

## **MUNICIPIO DE SAN PEDRO**

### **HIDROLOGIA E HIDRAULICA**

#### **1 INTRODUCCION**

El municipio de San Pedro en el Urabá Antioqueño, se localiza en la margen derecha del río San Juan. Este curso de agua, que tiene sus orígenes en la serranía de Abibe, dada su alta pendiente en la parte superior de la cuenca, se caracteriza por presentar crecientes súbitas y de corta duración, que en los últimos años han causado inundaciones en algunos sectores de la población debido al desbordamiento de sus aguas.

Puesto que el fenómeno de inundaciones por desbordamiento ha tenido ocurrencia en los últimos años y ha puesto en evidencia la posibilidad de generar pérdidas no sólo materiales si no de vidas humanas, CORPOURABA se ha propuesto determinar de manera concisa el grado de amenaza a que está expuesta la población por efecto de este fenómeno, mediante el análisis cuidadoso de sus causas, la posibilidad y frecuencia probable de ocurrencia, amén de otros aspectos de carácter social y ambiental no menos importantes

En este capítulo de los estudios y análisis adelantados dentro del marco anteriormente descrito, se presentan los análisis adelantados en los campos de la Hidrología y la Hidráulica, tendientes a caracterizar el régimen de crecientes del río y los resultados obtenidos.

#### **2 HIDROLOGIA**

Los estudios hidrológicos adelantados tuvieron como objetivo fundamental determinar y caracterizar el régimen de crecientes o de caudales máximos del río San Juan en inmediaciones del municipio de San Juan.

Para la realización de esta tarea, se cuenta con información de caudales máximos registrados en las estaciones hidrométricas de El Carmelo, La Candelaria y Hacienda Las Lajas.

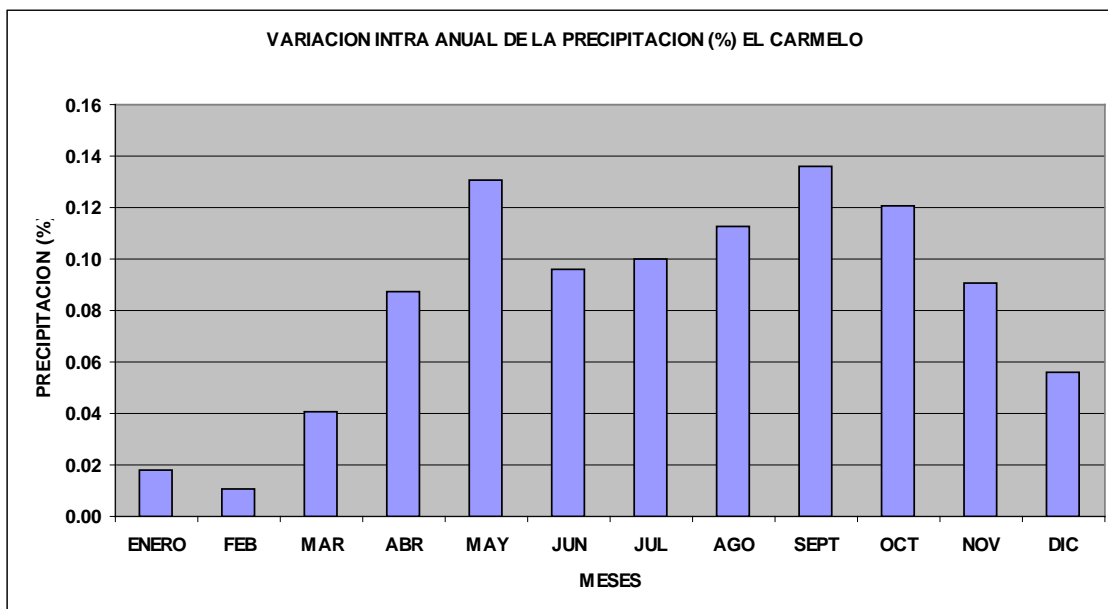
Aunque se pretendió adelantar la caracterización del clima de la región, no fue posible hacerlo, dada la carencia de información climatológica. Únicamente se contó con información de valores totales mensuales de precipitación en la estación pluviométrica de El Carmelo.

Con base en la información citada, se estableció que la precipitación media anual multi anual es de 1360 mm, con distribución dentro del año bimodal, en la cual se observan períodos de alta precipitación en los meses de abril y mayo al inicio del año y en agosto, septiembre y octubre al final del mismo.

En el Cuadro siguiente se presentan los valores mensuales y anuales multianuales de precipitación y en la Figura que le sigue, la distribución de ésta dentro del año.

**VALORES TOTALES MEDIOS MENSUALES MULTIANUALES DE PRECIPITACION - ESTACION EL CARMELO**

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEM	OCTUBRE	NOVIEMB	DICIEMB	TOTAL ANUAL
24.3	14.7	55.0	118.6	177.1	130.5	135.8	152.4	184.6	163.9	122.8	76.1	1355.9



La información hidrológica corresponde a series de caudales máximos de las estaciones citadas, con los siguientes períodos de información:

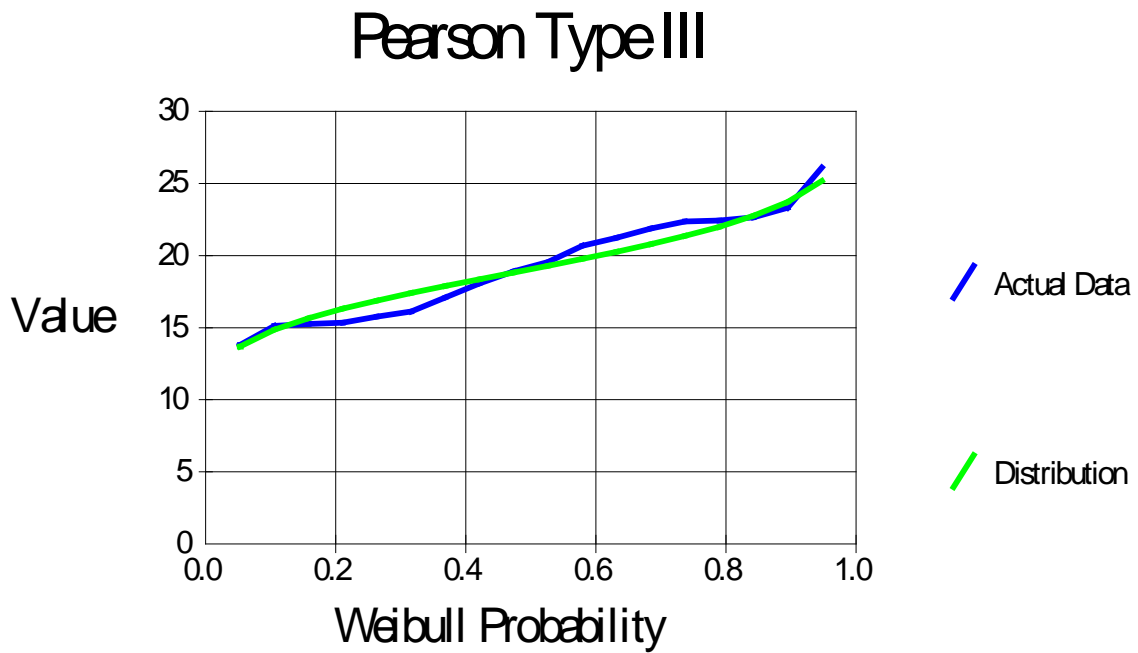
- El Carmelo 1977 -1994
- La Candelaria 1978-1994
- Hacienda Las Lajas 1978-1994.

Como puede apreciarse de lo consignado con respecto a la información existente, ésta se caracteriza por un notable atraso en su procesamiento, situación que hace difícil, si no imposible, incluir en los análisis los eventos extraordinarios ocurridos en los últimos años que han sido los causantes de inundaciones de gran efecto negativo para la población.

Para efectos de caracterizar el régimen de crecientes del río en San Pedro, se tomó la serie de caudales de la estación El Carmelo, localizada aguas abajo de la población. Esta serie se sometió a análisis de frecuencia mediante su ajuste a distribuciones teóricas. La que mejor ajuste presentó fue la Pearson Tipo III.

De la distribución de frecuencia que se presenta en la siguiente Figura, se obtuvieron los caudales de diferentes recurrencias, tal como se presenta en el Cuadro que se muestra después de la Curva de distribución de Frecuencias

**ANALISIS DE FRECUENCIA Q MAX MENSUALES m3/s  
RIO SAN JUAN EL CARMELO**



**CAUDALES MAXIMOS MENSUALES DE LA RECURRENCIA  
INDICADA RIO SAN JUAN EL CARMELO**

<b>PROBABILIDAD</b>	<b>RECURRENCIA</b>	<b>CAUDAL MAXIMO</b>	<b>DESVIACION</b>
<b>%</b>	<b>AÑOS</b>	<b>(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>ESTANDAR</b>
0.995	200	29.12	3.06
0.99	100	28.06	2.59
0.98	50	26.92	2.14
0.96	25	25.69	1.73
0.9	10	23.82	1.27
0.8	5	22.13	1.04
0.667	3	20.61	0.94
0.5	2	19.06	0.91

Si definimos la amenaza por efectos de inundación causada por desbordamiento del río en función de la probabilidad o de la frecuencia de ocurrencia de este tipo de eventos, tomaremos como amenaza alta, la correspondiente a eventos que tienen una frecuencia de ocurrencia de 2,3 o menos años, es decir, la creciente que puede presentarse una vez en este término de tiempo. Los eventos que tienen recurrencia entre 2,3 y 10 años, como amenaza media y los de más de 20 años como de amenaza baja, tendríamos que acordar que la magnitud de los caudales asociados a estos períodos de retorno corresponden a 19,1, 23,8 y 26 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

Un factor más de amenaza podría ser la quebrada Pirú, la cual desemboca al río –san Juan frente a la población.

Realizados los análisis de información, se constató la total carencia de datos sobre los caudales de la quebrada.

De los análisis realizados sobre la extensión de la cuenca de la quebrada, de la morfología de sus orillas en el tramo que coincide con el pueblo y de la información obtenida de los moradores del área, se llegó a la conclusión que los caudales máximos de la misma pueden ser evacuados por la sección de flujo sin que se presenten desbordamientos. Su régimen de niveles está gobernado por el régimen de niveles del río San Juan, es decir, los desbordamientos que ocurren son producidos por los caudales de avenida del San Juan, que represan el flujo de la quebrada. De aquí que la importancia de estos caudales no es significativa. Por otra parte, lo anterior se hace evidente dado que los desbordamientos sólo ocurren en inmediaciones de la desembocadura al río San Juan.

### 3 HIDRAULICA

Mediante la aplicación de técnicas hidráulicas se determinaron los niveles del río San Juan correspondientes a los caudales de interés y que han definido los grados de amenaza.

Para lograr el objetivo propuesto se utilizó el modelo HEC RAS 4.1 desarrollado por el US ARMY CORPS OF ENGINEERS CENTER, el cual mediante balance de energía y cantidad de movimiento, genera, para diferentes caudales y secciones de geometría, pendiente y rugosidad conocidas, los niveles de agua, para estados subcrítico y supercrítico del flujo o una combinación de éstos, a lo largo del río.

Para proveer la información antes citada, se practicaron levantamientos topográficos que permitieron establecer la geometría de la sección de flujo a lo largo del río San Juan, en una longitud de 4400 m, de los cuales 3600 corresponden al tramo hacia aguas abajo de la desembocadura de la quebrada Pirú, el cual incluye un sector localizado abajo de la desembocadura de la quebrada Aguas Claras, y 800 m hacia aguas arriba de la quebrada Pirú. Por otra parte, con el mismo objetivo, estos trabajos se realizaron a lo largo de 2500 m en la quebrada Pirú.

La aplicación del modelo para los caudales obtenidos de los análisis hidrológicos soportados por la información suministrada por el IDEAM, que como se anotó antes sólo cubren el período 1978 a 1994, en el mejor de los casos, no mostró desbordamientos del río, aún para el caudal de 100 años de recurrencia.

Puesto que es conocido que el río se desbordó en los años 2010 y 2011, se procedió a determinar las cotas de agua correspondientes a esta última inundación en lugares fácilmente identificables y por el método de ensayo y error, encontrar la magnitud del caudal que la produjo.

De las diferentes corridas del modelo, se logró establecer que para que la inundación alcanzara la cota 132 en la calle que comunica con el puente peatonal al norte del parque, el caudal debería ser del orden de  $118 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La aplicación del modelo para este caudal coincide con los datos obtenidos en campo durante la inundación de 2011, por lo cual, se determinaron las áreas afectadas por esta inundación.

Si se incluye este caudal en la serie de datos suministrada por el IDEAM y se realiza el análisis de frecuencia a la serie obtenida, se encuentra que este caudal de  $118 \text{ m}^3/\text{s}$  tiene una recurrencia de cerca de 25 años. Sin embargo, estudiados los registros de inundaciones que afectaron las mismas áreas en el pueblo, se logró establecer que éstas tienen una recurrencia que se localiza entre los seis (6) y diez (10) años, lo cual conduce a establecer que estos eventos constituyen una amenaza de grado medio, de acuerdo con las definiciones establecidas.

Los resultados de la corrida del modelo se presentan en el Cuadro de CARACTERÍSTICAS DEL FLUJO, en el cual se aprecian los niveles o cotas del fondo del río y de la quebrada, las cotas de agua en las diferentes secciones cuya ubicación se aprecia en el plano topográfico, la velocidad del flujo y demás información relacionada con las características del flujo en cada una de las secciones topográficas a lo largo tanto del río San Juan como de la quebrada Pirú.

La magnitud de la inundación causada por el desbordamiento del río San Juan se puede apreciar en las secciones transversales que se presentan a continuación, localizadas en el sector localizado frente a San Pedro.

**CARACTERISTICAS DEL FLUJO RIO SAN JUAN AGUAS ABAJO DE SAN PEDRO**

TRAMO	SECCION	Q TOTAL (m3/s)	COTA DE FONDO (msnm)	COTA DE AGUA (msnm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	AREA DE FLUJO (m2)	ANCHO DE SECCION (m)	NUMERO DE FROUDE
FINAL	1050	118	125.42	128.45	2.56	46.11	22.87	0.58
FINAL	1000	118	125.44	128.46	1.99	62.46	30.36	0.45
FINAL	950	118	124.43	128.18	2.60	45.46	24.20	0.60
FINAL	900	118	124.74	128.06	2.56	46.06	21.36	0.56
FINAL	850	118	123.95	128.13	1.63	72.31	34.42	0.36
FINAL	800	118	124.42	127.78	2.75	43.85	25.69	0.64
FINAL	750	118	124.92	127.91	1.42	83.12	37.25	0.30
FINAL	700	118	124.78	127.89	1.34	90.53	45.58	0.31
FINAL	650	118	123.89	127.86	1.29	98.14	49.71	0.27
FINAL	600	118	124.36	127.77	1.67	76.44	39.87	0.37
FINAL	550	118	124.10	127.47	2.57	45.89	20.31	0.55
FINAL	500	118	124.45	127.45	2.05	57.49	31.04	0.48
FINAL	450	118	123.79	126.96	3.25	36.35	18.74	0.74
FINAL	400	118	124.68	126.41	3.85	30.65	20.48	1.00
FINAL	350	118	123.88	126.59	1.74	67.65	44.78	0.45
FINAL	300	118	124.12	126.60	1.25	94.67	54.81	0.29
FINAL	250	118	123.40	126.48	1.68	70.44	50.99	0.45
FINAL	200	118	124.07	126.35	1.93	63.97	51.42	0.47
FINAL	150	118	123.90	126.29	1.79	65.94	36.95	0.43
FINAL	100	118	123.57	126.21	1.95	69.08	49.37	0.44
FINAL	50	118	123.36	126.17	1.56	75.42	45.43	0.39
FINAL	0	118	122.94	126.04	1.85	63.92	44.06	0.49

**CARACTERISTICAS DEL FLUJO RIO SAN JUAN SAN PEDRO ARRIBA DE LA DESEMBOCADURA DE Q PIRU**

TRAMO DE RIO	SECCION	Q TOTALI (m3/s)	COTA DE FONDO (msnm)	COTA DE SUP AGUA (msnm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	AREA DE FLUJO (m2)	ANCHO DE SECCION (m)	NUMERO DE FROUDE
ARRIBA	4400	100	131.77	134.55	2.23	45.43	20.54	0.47
ARRIBA	4350	100	131.48	134.40	2.45	41.42	21.98	0.51
ARRIBA	4300	100	131.20	134.33	2.33	46.66	54.53	0.51
ARRIBA	4250	100	131.47	134.09	2.72	36.73	16.65	0.59
ARRIBA	4200	100	131.29	134.11	2.02	55.48	61.01	0.44
ARRIBA	4150	100	130.92	133.84	2.63	38.54	28.43	0.62
ARRIBA	4100	100	130.96	133.96	1.51	84.92	74.01	0.31
ARRIBA	4050	100	131.03	133.83	1.91	63.61	61.29	0.43
ARRIBA	4000	100	130.73	133.70	2.02	50.45	50.86	0.42
ARRIBA	3950	100	130.50	133.70	1.78	70.58	68.01	0.36
ARRIBA	3900	100	130.35	133.62	1.91	67.63	83.74	0.40
ARRIBA	3850	100	130.37	133.22	2.92	34.21	16.52	0.65
ARRIBA	3800	100	130.06	133.31	1.92	61.11	78.30	0.41
ARRIBA	3750	100	130.02	133.17	2.20	49.68	52.83	0.48
ARRIBA	3700	100	129.93	133.01	2.42	46.77	55.24	0.56
ARRIBA	3650	100	130.24	133.11	1.30	89.67	65.22	0.28
ARRIBA	3600	100	129.80	133.01	1.72	76.03	91.37	0.36

**CARACTERISTICAS DEL FLUJO QUEBRADA PIRU**

TRAMO	SECCION	Q TOTAL (m3/s)	COTA DE FONDO (msnm)	COTA DE AGUA (msnm)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	AREA DE FLUJO (m2)	ANCHO DE SECCION (m)	NUMERO DE FROUDE
ARRIBA	2500	18	138.16	140.21	0.96		19.5	0.28
ARRIBA	2450.00	18.00	138.14	140.08	1.43	12.57	9.77	0.4
ARRIBA	2400.00	18.00	137.92	139.72	2.41	7.46	6.83	0.74
ARRIBA	2350.00	18.00	138.05	139.37	2.4	7.49	9.41	0.86
ARRIBA	2300.00	18.00	137.92	139.28	1.6	11.26	10.63	0.5
ARRIBA	2250.00	18.00	137.43	139.25	1.21	20.56	32.87	0.33
ARRIBA	2200.00	18.00	137.57	139.21	1.05	19.57	22.91	0.3
ARRIBA	2150.00	18.00	137.57	138.74	2.74	6.56	8.28	0.98
ARRIBA	2100.00	18.00	136.45	138.75	1.55	11.63	8.22	0.42
ARRIBA	2050.00	18.00	137.11	138.40	2.4	7.49	7.61	0.77
ARRIBA	2000.00	18.00	136.55	138.12	2.18	8.27	10.18	0.77
ARRIBA	1950.00	18.00	137.16	138.20	0.58	24.59	26.82	0.23
ARRIBA	1900.00	18.00	136.19	138.17	0.93	21.51	21.65	0.26
ARRIBA	1850.00	18.00	136.39	138.03	1.49	12.06	10.25	0.44
ARRIBA	1800.00	18.00	136.49	137.87	1.74	10.34	10.19	0.55
ARRIBA	1750.00	18.00	136.55	137.70	1.76	10.22	11.72	0.6
ARRIBA	1700.00	18.00	136.08	137.15	2.79	6.45	8.28	1.01
ARRIBA	1650.00	18.00	135.22	137.15	0.76	24.39	22.14	0.22
ARRIBA	1600.00	18.00	135.56	137.13	0.56	27.81	25.05	0.19

ARRIBA	1550.00	18.00	135.57	137.11	0.73	24.23	22.93	0.23
ARRIBA	1500.00	18.00	134.92	136.93	1.68	10.70	8.46	0.48
ARRIBA	1450.00	18.00	135.67	136.86	1.34	13.47	15.60	0.46
ARRIBA	1400.00	18.00	135.45	136.73	1.42	12.79	20.07	0.51
ARRIBA	1350.00	18.00	135.22	136.72	0.93	24.75	37.21	0.27
ARRIBA	1300.00	18.00	134.76	136.24	3.07	6.97	8.92	0.88
ARRIBA	1250.00	18.00	134.20	135.72	1.18	18.34	31.52	0.41
ARRIBA	1200.00	18.00	134.15	135.64	1.14	16.66	20.82	0.37
ARRIBA	1150.00	18.00	133.66	135.67	0.32	56.00	33.44	0.08
ARRIBA	1100.00	18.00	133.64	135.58	1.28	14.47	13.77	0.39
ARRIBA	1050.00	18.00	133.63	135.07	2.80	6.42	8.35	1.02
ARRIBA	1000.00	18.00	133.41	134.67	1.73	10.40	12.14	0.60
ARRIBA	950.00	18.00	133.24	134.47	1.86	10.01	11.89	0.60
ARRIBA	900.00	18.00	131.90	134.44	1.41	13.83	10.94	0.33
ARRIBA	850.00	18.00	132.36	134.34	1.52	11.90	10.56	0.43
ARRIBA	800.00	18.00	132.68	134.12	1.96	9.19	9.77	0.63
ARRIBA	750.00	18.00	132.44	134.14	1.09	18.83	21.04	0.31
ARRIBA	700.00	18.00	132.52	133.70	2.64	6.81	9.84	1.01
ARRIBA	650.00	18.00	131.41	133.37	2.28	9.46	12.43	0.65
ARRIBA	600.00	18.00	131.80	133.35	1.22	14.81	15.28	0.39
ARRIBA	550.00	18.00	131.41	133.27	1.25	14.38	13.75	0.39
ARRIBA	500.00	18.00	131.65	133.22	1.20	15.25	13.42	0.34
ARRIBA	450.00	18.00	131.35	133.20	0.87	20.79	17.66	0.25
ARRIBA	400.00	18.00	131.35	133.19	0.72	28.25	31.82	0.20
ARRIBA	350.00	18.00	130.81	133.16	0.82	22.25	17.18	0.22
ARRIBA	300.00	18.00	130.22	133.16	0.60	30.12	16.52	0.14
ARRIBA	250.00	18.00	130.26	133.14	0.78	23.15	12.28	0.18
ARRIBA	200.00	18.00	130.24	133.15	0.21	74.35	36.36	0.05
ARRIBA	150.00	18.00	130.26	133.15	0.31	58.25	28.10	0.07
ARRIBA	100.00	18.00	130.02	133.14	0.51	39.66	38.32	0.12



MARGEN IZQUIERDA

MARGEN DERECHA

