



*CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y
TECNOLOGICA No. 206 del 29 de Junio de 2011*



ANEXO 3:

Identificación, análisis y modelamiento de zonas inundadas e inundables para el departamento de Nariño en los sectores priorizados.

CONTENIDO

1. IDENTIFICACIÓN, RECOPIACIÓN Y ANALISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.	13
PROCESO METODOLOGICO.....	13
PRINCIPALES ANTECEDENTES	20
Nivel Nacional	20
Información Departamental	24
1. CARACTERIZACIÓN DE ZONAS INUNDADAS.....	69
ZONA PACÍFICA	71
Bocas de Satinga municipio Olaya herrera (río Satinga y Sanquianga).	71
Corregimientos de candelillas e imbilí municipio de Tumaco (río mira).	97
Municipio barbacoas: cabecera municipal (rio telembi).	113
ZONA ANDINA.....	129
1.1.1 Municipio San Bernardo-Río Quiña.....	131
Municipio San Pablo-Río Mayo.	144
2. DELIMITACIÓN DE ZONAS INUNDABLES	167
ESTUDIO HIDROLÓGICO	167
Análisis De Frecuencia	173
Selección De Distribuciones.....	199
Río Patía-Bocas de Satinga.....	200
Río Telembí-Cabecera Municipal Barbacoas	206
Río Mira-Imbilí Candelillas	212
Río Pasto-Bocatoma Centenario-Juan XXIII	219
Río Chapal- Los Cristales-Hospital Departamental	225
Quebrada Los Chancos-Rural-CEANI.....	237
ESTUDIO HIDRÁULICO.....	250
Río Patía-Bocas de Satinga.....	251
Río Telembí-Cabecera municipal Barbacoas.....	254
Río Mira-Imbilí Candelillas	255

Río Pasto-Bocatoma Centenario-Juan XXIII	259
Río Chapal- Los Cristales-Hospital Departamental	262
Quebrada Los Chancos-Rural-CEANI.....	265
3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	268
BIBLIOGRAFÍA.....	273

FIGURAS

Figura 1. Proceso metodológico de recopilación de información secundaria.....	14
Figura 2. Formulario generado para ingresar los registros de Inundación.....	15
<i>Figura 3. Zonas susceptibles a inundación para Colombia.</i>	<i>21</i>
Figura 4. Zonas susceptibles a inundación en los departamento de Nariño y Cauca.....	22
Figura 5. Áreas susceptibles a inundación en el primer semestre de 2011.....	23
Figura6. Población afectada por departamento durante la ola invernal 2010 - 2011.	24
Figura7. Número de registros de inundación por año. Fuente: CREPAD, 2011.....	25
Figura 8. Número de registros de Inundación departamento de Nariño	28
Figura 9. Número de víctimas y heridos por evento departamento de Nariño.	29
Figura 10. Localización Canal Naranja, Sector Olaya Herrera.....	31
Figura 11. Línea de Afectación marcas históricas de socavación.	32
Figura 12. Localización Zona de Estudio, sobre el Rio Mira.....	33
Figura 13. Área de Cultivos afectadas en el departamento de Nariño.....	36
Figura 14. Áreas de cultivo afectados en hectáreas por ola invernal 2011 por municipio.....	37
Figura 15. Número de personas en el sector agrícola afectadas durante ola invernal.	38
Figura 16. Áreas de cultivos agrícolas afectados durante Ola Invernal.	39
<i>Figura 17. Número de cierres y vías afectadas durante la ola invernal.</i>	<i>46</i>
Figura 18. Número de eventos con vías afectadas durante Ola Invernal.....	47
<i>Figura 19. Municipios con infraestructura vial más afectada por número de reportes en 2010-2011.</i>	<i>50</i>
Figura 20. Número de centros educativos afectados durante la Ola Invernal.	51
Figura 21. Número de acueductos afectados durante la Ola Invernal.	57

Figura 22. Número de Redes de Alcantarillado afectadas durante la Ola Invernal.....	62
Figura 23. Número de viviendas destruidas durante ola invernal.....	65
Figura 24. Número de viviendas averiadas durante ola Invernal.....	66
Figura 25. Número de viviendas en riesgo durante la Ola Invernal.....	66
Figura 26. Personas afectadas por inundaciones desde 1993. Fuente: DGR.....	69
Figura 27. Reunión con autoridades del municipio Olaya Herrera.....	75
Figura 28. Marcas de zonas inundadas municipio de Olaya Herrera.....	75
Figura 29. Proceso de relevamiento de información con organismos encargados de emergencias del municipio Olaya Herrera.....	76
Figura 30. Viviendas en riesgo por socavación lateral de cauce río Patía	77
Figura 31. Marcas históricas de avance de procesos de socavación lateral.....	77
Figura 32. Relevamiento de Marcas históricas de Inundación municipio Olaya Herrera.....	78
Figura 33. Areas Inundadas río Patía en Bocas de Satinga municipio de Olaya Herrera.....	83
Figura 34. Vulnerabilidad por socavación lateral Bocas de Satinga. Fuente: EOT municipio de Olaya Herrera.....	84
Figura 35. Edificaciones Típicas municipio Olaya Herrera. Fuente: CLOPAD.....	85
Figura 36. Afectación por socavación lateral municipio de Olaya Herrera Fuente: CLOPAD.	86
Figura 37. Afectación Barrio San Miguel municipio de Olaya Herrera.	87
Figura 38. Afectación Barrio El Balso municipio de Olaya Herrera.....	88
Figura 39. Afectación Barrio La Pista municipio de Olaya Herrera.....	88
Figura 40. Afectación Barrio El Comercio municipio de Olaya Herrera.....	89
Figura 41. Afectación Barrio La Playita municipio de Olaya Herrera.....	90
Figura 42. Infraestructura afectada sun-zona 1 municipio de Olaya Herrera	91
Figura 43. Infraestructura afectada sun-zona 1 institución educativa INELPAC municipio de Olaya Herrera	92
Figura 44. Infraestructura afectada sun-zona 2 biblioteca municipal de Olaya Herrera.....	93
Figura 45. Infraestructura afectada sun-zona 2 polideportivo municipio de Olaya Herrera.....	93
Figura 46. Infraestructura afectada sub-zona 3 caminos peatonales municipio de Olaya Herrera	94
Figura 47. Infraestructura afectada sub-zona 3 puente peatonal municipio de Olaya Herrera.....	95
Figura 48. Infraestructura afectada sub-zona 4 puente peatonal municipio de Olaya Herrera.....	96

Figura 49. Infraestructura afectada sub-zona 4 márgenes de la quebrada Mariquita municipio de Olaya Herrera	97
Figura 50. Proceso de relevamiento de información con organismos encargados de emergencias del municipio de Tumaco.....	100
Figura 51. Zona de reubicación Familias afectadas por inundación sector imbilí Candelillas municipio de Tumaco.....	101
Figura 52. Marcas de inundación evento de 16 de febrero de 2009 sector imbilí Candelillas municipio de Tumaco.....	101
Figura 53. Estado actual de la estación San Juan río Mira sector imbilí Candelillas municipio de Tumaco.	102
Figura 54. Marca de inundación sector Panal evento del 16 de febrero del 2009 municipio de Tumaco.	102
Figura 55. Areas Inundadas río Mira sector imbilí Candelillas municipio de Tumaco	107
Figura 56. Procesos de socavación lateral río Mira sector Imbilí Candelillas municipio de Tumaco.....	108
Figura 57. Vivinedas típicas vereda Achotal municipio de Tumaco.....	109
Figura 58. Vivinedas típicas vereda El Pana municipio de Tumaco.	110
Figura 59. Vivinedas típicas vereda Vuelta Candelilla municipio de Tumaco.....	110
Figura 60. Vivinedas típicas vereda Tulmo municipio de Tumaco.....	111
Figura 61. Vivinedas típicas vereda Miras Palmas municipio de Tumaco	111
Figura 62. Infraestructura muelle sector Imbilí Candelillas municipio de Tumaco.	112
Figura 63. Infraestructura escuela de la vereda Achotal sector Imbilí Candelillas municipio de Tumaco.	113
Figura 64. Relevamiento de Marcas históricas de Inundación cabecera municipal Barbacoas.	116
Figura 65. Areas Inundadas río Telembí cabecera municipal de Barbacoas	119
Figura 66. Marca Histórica de Inundación evento de febrero de 2009 río Telembí cabecera municipal de Barbacoas.....	120
Figura 67. Vivinedas típicas cabecera municipal de Barbacoas.....	121
Figura 68. Vivinedas típicas ribera del río Telembí cabecera municipal de Barbacoas	122
Figura 69. Vivinedas típicas barrio San Antonio cabecera municipal de Barbacoas.....	123
Figura 70. Vivinedas típicas barrio Bajito cabecera municipal de Barbacoas.....	123
Figura 71. Vivinedas típicas barrio Paso Grande cabecera municipal de Barbacoas.....	124
Figura 72. Vivinedas típicas barrio Guayabal cabecera municipal de Barbacoas	124

Figura 73. Vivinedas típicas calle Cauca cabecera municipal de Barbacoas.....	125
Figura 74. Vivinedas típicas barrio Brisas cabecera municipal de Barbacoas.....	125
Figura 75. Infraestructura escuela OAPC cabecera municipal de Barbacoas.	126
Figura 76. Infraestructura vía cabecera municipal de Barbacoas.	127
Figura 77. Infraestructura tuberías cabecera municipal de Barbacoas.	128
Figura 78. Infraestructura Casa Campesina cabecera municipal de Barbacoas.	129
Figura 79. Marca histórica de inundación aguas arriba Quebrada la Mina, sector La Vega municipio de San Bernardo.....	134
Figura 80. Marca histórica de inundación aguas arriba Río Quiña sector La Playa municipio de San Bernardo	134
Figura 81. Áreas inundadas río Quiña municipio de San Bernardo	136
Figura 82. Tipología de Viviendas cabecera municipal de San Bernardo.	137
Figura 83. Estado actual sector vereda La Mina municipio de San Bernardo.....	138
Figura 84. Estado actual sector pueblo viejo, Unión quebradas La Mina, Cueva Vieja y el Pailón municipio de San Bernardo.....	139
Figura 85. Estado actual sector pueblo viejo municipio de San Bernardo	139
Figura 86. Estado actual sector la playa municipio de San Bernardo	140
Figura 87. Estado actual sector río Quiña municipio de San Bernardo	140
Figura 88. Estado actual viviendas sector centro municipio de San Bernardo.....	141
Figura 89. Estado actual institución educativa municipio de San Bernardo.....	141
Figura 90. Estado actual puente San Roque municipio de San Bernardo.....	142
Figura 91. Estado actual Vía vereda la Florida municipio de San Bernardo	143
Figura 92. Estado actual Perdida de banca y muro de contención- Sector institución Educativa José Antonio Galán municipio de San Bernardo.....	144
Figura 93. Marca histórica sector La Cañada municipio de San Pablo.	147
Figura 94. Marca histórica sector La Vega Quito municipio de San Pablo.	147
Figura 95. Areas inundadas río Mayo municipio de San Pablo.....	150
Figura 96. Tipología de Viviendas cabecera municipal de San Pablo.	151
Figura 97. Estado actual viviendas sector vereda La Playa, vista posterior, municipio de San Pablo.	153
Figura 98. Estado actual viviendas sector vereda vista La Playa, vista anterior, municipio de San Pablo.	153
Figura 99. Estado infraestructura puente La Cañada, municipio de San Pablo.....	155

Figura 100. Estado infraestructura predios sector Vega Quito, municipio de San Pablo.....	156
Figura 101. Estado infraestructura predios cercanos ribera del río Mayo, municipio de San Pablo.....	156
Figura 102. Estado infraestructura sector La Playa vía Florencia, municipio de San Pablo.....	157
Figura 103. Marcas históricas de inundación vereda EL Puerto, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.	159
Figura 104. Area Inundada vereda EL Puerto, corregimiento del Encano, municipio de Pasto.	161
Figura 105. Tipología de Viviendas vereda EL Puerto, corregimiento del Encano, municipio de Pasto....	162
Figura 106. Estado viviendas vereda el Puerto, Entrada, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.	163
Figura 107. Estado viviendas vereda el Puerto, sector centro, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.	164
Figura 108. Estado infraestructura, escuela El Encano, corregimiento El Encano, municipio de Pasto...	165
Figura 109. Estado infraestructura, cancha de futbol, corregimiento El Encano, municipio de Pasto. ...	165
Figura 110. Estado infraestructura, casa comunal, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.	166
Figura 111. Estado infraestructura, muelle fluvial, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.....	166
Figura 112. Serie de caudales medios mensuales multianuales estación Los Nortes	200
Figura 113. Prueba de independencia de Anderson serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes.	202
Figura 114. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes.....	205
Figura 115. Serie de caudales medios mensuales multianuales estación Salí.....	206
Figura 116. Prueba de independencia de Anderson serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí.....	209
Figura 117. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí.	211
Figura 118. Serie de caudales medios mensuales multianuales estación San Juan	213
Figura 119. Prueba de independencia de Anderson serie de caudales máximos diarios anuales estación San Juan.	215
Figura 120. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios anuales estación San Juan.....	218
Figura 121. Serie de caudales medios mensuales multianuales estación Bocatoma Centenario	219
Figura 122. Prueba de independencia de Anderson serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario.	221

Figura 123. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario.....	224
Figura 124. Prueba de independencia de Anderson serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana.	228
Figura 125. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana	230
Figura 126. Hietograma de Proyecto Tiempo de Retorno 25 Años cuenca río Chapal	234
Figura 127. Hidrograma tiempo de retorno de 25 Años Cuenca del río Chapal.....	236
Figura 128. Serie de caudales medios mensuales multianuales estación Universidad.....	238
Figura 129. Prueba de independencia de Anderson serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Obonuco.	241
Figura 130. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Obonuco.....	244
Figura 131. Hietograma de Proyecto Tiempo de Retorno 25 Anos cuenca Chancos-Figueroa.....	247
Figura 132. Hidrograma tiempo de retorno de 25 Años Cuenca del río Chancos Figueroa.	249
Figura 133. Seccionamiento río Patía tramo Bocas de Satinga con fines de la modelación hidráulica....	252
Figura 134. Modelación hidráulica en el cauce del río Patía tramo Bocas de Satinga.	252
Figura 135. Áreas Inundables río Patía Tramo Bocas de Satinga.....	253
Figura 136. Seccionamiento río Telembí tramo urbano del municipio de Barbacoas.....	254
Figura 137. Modelación hidráulica cauce del río Telembí tramo urbano Barbacoas.	255
Figura 138. Áreas Inundables río Telembí Tramo urbano municipio de Barbacoa	256
Figura 139. Seccionamiento río Mira tramo Imbilí Candelillas con fines de la modelación hidráulica. ...	257
Figura 140. Modelación hidráulica del río Mira tramo imbilí Candelillas.....	257
Figura 141. Áreas Inundables río Mira Tramo Imbilí Candelillas	258
Figura 142. Seccionamiento río Pasto sector Bocatoma Centenario-Juan XXIII con fines de la modelación hidráulica.	260
Figura 143. Modelación hidráulica del río Pasto tramo Bocatoma Centenario-Juan XXIII.....	260
Figura 144. Áreas Inundables río Patía Tramo Bocas de Satinga.....	261
Figura 145. Seccionamiento río Chapal tramo Los Cristales-Hospital Departamental.....	263
Figura 146. Sección cauce del río Patía tramo Bocas de Satinga.....	263
Figura 147. Áreas Inundables río Patía Tramo Bocas de Satinga.....	264
Figura 148. Seccionamiento de la quebrada Chancos Figueroa con fines de la modelación hidráulica. .	266

Figura 149. Modelación Hidráulica cauce de la quebrada Chancos Figueroa.	266
Figura 150. Áreas Inundables quebrada Las Chancos-Figueroa	267

TABLAS

Tabla 1. Estudios referentes a la investigación de Inundación.....	16
Tabla 2. Número de reportes por evento.	25
Tabla 3. Área agrícola afectada y número de productores por municipio.	40
Tabla 4. Área agrícola afectada y número de productores en zona pacífica.....	41
Tabla 5. Número de eventos reportados por municipio con efectos sobre la infraestructura vial.....	47
Tabla 6. Sedes educativas por Municipio.....	51
Tabla 7. Número de eventos reportados por mes de cada municipio en cuanto a instituciones educativas afectadas por procesos de movimientos en masa originados por el fenómeno de la Niña.....	55
Tabla 8. Número de eventos reportados en cada mes por efectos a la red de acueducto.....	57
Tabla 9. Daños y afectación en la red de acueductos por municipio.	58
Tabla 11. Viviendas afectadas por Ola invernal en cada municipio.....	63
Tabla 12. Obras aprobadas por Colombia Humanitaria al Departamento de Nariño.	67
Tabla 13. Información secundaria de inundaciones municipio Olaya	74
Tabla 14. Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas de inundación municipio Olaya Herrera	79
Tabla 15. Caracterización de los puntos que registran evidencias físicas de inundación en Bocas de Satinga.....	80
Tabla 16. Información secundaria de inundaciones municipio Tumaco	99
Tabla 17. Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas de inundación municipio de Tumaco sector Imbilí Candelillas.....	103
Tabla 18. Caracterización de los puntos que registran evidencias físicas de inundación en centro poblado imbili candelillas.....	104
Tabla 19. Información secundaria de inundaciones municipio Barbacoas.....	115
Tabla 20. . Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas de inundación cabecera municipal de Barbacoas.	116
Tabla 21. Caracterización de los puntos que registran evidencias físicas de inundación en centro poblado de Barbacoas.....	117

Tabla 22. Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas de inundación municipio San Bernardo.....	135
Tabla 23. Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas de inundación municipio San Pablo.....	148
Tabla 24. Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas vereda El Puerto, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.	160
Tabla 25. Serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes	201
Tabla 26. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes.....	202
Tabla 27. Rango de datos de la distribución normal para la serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes.....	202
Tabla 28. Pruebas de homogeneidad de Helmert, t de Student y Cramer de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes.....	203
Tabla 29. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación Los Nortes.....	204
Tabla 30. Caudales máximos diarios anuales asociados a diferentes tiempos de retorno estación Los Nortes.	205
Tabla 31. Caudales máximos diarios anuales asociados a diferentes tiempos de retorno sector Bocas de Satinga.....	206
Tabla 32. Serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí.....	207
Tabla 33. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí.	208
Tabla 34. Rango de datos de la distribución normal para la serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí.	208
Tabla 35. Pruebas de homogeneidad de Helmert, t de Student y Cramer de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí.	209
Tabla 36. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación Salí	210
Tabla 37. Caudales máximos diarios anuales asociados a diferentes tiempos de retorno estación Salí.	211
Tabla 38. Caudales máximos diarios anuales asociados a diferentes tiempos de retorno sector cabecera municipal de Barbacoas.	212
Tabla 39. Serie de caudales máximos diarios anuales estación San Juan.....	214
Tabla 40. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de caudales máximos diarios anuales estación San Juan.....	215

Tabla 41. Rango de datos de la distribución normal para la serie de caudales máximos diarios anuales estación San Juan.....	215
Tabla 43. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación San Juan.....	217
Tabla 45. Serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario	220
Tabla 46. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario.....	221
Tabla 47. Rango de datos de la distribución normal para la serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario.....	221
Tabla 48. Pruebas de homogeneidad de Helmert, t de Student y Cramer de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario.....	222
Tabla 49. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación Bocatoma Centenario.....	223
Tabla 50. Caudales máximos diarios anuales asociados a diferentes tiempos de retorno estación Bocatoma Centenario	224
Tabla 51. Serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana.....	226
Tabla 52. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de precipitaciones máximas diarias estación Botana.	227
Tabla 53. Rango de datos de la distribución normal para la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana.	227
Tabla 54. Pruebas de homogeneidad de Helmert, t de Student y Cramer de la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana.	229
Tabla 55. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación Botana.	229
Tabla 56. Precipitaciones máximas diarias anuales asociados a diferentes tiempos de retorno estación Botana.....	230
Tabla 57. Coeficientes de desagregación de precipitaciones	232
Tabla 58. Precipitaciones medias diarias desagregas para diferentes tiempos de retorno estación Botana.	233
Tabla 59. Hietograma de proyecto Tiempo de Retorno 25 Anos cuenca río Chapal.....	234
Tabla 60. Equivalencia Usos y tratamiento de suelos metodologías Corín Land Cover y S.C.S.....	235
Tabla 61. Serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Obonuco.....	239
Tabla 62. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de precipitaciones máximas diarias estación Obonuco.	240

Tabla 63. Rango de datos de la distribución normal para la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Obonuco.....	240
Tabla 64. Pruebas de homogeneidad de Helmert, t de Student y Cramer de la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana.	242
Tabla 65. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación Obonuco	243
Tabla 66. Precipitaciones máximas diarias anuales asociados a diferentes tiempos de retorno estación Obonuco.....	244
Tabla 67. Precipitaciones medias diarias desagregadas estación Obonuco.....	246
Tabla 68. Hietograma de proyecto Tiempo de Retorno 25 Años cuenca Chancos-Figueroa	247

1. IDENTIFICACIÓN, RECOPIACIÓN Y ANALISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.

La identificación de zonas de amenaza por inundación a partir de información secundaria de las zonas inundadas derivadas de la ola invernal 2010-2011 en el departamento de Nariño se realizó mediante la recopilación de información de entidades gubernamentales y privadas acerca de los estudios realizados hasta el momento sobre la gestión del riesgo para el departamento de Nariño, el análisis a nivel espacial y documental los productos de información secundaria sobre inundaciones y la Evaluación e identificación de zonas de mayor recurrencia de los fenómenos.

PROCESO METODOLOGICO

Acorde a los objetivos pactados en el convenio, en este ítem se presenta el catálogo de eventos de inundaciones, datos históricos de inundaciones en Nariño registradas y reportadas por las entidades del estado y universidades, existiendo limitaciones por la calidad y disponibilidad de información a nivel geográfico.

La correcta identificación de las zonas dependió básicamente de la calidad y la escala de trabajo utilizada para el desarrollo de cada uno de los estudios y de los reportes entregados por las entidades estatales. La metodología para la recopilación de la información se presenta en la siguiente figura.

En un intento de estandarizar y facilitar la realización de consultas, se generó una base de datos y un formulario en los que se ingresó los reportes de eventos de inundaciones.

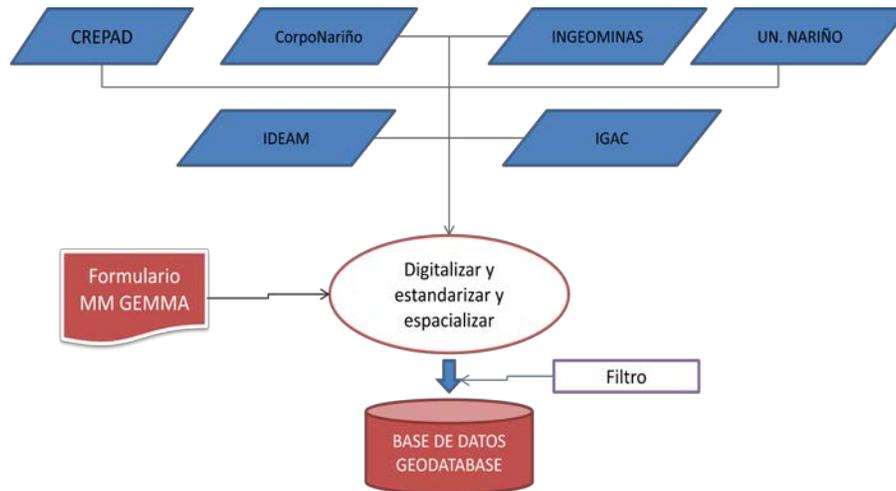


Figura 1. Proceso metodológico de recopilación de información secundaria.

La base de datos contiene información de la descripción del lugar, la fechas del evento y del reporte, el tipo de proceso y su descripción junto a la morfometría y los daños a la infraestructura, cambios a la cobertura y uso del suelo, los detonantes y condicionantes y la referencias de información.

Para la tipificación de la amenaza por inundaciones se utilizó la guía de metodológica para el mapeo de amenazas por inundación de Herrero et al. (2009), la cual diferencia el origen y las causas ya sea natural, inducida (agravada) o antrópica.

Las bases de datos fueron sometidas a filtros para eliminar replicas y redundancias, mediante diversos tipos de análisis de datos y espacializaciones, usando consultas por municipio y fechas. Aquellos que incluyen coordenadas fueron espacializados y re-proyectaron a Magna Colombia Oeste Oeste, junto con la descripción incluida en los registros. Con el nombre del municipio se relacionaron la totalidad de los eventos junto

con la información de víctimas y daños a la infraestructura. Ver formulario de recolección de información.



Figura 2. Formulario generado para ingresar los registros de Inundación.

Los documentos consultados en este análisis se detallan en la tabla 1, los cuales además marcan las directrices en cuanto al estado de la información de zonas susceptibles a inundación. Los Anexos detallan los registros recopilados y sistematizados además de los reportes de los formularios adicionados con el detalle de cada evento para inundación.

Como se detalla en la metodología, al generar un formulario para la adición de los registros de inundación se tiene la facilidad de estandarizar la información y conservar la coherencia en los datos. Con la base de datos se incluyó el nombre oficial de los 64 municipios del Nariño (junto con el código del DANE) los 13 orígenes de las inundaciones, 57 tipos de coberturas, 27 tipos de infraestructura y 83 usos del suelo, disminuyendo así la posibilidad de cometer errores durante la sistematización de datos, conservando la coherencia de los datos y potencializando la interoperabilidad.

Tabla 1. Estudios referentes a la investigación de Inundación.

Nivel	Título	Objetivo general	Resultado obtenido	Observación
Nacional	Mapa 1:100.000 de zonas inundables para Colombia	Identificar las zonas susceptibles de inundación.	Se desarrolló un estudio sobre zonas susceptibles de inundaciones bajo el estudio de Sistemas Morfo genéticos de Colombia para el 2010 como herramienta de análisis de y toma de decisiones con respecto a la Ola Invernal 2010 - 2011.	El estudio realizado a nivel nacional será útil si se utiliza como medio de identificación por departamento a gran escala.
Departamental	Estudio de obras de protección marginal del municipio de Olaya Herrera	Plantear alternativas de solución para proceso de erosión hídrica que se han presentado en las orillas del casco urbano, especialmente en la	Se diseñaron obras longitudinales sumergidas - geoestructuras direccionadoras de flujo - para conducir el flujo alejándolo de la orilla inestable en la	El estudio es claro en lo que se refiere a obras de protección por fenómenos de socavación, para zonas tan especiales como son el sector

margen derecha del río Sanquianga.

margen derecha del río Sanquianga y obras transversales-diques - para confinar un lleno hidráulico entre el talud y la estructura longitudinal.

Bocas de Satínga

1) Generalidades de la región centrandó su contenido en los aspectos más importantes de la población como su economía, geografía, grupos raciales entre otros aspectos.

2) Un diagnóstico de la situación en enero de 2008, (la erosión ha progresado enormemente, destruyendo en la actualidad la empresa de acueducto con su infraestructura)

3) Un diagnóstico geomorfológico, los planos, diseño de las obras civiles, análisis de precios unitarios (APU) y

			especificaciones técnicas para las obras de protección de orillas	
Delimitación de Zonas Inundables En El Municipio de Tumaco Sector Imbili Candelillas	Identificar y zonificar cartográficamente a escala 1:50000 las áreas susceptibles a inundaciones causadas por el rio Mira en el municipio de Tumaco	Para este estudio se tienen una serie de secciones que representan líneas de inundación bajo modelos hidráulicos de simulación mostrando alturas de hasta 29 metros del fondo, para el evento presentado en Octubre del 2009.	Importe estudio en cuanto a la zona donde fue realizado, sin embargo se observa un limitante en la determinación de zonas inundables que corresponden al modelo de simulación.	
Delimitación de Zonas Inundables En El Municipio De Pasto	Delimitación de zonas de inundaciones en el sector Tescual en el Municipio de Pasto.	Estudios de topografía de de detalle, documento con secciones transversales modeladas con datos de la estación Centenario.	Aunque el objeto es delimitar zonas inundables en el documento no se presentan anexos donde se presentes dichas delimitaciones. Solo se presenta una serie de secciones que no me representan en planta las áreas susceptibles a pesar de los recursos invertidos por las	

			entidades del estado.
Registros de Movimientos Masa (CREPAD) 2002-2011.	Generar un registro actualizado de los eventos sucedidos durante la ola invernal 2010-2011.	Hoja de cálculo con los reportes de Inundaciones 2004-2011.	Estos registros son de la base del análisis de los sucesos ocurridos durante la Ola Invernal 2010 – 2011, con información de víctimas, damnificados e infraestructura afectada.
Zonificación de amenaza por inundaciones en la cuenca media del rio pasto, sector urbano de san Juan de Pasto departamento de Nariño	Zonificación de la amenaza por inundaciones en la cuenca media del río Pasto, sector urbano del municipio de San Juan de Pasto	Uno de los productos más importantes dentro de esta investigación es un mapa con una zonificación de amenaza por inundación en la parte media del rio Pasto, en el se delimitan unas zonas bajo un criterio no muy claro sobre nivel de amenaza.	Un producto importante en esta investigación es el mapa de zonas susceptibles a inundación para la cuenca media del Rio Pasto, aunque el modelo se simula en cada una de sus secciones. un factor importante en el estudio es la descripción

geológica de los
diferentes sectores.

PRINCIPALES ANTECEDENTES

Nivel Nacional

El estudio referente a nivel nacional y de mayor relevancia fue el realizado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, para evaluar la Susceptibilidad a Inundación en todo el territorio Nacional a escala 1:100.000. Para esto, el instituto tomó como línea base los meses de Octubre y Diciembre de 2001, en los cuales (condiciones meteorológicas normales) para realizar análisis espacial y fotointerpretación zonificando en: Zonas Inundables periódicamente (por recurrencia de eventos), Zonas Inundadas (cota alcanzada durante el fenómeno de la Niña 2010 – 2011) y Zonas Susceptibles a Inundación (extraídas con base en el análisis de Sistemas morfo genéticos del Territorio Nacional realizado en el año 2010) (IDEAM-DANE-IGAC, 2011). En anexo se presenta el reporte consolidado de áreas afectadas por inundación la cual describe la metodología implementada. La figura 3 detalla el panorama nacional de susceptibilidad.

La metodología de identificación de áreas inundables utilizada en ese estudio priorizó las zonas de llanura aluviales (incluyendo la Depresión Momposina) del sistema Magdalena – Cauca - San Jorge - Sinú en la vertiente del Atlántico, para el pacífico; los

ríos Atrato, San Juan, Patía y Micay, las llanuras aluviales de los Llanos Orientales, las de los ríos Zulia y Catatumbo y el altiplano Cundiboyacense. El resultado, la depresión momposina, las sabanas inundables de la Orinoquia, el piedemonte andino – amazónico, las llanuras aluviales y desembocaduras de los ríos Magdalena, Baudó, San Juan, Patía, Sinú, Caquetá, Cauca y Putumayo y Meta son las zonas con mayor susceptibilidad.

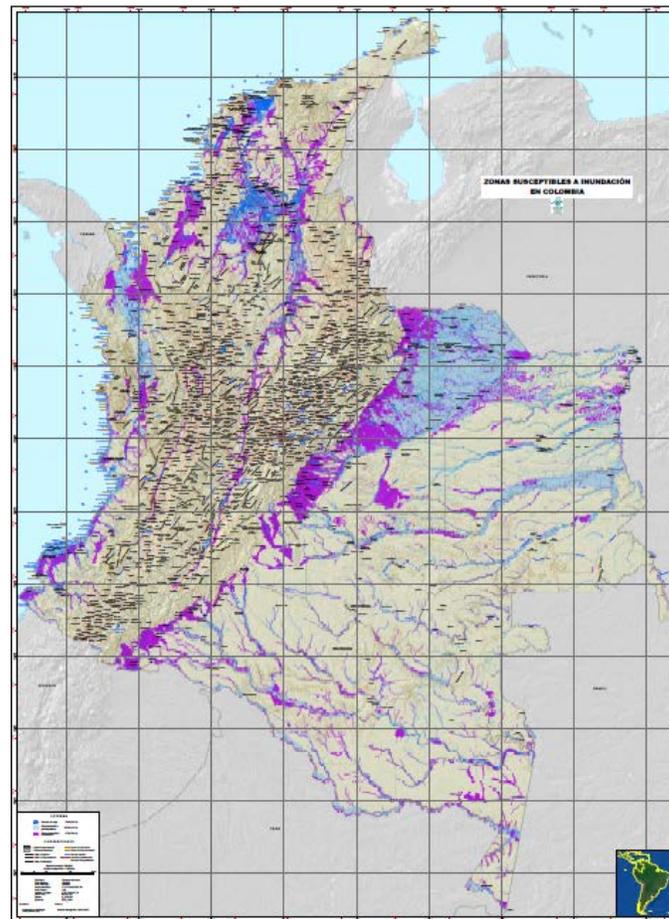


Figura 3. Zonas susceptibles a inundación para Colombia. Fuente: IDEAM 2010

Según la línea base de inundación en Nariño, 158,207ha (5%) son áreas inundables periódicamente (línea base 2001) y 35,915ha son susceptibles a inundables (IDEAM, 2011). Las zona susceptibles a inundación según el análisis de sistemas morfo genéticos para el primer semestre de 2011, son 565.525ha, localizadas en las llanuras

aluviales de los ríos Patía y Mira y los deltas y zonas costeras del pacifico nariñense, propensas a efectos de altas mareas y oleaje, ver figura. Por municipio el 70% se localizan en la zona pacifica: Santa Barbará, Mosquera, Roberto Payán, Olaya Herrera y Tumaco, ver figuras.

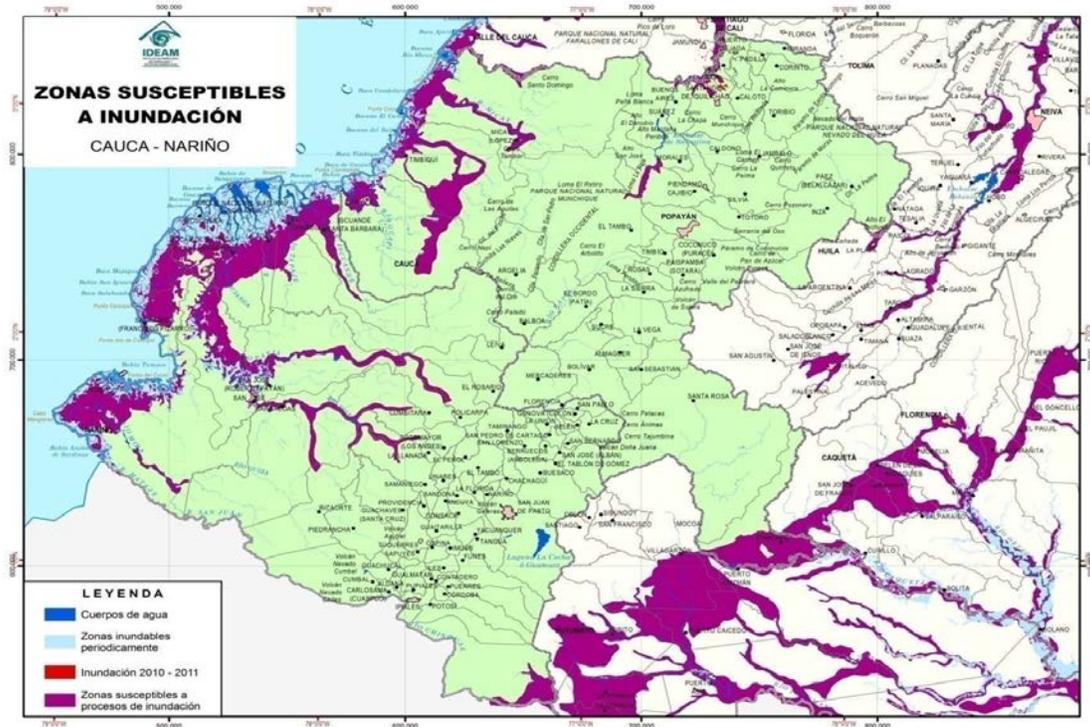


Figura 4. Zonas susceptibles a inundación en los departamento de Nariño y Cauca

Fuente: IDEAM, 2010

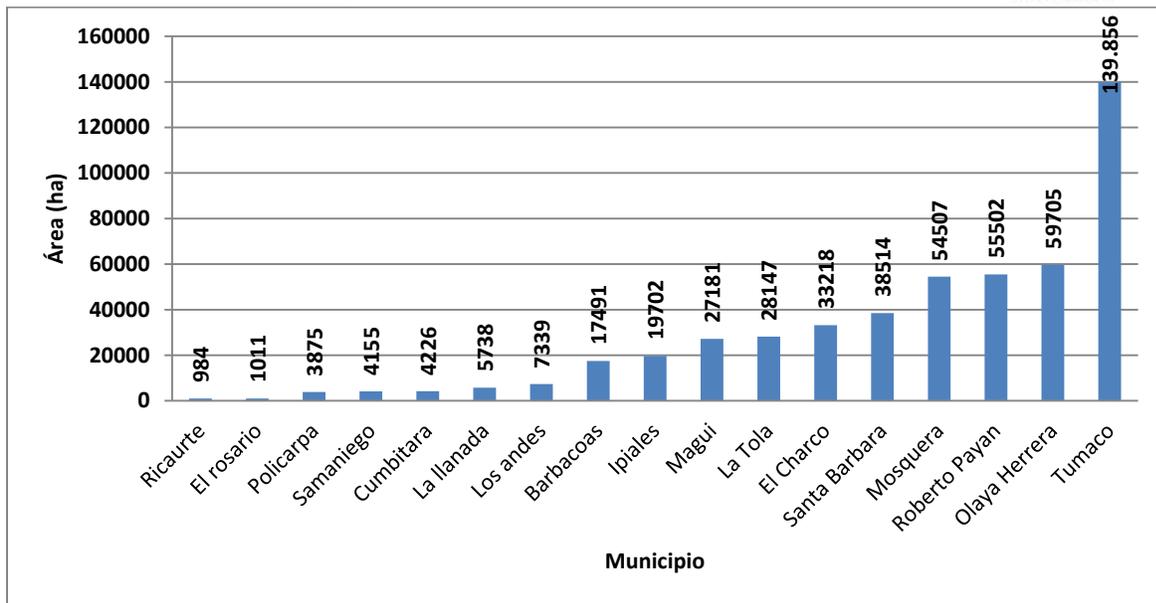


Figura 5. Áreas susceptibles a inundación en el primer semestre de 2011.

Fuente: IDEAM, 2011.

EL IDEAM no generó información de las zonas inundadas durante la ola Invernal 2010-2011 ya que no contaba con catálogo de imágenes para el departamento.

Por afectación a la población por eventos de inundación Nariño presentó durante la ola invernal 62.471 víctimas, heridos y damnificados, dejando al departamento en un sexto lugar de 29 departamentos evaluados. En cuanto a los municipios que se encuentran en la región andina, este estudio no hace referencia a ellos, debido a que la escala de análisis no lo permite, ver figura.

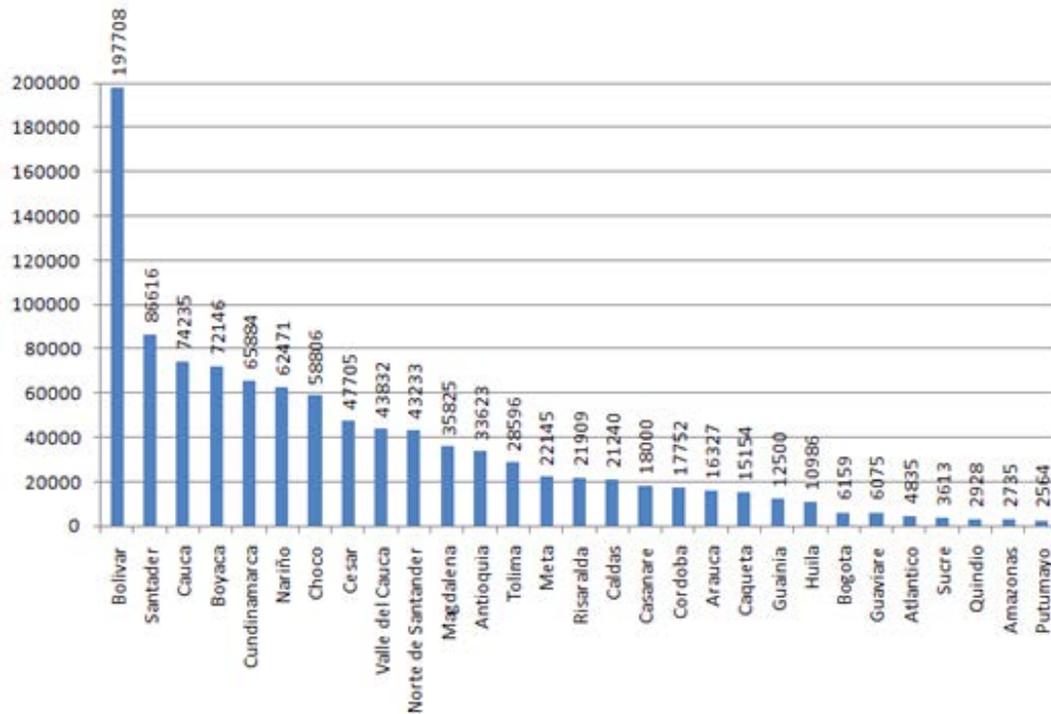


Figura6. Población afectada por departamento durante la ola invernal 2010 - 2011.

Fuente: El Autor Sala de situación humanitaria. Colombiassh.org

Información Departamental

El Comité Regional de Prevención y Atención de Desastres (CREPAD) ha organizado los reportes de inundación desde el 2004, en tablas que intentan ordenar la información pero que carecen de estándares lo que dificultó el análisis. Otro aspecto es la falta de información espacial y descripción de la magnitud e impacto de los eventos limitando la profundidad de este documento. El listado total de registros sistematizados por año se visualiza en la siguiente figura y el resumen del número de registro por años del CREPAD se detalla en tabla. En Anexo se encuentra el consolidado de número de eventos, víctimas y afectados por municipio total y por ola invernal sistematizado.

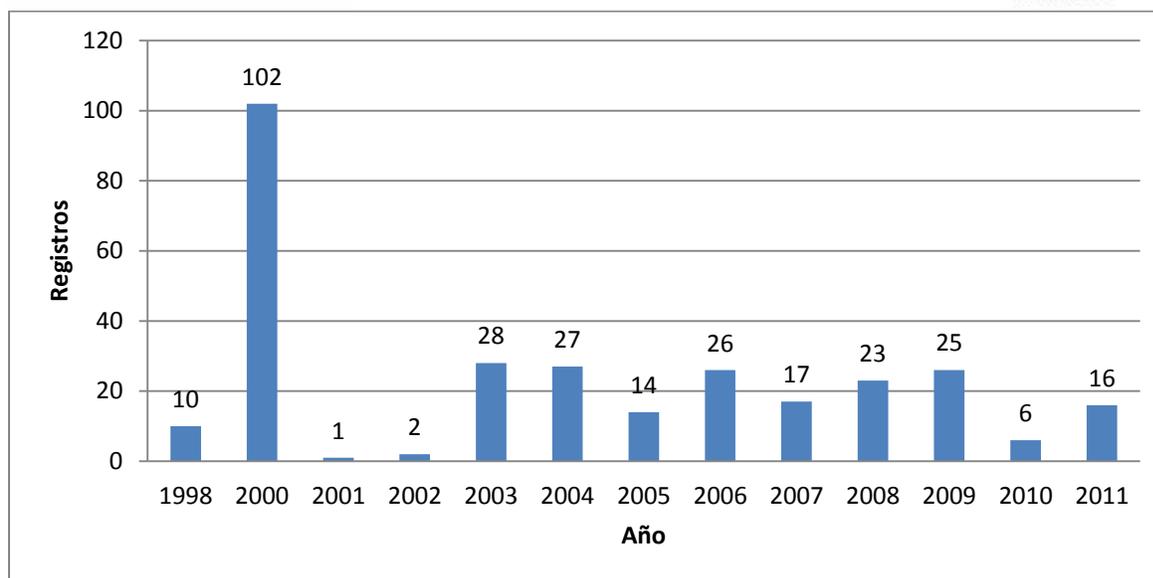


Figura7. Número de registros de inundación por año. Fuente: CREPAD, 2011

Tabla 2. Número de reportes por evento. Fuente: CREPAD, 2011.

ZONA	Municipio	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total	Total Zona
CENTRO	Chachagui	1	1				2			4	20
	La florida	1								1	
	Nariño								1	1	
	Pasto	3	1		2	5	2		1	14	
	Tangua									0	
	Yacuanquer									0	
NORTE	Albán	1								1	38
	Arboleda					1	1	1		3	
	Belén			1						1	
	Buesaco		1	1						2	
	Colon									0	
	Cumbitara					1	1			2	
	El peñol	1								1	

	El rosario			1					1	
	El tablón	1		1					2	
	La cruz			1					1	
	El tambo	1	2		1	1		1	6	
	La unión		1	1		2			4	
	Leiva	1							1	
	Los andes	2	2	1				1	6	
	Policarpa					1			1	
	San Bernardo			1					1	
	San Lorenzo								0	
	San pablo		1	1					2	
	Sp de Cartago	1	1						2	
	Taminango			1					1	
OCCIDENTE	Ancuya								0	14
	Consacá			1					1	
	Guaitarilla			1		1			2	
	La llanada	1							1	
	Linares		1						1	
	Providencia								0	
	Samaniego	2		1					3	
	Sandoná			1	1	1			3	
	Santa cruz			2	1				3	
PACIFICA	Barbacoas	1	1		2	2	2	1	3	12
	El charco			1		1			1	3
	F. Pizarro			1	2			1	2	6
	La tola	1		2					1	4
	Magui payan		2	1	2	2	1		1	9
	Mallama	1					1			2
	Mosquera							1	1	2
	Olaya Herrera			2	1	1			1	5
	Ricaurte	1								1

	Roberto payan		1	3	1	1	2	8			
	Santa Bárbara (Iscuande)		2				1	3			
	Tumaco	1	4	1	1	1	6	14			
SUR	Aldana							0	22		
	Contadero	2						2			
	Córdoba							0			
	Cuaspud					3		3			
	Cumbal					1		1			
	Funes							0			
	Guachucal				1	1	1		3		
	Gualmatán							1	1		
	Iles			1		1			2		
	Imués					1			1		
	Ipiales	1						1	2		
	Ospina				1				1		
	Potosí							1	1		
	Puerres								0		
	Pupiales						1		1		
	Sapuyes			1	1			1	1	4	
Túquerres						1		1			
		22	16	24	18	23	26	14	21	TOTAL	163

Sumando los registros de inundación de la ciudad de Pasto, se han presentado 393 eventos de inundación, dos por Oleaje (en Tumaco), dos por altas mareas (Tumaco y Olaya Herrera), uno por represamiento (El Tambo).

En 54 municipios se ha reportado un total de 163,424 damnificados, estos en su mayoría en Tumaco (44%) cuya inundación el 26 de febrero de 2009 registro 33,000 damnificados. Se han presentado 7 víctimas (Roberto Payán, Tumaco y La Unión) y dos heridos (Cumbal). En las siguientes figuras se hace un resumen de los eventos

presentados para municipio por cada año de registro y el promedio de Víctimas y Heridos por Evento.

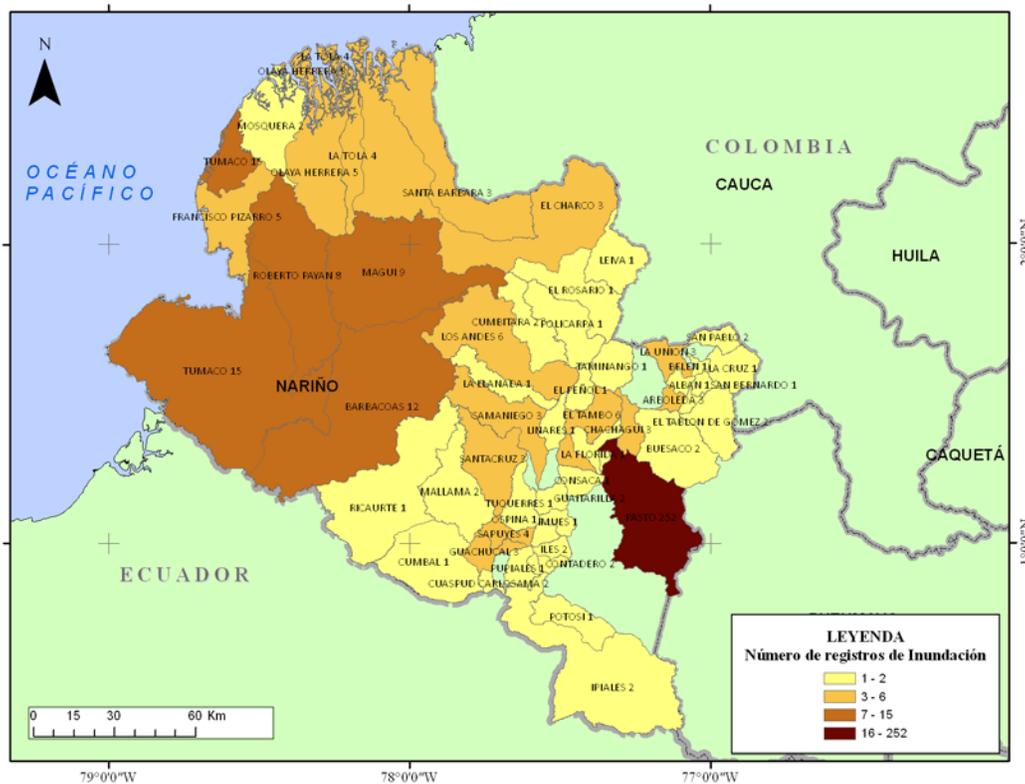


Figura 8. Número de registros de Inundación departamento de Nariño

Durante la Ola Invernal se reportaron 27 eventos de inundación en 19 municipios, de los cuales, cuatro fueron en Barbacoas, tres en Roberto Payán, dos en Tumaco, Sapuyes y Mosquera. No se presentaron víctimas ni heridos pero si 31,191

damnificados, en su mayoría en Barbacoas (10,300) y Tumaco. La Zona Pacífica fue la más afectada.

Para entrar a realizar observaciones sobre los datos es de vital importancia saber que las entidades territoriales del departamento de Nariño han sectorizado el departamento por regiones o zonas que para el caso corresponden a la Sur, Norte, Occidental, Pacífica y Central, esto con el fin de agilizar y calcular costos operativos y de infraestructura, por tal motivo el estudio adopta y mantiene dicha clasificación.

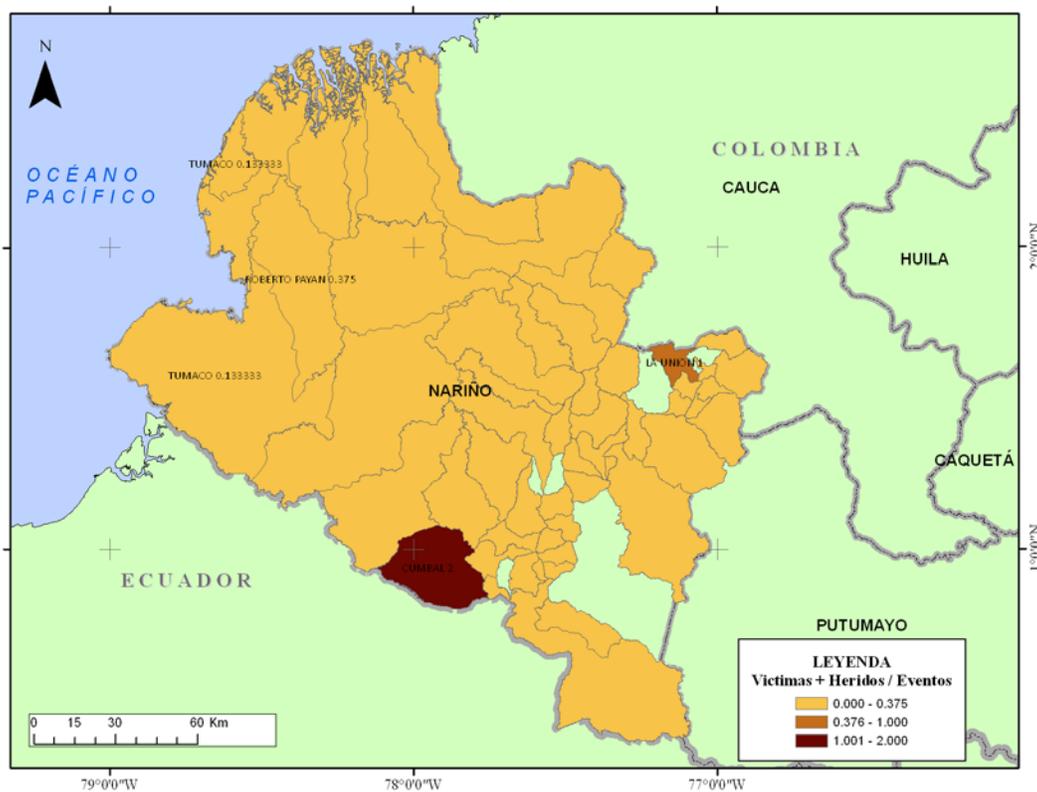


Figura 9. Número de víctimas y heridos por evento departamento de Nariño.

Al igual que el estudio realizado por IDEAM, se constata la necesidad de profundizar estudios en la zona pacífica, la cual presenta el mayor número de eventos (69 eventos), específicamente en los municipios que se encuentran localizados en las riberas del río Mira y Patía. Las otras zonas de importancia por número de eventos son

la Zona Sur (22) en la cuenca del río Guaitara específicamente, y al Zona Norte (38), en la cuenca del Río Mayo y Patía.

Por eventos y población afectada en la zona centro específicamente el municipio de San Juan de Pasto, con 12 eventos registrados superando a Barbacoas, uno de los más afectados, pero se agrava cuando se suman los registros tomados del estudio 'Zonificación de amenaza por Inundaciones en la Cuenca Media del río Pasto, sector urbano de San Juan de Pasto (Moncayo, 2005) total de 238 eventos han sido reportados para la ciudad desde 1998. La descripción de los estudios consultados por zonas se detalla a continuación.

- **Zona pacífica**
 - **Obras de protección marginal, municipio de Olaya Herrera (Bocas de Satínga)**

Un estado de la situación actual de Bocas de Satínga por parte de este estudio es la clasificación de zona de alto riesgo que pueden desaparecer debido a que el río Patía y Sanquianga está erosionando la rivera. Las obras hidráulicas implementadas para la construcción del canal aliviadero agravaron los problemas ya que generan socavación de orillas y del lecho del canal. La mayor socavación se presenta en la parte externa de las curvas, especialmente en la curva antes de la confluencia con el río Satínga, que es precisamente donde está ubicada la población.

El gran caudal que trae en la época de invierno, cuando los suelos están más saturados pluviosidad que caracteriza el pacífico sur colombiano – 3000 a 6000 mm/año, sumada a la gran amplitud de la carrera de marea - alrededor de 6 m) no encuentra salida fácil y rápida hacia el mar por lo que el flujo crea una especie de remanso en la zona de confluencia por tal motivo se debería contemplar la idea de reubicación acompañadas de procesos de socialización, aunque esto podría traer

costos altísimos y durar muchos años. Mientras tanto es necesario implementar medidas para proteger la población.

La comunidad de Bocas de Satínga admitió la construcción de un canal a través de la barra puntual en la margen izquierda del Sanquianga, aguas arriba de la población, ver figura, con el fin de desviar parte del caudal en forma más directa hacia aguas abajo de la confluencia.

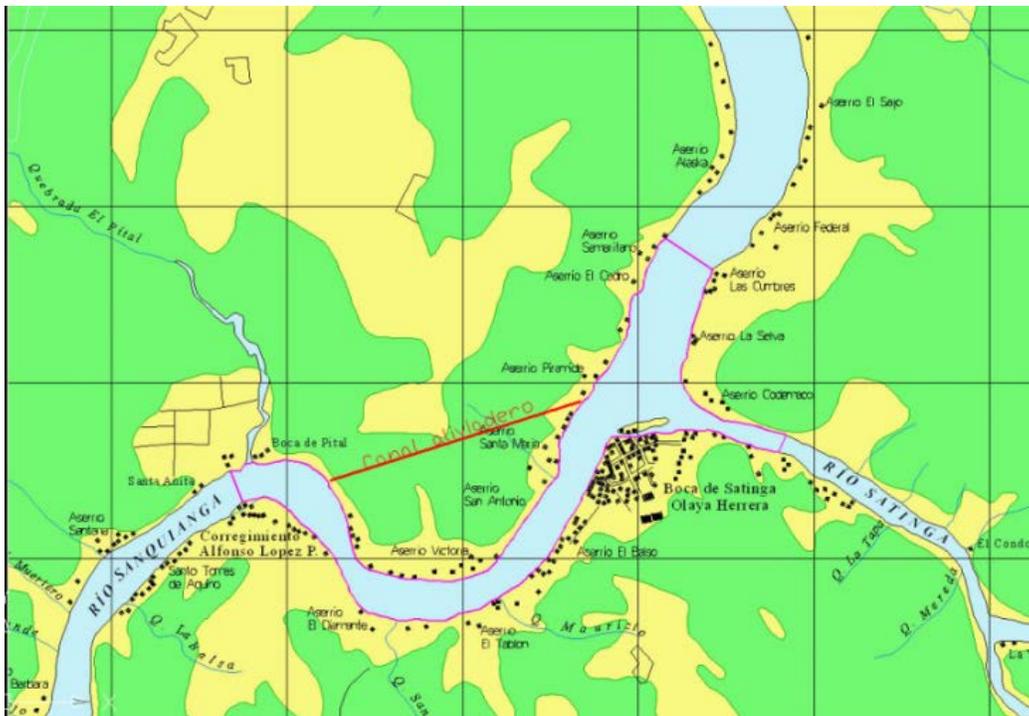


Figura 10. Localización Canal Naranjo, Sector Olaya Herrera.

Fuente: Universidad Nacional, 2007

La socavación y las líneas de afectación han sido registradas por el municipio tal y como se indica en la figura, afectando los equipamientos, como la Bocatoma del Pueblo y la planta de tratamiento, las cuales fueron desprendidas del sector, ver figura.

Para los análisis se tomará como base la información y estudios realizados en la zona como es la planimetría y batimetría existente. Esta será evaluada ya que el cauce está sujeto a continuos procesos de socavación y acreción

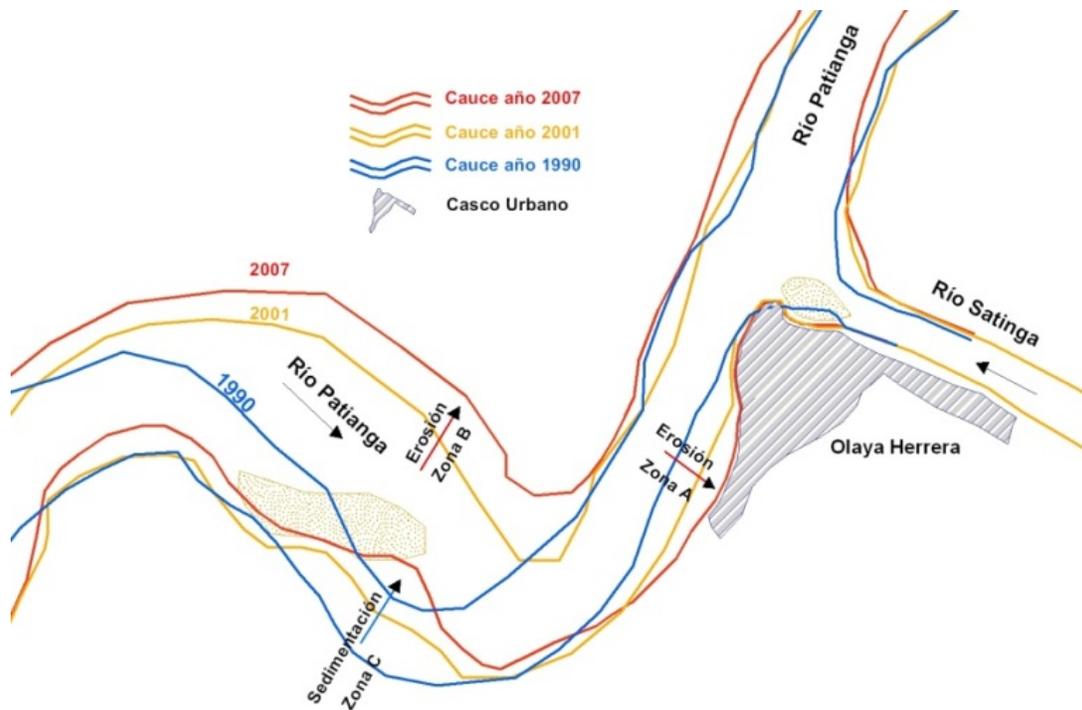


Figura 11. Línea de Afectación marcas históricas de socavación.

Fuente: Universidad Nacional, 2007

- **Zonificación de amenaza por Inundaciones en un Sector del río Mira, municipio De Tumaco**

Una de las descripción que se realiza dentro de la zonificación es el régimen de lluvias presente en la zona uno de los más significativos en cuanto a intensidad de lluvia y que se repite para toda la región pacífica. Lo anterior acompañado de la estructura orográfica presente hace que la incidencia de inundaciones sea más frecuente, ver figura.

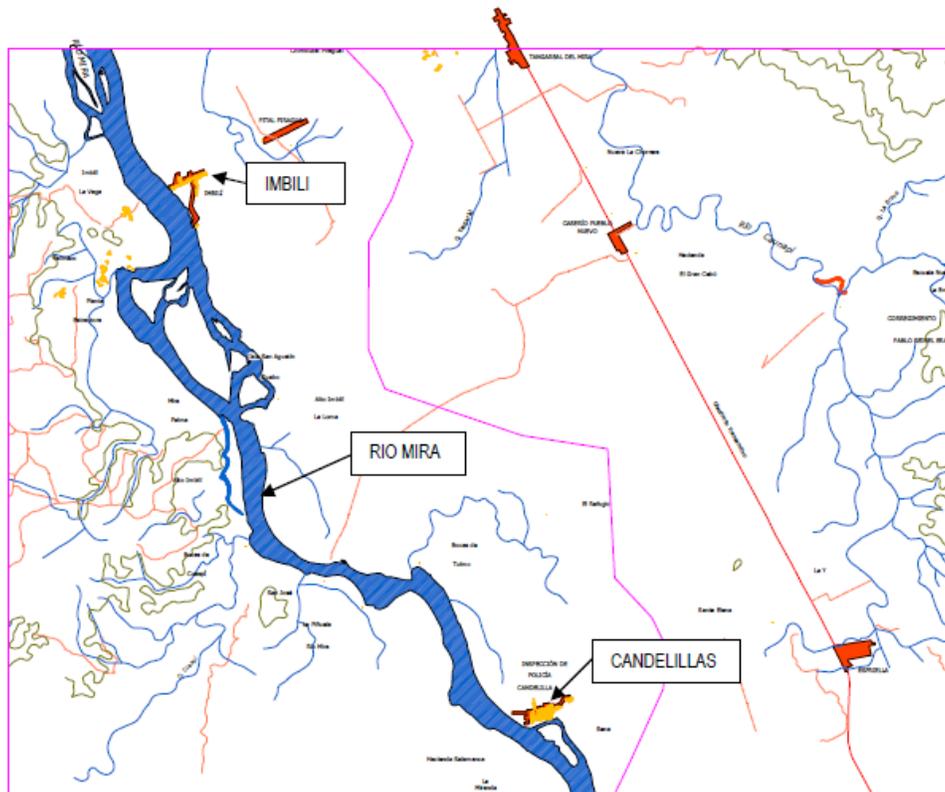


Figura 12. Localización Zona de Estudio, sobre el Río Mira.

Fuente: Plan de Ordenamiento de Tumaco.

En el desarrollo del estudio de líneas de inundación realizado por CORPONARIÑO se utilizó cartografía a escala 1:100.000, se simuló con el programa HEC RAS, se realizaron estudios batimétricos en dos sectores Imbili y Candelillas. En este se realizó

a pesar de la carencia de información hidrometeorológica de la zona, la cual tiene una única estación aferente a la zona de estudio y que fue destruida por la crecida del 16 de febrero del 2009.

El caudal cargado al modelo fue de 8000 m³/s, dato estimado el estudio para el evento del 16 de febrero del 2009. La información que se usará de este estudio es la correspondiente a secciones transversales, alturas de inundación y la planimetría, teniendo en cuenta que en ese estudio al generar secciones no se identifica el punto de corte natural del terreno con la lamina de agua producto de ese evento, ni el nivel de agua calculado por el programa.

Aunque es importante realizar el análisis hidro-meteorológico con los datos existentes de la estación (calculado de máximos históricos), para los análisis siguientes se incluirá la marca histórica de inundaciones, reportada en el evento. Por último se considera pertinente validar las secciones transversales generadas ya que la alta sedimentación del río hace cambiar la dinámica hidráulica.

– **Zona Centro**

- **Zonificación de amenaza por inundaciones en la cuenca media del río Pasto, sector urbano de San Juan de Pasto departamento de Nariño.**

Al igual que el estudio de la zona pacífica, este estudio contempla una serie de secciones transversales, sobre las cuales se simula el tránsito de un caudal obtenido mediante un procesamiento estadístico.

Este estudio tiene un problema en varias de las secciones de simulación, la línea de lámina de agua no se encuentra con el terreno natural, lo cual genera problemas en el

momento de transferir información a un plano, generando un plano con líneas de inundación incorrectas. Por esta razón no se asume ningún dato de este estudio.

- **Estimación de líneas de inundación en el tramo urbano de la cuenca media del Río Pasto.**

En este trabajo se resalta las condiciones metodológicas para las estimaciones estadísticas y el modelo de simulación como el HEC HMS y el HEC RAS, aplicativos que van de la mano a la hora de calcular caudales. Un factor importante en la estimación de caudales fue la integración de los cuerpos de agua que tributan al Río Pasto, generando escenarios más reales para el modelo.

En las secciones se muestra que la lamina de agua corta el terreno natural lo cual indica que la información de cada sección cumple con los condicionales del modelo. La información a extraer de este estudio será la concerniente a los sitios sobre la ciudad con mayor susceptibilidad a inundaciones.

El resultado de este estudio muestra que los barrios relacionados como de alta susceptibilidad son: Pucalpa I ,II, III entre calles 22 E y 22, Barrio el Olivo entre carreras 12 y 14, Barrio Normandía Nueva Colombia, entre la carrera 16ª y 17ª, Centenario entre carreras 17 y 18, Barrio Santander en la Calle 22C, Los dos puentes en la calle 22 bis, Colegio Pedagógico, Las cuadras carrera 31, la rivera 33 y 34, Cedenar cra 36 y 37, Morasurco, la castilla cra 38 y 39 y todas las edificaciones que se encuentran sobre la calle 23, Sector Pandiaco carrera 47 con calle 19ª.

1.3 EFECTOS DE LA OLA INVERNAL 2010 – 2011

1.3.1 Agricultura

El Ministerio de agricultura elaboró un reporte que indica las pérdidas por hectárea en departamento de Nariño para 46 cultivos de carácter promisorio para su consumo y comercialización afectados por ola invernal 2010-2011.

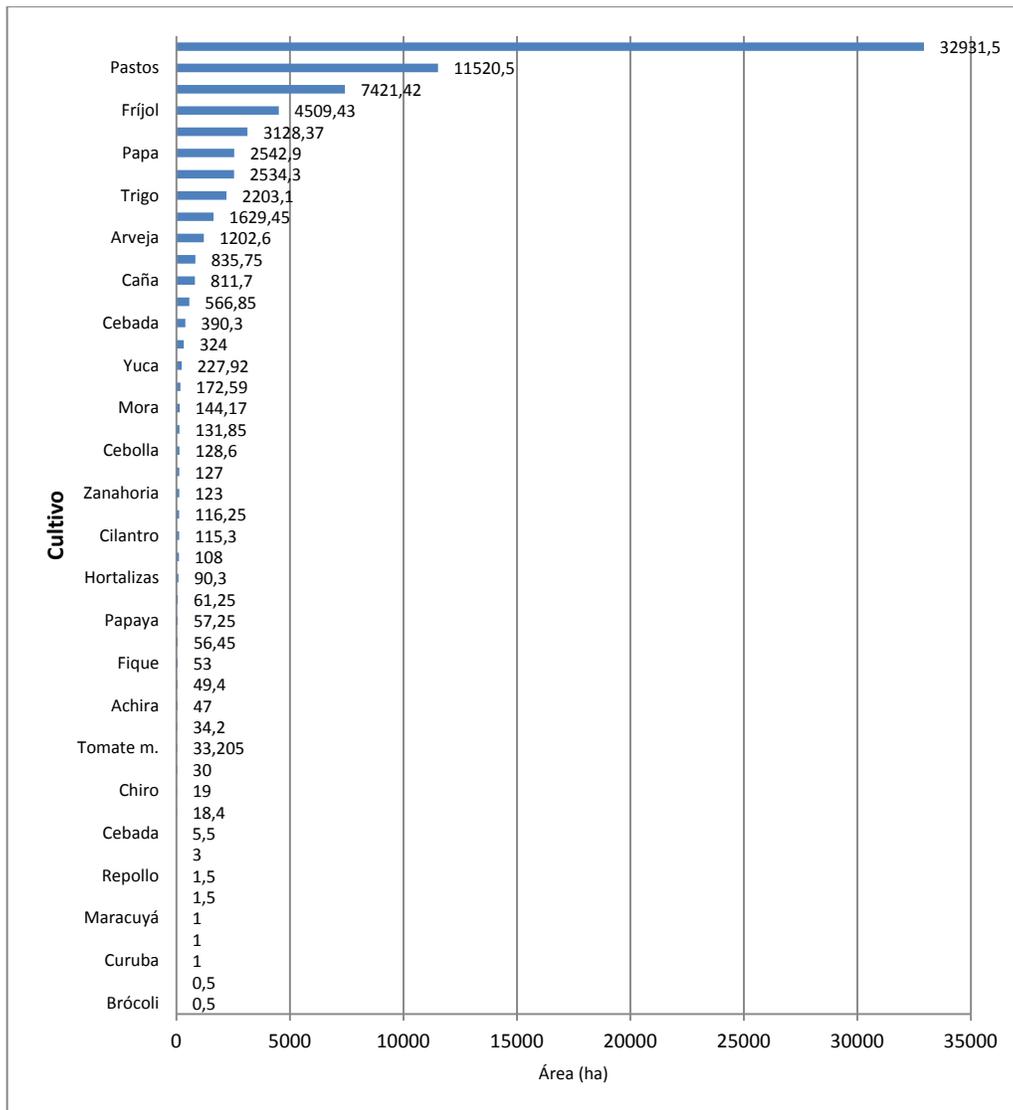


Figura 13. Área de Cultivos afectadas en el departamento de Nariño.

Fuente: Min. Agricultura 2011

Las áreas afectadas de cultivos en el departamento ascendieron a 82,928has y 48,594 agricultores afectados. Los municipios de Guachucal, Albán, Providencia, Colón, Pupiales, Imues, La Unión, Roberto Payán, Cumbal, Sandoná, Magui Payán y Olaya Herrera tienen más de 2,500ha representando el 65% del área afectada, ver figura.

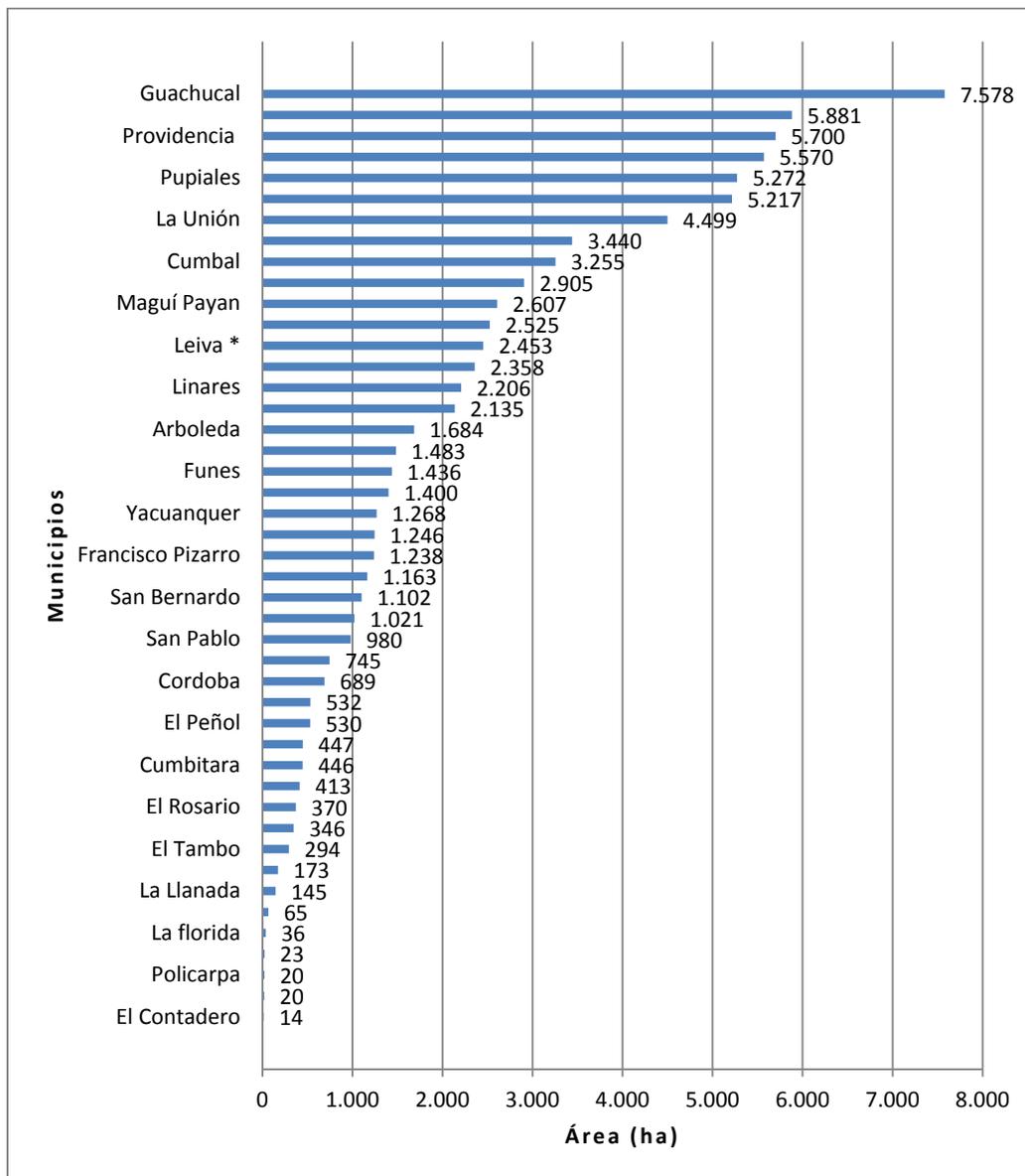


Figura 14. Áreas de cultivo afectados en hectáreas por ola invernal 2011 por municipio.

Fuente: Min. Agricultura, 2011

Por población afectada, Sandoná, Roberto Payán, Imués, La Cruz, San Pablo, Providencia, Cumbal, Consacá, Colón, Maguú Payán, Olaya Herrera, La Unión, Albán representan el 62% del total con más de 1,620 agricultores afectados, ver figura. Del total Pupiales fue el más afectado con 5,272ha con cultivos de Arveja, Haba, Mora, Papa, Pastos, Remolacha, Uchuva, Zanahoria.

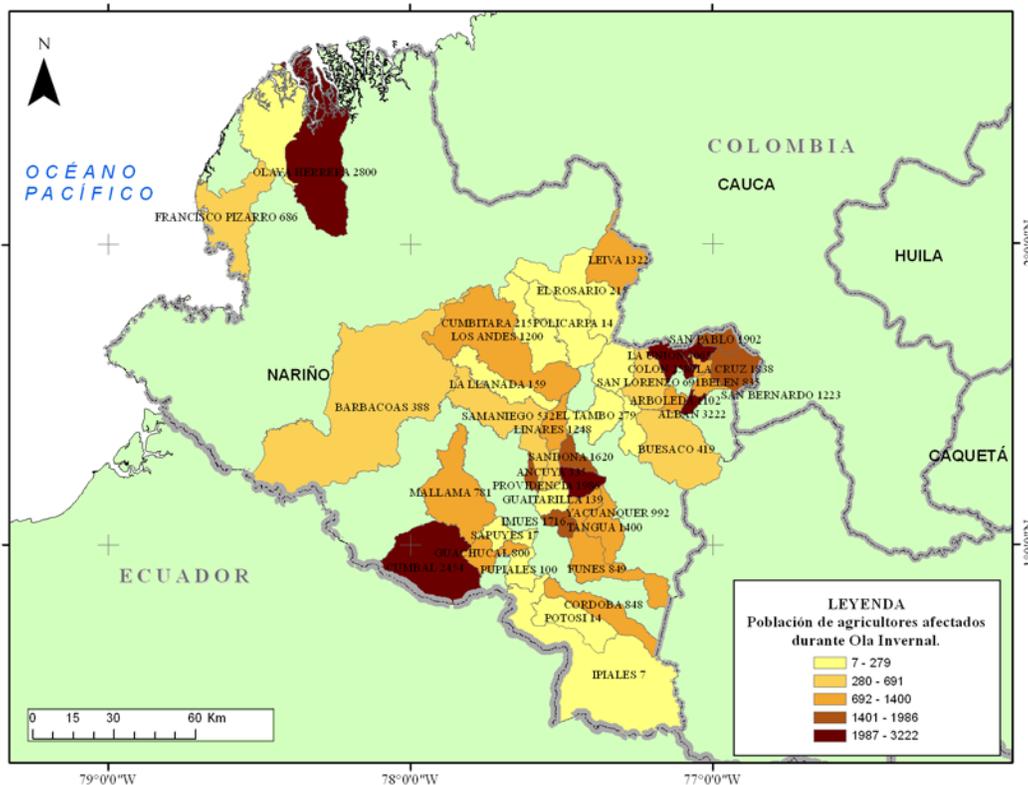


Figura 15. Número de personas en el sector agrícola afectadas durante ola invernal.

Por cultivo se afectaron 11,520ha de Pastos en su mayoría en Colón, 7,421ha de Café en principalmente en Albán, Arboleda, Colón y Sandoná; 4,509ha de Frijol en su mayoría en Yacuanquer, Tangua, Imués, Funes y Albán; 3,128ha de Maíz principalmente Albán, Buesaco, Imues, Providencia, Yacuanquer; 2,542ha de Papa en Providencia, Pupiales y Cumbal; 2,534ha de Plátano principalmente en Olaya Herrera,

Magüi Payán y Cumbal; 2,203 de Trigo casi en su totalidad en Imués; 1,692ha de Banano de las cuales 1500 están en Colón. Estos cultivos representan el 92% del área afectada.

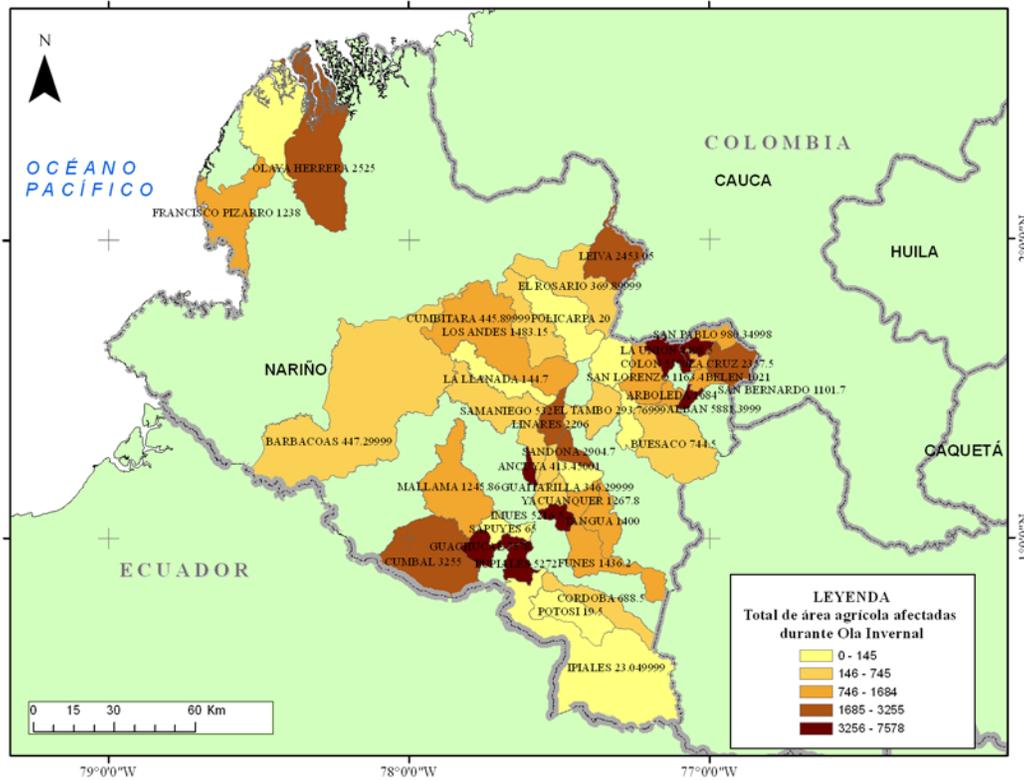


Figura 16. Áreas de cultivos agrícolas afectados durante Ola Invernal.

Durante el 2010, por exceso de humedad se afecto a 51.429ha, el 70% del área total afectada durante toda la ola invernal, dejando un saldo de 34,270 agricultores afectados, lo que representa el 83% del total. En la zona pacífica 12.207has fueron afectadas por excesos de humedad dejando 9,401 agricultores afectados. Por Municipio: Roberto Payán, Magüi Payán y Roberto Payán entre 2,000ha – 3,000ha de cultivos fueron afectadas dejando un total 7.062 agricultores afectados, y en Tumaco y Francisco Pizarro entre 1,000ha-2000ha con 1,591 agricultores afectados, ver tablas.

Tabla 3. Área agrícola afectada y número de productores por municipio.

Fuente: Min. Agricultura, 2011

Municipio	Principales cultivos	Número de productores	Área (ha)
Albán	Maíz, Frijol, Café.	1,441	3,301.40
Ancuyá	Frijol, Café, Pastos	296	375.95
Arboleda	Café, Frijol, Lulo	1,102	1,684.00
Buesaco	Frijol, Maíz, Papa, Arveja, Café	419	744.50
Colón	Café, Banano, Lulo, Maíz, Frijol, Pastos.	5,550	5,241.00
Córdoba	Arveja, Mora, Tomate Árbol, Hortalizas	143	182.00
Cumbal	Pastos, Papa, Haba, Plátano.	2,454	3,255.00
El peñol	Café, Frijol, Maíz, Hortalizas	618	530.00
El Tablón de Gómez	Café, Maíz, Frijol, Papa	222	325.50
El Tambo	Tomate, Frijol, Lulo, Maíz,	279	293.77
Funes	Cebolla Cabezona, Frijol, Maíz	504	792.65
Guachucal	Papa, Haba.	800	800.00
Guaitarilla	Papa, Pastos	13	30.40
Imués	Trigo, Papa, Maíz, Cebada, Cebolla Cabezona	1,716	5,216.50
La cruz	Arveja, Cilantro, Papa	1,341	1,379.50
La llanada	Pastos, Plátano, Caña, Café.	64	59.20
La unión.	Café, Plátano, Frutales	3,065	4,498.50
Leiva	Tomate, Maíz, Yuca, Café, Plátano	1,322	2,453.05
Linares	Frijol, Maíz Asociado.	19	13.00
Los Andes	Tomate Árbol, Papa, Maíz, Café, Plátano. Cacao	520	481.15
Mallama	Maíz, Frijol, Café, Caña, Papa.	299	221.86

Nariño	Pastos, Maíz, Papa, Frijol, Café	772	2,135.48
Potosí	Papa, Arveja.	7	12.50
Providencia	Papa, Mora, Maíz, Café	600	1,015.00
Pupiales	Zanahoria, Papa, Pastos	100	5,272.00
Roberto Payán	Yuca, Maíz, Borojo, Arroz, Cacao	1,655	3,440.40
Samaniego	Frijol, Papa, Maíz, Café.	80	122.50
Sandoná	Plátano, Maíz, Caña, Café.	1,620	2,904.70
San Bernardo	Plátano, Mora, Maíz, Café, Arveja	5,500	451.10
San Lorenzo	Café, Maíz, Yuca, Lulo, Frijol	650	1,087.15
Sapuyes	Trigo, Quinoa, Papa, Alverja	17	65.00
Tangua	Ulloco, Papa, Trigo, Frijol.	548	1,843.50
Yacuanquer	Uchuva, Maíz, Pastos, Papa, Frijol	534	1,267.80
	Total	34,270	51,496.06

Tabla 4. Área agrícola afectada y número de productores en zona pacífica. Fuente: Min. Agricultura, 2011

Municipio	Principales cultivos	No de productores	Área Ha
Barbacoas	Yuca, Plátano, Arroz, Maíz, Cacao	388	447.3
Magui Payán	Plátano, Yuca, Papaya, Arroz	2607	2,607.3
Olaya Herrera	Plátano, Banano, Cacao, Arroz, Coco	2800	2,525.0
Pizarro	Plátano, Yuca, Frijol, Maíz	686	1,238.0
Roberto Payán	Yuca, Maíz, Borojo, Arroz, Cacao	1655	3,440.4
Tumaco	Cacao, Coco, Plátano, Frutales, Yuca, Maíz	905	1,949.3
	Total	9,041	12,207.3

A continuación se hace una corta descripción por cultivo.

- **Achira:** Este cultivo presentó una afectación en el municipio de El Tablón con una cantidad de 46 hectáreas.
- **Alverja:** Para este cultivo presentó el municipio de Imués con 341,50 hectáreas afectadas
- **Arroz:** El cultivo de arroz presentó una afectación en el municipio de Olaya Herrera con 100 hectáreas afectadas.
- **Avena:** Para éste cultivo solo se reporta en el municipio de Mallama, con una de pérdida correspondiente a 1.50 hectáreas.
- **Banano:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Colón con un área de afectación de 1500 hectáreas.
- **Brócoli:** Para éste cultivo solo se reporta en el municipio de Córdoba, con una única pérdida y correspondiente a media hectárea.
- **Cebada:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Yacuanquer con un área de afectación de 3 hectáreas.
- **Cacao:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Olaya Herrera con un área de afectación de 280 hectáreas.
- **Café:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Albán con un área de afectación de 1927 hectáreas.
- **Caña:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Maguí Payán con un área de afectación de 391 hectáreas.
- **Cebada:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Imués con un área de afectación de 372.80 hectáreas.
- **Cebolla:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Tangua con un área de afectación de 78.5 hectáreas.
- **Cebolla Cabezona:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Funes con un área de afectación de 548.10 hectáreas.

- **Cilantro:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en La Cruz con un área de afectación de 111.80 hectáreas.
- **Cultivo de Brócoli:** Para éste cultivo solo se reporta en el municipio de Córdoba, con una de pérdida correspondiente a 0.50 hectáreas.
- **Cultivo de Curuba:** Para éste cultivo solo se reporta en el municipio de Córdoba, con una de pérdida correspondiente a 1.00 hectáreas.
- **Fique:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Nariño con un área de afectación de 48.0 hectáreas.
- **Fríjol:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Albán con un área de afectación de 805.91 hectáreas.
- **Frutales:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Arboleda con un área de afectación de 68 hectáreas.
- **Cultivo de Flores:** Para éste cultivo solo se reporta en el municipio de La Cruz, con una de pérdida correspondiente a 0.5 hectáreas.
- **Granadilla:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Mallama con un área de afectación de 31 hectáreas.
- **Haba:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en La Cruz con un área de afectación de 92 hectáreas.
- **Cultivo de Habichuela:** ara éste cultivo solo se reporta en el municipio de Yacuanquer, con una de pérdida correspondiente a 1 hectárea.
- **Hortalizas:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en El Peñol con un área de afectación de 80 hectáreas.
- **Cultivo de Limón:** para éste cultivo solo se reporta en el municipio de Barbacoas, con una de pérdida correspondiente a 3 hectáreas.
- **Lulo:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Colón con un área de afectación de 70 hectáreas.
- **Maíz:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Imués con un área de afectación de 700.9 hectáreas.

- **Cultivo de Maracuyá:** Para éste cultivo solo se reporta en el municipio de Yacuanquer, con una de pérdida correspondiente a 1 hectárea.
- **Mora:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Providencia con un área de afectación de 80 hectáreas.
- **Papa:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Pupiales con un área de afectación de 720.0 hectáreas.
- **Papaya:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en El Peñol con un área de afectación de 30 hectáreas.
- **Pastos:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Pupiales con un área de afectación de 4200 hectáreas.
- **Plátano:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Maguí Payán con un área de afectación de 1173.30 hectáreas.
- **Quinoa:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Sapuyes con un área de afectación de 14 hectáreas.
- **Cultivo de Remolacha:** Para éste cultivo solo se reporta en el municipio de Yacuanquer, con una de pérdida correspondiente a 30 hectáreas.
- **Repollo:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en La Cruz con un área de afectación de 1 hectárea.
- **Tomate de Árbol:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Los Andes con un área de afectación de 44 hectáreas.
- **Tomate de Mesa:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en La Cruz con un área de afectación de 10 hectáreas.
- **Trigo:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Imués con un área de afectación de 10 hectáreas.
- **Uchuva:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Yacuanquer con un área de afectación de 28 hectáreas.
- **Ulloco:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Tangua con un área de afectación de 30 hectáreas.

- **Yuca:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Maguí Payán con un área de afectación de 130.30 hectáreas.
- **Zanahoria:** El municipio con mayor afectación se vio reflejado en Pupiales con un área de afectación de 120.30 hectáreas.
- **Otros:** El municipio de Providencia presenta 4.685has afectadas.

1.3.2 Infraestructura

– **Infraestructura vial**

Durante el periodo 2010-2011 los efectos del fenómeno de la niña ocasionaron pérdidas de banca, taponamientos totales y parciales en la red vial, generando al departamento pérdidas económicas considerables. El Instituto Nacional de Vías -Invías, destinó según su informe \$7.224'740.000 de pesos para atender emergencias y reparar daños en varios tramos de la red vial nariñense.

De orden nacional, ocho vías fueron afectadas. El número de cierres a causa de deslizamientos fue de 32, 18 de los cuales se presentaron en la Vía el Cano-Mojarras y cuatro en la Vía Cebadal-Pasto, ver figura.

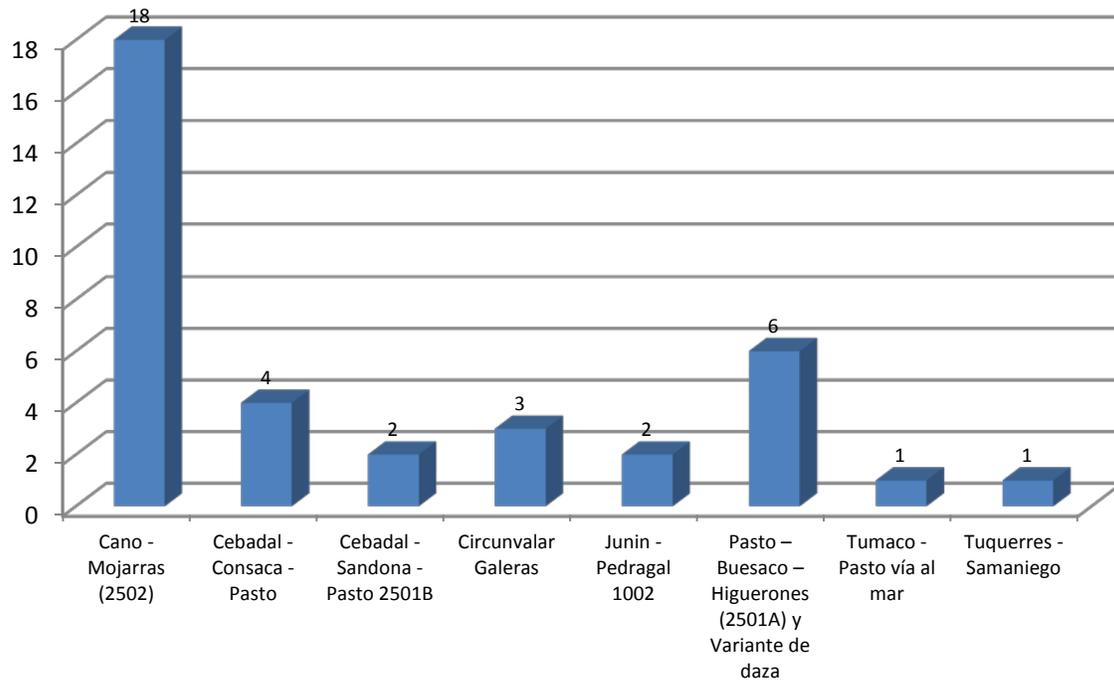


Figura 17. Número de cierres y vías afectadas durante la ola invernal. Fuente: INVIAS

Por municipio las vías de orden departamental y municipal más afectadas fueron las de Ancuya (24), Buesaco (21), Colón (15), Belén (14) , Cuaspud (12), ver la siguiente figura y tabla.

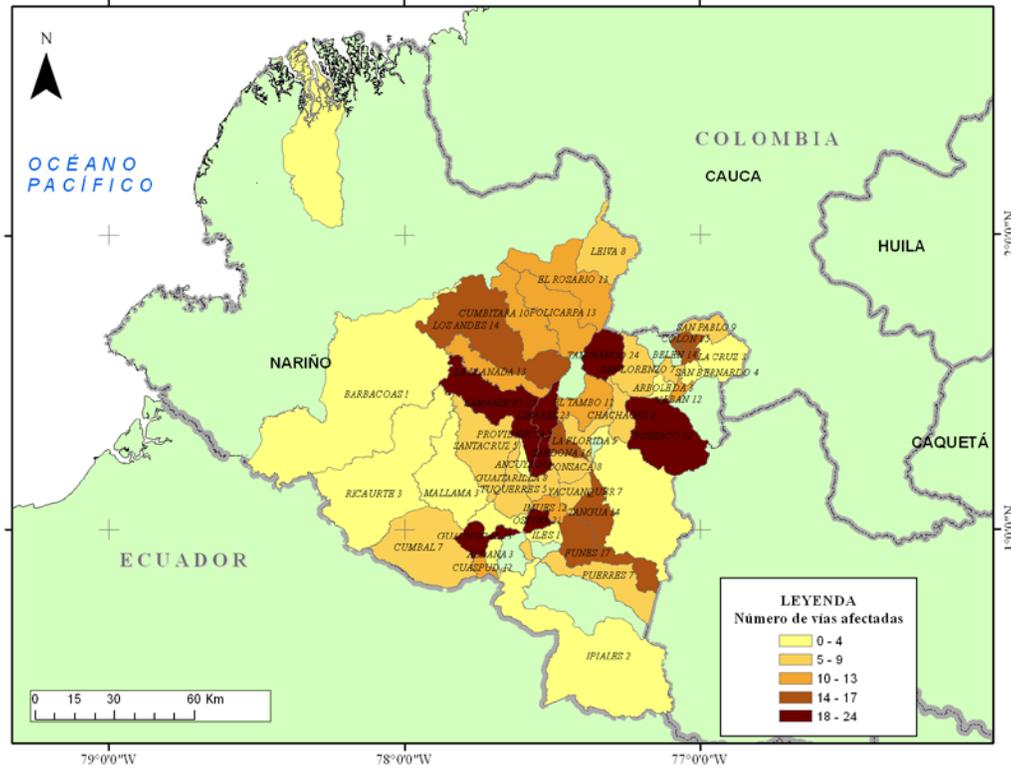


Figura 18. Número de eventos con vías afectadas durante Ola Invernal.

Tabla 5. Número de eventos reportados por municipio con efectos sobre la infraestructura vial. Fuente: CREPAD

Municipio	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Albán		6	2			4			12
Aldana								3	3
Ancuya		24							24
Arboleda		1	2						3
Barbacoas							1		1
Belén	1			6			6	1	14
Buesaco		3			3		15		21
Chachagua		5			3				8
Colon		2				13			15
Consacá					8				8
Córdoba					9				9
Cuaspud		7					5		12

Cumbal	5	2			7
Cumbitara			4		10
El Contadero				6	7
El Peñol		11			11
El Rosario		8		5	13
El Tablón	8	1		2	14
El Tambo	4	1		7	12
Funes	7	7		3	17
Guachucal		23			23
Guaitarilla	8				8
Gualmatán			9		9
Imués			12		12
Ipiales				2	2
La Cruz	1			2	3
La Florida			2	3	5
La Llanada	5		5		13
La Unión	6		15	3	25
Leiva	8				8
Linares		17		1	23
Los Andes	3			11	14
Mallama	1	2			3
Nariño				5	5
Ospina		18	3		21
Policarpa	12			1	13
Potosí		3			4
Providencia			2		2
Puerres		4	3		7
Ricaurte	3				3
Samaniego	15			4	22
San Bernardo		3			4
San Lorenzo	6			1	7
San Pablo		9			9
San Pedro	4	4			8

de Cartago

Sandoná		14		1	1	16
Santa Cruz		5				5
Taminango	1	16		7		24
Tangua	1	11		1	1	14
Túquerres			5			5
Yacuanquer				7		7

Doce puentes fueron afectados de los cuales uno es peatonal y 11 viales de los cuales 7 fueron averiados y 4 destruidos. Los diez municipios más afectados a nivel vial se presentan en la siguiente figura.

– **Sedes Educativas**

Un total de 137 instituciones educativas se vieron afectadas en 39 municipios. De estas 12 encuentran en Linares, 9 en Policarpa, Sandoná y 6 en Albán, Ancuya, Arboleda, La Cruz. Los meses con el mayor número de eventos fueron entre Noviembre - diciembre con 49 y abril con 41.

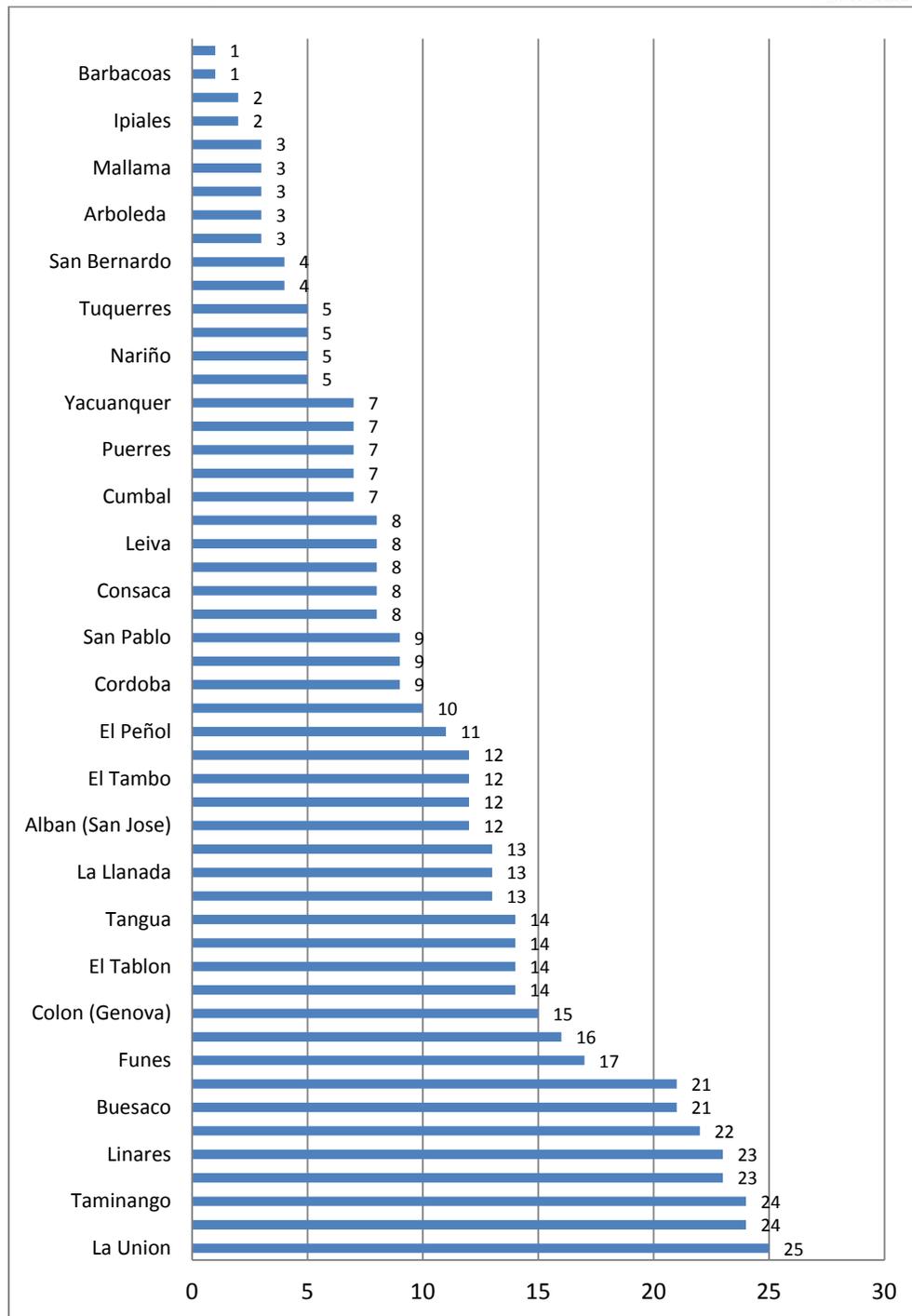


Figura 19. Municipios con infraestructura vial más afectada por número de reportes en 2010-2011. Fuente: CREPAD, 2011

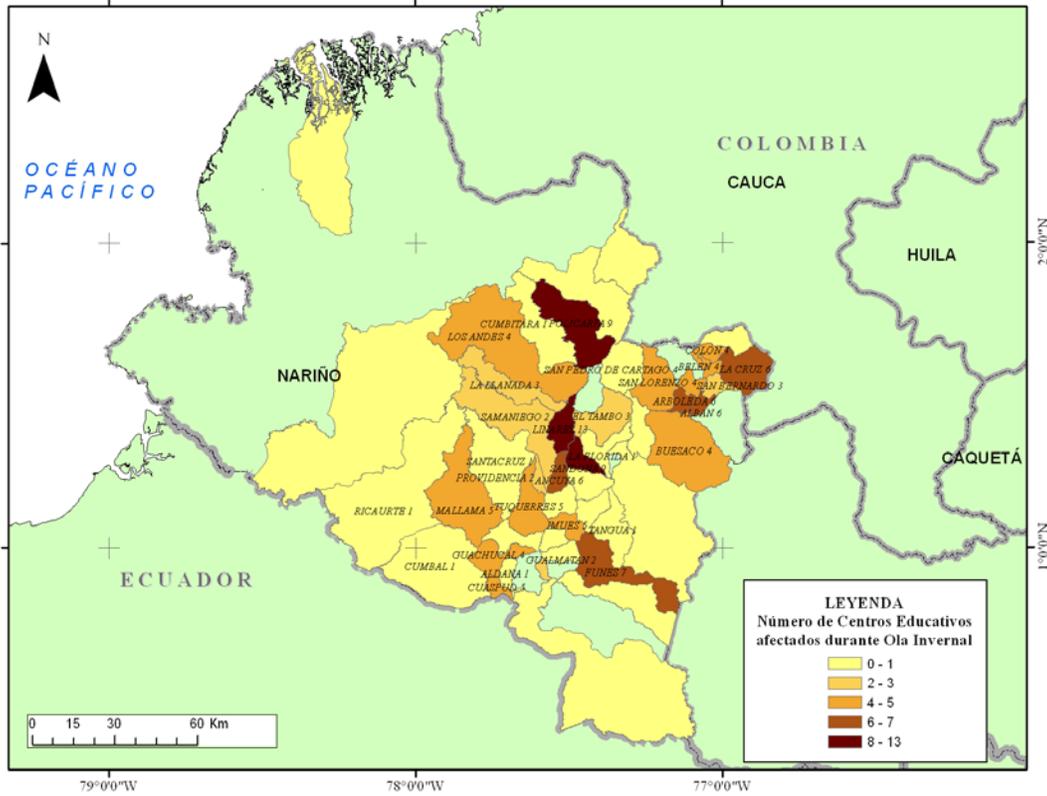


Figura 20. Número de centros educativos afectados durante la Ola Invernal.

Las siguientes tablas detallan las instituciones por municipio y el número de CE por mes.

Tabla 6. Sedes educativas por Municipio. Fuente: CREPAD, 2011.

Municipios	Número	Instituciones Educativas
Linares	13	Centro Edicativo el Tambillo de Acostas, escuela arboleda, CE parapetos, escuela centro Tabiles. Afectados CE de las veredas Tambillo de Acostas, parapetos, Higueronal, la arboleda, la laguna del pueblo y Guaitara; afectos los colegios diego Luis Córdoba y san francisco de asís. taponado el alcantarillado de la institución educativa Luis Carlos Galán
Policarpa	9	CE la florida, CE campo alegre, IE policarpa, CE las

		canoas, CE de panecillo, CE nacederos, CE san pablo, CE el Cairo, CE la laguna.
Sandoná	9	en riesgo: IE Sagrado Corazón de Jesús del Ingenio; CE Alto Jiménez; y CE San Bernardo afectados los CE san José, Feliciano, san Bernardo, san Gabriel, chupadero, san Antonio, y la IE sagrado corazón de Jesús del corregimiento del ingenio. afectadas la IE sagrado corazón de Jesús; CE san Bernardo
Albán	6	Afectado el colegio Juan Ignacio Ortiz en el sector de primaria; afectado el colegio del corregimiento Chapiurco. centros educativos afectados: Guarangal, san Bosco, el cebadero y Chapiurco
Ancuya	6	IE el limonal presenta grietas de primer grado en los pisos y paredes, hundimiento en la parte superior (esta para reubicación) y está en las mismas condiciones el CE de la vereda el collal IE la loma, IE Carlos Albornoz. Presentan filtraciones de agua en la parte posterior de la estructura en las IE María auxiliadora de la vereda el ingenio; IE San Francisco de Asís
Arboleda	6	CE tierras blancas; CE rosa florida e IEDR berruecos centros educativos afectados: rosa florida norte, tierras blancas y la institución educativa desarrollo rural
La Cruz	6	afectados los CE El Salado, Buena Vista, Centros educativos afectados: La palma, la cabaña, Moncayo, la vega
Cuaspud	5	CE el Carchi, Chavisnan, chautala, Arellanos y san francisco del socorro
Imués	5	Centro educativo Pilcuán viejo. afectados los centros educativos :El Carmen, Santiago de Camuestes, El Rosal de la Vereda Almag, y el C E de la

		Vereda Pilcuán Viejo
La Unión	5	Escuela del Guabo, Villamaria, La castilla, Escuela el contadero, el sauce.
Mallama	5	Afectado CE de la Vereda curcuel, destrucción total de la infraestructura del grado preescolar Afectaciones en el Patio de la Escuela Afectaciones sobre la infraestructura de los Grados Primero, Segundo, Cuarto y Quinto. Afectaciones en el Comedor y Cocina del Restaurante Escolar. centros educativos afectados: el verde, la oscurana, chambú Centro Educativo el Guabo
Taqueras	5	IE san Luis de Gonzaga IE anexa san Luis Gonzaga; CE Guasi; CE rosario pamba; CE polachayan
Belén	4	IE Nuestra Señora de Belén sedes Gabriela Mistral y Santo Domingo Sabio; IE Agroambiental Santa Rosa sede dos; IE Agropecuaria la Esperanza
Buesaco	4	CE san Felipe; IE santa rosa de lima; IE Guabanguana; IE Rafael Uribe Uribe sede pio 12
Colon	4	CE las lajas; CE los molinos; CE Guaitarilla CE divino niño de Guaitarilla
Funes	7	IE municipio de Funes CE Guapascal bajo IE municipio de Funes sede buena esperanza; CE de Sucumbíos afectado el centro educativo, el hogar comunitario de la vereda la loma; la IE municipio de Funes sede Jesús nazareno
Guachucal	4	afectados los instituciones educativas de: chillanquer, Genaro león, técnica agropecuaria san diego, librado Ramiro Muñoz
Los Andes	4	CE santa lucia; CE los Ángeles; CE el Huilque; CE paraíso

San Lorenzo	4	CE La Estancia centros educativos afectados: armenia y santa Cecilia afectado centro educativo de la vereda chepe
San Pedro de Cartago	4	Destrucción de la batería sanitaria en el centro educativo la chorrera; agrietamientos en el centro educativo de san Pedro de Cartago; afectado el muro de cerramiento del centro educativo de Martin como también el de botanilla
El Tambo	3	CE san Antonio de chuza, CE san José del cidral Institución Agropecuaria Jesús de Nazareno,
La Llanada	3	CE santa rosa, el palmar, la florida
San Bernardo	3	centros educativos afectados: pueblo viejo, la mina, peñas blancas
Gualmatán	2	instituto técnico promoción social, hogar infantil mis amiguitos de cuatiz
Providencia	2	CE vereda santa lucia, CE vereda la floresta
Samaniego	2	graves daños en el hogar agrupado de la vereda la capilla, deslizamiento sobre la escuela del naranjal
Aldana	1	IE Nuestra Señora del Pilar
Cumbal	1	Centro educativo El Tambillo,
Cumbitara	1	en riesgo el Hogar Múltiple Nuevo Mundo
El Tablón	1	CE san Isidro vereda campo alegre
La Florida	1	afectado el CE de yunguilla
Ricaurte	1	CE el carrizal
Santa Cruz	1	CE. De la vereda Pisiltes
Tangua	1	CE de la vereda la cocha

Tabla 7. Número de eventos reportados por mes de cada municipio en cuanto a instituciones educativas afectadas por procesos de movimientos en masa originados por el fenómeno de la Niña. Fuente: CREPAD

Municipio	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	Total
Albán		4			2				6
Aldana								1	1
Ancuya	4			2					6
Arboleda	3	3							6
Belén						4			4
Buesaco							4		4
Colon					3		1		4
Cuaspud						5			5
Cumbal				1					1
Cumbitara						1			1
El Tablón							1		1
El Tambo				1		2			3
Funes	1	3				3			7
Guachucal		4							4
Gualmatán				2					2
Imués			4	1					5
La Cruz				4		2			6
La Florida						1			1
La Llanada							3		3
La Unión						5			5
Linares		1			4	8			13
Los Andes					4				4
Mallama		3		1		1			5
Policarpa	9								9
Providencia				2					2
Ricaurte						1			1
Samaniego	2								2

San Bernardo	3								3
San Lorenzo	2	1			1				4
San Pedro de Cartago	4								4
Sandoná	2				7				9
Santa Cruz	1								1
Tangua						1			1
Túquerres			1			4			5
	19	30	5	15	13	41	14	1	138

– **Acueductos**

Se reportaron 130 eventos de daños a acueductos fueron reportados en 22 municipios, ver tabla. Sandoná con 20 eventos fue el más afectado, seguido por La Llanada y La Unión con 10 registro cada uno, ver figura. Por distribución el mes de diciembre con 36 registros, Febrero con 30 y Abril con 28 fueron los de más reportes, ver tabla. Los daños se relacionaron con perdidas y daños en las bocatomas, redes de distribución y tanques de almacenamiento, ver tabla.

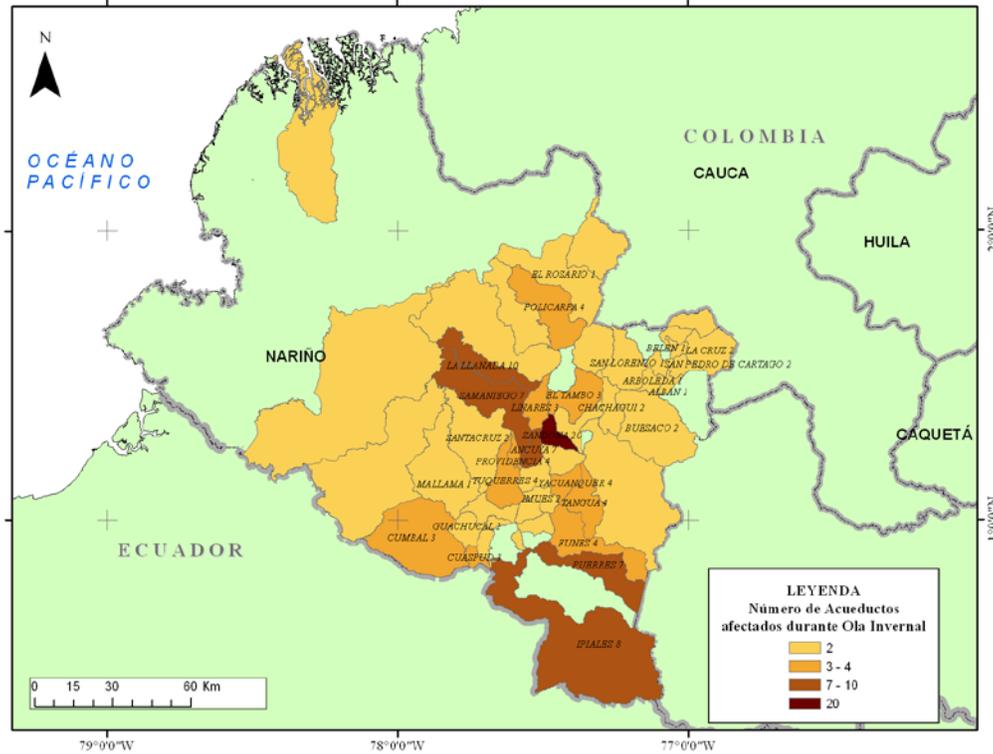


Figura 21. Número de acueductos afectados durante la Ola Invernal.

Tabla 8. Número de eventos reportados en cada mes por efectos a la red de acueducto.

Fuente: CREPAD, 2011

Municipio	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Albán	1								1
Ancyua	7								7
Arboleda		1							1
Belén			1						1
Buesaco	1						1		2
Chachagui				1			1		2
Cuaspud						3			3
Cumbal		1		2					3
El Contadero				5					5
El Rosario		1							1
El Tablón		2							2
El Tambo				3					3
Funes		1				3			4
Guachucal		2							2

Imués				2						2
Ipiales			7				1			8
La Cruz							2			2
La Llanada				8				2		10
La Unión				1	4		5			10
Linares					3					3
Mallama		1								1
Policarpa	4									4
Providencia				4						4
Puerres		3		4						7
Samaniego							7			7
San Lorenzo						1				1
Cartago		2								2
Sandoná		20								20
Santa Cruz		2								2
Tangua							4			4
Túquerres			3							3
Yacuanquer							3	1		4
Σ	13	36	11	30	8	28	5	0		131

Tabla 9. Daños y afectación en la red de acueductos por municipio. Fuente: CREPAD

Municipios	Eventos
Albán (San José)	Afectados 4 tubos de 24 metros de extensión del acueducto municipal Deslizamientos en la bocatoma del acueducto municipal ubicada en la vereda yanancha y los tanques de abastecimiento del casco urbano ubicados en el barrio san francisco.
Ancuya	Destrucción de la bocatoma que abastece al acueducto del casco urbano, 80 m de la tubería de conducción al tanque desarenador; pérdida total de la bocatoma y la tubería de conducción del acueducto de el tablón de yanancha, en iguales condiciones el acueducto de la vereda cujacal ; red de conducción en el sector gradual
Arboleda	Deslizamiento en la bocatoma del acueducto urbano.
Belén	Deterioro de las vías de conducción del acueducto de la cabecera municipal
Buesaco	Afectada la bocatoma del acueducto municipal del casco urbano Acueducto

	Meneses de hurtado
Chachagui	36 metros tubería de conducción de 8", afectado el acueducto del corregimiento de pasizara, desplome y taponamiento total del surtidor
Cuaspu	acueducto urbano y san Francisco; bocatoma acueducto casco urbano en peligro el tanque de almacenamiento del acueducto del corregimiento de
Cumbal	Miraflores bocatoma y viaducto acueducto Miraflores afectados
El Contadero	Semi destruida bocatoma chorrera negra sector 1, sector 2, bocatoma el contaderito, red de conducción acueducto principal, bocatoma de san José de Quisnamuez.
El Rosario	Perdida bocatoma corregimiento de la sierra.
El Tablón	Acueductos del corregimiento de las mesas: afectada la bocatoma del acueducto de la vereda el Carmelo, afectado el acueducto municipal.
El Tambo	El Acueducto regional San Pablo, San Pedro y los Limos Afectado el tanque de abastecimiento y tuberías de conducción de la veredas
Funes	Sucumbíos; líneas de conducción del acueducto de la vereda soledad. Afectadas las líneas de conducción desde la bocatoma hasta el tanque de almacenamiento.
Guachucal	Acueducto municipal, afectada la bocatoma y tramo de la tubería.
Imués	Acueducto cabecera municipal, Y acueducto el pedregal. Daños en la infraestructura del sistema de acueducto municipal.
Ipiales	Acueductos afectados: Vereda Chaguaipe, Corregimiento de Yamaral, Vereda la Floresta, vereda de Urambud, Vereda San Jorge en el Corregimiento de La Victoria, destrucción de la bocatoma y la red de conducción del acueducto de la Vereda El Salado en el Corregimiento de la victoria
La Cruz	Afectado el acueducto del corregimiento de escandoy y el casco urbano. Daños permanentes en bocatomas: barrio gigante, quebrada los cedros, quebrada purgatorio, avenida los caciques, puente de acceso vía Sotomayor la llanada,
La Llanada	instalaciones de acueducto en el sector purgatorio bocatomas de las veredas la palma y el murciélago

	Bocatoma y desarenador ubicados en el purgatorio. ¹ Acueducto vereda chilcal bajo estructuras del desarenador y tres cámaras de quiebre.
La Unión	Acueducto regional de la cañada, acueducto regional de reyes segunda etapa, acueducto municipal urbano, acueducto regional de buenos aires, acueducto sector la caldera - la Betulia - y Mayo parte baja, tubería de red de acueducto de Cusillos
Linares	acueducto corregimiento tabiles y bella florida, acueducto vereda poroto
Mallama	Acueducto afectado el verde.
Policarpa	Bocatoma del acueducto de la vereda la florida, acueducto de la vereda la vega, acueducto de la vereda panecillo, acueducto de la vereda la laguna.
Providencia	Bocatoma y líneas de conducción acueducto cabecera urbana, bocatoma acueducto santa lucia, bocatoma acueducto Betania.
Puerres	Acueductos de las veredas el rosal, la esperanza, Tescual alto y bajo Afectado el acueducto en los barrios escritorio, el centro y la cruz. Acueducto sector urbano barrios Paola Isabel, la avenida, villa del Rosario, brisas de Pacual, san Rafael y el bosque.
Samaniego	Tubería de conducción de la bocatoma al tanque de almacenamiento.
San Lorenzo	Línea de conducción del acueducto de la vereda san Rafael.
San Pedro de Cartago	Destruído el desarenador de la vereda las acacias, averiada la tubería de conducción del acueducto de la chorrera Afectadas las líneas de conducción de los acueductos de las veredas: el Basal, Chupadero, Dorada Guaitara, Alto Ingenio, san Miguel, santa Bárbara, san Bernardo Guaitara, san Antonio, san Fernando, Chávez, san Andrés, la Joya, alto Jiménez, regadera, Paraguay.
Sandoná	Afectadas las redes de distribución de los acueductos de: bellavista; Bolívar; vergel; Feliciano; Portoviejo.
Santa Cruz	bocatoma y red de aducción del acueducto de la vereda Candangan
Tangua	destrucción tanque de abastecimiento y bocatoma del acueducto de la vereda las piedras; destrucción de bocatoma y desarenador de la vereda Santander
Túquerres	Bocatoma y línea de conducción azufral, la Hoja y Bordoncillo.
Yacuanquer	Perdida de la tubería del acueducto san Felipe; bocatoma y sistema de riego vereda taznaque.

Bocatoma del sector urbano.

– **Alcantarillados**

Se presentaron 21 eventos relacionados con daños a la red de alcantarillados, ver tabla, cuatro de estos en los municipios de La Llanada, seguido por Buesaco, Puerres, La Cruz y Samaniego con 2 en cada uno, ver figura. Estos se produjeron por insuficiencia de capacidad en las cámaras colapso en las alcantarillas y taponamientos.

Tabla 10. Número de eventos y afectaciones por municipio a la red de Alcantarillado.

Fuente: CREPAD, 2011.

Municipio	N° de Eventos	Evento
Belén	1	Insuficiencia de las cámaras instaladas en la calle 4
Buesaco	2	Afectado alcantarillado barrio Robert Rojas, colapso de alcantarillado en el barrio las palmas.
El Rosario	1	Colapso alcantarillado sector el matadero cabecera municipal.
El Tablón	2	Red de alcantarillado municipal y el del corregimiento de las mesas.
Imués	1	Alcantarillado el pedregal.
La Cruz	2	Taponamiento del alcantarillado de los barrios Santander bajo y Belén
La Llanada	4	Sistemas de alcantarillado: barrio gigante, quebrada los cedros, quebrada purgatorio, avenida los caciques.
La Unión	1	Alcantarillado barrio inmaculada.
Providencia	1	Taponamiento en alcantarillado Betania
Puerres	2	Alcantarillado en los barrios escritorio, el centro y la cruz.
Samaniego	2	Afectados el alcantarillado de los barrios chumaquen y sucre.
Túquerres	1	Alcantarillado del casco urbano.
Yacuanque	1	Alcantarillado sector urbano.

r

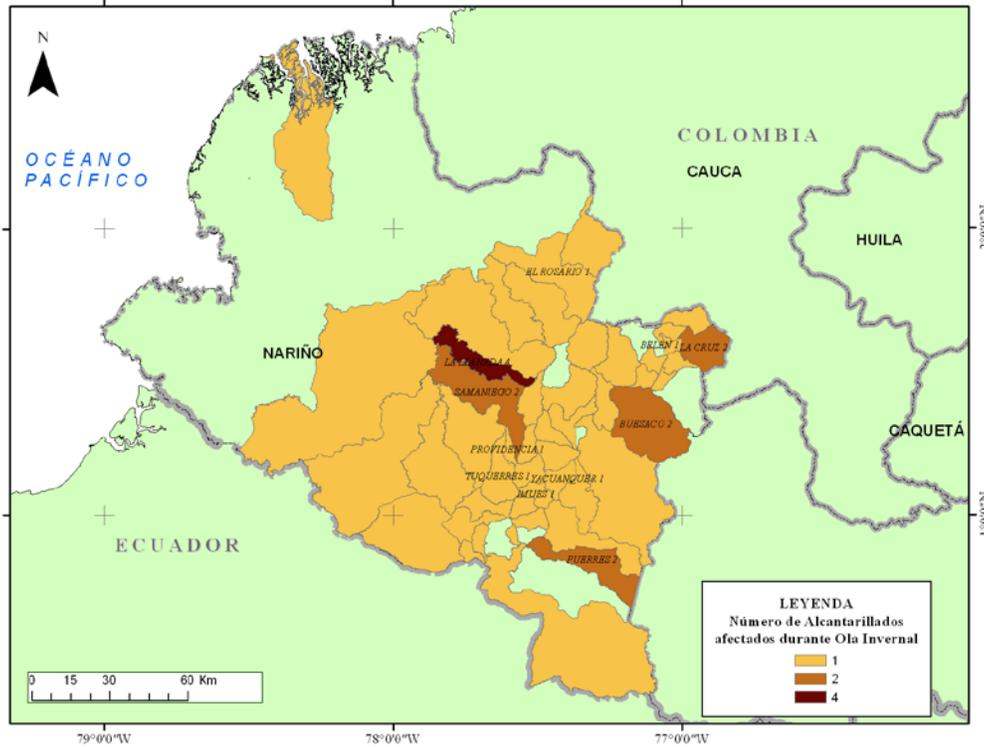


Figura 22. Número de Redes de Alcantarillado afectadas durante la Ola Invernal.

– **Viviendas**

Durante la ola invernal se comprometieron y afectaron 22,719 viviendas, de las cuales 1,567 fueron destruidas, 16,908 afectadas y 4,244 quedaron en riesgo. Los daños presentados fueron estructurales, la gran mayoría con afectaciones en los acabados tales como fisuras en muros, pisos, humedades y dejando en amenaza un alto grado de amenaza frente a nuevas situaciones.

Relacionado a movimientos en masa es el Municipio de Buesaco con 188 viviendas destruidas y 3,372 viviendas averiadas fue el municipio más afectado, ver tabla. Igualmente este municipio presenta el mayor grado de amenaza con 3372 viviendas en riesgo, seguido por La Cruz con 637 viviendas en amenaza, seguido por el Municipio de Ricaurte con 492 viviendas. Los mapas 16, 17 y 18 detallan la distribución de viviendas destruidas, averiadas y en riesgo durante la Ola Invernal. Los municipios

más afectados por suma de viviendas (riesgo, afectadas y destruidas) fueron: Buesaco (3610), Albán (1,307), Ricaurte (1,077) y Consaca (977) y La Unión (963).

En los reportes por meses se observa que en Febrero de 2011 se presentan 4106 viviendas averiadas, 323 viviendas destruidas y 170 viviendas en riesgo, seguido por el mes de Mayo con 4094 eventos de viviendas averiadas reportados de donde 2470 fueron reportados en el municipio de Buesaco con 189 viviendas destruidas y 530 viviendas en riesgo. Ver anexo.

Tabla 11. Viviendas afectadas por Ola invernal en cada municipio.

Fuente: CREPAD, 2011

Municipio	Destruidas	Averiadas	Riesgo	Total
Albán	92	1045	170	1307
Ancuya	8	279	0	287
Arboleda	37	609	0	646
Belén	13	338	15	366
Buesaco	188	3372	50	3610
Chachagui	6	295	9	310
Colon(Génova)	119	469	0	588
Consacá	19	958	0	977
Córdoba	0	65	0	65
Cuaspud	2	1	4	7
Cumbal	12	4	52	68
Cumbitara	11	85	90	186
El Contadero	0	45	69	114
El Peñol	4	0	250	254
El Rosario	24	144	81	249
El Tablón	69	298	101	468
El Tambo	63	318	167	548
Funes	3	128	12	143
Guachucal	85	215	0	300
Guaitarilla	0	189	0	189
Gualmatán	6	62	51	119
Iles	0	76	0	76
Imués	0	19	0	19
Ipiales	120	83	1	204

La Cruz	6	50	637	693
La Florida	2	48	0	50
La Llanada	8	25	85	118
La Unión	94	806	227	1127
Leiva	0	98	0	98
Linares	136	353	275	764
Los Andes	12	319	117	448
Mallama	4	29	186	219
Mosquera	0	0	0	0
Nariño	0	2	18	20
Olaya Herrera	0	550	0	550
Ospina	0	268	0	268
Pasto	2	41	260	303
Policarpa	13	141	0	154
Potosí	1	180	85	266
providencia	0	366	5	371
Puerres	1	235	0	236
Ricaurte	3	582	492	1077
Samaniego	17	301	8	326
san Bernardo	53	677	0	730
san Lorenzo	15	172	67	254
san pablo	100	548	102	750
san Pedro de Cartago	14	88	18	120
Sandoná	194	671	68	933
Santacruz	3	0	26	29
Sapuyes	0	55	0	55
Taminango	0	420	133	553
Tangua	7	156	31	194
Tumaco	0	0	0	0
Túquerres	1	553	282	836
Yacuanquer	0	77	0	77
	1,567	16,908	4,244	22,719

En anexo se detalla el número de eventos por municipio y tipos de infraestructura por afectación. En total se reportaron 23,555 daños y afectaciones a infraestructura así: 22,719 viviendas, 546 vías, 138 sedes educativas, 132 Acueductos, 21 Alcantarillados.

Los municipios más afectados fueron: Buesaco con 3,610 viviendas, 21 vías, 4 instituciones, 2 acueductos, Alcantarillados; Albán: con 1307 viviendas, 12 vías, 6 instituciones educativas, 1 acueductos; Ricaurte con 1077 viviendas, 3 vías y 1 institución Educativa; La Unión con 963 viviendas, 25 vías, 5 instituciones, 10 acueductos y 1 alcantarillado; Consacá con 977 viviendas y 8 vías; Sandoná con 927 viviendas, 16 vías, 9 instituciones educativas y 20 acueductos.

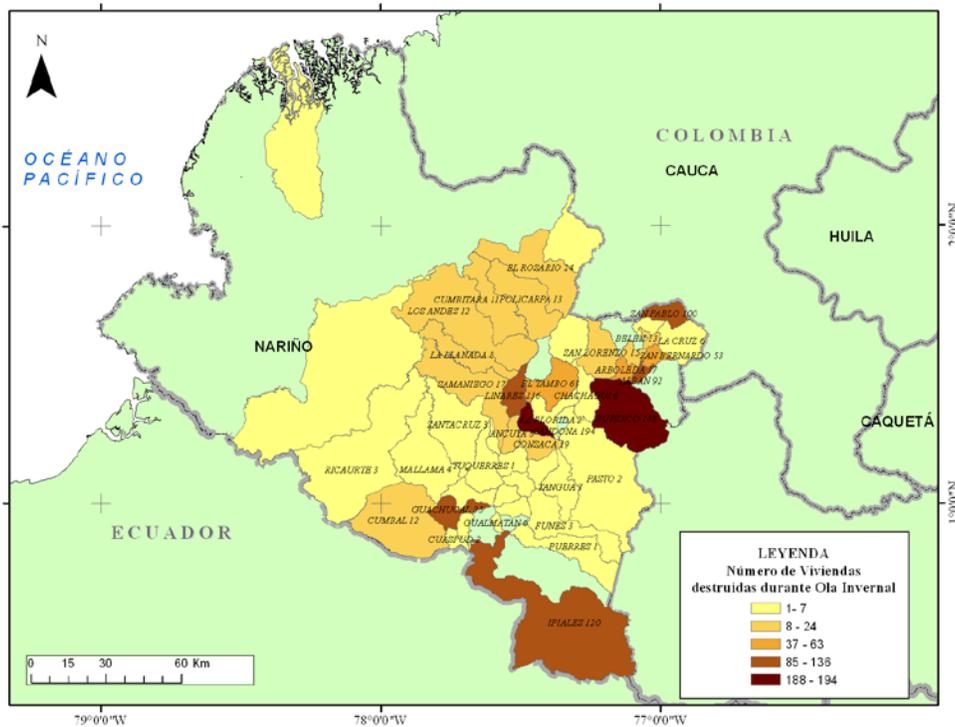


Figura 23. Número de viviendas destruidas durante ola invernal.

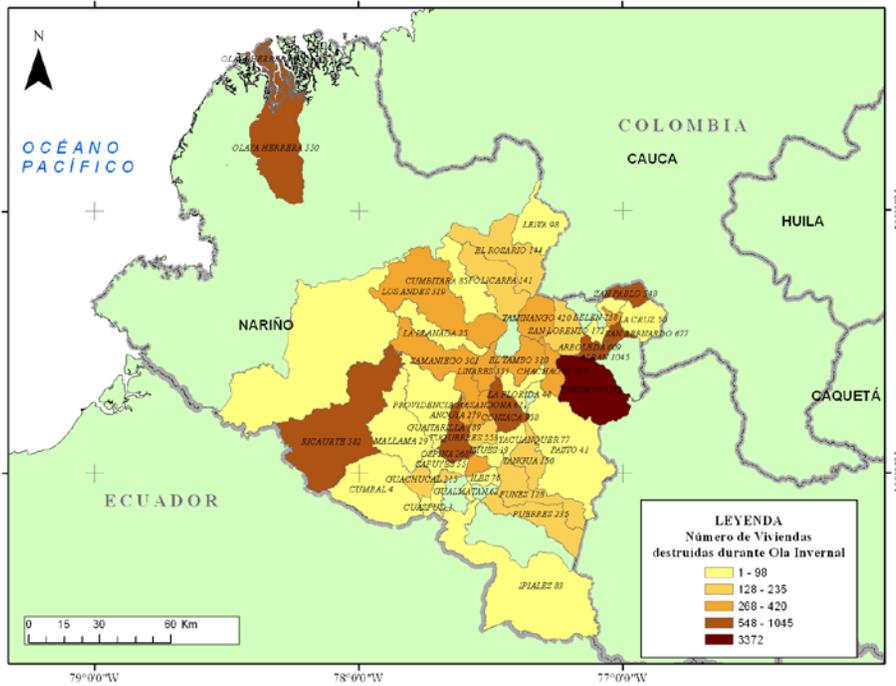


Figura 24. Número de viviendas averiadas durante ola Invernal.

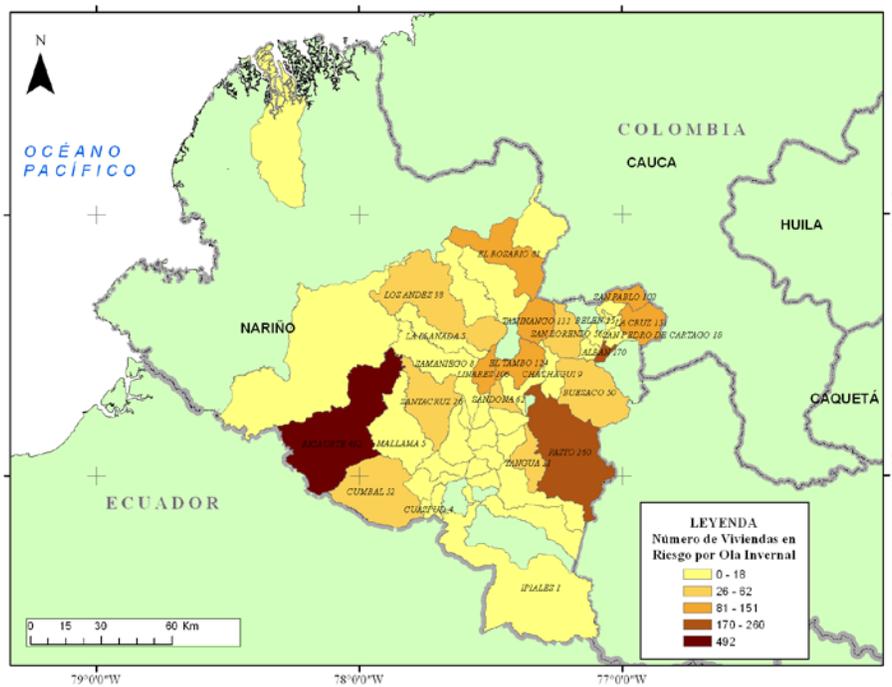


Figura 25. Número de viviendas en riesgo durante la Ola Invernal.

– **Obras y presupuesto aprobado para reconstrucción de vías.**

El valor total destinado por Colombia Humanitaria para la reparaciones a la infraestructura asciende a \$55'151.148.346, de estos \$48'629.616.482,84 para la realizar obras menores, \$6'298.620.000,00 para obras mayores y \$232'911.863,78 para obras de alcantarillados y acueductos.

Por obra, la rehabilitación de la red vial se destinó 21'515.484.126,53. Relacionados de manera directa por movimientos en masa e inundaciones, se destinan, \$21'515.484.126,53, 1'272.478.395 para canalización de aguas, 5'431,121,701.69 para reforzamiento de Jarillones y 232'911.863,78 para obras de contención de agua, ver tabla.

Tabla 12. Obras aprobadas por Colombia Humanitaria al Departamento de Nariño.

Tipo de obra especificada	Solicitudes aprobadas	Valor aprobado
CANALIZACIÓN DE AGUAS	6	\$ 1.272.478.395,00
PUENTES Y PONTONES	33	\$ 7.229.044.528,99
CONTECIÓN TALUDES	31	\$ 7.163.013.088,10
MAQUINARIA	28	\$ 6.245.080.142,00
OBRAS DE ACUEDUCTO Y SANEAMIENTO	27	\$ 6.072.014.500,53
OBRAS DE CONTENCIÓN CUERPOS DE AGUA	1	\$ 232.911.863,78
REFORZAMIENTO DE JARILLONES	26	\$ 5.431.121.701,69
REHABILITACIÓN VIAL	90	\$ 21.515.484.126,53
TOTAL	242	\$ 55.161.148.346,62

En anexo se incluye la base de datos geográfica generada con los objetos espaciales. Se ajustaron los límites municipales y departamentales, se generó catálogos de imágenes y se corrigió el modelo de elevación de 30m. Toda la información se encuentra almacenada en una geodatabase en formato *.gdb para ArcGIS 10, con el



*CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y
TECNOLOGICA No. 206 del 29 de Junio de 2011*



sistema de coordenadas planas Magna Colombia Oeste Oeste. La geodatabase 'GESTION_RIESGO100k.gdb' contiene la cartografía temática a escala 1:100.000 incluidos los reportes de movimientos en masa e inundaciones.

1. CARACTERIZACIÓN DE ZONAS INUNDADAS

Colombia es un país con grandes amenazas a inundaciones, lo cual es ocasionado por las altas precipitaciones que se dan anualmente entre los meses de abril-mayo y octubre-noviembre. EL FENÓMENO DE LA NIÑA 2010 – 2011 alteró el clima de Colombia desde el comienzo de su formación en el mes de Junio de 2010, sobreponiéndose a la temporada invernal que venía presentándose desde el mes de abril, ocasionando en los meses de julio y noviembre las lluvias más intensas y abundantes principalmente en la regiones Caribe, Andina y Pacífica.

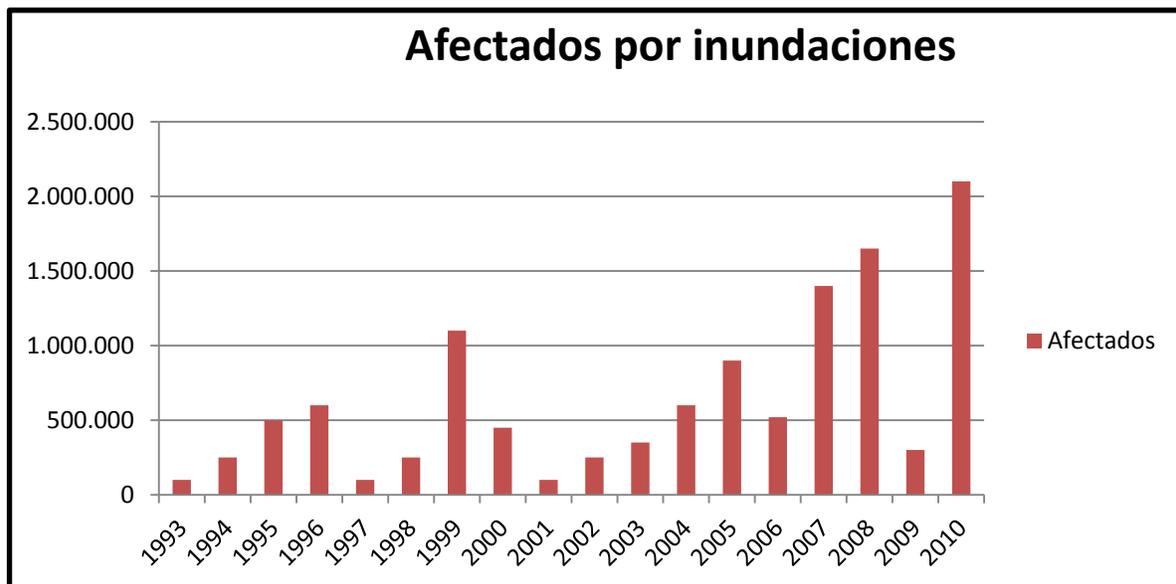


Figura 26. Personas afectadas por inundaciones desde 1993. Fuente: DGR

La afectación por EL FENÓMENO DE LA NIÑA 2010-2011 en todo el territorio nacional provocó severas inundaciones y deslizamientos generando daños de vías rurales y urbanas, pérdidas de zonas agrícolas, de viviendas, centros educativos, hospitales y daños en la infraestructura de los servicios públicos, lo que conllevó a daños ambientales y pérdidas en la economía nacional.

El Departamento de Nariño, específicamente la región pacífica ha sido una de las zonas más afectadas por el invierno. En el presente ítem se caracterizó las diferentes áreas inundadas tanto en la zona pacífica como andina del departamento de acuerdo a la priorización establecida por Corponariño. La metodología empleada para su caracterización se describe a continuación

– **Recolección de Información Secundaria**

Se realizó entrevistas con coordinador del Clopad, secretario de Planeación, Cruz roja, Defensa Civil, Bomberos, líderes comunitarios etc. Para solicitar la información básica de carácter legal, físico y socio económico y cultural así como eventos de inundación causados por la ola invernal 2010 – 2011, daños causados a la población, viviendas, infraestructura, cultivos entre otros. Información contenida en POT (Planes de Ordenamiento Territorial), E.O.T (Esquemas de Ordenamiento Territorial), PLEC`S (Plan Local de Emergencias y Contingencias) y registros fotográficos.

– **Recolección de Información Primaria.**

Se realizó entrevistas con coordinadores del Clopad, secretario de Planeación, Cruz roja, Defensa Civil, Bomberos, Población etc. para identificar, ubicar y delimitar áreas afectadas en mapas cartográficos esc. 1:25.000 con coordenadas geográficas. A través de un formato de inspección ocular y registro fotográfico se procede a caracterizar marcas históricas y determinar qué zonas son susceptibles a inundación. A través de registro fotográfico se procede a analizar características de viviendas afectadas y A través de un formato de inspección ocular y registro fotográfico se procede a relevar información de Infraestructura afectadas por eventos de inundación.

ZONA PACÍFICA

La Subregión del Pacífico está conformada por 10 municipios: Barbacoas, El Charco, Francisco Pizarro, La Tola, Magüí Payan, Mosquera, Olaya Herrera, Roberto Payan, Santa Bárbara de Iscuandé y Tumaco. Abarca el 47 % del territorio del departamento con una superficie de 16779 kilómetros cuadrados, de los cuales el 90 % se ubica en el piso térmico cálido y el 10 % en el piso térmico templado. Su temperatura media es de 26 grados centígrados. Su población comprende el 21% del total del departamento, con 316.493 habitantes según el censo DANE 2005, de los cuales el 79 % es afro descendiente, el 16 % indígena y el 65 % viven en el sector rural. El índice de NBI es del 78.6 %. Las actividades económicas de mayor importancia son la pesca, palma africana y cacao (Plan Departamental para la prevención y atención de desastres, 2007).

Bocas de Satinga municipio Olaya herrera (río Satinga y Sanquianga).

El Municipio de Olaya Herrera tiene una población de 27.359 habitantes según datos del censo 2005 (DANE). El clima oscila entre los 21 y los 26 grados centígrados.

El Municipio de Olaya Herrera se encuentra conformado por su cabecera municipal y el sector rural, el cual está compuesto por veredas, identificadas como asentamientos menores; ubicados a la orilla de los ríos y esteros; administrativamente no existe una reglamentación ni delimitación definida; actualmente la delimitación la realiza parcialmente la comunidad con la presencia de quebradas, los asentamientos que por lo general se ubican a la orilla de los ríos sin delimitación administrativa y han sido clasificados según la densidad de las viviendas como centros poblados y población dispersa.

Está ubicado al Nororiente del Departamento de Nariño. Actualmente limita al Norte con el Océano Pacífico, al Occidente con los Municipios de El Charco y Magui Payán, por el Oriente, el Municipio de la Tola y por el Sur, el Municipio de Roberto Payán. Con una extensión de 114.200 Has. En cuanto a su división Política Administrativa el Municipio está conformado por 68 Veredas y su cabecera municipal llamada Bocas de Satinga.

Las principales fuentes de economía del Municipio es la madera, operación de mayor importancia mercantil que se realiza en la cabecera Municipal, La pesca y la agricultura que es utilizado en ríos y quebradas. Entre los cultivos más importantes se produce la siembra del plátano, el arroz el cacao, la naranja y el maíz entre otros.

Transporte aéreo y terrestre no existe en la zona, Fluviales cuenta con una red hidrográfica compuesta por los ríos Satinga, Sanquianga, Patía Viejo y el Brazo del río Patía desviado y derivado del canal Naranjo; así mismo las quebradas la Prieta, la víbora, Merizalde, la Victoria, el cedro, Naidizales Sanquianguita, Bella Vista, entre Otras

Bocas de Satinga está rodeada por dos vertientes principales, la del Río Satinga y Sanquianga, expuesta constantemente a eventos de inundaciones. Respecto a las inundaciones para la cabecera municipal se presenta a lo largo de la zona lateral inundando algunos sectores del casco urbano por parte del río Sanquianga, represando la quebrada El Tigre y en algunos sectores por el río Satinga.

Uno de los grandes problemas en la zona surgió a partir de la construcción del Canal Naranjo, donde actualmente el río Sanquianga inunda desde la zona del Canal Naranjo, bajando hasta el sector de Playa Blanca, incluyendo también la quebrada La Prieta desde el sector del Achiote, en menor proporción el río Satinga también puede

sufrir este fenómeno, bajando desde la vereda Barbacoita hasta su desembocadura, pero sin incluir la parte alta de la quebrada La Víbora.

En general las inundaciones se presentan desde la costa hasta la zona de manglar de manera diaria y muy acentuada, anegando grandes extensiones de terreno; lo mismo que el área desde el canal Naranjo hasta Bocas de Satinga, dejando de cultivarse grandes extensiones de terreno.

El río Satinga es represado por acción de la marea que causan flujo y reflujos y aumento de nivel, las quebradas que están ubicadas desde Bella Vista rio abajo están influenciadas por las mareas, este sector tiene una distancia de 21 kilómetros aproximadamente hasta la desembocadura en Bocas de Satinga. Igualmente se pueden presentar inundaciones por mareas desde la vereda El Recodo en la zona de Mares, esteros Brazo Largo y Cepangue por el sur, hasta Punta Vieja y Punta el Charco en el norte del municipio (PLECS, municipio Olaya Herrera, 2009).

– **Relevamiento de marcas históricas**

El día 04 de Octubre de 2011, se llevó a cabo la visita al Municipio OLAYA HERRERA cabecera municipal BOCAS DE SATINGA. La reunión se realizó en la Alcaldía municipal con los siguientes funcionarios: Carlos Arturo Zambrano (coordinador Clopad), José Edier Paz (Secretario de Planeación) y Alex Franco (Arquitecto apoyo Clopad). Para efectos del trabajo se facilitó la siguiente información secundaria:

Tabla 13. Información secundaria de inundaciones municipio Olaya

 						
Documentos soporte de la visita						
Tipo de documento	Nombre	Contenido	Fuente	Fecha	medio (digital o análogo)	Observaciones
CARPETA	FOTOS METODO DE RIESGO 2007	VULNERABILIDAD BOCAS DE SATINGA, RIO SANQUIANGA Y RIO SATINGA	CLOPAD	2007	DIGITAL	
CARPETA	CENSOS	CENSOS TANTO DEL RIO SATINGA COMO RIO SANQUIANGA	CLOPAD	XXX	DIGITAL	
CARPETA	EOT OLAYA HERRERA	EOT	CLOPAD	2007	DIGITAL	
CARPETA	FORMATO HOGARES AGRUPADOS OLAYA HERRERA	HOGARES AGRUPADOS ICBE	CLOPAD	XXX	DIGITAL	
CARPETA	INUNDACIÓN	FOTOGRAFIAS DE INUNDACIÓN	CLOPAD	2007, 2008, 2009, 2010, 2011 Y OTROS	DIGITAL	
CARPETA	MEJORAMIENTO DE VIVIENDAS	FOTOGRAFIAS	CLOPAD	2011	DIGITAL	
CARPETA	PLAN DE CONTINGENCIA SATINGA	PLAN DE ACCION MASIVA Y PLAN DE CONTINGENCIA TALLER	CLOPAD	XXX	DIGITAL	
CARPETA	IMÁGENES SATELITALES	IMÁGENES SATELITALES BOCAS DE SATINGA	CLOPAD	XXX	DIGITAL	LÍNEAS DE INUNDACIÓN ELABORADAS POR ALEXANDER PAYAN
CARPETA	VIDEOS INUNDACIÓN Y EROSION 2009	VIDEO DE CAIDA DEL ACUEDUCTO Y DESTRUCCION DE VIVIENDAS POR SACAVACIÓN	CLOPAD	2009	DIGITAL	

Como mecanismo de recolección de información se realiza para el municipio una socialización del proyecto ante el personal CLOPAD, se plantea de esta manera los alcances del proyecto y los mecanismos de recolección de información en campo.



Figura 27. Reunión con autoridades del municipio Olaya Herrera

Dentro de esta reunión se identifica en planos las zonas que se han inundado sobre el perímetro municipal, zonas que por su ubicación cercana a las fuentes de agua han sido las más golpeadas en temporadas invernales.

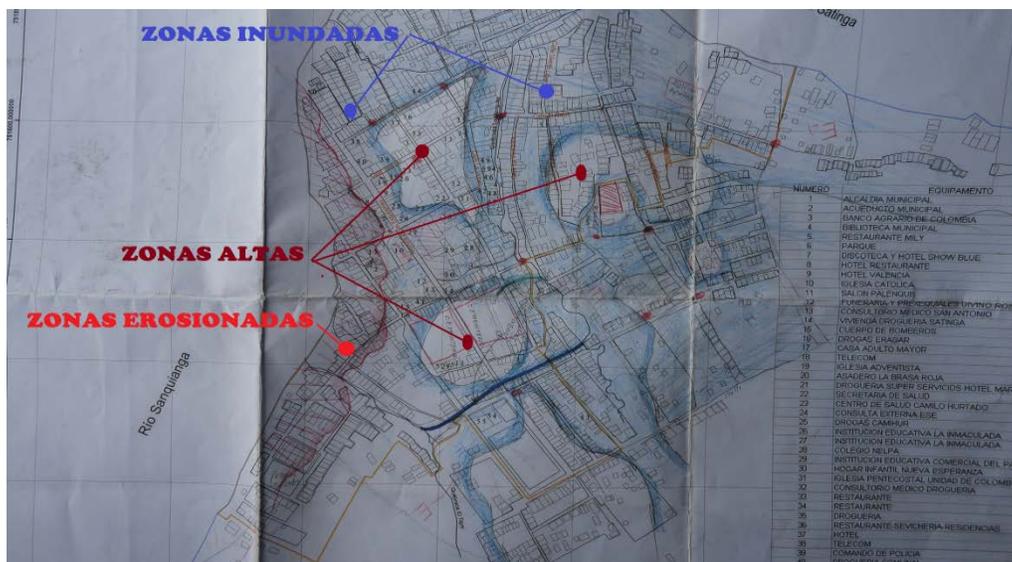


Figura 28. Marcas de zonas inundadas municipio de Olaya Herrera

La anterior figura es el resultado de la participación de entes de control y defensa civil, en ella se muestra que un 70% de la cabecera municipal se ha inundado, por corrientes grandes como el río Sanquianga, el Río Satinga y por otras de menor escala tales como la Qda. El Tigre y la Qda. Las Mariquita. Sin embargo existe en la cabecera unas zonas las cuales pudiesen ser referidas a la hora de enunciar las zonas seguras ante una inundación, teniendo en cuenta que las condiciones topográficas características de estos municipios obedecen a terrenos relativamente planos.

Cabe destacar el acompañamiento activo de los organismos encargados del tema de emergencias del municipio, los cuales apoyaron al equipo técnico de riesgos e identificaron en terreno con ayuda de la comunidad los lugares más relevantes en los procesos tanto de erosión como de inundación.



Figura 29. Proceso de relevamiento de información con organismos encargados de emergencias del municipio Olaya Herrera.

Los predios que se encuentran en las orillas del río aun siguen siendo afectados ya que los fenómenos invernales son comunes en esta zona y las constantes precipitaciones agudizan los procesos de socavación lateral de cauce presentes en la zona. Aunque el aumento en los niveles de agua no ha sido preocupante para la pasada ola invernal, los

organismos de vigilancia reiteran la gravedad en cuanto al personal que aun no ha desalojado viviendas en evidente riesgo.



Figura 30. Viviendas en riesgo por socavación lateral de cauce río Patía

Dentro de la inspección se pudo observar que el río Sanquianga es que mayores estragos ha causado en el casco urbano con un total de 23.24 hectáreas afectadas tal y como se evidencia en la siguiente figura, en ella se presenta el comportamiento de procesos de socavación lateral en el tiempo con base en datos tomados con intervalos de 2 años de acuerdo a los periodos administrativos del municipio.

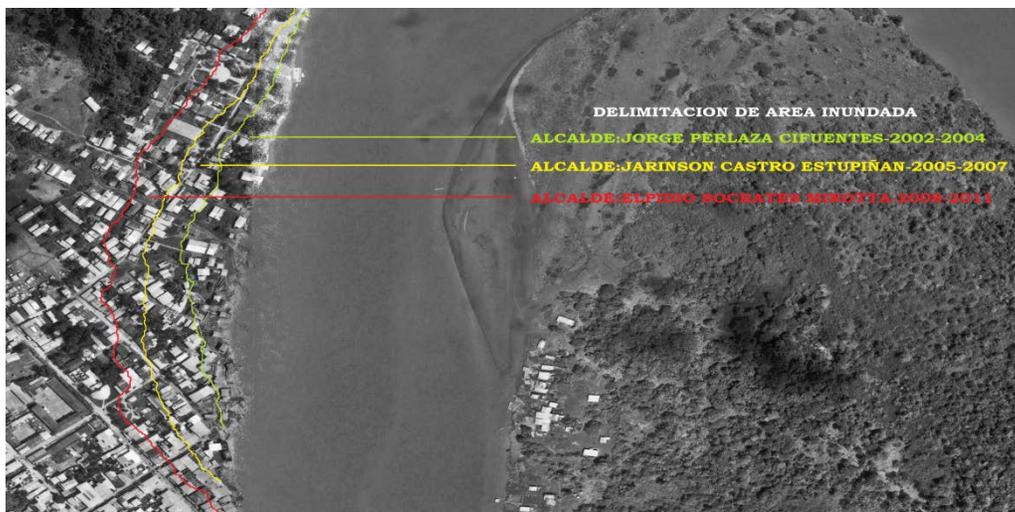


Figura 31. Marcas históricas de avance de procesos de socavación lateral.

Fuente: CLOPAD Municipio de Olaya Herrera

El relevamiento de marcas históricas de inundación consistió en la medición en campo de alturas de inundación alcanzadas en diferentes puntos de la zona, para ello se georeferenció el punto donde fue tomada la marca y posteriormente se determinó su altura para finalmente construir un polígono que permita definir un área afectada por determinado evento.

A continuación se presenta una tabla con un resumen de los eventos y marcas registradas junto a la metodología empleada para cada uno de los eventos.



Figura 32. Relevamiento de Marcas históricas de Inundación municipio Olaya Herrera

Tabla 14. Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas de inundación municipio Olaya Herrera

EVENTO	N° DE PUNTOS	FECHA DEL EVENTO			METODOLOGIA	CARACTERIZACION
		Día	Mes	Año		
1	6	16	2	2008	Visita de campo a la zona de estudio, georeferenciación insitu, entrevista con personal CLOPAD, entrevista con la población afectada, inspección ocular a los sitios de reubicación, relevamiento de marcas.	infraestructura (vivienda, centros educativos, sistemas de abastecimiento)
2	25	2		2007	Visita de campo a la zona de estudio, georeferenciación insitu, entrevista con personal CLOPAD, entrevista con la población afectada, inspección ocular a sitios de reubicación, relevamiento de marcas.	infraestructura (vivienda, centros educativos, sistemas de abastecimiento)

Tabla 15. Caracterización de los puntos que registran evidencias físicas de inundación en Bocas de Satinga.

CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS QUE REGISTRAN EVIDENCIAS FÍSICAS DE INUNDACIÓN EN CENTRO POBLADO OLAYA HERRERA															
Número del evento	Número del punto	Coordenada		Altura del punto (medir sobre la base la altura hasta el máximo registrado) en mts	distancia con respecto a la orilla (es un dato aproximado) en mts	Tiempo de ocurrencia			Cuanto duro el evento (número de días y/o meses)		Numero de marca sobre mapa	Numero de registros fotográficos			Observaciones
		X	y			Día	Mes	Año	valor	Unidades (dias.meses)					
1	3	78° 19' 52"	2° 20' 40"					2008				5	6	7	EROSION ZONA DEL PARQUE BARRIO LA PISTA
1	4	78° 19' 40,3"	2° 20' 51,7"	0.15	30			2007				8	9	10	INUNDACIÓN ZONA COLEGIO INELPAC
1	5	78° 19' 40,3"	2° 20' 49,4"					2008				11	12	13	EROSIÓN EN LA ZONA ACUEDUCTO
1	6	78° 19' 40,3"	2° 20' 46,4"					2008				14	15	16	ZONA CENTRO OCCIDENTE
	7	78° 19' 37,3"	2° 20' 48,1"	0.12				2008				17	18	19	ZONA CENTRO OCCIDENTE
2	9	-78.326842	2.346279	0.15				2007				20	21	22	ZONA CEMENTERIO
	10	-78.32835	2.345075		0			2008				23	24	25	SOCAVACIÓN
	11	-78.329257	2.344156		0			2008				26	27	28	SOCAVACIÓN
		78° 19' 30,3"	2° 20' 38,6"		0			2007				29	30	31	QUEBRADA EL TIGRE
	12	-78.326302	2.342636		0.6			2007				32	33	34	UNUNDACIÓN

																	QUEBRADA EL TIGRE
	13	-78.3255	2.342132					2007						35	36	37	BIBLIOTECA MUNICIPAL
	14	-78.325916	2.34457		0.2			2007						38	39	40	QUEBRADA EL TIGRE, CANCHA DE FUTBOL POLIDEPORTIVO AFECTADA
	15	-78.32528	2.345033		0.2			2007						41	42	43	QUEBRADA LA MARIQUITA, EXPANSION AL POLIDEPORTIVO
	16	-78.324858	2.345859					2007						44	45	46	QUEBRADA LA MARIQUITA SECTOR BAJITO
	17	-78.326116	2.34653					2007						47	48	49	QUEBRADA LA MARIQUITA- CEMENTERIO
	18	-78.326028	2.347152					2007						51	52	53	BARRIO SAN MARTIN
	19	-78.326122	2.349338					2007						54	55	56	QDA. LA MARIQUITA
	20	-78.324928	2.348697	0				2007						60	61	62	B. VILLA DEL LAGO- INUNDACIÓN RIO SATINGA
	21	-78.325069	2.347396	0				2007						63	64	65	SECTOR AVENIDA LOS ESTUDIANTES
	22	-78.32433	2.34645					2007						66	67	68	INUNDACIÓN QUEBRADA LA MARIQUITA

	23	-78.324166	2.346299	0.27				2007				69	70	71	INUNDACION QUEBRADA LA MARIQUITA
	24	-78.323693	2.346586	0.2				2007				72	73	74	INUNDACION RIO SATINGA
	25	-78.32243	2.347027	0				2007				75	76	77	CONSTRUCCIÓN SUB-ESTACIÓN
	26	-78.323538	2.347294	0.2				2007				78	79	80	
	27	-78.322724	2.348252	0.5				2007				81	82	83	RIO SATINGA - INUNDACIÓN
	28	-78.322645	2.348719	0.42	200			2007				84	85	86	ZONA DE INUNDACION RIO SATINGA
	29	-78.320187	2.348603					2007				87	88	89	RIVERAS DEL RIO SATINGA
	31	-78.325882	2.350179	2				2007				90	91	92	CALLE VIENTO LIBRE
	32	-78.32449	2.351047					2007				93	94	95	BARRIO LA ISLA
	33	-78.326913	2.349825					2007				96	97	98	ZONA CENTRO-COMERCIO-INUNDACIÓN RIO SATINGA
	34	-78.327689	2.349402	0.15				2007				99	100	101	ZONA COMERCIAL

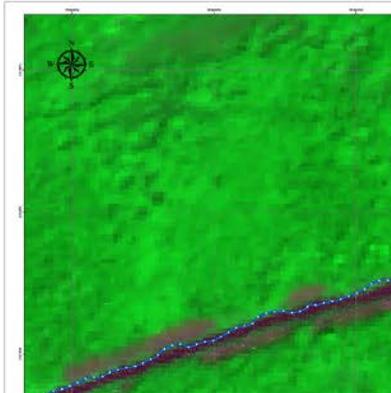


Figura 33. Áreas Inundadas río Patía en Bocas de Satinga municipio de Olaya Herrera

– **Análisis de viviendas asentadas en zonas susceptibles a inundación.**

Básicamente las inundaciones se dividen en lentas y rápidas. Las primeras, son producto de temporadas lluviosas prolongadas sobre cuencas como la del río Sanquianga y Satinga, del orden de cientos o miles de kilómetros cuadrados y aumentan el caudal de las aguas en la parte baja de la cuenca de manera lenta, en el término de horas o días, para permanecer en aguas altas varios días y aun semanas o meses. Vale la pena mencionar que su ubicación geográfica define al sector dentro de un régimen de alta pluviosidad, susceptible a inundaciones de tipo hidro-climatológico, debido a factores como la humedad y constantes lluvias presentes en la zona. El mayor problema de Bocas de Satinga es por procesos de socavación lateral de la margen derecha del río Sanquianga. Según información del Esquema de Ordenamiento Territorial en Bocas de Satinga el 90% de la zona se encuentra expuesta a un nivel de amenaza alta por erosión.

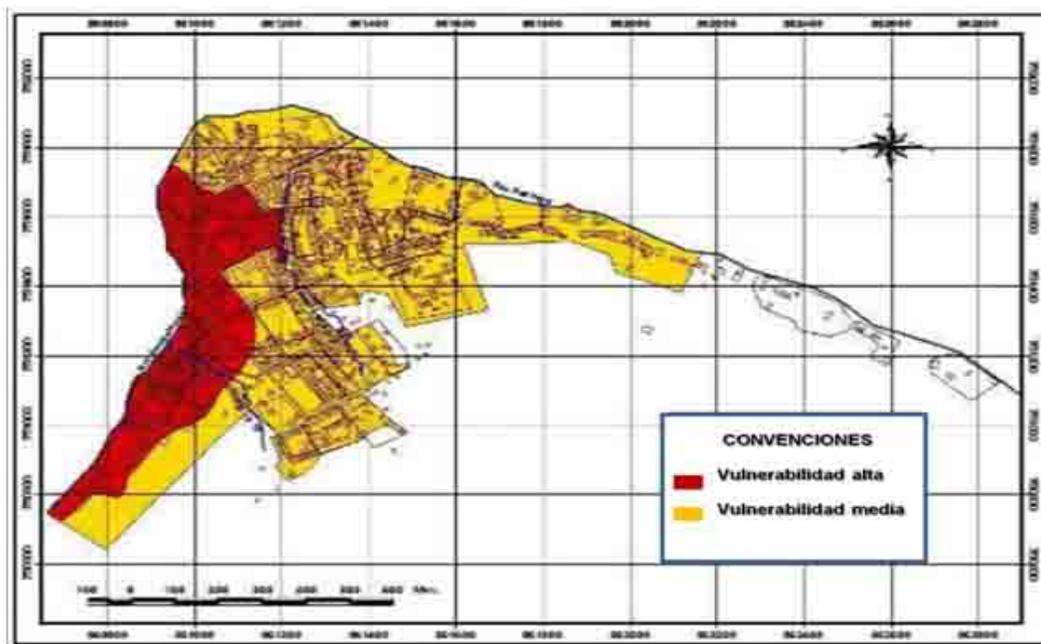


Figura 34. Vulnerabilidad por socavación lateral Bocas de Satinga. Fuente: EOT municipio de Olaya Herrera

En el municipio de Olaya Herrera las edificaciones que componen las poblaciones en su gran mayoría, son viviendas construidas en madera de un piso (muros portantes y cubierta en teja de lámina de zinc a dos aguas), sobre pilotes. Presentan deficiencias constructivas y estructurales, como carencia de diagonales de arriostamiento entre pilotes, amarres deficientes entre elementos pilotes, muros y techos.



Figura 35. Edificaciones Típicas municipio Olaya Herrera. Fuente: CLOPAD.

En un menor número se presentan viviendas construidas en ladrillo/concreto que principalmente obedecen las instalaciones de equipamientos colectivos, al igual que las viviendas de madera en general están cimentadas sobre pilotes, de concreto o madera es común observar deterioro de pilotes, falta de recubrimiento de acero y deficiencias en los materiales de construcción. Estas características de tipologías de vivienda, niveles de hacinamiento de unidades residenciales, densidad de conexiones eléctricas

hacen más susceptibles a las comunidades del municipio frente a la manifestación de eventos estructurales.



Figura 36. Afectación por socavación lateral municipio de Olaya Herrera Fuente: CLOPAD.

El tipo de vivienda predominante en la zona es de tipo palafíticas presente en la ribera de los ríos Satinga y Sanquianga. El área de amenaza que realmente corresponde a zona natural deberá considerarse según la norma como área de ronda hídrica: debe tener 30mts de aislamiento del río, dicha norma no se cumple. A su vez el avance y el desarrollo, ha estimulado la tendencia de construcciones con "material" piso en cemento paredes en bloque etc, lo que ha dado como resultado un mayor riesgo de la población, debido a que se hace un piso de menor altura y en consecuencia hay mayores posibilidades de afectación estructural de las viviendas palafíticas.

En general se encuentra que el 38 % del total de predios se han visto involucrados en fenómenos de inundación con diferente grado de afectación dependiendo de la zona de

ubicación es por ello que este estudio describe los barrios susceptibles a inundación y que presentan mayor afectación estructural en sus viviendas estos barrios son: San Miguel, el Balso, La Pista, el Comercio y la Playita entre otros, lo cual requieren procesos de reubicación inmediata.

Barrio San Miguel: En el barrio predomina las viviendas construidas en madera, su estructura en la mayoría de las edificaciones se encuentran deterioradas. Puentes construidos por la misma comunidad.



Figura 37. Afectación Barrio San Miguel municipio de Olaya Herrera.

Barrio El Balso: Sector ubicado a las orillas del río Sanquianga presenta muros de contención, algunos de ellos realizados por la misma comunidad. Las viviendas son hechas de madera algunas construidas sobre palafitos.



Figura 38. Afectación Barrio El Balso municipio de Olaya Herrera.

Barrio La Pista: Barrio con gran densidad de viviendas, población de todas las edades, el material predominante de sus edificaciones es en madera – palafitos.



Figura 39. Afectación Barrio La Pista municipio de Olaya Herrera.

Barrio El Comercio: Representa el 11% del total de predios del municipio de los cuales 186 fueron afectados por inundaciones. La zona comercial es uno de los principales sectores a nivel urbano, aquí se desarrolla gran parte de la economía de Bocas de Satinga. Las edificaciones son de diferentes tipología (madera, concreto, ladrillo),



Figura 40. Afectación Barrio El Comercio municipio de Olaya Herrera.

Fuente: CLOPAD.

Barrio La Playita: Ubicado a orillas del ríos Sanquianga, viviendas construidas en palafitos y con calles y puentes labrados por la misma comunidad. Se inunda constantemente en época de lluvia.



Figura 41. Afectación Barrio La Playita municipio de Olaya Herrera.

Fuente: CLOPAD.

– **Análisis de infraestructura en zonas susceptibles a inundación**

El municipio de Olaya herrera tiene problemas sanitarios si se consideran los daños de tubería de alcantarillados ya que 1272.88 metros de tubería están siendo afectadas tanto por inundaciones como por mal mantenimiento

Sub-zona 1: Esta sub-zona se encuentra localizada al margen derecho del Rio Sanquianga y es la que más afectada se encuentra en cuanto a infraestructura debido a la socavación que está generando dicho rio año a año y que tuvo un mayor impacto con la pasada ola invernal 2010 – 2011 causando destrucción total de viviendas, lugares de comercio, lugares de afluencia masiva, vías peatonales, vehiculares como se muestra a continuación:

Destrucción parcial generada por el fenómeno de socavación causado por el Rio Sanquianga y que aun continua siendo activo poniendo en riesgo la integridad del ser humano.



Figura 42. Infraestructura afectada sub-zona 1 municipio de Olaya Herrera

La socavación generada en este tipo de infraestructura hace que ella pierda su apoyo inferior provocando una disminución de resistencia al pavimento rígido, volviéndolo intransitable y peligroso para la integridad del ser humano.

La institución educativa INELPAC, se encuentra construida con un sistema estructural de mampostería confinada y aunque no presenta daños estructurales, si se ve afectada estéticamente debido a la aparición de humedades provocadas por el desborde del Rio Sanquianga, las cuales de una manera repetitiva pueden generar el deterioro de los muros y elementos estructurales llevándolos a un posible colapso a causa de la perdida de resistencia y capacidad portante de los mismos.



Figura 43. Infraestructura afectada sub-zona 1 institución educativa INELPAC municipio de Olaya Herrera

Sub-zona 2: La infraestructura de esta sub-zona no se vio tan afectada por la ola invernal 2010 – 2011 debido a que con el pasar de los años y las continuas inundaciones presentadas en el sector las personas que allí habitan han adecuado sus construcciones de tal forma que al momento de ocurrir un fenómeno de inundación estas no se afecten considerablemente evitando así grandes pérdidas económicas y catástrofes por colapsos de estructuras. A continuación se muestra la infraestructura afectada en la sub-zona mencionada:

- La biblioteca Municipal está construida con unidades de mampostería y elementos estructurales en concreto reforzado, con cubierta en teja de asbesto cemento, formando un sistema estructural llamado mampostería confinada y aunque no presenta daños estructurales, si se pueden evidenciar daños estéticos a causa de la humedad que con un proceso repetitivo puede deteriorar este sistema llevando a la biblioteca a un posible colapso.



Figura 44. Infraestructura afectada sub-zona 2 biblioteca municipal de Olaya Herrera

- El polideportivo es un sitio de afluencia masiva que se vio afectado por inundación a causa del desborde de la quebrada el tigre y las lluvias intensas causadas por la ola invernal 2010 – 2011; este fenómeno de inundación provoco el deterioro de la grama de la cancha de futbol y el deterioro y perdida de algunos juegos infantiles.



Figura 45. Infraestructura afectada sub-zona 2 polideportivo municipio de Olaya Herrera

Sub-zona 3: la infraestructura de esta zona se vio afectada debido al desbordamiento de la quebrada La Mariquita e inundaciones intensas causadas por el fenómeno de la niña 2010 - 2011 afectando puentes peatonales y vías como se muestra a continuación:

Las vías peatonales en esta zona se encuentran construidas en madera proveniente de la zona, con un sistema estructural de pilotes hincados sobre el terreno dejando la parte superior a una altura aproximada de 30 cm respecto al suelo para colocar la superficie por donde van a circular los habitantes, con el fin de evitar el contacto del agua proveniente del desbordamiento de la quebrada La mariquita y las intensas lluvias.

Su sistema estructural se ve afectado en los pilotes y superficie debido a agentes bióticos tales como hongos e insectos, que ingresan en el momento en que la madera absorbe agua y se hincha provocando la perdida de resistencia y su respectiva pudrición.



Figura 46. Infraestructura afectada sub-zona 3 caminos peatonales municipio de Olaya Herrera

El puente peatonal se encuentra construido en un sistema estructural simplemente apoyado con sección constante; el cual se ve afectado tanto estructuralmente, como estéticamente.

Construido en concreto reforzado apoyado sobre columnas, las cuales presentan desplome lo que genera una menor capacidad portante debido a que el momento torsor generado es elevado provocando inestabilidad, además la superficie de rodadura presenta una concavidad en la parte central de la luz lo que nos refleja que al momento de construirlo la superficie no tuvo los suficientes apoyos para mantener su horizontalidad por tanto ella tiene una pérdida de resistencia considerable.

La parte estética también se encuentra afectada por aparición de humedad en todos sus elementos estructurales generando deterioro.



Figura 47. Infraestructura afectada sub-zona 3 puente peatonal municipio de Olaya Herrera

Sub-zona 4: La infraestructura de esta zona se encuentra afectada por acción del Rio Satinga y la quebrada La Mariquita. El sistema estructural de este puente peatonal es vigas te con apoyos continuos, el material de construcción es concreto reforzado; el puente en toda su estructura se encuentra deteriorado por causa de las continuas lluvias que azotan a la población desde hace muchos tiempo atrás, el proceso constructivo a simple vista se nota que se realizo de una manera inadecuada debido al desplome de sus columnas y a su irregularidad en su carpeta de rodadura, lo que genera que el centro de inercia se aleje considerablemente del centro de masa ocasionando un momento torsor elevado que puede desestabilizar el puente provocando su destrucción.

Futuras lluvias intensas como lo fue la pasada ola invernal 2010 – 2011 pueden ser un detonante inminente para la destrucción total de este puente debido a que la penetración del agua en el suelo puede generar una disminución en su capacidad portante provocando asentamientos diferenciales que terminarían de desestabilizar dicho puente.



Figura 48. Infraestructura afectada sub-zona 4 puente peatonal municipio de Olaya Herrera

A causa de las grandes inundaciones que ocasiono la ola invernal 2010 – 2011 se decidió construir una protección a los lados de la quebrada La Mariquita con el fin de canalizarla y evitar que las viviendas aledañas se vean afectadas por futuras inundaciones; en la pasada visita técnica se pudo observar que el sistema utilizado es inadecuado debido a que esta canalización no aísla totalmente el agua de las viviendas por tanto el sistema utilizado es ineficiente, además el material utilizado es madera la cual con intensas lluvias y cambios constantes de temperatura y ataque de hongos e insectos será de poca durabilidad.



Figura 49. Infraestructura afectada sub-zona 4 márgenes de la quebrada Mariquita municipio de Olaya Herrera

Corregimientos de candelillas e imbilí municipio de Tumaco (río mira).

El municipio de Zumaco tiene una población (proyecciones DANE 2007) de 175.657 habitantes de los cuales 90.450 habitantes corresponden a la zona urbana, y 85.207 habitantes de la zona rural, el 89.9% son afro colombianos y el 5% son indígenas. Se

caracteriza por un clima tropical húmedo con una temperatura ambiente promedio de 28 °C.

La división política la integran: Zumaco cabecera municipal y 50 corregimientos, dentro de este los corregimientos de Candelillas e Imbilí afectados por el desbordamiento del Río Mira en el año 2009.

Está ubicado al occidente del Departamento de Nariño, presenta un área de 360.172,938 hectáreas de extensión que representan un 12,3% del área del departamento de Nariño. Limita al Norte con los Municipios de Francisco Pizarro, Roberto Payán y Mosquera sobre la zona de San Juan de la Costa, al Sur con la República de Ecuador, Occidente con el Océano Pacífico y Oriente con el Municipio de Barbacoas.

Uno de los principales renglones de la economía de la región es además de la pesca, el cultivo de la palma africana y la comercialización del aceite crudo de palma. Existen en Tumaco cerca de 35.000 hectáreas sembradas de palma africana y 7 plantas extractoras de aceite, las cuales representan una fuente importante de generación de empleo para la región. Es el segundo puerto marítimo de pacifico colombiano, con una capacidad instalada de 5.276.729 toneladas. Su sistema portuario cuenta con 29 muelles, la gran mayoría no legalizados; 21 pesqueros, 3 generales y 1 turístico. El turismo constituye una reserva potencial importante para Tumaco.

Transporte Aéreo: posee un aeropuerto de mediano tamaño llamado La Florida, ubicado a 4km del centro de la ciudad, transporte terrestre: 300 km de carretera pavimentada unen Tumaco con la ciudad de Pasto, transporte marítimo: a través del mar pacifico, considerado el segundo puerto sobre las costas del Pacifico en Colombia después de Buenaventura.

La red Hidrológica que drena la región de Tumaco, pertenece al delta del Río Mira, cuyos afluentes principales son los ríos Cualaur, Albi y San Juan. Así mismo, desembocan en el océano pacífico dos grandes ríos, como son el Patía y el Mira. El Rio Caunapí desemboca en la red de Tumaco, a través del Río Rosario, formando el tercer delta en importancia de la red, después del Rio Mira y el Río Patía (POT municipio de Tumaco,2008).

– **Identificación de marcas históricas**

El día 05 de Octubre de 2011, se llevó a cabo la visita al Municipio TUMACO. La reunión se realizó en la Alcaldía municipal con el funcionario: Roberto Cuero (coordinador Clopad). Para efectos del trabajo se facilito la siguiente INFORMACION SECUNDARIA

Tabla 16. Información secundaria de inundaciones municipio Tumaco

 						
<small>CONVENIO DE COOPERACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA No. 206 del 29 de Junio de 2011: Realizar la zonificación y análisis de inundaciones y susceptibilidad a procesos de rotación en masa en zonas prioritarias del departamento de Nariño y realizar el acompañamiento técnico para la restauración de áreas y corrientes afectadas por la ola invernal 2010-2011</small>						
Documentos soporte de la visita						
Tipo de documento	Nombre	Contenido	Fuente	Fecha	medio (digital o análogo)	Observaciones
CARPETA	FOTOS DE INUNDACIÓN DEL RIO MIRA EL 16-02-09	FOTOS DE LA INUNDACIÓN DEL RIO MIRA	CLOPAD TUMACO	2/16/2009	MEDIO DIGITAL	
POWER POINT	INFORME COMISIÓN TECNICA MARZO 19 DE 2009	INFORME TÉCNICO DE VISITA	CLOPAD TUMACO	3/19/2009	MEDIO DIGITAL	
PDF	PLAN DE CONTINGENCIA PARA SISMO, LICUACIÓN Y TSUNAMI	PLAN DE CONTINGENCIA	CLOPAD TUMACO	9/16/2010	MEDIO DIGITAL	
PDF	PLAN LOCAL DE EMERGENCIAS TUMACO, NOVIEMBRE DE 2010	PLAN LOCAL DE CONTINGENCIA	CLOPAD TUMACO	NOV 2010	MEDIO DIGITAL	
PDF	MAPA ZONA AFECTADA RIO MIRA AMPLIACIÓN NOVIEMBRE DE 2010	MAPA DE ZONA AFECTADA	CLOPAD TUMACO	NOV 2010	MEDIO DIGITAL	

Al igual que la metodología empleada para el municipio de Olaya, se realiza una reunión con personal del CLOPAD para el municipio de Tumaco, en ella se plantearon

los mecanismos de relevamiento de marcas y se asigno un personal de acompañamiento el cual guio al equipo de riesgos en los lugares de mayor afectación por la inundación del 2009. Una vez iniciado el recorrido por la zona priorizada se realizo un desplazamiento de 8951 metros aproximadamente, dentro de los cuales se relevo marcas de inundaciones de dos eventos, siendo el del 2009 tomado como crítico teniendo en cuenta las 629 hectáreas afectadas en el tramo de estudio las cuales representan un 54.35 % para el evento del 2009, y un 14.5 % para eventos de la presente ola invernal 2011, el tramo de estudio comprende los sectores de Imbilí hasta Candelillas. Cabe destacar el acompañamiento recibido por parte del personal CLOPAD tal y como se presenta en la siguiente figura.



Figura 50. Proceso de relevamiento de información con organismos encargados de emergencias del municipio de Tumaco.

Dentro de las zonas visitadas por el equipo están las veredas El Panal, Achotal, Vuelta Candelilla, el Tulmo, La Playita, Miras Palmas, El Barranco y las zonas de reubicación las cuales se caracterizan por estar tener dentro de su topografía lugares altos en donde la inundación no alcanzo a llegar.



Figura 51. Zona de reubicación Familias afectadas por inundación sector imbilí Candelillas municipio de Tumaco.

Uno de los eventos más importantes para la zona fue el del 16 de febrero del 2009, cuyos estragos aun se evidencian por la altura alcanzada en la zona, la pérdida de infraestructura de gran importancia tales como escuelas y viviendas.



Figura 52. Marcas de inundación evento de 16 de febrero de 2009 sector imbilí Candelillas municipio de Tumaco.

Por otra parte se reporta la pérdida de la estación San Juan Mira la cual superó su nivel de inundación que estaba en 6.98 metros y cuyo estado actual se presenta en la

siguiente figura , la estación queda sin servicio y los datos existentes solo se reportaron hasta la fecha.



Figura 53. Estado actual de la estación San Juan río Mira sector imbilí Candelillas municipio de Tumaco.

Una de las marcas más importantes fue la relevada en el sector Panal la cual es de 4.2 metros de altura a partir de la base de la edificación, los cuales fueron medidos desde la base de la vivienda tal como se muestra en la siguiente figura.



Figura 54. Marca de inundación sector Panal evento del 16 de febrero del 2009 municipio de Tumaco.

Tabla 17. Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas de inundación municipio de Tumaco sector Imbilí Candelillas.

EVENTO	N° DE PUNTOS	FECHA DEL EVENTO			METODOLOGIA	CARACTERIZACION
		Día	Mes	Año		
1	19	16	2	2009	Visita de campo a la zona de estudio, georeferenciación insitu del evento, entrevista con la población afectada, inspección ocular a los sitios de reubicación, relevamiento de marcas históricas. Medidas desde la base de cada vivienda.	infraestructura (vivienda, centros educativos, sistemas de)abastecimiento,
2	4	2	10	2011	Visita de campo a la zona de estudio, georeferenciación I insitu del evento, entrevista con la población afectada, inspección ocular a los sitios de reubicación, relevamiento de marcas históricas. Medidas desde la base de cada vivienda.	infraestructura (vivienda, centros educativos, sistemas de abastecimiento) ++

Tabla 18. Caracterización de los puntos que registran evidencias físicas de inundación en centro poblado imbilí candelillas

CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS QUE REGISTRAN EVIDENCIAS FÍSICAS DE INUNDACIÓN EN CENTRO POBLADO IMBILI CANDELILLAS															
Número del evento	Número del punto	Coordenada		Altura del punto (medir sobre la base la altura hasta el máximo registrado) en mts	distancia con respecto a la orilla (es un dato aproximado) en mts	Tiempo de ocurrencia			Cuanto duro el evento (número de días y/o meses)		Numero de marca sobre mapa				Observaciones
		x	y			Día	M e s	Año	valor	Unidades (días.meses)					
1	36	- 78.68425 3	1.47598 9	2		16	2	2009	1	DIA		823	824	825	CANDELILLAS -NIVEL DE INUNDACION
1	37	- 78.68817 6	1.47454 4	no existe referencia		16	2	2009	1	DIA					MUELLE
1	38	- 78.69344 5	78°41'3 6.4"	4.2		16	2	2009	1	DIA		834		836	VEREDA PANAL
1	39	- 78.68228 8	78°41'3 6.4"	2.15		16	2	2009	1	DIA					PLAYA
1	40	- 78.68233 9	78°41'3 6.4"	2.4		16	2	2009	1	DIA					ESCUELA DESAPARECIDA
1	41	- 78.67026 3	1.42388 1	3		16	2	2009	1	DIA					SAN LUIS

1	53-54	-78.69822	1.48567 6	110	0	16	2	2009	9	HORAS		901		905	VEREDA LA PLAYITA, LINEA DE INUNDACION CERO SOBRE LOMA
2	55	- 78.72184 7	1.50920 9	2.7	12	2	1 0	2011	1	DIA	1				VEREDA MIRAS PALMAS
2	56	- 78.71747 7	1.51677 1	0.7		2	1 0	2011	1	DIA	1	907		915	VEREDA MIRAS PALMAS, 4 VECES AL AÑO
1	57	- 78.71748 5	1.51676 5	20	20	16	2	2009	9		1	921		925	IMBILI - VEREDA EL BARRANCO
1	58	- 78.71929 1	1.51926 6	0	30	16	2	2009	9		1				VEREDA EL BARRANCO, SE PRESENTA EN ORILLAS DE RIO
2	59	- 78.72397 6	1.53154 3	0.5	60	2	1 0	2011	1	DIA		926		932	IMBILI, 3 VECES AL AÑO - 6AM NORMAL RIO 11AM 1.3M A LAS 3AM EMPIEZA A BAJAR
1	62	- 78.71697 6	1.53983 9	0		16	2	2009	1	DIA					LINEA DE INUNDACION SOBRE LA VIA



Figura 55. Áreas Inundadas río Mira sector imbilí Candelillas municipio de Tumaco

– **Análisis de vivienda asentadas en zonas susceptibles a inundación**

Se llevó a cabo la visita al Municipio de Tumaco, específicamente a los corregimientos de Imbili y Candelillas donde se encuentre el Rio Mira, en un trayecto de 8.9 km aproximadamente. Las veredas están asentadas de manera dispersa e informal a lo largo de todo el rio, lo cual no cumple con la norma de protección ambiental donde deben estar a 30mt de la ribera del rio. Varias zonas se encuentran afectadas en la actualidad por el desbordamiento que presento en el año 2009, siendo notorio un nivel de amenaza alta por erosión del suelo.



Figura 56. Procesos de socavación lateral río Mira sector Imbilí Candelillas municipio de Tumaco.

En total fueron afectadas 62 veredas, en una extensión de 20.000 hectáreas, representadas en 14.100 personas, de acuerdo al censo poblacional del Consejo Comunitario. Las edificaciones más vulnerables a inundación son las que están

ubicadas en las zonas más bajas las cuales corresponden a 375 predios de los cuales 49 son residenciales y 298 son comerciales con mayor densidad en Imbili y en Candelillas,

La tipología de las viviendas en su gran mayoría son de 1 y 2 pisos, de uso residencial, El material predominante es la madera; las construcciones son Palafíticas soportadas sobre pilotes de madera o concreto que sostienen una plataforma que estructura el suelo de la construcción. Su elevación sobre el nivel del agua permite que el flujo y reflujos de las mareas circule por debajo del piso de la vivienda entre los pilotes que la soportan. También existen edificaciones en concreto y ladrillo o combinación de estos tres materiales. De las 62 Veredas afectadas por la inundación el 2009 en el municipio de Tumaco, en campo el equipo técnico recorrió algunas de ellas ubicadas en el tramo Candelillas Imbili:

Vereda Achotal: Esta es una zona reubicación que con ayuda de algunas ONGs se han construido viviendas también para la población afectada por el invierno.



Figura 57. Vivinedas típicas vereda Achotal municipio de Tumaco.

Vereda El Pana: El material en el que están construidas las viviendas es en madera y ladrillo, de 1 y 2 pisos. Los muros externos presentan graves problemas de humedad.



Figura 58. Vivinedas típicas vereda El Pana municipio de Tumaco.

Vereda Vuela Candelilla: El materias de las edificaciones son en madera y concreto. Es una zona importante de abastecimiento (gasolina) y comercio.



Figura 59. Vivinedas típicas vereda Vuelta Candelilla municipio de Tumaco.

Vereda Tulmo: El material predominante es el concreto y la madera. La tipología de las viviendas es de 2 pisos de uso residencial.



Figura 60. Vivinedas típicas vereda Tulmo municipio de Tumaco

Vereda Miras Palmas: Las viviendas están construidas con estructura y cerramiento en madera, teja de zinc y plástico. Materiales no resistentes ante un evento de inundación. Además las edificaciones se encuentran a menos de 10mts de la ribera del río.



Figura 61. Vivinedas típicas vereda Miras Palmas municipio de Tumaco

– **Análisis de infraestructura en zonas susceptibles a inundación**

En la visita de campo al municipio de Tumaco entre los corregimientos de Imbilí y Candelillas se observó que la pasada ola invernal 2010 – 2011 no causó daños de infraestructura, lo que ocurrió en la zona fue un evento súbito en el año 2009 que arrasó con viviendas, escuelas, muelles y cultivos de todo tipo. A continuación se muestra la infraestructura afectada en dicho año:

- El muelle tiene un sistema estructural constituido por columnas, vigas y losa de concreto reforzado el cual se encuentra estipulado en la norma sismo resistente (NSR 10), fue destruido en un 50% debido a la crecida súbita del Río Mira, esto puede ocasionar inestabilidad en el muelle ya que al perder parte de su sistema estructural genera inestabilidad por que la sumatoria de fuerzas que la equilibran ya no llegan a cero, lo que significa que una fuerza que le genere un empuje de nivel medio llevara a la estructura al colapso. Además la funcionalidad está restringida debido a solo el uso de una de sus partes generando pérdidas económicas a la población.



Figura 62. Infraestructura muelle sector Imbilí Candelillas municipio de Tumaco.

Esta escuela está constituida por un sistema estructural de mampostería confinada, destruida totalmente por la crecida súbita del Rio mira y reubicada en la parte alta de la vereda Achotal.



Figura 63. Infraestructura escuela de la vereda Achotal sector Imbilí Candelillas municipio de Tumaco.

Municipio barbacoas: cabecera municipal (rio telembi).

El Municipio de Barbacoas cuenta con una población de 22.012 hab. El clima es cálido con características del bosque húmedo tropical, tiene una temperatura 26° grados centígrados, con mínimas variaciones.

La división política la integran: El municipio de Barbacoas en su cabecera municipal que cuenta con 11 barrios y en la zona rural ciento treinta y seis (136) veredas distribuidas en once zonas; estas veredas están organizadas en trece (13) resguardos indígenas y once (11) consejos comunitarios; los asentamientos más grandes y con

ubicación estratégica son los lugares donde las otras comunidades asisten para el intercambio comercial, social, cultural y político.

El municipio de Barbacoas, está localizado en la costa pacífica del departamento de Nariño; limita al Norte con el Municipio de Magüi Payán, al Sur con el Municipio de Ricaurte, al Oriente con los Municipios de Samaniego y los Andes, y al Occidente con los Municipios de Tumaco y Roberto Payán. Tiene una extensión de 3427 kilómetros cuadrados, y dista desde ciudad de Pasto, hasta la cabecera Municipal, Barbacoas en 235 kilómetros.

Los 27.012 habitantes de este municipio presentan como actividades económicas de mayor importancia la agricultura, la ganadería, minería y comercio, siendo su principal producto del agro el plátano con 260 haciendas sembradas; la ganadería con 420 cabezas; la minería es un capítulo aparte, ya que es el mayor explotador de oro del Departamento, en los últimos 5 años presenta un promedio de 19.958 onzas anuales vendidas al Banco de la República.

No cuenta con transporte aéreo. Transporte terrestre: Su acceso desde Pasto se hace por la troncal Pasto - Tumaco hasta Junín (180 kilómetros), desde allí por carretera secundaria pavimentada (10 kilómetros) y por carretera sin pavimentar en malas condiciones (45 kilómetros). Fluvial: Barbacoas cuenta con muelles y saltaderos en la zona urbana que son utilizados para navegar por el río Telembí.

El municipio de Barbacoas está influenciado por dos cuencas hidrográficas, como son la del río Telembí que cubre el 67.0 % y el río Mira con el 33.0 %, de ahí la importancia de las comunidades de considerar al río Telembí, como el eje estructurante de su actividad económica, sociocultural y ambiental. A su vez la cuenca del río Telembí está subdividida en 15 subcuencas, siendo muy representativas por su tamaño las de los ríos Guelmambí, Yaguapí, Nambí Palí, y la cuenca del río Mira que está compuesta

dentro del territorio del municipio por 6 subcuencas, siendo por tamaño más representativa la subcuenca del río Nulpe (POT municipio de Barbacoas, 2006).

– **Identificación de marcas históricas**

El día 08 de Octubre de 2011, se llevó a cabo la visita al Municipio BARBACOAS. La reunión se realizó en la Centro de Bomberos con el funcionario: Ramiro Cortes (Capitán Cuerpo de Bomberos). Para efectos del trabajo se facilito la siguiente información secundaria.

Tabla 19. Información secundaria de inundaciones municipio Barbacoas

Documentos soporte de la visita						
Tipo de documento	Nombre	Contenido	Fuente	Fecha	medio (digital o análogo)	Observaciones
FOTOS	FOTOS	FOTOGRAFIAS DIGITALES DE EVENTOS POR INUNDACION	ALCADIA - CLOPAD	EL PPAL EVENTO SE DIO EL DIA 27/04/11 PERO EN LA FOTOS SE ESPECIFICAN DIFERENTES FECHAS	DIGITAL	AL PARECER LA FECHAS QUE REGISTRAN LAS FOTOS NO CORRESPONDEN A LA FECHA REAL
ARCHIVOS	PBOT - PLECS - CENSO	PBOT - PLECS - CENSO	ALCADIA - CLOPAD	PBOT (2005), PLECS (2010), CENSO (NO ESPECIFICA FECHA)	DIGITAL	
VIDEOS	VIDEOS	VIDEOS DE EVENTOS OCURRIDOS POR INUNDACION EN CABECERA MUNICIPAL Y ZONA RURAL	BOMBEROS	EL PPAL EVENTO SE DIO EL DIA 27/04/11 PERO EN LOS VIDEOS SE ESPECIFICAN DIFERENTES FECHAS	DIGITAL	
ARCHIVO WORD	ACTA CLOPAD	ACTAS DE BOMBEROS DE EVENTOS OCURRIDOS EN EL MUNICIPIO	BOMBEROS	ACTA 005-11/08/11, ACTA 014-12/01/11, ACTA 18-05/03/11, ACTA 16-2/04/11, ACTA 17-3/05/11, ACTA 18-15/04/11, ACTA 20-2/04/11, ACTA 21-14/08/11, ACTA 24-22/07/11	DIGITAL	
ARCHIVO POWER POINT	GESTION DE RIESGO	DIAGNOSTICO DE GESTION DEL RIESGO EN NARIÑO	CLOPAD	2007	DIGITAL	

Para el sector de Barbacoas se toma la parte urbana hacia las riberas del río Telembi como zona priorizada la cual abarca desde la capilla hasta el delta con el río Guagui con una longitud de 2424 metros.

En algunos lugares la identificación de la marca presentó algunos inconvenientes en su ubicación ya que las personas entrevistadas, no recordaban con exactitud la altura de

agua sobre la zona es el caso de la zona donde se encontraba el centro educativo, sin embargo el acompañamiento del personal de Bomberos fue de gran ayuda a la hora de definir estos sitios. A continuación se presentan una serie de cuadros donde se presenta un resumen de los eventos registrados para el municipio de Barbacoas.



Figura 64. Relevamiento de Marcas históricas de Inundación cabecera municipal Barbacoas.

Tabla 20. . Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas de inundación cabecera municipal de Barbacoas.

EVENTO	N° DE PUNTOS	FECHA DEL EVENTO			METODOLOGIA	CARACTERIZACION
		Día	Mes	Año		
1	15			2009	Se realizo un recorrido de campo por la orilla del Rio Telembí sobre la parte urbana del Municipio de Barbacoas con el acompañamiento del personal Clopad, relevando marcas con su altura y su respectiva fotografía.	infraestructura (vivienda, centros educativos, sistemas de abastecimiento)

Tabla 21. Caracterización de los puntos que registran evidencias físicas de inundación en centro poblado de Barbacoas.

CARACTERIZACIÓN DE LOS PUNTOS QUE REGISTRAN EVIDENCIAS FÍSICAS DE INUNDACIÓN EN CENTRO POBLADO														
Número del evento	Número del punto	Coordenada		Altura del punto (medir sobre la base la altura hasta el máximo registrado) en mts	distancia con respecto a la orilla (es un dato aproximado) en mts	Tiempo de ocurrencia			Cuanto duro el evento (número de días y/o meses)		Numero de marca sobre mapa	Numero de registros fotográficos		Observaciones
		x	y			Día	Me s	Año	valo r	Unidades (días.mes es)				
E1	391	1°40'16.3 "	78°8'29.6"	2	30			2009	1	DIA	1			ANTIGUA ESCUELA OAPC
	392	1°40'13.3 "	78°8'27.9"	2.5	50			2009	1	DIA	2	952	954	SAN ANTONIO
	393	1°40'11" "	78°8'27.2"	0.38	30			2009	1	DIA	3	955	957	EL BAJITO
	394	1°40'10.1 "	78°8'29"	1.5	30			2009	1	DIA	4	961	963	EL BAJITO
	395	1°40'14.1 "	78°8'27"	2.1	80			2009	1	DIA	5	966	968	B. SAN ANTONIO - CLL SIERRA E ESQUINAS
E2	396	1°40'19.7 "	78°8'31.9"	1.57	15			2009	1	DIA	6	969	972	EL PASO GRANDE - RIO TELEMBI
	397	1°40'21.1 "	78°8'30"	0.5	40			2009	1	DIA	7	980	983	EL PASO
	398	1°40'22.1 "	78°8'28"	2.1	70			2009	1	DIA	8	984	989	CALLE CAUCA

		"													- RIO TELEMBI
399	1°40'21.2 "	78°8'25.4"	0.74	100			2009	1	DIA	9	994	1001		CALLE DEL COMERCIO	
400	1°40'21.2 "	78°8'23.8"	1.3	180			2009	1	DIA	10	100 2	1009		CALLE BARRAGAN	
401	1°40'26.3 "	78°8'22.2"	2.57	80			2009	1	DIA	11	102 2	1028		BARRIO GUAYABAL	
402	1°40'28.4 "	78°8'19.8"	0.83	80			2009	1	DIA	12	103 3	1044		B. KILINDE - ESCUELA IE LUIS IRIZAR SALAZAR Sede N.7	
403	1°40'28.2 "	78°8'18.4"	0	90			2009	1	DIA	13	104 5	1048		B. KILLINDE	
404	1°40'30.8 "	78°8'17.1"	1.86	20			2009	1	DIA	14	105 3	1058		BRISAS	
405	1°40'33.1 "	78°8'11"	1.5	5			2009	1	DIA	15	106 7	1071		BRISAS	



Figura 65. Áreas Inundadas río Telembí cabecera municipal de Barbacoas

Dentro de la información secundaria para el municipio se pudo obtener un registro fotográfico de las orillas del río Telembí en ellas se muestra los niveles alcanzados por el evento del 2009 que comparada con una imagen tomada en este estudio se aprecia la magnitud del evento y que corresponde al mes de febrero del 2009 fecha en la cual la estación Altaquer ubicada en el municipio reporta 125 mm de precipitación en un día y que supera el promedio mensual reportado para la misma zona.



Figura 66. Marca Histórica de Inundación evento de febrero de 2009 río Telembí cabecera municipal de Barbacoas.

– **Análisis de vivienda asentadas en zonas susceptibles a inundación**

El área urbana de BARBACOAS se desarrolla de forma longitudinal sobre la vía principal de acceso y concentrada en los valles del ríos Telembí y Guagüí. La mayoría de las manzanas son irregulares y en las áreas nuevas están en proceso de conformación debido a las condiciones topográficas de colinas de medianas

pendientes, y la forma orgánica de los cursos de agua. La plaza Mosquera y la Iglesia constituyen los principales hitos urbanos, alrededor de los cuales se concentra la mayor parte de los equipamientos sociales del Municipio. Dentro de la interpretación de marcas históricas se encuentra que 3.32 hectáreas corresponden a zonas con algún tipo de afectación y de los cuales 167 pertenecen a un uso residencial.

Según la Secretaria de Planeación Municipal los materiales predominantes de las viviendas rurales son 2% de cemento y 98% de madera, y en zona urbana es de 20% de cemento y 80% de madera.



Figura 67. Vivinedas típicas cabecera municipal de Barbacoas

En la cabecera municipal la vivienda se caracteriza por la tipología de construcciones tradicionales de madera de un piso y elevadas del terreno por las condiciones climáticas, se presentan construcciones modernas de 1 a 3 pisos en mampostería y concreto, localizadas especialmente en los alrededores de la plaza Mosquera y sobre la calle comercial. Está implantada en terrenos de pendientes

medias, en manzanas que no presentan un trazado urbano definido. Las dimensiones de los predios se ven condicionadas por la topografía y por las corrientes de agua que los atraviesan. Las construcciones se realizan espontáneamente, con la constante invasión del espacio público, sin especificaciones de voladizos, alturas, paramentos, ni cesiones.

Existen zonas que se encuentran asentadas sobre terrenos casi planos en el casco urbano del Municipio, donde se dan constantemente desbordamientos de los ríos Telembí y Guagüí. Están ubicadas en zona de amenaza alta, la cual no cumplen con el código 2811 de 1.774 de protección de medio ambiente en el cual los asentamientos deben estar a 30mt de la ronda hídrica. Se identificaron en el municipio las siguientes zonas susceptibles a inundación:

La zona comprendida a lo largo de la ribera de los Ríos Telembí y Guagüí. Dichas edificaciones no presenta posibilidades de mitigación alguna, por lo cual es necesario proyectar la reubicación de los asentamientos humanos localizados en esta área.



Figura 68. Vivinedas típicas ribera del río Telembí cabecera municipal de Barbacoas

De acuerdo a información suministrada por el CLOPAD, las siguientes zonas fueron las más fuertemente afectadas por las inundaciones:

Barrio San Antonio: La tipología de las viviendas son de 1 y 2 pisos, construidas en madera, ladrillo y concreto. Zona de uso residencial.



Figura 69. Vivinedas típicas barrio San Antonio cabecera municipal de Barbacoas

Barrio Bajito: Esta zona se encuentra asentada en terreno plano lo que la hace susceptible a inundaciones constantes. Se requiere la reubicación inmediata.



Figura 70. Vivinedas típicas barrio Bajito cabecera municipal de Barbacoas

Barrio Paso Grande: La tipología de las viviendas de 2 y 3 pisos, construidas en material como concreto y madera, zona de comercio. Presenta constantes inundaciones durante el año por estar ubicada a pocos pasos del rio Candelillas.



Figura 71. Vivinedas típicas barrio Paso Grande cabecera municipal de Barbacoas

Barrio Guayabal: Las viviendas son de 1 y 2 pisos, de uso residencial principalmente. Por tener una topografía plana es susceptible a inundación, la marca histórica en este sector registró la altura del agua en 2.60mt en la inundación del 2009.



Figura 72. Vivinedas típicas barrio Guayabal cabecera municipal de Barbacoas

Calle Cauca: Presenta uso comercial de electrodomésticos, peluquerías, tiendas de ropa etc. El material predominante es el concreto y la madera. Edificaciones de 1, 2 y 3 pisos. Estructuras en mal estado debido a las constantes inundaciones.



Figura 73. Vivinedas típicas calle Cauca cabecera municipal de Barbacoas

Barrio Brisas: La tipología de las viviendas es de 1 y 2 pisos, zona ubicada a la ribera del río, en terreno plano y con materiales precarios como la madera en la mayoría de los casos, por tal razón se hace necesario la reubicación de los asentamientos humanos.



Figura 74. Vivinedas típicas barrio Brisas cabecera municipal de Barbacoas

– **Análisis de infraestructura en zonas susceptibles a inundación**

La infraestructura en el Municipio de Barbacoas fue afectada tanto por el río Telembí como por el río Guagüi generando pérdidas económicas de gran consideración. A continuación se muestra la infraestructura afectada por la ola invernal 2010 – 2011.

- Ante las inundaciones continuas del río Guagui sobre la escuela OAPC, las autoridades del municipio decidieron reubicar la escuela a un sector más seguro para evitar el colapso de la estructura y preservar las vidas



Figura 75. Infraestructura escuela OAPC cabecera municipal de Barbacoas.

- Vía se encuentra construida en pavimento rígido el cual disipa sus cargas en la placa de concreto y transmitiendo un mínimo a la subestructura, la pasada ola invernal 2010 – 2011 genero represamientos en ella debido a la falta de drenajes en la zona, debilitando las capas inferiores a la superficie de rodadura como lo son la sub base y la base respectivamente, con los apoyos debilitados esta placa de concreto al no tener acero de refuerzo que

es el que le da resistencia a la flexión, la placa falla formando grietas que con el tiempo llevan a la pérdida total de su superficie, generando en la comunidad inconformidad debido a que el tránsito por ella resulta mucho más complicado.



Figura 76. Infraestructura vía cabecera municipal de Barbacoas.

- Las continuas inundaciones causadas por la ola invernal 2010 – 2011 han generado arrastre de material provocando que la tubería de agua potable salga a la intemperie lo cual puede ser de mucho riesgo ya que el aplastamiento de esta tubería podría generar una ruptura dejando sin este vital servicio a una gran parte de la comunidad o también pueden ocurrir filtraciones de sustancias contaminantes que pueden afectar la integridad de los habitantes que se satisfacen de esta línea de conducción, por tanto es recomendable rellenar esta zona con un material adecuado con el fin de evitar que la tubería se afecte.



Figura 77. Infraestructura tuberías cabecera municipal de Barbacoas.

- La casa Campesina es un sitio de afluencia masiva, el cual está construido en un sistema estructural aporticado, a través de los años este sitio publico ha sido atacado por la humedad, pero con la pasada ola invernal 2010 – 2011 este proceso se acelero considerablemente provocando humedad en casi un 80% de la edificación, dicha humedad puede ocasionar deterioro en los elementos estructurales generando una disminución de la resistencia a compresión y flexión, debido a procesos como la corrosión del acero, lo cual llevaría al colapso inminente de la estructura de la estructura.



Figura 78. Infraestructura Casa Campesina cabecera municipal de Barbacoas.

ZONA ANDINA

En la zona andina de departamento de Nariño los municipios más afectados por la ola invernal 2010 – 2011 se encuentran: Pasto, Buesaco, Albán, San Bernardo, San Pablo, Mallama (Vereda el Guabo) y el corregimiento El Encano que pertenece al Municipio de Pasto.

Los municipios ya mencionados hacen parte del presente estudio de susceptibilidad por eventos de inundación que ha sido desarrollado, el cual incluye el relevamiento de marcas históricas y el análisis de afectación de viviendas e infraestructura por inundación.

Dentro del análisis de susceptibilidad por inundación se consideraron municipios que hacen parte de 2 subregiones del departamento: Norte y centro.

La Subregión Norte, está integrada por 17 municipios: Albán, Arboleda, Belén, Buesaco, Colón-Génova, El Tablón de Gómez, El Rosario, La Cruz, La Unión, Leiva, Los Andes, Policarpa, San Bernardo, San Lorenzo, San Pablo, San Pedro de Cartago y Taminango.

Esta zona abarca el 14.7 % del territorio el departamento con una superficie de 4949 kilómetros cuadrados, de los cuales el 47 % se ubica en el piso térmico templado, el 30 % en el piso térmico frío y el 18 % en el cálido y su temperatura media es de 19 grados centígrados. Su población comprende el 16.5% del total del departamento, con 247.625 mil habitantes según el censo DANE 2005, de los cuales el 76 % viven en el sector rural. El índice de NBI es del 67.8 %, esta es la subregión cafetera de Nariño con una producción aproximada de 21 mil toneladas por año.

En la Subregión centro se encuentran 18 municipios: Ancuya, Consacá, Chachagüí, El Tambo, El Peñol, Guaitarilla, La Llanada, La Florida, Linares, Mallama, Nariño, Providencia, Ricaurte, Samaniego, Sandoná, Santacruz, Tangua y Yacuanquer. Abarca el 18.5 % del territorio el departamento con una superficie de 6211 kilómetros cuadrados, de los cuales el 50 % se ubica en el piso térmico templado, el 32 % en el piso térmico frío y el 12 % en el cálido. Su temperatura media es de 17 grados centígrados. Su población comprende el 16.11% del total del departamento, con 241.661 mil habitantes según el censo DANE 2005, de los cuales el 4 % es indígena y el 70 % viven en el sector rural. El índice de NBI es del 69 %. Las actividades económicas de mayor importancia son la agricultura, la ganadería, la minería y el comercio. Los principales cultivos son caña panelera, maíz, cebada, trigo, papa y plátano. Se explotan minas de oro y plata. De la subregión centro se hace énfasis en el municipio de Mallama y de manera específica en la vereda el Guabo de a cuerdo a su grado de afectación.

Cabe destacar que para la subregión centro se le da gran relevancia al municipio de Pasto por ser la capital del departamento y que ha tenido altos grados de afectación y además representa una población de 383.846 habitantes (35 % de la población total de Nariño), de los cuales 312.759 se encuentran en la ciudad y 71.087 en la parte rural. A esta zona pertenecen 160 localidades de las 2.884 que tiene el Departamento (Ver Cuadro 2). Las actividades económicas de mayor importancia son la venta de servicios, la agricultura, la ganadería y el comercio. El índice de NBI del municipio de Pasto es de 26.6%. De la subregión Pasto se hace énfasis en el Corregimiento El Encano.

1.1.1 Municipio San Bernardo-Río Quiña.

La población de San Bernardo se distribuye en el casco urbano un total de 2.544 habitantes que representan el 23% de la población, en el sector rural habitan 8.325 personas que corresponde al 77% de la población total.

Se encuentra ubicado a 77 kilómetros al noreste de la capital del Departamento de Nariño, se localiza a 1° 30' 00" de latitud norte y a 72° 02' 00" de longitud occidental, limitando por el norte con Belén y La Cruz, por el sur con Albán, por el oriente con La Cruz y el Tablón y por el occidente con Albán y San Pedro de Cartago. Se encuentra a una altura de 2.100 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media es de 18 grados centígrados, la precipitación media anual 1.999 milímetros y el área municipal 70 kilómetros cuadrados. La mayor parte de su territorio es montañoso, en donde también se encuentran algunas zonas planas o ligeramente onduladas, destacándose como accidentes orográficos el Volcán Doña Juana, el Cerro de Chimayoy, Las Cuchillas de Aguacillas, La Línea y Cuambial; este territorio está comprendido en piso térmico frío.

Los habitantes de San Bernardo basan su economía en la agricultura y la ganadería, obteniendo como productos principales fique 500 Ha, maíz 370 Ha, café 257 Ha, fríjol 25 Ha, arveja 20 Ha; Platano 994 Ha; en el sector ganadero cuenta con 711 cabezas de ganado bovino de las cuales 290 producen un promedio de 2.030 litros de leche diarios.

La cabecera municipal es San Bernardo y hacen parte de este municipio los corregimientos de La Vega y San Bernardo especial y 26 veredas entre las cuales están: La Florida, Los Arboles, Pueblo Viejo, Pindal Alto, Pindal Bajo, San Antonio Alto, San Antonio Bajo, La Playa, Buenavista, Aguacillas, La Mina, La Esmeralda, Sabaneta y La Primavera.

El municipio de San Bernardo cuenta con tres subcuencas distribuidas así:

- Subcuenca La Estancia o Quiña: Unidad de manejo hídrico la Estancia que tiene una extensión aproximada de 4.59 km², que equivale al 5.03% del total del municipio (datos según cartografía POT año 2000).
- Subcuenca de San Bernardo: Quebradas: La Mina, Don Sablón, El Rollo, Cueva de la Vieja, La Providencia, Hueco Hondo. Unidad de manejo hídrico: El Pailón y Sanjón del hueco. Es la más extensa del municipio con 45.36% km² que representa el 49.67% del área territorial.
- Subcuenca Peñas Blancas: Quebradas: Aguacillas, Véngala, La Ensenada, La Rusia. La extensión territorial de esta unidad hídrica es de 41.37 km² el 45.30% del total del municipio(Plan de Desarrollo municipio de San Bernardo, 2004)

– **Identificación de marcas históricas**

El día 19 de Noviembre de 2011, se realizó la visita al municipio de San Bernardo - Casco urbano, la reunión se llevó a cabo en las instalaciones de la Defensa Civil con el Señor Álvaro Adarme Ordoñez, voluntario de los organismos de socorro que conforman el Comité Local de Prevención y Atención de Desastres del municipio. Se acudió a la Defensa Civil debido a que el Coordinador del CLOPAD por motivos de capacitación no se encontraba en el municipio y con base en lo mencionado anteriormente, en la administración municipal no se encontró información secundaria disponible para efectos de trabajo, teniendo en cuenta que el municipio cuenta con Plan Local de Emergencia y Contingencia, según información suministrada por el voluntario de la Defensa Civil.

Después de efectuar el recorrido por el municipio de San Bernardo – casco urbano y sectores aledaños e identificar los puntos de alto riesgo como se muestra en la figura, y se resaltó en marcas de inundación de dos eventos durante la pasada ola invernal 2011, de acuerdo con los impactos generados en la población.

De acuerdo con el recorrido de inspección realizado en campo, se logró identificar que los sectores más afectados en el casco urbano son: La Playa, San Roque y sector centro y en el sector rural cercano al casco urbano están los sectores: la vega, primavera y pueblo viejo, con un total de 36.876 hectáreas. Los sectores mencionados están localizados en zona de amenaza alta debido a la ubicación cercana de la población a las riberas de las quebradas: La Mina, Cueva de la Vieja, El Pailón, El Rollo y el río Quiña, que toma este nombre en el sector de la Playa donde se unen las quebradas mencionadas anteriormente, que pueden incrementar los niveles de caudal, sobre todo en períodos de fuertes precipitaciones causando desbordamiento de ríos y quebradas como se presenta en las figuras.



Figura 79. Marca histórica de inundación aguas arriba Quebrada la Mina, sector La Vega municipio de San Bernardo



Figura 80. Marca histórica de inundación aguas arriba Río Quiña sector La Playa municipio de San Bernardo

Una vez identificadas las zonas inundadas, se procedió a recorrer sus orillas, cuando fue viable, de lo contrario se realizó el registro de ubicación y la medición de altura de las marcas de agua en el momento de la inundación al borde de carretera. En la siguiente tabla se hace una relación de las marcas registradas por inundación, junto a la metodología empleada para cada uno de los eventos.

Tabla 22. Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas de inundación municipio San Bernardo

EVENTO	N° DE PUNTOS	FECHA DEL EVENTO			METODOLOGIA	CARACTERIZACION
		Día	Mes	Año		
1	5	21	04	2011	Visita de campo a la zona de estudio, georeferenciación insitu del evento, entrevista con personal CLOPAD, relevamiento de marcas históricas. Medidas desde la base de cada infraestructura en cuanto a Inundación.	infraestructura (viviendas, predios de finca, y obras de mitigación,)
2	3	10	11	2011	Visita de campo a la zona de estudio, georeferenciación insitu del evento, entrevista con personal CLOPAD, relevamiento de marcas históricas. Medidas desde la base de cada infraestructura en cuanto a Inundación.	Infraestructura (viviendas, Puente San Roque, puente quebrada El Rollo e Institución Educativa)

La tabla anterior, esquematiza el registro realizado en campo para el municipio de San Bernardo, en el cual se realiza la caracterización de los puntos que registran evidencias físicas de afectación por inundación de eventos con marcas históricas.

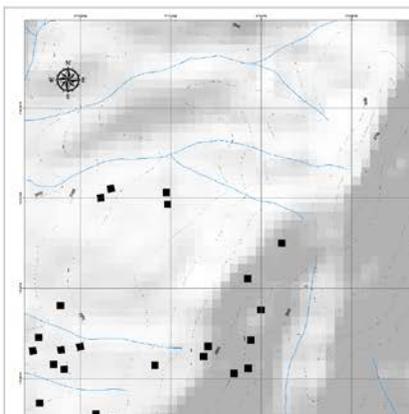


Figura 81. Áreas inundadas río Quiña municipio de San Bernardo

– **Análisis de viviendas asentadas en zonas susceptibles a inundación.**

El casco urbano del municipio de San Bernardo se desarrolla sobre el margen derecha de la quebrada San Bernardo, que toma el nombre de río Quiña aguas abajo. La cuenca de este río es la más extensa del municipio con 45.36% km² que representa el 49.67% del área territorial; es una región densamente poblada y de un gran potencial agropecuario. Los eventos de mayor relevancia en cuanto a inundaciones son los presentados en los meses de abril y noviembre de 2011, que afectaron en los sectores veredales de la Mina, Primavera, Pueblo Viejo y en el casco urbano los sectores de la Playa, San Roque y centro.

La tipología de las viviendas en su gran mayoría son de 1 y 2 pisos, de uso residencial, los materiales predominantes en las edificaciones son: adobe, concreto y ladrillo, como se indica en la siguiente figura.



Figura 82. Tipología de Viviendas cabecera municipal de San Bernardo.

Las viviendas de los sectores rurales La Mina y Pueblo viejo no han sido afectadas por inundación, ya que su ubicación esta a una distancia entre 20 y 30 metros, caso contrario en el sector urbano donde en noviembre de 2011, la Quebrada El Rollo ubicada en la parte alta de la cabecera municipal, en la vía que conduce a la

vereda la Florida, presentó desbordamiento y ocasionó inundación a viviendas y a la Institución Educativa José Antonio Galán, ubicadas a una distancia de 10 metros sobre el lateral derecho de la ribera de la Quebrada.

Sector La Mina: Se encuentra ubicado en el lateral derecho de la vía que conduce de San Bernardo al municipio de la Cruz. En el sector predominan las viviendas de concreto y adobe, de teja en lamina de zinc y en teja de barro y de acuerdo con la entrevista a la comunidad, en el mes de abril de 2011, se presentó un evento de inundación causado por la Quebrada La Mina originada por un deslizamiento de talud tipo cuchilla sobre la parte alta de la quebrada; a su paso dejó sedimentos de material de arrastre, sobre los predios aledaños a la ribera de la quebrada, mas no afecto la infraestructura de las viviendas, como se observa en la figura.



Figura 83. Estado actual sector vereda La Mina municipio de San Bernardo

Sector Pueblo Viejo: El tipo de vivienda predominante en el sector es de tipo concreto sin embargo algunas viviendas todavía son en material de adobe. En esta zona durante la temporada invernal 2010 – 2011 no ocasiono afectación a viviendas, solamente, subió el nivel de agua hasta 3 metros de altura por encima del nivel permanente, lo que ocasiono arrastre de sedimentos e inundo predios

baldíos como llanura de inundación, que se encuentran aledaños a la ribera de la Quebrada Cueva de la Vieja, las viviendas se encuentran ubicadas al margen derecho de la quebrada, en este punto se unen las quebradas El Pailón y La Mina, como se muestra en la figura.



Figura 84. Estado actual sector pueblo viejo, Unión quebradas La Mina, Cueva Vieja y el Pailón municipio de San Bernardo



Figura 85. Estado actual sector pueblo viejo municipio de San Bernardo

Sector La Playa: Este sector está situado en el noroccidente del casco urbano del municipio, el tipo de vivienda es de concreto y ladrillo, durante la pasada ola invernal 2010 - 2011 en el mes de abril, se presentó un evento de inundación ocasionada por la quebrada San Bernardo o también llamada Rio Quiña, sin dejar infraestructura de viviendas afectadas como se muestra en las figuras.



Figura 86. Estado actual sector la playa municipio de San Bernardo



Figura 87. Estado actual sector río Quiña municipio de San Bernardo

Sector centro: La tipología de vivienda en el sector es de concreto a pesar de que algunas viviendas todavía son en material de adobe. En esta zona durante la temporada invernal 2010 – 2011 ocasionó afectación a viviendas, aledañas al sector por la vía que conduce a la vereda la florida, debido a que la Quebrada El Rollo presentó desbordamiento, por el costado derecho y tomó rumbo por la vía mencionada anteriormente como se muestra en las figuras.



Figura 88. Estado actual viviendas sector centro municipio de San Bernardo



Figura 89. Estado actual institución educativa municipio de San Bernardo

– **Análisis de infraestructura asentadas en zonas susceptibles a inundación.**

La infraestructura en el Municipio de San Bernardo fue afectada tanto por el río Quiña o Quebrada San Bernardo como por las Quebradas: El Rollo, La mina, y Cueva de la Vieja, generando pérdidas económicas de consideración en cuanto a obras de mitigación realizadas para protección. A continuación se muestra por subzonas la infraestructura afectada por la ola invernal 2010 – 2011.

Sub-zona 1: Situada en el Barrio San Roque del casco urbano. En este sector se presentó un evento de crecida de la Quebrada El Rollo el día 10 de Noviembre de 2011, el cual causó deslizamiento del talud por desprendimiento del muro de contención del Puente San Roque y de los muros de contención aledaños al talud, en los dos costados del cauce, generando fisuramiento en la infraestructura del puente y por lo tanto obstrucción de la vía urbana al barrio San Roque para Automotores, como se muestra en la figura.



Figura 90. Estado actual puente San Roque municipio de San Bernardo

Sub-zona 2: Esta subzona comprende desde la salida a la vereda la Florida, sector donde se encuentra ubicada la Planta de Tratamiento de Agua Potable EMPOSAN hasta la Institución Educativa José Antonio Galán ubicada en el sector centro de la cabecera municipal. En esta subzona sucedió un evento de inundación el día 10 de Noviembre de 2011, que ocasionó pérdida de infraestructura de la plancha de concreto tipo puente, ubicada en la vía que conduce a la Florida por donde hace su paso la Quebrada El Rollo, como se presenta en la siguiente figura.



Figura 91. Estado actual Vía vereda la Florida municipio de San Bernardo

De igual modo causó pérdida del muro de contención ubicado sobre el costado lateral derecho del cauce, provocando pérdida de banca en la vía por deslizamiento del talud y como consecuencia de lo anterior, la crecida de la quebrada El Rollo generó inundación en la institución educativa José Antonio Galán y en las viviendas aledañas al sector como se observa en la figura.



Figura 92. Estado actual Perdida de banca y muro de contención- Sector institución Educativa José Antonio Galán municipio de San Bernardo.

Municipio San Pablo-Río Mayo.

El Municipio de San Pablo está ubicado a 123 km. al Norte de San Juan de Pasto en el sector nororiental del Departamento de Nariño (Cuenca del Río Mayo), limita al norte con el Departamento del Cauca (Municipio de Bolívar), al occidente con el Departamento del Cauca (Municipio de Florencia); con el Municipio de La Unión en el departamento de Nariño, al oriente con el Departamento del Cauca (Municipio de Bolívar) y al sur con los Municipios de Colón, Génova y La Cruz en el departamento de Nariño. Cuenta con un área total de 113,71 km² (11.371 Has), que va desde los 1.400 hasta 3.350 m.s.n.m. comprendiendo los pisos térmicos medio y frío cuya temperatura oscila entre 18°C y 10°C, presenta precipitaciones entre 1.000 y 1.500 mm anuales. La cabecera municipal de este municipio se localiza entre los 5° de latitud norte y a los 73°54' de longitud al oeste de Greenwich a una altitud de 1750 m.s.n.m. Se encuentra sobre una zona en su gran mayoría montañosa, destacándose como accidentes orográficos el cerro Púlpito, el Alto de la Campana y la montaña de Potreros. Estas tierras se

distribuyen en los pisos térmicos templado y frío y la riega el Río Mayo que por su caudal es utilizado en la planta hidroeléctrica que lleva su nombre.

El municipio presenta como divisiones administrativas tradicionales el sector urbano determinado por el perímetro urbano y el sector rural el cual está conformado por cuarenta y siete (47) veredas. En el municipio el corregimiento con mayor extensión es Briceño con 5578.1 hectáreas, un 49.05 % del área, en segundo lugar aparece La Chorrera con 2194.1 hectáreas, correspondiente al 19.29 %, en tercer lugar corregimiento El Chilcal con 2022.37 hectáreas para un 17.78 %; en cuarto lugar el corregimiento de San Pablo Especial, siendo este el de menor tamaño y ocupando 1576.48 hectáreas, correspondiente al 13.86% del área total, en este corregimiento se localiza el casco urbano del municipio. El Casco Urbano Municipal tiene una extensión de 82.26 hectáreas.

Sus 20.864 habitantes dependen económicamente de la agricultura y la ganadería, cultivando principalmente: café 724 Ha, maíz 694 Ha, fique 139 Ha, plátano 99 Ha, frijol 90 Ha, tomate de mesa 32 Ha, lulo 13,5 Ha, yuca 10 Ha.

La red hidrográfica del municipio está comprendida por las cuencas de los Ríos Mayo y Hato Viejo, afluentes del Río Patía cuya hoya pertenece a la vertiente del Pacífico. La cuenca del Río Mayo está conformada por las Microcuencas de las Quebradas La Francia - El Mesón, Las Palmas, Bateros, La Chorrera, La Unidad de Manejo Hídrico del Río Mayo, El Almorzadero, El Purgatorio, y la cuenca del Río Hato Viejo conformada por la microcuenca Las Palmas-Florencia, que suministra agua al municipio de Florencia (Cauca).

– **Identificación de marcas históricas.**

El día 20 de Noviembre de 2011, se realizó la visita al municipio de San Pablo - Casco urbano – Represa Hidromayo, la reunión se llevó a cabo en las instalaciones de la Estación del Cuerpo de Bomberos voluntarios con el Señor José Bernardo Figueroa, Comandante de la estación, y hace parte de los organismos de socorro que conforman el Comité Local de Prevención y Atención de Desastres del municipio. Se acudió a al Cuerpo de Bomberos debido a que no se logró establecer comunicación telefónica con el Coordinador del CLOPAD.

Después se efectuó el recorrido por el municipio de San Pablo – casco urbano y sectores aledaños aguas arriba de la Represa Hidromayo, se identificó los puntos de alto riesgo como se muestra en la siguiente figura, y se resaltó las marcas de inundación de dos eventos durante la pasada ola invernal 2010 - 2011, de acuerdo con los impactos generados en la población.

De acuerdo con el recorrido de inspección realizado en campo, se logró identificar los sectores más afectados en la parte rural aguas arriba de la represa son: Vega Quito y La Cañada y al oriente del casco urbano sobre la margen derecha del río mayo, el sector Playa, ubicada al costado izquierdo de la vía que conduce a Florencia (Cauca). Los sectores mencionados están localizados en zona de amenaza alta debido a la ubicación cercana de la población a la ribera del Rio Mayo que incrementa los niveles de caudal, sobre todo en períodos de fuertes precipitaciones causando crecidas e inundaciones como se muestra en las siguientes figuras.



Figura 93. Marca histórica sector La Cañada municipio de San Pablo.



Figura 94. Marca histórica sector La Vega Quito municipio de San Pablo.

Una vez identificadas las zonas inundadas e inundables, se procedió a recorrer sus orillas, cuando fue factible, de lo contrario se realizó el registro de ubicación y la medición de altura de las marcas de agua en el momento de la inundación al

borde de carretera. En la siguiente tabla se realizó la relación de las marcas registradas por inundación, junto a la metodología empleada para cada uno de los eventos.

Tabla 23. Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas de inundación municipio San Pablo.

EVENTO	N° DE PUNTOS	FECHA DEL EVENTO			METODOLOGIA	CARACTERIZACION
		Día	Mes	Año		
1	1	13	03	2010	Visita de campo a la zona de estudio, georeferenciación insitu del evento, entrevista con personal CLOPAD, relevamiento de marcas históricas. Medidas desde la base de cada infraestructura en cuanto a Inundación.	infraestructura (viviendas, y obras de mitigación,)
2	4			2010	Visita de campo a la zona de estudio, georeferenciación insitu del evento, entrevista con personal CLOPAD, relevamiento de marcas históricas. Medidas desde la base de cada infraestructura en cuanto a Inundación.	Infraestructura (vía a Florencia Cauca y viviendas)
3	2	13	05	2011	Visita de campo a la zona de estudio, georeferenciación insitu del evento, entrevista con personal CLOPAD, relevamiento de marcas históricas. Medidas desde la base de cada infraestructura en cuanto a Inundación	Infraestructura(Puente La Cañada y predios de fincas aledañas)

La tabla anterior esquematiza la caracterización de los puntos que registran evidencias físicas de afectación por inundación de eventos con marcas históricas. En este caso se encontraron dos eventos el primero para el 2010 el cual fue el más fuerte con un total de 13.8 hectáreas afectadas presentando los mayores impactos, el segundo evento y de menor intensidad se registro para el 2011 con una área afectada de 7.716 hectáreas.

– **Análisis de viviendas asentadas en zonas susceptibles a inundación.**

El casco urbano del municipio de San Pablo se desarrolla sobre el costado derecho del Rio Mayo, en este municipio de encuentra localizada la represa Hidromayo aguas abajo, tomada como punto de referencia para la identificación de zonas susceptibles a inundación aguas arriba. Los eventos de mayor relevancia en cuanto a inundaciones son los presentados en los años 2006, 2010 y 2011, que afectaron los sectores veredales: la Cañada y Vega Quito que hacen parte del corregimiento San Pablo Especial y en el casco urbano el sector afectado fue: la Playa parte baja situado en el margen izquierdo de la vía que conduce a Florencia (Cauca).

La tipología de las viviendas en su gran mayoría son de 1 y 2 pisos, de uso residencial, los materiales predominantes en las paredes de la vivienda son el adobe y el bahareque; en menor grado se presentan los prefabricados, la madera, el bloque y el ladrillo como se muestra en la figura.



Figura 96. Tipología de Viviendas cabecera municipal de San Pablo.

En las cubiertas de la vivienda se utilizan preferentemente teja de barro con cielo raso, teja en asbesto y planchas de concreto. Las viviendas ubicadas en el sector rural de la Vega Quito y La cañada no fueron afectadas por la crecida manifestada por estar localizadas a 15 metros de distancia de la ribera del Rio Mayo. En el Casco urbano las viviendas asentadas en el sector La Playa se encuentran afectadas en la parte posterior en cuanto a inestabilidad de taludes por socavamiento de terreno causado por el paso del rio Mayo.

A través de la inspección realizada en el trayecto del municipio de San Pablo, se determinaron como sectores de mayor susceptibilidad a inundación, como los sectores veredales: Vega Quito La Cañada y La Playa. Cabe anotar que de los sectores mencionados anteriormente solamente se evidenció deterioro de viviendas en el sector la Playa.

Sector La Playa: Se encuentra ubicado sobre los dos laterales de la vía que conduce a Florencia (Cauca) donde las viviendas afectadas se localizan al costado izquierdo de la vía y al margen derecho del rio Mayo. En el sector predominan las viviendas de concreto y adobe con cubierta de teja de barro y de acuerdo con la entrevista a la comunidad, en el mes de mayo de 2011, se presentó una crecida que ocasionó deslizamiento de talud que se llevo a su paso parte del terreno de dos viviendas que fueron evacuadas como se observa en las siguientes figuras.



Figura 97. Estado actual viviendas sector vereda La Playa, vista posterior, municipio de San Pablo.



Figura 98. Estado actual viviendas sector vereda vista La Playa, vista anterior, municipio de San Pablo.

– **Análisis de infraestructura asentadas en zonas susceptibles a inundación.**

La infraestructura en el Municipio de Pablo fue afectada en los sectores veredales cercanos al casco urbano, localizados a distancias entre 3 y 4 metros de las riberas del Rio Mayo, generando pérdidas económicas de consideración en cuanto a los predios de fincas arrasados por la corriente del Rio, aledaños al sector y de la infraestructura vial existente cercana al Rio Mayo. A continuación se indica la clasificación que se realizó por subzonas de la infraestructura afectada por la ola invernal 2010 – 2011.

Sub-zona 1: Situada en el sector vereda La Cañada, el día 13 de mayo de 2010, se presentó un evento de crecida, con una altura de 4 metros por encima del nivel de agua permanente, tomada como marca de inundación, que ocasionó la pérdida de infraestructura del puente la Cañada, el cual se encuentra ubicado sobre el rio Mayo y comunica a los municipios de San Pablo y Génova. Hasta el momento la reparación del puente no ha sido efectiva por parte del gobierno local y departamental, esto ha llevado que las comunidades afectadas reparen de manera empírica y temporal el acceso al puente, poniendo en riesgo la integridad de la población, como se observa en la figura.



Figura 99. Estado infraestructura puente La Cañada, municipio de San Pablo.

Sub-zona 2: Localizada en el sector veredal Vega Quito, sobre la margen derecha del rio Mayo y pertenece al corregimiento de San Pablo Especial, esta subzona es llanura de inundación del rio cuando se presentan eventos de crecida. Durante la pasada ola invernal, ocurrieron dos eventos de crecida con una altura de 3 y 4 metros por encima del nivel de agua permanente, tomada como marca de inundación en el mes de mayo de 2010 y 2011, en los cuales se presentó un proceso de socavamiento y como consecuencia hubo arrastre de terrenos, en predios de particulares ubicados a las riberas del Rio, teniendo en cuenta a partir de los eventos mencionados el Rio modifico su cauce, ocupando el espacio de los predios arrasados, como se muestra en las siguientes figuras.



Figura 100. Estado infraestructura predios sector Vega Quito, municipio de San Pablo.



Figura 101. Estado infraestructura predios cercanos ribera del río Mayo, municipio de San Pablo.

Sub-zona 3: Ubicada en el sector veredal la Playa, sobre la vía que comunica al municipio de San Pablo con el Municipio de Florencia (Cauca). Y al costado izquierdo del rio Mayo. En esta subzona se presentó un evento de crecida el día 13 de mayo de 2010, durante la pasada ola invernal, que causó perdida de banca en la vía a Florencia (Cauca) y colapso del sistema de alcantarillado del sector,

debido a socavamiento de terreno por pérdida de cohesión del suelo y desprendimiento de la capa vegetal protectora. Hasta el momento la reparación de la vía y del sistema de alcantarillado, no ha sido efectiva por parte del gobierno local o departamental, colocando en riesgo la población de la zona como se muestra en la figura.



Figura 102. Estado infraestructura sector La Playa vía Florencia, municipio de San Pablo.

2.2.3 Municipio De Pasto (Corregimiento El Encano)-Río El Encano Y Laguna De La Cocha.

Se encuentra ubicado a 27 kilómetros de la capital del Departamento de Nariño, se localiza a $1^{\circ} 08' 00''$ de latitud norte y a $77^{\circ} 09' 00''$ de longitud occidental, limitando por el norte con el municipio de Buesaco y corregimiento de La Laguna. , por el sur con el municipio de Funes y el departamento del Putumayo., por el oriente Con el departamento del Putumayo y por el occidente con los corregimientos de Catambuco, El Socorro y Santa Bárbara.Se encuentra a una altura de 2.820 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media es de 10 grados centígrados.

“El 18 de Abril del 2000 mediante el Decreto 698, Colombia inscribió a la Laguna o

lago Guamués como humedal de importancia internacional dentro del convenio Ramsar siendo el primero con esta calificación en la zona andina”. El corregimiento El Encano cuenta con 19 veredas y una población 10.150 habitantes aproximadamente.

Dependen de la agricultura, la pesca y el turismo, ya que posee un potencial turístico caracterizado por su belleza paisajística y patrimonio ecológico; factores que ubican a este lugar como un sitio representativo del departamento, posicionando el desarrollo turístico como unos de los principales renglones del crecimiento económico.

Hace parte de su hidrografía la cuenca alta del río Guamués que es un potencial hídrico del Municipio con alta intervención antrópica se localiza al oriente del municipio de Pasto y hace parte de la vertiente Amazónica como afluente del Río Putumayo; posee una extensión aproximada de 59.684,9 has, que representa el 53,7% del municipio de Pasto, de las cuales 4.124,10 has corresponden al espejo de agua del lago Guamués o Laguna de la Cocha, en jurisdicción de los corregimientos de El Encano (46.645,0 hectáreas aprox.) y parte del corregimiento de Santa Bárbara (13.039,9 hectáreas).

– **Identificación de marcas históricas**

El día 17 de Noviembre de 2011, se realizó la visita al Corregimiento El Encano – Vereda El Puerto, la reunión se llevo a cabo en las instalaciones de la Corregiduría con el Señor Ricardo Rodríguez Narváez, quien se desempeña como corregidor y hace parte del Comité Local de Prevención y Atención de Desastres del municipio de Pasto al cual pertenece el Corregimiento El Encano. En esta localidad, no se encontró información secundaria disponible para efectos de trabajo, la información fue suministrada de forma verbal por el señor corregidor teniendo en

cuenta que el corregimiento cuenta con Plan Local de Emergencia y Contingencia, pero es aplicado de forma directa por el Municipio de Pasto, para eventos de amenaza y riesgo de la población.

Después se efectuó el recorrido por el Corregimiento El Encano – Vereda El Puerto y se identificó los puntos de alto riesgo como se muestra en la siguiente figura, resaltando marcas de inundación de un evento de la pasada ola invernal 2011.

Los sectores más afectados en el Corregimiento El Encano – Vereda El Puerto, son: la entrada al sector vereda El Puerto, el sector centro y el sector de los muelles 1 y 2. Los sectores mencionados están localizados en zona de amenaza alta debido al ubicación cercana de la población a las riberas de Rio El Encano y de la laguna de La Cocha, Los cuerpos de agua mencionadas anteriormente, incrementan los niveles de caudal, sobre todo en períodos de fuertes precipitaciones causando desbordamiento del río y el aumento del nivel de agua de la Laguna.



Figura 103. Marcas históricas de inundación vereda EL Puerto, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.

Una vez identificadas las zonas inundadas, se procedió a recorrer las orillas del Río El Encano por el lateral izquierdo, cuando fue factible, de lo contrario se realizó el registro de ubicación y la medición de altura de las marcas de agua en el momento de la inundación al borde de carretera. En la siguiente tabla se presenta una relación de las marcas registradas por inundación, junto a la metodología empleada para cada uno de los eventos.

Tabla 24. Resumen de Eventos y punto para la determinación de marcas históricas vereda El Puerto, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.

EVENTO	N° DE PUNTOS	FECHA DEL EVENTO			METODOLOGIA	CARACTERIZACION
		Día	Mes	Año		
1	13		07	2011	Visita de campo a la zona de estudio, georeferenciación insitu del evento, entrevista con personal CLOPAD, relevamiento de marcas históricas. Medidas desde la base de cada infraestructura en cuanto a Inundación.	infraestructura (viviendas, Iglesia, Escuela, Cancha de Fútbol y muelles 1 y 2)

El cuadro anterior se esquematiza el registro realizado en campo en el cual se realiza la caracterización de los puntos que registran evidencias físicas de afectación por inundación de eventos con marcas históricas.

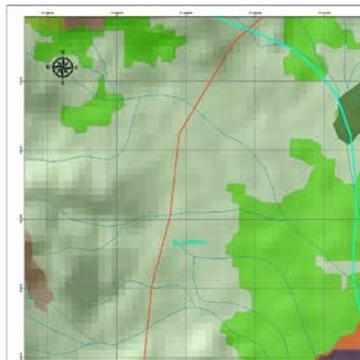


Figura 104. Área Inundada vereda EL Puerto, corregimiento del Encano, municipio de Pasto.

– **Análisis de viviendas asentadas en zonas susceptibles a inundación.**

La vereda el Puerto, hace parte del Corregimiento El Encano, ubicado al oriente del municipio de Pasto. Esta vereda, se desarrolla sobre el margen izquierda del Rio El Encano y sobre el margen derecho de la Laguna de La Cocha o también llamada Lago Guamués. El Encano y específicamente La vereda El Puerto es una región de gran potencial turístico, la cual se vio afectada por la pasada ola invernal, debido que las fuertes precipitaciones en el mes de julio de 2011, que causó desbordamiento del Rio El Encano y de igual forma de la Laguna de La Cocha, con una altura de inundación de 0.70 metros, que ocasiono afectación en la infraestructura de viviendas y Equipamentos del sector como: Escuela, Iglesia, Casa Comunal, Cancha de Futbol y muelles del transporte acuático.

La tipología de las viviendas en su gran mayoría son de 1 y 2 pisos, de uso residencial, los materiales predominantes en las edificaciones son: madera y cubierta en teja de zinc, y están construidas sobre pilotes de helecho como se observa en la siguiente figura.



Figura 105. Tipología de Viviendas vereda EL Puerto, corregimiento del Encano, municipio de Pasto.

Las viviendas han sido afectadas por inundación, ya que su ubicación esta a una distancia entre 1 y 60 metros, aproximadamente de las orillas del Rio El Encano, teniendo en cuenta que en el evento del mes de Julio de 2011 se presentó desbordamiento del rio, convirtiendo a la vereda El Puerto en llanura de inundación en toda su extensión, por lo tanto es una zona de amenaza alta por eventos de inundación.

Sector Veredal El Puerto (Entrada): Se encuentra ubicado en los dos laterales de la vía que conduce al centro de la vereda el Puerto. En el sector predominan las viviendas de madera y cubierta de teja en lamina de zinc y de acuerdo con la entrevista a la comunidad, en el mes de julio de 2011, se presentó un desbordamiento del Rio El Encano, que convirtió todo el puerto en llanura de inundación que afecto la infraestructura de las viviendas, alcanzando una altura de inundación de 0.70 metros, como se observa en la figura.



Figura 106. Estado viviendas vereda el Puerto, Entrada, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.

Sector Centro: Este sector está situado todo comercio de la Vereda el puerto, el cual también fue afectado junto con las viviendas aledañas a la zona.



Figura 107. Estado viviendas vereda el Puerto, sector centro, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.

– **Análisis de infraestructura asentadas en zonas susceptibles a inundación.**

En la vereda el Puerto, la infraestructura que fue afectada tanto por el río El Encano como por el aumento de nivel superficial de la laguna de la Cocha generando pérdidas económicas de consideración en cuanto al sector turístico, del cual depende en su gran mayoría la vereda, y con pérdidas menores en infraestructura de equipamientos, A continuación se muestra por subzonas la infraestructura afectada por la ola invernal 2010 – 2011.

Sub-zona 1: Situada en la entrada del Puerto. En este sector, con el evento presentado en Julio de 2011 se vieron afectados los equipamientos del sector

veredal como: La escuela El Encano, y la Cancha de futbol aledaña a la Institución educativa, como se observa en las siguientes figuras.



Figura 108. Estado infraestructura, escuela El Encano, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.



Figura 109. Estado infraestructura, cancha de futbol, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.

Sub-zona 2: Esta sub-zona comprende el sector centro del puerto donde se encuentra la iglesia, La casa comunal y el muelle fluvial, los cuales fueron afectado con el evento de crecida del rio El Encano y de la Laguna de la cocha, evento que tuvo una altura de 0.15 a 0.30 metros de incremento en el nivel de agua permanente como se presenta a continuación en las figuras.



Figura 110. Estado infraestructura, casa comunal, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.



Figura 111. Estado infraestructura, muelle fluvial, corregimiento El Encano, municipio de Pasto.

2. DELIMITACIÓN DE ZONAS INUNDABLES

El objetivo de este ítem fue la delimitación de zonas inundables en la fuentes hídricas priorizadas por Corponariño tanto en la zona Pacífica como Andina del Departamento, las fuentes seleccionadas fueron: Río Patía en el sector urbano de Bocas de Satinga, Río Telembí en la cabecera municipal de Barbacoas, río Mira en el tramo comprendido entre las poblaciones de Imbilí y Candelillas, Río Pasto en el sector urbano del municipio de Pasto, Río Chapal en el sector urbano del municipio de Pasto y Quebrada Chancos en el área urbana del municipio de Pasto.

Las tareas desarrolladas se realizaron dentro del marco del convenio de cooperación científica y tecnológica No. 206 del 29 de junio del 2011 entre Corponariño y Fundaguiza. Este trabajo se inscribe en forma general en el caso de cuencas con un bajo nivel de información hidrológica. Las tareas efectuadas durante el desarrollo del presente estudio Técnico se inscribieron en dos ítems diferenciados:

- Desarrollo de estudios Hidrológicos sobre las cuencas del río Patía, Telembí, Mira, Pasto, Chapal y Chancos.
- Simulación Hidráulica del Esguerrimiento en los sectores de Bocas de Satinga, Barbacoas, Imbilí-Candelillas y Pasto.

ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio de frecuencia de caudales máximos es uno de los tópicos más estudiados de la Hidrología, dada la necesidad de estimar la probabilidad de

ocurrencia de crecidas para el diseño de obras hidráulicas, la demarcación de zonas inundables para la protección de ciudades, entre otras.

El enfoque clásico del análisis de frecuencia se basa en el empleo de una serie de datos observados de manera sistemática en una sección o punto de interés de un río o una cuenca. Para el adecuado empleo de dicha serie, es necesario verificar en primera instancia el cumplimiento de dos tipos de pruebas de hipótesis: Pruebas de Independencia y Pruebas de Homogeneidad.

Las pruebas de Independencia son utilizadas para demostrar que los valores que conforman la serie son aleatorios. Esta afirmación implica que la probabilidad de ocurrencia de uno cualquiera de ellos no depende de la ocurrencia del o de los valores precedentes, y no afecta de ninguna manera a la probabilidad de ocurrencia de los datos posteriores.

Por su parte las pruebas de Homogeneidad evalúan si todos los valores que conforman la muestra, provienen estadísticamente de una misma población. Para ello es necesario dividir la muestra en dos o más grupos de tamaños iguales (o diferentes), y se comparan los estadísticos de la muestra: media, mediana, varianza, entre otros.

La aceptación de las pruebas de independencia y homogeneidad de la muestra estará dada en función de un nivel de significancia propuesto, el cual es por lo general del 5 %.

3.1.1 Pruebas De Outliers Homogenidad E Independencia

Los valores atípicos de la serie se refiere a la presencia de valores muy grandes o muy pequeños de datos con respecto a los demás. Estos valores pueden tener

estas características ya sea por errores en su captura o porque existió un fenómeno que realmente produjo un dato fuera de lo esperado en la serie.

La metodología utilizada para esta prueba fue la de Datos dudosos de Chow, la cual consistió en un análisis de semejanza entre la serie en estudio con la distribución normal, permitiendo establecer si alguno de los datos se encuentra fuera del rango fijado por la desviación estándar de la serie normalizada.

La prueba de independencia se emplea para comprobar si los datos no están relacionados o asociados entre sí, o sea que sea completamente aleatorios, lo cual es necesario para poder realizar un análisis de frecuencia. Existen numerosas técnicas para definir la independencia de los valores que conforman una determinada serie. La prueba que se le realizó a la serie fue la de Anderson.

Esta prueba hace uso del coeficiente de auto correlación serial r_k^j para diferentes tiempos de retorno k . La expresión para encontrar el coeficiente de auto correlación serial de retraso k , es:

$$r_k^j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j-k} (Q_i^j - \bar{Q}^j)(Q_{i+k}^j - \bar{Q}^j)}{\sum_{i=1}^{n_j} (Q_i^j - \bar{Q}^j)^2}$$

Para $K=1,2,\dots,n_j/3$

Donde:

$$\bar{Q}^j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Q_i^j}{n_j}$$

Además los límites al noventa y cinco por ciento de confianza para r_k^j se pueden obtener

$$r_k^j(95\%) = \frac{-1 \pm \sqrt{(n_j - k - 1)}}{n_j - 1}$$

Si y solo si, el 10% de los valores r_{jk} sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie, es independiente y por lo tanto es una variable que sigue las leyes de la probabilidad.

La homogeneidad de la serie obedece a establecer si las variables que integran una serie de datos pertenecen a una misma población. Para demostrar la homogeneidad de una serie de datos, puede emplearse una o diferentes pruebas de hipótesis. Las pruebas aplicadas a la serie en estudio fueron: Helmert, t de Student y Cramer.

- Prueba estadística de Helmert: Consiste en analizar el signo de las desviaciones de cada evento Q_{ij} de la serie j para $i = 1, 2, \dots, n_j$, con respecto a su valor medio Q_j . si una desviación de un cierto signo es seguida de otra del mismo signo, entonces se dice que se forma una secuencia S , de lo contrario se considera como un cambio C . La serie se considera homogénea si se cumple la siguiente relación:

$$-\sqrt{n_j - 1} \leq (S - C) \leq \sqrt{n_j - 1}$$

Donde:

C : Datos con diferente signo

S : Datos con el mismo signo

n_j : Número total de datos

Los resultados de esta prueba muestran que S-C es -9 y el rango de aceptación para concluir si la serie es o no homogénea ± 6 , por lo cual se puede concluir que la serie es no homogénea (Escalante Sandoval, 2005).

- Prueba estadística t de Student: Si se considera una serie de datos Q_{ij} para $i = 1, 2, \dots, n_j$, tomados en una estación meteorológica, los cuales se divide en dos conjuntos de tamaño $n_1 = n_2 = (n_j/2)$, entonces el estadístico de prueba se define con la expresión:

$$t_d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}}$$

Donde:

$\bar{x}_1 s^2$: son la media y la varianza de la primera parte del registro de tamaño n_1

$\bar{x}_2 s^2$: son la media y la varianza de la segunda parte del registro de tamaño n_2

El valor absoluto de t_d se compara con el valor de la distribución t de Student de dos colas, y con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel $\alpha = 0.05$. Si y solo si, el valor absoluto de t_d es mayor que aquel de la distribución t de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto la serie Q_{ij} se considera no homogénea.

- Prueba estadística de Cramer: Esta prueba se utiliza con el propósito de verificar homogeneidad en el registro Q_{ij} de la serie j para $i = 1, 2, \dots, n_j$, y también para determinar si el valor medio no varía significativamente de un periodo de tiempo a otro. Con este propósito se consideran tres bloques, el

primero, del tamaño total de la muestra n_j ; el segundo del tamaño de n_{60} (60% de los últimos valores de la muestra n_j) y el tercero de tamaño n_{30} (treinta por ciento de los últimos valores de la muestra n_j). La prueba compara el valor de Q_j del registro total con cada una de las medias de los bloques elegidos Q_{j60} y Q_{j30} . Para que se considere la serie analizada como estacionaria en la media, se deberá cumplir que no existe una diferencia significativa entre las medias de los bloques.

$$\bar{Q}^j = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Q_i^j}{n_j}$$

para una sola muestra analizada $j = 1$.

$$S_Q^j = \left[\frac{1}{(n_j - 1)} \sum_{i=1}^{n_j} (Q_i^j - \bar{Q}^j)^2 \right]^{1/2}$$

$$\bar{Q}_{60}^j = \sum_{k=1}^{n_{60}} \frac{Q_k^j}{n_{60}}$$

$$\bar{Q}_{30}^j = \sum_{k=1}^{n_{30}} \frac{Q_k^j}{n_{30}}$$

$$\tau_{60}^j = \frac{\bar{Q}_{60}^j - \bar{Q}^j}{S_{jQ}^j}$$

$$\tau_{30}^j = \frac{\bar{Q}_{30}^j - \bar{Q}^j}{S_{jQ}^j}$$

$$\tau_w = \left[\frac{n_w(n_j - 2)}{n_j - n_w(1 + (\tau_w^j)^2)} \right]^{1/2} |\tau_w^j|$$

El estadístico tW tiene distribución t de Student de dos colas con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel $\alpha = 0.05$. Si y solo si, el valor absoluto de tW para $w =$ sesenta y $w =$ treinta, es mayor que el de la distribución t de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia y por lo tanto la serie Q_{ij} se considera no homogénea (Escalante Sandoval, 2005).

Análisis De Frecuencia

El análisis de frecuencia de los caudales máximos diarios anuales de una muestra Q_i , con $i = 1, 2, \dots, n$, se emplea para proveer la magnitud de un evento QT, de cierto período de retorno T, por medio del ajuste de una distribución de probabilidad, la cual se selecciona como la mejor de un grupo de ellas. (Escalante Sandoval, 2005). El procedimiento empleado en este proyecto fue el siguiente:

- Se ordenaron las series de caudales de mayor a menor.
- Se le asignaron a cada uno de los caudales de las series una distribución de probabilidad empírica, siguiendo la ley de Weibull.
- Para cada una de las series se determinaron los parámetros de ajuste de las siguientes distribuciones de probabilidad: Uniforme, Exponencial de parámetro β Exponencial de parámetros x_0 y β , Generalizada exponencial, Normal, Log normal de 2 parámetros, Log normal de 3

parámetros, Gamma de 2 parámetros, Gamma de 3 parámetros, Generalizada Pareto, Gumbel, General de Valores Extremos (GVE) y Log Pearson tipo III.

- Los parámetros de ajuste de cada una de estas distribuciones de población se obtuvieron según los procedimientos adaptados para cada una de ellas, entre los que se cuentan: Método de Momentos, Máxima Verosimilitud, Máxima Entropía, Momentos L, Momentos de Probabilidad Pesada y Mínimos Cuadrados.

En los párrafos siguientes se presentarán las ecuaciones que conducen a la obtención de los parámetros de ajuste de cada una de las distribuciones de probabilidad empleadas en este Trabajo. Posteriormente se presentarán los ajustes realizados para cada una de las series, y se determinará por medio del Error Estándar de Ajuste, cual distribución es la que mejor representa a cada una de las series estudiadas.

– ***Distribución Uniforme***

La distribución Uniforme presenta las funciones de probabilidad y de probabilidad acumulada, siguientes:

$$f(x) = \frac{1}{|\beta - \alpha|}$$
$$F(x) = \frac{x - \alpha}{\beta - \alpha}$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos y por Máxima Verosimilitud.

Estimadores por Momentos:

$$\hat{\alpha} = \bar{x} - \sqrt{3} \cdot S$$

$$\hat{\beta} = \bar{x} + \sqrt{3} \cdot S$$

Estimadores por Máxima Verosimilitud:

$$\hat{\alpha} = \min(x)$$

$$\hat{\beta} = \max(x)$$

Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$x_T = F(x) \cdot (\beta - \alpha) + \alpha$$

– **Distribución Exponencial (parámetro β)**

La distribución Exponencial con parámetro β presenta las funciones de probabilidad y de probabilidad acumulada, siguientes:

$$f(x) = \beta \cdot e^{-\beta \cdot x}$$

$$F(x) = 1 - e^{-\beta \cdot x}$$

esta función es válida para

$$x > 0$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos y por Máxima Verosimilitud.

Estimadores por Momentos y Máxima Verosimilitud:

$$\hat{\beta} = \frac{1}{x}$$

Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$x_T = -\frac{1}{\beta} \cdot \ln[1 - F(x)]$$

– **Distribución Exponencial (parámetros x_0 y β)**

La distribución Exponencial con parámetros x_0 y β presenta las funciones de probabilidad y de probabilidad acumulada, siguientes:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} \cdot e^{-\left(\frac{x-x_0}{\beta}\right)}$$

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-x_0}{\beta}\right)}$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos y por Máxima Verosimilitud.

Estimadores por Momentos

$$\hat{\beta} = S$$

$$\hat{x}_0 = \bar{x} - S$$

Estimadores por Máxima Verosimilitud:

$$\hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_1)}{(n-1)}$$

$$\hat{x}_0 = x_1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_1)}{(n-1)} \cdot \left(\frac{1}{n}\right) = x_1 - \frac{\hat{\beta}}{n}$$

En estas expresiones:

x_1 : Mínimo valor de la muestra

n: Tamaño de la muestra

Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$x_T = x_0 - \beta \cdot \ln [1 - F(x)]$$

– **Distribución Generalizada Exponencial**

La distribución Generalizada Exponencial presenta las funciones de probabilidad y de probabilidad acumulada, siguientes:

$$f(x) = \alpha \cdot \lambda \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot x})^{\alpha-1} \cdot e^{-\lambda \cdot x}$$

$$F(x) = (1 - e^{-\lambda \cdot x})^\alpha$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos, por Máxima Verosimilitud y por Momentos L.

Estimadores por Momentos

El parámetro se obtiene al resolver:

$$\frac{S}{x} = \frac{\sqrt{\psi'(\alpha+1) - \psi'(\alpha)}}{\psi(\alpha+1) - \psi(\alpha)}$$

el parámetro se obtiene al resolver la expresión:

$$\mu = \frac{1}{\lambda} \cdot [\psi(\alpha+1) - \psi(\alpha)]$$

Estimadores por Máxima Verosimilitud

La función de verosimilitud logarítmica es:

$$LL = n \cdot \ln(\alpha) + n \cdot \ln(\lambda) + (\alpha - 1) \cdot \sum_{i=1}^n \ln(1 - e^{-\lambda \cdot x_i}) - \lambda \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

El sistema a resolver es:

$$\frac{\partial LL}{\partial \alpha} = \frac{n}{\alpha} + \sum_{i=1}^n \ln(1 - e^{-\lambda \cdot x_i}) = 0$$

$$\frac{\partial LL}{\partial \lambda} = \frac{n}{\lambda} \cdot (\alpha - 1) \cdot \sum_{i=1}^n \frac{x_i \cdot e^{-\lambda \cdot x_i}}{(1 - e^{-\lambda \cdot x_i})} - \sum_{i=1}^n x_i = 0$$

Si el parámetro se pone en función del parámetro, se tiene:

$$\hat{\alpha}(\lambda) = \frac{-n}{\sum_{i=1}^n \ln(1 - e^{-\lambda \cdot x_i})}$$

Esta expresión se puede sustituir en la expresión de la función de verosimilitud logarítmica, con lo cual solo es necesario maximizar la misma, para el parámetro.

Estimadores por Momentos L

$$\alpha = \frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{\psi(2 \cdot \alpha + 1) - \psi(\alpha + 1)}{\psi(\alpha + 1) - \psi(1)}$$

$$\hat{\lambda} = \frac{\psi(\hat{\alpha} + 1) + \psi(1)}{\beta_1}$$

En estas expresiones los parámetros $\hat{\mu}_1$ y $\hat{\mu}_2$ son los estimadores de los momentos de probabilidad pesada:

$$P_1 = M_{(1)}$$

$$P_2 = M_{(2)}$$

$$\hat{M}(1) = \frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} x_i \cdot (n-i)$$

$$\hat{M}(2) = \frac{1}{n \cdot (n-1) \cdot (n-2)} \cdot \sum_{i=1}^{n-2} x_i \cdot (n-i) \cdot (n-i-1)$$

Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$\hat{x}_T = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln \left\{ 1 - [F(x)]^{1/\alpha} \right\}$$

– **Distribución Normal**

La distribución Normal presenta las funciones de probabilidad y de probabilidad acumulada, siguientes:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2}$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2} dx$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos, por Máxima Verosimilitud y por Momentos L.

Estimadores por Momentos y Máxima Verosimilitud

$$\mu = \bar{x}$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Estimadores por Momentos L

$$\mu = \lambda_1$$

$$\sigma = 1,772 \cdot \lambda_2$$

Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$x_T = \hat{\mu} + \hat{\sigma} \cdot U_T$$

Donde, para una probabilidad: $0 < F(x) \leq 0,5$:

$$U_T = V - \frac{b_0 + b_1 \cdot V + b_2 \cdot V^2}{1 + b_3 \cdot V + b_4 \cdot V^2 + b_5 \cdot V^3}$$

$$V = \sqrt{\ln \left\{ \frac{1}{[F(x)]^2} \right\}}$$

$$F(x) = 1 - \frac{1}{T}$$

$$b_0 = 2,515517 ; b_1 = 0,802853 ; b_2 = 0,010328 ; b_3 = 1,432788 ; b_4 = 0,189269 ; b_5 = 0,001308$$

para una probabilidad: $0,5 < F(x) \leq 1$ se cambia $F(x)$ por $1-F(x)$ en la expresión de V :

$$V = \sqrt{\ln \left\{ \frac{1}{[1-F(x)]^2} \right\}}$$

y se le cambia el signo al valor obtenido de U_T .

– **Distribución Log Normal de 2 Parámetros**

La distribución Log Normal de dos parámetros presenta la función de probabilidad siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{x \cdot \sigma_y \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x) - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2}$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos y por Máxima Verosimilitud.

Estimadores por Momentos y Máxima Verosimilitud

$$\hat{\mu}_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i)$$

$$\hat{\sigma}_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \mu_y)^2}{n-1}$$

Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$\hat{x}_T = e^{(\hat{\mu}_y + U_T \cdot \hat{\sigma}_y)}$$

– **Distribución Log Normal de 3 Parámetros**

La distribución Log Normal de tres parámetros presenta la función de probabilidad siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0) \cdot \sigma_y \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x - x_0) - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2}$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos y por Máxima Verosimilitud.

Estimadores por Momentos

$$x_0 = \bar{x} \cdot \left(1 - \frac{\hat{n}_x}{\hat{n}_z} \right)$$

$$\hat{n}_x = \frac{S}{\bar{x}}$$

$$w = \frac{(g^2 + 4)^{1/2} - g}{2}$$

$$\hat{n}_z = \frac{1 - w^{2/3}}{w^{1/3}}$$

$$\hat{\mu}_y = \ln \left(\frac{S}{\hat{n}_z} \right) - \frac{1}{2} \cdot \ln(\hat{n}_z^2 + 1)$$

$$\hat{\sigma}_y^2 = [\ln(\hat{n}_z^2 + 1)]^{1/2}$$

Estimadores por Máxima Verosimilitud

$$\hat{\mu}_y = \sum_{i=1}^n \frac{\ln(x_i - x_0)}{n}$$

$$\hat{\sigma}_y^2 = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \cdot [\ln(x_i - x_0) - \hat{\mu}_y]^2$$

El estimador x_0 se obtiene al resolver la expresión:

$$F(\hat{x}_0) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{(x_i - \hat{x}_0)} \cdot (\hat{\mu}_y - \hat{\sigma}_y^2) - \sum_{i=1}^n \left\{ \left[\frac{1}{(x_i - \hat{x}_0)} \right] \cdot \ln(x_i - \hat{x}_0) \right\} = 0$$

Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$X_T = x_0 + e^{(\mu_y + \sigma_y \cdot U_T)}$$

– **Distribución Gamma de 2 Parámetros**

La distribución Gamma de dos parámetros presenta las funciones de probabilidad y probabilidad acumulada, siguientes:

$$f(x) = \frac{x^{\beta-1} \cdot e^{-x/\alpha}}{\alpha^\beta \cdot \Gamma(\beta)}$$

$$F(x) = \int_0^x \frac{x^{\beta-1} \cdot e^{-x/\alpha}}{\alpha^\beta \cdot \Gamma(\beta)} dx$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos, por Máxima Verosimilitud y por Momentos L.

Estimadores por Momentos

$$\hat{\alpha} = \frac{S^2}{x}$$

$$\hat{\beta} = \left(\frac{\bar{x}}{S} \right)^2$$

Estimadores por Máxima Verosimilitud

$$\hat{\alpha} = \frac{\bar{x}}{\hat{\beta}}$$

$$\hat{\beta} = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4}{3} \cdot C}}{4 \cdot C}$$

$$C = \ln(\bar{x}) - \bar{y}$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \ln(x_i)$$

Estimadores por Momentos L

En primer lugar debe determinarse el parámetro P_2 :

$$\tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

las expresiones para P_1 y P_2 han sido presentadas en párrafos precedentes. En función del valor que tome el parámetro τ_2 , se tienen dos situaciones:

Para $0 \leq P_2 < 0,5$:

$$\hat{\beta} = \frac{1 - 0,308 \cdot z}{z - 0,05812 \cdot z^2 + 0,01765 \cdot z^3}$$

$$z = \pi \cdot \tau_2^2$$

Para $0,5 \leq P_2 < 1$:

$$\hat{\beta} = \frac{0,7213 \cdot z - 0,59478 \cdot z^2}{1 - 2,1817 \cdot z + 1,2113 \cdot z^2}$$

$$z = 1 - \tau_2$$

Y en ambos casos:

$$\hat{\alpha} = \frac{\bar{x}}{\hat{\beta}}$$

Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$\hat{x}_T = \hat{\alpha} \cdot \hat{\beta} \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{9 \cdot \hat{\beta}} + \hat{U}_T \cdot \sqrt{\frac{1}{9 \cdot \hat{\beta}}} \right\}^3$$

– Distribución Gamma de 3 Parámetros

La distribución Gamma de tres parámetros presenta las funciones de probabilidad siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{d\Gamma(\beta)} \cdot \left(\frac{x - x_0}{\alpha} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)}$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos y por Máxima Verosimilitud

Estimadores por Momentos

$$\hat{\beta} = \frac{4}{g^2}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{S}{\sqrt{\hat{\beta}}}$$

$$\hat{x}_0 = \bar{x} - S \cdot \sqrt{\hat{\beta}}$$

En estas expresiones el parámetro g es la asimetría no sesgada de la serie

Estimadores por Máxima Verosimilitud

$$\hat{\beta} = \frac{1}{n^2 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_0)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{x_i - \hat{x}_0} \right)} \right)}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_0) - \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{x_i - x_0} \right)}$$

El parámetro x_0 se obtiene al resolver:

$$F(x_0) = \sum_{i=1}^n \ln(x_i - \hat{x}_0) - n \cdot \ln(\hat{\alpha}) - n \cdot \psi(\hat{\beta}) = 0$$

Es posible obtener el valor mediante la expresión siguiente, denominada aproximación de Thom:

$$\psi(\beta) \approx \ln(\hat{\beta}) - \frac{1}{2 \cdot \hat{\beta}} - \frac{1}{12 \cdot \hat{\beta}^2}$$

Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$\hat{x}_T = \hat{x}_0 + \hat{\alpha} \cdot \hat{\beta} \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{9 \cdot \hat{\beta}} + \hat{U}_T \cdot \sqrt{\frac{1}{9 \cdot \hat{\beta}}} \right\}^3$$

– **Distribución Generalizada Pareto**

La distribución Generalizada Pareto presenta las funciones de probabilidad y probabilidad acumulada siguientes:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma} \cdot \left[1 + \frac{\varepsilon \cdot (x - \mu)}{\sigma} \right]^{\left(\frac{-1}{\varepsilon} - 1 \right)}$$

$$F(x) = 1 - \left(1 + \frac{\varepsilon \cdot (x - \mu)}{\sigma} \right)^{-\frac{1}{\varepsilon}}$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos, por Máxima Verosimilitud, por Mínimos Cuadrados y por Momentos de Probabilidad Pesada.

Estimadores por Momentos

Se debe resolver el sistema de ecuaciones siguiente:

$$\bar{x} = \mu + \frac{\sigma}{(1 + \varepsilon)}$$

$$g = \frac{2 \cdot (1 - \varepsilon) \cdot (1 + 2 \cdot \varepsilon)^{\frac{1}{2}}}{1 + 3 \cdot \varepsilon}$$

$$S^2 = \left[\frac{\sigma^2}{(1 + 2 \cdot \varepsilon) \cdot (1 + \varepsilon)^2} \right]$$

Estimadores por Máxima Verosimilitud

$$LL = -n \cdot \ln(\sigma) + \frac{(1 - \varepsilon)}{\varepsilon} \cdot \sum_{i=1}^n \ln \left[1 - \frac{\varepsilon}{\sigma} \cdot (x_i - \mu) \right]$$

Es necesario resolver el sistema de ecuaciones siguiente:

$$\frac{\partial L}{\partial \varepsilon} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln \left[1 - \frac{\varepsilon \cdot (x_i - \mu)}{\sigma} \right]}{\varepsilon^2} + \frac{(1 - \varepsilon) \cdot \sum_{i=1}^n \frac{x_i - \mu}{\sigma \cdot \left[1 - \left(\frac{\varepsilon \cdot (x_i - \mu)}{\sigma} \right) \right]}}{\varepsilon} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \sigma} = \frac{n}{\sigma} + \frac{(1-\varepsilon) \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon \cdot (x_i - \mu)}{\sigma^2 \cdot \left[1 - \left(\frac{\varepsilon \cdot (x_i - \mu)}{\sigma} \right) \right]}}{\varepsilon} = 0$$

$\hat{\mu}$ se toma como el valor más pequeño de la muestra

Estimadores por Mínimos Cuadrados

El sistema a resolver es el siguiente:

$$\varepsilon^2 \cdot \left[\bar{x} \cdot \bar{z}_1 \cdot \bar{z}y - \bar{x} \cdot \bar{z}^2 y - \bar{x}z \cdot \bar{z}_1 \cdot \bar{z}y + \bar{x}z \cdot \bar{z}^2 y - \bar{z} \cdot \bar{x}_1 \cdot \bar{z}^2 y + \bar{x}_1 \cdot \bar{z}^2 y + \bar{z}^2 \cdot \bar{x}_1 \cdot \bar{z}y - \bar{z} \cdot \bar{x}_1 \cdot \bar{z}y \right] - \bar{x}y\bar{z} \cdot \left[\bar{z}^2 - \bar{z} - \bar{z}_1 \cdot \bar{z} + \bar{z}_1 \right] = 0$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\varepsilon \cdot (\bar{x} - \bar{x}z) + \varepsilon \cdot \bar{x}_1 \cdot (\bar{z} - 1)}{(\bar{z}^2 - \bar{z}) - \bar{z}_1 \cdot (\bar{z} - 1)}$$

$$\hat{\mu} = \bar{x}_1 - \left(\frac{\varepsilon}{\mu} \right) \cdot (1 - \bar{z}_1)$$

En estas ecuaciones:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\bar{z} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n z_i$$

$$\bar{z}^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n z_i^2$$

$$\bar{x}z = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot z_i$$

$$\bar{z}y = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n z_i \cdot y_i$$

$$\bar{z}^2 y = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n z_i^2 \cdot y_i$$

$$\bar{x}y\bar{z} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i \cdot z_i$$

$$z_i = (1 - f_i)^{\varepsilon}$$

$$y_i = \ln(1 - f_i)$$

$$f_i = \frac{i-0,4}{n+0,2} : \text{Llamada: "Posición de Ploteo de Cunnane"}.$$

i : Número de orden de la muestra, ordenada de menor a mayor.

El valor inicial para el proceso de estimación del parámetro $\hat{\mu}$ es:

Cuando la asimetría de la muestra es:

$$g > 0 \rightarrow \mu = 0,3$$

$$g < 0 \rightarrow \mu = 0,6$$

Estimadores por Momentos de Probabilidad Pesada

El sistema a resolver es el siguiente:

$$\hat{\varepsilon} = \frac{n \cdot I_1 + 2 \cdot I_2 \cdot (n-1)}{I_2 \cdot (n-1) - I_1}$$

$$\hat{\sigma} = (1 + \varepsilon) \cdot (2 + \varepsilon) \cdot I_2$$

$$\hat{\mu} = x_1 - \frac{\hat{\sigma}}{n + \hat{\varepsilon}}$$

donde:

$$I_1 = M_0 - x_1$$

$$I_2 = M_0 - 2 \cdot M_1$$

$$M_k = \sum_{i=1}^n (1 - P_i)^k \cdot \frac{x_i}{n}$$

$$P_i = \frac{i - 0,35}{n}$$

x_1 : el elemento más pequeño de la serie. La serie debe estar ordenada de menor a mayor. Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$\hat{x}_T = \left[\left(\frac{1}{1-F(x)} \right)^\varepsilon - 1 \right] \cdot \frac{\sigma}{\varepsilon} + \mu$$

– Distribución Gumbel

La distribución Gumbel presenta las funciones de probabilidad y probabilidad acumulada siguientes:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)} \cdot e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)}}$$

$$F(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\mu}{\alpha}\right)}}$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos, por Máxima Verosimilitud, por Momentos L y por Máxima Entropía.

Estimadores por Momentos

$$\hat{\mu} = \bar{x} - 0,45 \cdot S$$

$$\hat{\alpha} = 0,78 \cdot S$$

Estimadores por Máxima Verosimilitud

$$P = n - \sum_{i=1}^n e^{-y_i}$$

$$R = n - \sum_{i=1}^n y_i + \sum_{i=1}^n y_i \cdot e^{-y_i}$$

$$y_i = \frac{x_i - \mu}{\alpha}$$

Los criterios de convergencia son:

$$\frac{P}{\hat{\alpha}} \cong 0$$

$$-\frac{R}{\hat{\alpha}} \cong 0$$

Los incrementos se calculan como:

$$\partial\mu_j = (1,11 \cdot P_j - 0,26 \cdot R_j) \cdot \frac{\alpha_j}{n}$$

$$\partial\alpha_j = (0,26 \cdot P_j - 0,61 \cdot R_j) \cdot \frac{\alpha_j}{n}$$

A partir de estos incrementos, los nuevos valores se calculan como:

$$\hat{\mu}_{j+1} = \hat{\mu}_j + \partial\mu_j$$

$$\hat{\alpha}_{j+1} = \hat{\alpha}_j + \partial\alpha_j$$

Estimadores por Momentos L

$$\hat{\mu} = \lambda_1 - 0,577216 \cdot \hat{\alpha}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{\lambda_2}{\ln(2)}$$

Estimadores por Máxima Entropía

$$P = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

$$R = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n e^{-y_i}$$

$$y_i = \frac{x_i - \mu}{\alpha}$$

Los criterios de convergencia son:

$$|0,577216 - P| \approx 0$$

$$|1 - R| \approx 0$$

Los incrementos se calculan como:

$$\partial\alpha_j = 0,4228 + P_j + \ln(R_j)$$

$$\partial\mu_j = P_j - 0,577216 \cdot \partial\alpha_j$$

A partir de estos incrementos, los nuevos valores se calculan como:

$$\hat{\mu}_{j+1} = \hat{\mu}_j + \hat{\alpha}_j \cdot \partial\mu_j$$

$$\hat{\alpha}_{j+1} = \hat{\alpha}_j \cdot \partial\alpha_j$$

Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$\hat{x}_T = \hat{\mu} - \hat{\alpha} \cdot \ln \{-\ln [F(x)]\}$$

– **Distribución General de Valores Extremos (GVE)**

La distribución General de Valores Extremos presenta las funciones de probabilidad y probabilidad acumulada siguientes:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \cdot e^{-\left[1 - \left(\frac{x-v}{\alpha}\right) \cdot \beta\right]^{\frac{1}{\beta}}} \cdot \left[1 - \left(\frac{x-v}{\alpha}\right) \cdot \beta\right]^{\frac{1}{\beta}-1}$$

$$F(x) = e^{-\left[1 - \left(\frac{x-v}{\alpha}\right) \cdot \beta\right]^{\frac{1}{\beta}}}$$

La variable reducida de la Función General de Valores Extremos es.

$$y = -\frac{1}{\beta} \cdot \ln \left[1 - \left(\frac{x-v}{\alpha} \right) \cdot \beta \right]$$

Estimadores por Momentos

Para $-11,35 < g < 1,1396$:

$$\hat{\beta} = 0,279434 - 0,333535 \cdot g + 0,048306 \cdot g^2 - 0,023314 \cdot g^3 + 0,00376 \cdot g^4 - 0,000263 \cdot g^5$$

Para $1,14 < g < 18,95$:

$$\hat{\beta} = 0,25031 - 0,29219 \cdot g + 0,075357 \cdot g^2 - 0,010883 \cdot g^3 + 0,000904 \cdot g^4 - 0,000043 \cdot g^5$$

$$\hat{A} = \mu_x + \hat{B} \cdot E[y] = \bar{x} + \hat{B} \cdot E[y]$$

$$\hat{B} = \left[\frac{Var(x)}{Var(y)} \right]^{1/2}$$

$$Var(x) = \sigma_x^2 = S_x^2$$

$$E[y] = \Gamma(1 + \hat{\beta})$$

$$Var(y) = \Gamma(1 + 2 \cdot \hat{\beta}) - \Gamma^2(1 + \hat{\beta})$$

Para $\hat{\beta} < 0$ distribución tipo II:

$$\hat{\alpha} = -\hat{\beta} \cdot \hat{B}$$

$$\hat{v} = \hat{A} + \hat{B}$$

Para $\hat{\beta} > 0$ distribución tipo III:

$$\hat{\alpha} = \hat{\beta} \cdot \hat{B}$$

$$\hat{v} = \hat{A} - \hat{B}$$

Para $\hat{\beta} = 0$ distribución tipo I:

$$\hat{\alpha} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot S = 0,78 \cdot S$$

$$\hat{\nu} = \bar{x} - 0,45 \cdot S$$

Estimadores por Máxima Verosimilitud

A partir de la variable reducida, se tiene el siguiente proceso iterativo:

$$P = n - \sum_{i=1}^n e^{-y_i}$$

$$Q = \sum_{i=1}^n e^{(\beta-1) \cdot y_i} - (1-\beta) \cdot \sum_{i=1}^n e^{\beta \cdot y_i}$$

$$R = n - \sum_{i=1}^n y_i + \sum_{i=1}^n y_i \cdot e^{-y_i}$$

El criterio de convergencia es:

$$-\frac{\delta LL}{\delta \nu} = \frac{Q}{\alpha} = 0$$

$$-\frac{\delta LL}{\delta \alpha} = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{P+Q}{\beta} \right) = 0$$

$$-\frac{\delta LL}{\delta \beta} = \frac{1}{\beta} \left[R - \left(\frac{P+Q}{\beta} \right) \right] = 0$$

Los incrementos se calculan como:

$$\delta_{\nu_j} = -\frac{\alpha_j}{n} \cdot \left\{ b \cdot Q_j + \frac{h \cdot (P_j + Q_j)}{\beta_j} + \frac{f}{\hat{\beta}_j} \cdot \left[R_j - \frac{(P_j + Q_j)}{\beta_j} \right] \right\}$$

$$\delta_{\alpha_j} = -\frac{\alpha_j}{n} \cdot \left\{ h \cdot Q_j + \frac{a \cdot (P_j + Q_j)}{\beta_j} + \frac{gs}{\hat{\beta}_j} \cdot \left[R_j - \frac{(P_j + Q_j)}{\beta_j} \right] \right\}$$

$$\delta_{\beta_j} = -\frac{1}{n} \cdot \left\{ f \cdot Q_j + \frac{gs \cdot (P_j + Q_j)}{\beta_j} + \frac{c}{\hat{\beta}_j} \cdot \left[R_j - \frac{(P_j + Q_j)}{\beta_j} \right] \right\}$$

en estas ecuaciones se tiene:

$$a = 0,661437 - 0,562798 \cdot \hat{\beta} + 0,985803 \cdot \hat{\beta}^2 - 0,059011 \cdot \hat{\beta}^3$$

$$b = 1,235356 - 0,162161 \cdot \hat{\beta} - 0,115137 \cdot \hat{\beta}^2 + 0,009577 \cdot \hat{\beta}^3$$

$$c = 0,4711 - 0,77627 \cdot \hat{\beta} + 0,295825 \cdot \hat{\beta}^2 - 0,009645 \cdot \hat{\beta}^3$$

$$f = 0,244435 - 0,10287 \cdot \hat{\beta} - 0,19583 \cdot \hat{\beta}^2 - 0,016837 \cdot \hat{\beta}^3$$

$$gs = 0,15373 - 0,411923 \cdot \hat{\beta} - 0,479209 \cdot \hat{\beta}^2 - 0,075004 \cdot \hat{\beta}^3$$

$$h = 0,338937 - 1,209555 \cdot \hat{\beta} - 0,109822 \cdot \hat{\beta}^2 - 0,019801 \cdot \hat{\beta}^3$$

Los nuevos valores se calculan como:

$$\hat{v}_{j+1} = \hat{v}_j + \delta_{v_j}$$

$$\hat{\alpha}_{j+1} = \hat{\alpha}_j + \delta_{\alpha_j}$$

$$\hat{\beta}_{j+1} = \hat{\beta}_j + \delta_{\beta_j}$$

Estimadores por Momentos L

$$E = \left\{ \frac{2 \cdot \hat{M}_{(1)} - \hat{M}_{(0)}}{3 \cdot \hat{M}_{(2)} - \hat{M}_{(0)}} \right\} - \left[\frac{\ln(2)}{\ln(3)} \right]$$

$$\hat{\beta} = 7,859 \cdot E + 2,9554 \cdot E^2$$

$$A = \Gamma(1 + \hat{\beta})$$

$$B = 1 - 2^{-\hat{\beta}}$$

$$C = (2 \cdot M_{(1)} - M_{(0)}) \cdot \hat{\beta}$$

$$D = \frac{A-1}{\hat{\beta}}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{C}{A \cdot B}$$

$$\hat{\nu} = M_{(0)} + D \cdot \hat{\alpha}$$

$$\hat{M}(0) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\hat{M}(1) = \frac{1}{n \cdot (n-1)} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} x_i \cdot (n-i)$$

$$\hat{M}(2) = \frac{1}{n \cdot (n-1) \cdot (n-2)} \cdot \sum_{i=1}^{n-2} x_i \cdot (n-i) \cdot (n-i-1)$$

Los eventos de diseño por esta distribución se obtienen mediante la expresión:

$$x_T = \nu + \frac{\alpha}{\beta} \cdot \left\{ 1 - [-\ln(F(x))]^\beta \right\}$$

– **Distribución Log Pearson Tipo III**

La distribución Log Pearson Tipo III presenta la función de probabilidad siguiente:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha \cdot \Gamma(\beta) \cdot x} \cdot \left[\frac{\ln(x) - y_0}{\alpha} \right]^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{\ln(x) - y_0}{\alpha}\right)}$$

Los parámetros de ajuste de esta distribución pueden obtenerse por Momentos: método directo y método indirecto y por Máxima Verosimilitud.

Estimadores por Momentos: Método Directo

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{A+3}$$

$$\mu_r = \sum_{i=1}^n \frac{x_i^r}{n}$$

$$B = \frac{\ln(\hat{\mu}_3) - 3 \cdot \ln(\hat{\mu}_1)}{\ln(\hat{\mu}_2) - 2 \cdot \ln(\hat{\mu}_1)}$$

$$C = \frac{1}{B-3}$$

en función del valor que asuma el parámetro B:

Si $3,5 < B \leq 6$:

$$A = -0,23019 + 1,65262 \cdot C + 0,20911 \cdot C^2 - 0,04557 \cdot C^3$$

Si $3 < B \leq 3,5$:

$$A = -0,45157 + 1,99955 \cdot C$$

En cualquiera de los casos anteriores se tiene:

$$\hat{\beta} = \frac{\ln(\hat{\mu}_2) - 2 \cdot \ln(\hat{\mu}_1)}{\ln(1-\alpha)^2 - \ln(1-2 \cdot \alpha)}$$

$$\hat{y}_0 = \ln(\hat{\mu}_1) + \hat{\beta} \cdot \ln(1 - \hat{\alpha})$$

Estimadores por Momentos: Método Indirecto

$$\hat{\beta} = \frac{4}{g_y^2}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{S_y}{\sqrt{\hat{\beta}}}$$

donde \bar{y}, S_y, g_y son los estadísticos de la serie: $y_i = \ln(x_i)$

Estimadores por Máxima Verosimilitud

$$\hat{\beta} = \frac{1}{1 - \frac{n^2}{\sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \hat{y}_0) \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\ln(x_i) - \hat{y}_0} \right)}}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \hat{y}_0) - \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{\ln(x_i) - \hat{y}_0} \right)}$$

el estimador \hat{y}_0 se obtiene al resolver:

$$F(\hat{y}_0) = \sum_{i=1}^n \ln[\ln(x_i - \hat{y}_0)] - n \cdot \ln(\hat{\alpha}) - n \cdot \psi(\hat{\beta}) = 0$$

Los eventos de diseño para esta distribución se obtienen con la expresión:

$$x_T = e^{\left(Y_0 + \beta \cdot \alpha \cdot \left(1 - \frac{1}{9 \cdot \beta} + U_T \cdot \sqrt{\frac{1}{9 \cdot \beta}} \right)^3 \right)}$$

Selección De Distribuciones

La calidad de los valores de caudal estimados para un cierto periodo de retorno, con distribuciones de probabilidad teórica, está dado principalmente por la comparación de dichos valores estimados con los valores realmente observados o medidos. Para ello es posible utilizar diferentes técnicas denominadas Técnicas o Métodos de Bondad de Ajuste. Entre los diferentes métodos más difundidos se encuentran los de: Chi Cuadrado, Kolmogorov – Smirnov, Papeles probabilísticos y Error Estándar de Ajuste.

Se considera que el mejor de los métodos indicados es el del Error Estándar de Ajuste. Se llega a esta consideración por entender que el mismo considera en la comparación de los valores observados y estimados, el numero de parámetros que se utilizan para ajustar la distribución en prueba.

La Técnica del Error Estándar de Ajuste fue propuesta por Kite, en el año 1988, este planteo un estadístico que permite seleccionar la mejor opción, entre diferentes modelos en competencia, para el ajuste de una muestra de datos Q_i^j para $i = 1, 2, 3, \dots, n_j$, de un sitio j . Este estadístico es conocido como el error estándar de ajuste y se obtiene con la Ecuación:

$$EEA = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (\hat{Q}_t^j - Q_t^j)^2}{n_j - mp} \right)^{\frac{1}{2}}$$

La distribución de mejor ajuste será aquella que proporcione el mínimo valor del estadístico E.E.A. Si una o más distribuciones tienen valores similares del E. E. A, entonces se deberá optar por aquella distribución que tenga el menor número de parámetros.

A continuación se presentan los principales resultados obtenidos en las diferentes casos de estudio.

Río Patía-Bocas de Satinga.

– Información Hidrológica

La información hidrológica presentada contiene: Una serie de caudales medios mensuales con el objeto de definir el año hidrológico en la serie Los Nortes, siendo el periodo seleccionado el comprendido entre los meses de Septiembre-Agosto, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

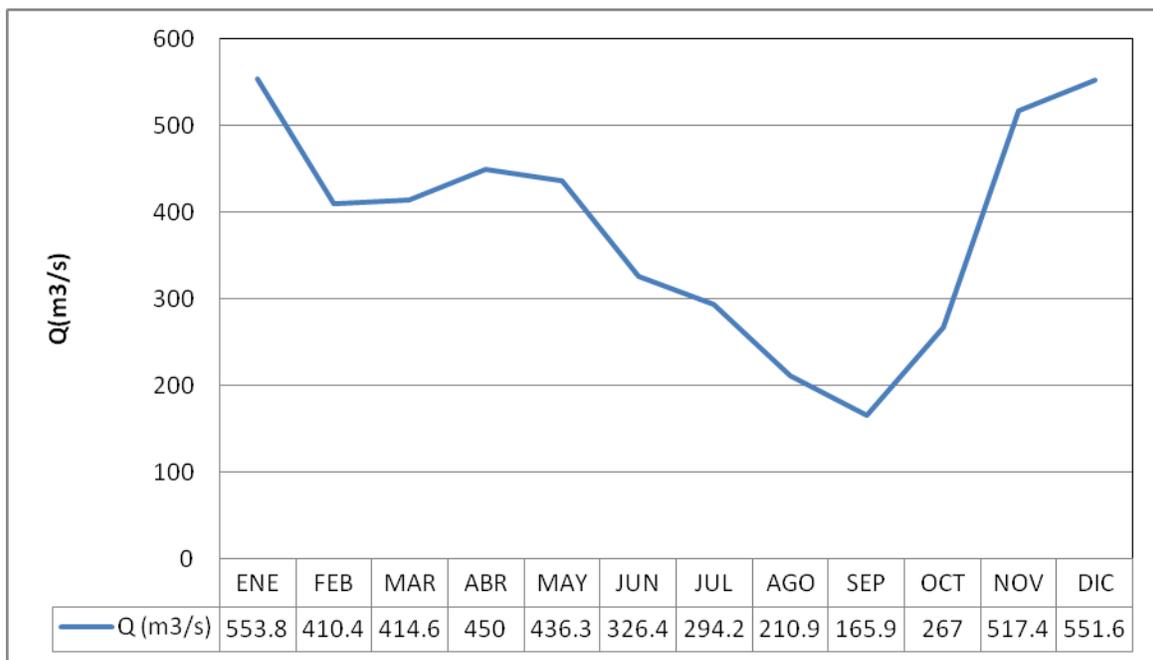


Figura 112. Serie de caudales medios mensuales multianuales estación Los Nortes

La serie de caudales máximos diarios anuales de la estación Los Nortes para el análisis de frecuencia está comprendida entre los años 1985 a 2000, los valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 25. Serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes

Serie de Maximas		
Periodo		Q (m3/s)
1985	1986	1536
1986	1987	1040
1987	1988	1646
1988	1989	2067
1989	1990	1282
1990	1991	724
1991	1992	1490
1992	1993	1080
1993	1994	1930
1994	1995	1395
1995	1996	1264
1996	1997	1695
1997	1998	997
1998	1999	1796
1999	2000	1762

- Análisis de Outliers, Homogeneidad e independendencia.

El análisis de valores atípicos en la serie de máximas dio como resultado que la serie de caudales máximos diarios anuales se ajusta a una distribución normal, ya que los máximos y mínimos del estadístico de la serie se encuentra comprendido entre el rango de la distribución normal para un nivel de significancia del 5%. Ver tabla del estadístico de la serie y tabla de análisis de valores dudosos o atípicos.

Tabla 26. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes.

Promedio	1446.9
Varianza	145612.5
Desvío	381.6
Máximo	2067.0
Mínimo	724.0
Nº de datos	15

Tabla 27. Rango de datos de la distribución normal para la serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes

Datos	Valores Dudosos	
	Alto	Bajo
kn (Tabla)	2.682	2.682
y_H	3.4812	2.8081
Q_H	3028.28	642.79

El análisis de Independencia de la serie dio como resultado que los datos de caudales máximos diarios anuales son independientes para un nivel de significancia del 5 %, tal como se muestra en la siguiente grafica.

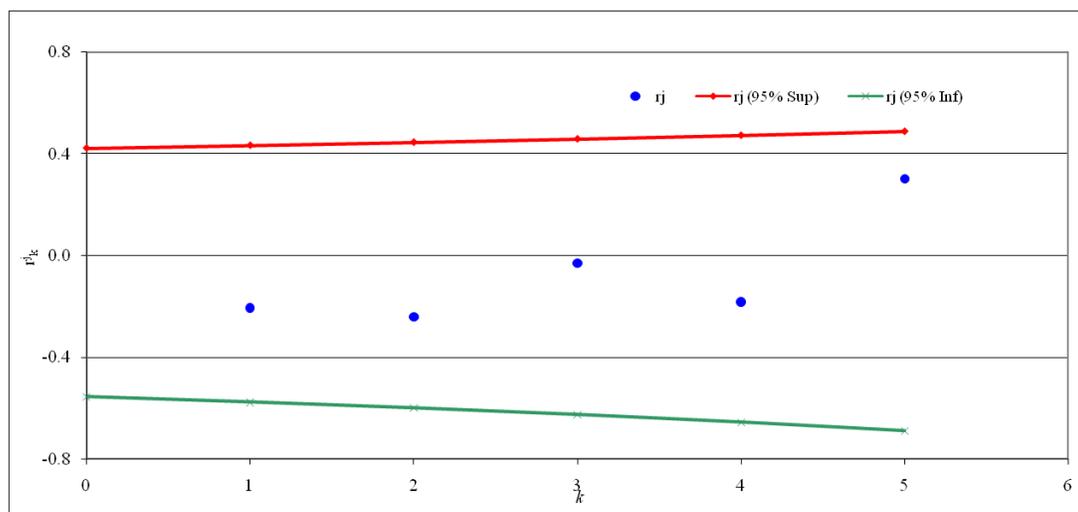


Figura 113. Prueba de independencia de Anderson serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes.

La prueba de homogeneidad de la serie dió como resultado que los datos pertenecen a una misma población, puesto que a pesar de que la prueba de Helmer dió una no homogeneidad de la serie, las pruebas de t de student y Cramer, que son pruebas estadísticamente más robustas, manifiestan una homogeneidad de la serie. Los estadísticos de cada una de las pruebas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 28. Pruebas de homogeneidad de Helmer, t de Student y Cramer de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes.

Prueba de Homogeneidad de Helmer			Prueba t de Student		Prueba de Cramer	
N° de S	N° de C	S - C	Estadístico t:	-0.90	τ_{60}	0.11257
4	10	-6	Grados de Libertad	13	τ_{30}	0.14640
Estadístico:			De tabla: t =	2.1600	t_{60}	0.50189
n	15		El valor absoluto del estadístico t es menor que el valor de tabla de t para 13 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto la serie es Homogénea	t_{30}	0.37528	
$-(nj-1)^{0.5}$	-3.74			De tabla: t = 2.1600		
$+(nj-1)^{0.5}$	3.74			El valor absoluto del t30 es menor que el valor de tabla de t para 13 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5% y t60 es menor por lo tanto la serie es Homogénea		
El estadístico (S - C) NO está comprendido entre $-(nj-1)^{0.5}$ y $+(nj-1)^{0.5}$. Por lo tanto la serie es NO Homogénea						

– Análisis de Frecuencia

La evaluación por medio del método del Error Estándar de Ajuste dió como resultado que la serie de caudales máximos diarios anuales de la estación Los Nortes se ajusto mejor con la distribución de probabilidades Uniforme ajustada por el método de Los Momentos, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 29. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación Los Nortes

Distribución	Método de Ajuste	E.E.A. [m]
Uniforme	Momentos	54.6390
Uniforme	Máxima Verosimilitud	77.2426
Exponencial β	Momentos y M. Verosimilitud	803.2416
Exponencial x_0 y β	Momentos	165.5786
Exponencial x_0 y β	Máxima Verosimilitud	311.9056
Generalizada Exponencial	Máxima Verosimilitud	96.6159
Normal	Momentos L	56.7441
Normal	Momentos y M. Verosimilitud	68.6644
Log Normal 2 parámetros	Momentos y M. Verosimilitud	82.1613
Log Normal 3 parámetros	Momentos	
Log Normal 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	81.4329
Gamma de 2 parámetros	Momentos	84.7302
Gamma de 2 parámetros	Máxima Verosimilitud	81.4070
Gamma de 2 parámetros	Momentos L	74.8599
Gamma de 3 parámetros	Momentos	76.6760
Gamma de 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	81.0578
Gamma de 3 parámetros	Momentos de probabilidad pesada	719.3463
Generalizada Pareto	Momentos	No Converge
Generalizada Pareto	Mínimos Cuadrados	No Converge
Generalizada Pareto	Momentos de probabilidad pesada	No Converge
Gumbel	Momentos	112.4444
Gumbel	Máxima Verosimilitud	94.3236
Gumbel	Momentos L	100.5595
Gumbel	Máxima Entropía	97.4762
General de Valores Extremos	Momentos	No Converge
General de Valores Extremos	Máxima Verosimilitud	No Converge
General de Valores Extremos	Momentos L	78.2118
Log Pearson tipo III	Momentos M. Directo	303.4435
Log Pearson tipo III	Momentos M. Indirecto	127.4349
Log Pearson tipo III	Máxima Verosimilitud	No Converge

El ajuste de la distribución uniforme ajustada por el método de Los Momentos se presenta en la siguiente grafica.

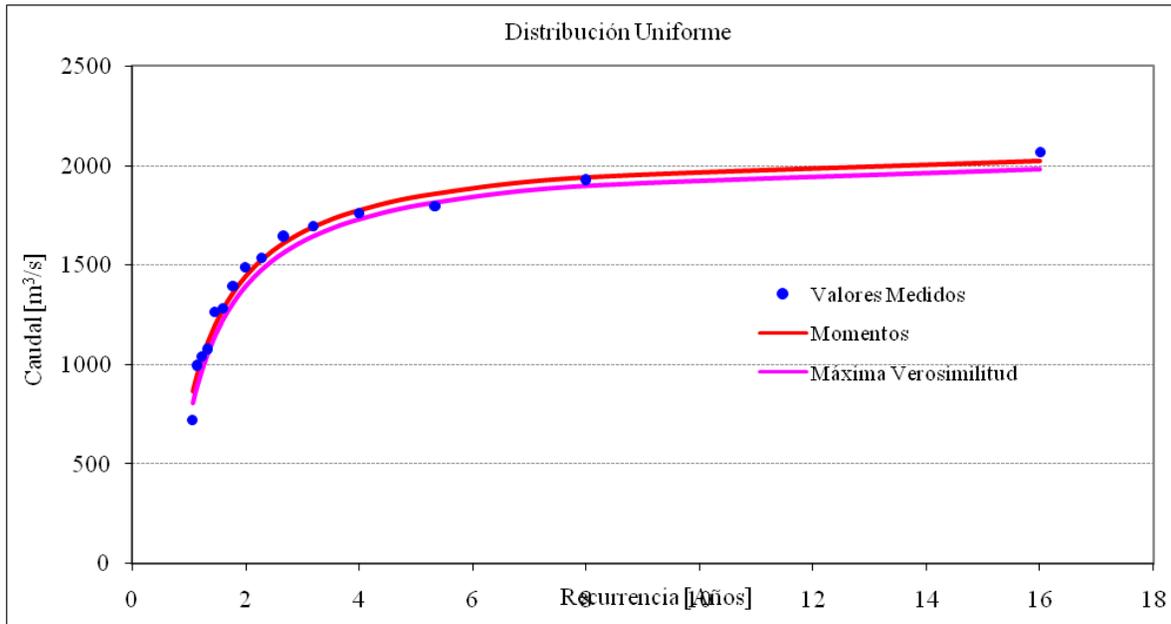


Figura 114. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Los Nortes.

Los caudales máximos diarios anuales para los diferentes tiempos de retorno se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 30. Caudales máximos diarios anuales asociados a diferentes tiempos de retorno estación Los Nortes.

Tiempo de Retorno	Q(m3/s)
2	1447
5	1843
10	1976
20	2042
25	2055
50	2081
100	2095

Teniendo en cuenta que la estación Los Nortes se encuentra ubicada en un sector aguas arriba del tramo en la cual es de interés determinar el caudal a diferentes tiempos de retorno, se procedió a realizar un ajuste en dichos caudales teniendo

en cuenta un factor de área de aporte para cada uno de los tiempos de retorno en estudio. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 31. Caudales máximos diarios anuales asociados a diferentes tiempos de retorno sector Bocas de Satinga.

Tiempo de Retorno	2	5	10	20	25	50	100
Q	1447	1843	1976	2042	2055	2081	2095
Area Estacion (Km2)	13271	13271	13271	13271	13271	13271	13271
Rendimiento (m3/s/km2)	0.109	0.139	0.149	0.154	0.155	0.157	0.158
Area Cuenca (Km2)	21744	21744	21744	21744	21744	21744	21744
Q Diseño	2371	3020	3237	3345	3367	3410	3432

Río Telembí-Cabecera Municipal Barbacoas

– Información Hidrológica

La información hidrológica presentada contiene: Una serie de caudales medios mensuales con el objeto de definir el año hidrológico en la serie Salí, siendo el periodo seleccionado el comprendido entre los meses de Agosto-Julio, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

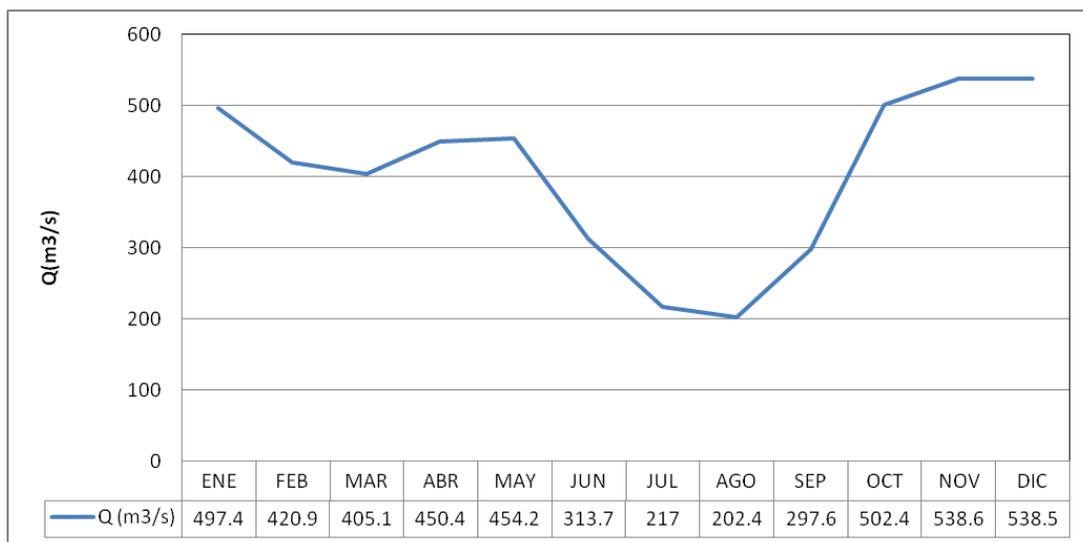


Figura 115. Serie de caudales medios mensuales multianuales estación Salí

La serie de caudales máximos diarios anuales de la estación Salí para el análisis de frecuencia está comprendida entre los años 1981 a 2006, los valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 32. Serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí

Serie de Máximas		
Periodo		Q (m3/s)
1981	1982	3982
1982	1983	3650
1983	1984	3504
1984	1985	3326
1985	1986	2741
1986	1987	3690
1987	1988	4280
1988	1989	3824
1989	1990	2397
1990	1991	3287
1991	1992	3055
1992	1993	2672
1993	1994	2963
1994	1995	3461
1995	1996	4926
1996	1997	4658
1997	1998	3813
1998	1999	3700
1999	2000	4055
2000	2001	3376
2001	2002	3060
2002	2003	2668
2003	2004	3470
2004	2005	4308
2005	2006	3470

- Análisis de Outliers, Homogeneidad e independencia.

El análisis de valores atípicos en la serie de máximas dio como resultado que la serie de caudales máximos diarios anuales se ajusta a una distribución normal, ya que los máximos y mínimos del estadístico de la serie se encuentra comprendido

entre el rango de la distribución normal para un nivel de significancia del 5%. Ver tabla del estadístico de la serie y tabla de análisis de valores dudosos o atípicos.

Tabla 33. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí.

Promedio	3533.4
Varianza	391437.2
Desvío	625.6
Máximo	4926.0
Mínimo	2397.0
Nº de datos	25

Tabla 34. Rango de datos de la distribución normal para la serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí.

Datos	Valores Dudosos	
	Alto	Bajo
kn (Tabla)	2.682	2.682
y_H	3.7495	3.3337
Q_H	5616.89	2156.44

El análisis de Independencia de la serie dio como resultado que los datos de caudales máximos diarios anuales son independientes para un nivel de significancia del 5 %, tal como se muestra en la siguiente grafica.

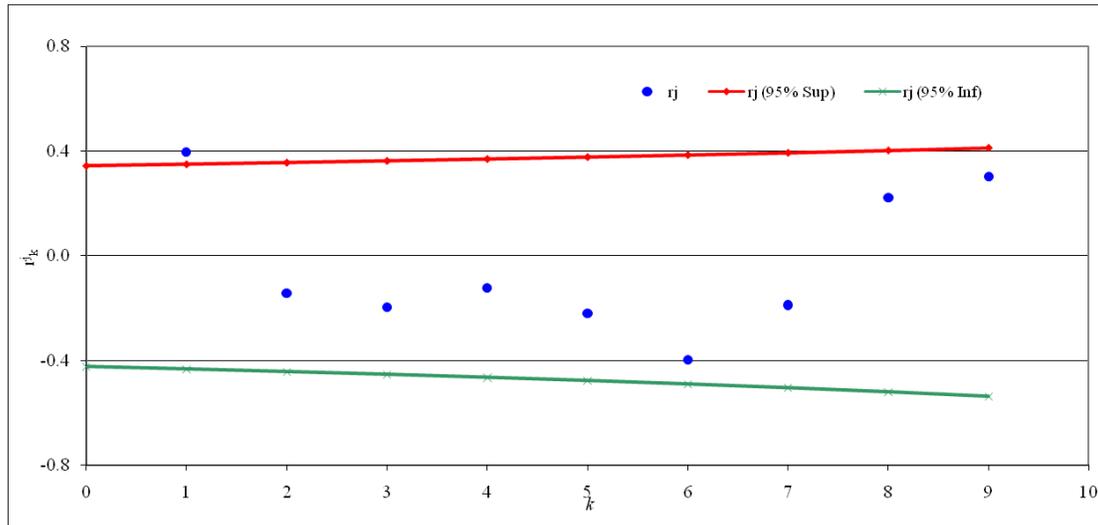


Figura 116. Prueba de independencia de Anderson serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí.

La prueba de homogeneidad de la serie dió como resultado que los datos pertenecen a una misma población, puesto que a pesar de que la prueba de Helmer dió una no homogeneidad de la serie, las pruebas de t de student y Cramer, que son pruebas estadísticamente más robustas, manifiestan una homogeneidad de la serie. Los estadísticos de cada una de las pruebas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla35. Pruebas de homogeneidad de Helmer, t de Student y Cramer de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí.

Prueba de Homogeneidad de Helmer			Prueba t de Student		Prueba de Cramer	
N° de S	N° de C	S - C	Estadístico t:	-1.63	τ_{60}	0.06962
17	7	10	Grados de Libertad	23	τ_{30}	-0.03207
Estadístico:			De tabla: t =	2.0700	t_{60}	0.41044
n	25		El valor absoluto del estadístico t es menor que el valor de tabla de t para 23 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto la serie es Homogénea		t_{30}	0.10554
$-(n_j - 1)^{0.5}$	-4.90				De tabla: t =	2.0700
$+(n_j - 1)^{0.5}$	4.90				El valor absoluto del t30 es menor que el valor de tabla de t para 23 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5% y t60 tambien es menor por lo tanto la serie es Homogénea	
El estadístico (S - C) NO Está comprendido entre $-(n_j - 1)^{0.5}$ y $+(n_j - 1)^{0.5}$. Por lo tanto la serie es NO Homogénea						

– Análisis de Frecuencia

La evaluación por medio del método del Error Estándar de Ajuste dió como resultado que la serie de caudales máximos diarios anuales de la estación Salí se ajusto mejor con la distribución de probabilidades Gumbel ajustada por el método de Máxima Verosimilitud, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 36. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación Salí

Distribución	Método de Ajuste	E.E.A. [m]
Uniforme	Momentos	142.3356
Uniforme	Máxima Verosimilitud	223.1188
Exponencial β	Momentos y M. Verosimilitud	2366.1188
Exponencial x_0 y β	Momentos	204.0867
Exponencial x_0 y β	Máxima Verosimilitud	443.9070
Generalizada Exponencial	Máxima Verosimilitud	92.0988
Normal	Momentos L	111.9257
Normal	Momentos y M. Verosimilitud	117.7449
Log Normal 2 parámetros	Momentos y M. Verosimilitud	107.3567
Log Normal 3 parámetros	Momentos	114.4346
Log Normal 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	121.6095
Gamma de 2 parámetros	Momentos	111.4970
Gamma de 2 parámetros	Máxima Verosimilitud	119.2468
Gamma de 2 parámetros	Momentos L	103.4538
Gamma de 3 parámetros	Momentos	114.1474
Gamma de 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	2284.9345
Gamma de 3 parámetros	Momentos de probabilidad pesada	131.3993
Generalizada Pareto	Momentos	No Converge
Generalizada Pareto	Mínimos Cuadrados	No Converge
Generalizada Pareto	Momentos de probabilidad pesada	No Converge
Gumbel	Momentos	122.0719
Gumbel	Máxima Verosimilitud	91.8427
Gumbel	Momentos L	104.2298
Gumbel	Máxima Entropía	98.5477
General de Valores Extremos	Momentos	No Converge
General de Valores Extremos	Máxima Verosimilitud	103.1549
General de Valores Extremos	Momentos L	88.4504
Log Pearson tipo III	Momentos M. Directo	1583.1828
Log Pearson tipo III	Momentos M. Indirecto	109.5664
Log Pearson tipo III	Máxima Verosimilitud	No Converge

El ajuste de la distribución Gumbel ajustada por el método de Máxima Verosimilitud se presenta en la siguiente grafica.

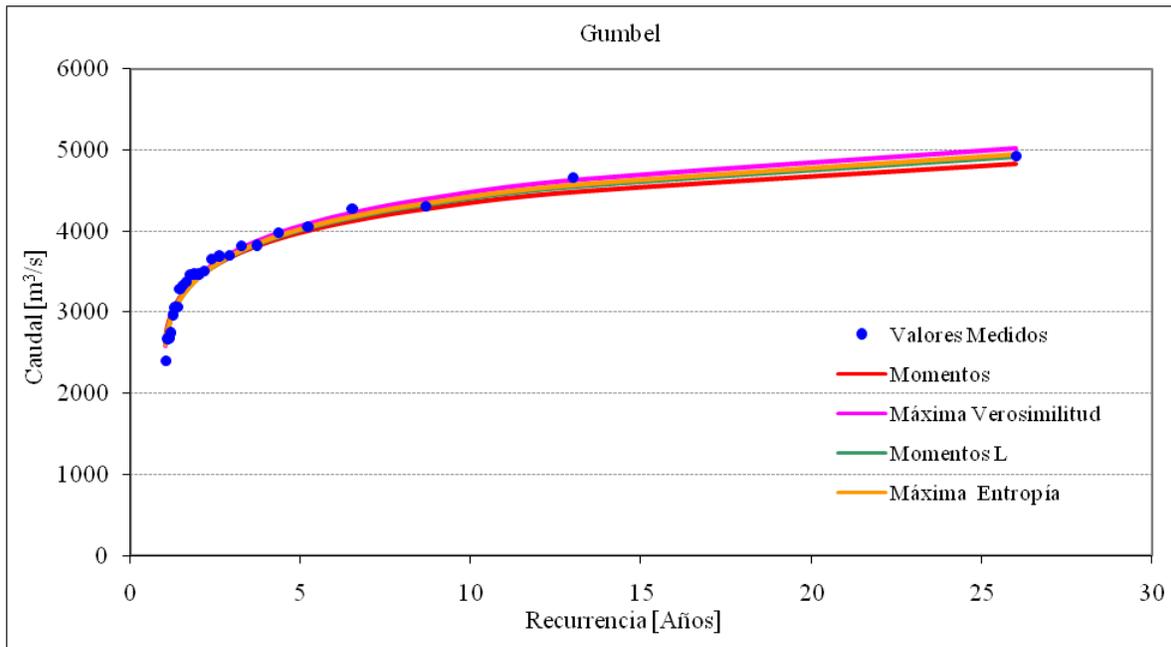


Figura 117. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Salí.

Los caudales máximos diarios anuales para los diferentes tiempos de retorno se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 37. Caudales máximos diarios anuales asociados a diferentes tiempos de retorno estación Salí.

Tiempo de Retorno	Q(m3/s)
2	3437
5	4064
10	4479
20	4877
25	5003
50	5392
100	5778

Teniendo en cuenta que la estación Los Nortes se encuentra ubicada en un sector aguas arriba del tramo en la cual es de interés determinar el caudal a diferentes tiempos de retorno, se procedió a realizar un ajuste en dichos caudales teniendo en cuenta un factor de área de aporte para cada uno de los tiempos de retorno en estudio. Los resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 38. Caudales máximos diarios anuales asociados a diferentes tiempos de retorno sector cabecera municipal de Barbacoas.

Tiempo de Retorno	2	5	10	20	25	50	100
Q	3437	4064	4479	4877	5003	5392	5778
Area Estacion (Km2)	1047.56	1047.56	1047.56	1047.56	1047.56	1047.56	1047.56
Rendimiento (m3/s/km2)	3.28	3.88	4.28	4.66	4.78	5.15	5.52
Area Cuenca (Km2)	1245.96	1245.96	1245.96	1245.96	1245.96	1245.96	1245.96
Q Diseño	4088	4834	5327	5800	5950	6413	6872

Río Mira-Imbilí Candelillas

– Información Hidrológica

La información hidrológica presentada contiene: Una serie de caudales medios mensuales con el objeto de definir el año hidrológico en la serie San Juan, siendo el periodo seleccionado el comprendido entre los meses de Agosto-Julio, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

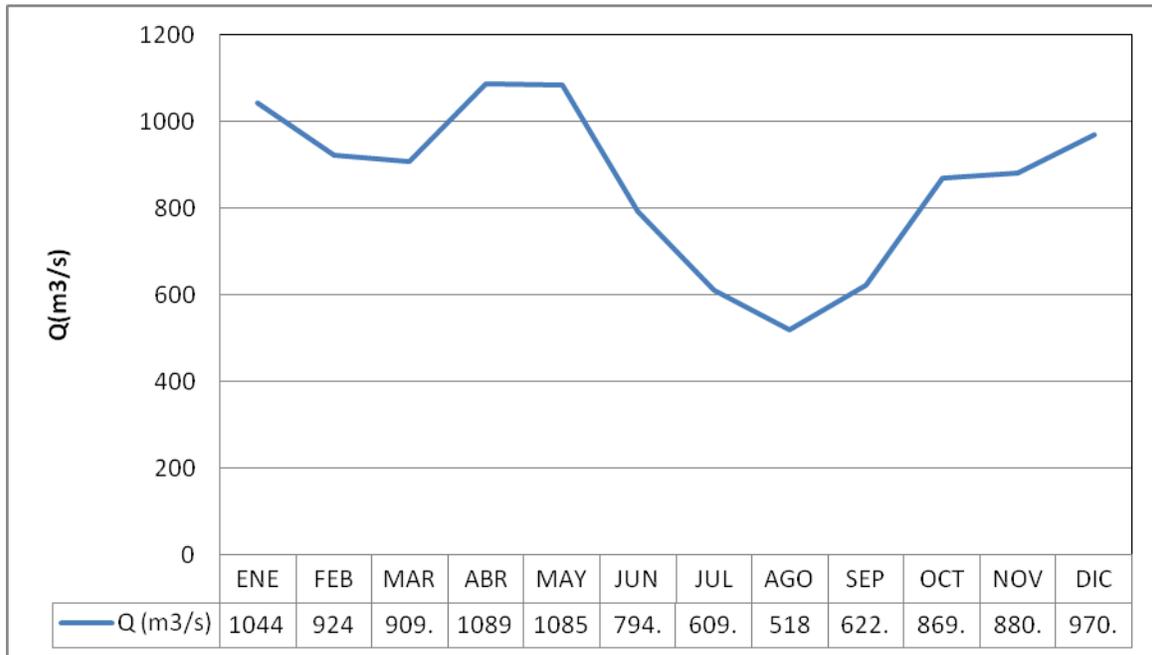


Figura 118. Serie de caudales medios mensuales multianuales estación San Juan

La serie de caudales máximos diarios anuales de la estación San Juan para el análisis de frecuencia está comprendida entre los años 1981 a 2009, los valores se presentan en la siguiente tabla.

- Análisis de Outliers, Homogeneidad e independencia.

El análisis de valores atípicos en la serie de máximas dio como resultado que la serie de caudales máximos diarios anuales se ajusta a una distribución normal, ya que los máximos y mínimos del estadístico de la serie se encuentra comprendido entre el rango de la distribución normal para un nivel de significancia del 5%. Ver tabla del estadístico de la serie y tabla de análisis de valores dudosos o atípicos.

Tabla 39. Serie de caudales máximos diarios anuales estación San Juan

Serie de Máximas		
Periodo		Q (m3/s)
1981	1982	4950
1982	1983	4479
1983	1984	4758
1984	1985	4231
1985	1986	4049
1986	1987	5600
1987	1988	4578
1988	1989	4432
1989	1990	3615
1990	1991	4982
1991	1992	5656
1992	1993	4804
1993	1994	5887
1994	1995	5488
1995	1996	5461
1996	1997	6047
1997	1998	5257
1998	1999	5923
1999	2000	4946
2000	2001	3704
2001	2002	5316
2002	2003	6252
2003	2004	5172
2004	2005	5491
2005	2006	4606
2006	2007	6710
2007	2008	4874
2008	2009	8000

Tabla 40. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de caudales máximos diarios anuales estación San Juan.

Promedio	5188.1
Varianza	853797.4
Desvío	924.0
Máximo	8000.0
Mínimo	3615.0
Nº de datos	28

Tabla 41. Rango de datos de la distribución normal para la serie de caudales máximos diarios anuales estación San Juan.

Datos	Valores Dudosos	
	Alto	Bajo
kn (Tabla)	2.682	2.682
y_H	3.9103	3.5070
Q_H	8134.30	3213.59

El análisis de Independencia de la serie dio como resultado que los datos de caudales máximos diarios anuales son independientes para un nivel de significancia del 5 %, tal como se muestra en la siguiente grafica.

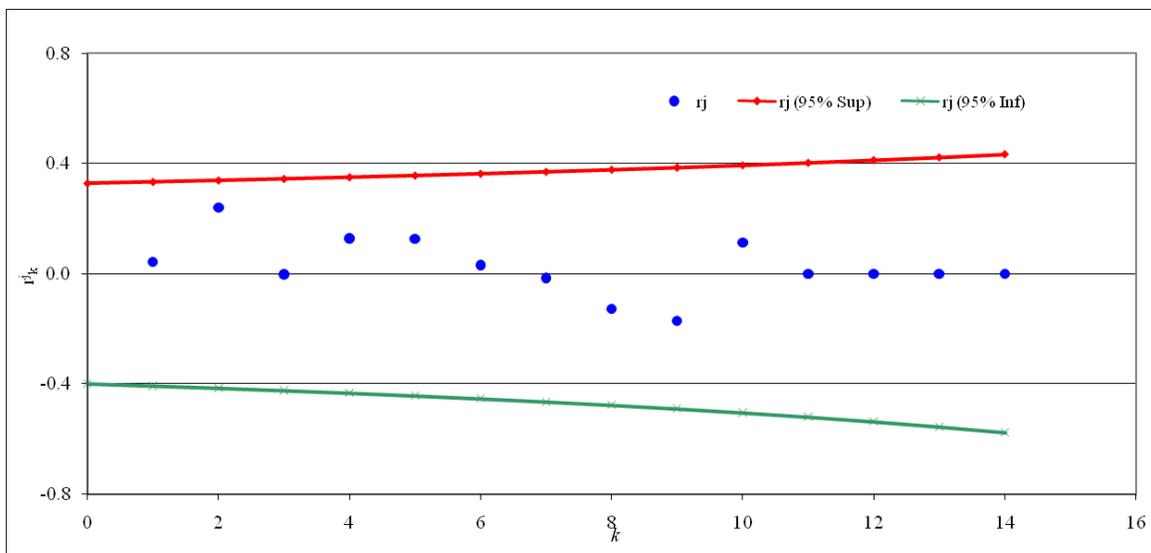


Figura 119. Prueba de independencia de Anderson serie de caudales máximos diarios anuales estación San Juan.

La prueba de homogeneidad de la serie dió como resultado que los datos pertenecen a una misma población, puesto que a pesar de que la prueba de Helmert dió una no homogeneidad de la serie, las pruebas de t de student y Cramer, que son pruebas estadísticamente más robustas, manifiestan una homogeneidad de la serie. Los estadísticos de cada una de las pruebas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 42. Pruebas de homogeneidad de Helmert, t de Student y Cramer de la serie de caudales máximos diarios anuales estación San Juan.

Prueba de Homogeneidad de Helmert			Prueba t de Student		Prueba de Cramer	
Nº de S	Nº de C	S - C	Estadístico t:	-2.17	τ_{60}	0.36539
14	13	1	Grados de Libertad	26	τ_{30}	0.41266
Estadístico:			De tabla: t =	2.0560	t_{60}	2.59985
n	28		El valor absoluto del estadístico t es mayor que el valor de tabla de t para 26 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto la serie no es Homogénea		t_{30}	1.12530
$-(nj-1)^{0,5}$	-5.20				De tabla: t =	2.0560
$+(nj-1)^{0,5}$	5.20				El valor absoluto del t30 es menor que el valor de tabla de t para 26 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Sin embargo t60 es mayor por lo tanto la serie es Homogénea	
El estadístico (S - C) Está comprendido entre $(nj-1)^{0,5}$ y $+(nj-1)^{0,5}$. Por lo tanto la serie es Homogénea						

– Análisis de Frecuencia

La evaluación por medio del método del Error Estándar de Ajuste dió como resultado que la serie de caudales máximos diarios anuales de la estación San Juan se ajusto mejor con la distribución de probabilidades Gumbel ajustada por el método de Máxima Verosimilitud, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 43. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación San Juan.

Distribución	Método de Ajuste	E.E.A. [m]
Uniforme	Momentos	329.1175
Uniforme	Máxima Verosimilitud	816.9133
Exponencial β	Momentos y M. Verosimilitud	3509.1727
Exponencial x_0 y β	Momentos	272.8308
Exponencial x_0 y β	Máxima Verosimilitud	1527.6740
Generalizada Exponencial	Máxima Verosimilitud	174.8338
Normal	Momentos L	270.3288
Normal	Momentos y M. Verosimilitud	263.7924
Log Normal 2 parámetros	Momentos y M. Verosimilitud	244.0183
Log Normal 3 parámetros	Momentos	237.9533
Log Normal 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	248.4419
Gamma de 2 parámetros	Momentos	242.8936
Gamma de 2 parámetros	Máxima Verosimilitud	258.1713
Gamma de 2 parámetros	Momentos L	249.5504
Gamma de 3 parámetros	Momentos	237.8300
Gamma de 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	3365.5552
Gamma de 3 parámetros	Momentos de probabilidad pesada	249.6419
Generalizada Pareto	Momentos	No Converge
Generalizada Pareto	Mínimos Cuadrados	No Converge
Generalizada Pareto	Momentos de probabilidad pesada	No Converge
Gumbel	Momentos	198.6547
Gumbel	Máxima Verosimilitud	174.8240
Gumbel	Momentos L	191.2243
Gumbel	Máxima Entropía	5031.4069
General de Valores Extremos	Momentos	No Converge
General de Valores Extremos	Máxima Verosimilitud	207.8791
General de Valores Extremos	Momentos L	339.5396
Log Pearson tipo III	Momentos M. Directo	889.3406
Log Pearson tipo III	Momentos M. Indirecto	237.8984
Log Pearson tipo III	Máxima Verosimilitud	No Converge

El ajuste de la distribución de Gumbel ajustada por el método de Máxima Verosimilitud se presenta en la siguiente grafica.

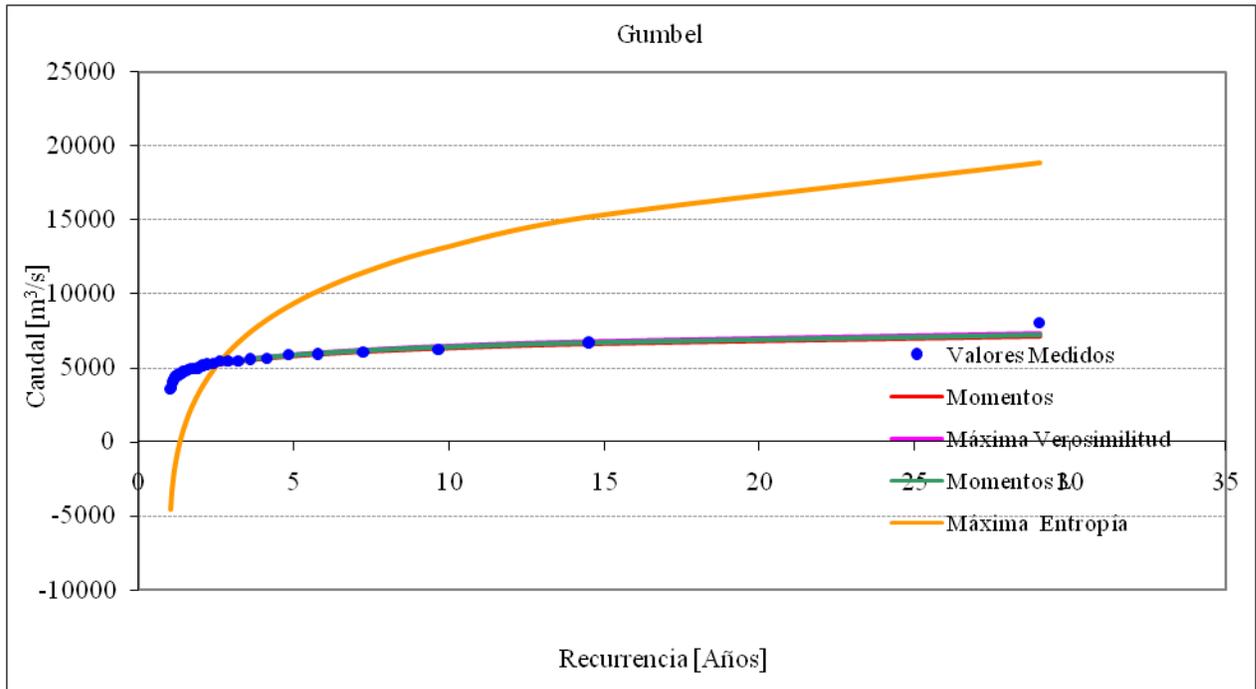


Figura 120. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios anuales estación San Juan.

Los caudales máximos diarios anuales para los diferentes tiempos de retorno se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 44. Caudales máximos diarios anuales asociados a diferentes tiempos de retorno estación San Juan-sector Imbilí Candelillas.

Tiempo de Retorno	Q(m3/s)
2	5048
5	5920
10	6497
20	7050
25	7226
50	7767
100	8303

Río Pasto-Bocatoma Centenario-Juan XXIII

– Información Hidrológica

La información hidrológica presentada contiene: Una serie de caudales medios mensuales con el objeto de definir el año hidrológico en la serie Bocatoma Centenario, siendo el periodo seleccionado el comprendido entre los meses de Septiembre-Agosto, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

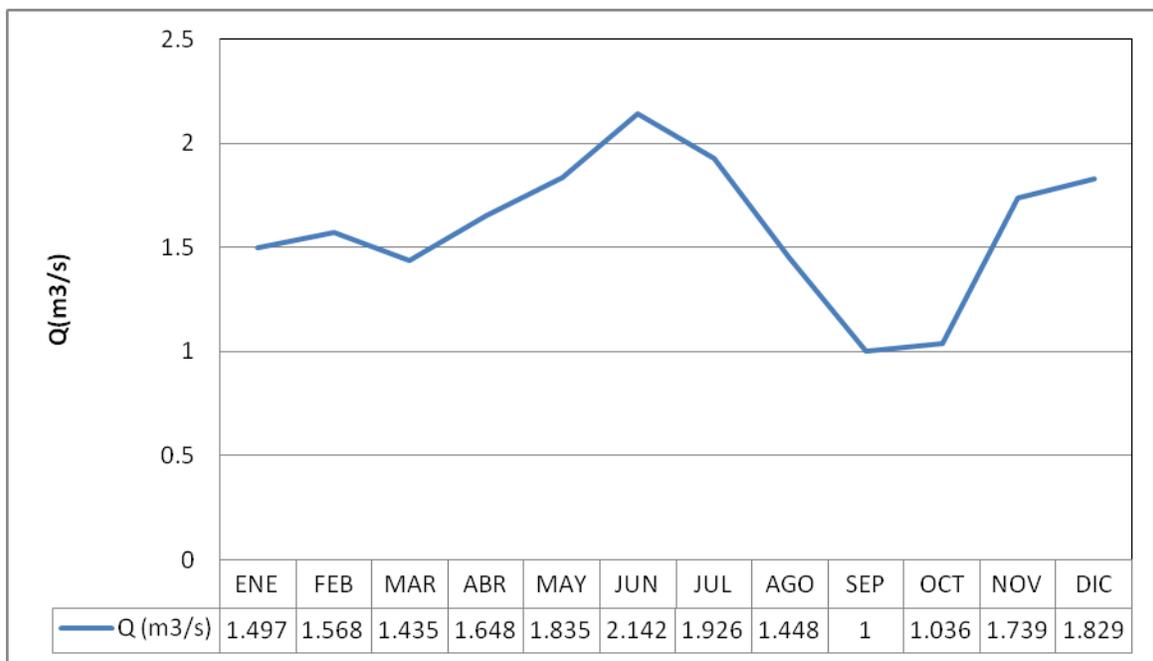


Figura 121. Serie de caudales medios mensuales multianuales estación Bocatoma Centenario

La serie de caudales máximos diarios anuales de la estación Bocatoma Centenario para el análisis de frecuencia está comprendida entre los años 1988 a 2010, los valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 45. Serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario

Serie de Máximas		
Periodo		Q (m3/s)
1988	1989	16.87
1989	1990	88.4
1990	1991	44
1991	1992	10
1992	1993	10
1993	1994	69.4
1994	1995	22.6
1995	1996	45.16
1996	1997	69.4
1997	1998	40.72
1998	1999	66.33
1999	2000	117.1
2000	2001	10.55
2001	2002	14.21
2002	2003	15.84
2003	2004	14.42
2004	2005	28.36
2005	2006	23.2
2006	2007	20.19
2007	2008	21.16
2008	2009	39.74
2009	2010	7.1

- Análisis de Outliers, Homogeneidad e independencia.

El análisis de valores atípicos en la serie de máximas dio como resultado que la serie de caudales máximos diarios anuales se ajusta a una distribución normal, ya que los máximos y mínimos del estadístico de la serie se encuentra comprendido entre el rango de la distribución normal para un nivel de significancia del 5%. Ver tabla del estadístico de la serie y tabla de análisis de valores dudosos o atípicos.

Tabla 46. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario.

Promedio	36.1
Varianza	860.8
Desvío	29.3
Máximo	117.1
Mínimo	7.1
Nº de datos	22

Tabla 47. Rango de datos de la distribución normal para la serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario.

Datos	Valores Dudosos	
	Alto	Bajo
kn (Tabla)	2.682	2.682
y_H	2.3500	0.5085
Q_H	223.85	3.22

El análisis de Independencia de la serie dio como resultado que los datos de caudales máximos diarios anuales son independientes para un nivel de significancia del 5 %, tal como se muestra en la siguiente grafica.

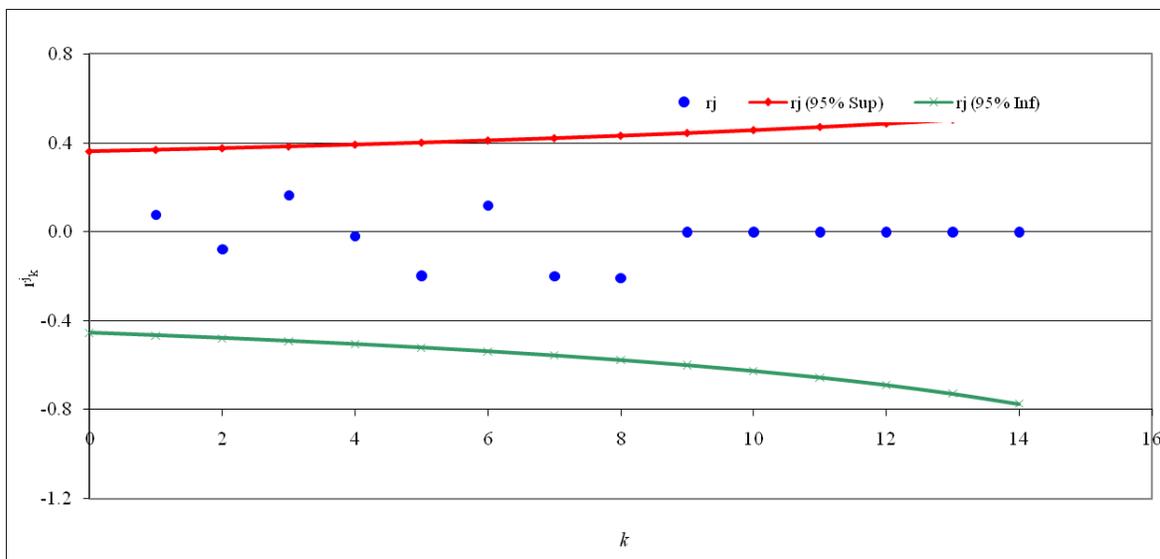


Figura 122. Prueba de independencia de Anderson serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario.

La prueba de homogeneidad de la serie dió como resultado que los datos pertenecen a una misma población, puesto que a pesar de que la prueba de Helmert dió una no homogeneidad de la serie, las pruebas de t de student y Cramer, que son pruebas estadísticamente más robustas, manifiestan una homogeneidad de la serie. Los estadísticos de cada una de las pruebas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 48. Pruebas de homogeneidad de Helmert, t de Student y Cramer de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario.

Prueba de Homogeneidad de Helmert			Prueba t de Student		Prueba de Cramer	
Nº de S	Nº de C	S - C	Estadístico t:	1.20	τ_{60}	-0.01908
13	8	5	Grados de Libertad	20	τ_{30}	-0.48060
Estadístico:			De tabla: t =	2.0900	t_{60}	0.12493
n	22		El valor absoluto del estadístico t es menor que el valor de tabla de t para 20 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto la serie es Homogénea		t_{30}	1.55441
$-(n_j - 1)^{0.5}$	-4.58				De tabla: t =	2.0900
$+(n_j - 1)^{0.5}$	4.58				El valor absoluto del t30 es menor que el valor de tabla de t para 20 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5% y t60 también es menor por lo tanto la serie es Homogénea	
El estadístico (S - C) Está comprendido entre $-(n_j - 1)^{0.5}$ y $+(n_j - 1)^{0.5}$. Por lo tanto la serie es Homogénea						

– Análisis de Frecuencia

La evaluación por medio del método del Error Estándar de Ajuste dió como resultado que la serie de caudales máximos diarios anuales de la estación Bocatoma Centenario se ajusto mejor con la distribución de probabilidades Exponencial β ajustada por el método de Máxima Verosimilitud, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 49. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación Bocatoma Centenario

Distribución	Método de Ajuste	E.E.A. [m]
Uniforme	Momentos	12.9218
Uniforme	Máxima Verosimilitud	30.4221
Exponencial β	Momentos y M. Verosimilitud	4.5464
Exponencial x_0 y β	Momentos	6.7154
Exponencial x_0 y β	Máxima Verosimilitud	6.0874
Generalizada Exponencial	Máxima Verosimilitud	8.6313
Normal	Momentos L	12.3484
Normal	Momentos y M. Verosimilitud	12.1068
Log Normal 2 parámetros	Momentos y M. Verosimilitud	7.9237
Log Normal 3 parámetros	Momentos	8.9764
Log Normal 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	12.4871
Gamma de 2 parámetros	Momentos	8.0138
Gamma de 2 parámetros	Máxima Verosimilitud	9.6093
Gamma de 2 parámetros	Momentos L	7.5001
Gamma de 3 parámetros	Momentos	8.4333
Gamma de 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	12.5071
Gamma de 3 parámetros	Momentos de probabilidad pesada	6.4657
Generalizada Pareto	Momentos	No Converge
Generalizada Pareto	Mínimos Cuadrados	No Converge
Generalizada Pareto	Momentos de probabilidad pesada	No Converge
Gumbel	Momentos	8.1807
Gumbel	Máxima Verosimilitud	11.1476
Gumbel	Momentos L	8.2992
Gumbel	Máxima Entropía	9.6561
General de Valores Extremos	Momentos	No Converge
General de Valores Extremos	Máxima Verosimilitud	
General de Valores Extremos	Momentos L	25.4272
Log Pearson tipo III	Momentos M. Directo	25.5796
Log Pearson tipo III	Momentos M. Indirecto	7.6396
Log Pearson tipo III	Máxima Verosimilitud	No Converge

El ajuste de la distribución Exponencial β ajustada por el método de Máxima Verosimilitud se presenta en la siguiente grafica.

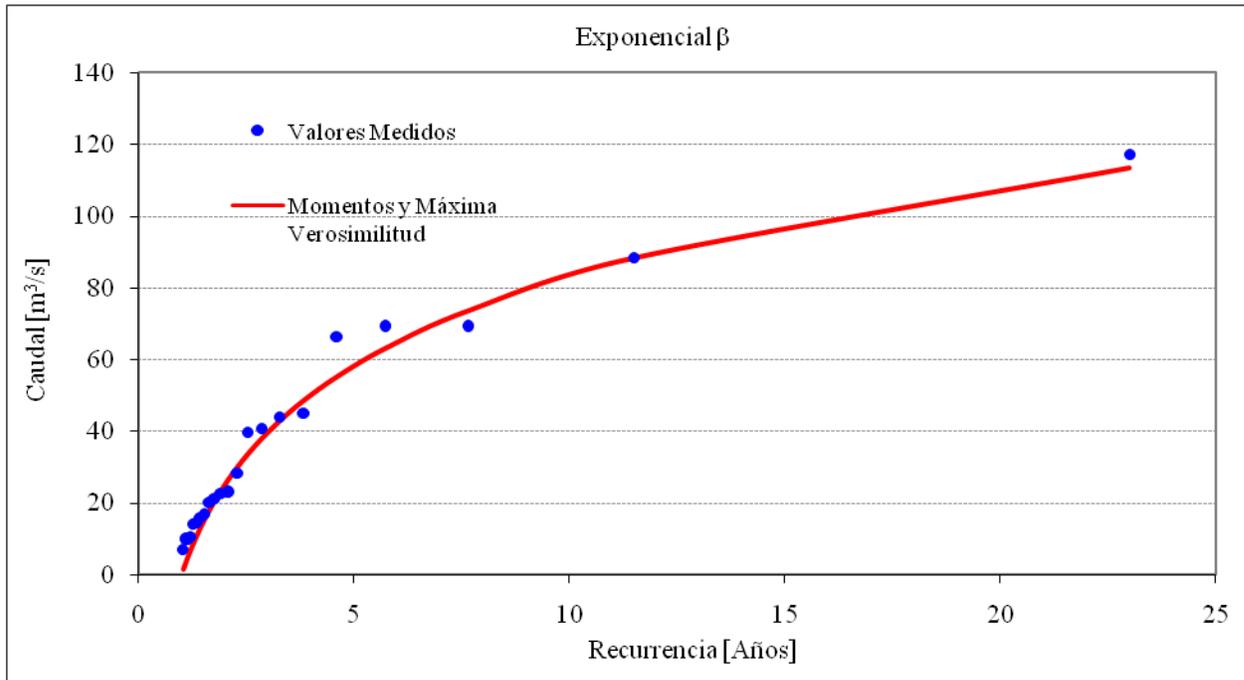


Figura 123. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios anuales estación Bocatoma Centenario.

Los caudales máximos diarios anuales para los diferentes tiempos de retorno se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 50. Caudales máximos diarios anuales asociados a diferentes tiempos de retorno estación Bocatoma Centenario

Tiempo de Retorno	Q(m3/s)
2	25
5	58
10	83
20	108
25	116
50	141
100	166

Río Chapal- Los Cristales-Hospital Departamental

– Parámetros de Cuencas

El río Chapal nace en las estribaciones del Volcán Galeras y desemboca en el río Pasto, comprende el sector sur oriental de la ciudad de Pasto. Inicialmente las aguas bajan formando un sin número de pequeños arroyos los cuales tiene como destino final al río Chapal.

El cauce principal de la cuenca se dirige según la dirección nororiental; es un curso recto con una red de drenaje moderadamente ramificada; en su sector rural y urbano recibe tributarios como los de la quebrada Hato viejo, Aserradora, Turupamba, cubijana, santa Isabel, Botana Catambuco, Loreana y Guachucal principalmente. Su extensión es aproximadamente de 18 Km y una pendiente del 5.9 %

La cuenca se delimitó aplicando técnicas de fotointerpretación y ajuste cartográfico, estimando, mediante la ayuda de herramientas CAD, un área total de aproximadamente 73 km² para toda la cuenca, de la cual 64.5 km² es rural y 8.5 km² urbano. La pendiente media de la cuenca es del 12.1 %

– Información Hidrológica

La información hidrológica presentada contiene: Una serie de caudales medios mensuales con el objeto de definir el año hidrológico en la serie Centenario presentada anteriormente, siendo el periodo seleccionado el comprendido entre los meses de Septiembre-Agosto, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

La serie de precipitaciones máximas diarias anuales de la estación Botana para el análisis de frecuencia está comprendida entre los años 1979 a 2010, los valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 51. Serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana

Serie de Máximas		
Periodo		P(mm)
1979	1980	23.1
1980	1981	34.4
1981	1982	40.6
1982	1983	27.1
1983	1984	29.2
1984	1985	36.6
1985	1986	26.8
1986	1987	51.6
1987	1988	33.3
1988	1989	39.4
1989	1990	27.3
1990	1991	24.5
1992	1993	37.8
1993	1994	40
1994	1995	28.7
1995	1996	27
1996	1997	33.4
1997	1998	45.7
1998	1999	35.4
1999	2000	33.3
2000	2001	24
2001	2002	46.5
2002	2003	41.7
2003	2004	35
2004	2005	31.2
2005	2006	40.5
2006	2007	29.6
2007	2008	34.9
2008	2009	41.2
2009	2010	29.3

- Análisis de Outliers, Homogeneidad e independencia.

El análisis de valores atípicos en la serie de máximas dio como resultado que la serie de precipitaciones máximas diarias anuales se ajusta a una distribución normal, ya que los máximos y mínimos del estadístico de la serie se encuentra comprendido entre el rango de la distribución normal para un nivel de significancia del 5%. Ver tabla del estadístico de la serie y tabla de análisis de valores dudosos o atípicos.

Tabla 52. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de precipitaciones máximas diarias estación Botana.

Promedio	34.3
Varianza	51.4
Desvío	7.2
Máximo	51.6
Mínimo	23.1
Nº de datos	30

Tabla 53. Rango de datos de la distribución normal para la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana.

Datos	Valores Dudosos	
	Alto	Bajo
kn (Tabla)	2.682	2.682
y_H	1.7684	1.2841
Q_H	58.67	19.24

El análisis de Independencia de la serie dio como resultado que los datos de caudales máximos diarios anuales son independientes para un nivel de significancia del 5 %, tal como se muestra en la siguiente grafica.

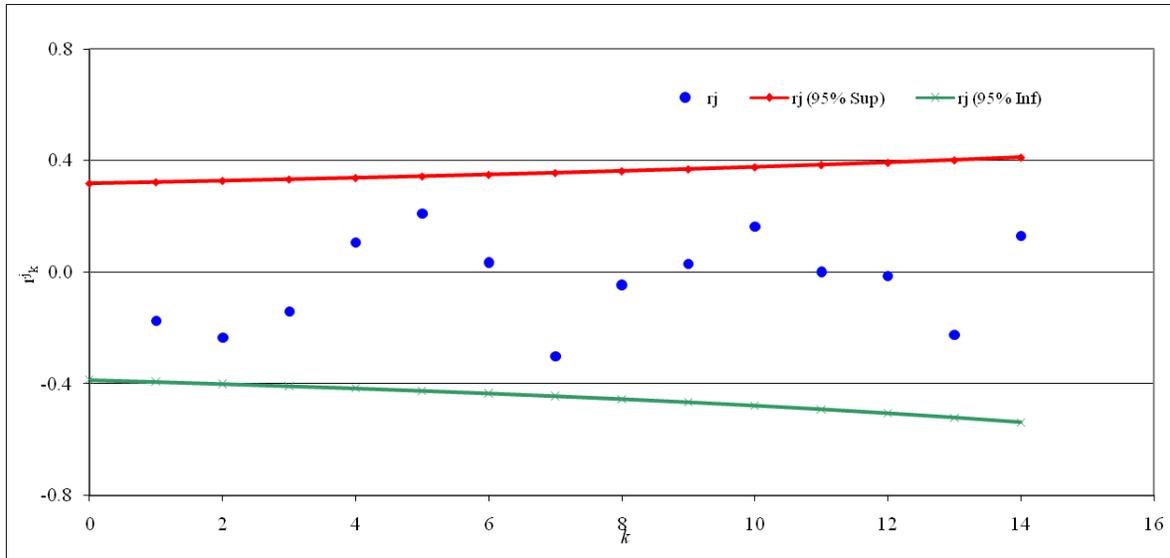


Figura 124. Prueba de independencia de Anderson serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana.

La prueba de homogeneidad de la serie dió como resultado que los datos pertenecen a una misma población, puesto que a pesar de que la prueba de Helmert dió una no homogeneidad de la serie, las pruebas de t de student y Cramer, que son pruebas estadísticamente más robustas, manifiestan una homogeneidad de la serie. Los estadísticos de cada una de las pruebas se presentan en la siguiente tabla.

– Análisis de Frecuencia

La evaluación por medio del método del Error Estándar de Ajuste dió como resultado que la serie de precipitaciones máximas diarios anuales de la estación Botana se ajusto mejor con la distribución de probabilidades de Gumbel ajustada por el método de Máxima Verosimilitud, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 54. Pruebas de homogeneidad de Helmer, t de Student y Cramer de la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana.

Prueba de Homogeneidad de Helmer			Prueba t de Student		Prueba de Cramer			
Nº de S	Nº de C	S - C	Estadístico t:	-0.69	τ_{60}	0.13742		
11	18	-7	Grados de Libertad	28	τ_{30}	0.32799		
Estadístico:			De tabla: t =	2.0500	t_{60}	0.90350		
n	30		El valor absoluto del estadístico t es menor que el valor de tabla de t para 28 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto la serie es Homogénea		t_{30}	1.16333		
$-(n_j - 1)^{0.5}$	-5.39				De tabla: t =		2.0500	
$+(n_j - 1)^{0.5}$	5.39				El valor absoluto del t30 es menor que el valor de tabla de t para 28 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5% y t60 es tambien es menor por lo tanto la serie es Homogénea			
El estadístico (S - C) Está comprendido entre $(n_j - 1)^{0.5}$ y $-(n_j - 1)^{0.5}$. Por lo tanto la serie es No Homogénea								

Tabla 55. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación Botana.

Distribución	Método de Ajuste	E.E.A. [m]
Uniforme	Momentos	1.4573
Uniforme	Máxima Verosimilitud	3.6394
Exponencial β	Momentos y M. Verosimilitud	22.4029
Exponencial x_0 y β	Momentos	2.1053
Exponencial x_0 y β	Máxima Verosimilitud	7.3816
Generalizada Exponencial	Máxima Verosimilitud	1.0168
Normal	Momentos L	1.3584
Normal	Momentos y M. Verosimilitud	1.4207
Log Normal 2 parámetros	Momentos y M. Verosimilitud	1.2043
Log Normal 3 parámetros	Momentos	1.2572
Log Normal 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	160.2577
Gamma de 2 parámetros	Momentos	1.2291
Gamma de 2 parámetros	Máxima Verosimilitud	1.3482
Gamma de 2 parámetros	Momentos L	1.1224
Gamma de 3 parámetros	Momentos	1.2447
Gamma de 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	1.4145
Gamma de 3 parámetros	Momentos de probabilidad pesada	1.2489
Generalizada Pareto	Momentos	No Converge
Generalizada Pareto	Mínimos Cuadrados	No Converge
Generalizada Pareto	Momentos de probabilidad pesada	No Converge
Gumbel	Momentos	1.2440
Gumbel	Máxima Verosimilitud	1.0176
Gumbel	Momentos L	1.0337
Gumbel	Máxima Entropía	1.0600
General de Valores Extremos	Momentos	No Converge
General de Valores Extremos	Máxima Verosimilitud	1.1376
General de Valores Extremos	Momentos L	1.3500
Log Pearson tipo III	Momentos M. Directo	9.7815
Log Pearson tipo III	Momentos M. Indirecto	1.2130
Log Pearson tipo III	Máxima Verosimilitud	No Converge

El ajuste de la distribución Gumbel ajustada por el método de Máxima Verosimilitud se presenta en la siguiente grafica.

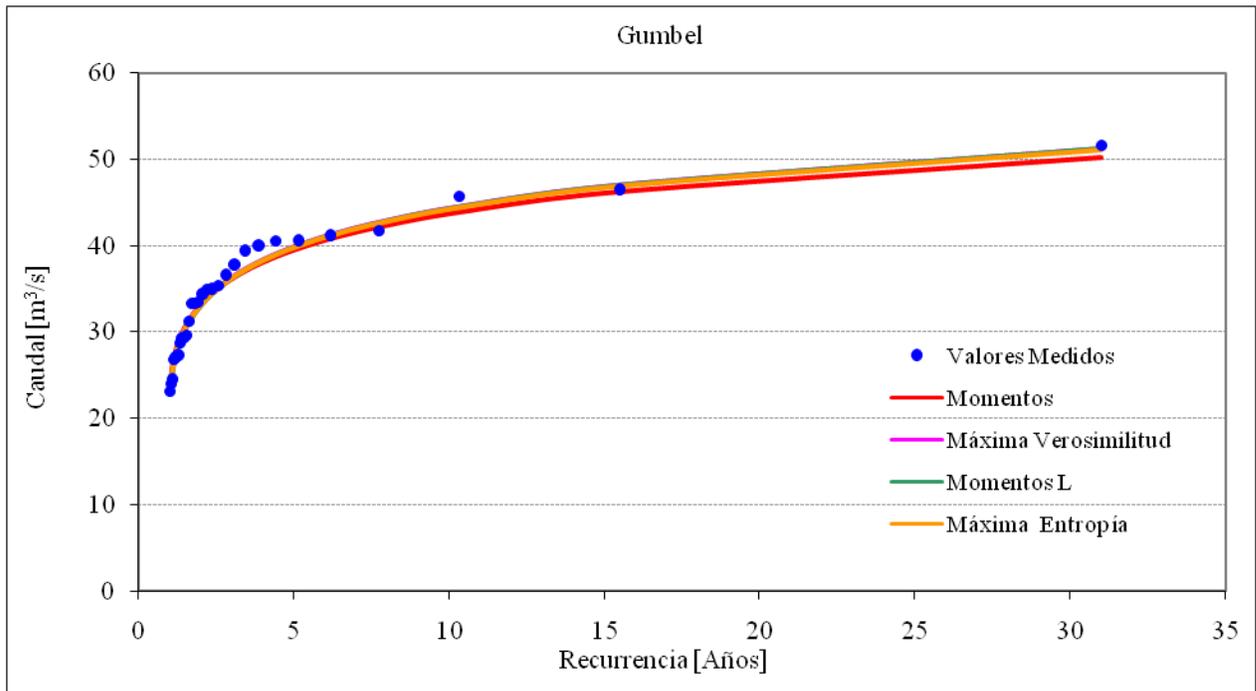


Figura 125. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana

Las precipitaciones máximas diarias anuales para los diferentes tiempos de retorno se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 56. Precipitaciones máximas diarias anuales asociados a diferentes tiempos de retorno estación Botana.

Tiempo de Retorno	P(mm)
2	33
5	40
10	44
20	49
25	50
50	54
100	58

Los valores de Tiempo de Concentración oscilan entre 4 a 5 h para crecidas generadas por lluvias localizadas en las estribaciones del volcán Galeras. La fórmula provista por la ecuación de retardo del SCS parece retratar más adecuadamente el comportamiento de la cuenca estudiada en este trabajo. El valor calculado teniendo como base esta ecuación fue de 4.7 horas.

– Simulación Hidrológica

La simulación hidrológica se realizó en forma concentrada utilizando el software HEC-HMS. Este modelo tiene una gran difusión en el medio técnico profesional vinculado a la ingeniería hidrológica, por lo que su utilización constituye prácticamente una forma de estandarizar resultados y procedimientos de modelaciones a fin de su rápida comparación.

La aplicación de este modelo fue realizada en la cuenca en estudio, tratando a ésta como una sola unidad, con el fin de simplificar la modelación de diseño y no incurrir en subdivisiones que hagan engorroso al modelo sin aportar una mayor precisión y más aún cuando existe la limitante de no poder realizar una calibración debido a la ausencia de instrumentación en la cuenca y a la falta de información histórica de marcas que puedan dar una idea general de la relación precipitación caudal.

El modelo de transformación lluvia-caudal utilizado fue el de hidrograma unitario de Snyder, las pérdidas fueron determinadas por el método de estimación de la Curva Número del SCS. El caudal asociado a un periodo de retorno fue obtenido partiendo de un hietograma de proyecto construido con base en una curva IDF obtenida por desagregación de precipitaciones diarias y ajustada en forma no lineal.

- Desagregación de lluvias y construcción de la curva IDF.

Obtenidas las lluvias medias diarias asociadas a diferentes tiempos de retorno se procedió a su desagregación para finalmente establecer una relación Intensidad duración frecuencia que permita definir un hietograma de proyecto para posteriormente ser convertido en caudal.

Para la transformación de la lluvia diaria a una lluvia de 24 horas se utilizó un coeficiente de 1.1 el cual fue extraído de la relación (Tucci, Hidrología, Ciencia e Aplicacao, 1993)

$$0.9 \leq \frac{P \text{ 24 horas}}{P \text{ diaria}} \leq 1.1$$

La desagregación se realizó con base en coeficientes obtenidos internacionalmente y reportados por la bibliografía, ver la siguiente tabla.

Tabla 57. Coeficientes de desagregación de precipitaciones

Relación	La Suela	Córdoba	Brasil	Denver	U.S. W. Bureau
5 min/ 30 min	0,25	0,35	0,34	0,42	0,37
10 min/ 30 min	0,45	0,57	0,54	0,63	0,57
15 min/ 30 min	0,62	0,72	0,7	0,75	0,72
20 min/ 30 min	0,77	0,84	0,81	0,84	
25 min/ 30 min	0,89	0,93	0,91	0,92	
30 min/ 1 h	0,69	0,79	0,74		0,79
45 min/ 1 h	0,87	0,92	0,83		
1 h / 24 h	0,54	0,60	0,42		
6 h / 24 h	0,88	0,85	0,72		
8 h / 24 h	0,91	0,88	0,78		
10 h / 24 h	0,93	0,90	0,82		
12 h / 24 h	0,95	0,92	0,85		
24 h / 1 día	1,1	1,1	1,1		1,13

Las precipitaciones diarias desagregadas en diferentes duraciones se presentan a continuación:

Tabla 58. Precipitaciones medias diarias desagregas para diferentes tiempos de retorno estación Botana.

Minutos	Tiempo de Retorno						
	2	5	10	20	25	50	100
	Anos	Anos	Anos	Anos	Anos	Anos	Anos
P. Diaria (mm)	33.00	40.00	44.00	49.00	50.00	54.00	58.00
1440	36.30	44.00	48.40	53.90	55.00	59.40	63.80
720	30.86	37.40	41.14	45.82	46.75	50.49	54.23
600	29.77	36.08	39.69	44.20	45.10	48.71	52.32
480	28.31	34.32	37.75	42.04	42.90	46.33	49.76
360	26.14	31.68	34.85	38.81	39.60	42.77	45.94
60	15.25	18.48	20.33	22.64	23.10	24.95	26.80
30	11.28	13.68	15.04	16.75	17.09	18.46	19.83
20	9.14	11.08	12.18	13.57	13.85	14.95	16.06
10	6.09	7.38	8.12	9.05	9.23	9.97	10.71
5	3.84	4.65	5.11	5.70	5.81	6.28	6.74

Con los datos obtenidos a través de la desagregación se procedió a encontrar los parámetros de la ecuación por medio de un ajuste no lineal. La ecuación encontrada con esta metodología fue:

$$i = \frac{304.37 T_R^{0.13}}{(D - 9.37)^{0.71}}$$

En Donde:

i: Intensidad en milímetros/hora

Tr: Tiempo de retorno en años.

D: Duración en minutos

- Construcción del hietograma de proyecto.

Definida la relación Intensidad-Frecuencia-Duración se procedió a definir el hietograma de proyecto para un tiempo de retorno de 25 Años y una duración

aproximada al tiempo de concentración de la cuenca (300 minutos aproximadamente). La distribución temporal fue realizada por la metodología de bloques alternos debido a la escasa información disponible de patrones temporales de lluvia en la región.

Tabla 59. Hietograma de proyecto Tiempo de Retorno 25 Anos cuenca río Chapal

	1	2	3	4	5	6
Duración (min)	60	120	180	240	300	360
Intensidad(mm/hr)	22.11	14.13	10.75	8.82	7.55	6.65
Precipitación (mm)	22.11	28.26	32.25	35.28	37.77	39.91
δP (mm)	22.11	6.15	3.98	3.04	2.49	2.13
Arreglo (1/4)	3.98	22.11	6.15	3.04	2.49	2.13

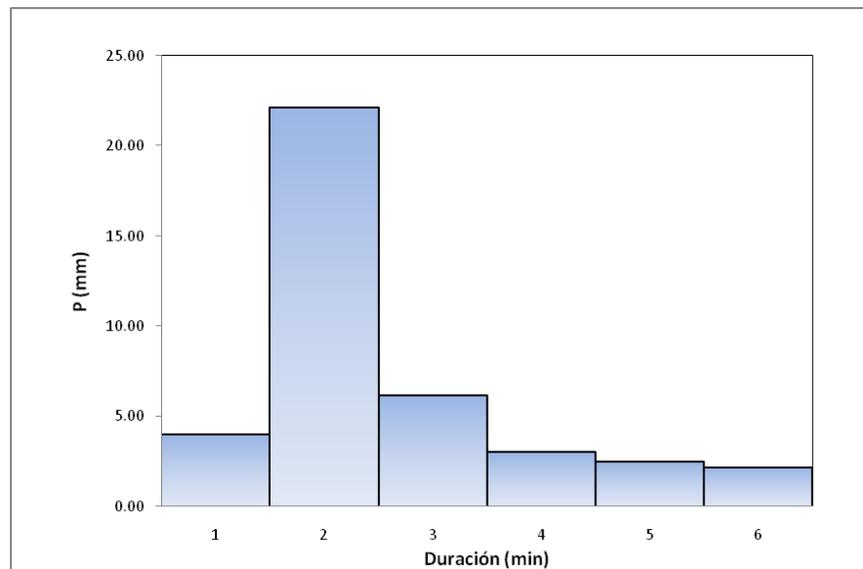


Figura 126. Hietograma de Proyecto Tiempo de Retorno 25 Años cuenca río Chapal

- **Abstracciones**

Las abstracciones fueron estimadas por la metodología de la Curva Número del S.C.S para lo cual los suelos de la cuenca fueron clasificados en 4 categorías, suelos tipo A,B,C,D, a partir de su textura y espesor. Un esquema orientativo para

esta clasificación fue propuesto por el ministerio de obras públicas y urbanismo de España M.O.P.U (Médez, 1996).

La clasificación textural y espesor fue determinado con los perfiles que caracterizaron el orden taxonómico y la consociación de suelos en el departamento de Nariño (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004) Una vez determinada la composición textural del suelo y con base en la metodología del M.O.P.U se procedió a realizar clasificación hidrológica del suelo, la cual fue especializada con técnicas de geoprocésamiento disponibles en Arc Gis 9.3.

Para el Uso, tratamiento y condición hidrológica de suelos se procedió a establecer una equivalencia entre dicha clasificación y la obtenida por la metodología de Corín land cover (Nivel II), que es con la cual fue realizada el mapa de usos de suelo en la cuenca puesto que es la metodología propuesta y generalizada en Colombia.

Tabla 60. Equivalencia Usos y tratamiento de suelos metodologías Corín Land Cover y S.C.S (IPH–UFRGS, 2004)

Uso de Suelo (Corin Land Cover, Nivel II)	Uso de Suelo (SCS)	CN			
		A	B	C	D
Bosques	Bosques Con buena Cobertura	25	55	70	77
Áreas Con vegetación Herbácea y Arbustiva	Bosques Con mala Cobertura	45	66	77	83
Áreas Descubiertas sin o con poca vegetación	Espacios Abiertos (25%)	39	61	74	80
Cultivos Permanentes	Plantaciones Regulares	64	76	84	88
Cultivos Anuales Transitorios	Plantaciones Regulares	64	76	84	88
Áreas Agrícolas Heterogéneas	Plantaciones Regulares	64	76	84	88
Pastos	Pastos	25	59	75	83
Zonas Urbanizadas	Zonas Residenciales (predios <500m ²)	77	85	90	92

Los resultados de la combinación de la clasificación hidrológica de suelos con el mapa de uso, tratamiento y condición hidrológica dieron como resultado la espacialización del CN para la cuenca Miraflores. El estado de humedad antecedente de acuerdo a la metodología el CN de la cuenca fue determinado con una condición humedad antecedente (II), sin embargo para efectos de la modelación de eventos máximos también se calculo el valor del CN para una condición antecedente (III), ya que la lluvia almacenada durante los cinco días anteriores superará los 53 mm. El valor del CN de la cuenca Miraflores para la condición antecedente (III) fue de 83 el cual fue calculado con técnicas de geoprocesamiento disponibles en Arcgis 9.3. El caudal máximo obtenido a partir de las anteriores condiciones fue de 52.3 m³/s, tal como se muestra en la siguiente figura.

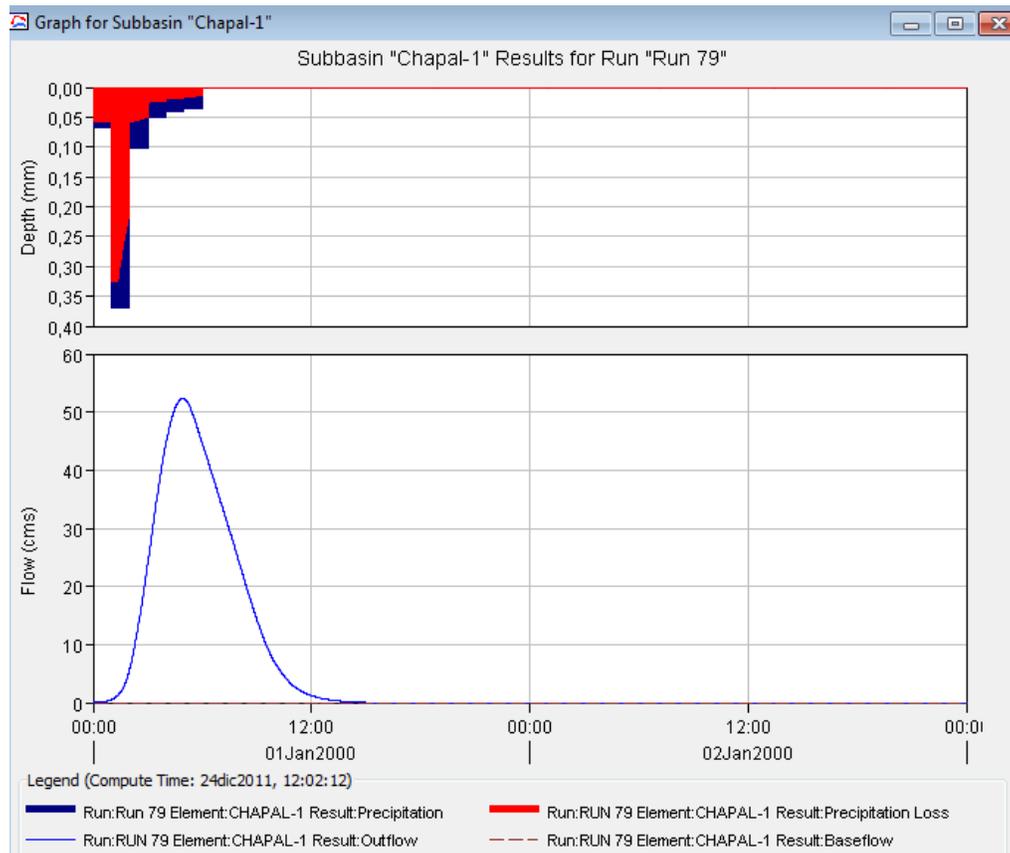


Figura 127. Hidrograma tiempo de retorno de 25 Años Cuenca del río Chapal.

Quebrada Los Chancos-Rural-CEANI

– Parámetros de Cuencas

La quebrada Chancos nace en las estribaciones del Volcán Galeras y desemboca en el río Pasto en el colector Figueroa. Comprende el sector Nor Occidental de la ciudad de Pasto.

El cauce principal de la cuenca se dirige en la dirección nororiente; es un curso recto con una red de drenaje bajamente ramificada. Su extensión es aproximadamente de 2 Km y una pendiente del 12.5 %

La cuenca se delimitó aplicando técnicas de fotointerpretación y ajuste cartográfico, estimando, mediante la ayuda de herramientas CAD, un área total de aproximadamente 1.5 km² para toda la cuenca, de la cual 0.5 km² es rural y 1 km² urbano. La pendiente media de la cuenca es del 18.7 %

– Información Hidrológica

La información hidrológica presentada contiene: Una serie de caudales medios mensuales con el objeto de definir el año hidrológico en la serie Universidad, siendo el periodo seleccionado el comprendido entre los meses de Septiembre-Agosto, tal como se muestra en el siguiente gráfico.

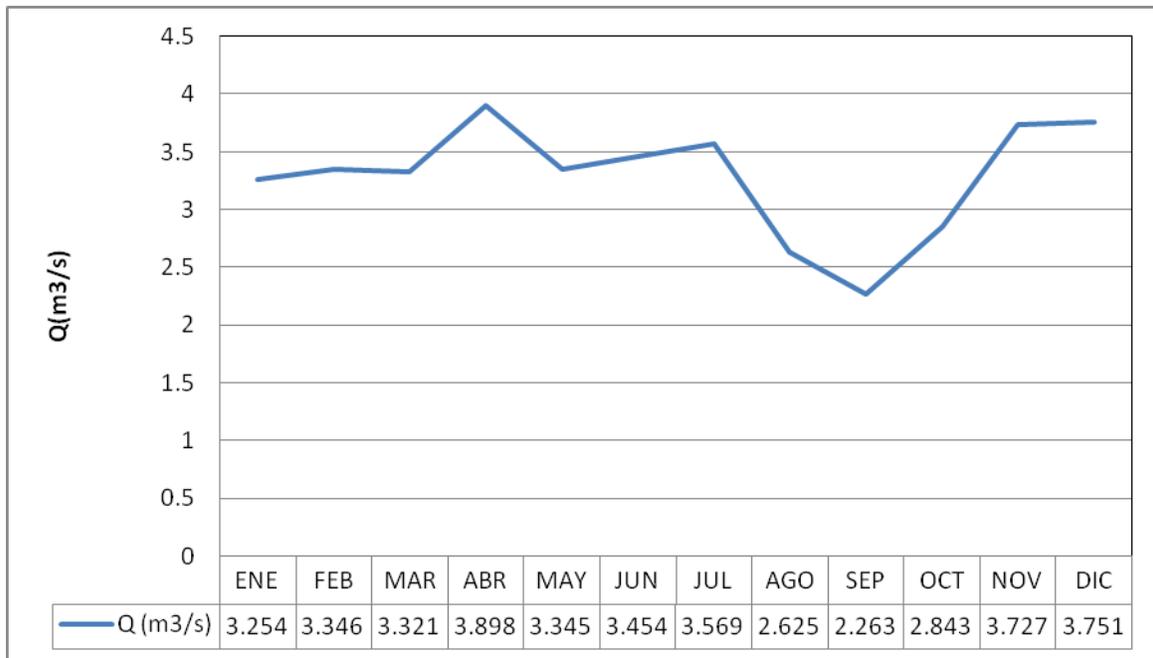


Figura 128. Serie de caudales medios mensuales multianuales estación Universidad

La serie de precipitaciones máximas diarias anuales de la estación Obonuco para el análisis de frecuencia está comprendida entre los años 1970 a 2010, los valores se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 61. Serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Obonuco

Serie de Maximas		
Periodo		Q (m3/s)
1970	1971	42.8
1971	1972	66.1
1972	1973	32.2
1973	1974	33.9
1974	1975	44
1975	1976	23.6
1976	1977	30.6
1977	1978	35.7
1978	1979	45.8
1979	1980	23.2
1980	1981	38.1
1981	1982	52.3
1982	1983	30
1983	1984	29.1
1984	1985	32
1985	1986	27.1
1986	1987	42.4
1987	1988	36.4
1988	1989	20.6
1989	1990	21.6
1990	1991	28.7
1991	1992	26.8
1992	1993	27
1993	1994	33.4
1994	1995	30.4
1995	1996	25
1996	1997	76
1997	1998	32.1
1998	1999	29.8
1999	2000	135
2000	2001	18.8
2001	2002	28.7
2002	2003	30.6
2003	2004	29.3
2004	2005	46.3
2005	2006	40.1
2006	2007	27.6
2007	2008	29.1
2008	2009	33.5
2009	2010	33.4

- Análisis de Outliers, Homogeneidad e independencia.

El análisis de valores atípicos en la serie de máximas dio como resultado que la serie de precipitaciones máximas diarias anuales no se ajusta a una distribución normal, ya que los máximos y mínimos del estadístico de la serie se encuentran fuera del rango de la distribución normal para un nivel de significancia del 5%. Ver tabla del estadístico de la serie y tabla de análisis de valores dudosos o atípicos.

Tabla 62. Estadísticos para análisis de datos atípicos de la serie de precipitaciones máximas diarias estación Obonuco.

Promedio	36.7
Varianza	382.1
Desvío	19.5
Máximo	135.0
Mínimo	18.8
Nº de datos	40

Tabla 63. Rango de datos de la distribución normal para la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Obonuco.

Datos	Valores Dudosos	
	Alto	Bajo
kn (Tabla)	2.682	2.682
y _H	1.9542	1.1062
Q _H	89.99	12.77

El análisis de Independencia de la serie dio como resultado que los datos de caudales máximos diarios anuales son independientes para un nivel de significancia del 5 %, tal como se muestra en la siguiente grafica.

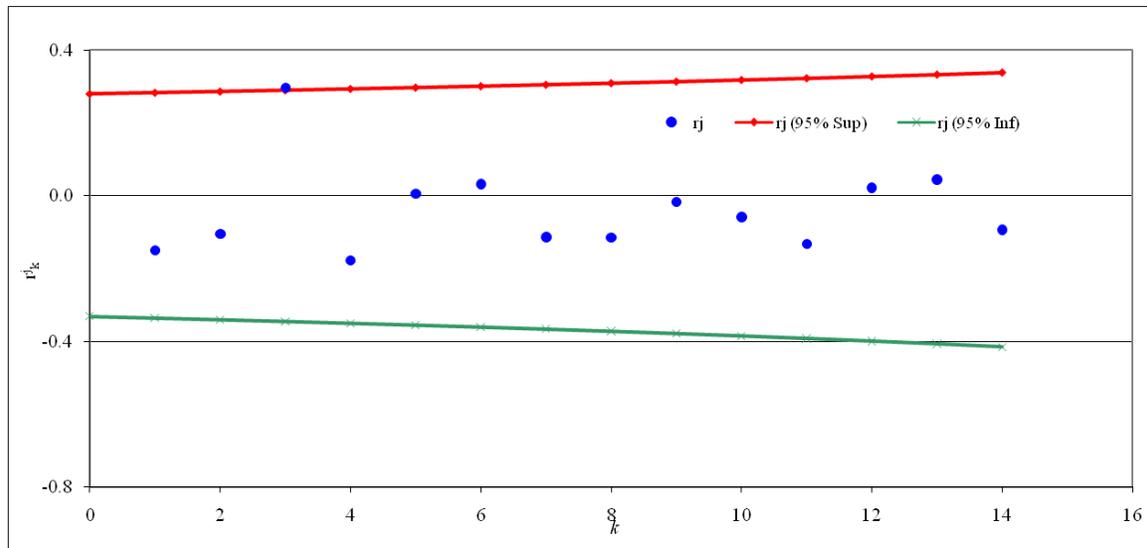


Figura 129. Prueba de independencia de Anderson serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Obonuco.

La prueba de homogeneidad de la serie dió como resultado que los datos pertenecen a una misma población, puesto que a pesar de que la prueba de Helmerdt dió una no homogeneidad de la serie, las pruebas de t de student y Cramer, que son pruebas estadísticamente más robustas, manifiestan una homogeneidad de la serie. Los estadísticos de cada una de las pruebas se presentan en la siguiente tabla.

– Análisis de Frecuencia

La evaluación por medio del método del Error Estándar de Ajuste dió como resultado que la serie de precipitaciones máximas diarios anuales de la estación Obonuco se ajusto mejor con la distribución de probabilidades Log Normal de 3 parámetros ajustada por el método de Momentos, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 64. Pruebas de homogeneidad de Helmert, t de Student y Cramer de la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Botana.

Prueba de Homogeneidad de Helmert			Prueba t de Student		Prueba de Cramer	
N° de S	N° de C	S - C	Estadístico t:	-0.42	τ_{60}	0.00243
24	15	9	Grados de Libertad	38	τ_{30}	0.17680
Estadístico:			De tabla: t =	2.0262	t_{60}	0.01835
n	40		El valor absoluto del estadístico t es menor que el valor de tabla de t para 38 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5%. Por lo tanto la serie es Homogénea		t_{30}	0.71830
$-(n_j - 1)^{0.5}$	-6.24				De tabla: t =	2.0262
$+(n_j - 1)^{0.5}$	6.24				El valor absoluto del t30 es menor que el valor de tabla de t para 38 grados de libertad y para un nivel de significancia del 5% y t60 también es menor por lo tanto la serie es Homogénea	
El estadístico (S - C) NO está comprendido entre $-(n_j - 1)^{0.5}$ y $+(n_j - 1)^{0.5}$. Por lo tanto la serie es no Homogénea						

El ajuste de la distribución Log Normal de 3 parámetros ajustada por el método de Momentos se presenta en la siguiente grafica.

Tabla 65. Evaluación de Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de caudales máximos diarios estación Obonuco

Distribución	Método de Ajuste	E.E.A. [m]
Uniforme	Momentos	15.6855
Uniforme	Máxima Verosimilitud	47.9283
Exponencial β	Momentos y M. Verosimilitud	16.4943
Exponencial x_0 y β	Momentos	8.9670
Exponencial x_0 y β	Máxima Verosimilitud	9.1811
Generalizada Exponencial	Máxima Verosimilitud	12.3975
Normal	Momentos L	13.6321
Normal	Momentos y M. Verosimilitud	13.7735
Log Normal 2 parámetros	Momentos y M. Verosimilitud	12.3554
Log Normal 3 parámetros	Momentos	9.8026
Log Normal 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	13.8956
Gamma de 2 parámetros	Momentos	11.4643
Gamma de 2 parámetros	Máxima Verosimilitud	12.3966
Gamma de 2 parámetros	Momentos L	12.4034
Gamma de 3 parámetros	Momentos	9.4723
Gamma de 3 parámetros	Máxima Verosimilitud	13.9139
Gamma de 3 parámetros	Momentos de probabilidad pesada	9.5379
Generalizada Pareto	Momentos	No Converge
Generalizada Pareto	Mínimos Cuadrados	No Converge
Generalizada Pareto	Momentos de probabilidad pesada	No Converge
Gumbel	Momentos	10.8102
Gumbel	Máxima Verosimilitud	12.5892
Gumbel	Momentos L	11.2981
Gumbel	Máxima Entropía	11.7825
General de Valores Extremos	Momentos	No Converge
General de Valores Extremos	Máxima Verosimilitud	11.0567
General de Valores Extremos	Momentos L	15.2235
Log Pearson tipo III	Momentos M. Directo	17.2730
Log Pearson tipo III	Momentos M. Indirecto	10.0596
Log Pearson tipo III	Máxima Verosimilitud	No Converge

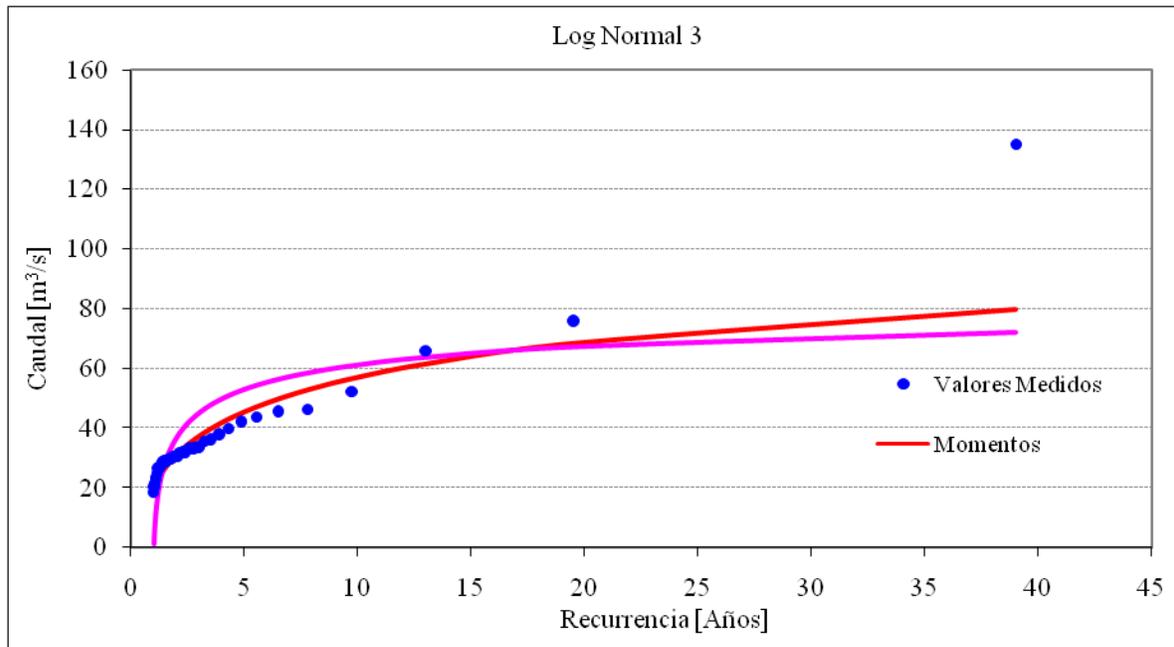


Figura 130. Ajuste de distribución de probabilidades de la serie de precipitaciones máximas diarias anuales estación Obonuco.

Las precipitaciones máximas diarias anuales para los diferentes tiempos de retorno se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 66. Precipitaciones máximas diarias anuales asociados a diferentes tiempos de retorno estación Obonuco.

Tiempo de Retorno	P(mm)
2	31
5	45
10	57
20	69
25	73
50	84
100	94

– Simulación Hidrológica

La simulación hidrológica se realizó en forma concentrada utilizando el software HEC-HMS. Este modelo tiene una gran difusión en el medio técnico profesional vinculado a la ingeniería hidrológica, por lo que su utilización constituye prácticamente una forma de estandarizar resultados y procedimientos de modelaciones a fin de su rápida comparación.

La aplicación de este modelo fue realizada en la cuenca en estudio, tratando a ésta como una sola unidad, con el fin de simplificar la modelación de diseño y no incurrir en subdivisiones que hagan engoroso al modelo sin aportar una mayor precisión y más aún cuando existe la limitante de no poder realizar una calibración debido a la ausencia de instrumentación en la cuenca y a la falta de información histórica de marcas que puedan dar una idea general de la relación precipitación caudal.

El modelo de transformación lluvia-caudal utilizado fue el de hidrograma unitario de Snyder, las pérdidas fueron determinadas por el método de estimación de la Curva Número del SCS. El caudal asociado a un periodo de retorno fue obtenido partiendo de un hietograma de proyecto construido con base en una curva IDF obtenida por desagregación de precipitaciones diarias y ajustada en forma no lineal y una duración aproximada a su tiempo de concentración (30 minutos).

- Desagregación de lluvias y construcción de la curva IDF.

Obtenidas las lluvias medias diarias asociadas a diferentes tiempos de retorno se procedió a su desagregación para finalmente establecer una relación Intensidad

duración frecuencia que permita definir un hietograma de proyecto para posteriormente ser convertido en caudal.

Para la transformación de la lluvia diaria a una lluvia de 24 horas se utilizó un coeficiente de 1.1, al igual que para el análisis de la cuenca Chapal. La desagregación se realizó con base en coeficientes obtenidos internacionalmente y reportados por la bibliografía anteriormente nombrada. Las precipitaciones diarias desagregadas en diferentes duraciones se presentan a continuación:

Tabla 67. Precipitaciones medias diarias desagregadas estación Obonuco.

Minutos	Tiempo de Retorno						
	2	5	10	20	25	50	100
P. Diaria (mm)	Anos	Anos	Anos	Anos	Anos	Anos	Anos
1440	30.87	45.40	57.05	68.89	72.65	83.79	93.75
720	33.95	49.94	62.76	75.78	79.91	92.16	103.13
600	28.86	42.45	53.35	64.42	67.92	78.34	87.66
480	27.84	40.95	51.46	62.14	65.53	75.58	84.57
360	26.48	38.96	48.95	59.11	62.33	71.89	80.44
60	24.45	35.96	45.19	54.56	57.54	66.36	74.25
30	14.26	20.98	26.36	31.83	33.56	38.71	43.31
20	10.55	15.52	19.51	23.55	24.84	28.64	32.05
10	8.55	12.57	15.80	19.08	20.12	23.20	25.96
5	5.70	8.38	10.53	12.72	13.41	15.47	17.31
	3.59	5.28	6.63	8.01	8.44	9.74	10.90

Con los datos obtenidos a través de la desagregación se procedió a encontrar los parámetros de la ecuación por medio de un ajuste no lineal. La ecuación encontrada con esta metodología fue:

$$i = \frac{297.41 T_R^{0.24}}{(D - 9.19)^{0.71}}$$

En Donde:

i: Intensidad en milímetros/hora

Tr: Tiempo de retorno en anos.

D: Duración en minutos

- Construcción del hietograma de proyecto.

Definida la relación Intensidad-Frecuencia-Duración se procedió a definir el hietograma de proyecto para un tiempo de retorno de 25 Años y una duración aproximada al tiempo de concentración de la cuenca. La distribución temporal fue realizada por la metodología de bloques alternos debido a la escasa información disponible de patrones temporales de lluvia en la región.

Tabla 68. Hietograma de proyecto Tiempo de Retorno 25 Años cuenca Chancos-Figueroa.

	1	2	3	4	5	6
Duracion (min)	5	10	15	20	25	30
Intensidad(mm/hr)	96.94	78.10	66.17	57.84	51.65	46.84
Precipitacion (mm)	8.08	13.02	16.54	19.28	21.52	23.42
δP (mm)	8.08	4.94	3.53	2.74	2.24	1.90
Arreglo (1/4)	3.53	8.08	4.94	2.74	2.24	1.90

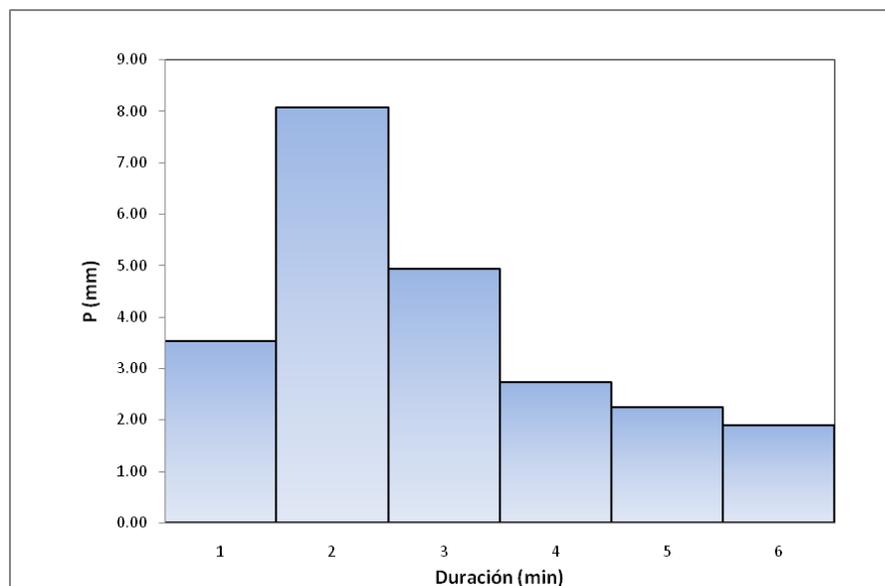


Figura 131. Hietograma de Proyecto Tiempo de Retorno 25 Años cuenca Chancos-Figueroa.

- Abstracciones

Las abstracciones fueron estimadas por la metodología de la Curva Número del S.C.S para lo cual los suelos de la cuenca fueron clasificados en 4 categorías, suelos tipo A,B,C,D, a partir de su textura y espesor, tal como se realizó en el anterior ítem.

La clasificación textural y espesor fue determinado con los perfiles que caracterizaron el orden taxonómico y la consociación de suelos en el departamento de Nariño (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004)

Una vez determinada la composición textural del suelo y con base en la metodología del I M.O.P.U se procedió a realizar clasificación hidrológica del suelo, la cual fue especializada con técnicas de geoprocésamiento disponibles en Arc Gis 9.3.

Para el Uso, tratamiento y condición hidrológica de suelos se procedió a establecer una equivalencia entre dicha clasificación y la obtenida por la metodología de Corín land cover (Nivel II), tal como se presentó en el ítem de análisis de la cuenca Chapal.

Los resultados de la combinación de la clasificación hidrológica de suelos con el mapa de uso, tratamiento y condición hidrológica dieron como resultado la espacialización del CN para la cuenca Chancos Figueroa. El estado de humedad antecedente de acuerdo a la metodología el CN de la cuenca fue determinado con una condición humedad antecedente (II), sin embargo para efectos de la modelación de eventos máximos también se calculó el valor del CN para una condición antecedente (III), ya que la lluvia almacenada durante los cinco días

anteriores superará los 53 mm. El valor del CN de la cuenca Miraflores para la condición antecedente (III) fue de 90 el cual fue calculado con técnicas de geoprocesamiento disponibles en Arcgis 9.3. El caudal máximo obtenido a partir de las anteriores condiciones fue de 12.1 m³/s, tal como se muestra en la siguiente figura.

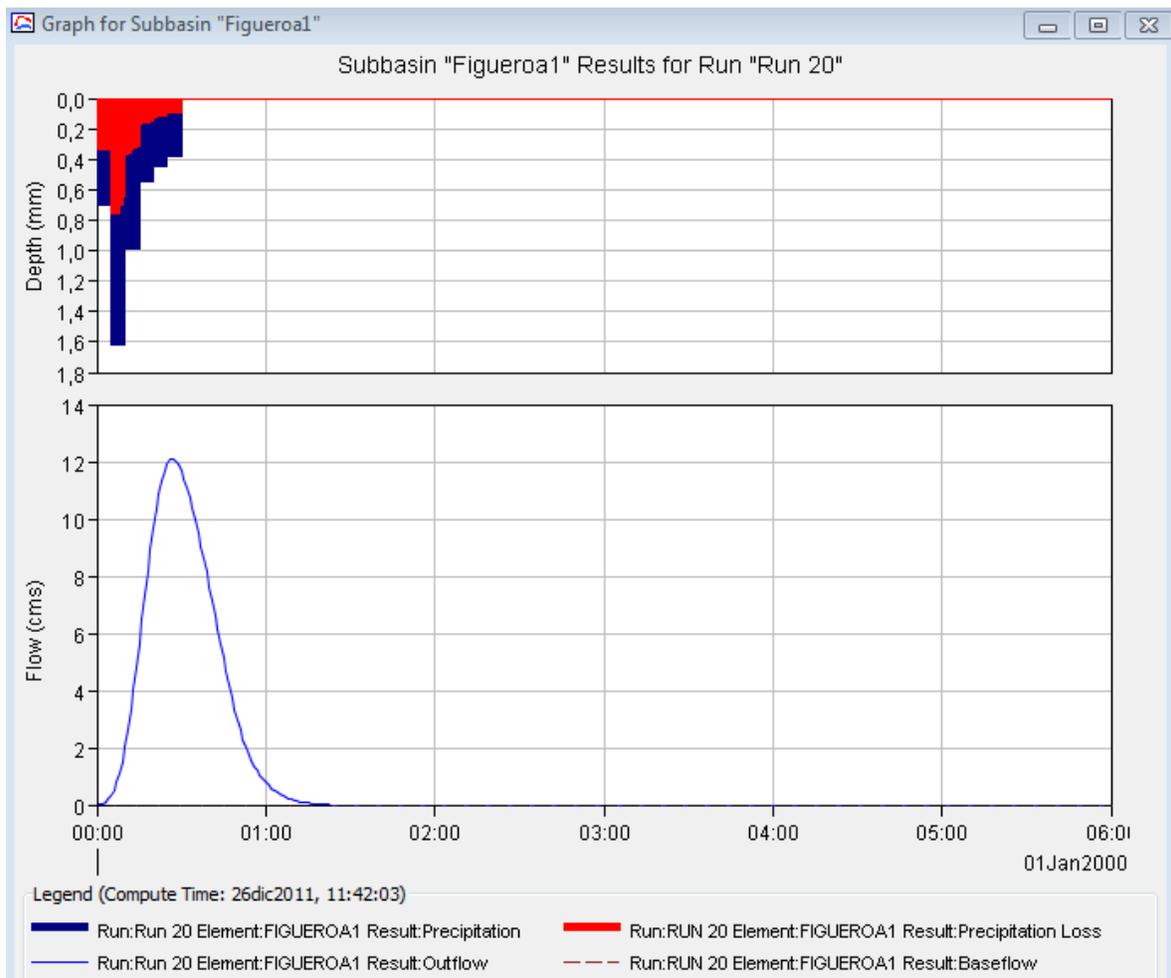


Figura 132. Hidrograma tiempo de retorno de 25 Años Cuenca del río Chancos Figueroa.

ESTUDIO HIDRÁULICO

Los tramos de los ríos objeto fueron modelados con HEC-GeoRAS[®]. La modelación realizada contempló el empleo de un régimen de flujo diferente: permanente. Esta supuso un caudal máximo modelado previamente definidos en el análisis hidrológico.

Para la representación de las geometrías de los tramos modelados fueron empleadas las informaciones de canales de radar y batimetría para las corrientes de la zona pacífica y relevamientos topográficos para la zona Andina. Los datos provistos correspondieron a secciones transversales del río y a las distancias entre ellas obtenidas por el modelo Geo del Hec-Ras.

La obtención del seccionamiento transversal permitió conformar la geometría del modelo, esta incluyó depuración de puntos a los efectos de compatibilizar el nivel de detalle de las mismas con las exigencias del modelo.

La determinación del valor del coeficiente de rugosidad de Manning para cada tramo del río fue realizada considerando los distintos factores que influyen sobre el mismo, tales como: macro rugosidad superficial, vegetación, irregularidad y alineamiento del canal, sedimentación y socavación, obstrucción, tamaño y forma del canal y nivel del agua y caudal predominantes.

Los valores del coeficiente de rugosidad de Manning fueron deducidos a partir de la documentación propuesta por US SCS, que contempla diferentes clases de canales naturales, empleando como base las imágenes elaboradas por el U.S. Department of Agricultura y los mapas de suelos disponibles en los esquemas de ordenamiento territorial de los municipios a excepción de los cauces del río Pasto,

Chapal y Chancos-Figueroa en donde se realizó un análisis detallado de las diferentes planicies de inundación con imágenes disponibles e Google Earth.

La determinación de líneas de inundación para margen derecha e izquierda en los tramos en estudio se realizó con base en los resultados del modelo hidráulico corrido en régimen permanente, considerando el caudal máximo de la crecida correspondiente a un tiempo de retorno de 25 años. El resultado obtenido se presenta a continuación.

Río Patía-Bocas de Satinga.

- Determinación de las Características del río

La modelación hidráulica del río Patía en el tramo correspondiente a Bocas de Satinga inició antes del canal de alivio y terminó en la confluencia con el río Satinga. La información cartográfica base fue el resultado del contraste imágenes radar, con batimetrías realizadas en un estudio previo, el cual fue realizado por la universidad Nacional de Medellín.

Los coeficientes de Manning fueron asignados con base en las características de rugosidad del río tanto en su sección llena como en su planicie de inundación, para lo cual se utilizó el mapa de uso de suelos del municipio.

La delimitación de las áreas inundables fue el producto de la utilización de una topo batimetría ajustada con imágenes radar, el seccionamiento del cauce principal con la herramienta Geo de Hec-Ras, la definición del n de manning y la simulación hidráulica en régimen estacionario.

En las siguientes figuras se presenta el seccionamiento del cauce y el resultado en forma gráfica de la modelación hidráulica en las diferentes secciones del río con un caudal correspondiente a un tiempo de retronó de 25 años.

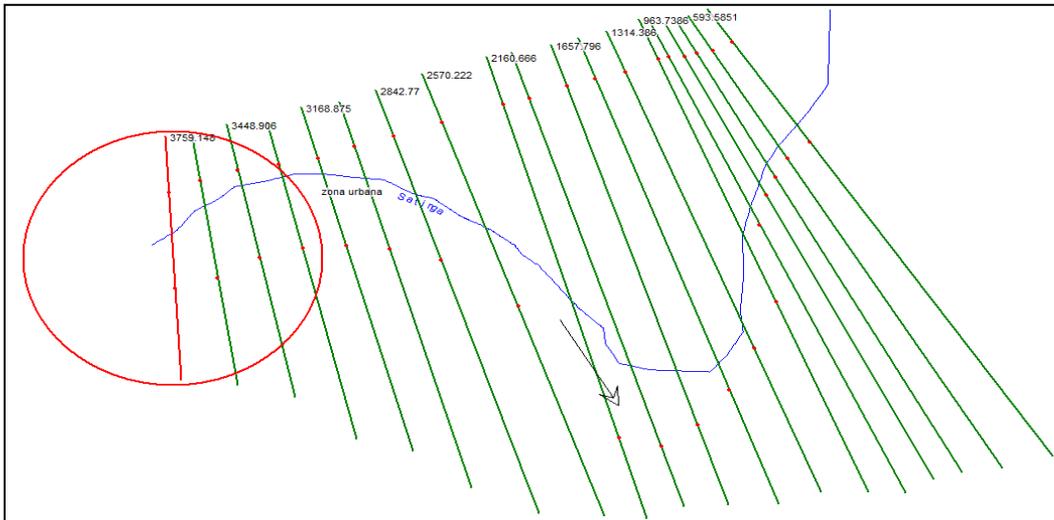


Figura 133. Seccionamiento río Patía tramo Bocas de Satinga con fines de la modelación hidráulica.

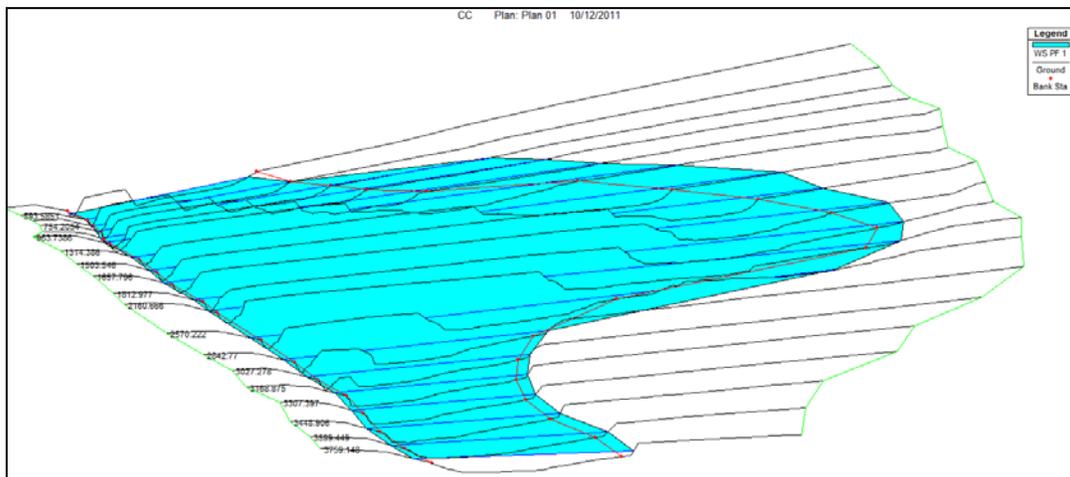


Figura 134. Modelación hidráulica en el cauce del río Patía tramo Bocas de Satinga.

Río Telembí-Cabecera municipal Barbacoas

La modelación hidráulica del río Patía en el tramo correspondiente a Barbacoas cabecera municipal inició antes del tramo urbano del municipio y culminó en la confluencia con el río Guagui. La información cartográfica base fue el resultado del contraste imágenes radar, con batimetrías levantadas en este proyecto.

Los coeficientes de Manning fueron asignados con base en las características de rugosidad del río tanto en su sección llena como en su planicie de inundación, para lo cual se utilizó el mapa de uso de suelos del municipio. La delimitación de las áreas inundables fue el producto de la utilización de una topo batimetría ajustada con imágenes radar, el seccionamiento del cauce principal con la herramienta Geo de Hec-Ras, la definición del n de manning y la simulación hidráulica en régimen estacionario.

En las siguientes figuras se presenta el seccionamiento del cauce y el resultado en forma gráfica de la modelación hidráulica en las diferentes secciones del río con un caudal correspondiente a un tiempo de retronó de 25 años.

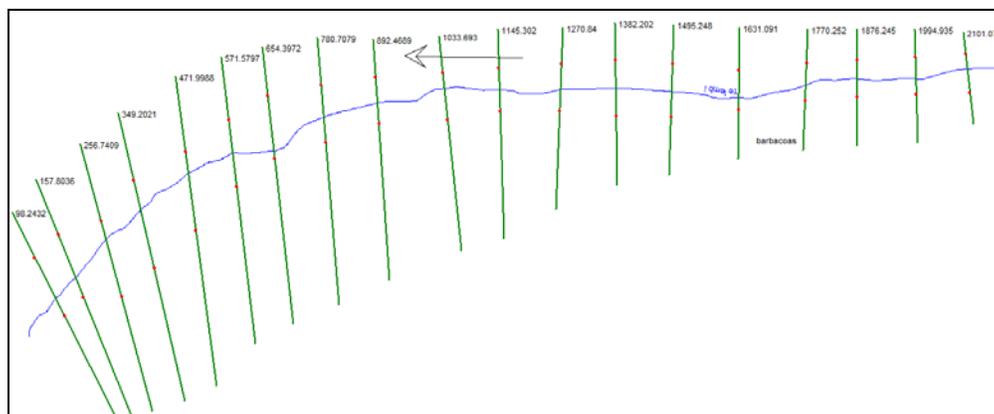


Figura 136. Seccionamiento río Telembí tramo urbano del municipio de Barbacoas.

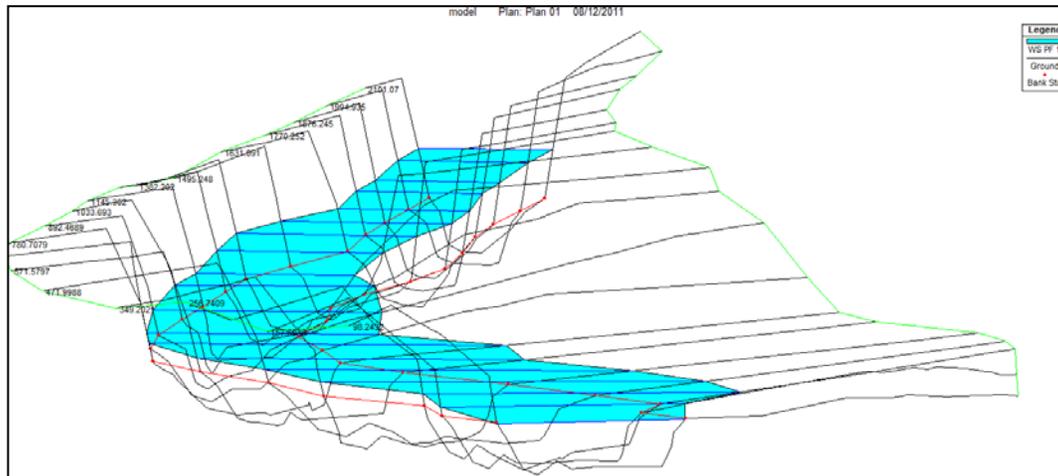


Figura 137. Modelación hidráulica cauce del río Telembí tramo urbano Barbacoas.

Río Mira-Imbilí Candelillas

La modelación hidráulica del río Mira en el tramo correspondiente a zona rural del municipio de Tumaco inició en la población de Imbilí y terminó en candelillas. La información cartográfica base fue el resultado del contraste imágenes radar, con batimetrías realizadas en campo e información de estudios previos realizados por Corponariño los cuales han dilucidado dicha problemática.

Los coeficientes de Manning fueron asignados con base en las características de rugosidad del río tanto en su sección llena como en su planicie de inundación, para lo cual se utilizó el mapa de uso de suelos del municipio.

La delimitación de las áreas inundables fue el producto de la utilización de una topo batimetría ajustada con imágenes radar, el seccionamiento del cauce principal con la herramienta Geo de Hec-Ras, la definición del n de manning y la simulación hidráulica en régimen estacionario.

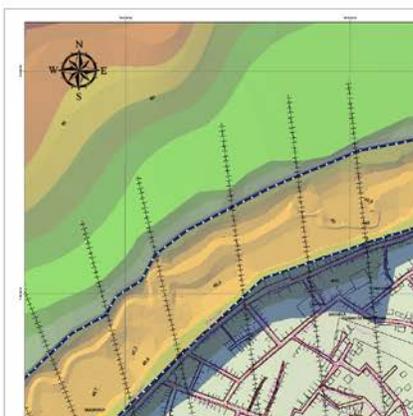


Figura 138. Áreas Inundables río Telembí Tramo urbano municipio de Barbacoa

En las siguientes figuras se presenta el seccionamiento del cauce y el resultado en forma gráfica de la modelación hidráulica en las diferentes secciones del río con un caudal correspondiente a un tiempo de retronó de 25 años.

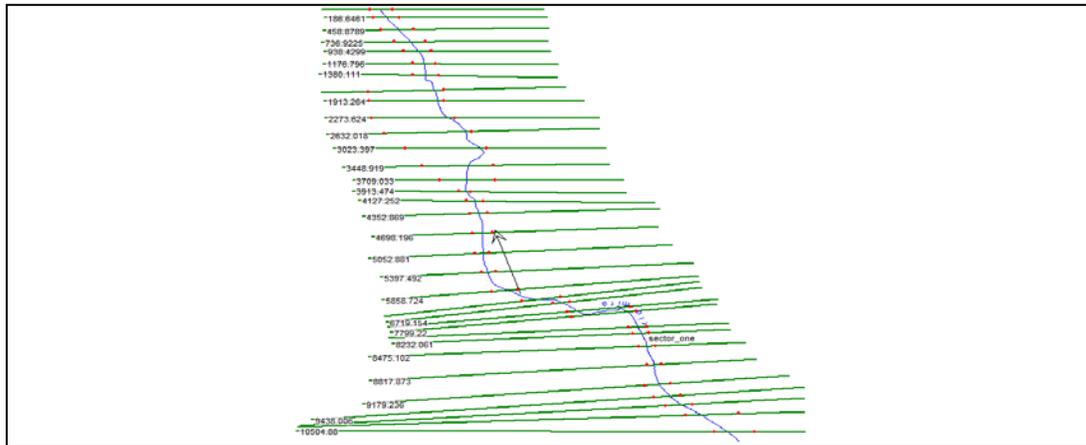


Figura 139. Seccionamiento río Mira tramo Imbilí Candelillas con fines de la modelación hidráulica.

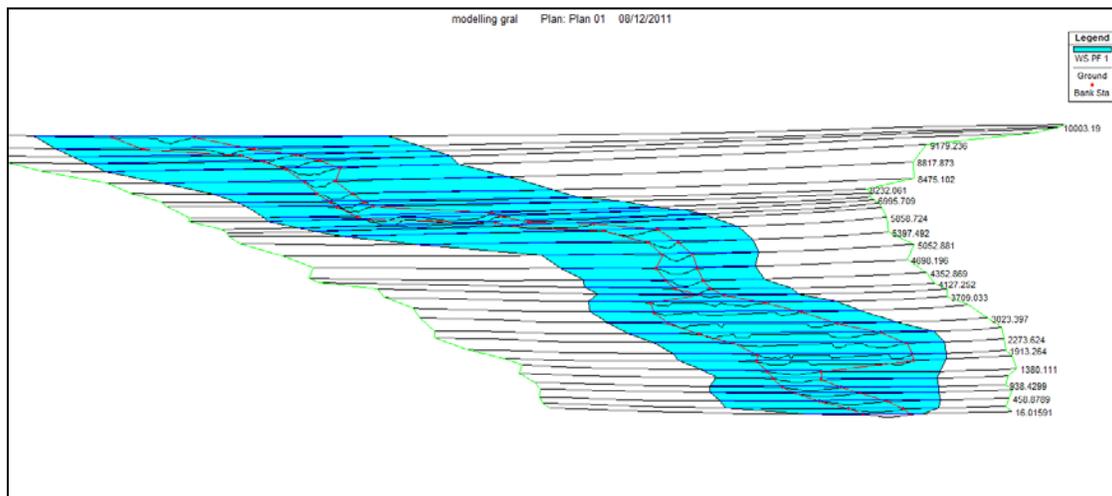


Figura 140. Modelación hidráulica del río Mira tramo imbilí Candelillas.

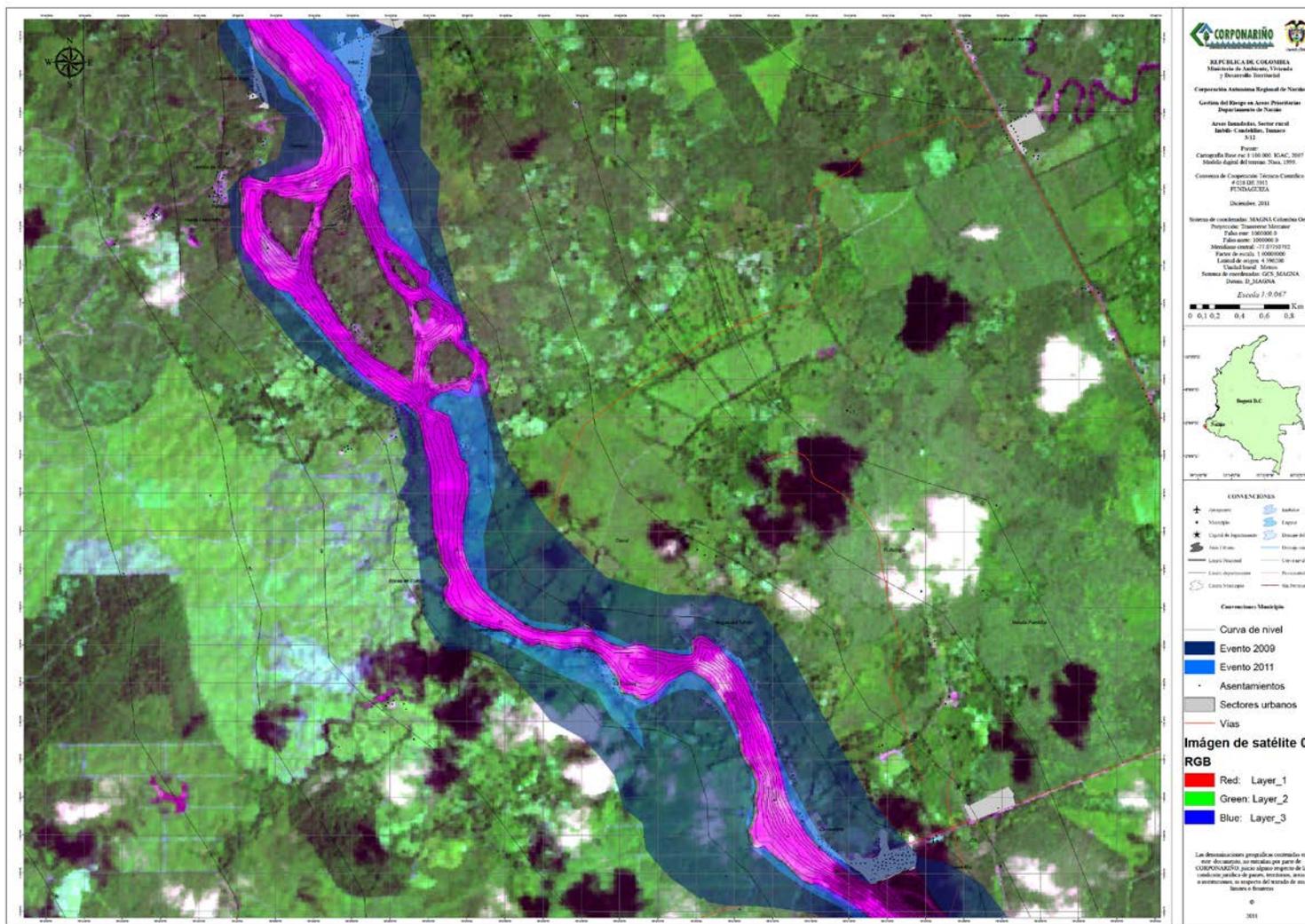


Figura 141. Áreas Inundables río Mira Tramo Imbilí Candelillas.

Río Pasto-Bocatoma Centenario-Juan XXIII

La modelación hidráulica del río Pasto en el tramo correspondiente a su sector urbano inició en el punto Bocatoma Centenario y terminó en el sector conocido como JUAN XXIII. La información cartográfica base fue el resultado del contraste imágenes satelitales Iconos con topografía realizada en el presente estudio, principalmente en el sector Hospital Infantil-Barrio Morasurco.

Los coeficientes de Manning fueron asignados con base en las características de rugosidad del río tanto en su sección llena como en su planicie de inundación, para lo cual se utilizó las imágenes satelitales Iconos disponibles en el área.

La delimitación de las áreas inundables fue el producto de la utilización de la topografía con imágenes de Satélite Iconos, el seccionamiento del cauce principal con la herramienta Geo de Hec-Ras, la definición del n de manning y la simulación hidráulica en régimen estacionario.

En las siguientes figuras se presenta el seccionamiento del cauce y el resultado en forma gráfica de la modelación hidráulica en las diferentes secciones del río con un caudal correspondiente a un tiempo de retronó de 25 años.

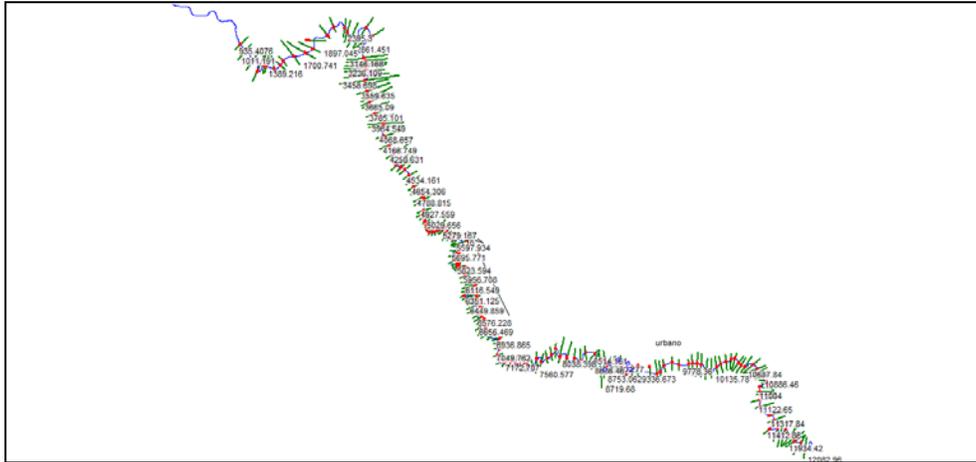


Figura 142. Seccionamiento río Pasto sector Bocatoma Centenario-Juan XXIII con fines de la modelación hidráulica.

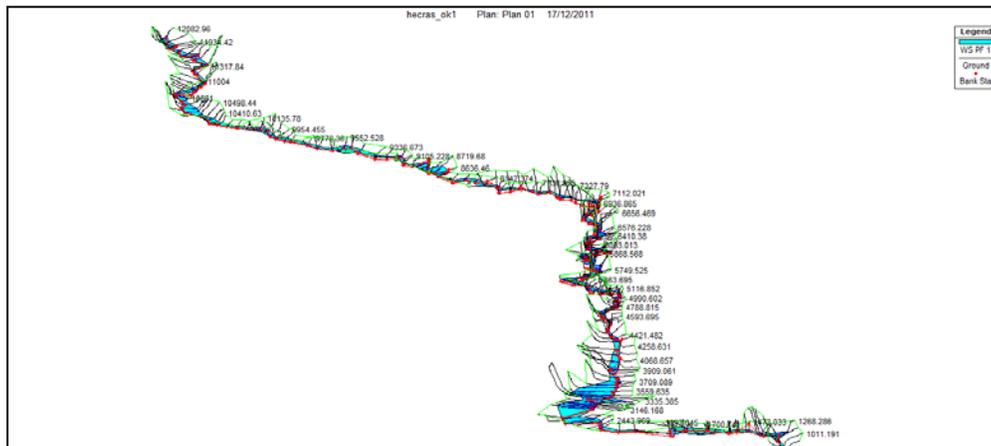


Figura 143. Modelación hidráulica del río Pasto tramo Bocatoma Centenario-Juan XXIII.

Río Chapal- Los Cristales-Hospital Departamental

La modelación hidráulica del río Chapal en su tramo urbano inició en el barrio Los Cristales antes del parque recreacional Chapalito y culminó en el canal las Lunas a la altura del hospital Departamental. La información cartográfica base fue el resultado del contraste imágenes satelitales Iconos, con topografía realizada en el presente estudio.

Los coeficientes de Manning fueron asignados con base en las características de rugosidad del río tanto en su sección llena como en su planicie de inundación, para lo cual se utilizó las imágenes satelitales Iconos disponibles en el área.

La delimitación de las áreas inundables fue el producto de la utilización de una topografía con imágenes satelitales Iconos, el seccionamiento del cauce principal con la herramienta Geo de Hec-Ras, la definición del n de manning y la simulación hidráulica en régimen estacionario.

En las siguientes figuras se presenta el seccionamiento del cauce y el resultado en forma gráfica de la modelación hidráulica en las diferentes secciones del río con un caudal correspondiente a un tiempo de retronó de 25 años.

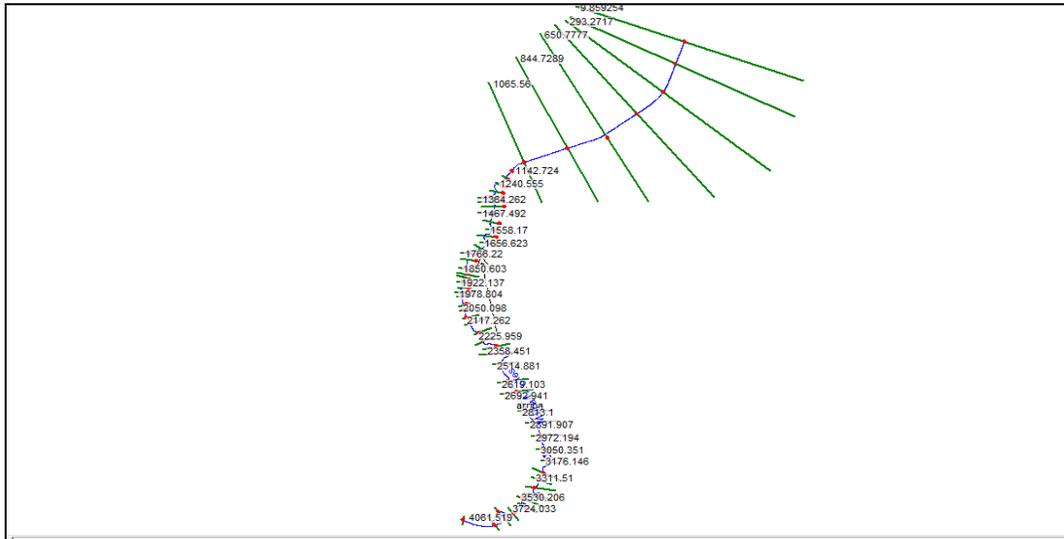


Figura 145. Seccionamiento río Chapal tramo Los Cristales-Hospital Departamental.

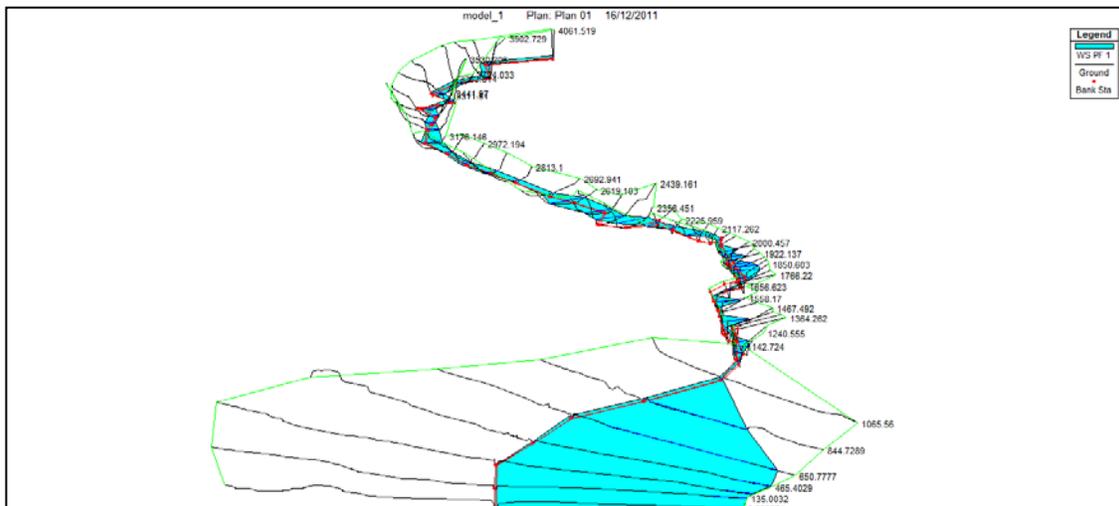


Figura 146. Sección cauce del río Patía tramo Bocas de Satinga.

Quebrada Los Chancos-Rural-CEANI

La modelación hidráulica de la quebrada Chancos Figueroa en el tramo correspondiente urbano de la ciudad de Pasto inició en la zona rural en el sector Mapachico y culminó en el sector Figueroa sector de la universidad Cooperativa. La información cartográfica base fue el resultado del contraste imágenes de satélite Iconos, con topografía realizada en el presente estudio.

Los coeficientes de Manning fueron asignados con base en las características de rugosidad del río tanto en su sección llena como en su planicie de inundación, para lo cual se utilizó las imágenes satelitales Iconos disponibles en el área.

La delimitación de las áreas inundables fue el producto de la utilización de una topo batimetría ajustada con imágenes radar, el seccionamiento del cauce principal con la herramienta Geo de Hec-Ras, la definición del n de manning y la simulación hidráulica en régimen estacionario.

En las siguientes figuras se presenta el seccionamiento del cauce y el resultado en forma gráfica de la modelación hidráulica en las diferentes secciones del río con un caudal correspondiente a un tiempo de retronó de 25 años.

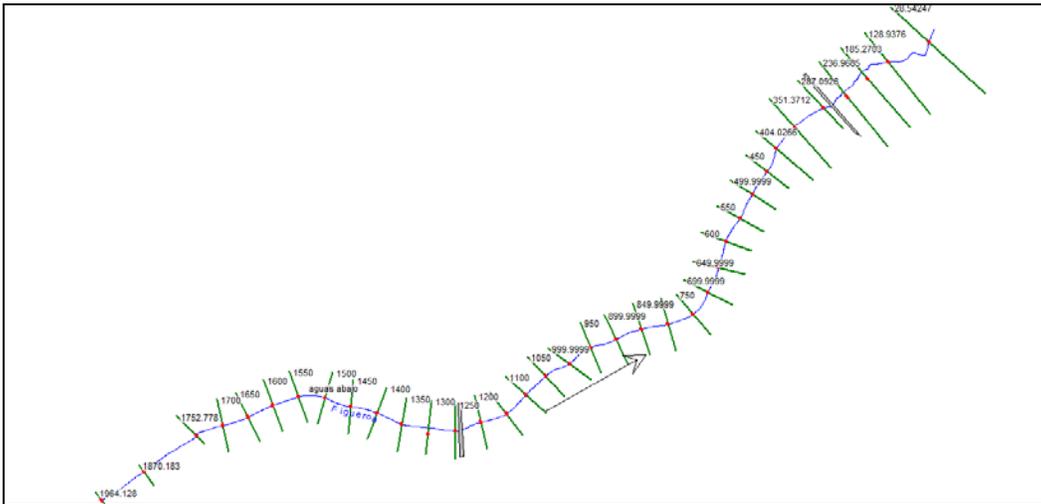


Figura 148. Seccionamiento de la quebrada Chancos Figueroa con fines de la modelación hidráulica.

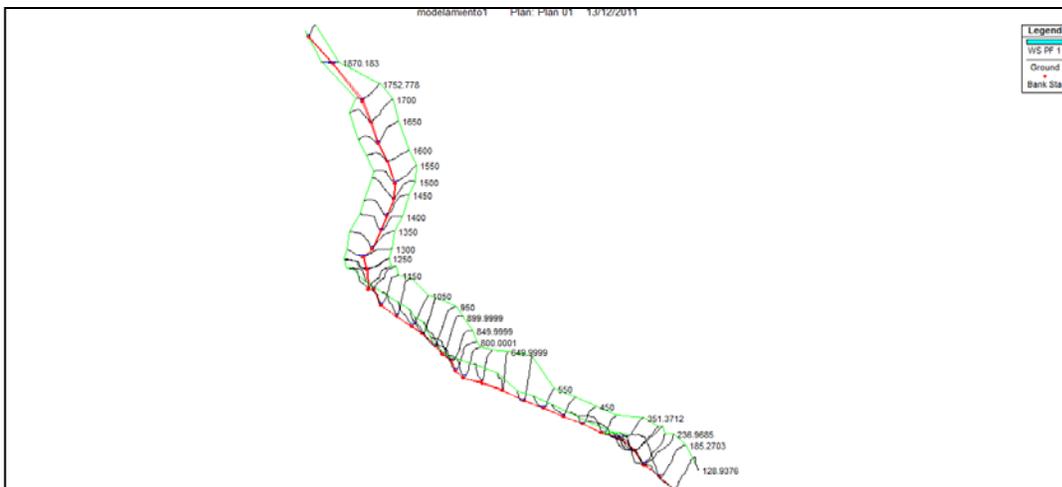


Figura 149. Modelación Hidráulica cauce de la quebrada Chancos Figueroa.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Revisión de las estructuras de entrada y de la capacidad hidráulica de sistemas que canalicen fuentes hídricas superficiales, tales como: Conductos, canales en el río Miraflores y la quebrada figueroa, siendo entendible a fuentes con las mismas características.

Revisión de Alturas de puentes y ubicación de estribos, así como la capacidad de Box-Coulvert

Zona Pacífica

– Río Mira

Restablecimiento de la estación hidrométrica San Juan (Río Mira).

Ordenamiento del territorio en la zona demarcada como área inundable en el sector Imbillí- Candelillas

Implementación de sistemas de alerta temprana en zonas declaradas como inundables y no reubicables a corto plazo en el tramo Imbilí-Candelillas

Formulación de un plan de reubicación de construcciones de importancia pública de las zonas demarcadas como inundables tales como: Colegios, centros de salud, acueductos, entre otros.

– Río Patía

Instrumentación del río Patía que permita la medición de caudales en proximidades a Bocas de Satinga y en general en poblaciones costeras.

Ordenamiento del territorio en la zona demarcada como área inundable en la población de Bocas de Satinga.

Implementación de sistemas de alerta temprana en zonas declaradas como inundables y no reubicables a corto plazo en el tramo Imbilí-Candelillas

Formulación de un plan de reubicación de construcciones de importancia pública de las zonas demarcadas como inundables tales como: Colegios, centros de salud, acueductos, entre otros.

Desarrollo de estudios complementarios de líneas de inundación sobre el río Sanquianga.

– **Río Telembí**

Reubicación de la estación Salí en proximidades a la cabecera municipal de Barbacoas (Río Telembí).

Ordenamiento del territorio en la zona demarcada como área inundable en la población de Barbacoas

Implementación de sistemas de alerta temprana en zonas declaradas como inundables y no reubicables a corto plazo en la cabecera urbana de Barbacoas

Formulación de un plan de reubicación de construcciones de importancia pública de las zonas demarcadas como inundables tales como: Colegios, centros de salud, acueductos, entre otros.

Desarrollo de estudios complementarios de líneas de inundación sobre el río Guagui.

Zona Andina

– **Río Quiña**

Realizar un estudio para la demarcación de líneas de inundación en la cabecera urbana de San Bernardo.

Realización de estudios que permitan definir la estabilidad de taludes en proximidades al río.

Revisión de las estructuras de entrada y de la capacidad hidráulica de sistemas que canalicen fuentes hídricas superficiales, tales como: Conductos y canales.

Revisión de Alturas de puentes y ubicación de estribos, así como la capacidad de Box-Coulvert.

– **Río Mayo**

Realizar un estudio para la demarcación de líneas de inundación en la cabecera urbana de San Pablo.

Realización de estudios que permitan definir la estabilidad de taludes en proximidades al río.

Revisión de las estructuras de entrada y de la capacidad hidráulica de sistemas que canalicen fuentes hídricas superficiales, tales como: Conductos y canales.

Revisión de Alturas de puentes y ubicación de estribos, así como la capacidad de Box-Coulvert.

Laguna de la Cocha

Realizar un estudio para la demarcación de la línea de perillago en el lago Guamués

– **Río Pasto**

Ordenamiento del territorio en la zona demarcada como área inundable en la población de San Juan de Pasto.

Implementación de sistemas de alerta temprana en zonas declaradas como inundables y no reubicables a corto plazo en la cabecera urbana de San Juan de Pasto

Formulación de un plan de reubicación de construcciones de importancia pública de las zonas demarcadas como inundables tales como: Colegios, centros de salud, acueductos, entre otros.

Revisión de las estructuras de entrada y de la capacidad hidráulica de sistemas que canalicen fuentes hídricas superficiales, tales como: Conductos y canales.

Revisión de Alturas de puentes y ubicación de estribos, así como la capacidad de Box-Coulvert.

– **Quebrada Chapal**

Ordenamiento del territorio en la zona demarcada como área inundable en la población de San Juan de Pasto.

Implementación de sistemas de alerta temprana en zonas declaradas como inundables y no reubicables a corto plazo en la cabecera urbana de San Juan de Pasto

Formulación de un plan de reubicación de construcciones de importancia pública de las zonas demarcadas como inundables tales como: Colegios, centros de salud, acueductos, entre otros.

Revisión de las estructuras de entrada y de la capacidad hidráulica de sistemas que canalicen fuentes hídricas superficiales, tales como: Conductos y canales.

Revisión de Alturas de puentes y ubicación de estribos, así como la capacidad de Box-Coulvert.

– **Quebrada Los Chancos-Figueroa**

Ordenamiento del territorio en la zona demarcada como área inundable en la población de San Juan de Pasto.

Implementación de sistemas de alerta temprana en zonas declaradas como inundables y no reubicables a corto plazo en la cabecera urbana de San Juan de Pasto

Formulación de un plan de reubicación de construcciones de importancia pública de las zonas demarcadas como inundables tales como: Colegios, centros de salud, acueductos, entre otros.

Revisión de las estructuras de entrada y de la capacidad hidráulica de sistemas que canalicen fuentes hídricas superficiales, tales como: Conductos y canales.

Revisión de Alturas de puentes y ubicación de estribos, así como la capacidad de Box-Coulvert.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDIA MUNICIPAL DE BUESACO. Esquema de Ordenamiento Territorial, Municipio de 2000-2009.

COMITÉ LOCAL DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES, Plan Local de Emergencias y Contingencias, Municipio de Albán 2007.

COMITÉ LOCAL DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES, Plan Local de Emergencias y Contingencias, Municipio de Olaya Herrera 2008.

COMITÉ LOCAL DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES, Plan Local de Emergencias y Contingencias, Municipio de San Pablo 2010

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO, Plan Básico de Ordenamiento Territorial, Municipio de Barbacoas 2006-2015.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO, Esquema de Ordenamiento Territorial, Municipio Olaya Herrera 2007.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE NARIÑO, Plan de Ordenamiento Territorial, Municipio de Tumaco. 2008-2019

CREPAD. Reportes de deslizamientos y movimientos en masa. Inédito. 2011.

CRUDEN, D.M. & VARNES, D.J., 1996. Landslide Types and Processes. In Turner, A.K. & Schuster, R.L., 1996:

DANE. Resultados consolidados Registro único de damnificados por la emergencia invernal 2010–2011.

ESQUEMA EVOLUCIÓN DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL DEL RÍO SANQUIANGA (Alrededores Casco urbano Municipio Olaya Herrera Nariño). Zona pacífica: obras de protección marginal, municipio de Olaya herrera (bocas de Satínga).

ESTIMACIÓN ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIÓN DURANTE EL PRIMER SEMESTRE DE 2011, Cauca, Nariño. Subdirección de Hidrología, IDEAM, Abril del 2011.

GOBERNACION DE NARIÑO, Comité Regional para la Prevención y Atención de Desastre CREPAD. Plan Departamental de Contingencias por la Ola Invernal Departamental de Nariño 2010-2011. San Juan de Pasto, Marzo de 2011.

GOBERNACION DE NARIÑO, Comité Regional para la Prevención y Atención de Desastre CREPAD. Plan Departamental Para la Prevención y Atención de Desastre 2007-2017. San Juan de Pasto 2011.

GOBERNACION DE NARIÑO, Comité Regional para la Prevención y Atención de Desastre CREPAD. Plan Departamental de Contingencias por la Ola Invernal Departamental de Nariño 2010-2011. San Juan de Pasto, Marzo de 2011.

GANANCIAS, F; BERTONI, J; MAFLA, F; Estimación de líneas de rivera y de peligro humano en Áreas turísticas Serranas. Córdoba, Abril del 2007.

HERRERO A., HUERTA L. & ISIDRO M. A Handbook on Flood Hazard Mapping Methodologies. Geological Survey of Spain. Madrid. ES: 18p

IDEAM. Mapa de línea base de inundación de Colombia. Instituto de Meteorología, Hidrología y estudio ambientales - IDEAM. Bogotá. D. C, 2010.

INGEOMINAS. Catálogo de movimientos en masa. Instituto de investigación e información geocientífica, minero - ambiental y nuclear. Bogotá D.C, 2002: 289p, 2002.

INVIAS – AQUATERA .Estudios geotécnicos y diseño de las obras para controlar la inestabilidad en el paso por Buesaco, de la carretera Pasto – Buesaco - Higueros

MARTIN. P. Ingeniería de Ríos. Universidad Politécnica de Cataluña de Barcelona. España. 2002: 34p

MONCAYO, I, Zonificación de amenazas por inundación en la cuenca media del Rio Pasto, sector de San Juan de Pasto. Departamento de Nariño.

YARPAZ, W. Estimación de líneas de inundación en el tramo urbano de la cuenca media del rio pasto. Departamento de Nariño, 2008.

ZONIFICACION DE AMENAZA POR INUNDACIONES EN UN SECTOR DEL RIO MIRA, MUNICIPIO DE TUMACO. Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, DICIEMBRE DEL 2009, p50