

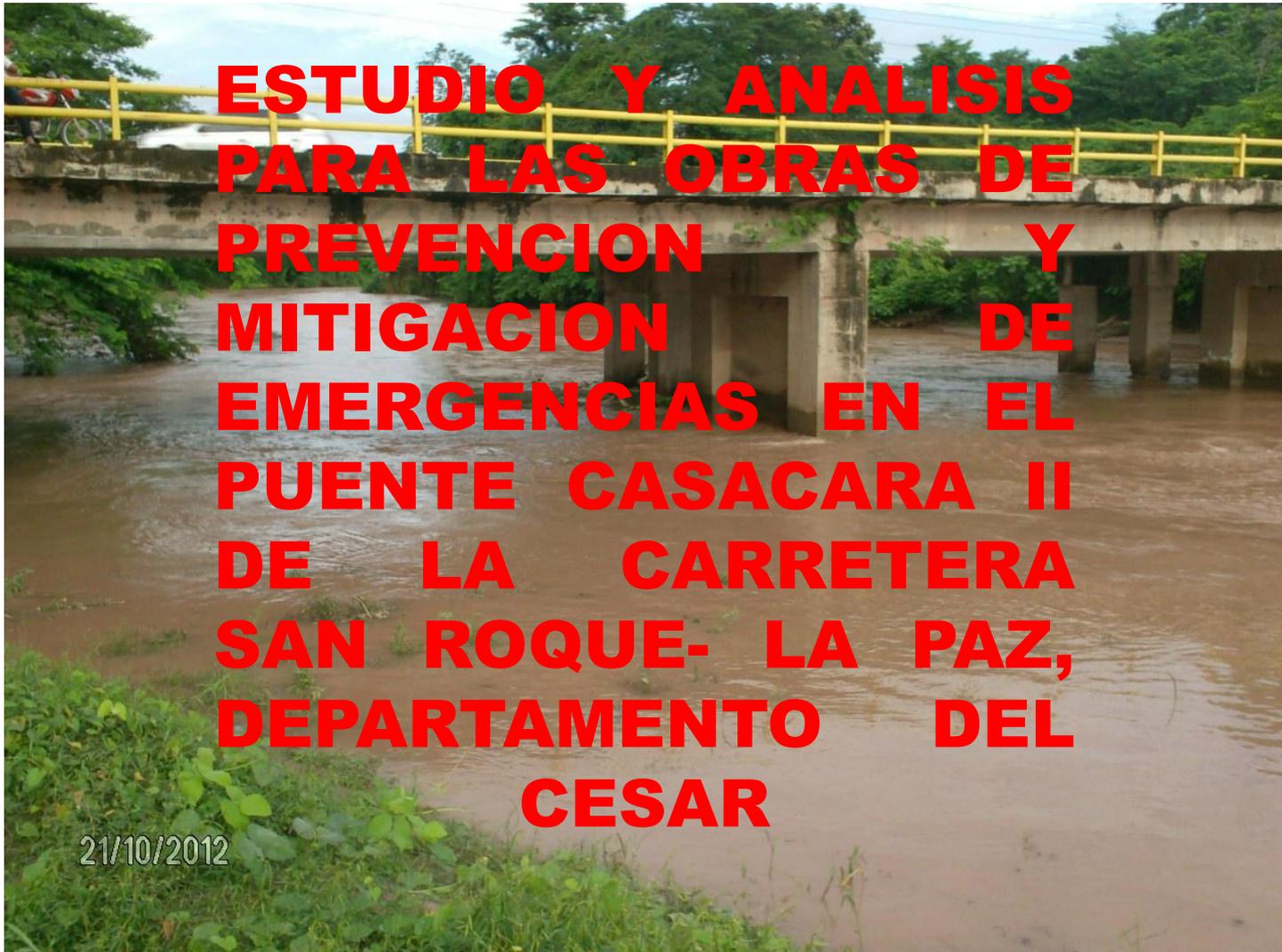
# UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

## FACULTAD DE INGENIERIA

### ESPECIALIZACION EN PAVIMENTOS

William Armando Cristancho García  
Ing. Civil, Topógrafo, Especialista en Gerencia de Obras.  
WACG, Bogotá, Colombia,  
Williamxacg2003@yahoo.es

# VISTA PUENTE SOBRE RIO CASACARÁ



# DESCRIPCION DEL SITIO

- El antiguo hábitat de los Yuko-Yukpa se extendía por el oeste, desde el valle del río Cesar, en Colombia, hasta el Lago de Maracaibo, en su costado oriental (Venezuela). En la actualidad su territorio está restringido a la zona montañosa de la Cordillera Oriental, en la Sierra de Perijá, cuya cresta marca el límite internacional entre Colombia y Venezuela.

# LOCALIZACION





Depósito natural de arena  
(margen derecha) ocasionada  
por el daño mecánico aguas  
arriba

Socavación y volcamiento de  
gaviones margen izquierda del río

25/10/2012



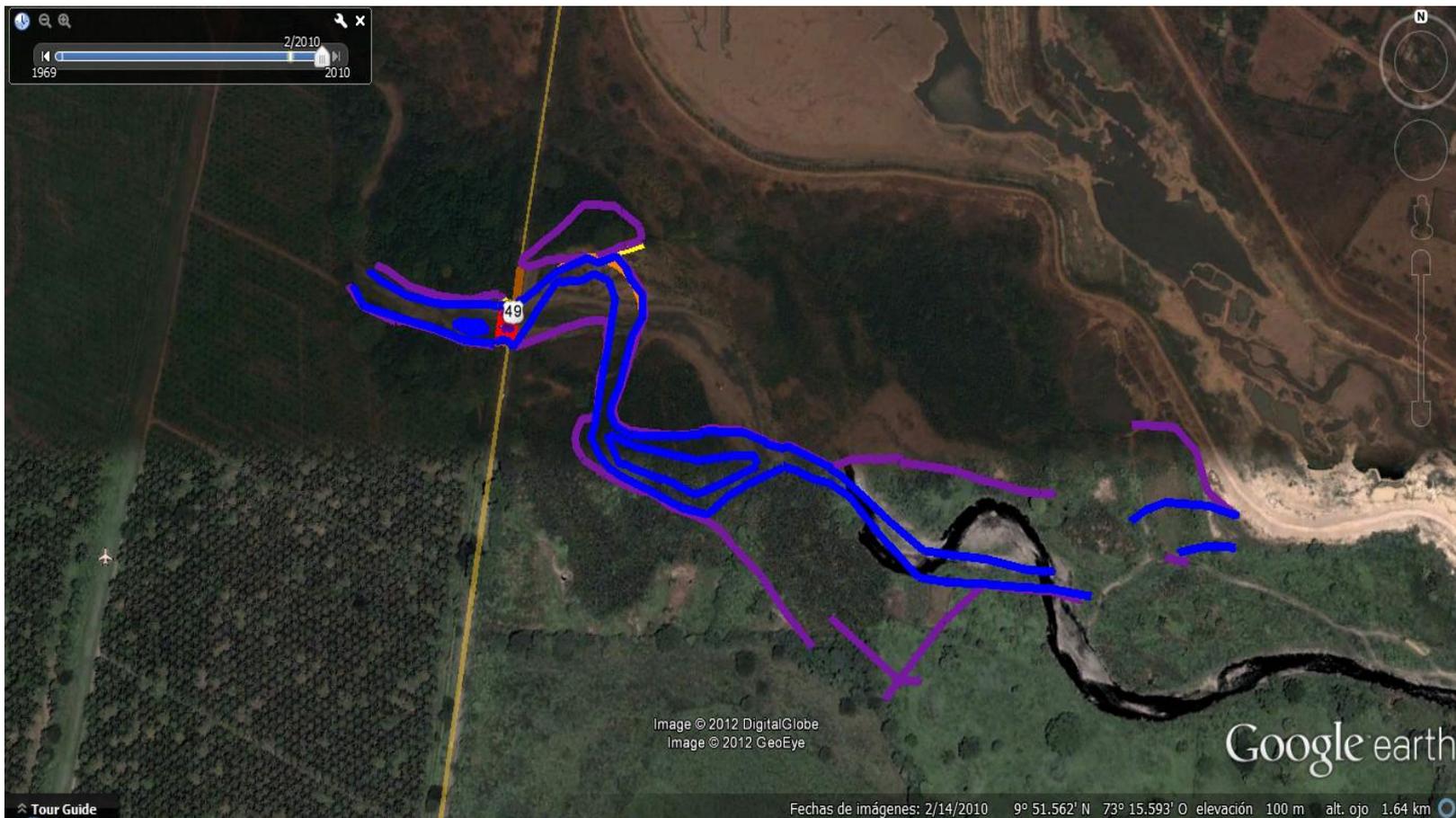
- El clima de esta área varía de acuerdo con la altitud y longitud. La zona meridional es húmeda, mientras que la porción norte es seca. Los periodos de lluvias se concentran en abril-julio y agosto-diciembre; el verano se presenta en los meses de diciembre a marzo y en julio-agosto.
- Los suelos son pobres y pedregosos, con fuertes pendientes y susceptibles de erosión. solamente en las márgenes de los ríos que descienden de la serranía se encuentran suelos aluviales de tierra negra; así como en las áreas inundadas durante las crecientes de los ríos. Estas zonas, se aprovechan para cultivar.

- La vegetación local está conformada, sobretodo, por bosque seco tropical, bosque húmedo subtropical y bosque montañoso bajo. Los Yuko-Yukpa habitan principalmente en los dos primeros ecosistemas. El bosque seco tropical se inicia a una altura cercana al nivel del mar y llega hasta los 1.100 m; tiene una temperatura mayor a los 24 grados C y un nivel de lluvias entre 1.000 y 2.000 mm. De otra parte, el bosque húmedo subtropical se extiende entre los 900 y los 2.100 metros, con temperaturas que oscilan entre los 18 y 24 grados C y posee una pluviosidad similar a la anterior.
- De la Serranía de Perijá descienden numerosos ríos que desembocan en el río Cesar (Calenturitas, Casacara, Pernambuco, Marcacas, Sicarare) y otros que corren al Golfo de Maracaibo (ríos Apón, Santa Ana, etc.).
- La fauna regional es similar a la de las tierras bajas del Valle del Cesar o del Lago de Maracaibo, y de las regiones andinas aledañas. Abundan los mamíferos (monos, osos, puercoespines, ratas, tigrillos, venados, etc.), aves (canario, picogordo, "siete colas", gavián, etc.) y numerosos anfibios y reptiles.

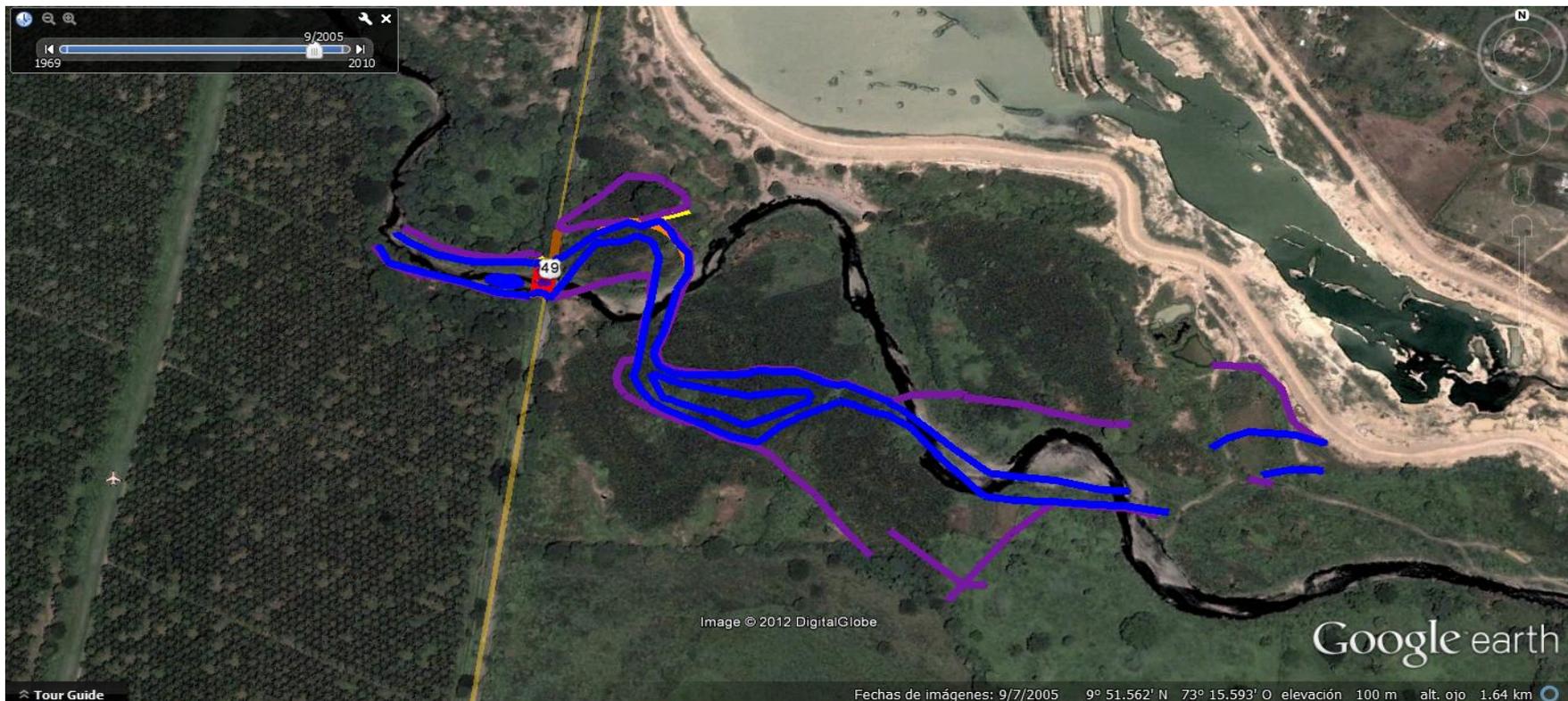
# DESCRIPCION DEL PROBLEMA

- Por la construcción de un embalse aguas arriba del cauce del río, en donde se presenta un dragado del mismo, ocasiona que por condiciones naturales de compensación, el río empieza a sedimentar en la orilla contraria lo que genera los siguientes fenómenos:
- El río entra en sentido casi paralelo al puente, atacando y socavando el estribo izquierdo.
- Aguas arriba el río se ha venido ampliando variando su dirección después de cada creciente.
- Aguas abajo del puente el cauce baja bien definido.

# Foto No. 1 - Montaje sobre fotos año 2010 (Solo la llegada al Puente)

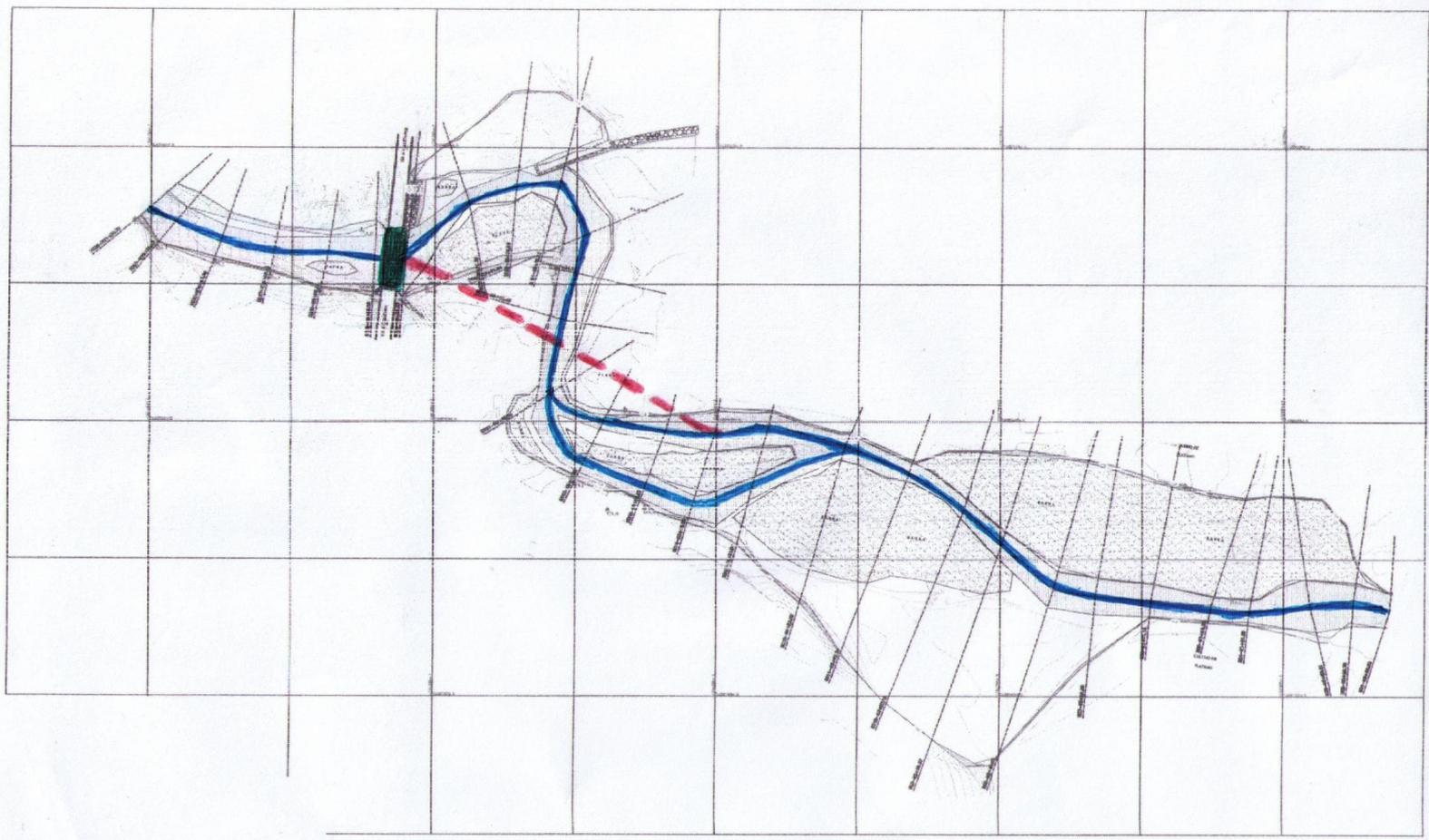


## Foto No. 2 - Montaje sobre fotos año 2005



Se aprecia en las fotos anteriores que el río tuvo un comportamiento en 5 años que conllevó al cambio del curso del mismo por que se hizo una explotación Indiscriminada de material para construcción de jarillón para hacer el embalse que se aprecia en la parte superior de la foto No. 2

# Plano



# Socavación en la banca sobre margen izquierdo del río



# MARCO TEÓRICO

- Con el ánimo de dar solución al problema planteado a continuación se contemplan las siguientes opciones, de las cuales se definirá con el estudio hidrológico cual es la más conveniente:
- **OPCIÓN No. 1 - MURO DE CONTENCION**
- Se denomina muro de contención a un tipo estructura de contención rígida, destinada a contener algún material, generalmente tierras.

# OPCIÓN No. 1 MURO DE CONTENCIÓN

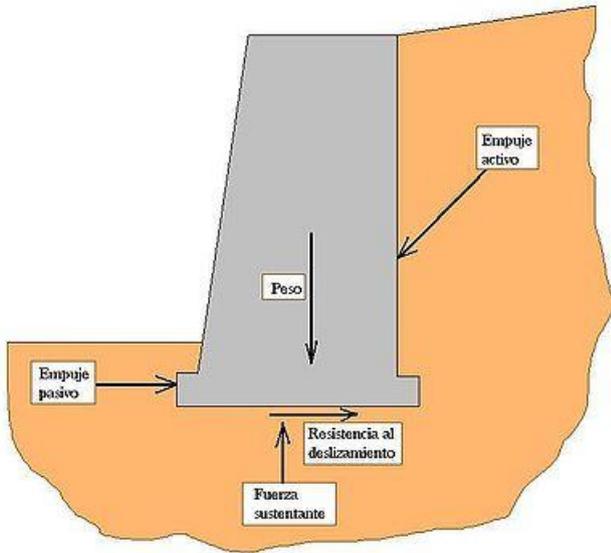


Figura No. 1

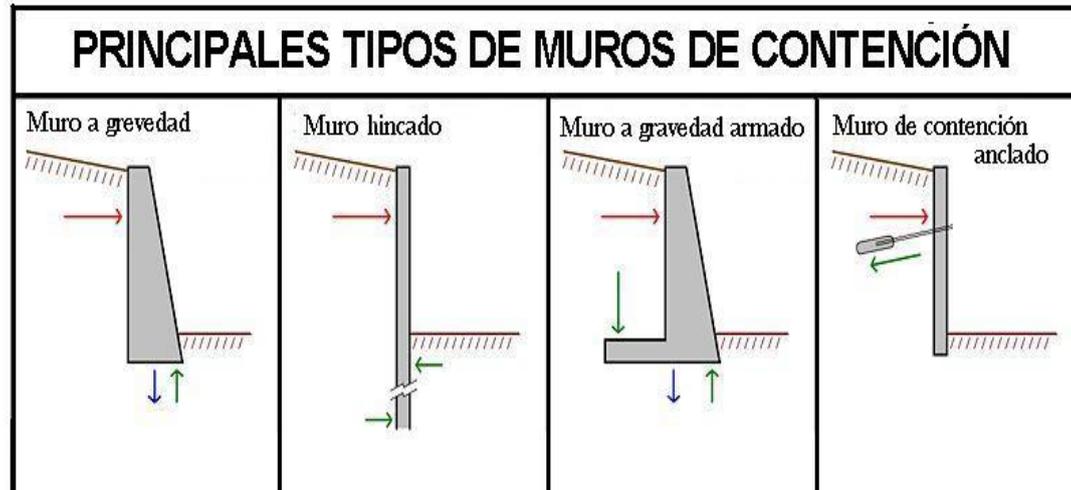


Figura No. 2

# OPCIÓN No. 2 - MURO EN GAVIONES

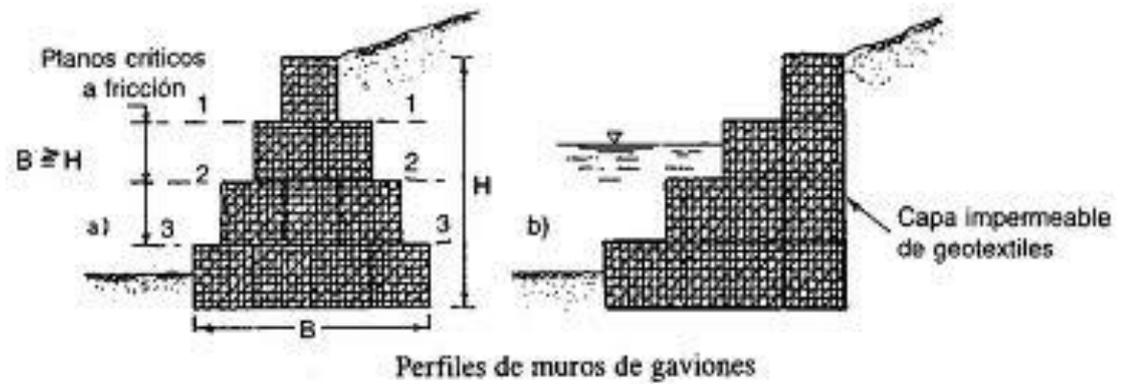
- Caja de forma prismática (paralelepípedos) rectangular, construida con malla metálica de celdas hexagonales de Triple Torsión, confeccionada con alambre galvanizado, para ser llenadas con piedra u otros materiales mampuestos de forma homogénea, tensadas y unidas entre sí con alambre para así trabajar de forma monolítica como estructura de contenido y/o protección. V(Foto No. 3 y Figura No. 3)

# OPCIÓN No. 2 MURO EN GAVIONES



Foto No. 3

Figura No. 3



# OPCIÓN No. 3 - JARILLON

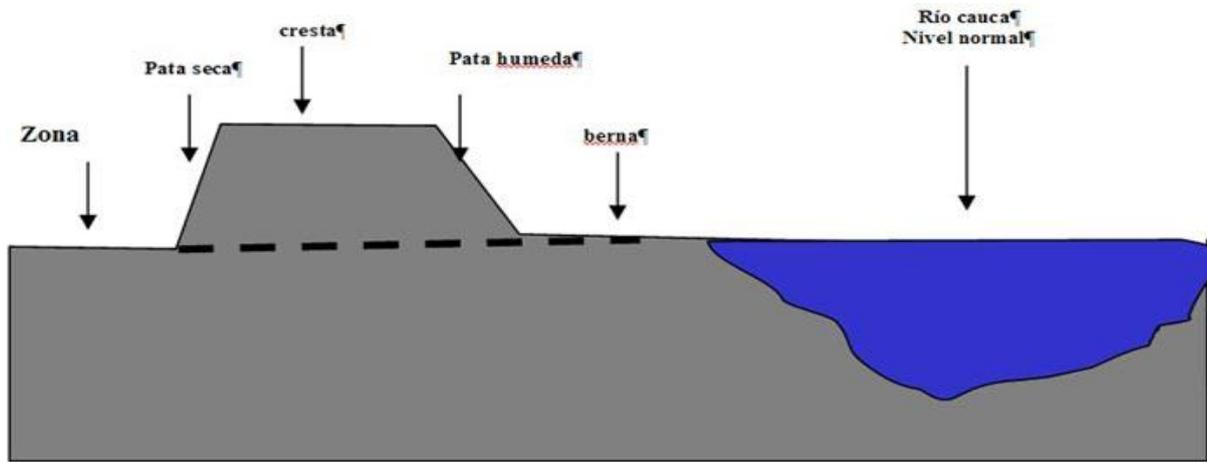


Figura No. 4 – Estructura del Jarillón

Foto No. 4 – Vista final de Jarillón



ESTUDIO Y ANALISIS PARA LAS OBRAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE EMERGENCIAS EN EL PUENTE CASACARA II DE LA CARRETERA SAN ROQUE- LA PAZ, DEPARTAMENTO DEL CESAR

- ▶ Para la realización de este proyecto se tomó como estado del arte los siguientes casos:
- ▶ Estudio integral del jarillón agua blanca de la ciudad de Cali.
- ▶ Protección y estabilización de taludes con gaviones en la entrada a la planta San Miguel, de cementos Progreso Km 46.5 de la carretera CA-9 ruta Atlántico.
- ▶ Instalación de muro de contención en el sector de la asociación de vivienda Ramiro Alvarado Celis distrito de Rupa Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huanuco, Región Huanuco, México

# ESTUDIO INTEGRAL DEL JARILLÓN AGUABLANCA DE LA CIUDAD DE CALI PARA SU REHABILITACIÓN, MEJORAMIENTO Y SOSTENIBILIDAD



- El Jarillón Aguablanca (JA) con longitud de 17 km protege una población de 700 mil habitantes en el Distrito de Aguablanca en la Ciudad de Santiago de Cali, de una posible inundación causada por el desbordamiento del río Cauca durante períodos críticos de invierno. En los años 2010 y 2011, la intensidad y duración de lluvias se han intensificado por los fenómenos de variabilidad climática -como La Niña- y Cambio Climático. Las escorrentías superficiales también parecen tener incrementos significativos, ante lo expuesto previamente, aunado al cambio de uso del suelo en la cuenca alta del río Cauca y también, debido al proceso de impermeabilización progresiva de suelos en áreas urbanas y rurales que tributan sus escorrentías superficiales al río Cauca, aguas arriba del Municipio de Cali o a lo largo del mismo, como ocurre con la ciudad de Cali. Estos hechos incrementan la probabilidad de ocurrencia de la amenaza por inundación en el Distrito de Aguablanca.

- El alcance de este proyecto se focalizo sobre el Jarillón Aguablanca y se enmarco dentro de las acciones a corto plazo, constituyendo a futuro un punto fundamental de partida para la definición y estructuración del Programa Integral.
- Se encontró con la necesidad de intervenir a corto plazo sobre el sistema de diques (jarillón-berma-orilla), tanto en la margen izquierda del río Cauca, como en los tramos finales de los tributarios (canal interceptor sur y río Cali en la zona de influencia del río Cauca) a su paso por el Municipio de Santiago de Cali.
- Con el fin de reducir la vulnerabilidad de las comunidades ante un posible evento de inundación causado por el rebose o la rotura del jarillón, se prevé realizar, en una siguiente fase del Programa Integral mencionado anteriormente, el diseño de un sistema de alerta temprana. Este sistema permitirá, por un lado, la identificación, evaluación y reparación oportuna de posibles fallas en la estructura del jarillón, y, por otro lado, permitirá identificar anticipadamente la ocurrencia de un evento de inundación y la implementación de planes de prevención y mitigación para minimizar los impactos negativos del evento.

## EJEMPLO DE PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES CON GAVIONES EN LA ENTRADA A LA PLANTA SAN MIGUEL, DE CEMENTOS PROGRESO KM.46.5 DE LA CARRETERA CA-9 (RUTA AL ATLÁNTICO)



- En el acceso a la planta de Cementos Progreso, ubicada en el Km. 46.5, carretera CA-9 (ruta al Atlántico), el río Plátanos pasa muy cerca del pie del talud de esta carretera, éste era dañado en época de lluvia debido al crecimiento del caudal del río. Para contrarrestar y evitar que el pie del talud continuara socavándose, y los posibles derrumbes de la carretera, se realizó un estudio con el fin de que ocurriera un desastre. La mejor solución fue la construcción de estructuras formadas con gaviones.
- Se estudiaron las causas de la erosión y se determinó que era provocada principalmente por:
  - - La deforestación en las márgenes del río.
  - - La pérdida de capacidad de retención de agua del suelo.
  - - La crecida del río en invierno.

- Se investigo el comportamiento del río en el tramo durante la época seca y lluviosa.
- - Durante el tiempo de verano, el río tiene un ancho aproximado de 3.00 m y una profundidad promedio de 0.50 m, en el tramo.
- - En invierno, el río alcanza un ancho aproximado de 5.00 a 7.00 m, con una profundidad de 1.50 m; en algunos lugares hasta 2.50 m.
- El material que arrastra es piedra y arena. Con toda la información recopilada se decidió la construcción de tres espigones y un muro en la parte principal del pie del talud, con el propósito de recuperar playa y evitar que la erosión continuara. También se construyeron otros tres muros pequeños en la parte superior del talud para proteger la carretera de posibles derrumbes. El muro se construyó en la estación 0+300, y se diseñó con escalones internos; sus dimensiones son de 24 metros de largo por 4.00 metros de ancho y 4 metros de alto (384.00 m<sup>3</sup> de gavión), en la base con colchones de 2.00 \* 4.00 metros y espesor de 0.23 metros (22.08 m<sup>3</sup> de colchón); en la parte superior se utilizaron gaviones de 1.00 \* 2.00 \* 1.00 metros. Se rellenó (96.00 m<sup>3</sup>) en la parte de atrás del muro con material del lugar protegiendo la estructura con geotextil, para evitar el paso de material fino.
- Los espigones se diseñaron y construyeron en las márgenes del río, con el propósito de alejarlo y recuperar parte de la playa perdida por causa de las crecidas del mismo. Las dimensiones son de 6.00 \* 8.00 m. con altura de 4.00 m. Tiene una separación entre cada espigón de aproximadamente 15.00 metros.
- Los muros construidos en la orilla de la carretera se diseñaron con escalones internos, las dimensiones de cada muro son 7.00 \*.3.00 m y una altura de 3.00 m, cubiertos con geotextil en la parte expuesta al relleno, anclados con paneles de malla galvanizada al terreno natural.



- OBJETIVO DEL PROYECTO.- El objetivo que se pretende lograr mediante la intervención propuesta es el "ADECUADAS CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LAS VIVIENDAS DE LOS SECTORES DE ASOCIACION DE VIVIENDA RAMIRO ALVARADO CELIS DISTRITO DE RUPA RUPA"
- 
- DESCRIPCION TÉCNICA DEL PROYECTO.- El proyecto en estudio se desarrolla para la construcción de una infraestructura adecuada que brinde seguridad a la población, la cual continuamente es afectada por los constantes deslizamientos de tierra que tienen ocurrencia frecuente en la zona siendo este un punto importante puesto que las viviendas se encuentran desprotegidas siendo estas de material noble en la mayoría de casos.

- Por tanto el presente proyecto cuenta con los siguientes componentes para su ejecución:
- Construcción de 872 m<sup>3</sup> de muros de contención de gaviones tipo caja con geotextil no-tejido detrás de gaviones, con la finalidad de protección a las viviendas de la parte baja construcción de muros de concreto ciclópeo  $f''c = 140 \text{ kg/cm}^2 + 30 \% \text{ P.G.}$  de 106.50 m<sup>3</sup>, con acabado cara-vista y pintura esmalte para murales; así como Drenaje de tuberías de pvc sal  $\emptyset 4''$  cada 3 m.
- Construcción de 550 m<sup>3</sup> de muros de contención de concreto ciclópeo  $f''c = 140 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ P. G.}$ , con acabado solaqueado y pintura esmalte, y Drenaje de tuberías de pvc sal  $\emptyset 4''$  cada 3 m.
- BENEFICIOS DEL PROYECTO.- Los beneficios atribuibles al proyecto son:
  - Reducción de riesgos por derrumbes
  - Desaparecen hoyos, piedras, tierra, etc.
  - Acceso a los servicios de seguridad para las viviendas
  - Lograr una mejor calidad de vida de los pobladores

# DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

- De acuerdo con sistemas de referenciación geográfica hacer una modelación, en la que se tiene en cuenta los diferentes niveles y cuanto cambia el cauce del rio en los periodos de lluvia, para poder definir que tipo de obras se podrían hacer para que el rio corrija su cauce y entre perpendicularmente al puente y así poder evitar la destrucción de la banca y del mismo puente.

# DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

- Después de hacer un estudio detallado de la cuenca y de los registros de lluvia se logra determinar con exactitud el caudal que es de 658 m<sup>3</sup>/seg., con que se modula para un periodo de retorno de 100 años para el cálculo de aguas máximas, luego con la ayuda de programas de cálculo hidráulico se empiezan a racionalizar los diferentes tipos de soluciones que posiblemente se pueden utilizar; se hace la topografía 250 m. aguas abajo y 1200m., aguas arriba; la socavación estimada considerando la curva es de 4 metros, se excavaron 4,50 metros de profundidad en la punta del espolón, se encontraron desde arenas hasta arenas con gravas, el borde libre para ese caudal es de 1,50 metros; con uno de los programas de georeferenciación como Arc GIS se hace la captura de datos los cuales llevan a un modelo gráfico donde se simula el comportamiento del río y como se pueden corregir los inconvenientes presentados; posteriormente se plantea tres soluciones y se calcula el costo esto con el fin de plantear la solución más adecuada que se podría ejecutar para el mejoramiento y redistribución de las fuerzas que afectan el río en este momento.

# Resultados y análisis

- Dentro de las soluciones planteadas se sugieren tres que se describen a continuación:
- Muro de contención: se plantea hacer un muro de contención en concreto ciclópeo utilizando escalones internos, sus dimensiones son de 4\*4 metros y con una pata de 6\*1, con una longitud de 500 metros de largo por cada lado y con un volumen de 11.000 metros cúbicos.[7,8]
- Jarillón con material de préstamo seleccionado proveniente de las barras del mismo río, se plantea hacer un jarillón trapezoidal de material seleccionado de 5\*26 con ancho de cresta de 10 metros para un total de 99000 metros cúbicos.[7,8]
- Muro en gaviones de 4\*6 metros, en la parte de atrás se protege con geo textil para evitar el paso de material fino.[7,8]

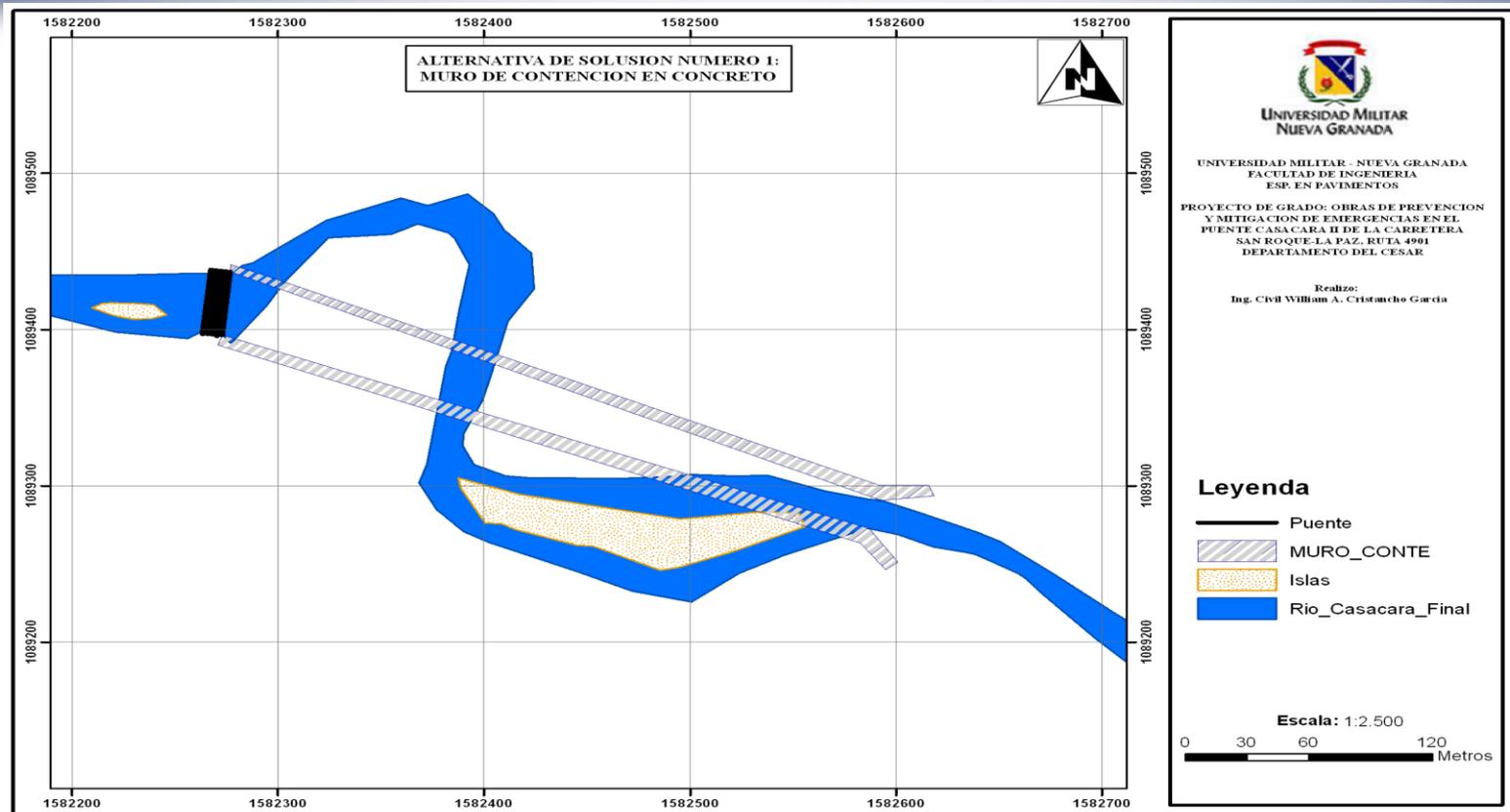
# PRESUPUESTO

- Se saca el presupuesto teniendo en cuenta la excavación de 6\*1 metros para las opciones de Muro de Contención para Gavión, y, excavación de 9\*1 para el jarillón, para hacer la comparación y escoger la opción más favorable y menos complicada para realizar.

**TABLA 11.-Comparación de Valores en las diferentes opciones**

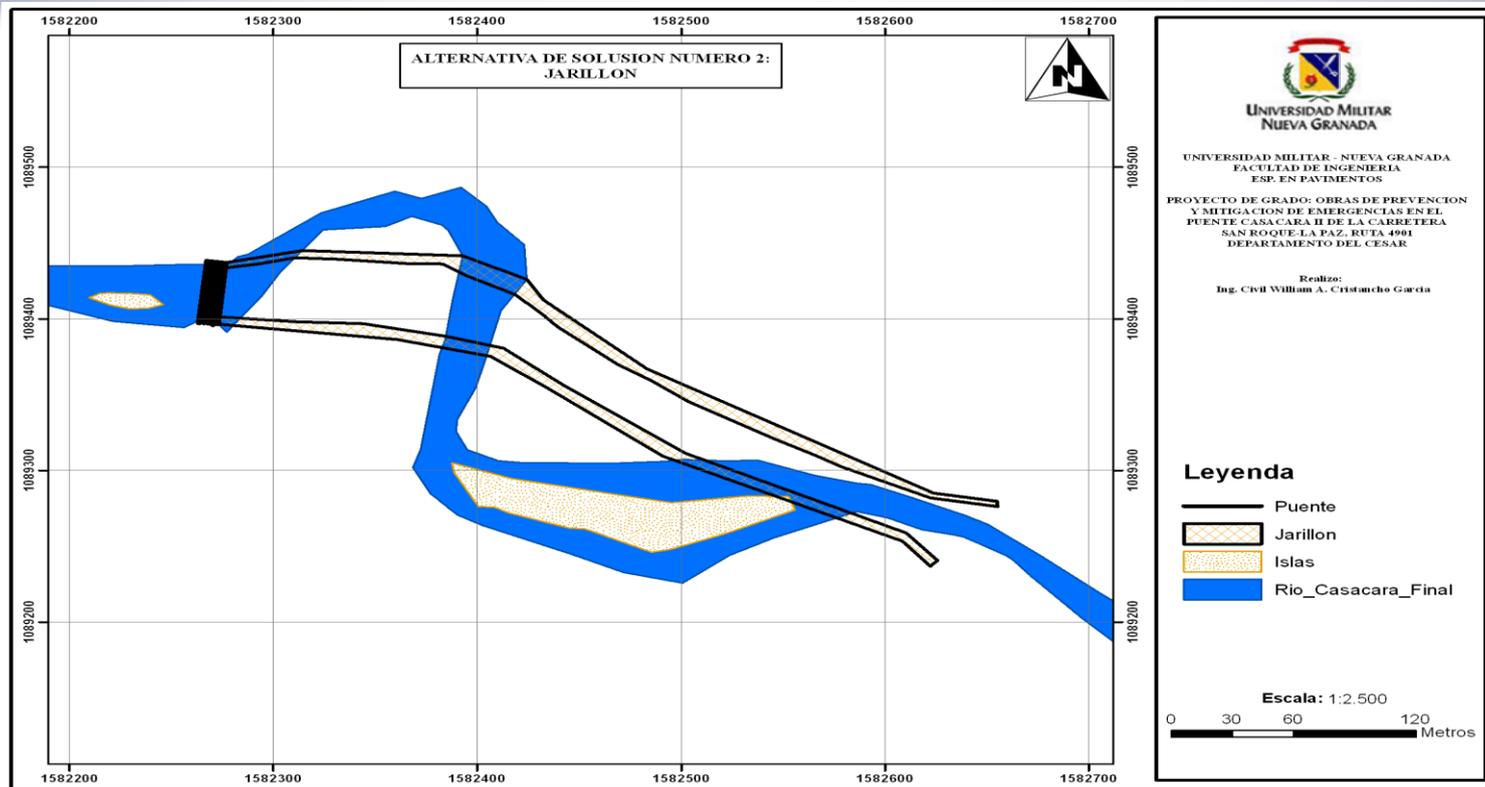
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1-MURO EN CONCRETO F <sup>1</sup> =140 kg/cm <sup>2</sup> . En ambos costados.	M3	11000	\$ 657.055,00	\$ 7.227.605.000,00
2-MURO EN GAVIONES 4*6*1 metros. En ambos costados.	M3	20000	\$ 196.854,00	\$ 3.937.080.000,00
3-JARILLON EN AMBOS COSTADOS	M3	99000	\$ 26.598,00	\$ 2.633.202.000,00

# TABLA 12 – MURO DE CONTENCIÓN EN CONCRETO



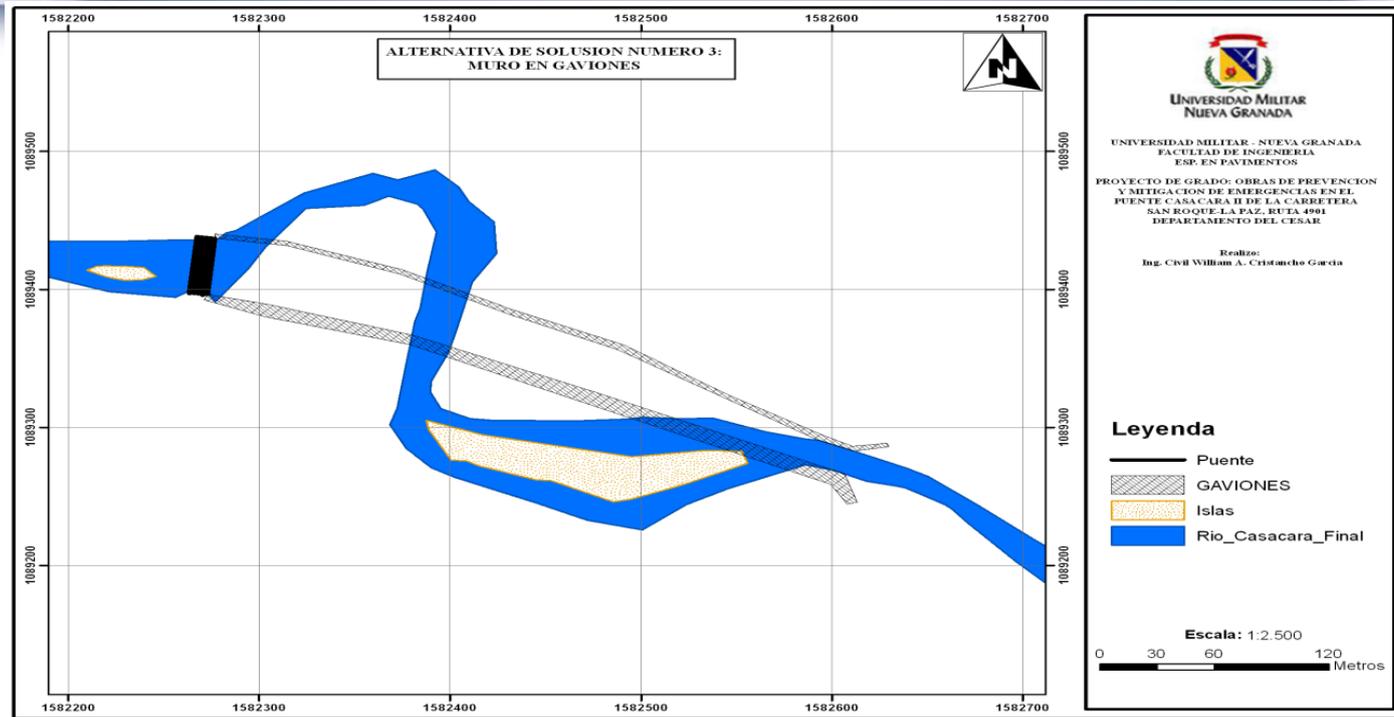
En la tabla 12 se observa el muro en concreto que se debe realizar, esta metodología tiene dos aspectos muy importantes que es una obra más costosa y demorada de construir por tener que hacer una excavación en la pata, además se tiene que colocar formaleta para fundir el concreto que queda a la vista, además, el costo es superior pero tiene mayor duración y estabilidad. [6-9]

# TABLA 13 - JARILLÓN



En la tabla 13 se observa un muro hecho con material de préstamo seleccionado, esto con un procedimiento en el cual se hace una excavación y se empieza a rellenar, después se compacta el material extendido; es la opción más económica y la más rápida en ejecutar. [6-9]

## TABLA 14 – MURO EN GAVIONES



En la tabla 14 se observa un muro en gaviones, consiste en hacer cajas de forma prismática (paralelepípedos) rectangular, construida con malla metálica de celdas hexagonales de Triple Torsión, confeccionada con alambre galvanizado calibre 15, para ser llenadas con piedra u otros materiales que evitan que el comportamiento del río al entrar por debajo del puente sea perpendicular, pero por experiencia propia del mismo río y por las condiciones no es recomendable ya que tienden a sufrir volcamiento; en la parte económica esta de intermedio entre las otras dos opciones. Luego de armado se procede a colocar la tela geo textil en la parte posterior del muro, para evitar filtraciones y en la parte frontal forrarlo con concreto para evitar la erosión y el desarme del mismo.

# CONCLUSIONES

- Además de las herramientas utilizadas para determinar las diferentes condiciones que conllevan a la realización de diferentes soluciones se tienen programas que modulan y simulan las diferentes opciones que le dan al diseñador una visión más cualitativa y cuantitativa del problema para poder escoger la solución más favorable.
- Al analizar los efectos ocasionados por los medios mecánicos producidos por el hombre, se deduce que el sitio de mayor amplitud es de 230 metros, en donde se evidencia la actividad descontrolada de explotación de material en el lecho alterando el ancho, lo que provoca barras que a su vez producen erosión en las orillas, en la naturaleza se concluye que en cuestión de recursos hídricos dan como resultados problemas y catástrofes, y que, al buscar soluciones resultan ser muy costosas, mejor analizar y planificar las obras que se han de realizar teniendo en cuenta la naturaleza, es decir, que en este tipo de obras, es el comportamiento del río en diferentes etapas de tiempo, quien da los parámetros para determinar la viabilidad del proyecto.
- En este caso se decide optar la solución 2 que es la de los jarillones por ser la opción más económica y la que menor tiempo ocupa en su realización, pero se debe tener en cuenta que es una solución a corto plazo y que por esto se debe considerar hacer el seguimiento al comportamiento mecánico de la estructura para analizarlo considerando la parte hidráulica entre los aspectos más importantes la erosión y la sedimentación del cauce del mismo.
- Como se logra ver en las tablas 1 y 2 el comportamiento del río aguas abajo es normal, lo que si se debe tener en cuenta, es que no se debe de hacer ningún tipo de explotación en el cauce del río, por ser un material muy blando y por ende erosivo; esto ocasionaría problemas graves como los que se presenta en la parte de aguas arriba.
- La opción que se propone realizar se ha ejecutado en otros países, obteniendo muy buenos resultados, los cuales favorecen el ambiente, la naturaleza y lo más importante la comunidad en donde tiene incidencia la obra que se desarrollará. En nuestro caso se protegerá no solamente el recurso hídrico, sino que también se protegerá la estructura del puente obteniendo ahorro el cual redundará en beneficios económicos para intervenciones en proyectos nuevos.
- No se puede descartar que en algún momento se puedan hacer combinaciones en las opciones dos y tres para hacer estructuras más esbeltas y por ende más estable, depende principalmente del factor económico.

# BIBLIOGRAFIA

- ALCACER, Antonio, 1962. "El indio Motilón y su historia", Centro Capuchino de Historia y Antropología, Ediciones Paz y Bien, N° 13, Iqueima.
- BIOESTADISTICA-Stanton A Grantz-2002-500 pp.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE LA REFORMA AGRARIA -INCORA-, 1982. Reservas y resguardos construidos en favor de los pueblos indígenas, Bogotá.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, estudio de suelos de la parte norte de Norte de Santander, Bogotá.
- MEDICION DE CAUDAL- Guía practica tecnologías de medición, aplicaciones-soluciones- People for process automation-460 pp.
- HANDBOOK OF HYDROLOGY-David R. Maidment-Mc Graw Hill,Inc-2945 pp.
- APPLIED HYDROLOGY-Vente Chow-David R. Maidment- Larry W. Mays-572 pp. Mc Graw Hill International Editions Civil Engineerin Series 1977.
- ARC HYDRO – Gis For Water de Sources-David Maidment Esri Press-203 pp.
- WATER RESOURCES AND ENVIRONMENTAL, ENGINNERIN-Mc Graw-Hill- 550pp.
- GROUNDWATER RESOURCES INVESTIGATION AND DEVELOPMENT-S.Mandel-Z.L.Shiftan Academic Press-1981-255pp.
- INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, Manual de construcción, Especificaciones generales de construcción, Manual de drenaje para carreteras, Manual para la inspección visual para obras de estabilización, Manual para estructuras de drenaje.
- MORALES Gaitán, Axel Oswaldo. Recuperación de tierras erosionadas por desbordamientos de ríos con obras de gaviones. Tesis ing. civil Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería, 1990.
- CRESPO Villalaz, Carlos. Mecánica de Suelos y Cimentaciones. 4ª. ed México: Editorial Limusa, 1996.
- REVISTA ELECTRÓNICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES - Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Depósito Legal: B. 21.741-98 Vol. X, núm. 224, 1 de noviembre de 2006.
- URIBE CASTRO N.; ZEMANATE, M. *Agricultura Urbana: una propuesta para el mejoramiento sociambiental e ingresos complementarios a partir de la experiencia de a comuna 14 de Cali*. Santiago de Cali: Departamento de Geografía. Universidad del Valle, 2005.
- GOOGLE EARTH, Aerofotografías años 2005 y 2010
- ARCGIS PROGRAMA DE GEOREFERENCIACION. Suministrado por la Universidad Nueva Granada. Consultado Diciembre de 2012.
- TORRES N. ÁLVARO, VILLATE B. EDUARDO, Topografía (1968), Bogotá, Colombia. 315 p.