CONTRATO No. 0011 DE 2023

SERVICIOS DE UN PROFESIONAL CON EXPERIENCIA EN METEOROLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS, EN EL MARCO DEL PROYECTO "FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA. BPIN. 2017002440008".

INFORME No. 5

11 de diciembre de 2023 a 10 enero de 2024

LUIS MANUEL RODRIGUEZ ROMERO

INGENIERO CIVIL

CONTRATISTA

YOVANY DELGADO MORENO

SUPERVISOR

JUAN JOSÉ NAJERA ARREGOCÉS

INTERVENTOR

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA, CORPOGUAJIRA

RIOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

ENERO DE 2024

INTRODUCCION

El presente documento corresponde al informe No. 5 (periodo comprendido entre el 11 de diciembre de 2023 al 10 de enero de 2024) de las actividades del contrato No. 0011 de 2023, cuyo objeto es SERVICIOS DE UN PROFESIONAL CON EXPERIENCIA EN METEOROLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS, EN EL MARCO DEL PROYECTO "FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA DE ALERTAS TEMPRANAS EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA. BPIN. 2017002440008".

En este informe se plasman las actividades específicas relacionadas con el contrato antes mencionado, como son:

1. Análisis de la información histórica de las estaciones meteorológicas.

Tareas:

- Asesoría en la implementación de una red de alertas tempranas en el departamento partiendo de las estaciones ya construidas y en operación tanto de la Corporación como del IDEAM, para terminar de cubrir el territorio del departamento.
- Capacitación a las comunidades para la socialización del cuidado e importancia de las estaciones hidrometeorológicas instaladas.
- Manejo de la información que arrojan las estaciones hidrometeorológicas del SAT.
- Priorizar zonas de alto riesgo por eventos climáticos según históricos.
- Interpretación, verificación de la información hidrológica de los afluentes hídricos generados por el IDEAM u otras estaciones del departamento para detectar zonas de inundación y zonificar en mapas. y 2. Realizar visitas de campo para la acreditación de las estaciones.

2. Realizar visitas a campo para la acreditación de estaciones meteorológicas ante la entidad competente.

Tareas:

- Se plantea para esta actividad que el profesional especializado realice 12 visitas para generar 12 informes técnicos con el estado de las estaciones detallando el cumplimiento de normas nacionales y/o internacionales. Dichos informes serán enviados por la Corporación al IDEAM para que sean revisados y desde sus competencias puedan pronunciarse sobre temas de acreditación o emitir un concepto sobre las estaciones.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION 2

1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS. 6

1.1. ASESORÍA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE ALERTAS TEMPRANAS EN EL DEPARTAMENTO PARTIENDO DE LAS ESTACIONES YA CONSTRUIDAS Y EN OPERACIÓN TANTO DE LA CORPORACIÓN COMO DEL IDEAM, PARA TERMINAR DE CUBRIR EL TERRITORIO DEL DEPARTAMENTO. 6

1.2. CAPACITACIÓN A LAS COMUNIDADES PARA LA SOCIALIZACIÓN DEL CUIDADO E IMPORTANCIA DE LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS INSTALADAS. 9

1.3. MANEJO DE LA INFORMACIÓN QUE ARROJAN LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS DEL SAT. 9

1.4. PRIORIZAR ZONAS DE ALTO RIESGO POR EVENTOS CLIMÁTICOS SEGÚN HISTÓRICOS.. 10

1.5. INTERPRETACIÓN, VERIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROLÓGICA DE LOS AFLUENTES HÍDRICOS GENERADOS POR EL IDEAM U OTRAS ESTACIONES DEL DEPARTAMENTO PARA DETECTAR ZONAS DE INUNDACIÓN Y ZONIFICAR EN MAPAS. 11

1.5.1. Análisis de las series de caudales medios diarios, y medios, máximos y mínimos anuales. ... 11

1.5.2. Determinación de crecientes con un análisis de frecuencias para diferentes periodos de retorno. 15

2. REALIZAR VISITAS A CAMPO PARA LA ACREDITACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS ANTE LA ENTIDAD COMPETENTE. 30

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de Estaciones en una Red Básica Método de Gandín. 6
Tabla 2. Análisis estadístico de las series de datos de temperatura de las 1:00 pm de las estaciones del SAT. 9
Tabla 3. Parámetros estadísticos obtenidos de la serie de caudales de la estación MINGUEO [15037030]. 11
Tabla 4. Parámetros estadísticos obtenidos de la serie de caudales de la estación ANCHO [15037010]. 13
Tabla 5. Valores del factor de frecuencia k1. 17
Tabla 6. Valores representativos de la función gamma. 20
Tabla 7. Factor de frecuencia k3 para coeficientes de oblicuidad positivos. 21
Tabla 8. Factor de frecuencia k3 para coeficientes de oblicuidad negativos. 22
Tabla 9. Factor de frecuencia k4 en función del período de retorno y del coeficiente de asimetría. 24
Tabla 10. Factor de frecuencia k5 para diferentes períodos de retorno y longitudes del registro. 27
Tabla 11. Caudales obtenidos con diferentes períodos de retorno en la estación MINGUEO [15037030]. 27
Tabla 12. Caudales obtenidos con diferentes períodos de retorno en la estación ANCHO [15037010]. ... 28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cubrimiento de las estaciones del SAT e IDEAM del grupo 2 (CO y ME), según el Método de Gandín. 6
Figura 2. Cubrimiento de las estaciones del SAT e IDEAM del grupo 2 (CO y ME) mas grupo 1 con radio de 30 Km, según el Método de Gandín. 8
Figura 3. Zonas que presentan alto riesgo por incendios de la cobertura vegetal. 10
Figura 4. Serie de caudales medios diarios de la estación MINGUEO [15037030]. 12
Figura 5. Serie de caudales medios anuales de la estación MINGUEO [15037030]. 12
Figura 6. Serie de caudales máximos anuales de la estación MINGUEO [15037030]. 12
Figura 7. Serie de caudales mínimos anuales de la estación MINGUEO [15037030]. 13
Figura 8. Serie de caudales medios diarios de la estación ANCHO [15037010]. 14
Figura 9. Serie de caudales medios anuales de la estación ANCHO [15037010]. 14
Figura 10. Serie de caudales máximos anuales de la estación ANCHO [15037010]. 14
Figura 11. Serie de caudales mínimos anuales de la estación ANCHO [15037010]. 15
Figura 12. Caudales obtenidos con diferentes períodos de retorno en la estación MINGUEO [15037030]. 28
Figura 13. Caudales obtenidos con diferentes períodos de retorno en la estación ANCHO [15037010]. . 29

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Estación análoga Salamanca. 30
Fotografía 2. Estación análoga Salamanca. 30
Fotografía 3. Estación análoga Salamanca. 31
Fotografía 4. Estación análoga Salamanca. 31
Fotografía 5. Estación análoga La Vainilla. 31
Fotografía 6. Estación análoga La Vainilla. 31
Fotografía 7. Estación análoga La Vainilla. 32
Fotografía 8. Estación análoga La Vainilla. 32

1. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS.

1.1. ASESORÍA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE ALERTAS TEMPRANAS EN EL DEPARTAMENTO PARTIENDO DE LAS ESTACIONES YA CONSTRUIDAS Y EN OPERACIÓN TANTO DE LA CORPORACIÓN COMO DEL IDEAM, PARA TERMINAR DE CUBRIR EL TERRITORIO DEL DEPARTAMENTO.

Para el presente mes de ejecución, se continuó con el análisis de densidades mínimas de las estaciones, de acuerdo con los lineamientos de la Organización Meteorología Mundial (OMM) establecidos en la nota técnica 111-OMM, la cual definió los siguientes radios de acción para una red básica, según el Método de Gandín:

Tabla 1. Distribución de Estaciones en una Red Básica Método de Gandín.

Grupo	Tipo de estación	Distancia (Km)	Radio de acción promedio (Km)
1-R	Referencia.	De 300 a 400	Entre 150 y 200 * Una por cada 4 o 5 del primer grupo
1	SP - CP - AM	De 150 a 200	Entre 75 y 100 * Aprox. una por cada 10 estaciones del 2 grupo
2	CO - ME	De 50 a 60	Entre 25 y 30 * Aprox. 10 estaciones por una del primer grupo
3	PM - PG	De 25 a 30	Entre 12 y 15 * La mitad de la distancia en áreas montañosas

*Sugerencia técnica OMM
Fuente: Nota técnica N. 11 -OMM. Adaptado López 2008.

De acuerdo con los radios de acción para una red básica, se realizó el geo procesamiento para determinar el cubrimiento de las estaciones del SAT Corpoguajira y del IDEAM, para definir necesidades de instalación de nuevas estaciones. Según el método de Gandín existe un cubrimiento de 16,981.86 km^2 de 20,572.09 km^2 que posee el departamento de La Guajira, es decir, un 82.54% del área total requerida para las estaciones del grupo 1 (CO – ME) (ver Figura 1). Sin embargo, si se le agrega a este cálculo el área con cubrimiento de 30 km de las estaciones del grupo 1, la cual pueden servir para el grupo 2, se tendría un cubrimiento de 19,964.89 km^2, es decir, 97.04% (ver Figura 2).

Figura 1. Cubrimiento de las estaciones del SAT e IDEAM del grupo 2 (CO y ME), según el Método de Gandín.

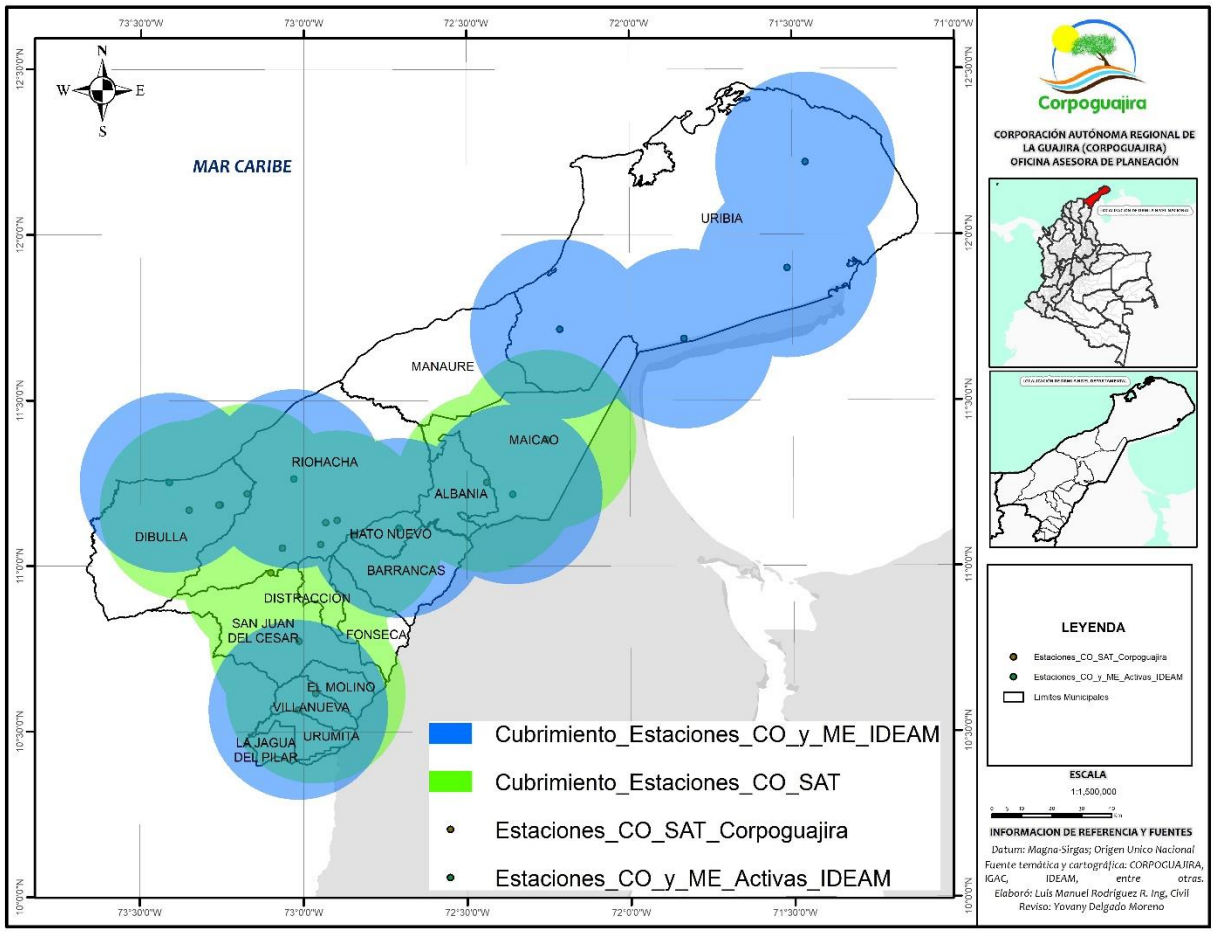
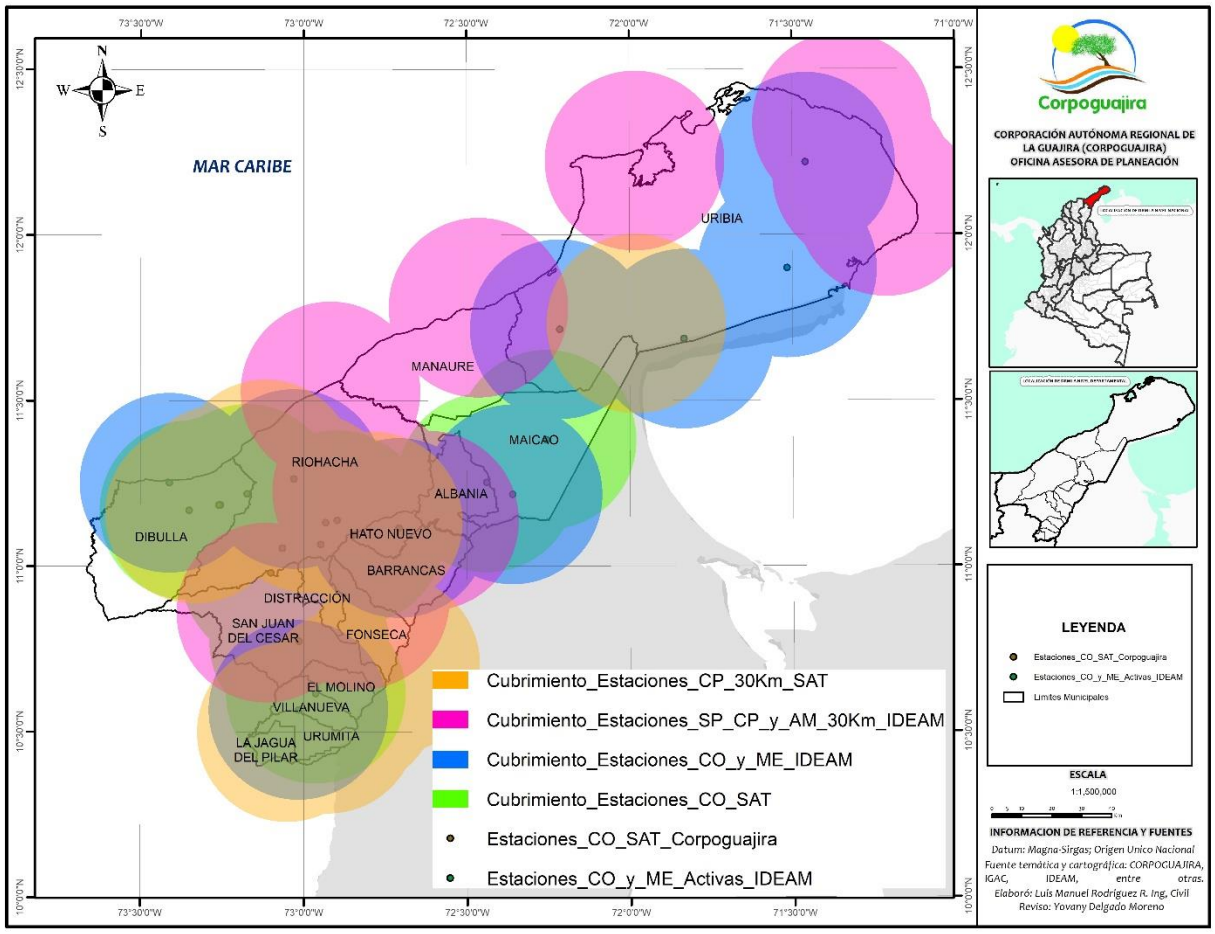

MAR CARIBE
URIBIA
MANAURE
MAICAO
RIOHACHA
ALBANIA
DIBULLA
HATO NUEVO
BARRANCAS
DISTRACCION
SAN JUAN DEL CESAR
FONSECA
EL MOLINO
VILLANUEVA
URUMITA
LA JAGUA DEL PILAR
Cubrimiento_Estaciones_CO_y_ME_IDEAM
Cubrimiento_Estaciones_CO_SAT
Estaciones_CO_SAT_Corpoguajira
Estaciones_CO_y_ME_Activas_IDEAM
Corpoguajira
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA (CORPOGUAJIRA)
OFICINA ASESORA DE PLANEACIÓN
LEYENDA
Estaciones_CO_SAT_Corpoguajira
Estaciones_CO_y_ME_Activas_IDEAM
Limites Municipales
ESCALA
1:1,500,000
INFORMACION DE REFERENCIA Y FUENTES
Datum: Magna-Sirgas; Origen Unico Nacional
Fuente temática y cartográfica: CORPOGUAJIRA, IGAC, IDEAM, entre otras.
Elaboró: Luis Manuel Rodriguez R. Ing, Civil
Reviso: Yovany Delgado Moreno

Figura 2. Cubrimiento de las estaciones del SAT e IDEAM del grupo 2 (CO y ME) mas grupo 1 con radio de 30 Km, según el Método de Gandín.



Cra. 7 # 12-15, Riohacha - Colombia
Tel: (5) 727 3905 Telefax: (5) 727 3904
Laboratorio: (5) 727 5052 - Fonseca (5) 775 6123
www.corpoguajira.gov.co

1.2. CAPACITACIÓN A LAS COMUNIDADES PARA LA SOCIALIZACIÓN DEL CUIDADO E IMPORTANCIA DE LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS INSTALADAS.

Como aporte a esta actividad, se están llevando a cabo visitas técnicas a las zonas donde se encuentran las estaciones meteorológicas de Corpoguajira, con el fin de identificar a las comunidades que allí habitan, así como para tener un primer relacionamiento con las personas que realizan las lecturas o tienen a cargo de manera voluntaria el cuidado o vigilancia de las mismas. En el numeral 2 del presente informe se presenta el informe detallado de las visitas adelantadas hasta la fecha.

Se proyecta realizar esta actividad en el mes de julio de 2024.

1.3. MANEJO DE LA INFORMACIÓN QUE ARROJAN LAS ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS DEL SAT.

Durante el presente mes de ejecución, se realizó un análisis estadístico básico de las series de datos de temperatura tomada a las 7:00 am, el cual servirá de insumo para el análisis de consistencia y homogeneidad. A continuación, se presenta el resumen del análisis realizado para cada estación del SAT:

Tabla 2. Análisis estadístico de las series de datos de temperatura de las 1:00 pm de las estaciones del SAT.

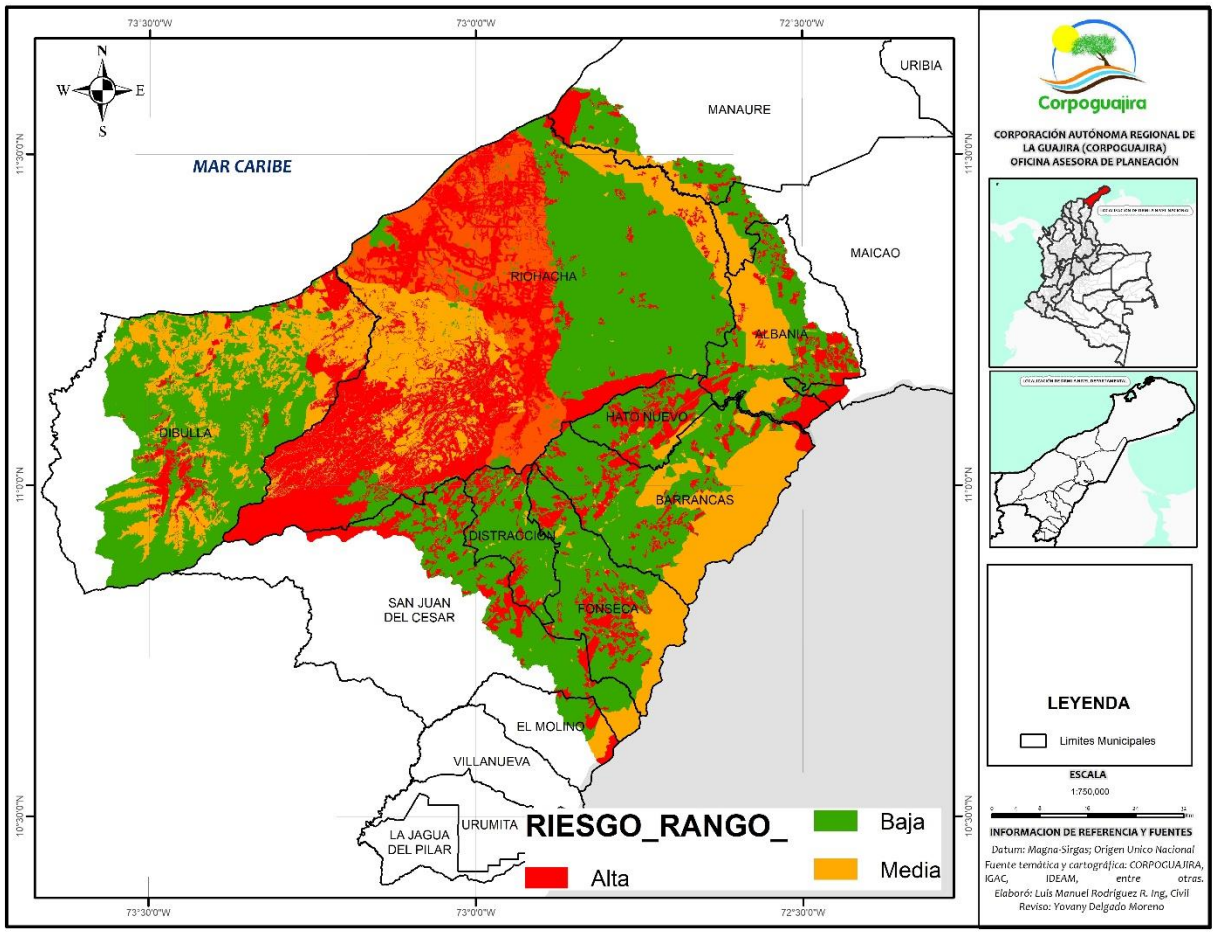
Estación	Número datos	T prom	T min	Desvest	Desvestp	Var	Varp
ANGOSTURA	194	25.79	20.00	1.45	1.44	2.09	2.08
INFOTEP	225	32.50	23.00	2.96	2.96	8.78	8.74
LAS CASITAS	256	33.67	3.00	3.40	3.39	11.54	11.50
MAICAO UNIGUA	258	30.73	24.00	2.37	2.37	5.63	5.61
PALOMINO							
PENJAMO	275	34.48	24.40	2.98	2.98	8.89	8.86
R CAÑAS. MINGUEO							
R PALOMINO							
R TAPIAS P. BOMBA							
R TOMARRAZÓN - P. GARCIA							
R. RANCHERIA - EL SILENCIO							
R.PALOMINO							
ROYO SIRA	255	34.25	24.20	2.25	2.25	5.07	5.05
SALAMANCA	638	31.36	3.00	1.89	1.89	3.58	3.58
TOMARRAZÓN	285	33.76	3.20	2.93	2.93	8.61	8.58
VILLANUEVA U	217	31.72	3.50	3.43	3.42	11.75	11.70
Total general	**2603**	**32.12**	**3.00**	**3.43**	**3.42**	**11.73**	**11.73**

*T: Temperatura de las 1:00 pm. Desvest: Desviación estándar. Desvestp: Desviación típica. Var: Coeficiente de variación. Varp: Coeficiente de variación típico.

1.4. PRIORIZAR ZONAS DE ALTO RIESGO POR EVENTOS CLIMÁTICOS SEGÚN HISTÓRICOS.

Producto de la revisión de los diferentes estudios que existen en materia de gestión de riesgos, durante el presente periodo se consolidó la información de las zonas que presentan alto riesgo por incendios de la cobertura vegetal, las cuales se presentan en el siguiente mapa:

Figura 3. Zonas que presentan alto riesgo por incendios de la cobertura vegetal.



Las demás áreas del departamento de La Guajira, aun no cuentan con estudios suficientes que definan el nivel de riesgo por incendios de la cobertura vegetal.

1.5. INTERPRETACIÓN, VERIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN HIDROLÓGICA DE LOS AFLUENTES HÍDRICOS GENERADOS POR EL IDEAM U OTRAS ESTACIONES DEL DEPARTAMENTO PARA DETECTAR ZONAS DE INUNDACIÓN Y ZONIFICAR EN MAPAS.

Para el presente mes de ejecución, se realizó el análisis de las estaciones hidrológicas localizadas en la cuenca hidrográfica del Río Ancho y otros Directos al Caribe. El proceso consistió en un análisis de las series de datos de caudales medios diarios, mensuales y anuales para diferentes escenarios (periodos secos, húmedos y normales), y la determinación de crecientes de los afluentes hídricos con un análisis de frecuencias, utilizando diferentes funciones de densidad de probabilidad como la distribución Normal, Log Normal, Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III y Gumbel. Para cada una de las estaciones se estimaron los periodos de retorno para desde 2 hasta 500 años, los cuales servirán a la Corporación y entes territoriales para la elaboración de estudios de hidrología insumo para estudios de amenazas y riesgos naturales, determinación de oferta y caudal ambiental, estudios de acotamiento de rondas hídricas, entre otros.

1.5.1. Análisis de las series de caudales medios diarios, y medios, máximos y mínimos anuales.

Estación MINGUEO [15037030]

La estación posee una longitud de serie de 30 años, la cual es superior a la longitud mínima requerida (15 años).

Tabla 3. Parámetros estadísticos obtenidos de la serie de caudales de la estación MINGUEO [15037030].

PARAMETROS ESTADISTIVOS			
N (Tamaño de la serie en años)	30	Log Qmed (Promedio del logaritmo de la serie de caudales)	3.872
μ (Promedio)	53.559	σLogQ (Desviación estándar de la serie de logaritmo de caudales)	0.502
σ (Desviación estándar de la serie de caudales)	23.263	Ag (Coeficiente de oblicuidad de la serie de logaritmo de caudales)	-0.689
Cs (Coeficiente de oblicuidad)	0.133		

Figura 4. Serie de caudales medios diarios de la estación MINGUEO [15037030].

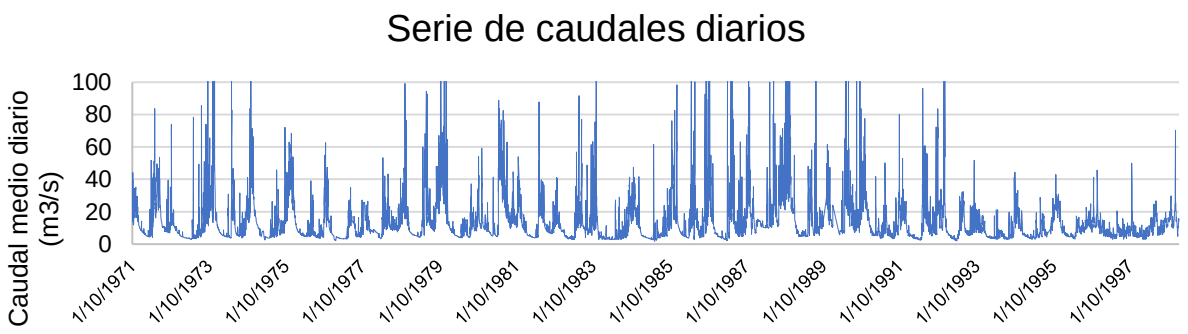


Figura 5. Serie de caudales medios anuales de la estación MINGUEO [15037030].

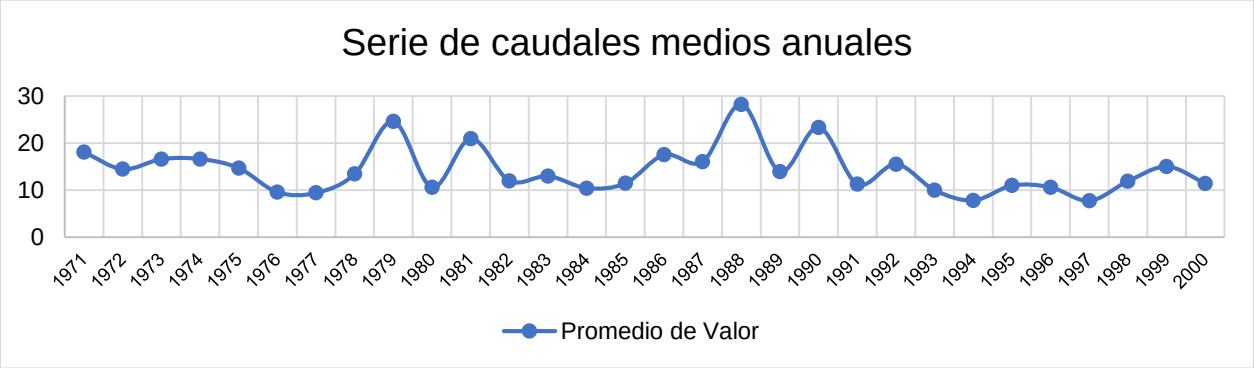


Figura 6. Serie de caudales máximos anuales de la estación MINGUEO [15037030].

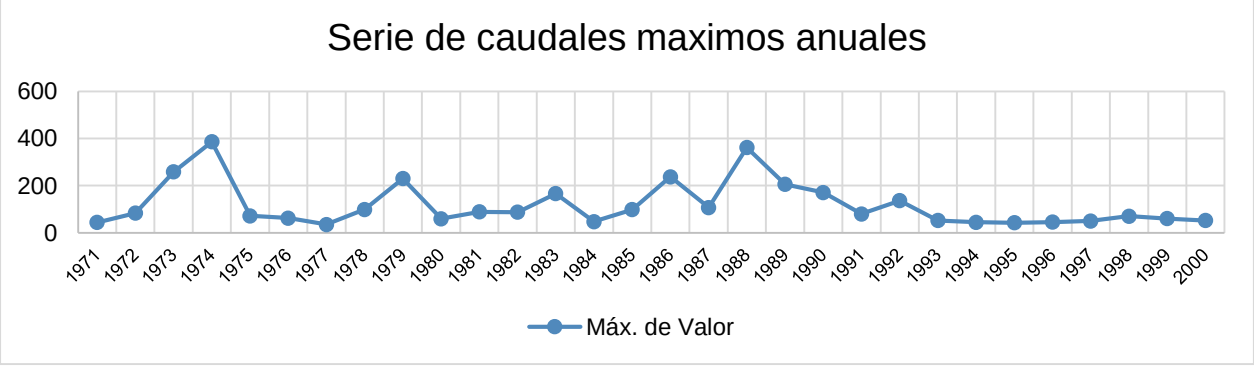
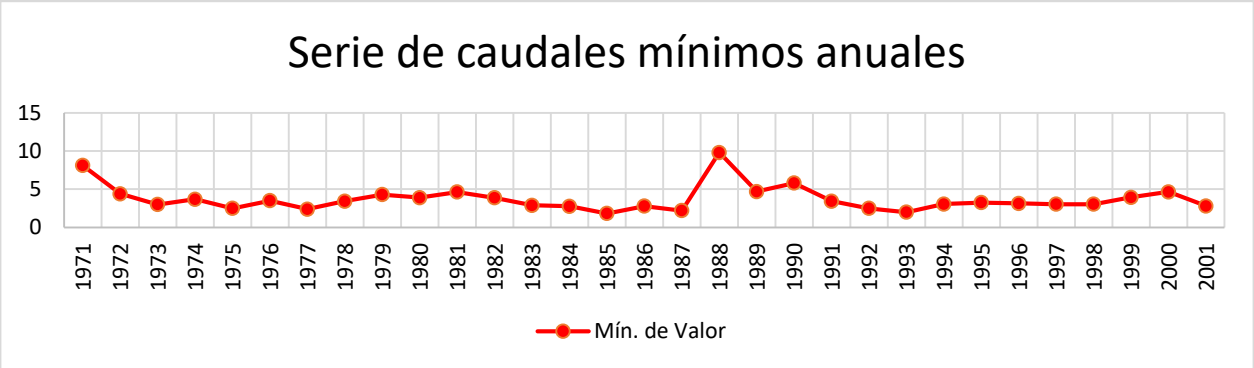


Figura 7. Serie de caudales mínimos anuales de la estación MINGUEO [15037030].



Estación ANCHO [15037010]

La estación posee una longitud de serie de 30 años, la cual es superior a la longitud mínima requerida (15 años).

Tabla 4. Parámetros estadísticos obtenidos de la serie de caudales de la estación ANCHO [15037010].

PARAMETROS ESTADISTIVOS			
N (Tamaño de la serie en años)	49	Log Qmed (Promedio del logaritmo de la serie de caudales)	4.368
μ (Promedio)	97.903	σLogQ (Desviación estandar de la serie de logaritmo de caudales)	0.619
σ (Desvisacion estandar de la serie de caudales)	78.995	Ag (Coeficiente de oblicuidad de la serie de logaritmo de caudales)	0.773
Cs (Coeficiente de oblicuidad)	2.235		

Figura 8. Serie de caudales medios diarios de la estación ANCHO [15037010].

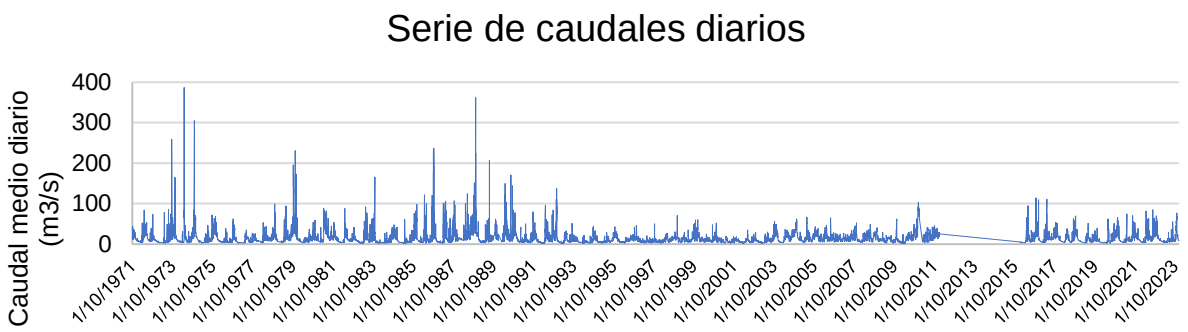


Figura 9. Serie de caudales medios anuales de la estación ANCHO [15037010].

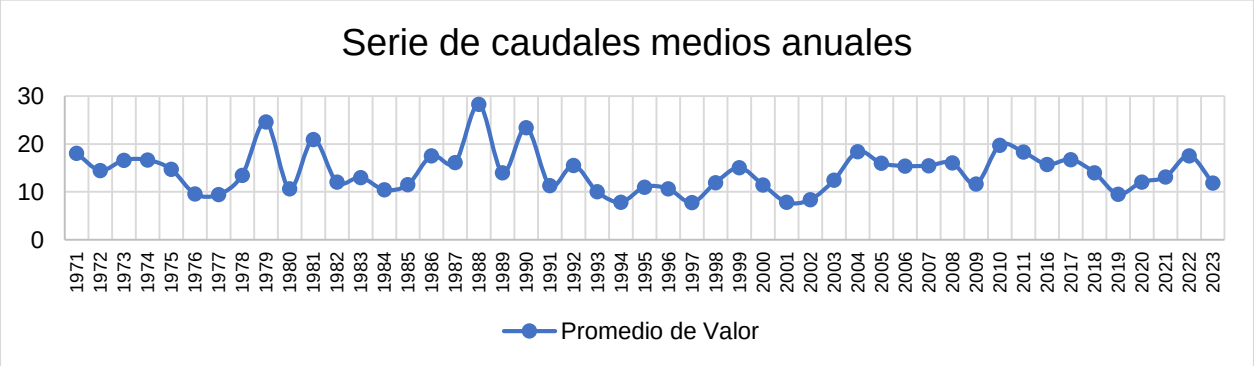


Figura 10. Serie de caudales máximos anuales de la estación ANCHO [15037010].

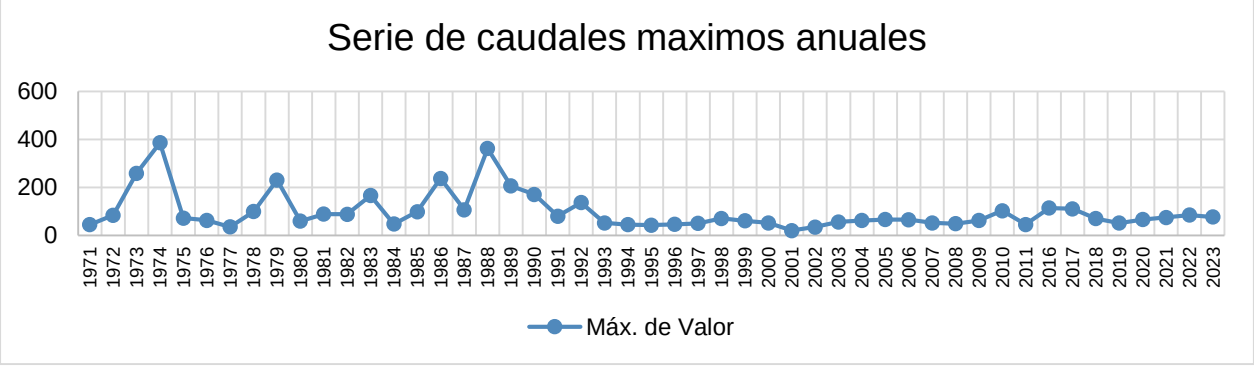
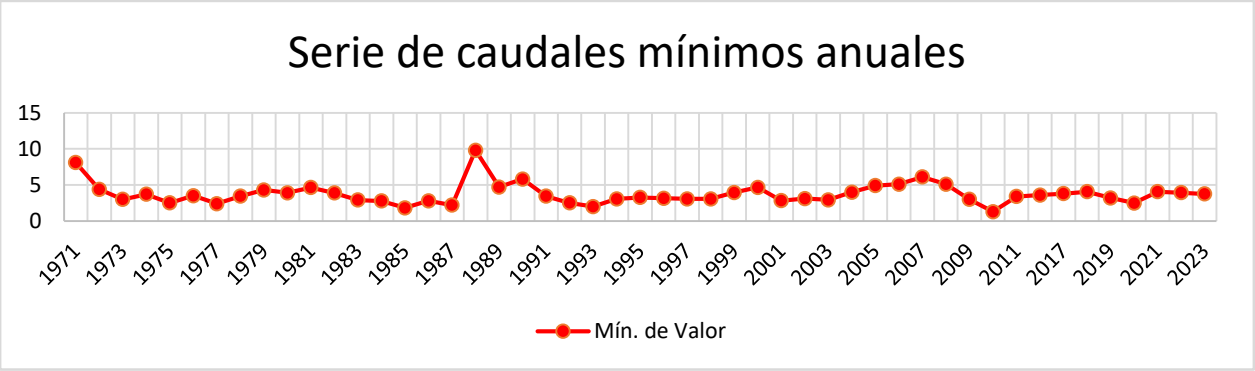


Figura 11. Serie de caudales mínimos anuales de la estación ANCHO [15037010].



1.5.2. Determinación de crecientes con un análisis de frecuencias para diferentes periodos de retorno.

Los valores de las crecientes de las corrientes hídricas superficiales con diferentes períodos de retorno se determinan utilizando las siguientes distribuciones:

A. Distribución normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sigma}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1.1)$$

x - variable aleatoria: μ - media de la población (esperanza matemática); σ - desviación estándar de la población.

El cálculo consiste en determinar el valor de la variable aleatoria (caudal máximo en m^3/s) con un determinado período de retorno o, lo que es lo mismo, con una determinada probabilidad de excedencia. La fórmula general de cálculo es:

$$Q_{T_r} = Q_{medio} + \sigma \cdot k_1 \quad (1.2)$$

Q_{T_r} - Caudal máximo (m³/s) con un período de retorno T_r, expresado en años. Como se sabe: $p = \frac{1}{T_r} \cdot 100(\%)$; p - Probabilidad de excedencia, expresada en porcentaje. De acuerdo con lo anterior, se pueden establecer las siguientes equivalencias:

p (%)	20	10	4	2	1	0,5
Tr (años)	5	10	25	50	100	200

Q_{medio} - Es el promedio aritmético de la serie de caudales máximos (m³/s). Es el equivalente a la media de la población (esperanza matemática) μ. La serie está formada por los máximos anuales de los caudales, de tal manera que el número de datos de la serie es igual al número de años con registros. σ - es la desviación estándar de la serie (m³/s):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(Q_i - Q_{medio})^2}{n-1}} \qquad (1.3)$$

Q_i - Es cada uno de los valores de la serie histórica de caudales máximos, en m³/s; n - Es el número de datos de la serie y coincide con el número de años de la serie histórica; k_1 - es el factor de frecuencia, propio de la distribución normal. Se trata de la misma variable estandarizada "z", mencionada en el texto inicial de este parágrafo

La secuencia para la solución de la ecuación general es la siguiente:

- Se define la función de distribución de probabilidad para un período de retorno conocido: $F(Q_{T_r}) = \frac{T_r - 1}{T_r}$ (1.4)
- Se obtiene el factor de frecuencia k_1, en función del valor $\frac{T_r - 1}{T_r}$ (Tabla 5)
- Se calcula el valor medio de la serie de caudales máximos, Q_{medio}, (m³/s)
- Se determina la desviación estándar de los datos de la serie, σ, (m³/s).

- Por último, se aplica la ecuación 1.2 para el período de retorno requerido. Este procedimiento se repite para determinar el caudal máximo asociado a cualquier otro período de retorno que se requiera.

B. Distribución log normal

En esta función los logaritmos naturales de la variable aleatoria se distribuyen normalmente.

Tabla 5. Valores del factor de frecuencia k1.

FACTOR DE FRECUENCIA k_1 EN FUNCIÓN DEL VALOR (Tr-1/Tr)										
k_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,5	0,504	0,508	0,512	0,516	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5754
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,591	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,648	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,67	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,695	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,719	0,7224
0,6	0,7258	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7518	0,7549
0,7	0,758	0,7612	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,791	0,7939	0,7967	0,7996	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,834	0,8365	0,8389
1.0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,877	0,879	0,881	0,883
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,898	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,937	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,975	0,9756	0,9761	0,9767
2.0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,983	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,985	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,989
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,992	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,994	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,996	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,997	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,998	0,9981
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986
3.0	0,9987	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,999	0,999
3,1	0,999	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9993	0,9993
3,2	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	0,9995	0,9995
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997
3,4	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998

FACTOR DE FRECUENCIA k_1 EN FUNCIÓN DEL VALOR (Tr-1/Tr)										
k_1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3,5	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
3,6	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,7	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,8	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
3,9	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Francisco S. Aparicio Mijares, 1989										

Nota: El presente cuadro se utiliza igualmente para determinar el factor de frecuencia k_2

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2} \quad (4.4)$$

α y β son parámetros de la distribución y, por lo tanto, son la media y la desviación estándar de los logaritmos de la variable aleatoria. La función de distribución de probabilidad es:

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n} \frac{\ln x_i}{n} \quad (1.5)$$

$$\beta = \left[\sum_{i=1}^{n} \frac{(\ln x_i - \alpha)^2}{n} \right]^{1/2}$$

Al igual que en la distribución normal, se le asigna a "z" el valor: $z = \frac{\ln x - \alpha}{\beta}$

Procedimiento de cálculo

El cálculo consiste en determinar el valor de la variable aleatoria (caudal máximo) con un determinado período de retorno o, lo que es lo mismo, con una determinada probabilidad de excedencia. La fórmula general de cálculo se representa con las expresiones 4.6 y 4.7:

$$Ln\ Q_{T_r} = Q_{medio} + \sigma \cdot k_1 \quad (1.6)$$

$$Q_{T_r} = e^{L_{medio} + \sigma\, k_2} \quad (1.7)$$

$Q_{T\,r}$ - es la precipitación con un determinado período de retorno, T_r (m^3/s); L_{medio} - es el valor medio de los logaritmos de la serie de caudales máximos (m^3/s); σ - es la desviación estándar de los datos de la

serie (m³/s); k_1 - es el factor de frecuencia, propio de la distribución log-normal, igual al de la distribución normal; e - es la base de los logaritmos naturales.

La secuencia para la solución de la ecuación general es la siguiente:

- Se define la función de distribución de probabilidad: $F(Q_P) = \frac{T_r - 1}{T_r}$
- Se obtiene el factor de frecuencia k_1, en función del valor $\frac{T_r - 1}{T_r}$ (tabla 11). Este mismo cuadro se utiliza para determinar el factor de frecuencia k_1.
- Se calcula el valor medio de los logaritmos de la serie de los caudales máximos, $L_{medio} = (\ln Q)_{medio}$ (m³/s)
- Se determina la desviación estándar de los logaritmos de los datos de la serie, σ, (m³/s).
- Por último, se aplican las ecuaciones 1.6 y 1.7 para el período de retorno requerido. Este procedimiento se repite para determinar el caudal máximo asociado a cualquier otro período de retorno que se requiera.

C. Distribución Pearson tipo III

La función de *densidad de probabilidad* Pearson III se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \left\{ \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \right\}^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x - \delta_1}{\alpha_1}} \quad (4.8)$$

$\alpha_1, \beta_1, \delta_1$ son los parámetros de la función y $\Gamma(\beta_1)$ es la función de Gamma. Los parámetros $\alpha_1, \beta_1, \delta_1$ se evalúan a partir de *n* datos medidos mediante el siguiente sistema de ecuaciones: $\bar{x} = \alpha_1 \beta_1 + \delta_1$; $S^2 = \alpha_1{}^2 \beta_1$; $\gamma = 2 / (\beta_1)^{0.5}$; $\bar{x}$ es la media de los datos, S^2 su varianza y γ su coeficiente de sesgo, que se define como: $\gamma = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^3 / n}{S^3}$. La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x)=\frac{1}{\alpha_1\Gamma(\beta_1)}\int_0^x e^{-\left(\frac{x-\delta_1}{\delta_1}\right)}\left(\frac{x-\delta_1}{\delta_1}\right)^{\beta-1}dx \quad (4.9)$$

y sustituyendo: $y=\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}$; La ecuación queda: $F(y)=\frac{1}{\Gamma(\beta_1)}\int_0^y y^{\beta-1}e^{-y}dy$. Siendo la anterior una función *ji* cuadrada con $2\beta_1$ grados de libertad y $\chi^2=2y: F(y)=F(\chi^2|\nu)=F_{x^2}(2y|2\beta_1)$.

Esta función se usa sólo cuando $\beta_1 = n/2$, donde *n* es un entero positivo cualquiera. Como 2β no es entero, puede tomarse como el entero más próximo o, bien, interpolar utilizando los datos de la Tabla 6. Cuando β< 0,3, se tendrá que acudir a cuadros con la función de distribución de Gamma de un parámetro. Cuando δ da valores raros, como negativos o muy grandes, se pone un valor estimado como la ordenada al origen en una curva de caudales máximos contra período de retorno.

Tabla 6. Valores representativos de la función gamma.

x	$\Gamma(x)$	X		x		x	
1.00	100.000	1.25	0.90640	1.5	0.88623	1.76	0.92137
1.01	0.99433	1.26	0.90440	1.51	0.88659	1.77	0.92376
1.02	0.98884	1.27	0.90250	1.52	0.88704	1.78	0.92623
1.03	0.98355	1.28	0.90072	1.53	0.88757	1.79	0.92877
1.04	0.97844	1.29	0.89904	1.54	0.88818	1.80	0.93138
1.05	0.97350	1.30	0.89747	1.55	0.88887	1.81	0.93408
1.06	0.96874	1.31	0.89600	1.56	0.88964	1.82	0.93685
1.07	0.96415	1.32	0.89464	1.57	0.89049	1.83	0.93969
1.08	0.95973	1.33	0.89338	1.58	0.89142	1.84	0.94261
1.09	0.95546	1.34	0.89222	1.59	0.89243	1.85	0.94561
1.10	0.95135	1.35	0.89115	1.60	0.89352	1.86	0.94869
1.11	0.94740	1.36	0.89018	1.61	0.89468	1.87	0.95184
1.12	0.94359	1.37	0.88931	1.62	0.89592	1.88	0.95507
1.13	0.93993	1.38	0.88854	1.63	0.89724	1.89	0.95838
1.14	0.93642	1.39	0.88785	1.64	0.89864	1.90	0.96177
1.15	0.93304	1.40	0.88726	1.65	0.90012	1.91	0.96523
1.16	0.92980	1.41	0.88676	1.66	0.90167	1.92	0.96877
1.17	0.92670	1.42	0.88636	1.67	0.90330	1.93	0.97240
1.18	0.92373	1.43	0.88604	1.68	0.90500	1.94	0.97610
1.19	0.92089	1.44	0.88581	1.69	0.90678	1.95	0.97988
1.20	0.91817	1.45	0.88566	1.70	0.90864	1.96	0.98374
1.21	0.91558	1.46	0.88560	1.71	0.91057	1.97	0.98768
1.22	0.91311	1.47	0.88563	1.72	0.91258	1.98	0.99171
1.23	0.91075	1.48	0.88575	1.73	0.91467	1.99	0.99581
1.24	0.90852	1.49	0.88595	1.74	0.91683	2.00	100.000
				1.75	0.91906		
Francisco S. Aparicio Mijares, 1989							

Procedimiento de cálculo

El cálculo consiste en determinar el valor de la variable aleatoria (caudal máximo) con un determinado período de retorno. La fórmula general de cálculo es:

$$Q_{T_r} = Q_{medio} + \sigma \cdot k_3 \quad (1.10)$$

Q_{T_r} - Caudal máximo (m³/s) con un período de retorno T_r, expresado en años; Q_{medio} - es el promedio aritmético de la serie de caudales máximos (m³/s); σ - es la desviación estándar de la serie [m³/s]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(Q_i - Q_{medio})^2}{n-1}} \quad (1.11)$$

Q_i - Es cada uno de los valores de la serie histórica de caudales máximos, en m³/s n - Es el número de datos de la serie y coincide con el número de años de la serie histórica; k_3 - es el factor de frecuencia, propio de la distribución Pearson tipo III.

La secuencia para la solución de la ecuación general es la siguiente:

- Se calcula el valor medio de la serie de caudales máximos, Q_{medio} , (m³/s)
- Se determina la desviación estándar de los datos de la serie, σ , (m³/s).
- Se obtiene el coeficiente de oblicuidad, C_0
- $$C_o = \frac{n\Sigma(X_i - X_{medio})^3}{(n-1)(n-2)\sigma^3} \quad (3.12)$$

Se define el factor de frecuencia k_3, en función del período de retorno T_r y del coeficiente de oblicuidad C_0. (Tabla 7 y

- Tabla 8)

Tabla 7. Factor de frecuencia k3 para coeficientes de oblicuidad positivos.

Coeficiente de oblicuidad C_0	Período de retorno, años							
	10.101	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de excedencia P(x>xi) ó P(y>yi)							
	0.99	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005
3.0	-0.667	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970
2.9	-0.690	-0.390	0.440	1.195	2.277	3.134	4.013	4.904
2.8	-0.714	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.740	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.769	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.799	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.832	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800	4.584

Coeficiente de oblicuidad C_0	Período de retorno, años							
	10.101	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de excedencia P(x>xi) ó P(y>yi)							
	0.99	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005
2.3	-0.867	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.905	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444
2.1	-0.946	-0.319	0.592	1.294	2.230	2.942	3.656	4.372
2.0	-0.990	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-1.037	-0.294	0.627	1.310	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-1.087	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-1.140	-0.268	0.660	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-1.197	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990
1.5	-1.256	-0.240	0.690	1.333	2.146	2.743	3.330	3.910
1.4	-1.318	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.703	3.271	3.828
1.3	-1.383	-0.210	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-1.449	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-1.518	-0.180	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-1.588	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-1.660	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-1.733	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-1.806	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-1.880	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-1.955	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041
0.4	-2.029	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949
0.3	-2.104	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-2.178	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-2.252	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.400	2.670
0.0	-2.326	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
								Monsalve S.G, 1999

Tabla 8. Factor de frecuencia k3 para coeficientes de oblicuidad negativos.

Coeficiente de oblicuidad C_0	Período de retorno, años							
	10.101	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de excedencia P(x>xi) ó P(y>yi)							
	0.99	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005
0.0	-2.326	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	-2.400	0.017	0.846	1.270	1.716	2.000	2.252	2.248
-0.2	-2.472	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388
-0.3	-2.544	0.050	0.853	1.245	1.643	1.890	2.104	2.294
-0.4	-2.615	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	-2.686	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	-2.755	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016
-0.7	-2.824	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	-2.891	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	-2.957	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.660	1.749
-1.0	-3.022	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	-3.087	0.180	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	-3.149	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	-3.211	0.210	0.838	1.064	1.240	1.324	1.383	1.424
-1.4	-3.271	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351
-1.5	-3.330	0.240	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	-3.388	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	-3.444	0.268	0.808	0.970	1.075	1.116	1.140	1.155

Coeficiente de oblicuidad C_0	Período de retorno, años							
	10.101	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de excedencia P(x>xi) ó P(y>yi)							
	0.99	0.5	0.2	0.1	0.04	0.02	0.01	0.005
-1.8	-3.499	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	-3.553	0.294	0.788	0.920	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	-3.605	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	0.995
-2.1	-3.656	0.319	0.765	0.869	0.923	0.939	0.946	0.949
-2.2	-3.705	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907
-2.3	-3.753	0.341	0.739	0.819	0.855	0.864	0.867	0.869
-2.4	-3.800	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832	0.833
-2.5	-3.845	0.360	0.711	0.771	0.793	0.798	0.799	0.800
-2.6	-3.889	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769	0.769
-2.7	-3.932	0.376	0.681	0.724	0.738	0.740	0.740	0.741
-2.8	-3.973	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714	0.714
-2.9	-4.013	0.390	0.651	0.681	0.683	0.689	0.690	0.690
-3.0	-4.051	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667
					Monsalve S.G, 1999			

- Por último, se aplica la ecuación 1.10 para el período de retorno requerido. Este procedimiento se repite para determinar caudal máximo asociado a cualquier otro período de retorno que se requiera.

D. Distribución log Pearson tipo III

La función de *densidad de probabilidad* Log Pearson III se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha_1 \Gamma(\beta_1)} \left\{ \frac{x-\delta_1}{\alpha_1} \right\}^{\beta_1 - 1} e^{-\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}} \quad (1.13)$$

$\alpha_1, \beta_1, \delta_1$ son los parámetros de la función y $\Gamma(\beta_1)$ es la función de Gamma. El significado de las variables es el mismo de la distribución Pearson tipo III, con la diferencia de que en este caso se opera con los logaritmos de los valores de la serie.

Procedimiento de cálculo

El cálculo consiste en determinar el valor de la variable aleatoria (caudal máximo) con un determinado período de retorno. La fórmula general de cálculo está representada por las expresiones 1.14 y 1.15:

$$\log Q_{T_r} = (\log Q_{medio}) + \sigma_{\log Q} \cdot k_4 \quad (4.14)$$

$$Q_{T_r} = 10^{(\log Q_{medio}) + \sigma_{\log Q} k_4} \quad (4.15)$$

Q_{T_r} - Caudal máximo (m³/s) con un período de retorno T_r, expresado en años; Q_{medio} - Es el promedio aritmético de la serie de caudales máximos (m³/s). La serie está formada por los máximos anuales de los caudales, de tal manera que el número de datos de la serie es igual al número de años con registros.

$$\sigma_{\log P} = \sqrt{\frac{\Sigma(\log Q_i - \log Q_{medio})^2}{n-1}} \quad (4.16)$$

k_4 - es el factor de frecuencia, propio de la distribución Log Pearson tipo III.

La secuencia para la solución de la ecuación general es la siguiente:

- Se calcula el valor medio de los logaritmos de la serie de caudales máximos:
- $\log Q_{medio} = \frac{\Sigma \log Q_i}{n}$ (m³/s) (1.17)
- Se determina la desviación estándar de los logaritmos de los datos de la serie (m³/s):
- $\sigma_{\log P} = \sqrt{\frac{\sum(\log Q_i - \overline{\log Q})^2}{n-1}}$ (4.18)
- Se define el coeficiente de asimetría de los logaritmos de los datos de la serie:
- $A_g = \frac{n\Sigma(\log Q_i - \log Q_{medio})^3}{(n-1)(n-2)\log(\sigma)^3}$ (4.19)
- Se obtiene el factor de frecuencia K_4, en función del coeficiente de asimetría y del período de retorno utilizando la Tabla 9.

Tabla 9. Factor de frecuencia k4 en función del período de retorno y del coeficiente de asimetría.

Coeficiente de Asimetría, Ag	Período de retorno, años							
	10.101	1.25	2	5	10	25	50	100
	Nivel de probabilidad, porcentaje							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3.00	-0.667	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051
2.80	-0.714	-0.666	-0.384	0.460	1.210	2.275	3.114	3.973
2.60	-0.769	-0.696	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889
2.40	-0.832	-0.725	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.800
2.20	-0.905	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705
2.00	-0.990	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605
1.80	-1.087	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499
1.60	-1.197	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388
1.40	-1.318	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271
1.20	-1.449	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149
1.00	-1.588	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022
0.80	-1.733	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.993	2.453	2.891
0.60	-1.880	-0.857	-0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755

Coeficiente de Asimetría, Ag	Período de retorno, años							
	10.101	1.25	2	5	10	25	50	100
	Nivel de probabilidad, porcentaje							
	99	80	50	20	10	4	2	1
0.40	-2.029	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615
0.20	-2.178	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472
0.00	-2.326	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326
-0.20	-2.472	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178
-0.40	-2.615	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029
-0.60	-2.755	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880
-0.80	-2.891	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733
-1.00	-3.022	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588
-1.20	-3.149	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449
-1.40	-3.271	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318
-1.60	-3.388	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197
-1.80	-3.499	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087
-2.00	-3.605	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990
-2.20	-3.705	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905
-2.40	-3.800	-0.537	0.351	0.725	0.795	0.823	0.830	0.832
-2.60	-3.889	-0.499	0.368	0.696	0.747	0.764	0.768	0.769
-2.80	-3.973	-0.460	0.384	0.666	0.702	0.712	0.714	0.714
-3.00	-4.051	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667
						Linsley, Kohler, Paulus,1977		

- Se aplica la fórmula 1.14 para obtener el valor: $\log Q_{T_r}$.
- Finalmente, se calcula el antilogaritmo de la expresión: $\log Q_{T_r}$ para definir el caudal máximo con los períodos de retorno requeridos, con la ecuación 1.15.

E. Distribución Gumbel

Se ha encontrado que la distribución del valor máximo o mínimo escogido de muestras de tamaño "n" tiende a una distribución límite cuando el tamaño de la muestra aumenta. Si se dispone de N muestras con "n" eventos cada una y se selecciona el máximo "x" de los "n" eventos de cada muestra, se sabe que, a medida que aumenta "n", la función de probabilidad de "x" tiende a:

$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$ .La función de *densidad de probabilidad* es:

$f(x) = \alpha e^{\left[-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}\right]}$; α y β son los parámetros de la función. Para muestras muy grandes: $\alpha = \frac{1{,}2825}{S}$; $\beta = \bar{x} - 0{,}45S$ y para muestras relativamente pequeñas: $\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$; $\beta = \bar{x} - \frac{\mu_y}{\alpha}$.

La distribución límite también puede representarse de la siguiente manera: $Q = 1 - e^{-e^{-y}}$, donde "Q" es la probabilidad de excedencia de un caudal máximo; "e" es la base de los logaritmos naturales e "y" es

la variable reducida, la cual es una función de la probabilidad de excedencia, es decir del período de retorno de la variable (caudal máximo). De esta manera, se dispone de la siguiente expresión:

$$Q_{T_r} = Q_{medio} + \left(\frac{y - y_n}{\sigma_n} \right) \cdot \sigma_x \text{ (4.20)}$$

Q_{medio} - Es el promedio aritmético de la serie de caudales máximos (m³/s); σ_x - es la desviación estándar de la misma serie, en m³/s; σ_n ; y_n - son funciones del número de datos de la serie.

Procedimiento de cálculo

El cálculo consiste en determinar el valor de la variable aleatoria (caudal máximo) con un determinado período de retorno. Para esto se utiliza la ecuación 1.20 En esa expresión σ_x - Es la desviación estándar de la serie (m³/s).

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\Sigma(Q_i - Q_{medio})^2}{n-1}} \text{ (1.21)}$$

σ_n ; y_n - son funciones del número de datos de la serie.

La ecuación 1.20 es equivalente a la ecuación 1.23 con “k” igual al término entre paréntesis, es decir:

$$k_5 = \left(\frac{y - y_n}{\sigma_n} \right) \text{(1.22)}$$

En la Tabla 10 se presentan los valores de k_5 para diferentes períodos de recurrencia y varias longitudes del registro (datos de la serie).

Así, la ecuación de cálculo es:

$$Q_{T_r} = Q_{medio} + \sigma \cdot k_5 \text{ (1.23)}$$

La secuencia para la solución de la ecuación general es la siguiente:

Se calcula el valor medio de la serie de caudales máximos, (m³/s)

Se determina la desviación estándar de los datos de la serie, (m³/s).

Se obtiene el factor de frecuencia k_5, en función del período de retorno, T_r y de la longitud de registro (Tabla 10).

Se aplica la ecuación 1.23 y se calcula finalmente el valor requerido Q_{Tr}.

Frecuentemente se calculan las cinco distribuciones anteriores para una misma serie y se selecciona la que mejor represente su comportamiento estadístico utilizando pruebas de bondad del ajuste, de acuerdo con el método de Chi Cuadrado o la prueba de Kolmogorov- Smirnov.

Tabla 10. Factor de frecuencia k5 para diferentes períodos de retorno y longitudes del registro.

Período de retorno, años	Probabilidad de excedencia	Longitud de registro, años						
		20	30	40	50	100	200	∞
1,58	0,63	-0,492	-0,482	-0,476	-0,473	-0,464	-0,459	-0,45
2	0,5	-0,147	-0,152	-0,155	-0,156	-0,16	-0,162	-0,164
2,33	0,43	0,052	0,038	0,031	0,026	0,016	0,01	0,001
5	0,2	0,919	0,866	0,838	0,82	0,779	0,755	0,719
10	0,1	1,62	1,54	1,5	1,47	1,4	1,36	1,3
20	0,05	2,3	2,19	2,13	2,09	2.000	1,94	1,87
50	0,02	3,18	3,03	2,94	2,89	2,77	2,7	2,59
100	0,01	3,84	3,65	3,55	3,49	3,35	3,27	3,14
200	0,005	4,49	4,28	4,16	4,08	3,93	3,83	3,68
400	0,0025	5,15	4,91	4,78	4,56	4,51	4,4	4,23
Linsley, Cohler, Paulus, 1997								

Caudales obtenidos para diferentes periodos de retorno.

A continuación, se presentan los valores de las crecientes obtenidas con diferentes períodos de retorno en las estaciones analizadas.

Tabla 11. Caudales obtenidos con diferentes períodos de retorno en la estación MINGUEO [15037030].

Tr (años)	MODELO					Promedio
	Normal	Log Normal	Pearson Tipo III	Log Pearson Tipo III	Gumbel	
2	53.56	48.05	53.04	50.87	50.02	**51.11**
2.33	57.75	52.60	55.25	53.02	54.44	**54.61**
5	73.17	73.34	72.96	73.85	73.70	**73.40**
10	83.39	91.44	83.68	87.07	89.38	**87.00**
15	88.48	102.03	87.57	91.67	96.94	**93.34**
20	91.87	109.79	91.45	96.50	104.50	**98.83**
25	94.34	115.78	95.34	101.60	107.76	**102.96**
50	101.41	134.87	102.97	111.04	124.05	**114.87**
100	107.71	154.50	109.94	119.44	138.47	**126.01**

Tr (años)	MODELO					Promedio
	Normal	Log Normal	Pearson Tipo III	Log Pearson Tipo III	Gumbel	
200	113.58	175.32	116.39	147.82	153.12	**141.25**
500	120.69	204.38	151.59	273.98	209.77	**192.08**

Figura 12. Caudales obtenidos con diferentes períodos de retorno en la estación MINGUEO [15037030].

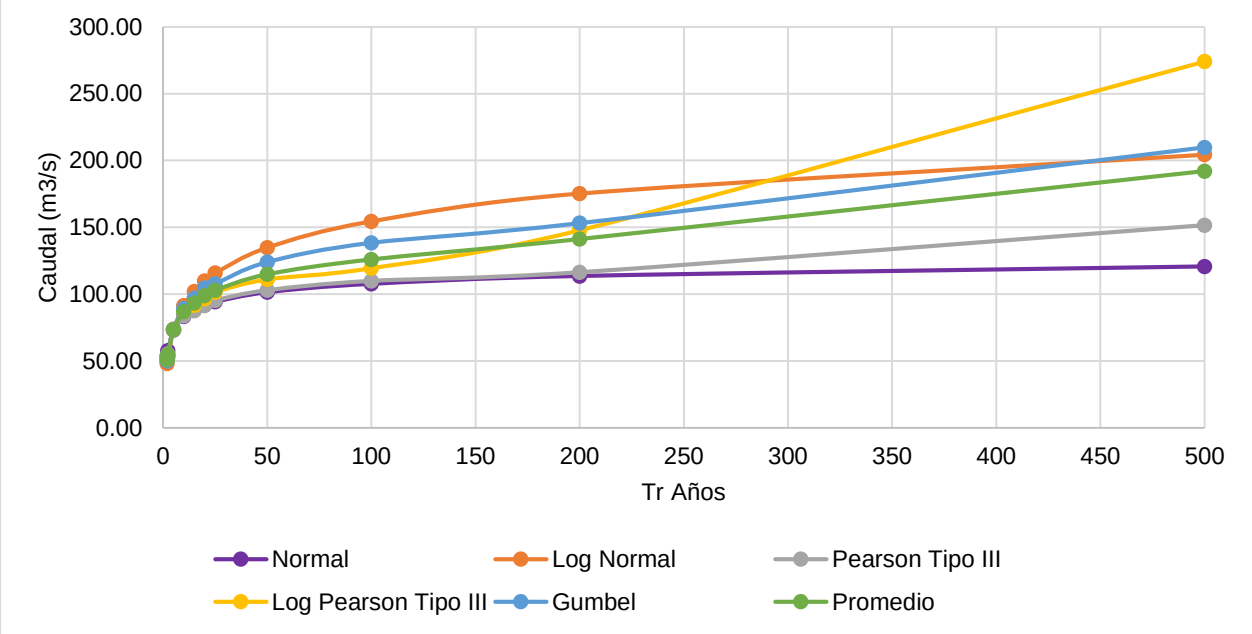
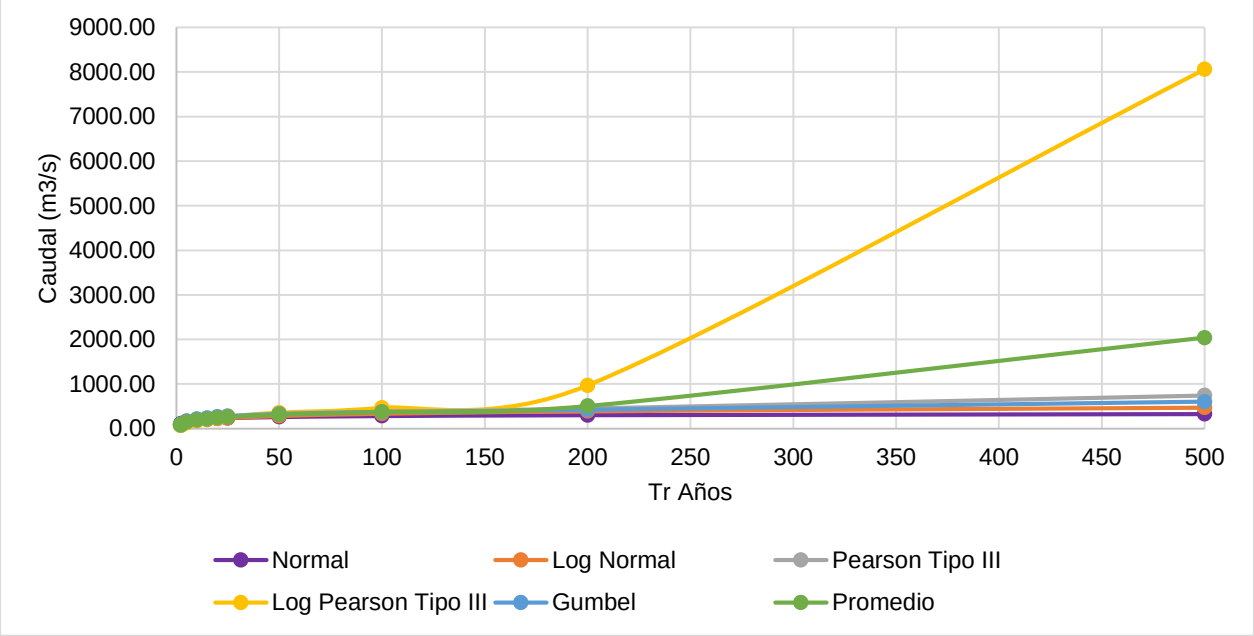


Tabla 12. Caudales obtenidos con diferentes períodos de retorno en la estación ANCHO [15037010].

Tr (años)	MODELO					Promedio
	Normal	Log Normal	Pearson Tipo III	Log Pearson Tipo III	Gumbel	
2	97.90	78.86	71.53	72.87	85.58	**81.35**
2.33	112.13	88.17	79.44	77.57	99.96	**91.45**
5	164.48	132.92	142.73	128.06	162.68	**146.17**
10	199.22	174.53	199.06	180.29	214.03	**193.42**
15	216.47	199.82	224.33	206.24	238.51	**217.07**
20	228.01	218.74	249.65	235.91	263.00	**239.06**
25	236.37	233.56	275.07	269.82	273.60	**257.69**
50	260.41	282.00	333.26	357.59	326.20	**311.89**
100	281.80	333.52	391.90	467.43	373.60	**369.65**
200	301.71	389.86	450.90	968.82	420.20	**506.30**

Tr (años)	MODELO					Promedio
	Normal	Log Normal	Pearson Tipo III	Log Pearson Tipo III	Gumbel	
500	325.86	471.14	744.80	8058.53	603.08	**2040.68**

Figura 13. Caudales obtenidos con diferentes períodos de retorno en la estación ANCHO [15037010].



2. REALIZAR VISITAS A CAMPO PARA LA ACREDITACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS ANTE LA ENTIDAD COMPETENTE.

Se plantea para esta actividad realizar visitas a campo y generar informes técnicos con el estado de las estaciones, detallando el cumplimiento de las estaciones en cuanto a normas nacionales y/o internacionales. Dichos informes serán enviados por la Corporación al IDEAM para que sean revisados y desde sus competencias puedan pronunciarse sobre temas de acreditación o emitir un concepto sobre las estaciones.

Para el presente mes de ejecución se visitaron las siguientes estaciones meteorológicas:

ESTACION METEOROLOGICA ANALOGA SALAMANCA

Fotografía 1. Estación análoga Salamanca.



Fotografía 2. Estación análoga Salamanca.



Fotografía 3. Estación análoga Salamanca.



Fotografía 4. Estación análoga Salamanca.



ESTACION METEOROLOGICA ANALOGA LA VAINILLA

Fotografía 5. Estación análoga La Vainilla.



Fotografía 6. Estación análoga La Vainilla.



Fotografía 7. Estación análoga La Vainilla.



Fotografía 8. Estación análoga La Vainilla.



Cra. 7 # 12-15, Riohacha - Colombia
Tel: (5) 727 3905 Telefax: (5) 727 3904
Laboratorio: (5) 727 5052 - Fonseca (5) 775 6123
www.corpoguajira.gov.co

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se culminó el análisis de las estaciones hidrológicas localizadas en la cuenca hidrográfica del Río Ancho y Otros Directos al Caribe. El proceso consistió en un análisis de las series de datos de caudales medios diarios, mensuales y anuales para diferentes escenarios (periodos secos, húmedos y normales), y la determinación de crecientes de los afluentes hídricos con un análisis de frecuencias, utilizando diferentes funciones de densidad de probabilidad como la distribución Normal, Log Normal, Pearson Tipo III, Log Pearson Tipo III y Gumbel. Para cada una de las estaciones se estimaron los periodos de retorno para desde 2 hasta 500 años, los cuales servirán a la Corporación y entes territoriales para la elaboración de estudios de hidrología insumo para estudios de amenazas y riesgos naturales, determinación de oferta y caudal ambiental, estudios de acotamiento de rondas hídricas, entre otros.

Se recomienda a Corpoguajira agilizar la adquisición e instalación del software para el manejo de la información de las estaciones automáticas para poder cubrir el análisis de la información de todas las estaciones.

De las visitas de campo a las estaciones, es importante mencionar que todas las estaciones visitadas en el periodo, requieren mantenimiento, las estaciones automáticas requieren la repotenciación de las mismas.

Se recomienda a Corpoguajira terminar los contratos de repotenciación y mantenimiento de las estaciones, con el fin de ser puestas en funcionamiento y garantizar la operatividad de las mismas.