



**DISEÑO CONCEPTUAL BASADO EN RIESGO
SUBPROYECTO DE INFRAESTRUCTURA:
CONSTRUCCIÓN PUENTE PARA UNIR LA COMUNIDAD DE
BATEY GINEBRA - LA LOMETA
GASPAR HERNÁNDEZ,
PROVINCIA DE ESPAILLAT**

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	7
2.3.1.	ACCESOS	7
2.3.2.	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	8
2.3.3.	CONDICIONES ESTRUCTURALES.....	9
2.3.4.	CONDICIONES HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS.....	10
2.3.5.	CONDICIONES DEL TRÁFICO.....	10
2.4.	COMUNIDADES INVOLUCRADAS	11
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	15
4.5.1.	DISEÑO DE CONJUNTO	15
4.5.1.	PROYECTO DISEÑADO	16
4.5.1.	CONSTRUCCIÓN DE DESVÍOS.....	24
4.6.	PLAN DE EJECUCIÓN DE OBRAS.....	24

5.	METODOLOGÍA GENERAL	25
5.1.	NORMAS APLICABLES	25
5.1.1.	NORMAS Y REGLAMENTOS DOMINICANOS	25
5.1.2.	NORMAS INTERNACIONALES.....	25
5.1.3.	NORMAS Y REGLAMENTOS DOMINICANOS REVISADOS POR LA ATI.....	26
5.2.	RECOPIACIÓN DE DOCUMENTACIÓN EXISTENTE	26
5.3.	TRABAJO DE GABINETE	27
5.4.	TRABAJO DE CAMPO	27
5.4.1.	VISITAS DE CAMPO	27
5.4.2.	ENTREVISTAS A COMUNITARIOS	28
5.4.3.	GEORREFERENCIACIÓN	28
6.	ELABORACIÓN DE INFORMES Y MEMORIAS.....	29
7.	RESULTADOS.....	30
7.1.	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN DE DISEÑO ADOPTADA.....	30
7.2.	ESTUDIOS BÁSICOS Y OTROS ESTUDIOS REALIZADOS	31
7.2.1.	TOPOGRAFÍA	31
7.2.2.	GEOTÉCNIA.....	32
7.2.3.	MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES.....	34
7.2.4.	HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA	34
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	41
7.5.	ESTUDIOS ECONÓMICOS.....	41
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.....	57
8.1.5.	CAMBIO CLIMÁTICO, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA.....	57
8.1.6.	AMBIENTALES.....	92
8.1.7.	CENTROS DE PRODUCCIÓN	93
8.1.8.	EXPROPIACIONES.....	93
8.2.	ESTUDIO COSTO/BENEFICIO	94
8.2.1.	ESTUDIO DE MOVILIDAD	94
8.2.2.	ESTUDIO DE TRÁFICO	95
8.2.3.	ESTUDIO Y RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD VIAL.....	95
8.2.4.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FINANCIERA DEL PUENTE.....	96
8.3.	PATRIMONIO CULTURAL	96
8.4.	SOCIALIZACIÓN COMUNITARIA	98
8.5.	ESTUDIOS ECONÓMICOS.....	98
8.5.1.	PRESUPUESTO DE OBRA.....	98
8.6.	PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL	104
	ÍNDICE DE TABLAS, MAPAS, GRÁFICOS, ILUSTRACIONES	105

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 Veragua en Batey Ginebra en la comunidad de Batey Ginebra.**

Este Informe de **Estudios Básicos y Diseño Conceptual del Puente Batey Ginebra**, 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:

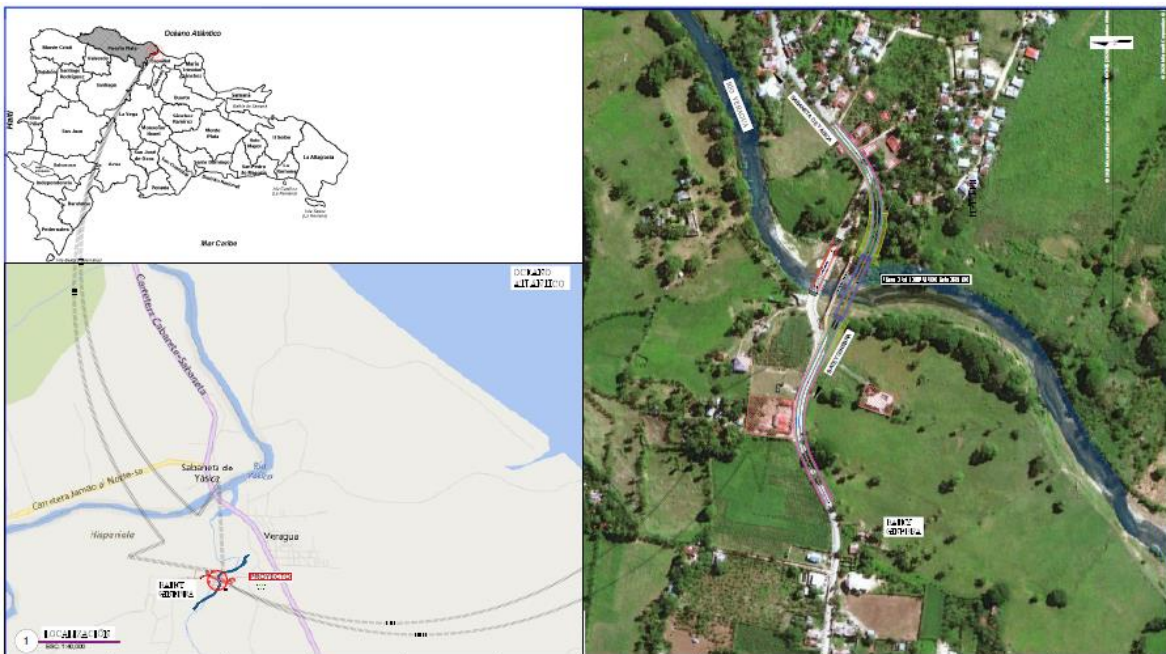
Un Informe digital conteniendo: 1-Datos generales, nombre del proyecto, introducción, antecedentes, localización, comunidades beneficiadas, 2-Alcance. 3-Diseño conceptual. Diseño del conjunto, diseño conceptual del proyecto. 4. Recomendaciones. Anexos: Reportes de los estudios básicos realizados

Este documento sobre **Diseño conceptual del Puente a Batey Ginebra** corresponde al entregable con el contenido señalado en el párrafo anterior.

2.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto Puente Batey Ginebra se localiza en la comunidad de Batey Ginebra en la cercanía de Sabaneta de Yásica, en la provincia de Esparillat.. Ver ilustración No. 1.

Ilustración 1. Ubicación del puente Batey Ginebra



Fuente: IDOM-VNG

Otras comunidades ubicadas en la cercanía del puente que se beneficiaran de la construcción del nuevo puente son: Veragua, Villa Progreso y Las Marías.

2.3. SITUACIÓN ACTUAL

2.3.1. ACCESOS

Actualmente existe un puente tipo badén tubular en el cruce del río Veragua en la vía que une a Batey Ginebra con Sabaneta de Yásica y otras comunidades, así como un puente peatonal.

Se llega al puente-badén existente desde la Carretera troncal No. 5 (Sabaneta de Yásica-Gaspar Hernández) cruzando por la comunidad de Villa Progreso, a través de calles y caminos pavimentados

transitables. La llegada al puente es una curva un poco cerrada, así como la salida del mismo. El camino permite el acceso a una zona de producción agropecuaria, actividad económica principal de esta zona, junto con el turismo.

2.3.2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.

El puente-badén existente tiene un ancho de 4.5 m y una longitud de 40 m, consiste en una losa de hormigón armado sobre una batería de tubos de hormigón armado de 42". Cumple con las características geométricas estandarizadas de puente-badén tubular del MOPC, que permite que durante las crecidas del río Veragua, el agua pase por encima del puente-badén, interrumpiendo el tránsito durante el periodo que dura el evento, siendo dicha interrupción, la causa principal por la que se propone que el puente -badén sea sustituido por un puente tipo viga de hormigón armado, que aumentará la resiliencia de las comunidades antes desastres por inundaciones.

Ilustración 2. Puente badén y peatonal existentes. Río Veragua. Accesos



Fuente: IDOM-VNG

Paralelo al puente-badén, aguas arriba, fue construido un puente peatonal en estructura metálica, cuya elevación permite que sea utilizado por peatones y motoristas cuando las crecidas del río impiden el tránsito por el puente-badén.

Ilustración 3. Puente Peatonal existente y crecida del río Veragua.



Fuente: Google Image

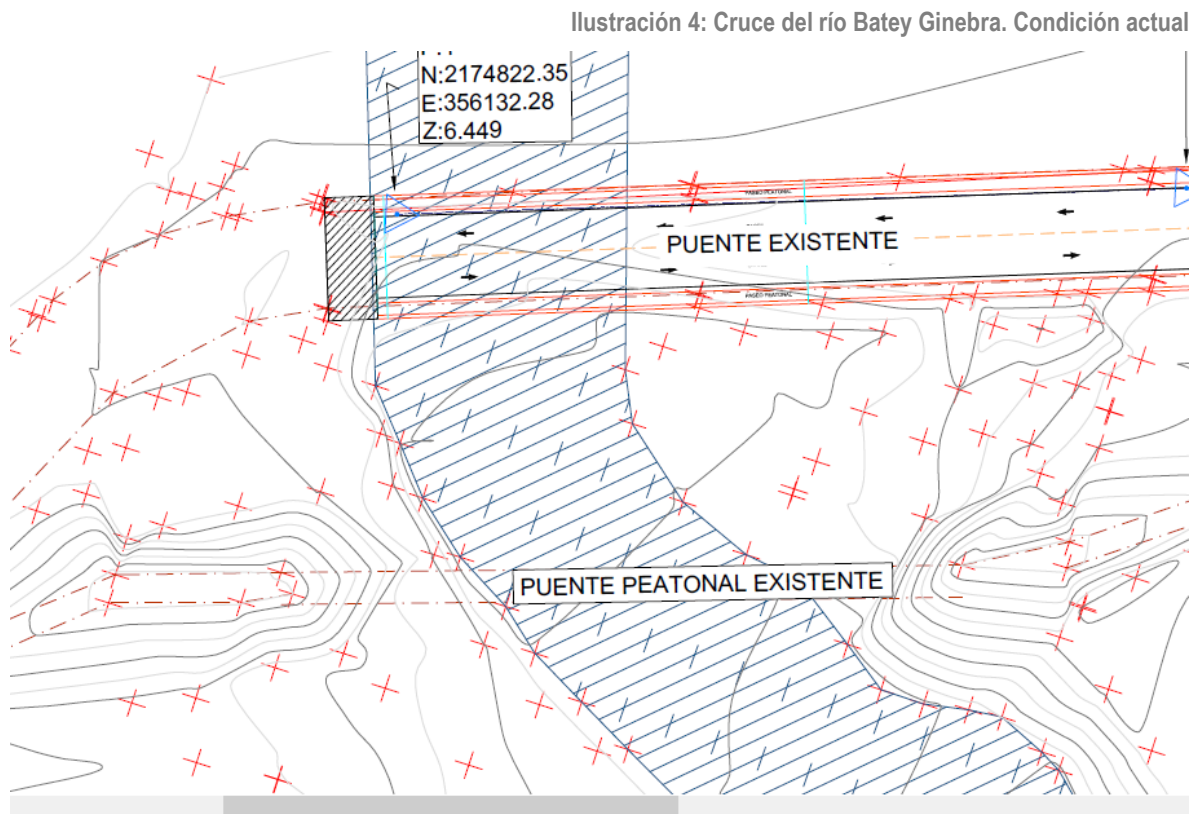
2.3.3.CONDICIONES ESTRUCTURALES.

La condiciones estructurales del puente-badén, evaluadas visualmente son buenas, no siendo las mismas la causa de su sustitución por un puente que permita mantener el tráfico, durante las crecidas del río Veragua. Se observa la necesidad de limpieza del fondo de los tubos, ya que la mayoría están sedimentados por la arena del río.

Antes las evidencias de inundaciones que impiden el paso del tráfico por el puente badén existente, el nuevo puente debe ser de una estructura basada en hormigón armado, con fundación en pilotes, losa estándar de 30 m de longitud, con una pila en el centro, quedando así una estructura con dimensiones y características estructurales resiliente a las crecidas históricas del río.

2.3.4.CONDICIONES HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS.

El puente a construir estará ubicado sobre el río Veragua, aguas arriba del puente peatonal. Según el testimonio de los vecinos, la salida del puente peatonal es identificada como la cota máxima de inundación alcanzada históricamente por el río (cota 8.05 msnm), la cual sobrepasa el puente badén existente (calzada en la cota 6.6 msnm), principalmente en periodos de lluvias y tormentas, lo que implica que el nuevo puente debe tener su losa a una elevación mayor que la existente, superior a la máxima cota histórica de inundación señalada por los moradores. La modelación hidráulica del cauce, así como el diseño basado en riesgo (mostrados más adelante) fijan la cota definitiva de diseño del tablero del puente.



Fuente: IDOM-VNG

2.3.5.CONDICIONES DEL TRÁFICO.

Por el puente existente circula un tráfico mixto de vehículos de carga y de transporte de pasajeros, que se mueven entre las diferentes localidades así como para trasladar la producción agropecuaria a los centros de consumo o mercados. Por esas razones es necesario eliminar o minimizar el riesgo de interrupción del tráfico durante las crecidas del río Veragua y evitar accidentes por lo estrecho del puente existente.

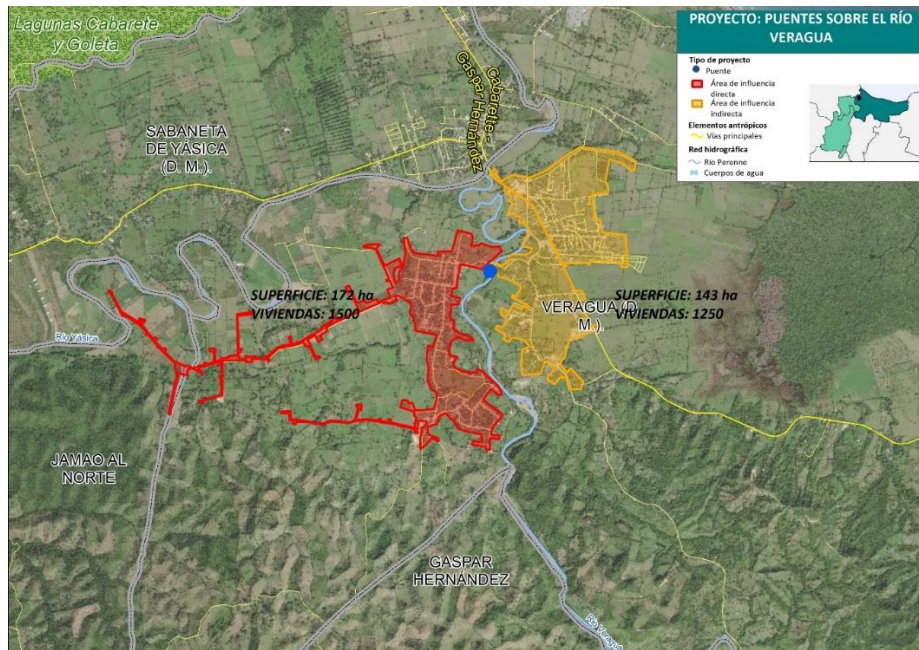
2.4. COMUNIDADES INVOLUCRADAS

Batey Ginebra. El puente se encuentra en la comunidad de Batey Ginebra, la cual se ubica en la margen occidental del río Veragua, en el Distrito Municipal de Sabaneta de Yásica, provincia Espaillat, aproximadamente a un kilómetro de la carretera nacional No. 5.

Veragua y Villa Progreso. Comunidades ubicadas en la margen oriental del río Veragua, al Este de Batey Ginebra, cuyos moradores son usuario del puente y por tanto, constituyen una población beneficiada.

Las Marías. Comunidad ubicada en la margen occidental del río Veragua, al sur de Batey Ginebra, cuyos moradores son usuario del puente y por tanto, constituyen una población beneficiada.

Ilustración 5. Comunidades involucradas



Fuente: IDOM-VNG

3. DATOS GENERALES

3.1. INFORMACIÓN GENERAL

- Nombre del proyecto: Puente Batey Ginebra
- Ubicación: Comunidad Batey Ginebra
- Municipio: Gaspar Hernández
- DM. Sabaneta de Yásica
- Provincia: Espaillat

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 por 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)
- Union Europea

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
- 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 distintas alternativas de diseño conceptual del puente Batey Ginebra, diferenciadas por los periodos de retorno analizados. Las condiciones geométricas del área de inundación con unas márgenes muy tendidas, hace que se alcance la máxima cota en la 8.5 msnm, no pudiendo ninguna avenida superarla, ya que la divisoria funcionaría como un aliviadero de gran longitud, por lo que es de esperar que una avenida extraordinaria, por encima de lo observado históricamente por los moradores, pueda producir una gran inundación en superficie, pero no un incremento apreciable de la cota de inundación.

Las características de la opción seleccionada son las siguientes.

- Tr: No dimensionado para un periodo de retorno si no para un cota máxima de inundación.
- Longitud del puente: 60 m
- Cota mínima del tablero en estribo del lado de Batey Ginebra 9.97 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.

4.3. ESTUDIO COSTO/BENEFICIO

El Anexo A del Contrato de financiación entre la República Dominicana y el Banco Europeo de Inversiones en el que se enmarca este subproyecto, establece que la rentabilidad debe ser superior al 10% considerando los flujos de tráfico reales y previstos, excepto en carreteras y puentes que sean la única vía de conexión, como es el caso de esta infraestructura. Por lo que no se ha llevado a cabo dicho análisis al no ser un elemento decisor, aun siendo previsiblemente rentable.

El análisis realizado a partir de imágenes satelitales indica que la población de Batey Ginebra cuya única vía de comunicación es este puente es de 1.500 personas, a lo que habría que añadir los aproximadamente 1.250 beneficiarios indirectos de Villa Progreso. Adicionalmente se han detectado 1994 ha de cultivo en la margen izquierda del cauce, que necesitan de este cruce para dar salida a sus productos.

4.4. ESTUDIOS ECONÓMICOS

Se elaboró el presupuesto para la cota máxima de inundación de 8.5 msnm, así como para los subtramos de acceso y salida al puente, 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

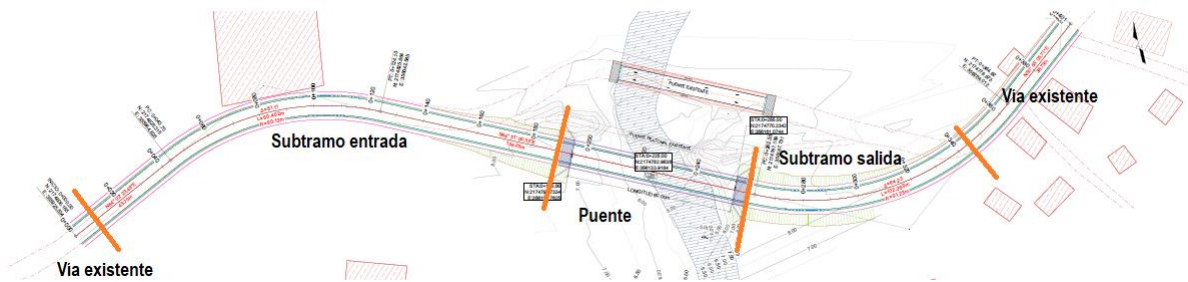
4.5.1. DISEÑO DE CONJUNTO

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 Batey Ginebra, es una variante del acceso al puente existente, a la cual se le ha mejorado la curva horizontal. La salida es un subtramo que enlaza con la vía existente

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.

Ilustración 6: 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

4.5.1. PROYECTO DISEÑADO

LOCALIZACIÓN DEL NUEVO PUENTE

El emplazamiento del nuevo puente será uniendo los dos accesos del puente existente con tramos de enlace o variantes con curvas de menor radio, cuyas coordenadas son las mostradas en la tabla siguiente.

Tabla 1. Coordenadas del puente Batey - Ginebra propuesto

PROYECTO	COORDENADAS UTM	
	LONGITUD	LATITUD
PUENTE BATEY GINEBRA	INICIO	356106.76 m E 2174795.73 m N
	MEDIO	356133.92 m E 2174782.98 m N
	FINAL	356161.07 m E 2174770.23 m N

Fuente: IDOM-VNG

DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL NUEVO PUENTE EN BATEY GINEBRA SOBRE EL RÍO BATEY VERAGUA.

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 existencia de un puente badén que es cubierto por las inundaciones del río Veragua, lo cual impide a los moradores de Batey Ginebra, Veragua, Villa Progreso y Las Marías cruzar de una comunidad a otra.

Se diseña a nivel conceptual el nuevo puente a construir sobre el río Veragua, se introducen variantes de enlace a la entrada y salida del puente con la vía existente. El puente se ubica aguas arriba del puente peatonal existente.

Se puede considerar el proyecto dividido en 3 partes o tramos:

- Variante de acceso de entrada al puente en Batey Ginebra
- El nuevo puente sobre el río Veragua
- Variante de salida del puente en Batey Ginebra

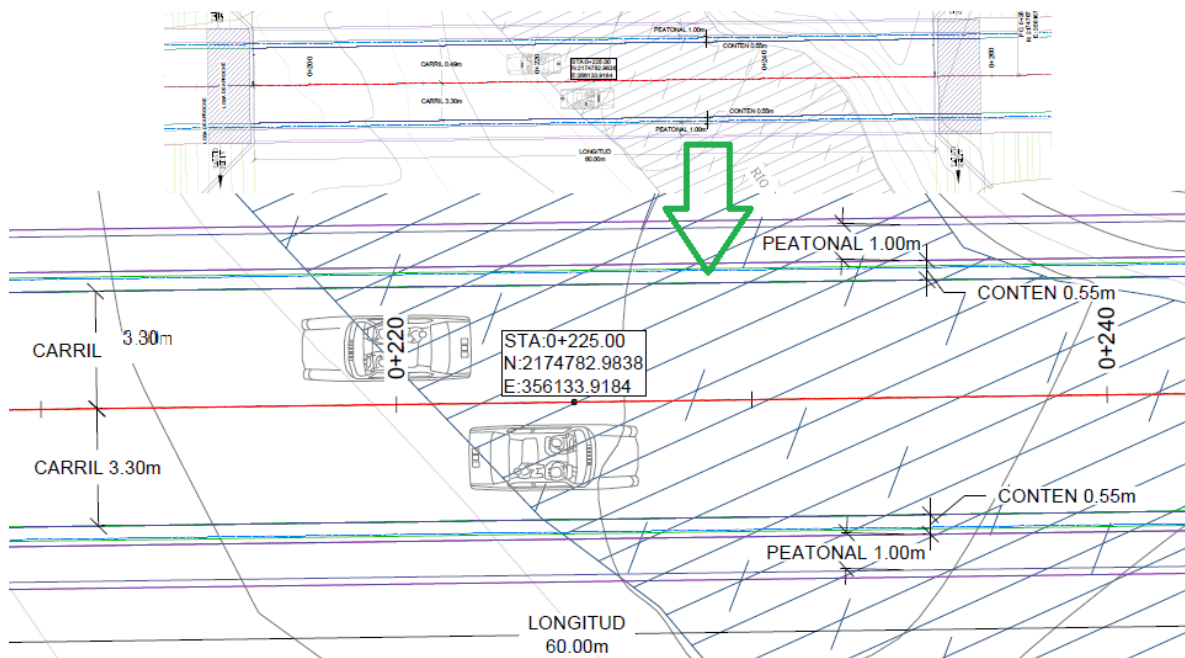
PUENTE CONSIDERADO

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: 60 m
- Ancho: el especificado en la sección típica
- Cota del tablero en estribo del lado de Batey Ginebra 9.97 msnm
- Cota del tablero en estribo del lado de Batey Ginebra 10.34 msnm

PLANTA DIMENSIONADA DEL NUEVO PUENTE

Ilustración 7: Planta dimensionada del puente Batey Ginebra.

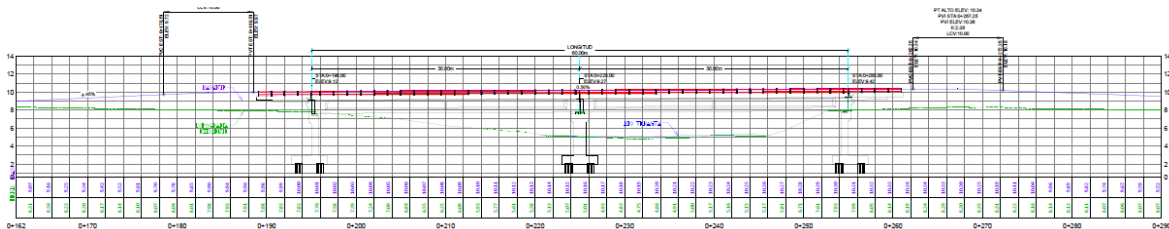


Fuente: IDOM-VNG

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 in situ (drill shaft), apoyado en sus dos estribos y una pila, vigas postensadas, tablero, losa de approaches y demás elementos en hormigón armado, conforme a los puentes estándares del MOPC.

Ilustración 8: Elevación del puente Batey Ginebra

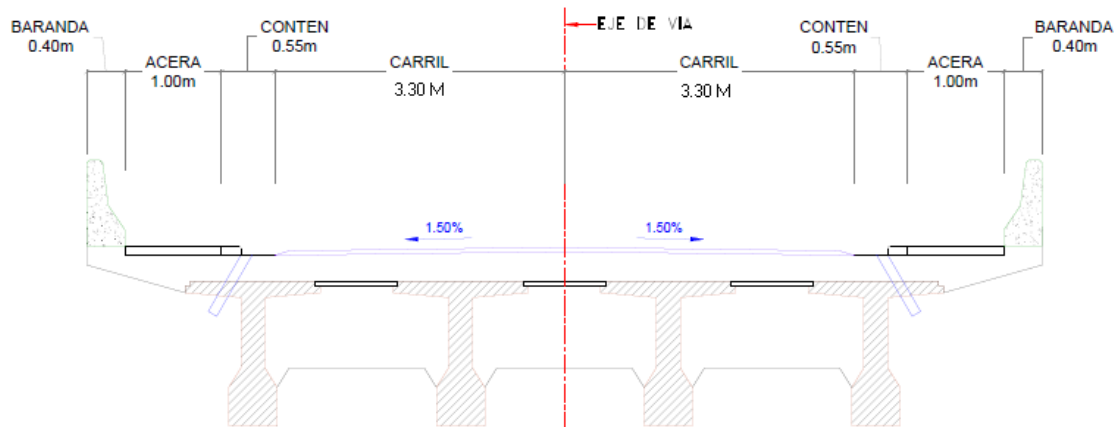


Fuente: IDOM-VNG

SECCIÓN TRANSVERSAL DEL DISEÑO CONCEPTUAL DEL PUENTE.

La sección aprobada para el diseño conceptual consiste en dos carriles de 3.30 m, aceras peatonales y baranda con un ancho total de 10.50 m, según se muestra en el plano siguiente.

Ilustración 9: Sección transversal del puente Batey Ginebra.



Fuente: IDOM-VNG

ESTRUCTURA DEL NUEVO PUENTE

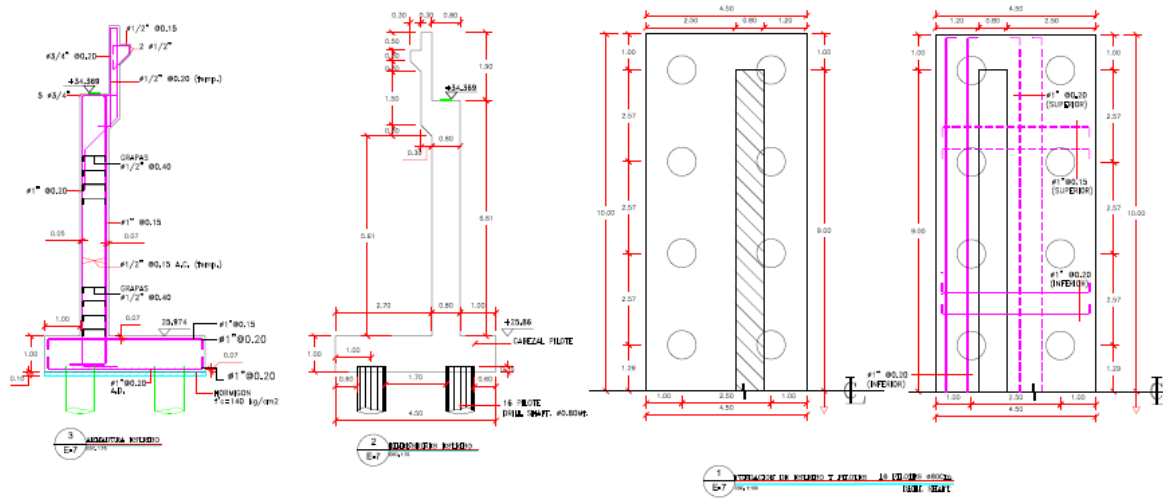
a-Tipo. El nuevo puente será del tipo puente-viga, de hormigón armado, con fundación en pilotes en ambos estribos y en las pilas, vigas postensadas en sitio, losas típicas de 30 @ 35 m de longitud, losas de enfoques de 3 @ 4 m de longitud, de dos carriles, con bordillo, aceras peatonales y barandas de 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 8 @ 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.

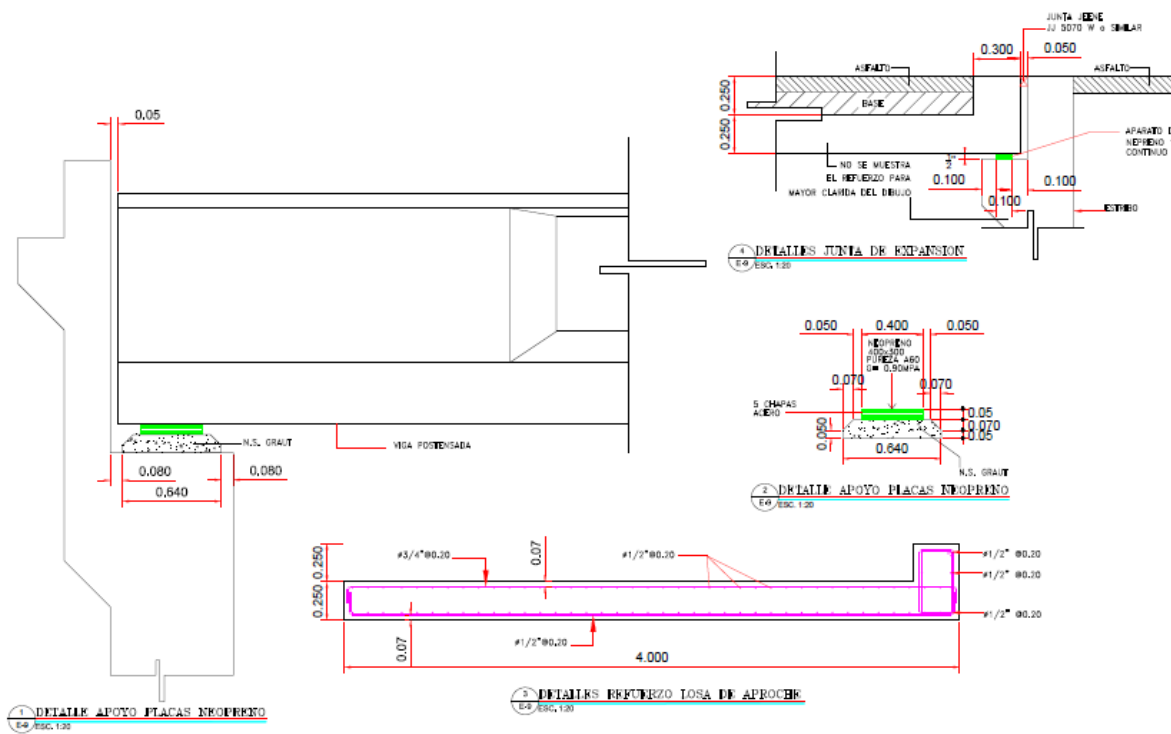
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 10: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado



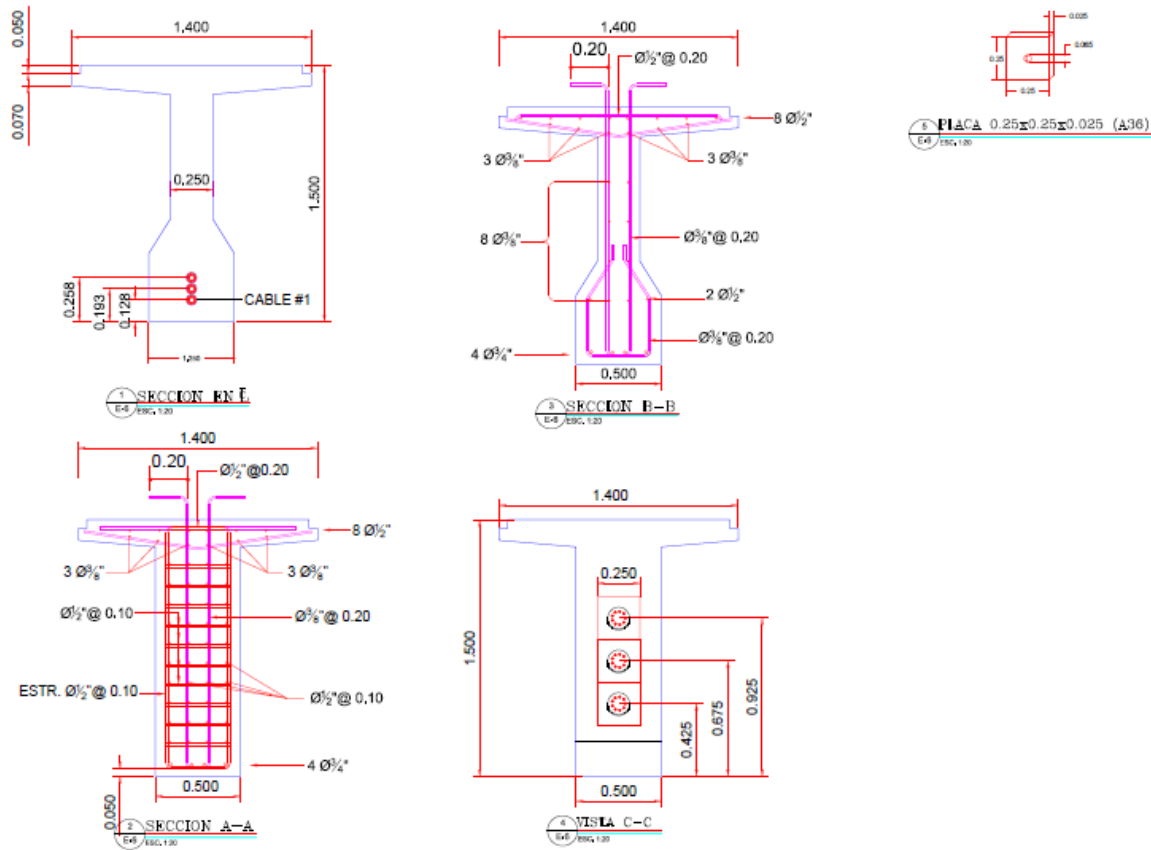
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 11: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 12: Plano detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado



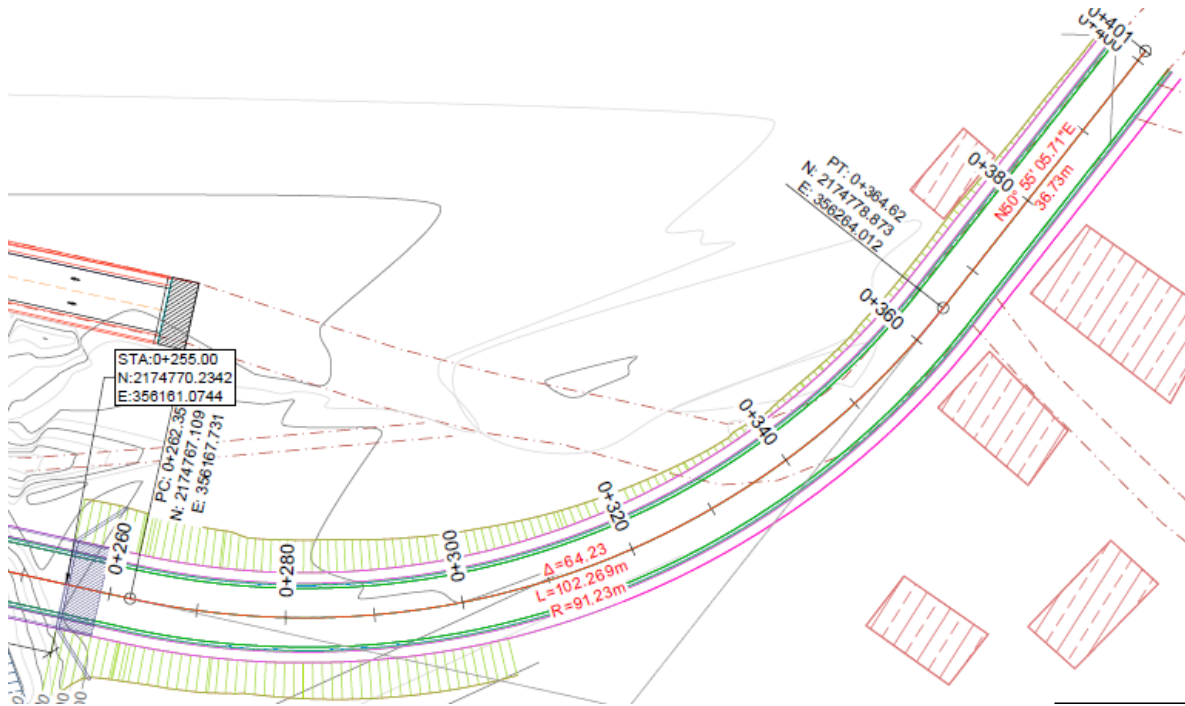
Fuente: IDOM-VNG

ACCESOS

Acceso de entrada al puente Batey Ginebra. Corresponde a un tramo de 55 m diseñado como una variante que enlace con una curva de mayor radio, para conectar la vía existente con el puente Batey Ginebra.

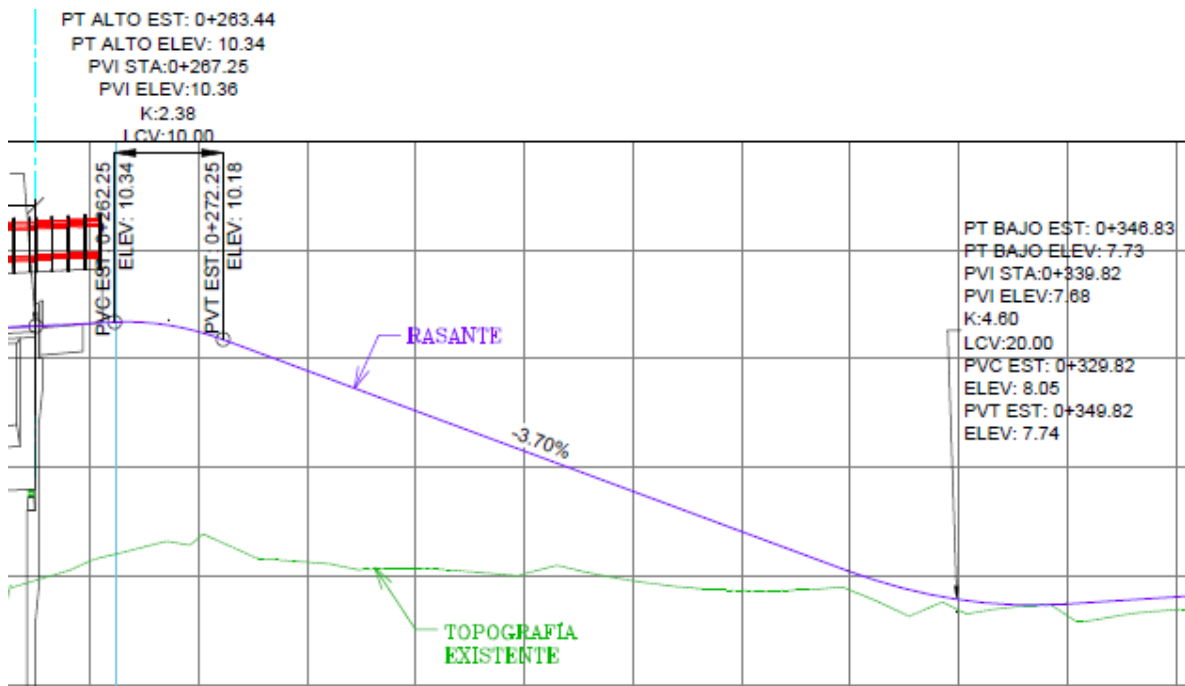
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 13: Planta del tramo de acceso al puente en Villa Progreso.



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 14: Elevación y perfil del tramo de acceso al puente en Villa Progreso



Fuente: IDOM-VNG

Tramo de salida: Consiste en el tramo que va desde el enfoque de salida hasta el empalme con la vía existente, el tramo es de aproximadamente 80 m de longitud.

Ilustración 15: Planta del tramo de salida del puente en Batey Ginebra

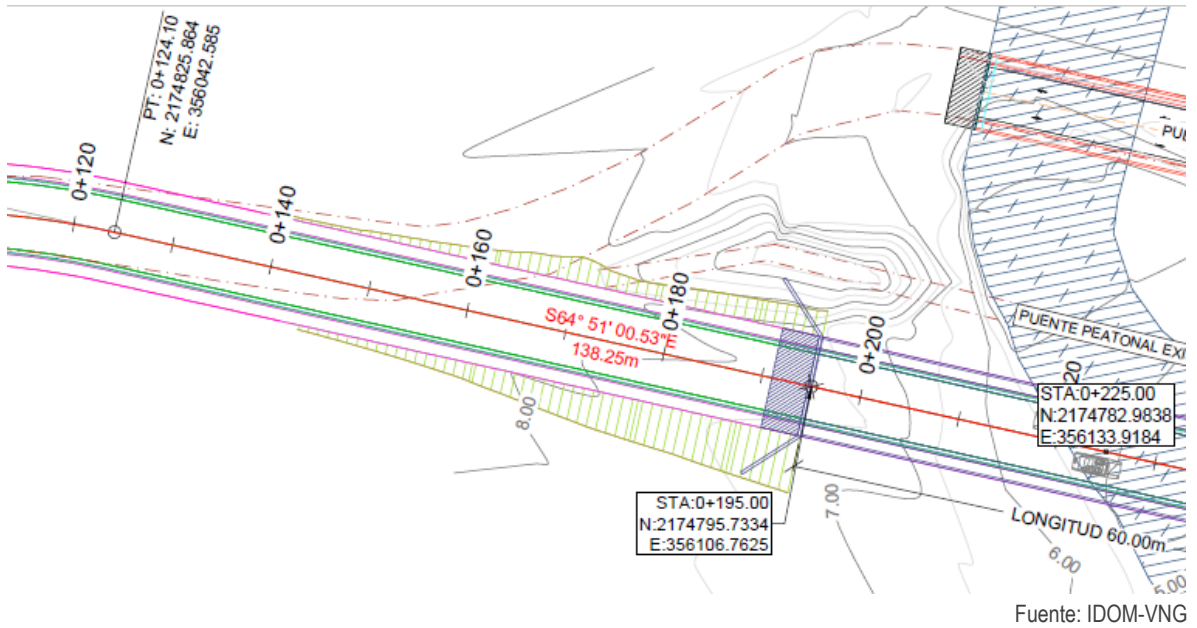
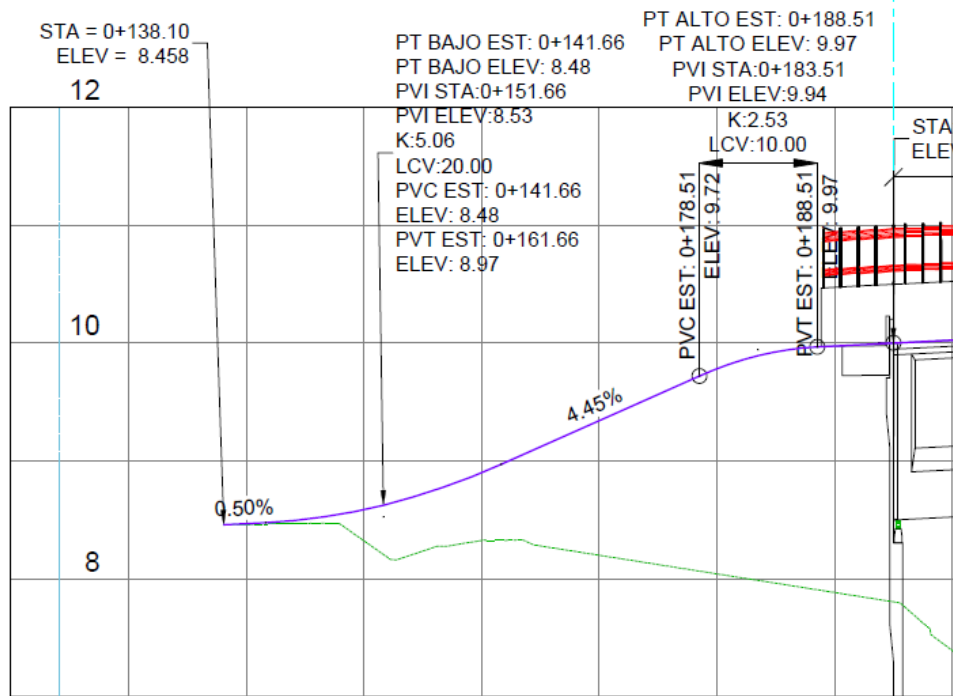


Ilustración 16: Elevación y perfil del subtramo 1 de salida del puente en Baraguana

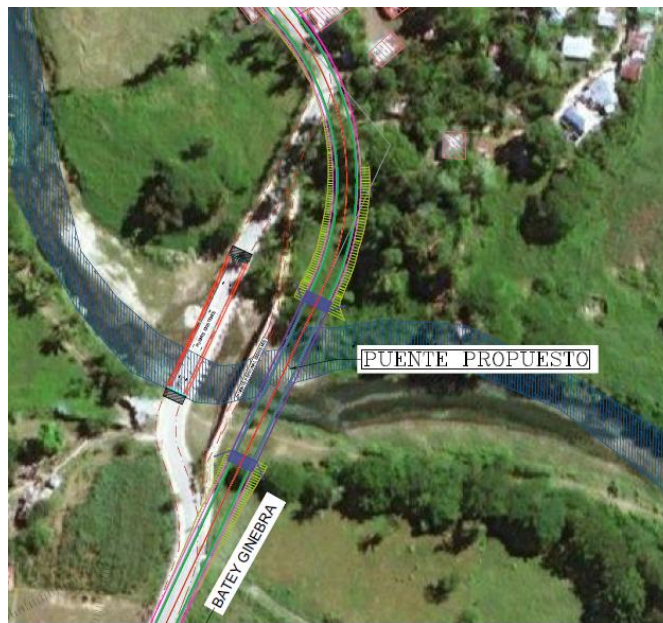


4.5.1. CONSTRUCCIÓN DE DESVÍOS

CONSTRUCCIÓN DE DESVÍOS

No se requiere la construcción de desvío del tráfico ya que el puente badén existente seguirá abierto y operando durante el proceso constructivo y la construcción estará aguas arriba, a una distancia que no perturbará el tráfico por el puente badén.

Ilustración 17. Ubicación del nuevo puente, del badén existente y nuevo trazado de los accesos



Fuente: IDOM-VNG

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 el 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 y comercio
- Poblaciones afectadas
- Importancia histórica y necesidad de la obra

5.4.3. GEORREFERENCIACIÓN

Se colocaron dos georreferenciados con la red geodésica nacional, cuya ubicación física y coordenadas son las siguientes:

Tabla 2: Puntos de control georreferenciados

Puntos de control Puente Batey Ginebra				
PG	Norte	Este	Cota (msnm)	Punto
1	2174822.35	356132.28	6.45	PG01
2	2174801.32	356,175.96	6.56	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.

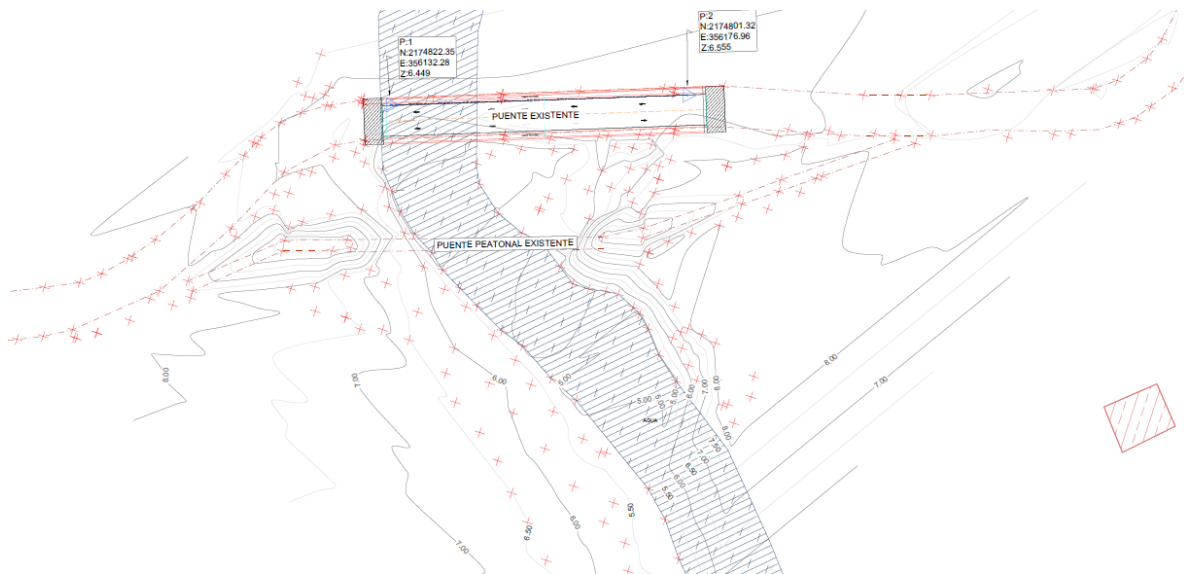
El presupuesto incluido en este documento será para uso en la planificación y separación de fondos, no para el proceso constructivo. El consultor del diseño final deberá elaborar el presupuesto base, a partir del diseño final, incluyendo listado de cantidades y análisis de precios, siendo dicho documento 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 mismo, el perfil longitudinal del río y el levantamiento con curva de nivel del mismo y todo el entorno.

Ilustración 18: Planta general del levantamiento topográfico incluyendo curvas de nivel



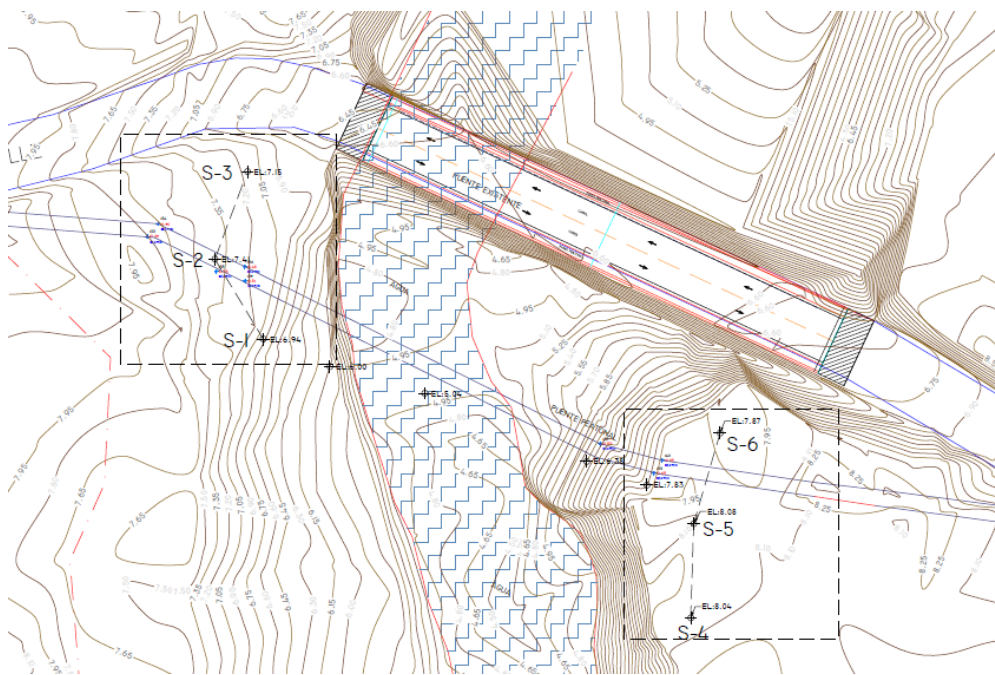
Fuente: IDOM-VNG

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.

Ilustración 19: Ubicación de sondeos (SEV) para puente Batey Ginebra.



Fuente: IDOM-VNG

Tabla 3: Resultados de los sondeos obtenidos a partir de (SEV) puente Batey Ginebra.

Sondeo No.	Estribo	Sitio	Estracto consolidado		
			Superficie	Cota	Profundidad
S-01	Izquierdo	Villa Progreso	6.94	5.5	1.44
S-02	Izquierdo	Villa Progreso	7.41	3.8	3.61
S-03	Izquierdo	Villa Progreso	7.15	5	2.15
S-04	Derecho	Batey Ginebra	8.04	5.5	7
S-05	Derecho	Batey Ginebra	8.05	5	5
S-06	Derecho	Batey Ginebra	7.87	5	8

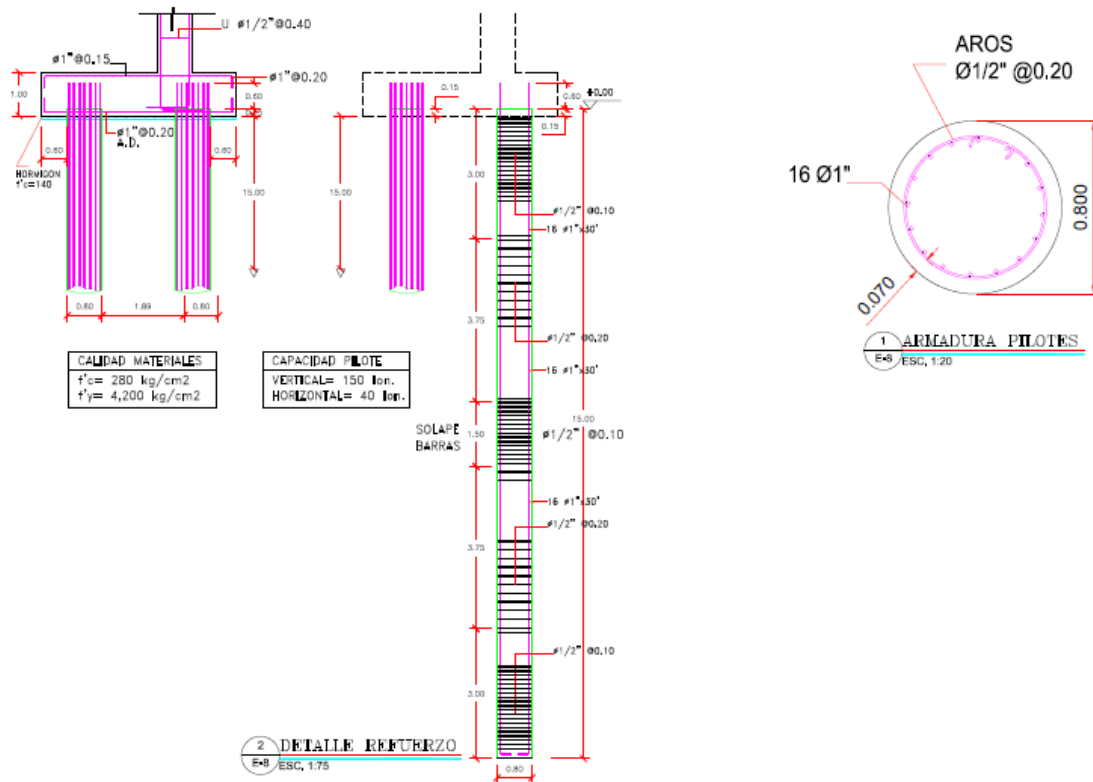
Fuente: IDOM-VNG

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 20: 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 los centros ferreteros a lo largo de la carretera No 5.

Hay material de relleno en varios puntos de la carretera No. 5, así como en la carretera que va a Jamao al Norte, a pocos kilómetros del sitio del proyecto.

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 Veragua para los periodos de retorno de 2 años, 50 años, 100 años, 200 y 500 años.

Tabla 4: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 2 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Veragua Abajo	69,496	56,7	11:00	22,65
Veragua Arriba	45,137	76,5	07:00	22,14
Subcuenca 1	8,921	5,5	06:00	6,97
Junction-1	54,058	80,7	07:00	19,63
Reach 1-S	54,058	61,5	08:15	19,63
Salida	123,554	101,2	09:15	21,34

Fuente: IDOM-VNG

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

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Veragua Abajo	69,496	263,5	10:30	102,64
Veragua Arriba	45,137	353,5	06:45	92,95
Subcuenca 1	8,921	65,8	05:45	55,56
Junction-1	54,058	385,6	06:45	86,78
Reach 1-S	54,058	293,2	07:45	86,78
Salida	123,554	468,9	08:45	95,74

Fuente: IDOM-VNG

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

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Veragua Abajo	69,496	316,1	10:30	122,90
Veragua Arriba	45,137	422,6	06:45	110,45
Subcuenca 1	8,921	84,3	05:45	69,39
Junction-1	54,058	462,0	06:30	103,67
Reach 1-S	54,058	352,7	07:45	103,67
Salida	123,554	562,4	08:45	114,53

Fuente: IDOM-VNG

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

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Veragua Abajo	69,496	352,7	10:00	140,54
Veragua Arriba	45,137	464,9	06:15	125,59
Subcuenca 1	8,921	95,5	05:15	81,66
Junction-1	54,058	509,8	06:00	118,34
Reach 1-S	54,058	389,7	07:15	118,34
Salida	123,554	624,1	08:15	130,87

Fuente: IDOM-VNG

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

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Veragua Abajo	69,496	431,8	10:00	171,68
Veragua Arriba	45,137	567,7	06:15	152,42
Subcuenca 1	8,921	124,5	05:15	104,05
Junction-1	54,058	627,4	06:00	144,44
Reach 1-S	54,058	479,3	07:15	144,44
Salida	123,554	764,9	08:15	159,78

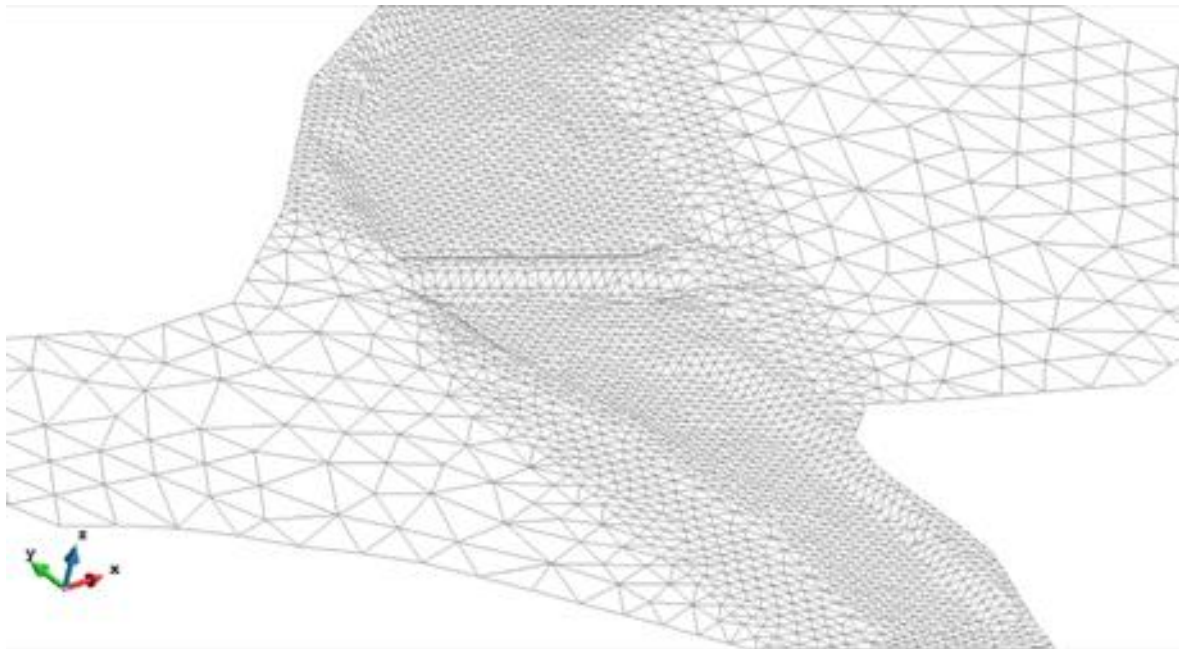
Fuente: IDOM-VNG

SALIDAS DE 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.

Ilustración 21 Malla de cálculo no estructurada desarrollada para el modelo hidráulico del tramo analizado del río Veragua



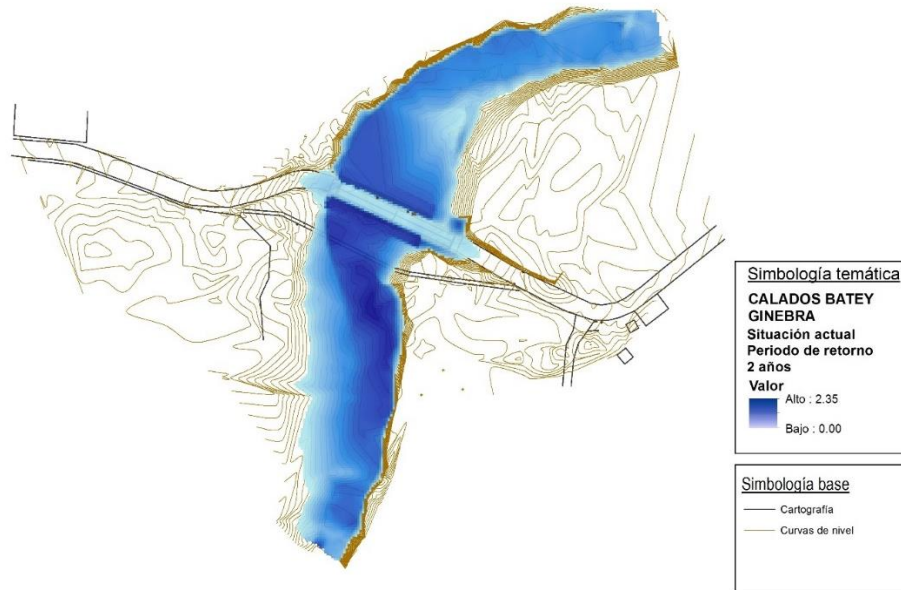
Fuente: IDOM-VNG

Para este subproyecto, se han obtenido los resultados de la modelización hidráulica de la situación actual en el tramo analizado del río Veragua, modelizando para ello el puente badén existente para los periodos de retorno de 2 y 100 años, y también en la situación original, con objeto de conocer el comportamiento sin el actual puente.

Además, se ha realizado la modelización hidráulica de la situación futura propuesta, en la cual se modeliza la infraestructura del puente propuesta, habiendo obtenido resultados para los periodo de retorno de 50, 100 y 200 años.

De manera representativa, a continuación, en la Ilustración 22, se muestra la imagen de los calados máximos alcanzados correspondiente a la modelización de la situación actual con el puente badén para el periodo de retorno de 2 años.

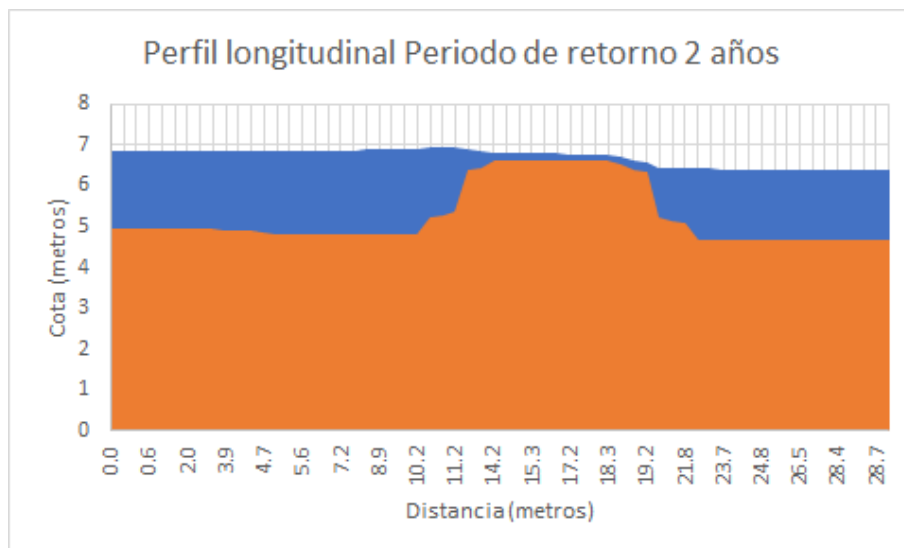
Ilustración 22 Calados máximos del río Veragua. Periodo de retorno 2 años



Fuente: IDOM-VNG

Como se puede apreciar en la imagen anterior, se comprueba que el puente tipo badén existente no es capaz de soportar caudales asociados a un período de retorno de 2 años, lo cual, a nivel normativo vigente en República Dominicana, sería inaceptable ya que este tipo de infraestructuras deberían ser diseñadas para soportar lluvias de Tr10. Se observa como el puente badén provoca una sobre elevación de la lámina de agua aguas arriba del paso, alcanzándose calados de aproximadamente 20 cm en el paso, tal y como se muestra a continuación en el siguiente gráfico.

Gráfico 1. Perfil longitudinal de la lámina de agua en el tramo analizado para el periodo de retorno de 2 años.



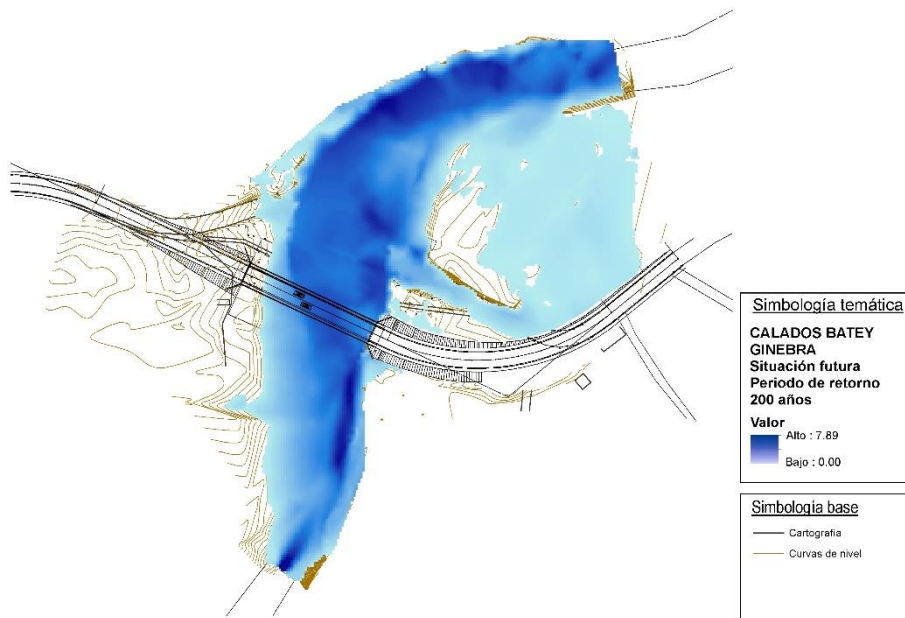
Fuente: IDOM-VNG

En el caso de los resultados correspondientes al periodo de retorno de 100 años, se obtiene un aumento de los calados a lo largo del cauce principal, registrándose en general valores en torno a 3 - 3.5 metros aproximadamente. De manera puntual, en algunas zonas del cauce principal se registran profundidades de hasta 4.5 metros aproximadamente.

En la zona de desbordamientos se obtiene como en general, para un periodo de retorno de 100 años, las profundidades del agua alcanzadas no exceden los 30 centímetros.

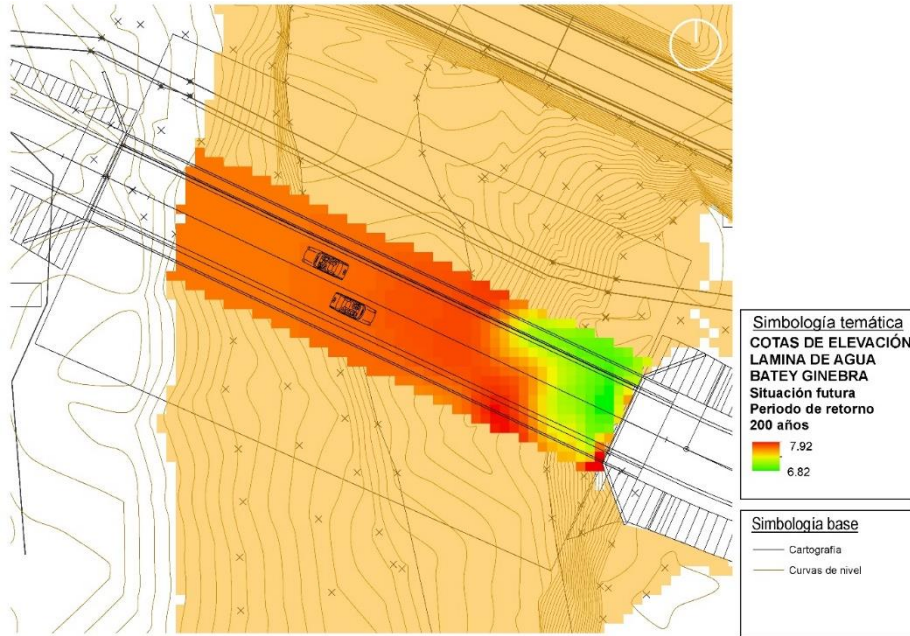
Respecto a la modelación hidráulica de la situación futura, a continuación de manera representativa se muestran los resultados de la mancha de inundación obtenidos para el periodo de retorno de 200 años. Además, en la Ilustración 23 se muestra el mapa de calados máximos obtenidos para la situación futura, y en la Ilustración 24 se muestra una imagen de las cotas resultantes, haciendo zoom en la zona del nuevo puente propuesto. Finalmente, en la Ilustración 25 se muestra una sección transversal del emplazamiento del nuevo puente con la lámina de agua correspondiente a los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años.

Ilustración 23 Mapa de calados máximos del río Veragua para la situación futura. Periodo de retorno 200 años



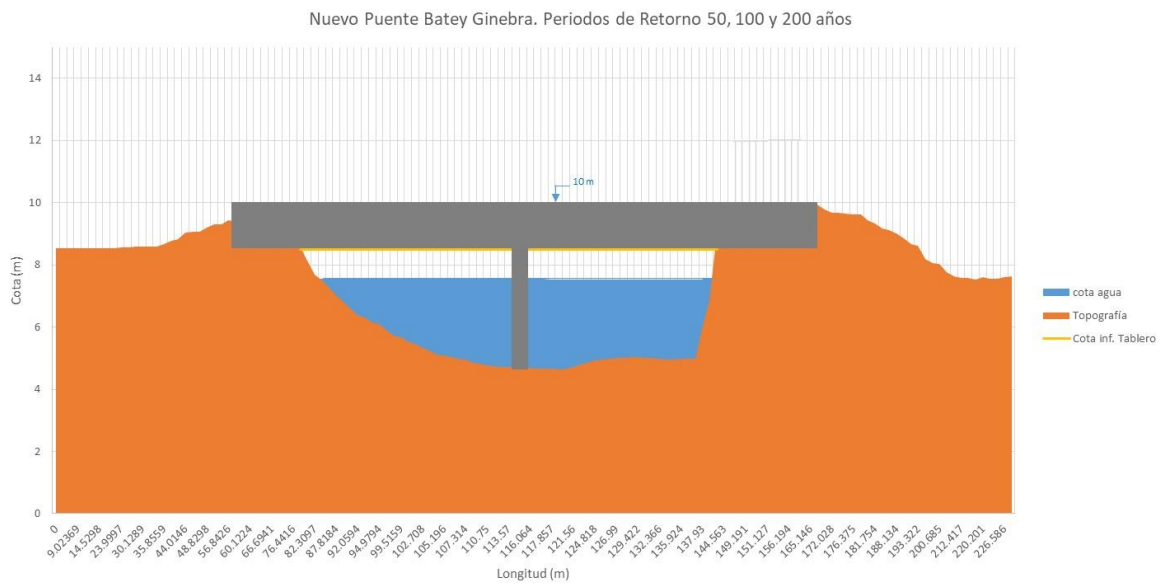
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 24 Mapa de cotas máximas del río Veragua para la situación futura, zoom solución propuesta. Periodo de retorno 200 años



Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 25 Sección transversal en el emplazamiento nuevo puente en el río Veragua. Periodos de retorno de 50, 100 y 200 años.



Fuente: IDOM-VNG

En el Anexo 8.1.5 se muestran como las cotas de la lámina de agua entre los distintos periodos de retorno son similares, esto se debe a la geometría de la sección donde las márgenes son muy tendidas,

por lo que un pequeño incremento de calado supone un incremento considerable de sección hidráulica, adicionalmente, la divisoria detectada con topografía fija la cota máxima posible de la lámina de agua en la 8.5 msnm debido a que a partir de esa cota el agua desbordaría hacia el otro lado.

En el Anexo 8.1.5 se representan también los calados para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años, observándose que, aunque hay diferencias en la mancha de inundación, no son tanto en las cotas alcanzadas por el agua en la sección del puente proyectado.

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

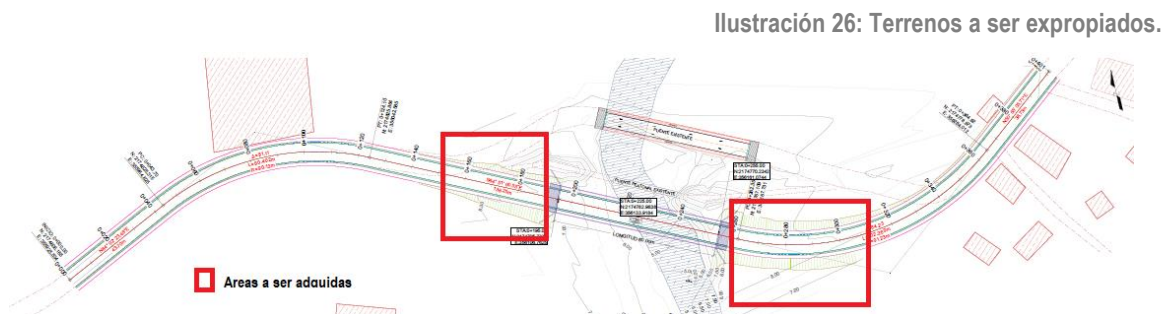
El proyecto no presenta dificultades en cuanto a los centros de producción, ya que están relativamente cercanos al sitio de obra.

Planta de producción de hormigón: ubicada Puerto Plata, así como planta de agregados.

Productos terminados, acero, materiales ferreteros, disponibles en el comercio de Sabaneta de Yásica, Gaspar Hernández, Cabarete y Sosúa.

7.2.7. EXPROPIACIONES

Expropiaciones. El nuevo puente utiliza terrenos aparentemente de propiedad privada. Se requieren nuevos terrenos para la construcción del acceso de entrada y de salida, de unos 80 ml cada uno.



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.

Para llevar a cabo este tipo de diseño se requiere de un análisis probabilista de las alternativas a comparar y por tanto del riesgo o de la probabilidad de que un evento supere las solicitaciones de diseño, pudiendo producir daños o riesgo de colapso, sin embargo, para el caso concreto de este puente sobre el río Veragua, la cota máxima de inundación es prácticamente constante para cualquier avenida extraordinaria, ya que está fijada por la cota máxima en la divisoria de la sección, funcionando como un gran aliviadero longitudinal, por lo que es de esperar diferencias en el área inundable entre avenidas pero no tanto en la cota de inundación, por lo que la cota de diseño del puente es la misma independientemente del periodo de retorno de diseño, no aplicando, por tanto, para este caso este tipo de análisis.

7.4. ESTUDIO COSTO/BENEFICIO

El Anexo A del Contrato de financiación entre la República Dominicana y el Banco Europeo de Inversiones en el que se enmarca este subproyecto, establece que la rentabilidad debe ser superior al 10% considerando los flujos de tráfico reales y previstos, excepto en carreteras y puentes que sean la única vía de conexión, como es el caso de esta infraestructura. Por lo que no se ha llevado a cabo dicho análisis al no ser un elemento decisor, aun siendo previsiblemente rentable.

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 9: Resumen de costos de construcción del puente Batey Ginebra y vialidad.

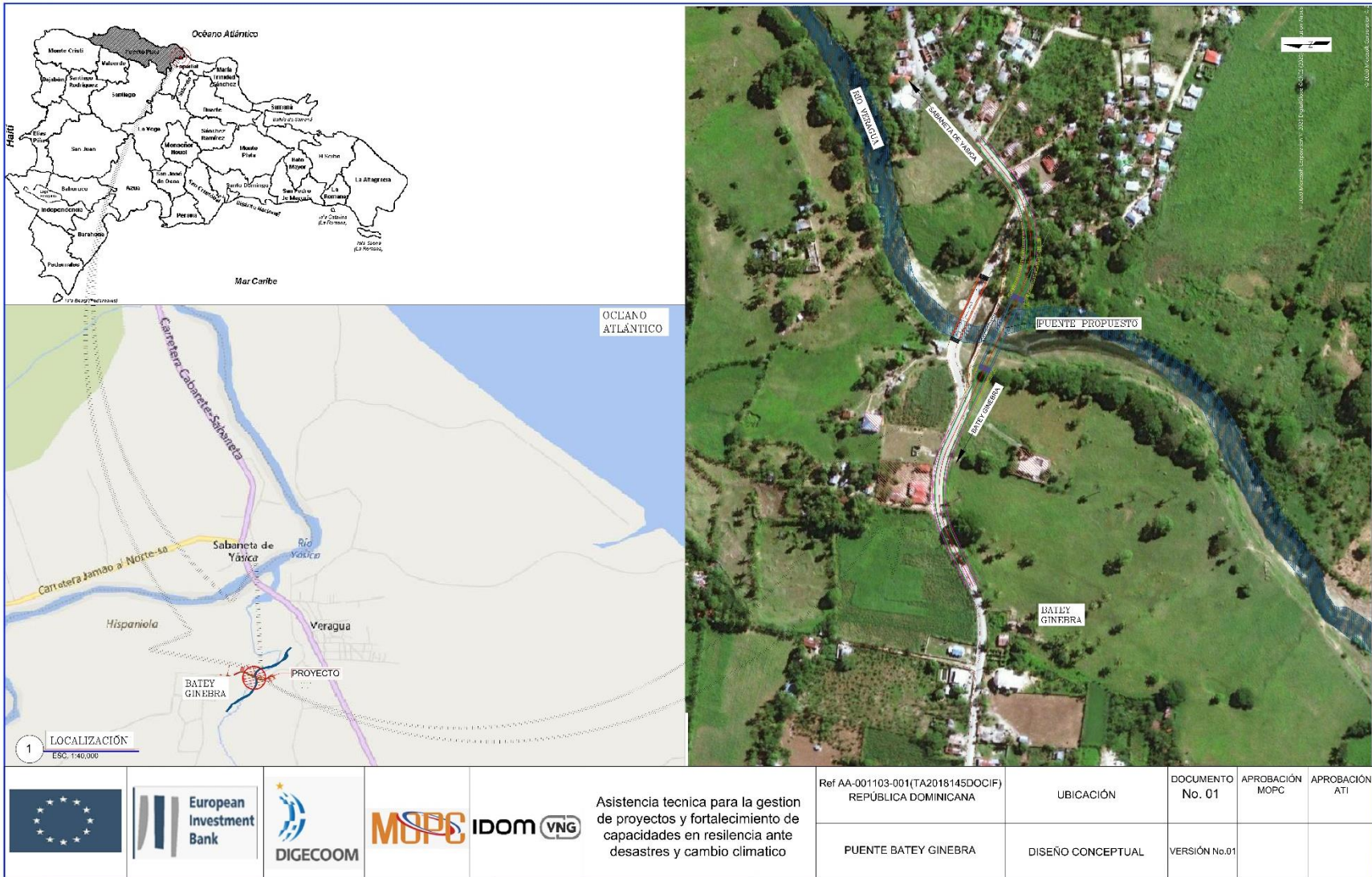
CONFIDENCIAL

Fuente: IDOM-VNG

7.6. PLANOS DE DISEÑO CONCEPTUAL

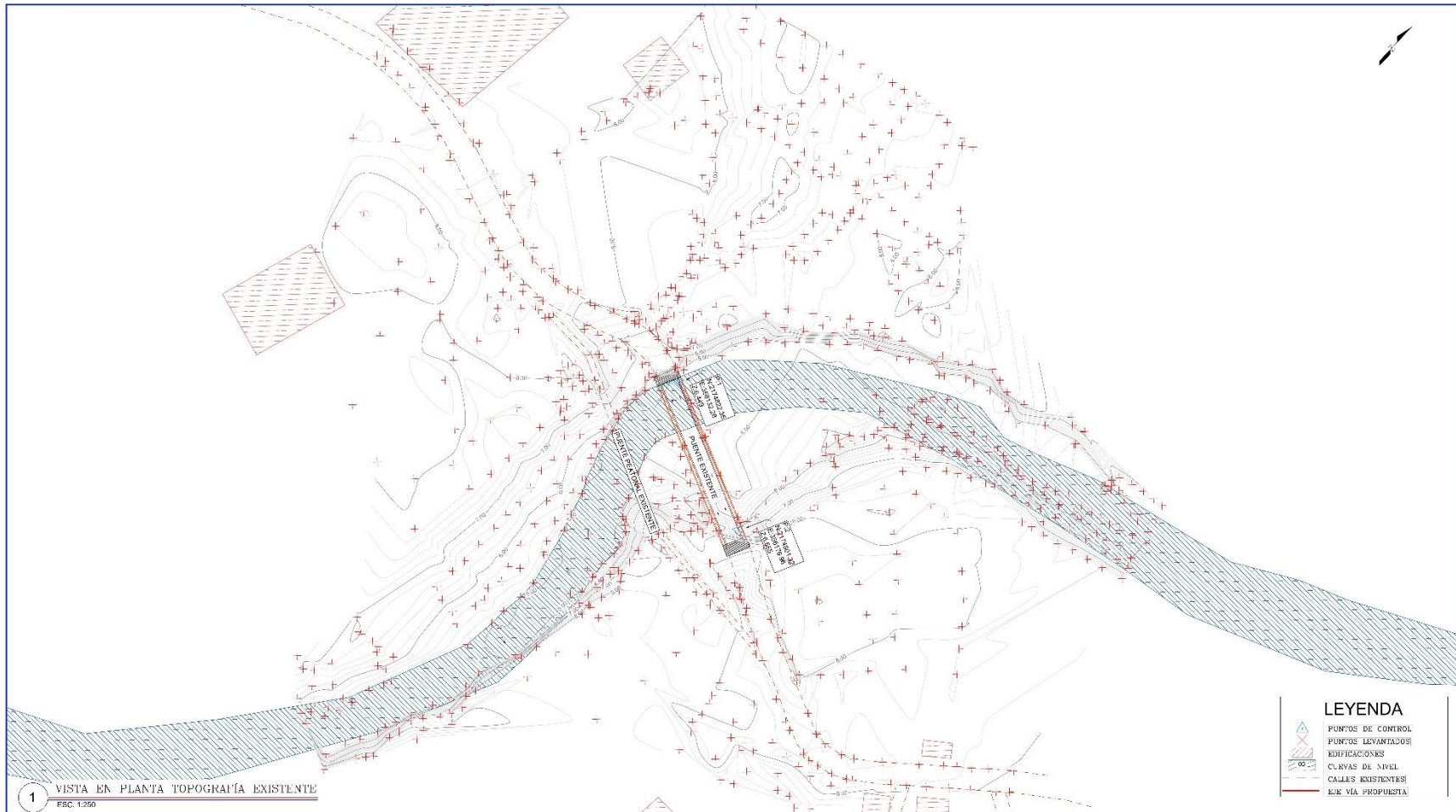
Los planos elaborados para el diseño conceptual son los siguientes

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



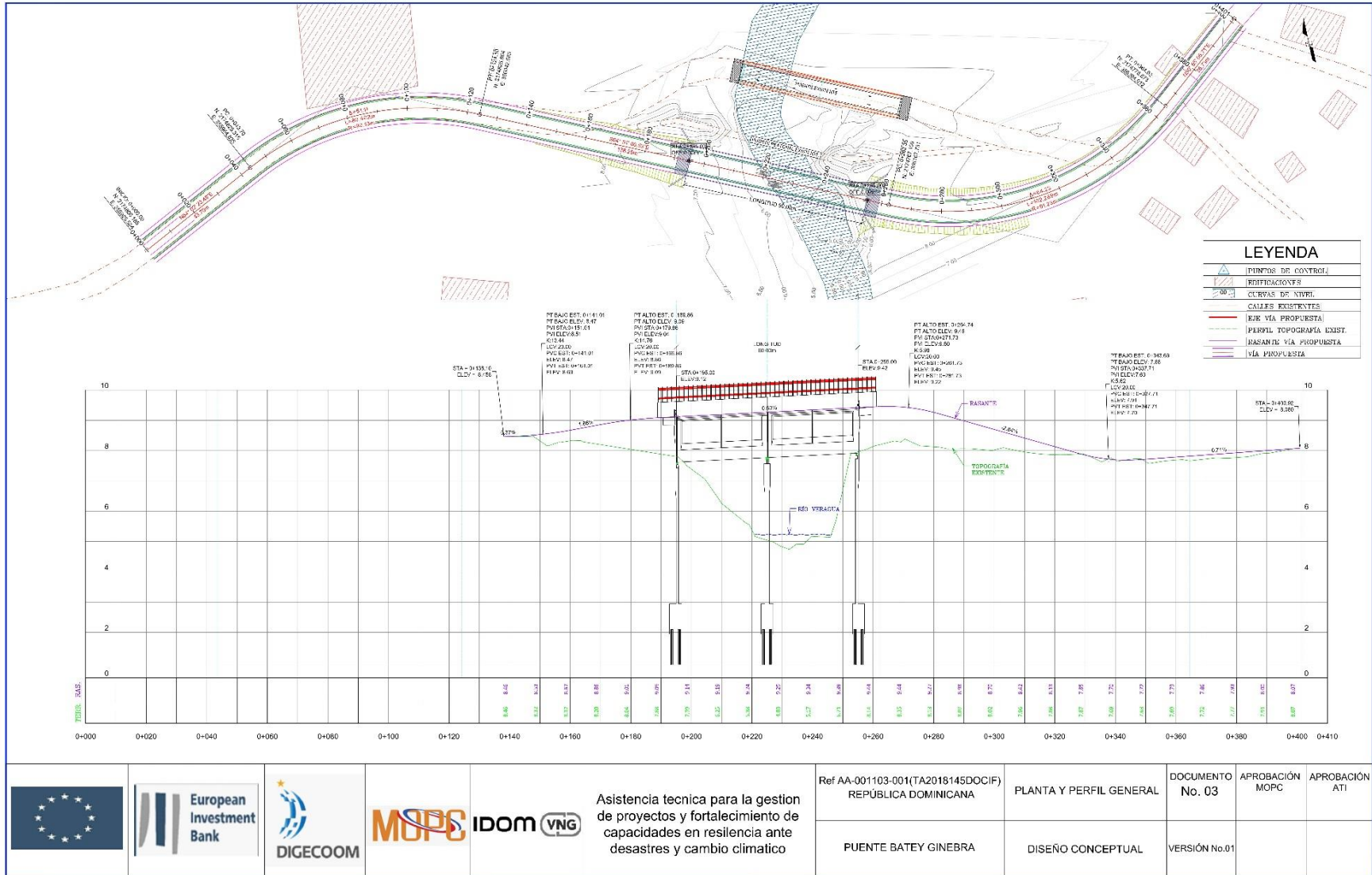
	Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático		Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF) REPÚBLICA DOMINICANA	UBICACIÓN	DOCUMENTO No. 01	APROBACIÓN MOFC	APROBACIÓN ATI
	PUENTE BATEY GINEBRA		DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.01			

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



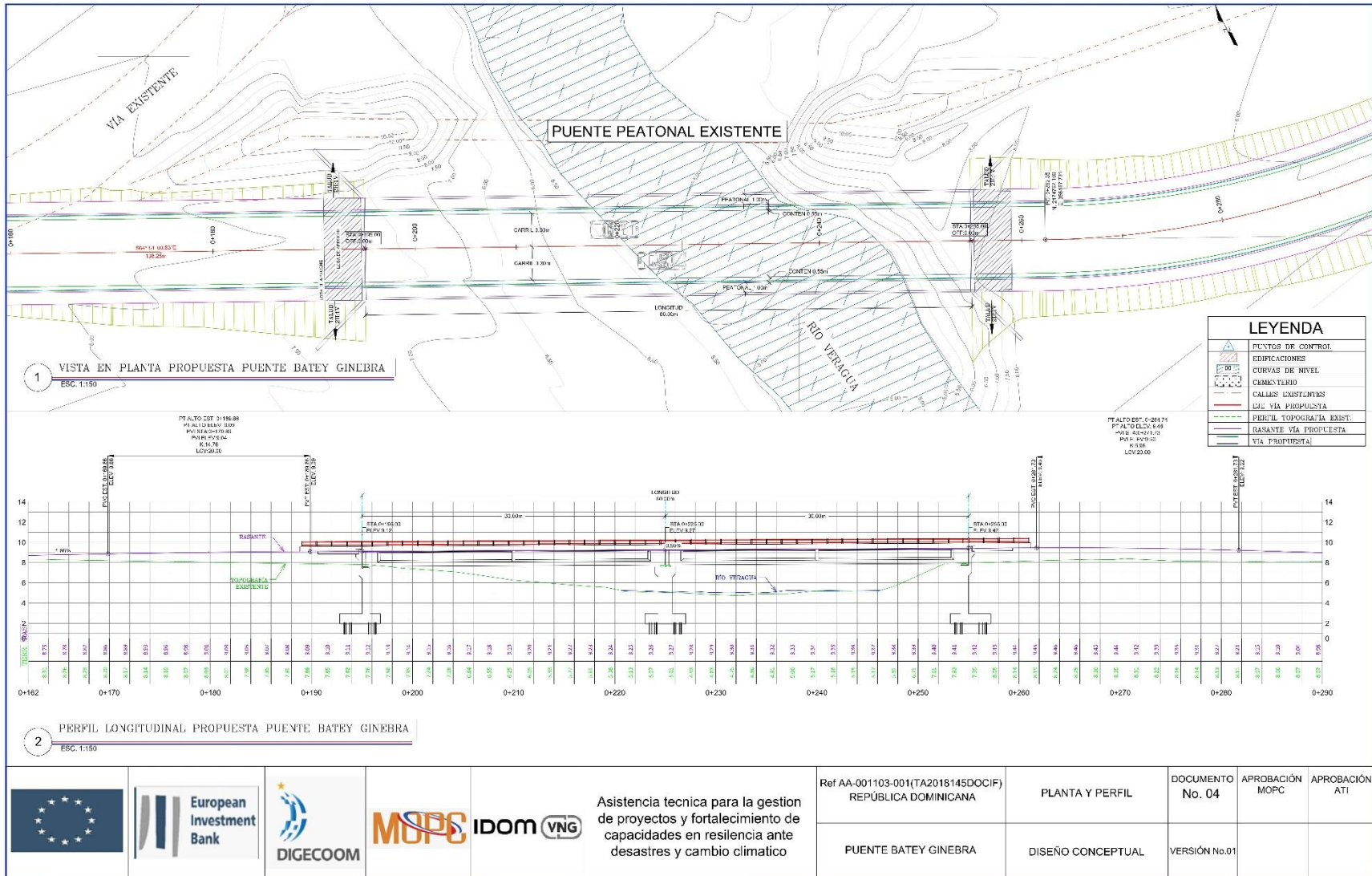
	Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático	Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF) REPÚBLICA DOMINICANA	TOPOGRAFÍA EXISTENTE	DOCUMENTO No. 02	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
		PUENTE BATEY GINEBRA	DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.02		

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



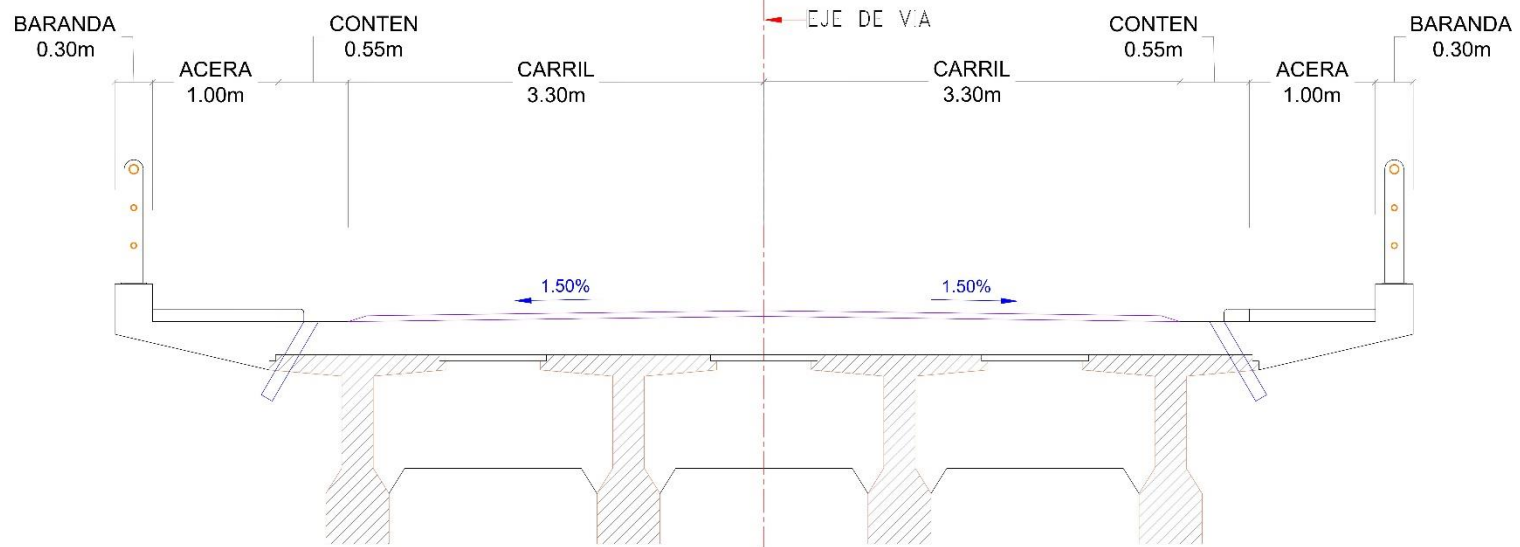
	Asistencia técnica para la gestión de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climático	Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF) REPÚBLICA DOMINICANA	PLANTA Y PERFIL GENERAL	DOCUMENTO No. 03	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
		PUENTE BATEY GINEBRA	DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.01		

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







	Asistencia tecnica para la gestion de proyectos y fortalecimiento de capacidades en resiliencia ante desastres y cambio climatico	Ref AA-001103-001(TA2018145DOCIF) REPUBLICA DOMINICANA	PLANTA Y PERFIL	DOCUMENTO No. 04	APROBACIÓN MOPC	APROBACIÓN ATI
		PUENTE BATEY GINEBRA	DISEÑO CONCEPTUAL	VERSIÓN No.01		

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 MOFC	APROBACIÓN ATI
					PUENTE BATEY GINEBRA	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 el diseño final
3. Licitación del diseño final
4. Elaboración y aprobación del diseño final
5. Elaboración de TDR de construcción (Especificaciones Técnicas)
6. Licitación de construcción de obras
7. Proceso constructivo
8. Supervisión y recepción de obras.

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 cubrirá las áreas o longitudes suficientes para realizar los diseños para las alternativas y obras previstas o necesarias, siendo para el presente análisis de aproximadamente 18,962m² tal y como se aprecia en la siguiente ilustración:

Ilustración 27. Área aproximada a cubrir por la topografía



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. 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.

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 28: Tabla periódica de Resistividad de metales puros

H																	He
Li 9,56	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.

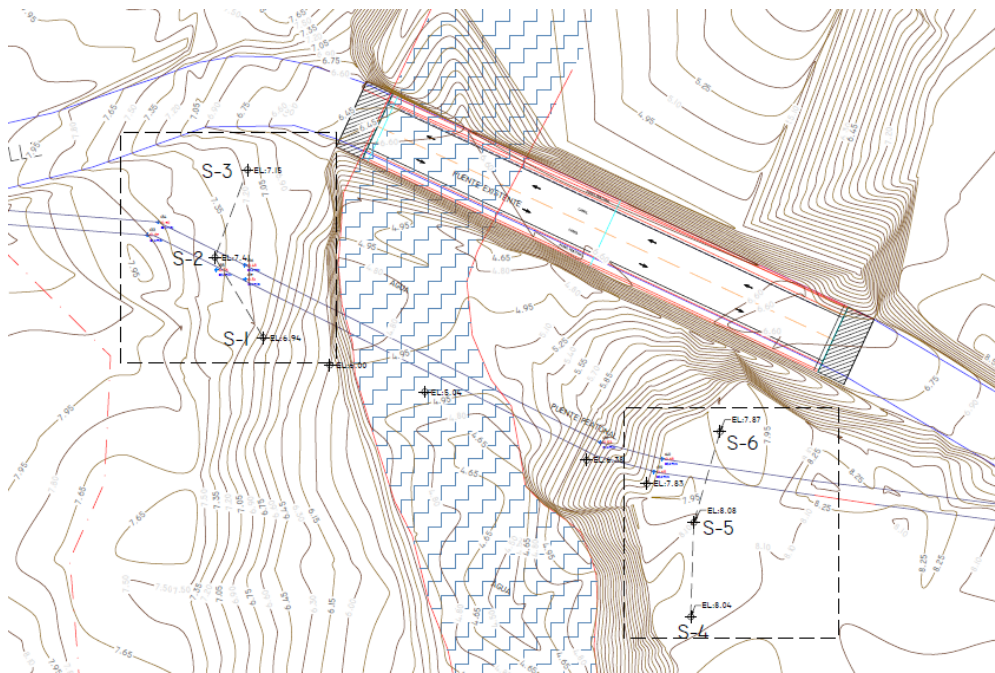
La línea de emisión de corriente (AB/2) establecida para todos los sondeos fue para una profundidad de investigación de aproximadamente 25 metros y el modelo de interpretación utilizado fue el ABEM.

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.

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.

Ilustración 29: Localización de los sondeos (SEV) realizados.

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



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 10: Resultados de los sondeos obtenidos partir de (SEV) puente Batey Ginebra.

Sondeo No.	Estribo	Sitio	Cotas		Estrato consolidado	
			Superficie	Cota	Profundidad	
S-01	Izquierdo	Villa Progreso	6.94	5.5	1.44	
S-02	Izquierdo	Villa Progreso	7.41	3.8	3.61	
S-03	Izquierdo	Villa Progreso	7.15	5	2.15	
S-04	Derecho	Batey Ginebra	8.04	5.5	7	
S-05	Derecho	Batey Ginebra	8.05	5	5	
S-06	Derecho	Batey Ginebra	7.87	5	8	

Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 30: Estratigrafía a partir de (SEV) estribo lado izquierdo

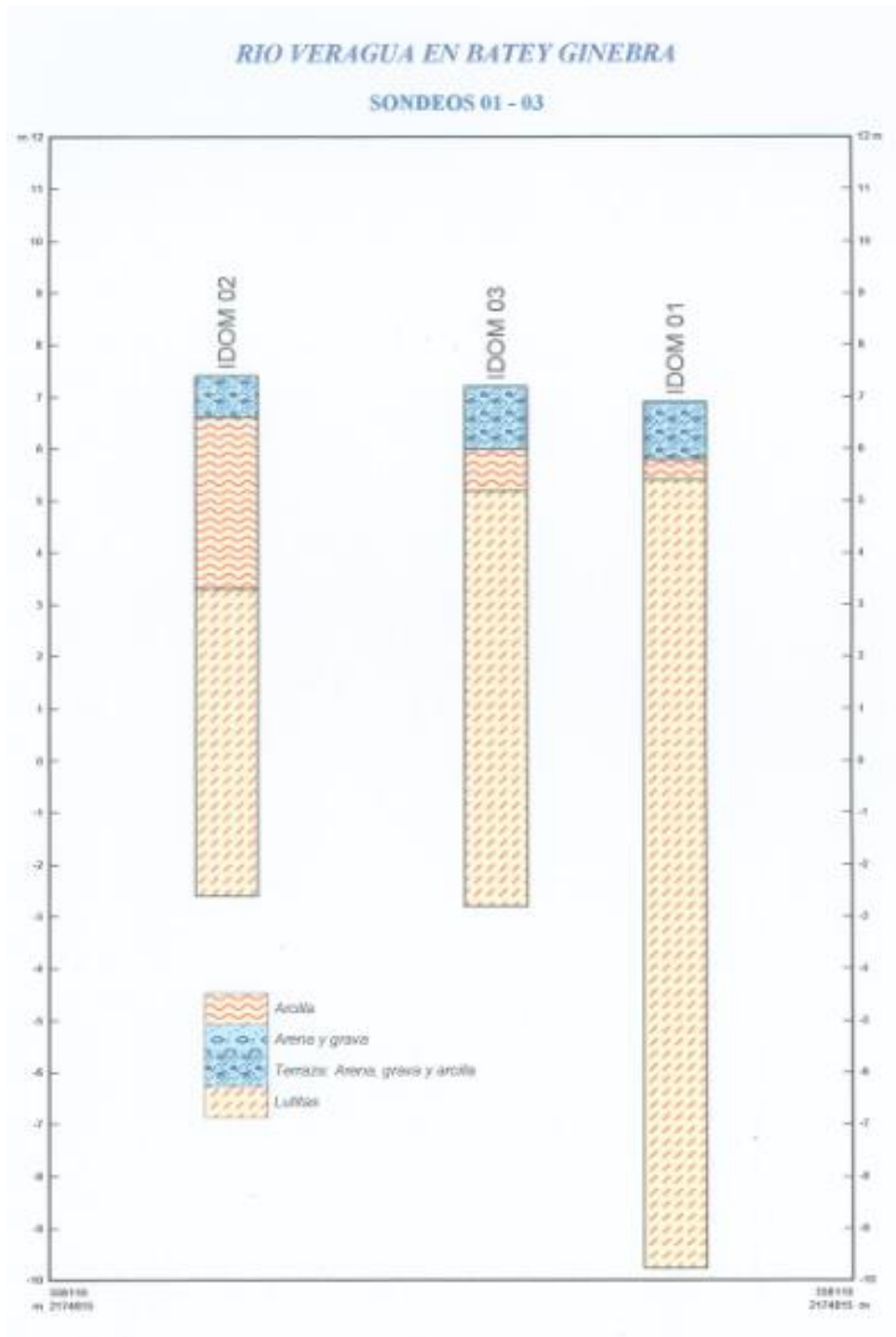
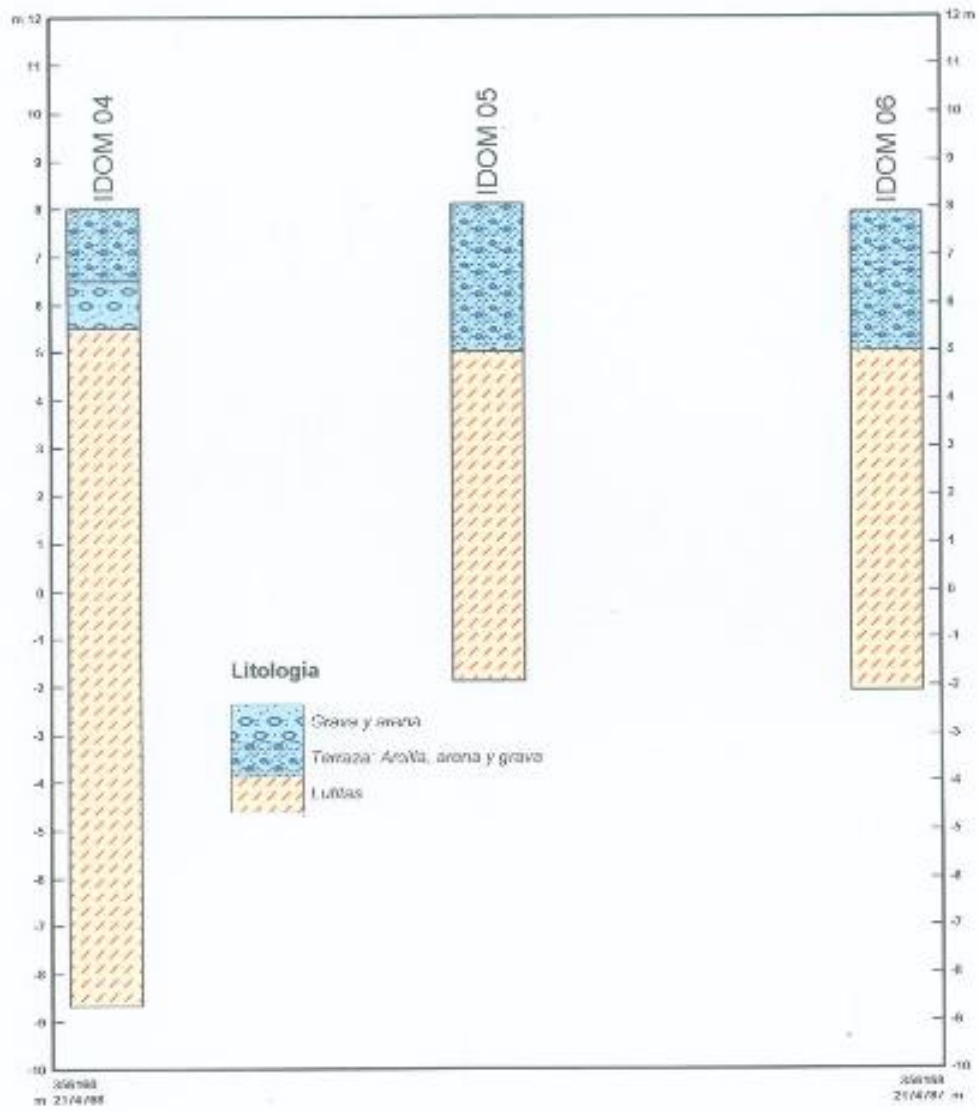


Ilustración 31: Estratigrafía a partir de (SEV) estribo lado derecho

RIO VERAGUA EN BATEY GINEBRA

SONDEOS 04 - 06



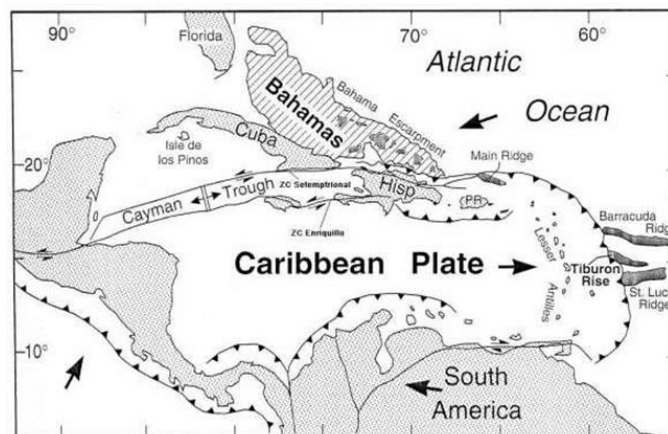
Fuente: IDOM-VNG

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 10). 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).

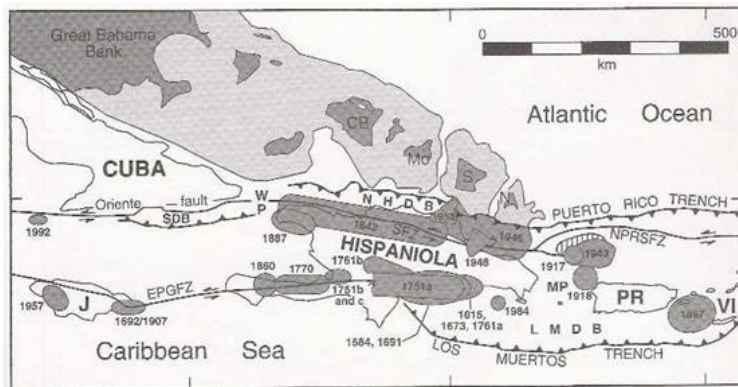
Ilustración 32: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dolan et al., 1998).



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 33: 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 Publicas 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 ($Z=1$).

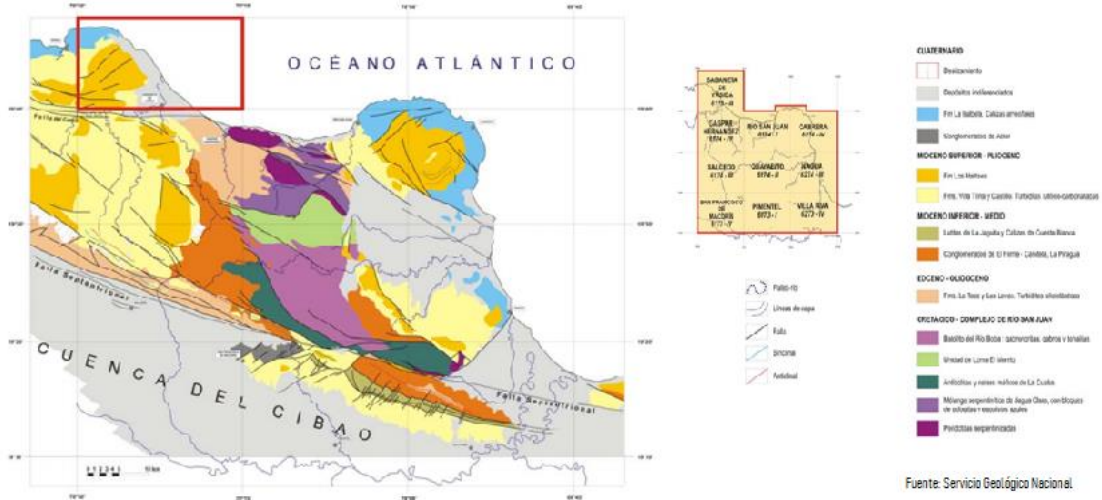
Geología Local. Sabaneta de Yásica. (Información del Servicio Geológico Nacional).

“La Hoja a escala 1:50.000 de Sabaneta de Yásica (6175-III) se encuentra situada en el sector septentrional de la República Dominicana. Su exíguo territorio emergido se reparte entre el macizo de El Choco, pequeño subdominio de la Cordillera Septentrional, y la Llanura Costera del Atlántico. Los materiales más antiguos, depositados durante el Neógeno, afloran en los bordes del macizo, correspondiendo a la sucesión margoso-calcárea de la Fm Villa Trina, generada en un contexto turbidítico.

Sobre ellos, constituyendo la mayor parte de los afloramientos del macizo, se disponen las calizas de plataforma de la Fm Los Haitises, depositada durante el Plioceno-Pleistoceno. La Llanura Costera del Atlántico está constituida por sedimentos cuaternarios de origen fluvial, lacustre y, principalmente, marino-litoral, destacando entre éstos las construcciones arrecifales de la Fm La Isabela, de edad pleistocena. La estructura superficial del macizo es la de un bloque basculado hacia el norte, en respuesta a la actividad de la falla del Camú, que limita el macizo al sur de la Hoja. Esta estructura general se encuentra enmascarada por una densa red de fracturación de dirección predominante ENE-OSO. La evolución de la zona supone su ascenso continuo desde el Plioceno, con la consiguiente ganancia de terreno al mar y la

retirada progresiva de éste cuyo principal resultado son las plataformas de abrasión escalonadas esculpidas en el macizo y las marismas abandonadas de la llanura costera.”

Ilustración 34: Geología de la zona del proyecto. Sabaneta de Yásica



Fuente : Hoja Sabaneta de Yásica. 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 cercana a Batey Ginebra, en la carretera hacia Jamao al Norte hay formaciones que tienen características para ser usadas como material de relleno. Igualmente en la salida hacia Gaspar Hernández, por la carretera No. 5. Para agregados existen las plantas en Puerto Plata y en centros ferreteros de la zona.

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 Sabaneta de Yásica, Cabarete o Río San Juan.

8.1.5. CAMBIO CLIMÁTICO, HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

Con el fin de considerar el riesgo dentro del diseño conceptual del “Puente sobre el Río Veragua” 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-esorrentía 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 35, 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 11: Características de las estaciones pluviométricas.

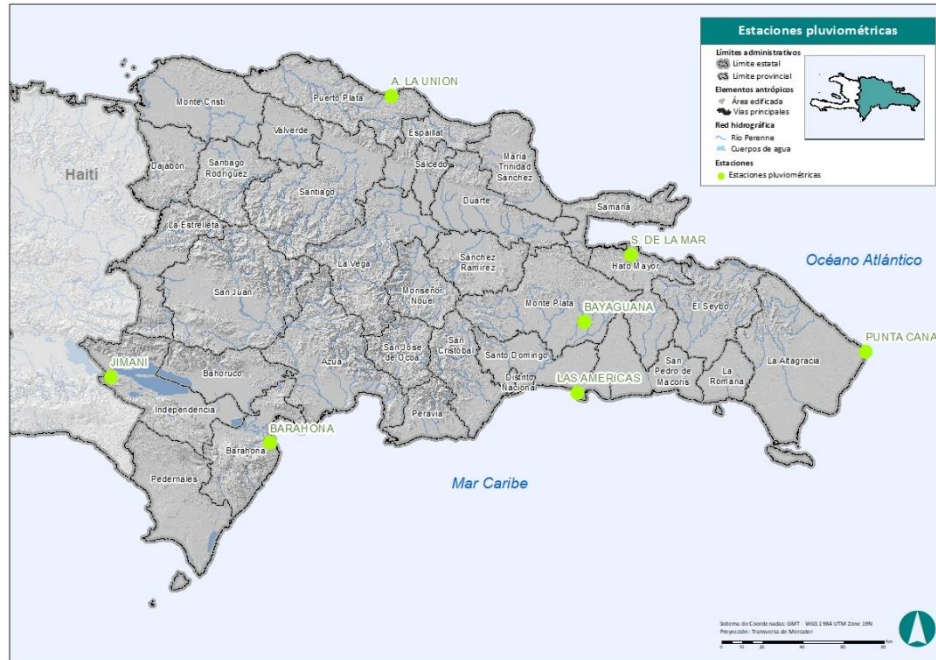
Nombre	Longitud	Latitud	Elevacion
JIMANI	-71.85	18.4834	31
BARAHONA	-71.1	18.2	10
A. LA UNIÓN	-70.5499	19.75	5
LAS AMÉRICAS	-69.6666	18.4333	17
BAYAGUANA	-69.6333	18.75	61

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

S. DE LA MAR	-69.4166	19.0501	3
PUNTA CANA	-68.3167	18.6167	7

Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 35: Localización de las estaciones pluviométricas.



Fuente: IDOM-VNG.

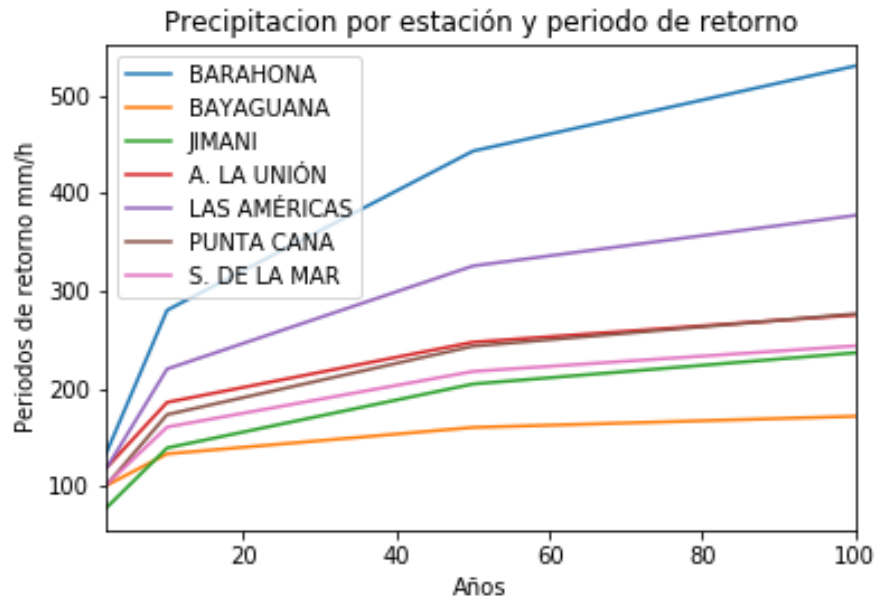
De estas estaciones, se calcula el periodo de retorno para los diferentes años previamente establecido. En estos datos de periodo de retorno Tabla 12, se puede apreciar que, en el periodo de retorno de 2 años, Jimani cuenta con el mínimo valor con 77,35 mm/día mientras que el máximo se encuentra en Barahona 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 12: 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 36: 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 13.

Tabla 13: 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 14).

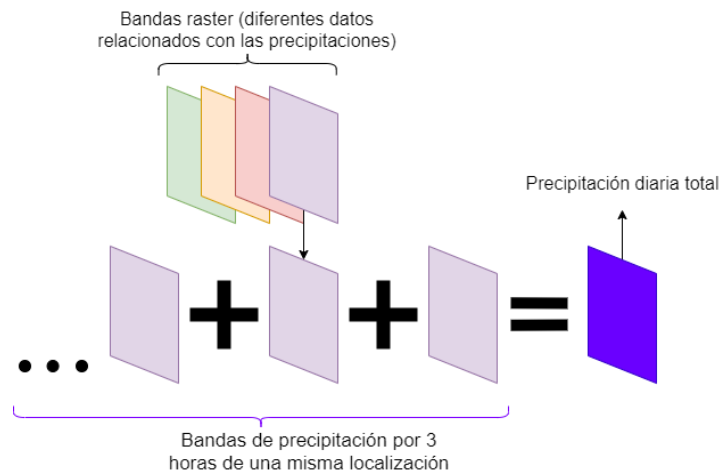
Tabla 14: Bandas de la TRMM.

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 37: 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 15: Instrumentos utilizados en la GPM

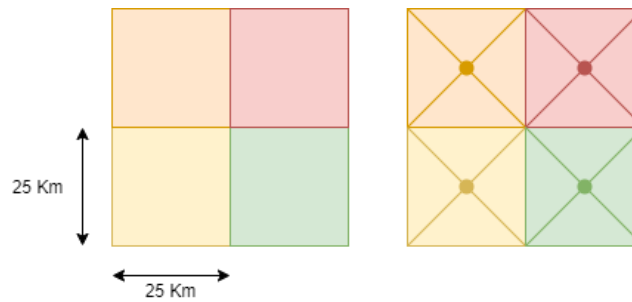
GPM Microwave Imager (GMI)
Dual-Frequency Precipitation Radar (DPR)

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.

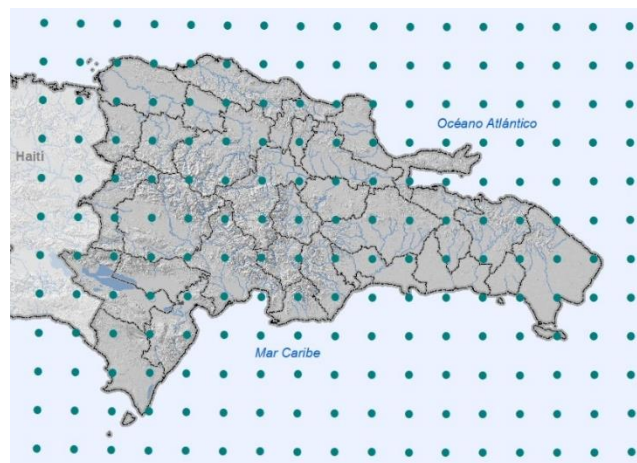
Finalmente se cuenta con una malla de precipitación diaria para el periodo 1998-2019, con una resolución espacial de ≈ 25 km X ≈ 25 km. De esta malla se han extraído los centroides, para poder realizar los análisis de forma más eficiente, conteniendo estos el valor relativo a los 25 km cuadrados de extensión (Ilustración 38).

Ilustración 38: Extracción de centroides.



Fuente: IDOM-VNG.

Figure 1: 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 (Mélce 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 16).

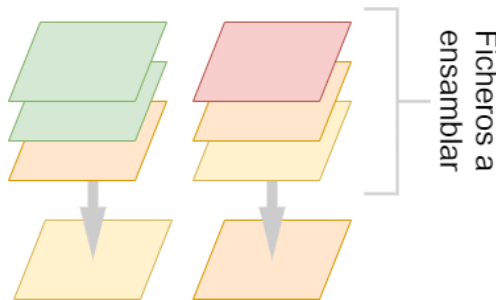
Tabla 16: Lista de distribuciones utilizadas.

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 39), siempre cuando tengan una significancia estadística igual o mayor al 95%, con lo que el conjunto de precipitaciones puede ser explicada con la distribución.

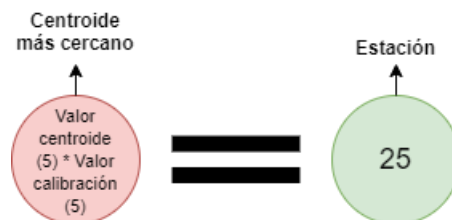
Ilustración 39: Ensamble de datasets.



Fuente: IDOM-VNG.

Para cada periodo de retorno, los centroides más cercanos a las estaciones son asignados a estas (Ilustración 40), para poder calcular la diferencia de valores, y asignar estos valores a los centroides correspondientes.

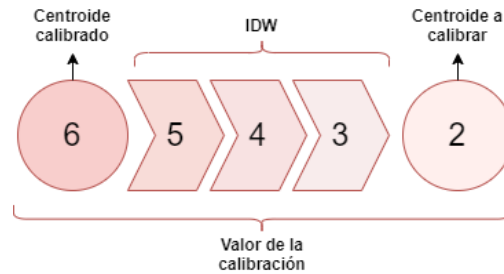
Ilustración 40: Calibración de centroides asignados a estaciones.



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.

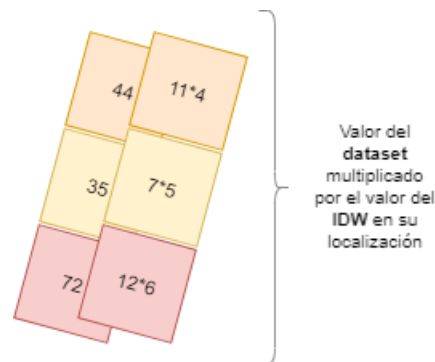
Ilustración 41: IDW con el valor de la calibración



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 42).

Ilustración 42: Dataset de precipitaciones calibrado.

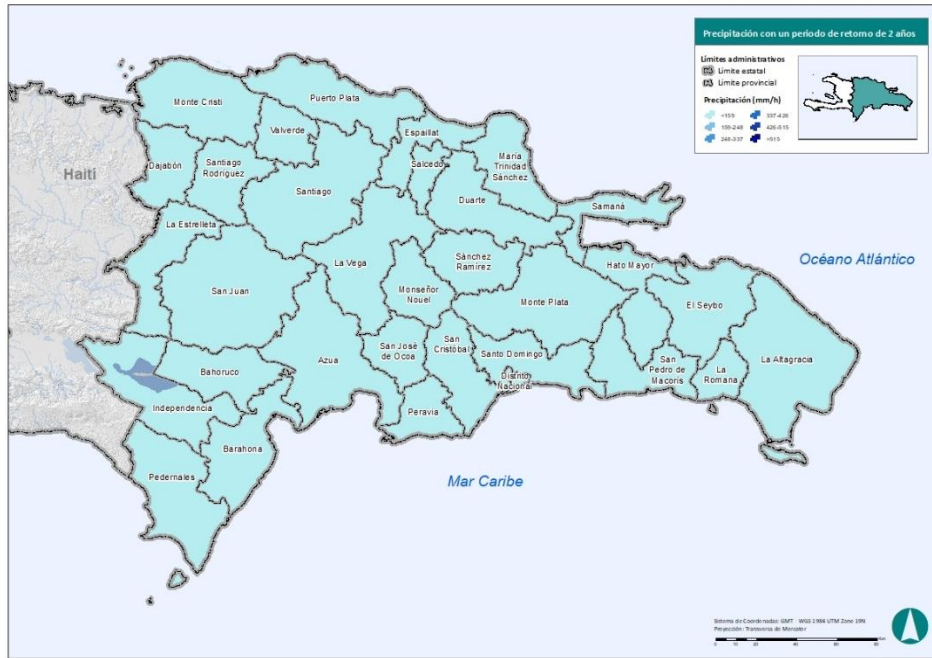


Fuente: IDOM-VNG.

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 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.

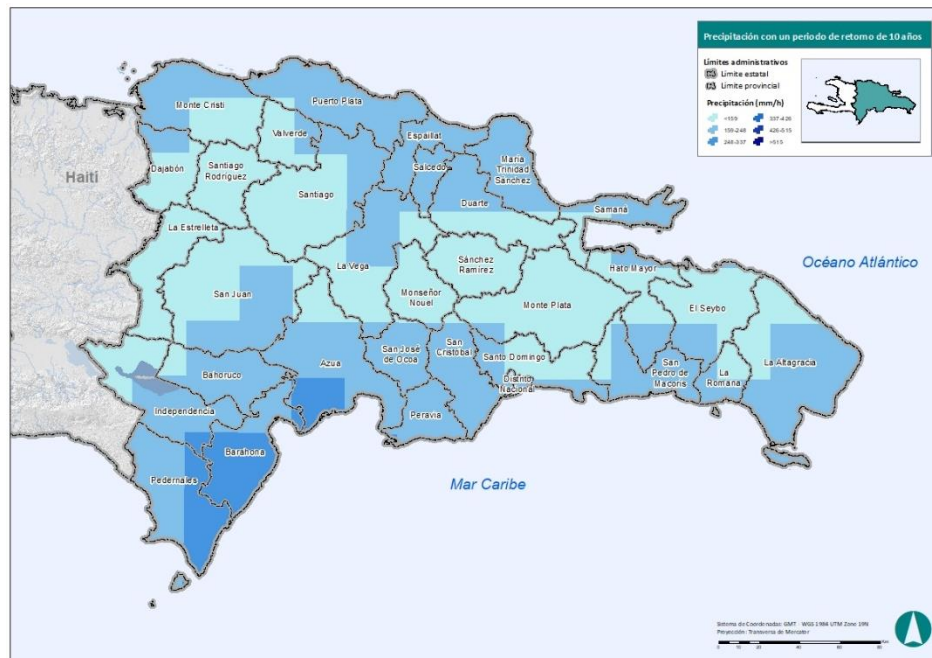
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

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



Fuente: IDOM-VNG.

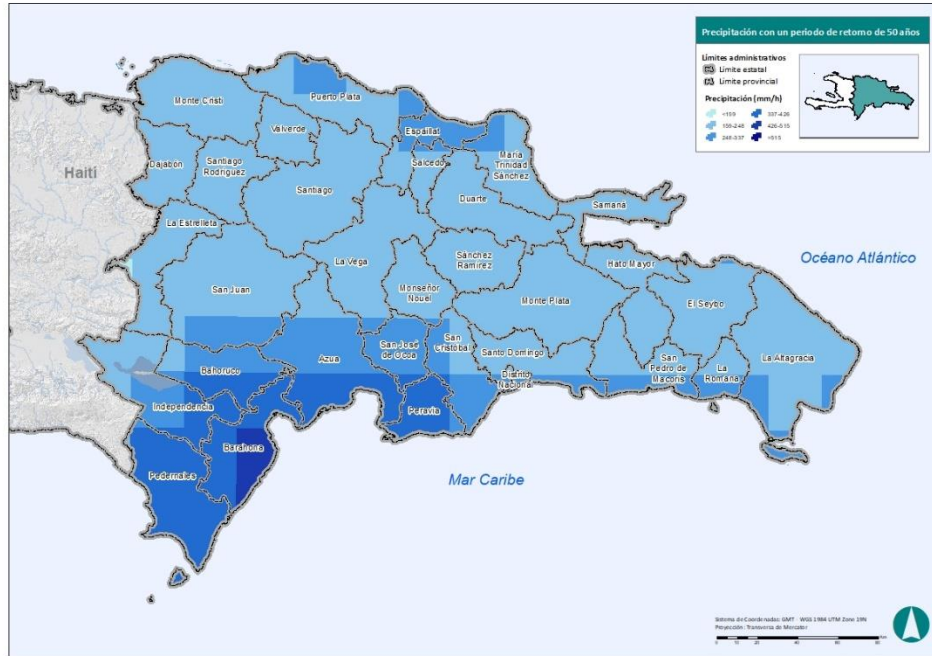
Mapa 2 Precipitación para un periodo de retorno de 10 años.



Fuente: IDOM-VNG.

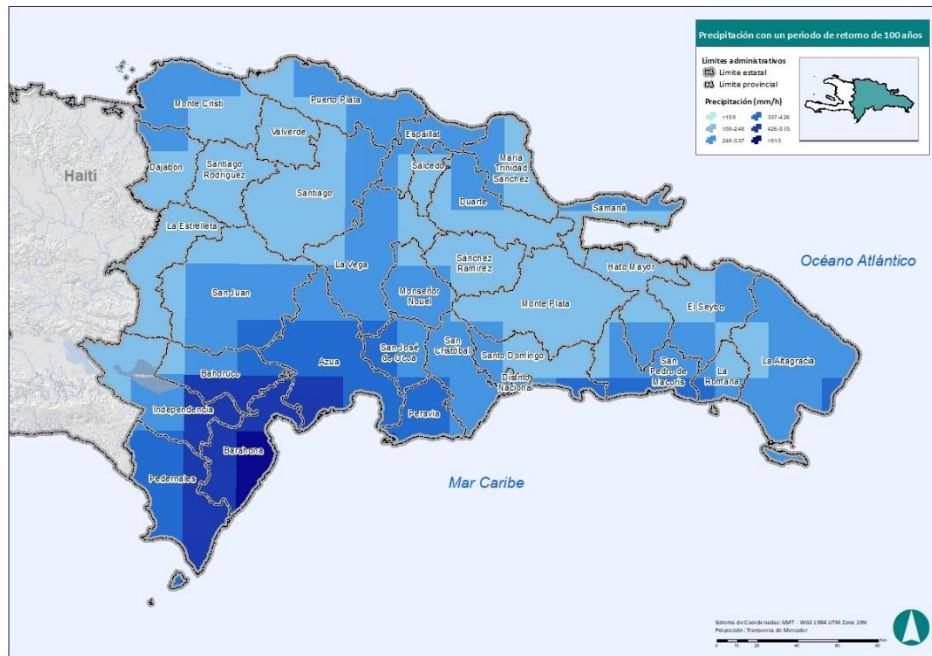
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

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 17: 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.

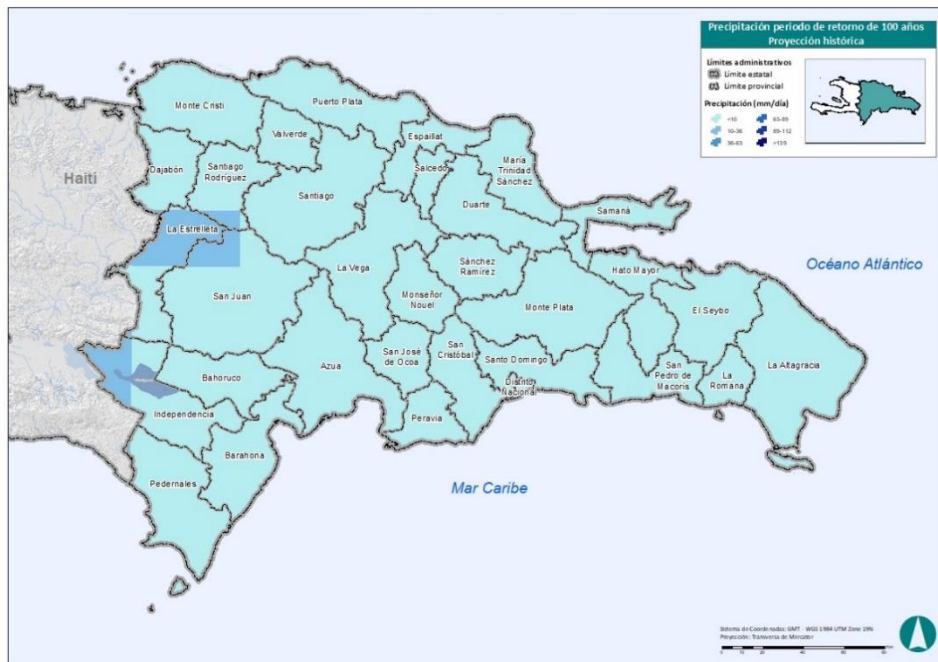
Sobre los *Representative Concentration Pathways* (RCPs), de los escenarios 4.5 (estabilización de la fuerza radioactiva) y 8.5 (altos niveles en emisiones de gases de efecto invernadero) y sobre los datasets de proyección histórica (hasta el año 2005), se aplica un análisis multimodal (Ilustración 39: 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).

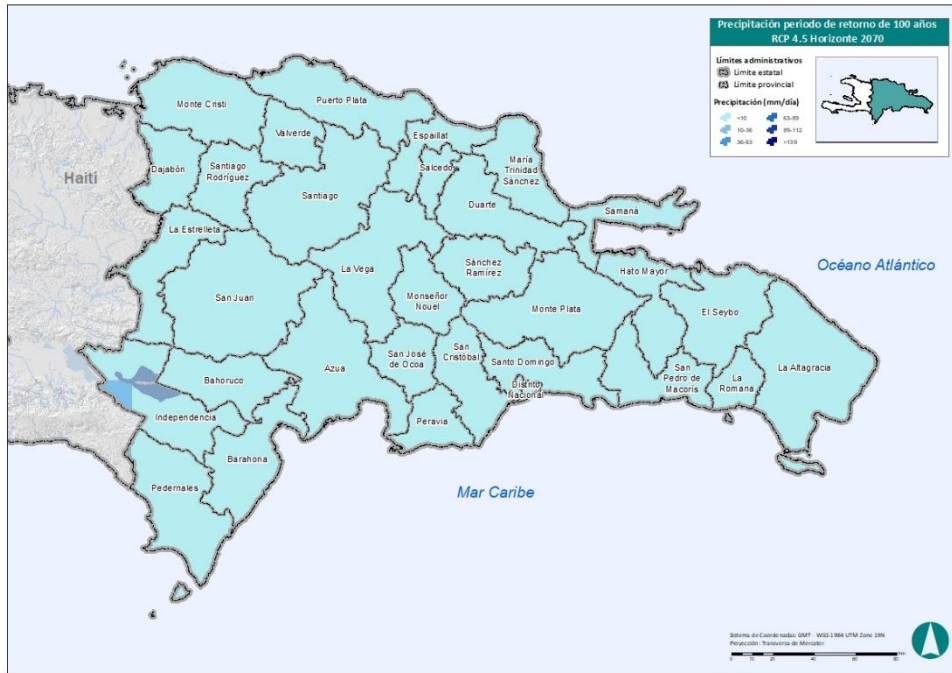
Mapa 5 Proyección histórica con un periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG.

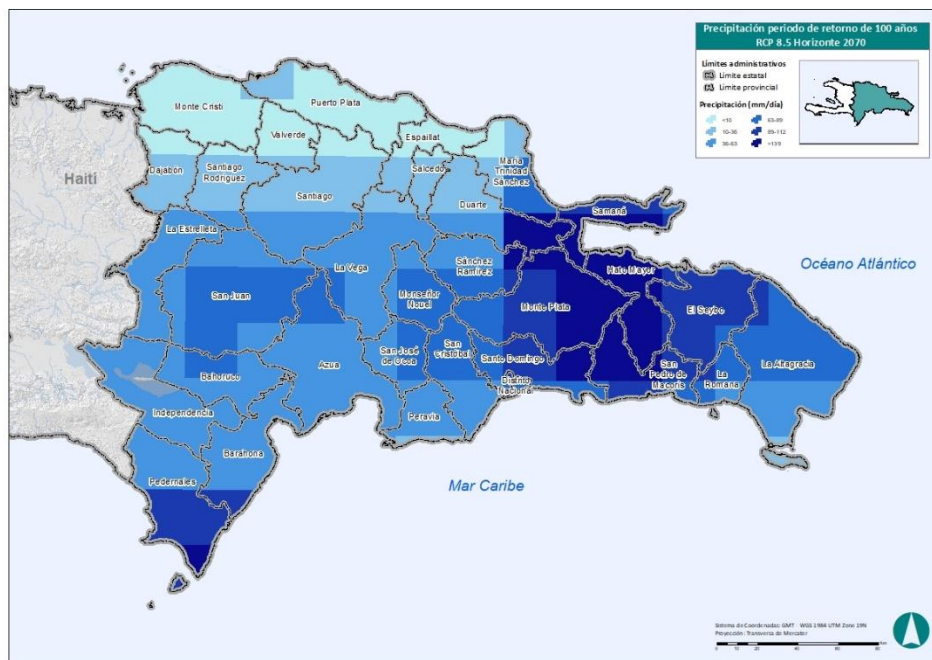
Mapa 6 RCP 4.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años.

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 43 a Ilustración 46).

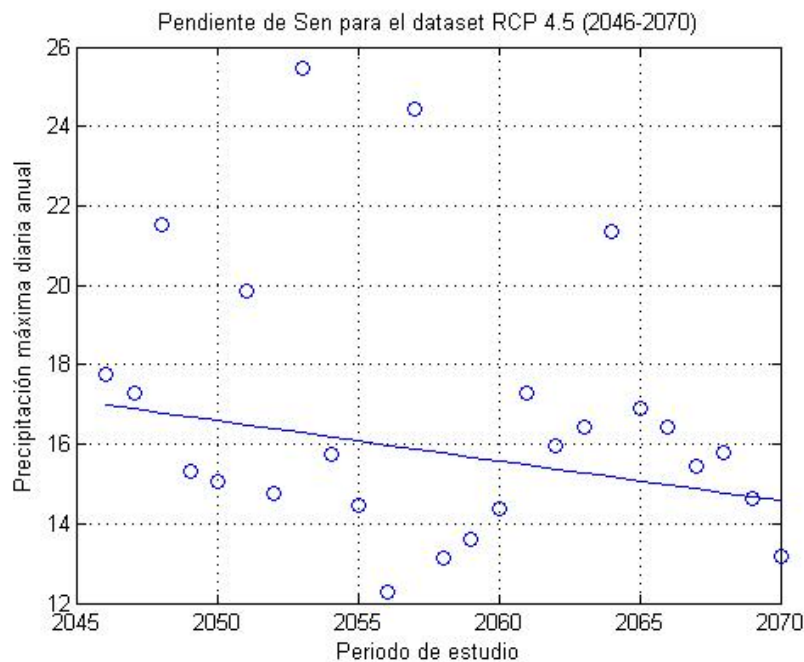
Los datos, tanto para el escenario actual como el de cambio climático, no muestran una tendencia significativa para método no paramétrico de Mann-Kendall y por lo tanto tampoco para la pendiente de Sen, así como tampoco lo hacen el dataset de estaciones pluviométricas y los datos combinados TRMM/GPM.

Tabla 18: 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

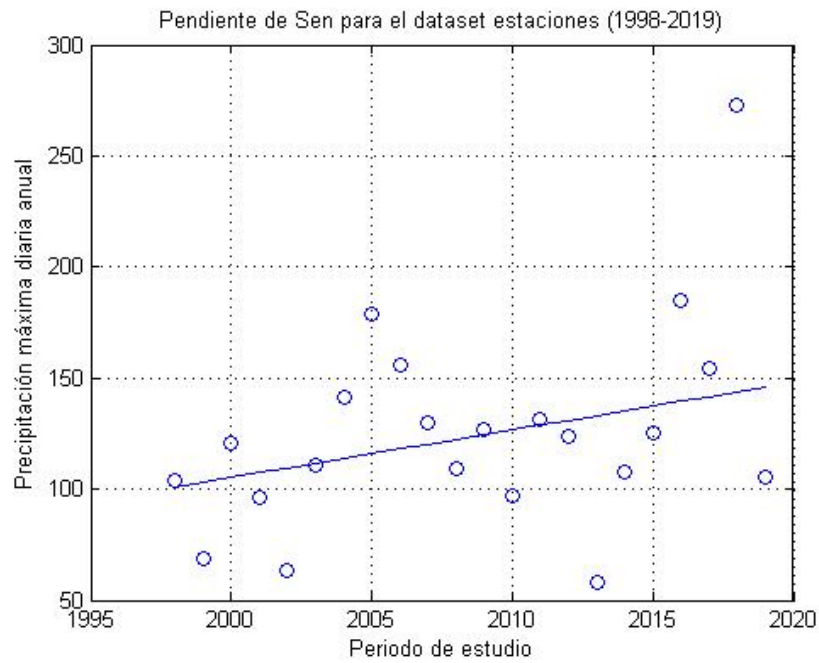
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 43: Pendiente de Sen para el dataset RCP 4.5 (2046-2070).



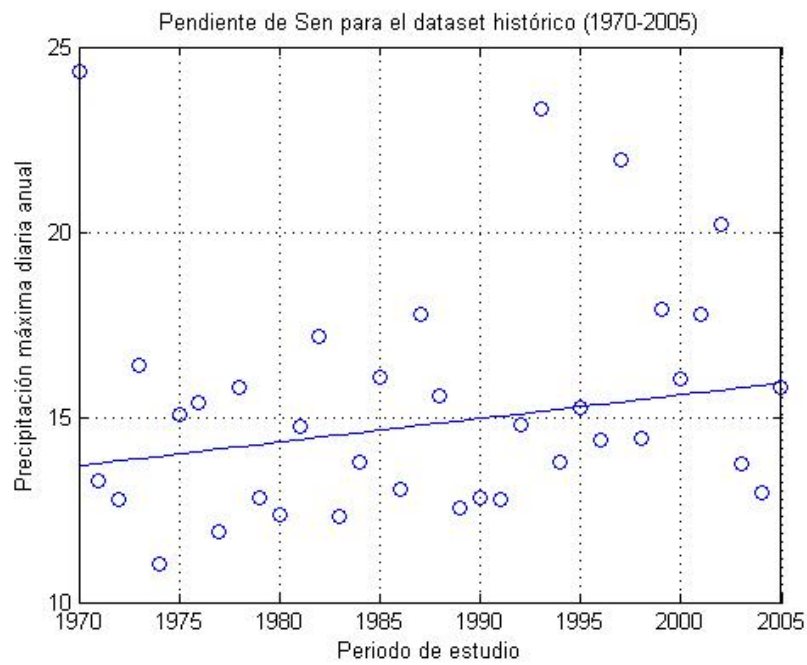
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 44: Pendiente de Sen para el dataset estaciones (1998-2019).



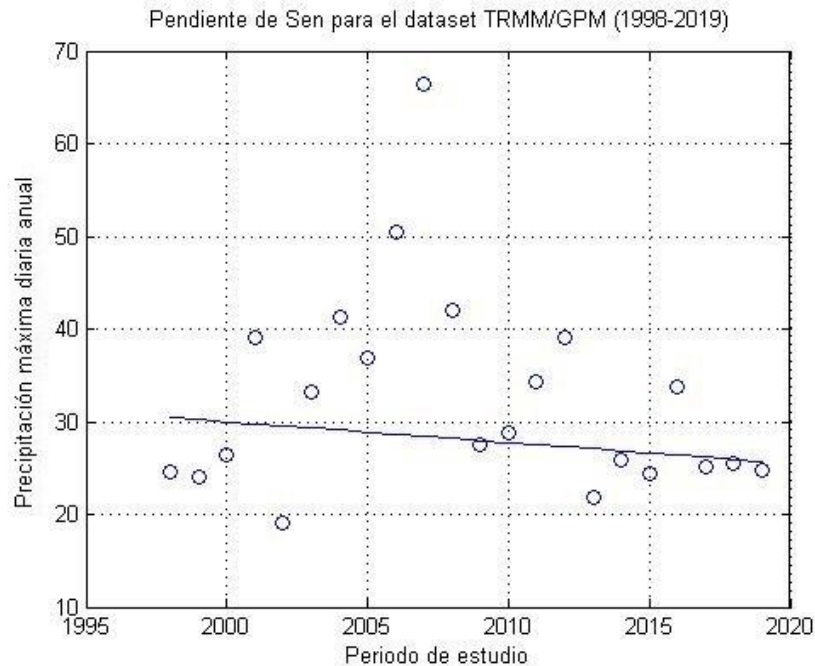
Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 45: Pendiente de Sen para el dataset histórico (1970-2005).



Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 46: Pendiente de Sen para el dataset TRMM/GPM (1998-2019).



Fuente: IDOM-VNG.

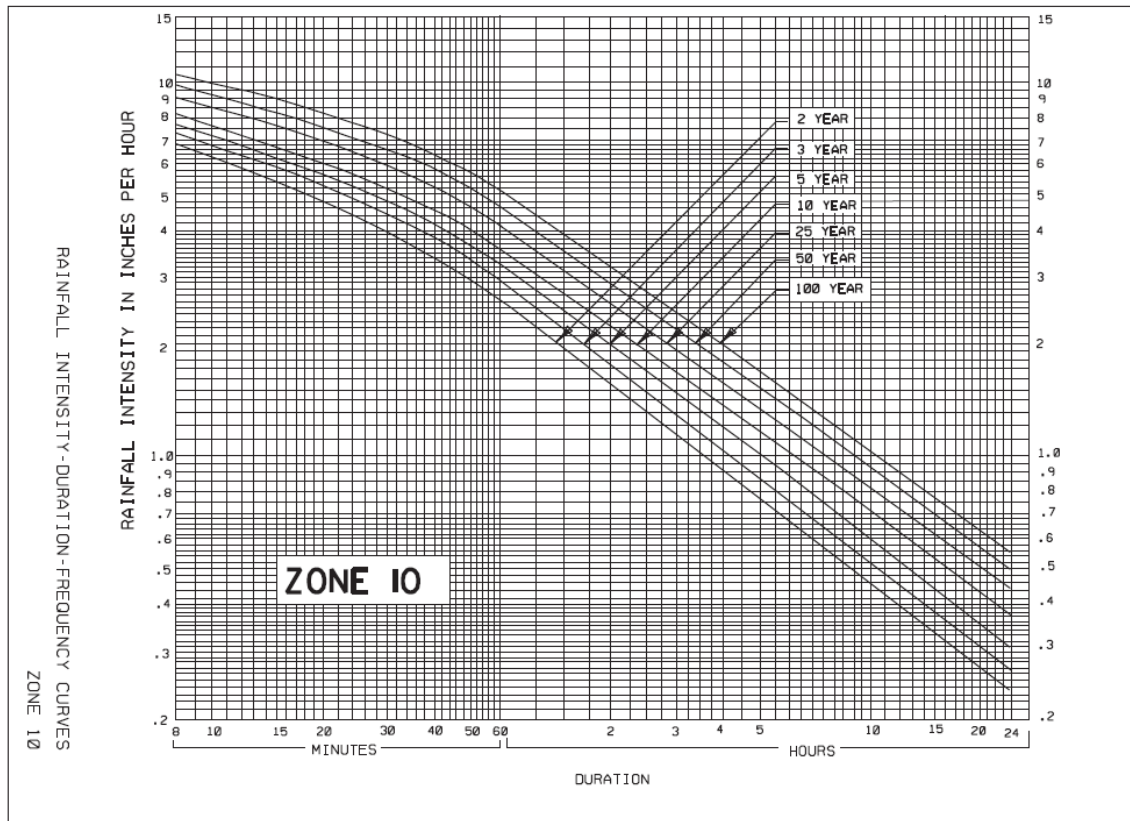
Distribución temporal de la lluvia

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 47.

Ilustración 47 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.

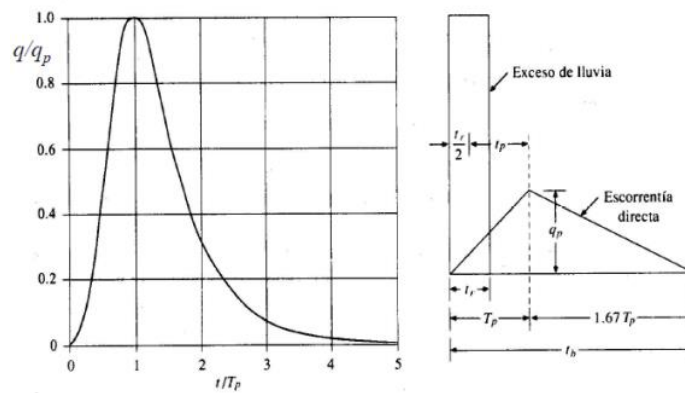
Esto quiere decir que el aporte de las aguas subterráneas generadas por un episodio de lluvia que provoca una inundación no va a tener influencia en los caudales punta que se generan, puesto que el proceso hasta que esa agua es devuelta a la red de drenaje es mucho más lento.

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 48. 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 (la - 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.

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

Tabla 19. Número de curva para condición antecedente de humedad II según el uso del suelo y su grupo hidrológico.

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

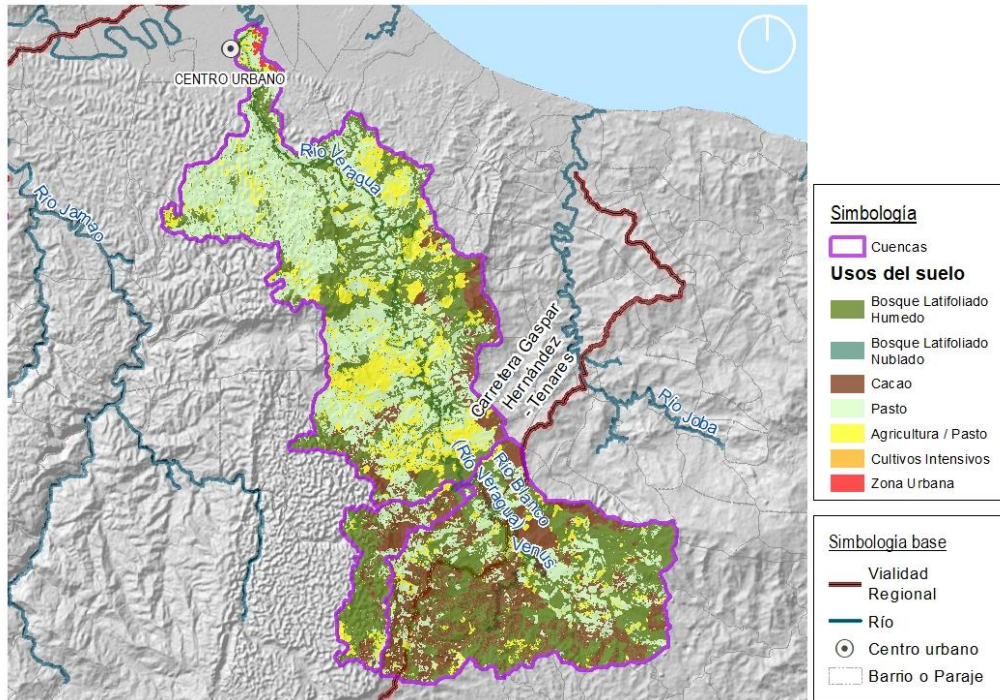
Fuente: Hidrología Aplicada; Ven Te Chow

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 Veragua.

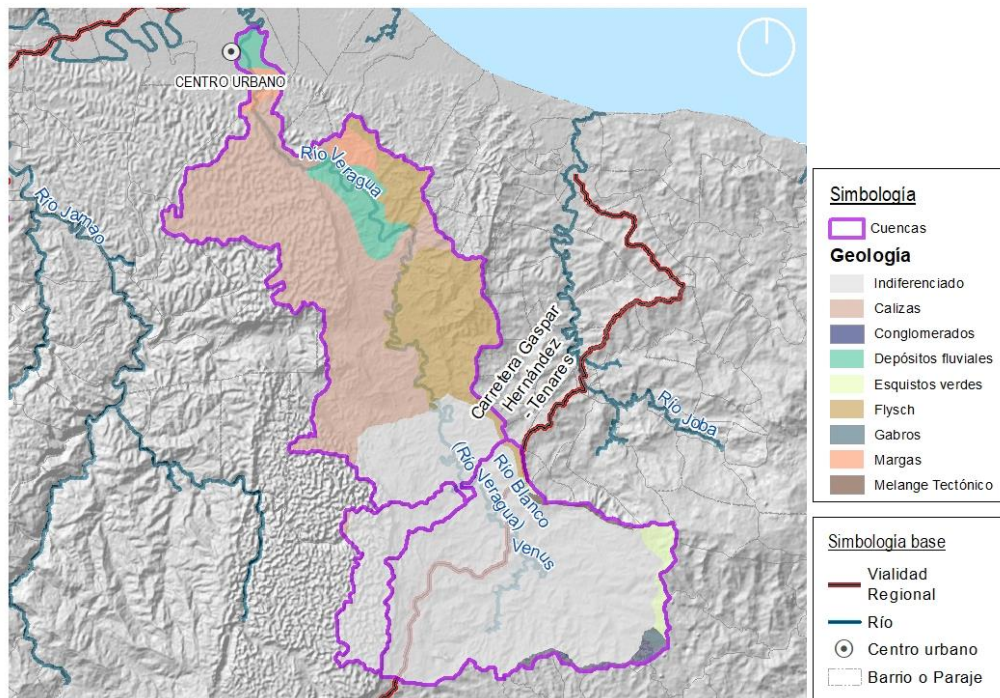
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 49: Usos de suelo en la cuenca del río Veragua.



Fuente: IDOM-VNG.

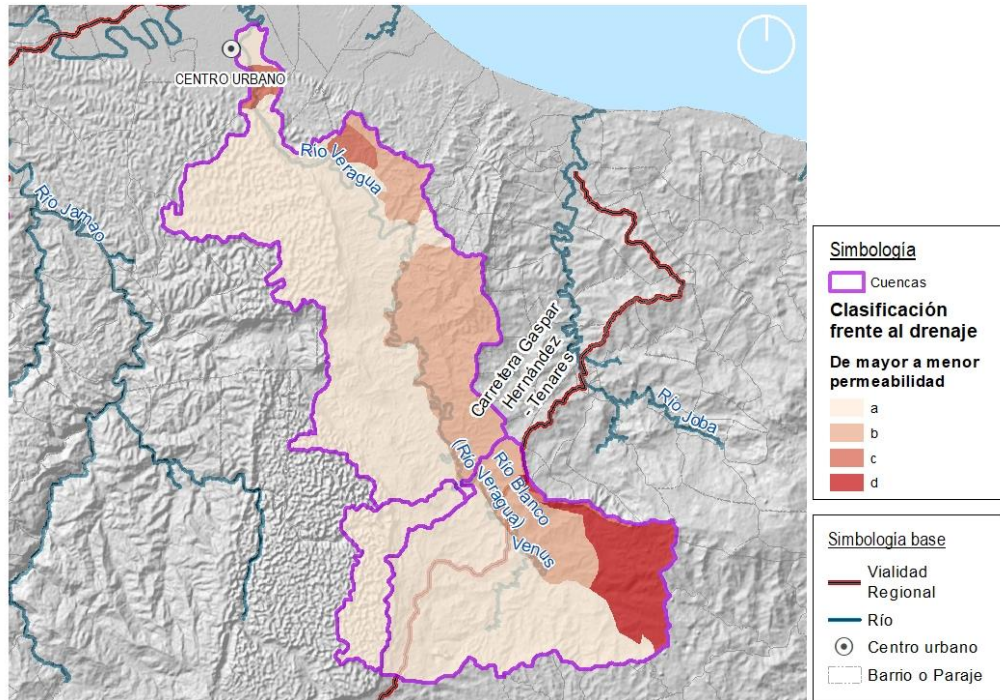
Ilustración 50: Geología en la cuenca del río Veragua.



Fuente: IDOM-VNG.

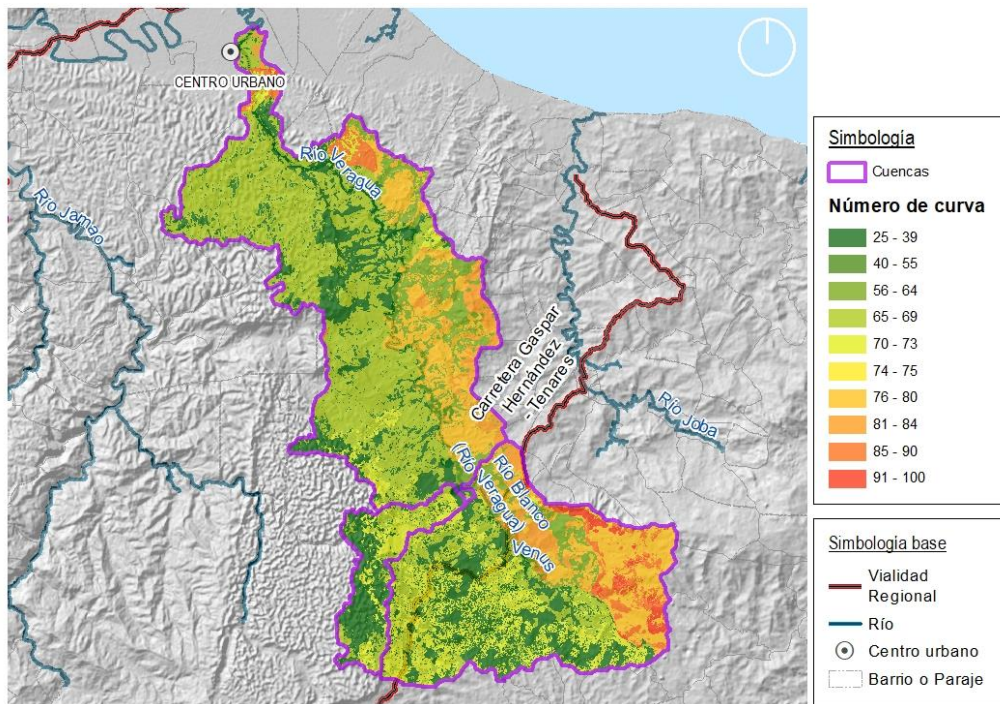
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 51: Clasificación frente al drenaje en la cuenca del río Veragua.



Fuente: IDOM-VNG.

Ilustración 52: Número de Curva en la cuenca del río Veragua



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.

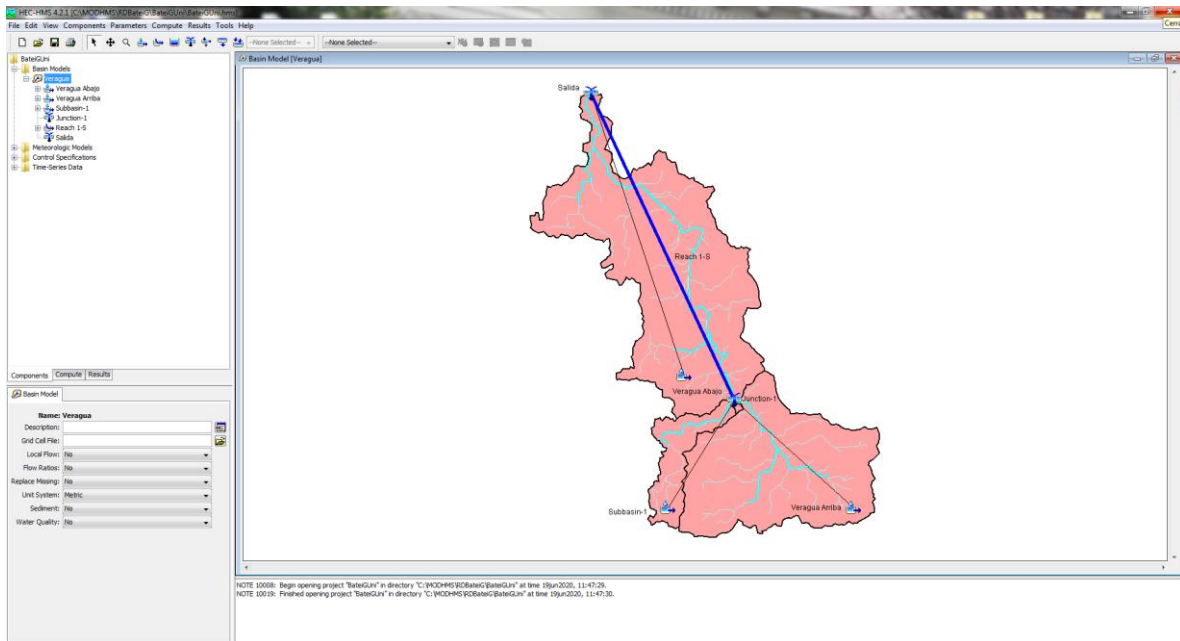
Modelo HMS, propagación de hidrogramas

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 Veragua” se han planteado un total de 3 subcuenca y 2 interconexiones para la propagación de caudales entre cuecas y 3 puntos de control o estudio, donde podemos conocer los resultados del hidrograma de salida.

Ilustración 53. Modelo hidrológico HEC-HMS de la Cuenca del río Veragua



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 Veragua se muestran a continuación.

Tabla 20: Parámetros para el cálculo de abstracciones del río Veragua

PARÁMETROS PARA ABSTRACCIONES						
Identificación	Total	CN medio*	Retenc.Máx	Pérdida Inic.	Retardo	Retardo
	Km ²		S	la	t-lag	t-lag
			(mm)	(mm)	(hrs)	(min)
Veragua Abajo	69,496	61,37	159,88	31,98	4,818	289,065
Subbassin 1	8,921	47,68	278,72	55,74	0,635	38,121
Veragua Arriba	4,137	61,33	160,15	32,03	1,546	92,780

Fuente: IDOM-VNG

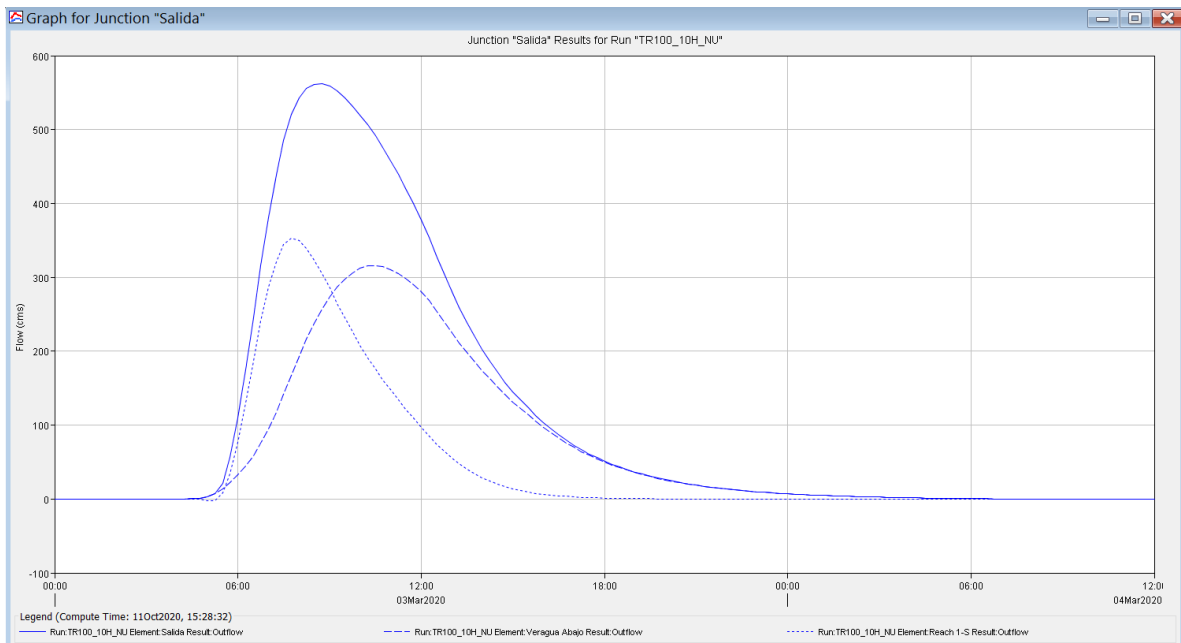
Tabla 21: Parámetros hidrológicos para la propagación del hidrograma en cada tramo del río Veragua

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-S	117,0	12,00	0,38	0,004	3,846	27,30	61,37	1,445	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 Veragua para el periodo de retorno de 100 años.

Gráfico 2. Hidrograma a la salida de la Cuenca del Río Veragua, 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 Veragua para los periodos de retorno de 2 años, 50 años, 100 años, 200 y 500 años.

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

Tabla 22: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 2 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Veragua Abajo	69,496	56,7	11:00	22,65
Veragua Arriba	45,137	76,5	07:00	22,14
Subcuenca 1	8,921	5,5	06:00	6,97
Junction-1	54,058	80,7	07:00	19,63
Reach 1-S	54,058	61,5	08:15	19,63
Salida	123,554	101,2	09:15	21,34

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 23: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 50 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Veragua Abajo	69,496	263,5	10:30	102,64
Veragua Arriba	45,137	353,5	06:45	92,95
Subcuenca 1	8,921	65,8	05:45	55,56
Junction-1	54,058	385,6	06:45	86,78
Reach 1-S	54,058	293,2	07:45	86,78
Salida	123,554	468,9	08:45	95,74

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 24: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 100 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Veragua Abajo	69,496	316,1	10:30	122,90
Veragua Arriba	45,137	422,6	06:45	110,45
Subcuenca 1	8,921	84,3	05:45	69,39
Junction-1	54,058	462,0	06:30	103,67
Reach 1-S	54,058	352,7	07:45	103,67
Salida	123,554	562,4	08:45	114,53

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 25: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 200 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Veragua Abajo	69,496	352,7	10:00	140,54
Veragua Arriba	45,137	464,9	06:15	125,59
Subcuenca 1	8,921	95,5	05:15	81,66
Junction-1	54,058	509,8	06:00	118,34
Reach 1-S	54,058	389,7	07:15	118,34
Salida	123,554	624,1	08:15	130,87

Fuente: IDOM-VNG

Tabla 26: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 500 años.

Elemento	Área de drenaje (km ²)	Caudal punta (m ³ /s)	Tiempo al pico	Volumen (mm)
Veragua Abajo	69,496	431,8	10:00	171,68
Veragua Arriba	45,137	567,7	06:15	152,42
Subcuenca 1	8,921	124,5	05:15	104,05
Junction-1	54,058	627,4	06:00	144,44
Reach 1-S	54,058	479,3	07:15	144,44
Salida	123,554	764,9	08:15	159,78

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 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:

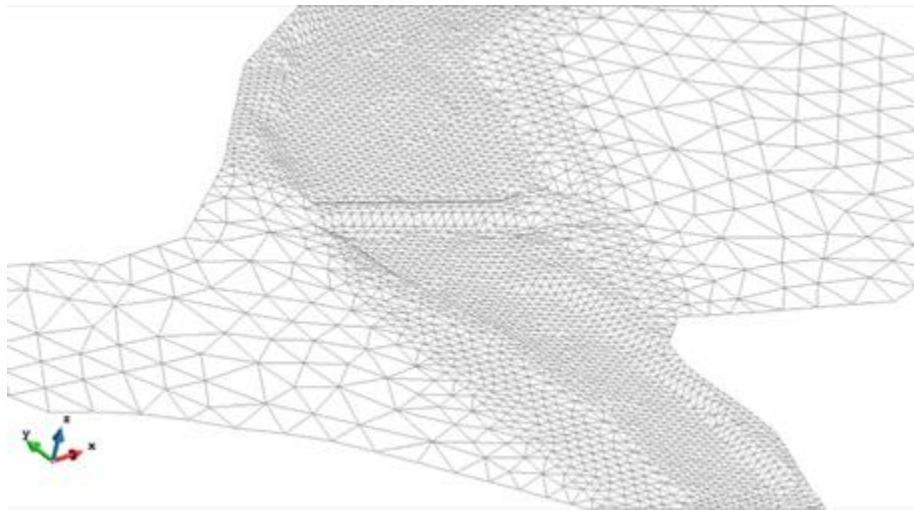
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = M_s$$

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

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

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_{xx}, τ_{xy}, τ_{yy} 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 54 Malla de cálculo no estructurada desarrollada para el modelo hidráulico del tramo analizado del río Veragua



Fuente: IDOM-VNG

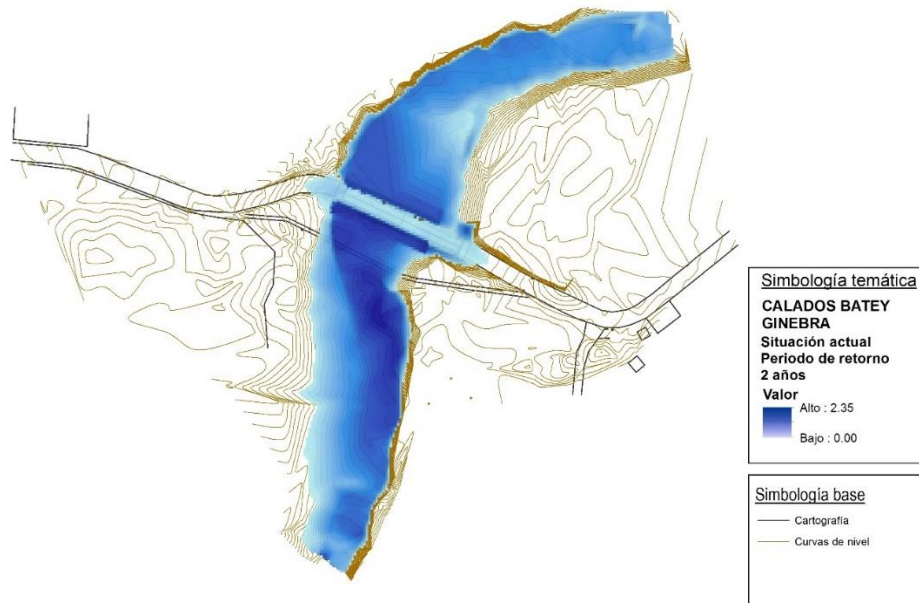
- *Salidas*

Para este subproyecto, dónde se pretende cambiar la infraestructura existente por una nueva, es necesario realizar modelaciones de la situación actual, así como del escenario original, donde el puente badén no existe y se pueda determinar la capacidad real del cauce sin obstrucciones dentro del mismo, así como la altura del agua, lo que permitirá asignar una cota inferior del puente para los distintos TRs.

Para este subproyecto, se han obtenido los resultados de la modelización hidráulica de la situación actual en el tramo analizado del río Veragua, modelizando para ello el puente badén existente para los periodos de retorno de 2 y 100 años, y también en la situación original, con objeto de conocer el comportamiento sin el actual puente.

Además, se ha realizado la modelización hidráulica de la situación futura propuesta, en la cual se modeliza la infraestructura del puente propuesta, habiendo obtenido resultados para los periodo de retorno de 50, 100 y 200 años. De manera representativa, a continuación, en la Ilustración 22, se muestra la imagen de los calados máximos alcanzados correspondiente a la modelización de la situación actual con el puente badén para el periodo de retorno de 2 años.

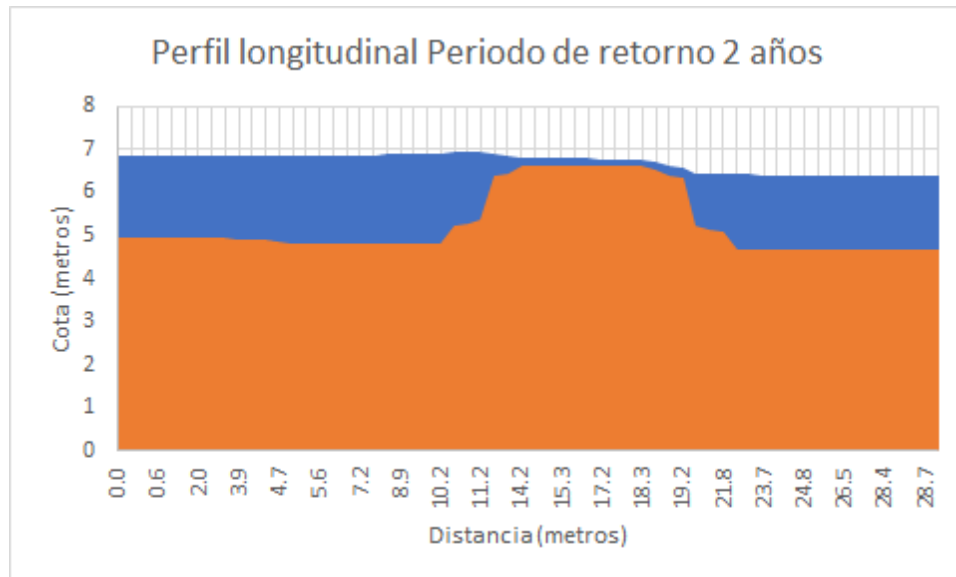
Ilustración 55 Calados máximos del río Veragua. Periodo de retorno 2 años



Fuente: IDOM-VNG

Como se puede apreciar en la imagen anterior, se comprueba que el puente tipo badén existente no es capaz de soportar caudales asociados a un período de retorno de 2 años, lo cual, a nivel normativo vigente en República Dominicana, sería inaceptable ya que este tipo de infraestructuras deberían ser diseñadas para soportar lluvias de Tr10. Se observa como el puente badén provoca una sobreelevación de la lámina de agua aguas arriba del paso, alcanzándose calados de aproximadamente 20 cm en el paso, tal y como se muestra a continuación en el siguiente gráfico.

Gráfico 3. Perfil longitudinal de la lámina de agua en el tramo analizado para el periodo de retorno de 2 años.



Fuente: IDOM-VNG

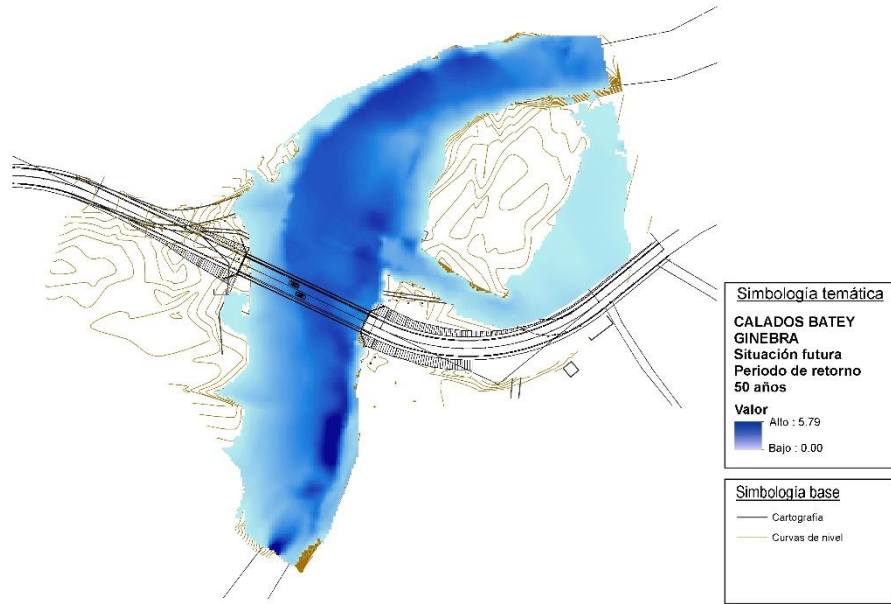
En el caso de los resultados correspondientes al periodo de retorno de 100 años, se obtiene un aumento de los calados a lo largo del cauce principal, registrándose en general valores en torno a 3 - 3.5 metros aproximadamente. De manera puntual, en algunas zonas del cauce principal se registran profundidades de hasta 4.5 metros aproximadamente.

En la zona de desbordamientos se obtiene como en general, para un periodo de retorno de 100 años, las profundidades del agua alcanzadas no exceden los 30 centímetros.

Respecto a la situación futura, se han obtenido los resultados de la modelación hidráulica para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años, modelizando para ello la nueva localización del puente propuesto y obteniendo para cada recurrencia las imágenes de calados máximos alcanzados en el río Veragua, tal y como se muestra a continuación en la Ilustración 56, Ilustración 57 e Ilustración 58.

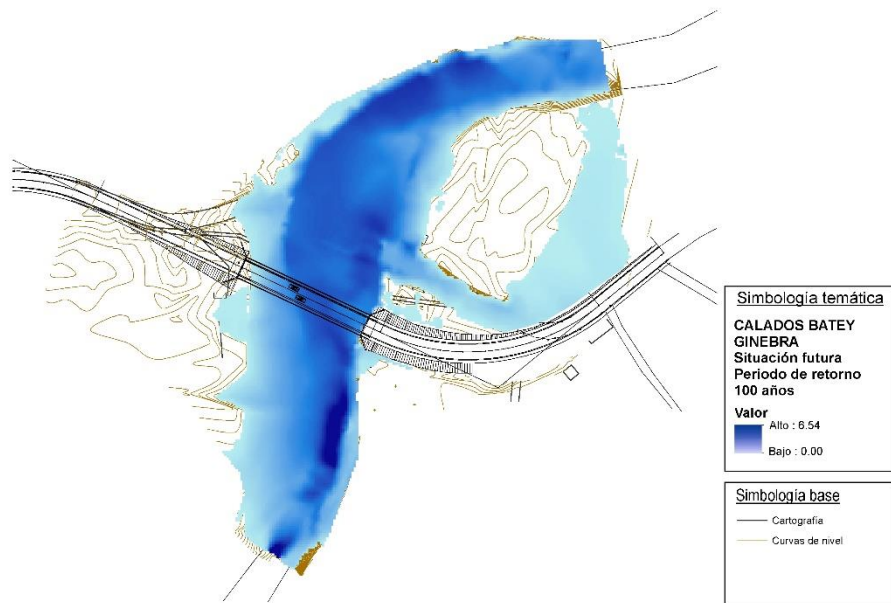
Ilustración 56 Mapa de calados máximos del río Veragua para la situación futura. Periodo de retorno de 50 años.

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



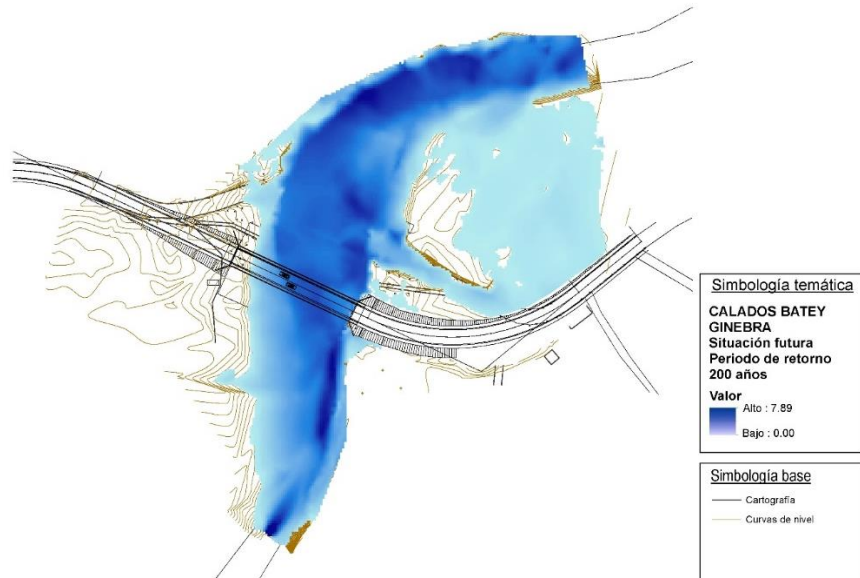
Fuente: IDOM-VNG

Ilustración 57 Mapa de calados máximos del río Veragua para la situación futura. Periodo de retorno de 100 años.



Fuente: IDOM-VNG

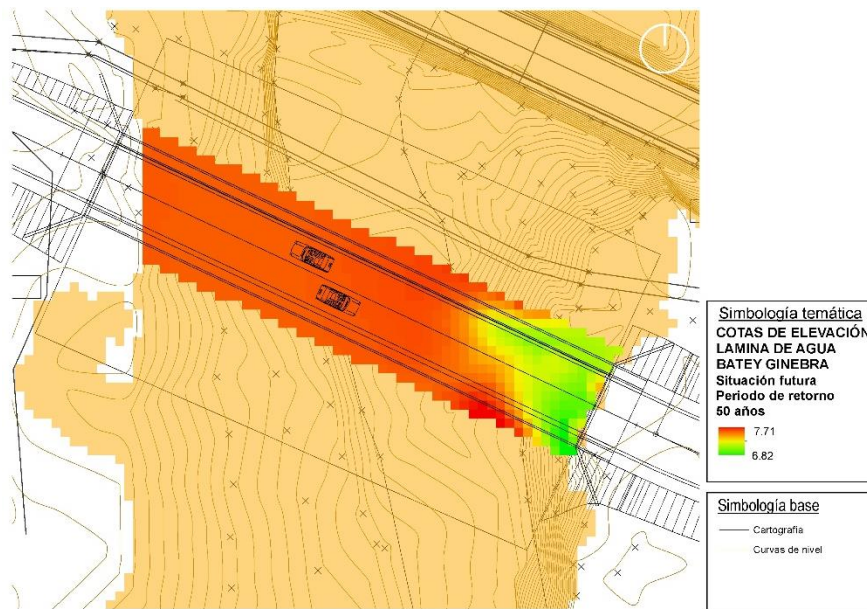
Ilustración 58 Mapa de calados máximos del río Veragua para la situación futura. Periodo de retorno de 200 años.



Fuente: IDOM-VNG

Análogamente, se han obtenido los mapas de cotas máximas alcanzadas en el entorno del nuevo puente propuesto para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años, tal y como se muestra a continuación en la Ilustración 59, Ilustración 60 e Ilustración 61.

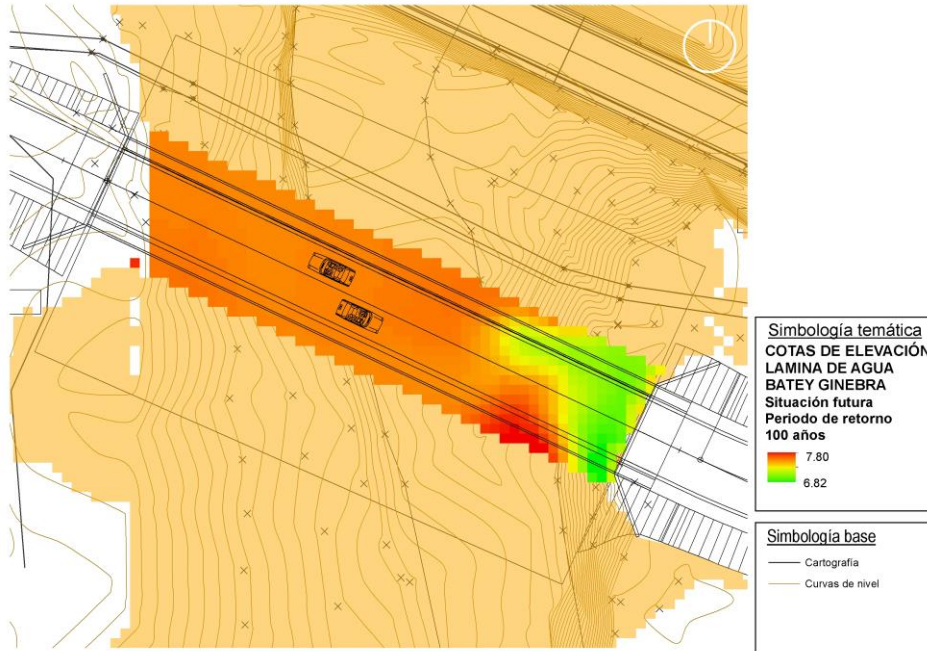
Ilustración 59 Mapa de cota máximas alcanzadas en el río Veragua para la situación futura. Zoom solución propuesta. Periodo de retorno 50 años.



Fuente: IDOM-VNG

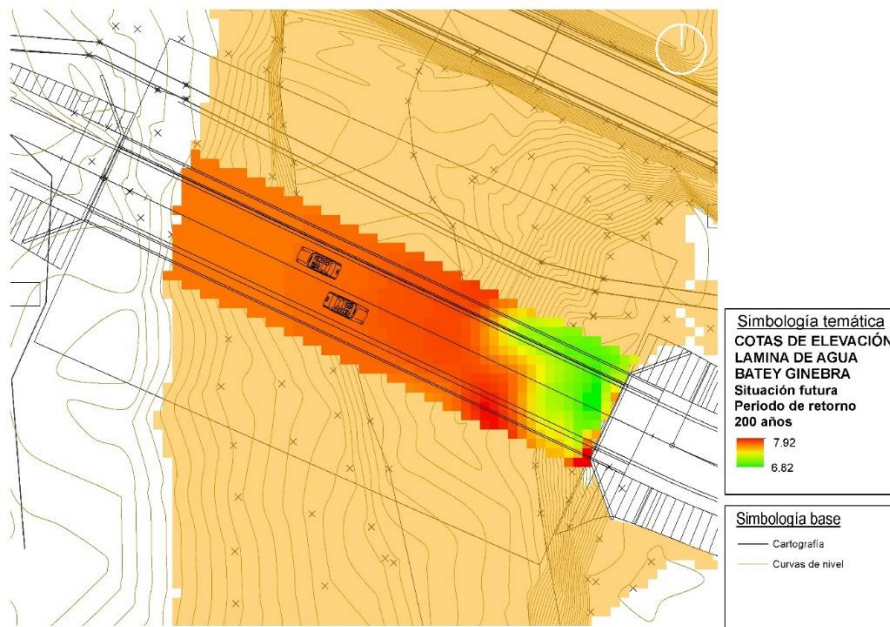
MEJORAMIENTO DE OBRAS PÚBLICAS PARA REDUCIR EL RIESGO DE DESASTRES
(POST DISASTERS AND CLIMATE CHANGE RESILIENCE)

Ilustración 60 Mapa de cota máximas alcanzadas en el río Veragua para la situación futura. Zoom solución propuesta. Periodo de retorno 100 años.



Fuente: IDOM-VNG

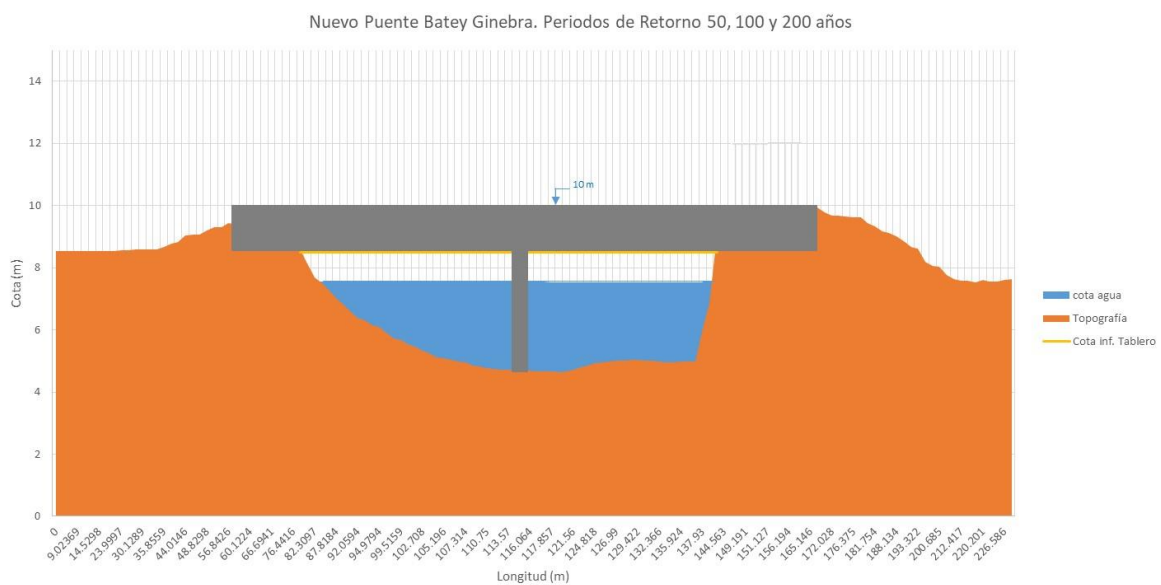
Ilustración 61 Mapa de cota máximas alcanzadas en el río Veragua para la situación futura. Zoom solución propuesta. Periodo de retorno 200 años.



Fuente: IDOM-VNG

En las imágenes anteriores se aprecia como las cotas de la lámina de agua entre los distintos periodos de retorno son similares (ver esquema en la Ilustración 62), esto se debe a la geometría de la sección donde las márgenes son muy tendidas, por lo que un pequeño incremento de calado supone un incremento considerable de sección hidráulica, adicionalmente, la divisoria detectada con topografía fija la cota máxima posible de la lámina de agua en la 8.5 msnm debido a que a partir de esa cota el agua desbordaría hacia el otro lado.

Ilustración 62 Sección transversal en el emplazamiento nuevo puente en el río Veragua. Periodos de retorno de 50, 100 y 200 años.



Fuente: IDOM-VNG

En las imágenes se aprecia como las manchas de inundación para los periodos de retorno de 50, 100 y 200 años son diferentes, pero no lo son tanto las cotas alcanzadas por el agua en la sección del puente proyectado, debido a la geometría de la sección comentada anteriormente.

8.1.6. AMBIENTALES

Criterios de aprobaciones ambientales.

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

- a) 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
- b) 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 Batey Ginebra, por múltiples razones ajenas a la ATI, no se ha podido llevar a cabo el proceso de estudios y aprobaciones ambientales para el puente Batey Ginebra.

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 Batey Ginebra.

8.1.8. EXPROPIACIONES

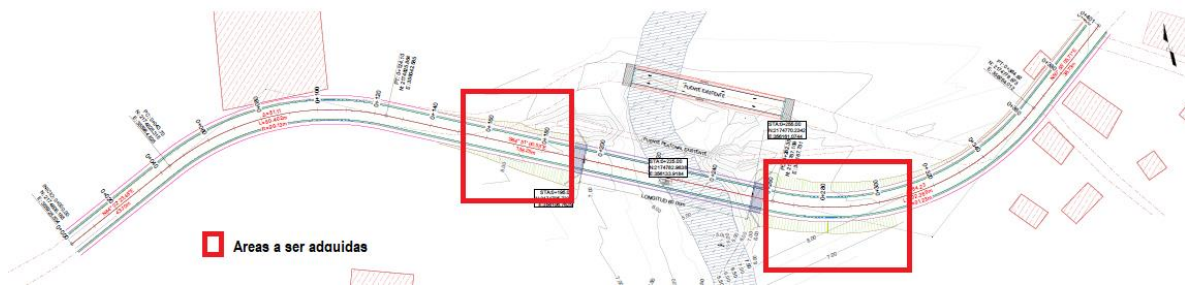
Informe de campo. A partir del diseño conceptual elaborado, se obtiene que el área de los accesos de entrada y salida está en terreno aparentemente privado, por lo que infiere que dicha área debe considerarse para fines de expropiación.

El diseñador final deberá validar la necesidad de expropiación y levantar los datos de campo que requiere el MOPC para proceder a negociar con los propietarios de las mismas. No se afectan viviendas u otros tipos de inmuebles.

Procedimiento de expropiaciones. El consultor del diseño final, deberá seguir el procedimiento establecido por el MOPC para elaborar las fichas de predios o propiedades a expropiadas por el MOPC en los casos en que sea necesario.

Durante el diseño conceptual solamente se han identificado en los planos las áreas a ser adquiridas para 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.

Ilustración 63: Terrenos a ser expropiados.



Fuente: IDOM-VNG

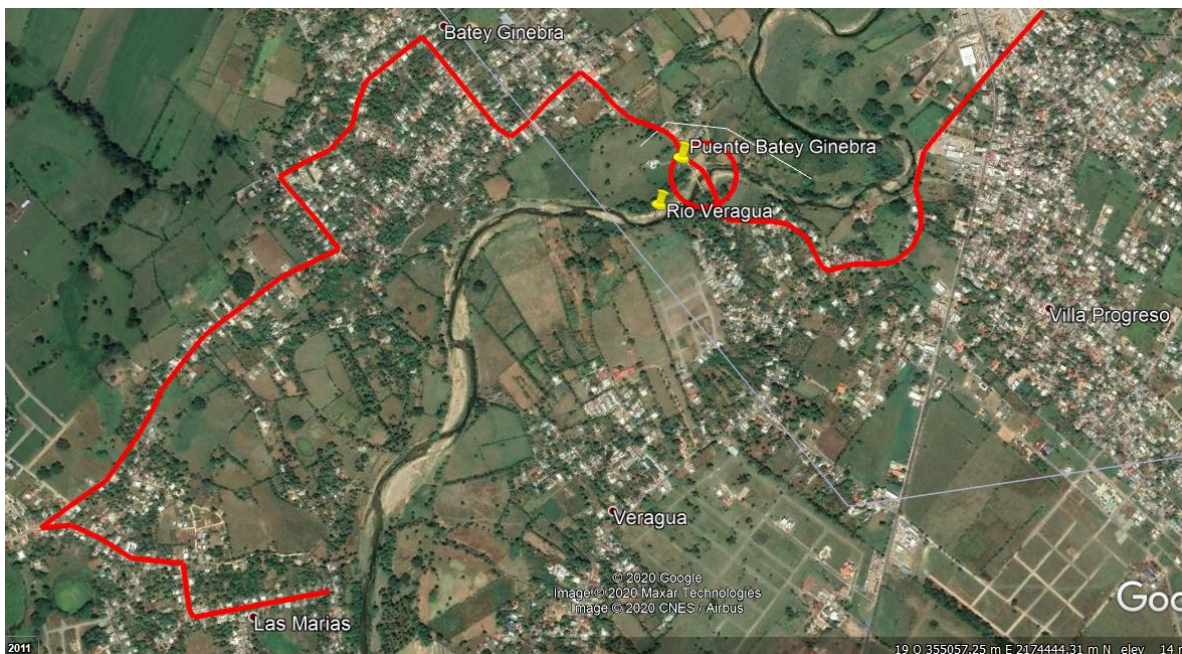
8.2. ESTUDIO COSTO/BENEFICIO

8.2.1. ESTUDIO DE MOVILIDAD

Las comunidades que utilizan el puente de Batey Ginebra, tienen como centro de aprovisionamiento y de intercambio a Sabaneta de Yásica, Cabarete y Gaspar Hernández, por lo que se genera diario un tráfico desde las comunidades de Batey Ginebra, Veragua y Las Marías hacia dicho centros/.

Las comunidades ubicadas a ambos lados del río que utilizarán el puente son las siguientes:

- Villa Progreso
- Batey Ginebra
- Veragua
- Las Marías



Los pobladores de esas comunidades, para interrelacionarse solamente tienen una vía, lo que implica que no hay necesidad de hacer estudios adicionales de factibilidad, conforme a lo estipulado por el BEI.

8.2.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

Las comunidades ubicadas a ambos lados del puente son bastantes pobladas, por lo que se genera un tráfico de motocicletas y vehículos livianos relativamente constante por el puente. Visto lo anterior, de ser un acceso único, no hay necesidad de hacer un estudio detallado de tráfico para los fines de justificar financieramente la construcción de este proyecto.

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 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

Según se mostró anteriormente, el puente Batey Ginebra, es la única opción de comunicación entre las comunidades involucradas, razón por la cual no se requiere un estudio financiero para justificar su construcción.

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 Batey Ginebra
- Ubicación: Comunidad Batey Ginebra
- Municipio: Gaspar Hernández
- DM. Sabaneta de Yásica
- Provincia: Espaillat

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

	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	
En el ámbito del proyecto, ¿hay constancia de la existencia de lugares o manifestaciones culturales inmateriales ¹ (catalogados o no catalogados) de valor arqueológico, histórico-artístico, arquitectónico, ritual, etnográfico, etc.?	No	Las manifestaciones culturales inmateriales de carácter religioso y etnográfico que se dan en el ámbito del proyecto es la celebración de las fiestas patronales. Estas se celebran anualmente del en el mes de julio, teniendo como patrona de la comunidad a la virgen nuestra señora de Fátima. Siendo la celebración de la misa y la procesión las de mayor carácter religioso y el local 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	No	.

¹ Ejemplos: lugares donde han ocurrido leyendas o hechos históricos; lugares de culto, ritual o reunión, etc.

	Respuesta (Sí/No)	Comentarios. Si la respuesta es afirmativa, añadir descripción e información adicional.
arqueológicos, en caso de realización de excavaciones)?		

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 elaboró un presupuesto a partir del diseño conceptual, para la alternativa de periodos de retorno seleccionada. En este anexo se incluye el presupuesto para el puente de 60 m longitud.

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, y los accesos que conectan con la vía existente.

DATOS GENERALES		
Longitud desde los estribos	M	60.00
Longitud losas de aproche	M	4.00
Longitud + losas de aproche	M	68.00
Ancho total	M	10.20
Número de carriles	M	2.00
Ancho de cada carril	M	3.30
Cantidad Pilotes en estribos	M	7.18

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

Profundidad pilote	M	15.00
Altura estribos y pilas	M	4.50
Longitud vigas postensadas	M	29.30
Área puente sin aproches	M ²	612.00

PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE

Ilustración 64: Presupuesto de construcción del puente Batey Ginebra

No.	PARTIDA / ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
0	DISEÑO FINAL (incluye puente y accesos)	PA	1.00		
1	TRABAJOS GENERALES				
1.1	Letrero de obra	PA	1.00		
1.2	Ingeniería	PA	1.00		
	Demolición badén existente	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	M ³	698.33		
4.1.2	Bote de Material	M ³	907.82		
4.1.3	Relleno Material Compactado	M ³	95.23		
4.2	Estribo Lado No 2				
4.2.1	Excavación de Material hasta Cota de desplante	M ³	698.33		
4.2.2	Bote de Material	M ³	907.82		
4.2.3	Relleno Material Compactado	M ³	95.23		
4.3	Pilas				
4.3.1	Excavación de Material hasta Cota de desplante	M ³	921.79		
4.3.2	Bote de Material	M ³	1,198.32		
4.3.3	Relleno Material Compactado	M ³	125.69		
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				

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

5.1.1	Replanteo	UD	8.00		
5.1.2	Perforación de Pilotes Ø 0.80m de 15m	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 infiltración y oquedades en la Perforación	M³	75.40		
5.1.5	Colocación de Hormigón en Pilotes	M³	75.40		
5.1.6	Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijación 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 infiltración 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, fijación 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		1.00		
5.3.2	Replanteo	UD	8.00		
5.3.3	Perforación de Pilotes Ø 0.80m de 15	M³	63.33		
5.3.4	Encamisado Excavación (Colocación Tubo Recuperable 4.00m en cada pilote)	M	32.00		
5.3.5	Suministro de Hormigón f'c 350 kg/cm² + 25% por infiltración y oquedades en la Perforación	M³	75.40		
5.3.6	Colocación de Hormigón en Pilotes	M³	75.40		
5.3.7	Suministro y Colocación de Acero en Pilotes (incluye manejo, fijación y colocación)	QQ	331.84		

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

5.3.8	Carguio y Bote de material inservible	M³e	82.33		
5.3.8	Demolición con compresores de la cabeza de pilotes 2.00m. De altura	M³e	6.03		
6	HORMIGÓN SIMPLE INCLUYE ACONDICIONAMIENTO FUNDACIÓN ESTRIBOS				
6.1	Bajo Zapata Estribo Lado Norte	M³	12.78		
6.2	Bajo zapata Estribo Lado Sur	M³	12.78		
	En pilas	M³	12.78		
7	HORMIGÓN ARMADO Y ACERO EN:				
7.1	Estribo Lado Norte				
7.1.1	Zapata - Cabecal de Pilotes, f'c 280 kg/cm²	M³	67.47		
7.1.2	Muro Fuste, f'c 350 kg/cm²	M³	57.13		
7.1.3	Pantalla, f'c 350 kg/cm²	M³	12.59		
7.1.4	Aletas, f'c 350 kg/cm²	M³	14.77		
7.2	Estribo Lado Sur				
7.2.1	Zapata - Cabecal de Pilotes, f'c 280 kg/cm²	M³	67.47		
7.2.2	Muro Fuste, f'c 350 kg/cm²	M³	57.13		
7.2.3	Pantalla, f'c 350 kg/cm²	M³	12.59		
7.2.4	Aletas, f'c 350 kg/cm²	M³	14.77		
7.3	Vigas Postensadas				
7.3.1	Vigas Postensadas f'c 350 kg/cm²	M³	214.20		
7.3.2	Izaje Vigas postensadas	Ton	535.50		
7.4	Viguetas Transversales y Tabletas Encofrado Perdido				
7.4.1	Viguetas Intermedias, f'c 280 kg/cm²	M³	12.92		
7.4.2	Viguetas Extremas, f'c 280 kg/cm²	M³	20.36		
7.5	Losa Del Tablero				
7.5.1	Losa del Tablero, f'c 280 kg/cm²	M³	149.43		
7.5.2	Bordillos Tipo New Jersey, f'c 280 kg/cm²	M³	48.48		
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	67.47		

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

7.7.2	Pedestal Inferior	M ³	3.68		
7.7.3	Muro Fuste	M ³	55.08		
7.7.4	Pedestal Superior	M ³	5.63		
7.7.5	Cabezal Postensado	M ³	97.30		
7.7.6	Topes Laterales	M ³	1.60		
8	APOYOS ELASTOMÉRICOS DE LAS VIGAS				
8.1	Placas de neopreno (0.40 x 0.40 x 0.025, con Placas de acero inscrustadas	UD	24.00		
8.2	Base Apoyo vigas sobre estribo (Grouting) 1	M ³	0.46		
9	MISCELÁNEOS				
9.1	Pruebas de integridad, pruebas de Carga	UD	24.00		
9.2	Juntas Metálicas en losas	M	60.00		
9.3	Llenado de Juntas en losas con neopreno líquido	M	121.00		
9.5	Desagüe en tubos de 4"	UD	60.00		
9.6	Pintura muros de defensa tipo New Jersey	M ²	435.20		
9.7	Resane de superficies en Estribo, bordillos, New Jersey y aceras	M ²	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

Ilustración 65: Presupuesto de construcción accesos al puente Batey Ginebra

No.	PARTIDA / ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS GENERALES				
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	0.1		
2.02	Remoción y colocación de Alambrada	M	200.00		
2.3.2	Excavación en Material No Clasificado:				
a	c) Con sobre acarreo	M³n	1,620.0		
2.3.3	Excavación Material Inservible:				
a	Con equipo	M³n	243.0		
2.3.4	Excavación de Préstamo, caso I, 1er. km. con acarreo libre	M³n	1,704.38		
2.3.6	Relleno:				
a	Para conforma explanación	M³c	1,336.5		
b	Bajo aceras	M³c	27.0		
2.3.13	Escarificación de superficie	M²	810.0		
2.3.14	Escarificación entre capas de relleno	M²	5,670.0		
2.4.1	Acarreo adicional				
a	Material Inservible (10 km)	M³e-Hm	3,280.50		
b	e) Material de aceras ,contenes (20 km.)	M³e-Hm	702.00		
2.4.2	Acarreo adicional material de préstamo (20 km.)	M³e-Km	44,313.75		
2.4.3	Acarreo adicional material de Base (50 km.)	M³e-Km	6,986.25		
2.4.4	Acarreo adicional material de Sub Base (50km.)	M³e-Km	10,125.00		
2.5.1	Excavación para estructuras hasta 1.5 m. de Prof.	M³n	50.00		
2.6.1	Terminación de sub-rasante	M²	810.00		
3	SUB-BASE Y BASE				
3.1.4	Sub Base granular natural (incluye acarreo del 1er. km.)	M³c	162.0		
3.1.7	Base Granular Triturada (incluye Ac. 1er. KM)	M³c	121.5		
4	CAPA DE RODADURA				
4.1	Suministro hormigón asfáltico (2")	M³c	41.1		

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

4.2	Aplicación	M ³ c	41.1		
	Transporte (115 Km)	M ³ c	41.1		
4.3	Suministro de AC-30	M ³ c	41.1		
4.4	Riego de adherencia	M ²	810.0		
4.5	Riego de imprimación con gravilla @0.50 gl/m2	M ²	810.0		
5	SEGURIDAD VIAL				
5.1	Bordillo y contén de hormigón vaciado en sitio (Hormigón Ind. 180 kg/cm2)	M	270.0		
5.2	Aceras de hormigón (Hormigón Ind. 180 kg/cm2)	M ²	270.00		
5.3	Señalización vial	PA	1.00		
6	ILUMINACION VIAL				
6.1	Postes de hormigón armado de 30 pies con luminarias de de 250W HPS 240V. Incluye puente	UD	4.0		
6.2	Conductor para luminarias formado por: 2C thhn No.10, 1C thhn No.12, en ducto PVC de 3/4"ϕ Incluye puente	PA	1		
7	OBRAS COMPLEMENTARIAS				
7.1	Medio ambiente y arborizacion	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 Batey - Ginebra propuesto	16
Tabla 2: Puntos de control georreferenciados	28
Tabla 3: Resultados de los sondeos obtenidos a partir de (SEV) puente Batey Ginebra.	32
Tabla 4: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 2 años.	34
Tabla 5: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 50 años.	34
Tabla 6: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 100 años.	35
Tabla 7: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 200 años.	35
Tabla 8: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 500 años.	35
Tabla 9: Resumen de costos de construcción del puente Batey Ginebra y vialidad.	42
Tabla 10: Resultados de los sondeos obtenidos partir de (SEV) puente Batey Ginebra.	52
Tabla 11: Características de las estaciones pluviométricas.	58
Tabla 12: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno	59
Tabla 13: Instrumentos utilizados en la TRMM.	60
Tabla 14: Bandas de la TRMM.	61
Tabla 15: Instrumentos utilizados en la GPM.	61
Tabla 16: Lista de distribuciones utilizadas.	63
Tabla 17: NEX/GDDP GCMs	67
Tabla 18: Método no paramétrico de Mann Kendall y pendiente de Sen por dataset.	70
Tabla 19. Número de curva para condición antecedente de humedad II según el uso del suelo y su grupo hidrológico.	76
Tabla 20: Parámetros para el cálculo de abstracciones del río Veragua	82
Tabla 21: Parámetros hidrológicos para la propagación del hidrograma en cada tramo del río Veragua	83
Tabla 22: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 2 años.	84
Tabla 23: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 50 años.	84
Tabla 24: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 100 años.	84

Tabla 25: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 200 años.	85
Tabla 26: Salidas del modelo hidrológico de la cuenca del río Veragua para el periodo de retorno de 500 años.	85

MAPAS

Mapa 1 Precipitación para un periodo de retorno de 2 años.....	65
Mapa 2 Precipitación para un periodo de retorno de 10 años.....	65
Mapa 3 Precipitación para un periodo de retorno de 50 años.....	66
Mapa 4 Precipitación para un periodo de retorno de 100 años.....	66
Mapa 5 Proyección histórica con un periodo de retorno de 100 años.	68
Mapa 6 RCP 4.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años.	68
Mapa 7 RCP 8.5 para el periodo 2046- 2070, con un periodo de retorno de 100 años.	69

GRÁFICOS

Gráfico 1. Perfil longitudinal de la lámina de agua en el tramo analizado para el periodo de retorno de 2 años.	37
Gráfico 2. Hidrograma a la salida de la Cuenca del Río Veragua, para el modelo de TR 100 años. 83	
Gráfico 3. Perfil longitudinal de la lámina de agua en el tramo analizado para el periodo de retorno de 2 años.	87

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación del puente Batey Ginebra	7
Ilustración 2. Puente badén y peatonal existentes. Río Veragua. Accesos	8
Ilustración 3. Puente Peatonal existente y crecida del río Veragua.	9
Ilustración 4: Cruce del río Batey Ginebra. Condición actual	10
Ilustración 5. Comunidades involucradas	11
Ilustración 6: Conjunto del proyecto.....	16
Ilustración 7: Planta dimensionada del puente Batey Ginebra.....	18
Ilustración 8: Elevación del puente Batey Ginebra.....	18
Ilustración 9: Sección transversal del puente Batey Ginebra.....	19
Ilustración 10: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado	20
Ilustración 11: Detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado	20
Ilustración 12: Plano detalles típicos de estructura de puentes de hormigón armado	21
Ilustración 13: Planta del tramo de acceso al puente en Villa Progreso.	22
Ilustración 14: Elevación y perfil del tramo de acceso al puente en Villa Progreso.....	22
Ilustración 15: Planta del tramo de salida del puente en Batey Ginebra	23
Ilustración 16: Elevación y perfil del subtramo 1 de salida del puente en Baraguana.....	23
Ilustración 17. Ubicación del nuevo puente, del badén existente y nuevo trazado de los accesos....	24

Ilustración 18: Planta general del levantamiento topográfico incluyendo curvas de nivel	31
Ilustración 19: Ubicación de sondeos (SEV) para puente Batey Ginebra.	32
Ilustración 20: Detalle tipo de fundación con pilotes de hormigón	33
Ilustración 21 Malla de cálculo no estructurada desarrollada para el modelo hidráulico del tramo analizado del río Veragua	36
Ilustración 22 Calados máximos del río Veragua. Periodo de retorno 2 años.....	37
Ilustración 23 Mapa de calados máximos del río Veragua para la situación futura. Periodo de retorno 200 años	38
Ilustración 24 Mapa de cotas máximas del río Veragua para la situación futura, zoom solución propuesta. Periodo de retorno 200 años.....	39
Ilustración 25 Sección transversal en el emplazamiento nuevo puente en el río Veragua. Periodos de retorno de 50, 100 y 200 años.	39
Ilustración 26: Terrenos a ser expropiados.	40
Ilustración 27. Área aproximada a cubrir por la topografía	49
Ilustración 28: Tabla periódica de Resistividad de metales puros.....	50
Ilustración 29: Localización de los sondeos (SEV) realizados.	51
Ilustración 30: Estratigrafía a partir de (SEV) estribo lado izquierdo	52
Ilustración 31: Estratigrafía a partir de (SEV) estribo lado derecho	53
Ilustración 32: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dollan et al., 1998).	55
Ilustración 33: Sismicidad histórica ubicada en mapa tectónico de la Placa Caribe (Dollan et al., 1998).	55
Ilustración 34: Geología de la zona del proyecto. Sabaneta de Yásica	57
Ilustración 35: Localización de las estaciones pluviométricas.....	59
Ilustración 36: Precipitación (mm/día) por estación y periodo de retorno.....	59
Ilustración 37: Extracción de la banda de precipitación principal y creación un nuevo dataset con datos de precipitación diarios.	61
Ilustración 38: Extracción de centroides.	62
Ilustración 39: Ensamble de datasets.	63
Ilustración 40: Calibración de centroides asignados a estaciones.	63
Ilustración 41: IDW con el valor de la calibración.....	64
Ilustración 42: Dataset de precipitaciones calibrado.	64
Ilustración 43: Pendiente de Sen para el dataset RCP 4.5 (2046-2070).....	70
Ilustración 44: Pendiente de Sen para el dataset estaciones (1998-2019).	71
Ilustración 45: Pendiente de Sen para el dataset histórico (1970-2005).	71
Ilustración 46: Pendiente de Sen para el dataset TRMM/GPM (1998-2019).	71
Ilustración 47 Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) Zona 10 Miami (Estado de Florida, USA).	72

Ilustración 48. Hidrograma unitario del SCS	74
Ilustración 49: Usos de suelo en la cuenca del río Veragua.	77
Ilustración 50: Geología en la cuenca del río Veragua.	77
Ilustración 51: Clasificación frente al drenaje en la cuenca del río Veragua.	78
Ilustración 52: Número de Curva en la cuenca del río Veragua.....	78
Ilustración 53. Modelo hidrológico HEC-HMS de la Cuenca del río Veragua.....	81
Ilustración 54 Malla de cálculo no estructurada desarrollada para el modelo hidráulico del tramo analizado del río Veragua	86
Ilustración 55 Calados máximos del río Veragua. Periodo de retorno 2 años.....	87
Ilustración 56 Mapa de calados máximos del río Veragua para la situación futura. Periodo de retorno de 50 años.	88
Ilustración 57 Mapa de calados máximos del río Veragua para la situación futura. Periodo de retorno de 100 años.	89
Ilustración 58 Mapa de calados máximos del río Veragua para la situación futura. Periodo de retorno de 200 años.	90
Ilustración 59 Mapa de cota máximas alcanzadas en el río Veragua para la situación futura. Zoom solución propuesta. Periodo de retorno 50 años.....	90
Ilustración 60 Mapa de cota máximas alcanzadas en el río Veragua para la situación futura. Zoom solución propuesta. Periodo de retorno 100 años.....	91
Ilustración 61 Mapa de cota máximas alcanzadas en el río Veragua para la situación futura. Zoom solución propuesta. Periodo de retorno 200 años.....	91
Ilustración 62 Sección transversal en el emplazamiento nuevo puente en el río Veragua. Periodos de retorno de 50, 100 y 200 años.	92
Ilustración 63: Terrenos a ser expropiados.	94
Ilustración 64: Presupuesto de construcción del puente Batey Ginebra	99
Ilustración 65: Presupuesto de construcción accesos al puente Batey Ginebra	103