de Socotá hace parte de la zona norte del Departamento de Boyacá, en la provincia de Valderrama, junto con los Municipios de Socha, capital de Provincia, Paz de Río, Tasco, Jericó, Chita y Betéitiva. Sus condiciones productivas son escasas, toda vez que además de la regular calidad de los suelos, las zonas aptas para actividades agropecuarias son escasas, los accesos son regulares, lo que eleva el costo de transporte de insumos y otros productos. Los precios de venta de productos y bienes generados en el Municipio desestimulan al productor, haciendo que se desplace a otras actividades y a otros lugares del departamento o del país

LOCALIZACIÓN Y ACCESO

El Municipio de Socotá se encuentra localizado a 274 kilómetros de Santafé de Bogotá por la vía que conduce a Tunja y Cúcuta. Para su acceso principal se requiere transitar por los Municipios de Duitama, Belén, Paz de Río y Socha. Su distancia de Tunja, capital del Departamento, es de 133.6 Kilómetros.

A partir de la población de Belén, lugar en donde se inicia hacia el oriente la carretera de la Libertad, que conduce al Municipio de Sácama en el Departamento de Casanare, cruza el Departamento de Arauca y termina en la república de Venezuela y luego de

36.1 kilómetro de recorrido se encuentra la población de Socha, desde allí, por la misma vía de la Libertad, a seis (6) Kilómetros se encuentra El Alto de la Sagra, lugar desde donde se inicia la vía comunica el Municipio con las poblaciones de Jericó y Chita, pasando por las veredas El Morro, Motavita, Mausa y Peña Blanca.

La carretera de la Libertad continua con un recorrido cercano a los 27 kilómetros por jurisdicción Municipal de Socotá, cruzando algunas veredas del sector centro occidental como Coscativa, Comeza Baho, Comeza Hoyada, los Pinos, Corral de Piedra y el Cardón, Cruzando luego a los Municipios de Chita, La Salina y Sácama

LÍMITES DEL MUNICIPIO

La localidad de Socotá limita de manera general con los siguientes Municipios:

- Al norte con los Municipios de Jericó y Chita.
- Al sur con los Municipios de Mongua y Pisba



República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

El Municipio de Socotá aloja acerca del 64% de las 45.000 hectáreas de extensión del Parque Natural Nacional Páramo de Pisba (29.000Has), cuya administración y manejo corresponde al Ministerio del Medio Ambiente a través de la Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales, y en donde se sitúa una invaluable riqueza ecológica y nacen entre otros los ríos Arzobispo, Payero o Pisba, Pauto y Cravo Sur, lo cual significa que el 48.3% de la extensión del Municipio corresponde a la zona del Páramo de Pisba, que bien debería llamarse Páramo de Socotá

Extensión total: 600.11 Km²

Extensión área urbana: 1 Km²

Extensión área rural: 599.11 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 2443

Temperatura media: 17^o C

Distancia de referencia: a 134Km de la Capital del Departamento Tunja

DIVISION TERRITORIAL

Las referencias documentales de la distribución territorial de Socotá, especialmente la información que maneja el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, indica que el sector rural del Municipio se divide en 20 veredas. Esta distribución territorial ha variado notoriamente, identificándose en la actualidad 39 veredas. Tal situación se describe en la información relacionada en la tabla 1.

Las veredas de mayor extensión son a su vez las más alejadas de los centros urbanos aledaños, o con menores posibilidades de transporte y desplazamiento, localizadas en la zona nororiental del municipio, veredas El Verde, Mortiños, La Manga, y en el sector sur, vereda Chipa Viejo, el Oso, La reforma, Pueblo Viejo y el sector de Farasí, que debe considerarse como una vereda para efectos de cobertura en educación y organización comunal, la comunidad las considera como tal, Estas últimas se localizan dentro del Parque Nacional Natural de Pisba y se conocen como “veredas lejanas”.

Tabla 1. División territorial del Municipio de Socotá.

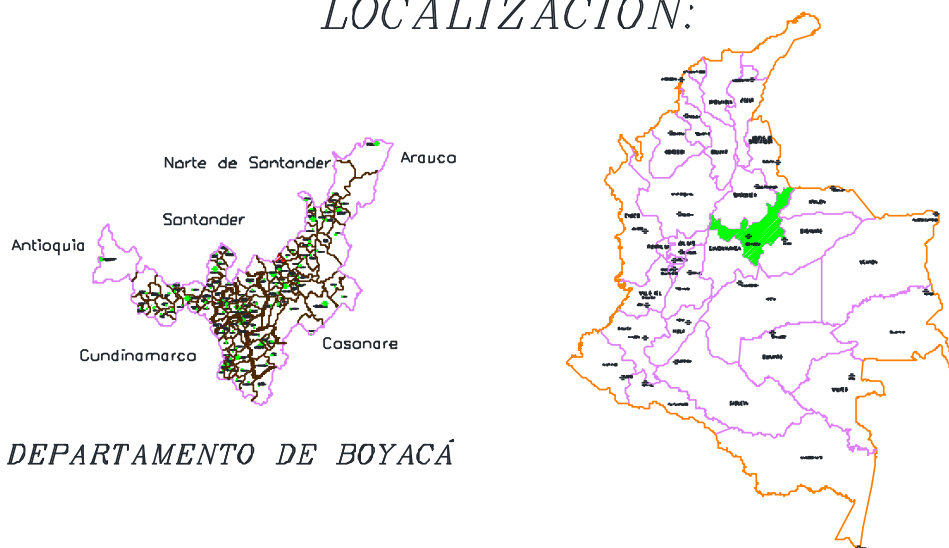
No.	VEREDA	EXTENSIÓN-Km ²	% DE ÁREA
1	APOSENTOS	3.04	0,51%
2	EL CARDON	20.19	3,33%
3	CENTRO COCHIA	2.76	0,46%
4	CHIPA VIEJO	65.19	10,86%
5	CHUSVITA	4.62	0,77%
6	LA CIMARRONA	1.11	0,18%
7	COMAITA	2.82	0,47%
8	COMEZA BAHÓ	7.32	1,22%
9	COMEZA HOYADA	12.65	2,11%
10	CORRAL DE PIEDRA	6.34	1,06%
11	COSCATIVA JORDAN	2.82	0,47%
12	COSCATIVA TABOR	2.86	0,48%
13	EL OSO	40.81	6,80%
14	EL VERDE	9.28	1,55%



República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

15	FRAILEJONAL	8.65	1,44%
16	FRAY LUIS	7.19	1,20%
17	GUAQUIRA	3.26	0,54%
18	GUARCA	3.99	0,66%
19	GUATATAMO	2.86	0,48%
20	GUIITA	6.17	1,03%
21	HATO COCHIA	1.16	0,19%
22	HATO PARPA	7.04	1,17%
23	LA ESTANCIA	4.81	0,80%
24	LA MANGA	12.14	2,02%
25	LA REFORMA	22.62	3,38%
26	LA VEGA	0.48	0,08%
27	LOS PINOS	23.37	3,89%
28	MAUSA	6.01	1,00%
29	MORRO	5.17	0,86%
30	MORTIÑOS	9.67	1,61%
31	MOTATIVA	4.12	0,69%
32	PEÑA BLANCA	4.98	0,83%
33	PLAYON	2.78	0,46%
34	PUEBLO NUEVO	2.63	0,44%
35	PUEBLO VIEJO	223.48	37,24%
36	ROMAZA	47.06	7,84%
37	SAN JOSE PARPA	1.58	0,26%
38	SAN PEDRO	2.25	0,37%
39	SAN RAFAEL	4.83	0,80%
EXTENSIÓN MUNICIPAL		600.11Km2	100%

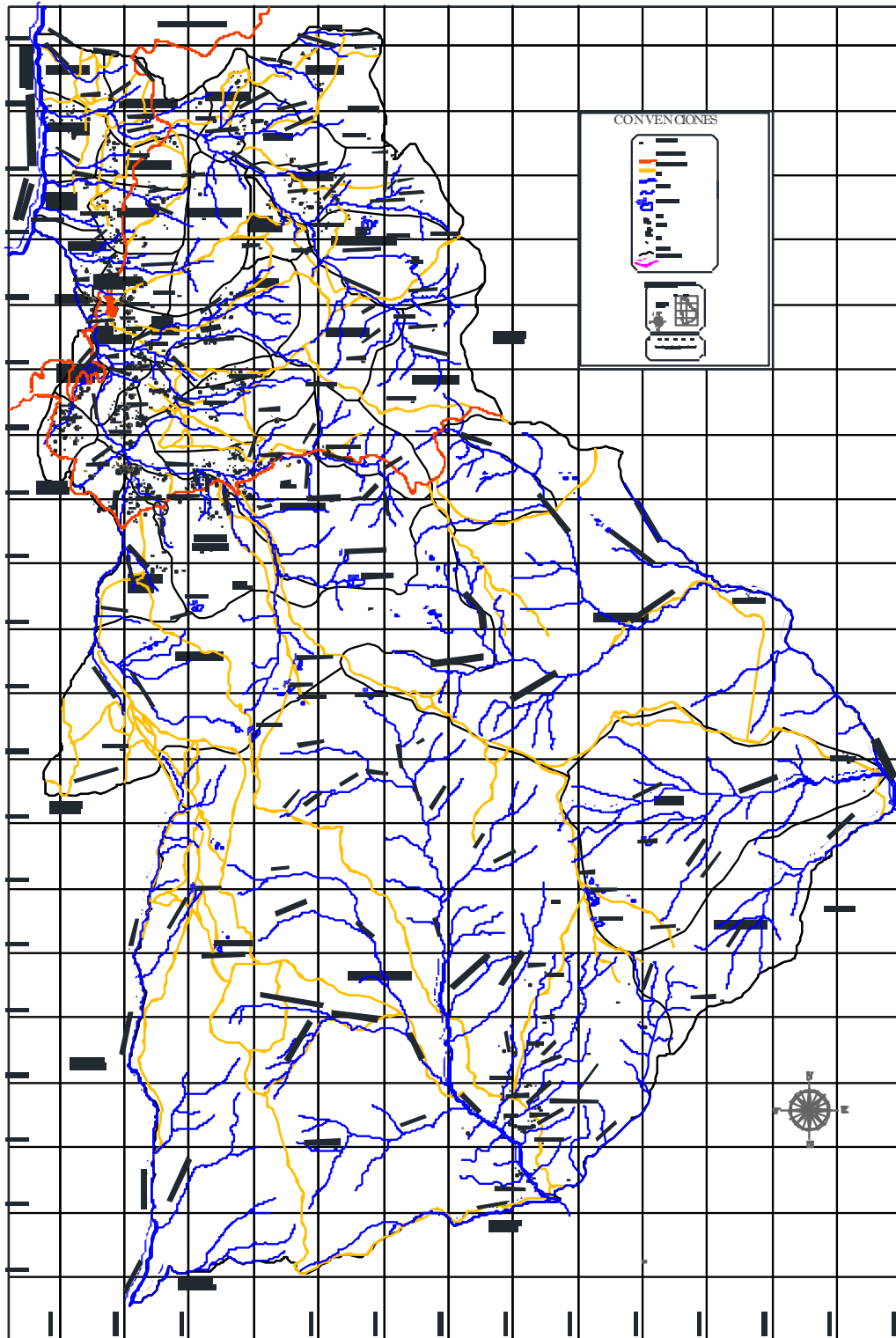
LOCALIZACION:



DEPARTAMENTO DE BOYACÁ



República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTÁ, MEJOR PARA TODOS”





ESTUDIOS HIDROLOGICOS

RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE

Se recopiló información de las estaciones climatológicas e hidrométricas localizadas en la zona de influencia del proyecto y áreas vecinas con el objeto de lograr una descripción adecuada de las características hidrológicas de las zonas aferentes al proyecto. Así como los datos consignados en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Socotá.

En cuanto a estaciones hidrométricas, el IDEAM opera las siguientes estaciones.

Tabla 6.1 Estaciones climatológicas e hidrométricas.

ENTIDAD	CODIGO	NOMBRE	TIPO	MUNICIPIO	DESDE
IDEAM	24030170	SOCOTA [24030170]	PM	SOCOTA	2011
IDEAM	24030570	APOSENTOS [24030570]	PM	SOCOTA	1971
IDEAM	35235010	CARDON EL [35235010]	PM	SOCOTA	1970

PM=Pluviométrica; SP=Sinóptica Principal; CP=Climatológica Principal.

NOTA. De la Estación 24030570 APOSENTOS No se reportan datos por el IDEAM.

ESTACIONES HIDROMÉTRICAS EN LA REGIÓN

PERIODO DE REGISTRO	ESTACION	ELEVACIÓN (M.S.N.M)	PRECIPITACIÓN Valor medio anual (m.m)	TEMPERATURA Valor medios Mensuales (0C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
1.980- 1.999	El Cardón (Socotá)	3.590	2.547.40	6.0	90

FUENTE. EOT SOCOTA.

METODOLOGÍA

La información hidrológica disponible no es muy amplia en su cubrimiento espacial, motivo por el cual se hace necesario utilizar criterios regionales para el manejo de los diseños. En este orden de ideas se realizó la solicitud de información ante el IDEAM, Para los cuales se dispone de una estación hidrométrica inmediatamente aguas arriba del futuro puente, SEGÚN DATOS DE LA TABLA 6.1.

CARTOGRAFÍA

La base cartográfica general del proyecto está conformada por los planos presentes en el esquema de ordenamiento territorial, así como los planos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, y la información de los levantamientos topográficos detallados, suficientes para definir las características morfo métricas de las cuencas necesarias para la aplicación de las metodologías para convertir lluvias en caudales de diseño.



ANÁLISIS DE LLUVIAS

Precipitación Media Multianual

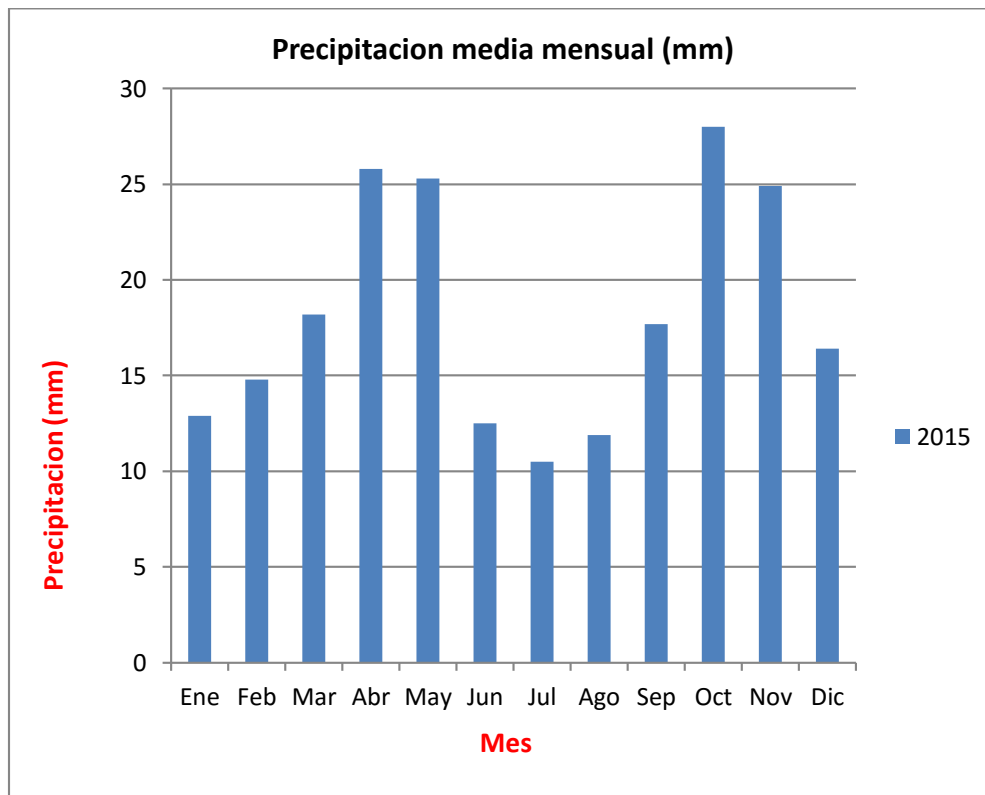
Se recopiló información de las estaciones cercanas al sitio de proyecto y a partir de la información media multianual de las estaciones se construyó un análisis de isoyetas medias multianuales. La precipitación es de carácter orográfico dominado por la orientación y enfrentamiento de la cordillera a las masas de humedad de la zona.

En el propio corredor la precipitación es mayor en el extremo norte del proyecto alcanzando los 719.6 milímetros anuales, considerada dentro de unos rangos normales y típicos de la zona de influencia del proyecto.

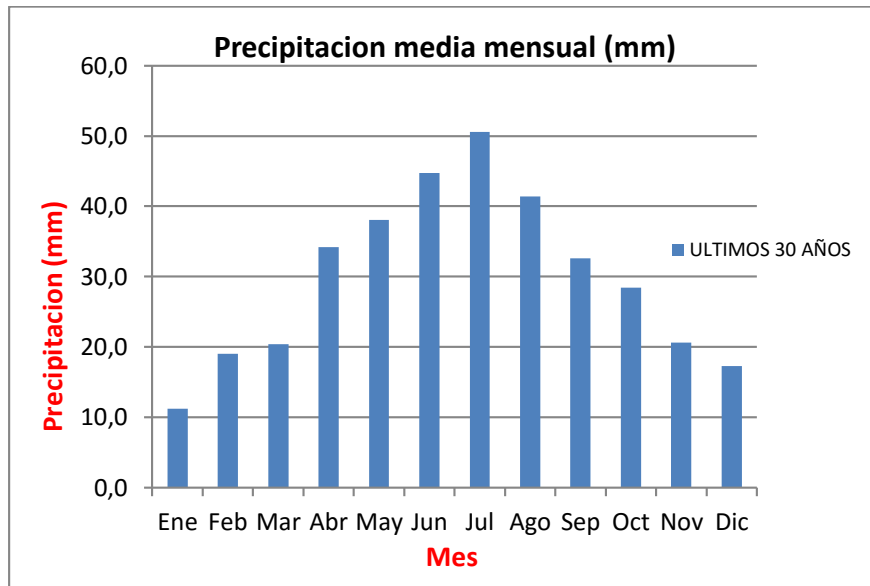
Precipitación Mensual

En las siguientes figuras se presenta la variación registrada de la precipitación a lo largo del año en las estaciones seleccionadas, observándose el régimen bimodal propio de la zona central andina. Se observa una precipitación importante en los meses de enero a marzo, desdibujándose la presencia de un período seco importante en los primeros meses del año.

La distribución de las lluvias en las diversas estaciones analizadas muestra un período seco en enero, febrero y marzo muy similar al observado en julio y agosto, no siendo esta definición claramente marcada en todas las estaciones.



ESTACION: 24030170 SOCOTA



ESTACIO: 35235010 EL CARDON

A continuación se muestran el resumen de los valores máximos mensuales de precipitación, sobre los cuales se concluyéndose que las tormentas son mayores en la parte alta del corredor donde se esperan valores cercanos a 90.3 milímetros de la tormenta media en 24 horas según datos de la estación El Cardón, mientras en la zona de la estación Socotá se esperan tormentas de menor cuantía con valores del orden de 71 milímetros como promedio de máximos en 24 horas. Ver anexo, datos recopilación de información.

En este orden de ideas se aclara que aunque los datos de las estaciones nos permitirán realizar el análisis hidrológico, cabe mencionar que las estaciones se encuentran retiradas del sitio de estudio del proyecto, y la más cercana la del Cardón tiene área de influencia por otro corredor, lo que para condiciones de diseño nos establece una condición crítica o máxima como factor de seguridad en el resultado final.

En la Tabla siguiente se han calculado valores de tormentas asociadas a diferentes períodos de retorno para todas las dos estaciones. Para determinar estos valores se calcularon el promedio y la desviación estándar de las series de máximos anuales en cada estación y se aplicó una relación que asocia el valor con un periodo de retorno con estos parámetros de la forma:

$$P(tr) = K(tr) * Desviación + Media$$

Los valores del parámetro K(tr) se tomaron de la tabla 11-5 del texto “Hidrología para ingenieros” de Linsley, Kohler y Paulus1.

PERIODO DE RETORNO	k	MEDIA	SOCOTA
5	0.866	17.38	14.30
10	1.54	14.05	2.63
25	2.39	18.7	-2.62
50	3.03	5.83	-14.58



PERIODO DE RETORNO	k	MEDIA	EL CARDON
5	0.866	26.65	25.00
10	1.54	26.71	10.85
25	2.39	33.58	3.59
50	3.03	25.59	8.06

Encontrando valores, no representativos, o que simplemente no pondrían en riesgo la consideración de diseño de estructuras tales como pontones, alcantarillas y puentes, soporta de caso fortuito o inesperado.

CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA

Para la aplicación de diferentes metodologías para obtener los caudales de diseño en las obras a partir de la información pluviométrica se han construido unas curvas de intensidad - duración - frecuencia aplicable a la cuencas que atraviesa el corredor vial. Se ha consultado las curvas desarrolladas en estudios anteriores y en otros proyectos en regiones cercanas y se ha adoptado utilizar unas curvas sintéticas utilizando la metodología desarrollada por Vargas y Díaz-granados2 con algunas pequeñas modificaciones.

Para este cálculo en adelante se tomarán los datos anexos suministrados por el IDEAM, de la estación el Cardón, considerando la mayor influencia y que dicha estación muestra los datos necesarios para este análisis.

En este orden de ideas, procesamos los datos de:

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm), a los cuales realizamos una Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel. En

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

adelante hacemos una representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

En la cual:

- I = Intensidad (mm/hr).
- t = Duración de la lluvia (min).
- T = Período de retorno (años).



K, m, n = Parámetros de ajuste.

Realizando un cambio de variable:

$$d = K \cdot T^m \quad I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	63,3923	73,5121	80,2124	88,6781	94,9585	101,1925	115,5983
18 hr	X18 = 91%	57,6870	66,8961	72,9932	70,9425	86,4122	92,0851	105,1944
12 hr	X12 = 80%	50,7138	58,8097	64,1699	70,9425	75,9668	80,9540	92,4786
8 hr	X8 = 68%	43,1068	49,9883	54,5444	60,3011	64,5718	68,8109	78,6068
6 hr	X6 = 61%	38,6693	44,8424	48,9295	54,0936	57,9247	61,7274	70,5149
5 hr	X5 = 57%	36,1336	41,9019	45,7210	50,5465	54,1263	57,6797	65,8910
4 hr	X4 = 52%	32,9640	38,2263	41,7104	46,1126	49,3784	52,6201	60,1111
3 hr	X3 = 46%	29,1605	33,8156	36,8977	40,7919	43,6809	46,5485	53,1752
2 hr	X2 = 39%	24,7230	28,6697	31,2828	34,5845	37,0338	39,4651	45,0833
1 hr	X1 = 30%	19,0177	22,0536	24,0637	26,6034	28,4875	30,3577	34,6795

$$I = \frac{P \text{ [mm]}}{t_{\text{duración}} \text{ [hr.]}}$$

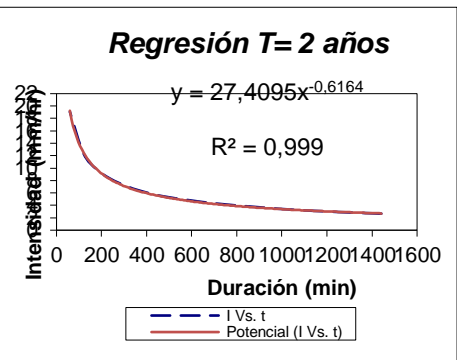
Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	2,6413	3,0630	3,3422	3,6949	3,9566	4,2164	4,8166
18 hr	1080	3,2048	3,7164	4,0552	3,9412	4,8007	5,1158	5,8441
12 hr	720	4,2262	4,9008	5,3475	5,9119	6,3306	6,7462	7,7066
8 hr	480	5,3883	6,2485	6,8181	7,5376	8,0715	8,6014	9,8259
6 hr	360	6,4449	7,4737	8,1549	9,0156	9,6541	10,2879	11,7525
5 hr	300	7,2267	8,3804	9,1442	10,1093	10,8253	11,5359	13,1782
4 hr	240	8,2410	9,5566	10,4276	11,5282	12,3446	13,1550	15,0278
3 hr	180	9,7202	11,2719	12,2992	13,5973	14,5603	15,5162	17,7251
2 hr	120	12,3615	14,3349	15,6414	17,2922	18,5169	19,7325	22,5417
1 hr	60	19,0177	22,0536	24,0637	26,6034	28,4875	30,3577	34,6795

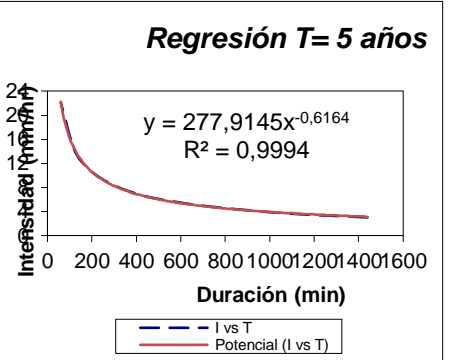


República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

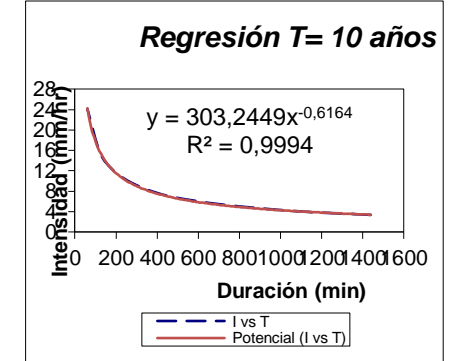
Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	2,6413	7,2724	0,9713	7,0636	52,8878
2	1080	3,2048	6,9847	1,1647	8,1348	48,7863
3	720	4,2262	6,5793	1,4413	9,4826	43,2865
4	480	5,3883	6,1738	1,6842	10,3981	38,1156
5	360	6,4449	5,8861	1,8633	10,9675	34,6462
6	300	7,2267	5,7038	1,9778	11,2809	32,5331
7	240	8,2410	5,4806	2,1091	11,5593	30,0374
8	180	9,7202	5,1930	2,2742	11,8098	26,9668
9	120	12,3615	4,7875	2,5146	12,0386	22,9201
10	60	19,0177	4,0943	2,9454	12,0594	16,7637
10	4980	78,4726	58,1555	18,9458	104,7946	346,9435
Ln (d) =	5,4792		d = 239,6562		n = -0,6164	



Periodo de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	3,0630	7,2724	1,1194	8,1407	52,8878
2	1080	3,7164	6,9847	1,3128	9,1693	48,7863
3	720	4,9008	6,5793	1,5894	10,4571	43,2865
4	480	6,2485	6,1738	1,8323	11,3125	38,1156
5	360	7,4737	5,8861	2,0114	11,8393	34,6462
6	300	8,3804	5,7038	2,1259	12,1256	32,5331
7	240	9,5566	5,4806	2,2572	12,3711	30,0374
8	180	11,2719	5,1930	2,4223	12,5789	26,9668
9	120	14,3349	4,7875	2,6627	12,7476	22,9201
10	60	22,0536	4,0943	3,0935	12,6658	16,7637
10	4980	90,9999	58,1555	20,4269	113,4079	346,9435
Ln (d) =	5,6273		d = 277,9145		n = -0,6164	



Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	3,3422	7,2724	1,2066	8,7750	52,8878
2	1080	4,0552	6,9847	1,4000	9,7786	48,7863
3	720	5,3475	6,5793	1,6766	11,0310	43,2865
4	480	6,8181	6,1738	1,9196	11,8510	38,1156
5	360	8,1549	5,8861	2,0986	12,3527	34,6462





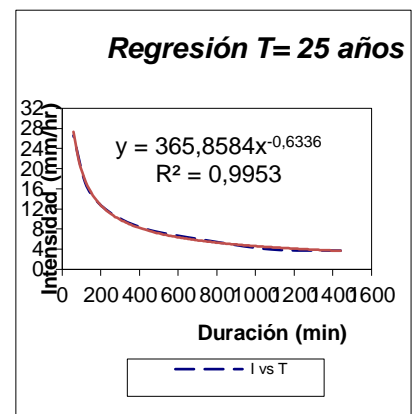
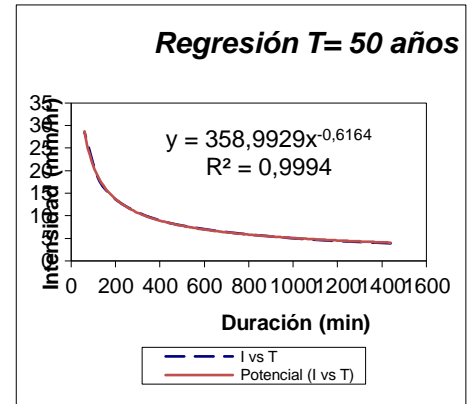
República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

6	300	9,1442	5,7038	2,2131	12,6232	32,5331
7	240	10,4276	5,4806	2,3445	12,8491	30,0374
8	180	12,2992	5,1930	2,5095	13,0319	26,9668
9	120	15,6414	4,7875	2,7499	13,1652	22,9201
10	60	24,0637	4,0943	3,1807	13,0229	16,7637
10	4980	99,2940	58,1555	21,2992	118,4806	346,9435
Ln (d) = 5,7145		d = 303,2449		n = -0,6164		

Periodo de retorno para T = 25 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	3,6949	7,2724	1,3070	9,5047	52,8878
2	1080	3,9412	6,9847	1,3715	9,5795	48,7863
3	720	5,9119	6,5793	1,7770	11,6911	43,2865
4	480	7,5376	6,1738	2,0199	12,4705	38,1156
5	360	9,0156	5,8861	2,1990	12,9433	34,6462
6	300	10,1093	5,7038	2,3135	13,1955	32,5331
7	240	11,5282	5,4806	2,4448	13,3990	30,0374
8	180	13,5973	5,1930	2,6099	13,5530	26,9668
9	120	17,2922	4,7875	2,8503	13,6456	22,9201
10	60	26,6034	4,0943	3,2810	13,4337	16,7637
10	4980	109,2317	58,1555	22,1737	123,4158	346,9435
Ln (d) = 5,9022		d = 365,8584		n = -0,6336		

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	3,9566	7,2724	1,3754	10,0024	52,8878
2	1080	4,8007	6,9847	1,5688	10,9573	48,7863
3	720	6,3306	6,5793	1,8454	12,1413	43,2865
4	480	8,0715	6,1738	2,0883	12,8929	38,1156
5	360	9,6541	5,8861	2,2674	13,3461	34,6462
6	300	10,8253	5,7038	2,3819	13,5857	32,5331
7	240	12,3446	5,4806	2,5132	13,7740	30,0374
8	180	14,5603	5,1930	2,6783	13,9083	26,9668
9	120	18,5169	4,7875	2,9187	13,9732	22,9201
10	60	28,4875	4,0943	3,3495	13,7139	16,7637
10	4980	117,5480	58,1555	22,9868	128,2951	346,9435
Ln (d) = 5,8833		d = 358,9929		n = -0,6164		

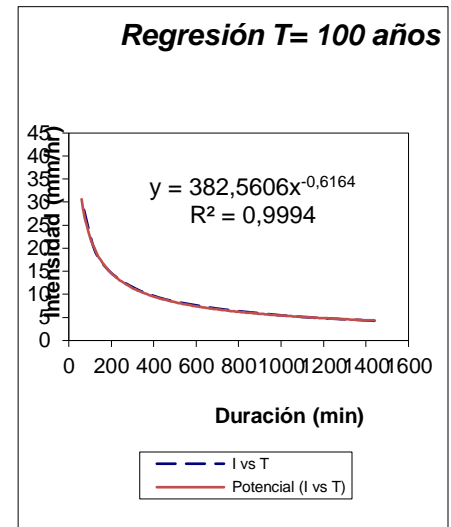
Periodo de retorno para T = 100 años						
--------------------------------------	--	--	--	--	--	--



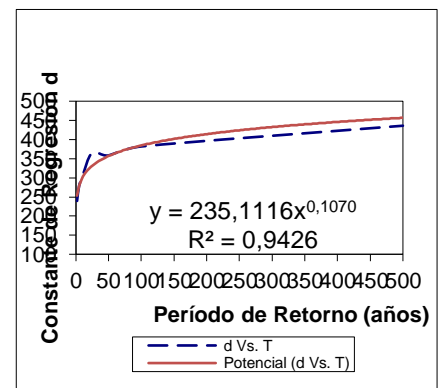


República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	4,2164	7,2724	1,4390	10,4648	52,8878
2	1080	5,1158	6,9847	1,6323	11,4014	48,7863
3	720	6,7462	6,5793	1,9090	12,5596	43,2865
4	480	8,6014	6,1738	2,1519	13,2855	38,1156
5	360	10,2879	5,8861	2,3310	13,7203	34,6462
6	300	11,5359	5,7038	2,4455	13,9484	32,5331
7	240	13,1550	5,4806	2,5768	14,1225	30,0374
8	180	15,5162	5,1930	2,7419	14,2385	26,9668
9	120	19,7325	4,7875	2,9823	14,2776	22,9201
10	60	30,3577	4,0943	3,4131	13,9742	16,7637
10	4980	125,2650	58,1555	23,6226	131,9929	346,9435
Ln (d) =	5,9469	d =	382,5606	n =	-0,6164	



Regresión potencial						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	239,6562	0,6931	5,4792	3,7979	0,4805
2	5	277,9145	1,6094	5,6273	9,0568	2,5903
3	10	303,2449	2,3026	5,7145	13,1582	5,3019
4	25	365,8584	3,2189	5,9022	18,9986	10,3612
5	50	358,9929	3,9120	5,8833	23,0156	15,3039
6	100	382,5606	4,6052	5,9469	27,3864	21,2076
7	500	437,0222	6,2146	6,0800	37,7847	38,6214
7	692	2365,2496	22,5558	40,6335	133,1983	93,8667
Ln (K) =	5,4601	K =	235,1116	m =	0,1070	



En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^m$$

Termino constante de regresión (K) = 235,1116



República de Colombia
 Alcaldía Municipal
 Socotá – Boyacá
 Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTÁ, MEJOR PARA TODOS”

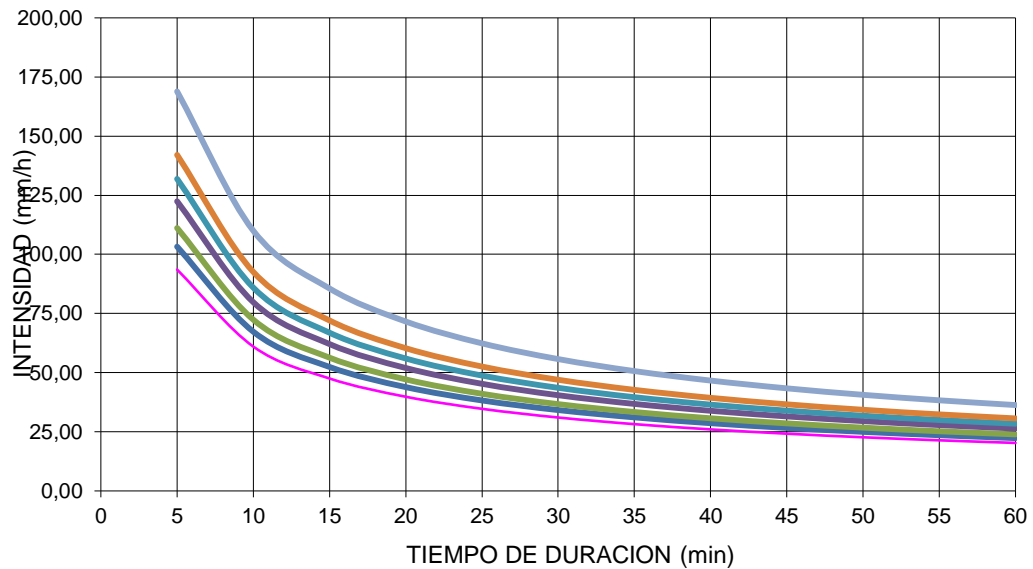
Coeficiente. De regresión (m) = 0,106982

$$I = \frac{235,1116 * T^{0,106982}}{0,61885 t}$$

Dónde: I = intensidad de precipitación (mm/hr)
 T = Periodo de Retorno (años)
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	93,52	60,90	47,39	39,66	34,54	30,86	28,05	25,83	24,01	22,49	21,21	20,09
5	103,16	67,17	52,27	43,74	38,10	34,04	30,94	28,49	26,48	24,81	23,39	22,16
10	111,10	72,34	56,29	47,11	41,03	36,66	33,32	30,68	28,52	26,72	25,19	23,87
25	122,54	79,80	62,09	51,96	45,26	40,43	36,75	33,84	31,46	29,47	27,78	26,33
50	131,97	85,94	66,87	55,96	48,74	43,54	39,58	36,44	33,88	31,74	29,92	28,35
100	142,13	92,55	72,01	60,27	52,50	46,89	42,63	39,25	36,49	34,18	32,23	30,54
500	168,83	109,94	85,54	71,59	62,36	55,71	50,64	46,62	43,34	40,61	38,28	36,27

Curvas IDF de la cuenca





República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1

“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

OTROS FENÓMENOS CLIMATOLÓGICOS

Además de la precipitación existen otras variables que definen el comportamiento climático de la vía tales como temperaturas, humedad relativa, brillo solar, evaporación, magnitud y dirección de los vientos. Desafortunadamente este tipo de información se colecta solamente en estaciones climatológicas.

Se ha recopilado informaciones sobre temperatura, humedad relativa, evaporación y brillo solar medidas por el IDEAM de las estaciones cercanas, y de los datos existentes en el esquema de ordenamiento territorial (E.O.T).

TEMPERATURA

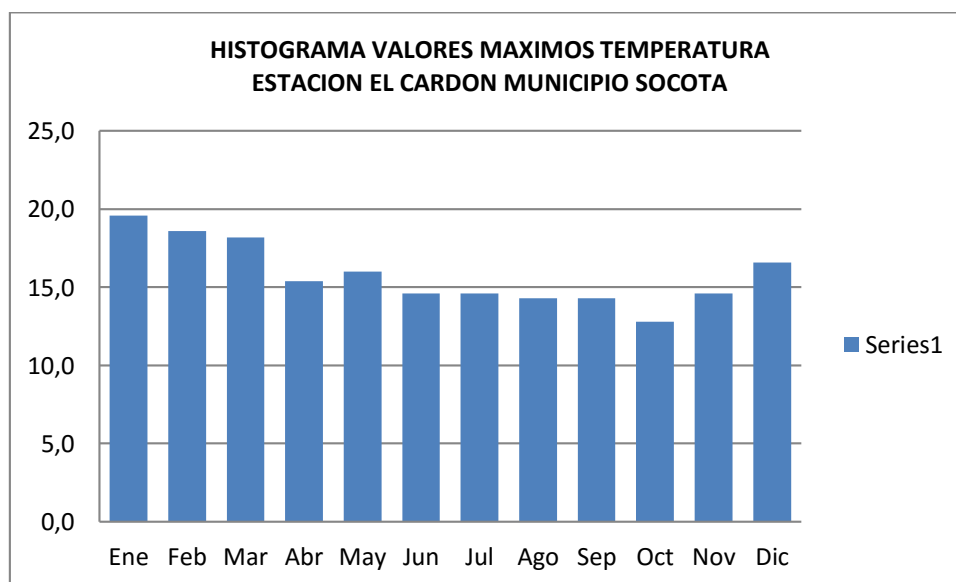
La temperatura es un carácter climatológico muy importante, por su influencia en los factores hidrológicos, biológicos y económicos de una región. El comportamiento de este elemento está condicionado por la presión atmosférica, lo cual se traduce en una variación inversa en función de la altura sobre el nivel del mar.

La oscilación de temperatura es grande tanto en las estaciones de altura, estación El Cardón, elevación 3.590 m.s.n.m., como en las partes más bajas, estación la Chapa, elevación 2.680 y estación Sativanorte 2.594 m.s.n.m. Ver gráfico 15. En las partes, la temperatura es un limitante para el establecimiento de cultivos, debido a las variaciones muy marcadas entre las temperaturas máximas de día y las mínimas de la noche que provocan heladas en ciertas épocas del año, causando daños en los cultivos, fenómeno climático, que se presenta en las veredas La Manga, Mause, los Mortiños y otras hacia la parte media-alta del municipio.

En general, las temperaturas en el área son bajas, con excepción de aquellas zonas limítrofes con el río Chicamocha y la parte oriental en cercanías al río Paulo, la temperatura media anual en la cabecera municipal y sus alrededores es de 17 C, valor estimado, en la parte central del municipio, ya que las variaciones en el transcurso del año no superan el 1.2 C de la media anual.

HISTOGRAMA DE VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA ESTACIÓN EL CARDON:

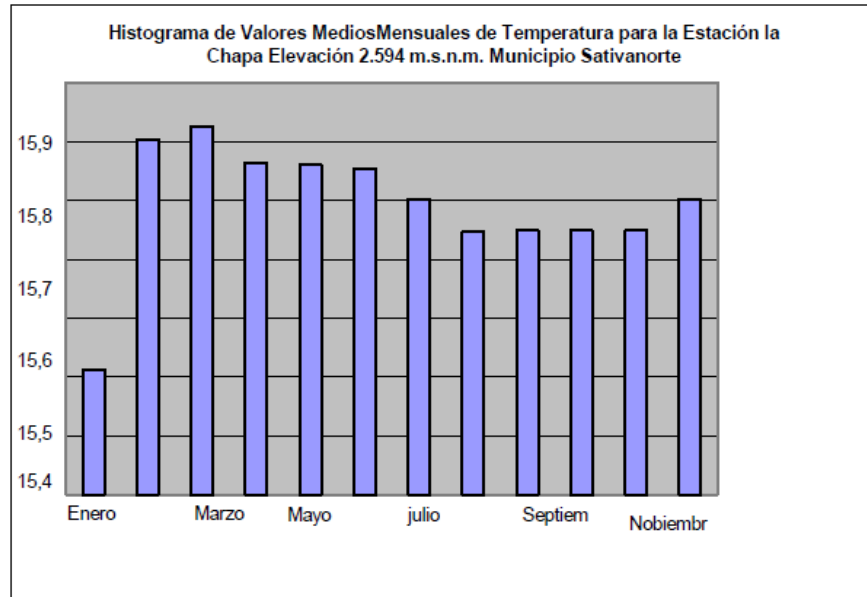
Ver datos anexos del IDEAM, Recopilación de información desde 1974.





República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

HISTOGRAMA DE VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA ESTACIÓN SATIVANORTE:

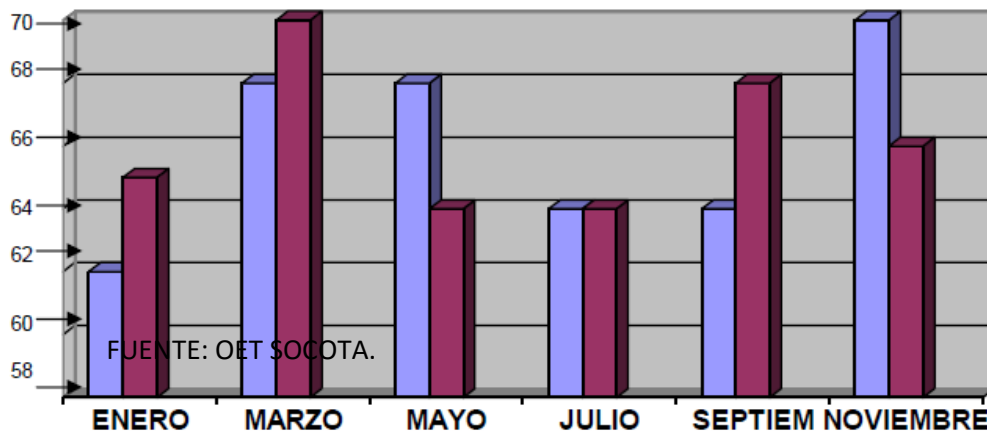


FUENTE: OET SOCOTA.

HUMEDAD ATMOSFERICA:

Los valores mensuales de humedad relativa son controlados la evapotranspiración del suelo y la cobertura vegetal. Se observa por ejemplo, que la estación del cardón en casi todos los meses la humedad relativa es mayor del 90% alcanzando un valor máximo del 99.0% en los meses de mayo y junio y un valor mínimo del 90% en los meses de diciembre y febrero.

HUMEDAD RELATIVA SEGÚN LAS ESTACIONES EL CARDON (SOCOTÁ); SATIVANORTE Y LA CHAPA (SOCHA)



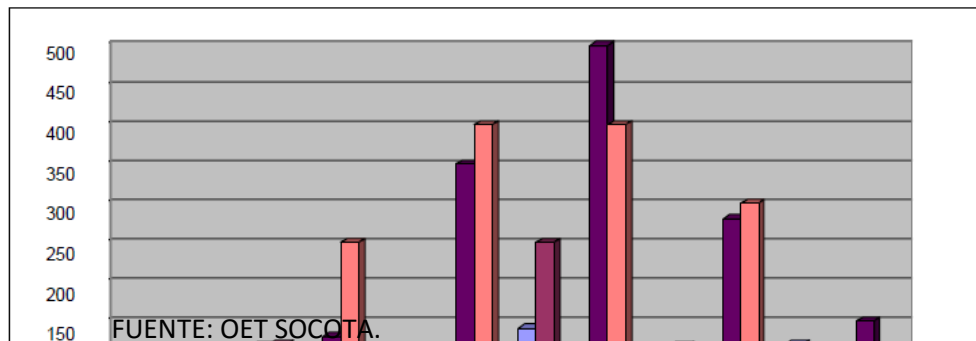
FUENTE: OET SOCOTA.



EVAPORACION Y NUBOSIDAD:

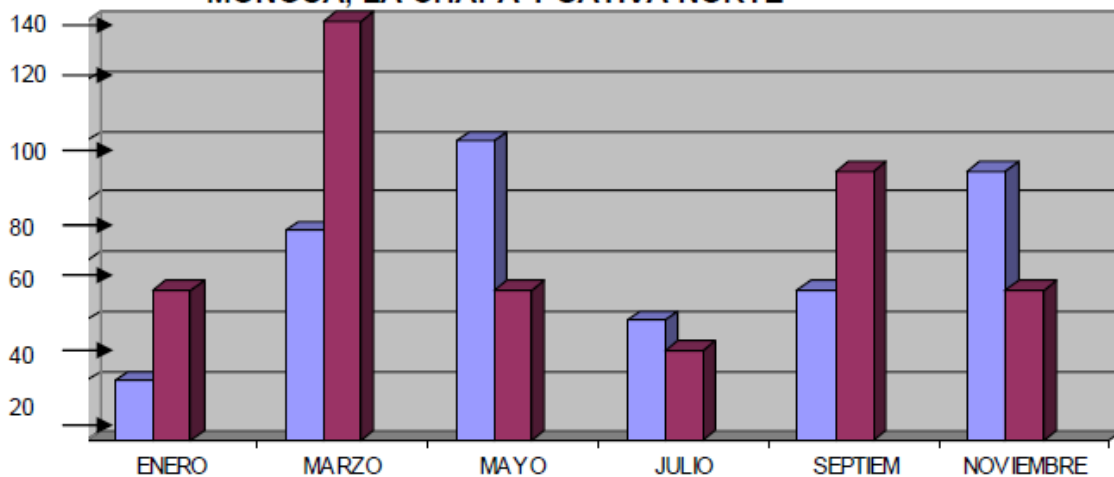
La evaporación en general es baja, debido a que con excepción de las áreas cercanas al río Chicamocha, el aire se encuentra en bastante cantidad de agua, además las temperaturas son bajas. La nubosidad es bastante alta especialmente en las zonas con mayor altura, fenómeno característico de la región ya que la zona se encuentra sobre los 2.600 m.s.n.m.

HISTOGRAMA DE PRECIPITACION PLUVIAL DE LA ZONA



HISTOGRAMA DE PRECIPITACION PLUVIAL DE LAS ESTACIONES

MONGUA, LA CHAPA Y SATIVA NORTE



RECORRIDO DEL VIENTO:

Solo se cuenta con datos de recorrido del viento de la estación El Cardón a 3.590 m.s.n.m., municipio de Socotá, la velocidad de los vientos es mayor en los meses de junio a agosto con un máximo promedio de 5.85 a 6.1 m/s. Se debe anotar que los vientos Alisios del Sureste, tiene mucha influencia sobre el flanco Oriental de la Cordillera Oriental, sobre todo en los meses de invierno en el hemisferio sur. Los vientos Alisios y otros locales provenientes de los llanos, llegan saturados de agua y al estrellarse con la Cordillera Oriental deposita todo el agua, originando elevadas precipitaciones pluviales.



BRILLO SOLAR

Sobre este parámetro no se obtuvo suficiente información ni de las estaciones cercanas, como tampoco en el E.O.T.

En este orden de ideas se buscó referencias en el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Ministerio de Minas y Energía, Ver gráfico siguiente del cual podemos concluir:

El promedio multianual es 1980 horas de sol al año. Por consiguiente tomamos el valor de horas de sol al día de 5.5.

. EVAPORACIÓN.

La evaporación en general es baja, debido a que con excepción de las áreas cercanas al río Chicamocha, el aire se encuentra en bastante cantidad de agua, además las temperaturas son bajas. La nubosidad es bastante alta especialmente en las zonas con mayor altura, fenómeno característico de la región ya que la zona se encuentra sobre los 2.600 m.s.n.m. fuente EOT Socota.

ANÁLISIS DE CAUDALES

Caudales Medios

El sistema Nacional de Información Hidrometeorológica no cubre con una buena red de información la región de Socotá. Actualmente se encuentra instalada una estación hidrométrica en jurisdicción del municipio de Socotá, estación El Cardón (3.590 m.s.n.m.). En la región se encuentra operando 10 estaciones Hidrométricas. Esta red que es operada por el instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM Regional – Boyacá-Casanare, viene funcionando desde el año de 1.970, contando en este momento con una serie de más de 20 años.

Se analizó la información suministrada por el IDEAM, lo cual permite medir el comportamiento climático de la región tomando los datos de las estaciones hidrométricas de: Tasco, Aposentos, El Cardón, Chita, La Chapa, Mongua, Nimicia, Jericó, Socha, Curital, que reúnen registros diarios mensuales y anuales de lluvias, solo la estación de El Cardón nos brinda información de nubosidad y recorrido del viento, no se estudió ninguna estación de medición de caudales, ya que en la región la red no cubre estas mediciones.

En este orden de ideas se analizó la información de los anexos, Datos IDEAM de las dos estaciones cercanas y se concluyó:

El análisis de la información indica valores cercanos a los 30 litros por segundo en la cuenca del río arzobispo. Con base en esta información y la distribución de la precipitación mostrada podemos estimar en 30 l/s/Km² como rendimiento en el río.

Cuenca	Área (km ²)	Rendimiento (l/skm ²)	Caudal Medio (l/s)
Arzobispo	12.5	30	375

Caudales Máximos

Se efectuaron análisis de extremos siguiendo la metodología de Gumbel para las crecientes anuales registradas en las estaciones. La información analizada muestra tres valores superiores a 20 m³/s en los primeros años del registro, valores que no vuelven a presentarse y que se observan por fuera de la tendencia general por lo cual no se tuvieron en cuenta para el análisis.



Caudales Mínimos.

Analizada la información de los anexos, datos suministrados por las estaciones cercanas del IDEAM, TENEMOS:

Estación	Mínimo Diario Registrado	Mínimo 1 en 5 años	Mínimo 1 en 5 años	Medio Multianual
Socotá (Aposentos)	0.25	0.3	0.84	0.89
El Cardón	1.53	0.65	1.12	0.64

En términos generales la información sobre mínimos en las estaciones hidrométricas puede estar alterada por las dificultades para establecer las curvas de calibración en niveles muy bajos de los ríos, presentándose valores inferiores al 10% del promedio solo una vez cada 5 años.

El período más probable de presencia de valores extremos mínimos es durante los meses de agosto y septiembre, meses en los cuales el promedio mensual es con frecuencia inferior a la tercera parte del caudal medio multianual.

Caudales de Diseño

Para la cuenca que cruza la vía se han definido:

Como una cuenca mediana, aquella que superan los 2 Km² de área de drenaje e inferiores a 100 Km².

- 2000 milímetros (mm) anuales como máximo de precipitación, para análisis.
- **Nivel de importancia de las obras**

El período de retorno es uno de los parámetros más significativos a ser tomado en cuenta en el momento de dimensionar una obra hidráulica.

La selección del período de retorno o grado de protección depende de varios factores, entre los cuales se incluyen el tamaño y características de la cuenca, la importancia de la estructura y el grado de seguridad deseado.

En el diseño de las obras de drenaje es necesario considerar aspectos como los efectos por una interrupción de la comunicación causada por un evento de corte de la carretera y la facilidad de restablecer el tránsito por rutas alternas, el riesgo de obstrucción y la facilidad de acceso para efectuar labores de limpieza y mantenimiento.

Su principal atributo es el carácter torrencial y el flujo turbulento de las aguas, en pendientes acentuadas.

De acuerdo con la evaluación hidrológica realizada, se determinó una intensidad de precipitación promedio tomando un tiempo de concentración de 10 minutos en que se dividió el corredor desde el punto de vista hidrológico y para cada uno de los periodos de retorno analizados. Con la información determinada, se calculó el incremento porcentual de intensidad entre los diferentes periodos de retorno, identificándose que dicho incremento es del orden del 9% entre periodos. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:



República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

Incremento Porcentual De Intensidad Entre Periodos De Retorno

Tr (años)	I (mm/h) para Tc=10 min	Incremento Intensidad Respecto a Tr de:			
		100 años	50 años	25 años	Tr 10 años
5	132	34%	28%	20%	9%
10	145	28%	20%	12%	0%
25	165	18%	9%	0%	---
50	182	9%	0%	---	---
100	201	0%	---	---	---

Los períodos de retorno para drenaje superficial de obras viales varían típicamente entre los 5 y 100 años, es inusual usar períodos de retorno mayores a 100 años en el diseño hidráulico de obras viales.

Adoptando el mismo criterio para el drenaje superficial longitudinal de la vía, se determina un periodo de diseño de 20 y/o 25 años, con lo cual permite tener en cuenta eventuales reducciones de sección por efectos de caída de materiales procedentes de los taludes de corte aledaños, y según criterio del diseñador estructural.

- **Coefficiente de escorrentía**

El coeficiente de escorrentía está en función del suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía.

Para áreas de drenaje que incluyan subáreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área se calcula como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

En el cuadro siguiente se presentan valores típicos de coeficiente de escorrentía para diferentes tipos de superficies tomados del título D del RAS 2000.

TIPO DE SUPERFICIE	C
Laderas sin vegetación	0.6
Laderas con vegetación	0.3

- **Tiempo de concentración**

Para el cálculo del tiempo de concentración que define la intensidad de diseño, se emplearon las siguientes ecuaciones:

Ecuación de Kirpich:
$$T_c = 0.066(L/S_o^{1/2})^{0.77}$$

Dónde: Tc: Tiempo de concentración en horas.

L: Longitud del cauce principal en Km.

So: Pendiente del cauce principal en m/m.



Tc= 0.1456.

SOCAVACIÓN DEL PUENTE

El sitio del puente se define como el lugar de implantación para superar una determinada depresión geométrica, que generalmente se debe al paso de ríos o quebradas.

Con respecto a la socavación en los puentes cabe reseñar que como criterio general se estableció que la localización de los puentes debería ser tal que las pilas y los estribos quedaran tan apartados del cauce principal como fuera posible con el fin de disminuir los riesgos que pudieran presentarse por los fenómenos de socavación.

METODOLOGÍA DE LA ESTIMACIÓN DE LA SOCAVACIÓN GENERAL Y LOCAL

Socavación General

La erosión general o socavación general consiste en el descenso generalizado del fondo del río como consecuencia de una mayor capacidad de la corriente para arrastrar y transportar el material del fondo durante el paso de una avenida y de la diferencia entre la capacidad de transporte que se tiene entre dos secciones consecutivas al pasar una corriente. La socavación en el tramo, definido por esas secciones, ocurrirá siempre que el volumen de sedimento transportando en la sección de aguas abajo, en un tiempo dado sea mayor que el que entre al tramo por la sección aguas arriba en el mismo periodo.

Para la estimación de la socavación general se empleará la metodología desarrollada por el investigador J.A. Maza Álvarez.

La estimación de la magnitud de socavación en lugares de ponteadero contempla los siguientes aspectos:

- Determinación del caudal del cauce correspondiente a un evento máximo probable para un periodo de retorno de 100 años.
- Análisis de información del cauce en el sitio de ponteadero, con la definición de secciones transversales cada 10, 20 y 30 metros de acuerdo con la magnitud del cauce. La geometría de cada modelo hidráulico se obtiene sobre la topografía del proyecto. A partir de la cual se obtiene el valor de la altura de la tabla de agua o tirante para el caudal calculado como se indica en el literal a.
- A partir de una evaluación cualitativa con información topográfica disponible, se define que podían presentar problemas de socavación por grandes caudales o condiciones topográficas adversas, estipulándose para aquellos casos la caracterización del material de fondo del cauce con el propósito de estimar la rugosidad y la magnitud de la socavación.
- Definidas las condiciones básicas para la estimación de la socavación, se planteó la metodología obtenida a partir de las expresiones de balance de erosión establecidas por Lischtvan-Lebediev. La definición de las expresiones que permiten obtener la socavación general en una determinada sección transversal donde se ubica un puente, es función de las condiciones hidráulicas del cauce, geométricas del puente y físicas del material de fondo. Es la característica física del material de fondo la que permite separar las ecuaciones de estimación de la socavación general a saber:

- Para suelos granulares no cohesivos, con $0.00005m \leq D_{84} \leq 0.0028m$:



República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

$$d_s = \left(\frac{\alpha \cdot d_0^{5/3}}{4.7 \beta D_{84}^{0.28}} \right)^{\frac{D_{84}^{0.03}}{0.322 + D_{84}^{0.03}}}$$

Para suelos granulares no cohesivos, con $0.0028\text{m} \leq D_{84} \leq 0.182\text{m}$:

$$d_s = \left(\frac{\alpha \cdot d_0^{5/3}}{4.7 \beta D_{84}^{0.28}} \right)^{\frac{D_{84}^{0.092}}{0.223 + D_{84}^{0.092}}}$$

Para suelos granulares no cohesivos, con $0.182\text{m} \leq D_{84} \leq 1.0\text{m}$:

$$d_s = \left(\frac{\alpha \cdot d_0^{5/3}}{4.7 \beta D_{84}^{0.28}} \right)^{\frac{D_{84}^{0.187}}{0.19 + D_{84}^{0.187}}}$$

Dónde:

ds: Profundidad de socavación estimada en un punto bajo vertical definida dentro de la sección transversal en análisis. En metros.

do: Profundidad inicial de un punto bajo vertical definida dentro de la sección transversal en análisis y para el caudal de diseño. El valor proviene de la modelación hidráulica del cauce. En metros. (ds: 0.45 metros.)

D84: Diámetro de la muestra de sedimento en que el 84% en peso es menor que ese tamaño, en mt. El valor proviene de la curva granulométrica hallada para cada cauce. Tomamos el valor de (D84: 0.0924 metros.)

γd: Peso específico seco, conocido en hidráulica fluvial como peso volumétrico seco y es igual al peso seco de la muestra entre su volumen inicial. En Kgf/m³.

β: Coeficiente que recoge el periodo de retorno (T) para el cual se está calculando la profundidad de socavación. Viene dado por la expresión:

$$\beta = 0.8416 + 0.03342 \times \ln(T)$$

α: Coeficiente con valor:

$$\alpha = \frac{Q_d}{\mu \cdot B_e \cdot d_m^{5/3}}$$

Qd: Caudal de diseño correspondiente a un periodo de retorno de 100 años en m³/segundo. Tomamos (Qd: 20.000 lt/seg.)

Be: Ancho efectivo de la superficie libre del cauce, en m. Es el ancho total del cauce menos los obstáculos. En metros.

$$B_e = (B - \sum b_i) \cos \phi - (c + 1 - N) a \cdot \text{sen} \phi$$

μ: Coeficiente de contracciones laterales del flujo que se produce en las caras de los obstáculos que están dentro de la corriente:



$$\mu = 1 - \frac{0.387U}{L}$$

U: Velocidad media del agua en la sección. M/seg. (5.55mt/seg.)
L: Claro entre dos pilas u obstáculos. En metros. (14.0 metros)

$$U = \frac{Q_d}{A}$$

A: Área de la sección hidráulica en el momento que inicia el evento de diseño. En metros cuadrados. (14 mt. x 4.5 mt.)= 63 mt².

dm: Tirante medio o profundidad media entre la superficie del agua al pasar el caudal de diseño y el perfil del fondo original.

$$d_m = \frac{A}{B_e}$$

B: Claro total del puente, o de un tramo total de él en estudio. En metros. (B: 9 mt.)

α: Largo de pilas. (α: 5.5 mt.)

Σbi: Suma de los anchos de las pilas dentro del tramo B, en metros. (Σbi: 9.0 mt.)

c: Número de caras de las pilas o estribos dentro de los límites de B. (c: 2)

N: Número de pilas o estribos considerados al tomar en cuenta c. (N: 2)

Ø: Ángulo que forma la dirección del flujo con el eje longitudinal de las pilas La sección transversal del lugar de ponteadero será dividida en líneas verticales de longitud igual al tirante de diseño 0 d para las cuales se calcula el valor de socavación (esta labor es realizada por el modelo hidráulico al asignar puntos en el fondo con cota conocida). Al unir las profundidades se obtiene el perfil de socavación para el periodo de retorno de 100 años. Se asume que la rugosidad es constante a lo largo de la sección del canal principal, cambiando en las orillas. (Ø: 20°)

e. Finalmente y con los perfiles de socavación, se especifica la profundidad de socavación máxima en cada caso.

RESULTADO.

$$d_s = \left(\frac{\alpha \cdot d_0^{5/3}}{4.7 \beta D_{84}^{0.28}} \right)^{\frac{D_{84}^{0.092}}{0.223 + D_{84}^{0.092}}}$$



$ds = 0.0373$ metros.

$ds = 3.73$ centímetros.

Analizando el resultado obtenido para la socavación general encontramos finalmente una consideración normal para este tipo de proyecto, de acuerdo a los datos considerados y propios de la zona en estudio.

Socavación local

Socavación local en pilas

La magnitud de la socavación local en pilas del puente del proyecto, se estimó a través del modelo HEC-RAS 4.1.0 que incorpora dos metodologías de cálculo: La ecuación de Colorado State University y la ecuación de Froehlich. La socavación en pilas ocurre debido a la aceleración del flujo alrededor de la pila y la formación de vórtices. Dichos vórtices remueven el material en la base de la pila ocasionando un agujero de socavación. En la medida que la profundidad de socavación se incrementa, la magnitud de los vórtices es menor y así baja la tasa a la cual el material es removido del agujero de socavación. Cuando se alcanza el equilibrio de material removido y sedimentado, el agujero de socavación cesa de crecer.

Dentro de los factores que afectan la profundidad de socavación local en una pila se encuentran: la velocidad del flujo aguas arriba de la pila, la profundidad del flujo, el ancho de la pila, la longitud de la pila si esta sesgada respecto del flujo, el tamaño y gradación del material de fondo, el ángulo de ataque del flujo, la geometría de la pila, la configuración del fondo y la formación de obstáculos frente a la pila.

La ecuación propuesta por la Colorado State University para estimar la socavación local en pilas se expresa como:

$$y_s = 2.0K_1K_2K_3K_4a^{0.65}y_1^{0.35}Fr_1^{0.43}$$

Dónde:

y_s = Profundidad de socavación (m)

K_1 = Factor de corrección por la forma de la pila. Ver diseño. Trapecio.

K_2 = Factor de corrección por el ángulo de ataque del agua. (ϕ : 20°.)

K_3 = Factor de corrección por condición del fondo, (0.45 mt.)

K_4 = Factor de corrección por acorazamiento del material de fondo, (0.0924.)

a = Ancho de la pila. (7.77 mt.) Promedio.

y_1 = Profundidad del agua en metros de la sección inmediatamente aguas arriba de la pila. (0.2 mt.).

Promedio.

$1 Fr$ = Número de Froude aguas arriba de la pila. (1.31).

El ancho de la pila es tomado de la geometría del diseño estructural de cada apoyo, la profundidad Y_1 y el Número de Froude se extrae de la modelación hidráulica. Los factores K de corrección son extraídos del Manual de Referencia Hidráulica del software HEC RAS de acuerdo con cada característica particular de los puentes del proyecto.

RESULTADO: 9.7 milímetros.

Valor poco representativo según datos analizados y propios de la zona de estudio.

Socavación local en estribos



República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1

“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

La socavación local en estribos ocurre cuando estos obstruyen el flujo de alguna forma. La obstrucción del flujo forma un vórtice horizontal que comienza aguas arriba del estribo y se traslada aguas abajo hasta el otro extremo, formando un vórtice vertical en la punta contraria.

El reporte HEC 18 de la Federal Highway Administration de los Estados Unidos recomienda dos ecuaciones para la estimación de la socavación en estribos. Cuando la longitud del terraplén de aproximación (L) dividida por la profundidad del flujo es mayor a 25, el HEC 18 sugiere el uso de la ecuación de HIRE (Highways In River Environmental).

a. Ecuación para estimación de la socavación local en pilas de HIRE

La ecuación de HIRE (Highways In River Environmental) de la Federal Highway Administration de los Estados Unidos se basó en datos de campo de socavación en la punta de espolones en el río Missisipi y se encuentra en el modelo HEC RAS 4.1.0.

$$y_s = 4Y_1 \left(\frac{K_1}{0.55} \right) K_2 F_1^{0.33}$$

y = Profundidad de socavación

Y1 = Profundidad aguas arriba del espolón. (045 metros) promedio.

K1 = Factor de corrección por la forma de la punta del espolón. Para el caso presente se toma el valor 0.55.

K2 = Factor de corrección por ángulo de incidencia del flujo. Para el caso presente se supone flujo normal a la estructura y K2 es igual a 1.

RESULTADO: 1.97 milímetros.

Datos poco representativos considerando las condiciones particulares y propias de la zona de estudio así como los datos suministrados. Ver conclusiones.

EROSIÓN LATERAL EN EL CAUCE

Protección contra la erosión lateral

El fenómeno de erosión lateral en cauces ocurre generalmente por el efecto de las curvaturas en el alineamiento de un río o quebrada donde se genera una aceleración del flujo en la parte externa de la curva. Este fenómeno de erosión lateral es particularmente importante en lugares donde los estribos se encuentran cercanos a las márgenes del cauce.

Por las condiciones propias y particulares del sitio donde se construirá el puente, el flujo brinda condiciones favorables considerando que antes de llegar a la estructura no se presentan curvas ni diferencias topográficas que considerar, por esta condición no existiría por ahora la necesidad de realizar protección contra la erosión lateral, por lo menos no bajo las condiciones normales a las que se refieren los últimos años.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las principales conclusiones y recomendaciones que resultaron en el desarrollo de los estudios de hidrológica, hidráulica y socavación de todas las estructuras requeridas para el manejo y control de las aguas superficiales y sub-superficiales que se encuentran en el área de influencia del presente estudio.

Como principal análisis y referente se tiene la ocultación y visita de campo al sitio donde se piensa construir el puente, en este sentido se tiene el referente de las estructuras existentes, su comportamiento con el paso del tiempo, su vida útil y servicio sobre lo cual cabe hacer hincapié.

- Se recomienda dimensionar una estructura en medidas como mínimo igual a la existente, para con esto garantizar su funcionalidad.
- Considerando la posición actual del puente existente, se recomienda dejarlo sin demoler y construir la nueva estructura aguas debajo de esta, con esto evitar un impacto erosivo y ambiental negativo, y si permitir que las estructuras existentes sirvan de protección a la nueva estructura lo que lógicamente ayudara a contrarrestar mejor el impacto del agua, sedimentos y arrastre buscando un mejor comportamiento de la misma así como un índice más bajo de la socavación general y local.

En el corredor del proyecto la mayor precipitación se presenta en el extremo norte alcanzando los 2000 milímetros (mm) anuales, disminuyendo hacia el sur, descendiendo hasta valores de 1400 mm anuales y después asciende nuevamente siguiendo un patrón indicado por la orografía, alcanzando valores cercanos a los 1600 mm anuales.

La precipitación a lo largo del año según las estaciones seleccionadas, tiene un régimen bimodal, propio de la zona central andina. La distribución de las lluvias en las diversas estaciones analizadas muestra un período seco en enero y febrero muy similar al observado en julio y agosto, no siendo esta una definición claramente marcada en todas las estaciones, considerando que con el paso del tiempo estas constantes han cambiado sumado a los efectos del mismo calentamiento global y condiciones meteorológicas actuales.

Se analizaron principalmente los datos de las dos estaciones cercanas y del municipio (Socotá - Aposentos, y El Cardón) para definir las curvas IDF en la zona del proyecto, teniendo en cuenta las variaciones en las tormentas máximas en 24 horas y la precipitación media en la zona según los datos del IDEAM, anexos a la presente.

Los cauces que discurren a lo largo del Sector del área de estudio se caracterizan por ser corrientes de alta montaña, las cuales descienden desde la parte de las cuencas con una gran cantidad de energía y poder de arrastre de materiales de medianos a pequeños en tamaño.

Se considera perjudicial y de alto riesgo la construcción de estructuras de control como diques o tanques de sedimentos en las partes altas de las cuencas, aguas arriba de las obras de drenaje transversal proyectadas.

Se recomienda una inspección y mantenimiento permanente de todas las obras hidráulicas del proyecto.

Con respecto a la socavación del Ponteadero como criterio general se estableció que la localización del mismo debería ser tal que las pilas y los estribos quedaran tan apartados del cauce principal



República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

como fuera posible con el fin de disminuir los riesgos que pudieran presentarse por los fenómenos de socavación.

Los análisis de socavación general se efectuaron utilizando la metodología de Maza Álvarez, mientras que en los análisis de socavación local en pilas y estribos se aplicaron las metodologías propuestas por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos, las cuales están incorporadas en el modelo HEC-RAS para el cálculo de la socavación. Adicionalmente metodologías de la Federal Highway Administration.

Con relación a la socavación local en pilas cabe reseñar que puede presentarse el caso que las pilas del puente presenten problemas en la construcción en el caso en que los dados de conexión entre las pilas quedaran enterrados debido a los niveles freáticos o a inundaciones durante las épocas de invierno, las cuales pueden ser bastante prolongadas.

En términos generales se pudo analizar algo de aerofotografías existentes de la zona de estudio de diferentes épocas, las cuales muestran que en general el Río Arzobispo en el sector donde la vía se encuentra próxima al cauce este ha permanecido estable.

Se considera que la mejor opción para preservar la orilla y prevenir la erosión es la conservación de la vegetación, por lo tanto se hace énfasis en la necesidad de preservar la vegetación en los cauces aledaños a la vía proyectada evitando hasta donde sea posible afectar dicha vegetación durante el proceso constructivo de la vía.

Se recomienda una inspección permanente en las orillas del cauce y aportantes aledaños a la vía con el fin de tomar oportunamente las medidas que puedan llegarse a requerir.



República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

BIBLIOGRAFÍA

Ray Linsley, Max Kohler y Joseph Paulus. Hidrología para ingenieros. Segunda Edición. McGraw Hill, 1977.

Rodrigo Vargas y Mario Díaz-Granados. Curvas sintéticas regionalizadas de intensidad – duración – frecuencia para Colombia.

Ven Te Chow y otros. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill, 1994.

CHOW, Ven Te. Hidráulica de Canales Abiertos. Ed. Mc Graw Hill. 1994.

Federal Highway Administration. Stream Stability al highway Structures. Hydraulic Engineering Circular No. 20. Publication No. FHWA NHI 01 – 002. Marzo 2001.

Maza Álvarez J.A. Manual de Ingeniería de Ríos. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Septiembre de 1989.

Departamento de Ingeniería - Geosintéticos. Manual de Diseño Geosintéticos. PAVCO. 2006

Manual de Drenaje para Carreteras. INVIAS. 2009.

MUNICIPIO DE SOCOTA, ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, E.O.T. actualizado el año 2005.

Copyright © 2016 HidrojING, All rights reserved, al blog de HidrojING Our mailing address is: HidrojING Carrera de Cartellà, 27, Barcelona, España Barcelona, CT 08031.

Ingeniero
Wilson Ramírez R.
C.C.



República de Colombia
Alcaldía Municipal
Socotá – Boyacá
Nit. 800.026.911-1
“UNIDOS, POR UN SOCOTA, MEJOR PARA TODOS”

Socotá, 20/03/2019

Señores
Alcaldía
Municipio de SOCOTA
Departamento de BOYACA

Asunto: Certificación de Estudio HIDRULICO E HIDROLOGICO

Certifico que he realizado el Estudio HIDRULICO E HIDROLOGICO, del PROYECTO "ESTUDIOS Y DISEÑOS DE INGENIERIA PARA LA CONSTRUCCION DE MURO DE CONTENCIÓN Y PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SAN PEDRO VIA SOCOTA LOS PINOS SECTOR VEREDA SAN PEDRO EN EL MUNICIPIO DE SOCOTA", a construirse en el Municipio de Socotá, Departamento de Boyacá, de acuerdo con los requisitos técnicos vigentes, establecidos en la normatividad INVIAS, Normas RAS 200 ,y la NSR 10 cuyos resultados se encuentran consignados tanto en las memorias de diseño como en los planos diseño, que anexo debidamente firmados.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta Profesional y original del certificado de vigencia y antecedentes profesionales.

WILSON RAMIREZ RICO

Ingeniero Civil

M.P. No. _____ BYC

C.C. No.

Email: wirari33@yahoo.com