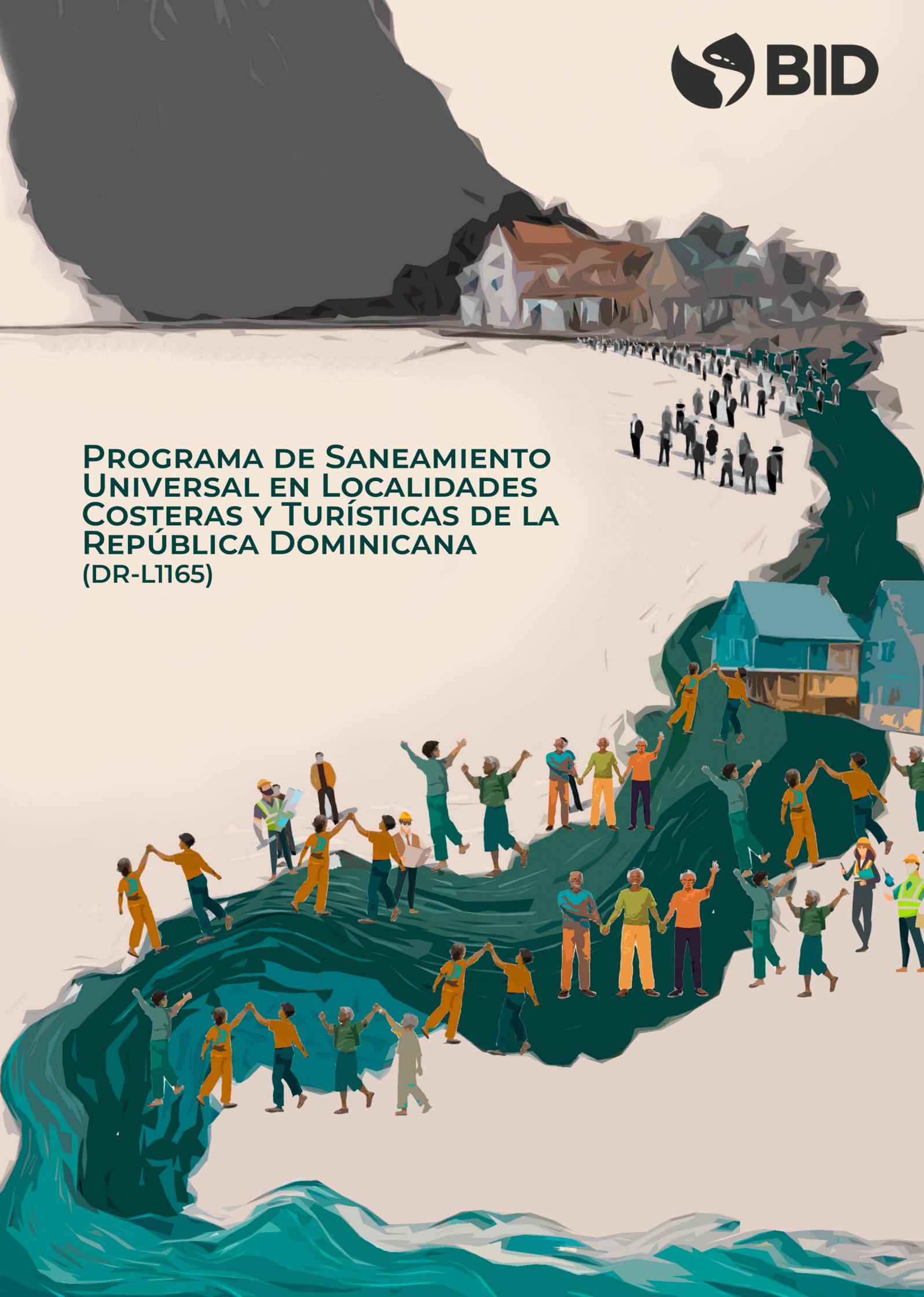


**PROGRAMA DE SANEAMIENTO  
UNIVERSAL EN LOCALIDADES  
COSTERAS Y TURÍSTICAS DE LA  
REPÚBLICA DOMINICANA  
(DR-L1165)**



Documento del Banco Interamericano de Desarrollo

## **REPÚBLICA DOMINICANA**

### **PROGRAMA DE SANEAMIENTO UNIVERSAL EN LOCALIDADES COSTERAS Y TURÍSTICAS DE LA REPÚBLICA DOMINICANA**

**(DR-L1165)**

ANÁLISIS TÉCNICO

El presente documento se divulga al público de forma simultánea a su distribución al Directorio Ejecutivo del Banco. El Directorio Ejecutivo podrá aprobar o no el documento o aprobarlo con modificaciones. Si posteriormente fuera objeto de actualizaciones, el documento actualizado se pondrá a disposición del público de acuerdo con la Política de Acceso a Información del Banco.

## 04

### INTRODUCCIÓN

- 05\_ ANTECEDENTES DEL PROGRAMA
- 05\_ ASPECTOS GENERALES – RD
- 06\_ RELEVANCIA DEL TURISMO EN RD
- 07\_ PRINCIPALES ZONAS TURÍSTICAS Y LOCALIDADES COSTERAS EN RD
- 10\_ COBERTURA DE AYS EN RD Y LA PROBLEMÁTICA EN LOCALIDADES TURÍSTICAS Y COSTERAS
- 12\_ MARCO INSTITUCIONAL DE AYS EN RD
- 14\_ JUSTIFICACIÓN Y RAZONAMIENTO DEL PROGRAMA PROPUESTO
- 15\_ OBJETIVOS DEL PROGRAMA

## 30

### PROYECTO SAN PEDRO DE MACORÍS (SPM)

- 31\_ ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO
- 32\_ SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL ÁREA DEL PROYECTO
- 33\_ PROYECTO BÁSICO ELABORADO PARA SAN PEDRO DE MACORÍS
- 34\_ ÁREAS DE DRENAJE (CUENCAS DE CONTRIBUCIÓN)
- 35\_ DATOS POBLACIONALES Y CAUDALES
- 37\_ MACROESTRUCTURAS (COLECTORES PRINCIPALES, LÍNEAS DE IMPULSIÓN Y ESTACIONES DE BOMBEO)
- 49\_ PLANTA DE TRATAMIENTO

## 54

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 17

### PROYECTO LA ROMANA

- 18\_ ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO
- 19\_ SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL ÁREA DEL PROYECTO
- 19\_ PROYECTO BÁSICO ELABORADO PARA LA ROMANA
- 20\_ ÁREAS DE DRENAJE (CUENCAS DE CONTRIBUCIÓN)
- 21\_ DATOS POBLACIONALES Y CAUDALES
- 23\_ MACROESTRUCTURAS (COLECTORES PRINCIPALES, LÍNEAS DE IMPULSIÓN Y ESTACIONES DE BOMBEO)
- 24\_ PLANTA DE TRATAMIENTO
- 25\_ EMISARIO SUBMARINO

## 42

### PROYECTO HIGÜEY

- 43\_ ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO
- 44\_ SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO EN EL ÁREA DEL PROYECTO
- 45\_ PROYECTO BÁSICO ELABORADO PARA HIGÜEY
- 46\_ ÁREAS DE DRENAJE (CUENCAS DE CONTRIBUCIÓN)
- 47\_ DATOS POBLACIONALES Y CAUDALES
- 49\_ MACROESTRUCTURAS (COLECTORES PRINCIPALES, LÍNEAS DE IMPULSIÓN Y ESTACIONES DE BOMBEO)
- 51\_ PLANTA DE TRATAMIENTO

# 1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este Anexo es resumir los principales aspectos técnicos vinculados a los proyectos del Programa DR-L1165 y los principales resultados del análisis llevado a cabo para determinar la viabilidad técnica del programa.

El informe se estructura presentando:

- (i) Objetivos y principales componentes del Programa,
- (ii) Justificación y antecedentes del proyecto.
- (iii) Descripción de los objetivos del proyecto.
- (iv) Desarrollo de los principales componentes de obra y los principales aspectos técnicos revisados (incluyendo análisis de alternativas, demanda, costos de inversión y operación, etc).
- (v) Racionalidad de las obras de las obras propuestas y sustento técnico.
- (vi) Resumen de los resultados y conclusiones del análisis (nivel de desarrollo, recomendaciones y principales indicadores de seguimiento).



## 2.2. RELEVANCIA DEL TURISMO EN RD

El turismo en RD ha captado la mayor cantidad de inversión extranjera directa con inversiones de más de 3 billones de USD en hoteles desde el 1991<sup>1</sup>.

Contribución total del turismo al PIB en los países del Caribe 2020<sup>2</sup>.

Al 2020, según datos publicados por el Banco Central en RD, el sector turístico y los viajes realizados por turistas contribuyen al producto interno bruto (PIB) de la región del Caribe con más de 24.000 millones de dólares. De todas las islas del Caribe, el turismo en la República Dominicana es el que más contribuye al PBI de la región, con más de 7.000 millones de dólares registrados en ingresos y más de 6 millones de pasajeros internacionales que ingresan anualmente al país.



Figura 3. Comparación de ingresos por turismo según países en Centroamérica y Caribe RD (2010-2019). Fuente: Banco Central de la República Dominicana



Figura 4. Ingresos registrados por el turismo en RD (2010-2019). Fuente: Banco Central de la República Dominicana

1 Fuente: Análisis del Turismo Sostenible en República Dominicana.

2 Fuente: Banco Central República Dominicana

Evolución reciente en el contexto del COVID-19 y perspectivas de recuperación



Fuente: Banco Central de la República Dominicana (BCRD).

Figura 5. Evolución del turismo y recuperación en el contexto del COVID 1993-2019. Fuente: [Banco Central de la República Dominicana](http://www.bcrd.gob.do)

## 2.3. PRINCIPALES ZONAS TURÍSTICAS Y LOCALIDADES COSTERAS EN RD

En la RD se registran diferentes localidades turísticas y/o con potencial para su desarrollo turístico, donde la falta de acceso a servicios básicos de saneamiento y agua potable (junto con otros servicios) ha generado diferentes tipos de problemáticas y necesidades en la zona.

La problemática en las principales localidades costeras y turísticas varían según zonas. En la zona sureste, el crecimiento acelerado del turismo y de la población en los últimos 10 años, ha generado diversos tipos de problemáticas y desafíos para incrementar el acceso y asegurar la calidad, operación y mantenimiento de los servicios de AyP.

A continuación, se presentan las principales características asociadas a los corredores turísticos de Boca Chica-Juan Dolió y la Romana-Bayahibe<sup>3</sup>, 2 importantes zonas costeras y turísticas con similares problemáticas de acceso y calidad de los servicios de AyS: (i) elevados niveles de crecimiento poblacional que han superado las proyecciones realizadas en los últimos dos censos, (ii) bajos niveles de cobertura y calidad de prestación de los servicios, con reducida capacidad y alternativas de adecuar la infraestructura instalada para atender la demanda de la población local actual y la proyectada, incluyendo el crecimiento de la población turística (iii) con diferentes problemáticas ambientales y de salud, que afectan la zona de playas y recursos costeros con potencial e interés turístico y que se encuentran directamente relacionados con

<sup>3</sup> [https://sgn.gob.do/phocadownload/memorias\\_hidrog/Planicie\\_Costera\\_Oriental.pdf](https://sgn.gob.do/phocadownload/memorias_hidrog/Planicie_Costera_Oriental.pdf)

la inadecuada gestión de las aguas residuales, la falta de tratamiento y vertido según parámetros de calidad requeridos en la legislación para preservar y asegurar la salud de la población, y finalmente, con bajos niveles de calidad y capacidad de prestación por parte de los operadores para asegurar una adecuada prestación de los servicios de agua y saneamiento en dichas áreas.



Figura 6. Mapa con principales localidades turísticas y costeras en República Dominicana

### Boca Chica-Juan Dolio

Abarca las localidades costeras ubicadas en la parte Sureste de República Dominicana: (i) Boca Chica a 40 minutos, y Juan Dolio a 55 minutos de Santo Domingo. Estos poblados tienen la particularidad de que poseen pequeñas plazas, restaurantes, locales nocturnos, casinos y playas de arena que visitan anualmente miles de turistas (e.g. la playa de Boca Chica). El Aeropuerto Internacional De Santo Domingo dista a escasos minutos de estas localidades.

**Juan Dolio** cuenta con los campos de golf Metro Country Club y Guavaberry. Dispone de algunos hoteles (como el Coral Costa Caribe, Emotions by Hodelpa y Embassy Suites) y una serie de complejos de apartamentos frente a la playa.

El Municipio de **Boca Chica** es un municipio costero de la Provincia de Santo Domingo. Ubicado a 26 km al este de la capital en la República Dominicana, está formado por

2 distritos municipales: el **distrito de Boca Chica** y el **distrito municipal La Caleta**.

En el distrito de Boca Chica se encuentra la playa que lleva el mismo nombre (principal atractivo turístico del municipio y alrededores). La misma está situada a unos 30 kilómetros al este de Santo Domingo, en la bahía de Andrés, sobre la costa este de la isla de La Española. Los atractivos de esta playa y alrededores han generado, desde el 1950, que el municipio de Boca Chica haya tenido un desarrollo urbano y turístico creciente. Sin embargo, desde el último censo (2010), su crecimiento ha superado ampliamente las proyecciones estimadas. Actualmente, cuenta con una población de cerca de 200.000 habitantes, con un 50% de población turística flotante que visita anualmente la localidad.

El distrito de Boca Chica posee un balneario público ubicado en la Bahía de Boca Chica, al cual se puede acceder fácilmente dada su cercanía con diferentes puntos estratégicos: ubicándose a 10 minutos al este del aeropuerto de Santo Domingo, a unos 25 minutos del límite con la zona este y a 20 minutos de la capital, Santo Domingo. La playa de Boca Chica<sup>4</sup>, posee arenas blancas y agua cristalina, con un arrecife de coral que sobresale con forma de semicírculo con unos 1.5 km de ancho que abarcan toda la Bahía y protege la zona de playas del fuerte oleaje y corrientes. Las playas no solo actualmente reciben las descargas de las aguas residuales sin tratar en Boca Chica, sino también recibiría las descargas de localidades cercanas, que por las características oceanográficas de la zona, llegarían y se acumularían en la Bahía de Boca Chica. Además, muy próximo se encuentra el Parque nacional Submarino La Caleta donde se suele practicar buceo. En el Municipio de Boca Chica además se ubica el Puerto Multimodal Caucedo, localizado en la Punta Caucedo, al este del Aeropuerto de Las Américas y a unos pocos kilómetros de la ciudad de Santo Domingo en el Municipio de Boca Chica. El puerto es uno de los principales puertos marítimos de la República Dominicana y todo el Caribe.

**Guayacanes** es otra localidad ubicada al este de Santo Domingo, a 40 km de la capital, en la Provincia de San Pedro de Macorís, donde la cercanía con la localidad de Juan Dolió también presenta un atractivo turístico para visitar los balnearios de Guayacanes, a donde acuden y visitan principalmente los residentes de Santo Domingo en los fines de semana.

---

4 *La playa se llama Boca Chica porque se comunica con el mar por dos bocas, la que está al oeste es la más grande de las dos y se utiliza para ir hacia el pueblo de Andrés de Boca Chica, y la otra boca (la chica) comunica el mar con dicha playa.*

### Zona La Romana, Bayahibe y Dominicus

El destino turístico La Romana - Bayahibe, se encuentra ubicado a unos 115 kms al Este de la Ciudad Capital de Santo Domingo, a 45 minutos de Punta Cana y a 25 minutos de Bayahibe.

La Romana – Bayahibe, además de las principales playas (playa Bayahibe y playa Dominicus), dispone de hoteles con más de 3,000 habitaciones, 3 campos de golf, 1 campo de tiro y variedad de restaurantes y comercios. Miles de turistas anualmente acceden desde el Aeropuerto Internacional de La Romana ubicado a 12 minutos del centro de Bayahibe, desde el Aeropuerto de Punta Cana ubicado a 1 hora y/o a 1 hora y 20 minutos desde el aeropuerto de Boca Chica.

### Otras áreas y regiones turísticas y costeras

Otras áreas turístico y costeras con diferentes niveles de desarrollo económico, densidad poblacional, desarrollo turístico y niveles de acceso a los servicios básicos de agua potable son:

1. Samaná y Las Terrenas
2. Puerto Plata, Sosua y Cabarete
3. Santiago de los Caballeros
4. Santo Domingo y Ciudad Colonial
5. Punta Cana y Bavaro

Con excepción de Santiago y Santo Domingo, en la mayoría de estas zonas el suministro y la prestación de los servicios se encuentra a cargo del Instituto Nacional de Agua Potable y Alcantarillado de Republica Dominicana, INAPA, como principal prestador (ver 2.6 - Marco Institucional).

## 2.4. COBERTURA DE AYS EN RD Y LA PROBLEMÁTICA EN LOCALIDADES TURÍSTICAS Y COSTERAS

Según los datos más recientes publicados por el JMP, la República Dominicana alcanza un 98% de cobertura de servicios básicos de agua potable, pero con un gran déficit de cobertura para acceso seguro al agua potable, encontrando deficiencias y problemas

en la calidad, disponibilidad, asequibilidad y equidad en el acceso.

Población en RD según nivel de acceso a los servicios de agua, saneamiento e higiene (%)									
República Dominicana	Agua Potable			Saneamiento			Higiene		
	National	Rural	Urban	National	Rural	Urban	National	Rural	Urban
	*	*	*	*	*	*	l	l	n
	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020	2020
Manejo seguro	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Servicio Básico	97	90	98	87	77	89	47	33	50
Servicio Limitado	0	1	0	9	14	8	14	13	14
No mejorado	1	1	1	1	3	1	-	-	-
Sin servicio	2	7	0	2	6	1	39	54	36

Figura 7 – Datos publicados por WHO/UNICEF JMP (2021)

### La brecha de acceso es mayor en el acceso a saneamiento.

Según datos publicados en el Informe de Gasto Público elaborado por la AFD, BM y GWSP (2021), se estima que a nivel nacional se alcanza un 89% de acceso a saneamiento básico para población urbana y un 87% a nivel nacional para el total de la población (urbana y rural). Lo anterior se traduce en que dos tercios de los hogares de la RD dependen de sistemas de saneamiento in situ (fosas sépticas), con bajos niveles de control en su gestión y más de 100,000 toneladas anuales de residuos sépticos generadas en letrinas y fosas sépticas que se disponen sin un tratamiento seguro, contaminando el agua y la zona de playas con vertidos no controlados. Considerando además que los proveedores de servicios de APS de la RD producen más de 60 m<sup>3</sup>/s de agua potable, en el informe se estima que un 80 por ciento del volumen producido equivale al volumen de las aguas residuales que se descargan sin tratar en el ambiente<sup>5</sup>.

Niveles de cobertura de tratamiento de las aguas residuales según JMP									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Aguas residuales tratadas(%) (*)	33.1	18.0	24.0	22.5	16.4	28.0	26.7	24.7	25.7

Fuente: WHO/UNICEF JMP (2021). (\*) Estos datos corresponden únicamente a la cobertura de tratamiento en Santo Domingo, donde se encuentra el 25% de la población con acceso a conexiones de alcantarillado, según datos de la encuesta nacional de hogares (ENH 2018).

Figura 8 – Fuente: WHO/UNICEF JMP (2021).

## Problemática en localidades costeras y turísticas en RD.

El crecimiento del turismo y de la población urbana se asocia con la menor cobertura de tratamiento de las aguas residuales, la cual se estima ha disminuido por la capacidad de los sistemas instalados y el retraso en las inversiones para ampliar y/o adaptar la infraestructura existente. El rápido crecimiento de la población y particularmente del sector turístico ha generado un crecimiento desmedido y desordenado en los alrededores de los centros turísticos<sup>6</sup>, donde la falta de planificación agrava la problemática de acceso y genera mayores desafíos en el acceso y calidad de los servicios de agua y saneamiento. La evidencia muestra que la falta de servicios básicos y seguros favorece la descarga de las aguas residuales sin tratar, reduciendo la calidad del agua y generando elevados niveles de contaminación que ha afectado el desarrollo de la industria turística, particularmente en las localidades costeras. El crecimiento acelerado de la población y la afluencia de turistas también ha generado impactos en los servicios de provisión de agua potable, por los crecientes y elevados niveles de consumo y capacidades instaladas de los sistemas. Esto se evidencia particularmente en localidades turísticas y zona de playas ubicadas en la costa sur-este, donde la contaminación en las playas y las interrupciones en los servicios de provisión de agua potable ha alcanzado niveles preocupantes para la salud con impactos en los gastos y requerimientos de inversiones, con hoteles que deben encontrar alternativas para asegurar la prestación básica de los servicios a los turistas que visitan el área y donde la población residente de más bajos recursos es la mayormente afectada por la falta y/o baja calidad de los servicios<sup>7</sup>.

## 2.5. MARCO INSTITUCIONAL DE AYS EN RD

En la RD existen actualmente 9 entidades estatales responsables de la prestación de los servicios públicos de APS, conocidas como las corporaciones de acueducto y alcantarillado (CORAAAs). Estas entidades son entes autónomos creados por ley con responsabilidades y funciones para brindar los servicios de agua y alcantarillado, incluyendo el tratamiento de las aguas residuales.

<sup>6</sup> Ruta, G., 2003. *Coastal zones management and tourism in the Dominican Republic*.

<sup>7</sup> En ocasiones se ha tenido que proceder al cierre de las playas por los elevados índices de contaminación en la zona costera generado por las aguas residuales no tratadas en la zona.

Área de prestación	Institución	Año de Creación	Leyes	Población en área de prestación (Censo 2010)	% de la población total
1. Mun. Boca Chica	CORAABO	2006	Lay 428-06	142.019	2%
2. La Romana	COAAROM	1998	Lay 385-98	245.433	3%
3. Puerto Plata	CORAAPLATA	1997	Lay 142-97	321.597	3%
4. Santiago	CORAASAN	1977	Lay 582-77	963.422	10%
5. La Vega	COAAVEGA	2005	Lay 512-05	394.205	4%
6. Espaillat	CORAAMOCA	1997	Lay 89-97	231.938	2%
7. Distrito Nacional	CAASD	1973	Lay 498-73	3.197.391	34%
8. Monseñor Nouel	CORAAMON	2005	Lay 93-05	165.224	2%
9. 24 provincias	INAPA	1962	Lay 5994-62 C/ ATUALIZACIÓN 2019 <sup>8</sup>	3.784.052	40%
<b>Total</b>				<b>9.445.281</b>	<b>40%</b>

Figura 9. Adaptación de la Tabla incluida en el Informe República Dominicana - Revisión del gasto público, 2021.

El Instituto Nacional de Aguas Potables y Alcantarillados (INAPA) atiende directamente a 24 localidades pequeñas y medianas y zonas rurales en las 31 provincias del país (40% de la población). El resto de los proveedores públicos cubren a sus respectivas provincias, con dos excepciones. Por un lado, la Provincia de Santo Domingo, donde se encuentra la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Boca Chica (CORAABO) que sólo cubre el Municipio de Boca Chica, incluyendo el distrito de Andrés-Boca Chica y La Caleta. Pero la localidad de Santo Domingo y alrededores es atendida por la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santo Domingo (CAASD) y el resto de las localidades es atendida por INAPA. El segundo caso es la Corporación del Acueducto y Alcantarillado de Santiago (CORAASAN) que sólo atiende la ciudad de Santiago en la Provincia De Santiago. Aunque la ley establece que la prestación de los servicios que deben realizar las CORAAs abarca a las áreas urbanas y rurales, las entidades suelen enfocarse principalmente en las zonas urbanas y localidades donde se concentra la problemática de acceso. Por su parte, el INAPA asiste asegurando el acceso en las zonas rurales mediante la creación de asociaciones comunitarias para la gestión de acueductos rurales (ASOCARs) que administran los sistemas de agua de pequeña escala.

<sup>8</sup> Ley aprobada en el 2020 donde INAPA cede la prestación a CORAMON, dejando de ser responsable por los servicios vinculados a la provincia de Monseñor Nouel y pasando a administrar un total de 24 provincias en lugar de 25.



Figura 10. República Dominicana – Informe de Revisión del gasto público, 2021.

Otra institución relevante con injerencia y funciones vinculadas a los servicios de AP y Saneamiento es el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI), el cual depende del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MMARN) regulando la asignación y el uso de las aguas superficiales y subterráneas, incluyendo el diseño, la implementación, el monitoreo y la evaluación de los programas, proyectos y actividades destinados a controlar y regular el uso de las aguas superficiales y subterráneas.

## 2.6. JUSTIFICACIÓN Y RAZONAMIENTO DEL PROGRAMA PROPUESTO

En consonancia con la estrategia de actuación del INAPA y en respuesta a los desafíos del sector, el programa se conceptualiza para financiar infraestructura y medidas no estructurales que permitan incrementar los niveles de acceso y calidad de los servicios de saneamiento y fortalecer la prestación y los niveles de calidad de los servicios de agua potable en localidades turísticas y costeras del país, dada las características y desafíos particulares que se presentan. En este sentido, se espera: (i) reducir las brechas de infraestructura en saneamiento (incluyendo la recolección y tratamiento de AR); y (ii) fortalecer el marco institucional y la gestión del agua potable. El programa contribuirá a incrementar la cobertura de saneamiento en zonas costeras de la República Dominicana, reduciendo externalidades ambientales y sociales negativas al eliminar las descargas de AR en playas y ríos, favoreciendo el desarrollo turístico y al mismo tiempo reduciendo inequidades en la zona de influencia del proyecto.

### 3. OBJETIVOS DEL PROGRAMA

El objetivo general del programa es mejorar las condiciones ambientales y la salud de los habitantes de las localidades a través del acceso a servicios de saneamiento gestionados de manera sostenible y segura. Los objetivos específicos del programa son: (i) Incrementar la cobertura del saneamiento gestionando de manera segura en las localidades intervenidas por el programa y (ii) mejorar la sostenibilidad y eficiencia en la gestión de los prestadores de AyS en las localidades intervenidas por el programa.

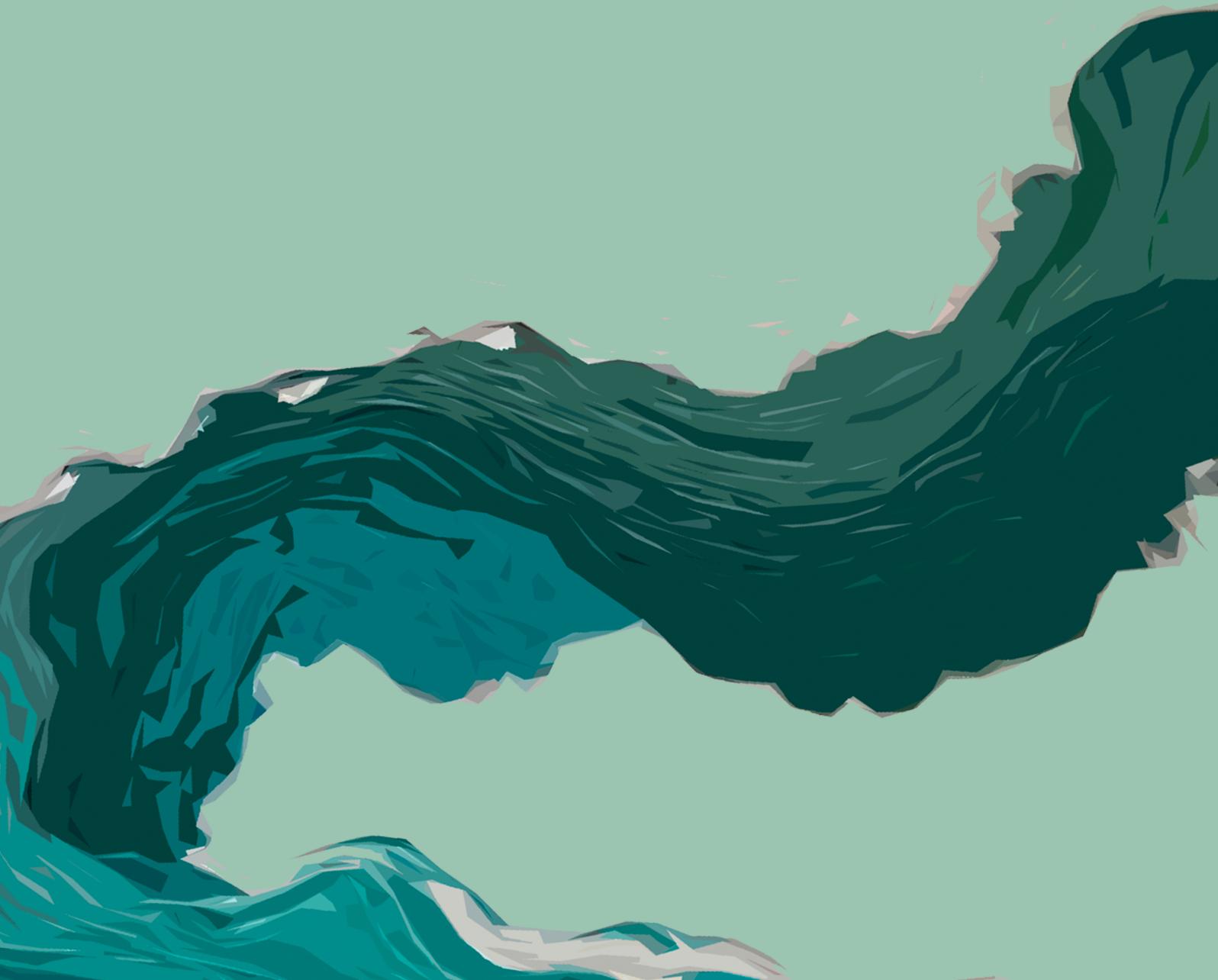
**Componente 1.** Expansión y optimización de la infraestructura de saneamiento (US\$ 350.0 millones). Se financiará la construcción de interceptores, colectores y expansión, rehabilitación y optimización de PTAR y emisarios submarinos en los municipios de las zonas costeras y turísticas seleccionados durante la ejecución del programa. En la selección de tecnologías de tratamiento, aquellas que contribuyan a las metas de CC, serán favorecidas y las que tengan unos menores costes y complejidades de operación serán seleccionadas.

**Componente 2.** Fortalecimiento Institucional y mejoras de eficiencia en el sector (US\$ 25.0 millones). Fortalecerá al INAPA y a los prestadores de AyS de los municipios intervenidos por el programa. Entre las actividades que se financiarán incluyen: análisis de la estructura tarifaria, propuesta de mecanismos de recuperación de costos, campañas de concientización, programas de capacitación, planes de manejo de AR y manejo de activos. Adicionalmente, se financiarán programas de gestión, incluyendo: modernización del catastro técnico y comercial, sectorización, micromedición, digitalización, la mejora de la eficiencia energética y obras de rápido impacto. Se financiará el diseño e implementación de estrategias de género y diversidad en las diferentes instituciones sectoriales. También se financiarán capacitaciones para la cuantificación en las emisiones de GEI reducidas durante la operación de los sistemas de AyS, así como en el empleo de tecnologías con menores emisiones. Campañas de cambio de comportamiento se llevarán a cabo en relación con el pago de tarifas y para promover un consumo sostenible e incrementar la conectividad al alcantarillado. Se utilizarán herramientas innovadoras como Aquarating para contar con un plan de mejoras para las empresas.

**Auditoría, Administración y Evaluación** (US\$ 5.0 millones). Se financiará la administración, supervisión, evaluación y demás gastos operativos.

PROYECTO

*La Romana*



## 4. PROYECTO LA ROMANA

El estudio de concepción del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de La Romana tiene como objetivo principal evaluar y planificar la implementación de un sistema eficiente y sostenible de recolección, transporte y tratamiento de efluentes sanitarios. El objetivo final es promover la mejora de las condiciones de saneamiento de la ciudad, garantizando la preservación del medio ambiente y la salud pública.

El estudio también tenía como objetivo dimensionar y definir las principales estructuras del sistema de recolección y transporte de efluentes sanitarios. Esto incluye: Macroestructura colectora, Estaciones de bombeo, La estación de tratamiento de aguas residuales y Descarga final.

El proyecto cuenta con diseños básicos avanzados para el armado de especificaciones técnicas y preparación de pliegos con un contrato tipo DBOT (Diseño-Construcción-Operación-Traspaso). Considerando que este tipo de contratos prevé que la empresa contratista proponga y elabore los diseños definitivos para la ejecución, operación y traspaso de las obras a COAROM - Corporación de acueducto y Alcantarillado de La Romana, se realizó el análisis de la documentación para verificar la viabilidad de las obras y su alineación con el programa.

El costo total estimado del proyecto en La Romana (**137.000.000 USD**) corresponde al **40% del monto total estimado para el Programa. El presupuesto estimado para la construcción** del sistema de alcantarillado en La Romana), incluye como principales componentes de obra:

- 1. Macroestructuras:** 32 km colectores principales (diámetro superior a 400 mm) con tramos especificados a zanja abierta y microtunelería (pipe-jacking), 2 nuevas estaciones de bombeo de aguas residuales, 1,45 km líneas de impulsión y descarga a la Unidad de Pretratamiento avanzado con emisario de aprox. 1,5 km de longitud (tramo terrestre + submarino) en las Uvitas, lo que permitiría asegurar niveles de dispersión requeridos en la legislación conforme a los estándares de calidad establecidos para la línea de costas y zona de playas. El costo estimado para las macroestructuras asociado al sistema de La Romana es de US\$ 66.000.000,00.

- 2. Sistema de redes y colectores secundarios:** redes secundarias con 62.556 nuevas conexiones, incluyendo 243 km de redes de alcantarillado y ramales en la zona de La Romana y Villa Hermosa (Costo estimado: US\$65.000.000,00).

Adicionalmente, el presupuesto estimado para el proyecto incluye costos asociados a la supervisión de obras (US\$ 6.000.000).

## 4.1. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

La Romana, fundada en 1874 como centro comercial para la producción de caña de azúcar, está situada en la costa sureste de la República Dominicana y es la capital de la provincia de La Romana. Es la séptima ciudad más grande del país, con una población estimada de 254.214 habitantes en 2020 (ONE-Oficina Nacional de Estadística). La ciudad se encuentra aproximadamente a medio camino entre la capital, Santo Domingo, y Punta Cana, otro importante destino turístico del país. Su proximidad al Aeropuerto Internacional de La Romana (Casa de Campo International Airport) facilita el acceso a los turistas que desean visitar la región.

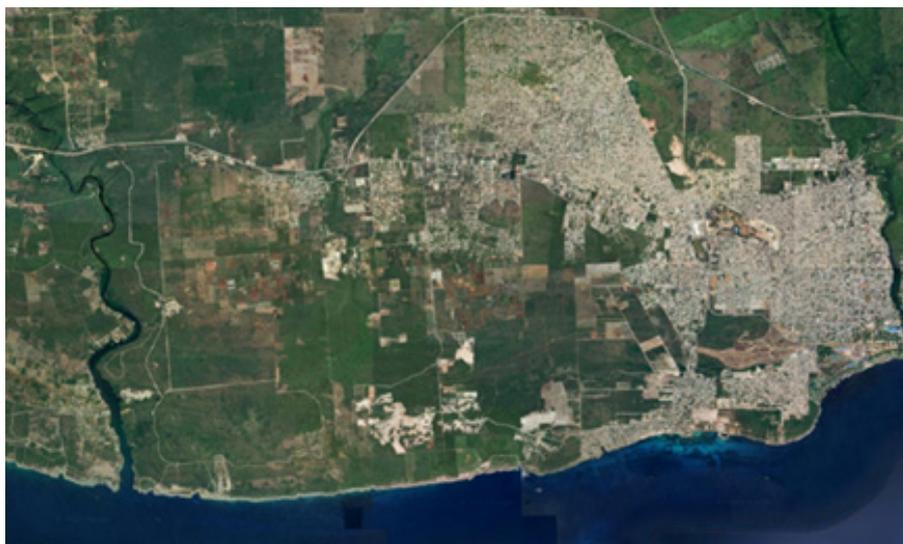
La Romana cuenta con una infraestructura moderna, debido principalmente al desarrollo turístico. La ciudad cuenta con buenas carreteras, instalaciones de transporte y servicios básicos de alta calidad para atender tanto a la población local como a los visitantes. El puerto deportivo de La Romana ofrece instalaciones para yates y embarcaciones de recreo. La ciudad también cuenta con hospitales, escuelas, tiendas y restaurantes que atienden las necesidades de residentes y turistas.

La economía de La Romana está fuertemente impulsada por el turismo y es conocida por sus hermosas playas, complejos turísticos de lujo y campos de golf de categoría mundial.

El área de influencia del proyecto es toda la zona urbana de la ciudad de La Romana, También incluye el Municipio vecino de Villa Hermosa, que de hecho forma un único tejido urbano, delimitada por los ríos Dulce y Cumayasa, la Autovía del Este y el Mar Caribe.

El área a la izquierda del río Dulce, donde se encuentra el complejo turístico Casa de Campo, no se consideró en la zona del proyecto, dado que este emprendimiento ya cuenta con su propio sistema de alcantarillado.

La siguiente imagen presenta la zona del proyecto.



*Figura 11. República Dominicana – Informe de Revisión del gasto público, 2021.*

## 4.2. SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE **SANEAMIENTO** EN EL ÁREA DEL PROYECTO

Los servicios de saneamiento son responsabilidad de la empresa COAAROM - Corporación de acueducto y Alcantarillado de La Romana. En cuanto a la infraestructura de saneamiento, la ciudad cuenta con sistemas de abastecimiento de agua, la mayor parte de la cual procede de pozos y fuentes subterráneas. Sin embargo, hay una serie de problemas con la regularidad del suministro, especialmente en las zonas periféricas.

No existe ningún sistema de alcantarillado y la población recurre a soluciones individuales como pozos negros y fosas sépticas. En las zonas céntricas de la ciudad, muy urbanizadas, las aguas residuales se vierten en las calles, son recogidas por el sistema de drenaje pluvial y acaban en cursos de agua naturales.

La Ciudad de La Romana presenta serios problemas de contaminación asociados con la ausencia de servicios de saneamiento, donde la cobertura y las soluciones de saneamiento adoptadas generan vertidos incontrolados que impactan en la salud de la población y afectan a toda la zona de playas por la contaminación del suelo y del agua.

## 4.3. PROYECTO BÁSICO ELABORADO PARA LA ROMANA

Para la elaboración de los estudios de concepción del proyecto se contó con el apoyo de 6 expertos técnicos y consultores que definió las Cuencas de Aportación, evaluando

do alternativas para el sistema de recolección, transporte y tratamiento, recomendaciones y propuestas para avanzar con la estructuración y el armado de los pliegos de licitación.

Durante el proceso de los estudios de concepción del proyecto, se utilizaron herramientas asociadas a la plataforma Sanihub, incluyendo los módulos de redes y diseño de ramales asociados a la herramienta de QGIS. Las proyecciones y cálculos realizados en el proyecto para estimar el crecimiento de la población y la generación de caudales, fue comparada con base en los resultados del análisis de imágenes satelitales de población de Facebook

El uso de estas herramientas además de facilitar la revisión de ciertos parámetros de diseño para el dimensionamiento de las redes permitirá y facilitará el trabajo de INAPA para la estructuración de los pliegos de licitación y armado del paquete documentación de soporte como también para avanzar en la preparación y diseño de otros sistemas de saneamiento previstos en el marco del Programa.

### 4.3.1 Áreas de drenaje (Cuencas de contribución)

La delimitación de las cuencas hidrográficas del área de interés es un paso fundamental en este estudio, ya que permite la modelización asertiva de la distribución de la población y la determinación de las aguas residuales.

Especialmente en la región de estudio, debido a la topografía muy plana en algunas zonas y la proximidad del mar, la elección de un buen Modelo Digital de Elevación (MDE) tiene un gran impacto en los pasos posteriores, como el diseño de las redes de recolección de alcantarillado, EBARs e líneas de impulsión.

Cuando se trata de proyectos de sistemas de alcantarillado, siempre es preferible utilizar Modelos Digitales que representen las cuotas del terreno, eliminando las posibles interferencias de las construcciones y la vegetación. Para ello, se contrató el vuelo de un dron que proporcionó imágenes de alta definición y un modelo digital de elevación de gran precisión.

Con base en el estudio de las Cuencas Hidrográficas, se definieron las Áreas de Drenaje (Cuencas de Contribución) para la Zona de Influencia del Proyecto. Estas áreas de drenaje serán la referencia para los resultados que se presenten en el estudio del

sistema de alcantarillado sanitario de la Romana.

La delimitación definitiva de las seis cuencas que se utilizará en este proyecto se muestra en la siguiente imagen.

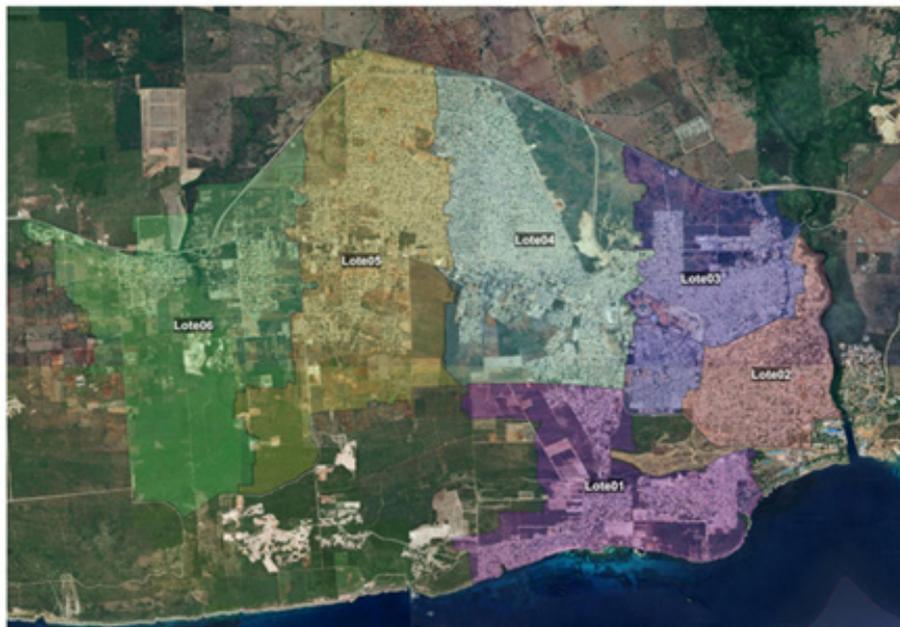


Figura 12. Áreas de drenaje del proyecto.

## 4.3.2 Datos Poblacionales y caudales

La distribución de la población es otro dato esencial para el éxito de este proyecto. Para ello, cuanto más pequeña sea la cuadrícula de distribución de la población, más preciso será el modelo, ya que esto permite un ajuste más preciso durante la intersección entre la cuadrícula de la población y el límite de la cuenca.

La Oficina Nacional de Estadística de la República Dominicana (ONE) es la que tiene los datos oficiales y realiza los censos de la República Dominicana (los últimos censos datan de 2002, 2010 y 2022) y proporciona estos datos de estudios poblacionales y demográficos de todo el país.

Recientemente se han puesto a disposición del público los datos de la iniciativa Data for Good, liderada por la empresa META (antigua Facebook), que tiene por objetivo distribuir a la población mundial en cuadrículas de aproximadamente 30x30 metros. Estos datos se generan a partir de diversas fuentes de datos demográficos (censos, conteo de población, etc.) disponibles en cada país y el cruce de esta información

con imágenes aéreas de alta definición, distribuyendo la población de cada lugar con mayor precisión con la ayuda de la Inteligencia Artificial.

Los datos de Data for Good están disponibles para toda la República Dominicana, conteniendo las poblaciones de 2015 y 2020 basadas en el Censo nacional. Así, tras la evaluación se concluyó que los datos de Data for Good son suficientemente fiables y se decidió utilizarlos para la distribución de la población y caudales en las cuencas hidrográficas definidas en el presente estudio.

Los datos proporcionados por la Oficina Nacional de Estadística (ONE) se utilizaron como base para validar los datos obtenidos de Data for Good. Los dos últimos censos nacionales realizados por la ONE corresponden a los años 2002,2010 y 2022 que con estos datos se proyecta las poblaciones de los años posteriores, basado en estudios que llevan en cuenta los datos históricos de nacimientos, mortalidad, inmigración y emigración.

Con la asignación de las poblaciones (2024, 2034, 2054 y 2074) de cada una de las subcuencas del área de estudio y la definición de los parámetros, es posible calcular el caudal de diseño para cada una de ellas.

Los caudales medios y de diseño para el inicio y final del plan calculados para el sistema de alcantarillado de la Ciudad de La Romana se muestran en la siguiente tabla.

		Año			
		2024	2034	2054	2074
<b>Parámetros</b>					
Dotación per capita (l/hab.día)		200	200	200	200
Tasa conectividad (% población conectada)		100%	100%	100%	100%
<b>Conexiones</b>	<b>Caudales por área del proyecto</b>				
Residencial	Caudal promedio - Q <sub>rmed</sub> (l/s)	468.43	510.94	595.40	680.68
	Coeficiente de Harmon	1.70	1.68	1.64	1.60
	Caudal de punta - Q <sub>rpunta</sub> (l/s)	797.90	858.01	975.49	1091.93
Comercial, Industrial y Hotelera	Caudal promedio comerc/indu/inst - Q <sub>cmed</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Caudal promedio - Zonas Hoteleras - Q <sub>hmed</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Caudal de punta comerc/ind/inst - Q <sub>cpunta</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Caudal de punta - Zonas Hoteleras - Q <sub>hpunta</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras	Conexiones Erradas - Q <sub>e</sub> (l/s)	23.42	25.55	29.77	34.03
	Caudal de Infiltración - Q <sub>inf</sub> (l/s)	55.71	55.71	55.71	55.71
<b>Total</b>	<b>Caudal de diseño - Q<sub>diseño</sub> (l/s)</b>	<b>877.03</b>	<b>939.26</b>	<b>1060.96</b>	<b>1181.68</b>

\*Q<sub>diseño</sub> = Q<sub>punta</sub> + Q<sub>e</sub> + Q<sub>infiltración</sub>

Figura 13. Caudales de diseño - Proyecto La Romana



La definición conceptual de las macroestructuras, incluyendo el análisis de los aspectos constructivos resultantes de las inspecciones técnicas realizadas en campo, se propusieron dos Estaciones de Bombeo.

Estas estaciones de bombeo contarán con un cárcamo circular (cámara húmeda) enterrado, dentro de esta se encontrarán todos los elementos hidráulicos y de bombeo.

Los caudales medios y de diseño de las estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR) se muestran en la siguiente tabla.

<b>EBD</b>	<b>Qmed2024 (l/s)</b>	<b>Qdiseño2024 [ Qp + Inf. ] (l/s)</b>	<b>Qmed2054 (l/s)</b>	<b>Qdiseño2054 [ Qp + Inf. ] (l/s)</b>
EBD-01	124.87	287.19	149.54	331.15
EBD-02	450.23	849.04	549.10	993.42

Figura 15. - Caudales promedios y de diseño de las EBAR.

## 4.3.4 Planta de tratamiento

El Estudio de Concepción, desarrollado en la etapa inicial del presente estudio, evaluó varias alternativas para el proceso de tratamiento de las aguas residuales de La Romana PTAR y presentó dos alternativas principales.

La primera con el uso del proceso de tratamiento de aguas residuales de nivel terciario, incluyendo el Tratamiento Preliminar, Reactores Anaerobios de Flujo Ascendente y Reactores de Lodos Activados, con la remoción de Fosforo y Nitrógeno, incluyendo aún una etapa final de Desinfección. La disposición final del desagüe tratado será en el mar, por medio de un emisario submarino corto.

La segunda con una unidad avanzada de tratamiento preliminar y un largo emisario submarino, que fue la alternativa seleccionada.

La Unidad de Pretratamiento avanzado de aguas residuales estará localizada en la misma zona donde se construirá la Estación de Bombeo de La Romana\_02, en un área libre de ocupación.

La unidad de tratamiento preliminar avanzado de tratamiento, combinado con el emisario submarino deberá lograr las siguientes concentraciones de contaminantes en la

zona costera de La Romana:

Parámetro	Valor limite admisible	Unidad
COLIFORMES TOTALES	1,000	NMP/1000ML

Figura 16. - Valores promedio de concentración en la zona costera de La Romana.

La siguiente figura presenta el plan general propuesto para el Pretratamiento avanzado de La Romana.

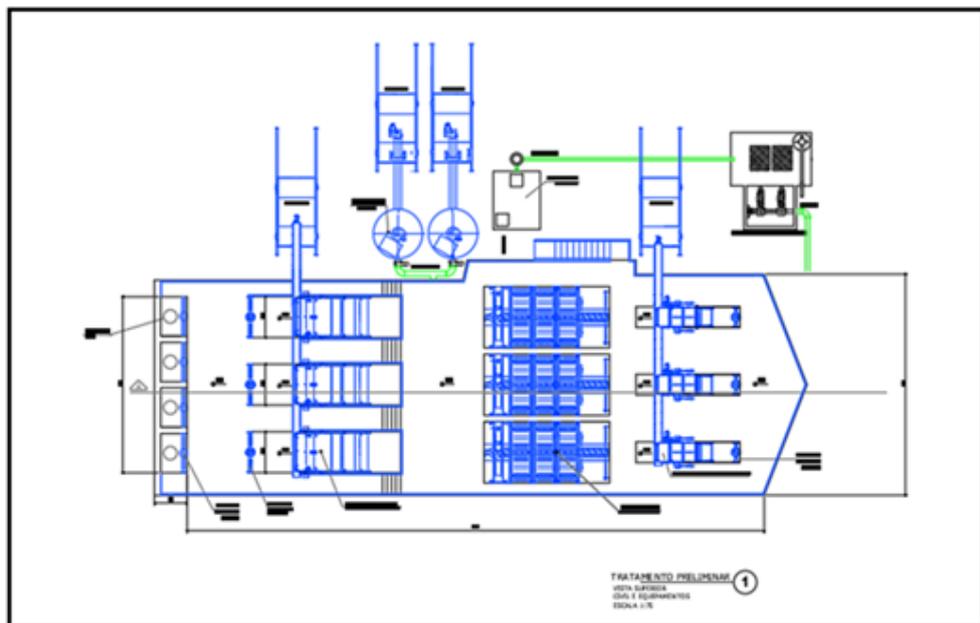


Figura 17. - Plan general del Pretratamiento avanzado.

## 4.3.5 Emisario Submarino

La formulación de estándares para los efluentes a ser lanzados, inclusive el análisis de situaciones críticas de corrientes o eventuales problemas de estratificación de flujos caracterizaran, en definitiva, la efectiva capacidad de soporte del cuerpo hídrico.

Así, la discusión sobre la elección del local de lanzamiento se encuentra íntimamente ligada con la profundidad mínima de lanzamiento, que por su vez está condicionada por el alcance de las zonas eufóticas, factor que se torna clave para el costo y eficacia del proyecto.

Establecer el alejamiento mínimo de la costa implica definir, a nivel de viabilidad, el trazado desde la embocadura de tunelación (que puede o no coincidir con la estación

de pre-condicionamiento), que estimamos se puede localizar a menos de 100 m de distancia de la costa, con cota del terreno superior a los 6 m hasta la localización de los difusores finales y consecuentemente, la extensión del emisario y los costos variables más significativos para su implantación.

Con las informaciones disponibles actualmente podemos enunciar las siguientes condiciones constructivas y de localización del emisario:

- a) El local de lanzamiento de los efluentes debe estar alejado lo suficiente de la costa para no producir impactos adversos en una faja de por lo menos 500 metros de ancho, distancia que representa el límite de lo que se denomina zona costera protegida, región donde se deben preservar estrictamente las actividades con contacto directo con el agua (Aguas Clase "E");
- b) El local de lanzamiento debe situarse de modo que este sea considerado "mar abierto", contemplado en la Clase "F" o "G" de aguas, con valor máximo para Coliformes Fecales de 2.000 NMP/100ml.
- c) En situaciones habituales (y para diferentes escenarios a ser formulados y discutidos con los órganos ambientales) la pluma de contaminación que alcance la zona costera (menos de 500 m de la costa) deberá atender a los límites de coliformes fecales establecidos en la Clase "E" que alcanza los 1.000 NMP/ 100 ml.
- d) El local de lanzamiento deberá tener una profundidad aproximada de 50 m.
- e) Debido a la multiplicación de impactos adicionales fue descartada la técnica de lanzamiento de tuberías fluctuantes en HDPE, utilizando la técnica conocida como float & sink que usa lastres sucesivos de concreto armado prefabricados y requiere el dragado y regularización de una faja del fondo marino para asentar las tuberías.
- f) En consecuencia, de esta decisión se adoptó como estándar constructivo para la cuasi totalidad de la extensión del emisario proyectado el método constructivo conocido como micro tunelamiento (pipe-jacking), complementado con la instalación dentro de la tubería de hormigón de una tubería de HDPE con diámetro menor (DE 900 mm), directamente conectada al tramo final del emisario que se encuentra munido de bicos difusores.

La sección del tubo de HDPE, diámetro externo 900 mm, es compatible con el man-

tenimiento de velocidades mínimas de salida de la tubería que varían entre 1,8m/s y 2,14m/s, reduciendo sensiblemente los problemas de obstrucción por incrustaciones.

Esta alternativa tornó nulo cualquier impacto ambiental en el lecho marino a todo lo largo del trazado del emisario lo que reduce sensiblemente los impactos de la etapa de instalación del emisario.

Con base en cartas batimétricas digitales disponibles de la región entre Cumayasa e Isla Catalina se formularon 4 alternativas de emisarios. La siguiente figura muestra una imagen del sitio cartográfico consultado con una primera aproximación de las alternativas.

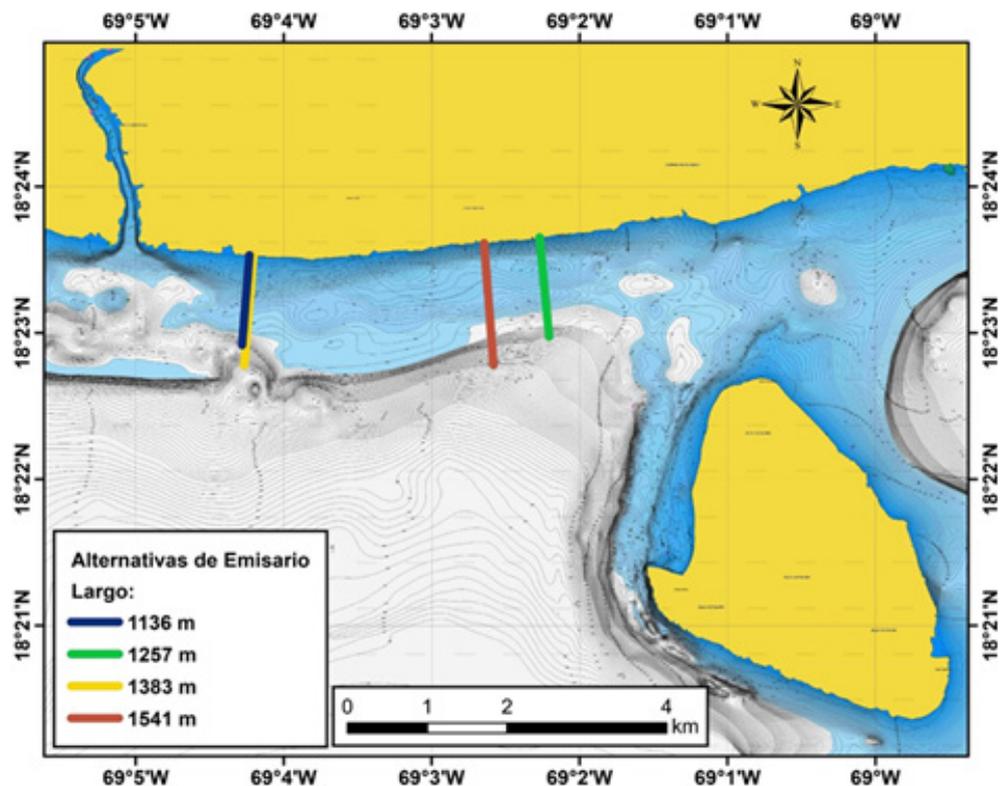


Figura18. Imagen de sitio de Navionics: [https://webapp.navionics.com/#boating@9&key=y%60\\_oBpvedL](https://webapp.navionics.com/#boating@9&key=y%60_oBpvedL) con una primera aproximación de la batimetría del área de estudio

En esta región se identificaron cuatro trazados posibles para el emisario, las alternativas, denominadas 1, 2, 3 y 4, diferenciadas por su localización en planta y profundidad máxima, alcanzando -30 m y -50 m, respectivamente.

La alternativa seleccionada para lanzamiento de efluentes brutos es mostrada a seguir.

ALTERNATIVA 3 - Las Uvitas - PTAR					
Distancia (m)	Profundidad del Terreno (m)	Pendiente del Talud (%)	Distancia (m)	Profundidad del Emisario (m)	Pendiente del Emisario (%)
-100	6	-	-100	-7,76	-
0	0	-6,00	0	-10,76	-3,0
71,76	-5	-6,97	141,5	-15	-3,0
141,5	-10	-7,17	1396,87	-51,2	-2,9
477,25	-15	-1,49	1436,92	-50	3,0
894	-20	-1,20	-	-	-
1138,6	-25	-2,04	-	-	-
1207,2	-30	-7,29	-	-	-
1330,7	-40	-8,10	-	-	-
1436,92	-50	-9,41	-	-	-
1542,23	-60	-9,50	-	-	-

Figura 19. - Perfil del terreno - Alternativa seleccionada (Las Uvitas)

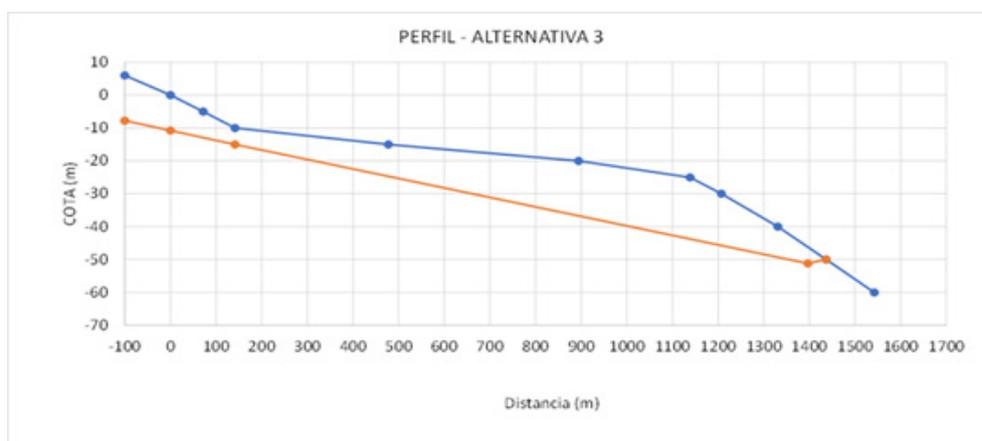


Figura 20. - Perfil del terreno - Alternativa escogida (Las Uvitas / 50 m de profundidad)

PROYECTO

San Pedro  
de Macoris



## 5. PROYECTO SAN PEDRO DE MACORÍS (SPM)

El estudio de concepción del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de San Pedro de Macorís tiene como objetivo principal evaluar y planificar la implementación de un sistema eficiente y sostenible de recolección, transporte y tratamiento de efluentes sanitarios. El objetivo final es promover la mejora de las condiciones de saneamiento de la ciudad, garantizando la preservación del medio ambiente y la salud pública.

El estudio también tenía como objetivo dimensionar y definir las principales estructuras del sistema de recolección y transporte de efluentes sanitarios. Esto incluye: Macroestructura colectora, Estaciones de bombeo, La estación de tratamiento de aguas residuales y Descarga final.

El proyecto cuenta con diseños básicos avanzados para el armado de especificaciones técnicas y preparación de pliegos con un contrato tipo DBOT (Diseño-Construcción-Operación-Traspaso). Considerando que este tipo de contratos prevé que la empresa contratista proponga y elabore los diseños definitivos para la ejecución, operación y traspaso de las obras a INAPA - Instituto Nacional de Agua Potable y Saneamiento, se realizó el análisis de la documentación para verificar la viabilidad de las obras y su alineación con el programa.

El proyecto se concibió para cubrir el 100% del territorio de la ciudad. Se definieron dos etapas para la ejecución de las obras. En este documento se presentará información sobre el diseño general y datos cuantitativos correspondientes únicamente a la primera etapa.

**El costo total estimado para la primera etapa** del proyecto en San Pedro de Macorís (**99.000.000 USD**) corresponde al **28% del monto total estimado para el Programa. El presupuesto estimado para la** construcción del sistema de alcantarillado en San Pedro de Macorís), incluye como principales componentes de obra:

- 1. Macroestructuras:** 22 km colectores principales (diámetro superior a 400 mm) con tramos especificados a zanja abierta y microtunelería (pipe-jacking), 2 nuevas estaciones de bombeo de aguas residuales, 3,00 km líneas de impulsión y descarga a la Planta de Tratamiento existente que se rehabilitará para ampliar su capacidad. El costo estimado para las macroestructuras asociado al sistema San Pedro

de Macorís es de US\$ 37.000.000.

- 2. Sistema de redes y colectores secundarios:** redes secundarias con 32.793 nuevas conexiones y 18.983 existentes, incluyendo 161 km de redes de alcantarillado y ramales (Costo estimado: US\$ 57.000.00,00).

Adicionalmente, el presupuesto estimado para el proyecto incluye costos asociados a la supervisión de obras (US\$ 5.000.000).

## 5.1. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

San Pedro de Macorís es una ciudad y municipio de la región oriental del país, capital de la provincia homónima. Su población estimada en 2022 era de 217.523 habitantes (ONE 2022). La ciudad fue fundada en 1822 en la orilla oeste del río Higuamo, pero posteriormente se trasladó a la orilla este, donde se desarrolló como centro de producción de víveres y azúcar. La ciudad recibe los apodos de “Macorís del Mar”, “La Sultana del Este” y muchos la llaman la “Capital del Este”.

La ciudad tiene una cultura rica y diversa, influenciada por inmigrantes de distintas partes del mundo, especialmente del Caribe y Europa. La ciudad es conocida por su arquitectura colonial, su catedral de San Pedro Apóstolo, su malecón con chiringuitos, su cueva de las maravillas con pinturas rupestres y su tradición de producir grandes jugadores de béisbol. La ciudad es también sede de la Universidad Central del Este, una de las principales instituciones de enseñanza superior del país.

La ciudad cuenta con una infraestructura moderna, debido principalmente al desarrollo turístico. La ciudad cuenta con buenas carreteras, instalaciones de transporte y servicios básicos de alta calidad para atender tanto a la población local como a los visitantes. La ciudad también cuenta con hospitales, escuelas, tiendas y restaurantes que atienden las necesidades de residentes y turistas.

El área de influencia del proyecto es toda la zona urbana de la ciudad de San Pedro de Macorís (Distrito municipal de San Pedro de Macorís), delimitada por los ríos Higuama, la Autovía del Este (RD-3) y el Mar del Caribe.

La siguiente imagen presenta la zona del proyecto.



Figura 21. Área de Influencia del Proyecto SPM, República Dominicana

## 5.2. SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE **SANEAMIENTO** EN EL ÁREA DEL PROYECTO

Los servicios de saneamiento son responsabilidad del Instituto Nacional de Agua Potable y Saneamiento - INAPA. En cuanto a la infraestructura de saneamiento, la ciudad cuenta con sistemas de abastecimiento de agua. Sin embargo, hay una serie de problemas con la regularidad del suministro, especialmente en las zonas periféricas.

La ciudad cuenta con un sistema de alcantarillado que da servicio aproximadamente al 40% de su territorio. Este sistema se compone de redes colectoras, acometidas domiciliarias, cuatro estaciones de bombeo y sus líneas de impulsión y una estación depuradora de aguas residuales, recientemente reformada, que proporciona tratamiento al actual sistema colector.

El diagnóstico preliminar realizado mediante visitas técnicas sobre el terreno y reuniones con los equipos locales del INAPA que operan el sistema reveló una serie de problemas operativos del sistema existente. A continuación, se enumeran los principales problemas.

- Hay un gran número de conexiones del sistema de drenaje pluvial al sistema de alcantarillado;
- No existe ningún registro técnico de las redes colectoras ni de las líneas de impulsión;

- Las instalaciones de las estaciones de bombeo actuales son bastante precarias y requieren intervenciones para restaurar sus estructuras físicas y eléctricas;
- Todas las estaciones de bombeo funcionan sin equipo de bombeo de reserva y la estación número 02 no tiene este equipo instalado y está fuera de operación.

La siguiente figura muestra la poligonal del sistema de alcantarillado existente en la ciudad. Esta poligonal, suministrada por INAPA, no permite identificar las zonas de aporte de cada Estación de Bombeo.

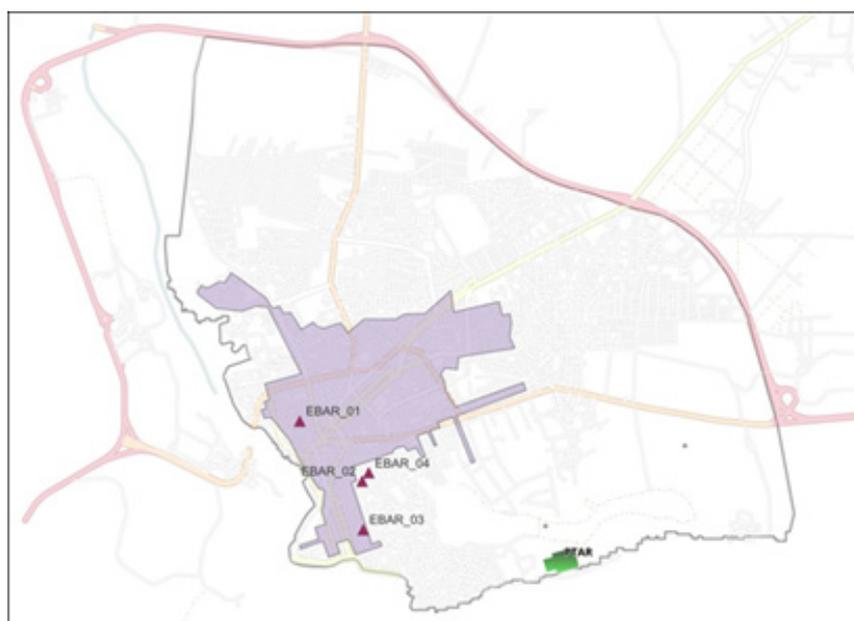


Figura 22. Zona del sistema de alcantarillado existente. SPM, República Dominicana

## 5.3. PROYECTO BÁSICO ELABORADO PARA SAN PEDRO DE MACORÍS

Para la elaboración de los estudios de concepción del proyecto se contó con el apoyo de 4 expertos técnicos y consultores que definió las Cuencas de Aportación, evaluando alternativas para el sistema de recolección, transporte y tratamiento, recomendaciones y propuestas para avanzar con la estructuración y el armado de los pliegos de licitación.

Durante el proceso de los estudios de concepción del proyecto, se utilizaron herramientas asociadas a la plataforma Sanihub, incluyendo los módulos de redes y diseño de ramales asociados a la herramienta de QGIS. Las proyecciones y cálculos realizados en el proyecto para estimar el crecimiento de la población y la generación de caudales, fue comparada con base en los resultados del análisis de imágenes satelitales de

población de Facebook

El uso de estas herramientas además de facilitar la revisión de ciertos parámetros de diseño para el dimensionamiento de las redes permitirá y facilitará el trabajo de INAPA para la estructuración de los pliegos de licitación y armado del paquete documentación de soporte como también para avanzar en la preparación y diseño de otros sistemas de saneamiento previstos en el marco del Programa.

### 5.3.1 Áreas de drenaje (Cuencas de contribución)

La delimitación de las cuencas hidrográficas del área de interés es un paso fundamental en este estudio, ya que permite la modelización asertiva de la distribución de la población y la determinación de las aguas residuales.

Especialmente en la región de estudio, debido a la topografía muy plana en algunas zonas y la proximidad del mar, la elección de un buen Modelo Digital de Elevación (MDE) tiene un gran impacto en los pasos posteriores, como el diseño de las redes de recolección de alcantarillado, EBARs e líneas de impulsión.

Cuando se trata de proyectos de sistemas de alcantarillado, siempre es preferible utilizar Modelos Digitales que representen las cuotas del terreno, eliminando las posibles interferencias de las construcciones y la vegetación. Para ello, se adoptó un MDT (modelo digital del terreno) denominado FABDEM, que se generó mediante algoritmos de inteligencia artificial sobre los datos del COPDEM.

Con base en el estudio de las Cuencas Hidrográficas, se definieron las Áreas de Drenaje (Cuencas de Contribución) para la Zona de Influencia del Proyecto. Estas áreas de drenaje serán la referencia para los resultados que se presenten en el estudio del sistema de alcantarillado sanitario de San Pedro de Macorís.

La delimitación definitiva de las seis cuencas que se utilizará en este proyecto se muestra en la siguiente imagen.

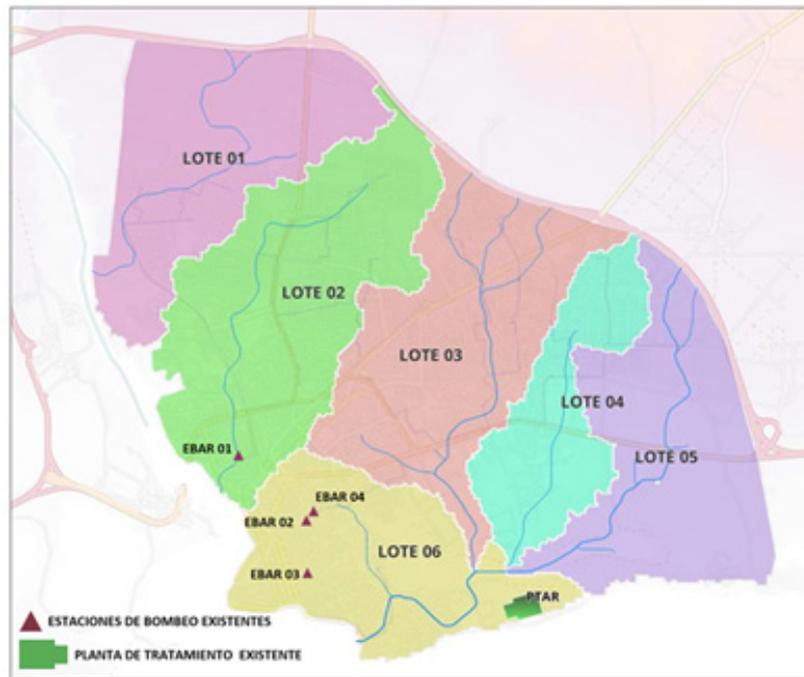


Figura 23. Áreas de drenaje del proyecto.

## 5.3.2 Datos Poblacionales y caudales

La distribución de la población es otro dato esencial para el éxito de este proyecto. Para ello, cuanto más pequeña sea la cuadrícula de distribución de la población, más preciso será el modelo, ya que esto permite un ajuste más preciso durante la intersección entre la cuadrícula de la población y el límite de la cuenca.

La Oficina Nacional de Estadística de la República Dominicana (ONE) es la que tiene los datos oficiales y realiza los censos de la República Dominicana (los últimos censos datan de 2002, 2010 y 2022) y proporciona estos datos de estudios poblacionales y demográficos de todo el país.

Recientemente se han puesto a disposición del público los datos de la iniciativa Data for Good, liderada por la empresa META (antigua Facebook), que tiene por objetivo distribuir a la población mundial en cuadrículas de aproximadamente 30x30 metros. Estos datos se generan a partir de diversas fuentes de datos demográficos (censos, conteo de población, etc.) disponibles en cada país y el cruce de esta información con imágenes aéreas de alta definición, distribuyendo la población de cada lugar con mayor precisión con la ayuda de la Inteligencia Artificial.

Los datos de Data for Good están disponibles para toda la República Dominicana, conteniendo las poblaciones de 2015 y 2020 basadas en el Censo nacional. Así, tras la evaluación se concluyó que los datos de Data for Good son suficientemente fiables y se decidió utilizarlos para la distribución de la población y caudales en las cuencas hidrográficas definidas en el presente estudio.

Los datos proporcionados por la Oficina Nacional de Estadística (ONE) se utilizaron como base para validar los datos obtenidos de Data for Good. Los dos últimos censos nacionales realizados por la ONE corresponden a los años 2002, 2010 y 2022 que con estos datos se proyecta las poblaciones de los años posteriores, basado en estudios que llevan en cuenta los datos históricos de nacimientos, mortalidad, inmigración y emigración.

Con la asignación de las poblaciones (2024, 2034, 2054 y 2074) de cada una de las subcuencas del área de estudio y la definición de los parámetros, es posible calcular el caudal de diseño para cada una de ellas.

Los caudales medios y de diseño para el inicio y final del plan calculados para el sistema de alcantarillado de la Ciudad de San Pedro de Macorís se muestran en la siguiente tabla.

		Año			
Parámetros		2024	2034	2054	2074
Dotación per capita (l/hab.día)		200	200	200	200
Tasa conectividad (% población conectada)		80%	90%	95%	100%
Conexiones	Caudales por área del proyecto				
Residencial	Caudal promedio - Q <sub>rmed</sub> (l/s)	327.57	398.56	484.08	577.51
	Coefficiente de Harmon	1.81	1.75	1.69	1.65
	Caudal de punta - Q <sub>rpunta</sub> (l/s)	592.66	697.42	820.11	950.80
Comercial, Industrial y Hotelera	Caudal promedio comerc/indu/inst - Q <sub>cmed</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Caudal promedio - Zonas Hoteleras - Q <sub>hmed</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Caudal de punta comerc/ind/inst - Q <sub>cpunta</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Caudal de punta - Zonas Hoteleras - Q <sub>hpunta</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras	Conexiones Erradas - Q <sub>e</sub> (l/s)	16.38	19.93	24.20	28.88
	Caudal de Infiltración - Q <sub>inf</sub> (l/s)	46.49	52.31	55.21	58.12
<b>Total</b>	<b>Caudal de diseño - Q<sub>diseño</sub> (l/s)</b>	<b>655.54</b>	<b>769.65</b>	<b>899.53</b>	<b>1037.79</b>

\*Q<sub>diseño</sub> = Q<sub>punta</sub> + Q<sub>e</sub> + Q<sub>infiltración</sub>

Figura 24. Caudales de diseño – Proyecto SPM

### 5.3.3 Macroestructuras (colectores principales, líneas de impulsión y estaciones de bombeo)

Con base en las áreas de influencia de las Cuencas de Contribución, en la definición de los caudales de diseño y en el análisis de los aspectos constructivos resultantes de las inspecciones técnicas realizadas en campo, se definieron los colectores que serán considerados como parte integral de la Macroestructura de la recolección, incluyendo la ubicación de las Estaciones de Bombeo y de las líneas de impulsión.

Los colectores maestros y interceptores han sido trazados de tal manera que reciben las descargas de las áreas de drenaje, estos colectores varían de diámetro desde 160 mm hasta los 1000 mm de material polietileno HDPE.

Se estudiaron dos alternativas para el diseño de la macroestructura de recolección del sistema de alcantarillado de La San Pedro de Macorís.

La principal diferencia entre las dos alternativas se refiere a la ubicación de las nuevas estaciones de bombeo que se construirán. A continuación, se describen las principales características de la alternativa elegida:

Las redes secundarias de las seis cuencas de contribución estarán conectadas a varios colectores maestros ubicados en cada una de las seis cuencas y seis Estaciones de Bombeo. La macroestructura diseñada contará con un total de 16 colectores principales. La longitud total de los colectores principales es de 37.101,94 metros.

los colectores principales con profundidades comprendidas entre 5 y 9 metros se han definido para su construcción mediante microtunelación.

la figura siguiente muestra la ubicación de la macroestructura de la alternativa elegida. Los colectores indicados en color magenta se construirán con microtunelación.

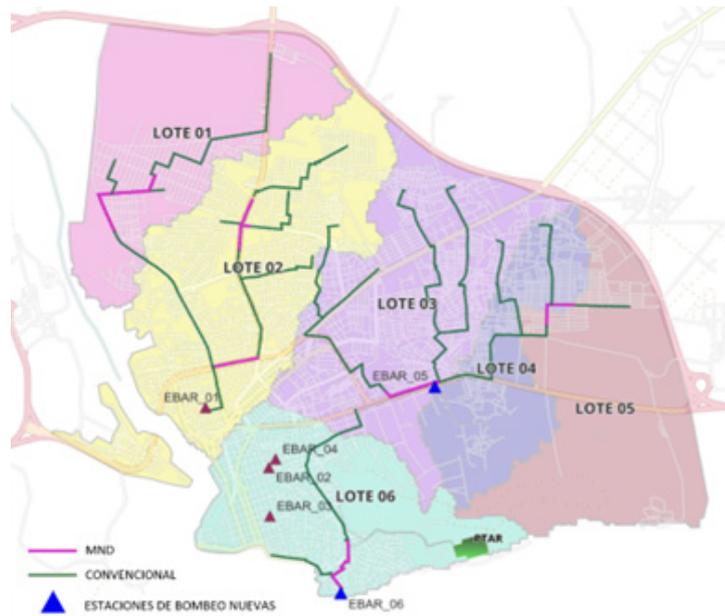


Figura 25. - Macroestructura de la Alternativa 2.

La definición conceptual de las macroestructuras, incluyendo el análisis de los aspectos constructivos resultantes de las inspecciones técnicas realizadas en campo, se propusieron dos nuevas Estaciones de Bombeo y la ampliación de dos ya existentes.

Estas estaciones de bombeo contarán con un cárcamo circular (cámara húmeda) enterrado, dentro de esta se encontrarán todos los elementos hidráulicos y de bombeo. Los caudales medios y de diseño de las estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR) se muestran en la siguiente tabla.

EBAR	Qmed2024 (l/s)	Qdiseño2024 [ Qp + Inf. ] (l/s)	Qmed2054 (l/s)	Qdiseño2054 [ Qp + Inf. ] (l/s)
<b>EBAR 01</b>	121.55	264.71	151.26	301.82
<b>EBAR 04</b>	223.85	472.54	278.57	540.88
<b>EBAR 05</b>	117.34	254.39	146.02	290.22
<b>EBAR 06</b>	178.44	376.74	222.05	431.22

Figura 26. - Caudales promedios y de diseño de las EBAR.

## 5.3.4 Planta de tratamiento

San Pedro de Macorís ya cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, ubicada en la región sud de la ciudad, como presentado en la Figura a continuación.



Figura 27. - Ubicación de la PTAR de SPM.

La primera alternativa a considerar para el tratamiento de las aguas residuales de San Pedro de Macorís es la ampliación de la planta existente, para el caudal de final de plano previsto en el proyecto soportado por el BID. En este caso se cambia el proceso de tratamiento adoptado en el diseño actual, ampliando la planta para el caudal esperado en el proyecto.

Esta propuesta parece ser la más adecuada para aumentar la capacidad de tratamiento del sistema de tratamiento, ya que aprovecha la mayor parte de las instalaciones actuales y, con una pequeña ampliación, se hace posible dar servicio a toda la población del proyecto. Cabe destacar que la ampliación de la planta existente, utilizando el proceso DPMC, resulta una planta de tratamiento de nivel secundario, la cual debe ser aprobada en la etapa de licenciamiento ambiental del proyecto.

En el caso de que la agencia ambiental requiera un tratamiento terciario de aguas residuales, una segunda opción sería la ampliación de la capacidad de la planta por medio de una nueva planta de tratamiento, utilizando tecnología más compacta, in-

cluyendo la implantación de reactores anaerobios del tipo RAFA, buscando reducir la carga orgánica en la etapa aerobia del tratamiento. En este caso, la alternativa prevé la utilización de un proceso de nivel terciario, para atender a todas las restricciones presentadas por la legislación pertinente.

Una tercera alternativa sería de mantener la planta actual, combinada con un emisario submarino, para el lanzamiento del total de los efluentes previstos en el proyecto. Para esto sería necesario incluir un tratamiento preliminar avanzado para los desagües.

La Figura a continuación muestra la planta actual modificada para operar en la modalidad DPMC, incluyendo un nuevo tratamiento preliminar y la deshidratación de los lodos. En el diseño ejecutivo de la planta se puede evaluar la conveniencia de inclusión de reactores del tipo RAFA en el proceso, lo que eventualmente podría disminuir el consumo de oxígeno y también disminuir la acumulación de lodos en las lagunas.

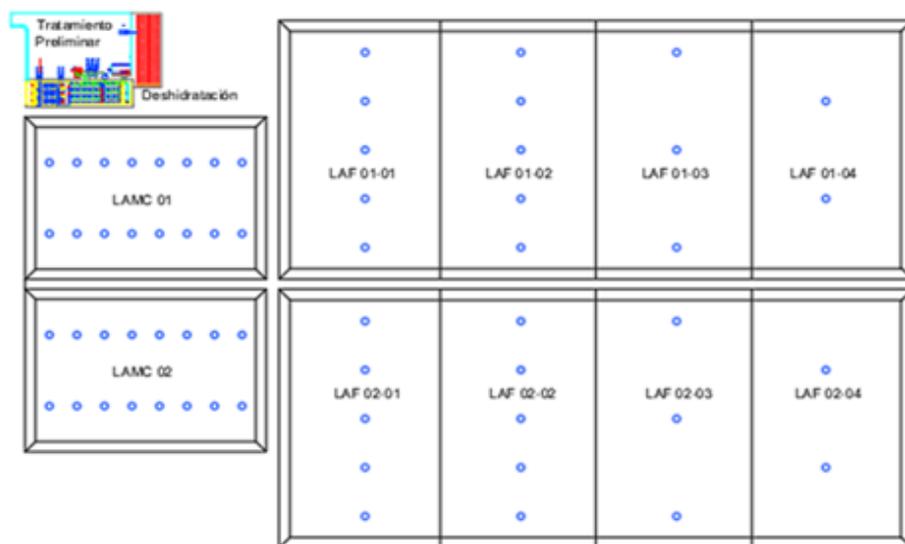
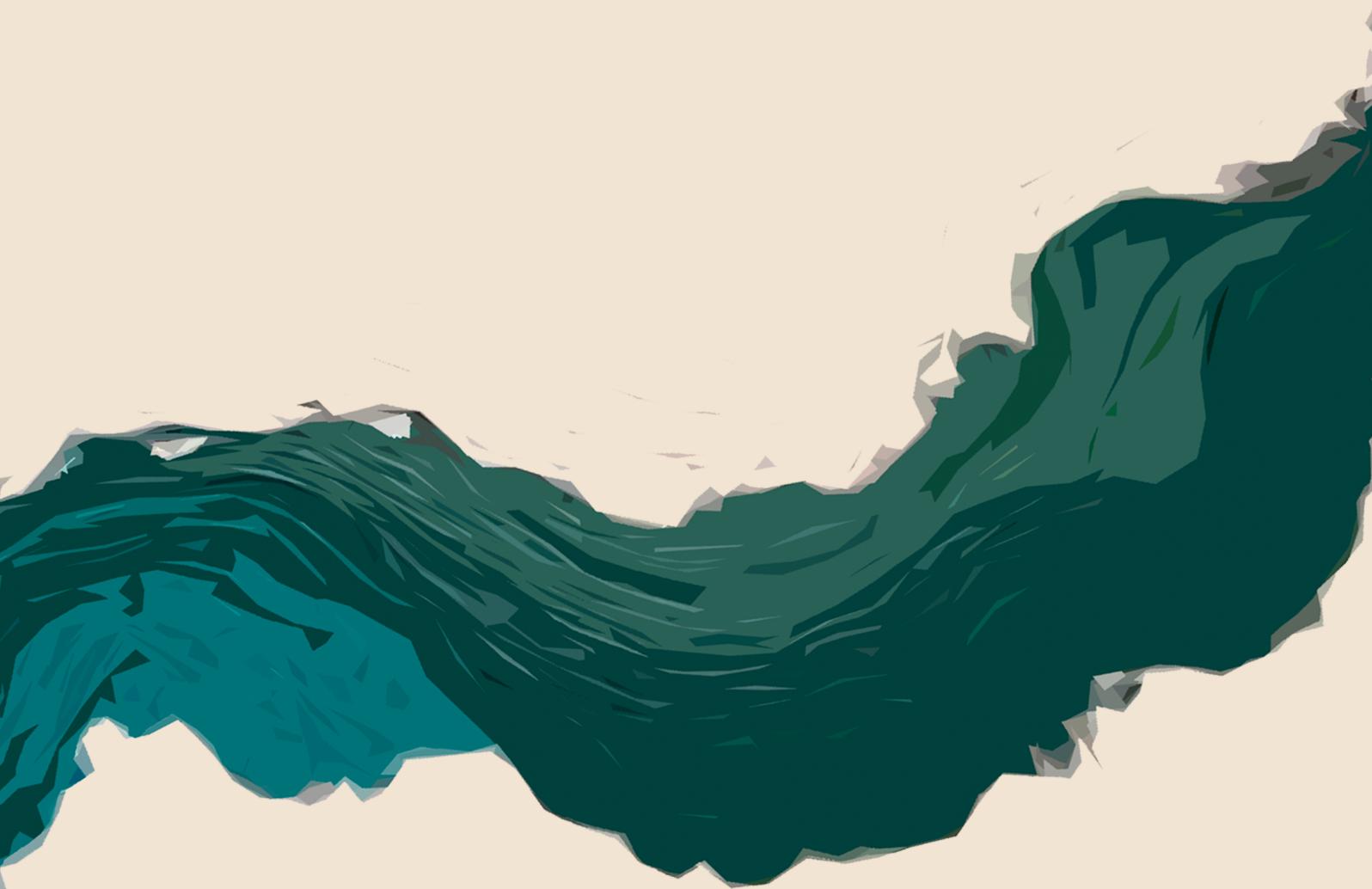


Figura 28. - Modificación de la PTAR San Pedro de Macorís para proceso DPMC.

PROYECTO

*Higüey*



## 6. PROYECTO HIGÜEY

El estudio de concepción del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Higüey tiene como objetivo principal evaluar y planificar la implementación de un sistema eficiente y sostenible de recolección, transporte y tratamiento de efluentes sanitarios. El objetivo final es promover la mejora de las condiciones de saneamiento de la ciudad, garantizando la preservación del medio ambiente y la salud pública.

El estudio también tenía como objetivo dimensionar y definir las principales estructuras del sistema de recolección y transporte de efluentes sanitarios. Esto incluye: Macroestructura colectora, Estaciones de bombeo, La estación de tratamiento de aguas residuales y Descarga final.

El proyecto cuenta con diseños básicos avanzados para el armado de especificaciones técnicas y preparación de pliegos con un contrato tipo DBOT (Diseño-Construcción-Operación-Traspaso). Considerando que este tipo de contratos prevé que la empresa contratista proponga y elabore los diseños definitivos para la ejecución, operación y traspaso de las obras a INAPA - Instituto Nacional de Agua Potable y Saneamiento, se realizó el análisis de la documentación para verificar la viabilidad de las obras y su alineación con el programa.

El proyecto se concibió para cubrir el 100% del territorio de la ciudad. Se definieron dos etapas para la ejecución de las obras. En este documento se presentará información sobre el diseño general y datos cuantitativos correspondientes únicamente a la primera etapa.

**El costo total estimado para la primera etapa** del proyecto en Higüey (**114.000.000 USD**) corresponde al **32% del monto total estimado para el Programa. El presupuesto estimado para la** construcción del sistema de alcantarillado en Higüey incluye como principales componentes de obra:

- 1. Macroestructuras:** 13 km colectores principales (diámetro superior a 400 mm) con tramos especificados a zanja abierta y microtunelería (pipe-jacking), 1 nueva estación de bombeo de aguas residuales, 15,00 m de líneas de impulsión y descarga a la nueva Planta de Tratamiento (módulo de la etapa 1). El costo estimado para las macroestructuras asociado al sistema Higüey es de US\$ 43.000.000.

- 2. Sistema de redes y colectores secundarios:** redes secundarias con 47.537 nuevas conexiones y 11.999 existentes, incluyendo 173 km de redes de alcantarillado y ramales, incluida la rehabilitación de las redes existentes (Costo estimado: US\$ 66.000.00,00).

Adicionalmente, el presupuesto estimado para el proyecto incluye costos asociados a la supervisión de obras (US\$ 5.000.000).

## 6.1. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Higüey es la capital de la provincia de La Altagracia, en el este del país, y la octava ciudad más grande del país. El río Yuma atraviesa las zonas urbanas de Higüey. Su población estimada en 2022 era de 234.233 habitantes (ONE 2022).

Higüey fue fundada en 1503 y es una de las ciudades más antiguas de todo el continente americano. La ciudad fue un importante centro de producción de azúcar y provisiones durante la época colonial. El explorador Juan Ponce de León vivió allí entre 1502 y 1508, antes de conquistar Puerto Rico y Florida.

La principal atracción histórica de Higüey es la Basílica de la Virgen de la Altagracia, una moderna construcción de hormigón con un original diseño a base de arcos. La basílica alberga una pintura de la Virgen de la Altagracia, traída por misioneros españoles en el siglo XV. La pintura se conservaba anteriormente en la iglesia de San Dionisio, que también data del siglo XVI y sigue siendo de uso religioso.

La economía de Higüey se basa en la agricultura tropical (caña de azúcar, café, tabaco, cacao, arroz y maíz), la ganadería (vacuno y porcino), la pesca y el turismo costero.

En los alrededores de Higüey, los visitantes pueden disfrutar de hermosas playas como Punta Cana y Bávaro, destinos populares entre los turistas en busca de sol, arena y mar cristalino. La región también es conocida por sus resorts de lujo, campos de golf de categoría mundial y una gran variedad de opciones de entretenimiento y actividades al aire libre.

La ciudad cuenta con una infraestructura moderna, debido principalmente al desarrollo turístico. La ciudad cuenta con buenas carreteras, instalaciones de transporte y servicios básicos de alta calidad para atender tanto a la población local como a los

visitantes. La ciudad también cuenta con hospitales, escuelas, tiendas y restaurantes que atienden las necesidades de residentes y turistas.

El área de influencia del proyecto es toda la zona urbana de la ciudad de Higüey (Distrito municipal de Higüey). La siguiente imagen presenta la zona del proyecto.

La siguiente imagen presenta la zona del proyecto.



*Figura 29. - Área de Influencia del Proyecto Higüey, República Dominicana*

## 6.2. SITUACIÓN DE LOS SERVICIOS DE **SANEAMIENTO** EN EL ÁREA DEL PROYECTO

Los servicios de saneamiento son responsabilidad del Instituto Nacional de Agua Potable y Saneamiento - INAPA. En cuanto a la infraestructura de saneamiento, la ciudad cuenta con sistemas de abastecimiento de agua.

La ciudad cuenta con un sistema de alcantarillado que da servicio aproximadamente al 30% de su territorio. Este sistema se compone de redes colectoras, acometidas domiciliarias y una estación depuradora de aguas residuales, actualmente fuera de servicio.

El diagnóstico preliminar realizado mediante visitas técnicas sobre el terreno y reuniones con los equipos locales del INAPA que operan el sistema reveló una serie de problemas operativos del sistema existente. A continuación, se enumeran los principales problemas.

- Hay un gran número de conexiones del sistema de drenaje pluvial al sistema de alcantarillado;

- No existe ningún registro técnico de las redes colectoras;
- Las instalaciones de la PTAR son bastante precarias y requieren intervenciones para restaurar sus estructuras físicas;
- Hay tramos del sistema colector que funcionan por encima de su capacidad, con el consiguiente vertido de aguas residuales a las calles.

La siguiente figura muestra la poligonal del sistema de alcantarillado existente en la ciudad, suministrada por INAPA.

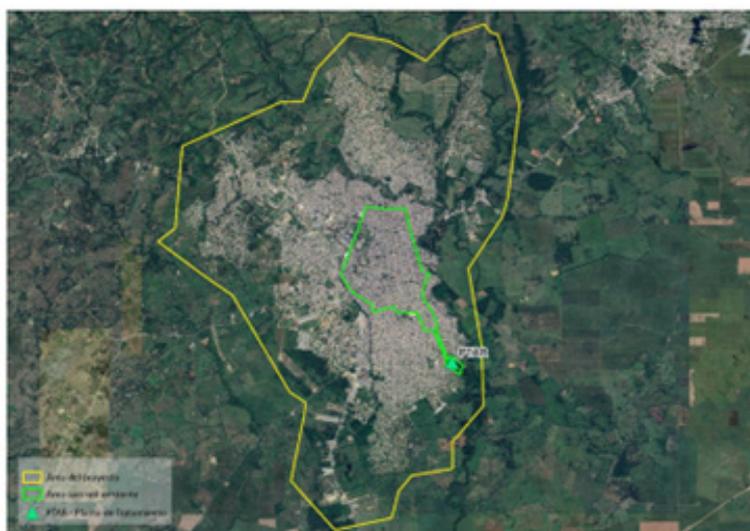


Figura 30. - Zona del sistema de alcantarillado existente. Higüey, República Dominicana

## 6.3. PROYECTO BÁSICO ELABORADO PARA HIGÜEY

Para la elaboración de los estudios de concepción del proyecto se contó con el apoyo de 4 expertos técnicos y consultores que definió las Cuencas de Aportación, evaluando alternativas para el sistema de recolección, transporte y tratamiento, recomendaciones y propuestas para avanzar con la estructuración y el armado de los pliegos de licitación.

Durante el proceso de los estudios de concepción del proyecto, se utilizaron herramientas asociadas a la plataforma Sanihub, incluyendo los módulos de redes y diseño de ramales asociados a la herramienta de QGIS. Las proyecciones y cálculos realizados en el proyecto para estimar el crecimiento de la población y la generación de caudales, fue comparada con base en los resultados del análisis de imágenes satelitales de población de Facebook

El uso de estas herramientas además de facilitar la revisión de ciertos parámetros de diseño para el dimensionamiento de las redes permitirá y facilitará el trabajo de INAPA para la estructuración de los pliegos de licitación y armado del paquete documentación de soporte como también para avanzar en la preparación y diseño de otros sistemas de saneamiento previstos en el marco del Programa.

### 6.3.1 Áreas de drenaje (Cuencas de contribución)

La delimitación de las cuencas hidrográficas del área de interés es un paso fundamental en este estudio, ya que permite la modelización asertiva de la distribución de la población y la determinación de las aguas residuales.

Especialmente en la región de estudio, debido a la topografía muy plana en algunas zonas y la proximidad del mar, la elección de un buen Modelo Digital de Elevación (MDE) tiene un gran impacto en los pasos posteriores, como el diseño de las redes de recolección de alcantarillado, EBARs e líneas de impulsión.

Cuando se trata de proyectos de sistemas de alcantarillado, siempre es preferible utilizar Modelos Digitales que representen las cuotas del terreno, eliminando las posibles interferencias de las construcciones y la vegetación. Para ello, se adoptó un MDT (modelo digital del terreno) denominado FABDEM, que se generó mediante algoritmos de inteligencia artificial sobre los datos del COPDEM.

Con base en el estudio de las Cuencas Hidrográficas, se definieron las Áreas de Drenaje (Cuencas de Contribución) para la Zona de Influencia del Proyecto. Estas áreas de drenaje serán la referencia para los resultados que se presenten en el estudio del sistema de alcantarillado sanitario de Higüey.

La delimitación definitiva de las seis cuencas que se utilizará en este proyecto se muestra en la siguiente imagen.

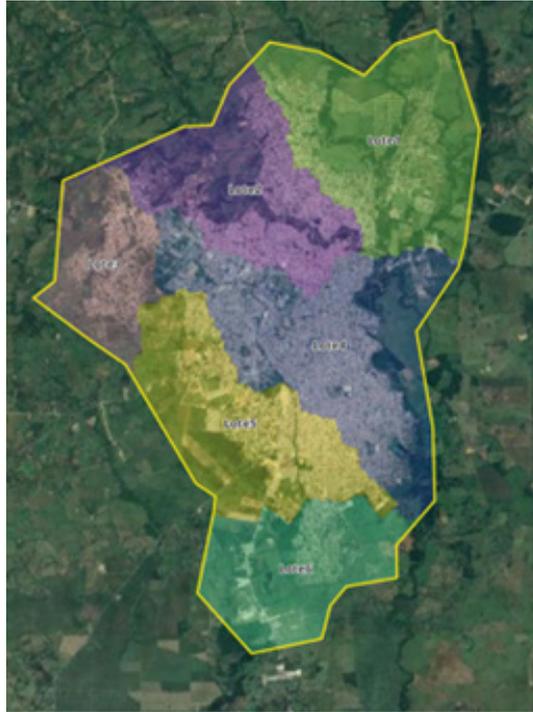


Figura 31. - Áreas de drenaje del proyecto.

## 6.3.2 Datos Poblacionales y caudales

La distribución de la población es otro dato esencial para el éxito de este proyecto. Para ello, cuanto más pequeña sea la cuadrícula de distribución de la población, más preciso será el modelo, ya que esto permite un ajuste más preciso durante la intersección entre la cuadrícula de la población y el límite de la cuenca.

La Oficina Nacional de Estadística de la República Dominicana (ONE) es la que tiene los datos oficiales y realiza los censos de la República Dominicana (los últimos censos datan de 2002, 2010 y 2022) y proporciona estos datos de estudios poblacionales y demográficos de todo el país.

Recientemente se han puesto a disposición del público los datos de la iniciativa Data for Good, liderada por la empresa META (antigua Facebook), que tiene por objetivo distribuir a la población mundial en cuadrículas de aproximadamente 30x30 metros. Estos datos se generan a partir de diversas fuentes de datos demográficos (censos, conteo de población, etc.) disponibles en cada país y el cruce de esta información con imágenes aéreas de alta definición, distribuyendo la población de cada lugar con mayor precisión con la ayuda de la Inteligencia Artificial.

Los datos de Data for Good están disponibles para toda la República Dominicana, conteniendo las poblaciones de 2015 y 2020 basadas en el Censo nacional. Así, tras la evaluación se concluyó que los datos de Data for Good son suficientemente fiables y se decidió utilizarlos para la distribución de la población y caudales en las cuencas hidrográficas definidas en el presente estudio.

Los datos proporcionados por la Oficina Nacional de Estadística (ONE) se utilizaron como base para validar los datos obtenidos de Data for Good. Los dos últimos censos nacionales realizados por la ONE corresponden a los años 2002, 2010 y 2022 que con estos datos se proyecta las poblaciones de los años posteriores, basado en estudios que llevan en cuenta los datos históricos de nacimientos, mortalidad, inmigración y emigración.

Con la asignación de las poblaciones (2024, 2034, 2054 y 2074) de cada una de las subcuencas del área de estudio y la definición de los parámetros, es posible calcular el caudal de diseño para cada una de ellas.

Los caudales medios y de diseño para el inicio y final del plan calculados para el sistema de alcantarillado de la Ciudad de Higüey se muestran en la siguiente tabla.

		Año			
		2024	2034	2054	2074
Parámetros					
Dotación per capita (l/hab.día)		200	200	200	200
Tasa conectividad (% población conectada)		80%	90%	95%	100%
Conexiones	Caudales por área del proyecto				
Residencial	Caudal promedio - Q <sub>rmed</sub> (l/s)	363.33	500.97	722.61	952.23
	Coefficiente de Harmon	1.78	1.68	1.59	1.58
	Caudal de punta - Q <sub>rpunta</sub> (l/s)	645.82	843.97	1148.51	1501.59
Comercial, Industrial y Hotelera	Caudal promedio comerc/indu/inst - Q <sub>cmed</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Caudal promedio - Zonas Hoteleras - Q <sub>hmed</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Caudal de punta comerc/ind/inst - Q <sub>cpunta</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
	Caudal de punta - Zonas Hoteleras - Q <sub>hpunta</sub> (l/s)	0.00	0.00	0.00	0.00
Otras	Conexiones Erradas - Q <sub>e</sub> (l/s)	18.17	25.05	36.13	47.61
	Caudal de Infiltración - Q <sub>inf</sub> (l/s)	38.30	43.09	45.48	47.87
<b>Total</b>	<b>Caudal de diseño - Q<sub>diseño</sub> (l/s)</b>	<b>702.28</b>	<b>912.10</b>	<b>1230.12</b>	<b>1597.08</b>
*Q <sub>diseño</sub> = Q <sub>punta</sub> + Q <sub>e</sub> + Q <sub>infiltración</sub>					

Figura 32. - Caudales de diseño – Proyecto Higüey.

### 6.3.3 Macroestructuras (colectores principales, líneas de impulsión y estaciones de bombeo)

Con base en las áreas de influencia de las Cuencas de Contribución, en la definición de los caudales de diseño y en el análisis de los aspectos constructivos resultantes de las inspecciones técnicas realizadas en campo, se definieron los colectores que serán considerados como parte integral de la Macroestructura de la recolección, incluyendo la ubicación de las Estaciones de Bombeo y de las líneas de impulsión.

Los colectores maestros y interceptores han sido trazados de tal manera que reciben las descargas de las áreas de drenaje, estos colectores varían de diámetro desde 160 mm hasta los 1000 mm de material polietileno HDPE.

Se estudiaron dos alternativas para el diseño de la macroestructura de recolección del sistema de alcantarillado de Higüey.

La principal diferencia entre las dos alternativas se refiere a la ubicación de las nuevas estaciones de bombeo que se construirán. A continuación, se describen las principales características de la alternativa elegida:

Las redes secundarias de las seis cuencas de contribución estarán conectadas a varios colectores maestros ubicados en cada una de las seis cuencas y cuatro Estaciones de Bombeo. La macroestructura diseñada contará con un total de 17 colectores principales. La longitud total de los colectores principales es de 34.946,97 metros.

los colectores principales con profundidades comprendidas entre 5 y 9 metros se han definido para su construcción mediante microtunelación.

La figura siguiente muestra la ubicación de la macroestructura de la alternativa 01. Los colectores indicados en color magenta se construirán con microtunelación.

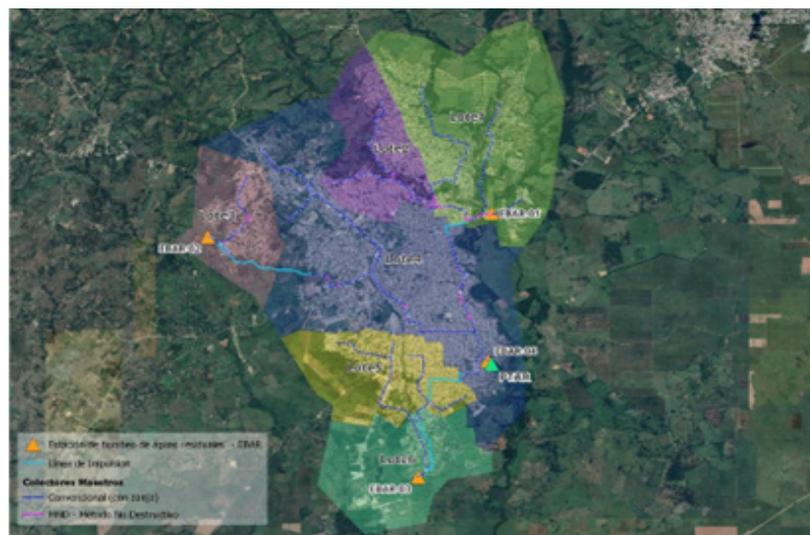


Figura 33. - Macroestructura de la Alternativa 1.

La definición conceptual de las macroestructuras, incluyendo el análisis de los aspectos constructivos resultantes de las inspecciones técnicas realizadas en campo, se propusieron cuatro Estaciones de Bombeo.

Estas estaciones de bombeo contarán con un cárcamo circular (cámara húmeda) enterrado, dentro de esta se encontrarán todos los elementos hidráulicos y de bombeo.

Los caudales medios y de diseño de las estaciones de bombeo de aguas residuales (EBAR) se muestran en la siguiente tabla.

EBAR	Qmed2024 (l/s)	Qdiseño2024 [ Qp + Inf. ] (l/s)	Qmed2054 (l/s)	Qdiseño2054 [ Qp + Inf. ] (l/s)
<b>EBD-01</b>	142.84	317.83	239.23	480.56
<b>EBD-02</b>	34.37	91.19	57.56	148.15
<b>EBD-03</b>	65.22	166.17	109.23	251.39
<b>EBAR-04/PTAR</b>	454.16	838.31	760.63	1275.53

Figura 34 - Caudales promedios y de diseño de las EBAR.

## 6.3.4 Planta de tratamiento

Higüey ya cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, ubicada en la región sureste de la ciudad, como presentado en la Figura 3, a continuación.

De acuerdo con INAPA, la unidad existente debe atender a una población de 53,343 habitantes (2021), para una cobertura actual de alcantarillado de 30% del área urbana de la ciudad. Según la Nota Técnica del proyecto de Mejoramiento de la Planta Depuradora de Aguas Residuales Higüey, Prov. La Altagracia, de INAPA, “el caudal medio de aguas residuales generado por el casco urbano del municipio de Higüey en la actualidad es de 468.69 l/s; sin embargo, el alcantarillado sanitario no tiene cobertura plena, apenas el 30% de la población dispone del servicio, razón por la cual, el caudal medio de aguas tratadas en la actualidad ronda 140.60 l/s.

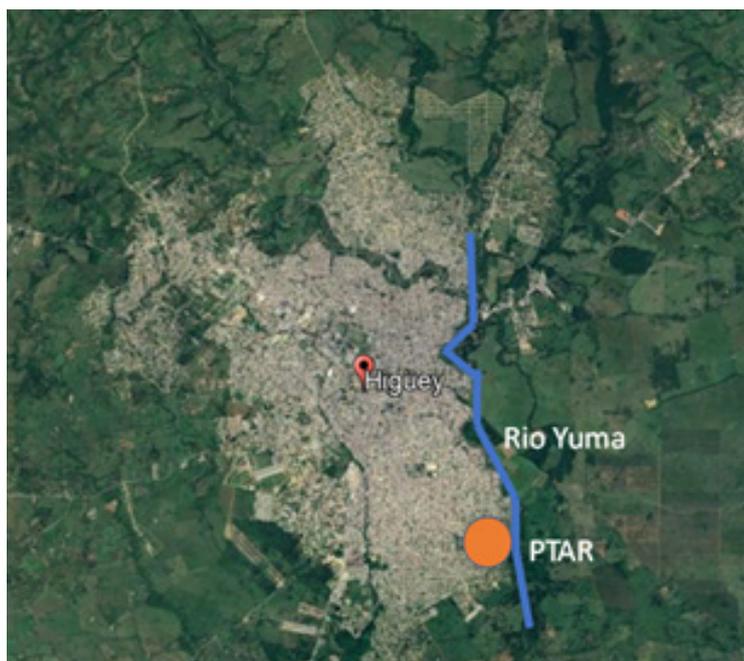


Figura 35. - Ubicación de la PTAR de Higüey.

Una vez que el uso de lagunas no posibilita el atendimento de la población del proyecto soportado por el BID, ni mismo para las cuencas ubicadas agua arriba de la planta existente, hay que evaluar alternativas más compactas de tratamiento, cambiando el proceso de tratamiento.

Las alternativas aquí adoptadas incluyen la combinación del Tratamiento Preliminar con diversos procesos secundarios y terciarios de tratamiento, de manera a verificar

los costos estimados involucrados con cada una de las alternativas evaluadas, se quedando la decisión a cargo de una evaluación que demontre la mejor opción del punto de vista técnico y económico.

Para evaluar la posibilidad de reducir el costo de las unidades, especialmente en lo que respecta al costo operacional, que en los procesos de lodos activados es bastante alto, se desarrollaron alternativas que incorporan también una etapa intermedia de tratamiento, por medio de la introducción del Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA). Estas unidades combinan una alta eliminación de material orgánico con un bajo costo de operación, lo que permite una reducción significativa de la demanda de oxígeno en la fase aeróbica del proceso, además de disminuir la cantidad de lodos producidos por la planta.

Así, en el presente Estudio de Concepción se evaluaron los siguientes procesos de tratamiento para substituir el proceso utilizado en la planta existente de Higüey:

- Tratamiento Preliminar con Lodos Activados Convencionales y una variante terciaria, con remoción de nutrientes;
- Tratamiento Preliminar con reactor RAFA seguido de Lodo Activado Convencional y una variante terciaria, con remoción de nutrientes;

Todos los procesos fueron evaluados con la deshidratación de lodos por unidad mecanizada, incluido un paso de desinfección para posibilitar una concentración de Coliformes Totales limitada a 1,000 NMP/100ml.

Basándose en una comparación de los costes de inversión y operación de las alternativas, se seleccionó la alternativa de tratamiento con reactor RAFA y Sistema de Lodos Activados Convencional para la implantación del sistema de alcantarillado de Higüey.

Además de los menores costes totales, esta alternativa permite construir la nueva PTAR en la zona de la depuradora actual sin necesidad de adquirir nuevas áreas.

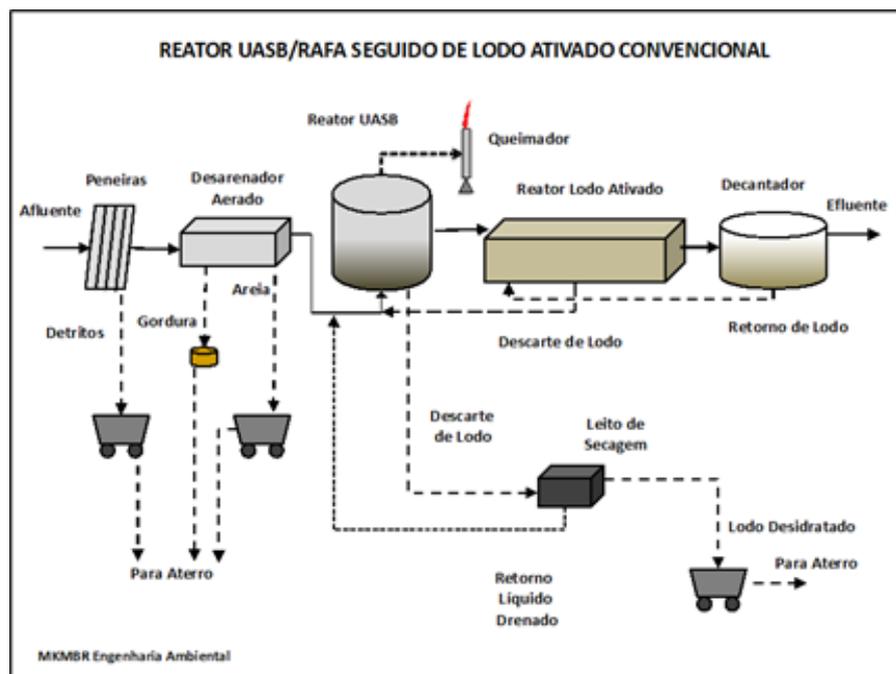


Figura 36. - Flujograma Reactor RAFA combinado con Lodo Activado Convencional.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los proyectos analizados presentan un nivel de desarrollo básico con una ingeniería básica de diseño, incluyendo como anexos estudios topográficos y específicos realizados que sirven como base y antecedentes para la licitación de las obras para las cuales se prevé el armado de un modelo de contrato tipo BOT, previendo como parte de la licitación se desarrolle y elabore la ingeniería de detalle.

Para la licitación de las obras, se prevé terminar de ajustar y revisar los cálculos y parámetros de diseño adoptados, estandarizando valores establecidos y requeridos por la normativa del INAPA para el armado de las especificaciones técnicas y preparación de presupuestos, de forma tal que sean consistentes y congruentes para la documentación.



**FREITAS  
ICASURIAGA**

ARCHITECTURAL  
VISUALIZATION

EDICIÓN GRÁFICA  
BRASIL-RECIFE/PE,2024



**BID**

Banco Interamericano  
de Desarrollo