

ESTUDIO HIDROLÓGICO

Proyecto

**Construcción y Rehabilitación del Jarillón de ISLA GRANDE en el Municipio de
MAGANGUE, BOLIVAR.**

ALCALDIA MUNICIPAL DE MAGANGUE

OFICINA DE GESTION DEL RIESGO

MAGANGUE MAYO DE 2023

Objetivos

Realizar un estudio hidrológico, hidráulico y mitigación para proyectar una obra de protección para el corregimiento Isla Fuerte en el Municipio de Magangué, Bolívar.

Objetivo Específico

1. Definir los requerimientos de información necesaria y recopilación de datos para la modelación hidrológica del Río Magdalena.
2. Hacer un análisis climático de la zona de estudio evaluando y analizando el estado de las precipitaciones por un periodo de tiempo determinado, el cual es fundamental para la proyección del caudal máximo en el punto de estudio.
3. Proyectar en un modelo hidráulico el caudal máximo por precipitación en un periodo de retorno, verificando las condiciones generadas por el río en el tramo de estudio.
4. Proponer y analizar el desempeño de una obra de protección la cual genere una mitigación de inundación en el tramo estudio.

1. Información hidrometeorológica

La zona de Magangué tiene definido dos periodos de lluvias y dos periodos secos. El periodo húmedo más intenso cubre desde agosto hasta noviembre y el otro ocurre de mediados de abril hasta julio. El primero periodo seco va desde diciembre hasta marzo o mediados de abril y el segundo periodo aunque más corto y menos acentuado corresponde al mes de julio.

Se refiere a la información de las series temporales que muestran el comportamiento de las variables hidro climatológicas en la zona de estudio a través del tiempo; se utilizó la información de lluvia y caudal recopilada en la fase uno del proyecto, actualizando en lo posible las series de lluvia, abarcando periodos más amplios y registros más recientes. La ilustración 1, muestra los registros utilizados en el presente estudio hidrológico y en la ilustración 2 se observa su ubicación espacial.

1.1 Cuenca Baja del Rio Magdalena

Se cruzan por los departamentos de Bolívar, Atlántico, Córdoba y Sucre pasando por los municipios de Barranco De Loba, Sitio Nuevo, Calamar, Pinillos, Mompo y Magangué. Es la última parte del Rio Magdalena y tiene dos desembocaduras una es en Bocas De Ceniza en el Mar Caribe y la otra es la bahía de Cartagena a través del Canal Del Dique, particularmente el paisaje de esta llanura forma innumerables Ciénagas que cumplen con el almacenamiento de las aguas temporales lluviosas y devolverlas a los ríos en épocas secas. (Cormagdalena. 2013).

1.2 Análisis hidrológico e hidrodinámico de la zona.

La zona de la región Caribe perteneciente a la cuenca media y baja del rio magdalena cuenta con estaciones Pluviométricas en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Magdalena y Sucre, los datos recolectados permitieron analizar las variaciones de la precipitación de los últimos 30 años.

La zona presento condiciones extremas en años anteriores donde se produjeron inundaciones por aumento del caudal del Rio Magdalena y el Canal del Dique, la variación de la precipitación de los últimos años y los fenómenos climáticos como la niña ayudaron a incrementar el nivel de riesgo en la zona.

Se pretende realizar una modelación hidrológica en la zona del proyecto, analizando los datos recolectados de las fuentes de información. Cuenta con dos fases la primera es la obtención de la información referente a la zona escogida, las estaciones pluviométricas y modelos digitales de elevación, periodos de retorno de la lluvia y edafología de la zona. La compilación de estos dos aspectos permite identificar el comportamiento de la cuenca media y baja del río Magdalena en condiciones normales y el rendimiento durante condiciones extremas futuras.

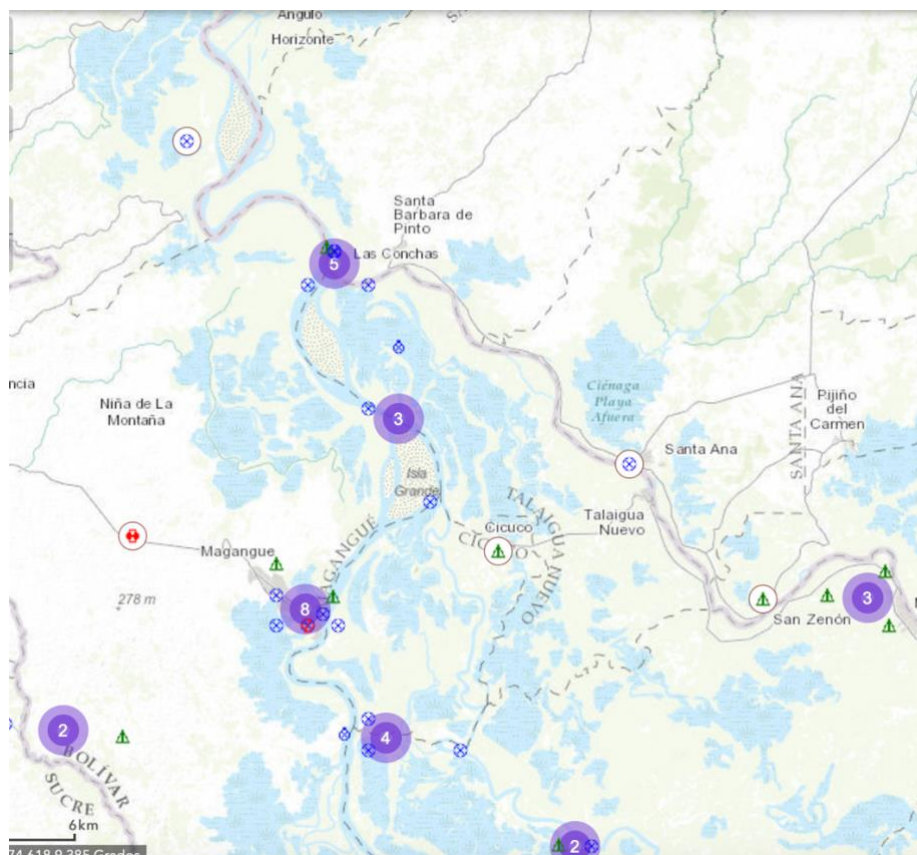


Figura 1. Zona del proyecto

1.3 Precipitación

El municipio de Magangué presenta precipitaciones en promedio anual de 1503 mm; un 50% de la precipitación ocurre de julio a octubre, un 7.8% del total anual de diciembre a marzo.

- Promedio de lluvia 117.7 mm de diciembre a marzo que representa un 7.8%.
- Promedio de lluvia 641.3 mm que va de abril a julio y representa el 42.6%.

- Promedio de 746.3 mm va de agosto a noviembre (periodo húmedo) que representa el 49,6%.

La humedad relativa de la zona tiene un promedio del 77%.

La temperatura media oscila entre 27°C y 30°C

La precipitación media anual es de 1505 siendo septiembre y octubre los meses mas lluvioso.

La evapotranspiración potencial calculada es de 1661 mm anuales.

1.4 Curvas IDF

Para Colombia se propone el método de (Diazgranados, 1998). En esta metodología se desarrollan las curvas intensidad-duración- frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación.

La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar. La expresión resultante está dada por:

Dónde:

Ecuación 1 Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

Fuente: (Diazgranados, 1998)

I: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual t: Duración de la lluvia, en minutos (min).

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión.

Estos parámetros fueron regionalizados en cinco regiones que se muestran en la siguiente figura:

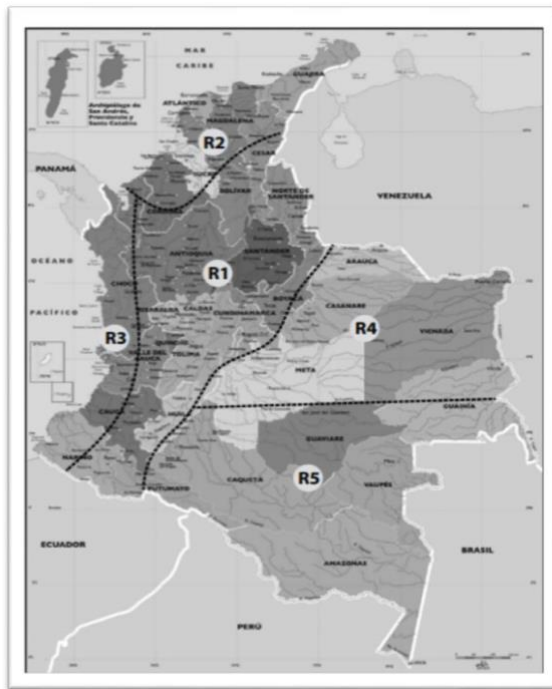


Figura 2. Zonificación parámetros de regresión

A continuación se presentan los parámetros de ajuste de regresión por región:

Tabla 2 Parámetros según regiones del país

REGIÓN		a	b	c	d
Andina	R1	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe	R2	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico	R3	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía	R4	5.53	0.17	0.63	0.42

1.5 Recopilación y análisis de la Información

Se consultó las fuentes de información primaria y secundaria disponible, como lo son las entidades del IDEAM y la alcaldía del municipio con el fin de cumplir los objetivos propuestos en

este documento; también durante el proceso se apoyó con información satelital disponible para la obtención del Modelo de elevación digital (DEM).

1.6 Caudales máximos y mínimos

Estos dos grupos de caudales se trabajaron de la misma manera por la similitud de sus datos en cuanto a cantidad y presentación.

1. Conociendo el caudal medio (mínimo/máximo) multianual para cada estación, y el área aferente de cada una de ellas, se relacionan en una gráfica con el fin de verificar si existe una linealidad entre mencionada relación y entre las 12 estaciones mencionadas; teniendo de esta forma lo siguiente (ver gráfica 6). El coeficiente de determinación demuestra que existe una fuerte relación entre el área aferente de la estación y su caudal.
2. A partir de los caudales máximos y mínimos medios proporcionados por el IDEAM y las áreas de drenaje de cada estación, se calcula el caudal específico con la relación entre el caudal (máximo o mínimo) y el área de drenaje, con el fin de graficar el Hidrograma y visualizar el comportamiento de las lecturas de caudales. Este paso se efectúa para cada una de las estaciones con el fin de comparar sus hidrogramas específicos.

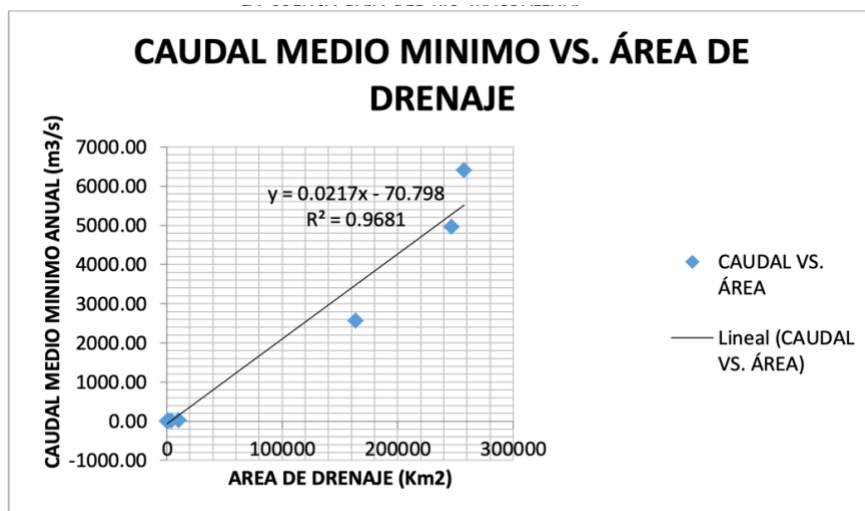


Figura 3. Estimación de Ecuaciones de Transferencia hidrológica para el cálculo de caudales medios diarios en la cuenta baja del Río Magdalena

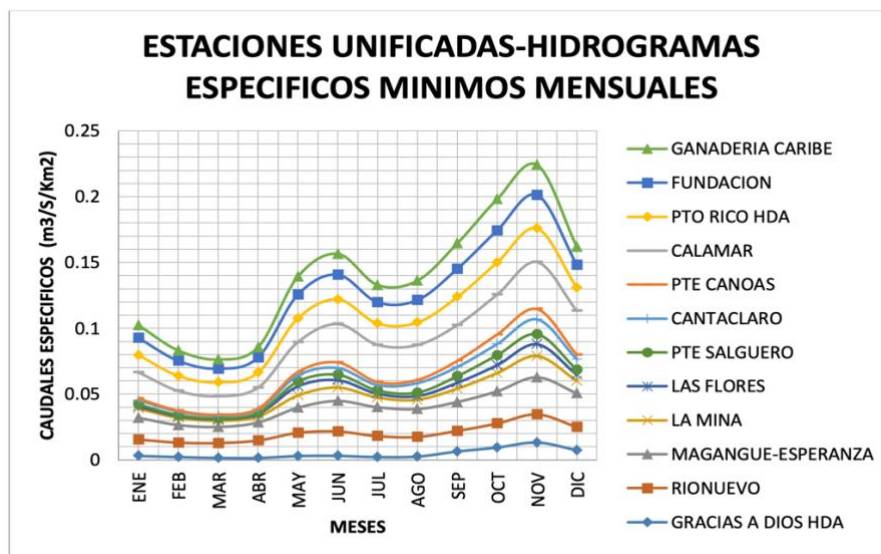


Figura 4. Hidrogramas específicos para Q, min mensuales.

Se debe tomar como índice cada una de las estaciones y transferir los caudales a todas las estaciones de la cuenca.

Con base en los datos encontrados en el paso anterior se grafican los caudales encontrados con cada ecuación Vs los días, luego se escoge la ecuación que presenta menores errores, que en todos los casos fue la ecuación propuesta iterando el n y de acuerdo al coeficiente de nash (E) ya calculado, se puede verificar que tan efectiva es la transferencia desde la estación indicada.

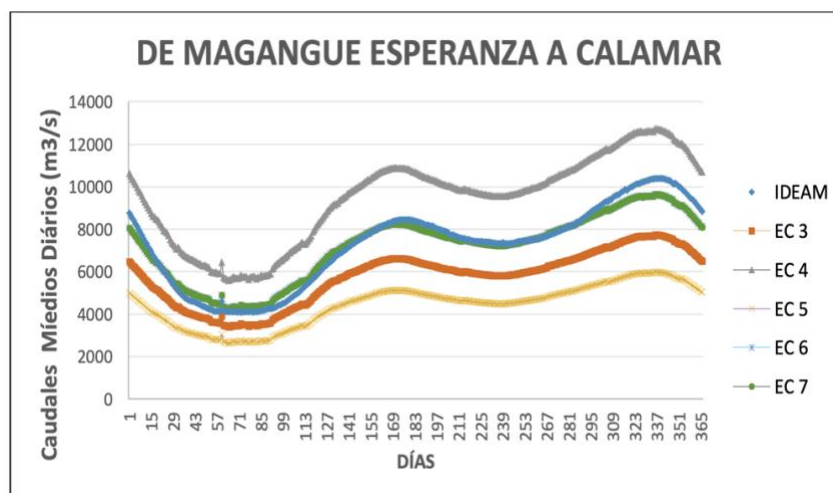


Figura 5. Caudales Medios Diarios

TABLA 1. CAUDALES MAXIMOS MENSUALES

RESUMEN DE "n" PROMEDIO MULTIANUAL Y COEFICIENTE DE DETERMINACION		Gracias a dios HDA	Rio nuevo	Magangué – Esperanza	La mina	Las flores	Pte Salguero	Cantaciaro	Pte canoas	Calamar	Pto Rico Hda	Fundacion	Ganaderia Caribe
Magangue - la esperanza	n	0.900	1.450		0.850	0.600	1.350	0.300	1.550	7.400	0.800	0.800	0.800
	R ²	0.465	0.803		0.341	0.095	0.215	0.215	0.720	0.989	0.397	0.413	0.336

TABLA 2. CAUDALES MINIMOS MENSUALES

RESUMEN DE "n" PROMEDIO MULTIANUAL Y COEFICIENTE DE DETERMINACION		Gracias a dios HDA	Rio nuevo	Magangué – Esperanza	La mina	Las flores	Pte Salguero	Cantaciaro	Pte canoas	Calamar	Pto Rico Hda	Fundacion	Ganaderia Caribe
Magangue - la esperanza	n	1.32	1.68		1.15	1.31	1.59	1.21	1.83	6.10	1.03	1.06	1.09
	R ²	0.62	0.84		0.75	0.64	0.75	0.83	0.74	1.00	0.80	0.82	0.336

TABLA 3. CAUDALES MEDIOS DIARIOS

RESUMEN DE "n" PROMEDIO MULTIANUAL Y COEFICIENTE DE DETERMINACION		Gracias a dios HDA	Rio nuevo	Magangué – Esperanza	La mina	Las flores	Pte Salguero	Cantaciaro	Pte canoas	Calamar	Pto Rico Hda	Fundacion	Ganaderia Caribe
Magangue - la esperanza	n	0.73	124		1.120	1.250	1.510	1.120	1.700	6.200	1.000	1.000	1.030
	R ²	0.769	0.325		0.139	0.586	0.654	0.375	0.582	0.960	0.372	0.223	0.205

A continuación se presentan las similitudes hidrológicas:

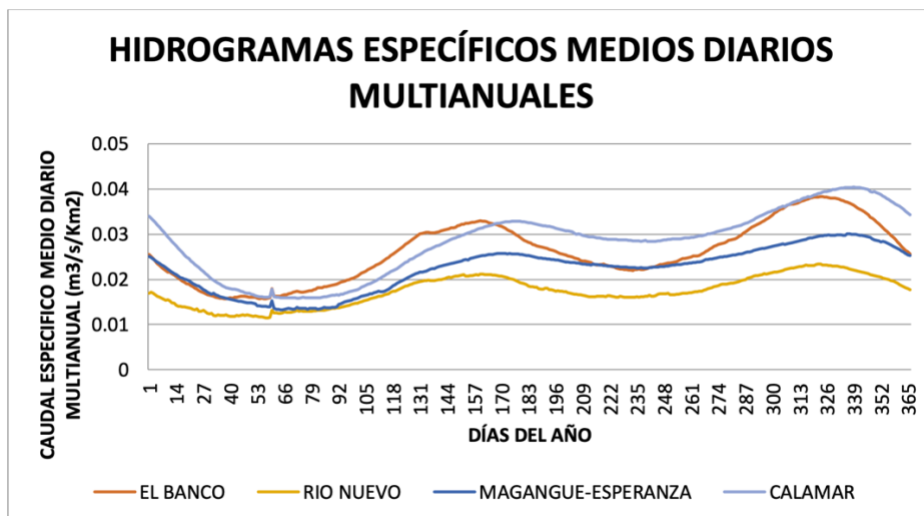


Figura 6. Hidrogramas específicos medio diario multianuales

2. Estimación de Niveles de Inundación

Teniendo asignado cada inundación a la estación hidrológica ubicada aguas arriba del municipio afectado e identificando la causa del evento, se procede a realizar el análisis de amenaza de inundación para cada suceso.

El análisis de amenaza de inundación consta de los siguientes puntos:

- Nivel en la estación para la fecha de la inundación.
- Periodo de retorno de la inundación: El periodo de retorno se determina a partir del análisis de niveles máximos anuales.
- Además el nivel en la estación hidrológica asociado a cada evento de inundación se representa en los siguientes gráficos:
 - Curva de frecuencia de niveles excedido.
 - Curva de periodo de retorno de los niveles máximos anuales.
 - Curva de duración.

2.1 Estación Magangue.

En la estación IDEAM Magangué (K252) se encontraron nueve (9) eventos de inundación asociados a esta estación. Se observa en la Tabla 5 y Figura 5 que los niveles de las inundaciones tienen periodos de retorno entre 1.3 y 21 años, aunque la mayoría es inferior a un periodo de retorno de 5 años.

Id	Fecha de Inundación	Localización de la Inundación		Nivel en la estación para la fecha de inundación (msnm)	Periodo de Retorno de la Inundación (Años)
		Municipio	Departamento		
1	29/11/2011	Magangue	Bolívar	18.29	2.6
2	04/05/2011	Tacaloa	Bolívar	18.00	1.8
3	03/05/2011	Cordoba	Bolívar	17.91	1.6
4	03/12/2010	Tacamocha	Bolívar	19.11	21
5	09/11/2010	Magangue	Bolívar	18.54	3.6
6	01/08/2010	Magangue	Bolívar	18.08	2
7	26/11/2008	Zambrano	Bolívar	18.45	3.6
8	23/07/2008	Magangue	Bolívar	17.85	1.6
9	24/11/2003	Cordoba	Bolívar	17.49	1.3

Tabla 5. Análisis de Amenaza de Inundación estación IDEAM Magangué

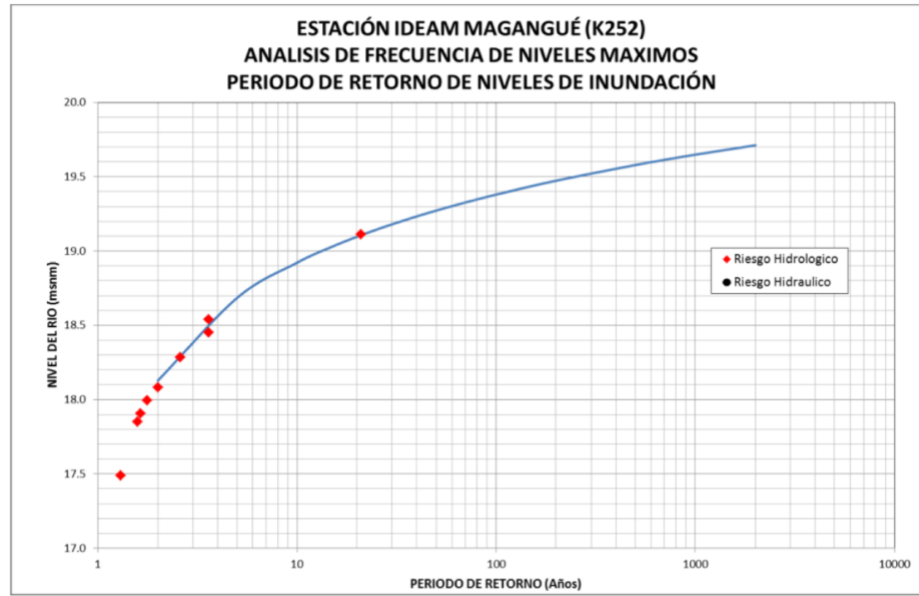


Figura 7. Periodo de retorno máximos anuales y de niveles de inundaciones para estación IDEAM.

se observa la frecuencia de niveles de excedidos y la curva de duración. Se puede concluir que los niveles a los cuales ocurrieron las inundaciones están entre el nivel máximo y el nivel de excedencia del 10%, se destaca que algunos niveles de inundación están entre el nivel de excedencia del 10% y del 50%. Además los niveles de inundación tienen un porcentaje de tiempo excedido menor o igual al 15%, solo uno es cercano al 20%.

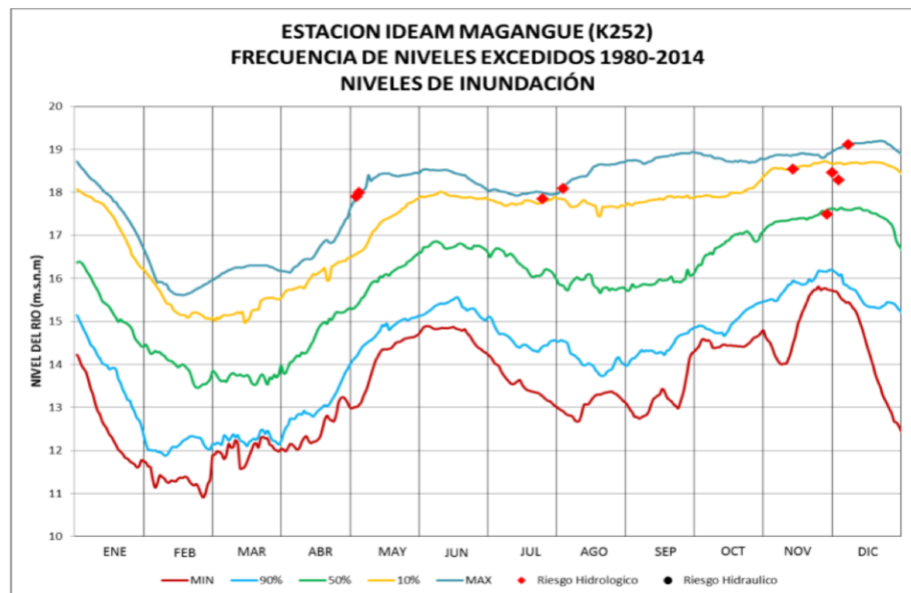


Figura 8. Curva de frecuencia de niveles excedidos Estacion IDEAM Magangue

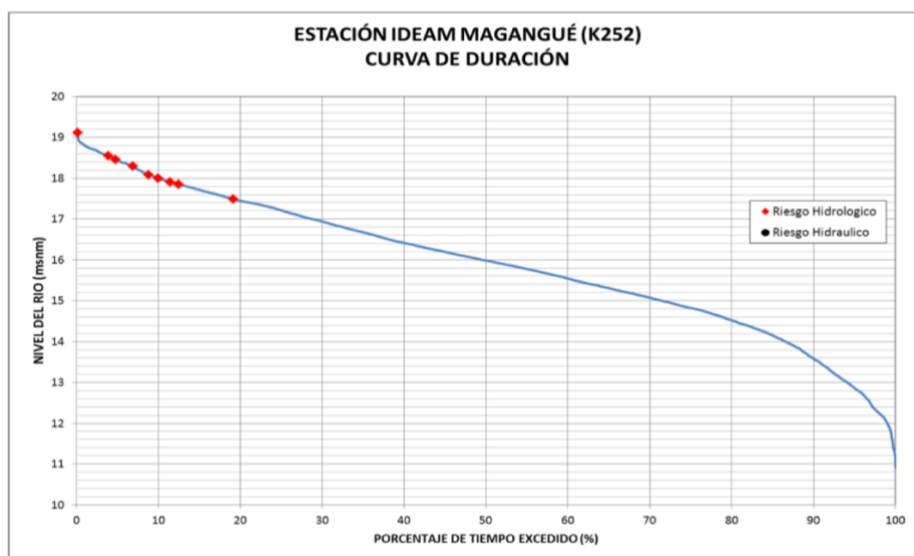


Figura 9. Curva de duración de niveles Estación IDEAM Magangué

En la siguiente tabla se presenta en resumen los niveles de alerta de inundación propuestos para los municipios afectados y se comparan estos con la cota de inundación definida por el IDEAM para la estación Magangué

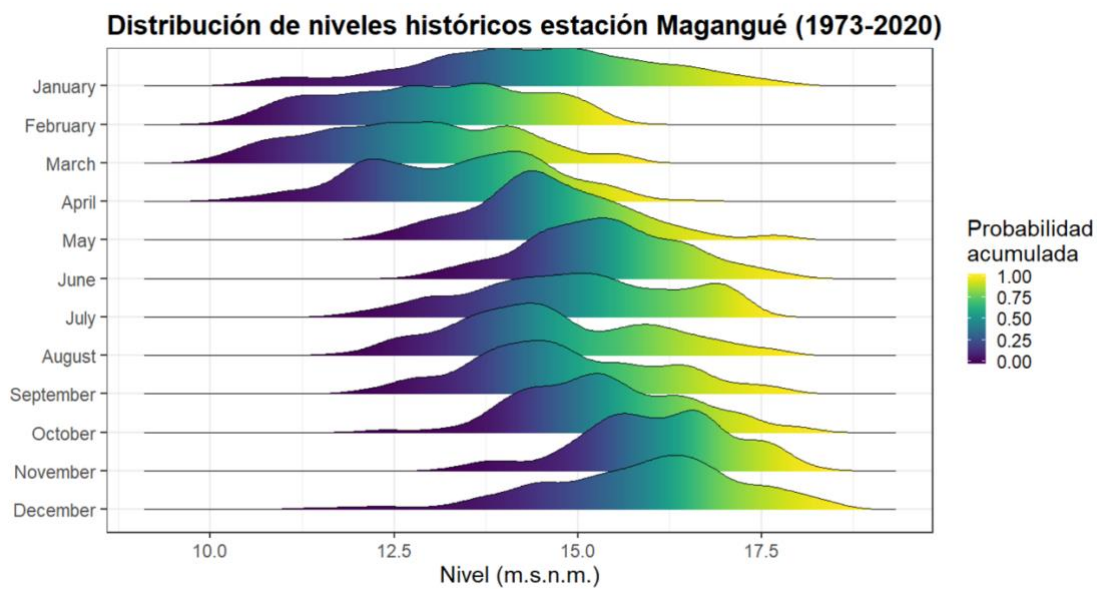
	COTA DE INUNDACION IDEAM (msnm)	NIVEL ALERTA INUNDACION
	MAGANGUE	
NIVEL DE ALERTA ROJA	17.72	17.50
NIVEL DE ALERTA NARANJA		17.30
NIVEL DE ALERTA AMARILLA		17.10

Tabla 6. Cota inundación

Los periodo de retorno de los niveles de alerta de inundación son iguales o menores a 10 años, siendo muy inferiores al periodo de retorno mínimo de diseño (25 años) para obras de control de inundación. Respecto a los periodos de retorno de las cotas de inundación se observa que la cota de la estación IDEAM Calamar es 2000 años mientras que las demás son inferiores a dos (2) años.

Del análisis anterior podemos concluir que los niveles de alerta de inundación y las cotas de inundación de las estaciones hidrológicas del IDEAM están asociados a periodos de retorno muy bajos, lo cual indica la alta vulnerabilidad del sistema de control de inundación del río Magdalena.

A continuación se muestran gráficos de estimación de densidad de Kernel para los niveles de las estaciones Magangué. Las estimaciones para el cálculo de la probabilidad fueron hechas teniendo en cuenta la serie histórica disponible para cada estación, la curva de gasto y la estacionalidad presente para cada una de ellas. Los colores representan la probabilidad acumulada.



3. Conclusiones y Recomendaciones

Los periodos de retorno de las inundaciones en la zona son muy bajos, en su mayoría inferiores al periodo de retorno mínimo de diseño (25 años) con el cual se diseñan las obras de protección y control, lo cual indica que las obras de inundación del río Magdalena son altamente vulnerables.

Los niveles del río en las estaciones hidrológicas para las fechas de inundación están asociados a frecuencia de niveles excedidos superiores al 10%, aunque algunos registros fueron cercanos al nivel de excedencia del 50%.

Las evidencias muestran que la zona del proyecto es altamente vulnerable a inundaciones con cotas muy bajas, por lo tanto es recomendable hacer estructuras de control de inundación y la definición clara del grado de vulnerabilidad considerando criterios geotécnicos e hidrológicos.



HECTOR CRESPO JARAMILLO

INGENIERO CIVIL

TP. 0820272161 ATL

C.C 7.886.965

DOCUMENTO PROFESIONAL

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO **7.886.965**

CRESPO JARAMILLO
APELLIDOS

HECTOR MANUEL
NOMBRES







FECHA DE NACIMIENTO **04-SEP-1961**

ARJONA
(BOLIVAR)

LUGAR DE NACIMIENTO

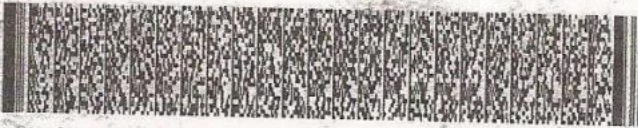
1.60 **O-** **M**
ESTATURA G.S. RH SEXO

23-NOV-1983 ARJONA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION



INDICE DERECHO

REGISTRADORA NACIONAL
ALMADEATRIZ RENGIFO LOPEZ



A-0500700-30149466-M-0007886965-20060804 0253306216A 02 210190315

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Matrícula Profesional No.
08202-72161 ATL
Fecha de Expedición: 18/06/1998

Nombre:
**HECTOR MANUEL
CRESPO JARAMILLO**

Identificación:
C.C. 7886965

Profesión:
INGENIERO CIVIL

Institución:
**CORPORACION UNIVERSITARIA
DE LA COSTA - CUC**

