



**DISEÑO CONCEPTUAL BASADO EN RIESGO
SUBPROYECTO DE INFRAESTRUCTURA:
CONSTRUCCIÓN PUENTE SOBRE EL RÍO BAJABONICO MÁS
ACCESO (BARAGUANA-MUNICIPIO DE IMBERT)
IMBERT,
PROVINCIA DE PUERTO PLATA**

PROYECTO:

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA
REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

**BEI – CIF
Contrato de Préstamo
FI No.87487
SERAPIS No. 2017-0112**

**FECHA
ENERO, 2021**



1. CONTENIDO

1.	CONTENIDO.....	2
2.	INTRODUCCIÓN	6
2.1.	ANTECEDENTES.....	6
2.2.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	7
2.3.	SITUACIÓN ACTUAL	8
2.3.1.	ACCESOS	8
2.3.2.	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL CRUCE DEL RÍO BAJABONICO.	8
2.3.3.	CONDICIONES ESTRUCTURALES.....	9
2.3.4.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICA.	9
2.3.5.	CONDICIONES DEL TRÁFICO.....	10
2.4.	COMUNIDADES INVOLUCRADAS	10
3.	DATOS GENERALES.....	12
3.1.	INFORMACIÓN GENERAL	12
3.2.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y ALCANCE DEL PROYECTO	12
3.3.	MOTIVOS PARA EMPRENDER EL PROYECTO	12
3.4.	OBJETIVOS.....	13
3.5.	PLANES ESTRATÉGICOS DE LOS QUE FORMA PARTE	13
3.6.	ENTIDADES RESPONSABLES	13
4.	ALCANCES.....	14
4.1.	ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS	14
4.2.	DISEÑO BASADO EN RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	14
4.3.	ESTUDIO COSTO/BENEFICIO	15
4.4.	ESTUDIOS ECONÓMICOS.....	15
4.5.	PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL	16
4.5.1.	DISEÑO DE CONJUNTO	16
4.5.2.	PROYECTO DISEÑADO	17
4.5.3.	CONSTRUCCIÓN DE DESVÍOS.....	26
4.6.	PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRAS	26

5.	METODOLOGÍA GENERAL	27
5.1.	NORMAS APLICABLES	27
5.1.1.	NORMAS Y REGLAMENTOS DOMINICANOS	27
5.1.2.	NORMAS INTERNACIONALES.	27
5.1.3.	NORMAS Y REGLAMENTOS DOMINICANOS REVISADOS POR LA ATI.....	28
5.2.	RECOPILACIÓN DE DOCUMENTACIÓN EXISTENTE	28
5.3.	TRABAJO DE GABINETE	29
5.4.	TRABAJO DE CAMPO	29
5.4.1.	VISITAS DE CAMPO	29
5.4.2.	ENTREVISTAS A COMUNITARIOS	30
5.4.3.	GEORREFERENCIACIÓN	30
6.	ELABORACIÓN DE INFORMES Y MEMORIAS	31
7.	RESULTADOS	32
7.1.	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE DISEÑO ADOPTADA	32
7.2.	ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS	33
7.2.1.	TOPOGRAFÍA	33
7.2.2.	GEOTÉCNIA.....	34
7.2.3.	MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES.....	35
7.2.4.	HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA	35
7.2.5.	AMBIENTALES.....	40
7.2.6.	CENTROS DE PRODUCCIÓN	40
7.2.7.	EXPROPIACIONES	40
7.3.	DISEÑO BASADO EN RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO.....	41
7.4.	ESTUDIO COSTO/BENEFICIO	42
7.5.	ESTUDIOS ECONÓMICOS.....	42
7.6.	PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL	42
7.7.	PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRAS	48
8.	ANEXOS	49
8.1.	ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS	49

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

8.1.1.	TOPOGRAFÍA	49
8.1.2.	GEOTÉCNIA.....	50
8.1.3.	GEOLOGÍA.....	54
8.1.4.	MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES.....	58
8.1.5.	CAMBIO CLIMÁTICO, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA.....	59
8.1.6.	AMBIENTALES.....	100
8.1.7.	CENTROS DE PRODUCCIÓN.....	101
8.1.8.	EXPROPIACIONES.....	101
8.1.9.	DISEÑO BASADO EN RIESGO	102
8.2.	ESTUDIO COSTO/BENEFICIO	106
8.2.1.	ESTUDIO DE MOVILIDAD	106
8.2.2.	ESTUDIO DE TRÁFICO	107
8.2.3.	ESTUDIO Y RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD VIAL.....	109
8.2.4.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FINANCIERA DEL PUENTE.....	110
8.3.	PATRIMONIO CULTURAL	121
8.4.	SOCIALIZACIÓN COMUNITARIA	123
8.5.	ESTUDIOS ECONÓMICOS.....	123
8.5.1.	PRESUPUESTO DE OBRA.....	123
8.6.	PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL	129
	ÍNDICE DE TABLAS, MAPAS, GRÁFICOS, ILUSTRACIONES.....	130

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ATI:	Asistencia Técnica Internacional IDOM-VNG
BEI:	Banco Europeo de Inversiones
DGRS:	Dirección General de Reglamentos y Sistemas
D.M.:	Distrito Municipal
IEI:	Informe de evaluación inicial
IDC:	Informe de Diseño Conceptual
INDRHI:	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
MDC:	Mesa de Coordinación MMARN:Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MOPC:	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
Multilateral-MEPyD:	Dirección General de Cooperación Multilateral del Ministerio de Economía Planificación y Desarrollo
OMM:	Organización Meteorológica Mundial
SEV:	Sondeos Eléctricos Verticales
SPT:	Sondeo de Penetración Estándar
TDR:	Término de Referencia
Tr:	Períodos de retorno
UE:	Unión Europea

2. INTRODUCCIÓN

En el Contrato de Financiamiento del Marco Multisectorial acordado entre el Gobierno de la República Dominicana y el Banco Europeo de Inversiones, en adelante el Proyecto, se incluyen la implementación de subproyectos de infraestructura y viviendas resilientes al cambio climático en 4 provincias (Monte Cristi, Puerto Plata, Espaillat y Duarte).

Entre las inversiones en infraestructura identificadas por las autoridades dominicanas, el BEI y la Mesa de Coordinación del Proyecto ha aprobado una primera priorización que incluye la **Construcción de un puente sobre el río Bajabonico en la comunidad de Imbert.**

Este Informe de **Estudios Básicos y Diseño Conceptual del Puente Bajabonico**, forma parte de los aportes de la Asistencia Técnica para la Gestión de Proyectos y Fortalecimiento de Capacidades en Resiliencia ante Desastres y Cambio Climático.

2.1. ANTECEDENTES

El procedimiento acordado para realizar el diseño conceptual empieza con el consenso y aprobación del MOPC del Informe de Evaluación Inicial del proyecto. El mismo continúa con el proceso siguiente:

1. Visitas técnicas al proyecto para realizar los estudios básicos y el diseño conceptual
 - 1.1. Realización de los estudios básicos conforme a las recomendaciones del Informe de Evaluación Inicial del proyecto y a los criterios del Anexo I que fueron aprobados en dicho informe.
 - 1.2. Realización del diseño conceptual, a partir las recomendaciones del Informe de Evaluación Inicial del proyecto, de los reportes y recomendaciones de los estudios básicos y de las normativas aplicables.
 - 1.3. Elaboración de información gráfica y planos básicos del diseño conceptual
2. Preparación de información financiera.
 - 2.1. Presupuesto base conceptual.
3. Emisión de borrador de informe de diseño conceptual.
4. Revisión y aprobación del Diseño conceptual definitivo.

El contenido de este reporte de **Estudios Básicos y Diseño Conceptual**, se resume en lo siguiente:

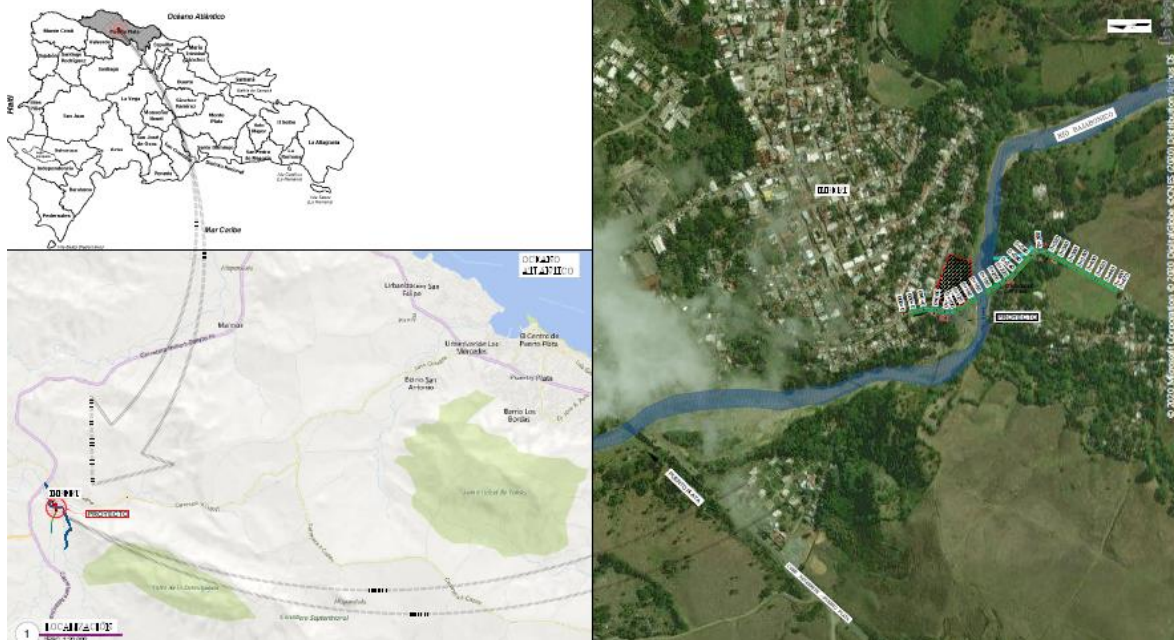
Un Informe digital conteniendo: 1-Datos generales, nombre del proyecto, introducción, antecedentes, localización, comunidades beneficiadas, 2-Alcance. 3-Diseño conceptual. Diseño del conjunto, diseño conceptual del proyecto. 4. Recomendaciones. Anexos: Reportes de los estudios básicos realizados

Este documento sobre **Estudios Básicos y Diseño conceptual del Puente Bajabonico** corresponde al entregable con el contenido señalado en el párrafo anterior.

2.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto Puente Bajabonico se ubica en la ciudad de Imbert, en el cruce de la antigua vía férrea con el río Bajabonico, que comunica con la comunidad de Baraguana, en la provincia de Puerto Plata.

Ilustración 1. Ubicación del puente Bajabonico



Fuente: IDOM-VNG

En el mismo lugar fue construido un puente en estructura metálica para el ferrocarril que fue inaugurado en 1899 (Ver Ilustración No. 2) el cual fue desmantelado cuando el ferrocarril dejó de operar, siendo sustituido por puentes badenes (3 badenes) que fueron destruidos por las avenidas del río Bajabonico.

Ilustración 2: Foto (1905) del puente de la antigua vía férrea en el sitio de obra



Fuente: IDOM-VNG

2.3. SITUACIÓN ACTUAL

2.3.1. ACCESOS

Se llega actualmente al sitio previsto para el puente desde la antigua Vía Férrea, que actualmente constituye la calle Mella del poblado de Imbert, la cual se une al puente frente al cementerio. La salida actual prevista para el puente es la continuación de la antigua vía férrea, que ahora es un camino de tierra en malas condiciones, el cual se conecta con la comunidad de Baraguana.

Ilustración 3: Línea superior acceso desde Imbert. Línea inferior, salida a Baraguana

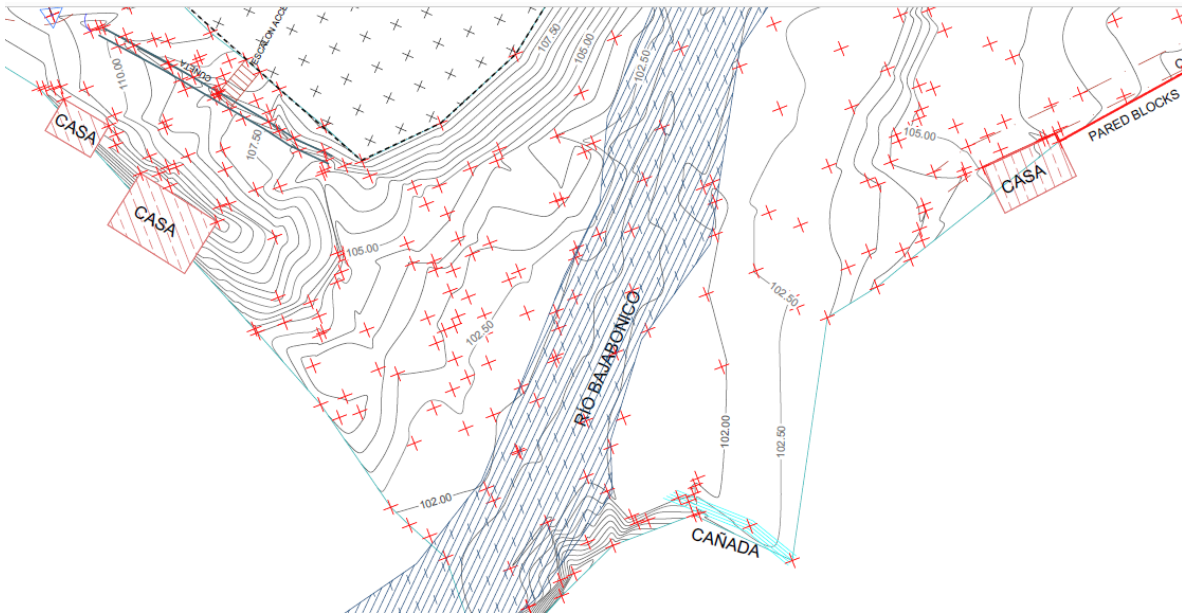


Fuente: IDOM-VNG

2.3.2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL CRUCE DEL RÍO BAJABONICO.

El río Bajabonico está encauzado por un cañon en la zona del cruce. Aunque la superficie mojada o el lecho gravo-arenoso aparente del mismo no sobrepasa los 50 m de ancho, los bordes del cañón que se constituyen en riera en periodos de lluvias están cercanos a los 70 m. El trazado para unir los accesos es inclinado con relación al eje del río. Para que el puente propuesto sea perpendicular al río y posiblemente de menor longitud, habría que moverlo aguas arriba, pero esa opción requiere construir nuevos accesos.

Ilustración 4: Cruce del río Bajabonico. Condición actual



Fuente: IDOM-VNG

2.3.3.CONDICIONES ESTRUCTURALES.

No existe ninguna estructura en la actualidad en el sitio previsto para el cruce del río Bajabonico, a excepción de grandes bloques de concreto, muestras de las obras construidas anteriormente que fueron arrastradas o destruidas por las avenidas.

Antes las evidencias de destrucción, el nuevo puente debe ser de una estructura basada en hormigón armado, con fundación en pilotes, losa estándar de 30 m de longitud, con dos pilas en el centro, quedando así una estructura con dimensiones y características estructurales resiliente a las crecidas históricas del Bajabonico. Otra opción estructural es la posibilidad de construir un puente metálico, como el de la antigua vía férrea, pero el mismo quedó desestimado por el MOPC, principalmente por razones de costos y mantenimiento.

2.3.4.CONDICIONES HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICA.

El cauce del río Bajabonico con agua está en la cota 103 msnm. Los comunitarios identifican la entrada al cementerio como la cota máxima de inundación alcanzada históricamente por el río, que es la cota 106 msnm. Por estas razones se propone dicha cota inicialmente para la losa del puente, la cual deberá ser ajustada o validada a partir del análisis hidrológico-hidráulico y el diseño basado en riesgo.

Ilustración 5: Cauce del río Bajabonico en el sitio propuesto, con restos de obras anteriores.



Fuente: IDOM-VNG

2.3.5.CONDICIONES DEL TRÁFICO.

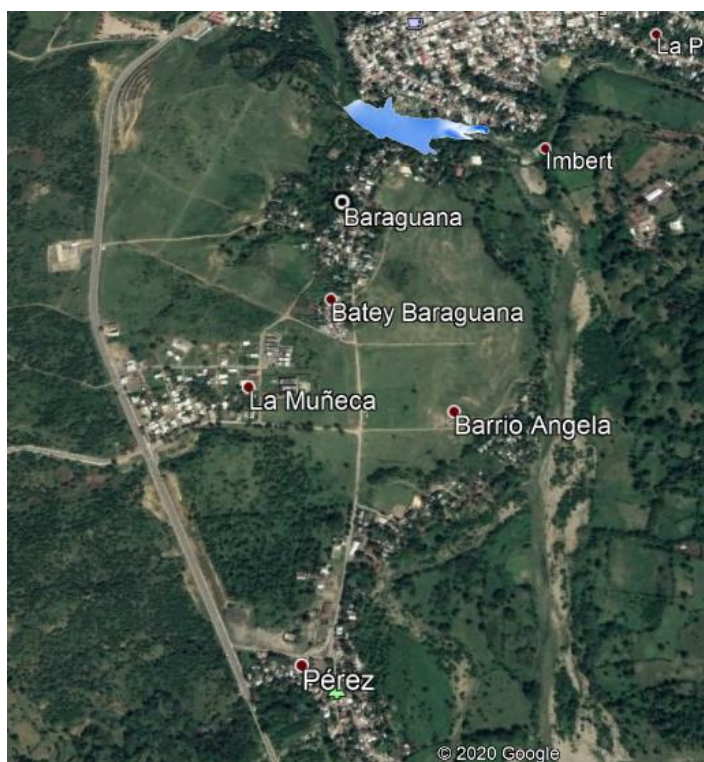
Hay un tráfico frecuente de personas cruzando el río, cuando tiene poca agua lo cruzan vehículos y motocicletas. Se estima y así lo afirman los comunitarios, que habrá un tráfico inducido relevante ya que las distancias se acortan para las comunidades, a la vez que mejorará la seguridad vial por esta ruta. Al no ser esta la única vía de comunicación de la comunidad situada al oeste del puente, el Contrato de Financiación entre la República Dominicana y el Banco Europeo de Inversiones obliga a obtener un rentabilidad económica mínima considerando los flujos de tráfico reales y previstos, lo cual deberá ser analizado.

2.4. COMUNIDADES INVOLUCRADAS

1-Imbert. El puente se ubicará en la comunidad de Imbert, cabecera del municipio, en la Provincia de Puerto Plata, cuyo nombre original era Bajabonico y que creció como una estación del ferrocarril, por el intercambio comercial. Depende de la producción agropecuaria por estar lejos de las playas, aunque en su cercanía se encuentra uno de los circuitos naturales y aventureros más increíbles del país, las veintisiete cascadas de Damajagua.

2-Comunidades rurales. Varias comunidades rurales son las mayores beneficiarias de la construcción del nuevo puente, las cuales se muestran en la imagen. Son: Baraguana, Batey Baraguana, La Muñeca, Barrio Ángela y Pérez.

Ilustración 6: Comunidades involucradas



Fuente: IDOM-VNG

3. DATOS GENERALES

3.1. INFORMACIÓN GENERAL

- Nombre del proyecto: Puente Bajabonico
- Ubicación: Comunidad Imbert
- Municipio: Municipio Imbert
- Provincia: Puerto Plata

3.2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA Y ALCANCE DEL PROYECTO

El diseño conceptual del proyecto, tiene como alcance principal:

1. Evaluar el sitio de obra identificado originalmente en el documento de la ATI.
2. Evaluar el proyecto propuesto en el documento de la ATI.
3. Identificar y evaluar otras alternativas del sitio y del proyecto propuesto.
4. Hacer las recomendaciones correspondientes basadas en las evaluaciones, sobre el sitio y la solución propuesta a implementar.
5. Documentar las posibles modificaciones al proyecto original o la exclusión del mismo por razones válidas.
6. Emitir el reporte para la aprobación de los criterios del diseño conceptual y de los estudios básicos necesarios.
7. Realizar los estudios básicos requeridos según lo estipulado en el Informe de Evaluación Inicial
8. Realizar el diseño conceptual conforme a lo estipulado en el Informe de Evaluación Inicial (IEI) y demás documentos del proyecto.
9. Documentar los estudios básicos y el diseño conceptual para los fines del proceso de licitación del diseño final y consecuente proceso constructivo.
10. Emitir el Informe de Diseño Conceptual (IDC).
11. Consensuar con el MOPC el IDC.
12. Emitir el IDC definitivo, correspondiente al diseño conceptual consensuado con el MOPC.

3.3. MOTIVOS PARA EMPRENDER EL PROYECTO

- Obra priorizada, dentro de las obras identificadas por la República Dominicana a través de Multilateral/MEPyD y el BEI.

- Proyecto que cumple con los requerimientos del enfoque para mitigación y aumentar la resiliencia ante desastres y cambio climático.
- Resolver las dificultades de acceso en la comunidad que ha solicitado la obra.
- Cumplir con la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030.

3.4. OBJETIVOS

- Aumentar la resiliencia de la comunidad ante desastre y cambio climático.
- Mejorar la infraestructura vial en la región.
- Satisfacer las necesidades de la comunidad.

3.5. PLANES ESTRATÉGICOS DE LOS QUE FORMA PARTE

El proyecto se inserta o forma parte de varios objetivos estratégicos definidos en diferentes artículos de la Ley 1-12 de Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, entre ellos:

- Objetivo General 3.5. Estructura productiva sectorial y territorialmente articulada, integrada competitivamente a la economía global y que aprovecha las oportunidades del mercado local.
- Objetivo General 4.1. Manejo sostenible del medio ambiente.
- Objetivo General 4.2. Eficaz gestión de riesgos para minimizar pérdidas humanas, económicas y ambientales, como por ejemplo en lo que se refiere a Seguridad Vial.
- Objetivo General 4.3. Adecuada adaptación al cambio climático.
- Artículo 2.5.1.2 Elevar la calidad del entorno y el acceso a servicios básicos e infraestructura comunitaria en aquellos asentamientos susceptibles de mejoramiento.

3.6. ENTIDADES RESPONSABLES

Financiamiento multilateral

- Banco Europeo de Inversiones (BEI)

Nacionales

- Multilateral/MEPyD
- MOPC
- INDRHI

Asistencia técnica internacional

- IDOM-VNG

4. ALCANCES

4.1. ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS

Para el diseño conceptual se han realizados los siguientes estudios básicos, los cuales aparecen en el contenido de este informe y en los anexos correspondientes:

- Recopilación de información documental y en campo
- Informe de evaluación inicial
- Levantamientos topográficos
- Estudios geotécnicos
- Documentación geológica
- Estudios hidrológicos e hidráulicos
- Evaluación de alternativas para diferentes periodos de retorno (Tr)
- Evaluación de alternativas basadas en riesgo
- Evaluación ambiental preliminar
- Evaluación de patrimonio cultural
- Evaluación de tráfico
- Evaluación y recomendaciones de Seguridad Vial

4.2. DISEÑO BASADO EN RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO

Fueron evaluadas tres alternativas de diseño conceptual del puente Bajabonico, diferenciadas por los periodos de retorno (Tr) analizados que fueron 50,100, 200 y 500 años. Cada una fue diseñada geométricamente, presupuestada y evaluada para determinar la mejor opción en base a los criterios de diseño.

Después de haber hecho los estudios comparativos y evaluaciones de alternativas para los diferentes periodos de retorno y de criterios de diseño, según se expone más adelante, se ha seleccionado como mejor opción la siguiente.

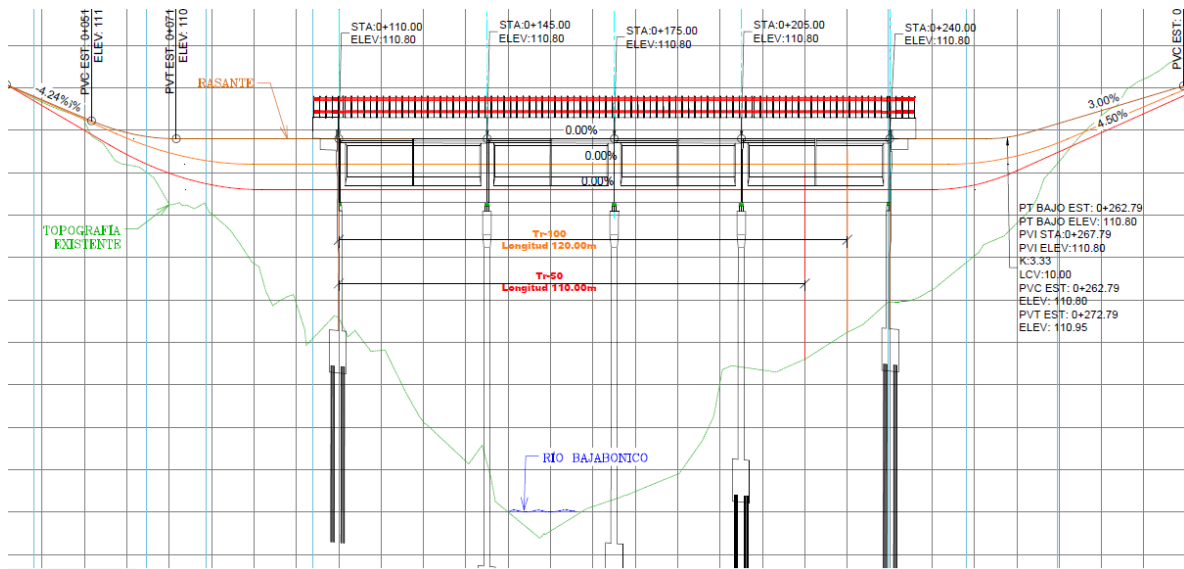
- Tr: 200 años
- Longitud del puente: 130 m
- Ancho: el especificado en la sección típica
- Cota del tablero en estribo del lado de Imbert 110,95 msnm
- Cota del tablero en estribo del lado de Baraguana 111,31 msnm

- La longitud del nuevo puente de estribo a estribo es de 130 m. El puente empezará frente al cementerio, en la cota 110,85 msnm y terminará en la cota frente 111,31 msnm.

En el anexo correspondiente se presentan los estudios hidrológico-hidráulico, el diseño basado en riesgo así como los resultados en materia de diseño geométrico del puente, para las elevaciones resultantes de los diferentes periodos de retornos (T_r) analizados.

En el plano siguiente se presentan las alternativas analizadas, mostrando las alturas de las láminas de agua obtenidas en las modelaciones, las cuales generan puentes de 110 m, 120 m y 130 m, para los T_r 50 años, 100 años y 200 años respectivamente.

Ilustración 7: Longitudes del puente para los diferentes periodos de retorno analizados



Fuente: IDOM-VNG

4.3. ESTUDIO COSTO/BENEFICIO

Se realizó un estudio de costo/beneficio, tomando en cuenta los enfoques de beneficio al productor y ahorro en el transporte para los usuarios del mismo, resultante de comparar la situación actual y la resultante de la construcción del proyecto. Los resultados se explican en las secciones 7 y 8.

4.4. ESTUDIOS ECONÓMICOS

Se elaboraron presupuestos para las diferentes alternativas de periodo de retorno (50, 100, 200 años), así como para los subtramos de acceso y salida al puente y para subtramo de conexión al camino existente, los cuales se muestran en el anexo correspondiente de la sección 8.

El resumen de los costos de construcción asociados a la solución resultante del diseño conceptual se muestra en la sección 7.

4.5. PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL

4.5.1. DISEÑO DE CONJUNTO

DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE OBRA Y EL DISEÑO CONCEPTUAL DEL CONJUNTO.

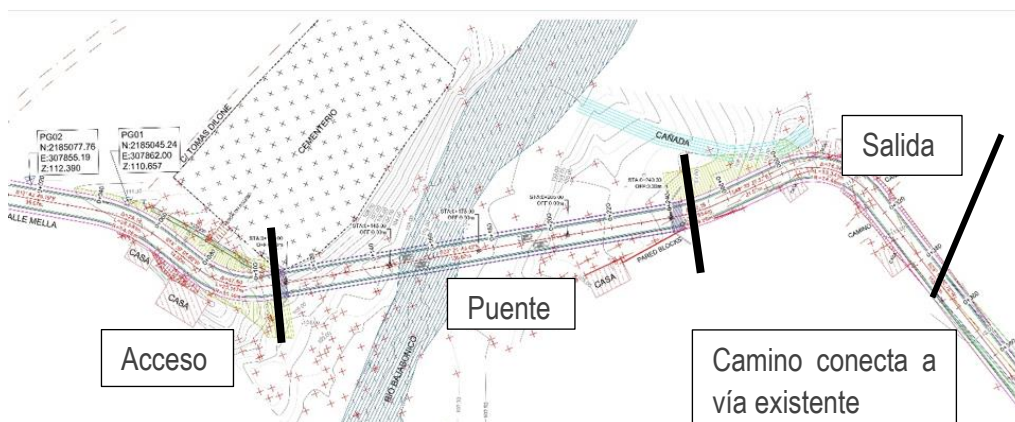
En la evaluación inicial del sitio de obra identificado originalmente fue validada como el lugar definitivo para construir la obra detallada en este documento. El acceso de entrada en Imbert, sigue siendo la antigua vía férrea, o calle Mella.

Se propone construir el nuevo puente conectando los accesos en las cotas históricas de inundación máxima señaladas por los comunitarios, así como por los resultados arrojados por la modelación hidrológica y el diseño basado en riesgo por cambio climático para diferentes periodos de retorno.

El puente empezará frente al cementerio, y terminará después de cruzar la primera vivienda existente en el lado opuesto, teniendo un alineamiento inclinado con relación al eje del río Bajabonico.

El acceso de salida tiene dos subtramos: el primero que va desde el aprоче del puente hasta la intersección con la calle Matías Ramón Mella de Baraguana, en el cual hay varias viviendas que deben ser reubicadas y el segundo subtramo consistente en seguir un nuevo trazado en el lado Este del campo deportivo, siendo éste último el preferido por los comunitarios contactados y el que aparece en este informe de diseño conceptual.

Ilustración 8: Conjunto del proyecto.



Fuente: IDOM-VNG

PLANOS Y GRÁFICOS ELABORADOS PARA EL CONJUNTO

Formato de presentación de planos.

Los planos del diseño conceptual se han elaborado en formato 24"x36", entregables en versión digital.

Planos elaborados`

- Localización del proyecto
- Planta levantamiento topográfico
- Planta General
- Planta dimensionada-perfil
- Sección tipo

4.5.2.PROYECTO DISEÑADO

LOCALIZACIÓN DEL NUEVO PUENTE

El emplazamiento del nuevo puente será uniendo los dos accesos tradicionales, cuyas coordenadas son las mostradas en la tabla siguiente.

Tabla 1. Coordenadas del puente Bajabonico propuesto

PROYECTO		COORDENADAS UTM	
		NORTE	ESTE
PUENTE BAJABONICO	INICIO	2184985.697	307857.212
	CENTRO	2184946.942	307880.085
	FIN	2184908.191	307902.959

Fuente IDOM-VNG

Ilustración 9: Localización del nuevo puente y los accesos



Fuente: IDOM-VNG

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL NUEVO PUENTE EN IMBERT SOBRE EL RÍO BAJABONICO.

El diseño conceptual no modifica lo establecido en el Informe de Evaluación Inicial de construir un puente nuevo que cumpla los requerimientos técnicos estándares del MOPC y del diseño basado en riesgo y cambio climático, antes la inexistencia de un puente debido a las destrucciones de los construidos anteriormente, lo cual impide a los moradores de Imbert y Baraguana cruzar de una comunidad a otra.

Se diseña a nivel conceptual el nuevo puente a construir sobre el río Bajabonico, se mantiene el trazado resultante de unir los dos accesos, resultando un puente inclinado con relación al eje del río.

Se puede considerar el proyecto dividido en 4 partes o tramos:

- Acceso de entrada al puente en Imbert
- El nuevo puente sobre el río Bajabonico
- Subtramo 1 en Baraguana (acceso de salida)
- Subtramo 2 en Baraguana (conexión con la vía existente)

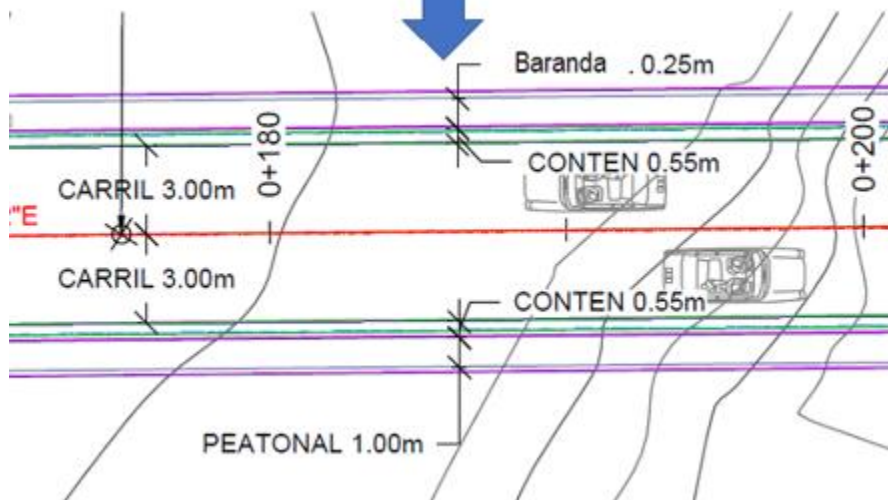
PUENTE CONSIDERADO

El puente diseñado corresponde al seleccionado en las evaluaciones de las alternativas para los diferentes periodos de retorno, utilizando el modelo de diseño basado en riesgo, cuyas dimensiones básicas son:

- Longitud del puente: 130 m
- Ancho: el especificado en la sección típica
- Cota del tablero en estribo del lado de Imbert 110.95 msnm
- Cota del tablero en estribo del lado de Baraguana 111.31 msnm

PLANTA DIMENSIONADA DEL NUEVO PUENTE

Ilustración 10: Planta dimensionada del puente Bajabonico.

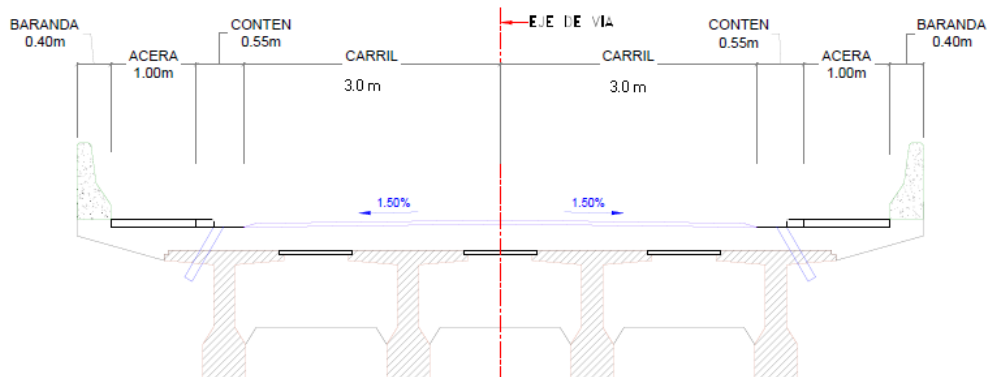


Fuente: IDOM-VNG

SECCIÓN TRANSVERSAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL PUENTE.

La sección aprobada para el diseño conceptual consiste en dos carriles de 3.0 m, aceras peatonales y baranda con un ancho total de 9.90 m, según se muestra en el plano siguiente.

Ilustración 11: Sección transversal del puente Bajabonico.

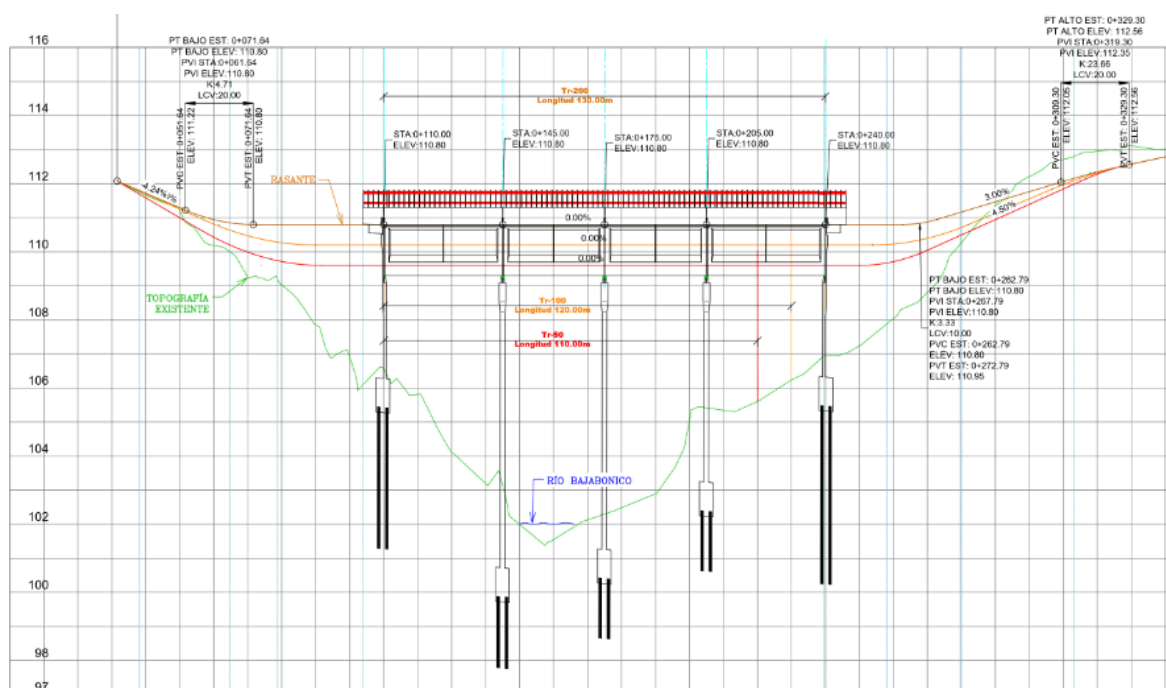


Fuente: IDOM-VNG

SECCIÓN LONGITUDINAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL PUENTE.

La sección longitudinal para el diseño consiste en un puente de hormigón armado, fundado sobre pilote de acero o de hormigón vaciado en situ (drill shaft), apoyado en sus dos estribos y tres pilas, vigas postensadas, tablero, losa de aproches y demás elementos en hormigón armado, conforme a los puentes estándares del MOPC.

Ilustración 12: Dimensiones del puente Bajabonico



Longitud puente / Tr				
simbolo	Tr (años)	Lámina agua (msmn)	Cota mínima rasante (msmn)	Longitud Puente
—	50	106.60	109.60	110.00m
—	100	107.20	110.20	120.00m
—	200	107.80	110.80	130.00m

Fuente: IDOM-VNG

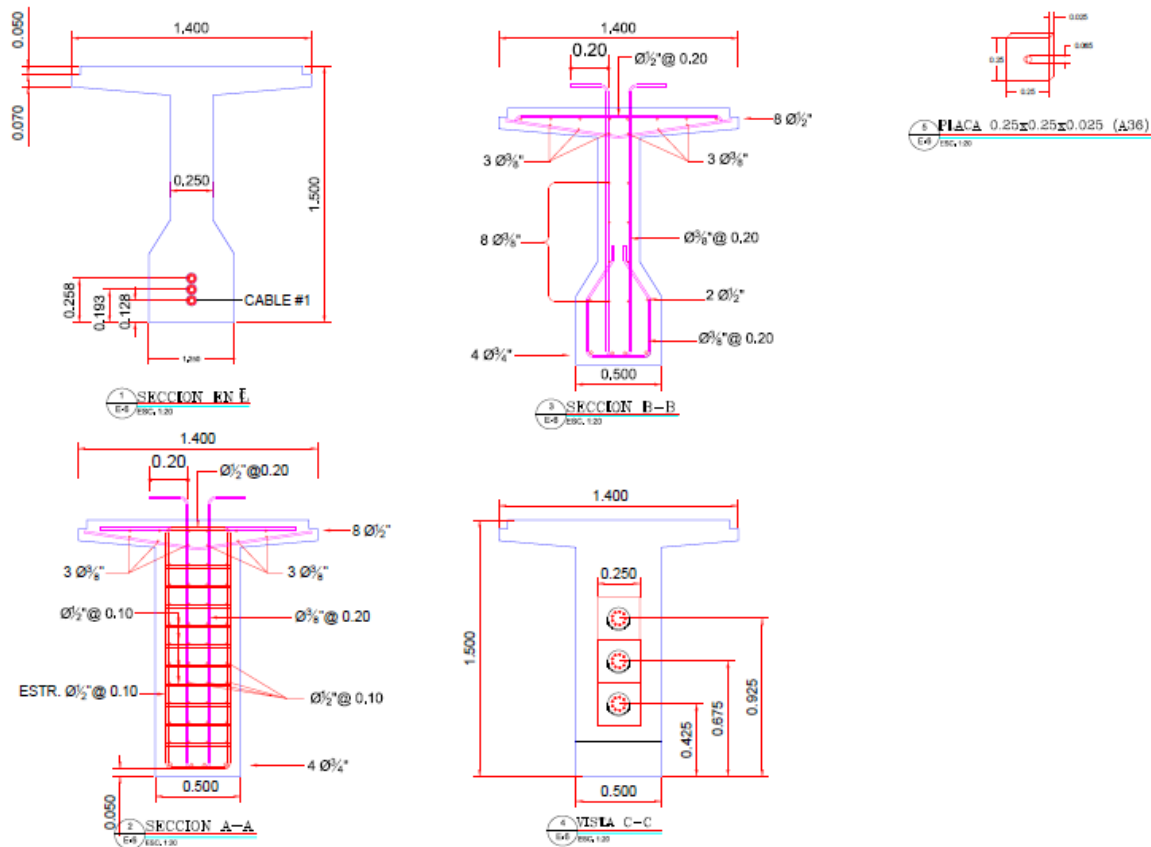
ESTRUCTURA DEL NUEVO PUENTE

a-Tipo. El nuevo puente será del tipo puente-viga, de hormigón armado, con fundación en pilotes en ambos estribos y en las pilas, vigas postensadas en sitio, losas típicas de 30 @ 35 m de longitud, losas de aproches de 3 @ 4 m de longitud, de dos carriles, con bordillo, aceras peatonales y barandas de hormigón.

b-Pilotes. La profundidad mínima del hinchado de los pilotes, según los perfiles estratigráficos resultante del estudio preliminar geotécnico hecho con sondeos eléctricos verticales, las cartas geológicas de la zona y otros estudios consultados es de 10 @ 14 m de profundidad.

Se considera utilizar pilotes de acero, tipo HP 14X73 lb/pl o pilotes vaciados en sitio (drill shaft) de 0.60 m @ 0.80 m de diámetro. Para el diseño final, los pilotes y su profundidad de hincado han de ser calculados a partir de los estudios geotécnicos finales a ser realizados, debiendo el estructuralista modelar la solución con los tres tipos de pilotes antes indicados, a fin de generar un diseño final con la mejor relación de costos para el proyecto.

Ilustración 13: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado

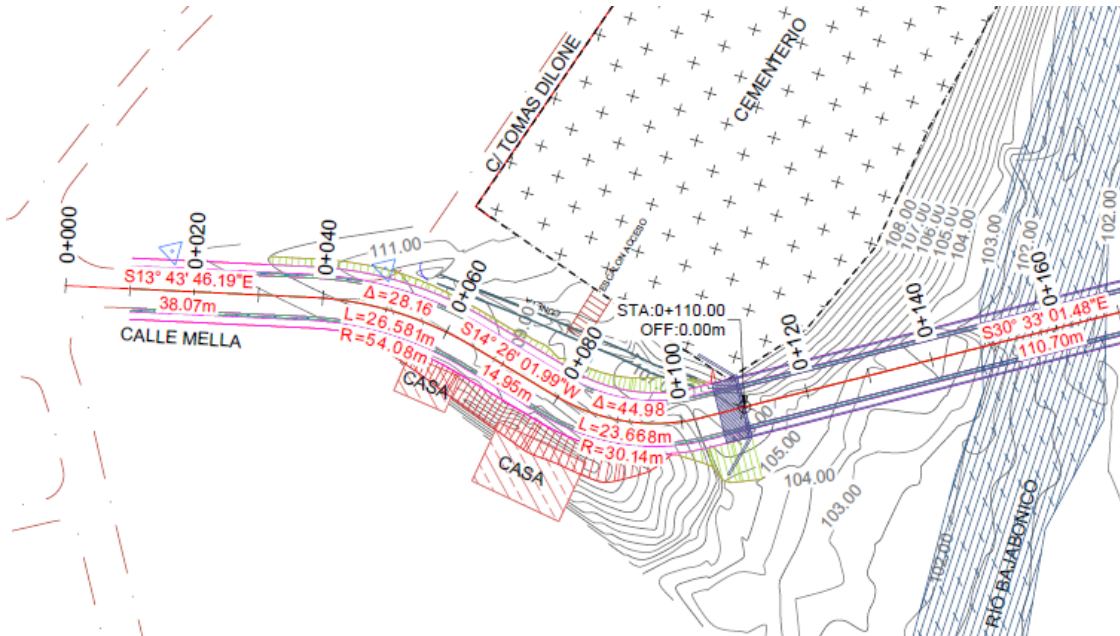


Fuente: IDOM-VNG

ACCESOS

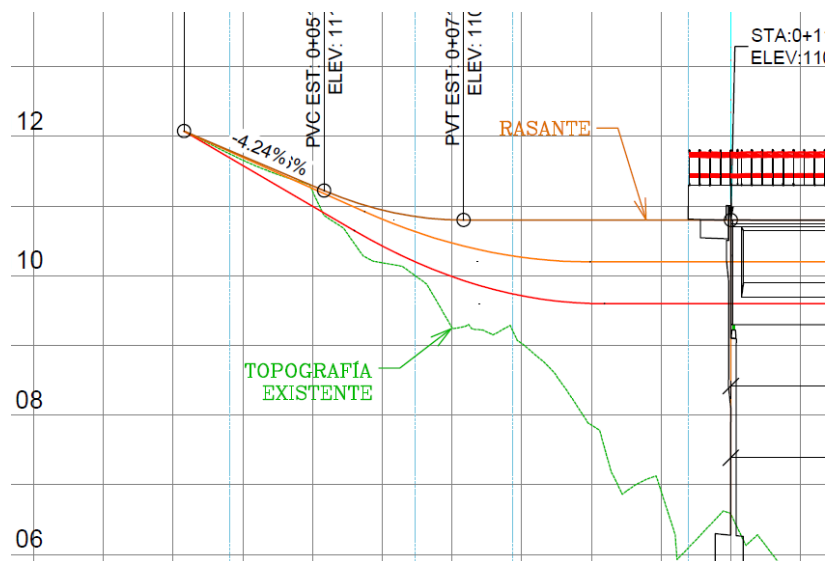
Acceso de entrada al puente en Imbert. Corresponde a un tramo de 100 m de la calle Mella de Imbert (antigua vía férrea), marcado por una fuerte pendiente (desde cota 112 a 103) hasta llegar al río, la cual quedará corregida con la elevación del puente.

Ilustración 16: Planta del tramo de acceso al puente en Imbert.



Fuente: IDOM-VNG

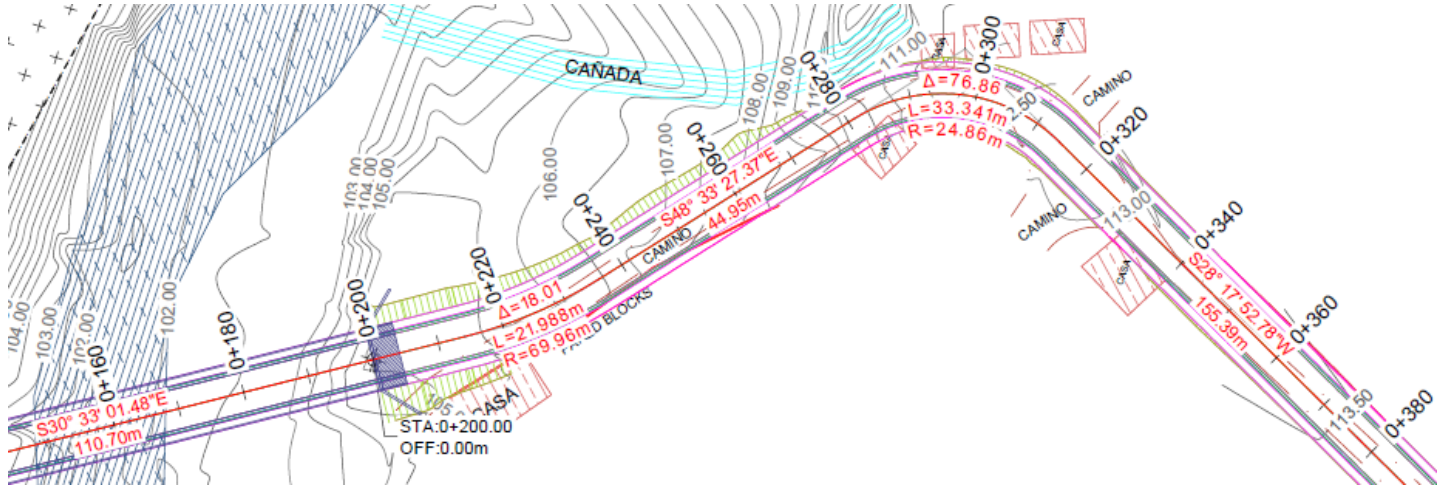
Ilustración 17: Elevación y perfil del tramo de acceso al puente en Imbert



Fuente: IDOM-VNG

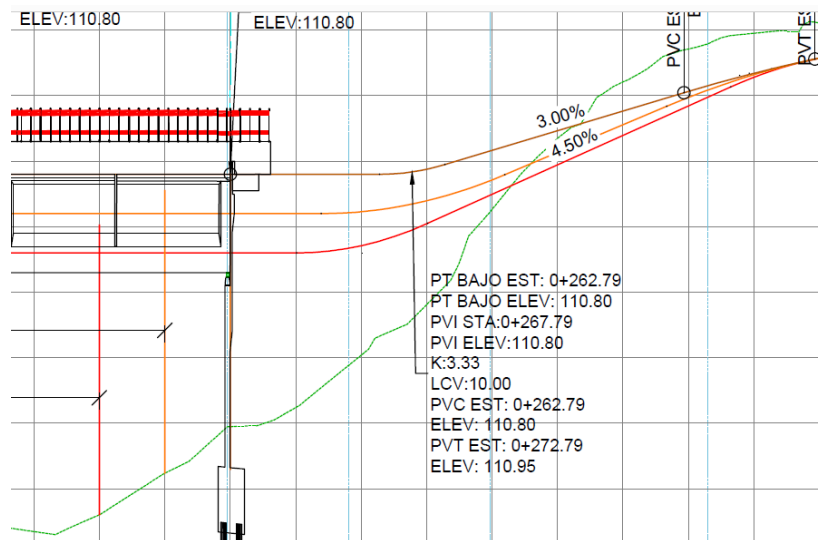
Subtramo 1: acceso de salida en Baraguana. Consiste en el tramo que va desde el aproche de salida hasta la curva donde termina la fuerte pendiente del camino, donde se intersecta con la calle Ramón Matías Mella de Baraguana. La pendiente del mismo es de un 10.20% y el tramo es de aproximadamente 110 m de longitud.

Ilustración 18: Planta del subtramo 1 de salida del puente en Baraguana



Fuente: IDOM-VNG

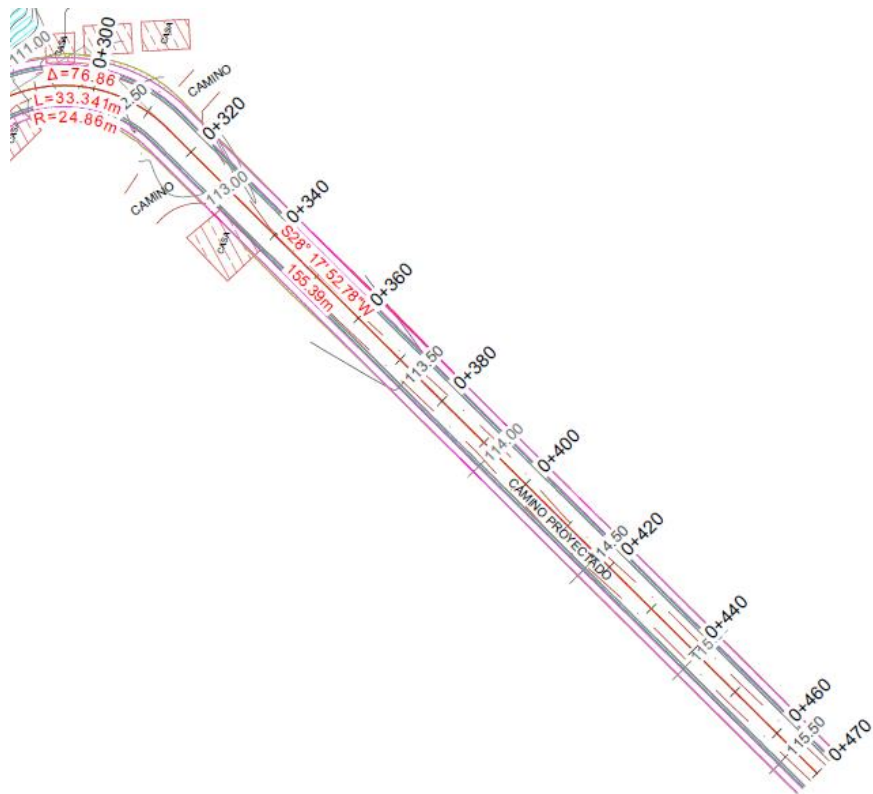
Ilustración 19: Elevación y perfil del subtramo 1 de salida del puente en Baraguana



Fuente: IDOM-VNG

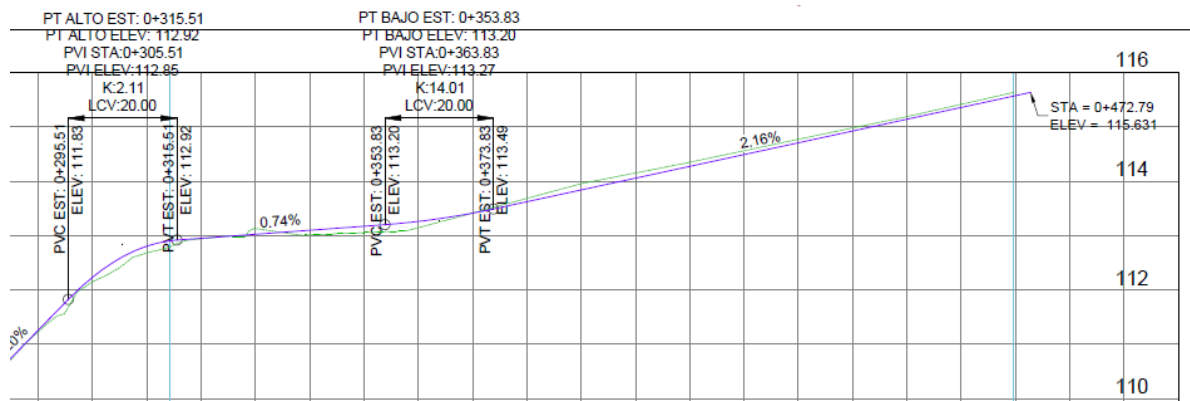
Subtramo 2: acceso salida-conexión camino existente. Es el tramo que enlaza el camino existente que sale a la carretera No. 5, con el tramo de acceso de salida al puente. Es un tramo llano, que bordea el campo deportivo de la comunidad. Tiene una longitud aproximada de 280 m.

Ilustración 20: Planta del subtramo 2 de salida del puente en Baraguana a camino existente.



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 21: Perfil del subtramo 2 de salida del puente en Baraguana a camino existente.



Fuente: IDOM-VNG

4.5.3. CONSTRUCCIÓN DE DESVÍOS

CONSTRUCCIÓN DE DESVÍOS

No se requiere la construcción de desvío del tráfico en el sitio del puente. Labores mínimas preventivas de mantenimiento del tráfico en Imbert y Baraguana deben ser consideradas.

4.6. PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRAS

El proceso constructivo del proyecto, a partir de la emisión de este documento, debe pasar por las etapas siguientes:

1. Aprobación consensuada del diseño conceptual
2. Elaboración final de los TDR para diseño final
3. Licitación del diseño final
4. Elaboración y aprobación del diseño final. Incluida Auditoría de Seguridad Vial en fase II (ASV sobre el proyecto constructivo)
5. Elaboración de TDR de construcción
6. Licitación de construcción de obras
7. Proceso constructivo
8. Supervisión y recepción de obra. Incluida Auditoría de Seguridad Vial en fase III (ASV previa a la puesta en Servicio)

5. METODOLOGÍA GENERAL

5.1. NORMAS APLICABLES

5.1.1. NORMAS Y REGLAMENTOS DOMINICANOS

- **M011** – Criterios Básicos para Estudios Geotécnicos de Carreteras -DGRS-MOPC.
- **M012** – Criterios Básicos para Diseño Geométrico de Carreteras-DGRS-MOPC.
- **M013** – Instrucciones para Presentación de Propuestas de Estudios y Proyectos de Carreteras-DGRS-MOPC.
- **M014** – Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras-DGRS-MOPC.
- **M017** – Recomendaciones provisionales para la Presentación de Proyectos Viales-DGRS-MOPC.
- **M019** – Recomendaciones provisionales para el diseño y construcción de sistemas de drenaje en carreteras Proyectos Viales-DGRS-MOPC.
- **M026** – Reglamento para la Ejecución de Trabajos de Excavación en las Vías Públicas-DGRS-MOPC.
- **Atlas de los Recursos Naturales de la República Dominicana-MMARN.**

5.1.2. NORMAS INTERNACIONALES.

El MOPC permite que en casos donde las Normas Dominicana no contemplen el tema, podrán usarle las listadas a continuación, prevaleciendo las indicaciones y recomendaciones de la actualización más reciente de dichas publicaciones.

- **AASHTO**-American Association of State Highway and Transportation.
- **MUTCD** - Manual on Uniform Traffic Control Device.
- **Roadside Design Guide AASHTO.**
- **Access Management Manual.**
- **Manual of Transportation Engineering Studies, ITE.**
- **Highway Hydrology (HDS-2), de FHWA.**
- **Urban Drainage Design Manual (HEC-22), de FHWA.**
- **Hydraulic Design of Highway Culvert (HDS-5), de FHWA.**
- **Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels (HEC-14), de FHWA.**
- **ACI** - American Concrete Institute.
- **BDS** - Bridge Design Specifications.
- **LRFD** - Load and Resistance Factor Design.
- **Diseño de Pavimento bajo método mecanístico AASHTO.**

- **ASME** - American Society of Mechanical Engineers.
- **ASTM**-American Society Standard Material.
- **ANSI** - American National Standards Institute.
- **AISC** - American Institute of Steel Construction.
- **AWS** - American Welding Society.
- **ASBRUS** - Bureau of Reclamation.
- **NBS** - National Bureau of Standards.
- **MUTCD** - Manual on Uniform Traffic Control Device.
- Roadside Design Guide AASHTO.
- Access Management Manual.
- Manual of Transportation Engineering Studies, ITE.

5.1.3. NORMAS Y REGLAMENTOS DOMINICANOS REVISADOS POR LA ATI

La ATI realiza como parte del alcance del proyecto, una revisión comparada con recomendaciones de adaptaciones de procedimiento y tecnologías de diseño y construcción, debido a que muchos de los Reglamentos vigentes en el MOPC, tienen más de 30 años.

Los cambios más relevantes de especificaciones recomendadas que son utilizados en los estudios y diseños de este proyecto son los siguientes:

- Periodos de retorno analizados mayores que los sugeridos en el R-19. Se analizan periodos de 100 y 200 años.
- Diseño basado en riesgo
- Diseño con pilotes vaciado in situ de hormigón o de acero
- Consideraciones ambientales
- Consideraciones de patrimonio cultural.

5.2. RECOPIACIÓN DE DOCUMENTACIÓN EXISTENTE

La primera etapa de los trabajos consistió en recopilar la información existente en torno al proyecto, objeto de este diseño conceptual. Entre ellas están las siguientes.

- Documento base del programa
- Información climática nacional y de la cuenca
- Estándares de diseño de puente a ser requeridos por el MOPC

- Datos elaborados por el MOPC útiles para los estudios y diseño
- Reglamentos de estudios y diseños del MOPC (R-012,R-014,R-011,R-019, R-017, y otros)
- Normas internacionales o nacionales aceptadas como complemento por el MOPC.

5.3. TRABAJO DE GABINETE

Todo el proceso de diseño y redacción de documentos ha sido realizado en gabinete por un equipo multidisciplinario de la ATI, conformado por especialista en:

- Diseño basado en riesgo
- Hidrología e hidráulica
- En puente
- En diseño vial
- En diseño geométrico
- Analista de costo
- Ambientalistas
- Sociólogos
- Urbanistas.
- Seguridad Vial

El proceso de estudios y diseño ha sido acompañado de la utilización de las más avanzadas técnicas y tecnología de diseño aplicado a cada disciplina.

5.4. TRABAJO DE CAMPO

5.4.1. VISITAS DE CAMPO

Para la elaboración del diseño conceptual, fue necesario realizar varias visitas de campo, vinculadas al proceso de levantamiento de información y elaboración de estudios básicos indispensables para concluir el diseño conceptual, entre ellas:

- Levantamiento de información mediante inspección visual
- Entrevistas relativas a datos hidrológicos, tráfico y otros.
- Estudios topográficos
- Conceptualizaciones del proyecto
- Estudio geotécnico
- Evaluación de patrimonio cultural
- Inspección de seguridad vial
- Verificaciones de datos para elaboración de presupuestos y estudios económicos

5.4.2. ENTREVISTAS A COMUNITARIOS

Mucha de las informaciones y datos obtenidos para elaborar los estudios básicos y el diseño conceptual fueron obtenidos de entrevistas a comunitarios, quienes aportaron datos relevantes, entre ellos:

- Cota histórica de inundación
- Tráfico
- Poblaciones afectadas
- Importancia histórica y necesidad de la obra

5.4.3. GEORREFERENCIACIÓN

Se colocaron dos puntos en la calle Mella georreferenciados con la red geodésica nacional, cuyas imágenes de ubicación física y coordenadas son las siguientes:

Ilustración 22: Puntos No. 1 (izq) y 2 (der) de georreferenciación



Norte	Este	Cota (msnm)	Punto
2185078	307855.19	112.39	PG01
2185045	307,862.00	110.657	PG02

Fuente: IDOM-VNG

6. ELABORACIÓN DE INFORMES Y MEMORIAS

En las diferentes secciones de este documento se incluyen parte de las memorias e informes elaborados en los diferentes estudios realizados para el diseño conceptual.

En la sección 8, se incluye información más amplia y complementaria de los respectivos estudios, indicándose generalmente en la sección 7 el resumen o conclusiones de los mismos.

Entre ellos están los siguientes:

- Estudios topográficos
- Planos del diseño geométrico
- Estudios geotécnicos
- Informe de geología
- Estudios hidrológicos e hidráulicos
- Estudios de alternativas y evaluación para diseño basado en riesgo
- Consideraciones ambientales
- Datos de patrimonio cultural
- Estudios económicos
- Estudio de beneficio/costo.

7. RESULTADOS

7.1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE DISEÑO ADOPTADA

El diseño conceptual es el documento base para la elaboración del diseño final, el cual debe ser realizado por el consultor que sea contratado mediante licitación.

En este caso se han elaborado los estudios básicos, estudios de alternativas, diseño basado en riesgo con su respectivo diseño geométrico y análisis económico, complementado con los aspectos ambientales, de patrimonio cultural y el análisis financiero requerido por el BEI.

Los términos de referencia para la contratación de los diseños finales, serán elaborados a partir del diseño conceptual, los mismos establecerán el alcance del diseño final, siendo complementarios a lo establecido en este documento.

El consultor a ser contratado para el diseño final, debe considerar lo siguiente:

- El diseño conceptual está basado en una modelación estándar de puente que requiere una modelación y diseño estructural específica y definitiva de un especialista en diseño de puentes, conforme a los requerimientos del MOPC, a lo especificado en los TDR, sin desviarse del diseño conceptual, salvo en el caso en que haya una optimización demostrada por un análisis o ingeniería de valor.
- El diseño geométrico del puente que aparece en este informe, igualmente necesita validación, como resultado de los estudios geotécnico y el diseño estructural. Cualquier desviación significativa durante el diseño final de la geometría contenida en este documento, necesita ser consultada con la ATI.
- El diseño geométrico de la vialidad deberá ser validado y complementado con los planos y detalles constructivos, especialmente si hay alguna desviación justificada en la geometría del puente con respecto al diseño conceptual, así como tener en cuenta las indicaciones señaladas sobre seguridad vial apuntadas en este IDC.
- Para el diseño final se requieren estudios geotécnicos y mecánica de suelo, según lo establecido en el Reglamento M-011 del MOPC y conforme a la práctica. Se requiere por lo menos un sondeo de Penetración Estándar (SPT) por cada apoyo y los respectivos estudios de laboratorio, con un informe donde se dan las recomendaciones sobre fundaciones y pilotes.
- El consultor del diseño final identificará y validará con ensayos de laboratorio o certificaciones de calidad, los materiales a ser utilizados durante la construcción, incluyendo las fuentes de materiales para relleno, hormigón industrial, artículos ferreteros y suministros de productos terminados.

- El consultor utilizará la solución de pilotes que demuestre ser viable, factible y de mejor relación riesgo/costo, por lo cual deberá suplir una descripción del proyecto final incluyendo la metodología del proceso constructivo recomendado.
- El consultor suministrará las especificaciones de construcción del proyecto, debiendo redactar aquellas que corresponden a especificaciones técnicas particulares o que no pueden ser referidas a las Especificaciones de Construcción de carreteras (R-014) por falta de la misma o cualquier otra razón pertinente.

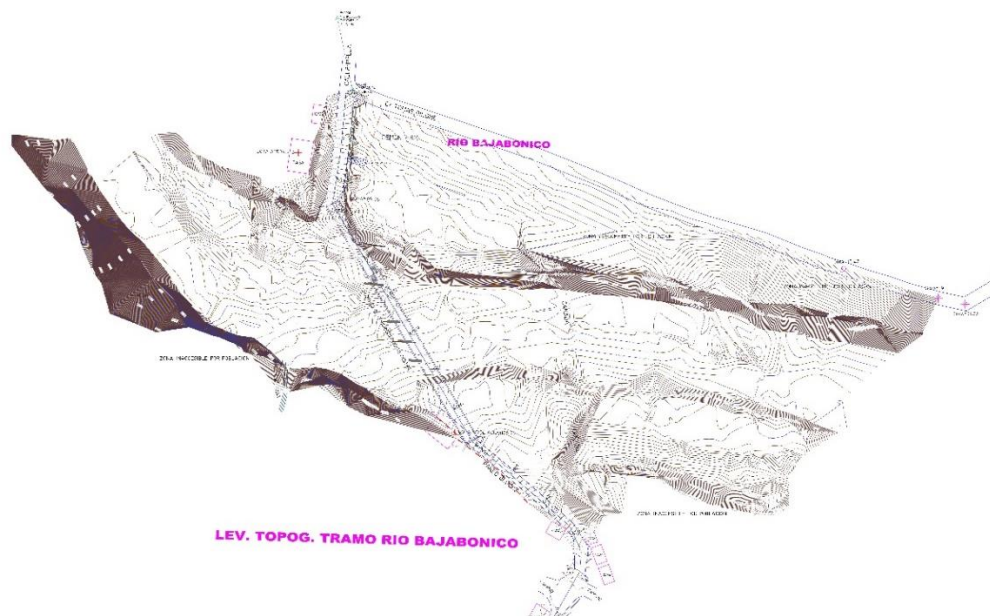
El presupuesto incluido en este documento será para uso en la planificación y separación de fondos, no para el proceso constructivo. El consultor del diseño final deberá elaborar el presupuesto base, a partir del diseño final, incluyendo listado de cantidades y análisis de precios, siendo dicho documento el que va a ser utilizado como referencia en las evaluaciones de la licitación de construcción.

7.2. ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS

7.2.1. TOPOGRAFÍA

En el anexo de la sección 8 se explican los estudios topográficos realizados. A continuación se muestra el plano general del levantamiento realizado.

Ilustración 23: Planta general del levantamiento topográfico incluyendo curvas de nivel



Fuente: IDOM-VNG

7.2.2. GEOTÉCNIA

En el anexo de la sección 8 se explica en detalle el estudio geotécnico realizado para el diseño conceptual.

Estratigrafía. Los perfiles estratigráficos mostrados en la sección 8 corresponden a la litología de emplazamientos de los dos estribos. Se tomará el resultado menos favorable para la profundidad del hincado de pilote, para proyectarlo a los dos estribos y a las pilas, debido a que los Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) no permiten realizar ensayos dentro del agua. Los resultados fueron explicados en el citado anexo y se resumen en el cuadro siguiente.

Tabla 2: Resultados de los sondeos obtenidos partir de (SEV) puente Bajabonico.

Sondeo No.	Estribo	Sitio	Estracto consolidado		
			Cota superficie	Cota	Profundidad
S-13	Izquierdo	Imbert	104	103	1
S-14	Izquierdo	Imbert	103.5	102.5	1
S-15	Izquierdo	Imbert	102.5	101	1.5
S-16	Derecho	Baraguana	102	100	2
S-17	Derecho	Baraguana	102	97.8	4.2
S-18	Derecho	Baraguana	102	94	8

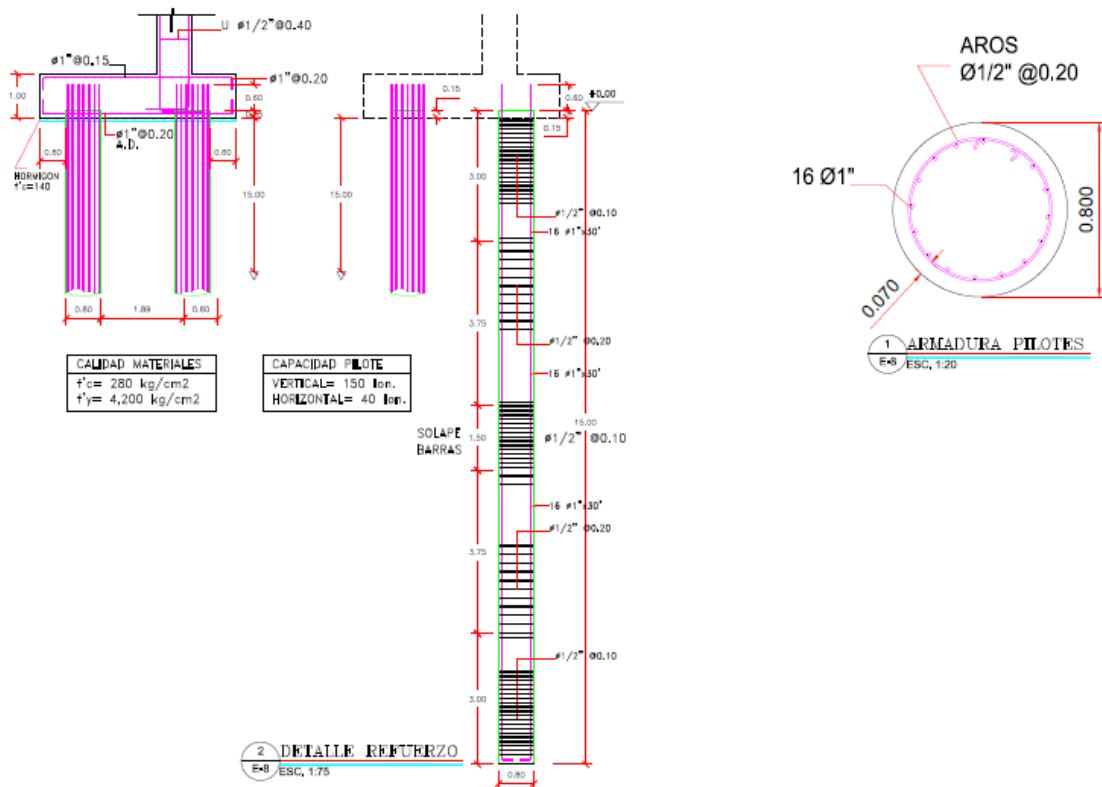
Fuente: IDOM-VNG

Criterios para puentes. Para el diseño conceptual, mediante los SEV se elaboraron los perfiles estratigráficos, con datos tomados en el área cercana a los estribos (perfil en el estribo derecho y perfil en el estribo izquierdo). Para el diseño conceptual se ha tomado el valor más desfavorable de todos los perfiles obtenidos y ha sido aplicado a todas las fundaciones. En la etapa de diseño final, la estratigrafía será obtenida mediante sondeos SPT a ser realizados en cada apoyo, conforme a las normativas del R-011.

Fundaciones y pilotes. Las normas del MOPC establecen que los puentes en el país deben estar fundados en pilotes, eliminándose el método antiguo de fundación directa, que aunque más económico, era la causa principal de colapso de los puentes por socavación.

Resultados. El perfil estratigráfico fue utilizado para calcular la longitud y la profundidad o cota del hincado de los pilotes, siendo adoptada de manera conservadora en el diseño conceptual la profundidad de 14 m para todos los casos.

Ilustración 24: Detalle tipo de fundación con pilotes de hormigón



Fuente: IDOM-VNG

7.2.3.MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

En la etapa de diseño conceptual no se realizan estudios de suelos y materiales, los cuales son parte del alcance del diseño final, que incluye los respectivos ensayos y resultados de laboratorio.

Los agregados para producción de hormigón se encuentran en las plantas de agregado cercanas al poblado de Imbert, en la carretera No. 5, próximo a Navarrete o en la carretera a Luperón.

Hay material de relleno en varios puntos de la carretera No. 5, como fruto de los trabajos reciente de rehabilitación de dicha vía, así como en los alrededores de Baraguana.

7.2.4.HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

SALIDAS DE MODELOS HIDROLÓGICOS

Se muestran a continuación los principales resultados obtenidos para el modelo de la cuenca del río Bajabonico para los periodos de retorno de 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años.

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

Tabla 3: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 2 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	49,4	06:30	6,44
Junction-1	111,86	49,4	06:30	6,44
Reach 1-2	111,86	47,8	07:00	6,44
Subcuenca 1	48,63	16,6	06:15	4,93
Subcuenca 4	32,90	16,5	06:15	6,98
Junction-2	193,40	79,1	06:45	6,15
Reach 2-3	193,40	78,5	07:00	6,15
Subcuenca 3	32,75	21,3	05:45	8,31
Junction-3	226,15	95,1	06:45	6,46

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 4: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 10 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	193,8	05:15	21,33
Junction-1	111,86	193,8	05:15	21,33
Reach 1-2	111,86	186,8	05:30	21,33
Subcuenca 1	48,63	71,0	05:00	17,23
Subcuenca 4	32,90	59,7	05:00	21,26
Junction-2	193,40	306,9	05:15	20,29
Reach 2-3	193,40	303,8	05:30	20,29
Subcuenca 3	32,75	75,5	04:30	24,69
Junction-3	226,15	363,2	05:30	20,92

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 5: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 50 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	372,4	04:30	37,77
Junction-1	111,86	372,4	04:30	37,77
Reach 1-2	111,86	359,3	05:00	37,77
Subcuenca 1	48,63	136,9	04:30	30,51
Subcuenca 4	32,90	109,1	04:30	36,01

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Junction-2	193,40	586,2	04:45	35,65
Reach 2-3	193,40	580,2	05:00	35,65
Subcuenca 3	32,75	142,8	04:00	42,79
Junction-3	226,15	687,9	05:00	36,68

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 6: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 100 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	470,7	04:30	47,31
Junction-1	111,86	470,7	04:30	47,31
Reach 1-2	111,86	452,6	05:00	47,31
Subcuenca 1	48,63	172,9	04:15	38,20
Subcuenca 4	32,90	135,6	04:15	44,42
Junction-2	193,40	736,9	04:45	44,52
Reach 2-3	193,40	729,1	05:00	44,52
Subcuenca 3	32,75	180,5	04:00	53,38
Junction-3	226,15	861,8	04:45	45,81

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 7: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 200 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	561,6	04:00	52,47
Junction-1	111,86	561,6	04:00	52,47
Reach 1-2	111,86	540,8	04:30	52,47
Subcuenca 1	48,63	207,5	04:00	42,34
Subcuenca 4	32,90	160,6	04:00	48,91
Junction-2	193,40	880,8	04:15	49,32
Reach 2-3	193,40	870,8	04:30	49,32
Subcuenca 3	32,75	213,2	03:30	59,42
Junction-3	226,15	1029,6	04:30	50,78

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 8: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 500 años.

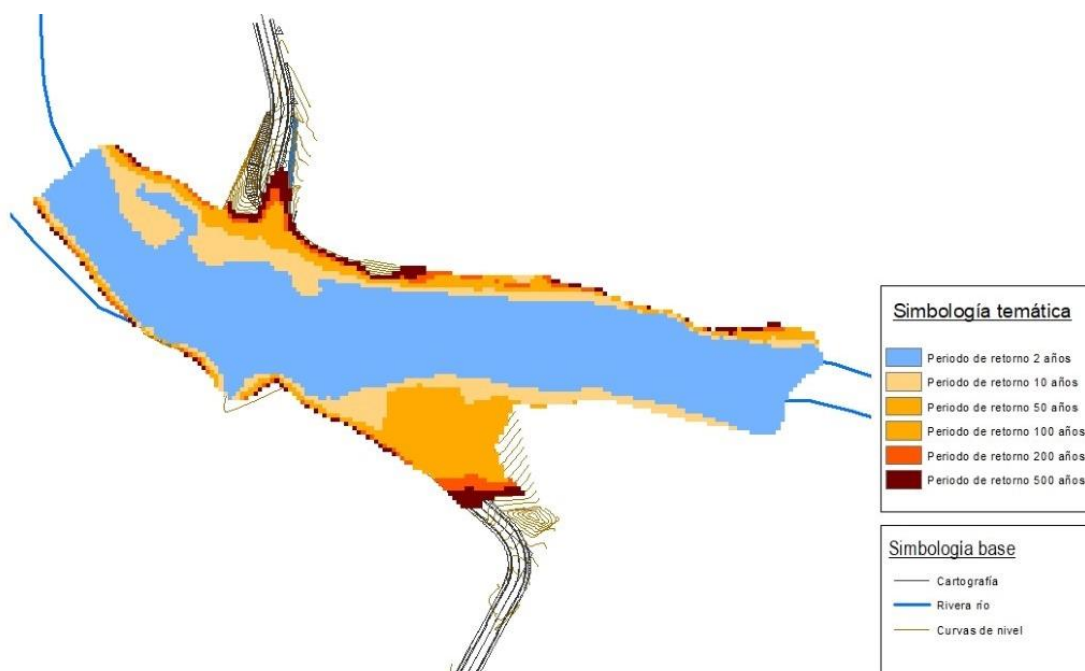
Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	732,1	04:00	68,12
Junction-1	111,86	732,1	04:00	68,12
Reach 1-2	111,86	702,7	04:30	68,12
Subcuenca 1	48,63	271,0	03:45	55,14
Subcuenca 4	32,90	206,3	03:45	62,71
Junction-2	193,40	1143,2	04:15	63,94
Reach 2-3	193,40	1130,0	04:30	63,94
Subcuenca 3	32,75	279,6	03:30	77,21
Junction-3	226,15	1339,4	04:15	65,86

Fuente: IDOM-VNG

SALIDAS DE MODELOS HIDRÁULICOS

A continuación, se muestran las cotas de inundación máximas alcanzadas en los periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años para el modelo hidráulico desarrollado para el río Bajabonico.

Ilustración 25 Calados máximos del río Bajabonico. Comparativa periodos de retorno 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años.



Fuente: IDOM-VNG

Las imágenes anteriores muestran que el cauce posee capacidad suficiente para soportar lluvias de hasta 100 años de periodo de retorno (Tr) sin producir desbordamientos. Así, con objeto de caracterizar la propuesta de diseño basado en riesgo del nuevo puente, a continuación, se muestran las cotas máximas alcanzadas en la sección del emplazamiento del nuevo puente tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 9: Cotas máximas del agua en la sección del emplazamiento del nuevo puente para los distintos periodos de retorno

Periodo de retorno (años)	Lámina agua (msmn)
50	106,64
100	107,23
200	107,76
500	108,66

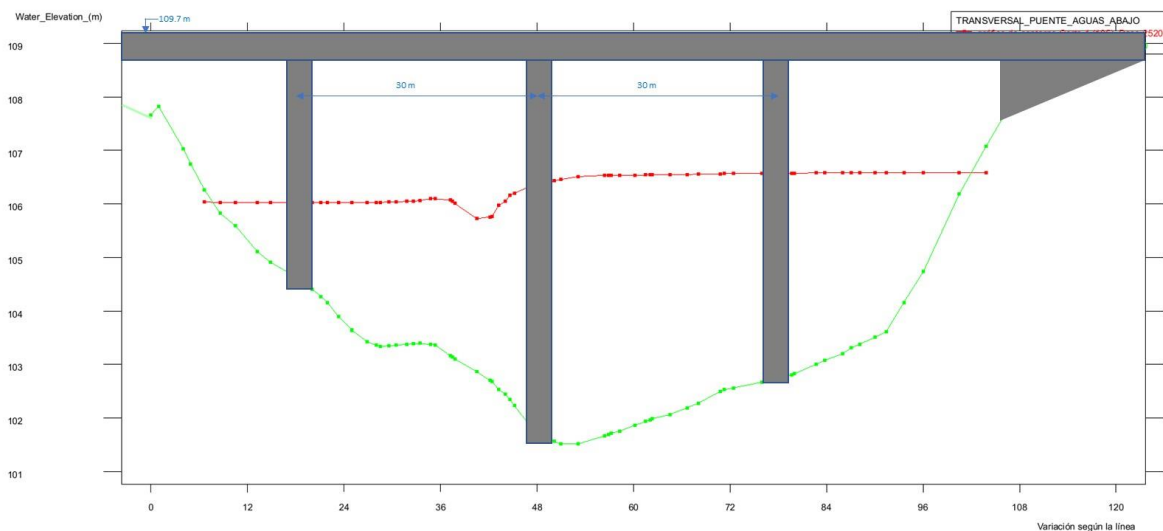
Fuente: IDOM-VNG

Se percibe que, entre los Tr 50 y Tr 100 se da un salto de 59 cm entre las cotas de agua y luego otro salto de 53 cm para el Tr 200; mientras que con el Tr 500 la diferencia de alturas es de 90 cm.

Estas diferencias de cota o “saltos” mencionados serán analizados en el diseño basado en riesgo para determinar el diseño óptimo del puente, para ello se estudiarán las diferencias de costo contra las probabilidades de riesgo de falla para cada opción.

A modo de ejemplo, en la Ilustración 26 se muestra una imagen de la sección transversal resultado de la modelización para el periodo de retorno de 100 años de la propuesta de diseño del nuevo puente.

Ilustración 26 Sección transversal de la propuesta de diseño del nuevo puente en el río Bajabonico para el periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG

Además, en el apartado *anexo* se incluyen los mapas de inundación resultado de las modelizaciones realizadas, donde además de la información relativa a calados o tirantes alcanzados, se muestran también los resultados en términos de velocidad máxima alcanzada, caudal específico y energía.

7.2.5.AMBIENTALES

Proceso de aprobaciones ambientales dentro del diseño conceptual. El diseño conceptual genera parte de la información requerida por el Ministerio de Medio Ambiente, en su Formulario de Registro para Autorización Ambiental de Proyecto, Obra o Actividad, con el que se inicia la solicitud de las autorizaciones ambientales que tienen que ser emitidas previo a la construcción del proyecto.

En el anexo 8 se expone todo el tema ambiental. A la fecha de emisión de este documento, el proyecto no ha sido gestionado con el Ministerio de Medio Ambiente, por lo que no hay resultados.

7.2.6.CENTROS DE PRODUCCIÓN

El proyecto no presenta dificultades en cuanto a los centros de producción, ya que están relativamente cercanos al sitio de obra.

Planta de producción de agregados, ubicada entre Navarrete y la comunidad de Imbert, a menos de 30 km.

Planta de producción de hormigón: ubicada en la misma zona de la planta de agregados.

Productos terminados, acero, materiales ferreteros, disponibles en el comercio de Imbert, Puerto Plata y Navarrete, todos entre 30 y 40 km de distancia.

7.2.7.EXPROPIACIONES

Expropiaciones. El nuevo puente utiliza terrenos cuya propiedad es del CEA o el Estado Dominicano. Se identifican 6 viviendas con posibilidad de ser afectadas, que pueden ser objeto de gastos de reubicación, lo cual ha de ser confirmado en el diseño final.

Ilustración 27: Viviendas en Baraguana a ser reubicadas.



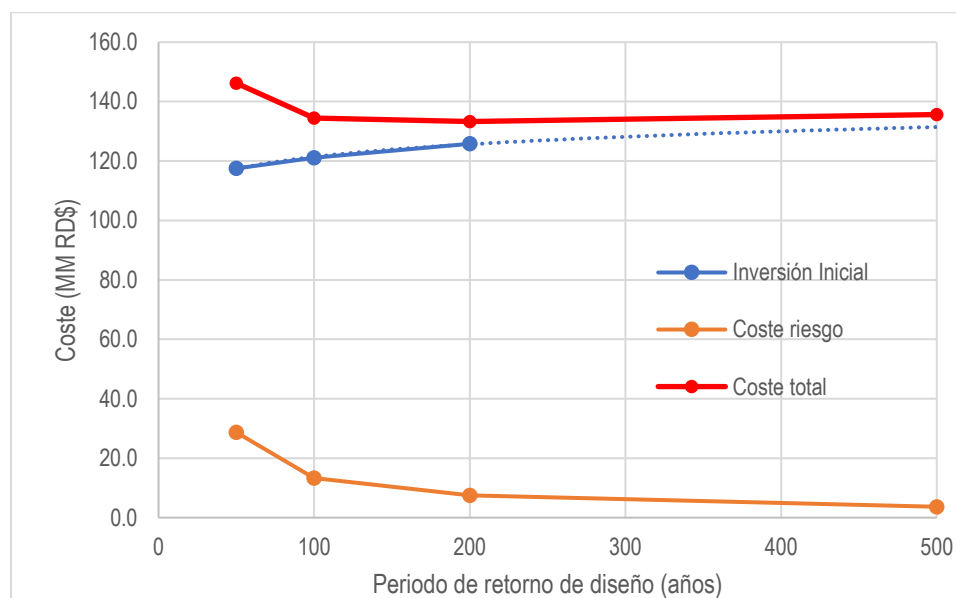
Fuente: IDOM-VNG

7.3. DISEÑO BASADO EN RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO

El diseño basado en riesgo trata de optimizar el diseño de la infraestructura contabilizando el coste inicial necesario para construirla y el coste del riesgo durante toda la vida útil de ésta. La idea del diseño basado en riesgo es que a mayor inversión menos daños tendrá la infraestructura durante su vida útil y también menor riesgo de colapso, sin embargo una infraestructura sobredimensionada podría no compensar el incremento de inversión con la reducción del coste del riesgo, por tanto es necesario analizar las dos componentes que definen el coste de la infraestructura: Coste de inversión (Ci) y Coste del riesgo (Cr) para poder determinar la solución de diseño óptima.

En el **Anexo 8.1.7** del presente documento se detallan los análisis llevados a cabo para determinar la vulnerabilidad de la estructura, la Pérdida Anual Esperada y el Coste del Riesgo durante la vida útil de la infraestructura, fijada en 75 años. Se muestran también los costes de construcción de cada una de las alternativas de diseño obteniéndose el siguiente gráfico, donde la línea azul representa el coste de construcción de cada periodo de retorno de diseño, la línea naranja representa el coste del riesgo y el coste total como suma de ambas componentes en rojo.

Gráfico 1. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.



Fuente: IDOM-VNG

Con esto, se concluye que la suma de la inversión necesaria para construir la infraestructura y los costes del riesgo esperados durante su vida útil, fijada en 75 años, arrojan que, para el diseño del Puente sobre el Bajabonico, la alternativa con menor coste total asociado es la diseñada para una avenida de 200 años de periodo de retorno.

7.4. ESTUDIO COSTO/BENEFICIO

El estado financiero arroja una tasa interna de retorno de 13.3%, para un periodo de 20 años, considerando el préstamo a una tasa del 4.7% amortizable en 20 años. En la sección 8 se incluye el análisis financiero y varios análisis de sensibilidad para el proyecto. Es notable que mientras mayor es el precio del combustible, mayores son los beneficios de la construcción del puente.

Otros potenciales beneficios sociales o agropecuarios no han sido cuantificados en esta versión del análisis financiero.

Tabla 10: Resultado No 1. Proyecto factible financieramente.

ALTERNATIVA PLAZOS	TIR	VAN (6.8%)
	%	RD\$
Valores (20 años)	13.3%	\$97,857,414
Tasa movilidad comunidades	12.0%	
Pasaje con proyecto		50
Precio gasolina		198

Fuente: IDOM-VNG

7.5. ESTUDIOS ECONÓMICOS

Como se indicó anteriormente, se realizaron estudios económicos de las diferentes alternativas evaluadas, el resumen de los costos asociados a la opción seleccionada y mostrada en este informe, se muestra a continuación.

Tabla 11: Resumen de costos de construcción del puente Bajabonico y vialidad.

CONFIDENCIAL

Fuente: IDOM-VNG

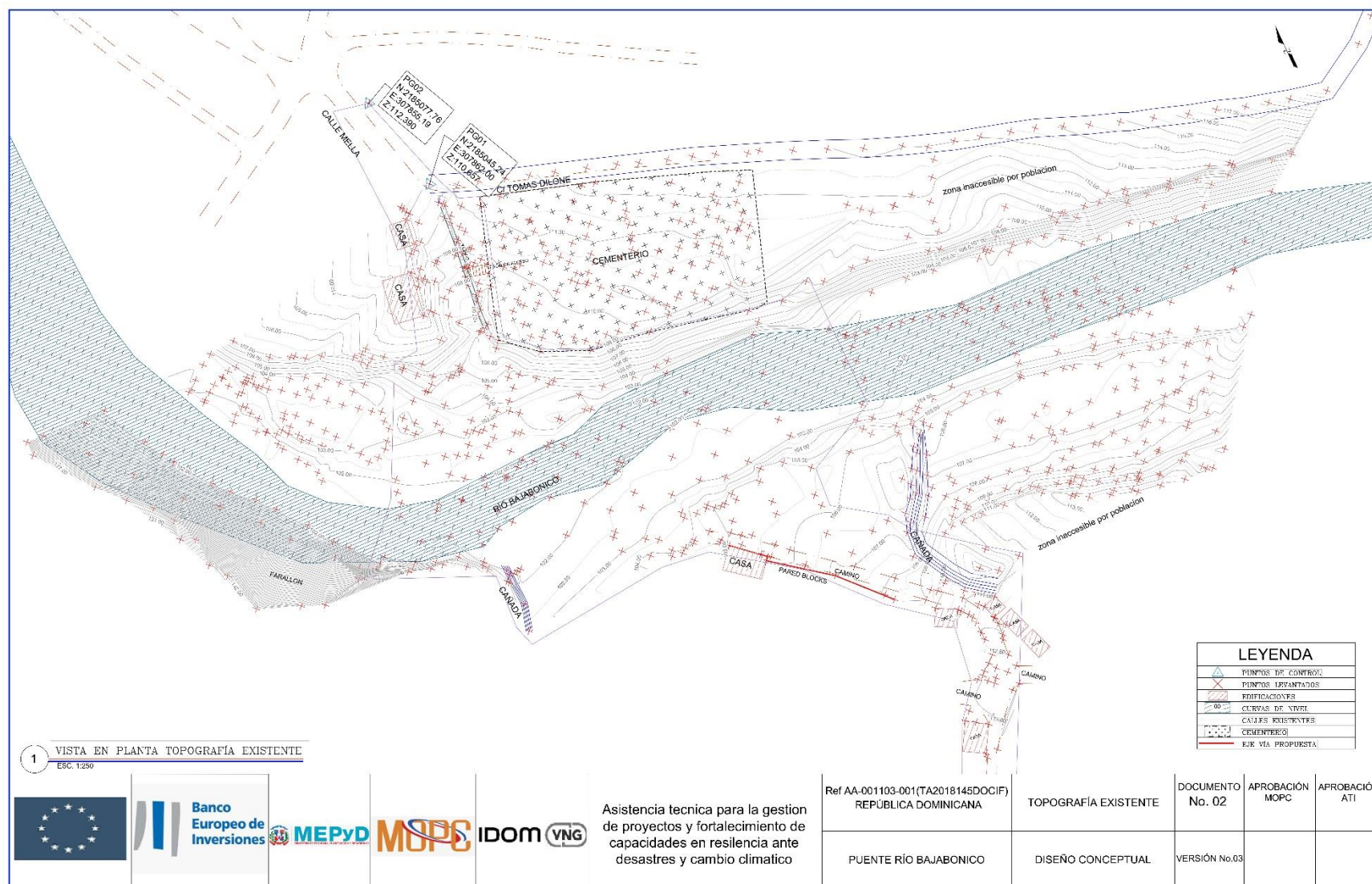
7.6. PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL

Los planos elaborados para el diseño conceptual son los siguientes:

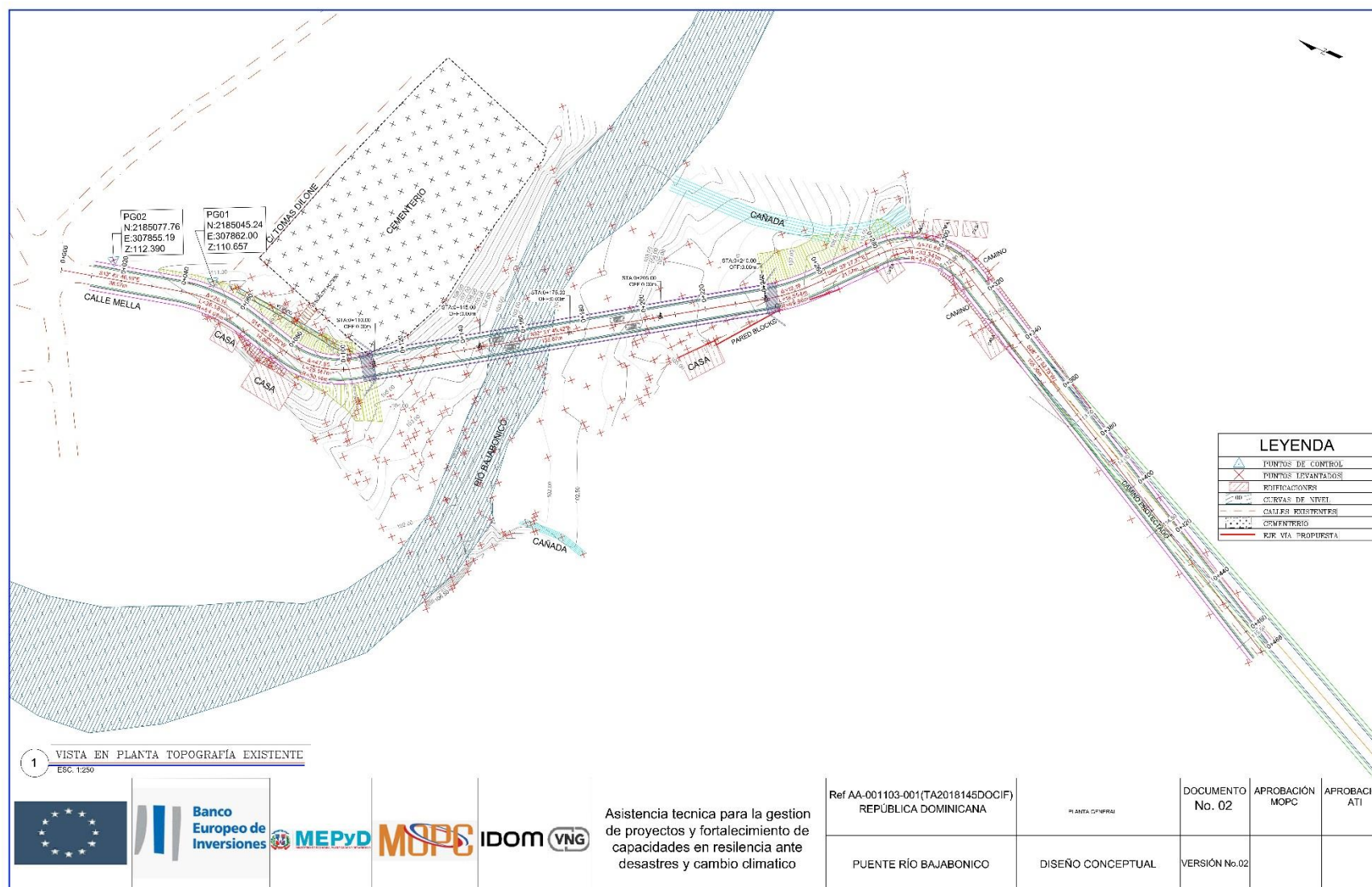
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)



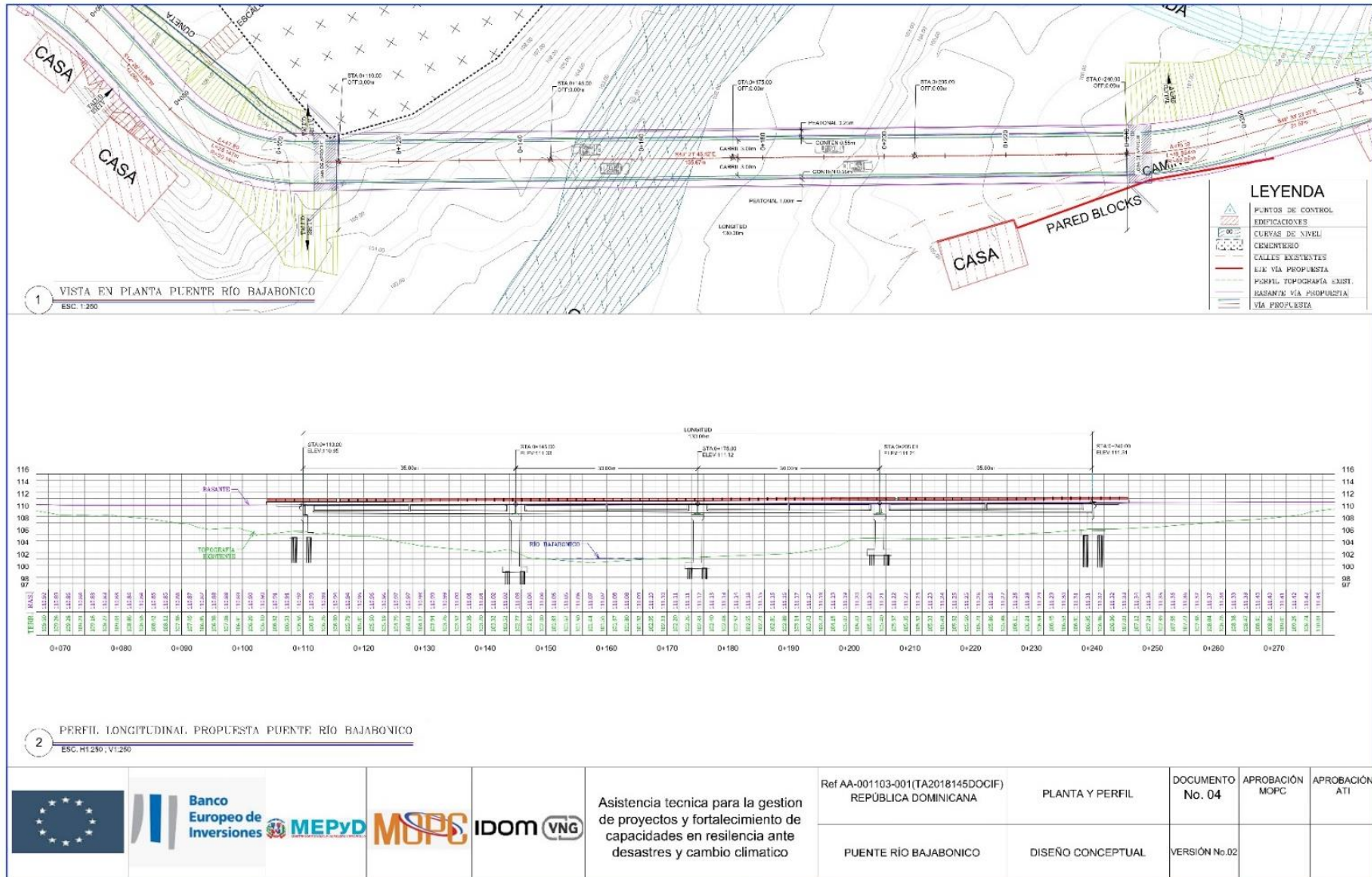
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)



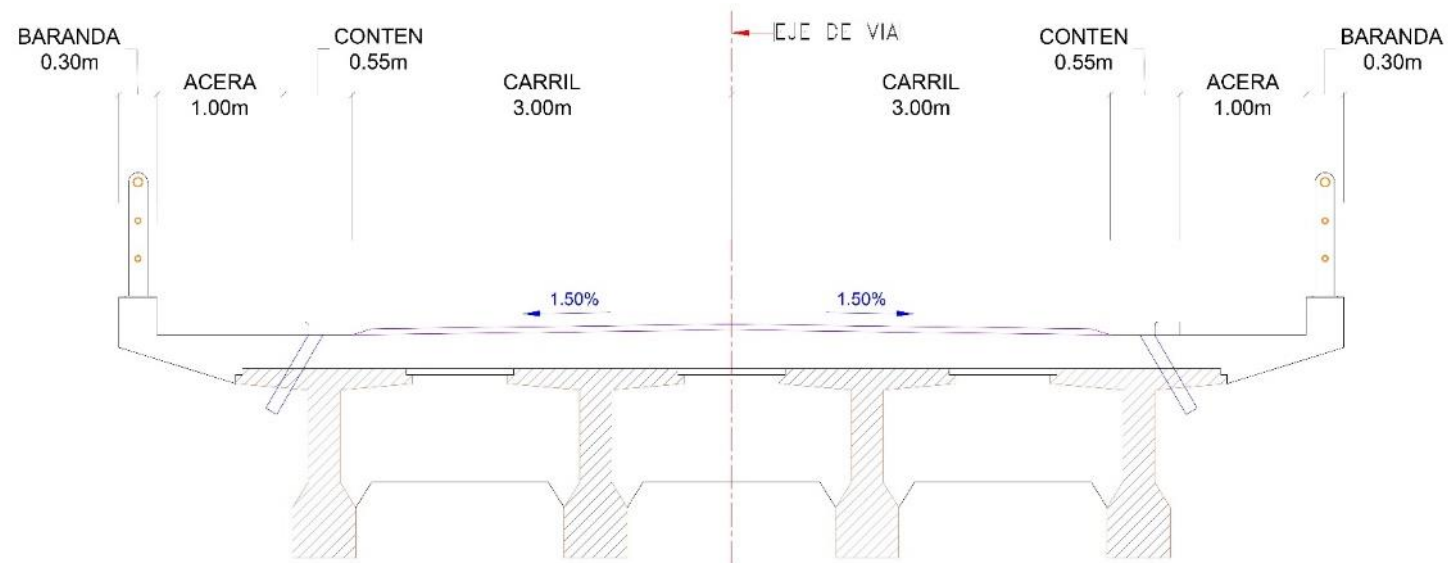
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)



MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)



MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)



1 SECCION TRANSVERSAL PROPUESTA PUENTE
ESC. 1:10

	Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático	Ref AA-001103-001 (TA2018145DOCIF) REPÚBLICA DOMINICANA	SECCIÓN TRANSVERSAL	DOCUMENTO No. 05	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
		PUENTE RÍO BAJABONICO	DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No 01		

7.7. PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRAS

El proceso constructivo del proyecto, a partir de la emisión de este documento, debe pasar por las etapas siguientes:

1. Aprobación consensuada del diseño conceptual
2. Elaboración final de los TDR para la contratación de los diseños finales
3. Licitación del diseño final
4. Elaboración y aprobación del diseño final. Incluida Auditoría de Seguridad Vial en fase II (ASV sobre el proyecto constructivo)
5. Elaboración de TDR de construcción
6. Licitación de construcción de obras
7. Proceso constructivo
8. Supervisión y recepción de obras. Incluida Auditoría de Seguridad Vial en fase III (ASV previa a la puesta en servicio)

8. ANEXOS

8.1. ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS

8.1.1. TOPOGRAFÍA

Se realizaron levantamientos topográficos basados en los requerimientos estándares del MOPC, para todas las obras incluidas en el diseño conceptual de este proyecto.

Requerimientos del MOPC: Se implantó una red plani-altimétrica a través de rastreo satelital con GPS de doble frecuencia (L1 y L2), tipo R8S Trimble o similar, colector Trimble TSC3, constituida de un par de puntos materializados en el terreno espaciados y enlazados en la cercanía de la obra a construir. Los pares de puntos están ubicados en sitios seguros y con visibilidad garantizada para definir el levantamiento de la obra.

Se levantaron puntos que cubren suficientemente el área del diseño conceptual y sus alternativas, generándose curvas de nivel con el software Civil 3D, tomando como referencia el eje de diseño, y la condición del terreno y de las obras a ser diseñadas, utilizando equipamiento RTK y estación total South 352L, con precisión nominal de 2mm+2ppm.

Entregables del estudio. Anterior a este informe, como resultado del estudio topográfico fueron suministrados para fines del diseño conceptual, Imagen asociada, puntos de control. Referencias geodésicas. Levantamiento Planimétrico, altimétrico, curvas de nivel, levantamientos de variantes, soluciones de estructuras. Archivos de datos csv. Se generaron los planos correspondientes al levantamiento a partir de Civil 3D los cuales forman parte de los anexos. Este estudio es válido para todas las fases del diseño.

Áreas cubiertas. El estudio topográfico cubrió las áreas o longitudes suficientes para realizar los diseños para las alternativas y obras previstas o necesarias, cubriendo un área inicial de aproximadamente 48,760 m² tal y como se aprecia en la siguiente ilustración, la cual fue ampliada durante la modelación hidrológica.

Ilustración 28: Área inicialmente prevista para el levantamiento topográfico



Fuente: IDOM-VNG

Anexos del estudio topográfico. Los siguientes documentos y archivos forman parte de los anexos del estudio topográfico, los cuales forman parte de este informe, siendo entregados en un archivo comprimido para los fines del diseño final.

Puntos de control con referencias geodésicas. Plano general del levantamiento Planimétrico y altimétrico mostrando los puntos tomados y las curvas de nivel (Ver ilustración anterior). Archivos de datos csv. Se generaron los planos correspondientes al levantamiento a partir de Civil 3D y Autocad, los cuales aparecen en diferentes secciones del informe. El levantamiento topográfico general del proyecto se muestra en la sección correspondiente.

8.1.2. GEOTÉCNIA

Geotecnia fase Diseño Conceptual.

Método. Para la realización de los estudios geotécnicos en la etapa de diseño conceptual, se han seleccionado las técnicas geofísicas eléctricas o electromagnéticas que miden la resistividad de los materiales y que permiten obtener un perfil estratigráfico del sitio, suficiente para estudios conceptuales, sin necesidad de hacer estudios más complejos como los sondeos SPT, que ameritan una movilización de equipo y personal, con una ejecución lenta y complicada.

Ilustración 29: Tabla periódica de Resistividad de metales puros

H																	He
Li 9,55	Be 3,76											B	C	N	O	F	Ne
Na 4,93	Mg 4,51											Al 2,733	Si	P	S	Cl	Ar
K 7,47	Ca 3,45	Sc 56,2	Ti 39	V 20,2	Cr 12,7	Mn 144	Fe 9,98	Co 5,6	Ni 7,2	Cu 1,725	Zn 6,06	Ga 13,6	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb 13,3	Sr 13,5	Y 59,6	Zr 43,3	Nb 15,2	Mo 5,52	Tc 14,9	Ru 7,1	Rh 4,3	Pd 10,8	Ag 1,629	Cd 6,8	In 8	Sn 11,5	Sb 39	Te	I	Xe
Cs 21	Ba 34,3	*	Hf 34	Ta 13,5	W 5,44	Re 17,2	Os 8,1	Ir 4,7	Pt 10,8	Au 2,271	Hg 96,1	Tl 15	Pb 21,3	Bi 107	Po 40	At	Rn
Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
*	La 4,7	Ce	Pr 70	Nd 64,3	Pm 75	Sm 94	Eu 90	Gd 131	Tb 115	Dy 92,6	Ho 81,4	Er 86	Tm 67,6	Yb 25	Lu 58,2		
**	Ac	Th 14,7	Pa 17,7	U 28	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

Fuente: David R. Lide (2009). CRC Press Inc, ed. CRC Handbook of Chemistry and Physics (en inglés)(90 edición). p. 2804. ISBN 978-1-420-09084-0.

Con las técnicas Sondeos Eléctricos Verticales (SEV), se ha trabajado el proyecto para el diseño conceptual, teniendo en cuenta de que se siguen usando en el país, por su sencillez, rapidez y la relativa economía del equipo utilizado.

Siguiendo la norma ASTM-D6431 para el uso del método de corriente continua, se realizaron Sondeos Eléctricos Verticales en arreglo Schlumberger, cuyas mediciones de resistividad se hicieron al nivel del terreno como se establece en la Norma NRF 011 CFE 2004, o similares.

Procedimiento. Este método permite realizar una serie de medidas en la superficie de los terrenos, con las cuales se obtienen los valores de resistividades aparentes, en función de la línea de emisión de corriente. Las parejas de valores se representan gráficamente, generando una curva que permite determinar el perfil estratigráfico.

Previo a la realización de esta actividad se realizó un levantamiento de la información geológica y la topografía del área preseleccionada para los estribos y sus alrededores; Tomando en consideración los resultados obtenidos en el levantamiento citado, se procedió a seleccionar los lugares para la realización de los sondeos y la metodología a aplicar para realizar los mismos.

Equipo de trabajo. El equipo de trabajos utilizado para la realización de los sondeos corresponde a un terrametro marca ABEM 300 SAS, de fabricación sueca; auxiliado por cables para electrodos de corriente y por cables para electrodos de potencial.

Dispositivo. El dispositivo utilizado para la realización de los SEV fue el cuadripolo de Schlumberger, el cual se trata de una composición simétrica de los electrodos AMNB dispuestos en línea recta, donde la distancia de los electrodos detectores MN (potencial) es mucho menor que la de los electrodos inyectores AB (corriente).

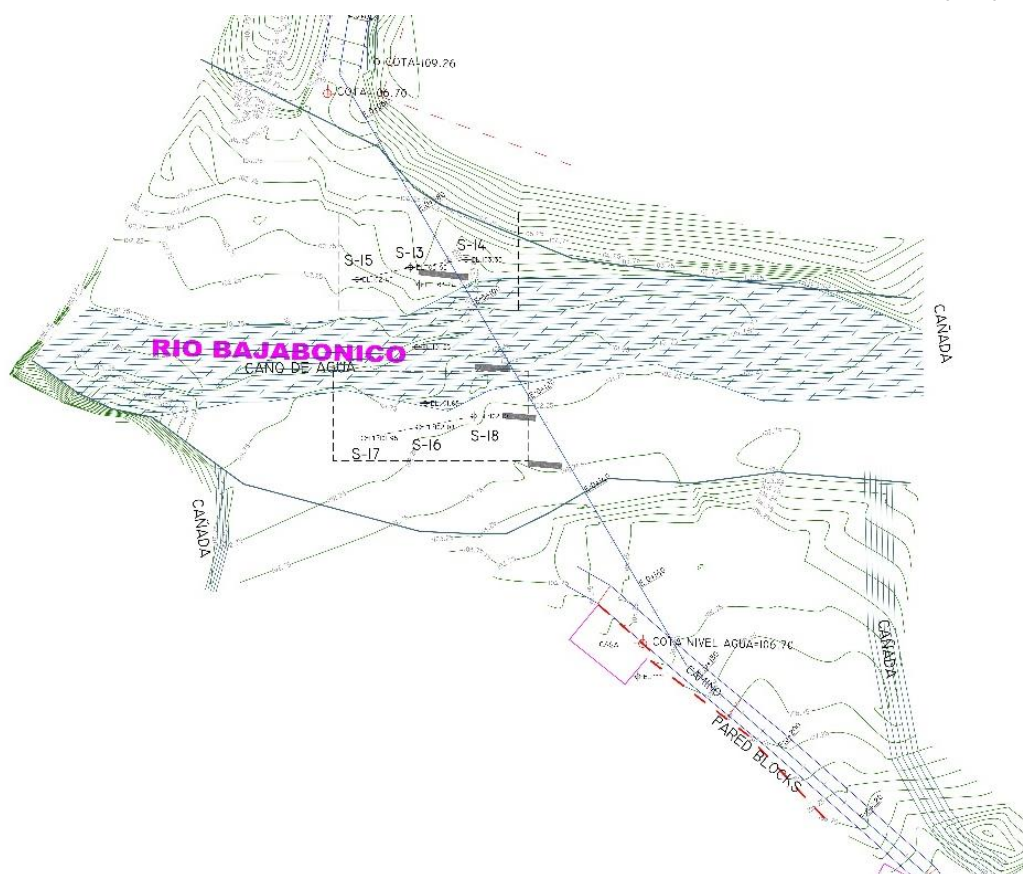
Sondeos. Considerando lo establecido anteriormente, respecto a los levantamientos citados, se procedió a la realización de dos sondeos eléctricos verticales, distribuidos en el perfil de la zona preseleccionada para la construcción los estribos.

La línea de emisión de corriente (AB/2) establecida para todos los sondeos fue para una profundidad de investigación de aproximadamente 25 metros y el modelo de interpretación utilizado fue el ABEM.

El modelo de interpretación en el sondeo identificó dos capas (ver perfiles estratigráficos debajo). La primera capa presenta valores de resistividad relacionados con un material disgregado, asociado a los materiales de la capa vegetal de los terrenos. Los espesores máximos son de 1.5 m en el lado de Imbert y 8 m en el lado de Baraguana. Ver cuadro.

La segunda y última capa del sondeo, presenta valores de resistividad relacionados con un material consolidado, presumiblemente compuesto por las areniscas, provenientes de los depósitos aluviales del periodo cuaternario. Dicho estrato aparece después de la capa de material disgregado, o sea a partir de 1.5 m en el estribo del lado de Imbert y entre 2 y 8 mt en el estribo del lado de Baraguana.

Ilustración 30: Localización de los sondeos (SEV) realizados.



Fuente: IDOM-VNG

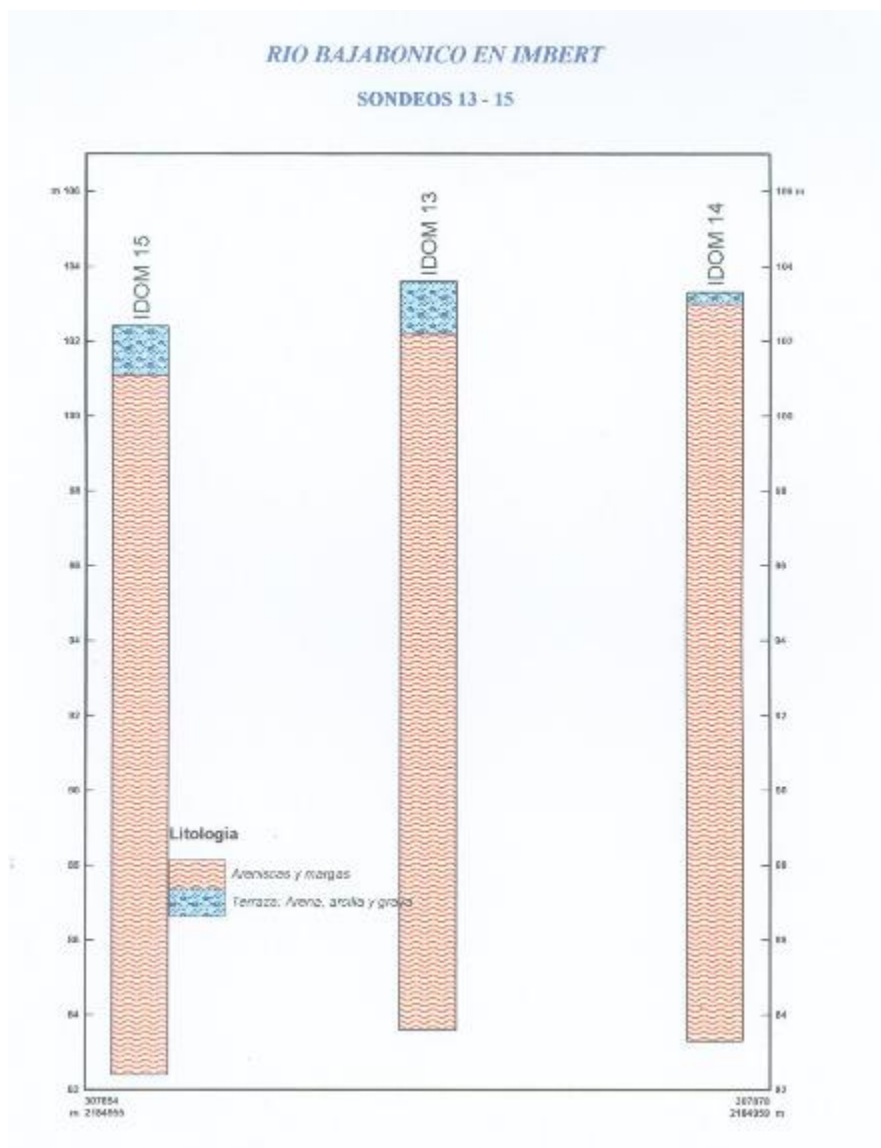
Estratigrafía. Los perfiles estratigráficos mostrados a continuación corresponden a la litología de emplazamientos de los dos estribos. Se tomará el resultado menos favorable para la profundidad del hincado de pilote, para proyectarlo a los dos estribos y a las pilas, debido a que los SEV no permiten realizar ensayos dentro del agua. Los resultados fueron explicados anteriormente y se resumen en el cuadro siguiente.

Tabla 9: Resultados de los sondeos obtenidos partir de (SEV) puente Bajabonico.

Sondeo No.	Estribo	Sitio	Cotas			Estracto consolidado
			Cota superficie	Cota	Profundidad	
S-13	Izquierdo	Imbert	104	103	1	
S-14	Izquierdo	Imbert	103.5	102.5	1	
S-15	Izquierdo	Imbert	102.5	101	1.5	
S-16	Derecho	Baraguana	102	100	2	
S-17	Derecho	Baraguana	102	97.8	4.2	
S-18	Derecho	Baraguana	102	94	8	

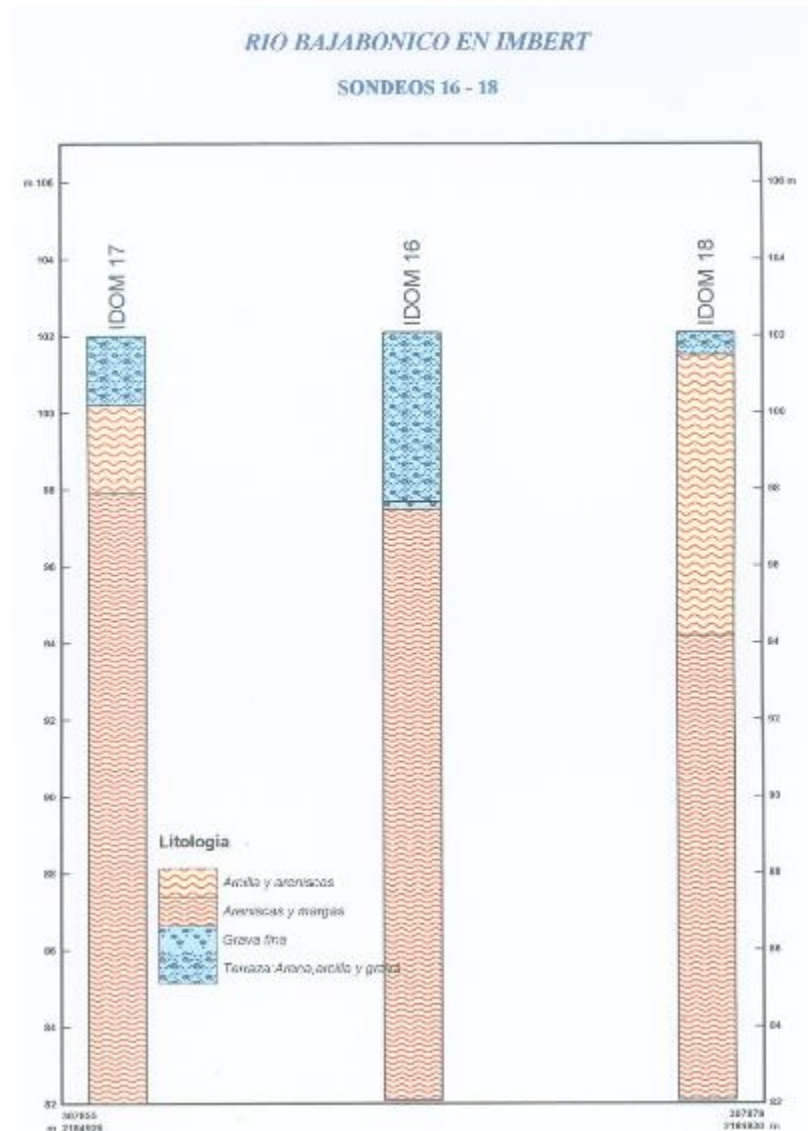
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 31: Estratigrafía a partir de (SEV) estribo lado Imbert



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 32: Estratigrafía a partir de (SEV) estribo lado Baraguana



Fuente: IDOM-VNG

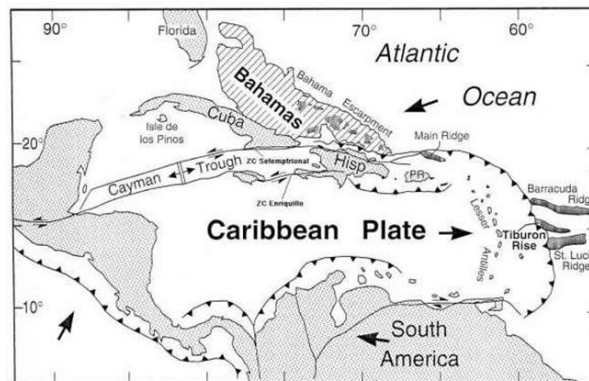
8.1.3. GEOLOGÍA

Geología nacional. Esta información general, es tomada de las directivas dadas por el MOPC sobre el tema, para proyectos similares y que se incluye en este documento básicamente, como referencia para el diseño final de la obra.

Estudio Geológico. La Isla Hispaniola se encuentra en la parte norte de la placa tectónica del Caribe, que desde el eoceno medio se desplaza al este en relación a las placas americanas (Ilustración 38). Este límite representa una compleja zona de deformación de aproximadamente 250Km., donde se

manifiestan desplazamientos siniéstrales y colisionales. La Isla Hispaniola está conformada por una aglomeración de terrenos, separados por importantes zonas de fallas, consolidada entre el cretáceo (65 x 106 años) y mioceno (6 x 106 años) inferiores. Muchos de los límites que separaron los terrenos fueron reactivados formando provincias morfotectónicas de cordilleras y cuencas sedimentarias alargadas, limitadas por fallas (Dolan et al. 1998, DeMets et al. 2000, Mann et al. 2002).

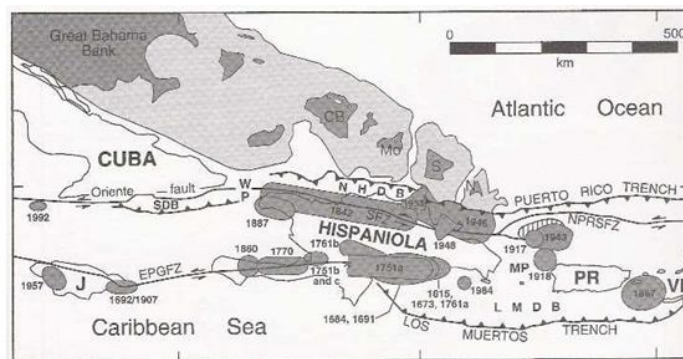
Ilustración 33: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dolan et al., 1998).



Fuente: SGN

Peligro Sísmico. La sismicidad en la Isla Hispaniola continúa activa con registros sísmicos de gran magnitud, tal como se puede ver en la Ilustración, donde se indican la sismicidad histórica y las estructuras tectónicas relacionadas a estos eventos. Estudios geológicos y sismológicos realizados en los últimos años revelan que la falla Septentrional asociada a la Placa del Caribe son las estructuras más importantes del punto de vista sismológico, debido a que la falla Septentrional se está acomodando cerca de 8 mm/año, mientras que la Placa del Caribe se está desplazando de 20 a 25 mm/año respecto a Norteamérica.

Ilustración 34: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dolan et al., 1998).



Fuente: SGN

Estudios respecto a sismicidad en la Isla Hispaniola (ECHO, ONESVIE, SODOSISMICA, PERIE, M. L, 2004) revelan sismos con aceleración entre 0,14 y 0,16g.

Para el cálculo de las estructuras donde interviene sismo, el MOPC recomienda considerar sismos con aceleración de 0,2g. Asimismo, se aplicarán las indicaciones establecidas en las “Recomendaciones provisionales para el análisis sísmico de estructuras” M -001, publicadas por la Dirección General de Reglamentos y Sistemas del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones – MOPC. De esta manera, los sismos se evaluarán utilizando la bidireccionalidad de sus efectos y se considerará un grado de sismicidad tipo I ($Z=1$).

Geología Local. La siguiente información se encuentra en la hoja geológica de Imbert:

[http://repo.sgn.gob.do/memogeo50/MemoG_6075_III_Imbert.pdf]

“La Hoja de Imbert se localiza en el sector occidental de esta cordillera, próxima al litoral atlántico. La zona de falla de Camú atraviesa la Hoja de Este a Oeste por su parte central y la separa en dos sectores: el sector meridional de El Mamey-Altamira-La Toca, que incluye los bloques tectónicos de Altamira y la Toca; y el sector septentrional de Imbert-Puerto Plata, que coincide con el bloque de Puerto Plata.

En el sector meridional de El Mamey-Altamira-La Toca, los basaltos y términos volcanoclásticos asociados del Complejo de Palma Picada constituyen un sustrato de rocas de arco de isla sobre el cual se dispone, a modo de cobertera, una serie eocena de rampa carbonatada con episodios tufíticos (Formación geológica Fm Los Hidalgos). En el sector al norte de la falla de Camú, el complejo de basamento de Puerto Plata (CBPP) consiste en un cortejo de bloques fallados de peridotitas masivas o serpentinizadas, cumulos de gabros (y alguna piroxenita), y una sucesión de rocas volcanoclásticas, basaltos y andesitas que se agrupan en la Fm Los Caños; estas rocas tienen un metamorfismo de bajo grado, ausencia de fábrica deformativa generalizada, y una signatura geoquímica afín a la de las rocas de arco de isla.

Por encima del CBPP, la formación sedimentaria más antigua reconocida como tal en este sector es la Fm. Imbert, de edad fundamentalmente eocena; consiste en una sucesión bien estratificada de areniscas volcanogénicas, y tufitas (algunas puzolánicas) con intervalos de brechas y debris, que típicamente incorporan fragmentos de peridotitas serpentinizadas, bloques de rocas volcánicas y plutónicas similares a las identificadas en el CBPP y también algún bloque (exótico) de naturaleza metamórfica.

La estratigrafía del Paleógeno Inferior de este sector de Imbert-Puerto Plata se completa con dos formaciones de naturaleza caótica que se consideran en este trabajo coetáneas y lateralmente equivalentes a la Fm Imbert, la unidad de brechas serpentiníticas y la Fm San Marcos. La primera se distribuye de forma periférica y por el interior del CBPP, y está formada por fragmentos y bloques de peridotitas serpentinizadas inmersos en una abundante matriz

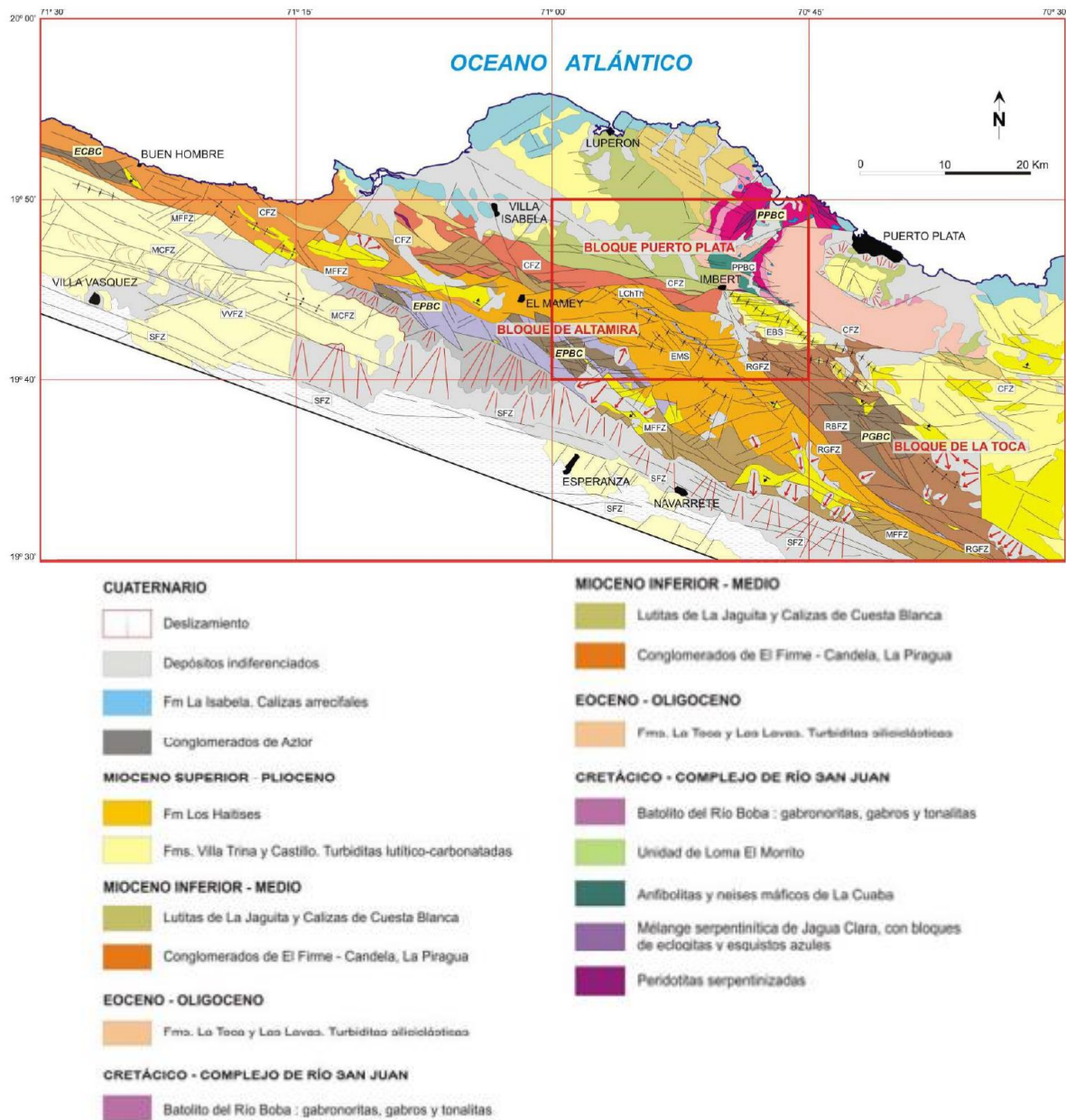
de esta misma composición, e incluye bloques de las Fms. Los Caños e Imbert así como otros bloques exóticos de origen desconocido, entre ellos, bloques metamórficos de alta-P.

Las brechas serpentiniticas son a su vez la base de un complejo de tipo olistostrómico ampliamente representado en la región, la Fm San Marcos, que incluye bloques similares a los observados en las brechas serpentiniticas y bloques y olistolitos derivados del PPBC y, principalmente, de la Fm Imbert. Estas unidades registran la deformación (y los procesos de exhumación) relacionados con el evento colisional entre la placa norteamericana y la caribeña, que culmina aproximadamente en el Eoceno superior, a partir del cual se implanta un régimen transpresivo sinistral que controla el desarrollo de cuencas muy subsidentes limitadas por los principales desgarres (incipientes). Estas cuencas albergan potentes sucesiones turbidíticas (Fms Altamira y La Toca, en el sector meridional; Fms Agua Clara y Luperón, en el septentrional) de carácter sinorogénico y tendencia somerizante hasta el Mioceno Inferior.

En el Neógeno tuvo lugar una nueva fase de reorganización tectónica que aborta la mayoría de las cuencas turbidíticas paleógenas, y propicia la instalación de cuencas fluvio-deltaicas más reducidas y localizadas a lo largo de las zonas de desgarre (Ud. de la Jaiba), algunas con evolución hacia el oeste a series turbidíticas (Ud. Gran Mangle; sin representación en esta Hoja). En el Mioceno Superior, una importante trasgresión produjo el depósito de los materiales margosos con fauna pelágica de la Fm. Villa Trina que evolucionan, fundamentalmente durante el Plioceno, a sistemas de plataformas carbonatadas someras representadas por la Fm.

Los Haitises. Estas formaciones llegaron a recubrir la práctica totalidad de los territorios que hoy conforman la Cordillera Septentrional, discordantes sobre cualquier formación precedente. Finalmente, en el Plioceno superior o Pleistoceno, comenzó la elevación definitiva de la Cordillera Septentrional, con el subsecuente encajamiento y configuración actual de la red de drenaje y el progresivo desplazamiento hacia el norte del depósito de materiales costeros y arrecifales, que quedó restringido a una franja paralela al litoral actual (Fm. La Isabela)".

Ilustración 35: Esquema geológico de la zona del proyecto.



Fuente : Hoja Imbert. SGN

8.1.4.MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

En el diseño final, las fuentes de materiales identificados deberán ser validadas por el consultor, debiendo realizar ensayos de laboratorio y trabajos de campo para esos fines. En la zona de

Baraguana hay formaciones que tienen características para ser usadas como material de relleno. Igualmente en la salida de Imbert, por la carretera No. 5. Para agregados existen las plantas de Navarrete y en la carretera Imbert-Luperón

CENTROS DE PRODUCCIÓN

Existen plantas de hormigón industrial en Santiago y Puerto Plata que pueden suministrar todo el hormigón del proyecto. Los materiales ferreteros y productos terminados pueden ser adquiridos en esas ciudades y en el sector comercial de Imbert.

8.1.5. CAMBIO CLIMÁTICO, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

Con el fin de considerar el riesgo dentro del diseño conceptual del “Puente sobre el Río Bajabonico” es necesario realizar el análisis de la cuenca de este desde su punto más alto hasta la zona final de implementación del subproyecto; así como el comportamiento del cauce en el mismo punto.

Para ello será necesario conocer las características hidrológicas del terreno constituyente de la cuenca de captación, de cada uno de los ríos, arroyos y afluentes principales que serán analizados simultáneamente. A partir de estos puntos, se toman los datos de registro de lluvias con los que posteriormente, a través del análisis de un modelo de pérdidas de transformación de la lluvia-escorrentía y de propagación de los caudales obtenidos, obtendremos los datos de los caudales máximos de avenida para cada uno de los periodos de retorno en estudio en los puntos críticos de análisis.

Estos caudales máximos de avenida serán necesarios para poder elaborar posteriormente un estudio hidráulico del cauce en estudio, del cual podremos obtener una relación de calados, velocidades y posibles áreas inundables adecuadas a la realidad.

CAMBIO CLIMÁTICO E HIDROLOGÍA

Pluviometría

Para el estudio de pluviometría, se hace necesario conocer las características hidrológicas de la zona de estudio. Para ello, se toman los datos de registro de lluvias, las cuales se utilizarán posteriormente para realizar una modelización sus efectos en las cuencas determinadas.

Un gran número de estaciones pluviométricas, pese a encontrarse en una zona cercana al área de estudio, no tienen la solvencia suficiente para poder realizar los análisis pertinentes, puesto que sus datos no cuentan con más de 10 años continuados, algo que está por debajo de las necesidades de

series entre 20-30 años y, por lo tanto, incumplen la mínima extensión del registro recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para obtener estadísticas confiables.

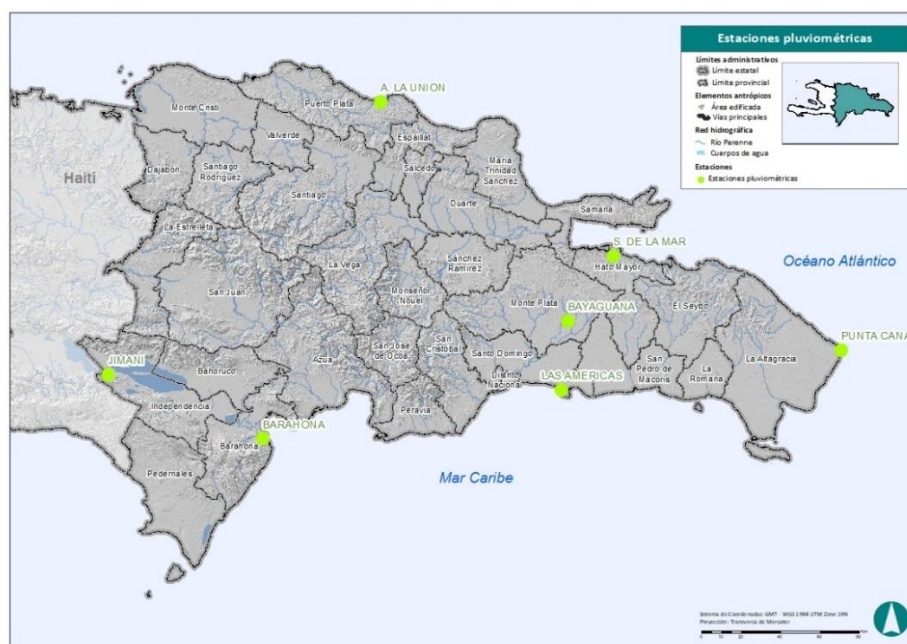
A pesar de ello, existen una serie de estaciones dispuestas por toda la República Dominicana, como se puede observar en la Ilustración 36, donde sí se tienen series de precipitación lo suficientemente solventes como para realizar análisis de precipitaciones (del 1994 al 2019) según la mínima extensión del registro recomendado por la OMM.

Tabla 12: Características de las estaciones pluviométricas.

Nombre	Longitud	Latitud	Elevación
JIMANI	-71.85	18.4834	31
BARAHONA	-71.1	18.2	10
A. LA UNIÓN	-70.5499	19.75	5
LAS AMÉRICAS	-69.6666	18.4333	17
BAYAGUANA	-69.6333	18.75	61
S. DE LA MAR	-69.4166	19.0501	3
PUNTA CANA	-68.3167	18.6167	7

Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 36: Localización de las estaciones pluviométricas.



Fuente: IDOM-VNG.

De estas estaciones, se calcula el periodo de retorno para los diferentes años previamente establecido. En estos datos de periodo de retorno Tabla 13, se puede apreciar que, en el periodo de retorno de 2 años, Jimaní cuenta con el mínimo valor con 77,35 mm/día mientras que el máximo se encuentra en

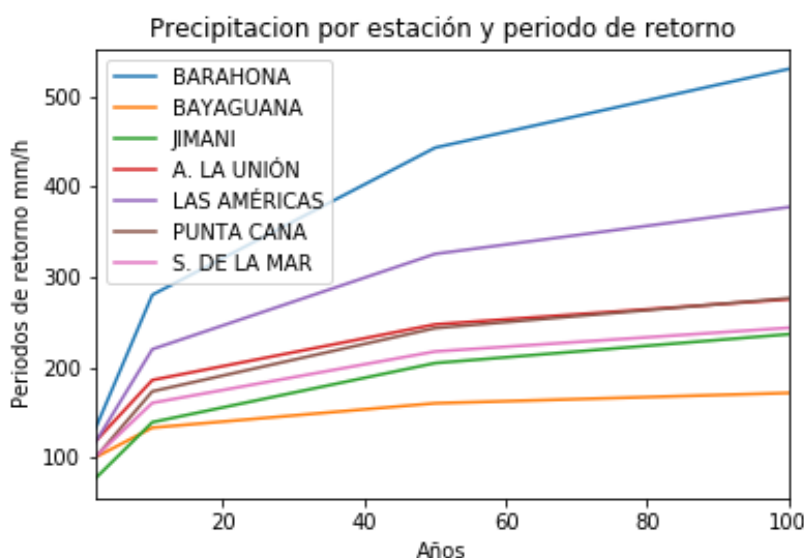
Barahona con 132,93 mm/día. En cuanto al periodo de retorno de 100 años, las precipitaciones mínimas se encuentran en Bayaguana, con 171, 57 mm/día y las máximas de nuevo en Barahona con 530,37 mm/día.

Tabla 13: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno

Años	Barahona	Bayaguana	Jimani	A. La Unión	Las Américas	Punta Cana	S. de La Mar
2	132.932	100.4319	77.34654	118.2425	117.4229	100.4556	101.1869
10	280.2094	133.1074	139.175	185.8463	219.9996	173.3245	160.5738
50	443.1682	160.1519	204.6388	247.4568	325.5304	243.329	217.4926
100	530.3695	171.5736	236.5889	275.3162	377.3345	276.4675	243.671

Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 37: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno.



Fuente: IDOM-VNG.

Como se menciona anteriormente, las estaciones con las que se cuenta no cubren la zona de estudio de forma eficiente. Por ello, se ha utilizado la *Tropical Rainfall Measurement Mission* (TRMM) para complementar la información de precipitaciones. Se trata de un proyecto conjunto de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) por parte de EEUU y *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) por parte de Japón, cuyo objetivo era proveer de una base de datos de precipitaciones a nivel global, a través de diferentes herramientas descritas en la siguiente Tabla 14.

Tabla 14: Instrumentos utilizados en la TRMM.

Precipitation Radar (PR)
TRMM Microwave Imager (TMI)

Visible and Infrared Scanner (VIRS)
Clouds and the Earth's Radiant Energy Sensor (CERES)
Lightning Imaging Sensor (LIS)

Fuente: NASA.

El producto final de la TRMM es una malla a nivel global con una resolución espacial aproximada de 25 km X 25 km (0.25° X 0.25°) y una resolución espacial de 3 horas, en la cual se encuentran diferentes bandas con datos relacionados con la precipitación (Tabla 15).

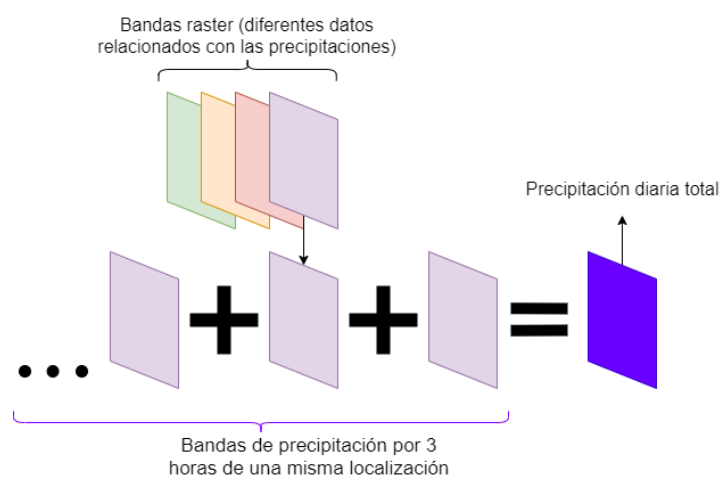
Tabla 15: Bandas de la TRMM.

Banda	Descripción
Precipitación	Estimación de precipitación por la combinación de IR y microondas.
Error relativo	Estimación del error relativo a los valores de precipitación por la combinación de IR y microondas.
HQ precipitación	Estimación de precipitación por microondas.
IR precipitación	Estimación de precipitación por IR.

Fuente: IDOM-VNG.

Utilizando la banda “Precipitación”, los datos de precipitación cada 3 horas se combinan para obtener una nueva malla con resolución espacial diaria.

Ilustración 38: Extracción de la banda de precipitación principal y creación un nuevo dataset con datos de precipitación diarios.



Fuente: IDOM-VNG.

Tras el proyecto TRMM, el *Global Precipitation Measurement* (GPM) tomó su lugar, para seguir dotando de datos de precipitación en todo el mundo. GPM es, al igual que TRMM, un proyecto conjunto entre la NASA y la JAXA lanzado en 2014. En este caso la resolución espacial es de aproximadamente 11 km X 11 km (0.1° X 0.1°) y la resolución temporal es de 30 minutos.

Tabla 16: Instrumentos utilizados en la GPM

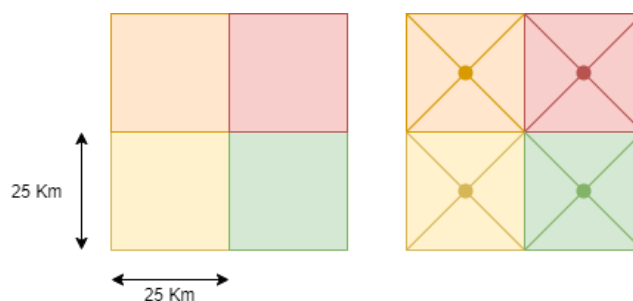
GPM Microwave Imager (GMI)
Dual-Frequency Precipitation Radar (DPR)

Fuente: NASA.

Para poder combinar la información del TRMM con la del GPM, se ha procedido a equiparar el GPM a la resolución espacial del TRMM y reduciendo estadísticamente la resolución temporal para obtener datos diarios de precipitación.

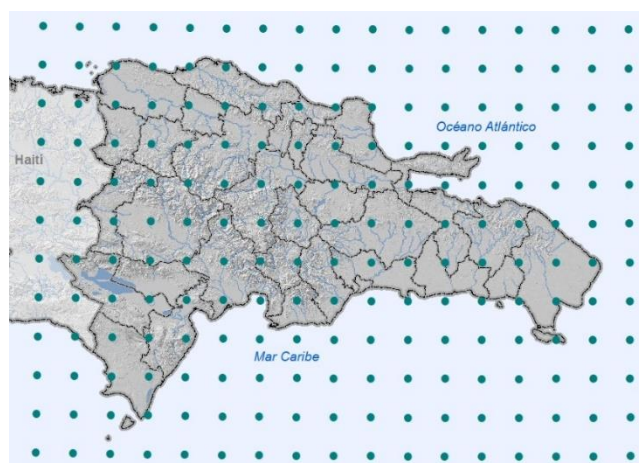
Finalmente se cuenta con una malla de precipitación diaria para el periodo 1998-2019, con una resolución espacial de ≈ 25 km X ≈ 25 km. De esta malla se han extraído los centroides, para poder realizar los análisis de forma más eficiente, conteniendo estos el valor relativo a los 25 km cuadrados de extensión (Ilustración 39).

Ilustración 39: Extracción de centroides.



Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 40: Localización de los centroides de TRMM.



Fuente: IDOM-VNG.

La aplicación de un algoritmo que calibre la totalidad de los registros de precipitación obtenidos supondría un aplanamiento de los datos en los máximos y mínimos, con lo que los eventos extremos

(*outliers*) tenderían a reducirse, siendo ello contraproducente para el desarrollo del estudio. Por consiguiente, tras descartar la posibilidad de calibrar la totalidad de los datos, se ha decidido utilizar los periodos de retorno de las estaciones y los datos satelitales de precipitación, ya que estos se nutren básicamente de eventos extremos.

El Periodo de Retorno (T_r) de cualquier evento extremo (lluvias máximas, temperaturas extremas, huracanes, entre otros), se define como el lapso o número de años que, en promedio, se cree que será igualado o excedido, es decir, es la frecuencia con la que se presenta un evento (Mélize y Reason, 2007). El grado de magnitud de un fenómeno extremo está relacionado de forma inversa con su frecuencia de ocurrencia, las precipitaciones muy intensas ocurren con una frecuencia menor que las moderadas o débiles.

Por tanto, la calibración se realizará atendiendo a los periodos de retorno de cada uno de los centroides de TRMM, en comparación con los periodos de retorno de las estaciones. Los periodos de retorno utilizados son 2, 5, 10, 25, 100, 200 y 500 años, con las siguientes distribuciones Tabla 17.

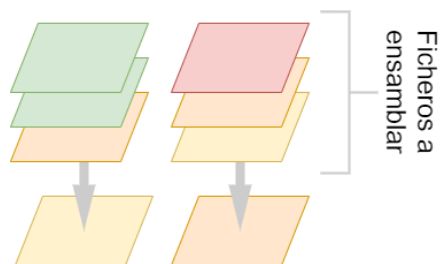
Tabla 17: Lista de distribuciones utilizadas.

Normal	LogNormal de 2 parámetros
Log Pearson tipo 3	LogNormal de 3 parámetros
Gumbel	Gamma de 2 parámetros
log Gumbel	Gamma de 3 parámetros

Fuente: IDOM-VNG.

Para ello, se seleccionan los máximos diarios anuales de toda la serie, en este caso los máximos de 1998 y 2019, tanto para los centroides como con las estaciones. Además, para realizar el cálculo de los periodos de retorno, se han utilizado nuevamente un ensamble de diferentes distribuciones (Ilustración 41), siempre cuando tengan una significancia estadística igual o mayor al 95%, con lo que el conjunto de precipitaciones puede ser explicada con la distribución.

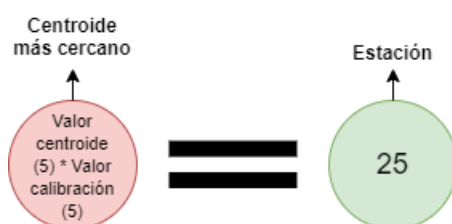
Ilustración 41: Ensamble de datasets.



Fuente: IDOM-VNG.

Para cada periodo de retorno, los centroides más cercanos a las estaciones son asignados a estas, para poder calcular la diferencia de valores, y asignar estos valores a los centroides correspondientes.

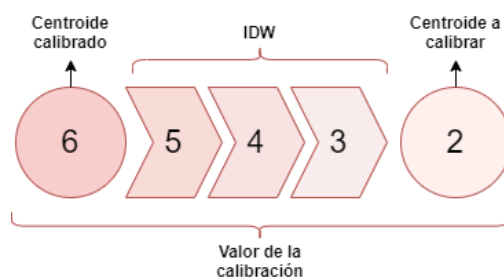
Ilustración 42: Calibración de centroides asignados a estaciones.



Fuente: IDOM-VNG.

A partir de estos valores, se calcula una interpolación inversa a la distancia, con la cual el valor va disminuyendo en cuanto más se aleja al punto que contiene el valor.

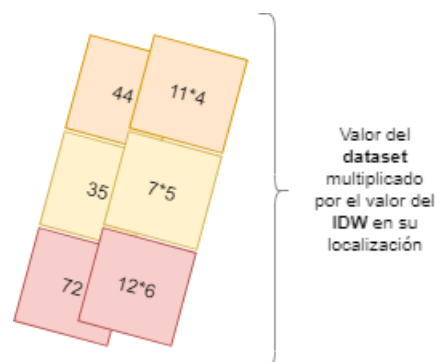
Ilustración 43: IDW con el valor de la calibración



Fuente: IDOM-VNG.

Los centroides extraen el valor de cada interpolación (existen 4, una por cada periodo de retorno utilizado), y dicho valor se multiplica por el valor de precipitaciones del periodo de retorno correspondiente en cada centroide, teniendo como resultado una malla de 25 X 25 km de valores de precipitaciones por cada periodo de retorno (Ilustración 44).

Ilustración 44: Dataset de precipitaciones calibrado.



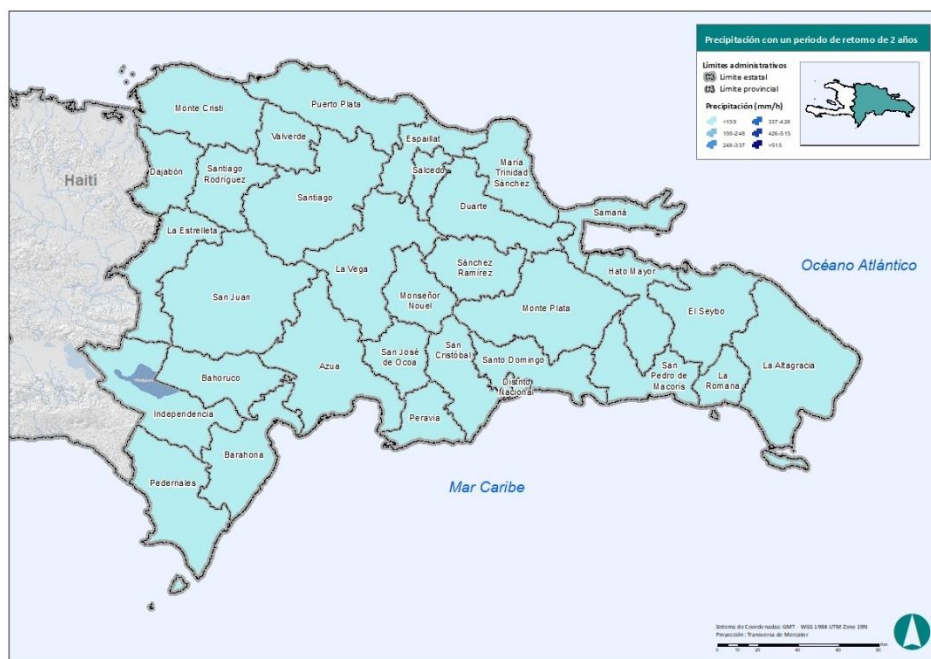
Fuente: IDOM-VNG.

El resultado de estas calibraciones es el de un dataset con una resolución aproximada de 25x25 km, que contiene datos de precipitación para toda la República Dominicana, procedentes de TRMM y GPM y calibrados con las estaciones pluviométricas. A partir de este nuevo dataset, se pueden calcular los

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES (POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

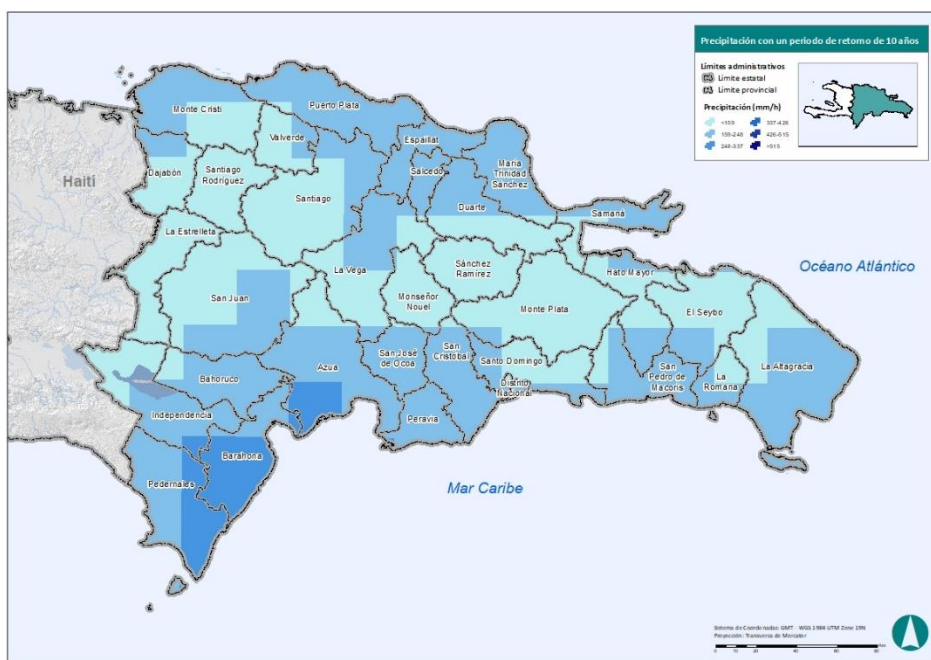
periodos de retorno para todo el país, a continuación, se muestran los resultados para 2 años, 10 años, 50 años y 100 años de período de retorno.

Mapa 1 Precipitación para un periodo de retorno de 2 años.



Fuente: IDOM-VNG.

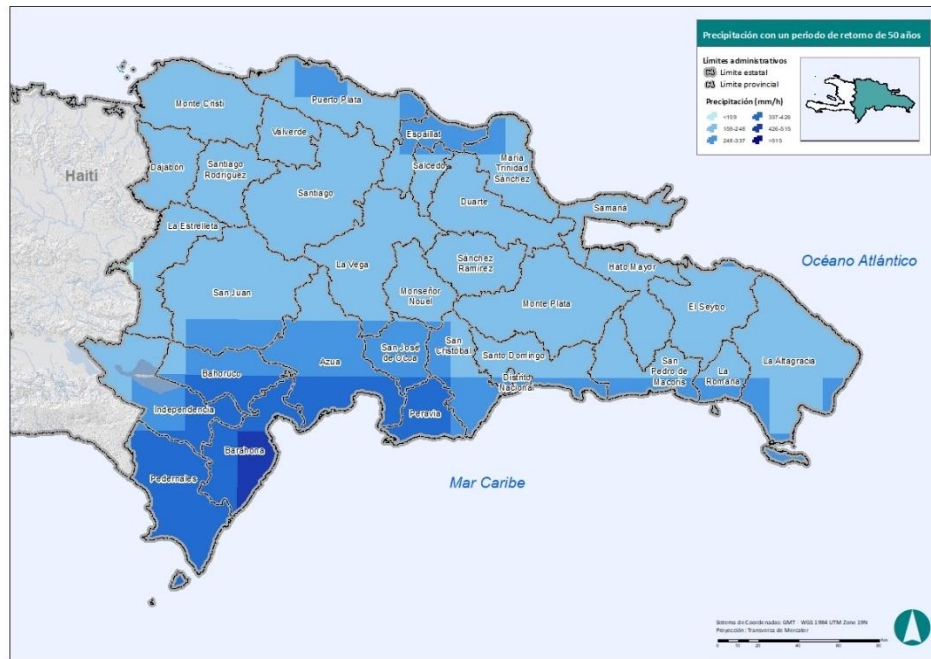
Mapa 2 Precipitación para un periodo de retorno de 10 años.



Fuente: IDOM-VNG.

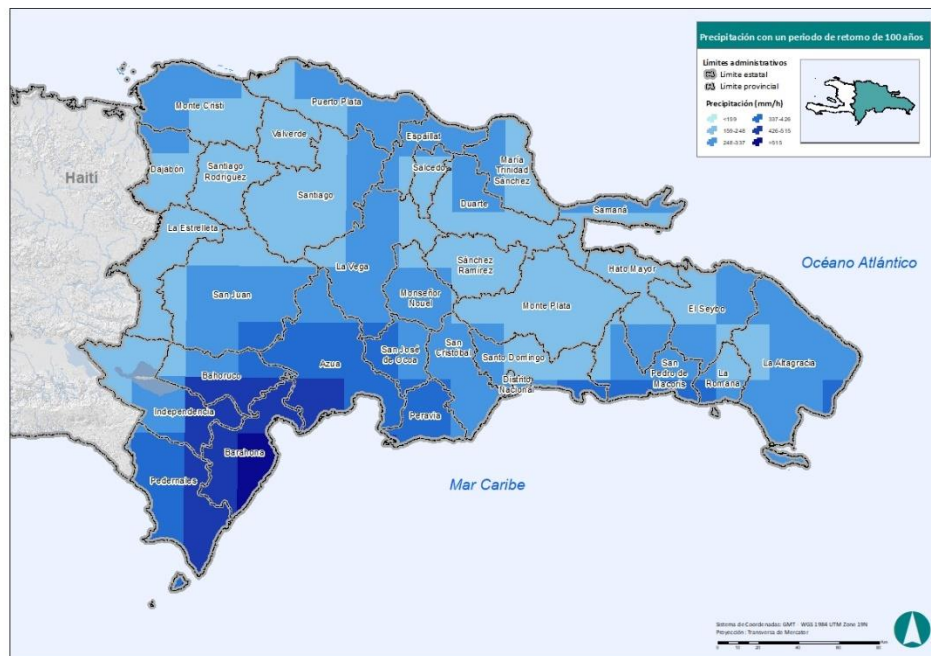
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Mapa 3 Precipitación para un periodo de retorno de 50 años.



Fuente: IDOM-VNG.

Mapa 4 Precipitación para un periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG.

Clima Futuro – Efectos del Cambio Climático

Para el estudio *Global Climate Models* (GCM), correspondientes al *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*, (CMIP5) (Thrasher, B., 2012), en base al quinto informe del *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), los cuales contienen información sobre la temperatura mínima y máxima cerca de la superficie (en grados Kelvin) y la precipitación en superficie, incluyendo tanto las fases líquidas y sólidas de todo tipo de nubes (en $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) (NASA Center for climate simulation, <https://www.nccs.nasa.gov/services/data-collections/land-based-products/nex-gddp>).

La información de los diferentes modelos del CMIP5, para la precipitación procede de la base de datos NASA Earth Exchange *Global Daily Downscaled Projections*, (NEX-GDDP) (Thrasher, B., 2012). Esta contiene 150 años simulados, desde 1950 a 2005 como datos proyectados de forma retrospectiva y del 2006 a 2100, proyectados a futuro, con una resolución espacial aproximada de 25 km X 25 km ($0.25^\circ \times 0.25^\circ$) y un total de 21 GCMs.

Tabla 18: NEX/GDDP GCMs

ACCESS1-0
BNU-ESM
CCSM4
CESM1-BGC
CNRM-CM5
CSIRO-Mk3-6-0
CanESM2
GFDL-CM3
GFDL-ESM2G
GFDL-ESM2M
IPSL-CM5A-LR
IPSL-CM5A-MR
MIROC-ESM
MIROC-ESM-CHEM
MIROC5
MPI-ESM-LR
MPI-ESM-MR
MRI-CGCM3
NorESM1-M
bcc-csm1-1
inmcm4

Fuente: IDOM-VNG.

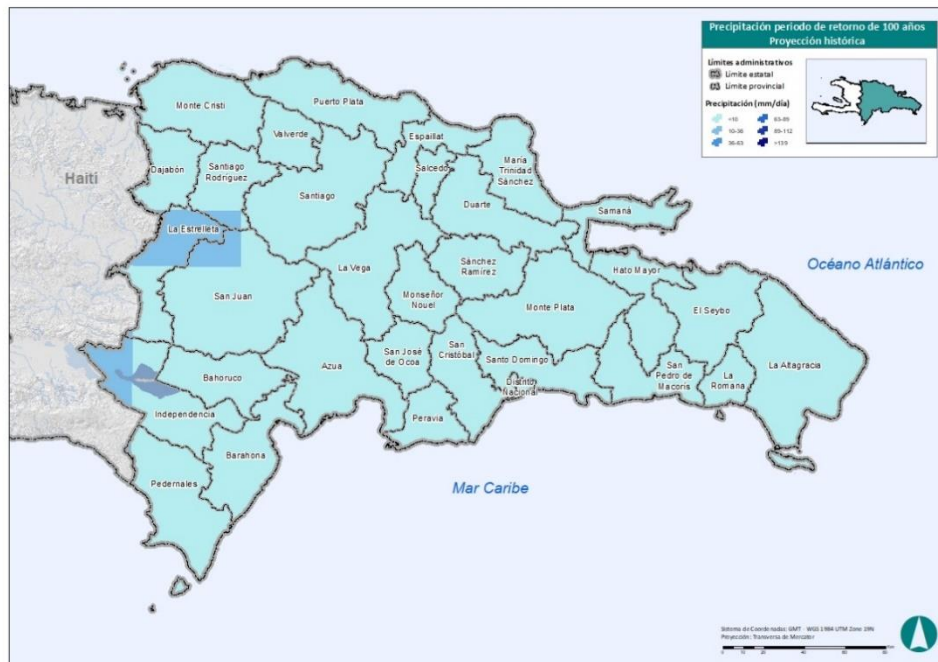
Sobre los *Representative Concentration Pathways* (RCPs), de los escenarios 4.5 (estabilización de la fuerza radioactiva) y 8.5 (altos niveles en emisiones de gases de efecto invernadero) y sobre los datasets de proyección histórica (hasta el año 2005), se aplica un análisis multimodal (Ilustración 41: Ensamble de datasets.) a los 21 GCMs, obteniendo como resultado una reducción de la incertidumbre en los resultados (Gleckler et al. 2008) [Gleckler, P. J., Taylor, K. E., & Doutriaux, C. (2008).

Performance metrics for climate models. *Journal of Geophysical Research*, 113(D6). doi:10.1029/2007jd008972].

Para poder establecer el porcentaje de cambio que se da en la zona de estudio con los distintos escenarios climáticos, se utilizan los datos históricos proyectados retrospectivamente, puesto que este cambio será más confiable al tratarse de la misma fuente de datos que los escenarios futuros.

A partir de los datasets ensamblados, se extraen los años 1970-2005 para el dataset histórico, y 2046-2070 para los RCP's 4.5 y 8.5. Posteriormente, se calcula el periodo de retorno de 100 años para los diferentes dataset, los cuales muestra unos porcentajes de cambio enormes en algunos casos como con el RCP 8.5, donde llega a superar el 120% con el histórico (Mapa 5 a Mapa 7).

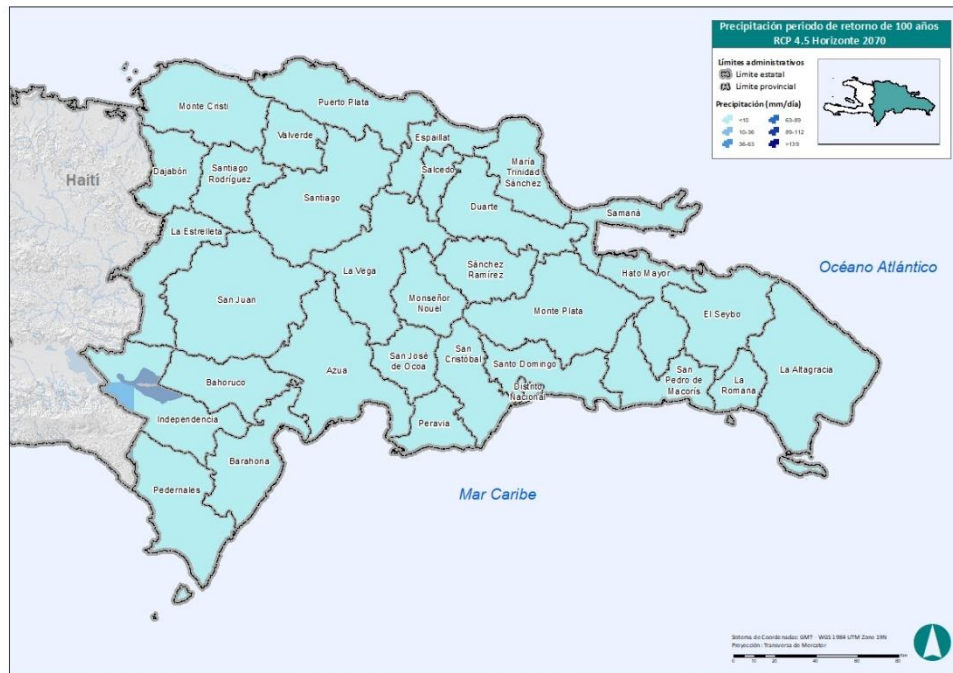
Mapa 5 Proyección histórica con un periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG.

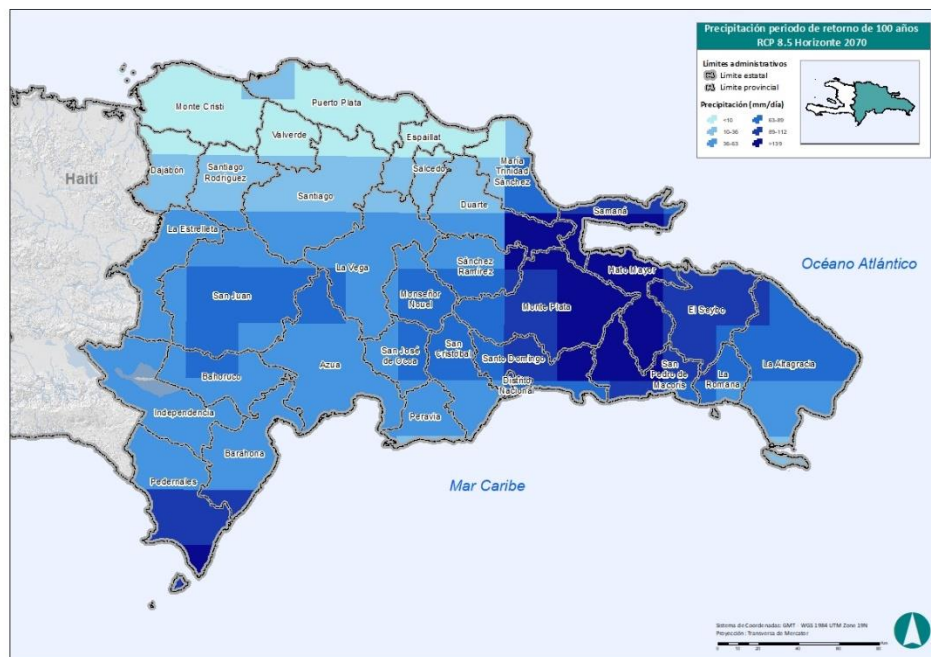
Mapa 6 RCP 4.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años.

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)



Fuente: IDOM-VNG.

Mapa 7 RCP 8.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG.

Los datasets relacionados con el cambio climático (diferentes modelos de RCP4.5 y RCP 8.5) han de ser descartados para el estudio, puesto que no se halla una significancia estadística en sus tendencias (Ilustración 45 a Ilustración 48).

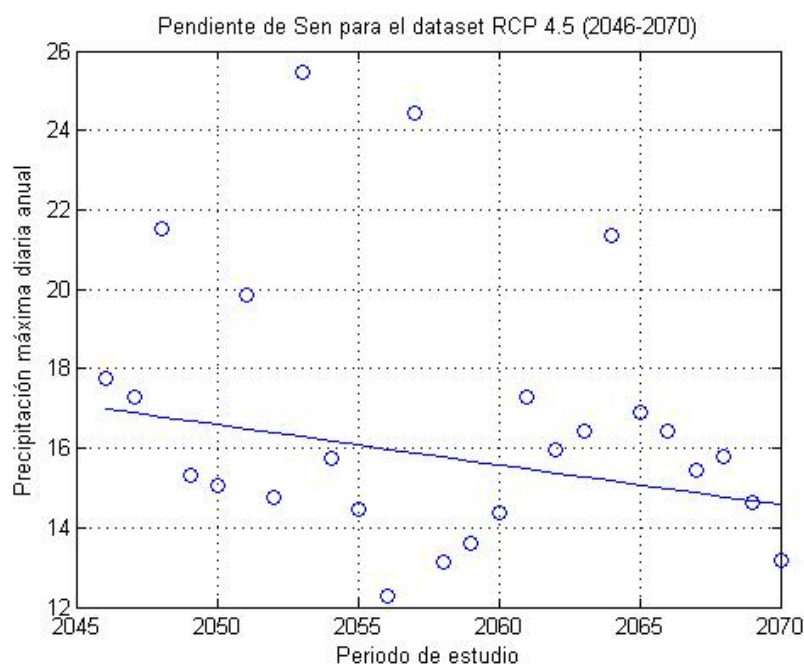
Los datos, tanto para el escenario actual como el de cambio climático, no muestran una tendencia significativa para método no paramétrico de Mann-Kendall y por lo tanto tampoco para la pendiente de Sen, así como tampoco lo hacen el dataset de estaciones pluviométricas y los datos combinados TRMM/GPM.

Tabla 19: Método no paramétrico de Mann Kendall y pendiente de Sen por dataset.

Dataset	P-valor	Pendiente
Estaciones (1998-2019)	0.14	2,13
TRMM/GPM (1998-2019)	0.57	-0.22
Historico (1970-2005)	0.13	0.06
RCP 45 (2046-2070)	0.18	-0.1
RCP 85 (2046-2070)	0.52	-0.05

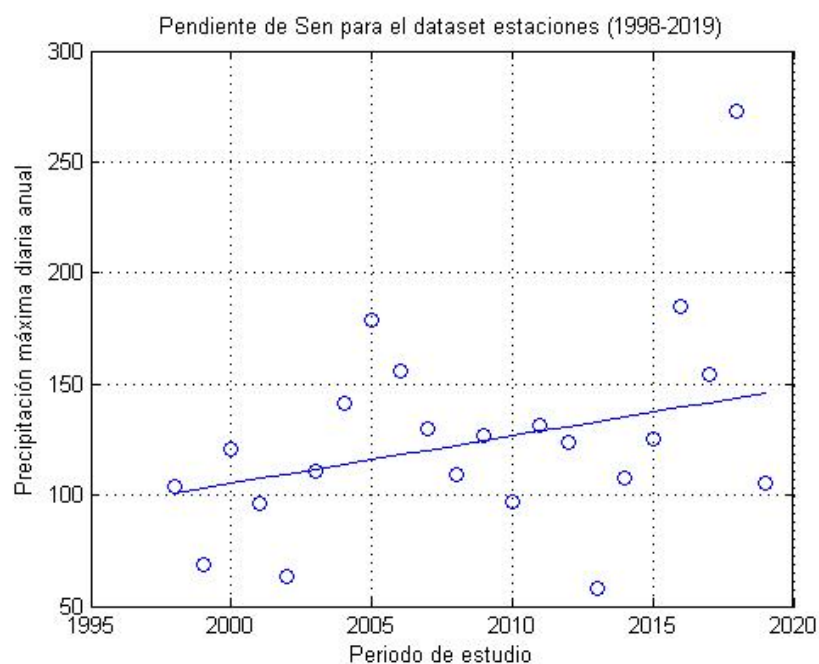
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 45: Pendiente de Sen para el dataset RCP 4.5 (2046-2070).



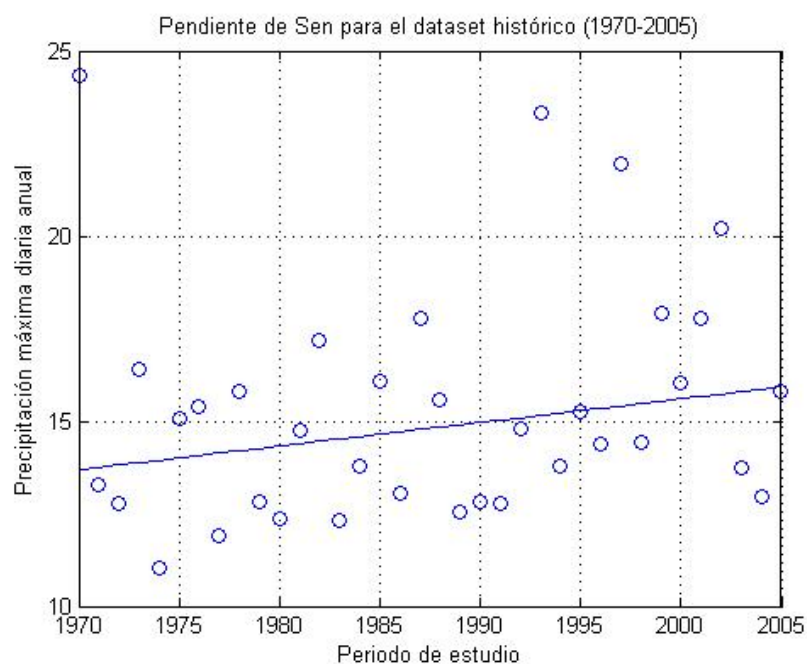
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 46: Pendiente de Sen para el dataset estaciones (1998-2019).



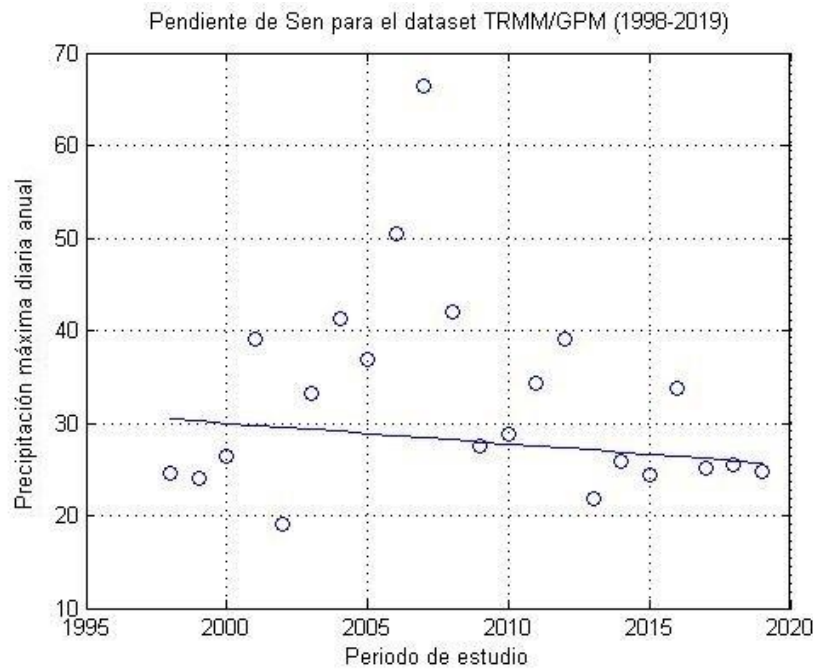
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 47: Pendiente de Sen para el dataset histórico (1970-2005).



Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 48: Pendiente de Sen para el dataset TRMM/GPM (1998-2019).



Fuente: IDOM-VNG.

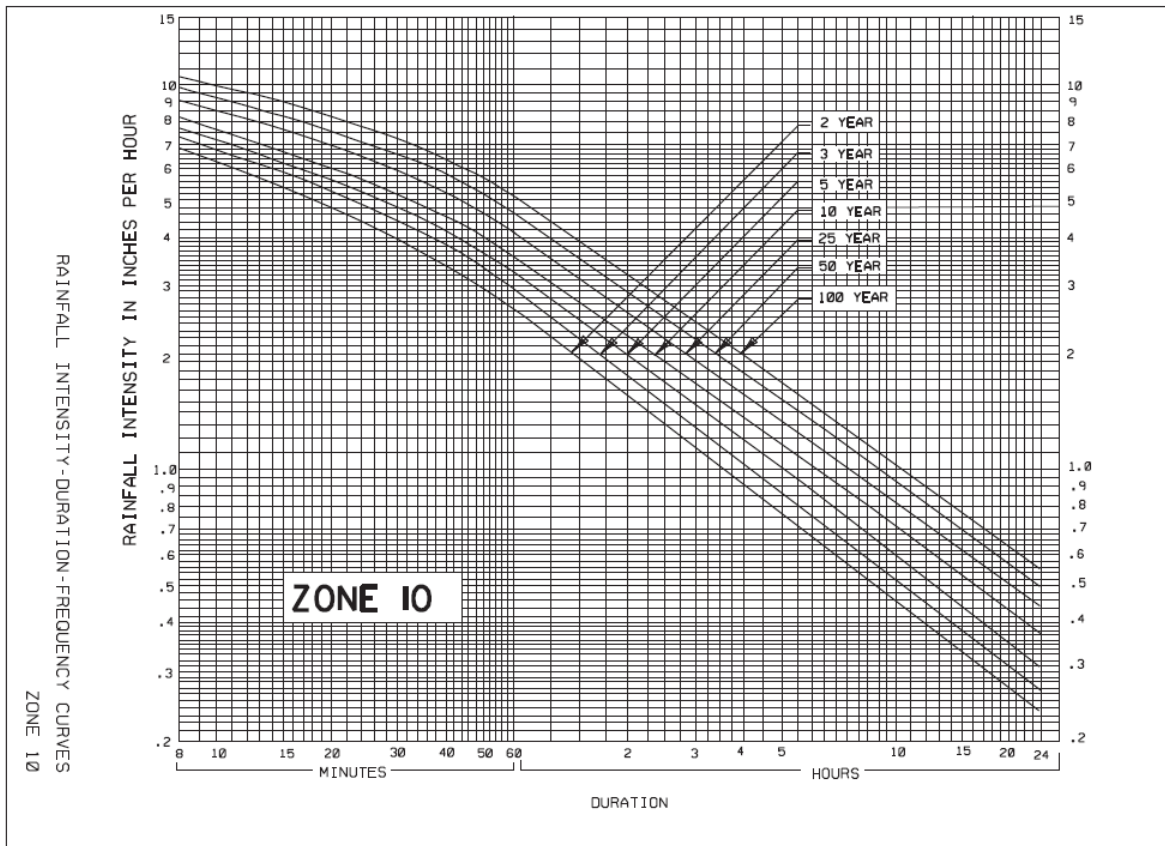
Distribución temporal de la lluvia

Para una distribución adecuada de la lluvia es necesaria la relación intensidad-duración del aguacero. No todas las estaciones recogen la distribución temporal del aguacero, ya que tienen un único dato de precipitación acumulada diaria, con lo que en esas estaciones se puede obtener el dato de lluvia máxima en 1 día para un periodo de retorno o frecuencia dado, pero, a priori, no se puede conocer la relación volumétrica entre un aguacero de 1 día y otro de menor duración. Sin embargo, esta relación de volúmenes de lluvia recogidos entre aguaceros de distinta duración es similar en distintas partes del mundo, por lo que dado que no se han encontrado curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) para República Dominicana, se ha procedido a adoptar como representativa la curva IDF de la ciudad de Miami (Estado de Florida, USA) puesto que desde el punto de vista climatológico se puede asimilar a la zona de estudio.

Así, se ha tomado como base la información proporcionada por el departamento de Transportes del Estado de Florida, en cuyo Manual de Diseño de Drenaje se proporcionan las curvas IDF para distintas zonas del Estado de Florida.

La zona 10 es la que corresponde a la ciudad de Miami, siendo la correspondiente curva IDF la que se muestra a continuación en la Ilustración 49.

Ilustración 49 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) Zona 10 Miami (Estado de Florida, USA).



Fuente: Manual de Diseño de Drenaje, Departamento de Transportes del Estado de Florida (USA).

Método de abstracciones

Esta metodología pretende obtener la lluvia eficaz o neta, es decir, la parte de la precipitación total del aguacero que realmente contribuye a la generación de caudales mediante escorrentías, contemplándose los siguientes fenómenos:

Intercepción, que es la parte de la precipitación que es “atrapada” por la vegetación antes de que alcance el suelo, quedando retenida y volviendo posteriormente a la atmósfera como evaporación.

Retención, que es la parte de la precipitación que se deposita en pequeñas depresiones del terreno en forma de charcos, que no contribuyen a la escorrentía superficial hasta que no se llenan por completo y rebosan.

Infiltración, por la cual parte de la lluvia pasa a las capas de suelo superficiales en las que queda almacenada hasta que se supera la capacidad de retención de agua de las partículas, momento en que se produce un drenaje vertical hacia los acuíferos profundos, y horizontal, que devuelve el agua a los cauces a través del terreno, constituyendo el “interflujo”, que tiene un considerable retraso sobre los caudales principales.

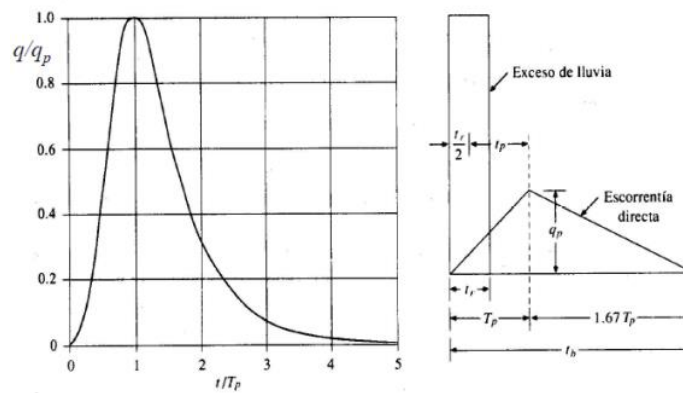
Esto quiere decir que el aporte de las aguas subterráneas generadas por un episodio de lluvia que provoca una inundación no va a tener influencia en los caudales punta que se generan, puesto que el proceso hasta que esa agua es devuelta a la red de drenaje es mucho más lento.

Los fenómenos de intercepción y retención tienen una incidencia fundamental al comienzo de la tormenta, constituyendo la denominada “abstracción o pérdida inicial”, mientras que el de la infiltración tiene una importancia decreciente con el tiempo, pero influye durante todo el desarrollo temporal de la lluvia.

Hidrograma unitario SCS (Soil Conservation Service), transformación lluvia-escorrentía

El diagrama adimensional del SCS, es un hidrograma unitario sintético en el cual se expresan los caudales en función del caudal pico, q_p y los tiempos en función del tiempo al pico, T_p .

Ilustración 50. Hidrograma unitario del SCS



Fuente: Hidrología Aplicada. Ven T. Chow

De lo que se puede deducir mediante fórmulas empíricas que:

$$T_p = \frac{t_r}{2} - t_p \quad \text{y} \quad t_p = 0.6T_c$$

Donde (t_r) es la duración de la lluvia efectiva y (T_c) es el tiempo de concentración de la cuenca.

El tiempo de concentración (T_c), que se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida o de desagüe de la cuenca, se ha calculado teniendo en cuenta diferentes metodologías y adoptando como resultado la media ponderada de los resultados calculados.

Para calcular la abstracción de la lluvia existen diferentes métodos; uno de los más utilizados es el método del número de curva (CN) del Soil Conservation Service (SCS). En este método se establece que, para un evento de precipitación, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa (P_e) es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación (P); de manera similar, después de

que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca (F_a) es menor o igual a alguna retención potencial máxima (S). Existe una cierta cantidad de precipitación (I_a - abstracción inicial antes del encharcamiento) para la cual no ocurrirá escorrentía, luego la escorrentía potencial es $P - I_a$.

La hipótesis del método del número de curva consiste en que las relaciones de las dos cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir (Chow et al, 1994):

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a}$$

- *Número de Curva, CN:*

El SCS elaboró curvas con la relación entre escorrentía directa P_e y precipitación P . Para superficies impermeables, el número de curva (CN), es igual a 100. Para otras superficies, CN es menor que 100 (Chow et al, 1994).

Se han elaborado tablas para obtener el CN según los siguientes aspectos:

- A) Condiciones de humedad antecedente, con base en la lluvia anterior de 5 a 30 días.
 - Condición AMC(I): Suelo seco. No aplicable a crecida de proyecto. Caudales bajos.
 - Condición AMC(II): Suelo medio. Asociado a crecidas anuales o promedios.
 - Condición AMC(III): Suelo húmedo. Crecidas máximas. Caudales altos.
- B) Tipo de terreno: se refiere al uso del suelo, la cubierta vegetal y las prácticas de cultivo.
 - Poca densidad de vegetación: Condición que conduce a mayores valores de CN y mayores valores de escorrentía.
 - Alta densidad de vegetación: Condición que conduce a menores valores de CN y menores valores de escorrentía.
- C) Condiciones hidrológicas de los suelos.

Ven Te Chow (1994) propone una clasificación en función de uso de la tierra y de la clasificación del suelo frente al drenaje. Como se comentaba al principio del apartado, el CN refleja el grado de impermeabilización del suelo, donde 100 es completamente impermeable (como los cuerpos de agua), siendo más bajo este valor cuanto mayor es la capacidad del terreno para infiltrar, retener o evapotranspirar el agua de lluvia.

Tabla 20. Número de curva para condición antecedente de humedad II según el uso del suelo y su grupo hidrológico.

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

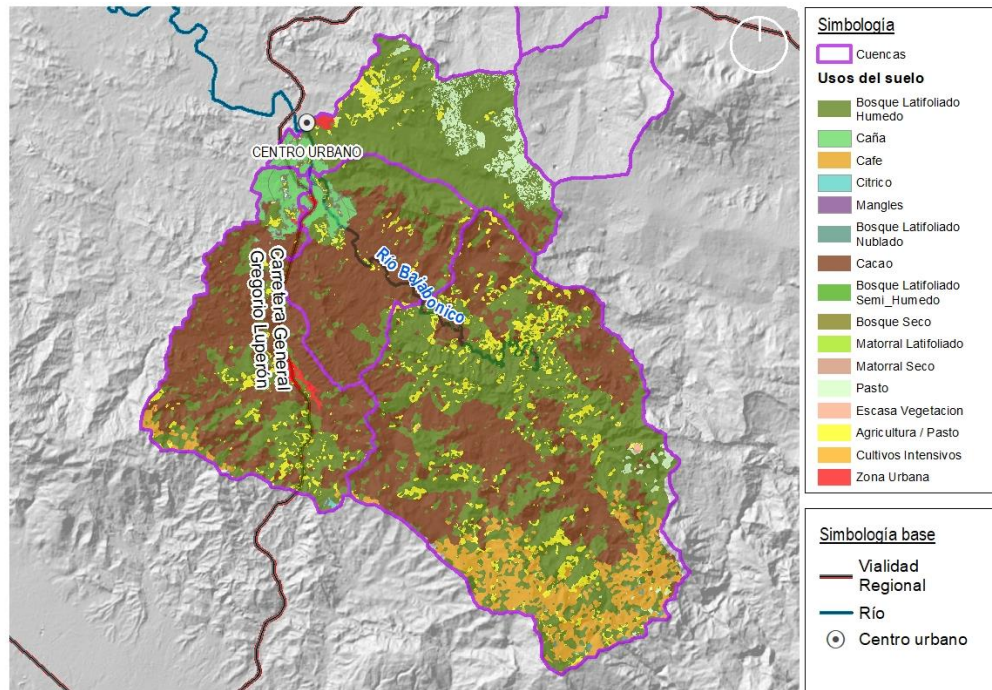
Descripción del uso de la tierra		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
<i>Tierra cultivada</i>					
Sin tratamientos de conservación		72	81	88	91
Con tratamientos de conservación		62	71	78	81
<i>Pastizales</i>					
Condiciones pobres		68	79	86	89
Condiciones óptimas		39	61	74	80
Vegas de ríos: condiciones óptimas		30	58	71	78
<i>Bosques</i>					
Cubierta pobre, sin hierbas		45	66	77	83
Cubierta buena		25	55	70	77
<i>Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios</i>					
Condiciones óptimas: 75% de pasto o más		39	61	74	80
Condiciones aceptables: 50-75% de pasto		49	69	79	84
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
<i>Residencial</i>					
<i>Tamaño</i>	<i>% impermeable</i>				
1/8 acre	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos		98	98	98	98
Áreas comerciales (85% impermeables)		89	92	94	95
<i>Calles y carreteras:</i>					
Pavimentos con cuneta y alcantarillado		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89

Fuente: Hidrología Aplicada; Ven Te Chow

El Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea (Copernicus), mediante su servicio de monitoreo del suelo ha desarrollado una extensión de los números de curva para aquellos tipos de suelo que Ven Te Chow agrupaba dentro de un mismo género, dando como resultado el inventario CORINE Land Cover (CLC), el cual ha sido utilizado también para asignar los CN de las cuencas estudiadas.

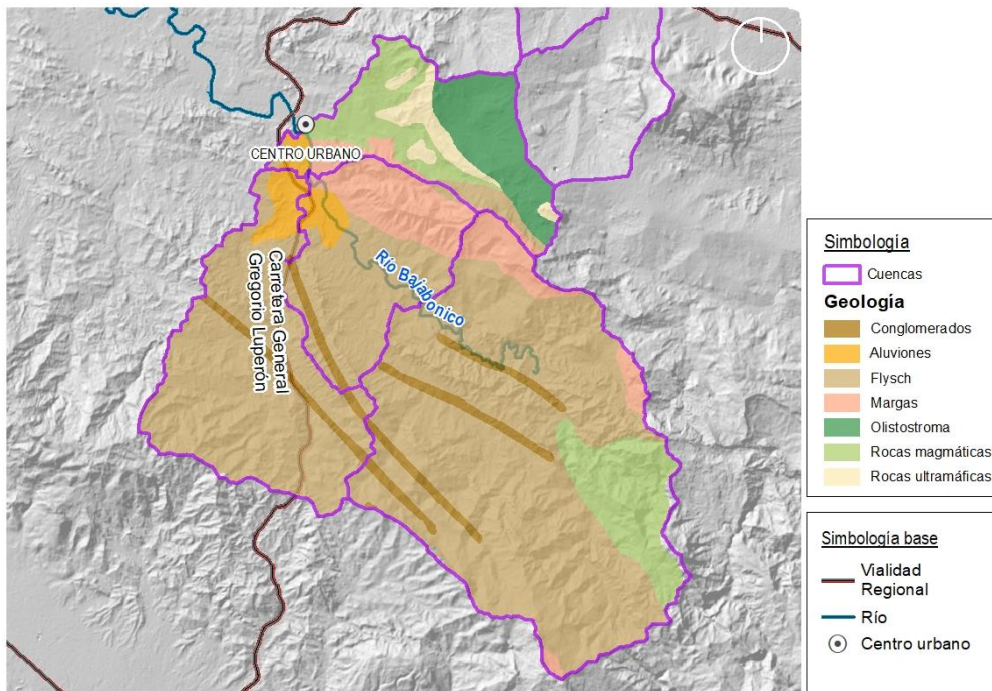
En las siguientes ilustraciones, se muestra los usos del suelo, la clasificación geológica, la clasificación frente al drenaje del *Soil Conservation Service* obtenida a partir de la geología mostrada y, finalmente, los números de curva de la cuenca del río Bajabonico.

Ilustración 51: Usos de suelo en la cuenca del río Bajabonico.



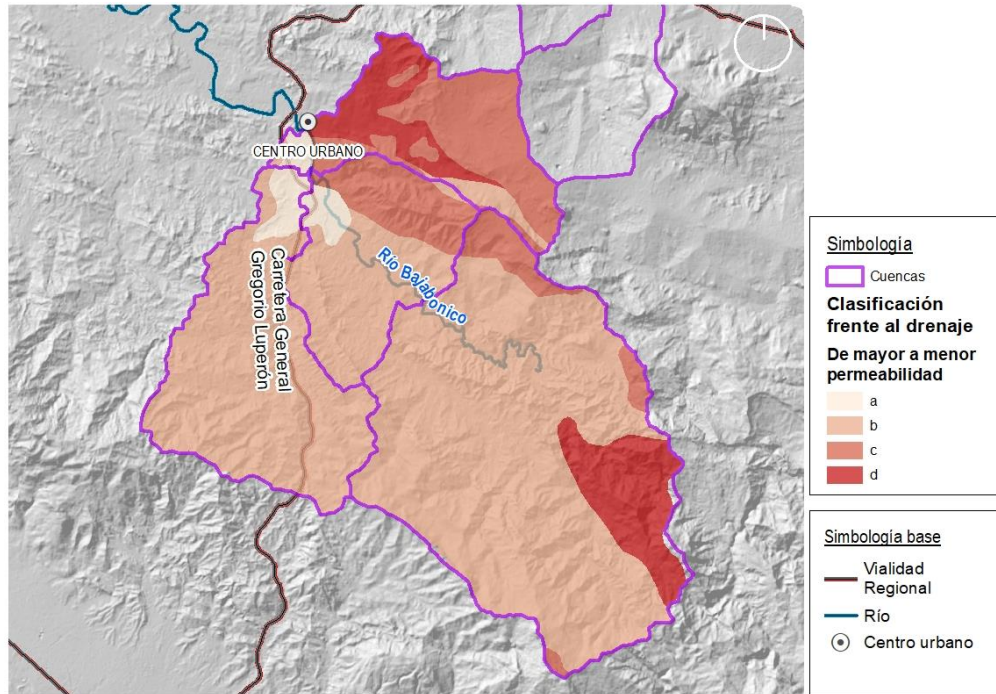
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 52: Geología en la cuenca del río Bajabonico.



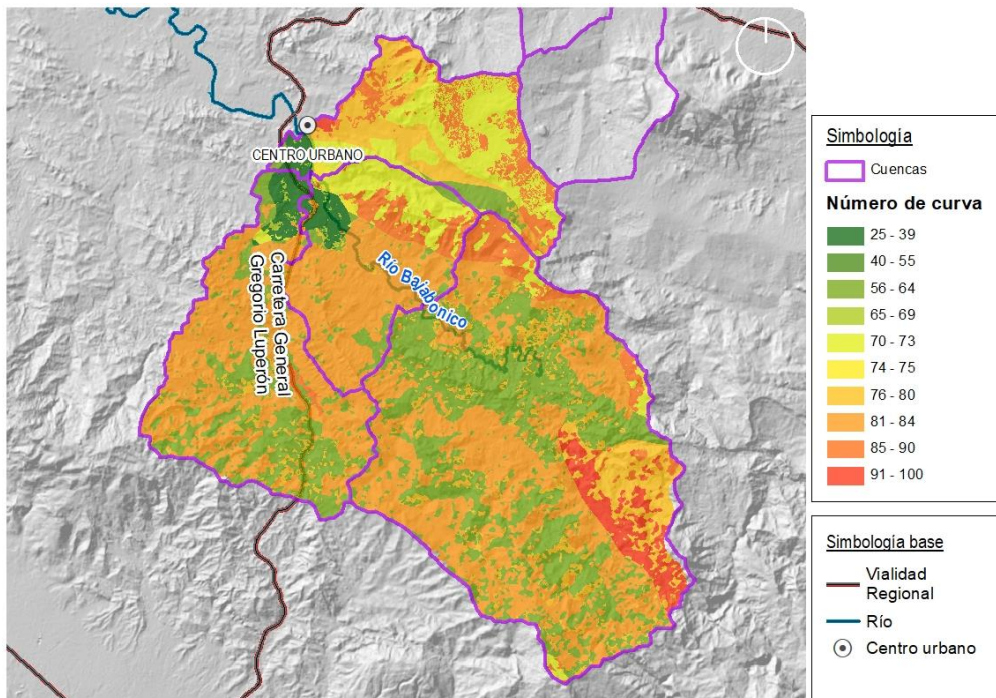
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 53: Clasificación frente al drenaje en la cuenca del río Bajabonico.



Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 54: Número de Curva en la cuenca del río Bajabonico



Fuente: IDOM-VNG.

Para calcular el número de curva para una condición antecedente de humedad diferente a la II, se utilizan las siguientes expresiones (Chow, 1994):

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

- *Retención potencial máxima (S)*

Es la máxima precipitación absorbida por la cuenca.

S se relaciona con el número de curva CN de escorrentía mediante la siguiente fórmula:

$$CN = \frac{1000}{(10 + S)}$$

Para áreas impermeables, $S = 0$ y $CN = 100$. Para área sin escurrimiento, $S = \infty$ y $CN = 0$.

Como ya se ha mencionado, los usos del suelo definen el número de curva, por tanto, uno de los principales factores que influye en la cantidad de lluvia que no se convierte en escorrentía es la cobertura vegetal del suelo, cuanto más densa es esta menor es la escorrentía.

Con esto, en función de la clasificación del suelo frente al drenaje y los usos de la tierra se obtiene el Número de Curva para toda la zona de estudio para un antecedente de humedad II.

- *Pérdidas por interceptación (I_a)*

Es el almacenamiento en superficie e infiltración antes de presentarse la escorrentía. Para elevada precipitación, ésta se hace igual a la escorrentía. Por experiencia, se tiene que las pérdidas por infiltración " I_a " son el 20% de la retención potencial máxima S, así (Ven Te Chow, 1994):

$$I_a = 0.2S$$

- *Relación entre el coeficiente de escorrentía y el número de curva*

Por definición, el coeficiente de escorrentía medio final de un aguacero vale

$$C = \frac{E_s}{P}$$

La escorrentía superficial (E_s) que genera cualquier aguacero (P) se puede cuantificar mediante el método del Número de Curva. Admitiendo la relación habitual $I_a = P_o = 0.2 \cdot S$ se tiene que:

$$E_s = \frac{(P - P_0)^2}{P + 4 \cdot P_0} \quad \text{si} \quad P > P_0$$

Sustituyendo en el cociente de C se tiene

$$C = \frac{E_s}{P} = \frac{\left(\frac{P}{P_0} - 1\right)^2 \cdot P_0^2}{P^2 + 4 \cdot P \cdot P_0}$$

Y a su vez, el umbral de escorrentía P_0 es función del número de curva:

$$P_0 = 0.2 \cdot \frac{25400 - 254 \cdot N}{N} = \frac{5080 - 50.8 \cdot N}{N}$$

Se observa cómo el coeficiente de escorrentía depende de la precipitación analizada y del Número de Curva.

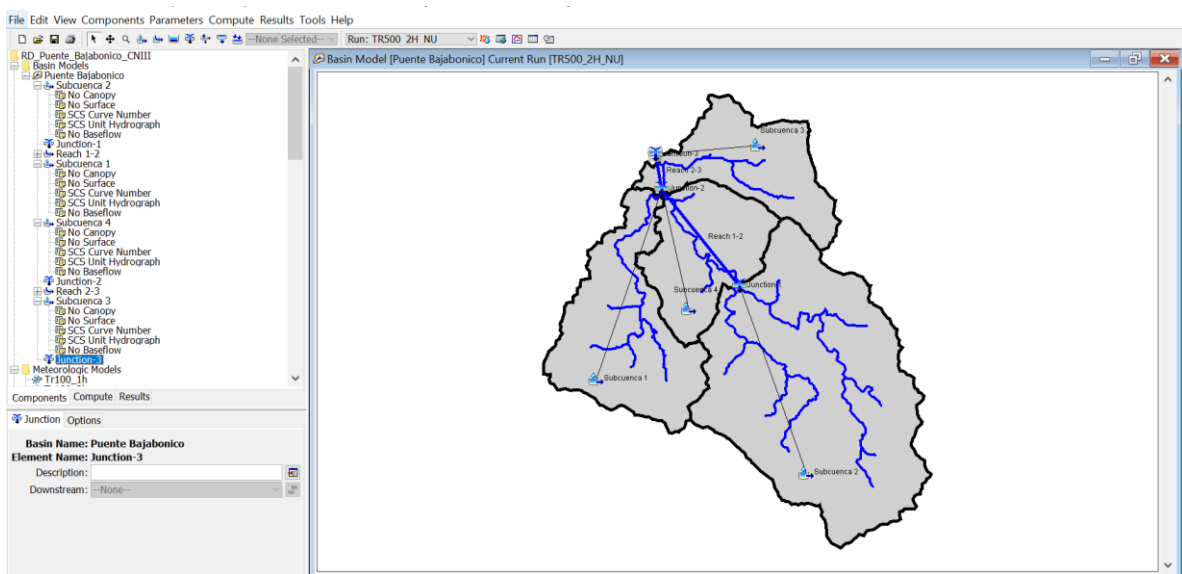
Modelo HMS, propagación de hidrogramas

El software HMS, (Flood Hydrograph Package) desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers, es una herramienta de ayuda al cálculo donde se obtienen hidrogramas de salida en los puntos de estudio o de unión determinados sobre el cauce, mediante la aplicación del modelo matemático de transformación lluvia-escorrentía-propagación.

El modelo está diseñado en general para simular la respuesta de una cuenca compleja a la precipitación, representándola como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos; un componente puede ser una subcuenca, un tramo de río, un embalse, etc.; el resultado del proceso de simulación es el cálculo del hidrograma de avenida en los puntos deseados.

Para el modelo del “Río Bajabonico” se han planteado un total de 4 subcuencas y 2 interconexiones para la propagación de caudales entre cuencas y 3 puntos de control o estudio, donde podemos conocer los resultados del hidrograma de salida.

Ilustración 55. Modelo hidrológico HEC-HMS de la Cuenca del Río Bajabonico



Fuente: IDOM-VNG

El objetivo mediante diferentes hietogramas de entrada para cada subcuenca es conocer el caudal punta en hidrograma de salida para los periodos de retorno y puntos de control o estudio.

La transformación del exceso de precipitación en escorrentía, y por lo tanto caudales a la salida de la cuenca, se realizará mediante el método del hidrograma unitario del SCS, considerando el transporte del hidrograma mediante el método de Muskingum.

El hidrograma unitario es característico de la cada subcuenca considerada y no depende de la tormenta, pudiendo ser linealmente superpuestas las escorrentías debidas a diferentes periodos de precipitación.

El método del hidrograma unitario del SCS requiere para el cálculo:

- El tiempo de retardo de la subcuenca (T_{lag}).

$$T_{lag} = 0.6 * 0.0136 * L^{0.8} * \frac{\left(\frac{1000}{CN - 9}\right)^{0.7}}{S^{0.5}}$$

- El Número de Curva (CN).
- Las características físicas de la subcuenca: longitud de cauce (L), área (A), pendiente (S).

Para el transporte del hidrograma mediante el método de Muskingum se calcularán los parámetros correspondientes al mismo (K, X), siendo (K) el tiempo de viaje de la onda en hrs y (X) el coeficiente de ponderación que depende de los flujos de entrada y salida.

El coeficiente de ponderación suele tomar valores entre 0.1 y 0.3; en este caso se establece 0.2 de acuerdo con lo propuesta para cauces naturales en “Applied Hydrology” de Ven Te Chow.

El tiempo de viaje depende de la longitud del tramo y la velocidad de la onda.

$$K = \frac{L}{V_w}$$

V_w = velocidad de la onda (m/s).

L = longitud del cauce principal (m).

La velocidad de la onda ha sido estimada a partir del producto de la velocidad media del cauce por el ratio V_w/V , el cual es función de la forma del canal, que para el caso de cauces naturales toma un valor de 1.5 de acuerdo con la publicación “Flood-Runoff Analysis” del U.S. Army Corps of Engineers.

La velocidad media en el tramo en cuestión se estimará mediante la fórmula empírica propuesta por el Michigan Department of Natural Resources - Land and Water Management Division.

$$V = k * S^{0.5}$$

Siendo:

V = velocidad media (fps).

S = la pendiente del tramo (%).

k = coeficiente basado en el tipo de cauce, 2.1 para este caso.

Los parámetros hidrológicos para el cálculo de abstracciones y propagación de hidrogramas, así obtenidos para las subcuencas del modelo planteado para el río Bajabonico se muestran a continuación.

Tabla 21: Parámetros para el cálculo de abstracciones del río Bajabonico

PARÁMETROS PARA ABSTRACCIONES						
Identificación	Total Km ²	CN medio*	Retenc.Máx S (mm)	Pérdida Inic. la (mm)	Retardo t-lag (hrs)	Retardo t-lag (min)
Subcuenca 1	48,63	52,49	46,34	9,27	5,56	333,67
Subcuenca 2	111,86	51,42	43,14	8,63	5,18	310,60
Subcuenca 3	32,75	54,35	39,78	7,96	4,77	286,39
Subcuenca 4	32,90	53,67	37,90	7,58	4,55	272,88

Fuente: IDOM-VNG

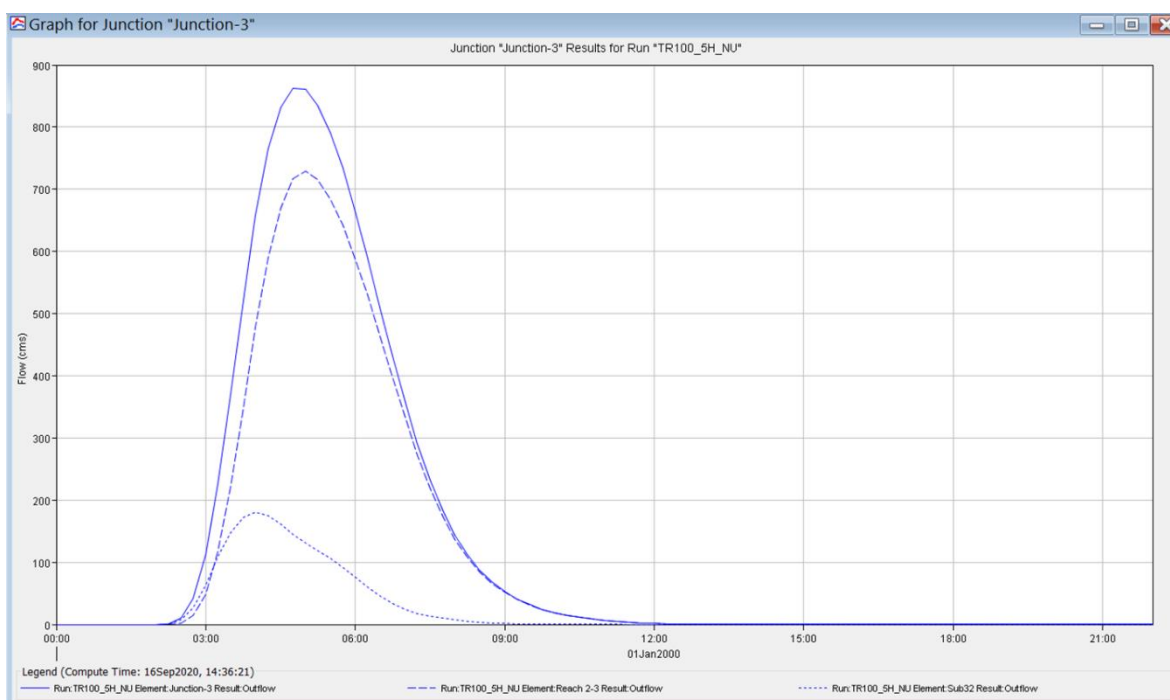
Tabla 22: Parámetros hidrológicos para la propagación del hidrograma en cada tramo del río Bajabonico.

PROPAGACIÓN DE CAUDALES									
Conexiones (C)	Cota máx. (m)	Cota mín. (m)	Pendiente (S) (%)	Pendiente (S) (m/m)	Pendiente (S) (m/km)	Longitud (L) (km)	CN medio	K (hs)	X
Reach 1-2	163,0	112,00	0,84	0,008	8,444	6,04	53,67	15,417	0,20
Reach 2-3	112,0	107,00	0,32	0,003	3,205	1,56	54,35	15,417	0,20

Fuente: IDOM-VNG

La salida del programa otorga datos y gráficas descriptivas para cada cuenca, A título ilustrativo en la siguiente ilustración se muestra el hidrograma de salida de caudal del río Bajabonico para el periodo de retorno de 100 años.

Gráfico 2. Hidrograma a la salida de la Cuenca del Río Bajabonico, para el modelo de TR 100 años.



Fuente: IDOM-VNG

Modelos Hidrológicos

Se muestran a continuación los principales resultados obtenidos para el modelo de la cuenca del río Bajabonico para los periodos de retorno de 2 años, 10 años, 50 años, 100 años, 200 años y 500 años.

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Tabla 23: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 2 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	49,4	06:30	6,44
Junction-1	111,86	49,4	06:30	6,44
Reach 1-2	111,86	47,8	07:00	6,44
Subcuenca 1	48,63	16,6	06:15	4,93
Subcuenca 4	32,90	16,5	06:15	6,98
Junction-2	193,40	79,1	06:45	6,15
Reach 2-3	193,40	78,5	07:00	6,15
Subcuenca 3	32,75	21,3	05:45	8,31
Junction-3	226,15	95,1	06:45	6,46

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 24: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 10 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	193,8	05:15	21,33
Junction-1	111,86	193,8	05:15	21,33
Reach 1-2	111,86	186,8	05:30	21,33
Subcuenca 1	48,63	71,0	05:00	17,23
Subcuenca 4	32,90	59,7	05:00	21,26
Junction-2	193,40	306,9	05:15	20,29
Reach 2-3	193,40	303,8	05:30	20,29
Subcuenca 3	32,75	75,5	04:30	24,69
Junction-3	226,15	363,2	05:30	20,92

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 25: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 50 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	372,4	04:30	37,77
Junction-1	111,86	372,4	04:30	37,77
Reach 1-2	111,86	359,3	05:00	37,77
Subcuenca 1	48,63	136,9	04:30	30,51
Subcuenca 4	32,90	109,1	04:30	36,01

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Junction-2	193,40	586,2	04:45	35,65
Reach 2-3	193,40	580,2	05:00	35,65
Subcuenca 3	32,75	142,8	04:00	42,79
Junction-3	226,15	687,9	05:00	36,68

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 26: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 100 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	470,7	04:30	47,31
Junction-1	111,86	470,7	04:30	47,31
Reach 1-2	111,86	452,6	05:00	47,31
Subcuenca 1	48,63	172,9	04:15	38,20
Subcuenca 4	32,90	135,6	04:15	44,42
Junction-2	193,40	736,9	04:45	44,52
Reach 2-3	193,40	729,1	05:00	44,52
Subcuenca 3	32,75	180,5	04:00	53,38
Junction-3	226,15	861,8	04:45	45,81

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 27: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 200 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	561,6	04:00	52,47
Junction-1	111,86	561,6	04:00	52,47
Reach 1-2	111,86	540,8	04:30	52,47
Subcuenca 1	48,63	207,5	04:00	42,34
Subcuenca 4	32,90	160,6	04:00	48,91
Junction-2	193,40	880,8	04:15	49,32
Reach 2-3	193,40	870,8	04:30	49,32
Subcuenca 3	32,75	213,2	03:30	59,42
Junction-3	226,15	1029,6	04:30	50,78

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 28: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 500 años.

Elemento	Área de drenaje (km²)	Caudal punta (m³/s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Subcuenca 2	111,86	732,1	04:00	68,12
Junction-1	111,86	732,1	04:00	68,12
Reach 1-2	111,86	702,7	04:30	68,12
Subcuenca 1	48,63	271,0	03:45	55,14
Subcuenca 4	32,90	206,3	03:45	62,71
Junction-2	193,40	1143,2	04:15	63,94
Reach 2-3	193,40	1130,0	04:30	63,94
Subcuenca 3	32,75	279,6	03:30	77,21
Junction-3	226,15	1339,4	04:15	65,86

Fuente: IDOM-VNG

HIDRÁULICA

Modelos Hidráulicos

Para la simulación del flujo en lámina libre se ha usado el modelo de cálculo IBER desarrollado por la Universidad Politécnica de Catalunya y la Universidad de La Coruña en el marco de un Convenio entre el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y la Dirección General del Agua del Gobierno de España.

El modelo IBER trabaja sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares o cuadriláteros. En el módulo hidrodinámico, que constituye la base de IBER, se resuelven las ecuaciones de aguas someras bidimensionales promediadas en profundidad (ecuaciones de St. Venant 2D). Dichas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como la hipótesis de distribución uniforme de velocidad.

En el módulo hidrodinámico se resuelven las ecuaciones de conservación de la masa y de momento en las dos direcciones horizontales:

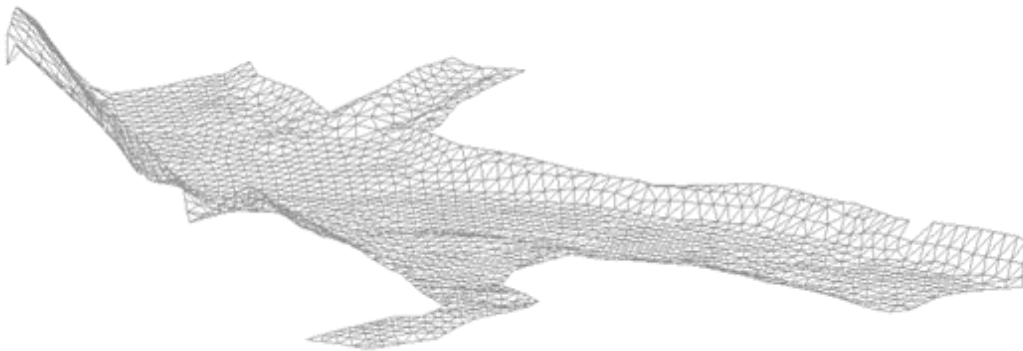
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = M_s$$

$$\frac{\partial h U_x}{\partial t} + \frac{\partial h U_x^2}{\partial x} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} - \frac{g}{\rho} \frac{h^2}{2} \frac{\partial p}{\partial x} + 2 \Omega \sin \lambda U_y + \frac{\partial h \tau_{xx}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial y} + M_x$$

$$\frac{\partial h U_y}{\partial t} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial x} + \frac{\partial h U_y^2}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho} - \frac{\tau_{by}}{\rho} - \frac{g}{\rho} \frac{h^2}{2} \frac{\partial p}{\partial y} - 2 \Omega \sin \lambda U_x + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{yy}^e}{\partial y} + M_y$$

En donde h es el calado, U_x , U_y son las velocidades horizontales promediadas en profundidad, g es la aceleración de la gravedad, Z_s es la elevación de la lámina libre, τ_s es la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento, τ_b es la fricción debido al rozamiento del fondo, ρ es la densidad del agua, Ω es la velocidad angular de rotación de la tierra, λ es la latitud del punto considerado, τ_{exx} , τ_{exy} , τ_{eyy} son las tensiones tangenciales efectivas horizontales, y M_s , M_x , M_y son respectivamente los términos fuente/sumidero de masa y de momento, mediante los cuales se realiza la modelización de precipitación, infiltración y sumideros.

Ilustración 56 Malla de cálculo no estructurada desarrollada para el modelo hidráulico del tramo analizado del
Río Bajabonico



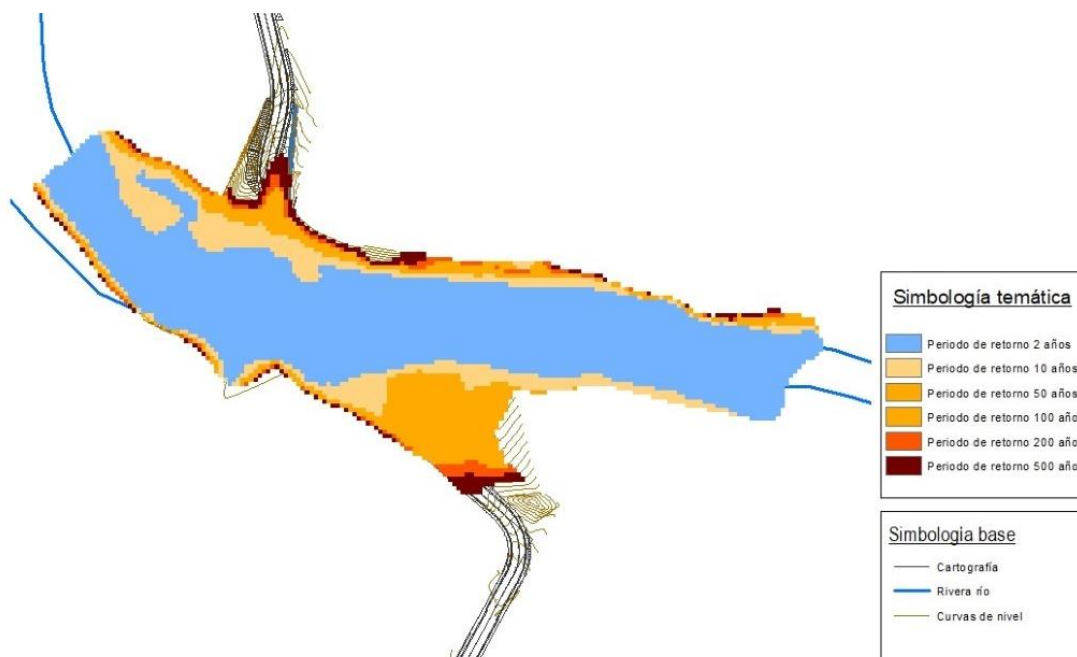
Fuente: IDOM-VNG

- *Salidas*

A continuación, se muestran las cotas de inundación máximas alcanzadas en los periodos de retorno de 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años para el modelo hidráulico desarrollado para el río Bajabonico.

Las imágenes muestran que el cauce posee capacidad suficiente para soportar lluvias de hasta 100 años de período de retorno sin producir desbordamientos; alcanzando las siguientes cotas:

Ilustración 57 Calados máximos del río Bajabonico. Comparativa periodos de retorno 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años.



Fuente: IDOM-VNG

Tabla 29: Cotas máximas del agua en cada sitio de estudio para distintos periodos de retorno.

Lámina agua (msmn)	
Tr (años)	Puente Bajabonico
50	106,64
100	107,23
200	107,76
500	108,66

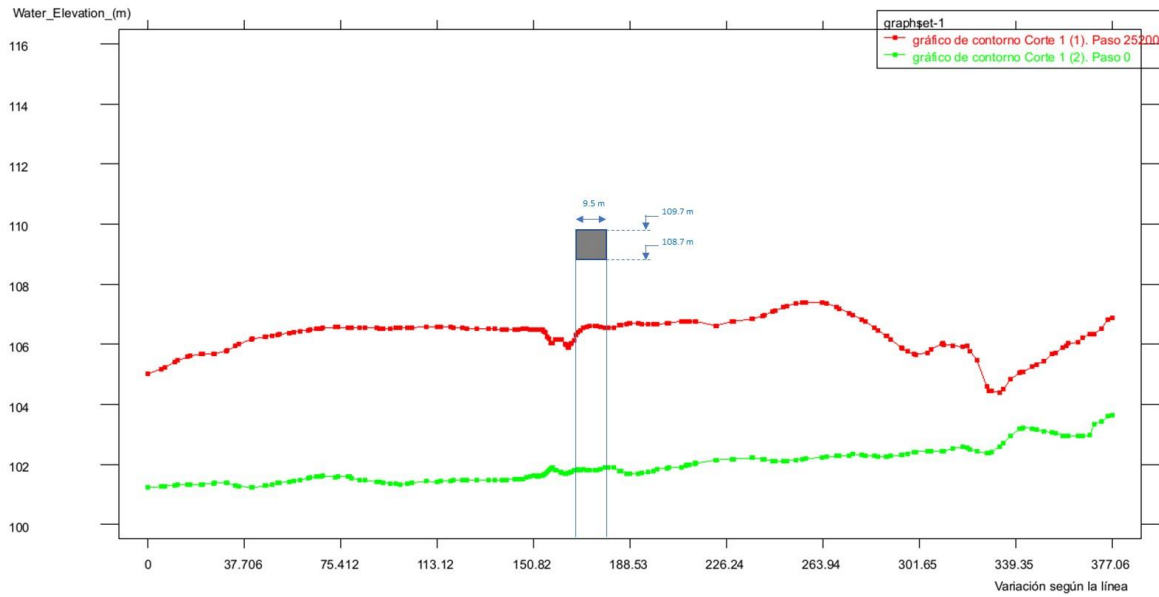
Fuente: IDOM-VNG

Se percibe que, entre los Tr50 y Tr100 se da un salto de 59 cm entre las cotas de agua y luego otro salto de 53 cm para el Tr200; mientras que con el Tr500 la diferencia de alturas es de 90 cm.

Con base a estos resultados, se han obtenido las diferentes opciones de diseño del nuevo puente para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años, las cuales han sido modelizadas y cuyas secciones transversales y longitudinales se muestran a continuación en las siguientes ilustraciones.

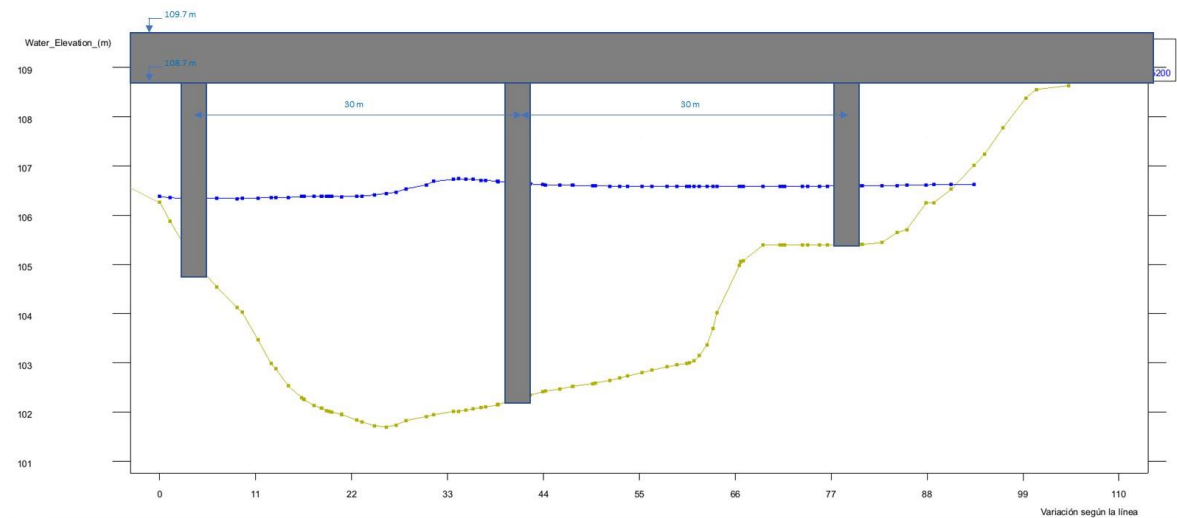
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 58 Perfil longitudinal del modelo hidráulico del río Bajabonico. Periodo de retorno de 50 años.



Fuente: IDOM-VNG

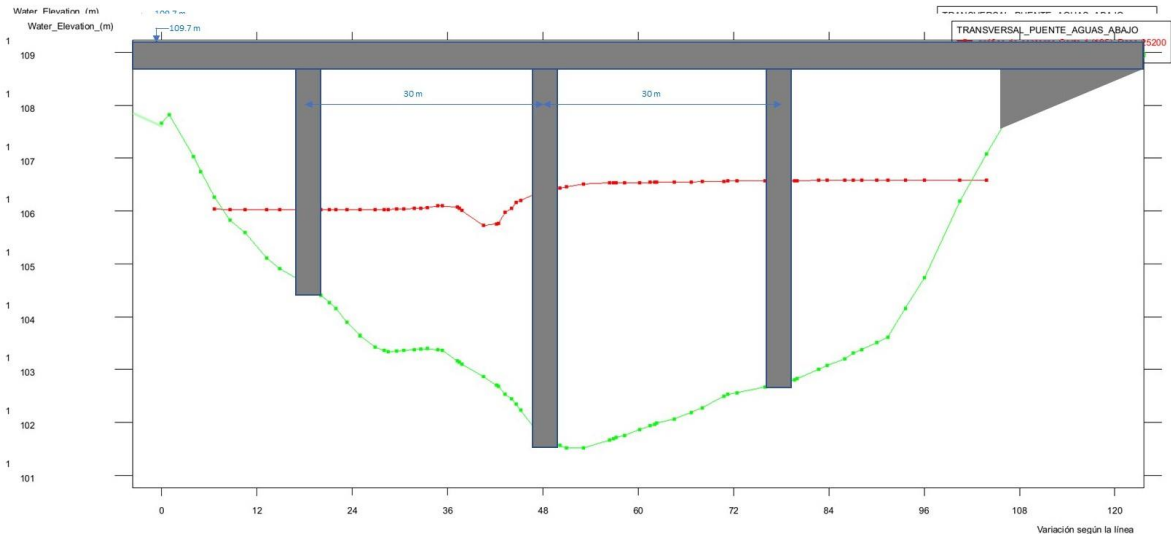
Ilustración 59 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 50 años, *sección transversal aguas arriba*



Fuente: IDOM-VNG

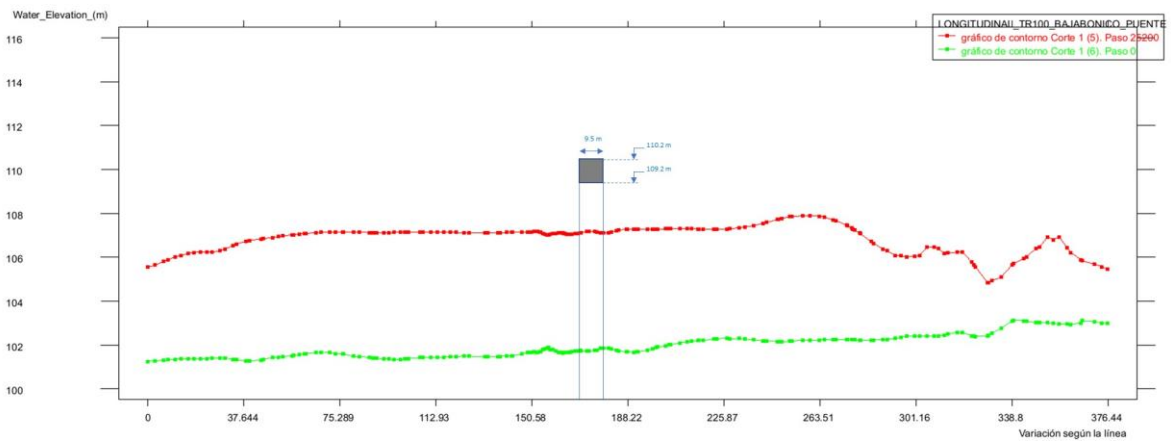
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 60 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 50 años, sección transversal aguas abajo.



Fuente: IDOM-VNG

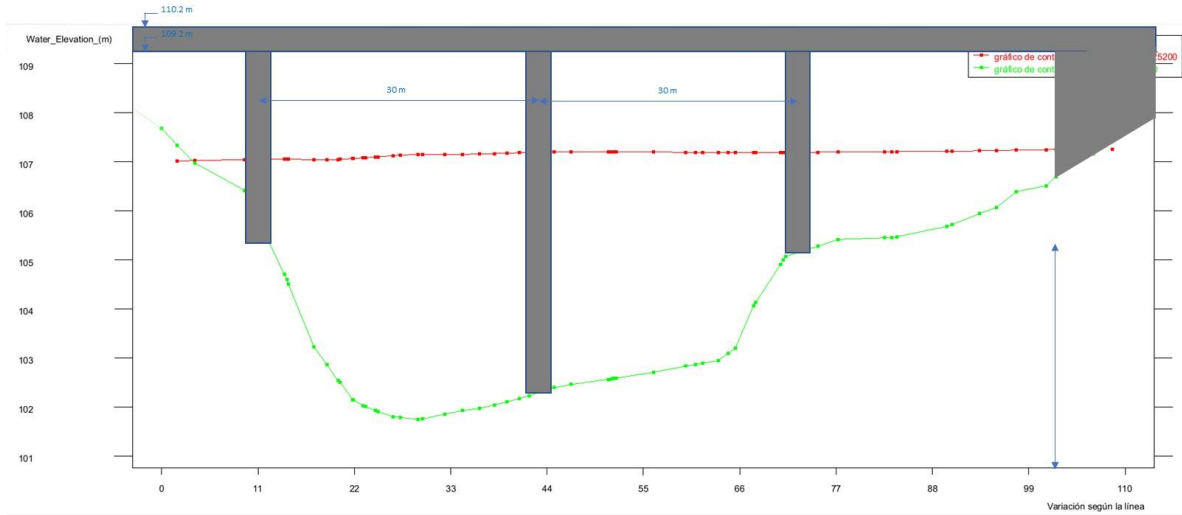
Ilustración 61 Perfil longitudinal del modelo hidráulico del río Bajabonico. Periodo de retorno de 100 años



Fuente: IDOM-VNG

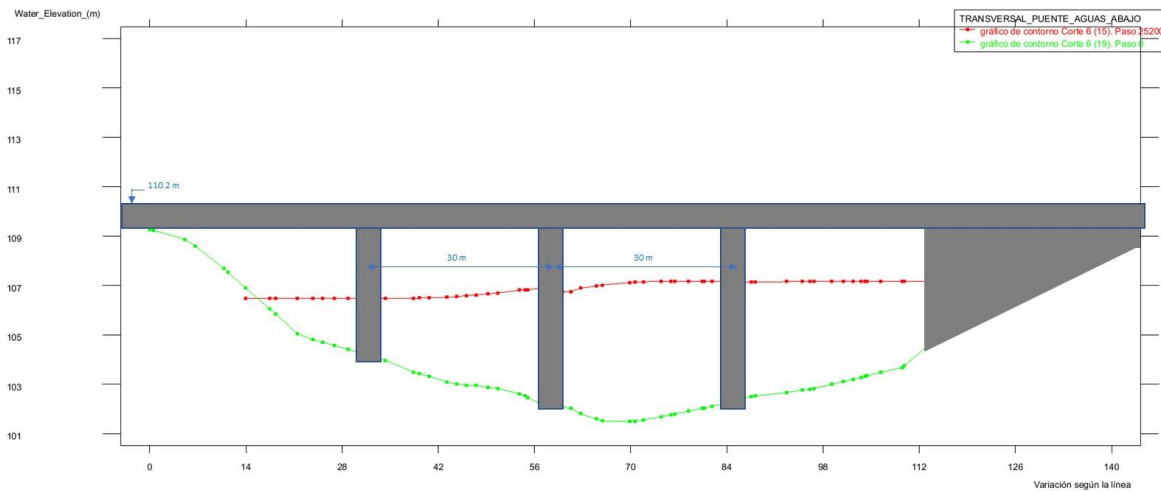
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 62 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 100 años, *sección transversal aguas arriba*



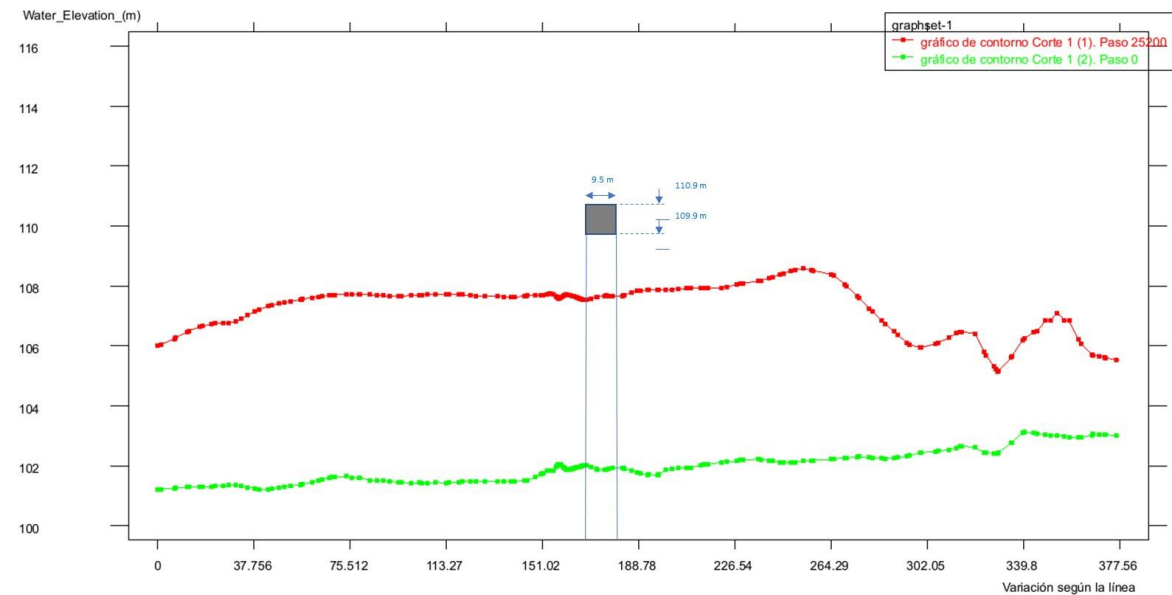
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 63 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 100 años, *sección transversal aguas abajo*



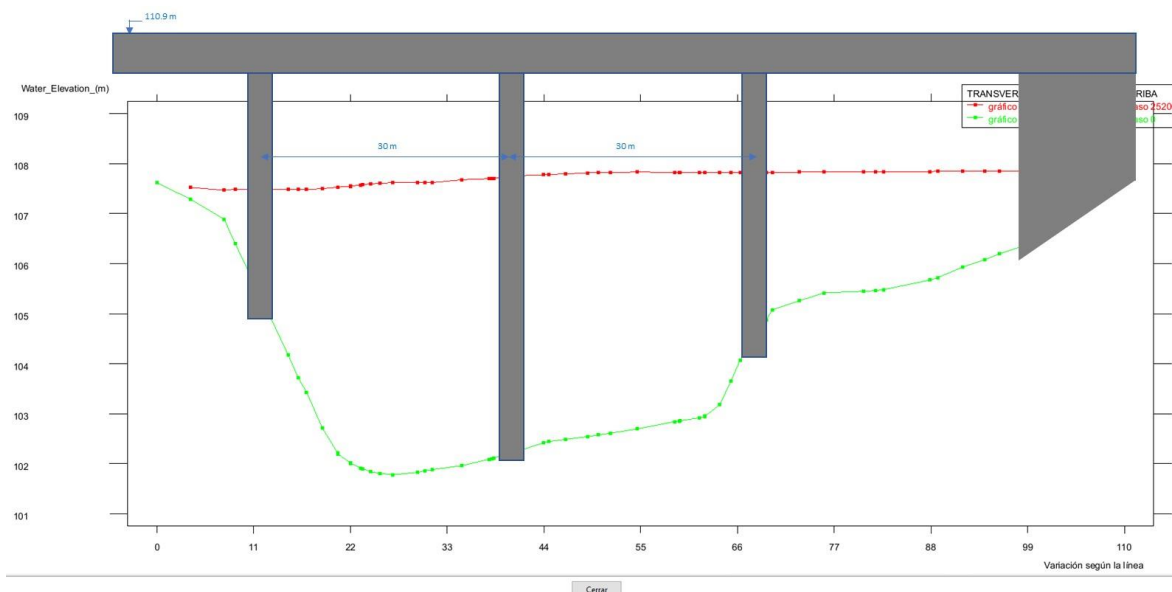
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 64 Perfil longitudinal del modelo hidráulico del río Bajabonico. Periodo de retorno de 200 años



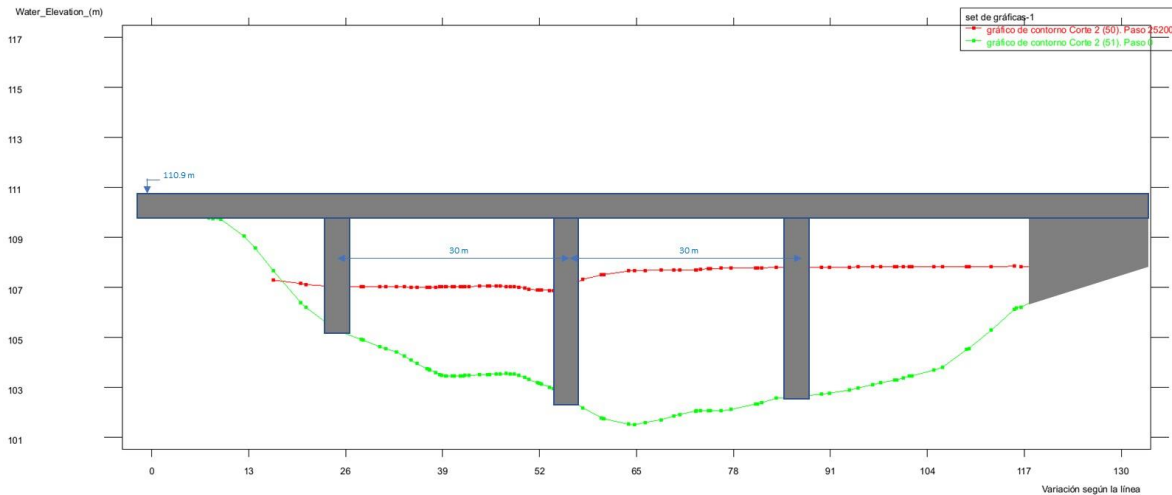
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 65 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 200 años, *sección transversal aguas arriba*



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 66 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 200 años, *sección transversal aguas abajo*

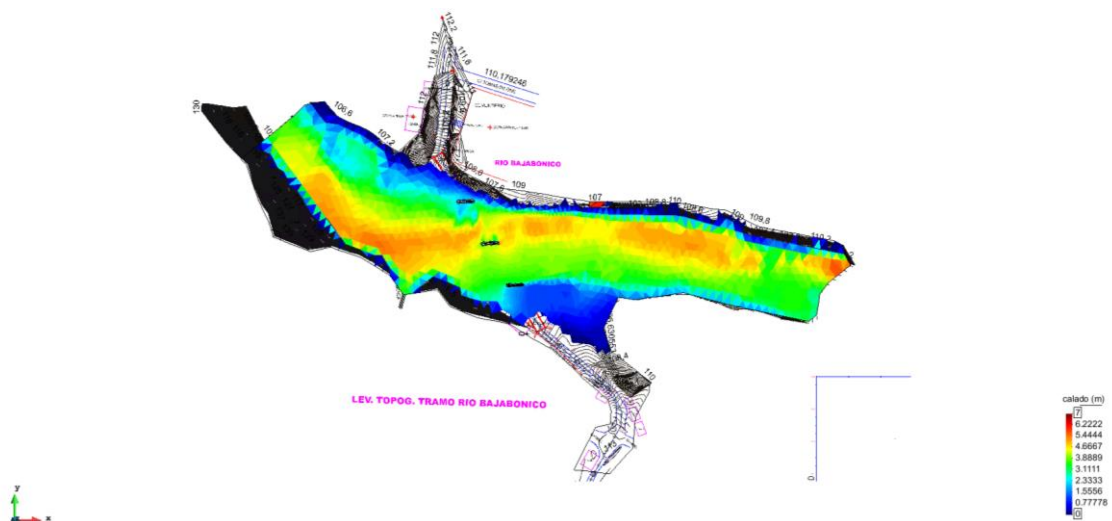


Fuente: IDOM-VNG

Las diferencias de cota o “saltos” mencionados entre los distintos periodos de retorno serán analizados en el diseño basado en riesgo para determinar el diseño óptimo del puente, para ello se estudiarán las diferencias de costo contra las probabilidades de riesgo de falla para cada opción.

Adicionalmente, como resultado de la modelación de las propuestas de diseño del nuevo puente para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años en el río Bajabonico, se han obtenido los mapas de velocidades máximas, energía, calados y caudal específico, tal y como se muestra a continuación en las siguientes ilustraciones.

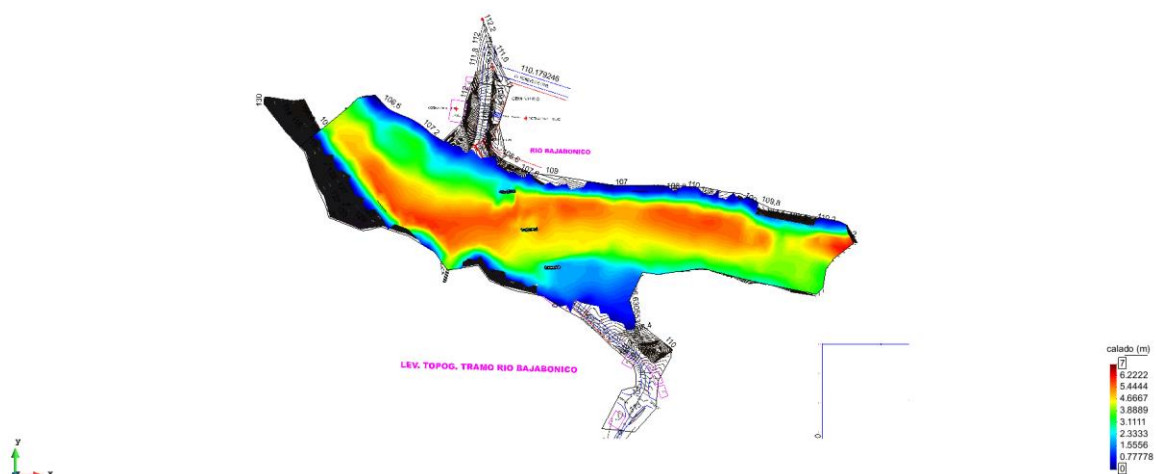
Ilustración 67 Mapa de calados de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 50 años.



Fuente: IDOM-VNG

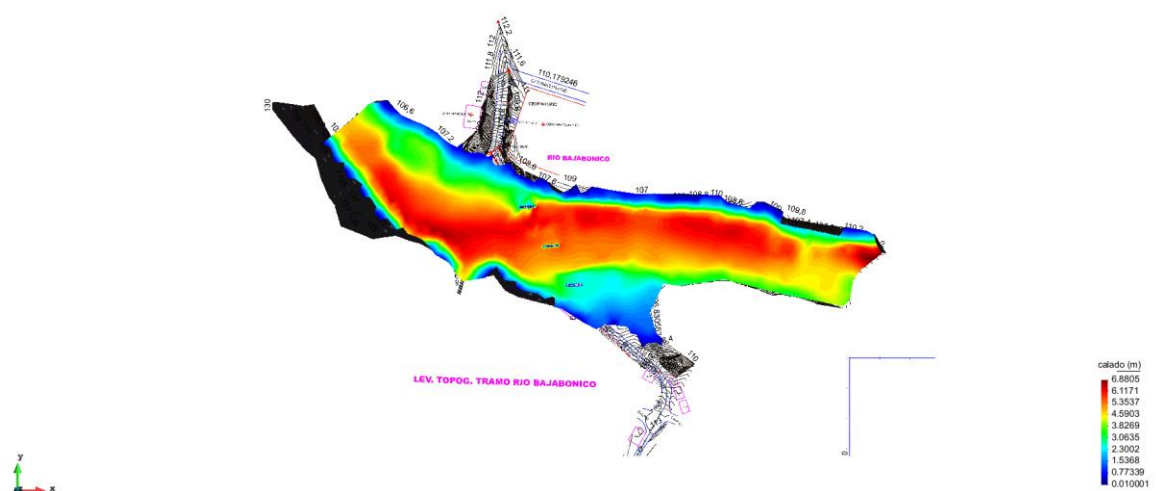
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 68 Mapa de calados de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 100 años.



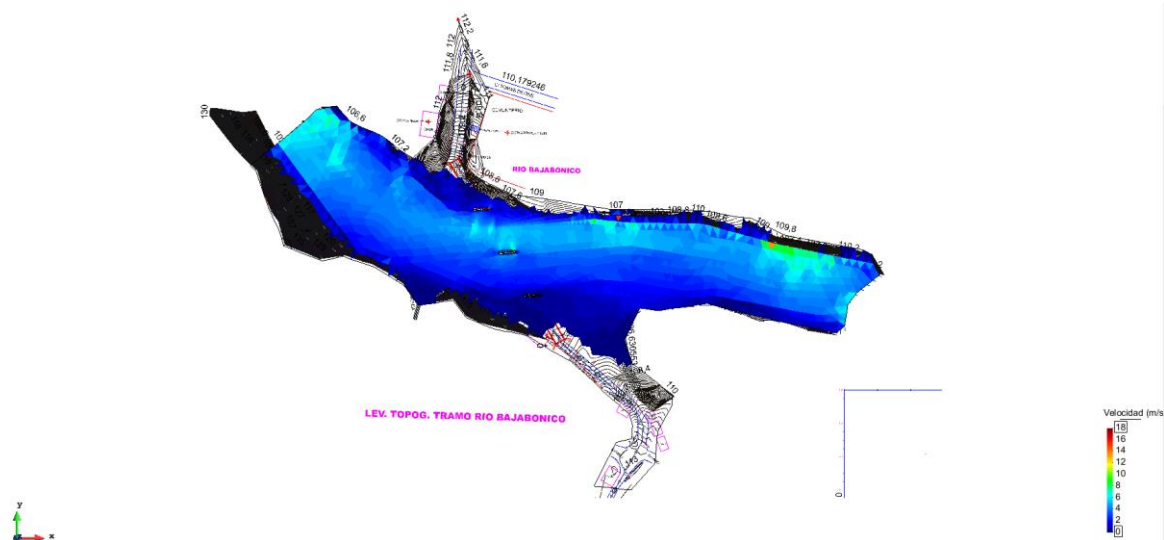
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 69 Mapa de calados de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 200 años.



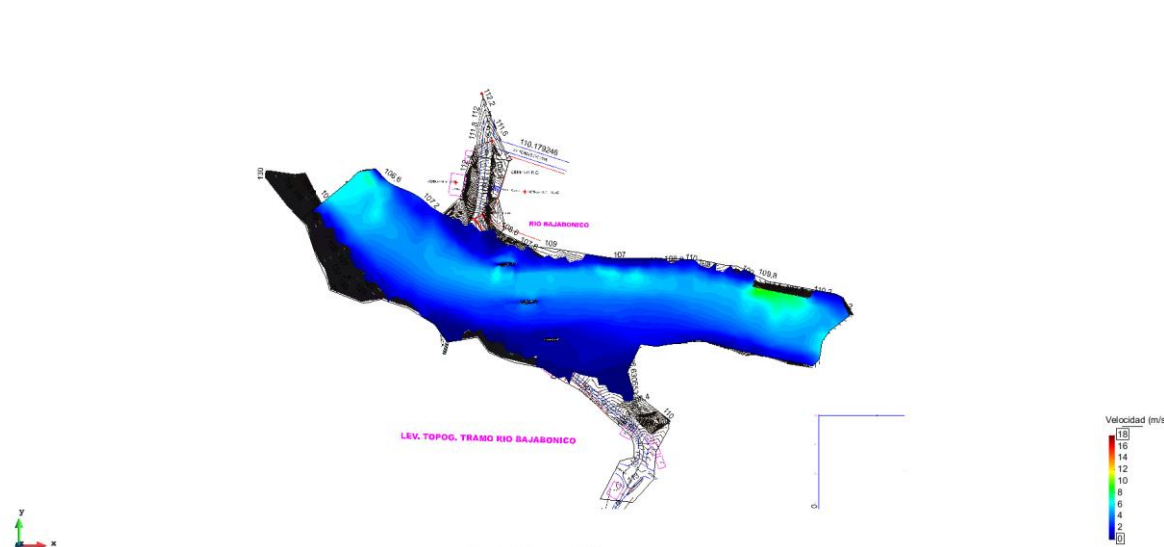
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 70 Mapa de velocidad máxima de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 50 años.



Fuente: IDOM-VNG

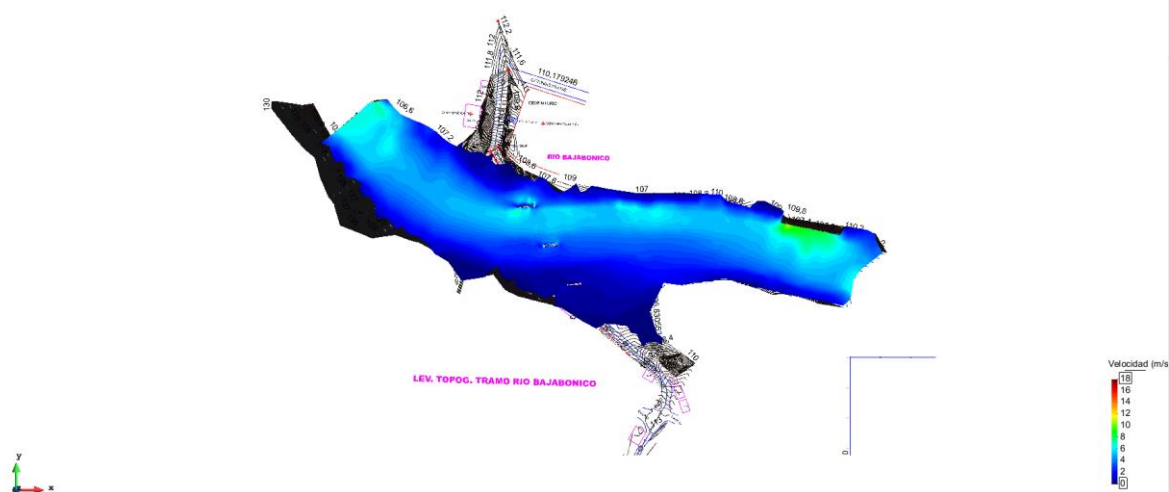
Ilustración 71 Mapa de velocidad máxima de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG

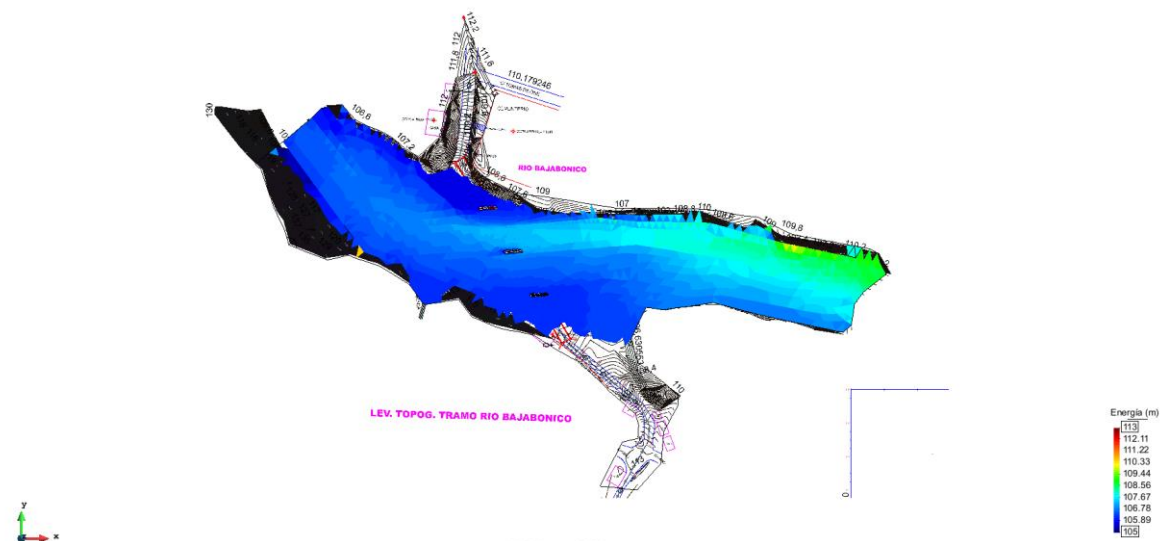
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 72 Mapa de velocidad máxima de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 200 años.



Fuente: IDOM-VNG

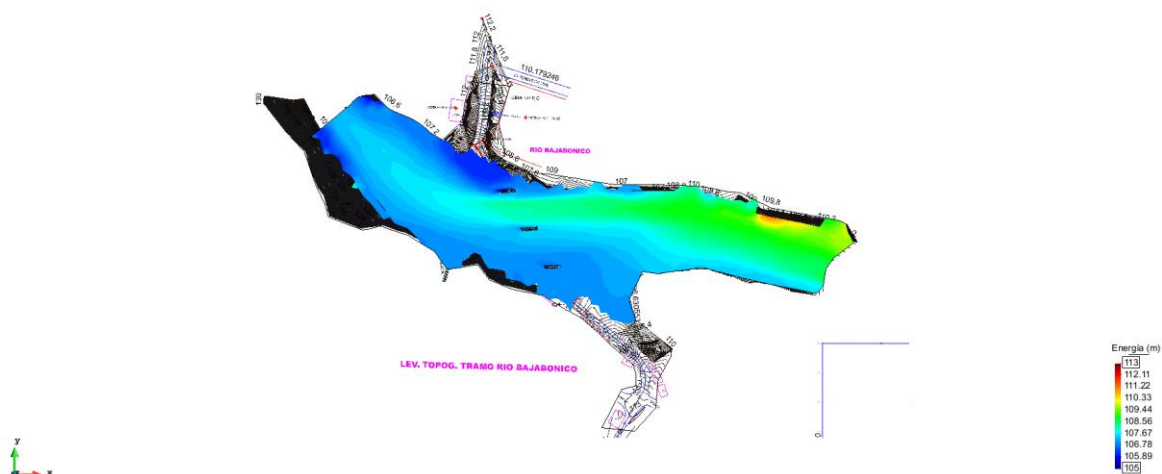
Ilustración 73 Mapa de energía de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 50 años.



Fuente: IDOM-VNG

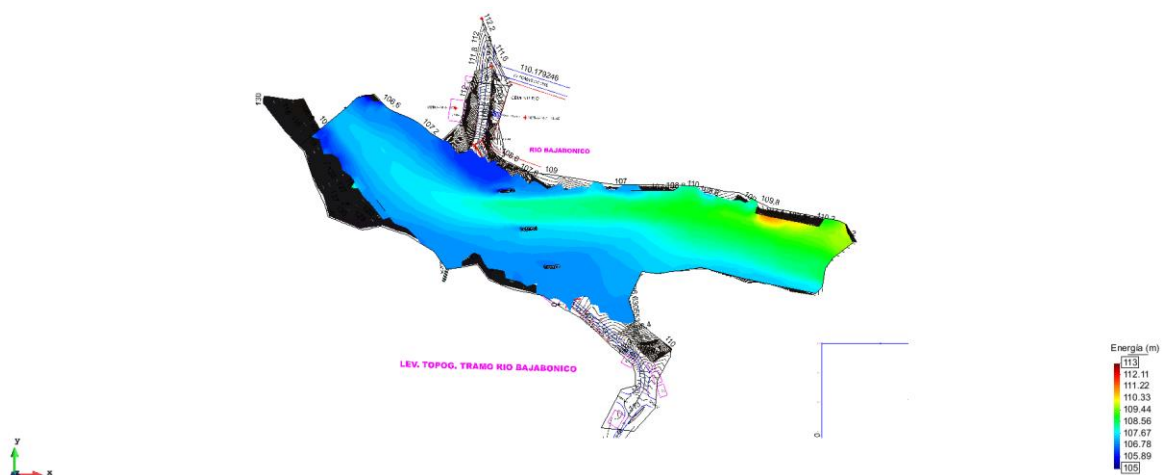
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 74 Mapa de energía de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 100 años.



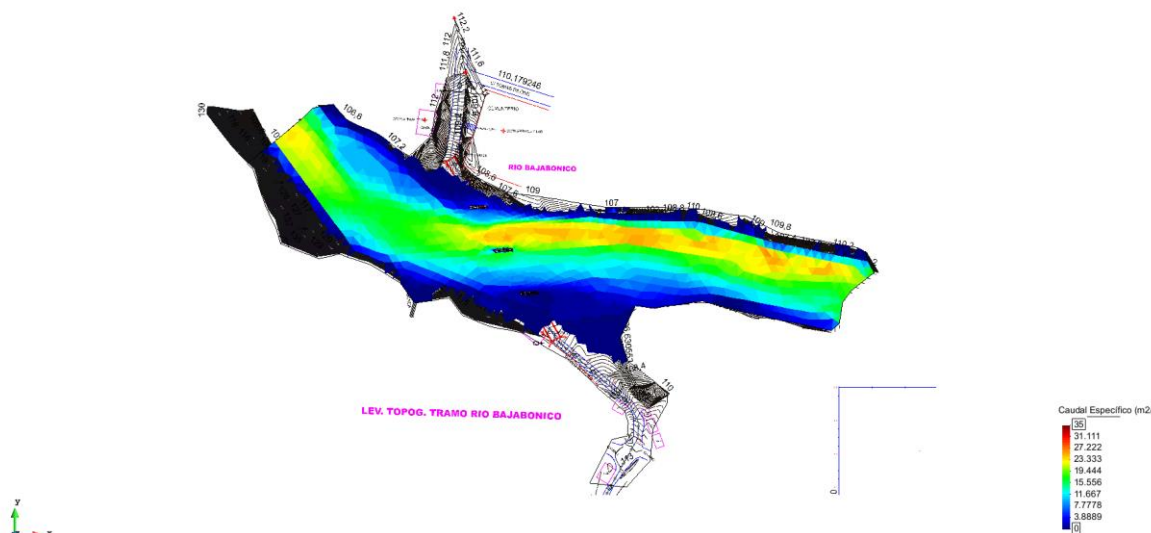
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 75 Mapa de energía de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 200 años.



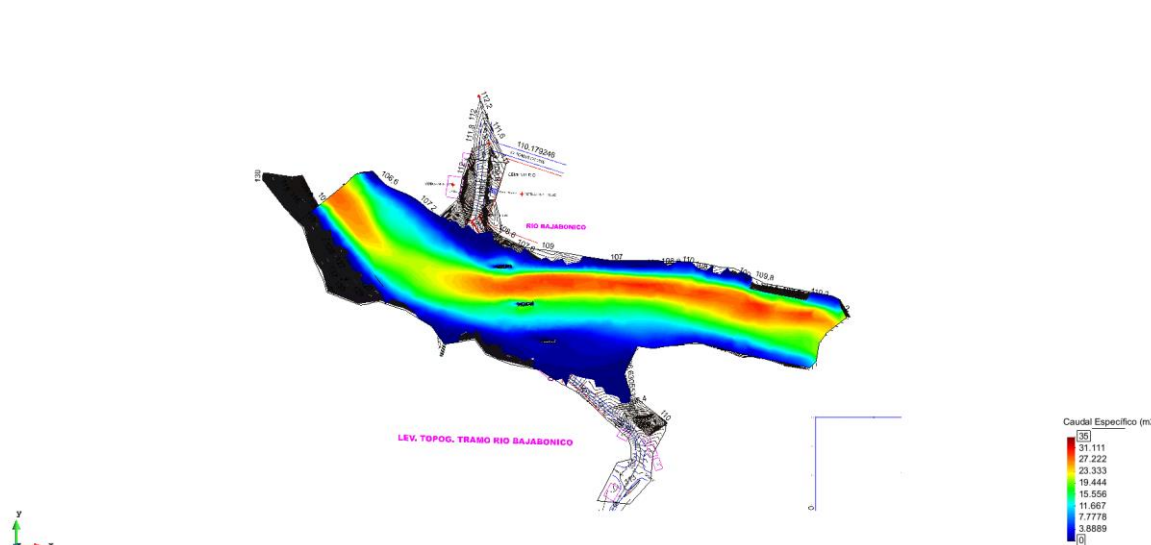
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 76 Mapa de caudal específico de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 50 años.



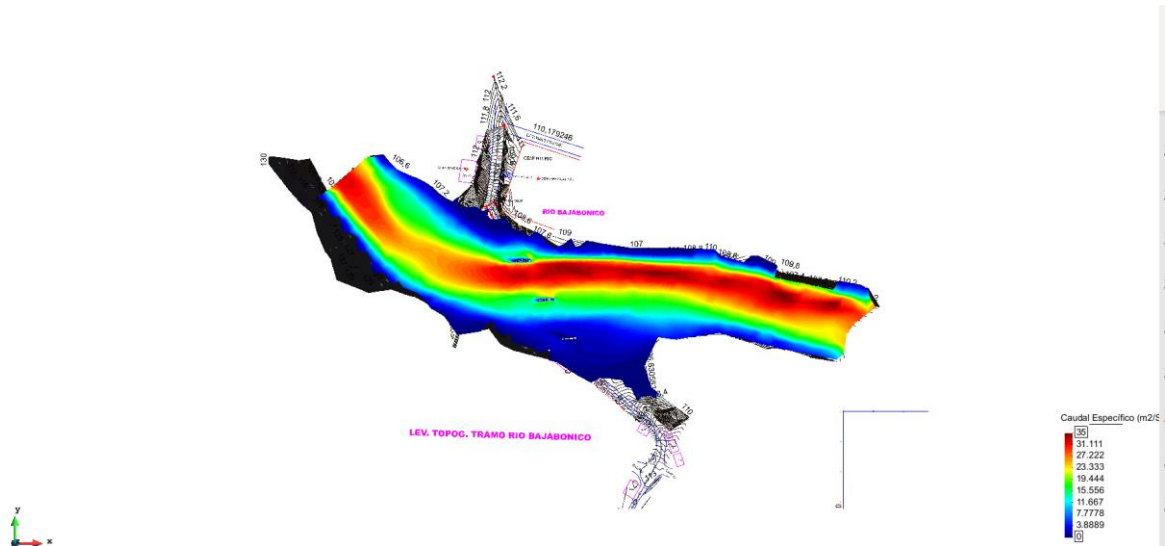
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 77 Mapa de caudal específico de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 78 Mapa de caudal específico de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 200 años.



Fuente: IDOM-VNG

8.1.6.AMBIENTALES

Criterios de aprobaciones ambientales.

Para las aprobaciones ambientales nacionales y del BEI, se requiere cumplir con:

- los criterios, decisiones y lineamientos que establezca el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través del procedimiento formal de evaluación ambiental que resulte de aplicación al proyecto
- Las salvaguardas ambientales y sociales del Banco Europeo de Inversiones que resulten de aplicación al proyecto.

Los criterios ambientales específicos resultantes así establecidos para este proyecto, serán sometidos al proceso de socialización comunitaria del proyecto mencionada en el punto siguiente, junto con los demás aspectos que conformen el concepto del proyecto. Por último, dichos criterios, una vez consensuados y validados por todas las partes (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Banco Europeo de Inversiones y la comunidad), serán formalmente integrados de forma práctica y operativa en la documentación del proyecto, en forma de un “Anexo de medidas complementarias para la sostenibilidad del proyecto” y de un “Plan de manejo ambiental y social del proyecto”. Las medidas que integren dicho Anexo y Plan serán convenientemente definidas, detalladas y valoradas económicamente para su ejecución efectiva, y pasarán a formar parte de la documentación contractual vinculante del proyecto.

A la fecha de emisión de esta versión del Informe de Diseño Conceptual, puente Bajabonico, por múltiples razones ajenas a la ATI, no se ha podido llevar a cabo el proceso de estudios y aprobaciones ambientales para el puente Bajabonico.

8.1.7.CENTROS DE PRODUCCIÓN

Centros de producción:

Existen plantas de hormigón industrial en Santiago y Puerto Plata que pueden suministrar todo el hormigón del proyecto. Los materiales ferreteros y productos terminados pueden ser adquiridos en esas ciudades y en el sector comercial de Imbert.

8.1.8.EXPROPIACIONES

Informe de campo. A partir del diseño conceptual elaborado, fueron identificadas unas seis viviendas que posiblemente sean afectadas con la construcción del proyecto.

Ilustración 79: Viviendas en Baraguana a ser reubicadas.



Durante el diseño conceptual solamente se han identificado en los planos las viviendas y otros inmuebles que obstaculizan la ejecución del proyecto y que pueden ser objeto de expropiación, no suministrándose mayores detalles, ya que en la fase de diseño final es que debe generarse dicha información.

8.1.9. DISEÑO BASADO EN RIESGO

El objeto de este apartado es determinar la solución de diseño óptima, considerando la vida útil de la infraestructura y no solamente la inversión inicial. La idea del diseño basado en riesgo es que a mayor inversión menos daños tendrá la infraestructura durante su vida útil y también menor riesgo de colapso, por lo que, para seleccionar el diseño óptimo se requiere sumar el coste de inversión y el coste del riesgo durante la vida útil de la infraestructura para cada alternativa, de forma que se pueda comparar y seleccionar la suma menor.

El coste de inversión inicial es el presupuesto de ejecución de la infraestructura dimensionada para soportar las solicitaciones externas, que en el caso de un puente es principalmente el flujo del agua que produce erosión en las pilas y las cargas hidrostáticas en la estructura, pero, sobre todo, la sección hidráulica necesaria que el puente debe dejar libre para el paso del caudal con los márgenes de seguridad mínimos establecidos. Este análisis nos da un presupuesto de ejecución para cada una de las alternativas de diseño analizada.

Para el caso concreto del puente Bajabonico se han calculado los siguientes costes de inversión para cada periodo de retorno de diseño.

Tabla 30: Costes de construcción preliminar (inversión inicial) para cada periodo de retorno analizado.

Tr (años)	Longitud (m)	Valor más probable	
		Costo (RD)\$	Coste unitario (RD\$/m)
200	130	125.845.753,20	968.044,26
100	120	121.115.694,38	1.009.297,45
50	110	117.552.599,27	1.068.659,99

Fuente: IDOM-VNG

El coste del riesgo es menos evidente que el anterior, ya que depende, de la inversión inicial, de la probabilidad de que las solicitaciones externas (la avenida) superen las de diseño, y de la función de vulnerabilidad, que determina el porcentaje de daño que sufre el puente en cada escenario probabilístico.

La probabilidad de que las solicitaciones externas superen las de diseño se obtiene del análisis pluviométrico e hidrológico realizado en la cuenca y del análisis hidráulico realizado en el cauce con la situación de diseño, es decir, considerando los estribos, las pilas y la altura del tablero.

Por otro lado, la función de vulnerabilidad se obtiene calculando el impacto que cada evento probabilístico produce en el puente. El colapso en puentes suele darse por la erosión del flujo en la base de las pilas y por las cargas del agua sobre el tablero. La erosión se determina con la velocidad del flujo y la granulometría del cauce pero para determinar con exactitud el impacto del agua sobre el tablero se requeriría de un modelo matemático estructural, que no se tienen en fase de diseño conceptual, no obstante, se ha llevado a cabo una aproximación de la función de vulnerabilidad, asignándole un porcentaje de daño (o probabilidad de colapso) para un periodo de retorno justamente superior al de diseño y colapso (daño completo) para un periodo mucho mayor, el colapso estaría asociado a la erosión en las pilas y no tanto por el impacto del agua en la superestructura, ya que una vez que el flujo ha desbordado el cauce, los caudales crecen sin que la profundidad del flujo lo haga en la misma proporción siendo, por tanto menos probable que el colapso se dé por falla en la superestructura que en la subestructura. Adicionalmente, es habitual diseñar la cimentación para unas velocidades de flujo mayores que las correspondientes al periodo de retorno de diseño.

Para la determinación del porcentaje de daño o probabilidad de colapso se ha considerado la clasificación de vulnerabilidad propuesta por Vallés et al. (2011)¹ y replicado por Bocanegra et al. (2019)². Que define 10 posibles estados de vulnerabilidad, esta vulnerabilidad depende entre otros factores, del tipo de tablero (simplemente apoyado o empotrado), de la capacidad para acumular escombros y del estado del puente. El caso que nos ocupa es el de un tablero simplemente apoyado sobre neoprenos, respecto a la capacidad de acumular escombros no se ha considerado, ya que en el diseño se ha dejado libre 1.5 m entre la lámina de agua y la cota inferior del tablero. En cuanto al estado del puente depende de si el evento que produce el daño se da al comienzo de su vida útil o al final, por lo que se ha considerado un estado intermedio, entre aceptable y pobre. Esto implica un porcentaje de daño en caso de que el nivel del agua alcance la superestructura entre 0.3 y 0.6, tomándose el valor intermedio de 0.4 para los cálculos realizados.

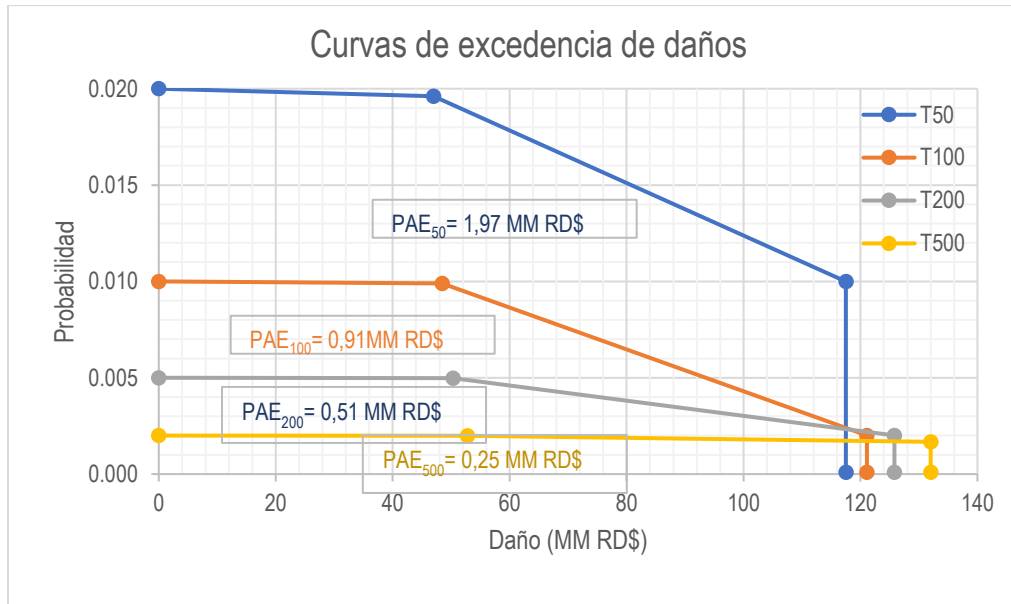
Con esto se ha obtenido la curva de excedencia de daños que es la aplicación de la función de vulnerabilidad construida a los distintos eventos o avenidas asociadas a distintos periodos de retorno, en el eje de abscisas se muestra el daño sufrido por la infraestructura en millones de pesos dominicanos y en el eje de ordenadas la probabilidad de excedencia en tanto por uno. Se observa cómo los eventos que producen mayor daño están asociados a probabilidades más bajas, es decir, los eventos extraordinarios producen mayores daños, pero con una probabilidad más baja.

¹ Vallés -Morán, F.J., Marco, S.J., Fernández B.J. 2011. Cuantificación de la vulnerabilidad de puentes sobre cauces frente a avenidas fluviales basada en inspecciones de campo. Propuesta de una nueva metodología. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

² Bocanegra, R.A, Francés, F.R, Vallés F.J. Determinación del riesgo de colapso de puentes por inundaciones. Aplicación a un conjunto de puentes de carreteras españolas, Universidad Politécnica de Valencia,- Instituto de Investigación en Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA),

La curva de excedencia asociada a cada diseño es la base para calcular el coste del riesgo, para ello se ha calculado la Pérdida Anual Esperada (PAE), que es el valor esperado de la pérdida anual y se calcula como la integral de la curva de excedencia, esto implica que los eventos más probables y por tanto más recurrentes tienen más peso en la PAE que los más extraordinarios, aunque el daño que produzcan sea mucho mayor.

Gráfico 3. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.



Fuente: IDOM-VNG

El coste del riesgo será por tanto la suma de la PAE cada año durante la vida útil de la infraestructura actualizado al año actual aplicando una tasa de descuento, por tanto, se debe calcular el Valor Actual Neto del riesgo (VAN) aplicando la siguiente fórmula:

$$Cr = \sum_{t=1}^{Vu} \frac{PAE}{(1 + k)^t}$$

Siendo Vu la vida útil considerado para este caso 75 años y k es la tasa de descuento aplicada, siendo en este caso de 6.8%.

La tasa de descuento financiera permite descontar todas las salidas de caja que el proyecto va a generar en el período objeto de análisis para obtener el valor actual.

Para llegar a esta tasa de descuento se ha tenido en cuenta que se trata de un proyecto financiado al 100% mediante un préstamo, no hay una parte de capital aportada por accionistas. La inversión inicial se financia mediante un préstamo con un tipo de interés del 4,2%, por debajo de las tasas de

financiación de mercado en la República Dominicana. En caso de tener que acometer una inversión de reparación por daños, esta se deberá financiar a una tasa de financiación de mercado, puesto que las condiciones de financiación obtenidas al inicio del proyecto ya no estarán disponibles. De esta manera, se ha considerado que las salidas de caja que reflejan la reinversión para reparar la infraestructura mediante las pérdidas anuales esperadas se deben actualizar a una tasa superior al 4,2%.

Para calcular esta tasa se ha considerado el promedio de rentabilidad de los bonos del estado a 10 años de Estados Unidos de octubre 2019 a octubre 2020, situado en 1,70% más un diferencial de riesgo país República Dominicana, 5,07%. El resultado del cálculo es **6,8%**.

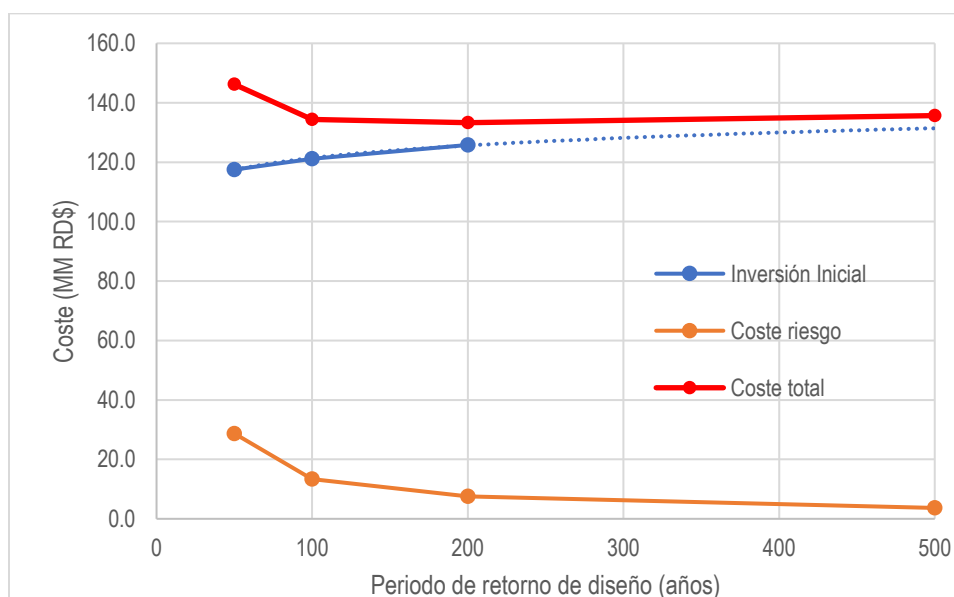
En la tabla siguiente se muestra, para cada periodo de retorno de diseño, el valor de la PAE, el Coste de Inversión (Ci), el Coste del Riesgo (Cr) y el Coste Total (Ct) actualizados al año cero de la inversión:

Tabla 31: Inversión inicial, coste del riesgo y coste total para cada periodo de retorno de diseño.

Tdiseño (años)	50	100	200	500
PAE (MM RD\$)	1,96	0,91	0,51	0,25
Vida útil (años)	75	75	75	75
Ci (MM RD\$)	117,5	121,1	125,8	132
Cr (MM RD\$)	28,7	13,3	7,5	3,7
Ct (Actual)	146,2	134,41	133,30	135,7

Fuente: IDOM-VNG

Gráfico 4. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.



Fuente: IDOM-VNG

La suma de la inversión necesaria para construir la infraestructura y los costes del riesgo esperados durante su vida útil, fijada en 75 años arrojan que, para el diseño del **Puente sobre el Bajabonico**, la alternativa con menor coste total asociado es la diseñada para una avenida de **200 años** de periodo de retorno.

8.2. ESTUDIO COSTO/BENEFICIO

8.2.1. ESTUDIO DE MOVILIDAD

Las comunidades del otro lado de Imbert, tienen como centro de aprovisionamiento y de intercambio a dicha ciudad, por lo que se genera diario un tráfico desde esas comunidades hacia el ella.

Las comunidades ubicadas al otro lado del río que utilizaran el puente son las siguientes:

- Baraguana
- Batey Baraguana
- Barrio Ángela
- La Muñeca
- Pérez

Los pobladores de esas comunidades, para llegar a Imbert tendrán dos alternativas:

1-Moverse cruzando el nuevo puente, para lo que requieren el proyecto.

2-Moverse por la carretera No. 5, usando las conexiones a ella en las comunidades la Muñeca o Pérez, esto es, sin la construcción del proyecto.

Las distancias de recorrido con proyecto y sin proyecto (por la carretera No. 5, conexión por La Muñeca o por Pérez), se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla 32: Distancias recorridas en las comunidades para llegar a Imbert, con o sin proyecto.

Recorrido	Distancia (km)				
	Usando el nuevo puente	Por carret No. 5- La Muñeca	Por carret No. 5-Pérez	Menor distancia con puente	Menor distancia sin puente
Baraguana	0.5	4.08	4.8	0.5	4.08
Batey Baraguana	0.9	3.85	4.51	0.9	3.85
La Muñeca	0.75	3.1	3.1	0.75	3.1
Barrio Ángela	1.5	4.30	4.63	1.5	4.3
Pérez	1.5	4.20	3.7	1.5	3.7

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 33: Población estimada de las comunidades.

Población estimada en las comunidades		
Comunidades	Viviendas en la comunidades	Habitantes
Baraguana	100	550
Batey Baraguana	50	275
La Muñeca	70	385
Barrio Angela	75	412.5
Pérez	120	660
Total habitantes		2,283
Habitantes por viviendas		5.5

Fuente: IDOM-VNG

Asumiendo que el 12% de la población genera un desplazamiento diario hacia Imbert, en el medio más utilizado que es la motocicleta, a razón de un viaje por persona, se tienen los cuadros siguientes, que muestran la cantidad de viajes y los kilómetros recorridos por las motocicletas, con o sin proyecto, utilizando las distancias mostradas en el cuadro de más arriba.

Tabla 34: Proyección del tráfico generado diariamente en motocicletas.

Recorrido	Tráfico generado diariamente			
Desde la comunidas hasta Imbert	Cantidad de viviendas en la comunidad	Habitantes	Movilidad/día Motocicletas	Recorrido ida y vuelta/día (viajes)
Baraguana	100	550	66	132
Batey Baraguana	50	275	33	66
La Muñeca	70	385	46.2	92.4
Barrio Angela	75	412.5	49.5	99
Pérez	120	660	79.2	158.4
Viajes/día		2283	274	548
Porcentaje movilidad/día			12%	
Movilidad: un pasajero por viaje/motocicleta				

Fuente: IDOM-VNG

8.2.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

En vista de que el tránsito está interrumpido por la inexistencia del puente, se hará una proyección del tráfico basado en la movilidad estimada para la población de las comunidades, viajando diariamente a Imbert.

A partir del conteo de viviendas hecha en imágenes recientes de Google Earth, se puede estimar la población de dichas comunidades, tomando una media de 5.5 habitantes por vivienda, según se muestra en los cuadros anteriores.

La práctica en el transporte de pasajeros en zonas rurales aledañas a núcleos urbanos se hace en el país en motocicletas. Se asume que se desviará parte del tráfico que sale de Imbert hacia la carretera No 5. Por el nuevo puente por el acortamiento de distancia resultante. Igualmente se estima un tráfico mínimo de vehículos pesados que pasara por la nueva conexión. Los cuadros siguientes muestran dichos escenarios.

Tabla 35: Proyección del tráfico generado diariamente en motocicleta.

Motocicletas	Movilidad			Con puente	Sin Puente
	Desde la comunidas hasta Imbert	Cantidad de viviendas en la comunidad	Habitantes	Recorrido ida y vuelta. Viajes/día	Recorrido ida y vuelta/día (km)
Baraguana		100	550	132	66
Batey Baraguana		50	275	66	59.4
La Muñeca		70	385	92.4	69.3
Barrio Angela		75	412.5	99	148.5
Pérez		120	660	158.4	237.6
Totales			2283	548	581

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 36: Proyección del tráfico generado diariamente en vehículos livianos

Vehículos livianos	Movilidad			Con puente	Sin Puente
	Imbert-Pérez, Veh/día	Imbert-La Muñeca. Veh/día	Tráfico suministro comestible y otros. Veh/día	Recorrido ida y vuelta/día (km)	Recorrido ida y vuelta/día (km)
Con proyecto	1.5	0.75	1.5		
Sin proyecto'	3.7	3.1	5.2		
Tráfico desviado	15	20		75	235
Tráfico de servicios			5	15	52
Total km/día				90	287

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 37: Proyección del tráfico generado diariamente en vehículos pesados

Vehículos pesados				Con puente	Sin Puente
	Imbert-Pérez, Veh/día	Imbert-La Muñeca. Veh/día	Tráfico suministro comestible y otros. Veh/día	Recorrido ida y vuelta/día (km)	Recorrido ida y vuelta/día (km)
Con proyecto	1.5	0.75	1.5		
Sin proyecto'	3.7	3.1	5.2		
Tráfico desviado	5	7		25.5	80.4
Tráfico de servicios			1	3	10.4
Total km/día				29	91

Fuente: IDOM-VNG

8.2.3. ESTUDIO Y RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD VIAL

El consultor a ser contratado para el diseño final, debe considerar en lo que respecta al diseño geométrico de la vialidad, que éste deberá ser aprobado y complementado con los planos y detalles constructivos, especialmente si hay alguna desviación justificada en la geometría del puente con respecto al diseño conceptual, así como tener en cuenta las indicaciones que a continuación se detallan sobre seguridad vial:

- Deberá detallar los tipos de barrera a emplear y nivel de contención adecuado, tanto en las barandas del puente como en las barreras de transición desde/hasta las barandas del puente a la zona libre de peligro adyacente a la vía. Asimismo, detallará las transiciones entre barreras, y los terminales de las mismas.
- Deberá procurar un perfecto tránsito peatonal, (recomendando ampliar a 1,5 m. las aceras peatonales en lo posible). Que éstas estén perfectamente protegidas del flujo vial, así como convenientemente conectadas con las aceras o vías peatonales anteriores y posteriores al puente.
- Que la señalización vertical, así como las marcas viales se adecúen a una velocidad de 30 km/h en todo el tramo, puesto que es una zona urbana con curvas de entrada y salida del puente y pendientes pronunciadas. Se recomienda de verlo necesario, el estudio de utilización de reductores de velocidad.
- Que la señalización vertical, aparte del mencionado límite de velocidad habrá de contemplar el peso máximo autorizado en ambos accesos al puente, así como la señal de prioridad de paso, para el caso que se confronten dos vehículos de gran tamaño. Sugiriendo la preferencia de paso del vehículo que ocupe la zona de cota más elevada.

8.2.4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FINANCIERA DEL PUENTE

COSTOS OPERATIVOS DE LOS VEHÍCULOS CON/SIN LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE

La factibilidad financiera será el resultado de calcular los ahorros o beneficios generados por la construcción del proyecto, comparados con la no construcción del mismo.

Se presentan a continuación:

- Ahorros en costos operativos de los vehículos con/sin proyecto.
- Ahorros o beneficios a los pasajeros por la construcción del proyecto al disminuir la distancia y disminuir el tiempo de viaje.
- Ahorros o beneficios a los conductores de los vehículo al disminuir el tiempo de viaje.

Los cuadros siguientes muestran los resultados del análisis correspondiente en cada caso.

Tabla 38: Proyección costo de combustible anual por las motocicletas

DESCRIPCION	RUTAS (Km)					COSTO COMBUSTIBLE				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Baley Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/gl	Gl	RD\$/gl	Kms/día	RD\$
I-MOTOCICLETAS										
Con proyecto	0.5	0.9	0.75	1.5	1.5	60	9.68	198	581	1,917
Sin proyecto	4.08	3.85	4.08	3.1	3.7	60	34.85	198	2091	6,900
Días/año										313
Con proyecto										599,908
Sin proyecto										2,159,670
Diferencia de Costo anual combustible										1,559,762

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 39: Proyección costo de combustible anual por los vehículos livianos

DESCRIPCION	RUTAS (Km)			COSTO COMBUSTIBLE				
	Imbert-Pérez, Veh/día	Imbert-La Muñeca, Veh/día	Tráfico suministro comestible y otros, Veh/día	Km/gl	Gl	RD\$/gl	Kms/día	RD\$
II-VEHICULOS LIVIANOS								
Con proyecto	15	20		28	3.21	198	90	636
Sin proyecto				28	10.25	198	287	2,030
Días/año								313
Con proyecto								199,202
Sin proyecto								635,234
Diferencia de Costo anual combustible								436,031

Fuente: IDOM-VNG

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

Tabla 40: Proyección costo de combustible anual por los vehículos pesados

DESCRIPCION	RUTAS (Km)			COSTO COMBUSTIBLE				
	Imbert-Pérez, Veh/día	Imbert-La Muñeca, Veh/día	suministro comestible y otros, Veh/día	Km/gl	Gl	RD\$/gl	Kms/día	RD\$
III-VEHICULOS PESADOS								
Con proyecto				15	1.90	157	29	298
Sin proyecto				15	6.05	157	91	950
Días/año								313
Con proyecto								93,368
Sin proyecto								297,467
Diferencia de Costo anual combustible								204,099

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 41: Resumen de costos de combustible anual

RESUMEN COSTO ANUAL COMBUSTIBLE				
		Con proyecto		Sin proyecto
Motocicletas		599,908		2,159,670
Veh. Livianos		199,202		635,234
Veh. Pesados		93,368		297,467
Totales		892,478		3,092,370
Diferencia total combustible				2,199,892

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 42: Proyección costos neumáticos en motocicletas

DESCRIPCION	RUTAS (Km)					COSTO NEUMATICOS				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/neumatico	Cant/neumatico	Km/año	RD\$/Neumatico	RD\$
I-MOTOCICLETAS										
Con proyecto						12,000	15.1	181,790	2,000	30,298
Sin proyecto						12,000	54.5	654,445	2,000	109,074
Diferencia de Costo										78,776

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 43: Proyección costos neumáticos en vehículos livianos

DESCRIPCION	RUTA					COSTO NEUMATICOS				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/neumatico	Cant/neumatico	Km/año	RD\$/Neumatico	RD\$
II-VEHICULOS LIVIANOS										
Con proyecto						15000	1.9	28170	5000	9,390
Sin proyecto						15000	6.0	89831	5000	29,944
Diferencia de Costo anual										20,554

Fuente: IDOM-VNG

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

Tabla 44: Proyección costos neumáticos en vehículos pesados

DESCRIPCION	RUTA					NEUMATICOS				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/neumatico	Can/neumatico	Km/año	RD\$/Neumatico	RD\$
II-VEHICULOS PESADOS										
Con proyecto						15000	0.5947	8921	25000	14,868
Sin proyecto						15000	1.8947	28420	25000	47,367
Diferencia de Costo										32,500

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 45: Resumen costos neumáticos anuales

RESUMEN COSTO ANUAL NEUMATICOS				
		Con proyecto		Sin proyecto
Motocicletas		30,298		109,074
Veh. Livianos		9,390		29,944
Veh. Pesados		14,868		47,367
Totales		54,556		186,385
Diferencia total combustible				131,829

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 46: Proyección de costos lubricantes y filtros en motocicletas anual

DESCRIPCION	RUTAS (Km)					LUBRICANTES Y FILTROS				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/Cambio	Cambio lubricante	Km/año	RD\$/Cambio	RD\$
I-MOTOCICLETAS										
Con proyecto						4000	45.4	181,790	1650	74,989
Sin proyecto						4000	163.6	654,445	1650	269,959
Diferencia de Costo anual										194,970

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 47: Proyección de costos lubricantes y filtros en vehículos livianos anual

DESCRIPCION	RUTA					LUBRICANTES Y FILTROS				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/Cambio	Cambio lubricante	Km/año	RD\$/Cambio	RD\$
II-VEHICULOS LIVIANOS										
Con proyecto	26.7		26.7			5000	5.6	28170	3100	17,465
Sin proyecto		17.7	17.7			5000	18.0	89831	3100	55,695
Diferencia de Costo anual										38,230

Fuente: IDOM-VNG

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

Tabla 48: Proyección de costos lubricantes y filtros en vehículos pesados anual

DESCRIPCION	RUTA					LUBRICANTES Y FILTROS				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/Cambio	Cambio lubricante	Km/año	RD\$/Cambio	RD\$
II-VEHICULOS PESADOS										
Con proyecto	26.7		26.7			5000	1.8	8921	6000	10,705
Sin proyecto		17.7	17.7			5000	5.7	28420	6000	34,104
Diferencia de Costo anual										23,400

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 49: Proyección del tráfico generado diariamente en vehículos pesados

RESUMEN COSTO ANUAL LUBRICANTES Y FILTROS				
		Con proyecto		Sin proyecto
Motocicletas		74,989		269,959
Veh. Livianos		17,465		55,695
Veh. Pesados		10,705		34,104
Totales		103,159		359,758
Diferencia				256,600

Fuente: IDOM-VNG

COSTOS DE VIAJES CON/SIN LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE

Los cuadros siguientes muestran las proyecciones en ahorros o beneficios por disminución del precio del pasaje, la distancia menor de recorrido o la disminución del tiempo de viaje, a favor de los pasajeros, de los conductores y del costo diario de los vehículos.

Tabla 50: Proyección costo del tiempo de viaje a los pasajeros

PASAJES	RUTA					COSTO TIEMPO DE VIAJE PASAJEROS				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/hr	Hr/viaje	Km	Salario RD\$/Hr	TOTAL
Con proyecto						35	5194	181790	75	389,551
Sin proyecto						25	26178	654445	75	1,963,336
Diferencia horas anual										1,573,785

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 51: Proyección del ahorro en tarifa de viaje a los pasajeros por disminución de distancia

PASAJES	RUTA					COSTO TARIFA TRANSPORTE PASAJEROS				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Tarifa/Pasajero		Pasajero/dia		RD\$
Con proyecto						50		548		27,390
Sin proyecto						125		548		68,475
Dias/año										313
Con proyecto										8,573,070
Sin proyecto										21,432,675
Diferencia										12,859,605

Fuente: IDOM-VNG

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

Tabla 52: Proyección costo de tiempo de viaje de conductores de motocicletas

MOTOCICLETAS	RUTA					COSTO TIEMPO DE VIAJE CONDUCTORES				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/hr	Hr/viaje	Km	Salario RD\$/Hr	TOTAL
Con proyecto						35	5194	181790	100	519,401
Sin proyecto						25	26178	654445	100	2,617,782
Diferencia										2,098,381

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 53: Proyección costo tiempo de viaje conductores vehículos livianos

VEHICULOS LIVIANOS	RUTA					COSTO TIEMPO DE VIAJE CONDUCTORES				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/hr	Hr/viaje	Km	Salario RD\$/Hr	TOTAL
Con proyecto						35	805	28170	125	100,607
Sin proyecto						25	3593	89831	125	449,155
Diferencia horas anual										348,548

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 54: Proyección costo tiempo de viaje de conductores vehículos pesados

VEHICULOS PESADOS	RUTA					COSTO TIEMPO DE VIAJE CONDUCTORES				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/hr	Hr/viaje	Km	Salario RD\$/Hr	TOTAL
Con proyecto						35	255	8921	250	63,718
Sin proyecto						25	1137	28420	250	284,204
Diferencia										220,486

Fuente: IDOM-VNG

COSTOS DE VIAJES DE LOS VEHÍCULOS (ALQUILER_ CON/SIN LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE

Tabla 55: Proyección costo de tiempo de viaje de uso de las motocicletas

MOTOCICLETAS	RUTA					COSTO TIEMPO DE VIAJE VEHICULOS				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/hr	Hr/viaje	Km	Tarifa alquiler RD\$/Hr	TOTAL
Con proyecto						35	5194	181790	38	194,775
Sin proyecto						25	26178	654445	38	981,668
Diferencia										786,893

Fuente: IDOM-VNG

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Tabla 56: Proyección costo tiempo de uso de los vehículos livianos

VEHICULOS LIVIANOS	RUTA					COSTO TIEMPO DE VIAJE VEHICULOS				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/hr	Hr/viaje	Km	Tarifa alquiler RD\$/Hr	TOTAL
Con proyecto						35	805	28170	148	118,716
Sin proyecto						25	3593	89831	148	530,003
Diferencia										411,286

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 57: Proyección costo uso vehículos pesados.

VEHICULOS PESADOS	RUTA					COSTO TIEMPO DE VIAJE VEHICULOS				
	Imbert-Baraguana	Imbert-Batey Baraguana	Imbert-La Muñeca	Imbert-Barrio Angela	Imbert-Pérez	Km/hr	Hr/viaje	Km	Tarifa alquiler RD\$/Hr	TOTAL
Con proyecto						35	255	8921	738	187,968
Sin proyecto						25	1137	28420	738	838,402
Diferencia										650,434

Fuente: IDOM-VNG

CONDICIONES DEL FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO.

Tabla 58: Condiciones del financiamiento del BEI para el proyecto

Descripción	Ud	Cantidad
Costos Financieros		
Prestamo	RD\$	141,937,034.7
Capital propio	%	0%
Total de Capital	%	0%
Tasa de interés	%	4.7%
Años de préstamo	Años	20.0
Comisión		3,306,000

Fuente: IDOM-VNG

TASAS INTERNAS DE RETORNO Y VALOR PRESENTE NETO RESULTANTES DEL MODELO FINANCIERO.

Al correr el modelo financiero resultante de los ahorros o beneficios anteriores, además de una estimación modesto por accidentes evitados al aumentar la seguridad vial en el tramo del nuevo puente y por patrimonio cultural basado en la historia del puente y la vía férrea.

La hoja con el estado de resultado se muestra al final de la sección. Se modelaron para medir resultados y analizar la sensibilidad cuatro escenarios.

El proyecto es factible con una tasa interna de retorno del 13.3%, por encima del 10% de referencia.

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

Tabla 59: Resultado No 1. Proyecto factible financieramente. Sobrepasa los requisitos establecidos por el BEI

ALTERNATIVA PLAZOS	TIR	VAN (6.8%)
	%	RD\$
Valores (20 años)	13.3%	\$97,857,414
Tasa movilidad comunidades	12.0%	
Pasaje con proyecto		50
Precio gasolina		198

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 60: Resultado No. 2. Proyecto factible al disminuir la movilidad de 12% a 10.5%

ALTERNATIVA PLAZOS	TIR	VAN (6.8%)
	%	RD\$
Valores (20 años)	11.0%	\$59,910,415
Tasa movilidad comunidades	10.5%	
Pasaje con proyecto		50
Precio gasolina		198

Fuente: IDOM-VNG

**Tabla 61: Resultado No. 3. Proyecto factible al aumentar el precio de la gasolina de RD\$198 @ RD\$250 y
disminución movilidad de 12% @ 10%**

ALTERNATIVA PLAZOS	TIR	VAN (6.8%)
	%	RD\$
Valores (20 años)	10.6%	\$54,487,374
Tasa movilidad comunidades	10.0%	
Pasaje con proyecto		50
Precio gasolina		250

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 62: Resultado No. 4 Proyecto factible al aumentar el precio del pasaje con proyecto de RD\$50 @ RD65

ALTERNATIVA PLAZOS	TIR	VAN (6%)
	%	RD\$
Valores (20 años)	10.2%	\$48,555,915
Tasa movilidad comunidades	12.0%	
Pasaje con proyecto		65
Precio gasolina		198

Fuente: IDOM-VNG

Los escenarios anteriores muestran el límite de sensibilidad para movilidad y pasaje, mayores disminuciones que las indicadas, arrojan valores presente negativos y tasas internas de retorno bajas. Solo el caso del alza del combustible siempre va a favorecer o generar mayores beneficios en el proyecto por acortamiento de distancias de recorrido que genera.

ESTADO DE RESULTADOS.

Los cuadros siguientes corresponden al análisis financiero del proyecto, se muestra solamente para el primer resultado expuesto anteriormente.

Tabla 63: Estado de resultados del análisis financiero

PUENTE RIO BAJABONICO

ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADO A 20 AÑOS

Descripción	Unidad	Cant	PU (RD\$)	Valor (RD\$)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
				Años	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
1-INVERSION																									
1.1 Inversion inicial total	RD\$			136,295,258																					
1.11 Preinversion	RD\$																								
1.12 Distribucion de la inversion																									
a) Total de Capital	RD\$	100%		136,295,258																					
b) Inversion con prestamo	RD\$	100%		136,295,258																					
c) Inversion capital propio	RD\$	0%		-	(136,295,257.51)																				
1.13 Total capital propio					(136,295,257.51)																				
2.10-COSTOS SIN PUENTE																									
2.11 Factor ajuste	Año	5%																							
Combustible	Año					3,092,370	3,246,989	3,409,338	3,579,805	3,758,795	3,946,735	4,144,072	4,351,276	4,568,839	4,797,281	5,037,145	5,289,003	5,553,453	5,831,125	6,122,682	6,428,816	6,750,257	7,087,769	7,442,158	7,814,266
Neumaticos	Año					186,385	195,705	205,490	215,764	226,552	237,880	249,774	262,263	275,376	289,145	303,602	318,782	334,721	351,457	369,030	387,482	406,856	427,198	448,558	470,986
Lubricantes y filtros	Año					359,758	377,746	396,634	416,465	437,289	459,153	482,111	506,216	531,527	558,103	586,009	615,309	646,074	678,378	712,297	747,912	785,308	824,573	865,802	909,092
Tarifas pasajeros	Año					21,432,675	22,504,309	23,629,524	24,811,000	26,051,550	27,354,128	28,721,834	30,157,926	31,665,822	33,249,113	34,911,569	36,657,148	38,490,005	40,414,505	42,435,230	44,556,992	46,784,842	49,124,084	51,580,288	54,159,302
Tiempo viaje pasajeros	Año					1,963,336	2,061,503	2,164,578	2,272,807	2,386,448	2,505,770	2,631,058	2,762,611	2,900,742	3,045,779	3,198,068	3,357,971	3,525,870	3,702,163	3,887,272	4,081,635	4,285,717	4,500,003	4,725,003	4,961,253
Tiempo viaje conductores motocicletas	Año					2,617,782	2,748,671	2,886,104	3,030,410	3,181,930	3,341,027	3,508,078	3,683,482	3,867,656	4,061,039	4,264,091	4,477,295	4,701,160	4,936,218	5,183,029	5,442,180	5,714,289	6,000,004	6,300,004	6,615,004
Tiempo viaje conductores vehiculos livianos	Año					449,155	471,613	495,193	519,953	545,951	573,248	601,911	632,006	663,606	696,787	731,626	768,207	806,618	846,949	889,296	933,761	980,449	1,029,471	1,080,945	1,134,992
Tiempo viaje conductores pesados	Año					284,204	298,414	313,335	329,002	345,452	362,724	380,861	399,904	419,899	440,894	462,938	486,085	510,390	535,909	562,704	590,840	620,382	651,401	683,971	718,169
Tiempo viaje motocicletas	Año					981,668	1,030,752	1,082,289	1,136,404	1,193,224	1,252,885	1,315,529	1,381,306	1,450,371	1,522,890	1,599,034	1,678,986	1,762,935	1,851,082	1,943,636	2,040,818	2,142,858	2,250,001	2,362,501	2,480,627
Tiempo viaje vehiculos livianos	Año					530,003	556,503	584,328	613,545	644,222	676,433	710,255	745,767	783,056	822,208	863,319	906,485	951,809	999,400	1,049,369	1,101,838	1,156,930	1,214,776	1,275,515	1,339,291
Tiempo viaje pesados	Año					838,402	880,322	924,338	970,555	1,019,083	1,070,037	1,123,539	1,179,716	1,238,701	1,300,636	1,365,668	1,433,952	1,505,649	1,580,932	1,659,978	1,742,977	1,830,126	1,921,632	2,017,714	2,118,600
Accidentes de tránsito	Año					150,000	157,500	165,375	173,644	182,326	191,442	201,014	211,065	221,618	232,699	244,334	256,551	269,378	282,847	296,990	311,839	327,431	343,803	360,993	379,043
Mejora precios producción agrícola	Año					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos patrimonio ferrocarril	Año					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.17 Total						-																			
2.20-COSTOS CON PUENTE						32,885,739	34,530,026	36,256,527	38,069,354	39,972,821	41,971,462	44,070,035	46,273,537	48,587,214	51,016,575	53,567,403	56,245,774	59,058,062	62,010,965	65,111,514	68,367,089	71,785,444	75,374,716	79,143,452	83,100,624

2.21 Factor ajuste	Año	5%																							
Combustible	Año																								
Neumaticos	Año					892,478	937,102	983,957	1,033,155	1,084,813	1,139,054	1,196,006	1,255,807	1,318,597	1,384,527	1,453,753	1,526,441	1,602,763	1,682,901	1,767,046	1,855,398	1,948,168	2,045,577	2,147,856	2,255,248
Lubricantes y filtros	Año					54,556	57,284	60,148	63,155	66,313	69,629	73,110	76,766	80,604	84,634	88,866	93,309	97,975	102,873	108,017	113,418	119,089	125,043	131,295	137,860
Tarifas pasajeros	Año					103,159	108,316	113,732	119,419	125,390	131,659	138,242	145,154	152,412	160,033	168,034	176,436	185,258	194,521	204,247	214,459	225,182	236,441	248,263	260,676
Tiempo viaje pasajeros	Año					11,144,991	11,702,241	12,287,353	12,901,720	13,546,806	14,224,147	14,935,354	15,682,122	16,466,228	17,289,539	18,154,016	19,061,717	20,014,803	21,015,543	22,066,320	23,169,636	24,328,118	25,544,524	26,821,750	28,162,837
Tiempo viaje conductores motocicletas	Año					389,551	409,028	429,480	450,954	473,502	497,177	522,035	548,137	575,544	604,321	634,537	666,264	699,577	734,556	771,284	809,848	850,341	892,858	937,501	984,376
Tiempo viaje conductores vehiculos livianos	Año					519,401	545,371	572,640	601,272	631,335	662,902	696,047	730,850	767,392	805,762	846,050	888,352	932,770	979,408	1,028,379	1,079,798	1,133,788	1,190,477	1,250,001	1,312,501
Tiempo viaje conductores pesados	Año					100,607	105,638	110,919	116,465	122,289	128,403	134,823	141,564	148,643	156,075	163,878	172,072	180,676	189,710	199,195	209,155	219,613	230,593	242,123	254,229
Tiempo viaje motocicletas	Año					63,718	66,904	70,249	73,761	77,449	81,322	85,388	89,657	94,140	98,847	103,790	108,979	114,428	120,150	126,157	132,465	139,088	146,042	153,345	161,012
Tiempo viaje vehiculos livianos	Año					194,775	204,514	214,740	225,477	236,751	248,588	261,018	274,069	287,772	302,161	317,269	333,132	349,789	367,278	385,642	404,924	425,170	446,429	468,750	492,188
Tiempo viaje pesados	Año					118,716	124,652	130,885	137,429	144,301	151,516	159,091	167,046	175,398	184,168	193,377	203,045	213,198	223,858	235,050	246,803	259,143	272,100	285,705	299,991
Accidentes de tránsito	Año					25,000	26,250	27,563	28,941	30,388	31,907	33,502	35,178	36,936	38,783	40,722	42,758	44,896	47,141	49,498	51,973	54,572	57,300	60,165	63,174
Mejora precios producción agrícola	Año					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos patrimonio ferrocarril	Año					60,000	63,000	66,150	69,458	72,930	76,577	80,406	84,426	88,647	93,080	97,734	102,620	107,751	113,139	118,796	124,736	130,972	137,521	144,397	151,617
2.27 Total						13,666,953	14,350,300	15,067,815	15,821,206	16,612,266	17,442,880	18,315,024	19,230,775	20,192,314	21,201,929	22,262,026	23,375,127	24,543,883	25,771,078	27,059,631	28,412,613	29,833,244	31,324,906	32,891,151	34,535,709
3.10 AHORROS DE COSTOS CON PUENTE																									
3.11 Total	RD\$					19,218,786	20,179,726	21,188,712	22,248,147	23,360,555	24,528,583	25,755,012	27,042,762	28,394,900	29,814,645	31,305,378	32,870,647	34,514,179	36,239,888	38,051,882	39,954,476	41,952,200	44,049,810	46,252,301	48,564,916
4-COSTOS																									
4.1 Costos Operativos	Año	1%				-	-	-	-																
4.11 O&M	Año					192,187.86	201,797.26	211,887.12	222,481.47	233,605.55	245,285.83	257,550.12	270,427.62	283,949.00	298,146.45	313,053.78	328,706.47	345,141.79	362,398.88	380,518.82	399,544.76	419,522.00	440,498.10	462,523.01	485,649.16
4.12 Seguros	Año																								
4.13 Otros. Reparaciones	Año									3,414,210.01				3,958,005.15					4,588,412.75						5,319,227.95
4.14 Total	RD\$				-	192,188	201,797	211,887	222,481	3,647,816	245,286	257,550	270,428	283,949	4,256,152	313,054	328,706	345,142	362,399	4,968,932	399,545	419,522	440,498	462,523	5,804,877
4.2 Margen Variable	RD\$					19,026,598	19,977,928	20,976,825	22,025,666	23,126,949	24,283,297	25,497,462	26,772,335	28,110,951	29,516,499	30,992,324	32,541,940	34,169,037	35,877,489	37,671,363	39,554,932	41,532,678	43,609,312	45,789,778	48,079,267
4.3 Costos administrativos	Año																								
4.31 Gastos Administrativos	Año																								
4.32 Total	RD\$																								
4.4 Escalamiento e imprevistos	Año	1.3%																							
4.41 Devaluación moneda	%					-	-	-	-	-	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62	119,774.62
4.42 Imprevistos																									
Total	RD\$	0.02				-	-	-	-	-	119,775	119,775	119,775	119,775	119,775	119,775	119,775	119,775	119,775	119,775	119,775	119,775	119,775	119,775	119,775

5-EBITDA	RD\$					19,026,598	19,977,928	20,976,825	22,025,666	19,712,739	24,163,522	25,377,687	26,652,560	27,991,177	25,438,719	30,872,549	32,422,165	34,049,262	35,757,714	32,963,176	39,435,157	41,412,904	43,489,537	45,670,003	42,640,264
6-INTERESES Y DEPRECIACION																									
6.1 Intereses bancarios																									
6.11 Intereses inversion	RD\$					6,557,953	6,405,877	6,405,877	6,405,877	6,405,877	5,978,819	5,551,760	5,124,702	4,697,643	4,270,585	3,843,526	3,416,468	2,989,409	2,562,351	2,135,292	1,708,234	1,281,175	854,117	427,058	0
6.12 Intereses reposicion equipo	RD\$																								
6.13 Total	RD\$					6,557,953	6,405,877	6,405,877	6,405,877	6,405,877	5,978,819	5,551,760	5,124,702	4,697,643	4,270,585	3,843,526	3,416,468	2,989,409	2,562,351	2,135,292	1,708,234	1,281,175	854,117	427,058	0
6.2 Depreciacion																									
6.21 Depreciación	RD\$	200				681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476
Total	RD\$		0			681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476
7-RESULTADOS DESPUES PAGO INTERESES Y DEPRECIACION						11,787,169	12,890,575	13,889,471	14,938,313	12,625,386	17,503,227	19,144,451	20,846,382	22,612,057	20,486,658	26,347,547	28,324,221	30,378,377	32,513,887	30,146,407	37,045,447	39,450,252	41,953,944	44,561,468	41,958,788
7.1 Pago Impuestos ISR																									
N/A	RD\$																								
Total ISR	RD\$	0				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8-RESULTADO NETO	RD\$					11,787,169	12,890,575	13,889,471	14,938,313	12,625,386	17,503,227	19,144,451	20,846,382	22,612,057	20,486,658	26,347,547	28,324,221	30,378,377	32,513,887	30,146,407	37,045,447	39,450,252	41,953,944	44,561,468	41,958,788
8.1 Amortizacion prestamos																									
8.11 Amortizacion deuda capital						-	-	-	-	-	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351
8.13 Total	RD\$					-	-	-	-	-	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351	9,086,351
8.2 Mas depreciacion																									
8.21 Depreciacion	RD\$					681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476	681,476
9-RESULTADO MAS DEPRECIACION RD\$						12,468,645	13,572,051	14,570,948	15,619,789	13,306,862	9,098,353	10,739,576	12,441,508	14,207,183	12,081,784	17,942,673	19,919,347	21,973,503	24,109,013	21,741,533	28,640,573	31,045,378	33,549,070	36,156,594	33,553,913
9.1 Retorno capital						13,150,122	14,253,528	15,252,424	16,301,265	13,988,338	9,779,829	11,421,053	13,122,984	14,888,659	12,763,260	18,624,149	20,600,823	22,654,979	24,790,489	22,423,009	29,322,049	31,726,854	34,230,546	36,838,070	34,235,390
Inversion de capital																									
Inversion reparaciones																									
10-FLUJO DE CAJA PROYECTADO RD\$				(136,295,258)	-136295257.5																				
Inversion reposicion equipo																									
10-FLUJO DE CAJA PROYECTADO RD\$					(136,295,257.51)	13,150,122	14,253,528	15,252,424	16,301,265	13,988,338	9,779,829	11,421,053	13,122,984	14,888,659	12,763,260	18,624,149	20,600,823	22,654,979	24,790,489	22,423,009	29,322,049	31,726,854	34,230,546	36,838,070	34,235,390

8.3. PATRIMONIO CULTURAL

ESTÁNDAR AMBIENTAL Y SOCIAL N°5 DEL BEI: PATRIMONIO CULTURAL

Lista de verificación de cribado inicial para la identificación inicial de elementos sensibles del patrimonio cultural en el ámbito de influencia del proyecto.

A efectos de la tipología de proyectos de obra civil considerados en este marco de financiación (pequeños puentes, caminos, obras de drenaje, estabilización de márgenes fluviales, etc.), se considera **ámbito de influencia del proyecto** en relación con el patrimonio cultural, el área de influencia directa del proyecto (es decir, el área ocupada por la huella de intervención de las obras), más la superficie exterior que rodea perimetralmente dicha huella, en una franja de **1000 metros** de anchura a la redonda.

La siguiente lista de verificación tiene por objeto servir de instrumento para facilitar la identificación de posibles elementos del patrimonio cultural dentro del área de influencia del proyecto.

En todos aquellos casos en que la respuesta sea afirmativa, se recopilará y añadirá a este formulario toda la información posible sobre el elemento o elementos identificados (localización, descripción, mapas, fotografías, etc.).

INFORMACIÓN GENERAL

- Nombre del proyecto: Puente Bajabonico
- Ubicación: Comunidad Imbert
- Municipio: Municipio Imbert
- Provincia: Puerto Plata

	Respuesta (Sí/No)	Comentarios. Si la respuesta es afirmativa, añadir descripción e información adicional.
En el ámbito del proyecto, ¿hay constancia de la existencia de inmuebles, monumentos, objetos, o cualquier tipo de elementos físicos materiales (catalogado o no catalogado) de valor arqueológico, histórico-artístico, arquitectónico, ritual, etnográfico, etc.?	No	

	Respuesta (Sí/No)	Comentarios. Si la respuesta es afirmativa, añadir descripción e información adicional.
En el ámbito del proyecto, ¿hay constancia de la existencia de lugares o manifestaciones culturales inmateriales ³ (catalogados o no catalogados) de valor arqueológico, histórico-artístico, arquitectónico, ritual, etnográfico, etc.?	No	Las manifestaciones culturales inmateriales de carácter religioso l y etnográfico que se dan en el ámbito del proyecto es la celebración de las fiestas patronales. Estas se celebran anualmente del 15 al 24 septiembre, teniendo como patrona de la comunidad a la virgen de Las Mercedes. Siendo la celebración de la misa y la procesión las de mayor carácter religioso y el local de la iglesia católica el lugar de culto; mientras que la celebración de juegos comunitarios y deportivos representan los eventos sociales más relevantes. Por efecto de la pandemia las fiestas patronales fueron suspendidas este año.
En el ámbito del proyecto, ¿existe alguna zona de presunción arqueológica (catalogada o no catalogada) es decir, alguna zona en la que, debido al conocimiento actual sobre las características históricas del lugar y su entorno, existe alta probabilidad de encontrar restos arqueológicos, en caso de realización de excavaciones)?	No	La vía del puente era la antigua vía férrea Puerto Plata-Santiago, inaugurada en 1897. Se recomienda incluir en el proyecto una placa o monumento conmemorativo.

³ Ejemplos: lugares donde han ocurrido leyendas o hechos históricos; lugares de culto, ritual o reunión, etc.

8.4. SOCIALIZACIÓN COMUNITARIA

SOCIALIZACIÓN COMUNITARIA DEL PROYECTO.

Una vez concluido el diseño conceptual, las obras priorizadas serán socializadas con las respectivas comunidades, con el objetivo de contar con el punto de vista y aprobación de los actores claves locales para la ejecución del proyecto, así como contrastar con ellos cualquier conflicto, imprevisto o información faltante que pueda surgir del proceso de intercambio con actores. En este sentido, se solventarán y adecuarán aquellos puntos que se hayan extraído del proceso, y se reajustarán en los diseños finales, previamente a la ejecución de las obras.

Obviamente, para la fecha de emisión de este documento, no se ha realizado la socialización, que es posterior al diseño conceptual.

8.5. ESTUDIOS ECONÓMICOS

8.5.1. PRESUPUESTO DE OBRA

Se elaboraron presupuestos a partir del diseño conceptual, para cada una de las alternativas de periodos de retorno analizado. En este anexo se incluye el presupuesto para la opción seleccionada de un periodo de retorno de 200 años, con una longitud del puente de 130 m.

Este presupuesto es para fines de planificación del proyecto, ya que en la fase de diseño final, el consultor deberá elaborar un presupuesto detallado para fines de licitación de la construcción.

A continuación se incluyen los presupuestos para el puente, los accesos y el subtramo de camino que conecta con la vía existente en Baraguana.

DATOS GENERALES		
Longitud desde los estribos	M	130.00
Longitud losas de aproche	M	4.00
Longitud + losas de aproche	M	138.00
Ancho total	M	9.90
Número de carriles	M	2.00
Ancho de cada carril	M	3.00
Cantidad Pilotes en estribos	M	7.79
Profundidad pilote	M	15.00
Altura estribos y pilas	M	4.50
Longitud vigas postensadas	M	31.80
Área puente sin aproches	M ²	1,287.00

PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE

Tabla 64: Presupuesto de construcción del puente Bajabonico

No.	PARTIDA / ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
0	DISEÑO FINAL (incluye puente y accesos)	PA	1		
1	TRABAJOS GENERALES				
1.1	Letrero de obra	PA	1.00		
1.2	Ingeniería	PA	1.00		
1.3	Mantenimiento de tránsito	PA	1.00		
2	CAMPAMENTO	PA	1.00		
3	PLATAFORMA ÁREA DE TRABAJO				
3.1	Para construcción vigas	PA	1.00		
4	MOVIMIENTO DE TIERRA EN EL PUENTE PLATAFORMA PARA CONSTRUCCIÓN PILOTES				
4.1	Estribo Lado No 1				
4.1.1	Excavación de Material hasta Cota de desplante	M³	718.74		
4.1.2	Bote de Material	M³	934.36		
4.1.3	Relleno Material Compactado	M³	98.01		
4.2	Estribo Lado No 2				
4.2.1	Excavación de Material hasta Cota de desplante	M³	718.74		
4.2.2	Bote de Material	M³	934.36		
4.2.3	Relleno Material Compactado	M³	98.01		
4.3	Pilas				
4.3.1	Excavación de Material hasta Cota de desplante	M³	2,156.22		
4.3.2	Bote de Material	M³	2,803.09		
4.3.3	Relleno Material Compactado	M³	294.03		
5	FUNDACIONES				
5.1	Estribo Lado 1 - Pilotes de H.A. - Ø0.80m, L= 15.0m,vaciados in situ, Acero G-60:2.68qq/m3				
5.1.1	Replanteo	UD	8.00		
5.1.2	Perforación de Pilotes Ø 0.80m de 15 m	M³	63.33		
5.1.3	Encamisado Excavación (Colocación Tubo Recuperable 4.00m en cada pilote)	M	32.00		
5.1.4	Suministro de Hormigón f'c 350 kg/cm2 + 25% por infiltracion y oquedades en la Perforación	M³	75.40		

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

5.1.5	Colocación de Hormigón en Pilotes	M³	75.40		
5.1.6	Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijacion y colocación)	QQ	331.84		
5.1.7	Carguio y Bote de material inservible	M³e	82.33		
5.1.8	Demolición con compresores de la cabeza de pilotes 2.00m. De altura	M³e	6.03		
5.2	Estribo Lado 2 - Pilotes de H.A. - Ø0.80m, L= 15.0m,vaciados in situ, Acero G-60:2.68qq/m3				
5.2.1	Replanteo	UD	8.00		
5.2.2	Perforación de Pilotes Ø 0.80m de 15m	M³	63.33		
5.2.3	Encamisado Excavación (Colocación Tubo Recuperable 4.00m en cada pilote)	M	32.00		
5.2.4	Suministro de Hormigón f'c 350 kg/cm2 + 25% por infiltracion y oquedades en la Perforación	M³	75.40		
5.2.5	Colocación de Hormigón en Pilotes	M³	75.40		
5.2.6	Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijacion y colocación)	QQ	331.84		
5.2.7	Carguio y Bote de material inservible	M³e	82.33		
5.2.8	Demolición con compresores de la cabeza de pilotes 2.00m. De altura	M³e	6.03		
5.3	PILOTES EN PILAS				
5.3.1	Cantidd de pilas		3.00		
5.3.2	Replanteo	UD	24.00		
5.3.3	Perforación de Pilotes Ø 0.80m de 15m	M³	190.00		
5.3.4	Encamisado Excavación (Colocación Tubo Recuperable 4.00m en cada pilote)	M	96.00		
5.3.5	Suministro de Hormigón f'c 350 kg/cm2 + 25% por infiltracion y oquedades en la Perforación	M³	226.20		
5.3.6	Colocación de Hormigón en Pilotes	M³	226.20		
5.3.7	Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijacion y colocación)	QQ	995.52		
5.3.8	Carguio y Bote de material inservible	M³e	247.00		
5.3.8	Demolición con compresores de la cabeza de pilotes 2.00m. De altura	M³e	18.10		
6	HORMIGÓN SIMPLE INCLUYE ACONDICIONAMIENTO FUNDACIÓN ESTRIBOS				
6.1	Bajo Zapata Estribo Lado Norte	M³	12.40		

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

6.2	Bajo zapata Estribo Lado Sur	M³	12.40		
6.3	En pilas	M³	37.20		
7.-	HORMIGÓN ARMADO Y ACERO EN:				
7.1	Estribo Lado Norte				
7.1.1	Zapata - Cabezal de Pilotes, f'c 280 kg/cm²	M³	65.49		
7.1.2	Muro Fuste, f'c 350 kg/cm²	M³	55.45		
7.1.3	Pantalla, f'c 350 kg/cm²	M³	12.22		
7.1.4	Aletas, f'c 350 kg/cm²	M³	14.34		
7.2	Estribo Lado Sur				
7.2.1	Zapata - Cabezal de Pilotes, f'c 280 kg/cm²	M³	65.49		
7.2.2	Muro Fuste, f'c 350 kg/cm²	M³	55.45		
7.2.3	Pantalla, f'c 350 kg/cm²	M³	12.22		
7.2.4	Aletas, f'c 350 kg/cm²	M³	14.34		
7.3	Vigas Postensadas				
7.3.1	Vigas Postensadas f'c 350 kg/cm²	M³	450.45		
7.3.2	Izaje Vigas postensadas	Ton	1,126.13		
7.4	Viguetas Transversales Y Tabletas Encofrado Perdido				
7.4.1	Viguetas Intermedias, f'c 280 kg/cm²	M³	25.83		
7.4.2	Viguetas Extremas, f'c 280 kg/cm²	M³	40.72		
7.5	Losa Del Tablero				
7.5.1	Losa del Tablero, f'c 280 kg/cm²	M³	314.82		
7.5.2	Bordillos Tipo New Jersey, f'c 280 kg/cm²	M³	105.04		
7.6	Losa de Aprovecho				
7.6.1	Losa (espesor=0.40m) f'c 280 kg/cm² Lado 1	M³	15.84		
7.6.2	Losa (espesor=0.40m) f'c 280 kg/cm² Lado 2	M³	15.84		
7.6.3	Bordillos Tipo New Jersey lado Norte, f'c 280 kg/cm²	M³	3.23		
7.6.4	Bordillos Tipo New Jersey lado Sur, f'c 280 kg/cm²	M³	3.23		
7.7	En pilas				
7.7.1	Zapata	M³	196.47		
7.7.2	Pedestal Inferior	M³	10.80		
7.7.3	Muro Fuste	M³	160.38		
7.7.4	Pedestal Superior	M³	16.50		
7.7.5	Cabezal Postensado	M³	291.90		
7.7.6	Topes Laterales	M³	4.79		
8	APOYOS ELASTOMÉRICOS DE LAS VIGAS				

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

8.1	Placas de neopreno (0.40 x 0.40 x 0.025, con Placas de acero inscrustadas	UD	48.00		
8.2	Base Apoyo vigas sobre estribo (Grouting) 1	M³	0.92		
9	MISCELÁNEOS				
9.1	Pruebas de integridad, pruebas de Carga	UD	40.00		
9.2	Juntas Metálicas en losas	M	87.91		
9.3	Llenado de Juntas en losas con neopreno líquido	M	175.82		
9.5	Desagüe en tubos de 4"	UD	130.00		
9.6	Pintura muros de defensa tipo New Jersey	M²	883.20		
9.7	Resane de superficies en Estribo, bordillos, New Jersey y aceras	M²	315.99		
11	SEGURIDAD				
11.1	Señalización horizontal y vertical	PA	1.00		
11.2	Salud y seguridad ocupacional	PA	1.00		
11.3	Limpieza final	PA	1.00		

Fuente: IDOM-VNG

CUANTIAS A UTILIZAR	QQ/M3
Zapata estribo	2.30
Muro fuste	1.90
Aletas	2.90
Pantalla	2.70
Vigueta	4.00
New Jersey	2.60
Losa aproche	2.00
Vigas postensadas	3.30
Tabletas	4.00
Baranda	3.50
Zapata pilas	2.00
Fuste pilas	4.80
Cabezal pilas	5.00

PRESUPUESTO DE ACCESOS DEL PUENTE

Tabla 65: Presupuesto de construcción accesos al puente Bajabonico

No.	PARTIDA / ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS GENERALES				

MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

1.1	Ingeniería (Incluido en puente)				
1.2	Mantenimiento del Tránsito	PA	1.00		
1.3	Campamento (Incluido en puente)				
2	MOVIMIENTO DE TIERRA				
2.01	Limpieza desmonte y destronque área tipo A	Ha	0.4		
2.02	Remoción y recolocación de Alambrada	M	360.00		
2.3.2	Excavación en Material No Clasificado:				
a	c) Con sobre acarreo	M³n	3,900.00		
2.3.3	Excavación Material Inservible:				
a	Con equipo	M³n	975.00		
2.3.4	Excavación de Préstamo, caso I, 1er. km. con acarreo libre	M³n	4,565.00		
2.3.6	Relleno:				
a	Para conforma explanación	M³c	3,510.00		
b	Bajo aceras	M³c	142.00		
2.3.13	Escarificación de superficie	M²	4,260.00		
2.3.14	Escarificación entre capas de relleno	M²	4,260.00		
2.4.1	Acarreo adicional				
a	Material Inservible (10 km)	M³e-Km	13,162.50		
b	e) Material de aceras ,contenes (20 km)	M³e-Km	3,692.00		
2.4.2	Acarreo adicional material de préstamo (20 km.)	M³e-Km	118,690.00		
2.4.3	Acarreo adicional material de Base (40 km.)	M³e-Km	29,394.00		
2.4.4	Acarreo adicional material de Sub Base (30km.)	M³e-Km	31,950.00		
2.5.1	Excavación para estructuras hasta 1.5 m. de Prof.	M³n	50.00		
2.6.1	Terminación de sub-rasante	M²	4,260.00		
3	SUB-BASE Y BASE				
3.1.4	Sub Base granular natural (incluye acarreo del 1er. km.)	M³c	852.00		
3.1.7	Base Granular Triturada (incluye Ac. 1er. KM)	M³c	639.00		
4	CAPA DE RODADURA				
4.1	Suministro hormigón asfáltico (2")	M³c	216.41		
4.2	Aplicación	M³c	216.41		
4.3	Transporte (45 km)	M³c	216.41		
4.4	Suministro de AC-30	M³c	216.41		
4.5	Riego de adherencia	M²	4,260.00		
4.6	Riego de imprimación con gravilla @0.50 gl/m2	M²	4,260.00		
5	SEGURIDAD VIAL				

**MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)**

5.1	Bordillo y contén de hormigón vaciado en sitio (Hormigón Ind. 180 kg/cm ²)	M	1,420.00		
5.2	Aceras de hormigón (Hormigón Ind. 180 kg/cm ²)	M ²	1,420.00		
5.3	Señalización vial	PA	1.00		
6	ILUMINACION VIAL				
6.1	Postes de hormigón armado de 30 pies con luminarias de 250W HPS 240V	UD	10		
6.2	Conductor para luminarias formado por: 2C thhn No.10, 1C thhn No.12, en ducto PVC de 3/4"φ	PA	1.00		
7	OBRAS COMPLEMENTARIAS				
7.1	Medio ambiente y arborización	PA	1.00		
7.2	Salud y seguridad ocupacional	PA	1.00		
7.3	Limpieza final	PA	1.00		

Fuente: IDOM-VNG

8.6. PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL

Formato de presentación de planos.

Los planos del diseño conceptual se han elaborado en formato 24"x36", entregables en versión digital.

Planos elaborados`

- Localización del proyecto
- Planta levantamiento topográfico
- Planta General
- Planta dimensionada-perfil
- Sección tipo

ÍNDICE DE TABLAS, MAPAS, GRÁFICOS, ILUSTRACIONES

TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del puente Bajabonico propuesto	17
Tabla 2: Resultados de los sondeos obtenidos partir de (SEV) puente Bajabonico.	34
Tabla 3: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 2 años.	36
Tabla 4: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 10 años.	36
Tabla 5: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 50 años.	36
Tabla 6: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 100 años.	37
Tabla 7: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 200 años.	37
Tabla 8: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 500 años.	38
Tabla 9: Cotas máximas del agua en la sección del emplazamiento del nuevo puente para los distintos periodos de retorno.	39
Tabla 10: Resultado No 1. Proyecto factible financieramente.	42
Tabla 11: Resumen de costos de construcción del puente Bajabonico y vialidad.	42
Tabla 12: Características de las estaciones pluviométricas.	60
Tabla 13: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno.	61
Tabla 14: Instrumentos utilizados en la TRMM.	61
Tabla 15: Bandas de la TRMM.	62
Tabla 16: Instrumentos utilizados en la GPM.	63
Tabla 17: Lista de distribuciones utilizadas.	64
Tabla 18: NEX/GDDP GCMs	68
Tabla 19: Método no paramétrico de Mann Kendall y pendiente de Sen por dataset.	71
Tabla 20. Número de curva para condición antecedente de humedad II según el uso del suelo y su grupo hidrológico.	76
Tabla 21: Parámetros para el cálculo de abstracciones del río Bajabonico.	83
Tabla 22: Parámetros hidrológicos para la propagación del hidrograma en cada tramo del río Bajabonico.	84
Tabla 23: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 2 años.	85
Tabla 24: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 10 años.	85

Tabla 25: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 50 años.....	85
Tabla 26: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 100 años.	86
Tabla 27: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 200 años.	86
Tabla 28: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Bajabonico para el periodo de retorno de 500 años.	87
Tabla 29: Cotas máximas del agua en cada sitio de estudio para distintos periodos de retorno.....	89
Tabla 30: Costes de construcción preliminar (inversión inicial) para cada periodo de retorno analizado.	102
Tabla 31: Inversión inicial, coste del riesgo y coste total para cada periodo de retorno de diseño. .	105
Tabla 32: Distancias recorridas en las comunidades para llegar a Imbert, con o sin proyecto.	106
Tabla 33: Población estimada de las comunidades.	107
Tabla 34: Proyección del tráfico generado diariamente en motocicletas.	107
Tabla 35: Proyección del tráfico generado diariamente en motocicleta.	108
Tabla 36: Proyección del tráfico generado diariamente en vehículos livianos	108
Tabla 37: Proyección del tráfico generado diariamente en vehículos pesados.....	109
Tabla 38: Proyección costo de combustible anual por las motocicletas	110
Tabla 39: Proyección costo de combustible anual por los vehículos livianos	110
Tabla 40: Proyección costo de combustible anual por los vehículos pesados.....	111
Tabla 41: Resumen de costos de combustible anual.....	111
Tabla 42: Proyección costos neumáticos en motocicletas.....	111
Tabla 43: Proyección costos neumáticos en vehículos livianos.....	111
Tabla 44: Proyección costos neumáticos en vehículos pesados	112
Tabla 45: Resumen costos neumáticos anuales.....	112
Tabla 46: Proyección de costos lubricantes y filtros en motocicletas anual.....	112
Tabla 47: Proyección de costos lubricantes y filtros en vehículos livianos anual.....	112
Tabla 48: Proyección de costos lubricantes y filtros en vehículos pesados anual	113
Tabla 49: Proyección del tráfico generado diariamente en vehículos pesados.....	113
Tabla 50: Proyección costo del tiempo de viaje a los pasajeros	113
Tabla 51: Proyección del ahorro en tarifa de viaje a los pasajeros por disminución de distancia	113
Tabla 52: Proyección costo de tiempo de viaje de conductores de motocicletas.....	114
Tabla 53: Proyección costo tiempo de viaje conductores vehículos livianos	114
Tabla 54: Proyección costo tiempo de viaje de conductores vehículos pesados.....	114
Tabla 55: Proyección costo de tiempo de viaje de uso de las motocicletas.....	114
Tabla 56: Proyección costo tiempo de uso de los vehículos livianos	115
Tabla 57: Proyección costo uso vehículos pesados.	115

Tabla 58: Condiciones del financiamiento del BEI para el proyecto	115
Tabla 59: Resultado No 1. Proyecto factible financieramente. Sobrepasa los requisitos establecidos por el BEI	116
Tabla 60: Resultado No. 2. Proyecto factible al disminuir la movilidad de 12% a 10.5%	116
Tabla 61: Resultado No. 3. Proyecto factible al aumentar el precio de la gasolina de RD\$198 @ RD\$250 y disminución movilidad de 12% @ 10%	116
Tabla 62: Resultado No. 4 Proyecto factible al aumentar el precio del pasaje con proyecto de RD\$50 @ RD65	117
Tabla 63: Estado de resultados del análisis financiero	117
Tabla 64: Presupuesto de construcción del puente Bajabonico	124
Tabla 65: Presupuesto de construcción accesos al puente Bajabonico	127

MAPAS

Mapa 1 Precipitación para un periodo de retorno de 2 años	66
Mapa 2 Precipitación para un periodo de retorno de 10 años	66
Mapa 3 Precipitación para un periodo de retorno de 50 años	67
Mapa 4 Precipitación para un periodo de retorno de 100 años	67
Mapa 5 Proyección histórica con un periodo de retorno de 100 años.	69
Mapa 6 RCP 4.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años.	69
Mapa 7 RCP 8.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años.	70

GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.	41
Gráfico 2. Hidrograma a la salida de la Cuenca del Río Bajabonico, para el modelo de TR 100 años.	84
Gráfico 3. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.	104
Gráfico 4. Curva de excedencia de daños y Pérdida Anual Esperada obtenido para cada alternativa de diseño.	105

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación del puente Bajabonico	7
Ilustración 2: Foto (1905) del puente de la antigua vía férrea en el sitio de obra	7
Ilustración 3: Línea superior acceso desde Imbert. Línea inferior, salida a Baraguana	8
Ilustración 4: Cruce del río Bajabonico. Condición actual	9
Ilustración 5: Cauce del río Bajabonico en el sitio propuesto, con restos de obras anteriores	10
Ilustración 6: Comunidades involucradas	11
Ilustración 7: Longitudes del puente para los diferentes periodos de retorno analizados	15

Ilustración 8: Conjunto del proyecto	16
Ilustración 9: Localización del nuevo puente y los accesos	18
Ilustración 10: Planta dimensionada del puente Bajabonico.	19
Ilustración 11: Sección transversal del puente Bajabonico.	19
Ilustración 12: Dimensiones del puente Bajabonico.....	20
Ilustración 13: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado	21
Ilustración 14: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado	22
Ilustración 15: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado	22
Ilustración 16: Planta del tramo de acceso al puente en Imbert.....	23
Ilustración 17: Elevación y perfil del tramo de acceso al puente en Imbert.....	23
Ilustración 18: Planta del subtramo 1 de salida del puente en Baraguana.....	24
Ilustración 19: Elevación y perfil del subtramo 1 de salida del puente en Baraguana.....	24
Ilustración 20: Planta del subtramo 2 de salida del puente en Baraguana a camino existente.	25
Ilustración 21: Perfil del subtramo 2 de salida del puente en Baraguana a camino existente.	25
Ilustración 22: Puntos No. 1 (izq) y 2 (der) de georreferenciación	30
Ilustración 23: Planta general del levantamiento topográfico incluyendo curvas de nivel	33
Ilustración 24: Detalle tipo de fundación con pilotes de hormigón	35
Ilustración 25 Calados máximos del río Bajabonico. Comparativa periodos de retorno 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años.	38
Ilustración 26 Sección transversal de la propuesta de diseño del nuevo puente en el río Bajabonico para el periodo de retorno de 100 años.	39
Ilustración 27: Viviendas en Baraguana a ser reubicadas.	40
Ilustración 28: Área inicialmente prevista para el levantamiento topográfico	49
Ilustración 29: Tabla periódica de Resistividad de metales puros.....	50
Ilustración 30: Localización de los sondeos (SEV) realizados.	52
Ilustración 31: Estratigrafía a partir de (SEV) estribo lado Imbert	53
Ilustración 32: Estratigrafía a partir de (SEV) estribo lado Baraguana	54
Ilustración 33: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dollan et al., 1998).	55
Ilustración 34: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dollan et al., 1998).	55
Ilustración 35: Esquema geológico de la zona del proyecto.	58
Ilustración 36: Localización de las estaciones pluviométricas.....	60
Ilustración 37: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno.....	61
Ilustración 38: Extracción de la banda de precipitación principal y creación un nuevo dataset con datos de precipitación diarios.	62
Ilustración 39: Extracción de centroides.	63
Ilustración 40: Localización de los centroides de TRMM.	63

Ilustración 41: Ensamble de datasets.	64
Ilustración 42: Calibración de centroides asignados a estaciones.	65
Ilustración 43: IDW con el valor de la calibración.....	65
Ilustración 44: Dataset de precipitaciones calibrado.	65
Ilustración 45:Pendiente de Sen para el dataset RCP 4.5 (2046-2070).....	71
Ilustración 46:Pendiente de Sen para el dataset estaciones (1998-2019).	72
Ilustración 47:Pendiente de Sen para el dataset histórico (1970-2005).	72
Ilustración 48:Pendiente de Sen para el dataset TRMM/GPM (1998-2019).	73
Ilustración 49 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) Zona 10 Miami (Estado de Florida, USA).	74
Ilustración 50. Hidrograma unitario del SCS	75
Ilustración 51: Usos de suelo en la cuenca del río Bajabonico.	78
Ilustración 52: Geología en la cuenca del río Bajabonico.	78
Ilustración 53: Clasificación frente al drenaje en la cuenca del río Bajabonico.	79
Ilustración 54: Número de Curva en la cuenca del río Bajabonico.....	79
Ilustración 55. Modelo hidrológico HEC-HMS de la Cuenca del Río Bajabonico	82
Ilustración 56 Malla de cálculo no estructurada desarrollada para el modelo hidráulico del tramo analizado del Río Bajabonico	88
Ilustración 57 Calados máximos del río Bajabonico. Comparativa periodos de retorno 2, 10, 50, 100, 200 y 500 años.	89
Ilustración 58 Perfil longitudinal del modelo hidráulico del río Bajabonico. Periodo de retorno de 50 años.	90
Ilustración 59 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 50 años, <i>sección transversal aguas arriba</i>	90
Ilustración 60 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 50 años, <i>sección transversal aguas abajo</i>	91
Ilustración 61 Perfil longitudinal del modelo hidráulico del río Bajabonico. Periodo de retorno de 100 años.....	91
Ilustración 62 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 100 años, <i>sección transversal aguas arriba</i>	92
Ilustración 63 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 100 años, <i>sección transversal aguas abajo</i>	92
Ilustración 64 Perfil longitudinal del modelo hidráulico del río Bajabonico. Periodo de retorno de 200 años	93
Ilustración 65 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 200 años, <i>sección transversal aguas arriba</i>	93
Ilustración 66 Sección transversal del modelo hidráulico en el río Bajabonico de la propuesta de diseño del nuevo puente. Periodo de retorno de 200 años, <i>sección transversal aguas abajo</i>	94

Ilustración 67 Mapa de calados de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 50 años.	94
Ilustración 68 Mapa de calados de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 100 años.	95
Ilustración 69 Mapa de calados de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 200 años.	95
Ilustración 70 Mapa de velocidad máxima de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 50 años.	96
Ilustración 71 Mapa de velocidad máxima de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 100 años.	96
Ilustración 72 Mapa de velocidad máxima de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 200 años.	97
Ilustración 73 Mapa de energía de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 50 años.	97
Ilustración 74 Mapa de energía de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 100 años.	98
Ilustración 75 Mapa de energía de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 200 años.	98
Ilustración 76 Mapa de caudal específico de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 50 años.	99
Ilustración 77 Mapa de caudal específico de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 100 años.	99
Ilustración 78 Mapa de caudal específico de la modelización del puente propuesto para el periodo de retorno de 200 años.	100
Ilustración 79: Viviendas en Baraguana a ser reubicadas.	101