

**BORRADOR**  
**DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**  
**(DIA)**  
**EXPANSIÓN LATERAL DEL**  
**SISTEMA DE RELLENO SANITARIO MUNICIPAL DE ARROYO**



**FEBRERO 2025**



**PUERTO RICO**  
**PROFESSIONAL**  
**TEAM, LLC.**

**BORRADOR**  
***DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL***  
***(DIA)***  
***EXPANSIÓN LATERAL DEL***  
***SISTEMA DE RELLENO SANITARIO MUNICIPAL DE ARROYO***

**FEBRERO 2025**

***Preparado para:***



**Municipio de Arroyo**

***Preparado por:***



**PUERTO RICO  
PROFESSIONAL  
TEAM, LLC.**

**Po Box 3871 Guaynabo PR 00970**

**fnm.prpt@gmail.com**

**(787) 773-0730**



## PREÁMBULO

Este documento constituye el Borrador de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) para la Expansión Lateral del Sistema de Relleno Sanitario de Arroyo ("La Expansión") en el Municipio Autónomo de Arroyo.

Agencia Proponente	Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe)
Proponente de la Acción	Municipio de Arroyo (MA) Hon. Eric Bachier Román, Alcalde
Título de la Acción Propuesta	Expansión Lateral del Sistema de Relleno Sanitario Municipal de Arroyo
Dirección del Proyecto	PR-755, Km. 1.0, Calle Monte Verde, Bo. Ancones, Arroyo, Puerto Rico
Necesidad del Proyecto	El Proyecto tiene el propósito principal de proveer efectivamente mayor capacidad de acopio de Residuos Sólidos Municipales (RSM) en la instalación sanitaria existente, a la cual en un futuro cercano se le agotaría, bajo las condiciones actuales, la vida útil del área de disposición previamente utilizada. Se desarrollará un sector adyacente al sureste del área de disposición actual para recibir y confinar desperdicios (residuos) sólidos no peligrosos y para atender adecuadamente las necesidades presentes y futuras que los Municipios de Arroyo y Patillas, y otros usuarios tengan sobre el particular.
Estimado de Costo del Proyecto	\$ 2.5 millones
Empleos por generarse en la Fase de Construcción	30 empleos (20 empleos directos y 10 empleos indirectos e inducidos)
Identificación del Documento Ambiental	Borrador de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA)
Resumen de la Acción Propuesta	El MA propone la Expansión Lateral (5 cuerdas aprox.) de su Sistema de Relleno Sanitario en el terreno donde se extrae material de la corteza terrestre para cubierta diaria, con una cabida superficial de 9.95 cuerdas, localizado al suroeste del área actual de disposición de RSM.
Lista del Personal que participó en la Preparación del Documento Ambiental	- Felipe Nazario Muñoz, P.E. - Ing. Sebastián García, Ph.D(c) - Teresa González Marrero, Especialista Ambiental - José Carrasco Álamo, Técnico Ambiental - Carmelo Sierra, PLS - Jorge Coll, Biólogo - Carlos Rodríguez, Ingeniero Geotécnico

## RESUMEN EJECUTIVO

El siguiente documento constituye un Borrador a la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) de la Propuesta Expansión Lateral del Sistema de Relleno Sanitario del Municipio de Arroyo (SRSMA), el cual está localizado en el Barrio Ancones de este Municipio. Existen varias leyes y reglamentos locales y federales que requieren la preparación de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) previo al diseño y desarrollo de las expansiones laterales de SRS's existentes. Estos corresponden a los siguientes: Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004 - Ley Sobre Política Pública Ambiental de 2004; Ley Nacional de Política Pública Ambiental de 1969, según enmendada (NEPA, por sus siglas en inglés), 40 CFR 1500; y Reglamento para el Proceso de Evaluación Ambiental (RPEA) del 23 de noviembre de 2016.

En este documento se provee la descripción, justificación y necesidad del proyecto, se describe el medio ambiente y los recursos naturales y culturales del lugar en donde se propone localizar el mismo, y se discuten los impactos ambientales y socioeconómicos acumulativos, y a su vez se definen las medidas de mitigación para desarrollar y minimizar los impactos.

La DIA también ofrece un análisis de alternativas, incluyendo la No-Acción. La evaluación se realizó tomando en cuenta los requisitos de preservación, protección y conservación aplicables.

Los recursos que con el desarrollo de “La Expansión” podrían representar impactos acumulativos potenciales, sobre los cuales se prevé un impacto significativo, corresponden, como indicamos al principio de esta sección a la Topografía y a la Geología y Suelos. Es necesario que se tomen medidas para minimizarlos y mitigarlos.

A continuación, discutimos sobre el particular:

- El relieve topográfico de los terrenos de “La Expansión” será alterado permanentemente por la extracción de la corteza terrestre y la topografía de estos se irá modificando en la medida que se completen las operaciones de disposición de Residuos Sólidos Municipales (RSM). Se irá desarrollando un promontorio con rasgos topográficos característicos en donde predominarán

taludes y terrazas estables hasta alcanzar los niveles finales. Los suelos serán impactados al ser removidos hasta cierta profundidad y luego de la construcción de la celda, sustituidos, cuando sea el caso, por el depósito de desperdicios sólidos en “La Expansión”.

- Para minimizar el impacto visual de los residuos sólidos, que en una misma celda serán colocados, esparcidos y luego compactados, estos se cubrirán diariamente con material de relleno que será también uniformemente compactado. Al alcanzar los niveles topográficos finales, en toda la extensión de la expansión del relleno sanitario se aplicará una cubierta final que incluirá material de relleno y el establecimiento de grama minimizando el impacto visual.

A pesar de que “La Expansión” representa un impacto significativo sobre la topografía y suelos no se prevé un impacto acumulativo del mismo, pues no se proponen otros proyectos de envergadura que contribuyan alterar marcadamente estos recursos.

La alternativa seleccionada que propone La Expansión Lateral Propuesta del SRSMA (“La Expansión”) se desarrollará en un sector al suroeste (Área C) del área de disposición actual de residuos sólidos municipales (RSM). En una parte de este sector se ha venido llevando a cabo la extracción del material de relleno para cubrir las celdas de desperdicios que se desarrollan en la instalación y otros usos relacionados con la operación del SRSMA.

La Expansión Propuesta proveerá un volumen de acopio adicional para disposición final de DSNP de 800 mil metros cúbicos. “La Expansión”, si se mantiene la misma entrada de RSM que actualmente ocurre, representaría no menos de 20 años de vida útil adicional en cuanto a disposición de RSM se refiere. Esta cumplirá con las disposiciones y reglamentaciones de protección ambiental a nivel federal y local para expansiones laterales de este tipo de instalación y con aquellas otras aplicables a todos los usos complementarios que forman parte de “La Expansión”.

En la DIA para la Expansión Propuesta del SRSMA se incluyen aquellos elementos ambientales potenciales que están relacionados con dicha acción. Los

estudios ambientales y/o de relevancia que han sido realizados en y cerca del área fueron recopilados con el fin de ser evaluados para identificar los resultados de los mismos. Estos incluyen investigaciones técnicas de campo y análisis que evaluaron las condiciones existentes del medio ambiente en el área, los procedimientos operacionales que se llevan a cabo en el relleno sanitario existente y en el área de extracción. Estos estudios corresponden básicamente a los siguientes:

- Estudio Hidrológico e Hidráulico
- Evaluación Geotécnica
- Estudio de Flora y Fauna

La alternativa preferida corresponde a la acción propuesta de la Expansión Lateral del SRSMA. La extensión superficial de los terrenos a ser desarrollados, que están localizados directamente al oeste del SRS existente, es de 9.95 cuerdas. Estos terrenos, al igual que aquellos donde ubica el SRS existente, forman parte de una finca propiedad del MA. La Expansión Propuesta consiste en la extensión lateral del relleno sanitario existente en unas 5 cuerdas aproximada. “La Expansión” cumplirá con las disposiciones y reglamentaciones de protección ambiental a nivel federal y local para expansiones laterales de este tipo de instalación y con aquellas otras aplicables a todos los otros componentes o usos complementarios.

Los beneficios y las ventajas de esta alternativa:

1. Los impactos ambientales principales serán mínimos y temporales, pues los terrenos en donde se desarrollará “La Expansión” han sido impactados en su mayoría por actividades de extracción de la corteza terrestre.
2. Extiende la vida útil del SRSMA por un periodo no menor de 20 años en el área de disposición de RSM. Lo anterior contribuye a prevenir que se agote más rápidamente la vida útil de otros SRS's.
3. La expansión lateral proveerá de un lugar adecuado para la disposición de RSM mientras se planifican o viabilizan otras alternativas.



4. Requerirá el tiempo menor, en comparación con otras tecnologías, para resolver la crisis de RSM que enfrentarían los dos Municipios (Arroyo y Patillas) en los próximos años de ser necesario cerrar el SRSMA.
5. Se continuará proveyendo un servicio esencial a los municipios, comercios e industrias que se benefician de esta instalación sanitaria existente, la cual tiene buenos accesos para los usuarios y está separada de comunidades establecidas o planificadas.
6. Al eliminar el costo potencial de acarreo a otros SRS's más lejanos esta alternativa representa economías significativas a los municipios (Arroyo y Patillas) que depositan actualmente RSM en este SRS.
7. Se crearán oportunidades de empleo.

La alternativa antes descrita, aunque cumple con los objetivos de “La Expansión”, presenta algunas desventajas o limitaciones que resumimos a continuación:

1. Limita el uso futuro de los terrenos a ser ocupados en forma irrevocable.
2. Impactos ambientales temporales durante la construcción de “La Expansión”, incluyendo aumentos en la emisión de polvo fugitivo y aumentos en la erosión como resultado del movimiento de tierra correspondiente.
3. Se generarán lixiviados, por lo cual será necesario diseñar, construir y mantener un buen sistema de recolección de estos líquidos.

Luego de considerar cada una de las alternativas antes evaluadas, concluimos que la acción propuesta; “La Expansión” del SRSMA, representa ser la solución de mayor viabilidad para la disposición de RSM a los Municipios de Arroyo y Patillas. Esto es así porque resulta ser la alternativa más económica, los impactos sobre el medioambiente podrán ser efectivamente controlados implantando aquellas medidas de control descritas en esta DIA, y podrá ser llevada a cabo en menos tiempo mientras se desarrollan y se adoptan otras tecnologías más efectivas para la disposición y reciclaje de los RSM en Puerto Rico.

## **Contenido**

<b>1.0</b>	<b>Introducción y Ubicación</b>	1-1
1.1	Descripción de “La Expansión”	1-4
1.2	Necesidad y Propósito de la Acción Propuesta	1-5
1.3	Objetivos de “La Expansión”	1-6
1.4	Identificación General de “La Expansión”	1-7
1.5	Restricciones de Ubicación Aplicables y Cumplimiento	1-8
1.6	Estudios, Metodología y Elementos de la DIA	1-10
<b>2.0</b>	<b>Descripción de “La Expansión”</b>	2-1
2.1	Financiamiento de “La Expansión”	2-1
2.2	Criterios y Requisitos de Diseño para “La Expansión” del SRSMA	2-2
2.2.1	General	2-2
2.2.2	Sistema de Revestimiento Compuesto	2-4
2.2.3	Sistema de Recolección de Lixiviados	2-8
2.2.4	Sistema de Control de Escorrentía Pluvial No-Contaminada con Lixiviados	2-9
2.2.5	Sistema de Monitoría de la Calidad de las Aguas Subterráneas	2-11
2.2.6	Generación y Control de Gases	2-11
2.2.7	Caminos	2-15
2.2.8	Capacidad de Acopio de la Expansión Lateral del SRSMA	2-16
2.2.9	Vida Útil de la Expansión del SRSMA	2-16
2.2.10	Cubierta Final al Concluir la Vida Útil de la Expansión en el SRSMA	2-17
2.2.11	Cierre y Mantenimiento Post-Cierre	2-18
2.3	Criterios y Requisitos de Operación	2-19
2.3.1	Permisos de Operación	2-20
2.3.2	Plan de Operación	2-20
2.3.2.1	Horario de Operación	2-20
2.3.2.2	Control de Acceso, Rótulos y Patrullaje Preventivo	2-20
2.3.2.3	Desperdicios aceptados en la instalación	2-21
2.3.2.4	Desperdicios no aceptados en la instalación	2-21
2.3.2.5	Registro e Inspección de los RSM	2-22

2.3.2.6	Mantenimiento de los Caminos de Acceso a Áreas de Tiro.....	2-25
2.3.2.7	Método de Operación.....	2-26
2.3.2.8	Cubierta Diaria.....	2-28
2.3.2.9	Equipo Operacional de la Expansión.....	2-29
2.3.2.10	Infraestructura disponible.....	2-30
2.3.2.11	Archivo de Documentos de Operación.....	2-30
2.3.2.12	Control de la Contaminación Atmosférica.....	2-31
2.3.2.12.1	Control de Materiales Livianos.....	2-31
2.3.2.12.2	Quema a Campo Abierto.....	2-31
2.3.2.12.3	Polvo Fugitivo.....	2-31
2.3.2.12.4	Particulado Emitido por Motores de Combustión Interna.....	2-32
2.3.2.12.5	Control de Olores Ofensivos.....	2-32
2.3.2.13	Control de Vectores.....	2-33
2.3.2.14	Control de Ruido.....	2-33
2.3.2.15	Operaciones Durante Períodos de Clima Extremo.....	2-33
2.3.2.16	Sistemas de Protección Ambiental.....	2-34
2.3.2.16.1	Sistema de Monitoreo de Aguas Subterráneas.....	2-34
2.3.2.16.2	Sistema de Control de Escorrentías.....	2-34
2.3.2.17	Gerencia, Administración y Seguridad Ocupacional.....	2-35
2.3.2.18	Plan de Emergencias.....	2-35
<b>3.0</b>	<b>Descripción del Medio Ambiente Existente.....</b>	<b>3-1</b>
3.1	Topografía.....	3-1
3.1.1	Regional.....	3-1
3.1.2	Local.....	3-1
3.2	Condiciones Climatológicas Regionales.....	3-3
3.2.1	Precipitación.....	3-4
3.2.2	Temperatura.....	3-4
3.3	Calidad del Aire.....	3-6
3.4	Geología y Suelos.....	3-7

3.4.1	Geología Regional.....	3-7
3.4.2	Geología Local.....	3-7
3.4.3	Suelos.....	3-8
3.4.4	Estudio de Campo.....	3-10
3.5	Hidrología.....	3-10
3.5.1	Recursos de Agua Superficiales.....	3-10
3.5.1.1	Drenaje de Escorrentía.....	3-13
3.5.1.2	Áreas Inundables.....	3-14
3.5.2	Hidrogeología.....	3-15
3.6	Recursos Ecológicos.....	3-17
3.6.1	Flora y Fauna Terrestre.....	3-17
3.6.2	Humedales.....	3-18
3.6.3	Sistemas Naturales.....	3-19
3.7	Usos de Terrenos, Plan de Ordenamiento Territorial y Calificación.....	3-20
3.7.1	Usos de los Terrenos.....	3-20
3.7.2	Plan de Ordenamiento Territorial.....	3-20
3.7.2.1	Mapa de Calificación y Clasificación.....	3-21
3.7.2.2	Manejo de Desperdicios Sólidos bajo el Plan de Ordenamiento Territorial...	3-23
3.8	Recursos Arqueológicos, Históricos y Culturales.....	3-23
3.9	Infraestructura.....	3-24
3.9.1	Sistemas de Agua Potable.....	3-24
3.9.2	Sistemas de Tratamiento de Aguas Usadas y Lixiviados.....	3-24
3.9.3	Energía Eléctrica.....	3-25
3.9.4	Instalaciones Aeroportuarias.....	3-25
3.9.5	Vía de Transportación, Accesos y Tránsito.....	3-26
3.10	Distancia a Zonas Receptoras.....	3-27
3.11	Ruidos.....	3-28
3.12	Control y Prevención de la Contaminación Lumínica.....	3-28
3.13	Aspectos Socioeconómicos y de Justicia Ambiental.....	3-29



<b>4.0</b>	<b>Impactos Ambientales de la Acción Propuesta y Medidas de Mitigación..</b>	<b>4-1</b>
4.1	Topografía.....	4-1
4.2	Erosión y Sedimentación.....	4-1
4.3	Calidad de Aire.....	4-3
4.3.1	Etapas de Construcción.....	4-4
4.3.1.1	Emisiones Fugitivas y Fuentes Móviles.....	4-4
4.3.1.2	Fuentes Estacionarias: Generador de Energía Eléctrica de Emergencia.....	4-6
4.3.2	Etapas de Operación.....	4-6
4.3.2.1	Fuentes Fugitivas.....	4-7
4.3.2.2	Fuentes Móviles: Uso de Equipo Pesado.....	4-7
4.3.3	Conclusión.....	4-8
4.4	Geología y Suelos .....	4-9
4.5	Recursos de Aguas Superficiales y de Aguas Subterráneas.....	4-11
4.6	Recursos Ecológicos.....	4-16
4.6.1	Flora y Fauna.....	4-16
4.6.2	Humedales.....	4-16
4.6.2.1	Resultados Esperados.....	4-17
4.6.3	Sistemas Naturales.....	4-18
4.7	Uso de los Terrenos, Plan de Ordenamiento Territorial y Calificación.....	4-18
4.7.1	Uso de los Terrenos.....	4-18
4.7.2	Plan de Ordenamiento Territorial y Calificación.....	4-18
4.8	Cumplimiento con otras Políticas Públicas Aplicables de Desarrollo y Uso de Terreno .....	4-18
4.9	Recursos Arqueológicos, Históricos y Culturales.....	4-19
4.10	Recursos Visuales, Estéticos y Olores.....	4-20
4.11	Infraestructura.....	4-21
4.11.1	Agua Potable.....	4-21
4.11.2	Aguas Usadas.....	4-21
4.11.3	Energía Eléctrica.....	4-22
4.11.4	Instalaciones Aeroportuarias.....	4-22

4.12 Acceso y Tránsito.....	4-22
4.13 Ruidos.....	4-23
4.13.1 Fases de Construcción y Operación.....	4-23
4.13.1.1 Impactos.....	4-24
4.14 Control y Prevención de la Contaminación Lumínica.....	4-25
4.15 Residuos Sólidos Municipales (RSM) a Generarse.....	4-25
4.16 Impactos Socioeconómicos y de Justicia Ambiental.....	4-26
4.16.1 Análisis Comparativo, Aspectos Socioeconómico.....	4-29
4.17 Impactos Acumulativos.....	4-33
4.17.1 Metodología.....	4-33
4.17.2 Resultados.....	4-35
<b>5.0 Alternativas a la Acción Propuesta y la Ubicación.....</b>	<b>5-1</b>
5.1 Alternativas de No-Acción.....	5-1
5.2 Desarrollo de un Nuevo SRS en Otro Lugar en la Región.....	5-3
5.3 Implementación de Tecnologías de Tratamiento.....	5-4
5.4 Expansión del SRSMA como Alternativa Preferida.....	5-9
<b>6.0 Requisitos Legales y Reglamentarios de la DIA.....</b>	<b>6-1</b>
<b>7.0 Compromisos Irrevocables e Irreversibles.....</b>	<b>7-1</b>
- Abreviaciones	
- Glosario de Términos	

## **Figuras**

Figura Núm. 1.-1 Localización del SRSMA en Foto Aérea.....	1-2
Figura Núm. 1.-2 Mapa de Localización en Cuadrángulo Topográfico.....	1-3
Figura Núm. 1.-3 Foto Aérea de las Áreas del SRSMA.....	1-4
Figura Núm. 1.4-1 Identificación General de “La Expansión”.....	1-7
 Figura Núm. 2.2.2-1 Sistemas de Revestimiento Compuesto y de Recolección de Lixiviados Básicos.....	 2-5
 Figura Núm. 3.1.2-1 Plano Topográfico del SRSMA (diciembre 2023).....	 3-2
Figura Núm. 3.1.2-2 Imagen Aérea (JP-MIPR) donde se indica la localización de la Expansión y la Red Fluvial de la Zona. No a Escala.....	3-3
Figura Núm. 3.2.2-1 Tendencia de Temperatura Promedio Mensual (2004 - 2024)....	3-5
Figura Núm. 3.2.2-2. Tendencia de Temperatura Promedio Anual (2004 - 2024).....	3-5
Figura Núm. 3.4.2-1 Localización Esquemática del SRSMA en Mapa Geológico Preliminar en el Cuadrángulo de Patillas, Puerto Rico.....	3-8
Figura Núm. 3.4.4-1 Mapa de suelos del SRSMA.....	3-9
Figura Núm. 3.5.1-1 Hidrología Parcial, Arroyo, PR.....	3-12
Figura Núm. 3.5.1-2 Foto Aérea Límite de Propiedad y Quebrada Yaurel.....	3-13
Figura Núm. 3.5.1.2.-1 Mapa parcial de Niveles de Inundación Base Recomendados de FEMA (Panel 72000C1770H.....	3-15
Figura Núm. 3.5.2-1 Ubicación General de Pozos Cercanos al SRSMA y la Expansión Propuesta y Otros Rasgos Hidrológicos.....	3-16
Figura Núm. 3.6.2-1 Ubicación del SRSMA en Mapa de Inventario Nacional de Humedales.....	3-18
Figura Núm. 3.7.2-1 Calificación y Clasificación del SRSMA (MIPR).....	3-21
Figura Núm. 3.7.2-2 Calificación de Suelo (parcial) del B-POT del MA.....	3-22
Figura Núm. 3.9.4-1 Ubicación del SRSMA con relación al Aeropuerto más cercano	3-26
Figura Núm. 3.10-1 Localización y Distancia de los Receptores de Ruidos.....	3-27
Figura Núm. 3.13-1 Densidad Poblacional por Barrio en Municipio de Arroyo.....	3-30
Figura Núm. 3.13-2 Distribución de Edad y Sexo en Municipio de Arroyo.....	3-32

## **Tablas**

Tabla Núm. 3.4-1	Legenda de la unidad del mapa de suelos.....	3-9
Tabla Núm. 3.10-1	Distancias a Zonas Receptoras.....	3-27
Tabla Núm. 3.13-1	Perfil Poblacional del Municipio de Arroyo, Región y Puerto Rico.....	3-30
Tabla Núm. 3.13-2	Perfil Racial del Municipio de Arroyo, Región Este y Puerto Rico.....	3-34
Tabla Núm. 3.13-3	Nivel de Educación en Municipio de Arroyo, Región Este y Puerto Rico.....	3-35
Tabla Núm. 3.13-4	Ingreso per Cápita e Ingreso Promedio por Hogar en Municipio de Arroyo, Región Este y Puerto Rico.....	3-36
Tabla Núm. 3.13-5	Nivel de Pobreza en Municipio de Arroyo, Región Este y Puerto Rico.....	3-37
Tabla Núm. 3.13-6	Vivienda Ocupada y Vivienda Propia en Municipio de Arroyo, Región Este y Puerto Rico.....	3-38
Tabla Núm. 4.3.1.1-1	Capacidad y Factores de Carga de Equipo de Construcción....	4-5
Tabla Núm. 4.3.1.2-1	Emisiones Máximas - Generadores Energía Eléctrica.....	4-6
Tabla Núm. 4.3.2.1-1	Emisiones de Polvo Fugitivo - Actividad Cubierta Diaria.....	4-7
Tabla Núm. 4.3.2.2-1	Equipo Pesado a usarse en la Operación de “La Expansión”....	4-8
Tabla Núm. 4.3.2.2-2	Estimados de Emisiones de Equipo Pesado.....	4-8

## **Apéndices**

Apéndice Núm. 1	<i>“Preliminary Soil Exploration”</i>
Apéndice Núm. 2	Estudio Hidrológico e Hidráulico (H-H)
Apéndice Núm. 3	<i>“Schematic Drawings”</i>
Apéndice Núm. 4	Carta del DRNA - Plan de Monitoría Aguas Subterráneas
Apéndice Núm. 5	Carta del DRNA - Plan de Monitoría Gases Explosivos
Apéndice Núm. 6	Estudio Descriptivo de Flora y Fauna



## 1.0 INTRODUCCIÓN Y UBICACIÓN

El Municipio de Arroyo (MA) propone la expansión de su instalación sanitaria debido principalmente a que ésta, bajo las condiciones actuales, próximamente alcanzará su capacidad máxima para la disposición final de residuos sólidos.

El Sistema de Relleno Sanitario (SRS) es operado por el Municipio de Arroyo (MA). El SRSMA comenzó operaciones en el año 1977 y se reciben en éste aproximadamente 95 ton/día de desperdicios sólidos no peligrosos (DSNP) de los Municipios de Arroyo y Patillas.

Este documento constituye el Borrador de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), de la Propuesta Expansión Lateral del Sistema de Relleno Sanitario del Municipio de Arroyo (SRSMA), el cual está localizado en el Barrio Ancones, y se accede a éste a través de la Carretera Estatal PR-755, Km. 1.0, intersección Calle Monte Verde de este Municipio, y luego al final de esta calle (vea Figuras Núm. 1.-1 & 1.-2).

Los terrenos ocupados por el SRSMA tienen una superficie de 34.43 cuerdas. Estos están compuestos por el Área A (Inactiva - 10.89 cuerdas), el Área B (Activa - 13.59 cuerdas) y el Área C (Extracción - 9.95 cuerdas). En el Área A, además de terrenos impactados por actividades de disposición de residuos sólidos, también se encuentran las instalaciones de oficinas, taller de mantenimiento, estacionamiento de camiones y equipo pesado, entre otros. La carretera de acceso principal divide el Área A en las Áreas A1 y A2. En el Área B es donde se deposita actualmente, y tiene una charca de detención. En el Área C, la cual fue adquirida luego del desarrollo inicial del SRS, se extrae relleno para ser utilizado como material de cubierta diaria e intermedia (vea Figura 1.-3). Una porción del Área C ha sido impactada como resultado de las operaciones de disposición de residuos sólidos que se han extendido del Área B hacia el suroeste.

Las coordenadas GCS: *Lat.*: 18.00531973, *Lon.*: -66.04944376 & NAD 83: x: 240,654.6431, y: 219,078.1532. Números de Catastro 398-073-261-18-000 (C), 398-000-007-21-901(B), & 398-083-261-17-000 (A).

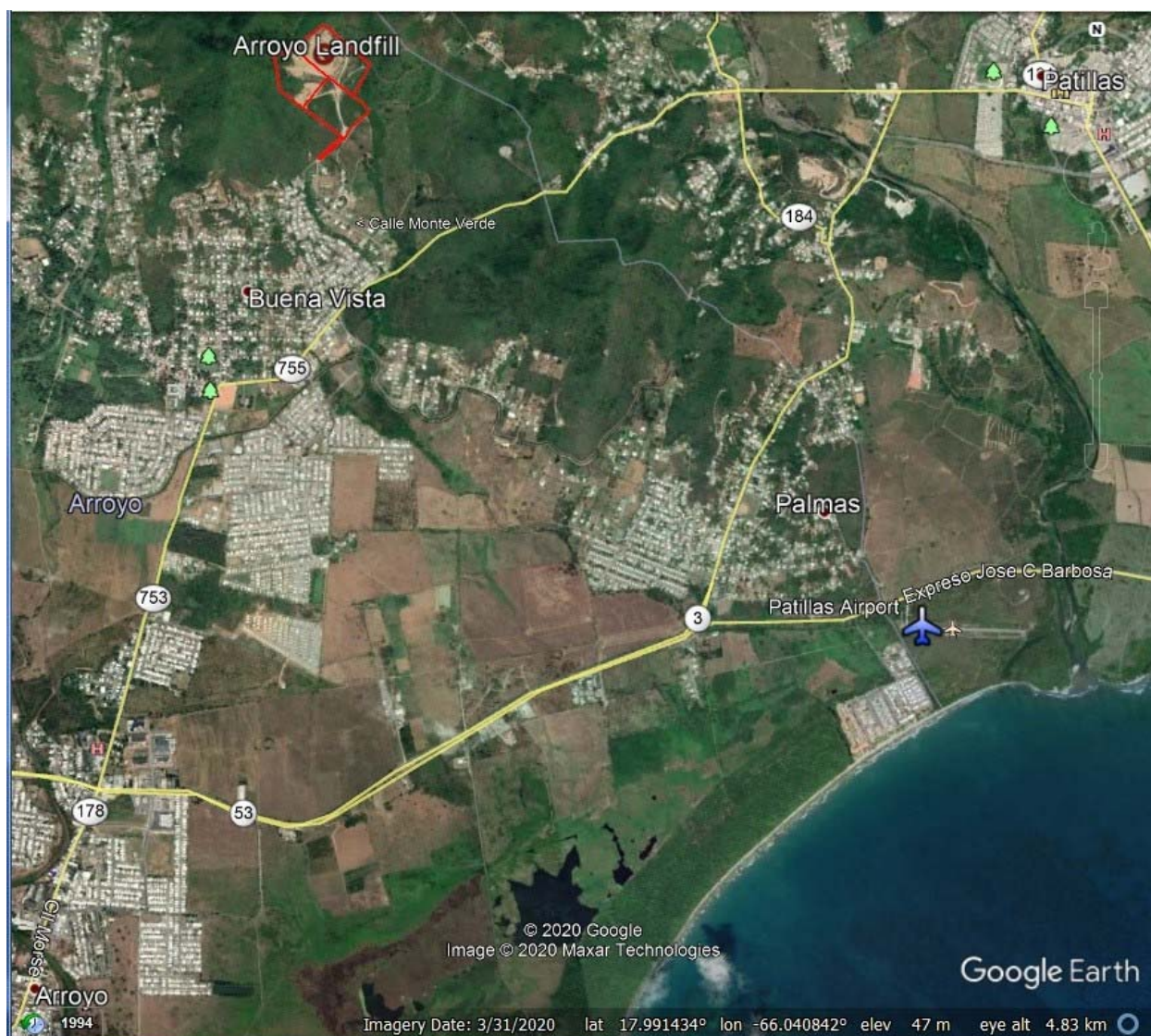
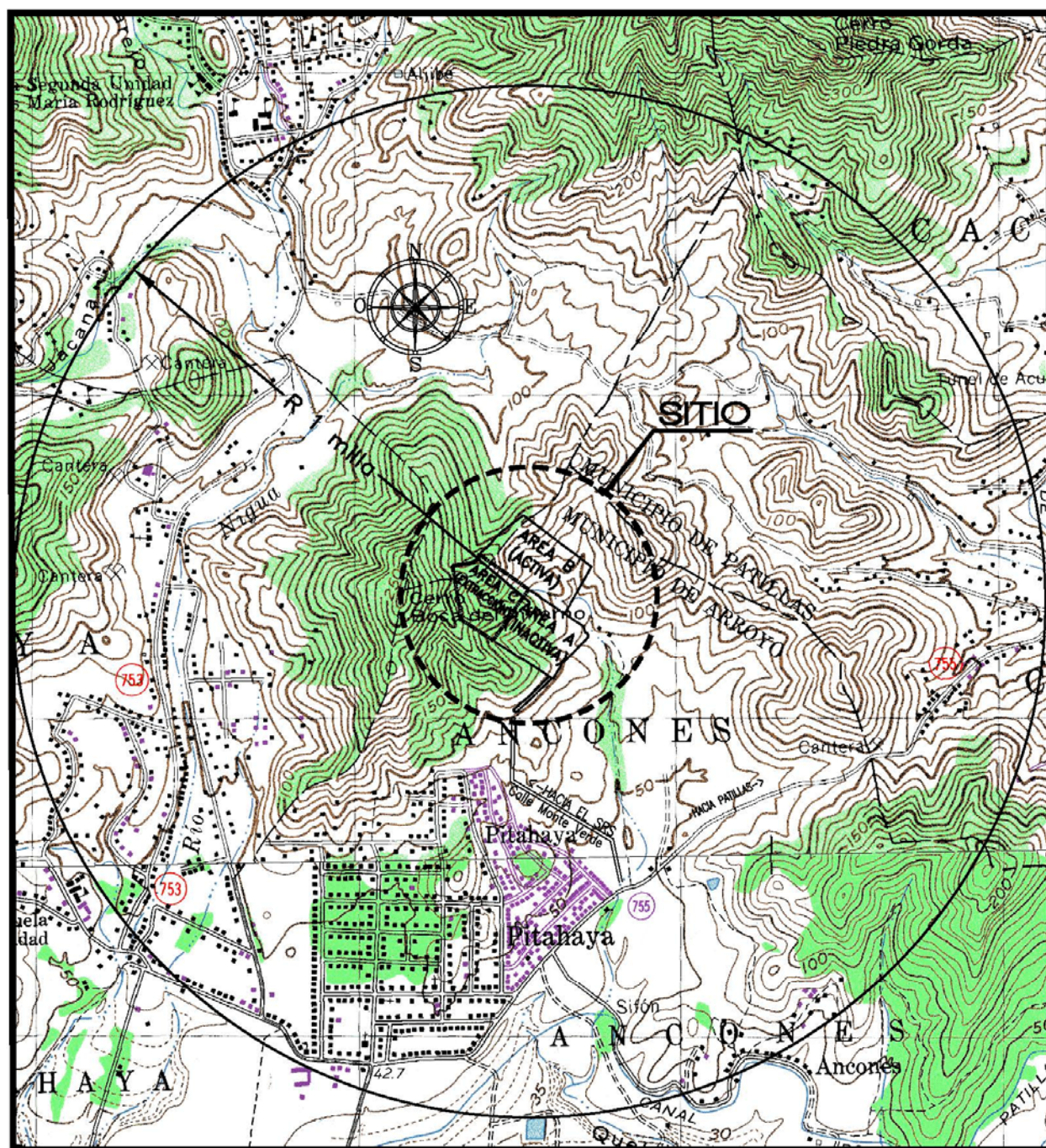


Figura Núm. 1.-1 Localización del SRSMA en Foto Aérea





Lat.18°00'19" Lon.66°02'58" NAD83: X=240,654 Y=219,078 FUENTE: CUADRANGULO TOPOGRAFICO DE PATILLAS, USGS, 1972 FOTOREVISADO, 1982

### **MAPA DE LOCALIZACION**

ESCALA 1:20,000  
0 100 200 300

### **SISTEMA DE RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE ARROYO**

Figura Núm. 1-2 Mapa de Localización en Cuadrángulo Topográfico del SRSMA





Figura Núm. 1.-3 Foto Aérea de las Áreas del SRSMA

## 1.1 DESCRIPCIÓN DE “LA EXPANSIÓN”

La Expansión Lateral Propuesta del SRSMA (“La Expansión”) se desarrollará en un sector al suroeste (Área C) del área de disposición actual de residuos sólidos municipales (RSM) también conocidos como DSNP. En una parte de este sector, como indicamos anteriormente, se ha venido llevando a cabo la extracción del material de relleno para cubrir las celdas de desperdicios que se desarrollan en la instalación y otros usos relacionados con la operación del SRSMA.



La Expansión Propuesta proveerá un volumen de acopio adicional para disposición final de DSNP de 800 mil metros cúbicos. “La Expansión”, si se mantiene la misma entrada de RSM que actualmente ocurre, representaría no menos de 20 años de vida útil adicional en cuanto a disposición de RSM se refiere. Esta cumplirá con las disposiciones y reglamentaciones de protección ambiental a nivel federal y local para expansiones laterales de este tipo de instalación y con aquellas otras aplicables a todos los usos complementarios que forman parte de “La Expansión”.

En los distintos capítulos de esta DIA presentamos, entre otros, los detalles de “La Expansión” y los impactos ambientales potenciales que la acción propuesta podría ocasionar. También se incluyen cómo se mitigarán o controlarán los impactos y cómo se cumplirá con los requisitos de protección ambiental que aplican a los diferentes componentes de la Expansión Propuesta, de forma tal que ésta se desarrolle sosteniblemente satisfaciendo una necesidad real.

## **1.2 NECESIDAD Y PROPÓSITO DE LA ACCIÓN PROPUESTA**

El Municipio de Arroyo, bajo las condiciones actuales, tiene una necesidad urgente de desarrollar un área adicional para el depósito de RSM de su Municipio y del Municipio de Patillas, pues los terrenos disponibles para ese propósito próximamente alcanzarán su capacidad máxima para disposición final de residuos sólidos. La Expansión Propuesta a esta instalación añadirá espacio lateral y aéreo al área actual de disposición de RSM. El fin principal es optimizar responsablemente el uso de los terrenos disponibles y a ser dedicados para la disposición de los DSNP o RSM del Municipio de Arroyo y Patillas. Es importante tener en cuenta que a la instalación actual le resta poco tiempo para alcanzar su capacidad máxima de acopio de RSM y, en o antes de ese periodo se tienen que concluir las actividades de planificación, permisos, diseños y construcción de los componentes principales de la Expansión Propuesta para poder viabilizar el uso de los terrenos disponibles. Esto, como hemos indicado, para aumentar la capacidad de la instalación sanitaria para la disposición de residuos que continuarán confinándose y formando parte del relleno sanitario ante la ausencia, por el momento, de métodos alternos viables, que puedan ser implantados a corto plazo.

El SRS de Arroyo no se incluyó en el Plan de Itinerario Dinámico para Proyectos de Infraestructura de la Autoridad de Desperdicios Sólidos (ADS) en los SRS para expansión. Este Plan aún no se ha desarrollado y aquellos SRS que estaban contemplados para expansiones no han preparado esas áreas de desarrollo, dejando hoy una problemática en el manejo de los desperdicios en aquellos SRS que ya no tienen capacidad de acopio. Ante esta crisis de disposición de desperdicios en la isla el Municipio de Arroyo identificó un área probable para expansión en sus terrenos. Esta como hemos mencionado anteriormente proveería adicionalmente unos 20 años aproximados de vida útil, eliminando la crisis eventual de disposición de RSM que tendría ambos municipios.

El desarrollo propuesto para la expansión de esta instalación sanitaria está basado principalmente en los requisitos y criterios establecidos en el Subtítulo D de la Ley Federal de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA, por sus siglas en inglés), así como en el Reglamento para los Sistemas de Relleno Sanitario (RSRS) del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA). Estos requisitos y criterios se han tomado en cuenta para asegurar la protección del ambiente y preservar la salud pública.

### **1.3 OBJETIVOS DE “LA EXPANSIÓN”**

La Expansión Propuesta tiene varios objetivos mediante el desarrollo de un proyecto bien diseñado, construido y operado en cumplimiento con los requisitos de protección ambiental locales y federales aplicables, y de acuerdo con buenas prácticas de ingeniería. Se persigue primordialmente atender las necesidades presentes y futuras de disposición de RSM de los Municipios de Arroyo y Patillas. A continuación, se resumen los objetivos principales de la expansión:

- Proveer al SRSMA mayor capacidad de acopio para la disposición final de RSM extendiendo la vida útil actual por un periodo adicional no menor de 20 años;
- proveer una instalación sanitaria de disposición de RSM de avanzada que esté accesible para seguir sirviendo a la población de los Municipios de Arroyo y Patillas;

- proveer un servicio básico para la sociedad en una forma ambientalmente segura y económicamente viable mediante la utilización de un lugar de disposición existente y otros métodos de manejo de RSM, separados de comunidades establecidas o planificadas;
- continuar proveyendo una alternativa de disposición para residentes y acarreadores contribuyendo a reducir la disposición ilegal de RSM; y
- creación de empleos (directos e indirectos durante la construcción y operación).

#### 1.4 IDENTIFICACIÓN GENERAL DE “LA EXPANSIÓN”

La Expansión Propuesta, como se ha señalado anteriormente, será desarrollada al suroeste del área de operación actual del SRSMA. Los terrenos por utilizar, como parte de la Expansión, ocuparán un área aproximada de 5.0 cuerdas que se dedicarán exclusivamente para la disposición de RSM (vea Figura Núm. 1.4-1).

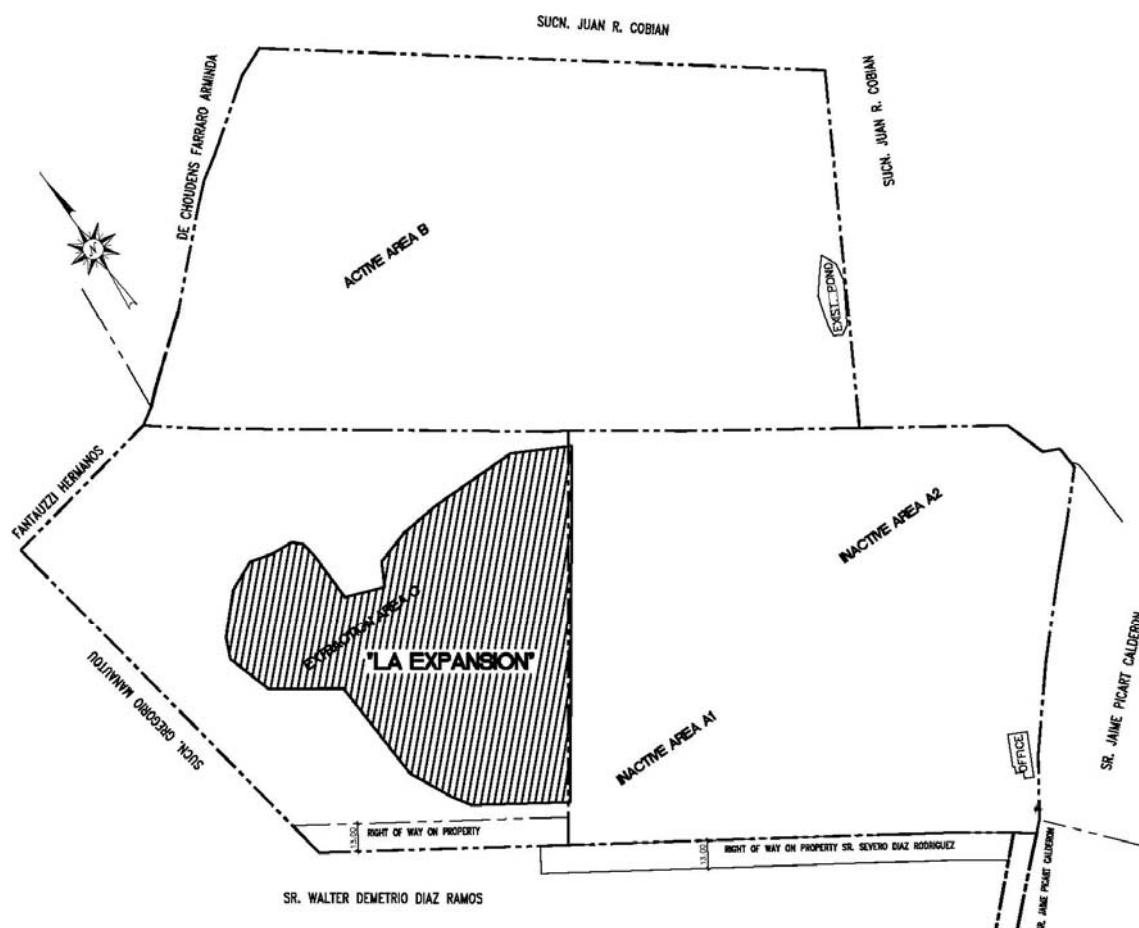


Figura Núm. 1.4-1 Identificación General de “La Expansión”

## 1.5 RESTRICCIONES DE UBICACIÓN APLICABLES Y CUMPLIMIENTO

La reglamentación vigente en Puerto Rico aplicable a SRS nuevos y a expansiones laterales de SRS establece claramente unas restricciones de ubicación con el propósito principal de garantizar seguridad y protección ambiental. Éstas están relacionadas a la ubicación de la instalación sanitaria con respeto a:

- Áreas de fallas geológicas - Regla 113.A del RSRS
- Zonas de impacto sísmico - Regla 113.B del RSRS
- Áreas inestables - Regla 113.C del RSRS
- Áreas cercanas a aeropuertos - Regla 113.D del RSRS
- Áreas inundables - Regla 113.E del RSRS
- Humedales - Reglas 113.F del RSRS

Se han evaluado cada una de las restricciones y de qué manera la ubicación de la Expansión Propuesta cumple con las mismas. El resultado de estas evaluaciones se resume a continuación:

- **Geología** - no existe un mapa geológico del USGS finalizado para el área del SRSMA. Sin embargo, un documento titulado; El “Mapa geológico preliminar de los cuadrángulos de Patillas y Guayama, Puerto Rico” (Informe de archivo abierto del USGS 82-1097), que incluye Arroyo, fue preparado por Lynn Glover III (Glover, 1982). El SRS está sustentado por la formación Ka, que se describe como brecha piroclástica, toba y lava del Cretácico, localmente con finas intercalaciones de lutita. El espesor de la formación puede superar los tres kilómetros (1,86 millas). Las áreas bajas al sur se superponen a aluviones (Qa) del Holoceno que consisten en arena y grava no consolidadas en llanuras aluviales.
- **Zonas de impacto sísmico** - Los Rellenos Sanitarios no deben estar localizados en áreas susceptibles a movimiento sísmicos. De acuerdo con los estudios geológicos y geotécnicos históricos en Puerto Rico toda la Isla ubica en una zona de impacto sísmico por lo que en el diseño de nuevos SRS o expansiones laterales se deberá tomar en consideración esta situación y aplicar las normas de diseños correspondientes para evitar o minimizar roturas en las estructuras, tanques de almacenaje, lagunas de detención y deslizamiento de taludes.

En los terrenos de “La Expansión” que serán utilizados exclusivamente para la disposición de RSM (5 cuerdas aprox.) se utilizará un revestimiento flexible y áspero en el fondo bien anclado en toda su periferia que minimizará los desplazamientos sísmicos. La reglamentación vigente requiere que en todas las instalaciones nuevas y expansiones laterales de SRS existentes se provea la membrana sintética antes mencionada. Los criterios del diseño propuesto cumplirán con los requerimientos del DRNA y con buenas prácticas de ingeniería, entre otras.

- **Áreas inestables** - Los terrenos propuestos para la Expansión del SRSMA no se encuentran ubicados en áreas inestables según se desprende del documento identificado como “Preliminary Soil Exploration” (vea Apéndice Núm. 1).
- **Áreas cercanas a aeropuertos** - Los terrenos propuestos para la expansión al igual que el SRS actual no están localizados dentro de una distancia de diez mil (10,000) pies de una pista usada por aviones de motor de turbina (propulsión a chorro o “jet”) (Sección 3.9.4 Instalaciones Aeroportuarias), ni a menos de cinco mil (5,000) pies de cualquier pista usada por aviones de motor de émbolo. El más cerca con estas características corresponde al Aeropuerto de Patillas, que está localizado a más de doce mil (12,000) pies del SRSMA y el mismo actualmente no está en operaciones (vea Figura 1.-1).
- **Áreas inundables** - Los terrenos propuestos para la Expansión no están localizados en zona inundable. (Sección 3.5.1.2 Áreas Inundables). Vea en el Apéndice Núm. 2 el Estudio Hidrológico e Hidráulico (Estudio H-H).
- **Humedales** - Los terrenos a ser dedicados para la Expansión propuesta no se encuentran en un humedal o terrenos anegadizos (Sección 3.6.2 Humedales).

No hay la menor duda que los terrenos a ser desarrollados como parte de la Expansión Propuesta del SRSMA son adecuados por la conveniencia de aprovechar las instalaciones e infraestructuras existentes del lugar y porque las condiciones particulares de éste garantizan la integridad del SRSMA en toda su extensión.

## **1.6 ESTUDIOS, METODOLOGÍA Y ELEMENTOS DE LA DIA**

En esta DIA para la Expansión Propuesta del SRSMA se incluyen aquellos elementos ambientales potenciales que están relacionados con dicha acción. Los estudios ambientales y/o de relevancia que han sido realizados en y cerca del área fueron recopilados con el fin de ser evaluados para identificar los resultados de los mismos. Estos incluyen investigaciones técnicas de campo y análisis que evaluaron las condiciones existentes del medio ambiente en el área, los procedimientos operacionales que se llevan a cabo en el relleno sanitario existente y en el área de extracción. Estos estudios corresponden básicamente a los siguientes:

- Estudio Hidrológico e Hidráulico
- Evaluación Geotécnica
- Estudio de Flora y Fauna

## **2.0 DESCRIPCIÓN DE “LA EXPANSIÓN”**

La Expansión Propuesta (5 cuerdas) en el Sistema de Relleno Sanitario Municipal de Arroyo (SRSMA) (Área C), como se ha indicado en el capítulo anterior, será desarrollada y operada en unos terrenos adyacentes (9.95 cuerdas) al suroeste del área donde se han concentrado, en los últimos años, la mayor parte la disposición de residuos. En el área operacional actual (Áreas A & B) (24.48 cuerdas) ubican los siguientes componentes, oficinas administrativas; estacionamientos; talleres; charca; disposición de RSM (22 cuerdas aprox.) y otros. Una vez finalizada la Expansión Propuesta, el área de disposición ocupará un total de 27 cuerdas en los terrenos propiedad del MA con un área superficial de 34.43 cuerdas (vea Figura Núm. 1.4-1).

La Expansión lateral se hará en terrenos municipales colindantes, con el propósito de aumentar la capacidad y vida útil actual en no menos de 20 años adicionales, manteniendo el promedio de carga actual de RSM que recibe esta instalación sanitaria. Una pequeña porción de estos terrenos ya ha sido impactada por la disposición de RSM que se han extendido del proceso de disposición que se lleva actualmente en el área B, pero esa condición se ha tomado en consideración en el nuevo diseño. Esta expansión proveerá un volumen de acopio adicional para disposición de 1,046,000 yd<sup>3</sup> (800,000 m<sup>3</sup>), volumen que fue computado tomando en consideración el diseño de la expansión realizado (vea Apéndice Núm. 3), una carga promedio de 95 toneladas/día, 260 días de operación al año, una densidad de compactación promedio de 1,200 libras por yarda cúbica y 20% de material de cubierta.

Los caminos de acceso a la “La Expansión” se irán desarrollando en la medida que sean necesarios. La vegetación en dichas zonas, cuando aplique, será preservada y si se requiere sembrar plantas, se utilizarán plantas nativas. Éstas contribuirán a prevenir la erosión, el polvo fugitivo y el ruido.

## **2.1 FINANCIAMIENTO DE “LA EXPANSIÓN”**

La inversión total estimada para el desarrollo de “La Expansión” es de aproximadamente \$2,500,000.00 y al momento se contempla que será realizado con fondos federales.

## **2.2 CRITERIOS Y REQUISITOS DE DISEÑO PARA “LA EXPANSIÓN” DEL SRSMA**

A continuación, detallamos los requisitos reglamentarios y criterios prácticos a ser aplicados en el diseño de los diferentes componentes que formarán parte de “La Expansión” del SRSMA. El diseño de cada uno de estos estará basado en requisitos según la(s) reglamentación(es) correspondiente(s), en las condiciones existentes de los terrenos que comprenden el área de “La Expansión” y áreas inmediatas, y en las buenas prácticas de ingeniería de acuerdo con los objetivos para los cuales se proponen desarrollar individualmente y en conjunto.

Inicialmente mencionamos aspectos generales de los Sistemas de Rellenos Sanitarios (SRS) y de las expansiones laterales de SRS existentes para proveer mayor capacidad de disposición con el propósito de familiarizarnos con los principios fundamentales de tipo ambiental y técnico, que rigen o determinan la necesidad de los diferentes componentes que forman parte de estas instalaciones sanitarias. Posteriormente detallamos los criterios y requisitos de diseño correspondientes de cada componente, incluyendo los básicos y aquellos otros que forman parte de la Expansión Propuesta, de acuerdo con los estándares aplicables, las condiciones particulares del lugar donde serán desarrollados y la práctica aceptable.

### **2.2.1 GENERAL**

Los SRS y sus expansiones laterales son instalaciones en las cuales una gran parte de los desechos sólidos que se depositan en las mismas, se confinan o más bien se aíslan del ambiente para que éstos no representen riesgo o daño. La reglamentación vigente en Puerto Rico exige un alto nivel de aislamiento de la mayoría de los residuos que usualmente se depositan en un Relleno Sanitario con el propósito de proteger la salud humana y el ambiente debido a contaminación por desperdicios sólidos no peligrosos.

La Regla 114 del Reglamento para los Sistemas de Relleno Sanitario (RSRS) del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA,) establece de forma general los criterios de diseño principales para todo SRS nuevo y expansiones laterales de SRS existentes. El diseño de un nuevo SRS o de una expansión lateral a un SRS existente debe perseguir que “la basura” (residuos sólidos municipales (RSM) o



desperdicios sólidos no peligrosos (DSNP)) sea confinada de la manera más segura posible cumpliendo con la reglamentación aplicable.

Las preocupaciones principales en torno al ambiente que deben ser debidamente atendidas en el diseño de un SRS o de una expansión lateral a un SRS existente están relacionadas con la protección del agua subterránea, agua superficial, la calidad del aire y los terrenos.

La preocupación mayor debe ser con relación al agua subterránea, pero sin subestimar los daños potenciales a las aguas superficiales, a la calidad del aire y a los terrenos cuando se diseña y/u opera un SRS deficientemente. La infiltración del agua de lluvia a través de los desperdicios que se disponen en un SRS genera la mayor cantidad de los lixiviados (*liquido residual que se filtra de un vertedero por percolación*), los cuales pueden contener contaminantes significativos. Todo lixiviado que se escapa de un SRS tiene el potencial de afectar la calidad del agua subterránea y superficial de los alrededores y en algunos casos en terrenos aguas abajo a distancias considerables. El control efectivo de los lixiviados es la clave para el confinamiento de los desperdicios y protección de la salud pública y del ambiente, además de ser la meta principal de los criterios de diseño federales establecidos en el Título 40 del Código de Reglamentaciones Federales (40 CFR 258.40) y de los locales (Regla 114 del RSRS de Puerto Rico).

La reglamentación está basada en el concepto de que la disposición para que sea segura, los desperdicios sólidos no peligrosos deben depositarse en un relleno sanitario totalmente sellado de forma tal que nada entre (hasta donde sea posible), nada salga, y la descomposición sea un proceso lento. Para lograr esto, los nuevos rellenos sanitarios y expansiones laterales de hoy día deben ser revestidos con arcilla y/o membranas sintéticas flexibles de muy baja conductividad hidráulica, tanto en la base como en el tope del relleno sanitario. De crearse algún lixiviado, éste se dirigirá hacia los niveles inferiores (base) del relleno, los cuales tendrán pendientes (inclinaciones) o declives que obligarán a los mismos a llegar a los sistemas de recolección que transportarán estos líquidos hasta las instalaciones de almacenaje y/o tratamiento. Definitivamente la reglamentación actual provee los mecanismos para hacer que la disposición en los rellenos sanitarios sea una metodología mucha más segura que las tradicionales.

En términos generales el diseño de todo SRS nuevo y expansiones laterales de SRS existentes deberá:

- Incluir un sistema de revestimiento compuesto (al menos dos componentes) en su base para prevenir el escape de lixiviados y proteger el agua subterránea y el agua superficial.
- Proveer un sistema de recolección de lixiviados diseñado para que los jugos de lixiviación corran sobre el revestimiento y eventualmente sean dispuestos en una laguna o tanque de retención.
- Poseer un sistema para el control efectivo de la escorrentía pluvial no contaminada incluyendo laguna(s) de detención para la descarga eventual de éstas de acuerdo con las normas de la Junta de Planificación (JP) y el DRNA.
- Incluir una red de pozos de monitoría para el muestreo y análisis de las aguas subterráneas.
- Desarrollar un sistema para la extracción y control de gases a generarse en el relleno sanitario.
- Planificar con antelación las fases y etapas de diseño de los taludes temporales y finales, y el diseño del cierre del relleno sanitario al alcanzar su vida útil.
- Desarrollar aquellos componentes complementarios a la disposición de RSM que contribuyan a controlar y optimizar esta operación obteniendo, entre otros, mayor vida útil, menor impacto al ambiente y la valorización de algunos desechos que, por lo general, tienden a confinarse sin obtener algún provecho de ellos.

Es importante destacar que la construcción de todo SRS Nuevo y expansiones laterales de SRS existentes deberá ser realizada de acuerdo con un diseño de conformidad con un plano certificado como correcto por un ingeniero licenciado para practicar la profesión en Puerto Rico.

### **2.2.2 SISTEMA DE REVESTIMIENTO COMPUESTO**

En los terrenos a ser utilizados exclusivamente para la disposición de RSM (5 cuerdas) se realizarán actividades de limpieza y desyerbo, donde sea necesario. Tomando en consideración los niveles topográficos existentes en estos terrenos se realizará un movimiento de tierra que conllevará un corte de aproximadamente 125,000 m<sup>3</sup>. El

excedente se utilizará como material de cubierta. Posteriormente los terrenos serán nivelados y compactados para crear una buena sub-base con los niveles apropiados que vayan en armonía con el sistema de recolección de lixiviados a construirse y sobre el cual hablamos más adelante. Se desarrollarán taludes con una pendiente máxima de 2:1 en toda la periferia pues los niveles de la sub-base serán inferiores en su gran mayoría, a los niveles topográficos existentes. Una vez se alcancen los niveles de la sub-base, y ésta haya sido bien nivelada y compactada, al igual que los taludes, se instalará un sistema de revestimiento compuesto (SRC) como base en las mencionadas áreas que cubrirán todo el fondo y los taludes donde se depositarán los RSM. Esto constituirá uno de los elementos principales de la expansión lateral del SRSMA para la disposición de RSM. El SRC se utilizará para evitar y controlar la migración de los lixiviados y los gases hacia las formaciones geológicas inmediatas al SRS y muy particularmente hacia las aguas subterráneas y aguas superficiales. El SRC se construirá con materiales naturales y/o artificiales, y sobre estos materiales se aplicará un material con una conductividad hidráulica moderada que sirva de drenaje y barrera protectora. La Figura Núm. 2.2.2-1 ilustra un diagrama esquemático del sistema.

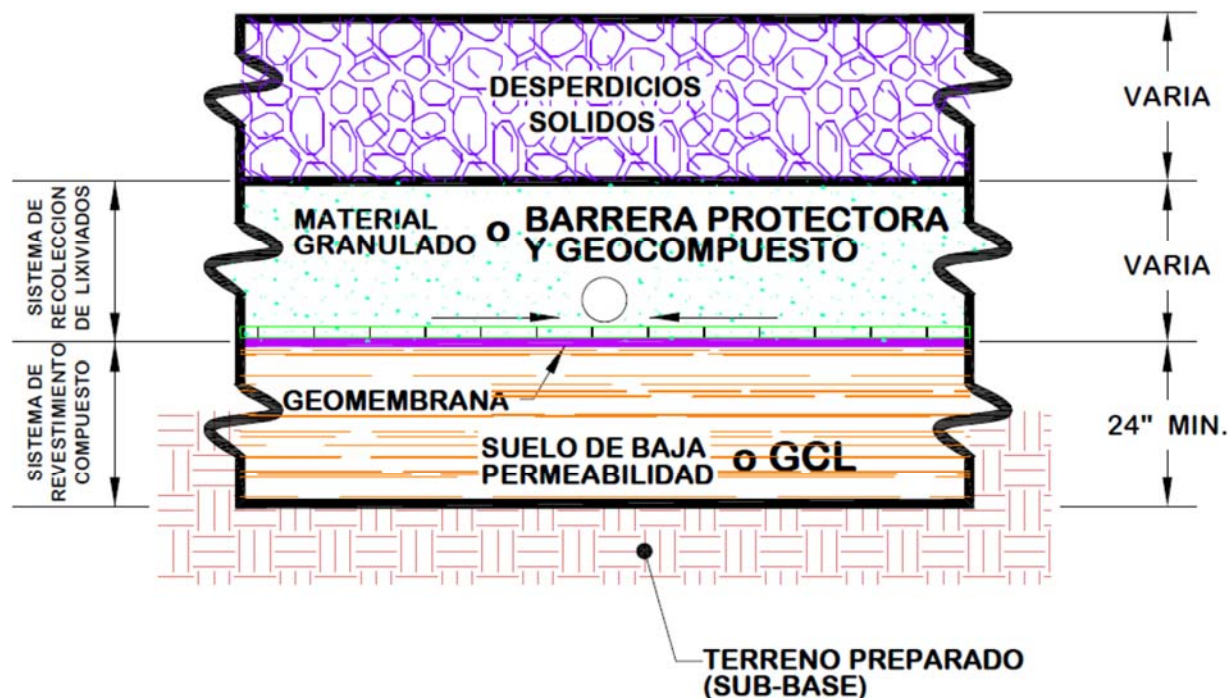


Figura Núm. 2.2.2-1 Sistemas de Revestimiento Compuesto y de Recolección de Lixiviados Básicos

El componente superior del SRC que se propone para la expansión lateral del SRSMA consistirá en una geomembrana de material sintético (polietileno de alta densidad) flexible o revestimiento de membrana flexible (RMF) de un espesor mínimo de 60 milésimas de pulgada. Por otro lado, el componente inferior consistirá en no menos de dos (2) pies de una capa de suelo (arcilla) bien compactada con una conductividad hidráulica no mayor de  $1 \times 10^{-7}$  centímetros por segundo (cm/seg) o un revestimiento de bentonita encapsulada en dos (2) textiles (GCL, por sus siglas en inglés) con una conductividad hidráulica igual o menor.

En el diseño final del SRC se tomarán en consideración las siguientes condiciones y características:

- las características hidrogeológicas del área y suelos circundantes;
- los factores climatológicos del área; y
- el volumen, características físicas y químicas esperadas del lixiviado.

La primera protección en el SRC, como señalamos anteriormente, es provista por el RMF. Este revestimiento es químicamente inerte por lo cual no se afecta o reacciona químicamente por los contaminantes que por lo regular se encuentran en los lixiviados. Su permeabilidad es muy baja con una conductividad hidráulica menor de  $1 \times 10^{-7}$  (cm/seg).

A pesar de estas cualidades, el RMF, por sí solo no necesariamente proveería un buen aislamiento. Desde un punto de vista práctico, los RMF podrían tener pequeñas aberturas como resultado de defectos de fábrica, en la instalación al depositar la basura, o de pequeños fragmentos de rocas u otros objetos extraños en los terrenos lo que podría provocar algún tipo de liqueo.

Los elementos claves para la instalación exitosa de un RMF incluyen: control de calidad durante la manufactura; cuidado durante el envío; una capa de tierra compactada uniforme y firme; cuidado en el manejo durante la instalación; calidad de las costuras; anclaje confiable del perímetro de la membrana; y cuidado cuando se depositen los materiales que se le colocarán encima. Al instalar el RMF, es importante que el mismo quede en contacto uniforme con la capa de arcilla compactada sin arrugas ni pliegues que podrían crear salidas para fugas o escapes. Se deberá manejar el material de

cubierta de modo que los pliegues queden nivelados uniformemente antes de cubrirlos, de esa manera se conseguirá una buena acción compuesta.

La capa de tierra compactada debe construirse encima del terreno preparado (sub-base) y debajo de las otras capas diseñadas. Una proporción significativa de arcilla, con una baja conductividad hidráulica ( $\leq 1 \times 10^{-7}$  cm/seg) permitirá mayor hermeticidad. Si los suelos locales no tienen suficiente arcilla, se puede confeccionar un suelo de baja conductividad combinando el suelo local con una pequeña porción de arcilla importada, de algún otro lugar cercano con permiso de extracción del DRNA. Se colocará la tierra en capas de 15 a 20 cm. (6" a 8") de grosor (medidas antes de la compactación). Los esfuerzos de compactación deben ir dirigidos a combinar las capas, trabajando o amasando los terrones de tierra, formando una capa homogénea sin grietas y fisuras porque éstas podrían causar fugas. Los mejores resultados se obtienen con el equipo pesado apropiado.

Es recomendable agregar agua a la tierra con frecuencia para que se molde bien. Una vez completada la tarea, se deberá proteger la tierra compactada para que no se seque y agriete, lo cual aumentará la conductividad hidráulica y creará escapes. Eso se puede lograr usando rocíos de agua y láminas de plástico, métodos normales para proteger la humedad. Si el suelo compactado se llegara a agrietar, se tendrá que quebrar y escarificar en pequeños trozos de 2.5 a 5 cm. (1" a 2") usando un escarificador o rastra o una topadora con hojas cortante por detrás. Después del escarificado, la tierra deberá mojarse y recompactarse.

El material compactado deberá ser verificado frecuentemente para establecer su conductividad hidráulica, que no debería ser mayor de  $1 \times 10^{-7}$  cm/seg. La capa construida debe ser verificada, ya sea en su lugar, usando un infiltrómetro de anillo doble sellado o alguna otra prueba similar, o tomando una muestra sin descomponer y sometiéndola a una prueba de permeabilidad de encerrado triaxial en un laboratorio. Para demostrar que existe consistencia, se deberá realizar un número suficiente de pruebas y los resultados obtenidos deberán ser similares entre un lugar y otro. En las pruebas con un infiltrómetro, será suficiente tomar una (1) muestra por cuerda de la capa de la tierra compactada. Para la prueba de permeabilidad en el laboratorio, será suficiente tomar

una muestra por cada 1,000 metros cuadrados, es decir, cuatro muestras por cuerda de la capa de tierra compactada se consideran suficiente. La Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. requiere que todos los suelos deben aprobar estas pruebas, sino los suelos deberán ser escarificados y recompactados hasta que la aprueben. Con frecuencia, es útil tener un área de prueba, así se pueden evaluar los métodos de colocación de la tierra y tierra compactada. Esto ayudará a determinar los procedimientos que mejor funcionen en las condiciones específicas de cada sitio.

El diseño final, también proveerá controles adicionales de lixiviados mediante la instalación, operación y mantenimiento de sistemas de recolección y almacenamiento de estos. Se evitará la entrada de escorrentía superficial de los terrenos aledaños particularmente con la ayuda de zanjas de desvío en prácticamente toda la periferia superior del área donde se desarrollará la expansión lateral.

### **2.2.3 SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LIXIVIADOS**

La nueva área por desarrollar para la disposición de RSM como parte de la expansión lateral del SRSMA también contará con un sistema de recolección de lixiviados (SRL) que se instalará justo por encima del RMF que forma parte del revestimiento compuesto (vea Figura Núm. 2.2.2-1). Un SRL típicamente consiste en un medio de drenaje que podría consistir en arena, o piedra triturada limpia, o neumáticos triturados de 1½" o menos, o un medio de drenaje sintético (ej., Red con textiles arriba y abajo - geocompuesto) para recoger los lixiviados y una red de tuberías perforadas para transportar a los mismos, apartándolos del revestimiento. Cuando se utiliza el geocompuesto ("*geocomposite*") se aplica una capa protectora sobre éste de no menos de dos (2) pies de alto con una conductividad hidráulica mínima de 1 cm/seg.

Debemos evitar la acumulación excesiva de lixiviados sobre el revestimiento porque al aumentar la altura de ésta, aumenta la presión o carga que, a su vez, aumentará la posibilidad de fugas. Es por tal razón que la reglamentación aplicable en Puerto Rico exige que la carga máxima de lixiviados que se permite acumular sobre el revestimiento es de 30 cm. (12"). Ésta depende básicamente de lo siguiente: la precipitación pluvial anual; las cantidades de escorrentías de eflujo y de aflujo; la conductividad hidráulica de la arena o del medio de drenaje; el espaciamiento de los tubos; la posible tasa de

generación de lixiviados; y el declive de la superficie del revestimiento compuesto. En el diseño de las unidades de celdas de desperdicios que formarán parte de la Expansión se han considerado todas las variables antes mencionadas.

El SRL mantendrá una pendiente sobre el fondo del relleno sanitario de no menos de dos y medio por ciento (2.5%). Mediante ésta se permitirá el flujo por gravedad de los lixiviados hacia las tuberías de recolección. El sistema será diseñado para garantizar el cumplimiento con la acumulación máxima de un (1) pie sobre el RMF. El lixiviado drenará por gravedad a través de las tuberías de recolección hacia una fosa de acumulación (“*sump*”). Se instalará un sistema de bombeo en esta fosa o al final de la tubería principal, el cual impulsará el lixiviado hacia un tanque de almacenamiento.

Para estimar la cantidad de lixiviados que se generarán en la expansión lateral y en el SRSMA se hace uso del modelo computarizado “HELP” (“*Hydrologic Evaluation of Landfill Performance*”) que fue desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos en la Estación Experimental “*Waterwaste Vicksburg*” a petición de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés). El SRL será diseñado luego de comparar las alternativas de diseño disponibles y tomando en consideración los resultados del modelo. Para propósito de los planos de construcción se desarrollará un modelo del SRL utilizando “HELP” con el fin de determinar los componentes básicos del sistema para la expansión lateral.

El modelo HELP será calibrado utilizando los datos climatológicos y características de la zona. Los resultados del modelo serán utilizados para determinar el diámetro de los tubos de recolección, el tamaño de la fosa de acumulación, la capacidad de la bomba y el tamaño del tanque de almacenamiento de lixiviados, entre otros.

#### **2.2.4 SISTEMA DE CONTROL DE ESCORRENTÍA PLUVIAL NO-CONTAMINADA CON LIXIVIADOS**

La Expansión Propuesta del SRSMA incluirá los sistemas de control de drenaje superficial de acuerdo con los requisitos y criterios establecidos en la reglamentación aplicable y según las recomendaciones del Estudio Hidrológico-Hidráulico (H-H) realizado como un documento de apoyo de esta DIA (vea Apéndice Núm. 2). Estos sistemas tienen varios propósitos como se mencionan abajo:

- No permitir la descarga de desperdicios sólidos a aguas superficiales, humedales o aguas costaneras;
- Prevenir la entrada de agua desde áreas donde no se depositan RSM hacia la porción activa del relleno sanitario durante la descarga máxima de una lluvia de veinticinco (25) años de frecuencia para reducir la producción de lixiviados;
- Prevenir la corriente de agua superficial desde la porción activa del relleno sanitario a fin de recoger y controlar como mínimo el volumen de agua que resulta de una lluvia de veinticinco (25) años por un periodo de veinticuatro (24) horas;
- Cumplir con el “Planning Regulation No. 40 (Regulation for the Design, Operation Criteria, and Maintenance of Storm Sewer Systems in Puerto Rico” de la Junta de Planificación de Puerto Rico (abril de 2023) con relación a los cuerpos de agua cercanos;
- Cumplir con las normas locales y federales de Calidad de Agua y el Sistema Nacional de Eliminación de Descargas de Contaminación (“National Pollution Discharge Elimination System” - NPDES). Este último reglamenta la descarga de escorrentías de rellenos sanitarios y requiere que se provea un espacio para la captura de sedimentos y otros posibles contaminantes transportados en la escorrentía en exceso de las tasas naturales.

Para lograr los propósitos antes mencionados y las recomendaciones del Estudio H-H preparado se implantarán las siguientes medidas u obras hidráulicas como parte del sistema de control, detención y descarga de las aguas pluviales:

- Sistema de desvío y manejo de las aguas pluviales en las áreas inmediatas que no reciben RSM con la ayuda de canales o zanjas (“*diversion swales*”) que transportarían la escorrentía a la laguna de detención;
- Canales y zanjas alrededor de los terrenos de la nueva área de disposición de RSM para desviar la escorrentía pluvial afluyente de áreas externas e impedir que se combine con las aguas pluviales a generarse dentro de la celda de residuos a ser desarrollada.



### **2.2.5 SISTEMA DE MONITORÍA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

De acuerdo con disposiciones claramente definidas en el RSRS (Regla 128 A) *“ninguna persona operará o permitirá la operación de una unidad de SRS sin establecer previamente un sistema de monitoreo de aguas subterráneas. Éste debe ser construido y operado según el Plan para el Diseño e Instalación de Sistemas de Monitoreo de Aguas subterráneas y el Plan de Muestreo y Análisis (PMA) previamente aprobados por el DRNA”*.

El SRSMA contará con tres (3) pozos de monitoría uno (1) gradiente arriba y dos (2) gradiente abajo los cuales cumplen con los requisitos que son aplicables. En estos tres (3) pozos se tomarán periódicamente muestras de agua para llevar a cabo análisis y someter los resultados al DRNA según requeridos en el PMA y en el Plan de Implantación de Sistemas de Muestreo de Aguas Subterráneas (PISMAS).

En febrero de 2019 se sometió al DRNA un Plan de Muestreo de Aguas Subterráneas (vea Apéndice Núm. 4), este documento fue revisado en febrero de 2023 y aprobado finalmente por el DRNA el 4 de enero de 2024.

### **2.2.6 GENERACIÓN Y CONTROL DE GASES**

La generación de gases por la descomposición de RSM a ser depositados y confinados en un SRS puede representar un grave problema si los mismos no se controlan adecuadamente. En términos generales, algunos de estos gases requieren medidas para controlar su escape y otros para controlar su potencial explosivo, y son los responsables de fuertes olores repugnantes causando efectos desagradables en las áreas vecinas a la instalación sanitaria.

Podríamos decir que un relleno sanitario no es otra cosa que un digestor anaerobio en el que, debido a la descomposición natural o putrefacción de los desperdicios sólidos, no solo se producen líquidos sino también gases y otros compuestos. La descomposición natural o putrefacción de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, ocurre en dos etapas: aerobia y anaerobia. Tenemos que tener en cuenta que de los RSM que se permiten recibir hoy en día en el SRS, alrededor de un 30%, corresponden a desechos de material orgánico.

La aerobia es la etapa en la que el oxígeno está presente en el aire contenido en los intersticios o vanos de la masa de residuos enterrados, siendo rápidamente consumido. La anaerobia, en cambio, es la que predomina en un SRS y produce el biogás con cantidades apreciables de metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), así como trazas de gases como el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), estos últimos causantes de los malos olores.

El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15% en volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno y aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir, lo que puede provocar altas concentraciones de metano con el consiguiente peligro de explosión en las áreas o incluso en el mismo relleno sanitario. Por otro lado, el metano es el componente del biogás que permite su aprovechamiento transformándolo en energía eléctrica. Es por tal razón que se hace necesario llevar a cabo un control adecuado de la generación y migración de estos gases.

En casos de fuegos espontáneos en un relleno sanitario, los gases pueden también contribuir a avivar estos. No obstante, las medidas usuales empleadas para controlar los fuegos en estas instalaciones, como el sofocar estos con relleno, son efectivas para controlar la aportación que pueden hacer los gases. El impedir que llegue oxígeno a la masa de ignición es el factor principal que sofoca el fuego y que neutraliza el efecto contributivo de los gases.

En el pasado la disposición de desperdicios sólidos en la mayoría de los rellenos sanitarios en nuestro país no implantaba controles especiales de los gases debido principalmente a las características particulares de estos y/o a que los mismos eran operados deficientemente, no permitiendo la acumulación excesiva de metano. Ahora bien, las reglamentaciones de las últimas décadas (federales y locales) requieren procedimientos más restrictivos en los rellenos sanitarios que continúen operando, por lo que se reducirá el escape continuo de este gas a través de diferentes sectores en los rellenos sanitarios. Aquellas instalaciones destinadas a ser cerradas se les requiere una

cubierta final que incluirá no menos de unas 18 pulgadas de material de cobertura de baja permeabilidad o material sintético para evitar infiltraciones.

Con relación a este aspecto de control de gases la Agencia de Protección Ambiental (EPA) como el DRNA establecieron un criterio similar que resumimos a continuación:

*El dueño u operador de un relleno sanitario se asegurará que las concentraciones de gas metano que es generado no excedan del 25% del nivel menor de explosividad para metano en las estructuras de la instalación (excluyendo los componentes de control de gases y sistema de recuperación) y deberá implantar un programa rutinario de rastreo de metano. El nivel menor de explosividad significa el porcentaje más bajo por volumen de una mezcla de gases explosivos en el aire que puedan propagar una flama a 25°C a presión atmosférica. El programa de rastreo será realizado según se establezca en el plan de monitoría de gases previamente aprobado por el DRNA.*

Además, se requiere que las concentraciones de gas metano no excedan el nivel menor de explosividad dentro de los terrenos de la instalación. De excederse en alguno de los límites establecidos se deberán tomar inmediatamente todas las medidas necesarias para asegurar la protección a la salud humana, al ambiente y a la seguridad pública. Dentro de un periodo de 48 horas a partir de la detección se deberá notificar al DRNA y dentro del término de 60 días luego de detectar el exceso, se deberá implantar un plan correctivo para el control efectivo del gas.

Por regla general la migración lateral de los gases desde un relleno sanitario responde directamente a las presiones dentro del relleno sanitario, a gradientes de concentración, a la profundidad del relleno sanitario, a la presencia del nivel freático cerca de la superficie del terreno y a la transmisibilidad del terreno circundante.

Los sistemas de control para gases varían de acuerdo con las necesidades específicas de cada operación de relleno sanitario, pero básicamente solo existen dos (2) tipos: sistema activo o sistema pasivo de ventilación. Es importante decidir con tiempo el sistema a instalarse. Contrario a la creencia general, un sistema pasivo de ventilación no puede convertirse en uno activo simplemente mediante la conexión de una tubería de cabezal e instalando un impulsor de aire (gas) al final de ésta. Solamente una serie de

pozos profundos para extracción de gases, colocados estratégicamente, pueden proveer para la eficiente extracción de gases de un relleno sanitario.

Las siguientes circunstancias o condiciones, entre otras, deben tomarse en cuenta al considerar uno u otro sistema de ventilación:

1. La clase de suelo que rodea el relleno sanitario. La migración de gases ocurre con más facilidad en suelos arenosos que arcillosos.
2. Distancia de estructuras cerradas cercanas al relleno sanitario. El gas de relleno sanitario puede emigrar 150 metros (500 pies) o más.
3. El posible uso futuro del relleno sanitario.
4. Clase de desperdicios. La generación de gas depende de la clase y cantidad de los desperdicios.
5. Reglamentación aplicable para el control de gases.

Los sistemas pasivos, por lo regular, se usan cuando la generación de gases es poca y donde no se anticipa migración exterior de los mismos. Esencialmente la ventilación pasiva es la más adecuada para rellenos sanitarios pequeños. El sistema puede consistir en una serie de ventiladores aislados o conectados entre sí mediante trincheras permeables.

El sistema activo de ventilación, por el contrario, consiste en una serie de pozos profundos de extracción de gases conectados por una tubería de cabezal con un impulsor de gases que conduce estos para su uso como fuente de energía o a un quemador en sitio, o que simplemente descarga directamente a la atmósfera sin quemarse el gas. El descargar los gases directamente a la atmósfera sin quemar depende de los siguientes:

1. De los constituyentes químicos del gas. Si el mismo contiene contaminantes peligrosos como cloruro de vinilo o benceno, entonces el quemar el gas es la opción preferida. Si estos contaminantes están ausentes, el descargar los mismos a la atmósfera puede ser aceptable en algunos casos (pero no en todos).

Sobre este particular se debe consultar al DRNA para determinar si el quemar el gas es requisito mandatorio en el sector en particular.

2. La localización del relleno sanitario. Si el relleno sanitario está localizado cerca y/o dentro de un área poblada, entonces el quemar el gas es recomendable porque los gases tienen un olor típico que puede crear malestar.

Como sistema de control de gases en el SRSA incluyendo “La Expansión” se instalará un sistema pasivo de recolección de gases que consistirá en una serie de ventiladores aislados o conectados entre sí mediante trincheras permeables. Los pozos serán distribuidos de forma tal que sus radios de influencia se solapen. La red de ventiladores se conectará a un tubo principal. Estos ventiladores se instalarán por etapas luego que se complete el relleno sanitario o porciones de éste.

Se implantará un programa rutinario de monitoría o seguimiento de la concentración del gas metano para asegurar que la instalación cumple con la reglamentación vigente. Para esto se tomará como base el “Work Plan & Quality Assurance Project Plan for Landfill Gas Monitoring Arroyo Municipal Sanitary Landfill” (vea Apéndice Núm. 5) que fue aprobado por el DRNA a finales de 2020. Los puntos permanentes de monitoría se localizarán a lo largo de los límites del área y, de ser necesario, dentro de los edificios o estructuras cerradas. Se utilizarán monitores continuos de gas en los edificios y estructuras cerradas que proveerán una alarma audible si las concentraciones de gas metano exceden el 25 por ciento del nivel menor de explosividad.

## **2.2.7 CAMINOS**

Actualmente se cuenta con un acceso principal pavimentado desde la entrada de la instalación sanitaria hasta donde comienza el área de disposición activa y luego se procede con caminos en tierra para lograr acceso a diferentes sectores dentro del SRSMA. Como parte de la Expansión Propuesta, además de mantener el camino existente pavimentado y algunos caminos en tierra existentes, se contemplan nuevos caminos en tierra bien compactados y nivelados que provean acceso hacia la nueva área de disposición. Estos caminos tendrán un ancho, por lo general, de unos ocho metros (8m), pero en sectores donde el flujo vehicular es mínimo y en una dirección tendrán un ancho no menor de cinco metros (5m).

### **2.2.8 CAPACIDAD DE ACOPIO DE LA EXPANSIÓN LATERAL DEL SRSMA**

La capacidad de acopio para la disposición final de la Expansión del SRSMA se estima en aproximadamente 800,000 m<sup>3</sup>. Este estimado se basa en el diseño conceptual preparado tomando en cuenta el área de la base de la expansión lateral propuesta exclusivamente para disposición de RSM, en una elevación máxima razonable mediante la cual se optimice el espacio aéreo sobre el área de disposición existente, en pendientes en los taludes laterales que garanticen estabilidad e integridad de la instalación, en una compactación adecuada de los residuos, y en una razón apropiada de cubierta diaria y final en relación a los mismos. Tomando en consideración lo anterior y la metodología utilizada resumimos a continuación lo siguiente:

1. El volumen de espacio aéreo a añadirse será de aproximadamente 1,046,000 de yardas cúbicas, lo cual es equivalente 800,000 metros cúbicos de RSM (a base de una densidad de compactación de 1,200 libras por yarda cúbica) y una aplicación de un 20% de material de cubierta diaria.
2. La elevación máxima del SRSMA alcanzará 170 metros snm, equivalente a aproximadamente 150 pies sobre la elevación promedio de la base natural del terreno en la Expansión.
3. Las pendientes de los taludes no excederán una razón de 2.5:1 (2.5 unidades horizontales por cada unidad vertical), para minimizar el potencial de derrumbes o erosión, siempre y cuando sea aceptado por un ingeniero geotécnico debidamente autorizado a ejercer en Puerto Rico.
4. Los RSM serán compactados in situ con maquinarias pesadas a una razón no menor de 50% del volumen original recibido en la Expansión Propuesta.
5. El porcentaje de material de cubierta a RSM se estima en un promedio de 20% material de cubierta y de 80% RSM.

### **2.2.9 VIDA ÚTIL DE LA EXPANSIÓN DEL SRSMA**

La vida útil de la Expansión dependerá de varios factores, incluyendo el volumen de espacio disponible, la carga diaria, la cantidad de materiales que se recobren, y la compactación del material una vez se deposite en las celdas o áreas de tiro. A continuación, los factores considerados:

1. El volumen neto de espacio disponible para descargar RSM se convirtió a toneladas tomando en consideración una densidad de compactación promedio de 1,200 libras por yarda cúbica.
2. Utilizando una tasa promedio 95 ton/día de RSM y con cero recuperaciones adicionales de materiales sobre esta carga actual, se estima una vida útil de alrededor de 20 años.

### **2.2.10 CUBIERTA FINAL AL CONCLUIR LA VIDA ÚTIL DE LA EXPANSIÓN EN EL SRSMA**

Al concluir la vida útil de la Expansión del relleno sanitario en las áreas antes identificadas, como parte del cierre de estos terrenos, se instalará la cubierta final requerida por el Subtítulo D de RCRA (40 CFR, Vol. 56, No. 196, Sub-parte F, §258.60) y las Reglas 138 y 139 del SRS. La cubierta se instalará sobre las áreas de la Expansión donde se han depositado y confinado RSM con el objetivo de minimizar la infiltración de lluvia y prevenir la erosión de los taludes. Separadamente, al culminar en los próximos años la vida útil de las áreas ahora activas del SRSMA, una cubierta final diseñada de acuerdo con las reglas indicadas será instalada en las áreas en uso al presente. El diseño y la aplicación de la cubierta final de la instalación se llevará a cabo de acuerdo con las especificaciones en las reglamentaciones federales y locales citadas. El diseño de ésta incluirá los siguientes elementos:

1. La capa final de cubierta diaria de RSM será compactada previo a la instalación de la cubierta final, y consistirá en un mínimo de doce (12) pulgadas de suelos nativos de la zona. El terreno se nivelará con pendientes, aunque  $\geq$  de un 2%, para minimizar la erosión por la escorrentía, pero a la vez facilitar su descarga hacia los controles de escorrentía propuestos y las lagunas de detención que formen parte de “La Expansión”. La cubierta final de la instalación se instalará sobre esta capa de tierra de acuerdo con las especificaciones que se indican abajo.
2. Un revestimiento natural o una geomembrana sintética se instalará sobre la capa final de cubierta diaria que cubra los RSM. Las reglamentaciones vigentes permiten al dueño u operador seleccionar entre la geomembrana sintética o una

cubierta de arcilla bien compactada y cuando la misma tenga una permeabilidad menor o igual que la de cualquier sistema de revestimiento de fondo o subsuelos naturales presentes, o una permeabilidad no mayor de  $1 \times 10^{-5}$  cm/seg, lo que sea menor. Si el dueño u operador selecciona la arcilla en lugar de material sintético, la capa de arcilla tendrá un espesor mínimo de 18 pulgadas.

3. Una capa de control de erosión que tenga un espesor mínimo de seis (6) pulgadas de material y que sea capaz de sustentar el crecimiento de plantas nativas. Ésta se instalará sobre la arcilla o geomembrana sintética que se menciona anteriormente.
4. Los taludes de la Expansión tendrán, cuando sea posible y aprobada por el ingeniero geotécnico, una pendiente máxima de 2.5 pies horizontales por cada pie vertical (2.5:1).

### **2.2.11 CIERRE Y MANTENIMIENTO POST-CIERRE**

El Subtítulo D y el RSRS requieren que el dueño de un relleno sanitario lleve a cabo una serie de actividades de mantenimiento luego del cierre de la facilidad al agotarse su vida útil. Este programa de mantenimiento y operación es requerido por un mínimo de 30 años luego del cierre final de la instalación (Regla 138 y 139 del RSRS).

El 27 de marzo de 2024 se sometió al DRNA un Plan de Cierre y Post Cierre para el SRS de Arroyo bajo las condiciones existentes para aquel entonces. Este se encuentra bajo evaluación por esta agencia. Una vez completado la construcción de la expansión propuesta se enmendará este Plan de Cierre para incluir esta área.

Las actividades que se incluirán como parte del mantenimiento y operación del Plan de Cierre enmendado estarán relacionadas con lo siguiente:

1. El sistema de pozos de monitoreo de las aguas subterráneas, incluyendo la toma periódica de muestras para análisis de acuerdo con los requisitos de la EPA y del DRNA. Los resultados de los análisis serán informados periódicamente al DRNA según requerido;
2. Las lagunas de detención de escorrentías removiendo periódicamente los sedimentos acumulados para conservar su capacidad de diseño original;
3. El sistema de recolección de lixiviados;



4. La cubierta final, incluyendo reparaciones causadas por el asentamiento natural, hundimiento, erosión o cualquier otro evento. Este asentamiento, por lo general, ocurre principalmente, a medida que la materia orgánica en los RSM se descompone, y el peso compacta las celdas de materiales; y
5. El sistema de monitoría de gases.

## **2.3 CRITERIOS Y REQUISITOS DE OPERACIÓN**

Las operaciones en un SRS requieren una serie de procedimientos que son comunes y corrientes a todos. Algunos procedimientos requieren modificaciones de acuerdo con las características específicas de cada operación en particular y, en ocasiones, por el desarrollo de expansiones laterales.

Los criterios y requisitos de operación de un SRS están basados en buenos principios de ingeniería y en los requisitos reglamentarios para este tipo de instalación sanitaria. Los requisitos reglamentarios corresponden básicamente a aquellos establecidos en el RSRS y en las Partes 257 y 258 del Título 40 del Código de Regulaciones Federales (CFR, por sus siglas en inglés). El dueño u operador del SRS y/o la expansión de éste es responsable de preparar un Plan Operacional de la instalación, el cual requiere aprobación del DRNA previo a su implantación y obtención del permiso de Operación requerido por esta Agencia.

Es importante recalcar que para garantizar la calidad de un SRS resulta fundamental, entre otros, contar con recursos y procedimientos operacionales eficientes para la disposición final de desperdicios, y establecer controles durante mal tiempo y procedimientos de emergencias para los posibles escenarios que puedan desarrollarse en una instalación de este tipo. A tales efectos, el RSRS en su Capítulo V y tomando en cuenta los principios básicos antes mencionados, establece los criterios de operación para un SRS. La Regla 115 del RSRS establece claramente las Normas de Operación básicas para una operación controlada y limpia en SRS existentes y sus expansiones laterales. Por otro lado, en las Reglas 116 a la 121 se establecen otros requisitos operacionales tales como personal, adiestramiento, equipos requeridos, material de cubierta, controles de gases explosivos, sistemas de control de escurrimientos.

### **2.3.1 PERMISOS DE OPERACIÓN**

El 1 de febrero de 2024 se sometió al DRNA una Solicitud de Permiso para la Operación (DS-2) del SRS (IDF-08-0042). EL mismo se encuentra bajo evaluación.

### **2.3.2 PLAN DE OPERACIÓN**

El Plan de Operación del SRSMA fue sometido junto con la Solicitud DS-2 al DRNA. El desarrollo de la Expansión, una vez aprobada, requerirá actualizar el Plan de Operación y éste será sometido al DRNA. A continuación, se resumen los elementos principales del Plan de Operación contemplados para la prevención, minimización o mitigación de impactos ambientales potenciales resultantes de la operación de la instalación sanitaria, y cuáles serán actualizados como resultado de la expansión lateral.

#### **2.3.2.1 HORARIO DE OPERACIÓN**

Una vez la Expansión Propuesta esté preparada para recibir RSM, el SRSMA continuará operando de lunes a viernes de 7:00 am a 3:00 pm. Este horario fue establecido para minimizar el impacto de los ruidos en el acceso a la instalación y en las áreas de tiro. De este modo se minimiza el posible impacto que el ruido generado por vehículos y máquinas en el área operacional puedan causar a receptores cercanos, particularmente en las horas de reposo de los residentes en las inmediaciones.

#### **2.3.2.2 CONTROL DE ACCESO, RÓTULOS Y PATRULLAJE PREVENTIVO**

El Permiso de Operación requiere que el área donde ubica el SRSMA esté rodeado por una barrera de acceso, para impedir la entrada no autorizada de vehículos, personas y/o animales. Una vez la Expansión Propuesta esté preparada para recibir RSM se continuará manteniendo un solo acceso a la instalación a nivel vehicular como peatonal con el propósito de controlar el acceso del público y evitar el tránsito de vehículos no autorizados y el depósito ilegal de desechos, entre otros. En la entrada hay una caseta de seguridad desde donde se controla la entrada al SRS mientras está en operación. Fuera de estas horas se mantiene un portón cerrado al principio de la entrada. Existen también barreras naturales que controlan la entrada de personal no autorizado.

La Expansión Propuesta queda dentro de la barrera de acceso existente. No obstante, esta barrera será inspeccionada en toda su extensión y se reparará de ser necesario. Los rótulos visibles en dicha entrada que indican, entre otros, el horario de operaciones y los cargos por descarga de RSM serán también mantenidos, y aquellos rótulos que sean necesarios para dirigir el tránsito hacia el área de la expansión y las diferentes áreas del SRS, se instalarán. Se llevará un registro en la entrada de la instalación, de todos los empleados, visitantes y vehículos para controlar el acceso al área.

### **2.3.2.3 DESPERDICIOS ACEPTADOS EN LA INSTALACIÓN**

El SRSMA es una instalación que acepta mayormente desperdicios sólidos municipales no peligrosos de tipo domésticos.

Los siguientes tipos de RSM son aceptados y se continuarán aceptando una vez la Expansión Propuesta esté preparada para recibir RSM:

- Desperdicios Sólidos no peligrosos de tipo doméstico, de fuentes residenciales, institucionales, comerciales e industriales;
- Desperdicios Sólidos no peligrosos de construcción y demolición que no sean voluminosos;
- Desechos Metálicos (chatarras, neveras, estufas, máquinas de lavar y secar, entre otros). Un área aprox. a 1,500 m<sup>2</sup> es utilizada para acumular materiales reciclables, tales como nevera, estufa, chatarra, entre otros, los cuales eventualmente son removidos fuera de la instalación sanitaria para ser procesados y finalmente reciclados;

### **2.3.2.4 DESPERDICIOS NO ACEPTADOS EN LA INSTALACIÓN**

Los siguientes tipos de desperdicios no se aceptarán en esta instalación:

- Desechos Agrícolas y Vegetal
- Paletas de Madera
- Desperdicios Electrónicos (computadoras, impresoras, máquinas de facsímil y celulares, entre otros)
- Desperdicios Sólidos Industriales

- Equipo con Refrigerantes
- Equipos Electrónicos y Tubos de Rayos Catódicos
- Residuos de Combustión de Carbón
- Desperdicios Sólidos generados fuera de la jurisdicción del Gobierno de Puerto Rico
- Desperdicios Biomédicos
- Desperdicios Especiales (contienen asbestos, plomo, aceite usado, neumáticos o desperdicios biomédicos regulados)
- Desperdicios sólidos peligrosos (inflamables, corrosivos, reactivos o tóxicos)
- Productos Químicos
- Fármacos Caducos
- Baterías
- Aceites Usados
- Asbestos
- Cieno de aguas usadas o desperdicios provenientes de pozos sépticos
- Neumáticos
- Bifenilos Policlorados (PCB)
- Líquidos a granel (> 5gals)
- Cuerpos o partes de animales que se sospechan padecieron de enfermedades transmisibles.

### **2.3.2.5 REGISTRO E INSPECCIÓN DE LOS RSM**

Por otro lado, el RSRS requiere que se establezca en el SRSMA un procedimiento para el registro de los camiones o vehículos que transporten RSM a la instalación, así como para la inspección del material de modo que se prevenga la entrada de los siguientes desperdicios:

- Cualquier desperdicio clasificado como “desperdicio peligroso” según se define en la Parte 261 del Título 40 del CFR y en el RSRS. La definición del término desperdicios sólidos peligrosos incluye cualquier desperdicio que debido a su cantidad, concentración, o características físicas o químicas pueda poner en

peligro substancial o potencial a la salud humana o contribuir a aumentar la razón de mortalidad o de enfermedades incapacitantes reversibles o irreversibles, debido a características peligrosas (inflamabilidad, corrosividad, reactividad y toxicidad); o a cualquier residuo derivado del tratamiento de estos desperdicios; o a la mezcla de desperdicios peligrosos con desperdicios no peligrosos o materiales peligrosos contenidos en desperdicios no peligrosos. La definición no incluye pequeñas cantidades de material peligroso contenido en desperdicios sólidos residenciales;

- Desperdicios que contengan bifenilos policlorinados, (PCB's, por sus siglas en inglés), como se definen en la Parte 762 del Título 40 del CFR;
- Desperdicios Especiales, como se define en la Regla 110 del RSRS, excepto Desperdicios Biomédicos Regulados Tratados o Destruídos, desperdicios con bajo contenido de plomo (<5ppm) y desperdicios con contenido de asbesto siempre y cuando estén empacados según se establece en el Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica del DRNA;
- Desperdicios explosivos;
- Desperdicios líquidos, que no cumplan con los requisitos establecidos en la Regla 123 A del RSRS. Esta Regla establece lo siguiente:

*“Ninguna persona podrá causar o permitir se depositen o dispongan en un SRS desperdicios líquidos que no estén contenidos en recipientes a menos que:*

- *el desperdicio sea doméstico, con la excepción de desperdicios sépticos;*
- *el desperdicio se componga de lixiviados o gases condensados derivados de un SRS y que el SRS que los reciba (existente, nuevo o una expansión lateral) cuente con un revestimiento y sistema de recolección de lixiviados conforme a lo requerido en la Regla 114 A del RSRS; y*
- *los recipientes que contengan desperdicios líquidos sean pequeños, no mayores de cinco (5) galones, similares a lo que normalmente se encuentran en el desperdicio doméstico, y que esté diseñado para uso de líquido.”*

Las reglamentaciones vigentes hacen claro que los dueños y operadores de rellenos sanitarios deben diseñar un buen sistema o programa para identificar y prevenir el depósito de desperdicios sólidos prohibidos en un SRS. Para la expansión lateral se continuará con los siguientes procedimientos para la detención y segregación de los desperdicios sólidos prohibidos en esta instalación:

- Se mantendrá un solo acceso a la instalación a nivel vehicular como peatonal con el propósito de controlar el acceso del público y evitar el tránsito de vehículos no autorizados y el depósito ilegal de desechos, entre otros;
- Se mantendrá rotulación en la entrada de la instalación indicando el horario de operación, cargos por la disposición de desperdicios y la advertencia contra la disposición de desperdicios prohibidos, los cuales estarán claramente identificados;
- Se mantendrá capacitado al personal, mediante adiestramientos periódicos, para que pueda reconocer desperdicios sólidos peligrosos, desperdicios especiales, desperdicios de bifenilos policlorados, y aquellos otros desperdicios prohibidos en la instalación;
- Inspección visual de los desperdicios que se reciben en camiones abiertos para asegurar que estos no contengan desechos prohibidos;
- Inspección continua de las actividades de disposición de RSM, por parte de un empleado de la fase operacional (alineador), para asegurar que estos no contengan desechos prohibidos;
- Implantación de procedimientos para la detección de materiales o cargas sospechosas de contener desperdicios prohibidos en la instalación y la prevención de su disposición en el relleno sanitario;
- Inspecciones rigurosas al azar de las cargas de desperdicios que entran por personal capacitado;
- Mantenimiento de registros de inspección de las cargas que entran y de todas las cargas sospechosas. Se mantendrá la información sobre estas inspecciones en el registro de operación por un periodo mínimo de tres (3) años;

- Establecer procedimientos de notificación cuando llegan desperdicios prohibidos. La reglamentación vigente es muy clara en describir las acciones a seguir cuando se identifican desperdicios prohibidos. La Regla 129 indica que *“en caso de que se determine que alguna carga incluye desperdicios sólidos peligrosos reglamentados, desperdicios especiales o desperdicios PCB, el dueño u operador rechazará la carga y notificará al DRNA o a la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencia y Administración de Desastres, inmediatamente y por escrito en un término no mayor de cuarenta y ocho (48) horas. En caso de que se encuentre que se ha depositado o dispuesto alguno de estos desperdicios sólidos, el dueño u operador acordonará el área y notificará al DRNA o a la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencia y Administración de Desastres inmediatamente y por escrito en un término no mayor de cuarenta y ocho (48) horas”*. Los desperdicios rechazados no se podrán colocar o almacenar en el SRS y deberán permanecer en posesión del transportista; y
- A los usuarios que no cumplan con las reglas de manejo y disposición, se les denegará el uso y el acceso a las instalaciones.

#### **2.3.2.6 MANTENIMIENTO DE LOS CAMINOS DE ACCESO A ÁREAS DE TIRO**

El interior del SRSMA y la Expansión incluyen e incluirán una serie de caminos de accesos a las diferentes áreas de tiro. Estos caminos se mantendrán adecuadamente todo el tiempo para garantizar una circulación efectiva y segura. El drenaje apropiado de estos accesos juega un papel importantísimo en la durabilidad de estos, por lo cual el mantenimiento de los accesos debe incluir el preservar en buen estado los drenajes de los mismos.

Para tales propósitos es recomendable mantener, en ocasiones, un personal de mantenimiento con el equipo apropiado. Éste tendrá entre sus deberes lo siguiente: limpieza periódica de drenajes temporeros y permanentes, labores de desyerbo y/o remoción de desperdicios depositados en los drenajes y/o caminos de accesos con la frecuencia que sea requerida.



Los caminos de acceso hacia las áreas de tiro son en la mayoría de los casos para uso temporero, sin embargo, su condición es de vital importancia para mantener una circulación vehicular adecuada.

Estos caminos deberán mantener un rodaje uniforme y pendientes no muy inclinadas (no mayor de 7%) para garantizar la entrada y salida de los vehículos que acarrean desperdicios y relleno, y una estabilidad apropiada.

Los caminos, a excepción de un tramo que está pavimentado en el acceso principal, se habilitarán con material toscoso o pedregoso, de ser necesario, para que estos se mantengan lo más uniforme posible minimizando las roturas a los camiones pesados que transitarán por estos accesos. Es recomendable mantener material pedregoso en reserva en diferentes puntos estratégicos, que pueda ser utilizado con rapidez para reforzar los caminos que resulten afectados por el uso continuo o por períodos de lluvias extensos. Es también recomendable utilizar algunos de los escombros de construcción, principalmente aquellos de tamaños pequeños y de fácil manejo para estabilizar y/o reforzar la base de los caminos. Estos desperdicios deben ser depositados cerca de los caminos de accesos, particularmente en aquellos tramos que tienden a afectarse con mayor frecuencia.

Se cuenta y se contará con una brigada de mantenimiento con el equipo adecuado para la limpieza periódica de las zanjas y otras obras hidráulicas en los caminos, además de realizar labores de desyerbo y/o remoción de desperdicios depositados en los drenajes y/o sobre los caminos de acceso con la frecuencia que sea necesaria.

### **2.3.2.7 MÉTODO DE OPERACIÓN**

En el área de disposición de la Expansión Propuesta del SRSMA se operará por el método de área, utilizando secciones diarias de un tamaño aproximado de 400 metros cuadrados en forma activa, pero que no impidan el flujo continuo de los camiones. Los RSM se depositarán en las áreas designadas de acuerdo con el plan de secuencia de relleno que se especificarán en los planos de diseño de la instalación. El manejo de estos desechos será una operación de tres (3) fases: esparcir y colocar apropiadamente los desechos vertidos; compactar bien los desperdicios esparcidos; y aplicar correctamente el material de cubierta.

Mediante el método de área, las capas de desperdicios se colocan y se compactan comenzando en el nivel superior del sistema de revestimiento de fondo y se van creando las celdas de disposición a medida que se colocan otras capas hasta que se alcance la configuración final y pendientes previamente diseñadas. Previo a comenzar la disposición de los desperdicios sólidos se instalará el sistema de recolección de lixiviados.

La carga diaria de RSM depositada por los vehículos de recolección y acarreo se colocará en y cerca del frente de trabajo. Ésta será esparcida inicialmente en camadas de 24 pulgadas de espesor aproximadamente con la ayuda de un tractor de cadenas (“*bulldozer*”) y/o un compactador. Luego el “*bulldozer*” y/o compactador (preferiblemente) dará un número de pases suficientes para compactar los desperdicios esparcidos en camadas al máximo. La operación que se describe anteriormente se repite varias veces hasta llegar a la altura deseada (por lo regular tres (3) metros aproximadamente) y luego los desperdicios se cubrirán con material de relleno u otros.

Todos los desperdicios que se colocan y se compactan en camadas en un solo día se protegerán cubriéndolos con una capa de tierra, lo cual resultará en una celda. De esta forma se contribuirá a controlar olores, fuegos, vectores, rescate de desperdicios, animales que escarban en la basura y el volado de desperdicios livianos por el viento. La cubierta diaria, también limitará la cantidad de infiltración de agua de lluvia que cae sobre el relleno sanitario. El material de cubierta diaria será de no menos seis (6) pulgadas de espesor y se aplicará a intervalos más frecuentes, cuando sea necesario y no necesariamente al finalizar cada día de operación. La densidad promedio de desperdicios compactados es de unas 1,200 libras por yarda cúbica.

Durante el desarrollo de la celda de desperdicios la pendiente del área de trabajo no deberá inclinarse más de 5 horizontal a 1 vertical para lograr una mejor compactación de los desperdicios. No obstante, al final del día podemos aumentar la pendiente dentro del área de trabajo hasta 3 horizontal a 1 vertical con el propósito de optimizar el espacio disponible. En los lados o extremos del depósito se mantendrán durante la operación taludes entre 20° y 25°. Para proveer mejor protección contra la erosión, y mayor estabilidad a la pendiente, y para propósito del drenaje de agua de lluvia que cae sobre

el relleno sanitario, se formarán terrazas de no menos de dos (2) a tres (3) metros de ancho cada 15 a 18 metros verticales.

Ahora bien, en las actividades iniciales de colocación de desperdicios se implantarán procedimientos especiales para prevenir el daño al sistema de revestimiento (sistema de membranas protectoras compuestas). La primera capa de desperdicios será de unos cuatro (4) pies de espesor en cada celda y se colocará con mucho cuidado para proteger el sistema compuesto de daños. Esta capa inicial de desperdicios se colocará sobre todo la capa de drenaje a través de la base de la celda.

El revestimiento se protegerá de daños mediante la selección cuidadosa de los desperdicios en la capa inicial. Para proteger aún más el revestimiento, no se utilizarán compactadores en la base del relleno sanitario o en las pendientes laterales de desperdicios durante estas actividades. Se utilizarán tractores de cadenas ("*bulldozer*") para esparcir y compactar, solamente en el tope de la celda inicial.

Para proteger la integridad del Sistema de Revestimiento Compuesto (SRC) del sistema de recolección de lixiviado y de la capa de drenaje, no se operará equipo y vehículos de disposición directamente en un área revestida hasta que se haya colocado la capa inicial de 4 pies de desperdicios. De ocurrir cualquier daño al SRC, se informará al supervisor del relleno sanitario y se reparará previo a la disposición en el área afectada.

Personal asignando supervisará la colocación, compactación, y cubierta de la primera capa de desperdicio y del control de inclinación e inspeccionará las técnicas de llenado. Según sea necesario, podrán utilizarse estacas para marcar la inclinación y la localización para guiar a los operadores en el proceso de llenado. El Plan de Operación contendrá los pasos detallados para la colocación adecuada de los desperdicios.

### **2.3.2.8 CUBIERTA DIARIA**

El Subtítulo D y el RSRS requieren que, al culminar las operaciones de cada día en un relleno sanitario, los RSM se cubran con un mínimo de seis (6) pulgadas de material de cubierta, o mediante una cubierta alterna previamente aprobada por el DRNA. Esto se hará en intervalos más frecuentes, de ser necesario, para controlar vectores, fuegos, olores objetables, dispersión de desperdicios por el viento y rescate de desperdicios.

Está cubierta diaria se aplicará de modo que su inclinación sea uniforme y no exceda el dos por ciento (2%) de gradiente, excepto en los taludes, de modo que se minimice la energía de la escorrentía y por ende la erosión del material de cubierta.

Se estima que se requiere un volumen diario de aproximadamente 25 yardas cúbicas de material para la cubierta diaria de la Expansión, cantidad similar a la actual.

Por otra parte, la cubierta diaria será inspeccionada periódicamente para verificar su integridad. De ser necesario, algún tipo de mantenimiento ya sea asentamientos y/o erosión se procederá inmediatamente a corregirla. Estas actividades de mantenimiento incluirán relleno, re-compactar y perfilar las superficies de relleno asentadas o erosionadas para mantener la inclinación final deseada. De ser necesario se construirán zanjas de desvío adicionales para un mejor control de erosión.

### **2.3.2.9 EQUIPO OPERACIONAL DE LA EXPANSIÓN**

La operación efectiva de la Expansión del SRSMA se llevará a cabo con una serie de equipos pesados similares a los de la operación actual, los cuales son especializados para el regado (esparcir), compactación y cubierta de los RSM, y otras actividades relacionadas. Además de los camiones que transportarán los RSM a la Expansión, estos equipos incluirán básicamente los siguientes:

1. Tractor(es) de Cadena (D-5 y D-8) para esparcir y compactar los RSM y el material de cubierta diaria;
2. Compactadora (Cat 826) para reducir al menor volumen práctico posible los RSM;
3. Excavadora(s) (Cat 320) y Camiones de Carga (camiones tumba (Mack Granite) o articulado (Cat 725)) para el manejo del material de cubierta;
4. Retroexcavadora (“*digger*”) (Holland LB85)
5. Rolo Vibrador (20 ton.)
6. Camión Tanque (Mack Granite) para asperjar agua sobre las áreas operacionales y controlar el polvo fugitivo;
7. Vehículos(s) 4x4 (Ford 150); y
8. Equipo para fumigación y aplicación de insecticidas

### **2.3.2.10 INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE**

El SRSMA cuenta actualmente con servicios de energía eléctrica, agua potable y facilidades sanitarias.

### **2.3.2.11 ARCHIVO DE DOCUMENTOS DE OPERACIÓN**

El dueño u operador de un SRS o una expansión lateral deberá mantener un archivo de los documentos de la operación, según requerido en el RSRS. Este archivo se mantendrá en la instalación sanitaria sujeto a inspecciones por las agencias locales y federales pertinentes. El mismo deberá incluir lo siguiente:

1. Copias de los permisos y autorizaciones para la operación del SRSMA;
2. Registro de las operaciones diarias con el tipo, peso y volumen de los desperdicios recibidos, equipo usado para la disposición final de los desperdicios, espacio del SRS utilizado y cantidad de material de cubierta utilizado;
3. Informes de inspecciones de los camiones y cargas de RSM que llegan a la instalación;
4. Copias de las certificaciones de los adiestramientos a los empleados para reconocer los desperdicios sólidos peligrosos reglamentados, desperdicios especiales y desperdicios de PCB;
5. Informes o resultados de las monitorías de gases y planes correctivos;
6. Planes de emergencias en caso de accidentes, incendios y otros incidentes;
7. Manuales de operación de los sistemas de protección ambiental incluyendo los de control de lixiviados, control de escorrentía, control de polvo fugitivo y control de erosión;
8. Datos, certificaciones u otra información relacionada a la toma de muestras y los análisis de agua subterránea de la red de pozos de monitoreo;
9. Datos y planes de cierre y post-cierre, certificaciones, y otra información relacionada a la toma de muestras y análisis durante el cierre y post-cierre; y
10. Estimados de costo y documentación relacionada a la seguridad financiera para la operación, cierre y post-cierre de la instalación.

### **2.3.2.12 CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**

La Expansión del SRSMA operará en cumplimiento con las disposiciones aplicables del Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica (RCCA) del DRNA y el Plan de Implementación Estatal (SIP, por sus siglas en inglés). Este reglamento establece normas sobre la quema a campo abierto, reglas para minimizar generación de polvo fugitivo, y estándares de emisiones visibles de los vehículos de motor. En la Expansión se cumplirá con las siguientes normas ya vigentes en el SRSMA:

#### **2.3.2.12.1 CONTROL DE MATERIALES LIVIANOS**

“La Expansión” del SRSMA incluirá medidas y procedimientos operacionales para minimizar el volado de papeles y material liviano. Se controlará manteniendo su tamaño al mínimo posible y cubriendo las áreas activas diariamente. Periódicamente se recogerá a mano el material liviano acumulado en las inmediaciones del área activa.

#### **2.3.2.12.2 QUEMA A CAMPO ABIERTO**

El RCCA prohíbe la quema de desperdicios sólidos en un SRS, a menos que se cumpla con las siguientes normas:

1. Se controle la combustión para mantener su eficiencia mediante una temperatura adecuada.
2. Se utilice una estructura cerrada para controlar la combustión y asegurar una mezcla que garantice una combustión completa.
3. Se controlen las emisiones de productos gaseosos.

En la Expansión del SRSMA no se permitirá la quema a campo abierto de los RSM recibidos. En caso de incendios accidentales, se implantará de inmediato el Plan de Control de Incendios, incluyendo la notificación al Cuerpo de Bomberos y al DRNA.

#### **2.3.2.12.3 POLVO FUGITIVO**

Durante las fases de construcción y operación de la Expansión del SRSMA se generará polvo fugitivo en cantidades moderadas. Se implantarán las medidas para minimizar la generación de polvo fugitivo, primordialmente la asperjación periódica con agua de las

áreas de trabajo, incluyendo accesos y áreas de tiro con material de cubierta diaria y permanente.

#### **2.3.2.12.4 PARTICULADO EMITIDO POR MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**

El diseño y la manufactura de equipo pesado como el que se utiliza en los rellenos sanitarios son reglamentados por el Programa Federal de Control de Emisiones de Vehículos de Motor. Los vehículos y máquinas que operarán en la Expansión emitirán al aire cantidades menores de partículas en los gases de combustión. La mayor parte del equipo opera con combustible diésel, cuyos gases de combustión, aunque más visibles, emiten menos contaminantes que los motores de gasolina. Además, se proveerá mantenimiento preventivo a estos equipos para que su operación sea eficiente y se optimice la combustión, minimizando la emisión de contaminantes al aire. Los equipos cumplirán con la regla de opacidad establecida por el DRNA, de no más de un 20% por más de cinco (5) segundos consecutivos.

#### **2.3.2.12.5 CONTROL DE OLORES OFENSIVOS**

La oxidación de los materiales orgánicos contenidos en los RSM que se depositan en un relleno sanitario genera gases que producen olores ofensivos. Los principales gases que emiten olores desagradables incluyen el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), metil-mercaptano (fórmula química  $\text{CH}_3\text{SH}$ ) y ácido aminobutírico (fórmula química  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ). El RCCA del DRNA establece que las actividades industriales no ocasionarán olores que puedan percibirse fuera de los límites de la instalación. La Expansión del SRSMA incluirá medidas y procedimientos operacionales para minimizar la emisión de gases que produzcan olores desagradables fuera del área de operación. Estas medidas incluirán:

1. Compactación diaria de los desperdicios sólidos;
2. Utilización de una cubierta diaria adecuada que cumpla con las normas del DRNA;
3. Minimización de la generación de lixiviados manteniendo áreas pequeñas activas y reduciendo el potencial de infiltración con la aplicación de cubiertas diarias adecuadas; y

### **2.3.2.13 CONTROL DE VECTORES**

Las reglamentaciones vigentes requieren que los rellenos sanitarios y sus expansiones establezcan programas efectivos para el control de vectores, incluyendo moscas, mosquitos y ratas. “La Expansión” del SRSMA incluirá medidas y procedimientos operacionales para minimizar la generación de vectores, tales como:

1. Aplicación de un mínimo de seis (6) pulgadas de material de cubierta diaria;
2. Mantener un área activa o de tiro de tamaño mínimo; y
3. Implantar un programa de fumigación periódica para el control de vectores.

### **2.3.2.14 CONTROL DE RUIDO**

El Reglamento de Control de la Contaminación por Ruido (RCCR) del DRNA requiere que la operación de un SRS y expansiones laterales no resulte en un aumento en los niveles de ruido en los puntos receptores más cercanos. Los niveles de ruido en las inmediaciones del SRSMA cumplen al presente con las normas del DRNA, y no aumentarán debido a la Expansión ya que no ocurrirán cambios en la operación de la instalación. No se aumentará el número de camiones llegando a la Expansión, ni el número de máquinas que lo operen. Las horas de operación se mantendrán iguales que al presente, durante el período diurno. Se utilizarán equipos para amortiguar ruido en la maquinaria pesada y los camiones.

### **2.3.2.15 OPERACIONES DURANTE PERÍODOS DE CLIMA EXTREMO**

El Plan de Emergencia del SRSMA incluye medidas para condiciones climáticas extremas, tales como durante lluvias intensas inducidas por vaguadas o huracanes. Durante estos períodos de lluvias abundantes es necesario implantar medidas que permitan operar el SRS a la vez que se protege la infraestructura de manejo y protección ambiental de esta instalación. El Plan de Operaciones del SRSMA y “La Expansión” incluirá las siguientes medidas:

1. **Mejoras al Acceso a Áreas Operacionales y Activas** - los accesos a las áreas y celdas en operación se mejorarán con los residuos de demolición y construcción descargados en el área especial.



2. **Área de Almacenaje Temporal de Emergencia** - En la eventualidad que las lluvias y escorrentías limiten el acceso de camiones y maquinarias a las áreas activas, se designará un área para almacenaje temporal de los RSM en un lugar accesible dentro del SRSMA. Una vez concluya la emergencia climática, los RSM serán removidos al área de disposición.
3. **Monitoría más frecuente de los niveles de lixiviados en las lagunas de detención, para asegurarse que no se exceden los niveles máximos** - La Expansión contará con bombas de emergencia operadas por generadores portátiles de gasolina que permitirán recircular a las áreas de tiro excesos de lixiviados, o a camiones tanques para su disposición adecuada.

### **2.3.2.16 SISTEMAS DE PROTECCIÓN AMBIENTAL**

Antes o durante la operación de la expansión lateral para la disposición de RSM se modificarán los siguientes sistemas de protección ambiental requeridos por el Subtítulo D de RCRA y el RSRS:

#### **2.3.2.16.1 SISTEMA DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

1. El SRSMA contará con tres (3) de pozos de monitoreo de aguas subterráneas. Este sistema tiene que estar en operación durante la vida útil del SRS (la Expansión) y el período de post-cierre (30 años). Las muestras se analizarán para determinar los componentes que se encuentran en el Apéndice I del RSRS.

Se enviarán al DRNA informes periódicos sobre los resultados de los muestreos según estipulado en la reglamentación.

#### **2.3.2.16.2 SISTEMA DE CONTROL DE ESCORRENTÍAS**

El sistema de control de escorrentías de la Expansión del SRSMA se instalará en etapas de acuerdo con el desarrollo de “La Expansión” y los datos de diseño incluidos en los planos finales y el Plan de Operaciones a someterse al DRNA. El sistema de recolección de escorrentías se construirá a medida que el desarrollo de la Expansión progrese, excepto que en la etapa inicial se construirán las zanjas de desvío alrededor de los terrenos a desarrollarse para prevenir la afluencia de escorrentías de otras áreas.

### **2.3.2.17 GERENCIA, ADMINISTRACIÓN Y SEGURIDAD OCUPACIONAL**

La Expansión del SRSMA operará con un equipo de profesionales a tiempo completo. El personal tendrá la preparación académica y experiencia técnica requerida para las tareas de operación y mantenimiento de la Expansión, particularmente en las áreas de protección ambiental. El personal incluirá:

1. Supervisor de todas las operaciones y labores técnicas a llevarse a cabo en el SRS;
2. Registrador/Asistente Administrativo, asiste al supervisor en las labores de supervisión;
3. Inspector de desperdicios para asegurar que se lleve a cabo el procedimiento de exclusión de desperdicios no aceptable a la instalación;
4. Alineadores de Tiro para dirigir y controlar los camiones en el área de depósito de desperdicios;
5. Brigada de Agrimensura para control de la expansión vertical y horizontal en el área de disposición, replanteo de caminos, labores de caminos, labores de topografía u otros levantamientos de campo;
6. Brigada de mantenimiento general y ornato para el recogido de desperdicios volados, jardinería, reparaciones generales a instalación y otras áreas;
7. Operadores de Equipo Pesado; y
8. Personal de Mantenimiento de equipo pesado.

La operación de la Expansión se llevará a cabo de acuerdo con las normas locales y federales sobre salud y seguridad ocupacional.

### **2.3.2.18 PLAN DE EMERGENCIAS**

La Expansión del SRSMA incluirá medidas y procedimientos operacionales para enfrentar cualquier evento natural. Estos están incluidos en el Plan de Emergencias que forma parte del Plan de Operación y corresponderán a los siguientes:

1. Direcciones y teléfonos de las estaciones más cercanas de la Policía Municipal y Estatal, Bomberos, hospitales y contratistas que pueden proveer personal adicional durante emergencias.
2. Plan de desalojo en caso de emergencias indicando las rutas primarias y alternas.
3. Localización, descripción física de cada uno del equipo requerido para casos de emergencias disponible en la instalación, según requerido en el RSRS.
4. Lista de nombres, direcciones y números telefónicos de las personas asignadas para actuar como coordinadores de emergencia.
5. Equipo de primeros auxilios y para emergencias y accidentes.

## **3.0 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE EXISTENTE**

### **3.1 TOPOGRAFÍA**

#### **3.1.1 REGIONAL**

Corresponde a la subregión Llanura Aluvial Ponce-Patillas la cual se encuentra situada en la región conocida como Llano Costero del Sur, específicamente en la Llanura Aluvial Ponce-Patillas. Es un área muy seca; aunque sus llanos aluviales son productivos gracias a un sistema de riego artificial. Tiene una topografía mayormente llana, y sus elevaciones fluctúan desde un metro en la costa hasta 750 metros en la parte norte en la colindancia con el Municipio de Guayama y Patillas. Aproximadamente el 50 por ciento del territorio tiene elevaciones menores a los 70 metros.

Estas elevaciones se pueden encontrar de manera contigua desde la parte sur del Barrio Pitahaya, el Barrio Ancones excluyendo la colindancia con Patillas e incluyendo los Barrios Guásimas, Palmas y Pueblo. En dirección al norte las elevaciones siguen aumentando hasta alcanzar sus alturas máximas en la colindancia noroeste-norte-noreste del municipio.

#### **3.1.2 LOCAL**

El Sistema de Relleno Sanitario Municipal de Arroyo (SRSMA) está localizado en el Barrio Ancones al este del Municipio. La zona donde ubica el SRSMA en el mencionado Barrio tiene elevaciones que varían desde unos 80 hasta 200 metros sobre el nivel del mar (snm) (vea Figuras Núm. 1.-2 & 3.1.2-1). Es en terrenos municipales al oeste del área operacional actual (Área Activa) de esta instalación sanitaria donde se propone la expansión lateral del SRSMA. Gran parte de los terrenos a ser utilizados para la Expansión Propuesta han sido alterados topográficamente en los últimos años, porque en estos se ha venido extrayendo material de relleno para cubrir las celdas de desperdicios y otros usos. Por otra parte, como hicimos alusión anteriormente, una franja en el nordeste de la nueva área donde se propone la expansión lateral ya ha sido impactada. Esto ha sido como resultado de la extensión de los taludes que últimamente se han desarrollado en el área activa actual en dirección suroeste.





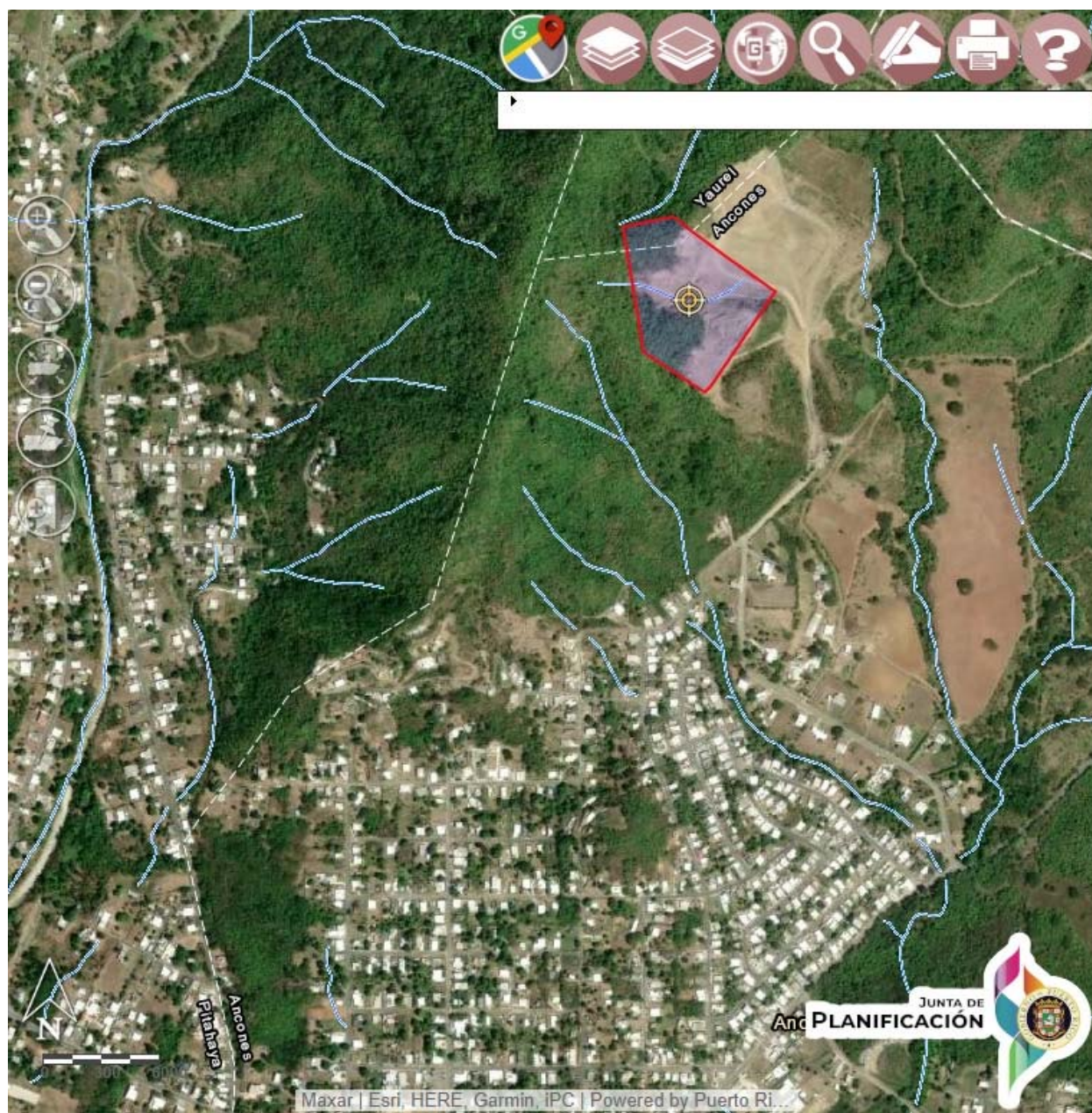


Figura 3.1.2-2 Imagen Aérea (JP-MIPR) donde se indica la localización de la Expansión y la Red Fluvial de la Zona. No a Escala

### 3.2 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS REGIONALES

Las características climáticas de la Región Este donde se encuentra el SRSMA es tropical húmedo con vientos predominantemente del Este. La precipitación media anual en la región es de aproximadamente 59.0 a 78.7 pulgadas, según lo informado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA). La estación seca en la región se extiende desde diciembre hasta abril, mientras que la temporada de lluvias

generalmente coincide con la temporada de huracanes, que va de mayo a noviembre. Durante este periodo, los meses de agosto a octubre suelen registrar las lluvias más intensas. En particular, septiembre es el mes con mayor cantidad de precipitaciones, debido a la mayor actividad de huracanes en el Caribe. A su vez, agosto y octubre son los meses con mayor probabilidad de lluvias fuertes, influenciadas por tormentas tropicales y huracanes.

### **3.2.1 PRECIPITACIÓN**

El promedio anual de lluvia es de 59.05 pulgadas, siendo los meses de mayo a diciembre los de mayor precipitación. Los meses de enero a abril son relativamente secos. El periodo más seco ocurre entre enero y marzo, cuando la precipitación promedio es de 1.02 a 1.18 pulgadas. La humedad relativa promedia aproximadamente 80% a 85% a lo largo del año, mientras que en Puerto Rico es del 85%. Los mayores porcentajes de humedad se registran entre los meses de septiembre y octubre, con aproximadamente 85%, mientras que enero y febrero tienen la menor humedad relativa, con valores entre 70% y 75%.

### **3.2.2 TEMPERATURA**

El Municipio de Arroyo, ubicado en la región este de Puerto Rico, exhibe un clima tropical marítimo caracterizado por temperaturas cálidas y estables a lo largo del año. Según datos de la publicación de *Weather Spark*, la temperatura máxima promedio anual es de aproximadamente 30 °C, mientras que la mínima promedio anual ronda los 24 °C (Weatherspark, website).

Mensualmente, las temperaturas muestran variaciones moderadas. El mes más cálido es agosto, con temperaturas máximas promedio de 32 °C y mínimas de 25 °C. Por otro lado, enero se presenta como el mes más frío, registrando máximas promedio de 29 °C y mínimas de 22 °C. La temporada cálida se extiende desde principios de junio hasta finales de octubre, mientras que la temporada más fresca abarca desde mediados de diciembre hasta mediados de marzo (Weatherspark, website). La Figura Núm. 3.2.2-1 ilustra la temperatura promedio mensual en Puerto Rico para el período 2004-2024.

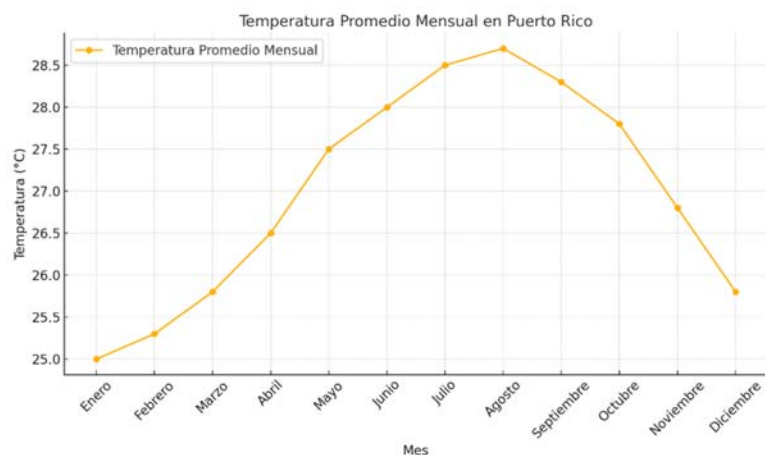


Figura Núm. 3.2.2-1 Tendencia de Temperatura Promedio Mensual en PR (2004 - 2024)

En cuanto a la variación de temperaturas en los últimos 20 años, se ha observado una tendencia al alza en las temperaturas promedio tanto a nivel local como regional. Estudios indican que, durante el siglo XX, las temperaturas atmosféricas anuales promedio en las islas del Caribe aumentaron más de 0.6 °C.

En Puerto Rico, análisis de estaciones meteorológicas han demostrado incrementos significativos en promedios anuales y mensuales, con un aumento de aproximadamente 0.012 °C/año a 0.014 °C/año (Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), 2013). Aunque no se dispone de datos específicos para Arroyo, es razonable inferir que esta tendencia al calentamiento también se refleja en el municipio, considerando su ubicación geográfica y las condiciones climáticas compartidas con la región este de Puerto Rico. La Figura Núm. 3.2.2-2 ilustra la tendencia de aumento en las temperaturas promedio anuales en Puerto Rico durante las últimas dos décadas.

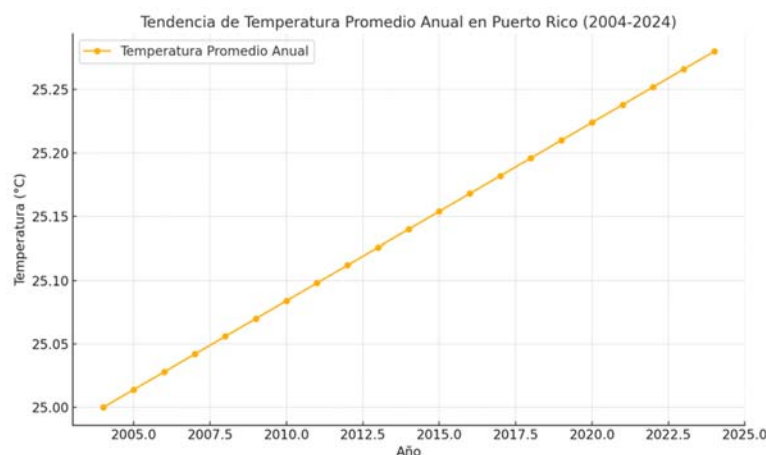


Figura Núm. 3.2.2-2. Tendencia de Temperatura Promedio Anual en PR (2004 - 2024)



Este gráfico, elaborado por el *Puerto Rico Climate Change Council* (PRCCC), muestra el incremento gradual en las temperaturas, lo que concuerda con las observaciones a nivel regional y global sobre el cambio climático (PRCCC, 2021).

### 3.3 CALIDAD del AIRE

La calidad del aire en el Municipio de Arroyo es similar a la de otras áreas rurales de Puerto Rico, caracterizándose generalmente por condiciones favorables. Según *AccuWeather*, el Índice de Calidad del Aire (ICA) en Arroyo se clasifica mayormente como "bueno", lo que indica que el aire es satisfactorio y que la contaminación representa un riesgo mínimo o nulo para la salud humana.

A nivel regional, los municipios del este de Puerto Rico, incluyendo Arroyo, Guayama, Patillas, Maunabo y Yabucoa, se benefician de factores como la influencia de los vientos alisios y una baja densidad industrial, lo que contribuye a mantener una buena calidad del aire. Sin embargo, existen contaminantes que afectan la región, siendo los principales el material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>) y grueso (PM<sub>10</sub>). Estos contaminantes aumentan debido a eventos naturales, como la llegada periódica del polvo del Sahara, y actividades humanas, como la construcción, las emisiones vehiculares y la quema de residuos. Además, otros contaminantes como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el monóxido de carbono (CO) provienen de fuentes específicas, como las plantas de generación eléctrica, el transporte vehicular y el uso de generadores durante emergencias.

Aunque el Municipio de Arroyo y la Región Este disfrutan de una calidad del aire generalmente buena, comparable con el promedio nacional, la ausencia de una red de monitoreo robusta limita la capacidad para evaluar adecuadamente las condiciones locales. Además, eventos como la intrusión del polvo del Sahara y otros factores ambientales pueden ocasionar fluctuaciones en la calidad del aire. Según datos de la *Organización Mundial de la Salud* (OMS), la exposición media anual a PM<sub>2.5</sub> en Puerto Rico fue estimada en 8.0 µg/m<sup>3</sup> en 2017, un nivel por debajo del límite recomendado por la OMS de 10 µg/m<sup>3</sup> (Banco Mundial). En cuanto a PM<sub>10</sub>, la OMS recomienda una exposición máxima de 20 µg/m<sup>3</sup> (*Organización Panamericana de la Salud*) (OPS).

## 3.4 GEOLOGÍA Y SUELOS

### 3.4.1 GEOLOGÍA REGIONAL

Puerto Rico es una plataforma de arco isleño (*“island arc”*) complejo con registro geológico de aproximadamente 195 millones de años. En el pasado geológico, la actividad volcánica y tectónica (incluyendo la formación de fallas geológicas y plegamiento) en conjunto con la sedimentación intensa dieron origen a la cadena de montañas alineadas en la dirección este-oeste, que al presente componen el núcleo rocoso central de la isla, y a las plataformas carbonatadas que al presente se encuentran al norte y sur de la isla. Como resultado del pasado geológico, la composición litológica de la isla comienza con rocas oceánicas seguidas por rocas sedimentarias y volcánicas y rocas intrusivas.

El desarrollo de dos sistemas de fallas geológicas mayores (Río Jueyes y Cerro Mula) en el Cretácico dividió la isla en tres provincias ígneas: Provincia Ígnea del Suroeste, Provincia Ígnea Central y Provincia Ígnea del Noreste. Cada provincia tiene una geología distintiva. El área general del SRSMA (incluyendo el área de la expansión lateral propuesta) se encuentra dentro de la Provincia Ígnea Central.

### 3.4.2 GEOLOGÍA LOCAL

Geología: no existe un mapa geológico del USGS finalizado para el área del SRSMA. Sin embargo, un documento titulado; El “Mapa geológico preliminar de los cuadrángulos de Patillas y Guayama, Puerto Rico” (Informe de archivo abierto del USGS 82-1097), que incluye Arroyo, fue preparado por Lynn Glover III (Glover, 1982) (vea Figura Núm. 3.4.2-1). Los terrenos que ocupa el vertedero actual incluyendo el área donde se propone la expansión de éste están sustentados por la formación Ka, que se describe como brecha piroclástica, toba y lava del Cretácico, localmente con finos intercalaciones de lutita. El espesor de la formación puede superar los tres kilómetros. Las áreas bajas al sur se superponen a aluviones (Qa) del Holoceno que consisten en arena y grava no consolidadas en llanuras aluviales.

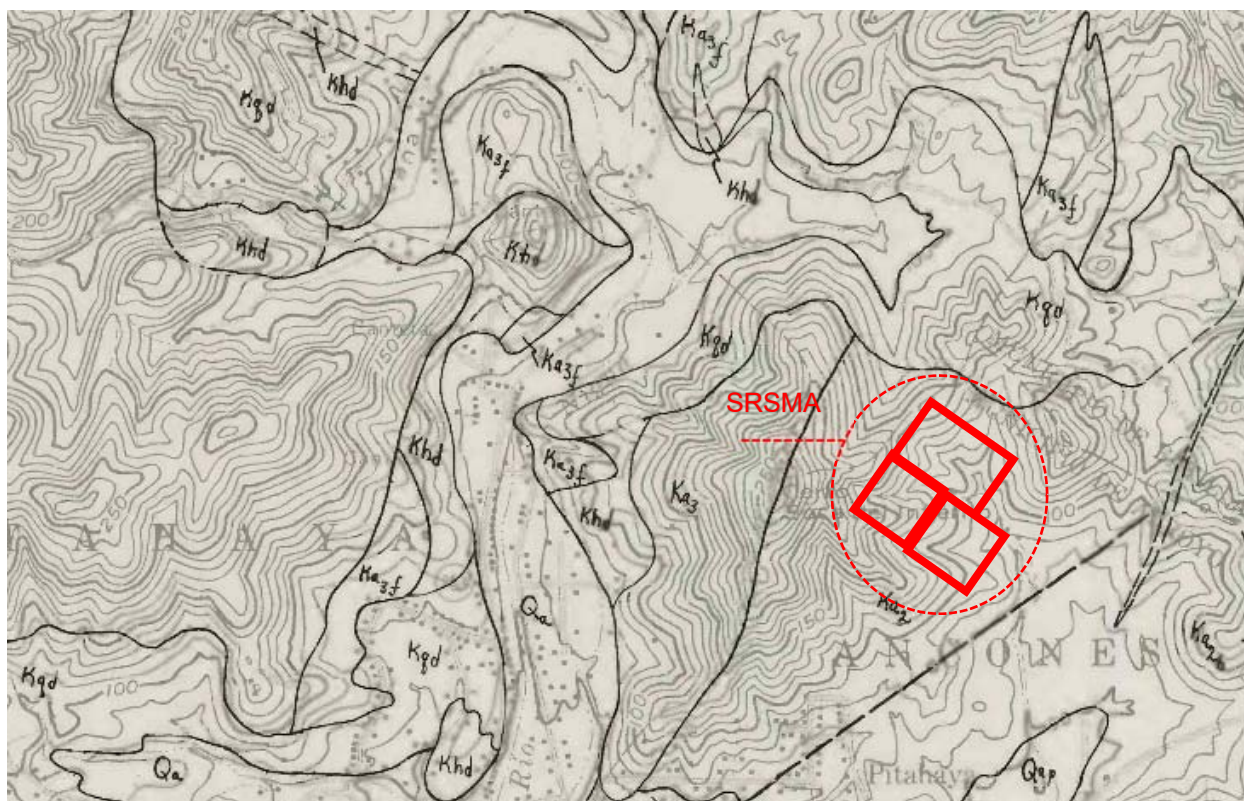


Figura Núm. 3.4.2-1 Localización Aproximada del SRSMA en Mapa Geológico Preliminar en el Cuadrángulo de Patillas, Puerto Rico

### 3.4.3 SUELOS

De acuerdo con el Catastro de Suelos del Área de Humacao, del Servicio de Conservación de Suelos (Boccheciamp, 1978), los suelos en el área de estudio se componen de terreno rocoso (Rs) y del suelo Descalabrado y Guayama, en pendientes de 20 a 60%, erosionado (DgF2). El terreno rocoso (Rs) se encuentra en las crestas de montañas. Es de permeabilidad moderadamente baja a alta (vea Figura y Tabla Núm. 3.4.4-1).

El suelo Descalabrado y Guayama, en pendientes de 20 a 60%, erosionado (DgF2) se encuentra en las crestas, pendientes de montañas y pendientes de lomas. Es de buen drenaje y de permeabilidad moderadamente baja a moderadamente alta.

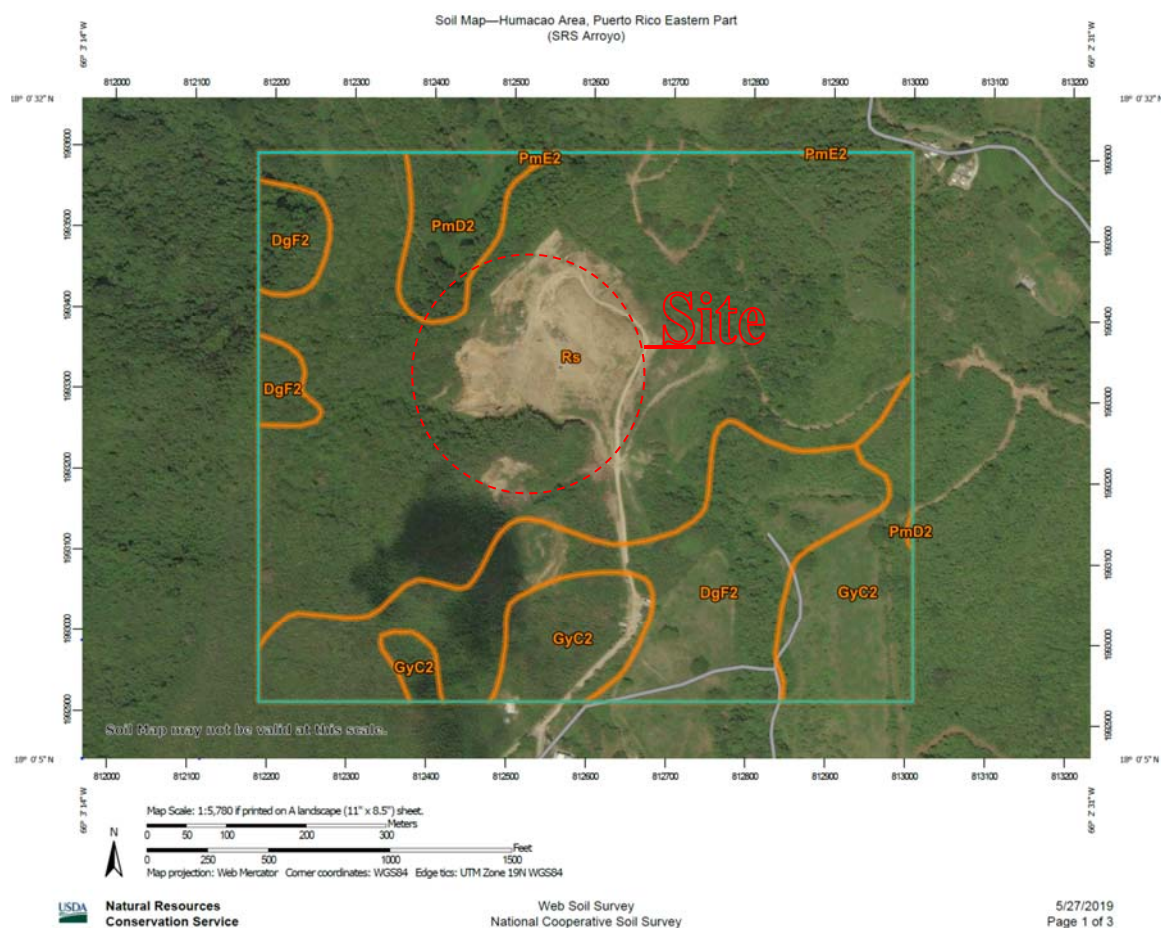


Figura Núm. 3.4.4-1 Mapa de suelos del SRSMA

Tabla Núm. 3.4.4-1 Leyenda de la unidad del mapa de suelos

Map Unit Symbol	Map Unit Name	Acres in AOI	Percent of AOI
DgF2	Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60 percent slopes, eroded	30.9	22.4%
GyC2	Guayama clay loam, moderately deep variant, 2 to 12 percent, slopes, eroded	17.4	12.6%
PmD2	Patillas clay loam, 12 to 20 percent slopes, eroded	5.7	4.1%
PmE2	Patillas clay loam, 20 to 40 percent slopes, eroded	0.1	0.1%
Rs	Rock land	83.9	60.8%
<b>Totals for Area of Interest</b>		<b>138.0</b>	<b>100.0%</b>

### **3.4.4 ESTUDIO DE CAMPO**

Luego de haber evaluado literatura y data disponible de Geología y suelos a nivel general y local, procedimos a realizar un estudio de campo en el área donde se propone la expansión lateral del Vertedero Municipal de Arroyo, en el Área C de los terrenos municipales. Procedimos en esta sección a evaluar otra data de relevancia del sector donde se planifica la expansión lateral propuesta y se procedió a llevar a cabo una exploración de suelos. En esta sección incluimos información geotécnica como resultado de la gestión antes mencionada (vea Apéndice Núm. 1 “Preliminary Soil Exploration”).

En el área de estudio se observa una cresta alargada que se extiende de oeste a este. De acuerdo con información publicada del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) en el lugar del proyecto discurre subyacentemente rocas volcánica y volcanoclástica (Ka<sub>2</sub>). Al presente también se observan pequeños sectores con desechos municipales en parte de una franja en el norte del Área C.

Se realizaron tres (3) pozos de pruebas para obtener información de las condiciones del subsuelo en el área de estudio. Estos pozos de pruebas, los cuales fueron abiertos con una excavadora y otros equipos, se llevaron a cabo dos (2) en la porción sur del área de extracción en el Área C y al sur de la cresta alargada y uno (1) en la porción central del Área C al norte de la cresta. En el pozo TR-1 la excavadora no pudo ir más allá de 4 pies de profundidad en la roca expuesta fracturada. Otros detalles de lo encontrado en las excavaciones se discuten en el Apéndice Núm. 1 de este documento.

En términos generales, tomando en cuenta, las condiciones observadas en la roca expuesta y la experiencia previa en la excavación de los cortes existentes, se concluye que la roca en sitio en el área del proyecto puede ser excavada y manejada con equipo regular tales como, excavadoras, cargadores y cargadores de cadenas, entre otros (vea Apéndice Núm. 1).

## **3.5 HIDROLOGÍA**

### **3.5.1 RECURSOS DE AGUA SUPERFICIALES**

El área de estudio para la Expansión del Sistema de Relleno Sanitario Municipal de Arroyo (SRSMA) se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica de la Quebrada Yaurel,

un afluente de relevancia local que drena hacia el sur y desemboca en el Mar Caribe. Esta quebrada constituye el principal receptor de la escorrentía superficial generada en la zona del proyecto, influenciada por las condiciones topográficas, la geomorfología y el uso del suelo en la cuenca. La hidrología del área se caracteriza por eventos de precipitación de moderada a alta intensidad (vea Figura 3.5.1-1). La topografía de la cuenca de la Quebrada Yaurel presenta una morfología moderadamente escarpada, con elevaciones que oscilan entre los 50 y 250 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las pendientes son más pronunciadas en las áreas de cabecera y disminuyen gradualmente hacia la zona baja donde se ubica el SRSMA, con cotas promedio entre 60 y 200 msnm y pendientes del orden del 5% al 15%. Estas condiciones favorecen un flujo superficial rápido hacia la quebrada, aumentando la generación de escorrentía en eventos de lluvia intensa (vea Figura 3.5.1-2).

El SRSMA ubica en la cuenca hidrográfica localizada en la costa sur de Puerto Rico, presenta una topografía compuesta por llanuras costeras y zonas de transición hacia la Sierra de Cayey al norte. En el Barrio Ancones, la red fluvial se compone de quebradas y tributarios que descienden de las áreas más elevadas para confluir con cuerpos de agua de mayor envergadura en las partes bajas. Según la bibliografía del Servicio Geológico de los Estados Unidos USGS (2019) y del DRNA (2020), algunas quebradas se comportan como corrientes permanentes o intermitentes, dependiendo de la precipitación estacional y de la permeabilidad local de los suelos.

En el ámbito de la geomorfología, la cuenca de la Quebrada Yaurel forma parte de la Sierra de Cayey y la Llanura Costera del Sur de Puerto Rico, con una geología dominada por formaciones de brechas piroclásticas, tobas y lavas del Cretácico, además de depósitos aluviales recientes. El área específica del proyecto se sitúa sobre suelos clasificados dentro del Grupo Hidrológico D, caracterizados por una baja capacidad de infiltración y una alta propensión a generar escorrentía superficial. Por otra parte, la zona de expansión del relleno sanitario del Municipio de Arroyo ha sido previamente impactada por actividades de extracción de material de cobertura, lo que ha modificado las condiciones del suelo, aumentando su compactación y reduciendo su capacidad de absorción. En cuanto a la condición de inundación, el área del SRSMA se encuentra fuera de la Zona A de Inundación de acuerdo con los Mapas de Niveles de Inundación Base de FEMA (Panel C1770H).



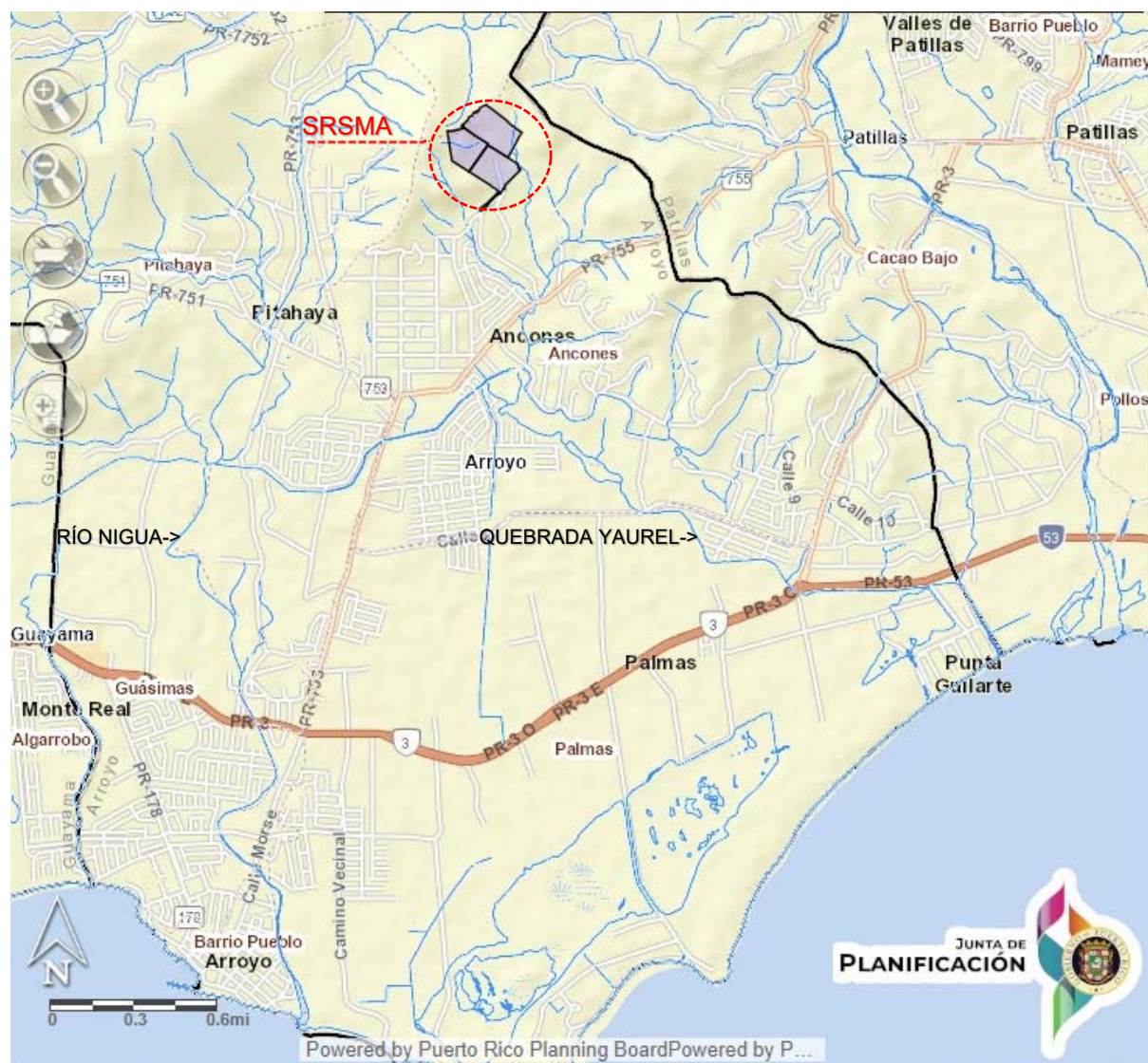


Figura Núm. 3.5.1-1 Hidrología Parcial, Arroyo, PR

En términos generales, la combinación de factores topográficos, geomorfológicos e hidrológicos de la cuenca, junto con la baja capacidad de infiltración de los suelos y la presencia de un sistema hidrológico definido por la Quebrada Yaurel, hacen imprescindible la implementación de estrategias de manejo de escorrentía. Las medidas de mitigación propuestas en el diseño de la expansión del SRSMA deberán estar enfocadas en buscar minimizar el impacto de la expansión sobre los recursos de agua superficiales con el objetivo de garantizar la estabilidad del sistema hidrológico local y el cumplimiento de los requisitos regulatorios aplicables.



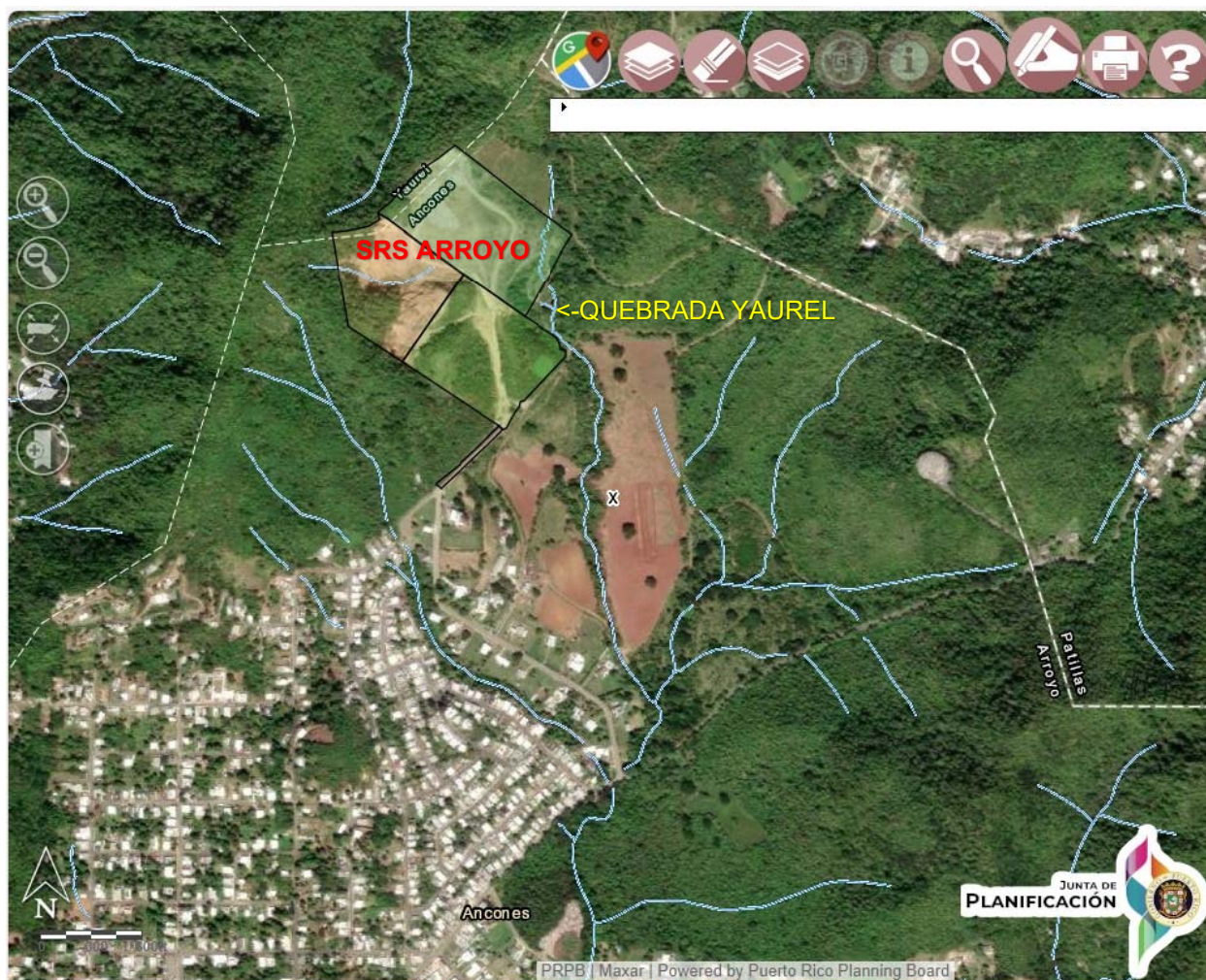


Figura Núm. 3.5.1-2 Foto Aérea Límite de Propiedad y Quebrada Yaurel

### 3.5.1.1 DRENAJE DE ESCORRENTÍA

El sistema de drenaje del área que abarca el SRSMA y la Expansión Propuesta descargará inicialmente en una charca de detención existente, la cual será mejorada para optimizar su capacidad de almacenamiento y control de escorrentía. Esta charca ubicará sobre la huella de la charca existente, localizada en el sector sureste del Área B. Posteriormente, el flujo continuará su curso natural hacia la Quebrada Yaurel, situada al este del SRSMA.

El diseño de la Expansión incluirá un sistema de control de escorrentía pluvial, cuyo propósito será evitar la contaminación del agua por lixiviados generados en las zonas activas del relleno sanitario. Para ello, el sistema incorporará la construcción de zanjas y trincheras en las áreas inactivas, las cuales canalizarán la escorrentía hacia la charca



de detención antes mencionada. La ubicación de esta charca se detalla en el diseño esquemático de los elementos estructurales de la Expansión. A partir de esta estructura de detención, el agua será descargada a una razón de flujo equivalente al drenaje natural recibido por la Quebrada Yaurel, asegurando así que el impacto hidrológico del proyecto se mantenga dentro de los parámetros regulados.

La charca de detención “mejorada” interceptará parte de la escorrentía originada en las áreas identificadas como "Extraction Area C" e "Inactive Area A1", y estará ubicada en el límite interior este de la zona denominada "Active Area B". Por su parte, las escorrentías generadas en la fracción este del área identificada como "Inactive Area A2" serán conducidas a través de canales diseñados para operar de manera dual, permitiendo el control del flujo de agua y la sedimentación de partículas antes de su descarga hacia la Quebrada Yaurel.

Todas las estructuras de manejo y control de escorrentía se diseñarán en cumplimiento con lo dispuesto en la Regla 121 (Sistemas de Control de Escorrentías) del Reglamento para los Sistemas de Relleno Sanitario (RSRS) del DRNA, vigente desde el 7 de septiembre de 2021, así como con el “Reglamento de Planificación Núm. 40 (Reglamento para el Diseño, Criterios de Operación y Mantenimiento de los Sistemas de Alcantarillado Pluvial en Puerto Rico)” de la Junta de Planificación de Puerto Rico (mayo de 2023). La ubicación aproximada de estas medidas de control se presenta en el Apéndice Núm. 3.

### **3.5.1.2 ÁREAS INUNDABLES**

Los terrenos por desarrollar para propósitos de “La Expansión” se encuentran fuera de la Zona A, según el Mapa de Niveles de Inundación Base de FEMA (vea Figura Núm. 3.5.1.2.-1).

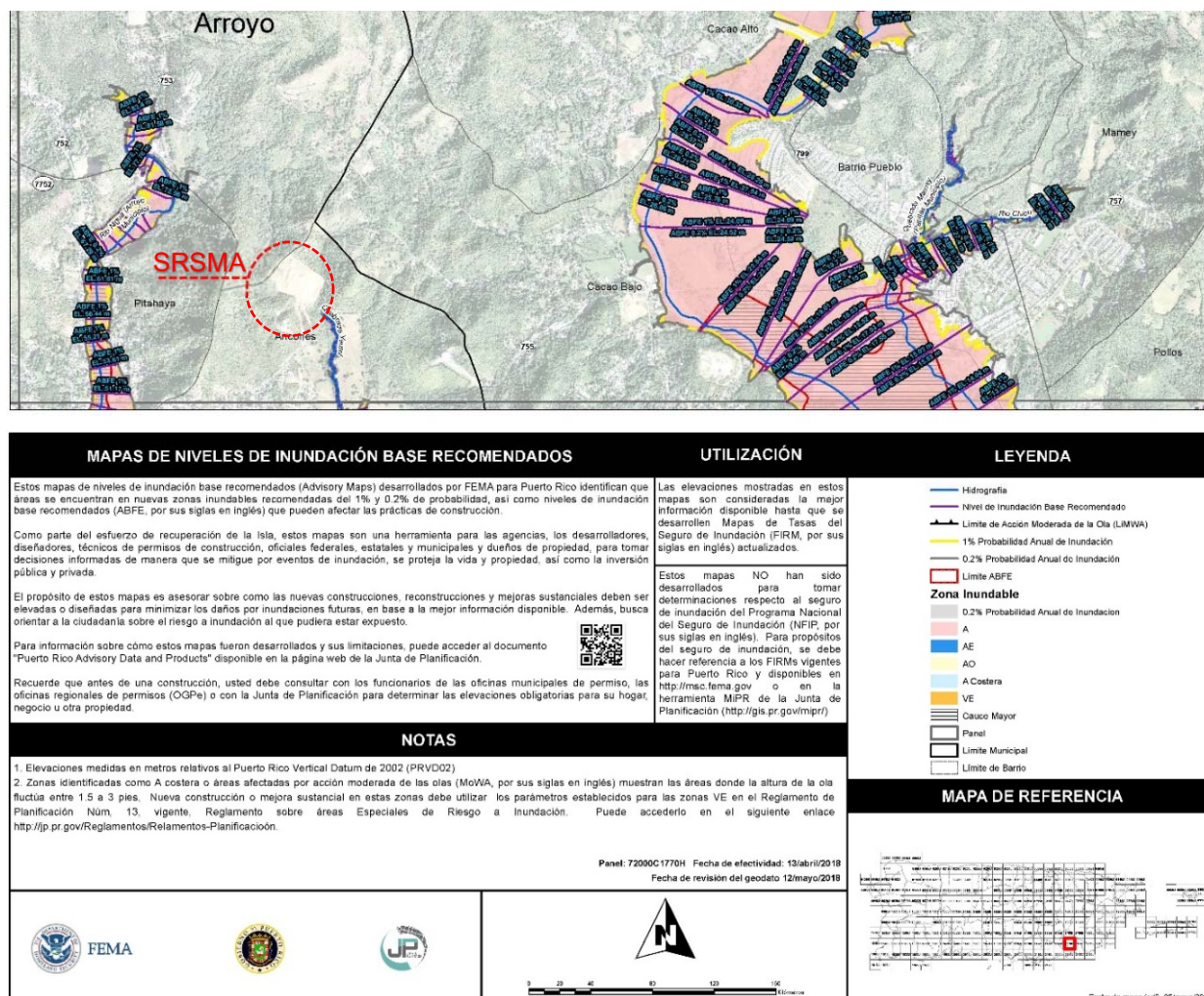


Figura Núm. 3.5.1.2.-1 Mapa parcial de Niveles de Inundación Base Recomendados de FEMA (Panel 72000C1770H, efectividad el 13 de abril de 2018).

### 3.5.2 HIDROGEOLOGÍA

De acuerdo con la información publicada por el USGS ("Scientific Investigations Map 3296", 2014), el área de la expansión lateral propuesta se encuentra dentro de la Provincia de la Costa Sur, subárea-1 de Patillas a Ponce. Las características hidrogeológicas tienen aproximadamente 65 km de largo y un promedio de 5 km de ancho, el área de Patillas a Ponce está sustentada por el sistema acuífero de la llanura aluvial costera sur, que es el segundo acuífero más extenso de Puerto Rico. Los depósitos de la llanura costera que componen el sistema acuífero consisten en una serie de abanicos aluviales formados por corrientes intermitentes de flujo rápido cargadas de



sedimentos que se originan a altitudes superiores a los 300 m y dentro de los 25 km del mar Caribe.

Los pozos más cercanos a los terrenos de la Expansión se encuentran a una distancia mayor del criterio de  $\frac{1}{4}$  milla establecido por el DRNA como área de influencia o zona de peligro (Figura Núm. 3.5.2-1).

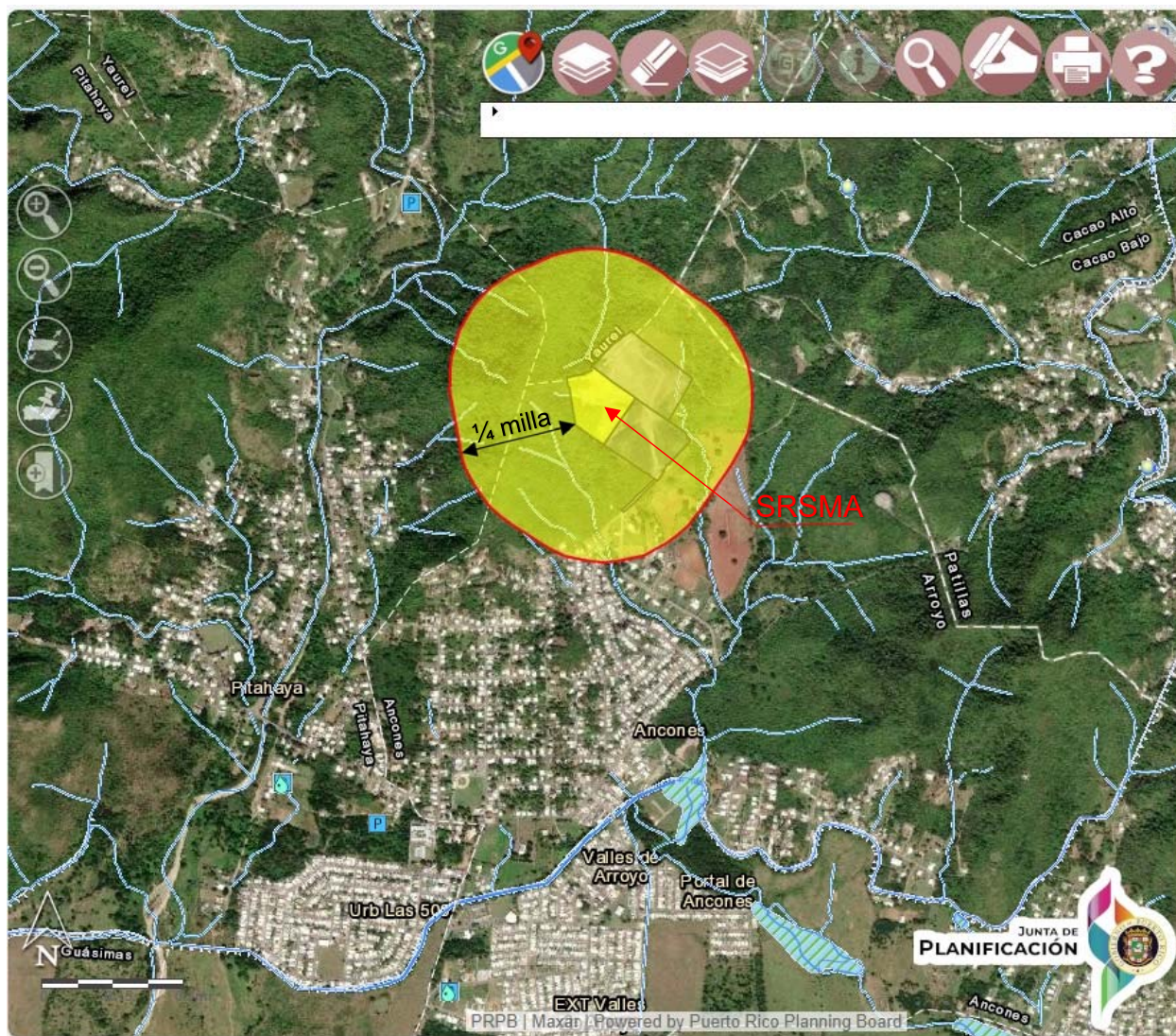


Figura Núm. 3.5.2-1 Ubicación General de Pozos Cercanos al SRSMA y la Expansión Propuesta y Otros Rasgos Hidrológicos

## 3.6 RECURSOS ECOLÓGICOS

### 3.6.1 FLORA Y FAUNA TERRESTRE

Para propósito de esta DIA se realizó un Estudio Descriptivo de Flora y Fauna - Expansión del SRS de Arroyo para el área propuesta (vea Apéndice Núm. 6). Según este estudio la mayoría del área está ocupada por especies herbáceas y áreas abiertas con una menor elevación topográfica y en donde se ha llevado a cabo extracción de material de relleno que es utilizado para cubrir las celdas de desperdicios en este SRS. Sin embargo, existen áreas que se encuentran cubiertas por bosque secundario siempre verde, las cuales no han sido impactadas por las actividades del SRS. Se incluye un área de pastizal y de desarrollo a baja intensidad.

Las especies de flora encontradas en este estudio son frecuentes y especies comunes. Las especies más abundantes son la albahaca plateada, la yerba rosada, la lechera, la yerba egipcia, la kudzu tropical y el bejuco de caro. Las especies más comunes de árboles son el almácigo, el cotorro y el corcho. El 68 % de las especies de flora observadas son nativas. La frecuencia por estrato es: herbáceas con un 43%, árboles con un 32%, bejucos con un 15% y arbustos con un 10%. El total de especies de plantas fue 111, divididas en 45 familias. No se encontró ninguna especie de flora designada como elemento crítico, amenazada o en peligro de extinción.

Por otro lado, las especies de fauna dominantes en el área de estudio son la garza ganadera, la tórtola cardosantera, el playero sabanero, la reinita mariposera, la rolita y el lagartijo común. De especies endémicas para Puerto Rico se escucharon o se observaron siete (7) especies. Estas son el pájaro carpintero, el come ñame, el San Pedrito, el bien-te-veo, el coquí churí, el coquí común y la araña peluda.

También se observó al águila pescadora, la cual es una especie migratoria. El total de especies encontradas en el área de estudios fue de cuarenta y uno (41), divididas en 30 familias. No se observó ninguna especie de fauna designada como elemento crítico, amenazada ni en peligro de extinción.

Según los Mapas del Índice de Sensitividad Ambiental (ESI, por sus siglas en inglés) de la Administración Oceánica y Atmosférica Nacional (NOAA, por sus siglas en inglés) el área del proyecto no presenta ninguna especie crítica, amenazada o el peligro de



extensión (vea Figura 6: Mapa del Índice de Sensitividad Ambiental donde se muestra el ESI en el Estudio Descriptivo de Flora y Fauna).

Para el área de estudio, según la Información para la Planificación y Consulta (IPaC, por sus siglas en inglés) del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (USFWS, por sus siglas en inglés), incluye a la boa de Puerto Rico (en peligro de extinción a nivel estatal y federal) como una especie que pudiera encontrarse en dicha área. No obstante, esta especie no fue observada durante el trabajo de campo de este estudio. Sin embargo, esta especie pudiera encontrarse en el área de estudio, ya que la distribución de ésta es sumamente amplia y se encuentra en todo Puerto Rico (vea *APÉNDICE B: LISTADO DE FLORA Y FAUNA* en el *Estudio Descriptivo de Flora y Fauna*).

### 3.6.2 HUMEDALES

Los terrenos por dedicar para la Expansión propuesta no se encuentran en un humedal o terrenos anegadizos (vea figura Núm. 3.6.2-1).

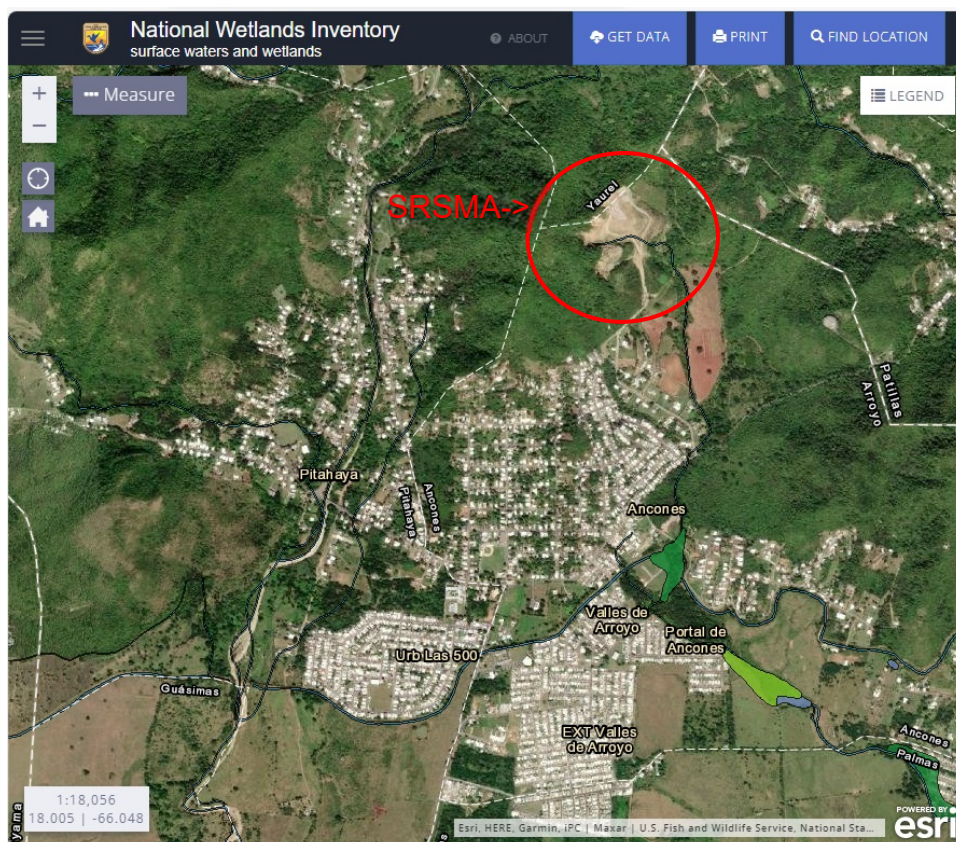


Figura Núm. 3.6.2-1 Ubicación del SRSMA en Mapa de Inventario Nacional de Humedales

### **3.6.3 SISTEMAS NATURALES**

#### **Ubicación y contexto fisiográfico**

El Municipio de Arroyo se localiza en la costa sur de Puerto Rico, donde convergen llanuras costeras y zonas montañosas que se orientan hacia la Sierra de Cayey (DRNA, 2020). El Barrio Ancones, enclavado en la región interior, presenta una red fluvial conformada por quebradas y arroyos cortos que drenan hacia cauces mayores o directamente hacia la llanura costera (USGS, 2019).

#### **Red fluvial y características hidrológicas**

En el Barrio Ancones, las quebradas y corrientes intermitentes se nutren de la precipitación local y la escorrentía que desciende de las zonas más elevadas (NOAA, 2022). De acuerdo con estudios oficiales del USGS (2019) y el DRNA (2020), los caudales experimentan marcadas fluctuaciones entre la época seca y la temporada de lluvias, sobre todo durante la temporada de huracanes (FEMA, 2018). El patrón topográfico, con pendientes pronunciadas al norte y gradualmente más suaves hacia el sur, potencia la velocidad del flujo y la erosión de los cauces, especialmente en suelos franco-limosos o con presencia de formaciones sedimentarias.

#### **Semejanzas en las redes fluviales de la región**

La red fluvial en el Municipio de Arroyo comparte características con otros sistemas del este y sur de Puerto Rico, particularmente en:

- Pendientes y caudal: Cambios abruptos de gradiente e incrementos estacionales en el flujo (USGS, 2019).
- Vulnerabilidad a inundaciones: Lluvias torrenciales en áreas con alta pendiente pueden provocar inundaciones repentinas, según señalan la NOAA (2022) y FEMA (2018).
- Sedimentación: Las pendientes pronunciadas favorecen el arrastre de sedimentos hacia zonas bajas, lo que exige iniciativas de protección de riberas y reforestación (DRNA, 2020).

En síntesis, los cuerpos de agua superficiales en el municipio de Arroyo y en especial en el Barrio Ancones resalta la influencia conjunta de la topografía, el régimen de lluvias y la cobertura vegetal de la hidrología de la zona. Estas condiciones guardan similitud con otras cuencas del este y sur de Puerto Rico.

### **3.7 USOS DE TERRENOS, PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CALIFICACIÓN**

En esta sección se discute sobre los usos pasados y presentes de los terrenos que actualmente son ocupados por el SRSMA, el Borrador del Plan de Ordenación Territorial (B-POT) de Arroyo y la calificación de los terrenos propuestos para la Expansión Lateral.

#### **3.7.1 USOS DE LOS TERRENOS**

La Expansión del SRSMA está dentro de los límites del terreno municipal ubicado en el Barrio Ancones, inscrita bajo la finca #8771 de Arroyo. Éste colinda por el norte, con terrenos de Fantauzzi Hermanos y De Choudens Farraro Arminda, por el sur, con Jaime Picart Calderón y la Sucn. Juan R. Cobián; por el este, con la Sucn. Juan R. Cobián; y por el oeste, con una servidumbre de paso y la Sucn. Gregorio Manautou.

El uso principal de la tierra en Puerto Rico a principios del siglo 20 fue la agricultura. Los terrenos donde se propone la Expansión no fueron una excepción a este hecho histórico. El uso más extenso de estos terrenos fue para fines del desarrollo de pastos, arbustos y malezas.

En el presente, el uso principal que se le da a los terrenos donde se propone la expansión lateral (Área C) es extraer material de cubierta para las celdas de desperdicios sólidos que se desarrollan en el SRS, los mismos fueron expropiados por el MA en el año 2015. En el lugar no hay edificaciones o construcción, y se observa el afloramiento de rocas.

#### **3.7.2 PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

La Ley 107-2020, Artículo 6.014, dispone que los Planes de Ordenación y todos los reglamentos y acciones que efectúen los municipios cumplirán con las disposiciones de la Ley de Política Pública Ambiental, Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004, según enmendada. La Resolución JP-2021-334 sobre las “Guías Para que un Municipio o Municipios en Consorcios Elaboren o Revisen Integralmente un Plan De Ordenación

Territorial”, vigente el 15 de diciembre de 2021, establece que los municipios, posterior a la Vista Pública presentarán ante la Junta la Determinación de Cumplimiento Ambiental del Plan Territorial aprobada mediante Exclusión Categórica por la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe). La OGPe determinó Cumplimiento Ambiental al Plan de Ordenación Territorial (POT) del MA, mediante Exclusión Categórica del 7 de septiembre de 2023 con número de Caso 2023- 509295-DEC-124740, conforme a las disposiciones contenidas en las leyes y los reglamentos vigentes.

### 3.7.2.1 MAPA DE CALIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN

Según el Mapa Interactivo de Puerto Rico (MIPR) de la Junta de Planificación (JP) la Calificación del terreno para la Expansión Propuesta es **No Calificado (NC)**, la Clasificación es **Suelo Rústico Común (SRC)** (vea Figura Núm. 3.7.2.1-1).

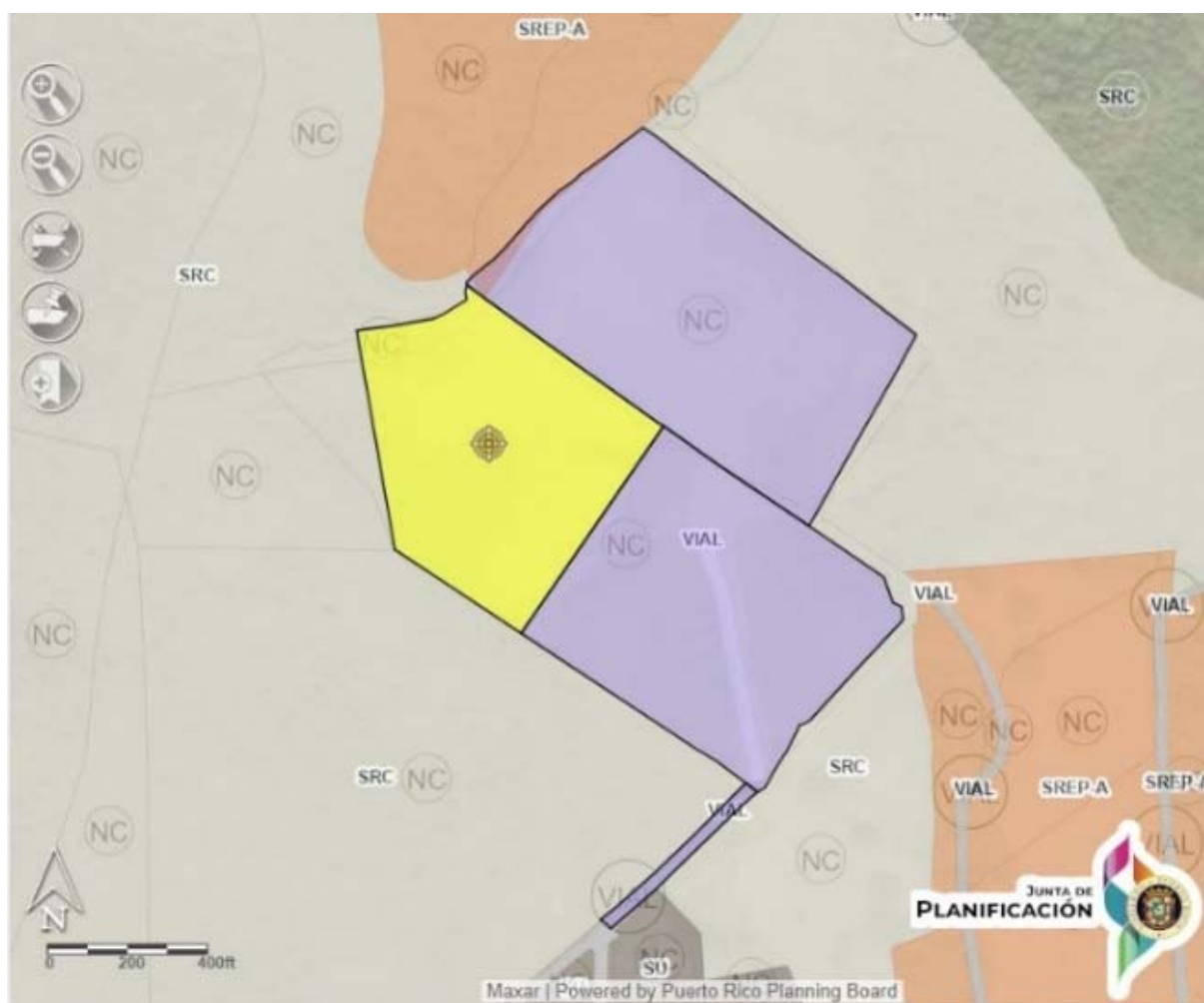


Figura Núm. 3.7.2.1-1 Calificación y Clasificación del SRSMA (JP-MIPR)



Según el “Borrador Mapa de Calificación del MA” (vea Figura Núm. 3.7.2.1-2), en los terrenos para la Expansión Propuesta, la Calificación propuesta es como **Industria Especializada (I-E)**. Según el Reglamento Conjunto de la Junta de Planificación (2023) “se crea el Distrito Industria Especializada I-E, con el fin de identificar proyectos industriales que por su naturaleza requieran de ubicaciones especiales tales como: canteras, hormigoneras, graveros, prefabricados, asfalteras, depósitos de relleno sanitarios y energía renovable, entre otros usos”.

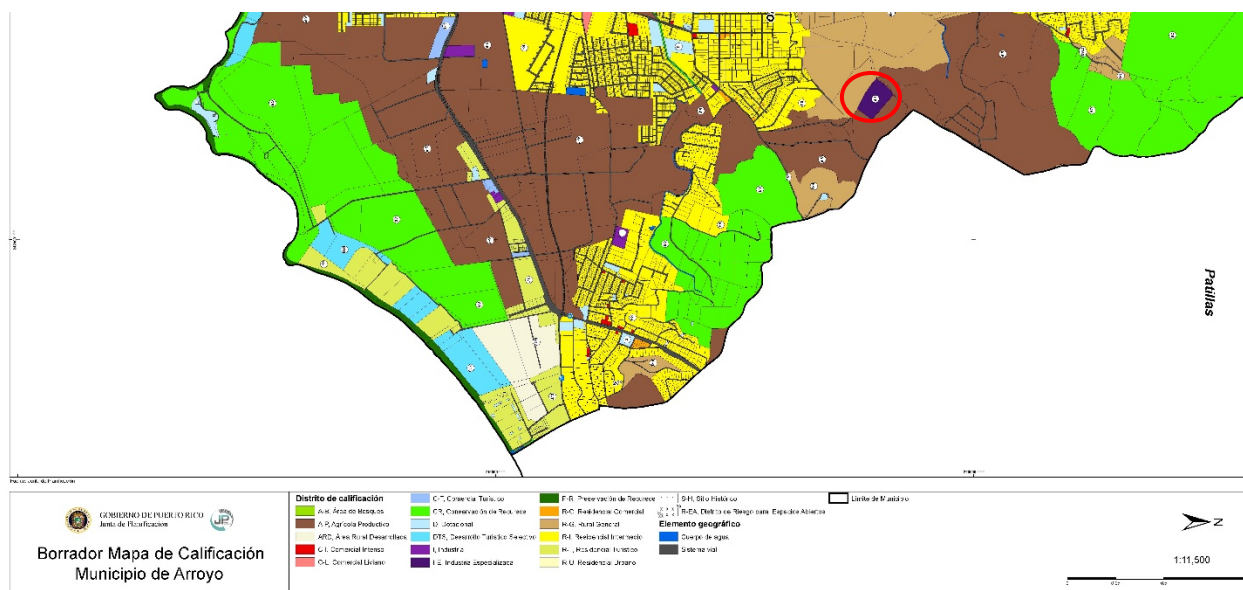


Figura Núm. 3.7.2.1-2 Borrador Mapa de Calificación (parcial) del MA

De acuerdo con el Borrador del POT (B-POT) del 2024, los terrenos del SRSMA están clasificados como **Suelo Rústico Común (SRC)**. Este suelo es descrito en el *Plan de Mitigación contra Peligros Naturales, MA, 2020* como “suelo no contemplado para uso urbano o urbanizable en un Plan Territorial debido a que, entre otros factores, el suelo urbano y con capacidad a ser urbanizado es suficiente para acomodar el desarrollo urbano esperado. Este tipo de suelo puede servir para diversas actividades, tales como los usos industriales pesados, canteras, vertederos, comunidades penales, instalaciones de infraestructura, actividades agrícolas, para ciertas dotaciones y equipamientos, que por lo general no deben ocurrir en áreas habitadas. Así pues, este tipo de suelo ostenta valor por la disponibilidad para servir a una gama de actividades no urbanas, así como actividades rurales y de paisaje”.

### **3.7.2.2 MANEJO DE DESPERDICIOS SÓLIDOS BAJO EL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

De acuerdo con el B-POT del 2024 y como ya hemos mencionado anteriormente, la capacidad actual de acopio de desperdicios sólidos del SRSMA, bajo las condiciones existentes, es bien limitada. Estas condiciones han obligado a utilizar durante el último año diferentes sectores (bolsillos) con pequeñas capacidades de acopio. Se han evaluado alternativas para aumentar la vida útil del vertedero. En el B-POT del 2024 se menciona la posibilidad de utilizar eventualmente parte de los terrenos del Área de Extracción del SRSMA (Área C) para la disposición de desperdicios sólidos, lo cual proveería una capacidad de acopio aproximada de 800,000 m<sup>3</sup>, equivalentes a una vida útil adicional de alrededor de 20 años manteniendo condiciones similares a las de hoy en día.

Es por esta razón que se presenta esta DIA para evaluar los posibles impactos ambientales del proyecto y obtener una determinación final de cumplimiento ambiental para obtener los permisos correspondientes antes de comenzar a utilizar los mismos para la disposición de desperdicios sólidos.

### **3.8 RECURSOS ARQUEOLÓGICOS, HISTÓRICOS Y CULTURALES**

Según datos de la Oficina Estatal de Conservación Histórica (OECH), entre el año 1936 y el 2014 se han reportado 37 sitios arqueológicos en el Municipio de Arroyo de los cuales 6 de estos se asocian a culturas precolombinas, 27 sitios de carácter histórico y 4 sitios informados de los que se desconoce la información. Los sitios precolombinos están asociados a grupos Agro-alfarero II y III. Presentando Concha, lítica y cerámica de estilo Ostionoide, Santa Elena y Esperanza. Localizándose 3 de estos en el Barrio Pitahaya y otro en el llano costero del sur, Barrio Palmas. Mientras que en un inventario de Juan González Colón (1979) se informa que en el Río Arroyo hay presencia de petroglifos. En la documentación histórica hay constancia de la existencia de 17 haciendas en Arroyo, ejemplos de estas son: Hacienda Enriqueta, Hacienda Belvedere, Hacienda Concordia, Hacienda La Isabela, Hacienda Quebrada Salada, Hacienda Cuatro Calles, entre otras. También se incluyen en el inventario de sitios arqueológicos el sistema de canales de riego, molinos, sistemas de ferroviarios, casonas del administrador y/o mayordomos, almacenes,

casas de agregados y colonos, entre otros. Arroyo tiene en el Registro Nacional de Lugares Históricos (RNLH) el Faro de las Figuras, construido en 1893.

Los datos anteriores no incluyen hallazgos de recursos históricos, culturales o arqueológicos dentro del área propuesta para la Expansión. Las profundidades alcanzadas hasta el momento en los procesos de extracción (5 a más de 20 pies) evidencian la ausencia de recursos histórico o cultural en el área.

### **3.9 INFRAESTRUCTURA**

Esta sección resume la infraestructura existente en la zona del SRSMA y la Expansión, incluyendo carreteras, energía eléctrica, sistemas de acueductos y alcantarillados, y teléfonos.

#### **3.9.1 SISTEMAS DE AGUA POTABLE**

El SRSMA se abastece de agua potable suministrada por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) mediante una toma en una línea de 4" que discurre por la Calle Monte Verde, en el Barrio Ancones. El agua se utiliza primordialmente para control de polvo fugitivo en las áreas operacionales, así como en las instalaciones administrativas del SRSMA. El desarrollo de la Expansión Propuesta no resultará en un incremento en el uso de agua potable, ya que no se aumentará la carga o el tránsito de vehículos en el SRSMA.

#### **3.9.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS USADAS Y LIXIVIADOS**

En la zona del SRSMA no existe alcantarillado sanitario, utilizándose pozos sépticos para la disposición de las aguas sanitarias. Por otro lado, la instalación actualmente no cuenta con un sistema de recolección de lixiviados. Con el desarrollo de la Expansión Propuesta se construirá un sistema de recogido de lixiviados y también se incorporarán sistemas en puntos estratégicos en algunos sectores de los terrenos impactados por procesos de disposición, los cuales se conectarán a los nuevos sistemas de recolección de lixiviados. Estos lixiviados serán recogidos en un tanque y transportados a una Planta de Tratamiento de la AAA.

### 3.9.3 ENERGÍA ELÉCTRICA

El sistema de infraestructura eléctrica del Municipio de Arroyo está compuesto por las instalaciones de transmisión y distribución que atraviesan por todo el Municipio. Arroyo se alimenta de energía eléctrica de los controles de turbina de gas de Aguirre y Jobos en Guayama, y que generan una capacidad aproximadamente de 35,000 y 19.000 Kw. La infraestructura de distribución y transmisión de energía eléctrica está compuesta por tres (3) líneas que atraviesan el área territorial: La línea de mayor capacidad (230 kV) recorre el norte del barrio de Yaurel. Las otras dos líneas secundarias (115kV y 38kV) recorren la carretera PR-3.

La zona donde ubica el SRSMA en el Barrio Ancones es servida por líneas eléctricas propiedad de la Autoridad de Energía Eléctrica (AEE) que discurren a lo largo de la Calle Monte Verde.

### 3.9.4 INSTALACIONES AEROPORTUARIAS

Como indicáramos en el Capítulo 1, los terrenos propuestos para la expansión dentro del SRSMA están localizados a más de doce mil (12,000) pies del Aeropuerto de Patillas, *“distancia mayor de diez mil (10,000) pies” de una pista usada por aviones de motor de turbina (propulsión a chorro o “jet”)*. Por otro lado, este aeropuerto está en desuso.

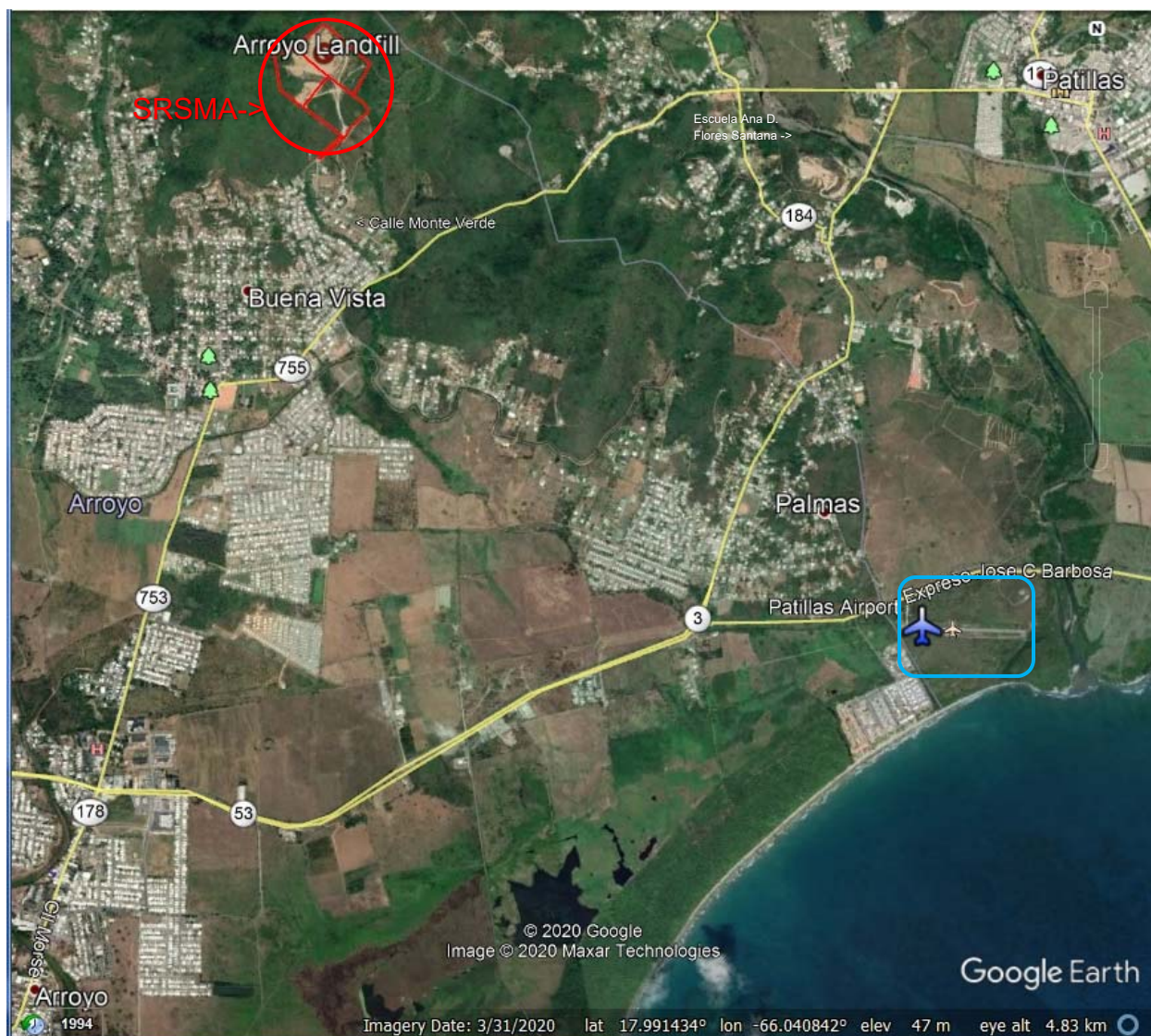


Figura Núm. 3.9.4-1 Ubicación del SRSMA con relación al Aeropuerto más cercano

### 3.9.5 VÍA DE TRANSPORTACIÓN, ACCESOS Y TRÁNSITO

El acceso principal al SRSMA es a través de un camino pavimentado privado controlado por el Municipio de Arroyo que colinda con la Calle Monte Verde en el Km.1.0 de la PR-755, del Barrio Ancones del mencionado Municipio. Dicha carretera, a su vez, conecta con la PR-3 (vea Figura Núm. 3.9.4-1). Las vías antes mencionadas, a excepción de la PR-3, son vías secundarias de dos carriles con tránsito limitado. Al presente proveen acceso relativamente descongestionado al SRSMA y las comunidades en los barrios cercanos. Alrededor de 10 a 12 camiones al día transportan los RSM de Arroyo y Patillas al SRSMA. Esto equivale a un promedio de 1.5 camiones por hora basado en 8 horas diarias de operación.



### 3.10 DISTANCIA A ZONAS RECEPTORAS

El terreno que rodea la instalación está en su mayor parte sin urbanizar. El receptor más cercano al área de la Expansión es una residencia (R<sub>r</sub>) a 180 metros al sur del SRSMA, pero a 350 metros de la expansión propuesta. Una iglesia (R<sub>c</sub>) ubica hacia el oeste, a 1,000 metros de la expansión propuesta. La Zona Industrial (R<sub>i</sub>), no en uso, se encuentra a más de 3,000 metros hacia el sur del área de la Expansión. Al sur del SRSMA se encuentra la zona de tranquilidad más cercana a una distancia de 1,500 metros, esta corresponde a la Escuela de Segunda Unidad José Horacio Cora (R<sub>t</sub>) (vea Tabla Núm. 3.10-1 y Figura Núm. 3.10-1).

Tabla Núm. 3.10-1 Distancias a Zonas Receptoras

Receptor	Zona	Descripción	Distancia desde el Área de la Expansión (metros)
R <sub>r</sub>	Zona I - Residencial	Residencia	350
R <sub>c</sub>	Zona II - Comercial	Iglesia	1,000
R <sub>i</sub>	Zona III - Industrial	Edificio	3,000
R <sub>t</sub>	Zona IV - Tranquilidad	Escuela	1,500



Figura Núm. 3.10-1 Localización y Distancia de los Receptores de Ruidos

### **3.11 RUIDOS**

Los niveles de ruido en los terrenos que ocupan el SRSMA y el área propuesta para su Expansión (Área C), así como en sus inmediaciones, cumplen con los estándares de ruido del DRNA. El nivel de ruido en un área donde ubique un SRS aumenta, por un lado, debido a los camiones que acarrearán los RSM y el material de relleno, y por otro, por los equipos pesados que se utilizan para esparcir, compactar y cubrir los residuos o desperdicios recibidos en la instalación.

En el pasado se disponían desperdicios municipales en el Área A de los terrenos que forman parte del vertedero y está localizada más cerca que el sector que se propone actualmente, el Área C, de los receptores más cercanos. Definitivamente, esta condición disminuirá significativamente el área a ser impactada por ruidos.

Durante el desarrollo de la Expansión, los niveles de ruido no excederán los valores actuales porque las operaciones continuarán en forma similar como al presente. La carga diaria al SRSMA será similar a la actual, por lo que el número de camiones transitando diariamente en las inmediaciones del SRSMA no aumentará. Tampoco aumentará el número de máquinas operando en el área activa de la instalación sanitaria, ya que la carga diaria será igual a la actual. Aun cuando los niveles de ruido en el SRSMA y la Expansión cumplan con los estándares de ruido promulgados por la reglamentación aplicable, no obstante a lo anterior, en el desarrollo de “La Expansión” se continuará implantando medidas para minimizar y mitigar los ruidos debido a las operaciones en el área.

### **3.12 CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA**

La construcción y operación de “La Expansión” se llevará a cabo durante horas del día, por lo que no será necesario utilizar ningún tipo de alumbrado, ni una fuente emisora de iluminación.

### 3.13 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y DE JUSTICIA AMBIENTAL

Como parte del desarrollo de este documento ambiental se llevó a cabo un Análisis Socioeconómico y de Justicia Ambiental para la acción propuesta. Las fuentes de información utilizadas para llevar a cabo este análisis a nivel de Puerto Rico, municipio y barrio fue el Censo 2010 y la Encuesta de Comunidad 2018 - 2022 a través del portal del “State Data Center” de Puerto Rico (SDC-PR,) del “U.S. Census Bureau”. Las variables analizadas en este informe fueron las siguientes:

- **Variables socioeconómicas**
  - Población y densidad poblacional
  - Edad: mediana de edad y población por edad y sexo
  - Raza
  - Nivel de educación
  - Ingreso: Ingreso per cápita e ingreso promedio por hogar
  - Hogares con ingresos bajo los niveles de pobreza
  - Variables de vivienda: estado (ocupación) y vivienda propia

- **Población**

El Barrio Ancones cuenta con una población de 4,693 habitantes y representa aproximadamente un 24.4% de la población del Municipio de Arroyo (MA). Con una extensión territorial de 2.05 millas cuadradas (mi<sup>2</sup>), el Barrio Ancones es el cuarto más extenso y uno de los barrios con una densidad poblacional intermedia en el Municipio que refleja una combinación de características urbanas y rurales (vea Tabla Núm. 3.13-1 y Figura Núm. 3.13-1).



Tabla Núm. 3.13-1 Perfil Poblacional del Municipio de Arroyo, Regional y Puerto Rico

Barrio	Población Total habitantes	Área Superficial mi <sup>2</sup>	Densidad Poblacional hab/mi <sup>2</sup>
<b>Municipio Arroyo</b>	19,249	16.09	1,196
<b>Ancones</b>	<b>4,693</b>	<b>2.05</b>	<b>2,289</b>
Arroyo Pueblo	2,500	0.38	6,607
Guásimas	4,230	0.97	4,382
Palmas	4,361	4.73	921
Pitahaya	1,886	3.19	591
Yaurel	1,579	4.77	331
<b>Regional</b>	473,509	494.0	959
<b>Puerto Rico</b>	3,252,407	3423.8	950

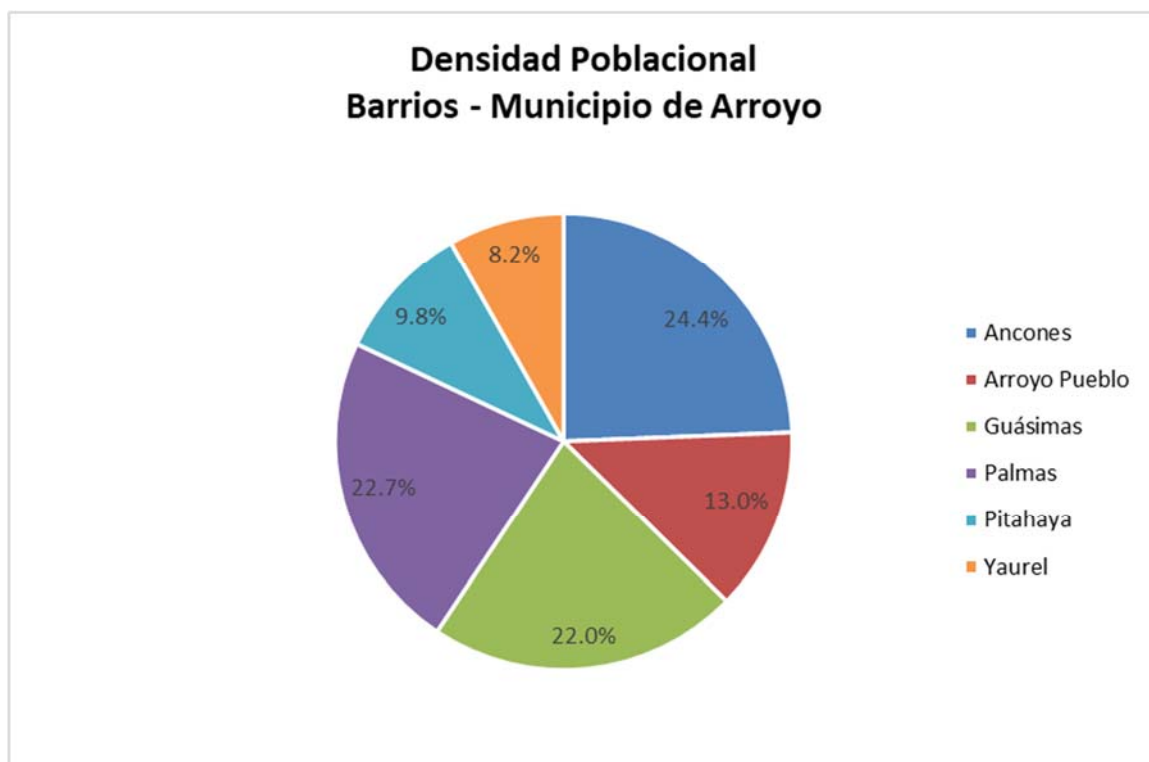


Figura Núm. 3.13-1 Densidad Poblacional por Barrio en Municipio de Arroyo

- **Edad**

La mediana de edad en los barrios del MA revela que Ancones destaca por tener la población más joven, con una mediana de 31.7 años. Este valor es inferior a los promedios registrados en los otros barrios del municipio. En comparación, barrios como Arroyo Pueblo (38.2 años), Guásimas (39.3 años), Pitahaya (37.2 años), Palmas (34.9 años) y Yaurel (39.7 años) presentan poblaciones más envejecidas. Entre estos, Yaurel tiene la mediana de edad más alta, indicando una población más madura en contraste con la demografía joven de Ancones. Esta diferencia refleja una diversidad en la composición etaria donde Ancones se posiciona como el barrio con mayor proporción de residentes jóvenes.

En Puerto Rico la mediana de edad ha experimentado un incremento notable en las últimas décadas, reflejando un acelerado envejecimiento poblacional. Según datos del Censo de 2020, la mediana de edad en la isla era de 45.2 años, un aumento significativo en comparación con los 36.9 años registrados en 2010.

La distribución de edad y sexo en el MA evidencia características demográficas típicas de una población en transición. En términos generales, se observa una ligera predominancia de la población femenina en casi todos los grupos de edad, con una mayor diferencia en los rangos superiores a los 65 años, reflejando una mayor esperanza de vida entre las mujeres.

En los grupos más jóvenes (0-14 años), la población masculina y femenina se mantiene relativamente equilibrada, aunque representa una proporción menor en comparación con los grupos de edad laboral (15-64 años). Este último rango domina la estructura poblacional, indicando que Arroyo cuenta con una base económica activa significativa.

Los grupos de edad superiores a los 65 años muestran un incremento en la proporción de habitantes, particularmente mujeres, lo cual sugiere un proceso de envejecimiento poblacional consistente con las tendencias observadas en el resto de Puerto Rico (vea Figura Núm. 3.13-2).

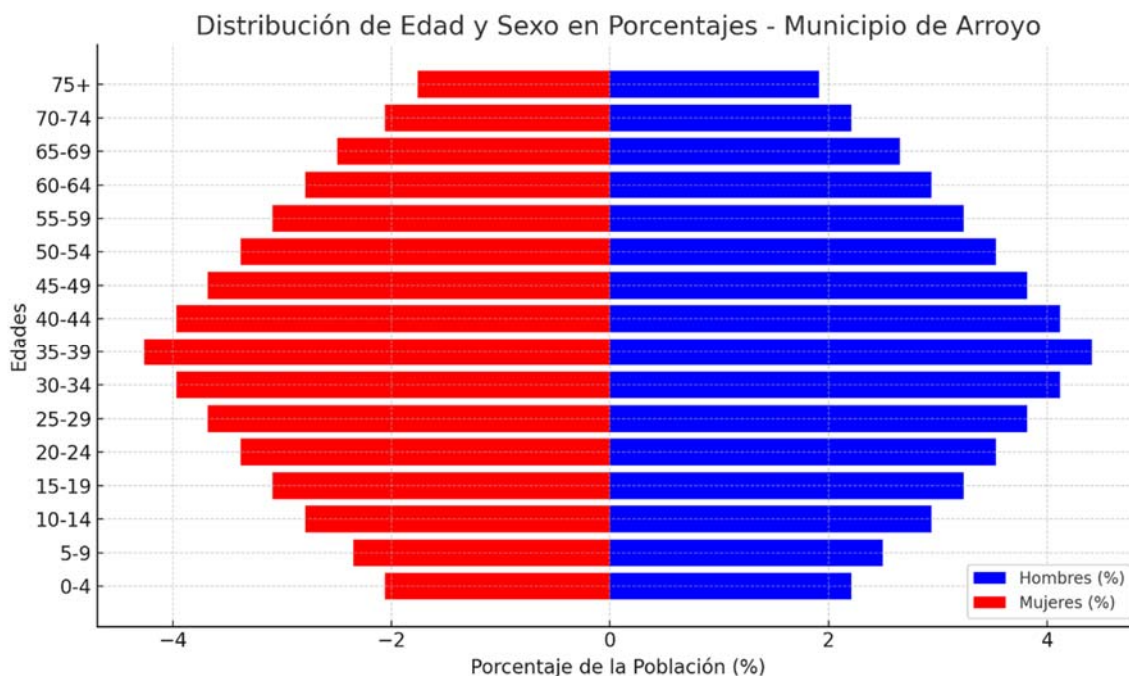


Figura Núm. 3.13-2 Distribución de Edad y Sexo en Municipio de Arroyo

### • Raza

Para el Negociado Federal del Censo, el término raza se define como una partida de datos en la cual los participantes se auto identifican o seleccionan la raza o las razas con las que más se identifican, o sea, es un elemento informativo de auto identificación. Se desprende de la información obtenida del Censo Federal que la población en el MA se caracteriza por una notable diversidad racial, con una mezcla significativa de blancos, afroamericanos y mestizos. En términos de composición racial, el MA presenta los siguientes datos según el censo de 2010:

- Blancos: 42.7%
- Negros o Afroamericanos: 23.7%
- Mestizos: 31.3%
- Otros (incluye asiáticos, indígenas, etc.): 2.3%
- Hispanos o Latinos: 92.8%

Dentro del municipio, **el Barrio Ancones** tiene una composición racial particular que lo distingue de otros barrios:

- Ancones:

- Blancos: 52.2%
- Afroamericanos: 32.2%
- Mestizos: 10.8%
- Otros: 4.0%

En comparación con otros barrios de Arroyo, Ancones presenta una mayor proporción de afroamericanos, alcanzando un 32.2%, lo que es más alto que en barrios como Arroyo Pueblo (26.5%) y Guásimas (25.1%). A su vez, Ancones tiene una proporción significativa de blancos (52.2%), lo que lo diferencia de barrios como Yaurel, donde el 59.4% de la población es afroamericana.

Aunque Ancones tiene un 52.2% de blancos, lo que lo coloca por debajo de barrios como Arroyo Pueblo (57%) y Guásimas (62.9%), su porcentaje de afroamericanos (32.2%) es superior al de barrios como Arroyo Pueblo (26.5%) y Palmas (27.0%). Por otro lado, la proporción de mestizos en Ancones (10.8%) es más baja que en barrios como Guásimas (28.0%) y Palmas (11.2%).

El MA se distingue por su considerable diversidad racial, con una mayor proporción de afroamericanos y mestizos en comparación con la Región Este de Puerto Rico y el total de la isla. Al comparar la composición racial de Arroyo con la de la Región Este y Puerto Rico en general, se evidencian diferencias claras en la distribución de los grupos raciales. La Tabla Núm. 3.13-2 muestra un resumen del perfil racial de los barrios y el MA, Región Este y Puerto Rico.

En la Región Este de Puerto Rico, la proporción de blancos (50%) es más alta que en Arroyo (42.7%), mientras que la proporción de afroamericanos en Arroyo (23.7%) supera a la de la región (20%). Además, Arroyo presenta una mayor proporción de mestizos (31.3%) en comparación con la región (28%).

A nivel nacional, la proporción de blancos en Puerto Rico (75%) es considerablemente superior a la del MA, y la presencia afroamericana (12%) es más baja en comparación con Arroyo, donde se observa una mayor diversidad racial.

Tabla Núm. 3.13-2 Perfil Racial del Municipio de Arroyo, Región Este y Puerto Rico

Localización	Blancos (%)	Afroamericanos (%)	Mestizos (%)	Otros (%)	Hispanos o Latinos (%)
<b>Municipio de Arroyo</b>	42.7	23.7	31.3	2.3	92.8
<b>Barrio Ancones</b>	<b>52.2</b>	<b>32.2</b>	<b>10.8</b>	<b>4.0</b>	<b>98.2</b>
Barrio Arroyo Pueblo	57.0	26.5	9.2	4.1	98.0
Barrio Guásimas	62.9	25.1	8.7	2.5	96.0
Barrio Palmas	59.2	27.0	11.2	2.1	96.0
Barrio Pitahaya	49.7	37.6	6.3	5.4	96.0
Barrio Yaurel	25.9	59.4	9.9	4.1	96.0
Región Este de Puerto Rico	50.0	20.0	28.0	2.0	96.0
Puerto Rico (Promedio)	75.0	12.0	10.0	3.0	98.0

### • Educación

Datos del Censo 2010 sobre Educación en el MA indican lo siguiente; la tasa de escolaridad en el municipio para personas de 5 a 24 años es del 85.4%, mientras la tasa de graduación secundaria en Arroyo es del 64%, un valor relativamente bajo en comparación con la media de Puerto Rico y la Región Este. En cuanto al nivel educativo de la población adulta, el 23% de los adultos mayores de 25 años en Arroyo no han completado la educación secundaria.

La Región Este de Puerto Rico, que incluye municipios como Humacao, Caguas y Fajardo, muestra indicadores educativos más favorables en comparación con el MA. La tasa de escolaridad en esta región es de 89%, lo que refleja un mayor acceso a la educación que en el MA. Además, la tasa de graduación secundaria en la Región Este es del 72%, un valor más alto que en Arroyo (64%), lo que sugiere que la Región Este tiene una mejor tasa de retención escolar y finalización de estudios. En términos de la población adulta, solo el 17% de los adultos mayores de 25 años en la Región Este no han completado la educación secundaria, lo que es significativamente más bajo que el 23% de MA. Este dato refleja una mayor proporción de la población adulta en la Región Este que ha completado al menos la educación secundaria. Esto indica que, en general, la población en la Región Este ha alcanzado niveles educativos superiores. La Tabla Núm. 3.13-3 muestra un resumen del Nivel de Educación en el MA, Región Este y Puerto Rico.

En Puerto Rico, la tasa de escolaridad es del 92% para las personas de 5 a 24 años, un valor mucho más alto que en Arroyo (85.4%) y la Región Este (89%). Por otra parte, la tasa de graduación secundaria a nivel nacional es del 78%, lo que está por encima de la tasa del MA (64%) y también más alto que en la Región Este (72%). En términos de la población adulta, solo el 14% de las personas mayores de 25 años en Puerto Rico no han completado la educación secundaria, un porcentaje significativamente más bajo que en Arroyo (23%) y la Región Este (17%).

Tabla Núm. 3.13-3 Nivel de Educación en Municipio de Arroyo, Región Este y Puerto Rico

Indicador	Municipio de Arroyo	Región Este	Puerto Rico (Promedio Nacional)
Tasa de Escolaridad (5 a 24 años)	85.4%	89%	92%
Tasa de Graduación Secundaria	64%	72%	78%
Nivel Educativo (Población 25+ años) - % sin secundaria	23%	17%	14%

- **Ingreso**

***Ingreso per cápita e ingreso por hogar***

Según los datos del Censo 2010, el ingreso per cápita en el MA es de \$7,191, lo que coloca al municipio por debajo del promedio de la Región Este de Puerto Rico, donde el ingreso per cápita es de \$8,375, y muy por debajo del promedio a nivel nacional en Puerto Rico, que es de \$11,000. En términos de ingreso promedio por hogar, el municipio presenta una cifra de \$18,846, que también está por debajo de los valores observados en la Región Este (\$23,000) y el promedio de Puerto Rico (\$29,000), vea Tabla Núm. 3.13-4.

A nivel de los barrios dentro del municipio, Ancones destaca con un ingreso per cápita de \$7,131 y un ingreso promedio por hogar de \$24,845, lo que es relativamente alto en comparación con otros barrios de Arroyo. En cambio, otros barrios como Guásimas presentan un ingreso per cápita de \$6,629 y un ingreso promedio por hogar de \$18,178, lo que refleja una situación económica más limitada. De manera similar, barrios como Palmas y Pitahaya tienen ingresos per cápita que rondan los \$6,200 y \$6,800, respectivamente, con ingresos promedio por hogar que se encuentran entre los \$18,000 y \$19,000.

En comparación, Arroyo Pueblo, la zona urbana del municipio, tiene un perfil económico diferente. Aunque los datos específicos de ingreso per cápita por barrio no están disponibles, es razonable inferir que el Barrio Arroyo Pueblo podría tener un nivel de ingresos más alto en comparación con los barrios rurales, dado que las áreas urbanas suelen tener acceso a mayores oportunidades laborales y servicios.

Cuando se compara el MA con la Región Este de Puerto Rico y Puerto Rico en general, se observa que el MA tiene ingresos per cápita y de hogares más bajos, lo que resalta una posible brecha socioeconómica dentro de la isla. Aunque algunos barrios, como Ancones, presentan niveles de ingreso relativamente más altos, la mayoría de los barrios del municipio enfrentan un panorama económico más limitado.

Tabla Núm. 3.13-4 Ingreso per Cápita e Ingreso Promedio por Hogar en Municipio de Arroyo, Región Este y Puerto Rico

Localización	Ingreso Per Cápita (\$)	Ingreso Promedio por Hogar (\$)
<b>Municipio de Arroyo</b>	7,191.00	18,846.00
<b>Barrio Ancones</b>	<b>7,131.00</b>	<b>24,845.00</b>
Barrio Guásimas	6,629.00	18,178.00
Barrio Palmas	6,203.00	18,703.00
Barrio Pitahaya	6,805.00	19,565.00
Barrio Yaurel	6,171.00	18,403.00
Barrio Arroyo Pueblo	N/A	N/A
Región Este de Puerto Rico	8,375.00	23,000.00
Puerto Rico (Promedio Nacional)	11,000.00	29,000.00

### ***Hogares con Ingresos debajo del Nivel de Pobreza***

Según datos del **Censo 2020**, en el MA más de la mitad de los adultos ~~en Arroyo~~ viven por debajo del umbral de pobreza. A nivel regional, el MA se destaca con un 59.2% de su población adulta bajo el nivel de pobreza, situándose entre los municipios con mayores índices de pobreza en la isla. En comparación con la Región Este de Puerto Rico (45%) y el promedio nacional de Puerto Rico (40%), el MA tiene una tasa de pobreza considerablemente más alta.

Dentro del municipio, existen disparidades en los ingresos por barrio. El Barrio Ancones presenta un ingreso promedio por hogar de \$24,845, el más alto entre los barrios del MA, pero aún con un nivel de pobreza elevado. Los barrios de Guásimas y Yaurel tienen un ingreso promedio por hogar de \$18,178 y \$18,403, respectivamente, con altos porcentajes de pobreza. Por su parte, los barrios de Palmas y Pitahaya tienen ingresos promedio de \$18,703 y \$19,565, respectivamente, con pobreza moderada. La Tabla Núm. 3.13-5 presentan los valores de este indicador.

A nivel regional, la Región Este de Puerto Rico tiene un ingreso promedio por hogar de \$23,000, superior al del MA, y una tasa de pobreza más baja del 45%. A nivel nacional, el ingreso promedio por hogar es de \$29,000, con una tasa de pobreza del 40%.

En general, el MA presenta una situación económica más difícil que la Región Este y el promedio de Puerto Rico, con una alta proporción de su población viviendo por debajo del nivel de pobreza y un ingreso promedio más bajo en comparación con otras áreas.

Tabla Núm. 3.13-5 Nivel de Pobreza en Municipio de Arroyo, Región Este y Puerto Rico

Localización	Poblacion Bajo el Nivel de Pobreza (%)	Ingreso Promedio por Hogar (\$)
<b>Municipio de Arroyo</b>	59.2	18,846.00
<b>Barrio Ancones</b>	<b>Alta</b>	<b>24,845.00</b>
Barrio Guásimas	Moderada	18,178.00
Barrio Palmas	Baja	18,703.00
Barrio Pitahaya	Moderada	19,565.00
Barrio Yaurel	Alta	18,403.00
Barrio Arroyo Pueblo	N/A	N/A
Región Este de Puerto Rico	45.0	23,000.00
Puerto Rico (Promedio Nacional)	40.0	29,000.00



### ***Características de las Viviendas:***

#### ***Ocupación de la Vivienda***

Según los datos del Censo 2010, el MA presenta las siguientes características en cuanto a la ocupación de la vivienda:

- Total de unidades de vivienda: 8,875
- Unidades ocupadas: 7,191 (80.9% de las unidades)
- Unidades desocupadas: 1,684 (19.1% de las unidades)

El MA tiene un total de 18,112 unidades ocupadas, de las cuales 7,762 son viviendas propias, lo que representa un 42.8% de las viviendas ocupadas. Entre los barrios, Ancones destaca con una alta proporción de viviendas propias (57.6%), mientras que Guásimas (38.3%), Palmas (31.5%), Pitahaya (7.6%) y Yaurel (39.5%) tienen porcentajes más bajos. En comparación, la Región Este de Puerto Rico tiene una tasa de viviendas propias del 81.0%, y Puerto Rico a nivel nacional alcanza un 82.7%. Estos datos reflejan una mayor concentración de viviendas propias en otras regiones, mientras que el MA presenta una proporción más baja de viviendas propias en relación con el resto de la Isla. La Tabla Núm. 3.13-6 presentan las unidades ocupadas y vivienda propia.

Tabla Núm. 3.13-6 Vivienda Ocupada y Vivienda Propia en Municipio de Arroyo, Región Este y Puerto Rico

Localización	Unidades Ocupadas	Viviendas Propias Unidades	Viviendas Propias (%)
<b>Municipio de Arroyo</b>	18,112	7,762	42.8
<b>Barrio Ancones</b>	<b>5,462</b>	<b>3,150</b>	<b>57.6</b>
Barrio Guásimas	4,030	1,544	38.3
Barrio Palmas	3,789	1,194	31.5
Barrio Pitahaya	3,242	247	38.5
Barrio Yaurel	1,589	627	39.5
Barrio Arroyo Pueblo	N/A	N/A	N/A
Región Este de Puerto Rico	N/A	N/A	81.0
Puerto Rico (Promedio Nacional)	N/A	N/A	82.7

## **4.0 IMPACTOS AMBIENTALES DE LA ACCIÓN PROPUESTA Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

Los impactos ambientales potenciales que están asociados al desarrollo de la Expansión Propuesta se examinan y se evalúan en este capítulo. También se discuten en éste las medidas de prevención, minimización y mitigación que serán implantadas.

### **4.1 TOPOGRAFÍA**

La construcción y la operación de la Expansión Propuesta provocarán cambios permanentes en la topografía de los sectores de los terrenos a ser desarrollados, como en algunos sectores de las inmediaciones donde actualmente se disponen los RSM. La fase de construcción de “La Expansión” requiere, por un lado, movimiento del material de la corteza terrestre para alcanzar los niveles finales de corte que se han propuesto para algunos componentes dentro del área de la Expansión Propuesta, según los diseños realizados. Por otro lado, en el área de expansión lateral para disposición adicional de los RSM, luego de alcanzar el nivel final de la sub-base, se colocarán los sistemas para contener y recoger los lixiviados, y se comenzarán los depósitos de RSM y material de cubierta alterando continuamente los niveles topográficos hasta alcanzar los niveles finales propuestos.

Por tal razón, en el sector donde se desarrollaría el componente para la disposición final de RSM (5 cdas. aprox.), los cortes variarán de 1m hasta un 25m. Por lo anterior, será necesario implantar durante las fases de construcción y operación medidas para el control de la erosión y sedimentación de los terrenos, y minimizar la generación de polvo fugitivo como resultado del movimiento de tierra, las cuales se discuten más adelante.

### **4.2 EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN**

La huella de construcción de “La Expansión” impactará directa e indirectamente un área superficial de 5 cuerdas aprox. para el área de disposición de RSM, caminos de acceso y otros. El desarrollo de estos conllevará la remoción de la corteza terrestre lo que expondrá el suelo a la lluvia, escorrentías y erosión en diferentes momentos durante la construcción de “La Expansión. No obstante, se llevarán a cabo medidas para evitar que la mayor parte de la escorrentía saturada de sedimentos, o sedimentos suspendidos,

sean transportados fuera del terreno utilizando una serie de obras hidráulicas que drenen hacia las lagunas de detención. Los sedimentos que se acumulen en las lagunas serán removidos periódicamente para mantener su capacidad y estos serán depositados en el relleno sanitario.

Para propósito de la Expansión Propuesta otras medidas reglamentarias, operacionales y estructurales se llevarán a cabo para evitar y/o minimizar la erosión y transporte de sedimentos fuera de los terrenos a ser desarrollados:

- Se preparará el Permiso General Consolidado (PGC) del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA).
- Se preparará el Plan para la Prevención de la Contaminación de Aguas Pluviales (SWPP, por sus siglas en inglés) requerido en el Permiso General (NPDES, por sus siglas en inglés) de Aguas de Escorrentías Multisectorial para Actividades Industriales de la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés).
- Como medida de mitigación para minimizar la pérdida de suelos ocasionada por la erosión durante las fases de construcción y operación de “La Expansión”, se implantarán nuevas medidas de control de erosión de acuerdo con el Permiso General de Otras Obras (PGO) y al Permiso General de Aguas de Escorrentías Multisectorial para Actividades Industriales.
- La escorrentía generada en los terrenos a ser desarrollados será desviada hacia las lagunas de detención de donde los sedimentos precipitados serán removidos y re-utilizados como material de cubierta diaria.
- El agua de escorrentía externa a los terrenos a ser desarrollados que pueda lograr acceso a estos será desviada hacia sus cauces naturales para evitar que causen erosión en sectores de la Expansión o se combinen con la escorrentía generada en el área del relleno sanitario.
- Se desarrollarán zanjas de desvío (“*diversion swales*”), donde sea necesario, para interceptar la escorrentía.

- La acumulación de material suelto por periodos prolongados no será permitida para evitar el arrastre de estos en periodos de precipitación.
- Se mantendrá, cuando corresponda, en su estado natural una franja de terreno con cubierta vegetal, que colinde con las áreas donde se esté desarrollando la construcción de “La Expansión”, con el propósito de que la vegetación atrape los sedimentos que la escorrentía pudiera arrastrar.
- Se instalarán mallas de retención de sedimentos (“*silt fences*”) alrededor del perímetro de las áreas de amortiguamiento con anterioridad al inicio del movimiento de tierra.
- Los taludes de la laguna y los puntos de descarga de escorrentía dentro y fuera de ésta deben ser protegidos de erosión.

### 4.3 CALIDAD DE AIRE

Muchos de los problemas ambientales en el desarrollo de un proyecto son causados por la contaminación atmosférica. Esta contaminación puede provocar efectos adversos tanto a los seres humanos como a la naturaleza. Esta es la principal razón porque las agencias reguladoras (federales y locales) han establecido Normas Primarias y Secundarias Nacionales bien estrictas.

La zona donde se propone desarrollar “La Expansión” deberá cumplir con los parámetros de calidad de aire y con las normas federales y estatales, estas últimas bajo el DRNA. Varias de las actividades durante la construcción y operación de “La Expansión” podrían contribuir a aumentar la carga total de contaminantes a la atmósfera en la Región. Esto podría limitar la capacidad asimilativa de la zona, lo que tiene el potencial de acelerar el deterioro de la calidad del aire a medida que otras fuentes de contaminación atmosférica se ubican en la Región.

Ante esto, resulta necesario la implantación de medidas durante la construcción y la operación para evitar y/o minimizar la contaminación atmosférica. Estas medidas deberán llevarse a cabo sobre las siguientes emisiones a la atmósfera:

- Etapa de Construcción - Emisiones Fugitivas, Móviles y Fuentes Estacionarias
- Etapa de Operación - Emisiones Fugitivas y Móviles.

Se espera que la generación de las emisiones antes mencionadas en las etapas de construcción y operación estarán presente de manera temporal e intermitente. Estas emisiones corresponden a aquellas desde la generación de polvo fugitivo hasta las emisiones de tubo de escape (*mufflers*) del equipo pesado a ser utilizado en “La Expansión”. Aunque estas emisiones son similares a las operaciones actuales relacionadas con la disposición de RSM, hemos decidido revisarlas como parte de esta DIA.

Las emisiones de polvo fugitivo y las emisiones de tubo de escape por uso de equipo pesado se estimaron con los Factores de Emisión de la EPA (EPA, 2002) que incluyen datos sobre combustión interna de motores diésel de equipos pesado.

### **4.3.1 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN**

#### **4.3.1.1 EMISIONES FUGITIVAS Y FUENTES MÓVILES**

En las etapas de construcción este tipo de emisiones resultantes serán causadas por el movimiento de terreno, el acarreo de materiales y el tránsito de equipo pesado que generarán polvo fugitivo al igual que las emisiones generadas por la combustión de los motores del equipo pesado. En el caso de “La Expansión” se estima que la construcción tomará aproximadamente ocho (8) meses y se contempla que dicha actividad se llevará a cabo durante 8 horas por día en 5 días a la semana. El área superficial donde se llevará la actividad de movimiento de tierra es de aproximadamente siete (7) cuerdas de terreno y tomará un tiempo estimado de cuatro (4) meses.

Las emisiones de polvo fugitivo generadas durante la actividad de construcción son función de la operación del movimiento de terreno, la humedad, el tipo de suelo y las condiciones atmosféricas, entre otras. Por otra parte, durante la construcción se generarán emisiones de contaminantes por parte de vehículos y equipos, esto debido al uso de combustible diésel en sus motores. La Tabla Núm. 4.3.1.1-1 muestra el equipo de construcción típico que se usaría durante la construcción de “La Expansión”.

Estos valores fueron obtenidos del “*Exhaust and Crankcase Emission Factor Nonroad Engine Modeling Compression-Ignition* (EPA 2002)” para cada uno de los equipos que están previstos a ser utilizados en “La Expansión”. Para lograr mayor reducción en la

emisión de contaminantes atmosféricos generados durante las actividades de construcción asociadas con “La Expansión”, se implementarán las siguientes prácticas de manejo:

- Solicitud de un Permiso General Consolidado para el control de emisiones de polvo fugitivo;
- Control del levantamiento de polvo asperjando agua sobre la superficie de terreno;
- Remoción de residuos de otros materiales sueltos en los caminos dentro de “La Expansión”;
- Uso de cubiertas en los camiones de volteo para evitar el transporte aéreo de material Particulado;
- Instalación de rótulos que indiquen la velocidad máxima de tránsito de vehículos de motor en área de construcción; y
- Desarrollo de un Plan de Inspección Diaria para el control de polvo fugitivo, el cual deberá ser delineado por el contratista y/o inspector de “La Expansión” para cumplimiento de las medidas preventivas.

Tabla Núm. 4.3.1.1-1 Capacidad y Factores de Carga de Equipo de Construcción

<i>Equipo de Construcción</i>	<i>Caballos de fuerza (hp)</i>	<i>Número de Unidades</i>	<i>Factor de Carga</i>
<i>Excavadora (Cat 320)</i>	128hp	2	0.59
<i>Camión {1Tumba &amp; 2 Articulado}</i>	350hp & 301hp	3	0.59
<i>Tractor de Cadenas (D-5 &amp; D-8)</i>	[110hp & 305hp]	2	0.59
<i>Retroexcavadora-Digger-Backhoe</i>	85hp	1	0.59
<i>Rolo Vibrador - 20ton</i>	174hp	1	0.59
<i>Niveladora (Grader)</i>	175hp	1	0.59
<i>Camión Tanque -Asperjar Agua</i>	325 hp	1	0.59

### 4.3.1.2 FUENTES ESTACIONARIAS: GENERADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA

En la etapa de construcción de “La Expansión” se utilizará un generador de energía eléctrica para la operación del sistema de bombeo para el manejo de las escorrentías que se acumulen dentro del área de construcción y para uso de aquellos equipos que necesiten energía eléctrica. Posteriormente durante la etapa de operación se utilizará el generador para propósito de emergencia en el manejo del sistema de bombeo de lixiviados y de escorrentías.

Las emisiones pico de CO (Monóxido de Carbono), PM (Materia Particulada) y NO<sub>x</sub>+NMHC (Óxido de Nitrógeno + Hidrocarburo No Metano) para un generador de energía eléctrica de emergencia de 35kw y 500 horas de operación al año se estimaron utilizando los estándares de emisión de la Tabla 2 del 40 CFR Parte 60 Subparte IIII que se presentan en la Tabla Núm. 4.3.1.2-1.

Tabla Núm. 4.3.1.2-1 Emisiones Máximas - Generadores Energía Eléctrica (35 kw potencia)

<i>Contaminante</i>	<i>Factor de Emisión (g/kw-hr)</i>	<i>Emisiones (toneladas/año)</i>
CO	7.5	0.14
PM	0.30	0.005
NO <sub>x</sub> +NMHC	5.5	0.11

### 4.3.2 ETAPA DE OPERACIÓN

Se espera que la operación de “La Expansión” conllevará la generación de emisiones similares a las generadas por el SRS existente. Estas emisiones se componen de metano, dióxido de carbono, material particulado y otros contaminantes que están relacionados a la etapa de operación. Estas emisiones serán controladas mediante la implantación de prácticas de mantenimiento y/o control de emisión, tales como; rociado por agua sobre la superficie de terreno, uso de *mufflers* en los equipos y sistema de manejo de gases en el área de disposición de RSM, entre otros. Estas medidas se llevarán a cabo para atender aquellas emisiones generadas en los caminos de acceso a la zona de disposición de los RSM y el lugar donde se encuentre el generador de energía.

### 4.3.2.1 FUENTES FUGITIVAS

El uso frecuente de rociadores en la cubierta diaria y en los caminos será la manera de atender este asunto durante la operación en el área de trabajo de la Expansión Propuesta. La nueva celda de relleno sanitario deberá ser operada para reducir la generación de polvo fugitivo y el movimiento de residuos sólidos desplazados por el viento. La Tabla Núm. 4.3.2.1-1 presenta un estimado de generación de polvo fugitivo para esta actividad.

Tabla Núm. 4.3.2.1-1 Emisiones de Polvo Fugitivo - Actividad Cubierta Diaria

<i>Polvo Fugitivo</i>	<i>Factor Emisión PM<sub>10</sub></i>		<i>Parámetros</i>	<i>Emisiones PM<sub>10</sub>, lbs/día</i>
	<i>Valor</i>	<i>Unidad</i>		
<i>Arrastre de Material de Cubierta</i>	21.8	Lbs./hora/bulldozer	2 bulldozer, operando 4 horas/día	175
<i>Cubierta del Residuo Sólido</i>	26.4	Lbs./hora/nivelado	1 acre	26.4
<i>Total- No Mitigación (lbs/día)</i>				110.5
<i>Total- Con Mitigación (lbs/día)</i>				52.4

### 4.3.2.2 FUENTES MÓVILES: USO DE EQUIPO PESADO

El equipo pesado que se asume que será utilizado durante la operación de “La Expansión” producirá emisiones de contaminantes debido al uso de combustible diésel en sus motores. La Tabla Núm. 4.3.2.2-1 muestra el equipo pesado que se usará durante la operación de “La Expansión”, la capacidad promedio y los factores de carga de cada equipo, mientras la Tabla Núm. 4.3.2.2-2 provee los estimados de toneladas mensuales de emisión de contaminante criterio de “La Expansión”. Estos estimados son basados en la información obtenida del *Exhaust and Crankcase Emission Factors for Nonroad Engine Modeling - Compression-Ignition* (EPA, 2002).



Tabla Núm. 4.3.2.2-1 Equipo Pesado a usarse en la Operación de la Expansión Lateral

<i>Equipo Pesado</i>	<i>Número de Unidades</i>	<i>Caballos de Fuerza (hp)</i>	<i>Factor de Carga (+)</i>	<i>Horas Máximas de Operación por Mes</i>
<i>Camión {1Tumba &amp; 2 Articulado}</i>	3	350hp & 301hp	0.59	80
<i>Rolo Vibrador - 20ton</i>	1	174hp	0.59	80
<i>Tractor-Bulldozer (D-5 &amp; D-8)</i>	2	[110hp & 305hp]	0.59	80
<i>Compactadora</i>	1	315hp	0.59	80
<i>Retroexcavadora-Digger-Backhoe</i>	1	85hp	0.59	80
<i>Excavadora (Cat 320)</i>	2	128hp	0.59	80
<i>Camión Tanque -Asperjar Agua</i>	1	325 hp	0.75	80

+ Indica proporción promedio de capacidad de motor utilizada considerando el efecto de operación bajo condiciones de carga en espera y parcial, así como operación intermitente.

Tabla Núm. 4.3.2.2-2 Estimados de Emisiones de Equipo Pesado

<i>Contaminante Criterio</i>	<i>Toneladas por Mes (TPM)</i>
CO	1.2
NOx	0.90
PM <sub>10</sub>	0.06
HC (Hidrocarburos)	0.14
SO <sub>2</sub>	0.04

Nota: Factores basados en el Tier 1.

### 4.3.3 CONCLUSIÓN

Durante la construcción y operación de “La Expansión” las fuentes fugitivas, estacionarias y móviles se mantendrán similares a las actuales y estarán sujetas a las reglamentaciones para el control de la Calidad de Aire del DRNA y de la EPA. Basado en estos análisis, se anticipa que las emisiones de polvo fugitivo y de contaminantes criterio de los equipos durante la construcción y operación no serán significativas cumpliendo con los Estándares Estatales de Calidad de Aire (250 toneladas por año por contaminante de criterio).

#### 4.4 GEOLOGÍA Y SUELOS

La cabida superficial de los terrenos donde se desarrollará “La Expansión” es de 9.95 cuerdas, de las cuales una parte ha sido impactada directamente por la actividad de extracción de la corteza terrestre.

En la fase de construcción de “La Expansión”, se requerirá de movimiento del material de la corteza terrestre para desarrollar las pendientes de corte de terreno y alcanzar la elevación final requerida según el diseño preparado del área de la Expansión Lateral. Este tipo de actividad ocasionará impactos directos sobre la topografía, geología y suelos. El material será extraído y removido con el objetivo de desarrollar los cortes requeridos y taludes hasta alcanzar pendientes con inclinación de 26 grados (2H:1V), según propuesto en el diseño esquemático. Previo a la fase de operación de “La Expansión” se instalará un sistema de revestimiento compuesto siguiendo los requerimientos de la reglamentación federal y estatal para contener y recoger los lixiviados.

Las formaciones geológicas que serán impactadas por el desarrollo de “La Expansión” se hacen mención en el Capítulo 3. El suelo, aunque se impactará al ser removido durante la fase de construcción de “La Expansión”, los impactos proyectados no serán de gran magnitud al compararlo con las condiciones actuales de los procesos de extracción llevadas a cabo en este sector.

- **Movimiento de Tierra durante la Fase de Construcción**

El movimiento de tierra consistirá en la extracción y remoción de la corteza terrestre. Se estima que el movimiento de corteza por extracción será de aproximadamente 125,000 metros cúbicos de material en el área de construcción de “La Expansión”. El mayor volumen de la corteza terrestre será extraído para desarrollar el área de disposición de residuos sólidos. Para ello, se utilizará el método de extracción de corte y raspado uniforme escalonadamente hasta alcanzar la cota de elevación base final aproximadamente 125 metros, constituyendo el nivel más bajo (elevación base) de “La Expansión”. Sobre esta elevación base ubicará el revestimiento geosintético compuesto y el sistema de recolección de lixiviados.

- **Movimiento de Tierra durante la Fase de Operación**

Las actividades de movimiento de tierra comprenden el depósito de relleno que se obtendrá del material de la corteza que se proyecta extraer principalmente durante la fase de construcción. Según se ha indicado, este material de relleno se utilizará para cubrir los residuos sólidos depositados al concluir las operaciones diarias, según requerido por la reglamentación vigente, y para el mantenimiento de caminos internos (en tierra) y estabilización de taludes según sea necesario durante la fase de operación de “La Expansión”.

- **Medidas de Mitigación**

Las medidas de mitigación a implantarse durante la fase de construcción y operación de “La Expansión” consistirán en la implementación de las mejores prácticas de manejo (BMP, por sus siglas en inglés) para el control de la erosión y sedimentación de los terrenos, y controlar la creación de polvo fugitivo como resultado del movimiento del terreno. El manejo del material de la corteza terrestre se hará en cumplimiento con las disposiciones estatales y federales reglamentarias aplicables. A tales efectos, se requerirá los siguientes permisos, tomando en consideración la Expansión Propuesta:

- Permiso General Consolidado de la OGPe (de conformidad con las disposiciones del Reglamento Conjunto, el cual incluye el Plan para el Control de la Erosión y Prevención de la Sedimentación (Plan CES), el Permiso para el Control de Fuentes de Emisión de Polvo Fugitivo y el Permiso DS-3.
- Permiso General (NPDES, por sus siglas en inglés) de Aguas de Escorrentía Multi-Sectorial para Actividades Industriales de la EPA, el cual incluye un Plan para la Prevención de la Contaminación de Aguas Pluviales (SWPPP, por sus siglas en inglés).

Las medidas incluidas en los permisos mencionados ayudarán a reducir al mínimo el transporte de sedimentos hacia las áreas bajas cercanas a “La Expansión” durante la fase de construcción. El Plan de Operación también será enmendado

para asegurar la continuidad y el mantenimiento de aquellas medidas de mitigación implantadas durante la fase de construcción de “La Expansión” que sean necesarias aplicar durante la fase de operación.

#### **4.5 RECURSOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

La expansión del Sistema de Relleno Sanitario Municipal de Arroyo (SRSMA) requiere una evaluación integral de sus impactos ambientales, con especial atención a los recursos hídricos superficiales y subterráneo. No se prevén efectos adversos significativos sobre la hidrología de los terrenos a ser desarrollados como resultado de la construcción y operación de la expansión. Para asegurar esto, se han considerado el diseño e incorporación de una serie de infraestructuras hidráulicas que permitirán un manejo eficiente de la escorrentía y la mitigación de posibles impactos.

La tendencia natural del flujo superficial en el área se orienta en dirección norte-sur, siguiendo el relieve topográfico del terreno. Como parte de la acción propuesta, se implementarán medidas de control y prevención para minimizar cualquier alteración en el cauce existente de la Quebrada Yaurel. Estas medidas garantizarán el adecuado manejo de la escorrentía y la protección de los recursos hídricos, asegurando el cumplimiento con los estándares ambientales y normativos aplicables.

A continuación, se detallan los posibles impactos y las medidas de mitigación propuestas desde una perspectiva hidrológica y ecológica.

##### **Impactos Potenciales:**

- **Contaminación de Aguas Superficiales:** La escorrentía pluvial que atraviesa áreas activas del relleno sanitario puede arrastrar contaminantes, incluyendo lixiviados, hacia cuerpos de agua superficiales como la Quebrada Yaurel. Esto podría deteriorar la calidad del agua, afectando la flora y fauna acuática, así como los usos recreativos y abastecimiento humano.
- **Contaminación de Aguas Subterráneas:** La infiltración de lixiviados no controlados puede alcanzar el acuífero subyacente, comprometiendo la calidad del agua subterránea utilizada para actividades agrícolas.

### Medidas de Mitigación:

- **Sistema de Control de Escorrentía Pluvial:** Se implementarán zanjas y trincheras en las áreas inactivas para canalizar la escorrentía hacia una charca de detención mejorada, ubicada en el sector sureste del Área B. Esta charca ha sido diseñada para regular los caudales picos excedentes generados por la actividad en la instalación sanitaria, asegurando su capacidad de manejo ante eventos de lluvia con períodos de retorno de hasta 100 años y una duración de 24 horas (véase Estudio H-H en Apéndice Núm. 1). Esta infraestructura desempeñará un papel clave en la sedimentación de sólidos y la reducción de contaminantes, permitiendo que el agua sea descargada de manera controlada y segura hacia la Quebrada Yaurel, sin comprometer la calidad del recurso hídrico. Adicionalmente, estas medidas contribuirán a prevenir la acumulación de agua en la superficie del SRSMA, reduciendo el riesgo de infiltración y garantizando una retención eficiente de sedimentos, lo que optimizará el desempeño operativo y ambiental de la instalación sanitaria.
- **Revestimiento y Sistema de Recolección de Lixiviados:** Instalación de una geomembrana impermeable en las celdas de disposición de residuos, acompañada de un sistema de drenaje que recolecte y trate los lixiviados generados, evitando su infiltración al subsuelo y protegiendo así las aguas subterráneas.
- **Monitoreo Continuo de Aguas:** Establecimiento de un programa de monitoreo periódico de la calidad del agua en puntos estratégicos de la Quebrada Yaurel para detectar y abordar oportunamente cualquier indicio de contaminación.

El desarrollo de las áreas para la Expansión Propuesta no causará impacto en las aguas superficiales regionales y solo tendrá impactos mínimos en los sistemas locales de drenaje superficial. La escorrentía dentro del área activa formará parte del drenaje interno.

La escorrentía dentro de “La Expansión” transportará sedimentos desde las áreas sin vegetación. El transporte de esta escorrentía, aguas abajo de los límites de los terrenos de la Expansión Propuesta se evitará desviando la escorrentía de las áreas activas hacia la charca de detención.

El cauce intermitente al este continuará teniendo flujo como respuesta a eventos de lluvia. Por consiguiente, no se anticipa ningún impacto a los cuerpos de agua superficiales del área.

El lugar para la Expansión Propuesta del SRSMA se encuentra fuera del área inundable. El Mapa de Niveles de Inundación Base Recomendados preparados por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés) fue revisado sobre este particular. Este corresponde al “*FEMA Community Panel #72000C1770H*”, adoptado por la Junta de Planificación (JP) según la Resolución Núm. ABFE-01 del 23 de marzo de 2018 y certificados por el Gobernador el 13 de abril de 2018. El SRSMA está localizado en un lugar clasificado por la Junta de Planificación (JP) como Zona X. La Quebrada Yaurel está al este de “La Expansión” del SRSMA. La JP por medio del Reglamento de Planificación #13 (Reglamento sobre Área Especiales de Riesgo a Inundación, vigencia 7 de enero de 2010) define la Zona X como; *Área determinada fuera de la inundación de la tormenta de 500-años*. FEMA preparó estos mapas para establecer los límites de las zonas susceptibles a inundación y ayudar en la determinación de zonas de alta probabilidad de inundación en Estados Unidos y Puerto Rico.

El área propuesta para la disposición de RSM contará con sistemas de revestimiento y de recolección de lixiviados, por lo que no contribuirán a la degradación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Los sistemas de recolección de lixiviados estarán localizados en la celda donde se depositarán los residuos sólidos. Por otra parte, no existen pozos de uso público en los terrenos inmediatos a la Expansión Propuesta o del SRS existente (vea Figura Núm. 3.5.2-1), por lo que no existe potencial de contaminación a fuentes de abastos subterráneas.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

El Estudio Hidrológico-Hidráulico evaluó el impacto de la Expansión Lateral del Sistema de Relleno Sanitario Municipal de Arroyo (SRSMA) sobre el comportamiento de la escorrentía y la capacidad de drenaje en el área de estudio. Mediante la simulación hidrológica e hidráulica, se analizaron las condiciones de flujo en escenarios de condición existente y condición propuesta, considerando eventos de lluvia con período de retorno de hasta 100 años.

Los resultados del análisis hidrológico indicaron que, en la condición existente, algunas secciones de la Quebrada Yaurel presentan limitaciones en su capacidad hidráulica, con riesgo de desbordamientos en las secciones RS 8, RS 7 y RS 6. Por el contrario, los resultados del escenario propuesto demostraron una reducción en los caudales pico, especialmente en eventos de corta duración, lo que confirma la efectividad de las medidas de mitigación implementadas.

La inclusión de una charca de detención en la condición propuesta para el control de escorrentía demostró una reducción de picos de flujo, disminuyendo el impacto de escorrentías en el sistema de drenaje aguas abajo. Se observó que, para eventos de corta duración, la implementación de esta medida logró reducciones de hasta un 15.9 % en los caudales pico en el punto de salida observado en la quebrada.

Los análisis hidráulicos confirmaron que la condición propuesta optimiza el comportamiento del flujo, reduciendo las elevaciones del nivel del agua y mejorando la capacidad hidráulica del sistema. La velocidad del flujo en las secciones críticas se mantuvo dentro de valores aceptables, minimizando el riesgo de erosión en los márgenes del cauce.

En resumen, los resultados del estudio validan la viabilidad de la Expansión Lateral del SRSMA, siempre y cuando se implementen las medidas de mitigación sugeridas. La propuesta garantiza la sostenibilidad del sistema de drenaje, asegurando el cumplimiento con las normativas ambientales vigentes y mitigando los posibles efectos adversos del desarrollo de la expansión del SRSMA.

## **Recomendaciones**

Para garantizar la efectividad de las medidas de control y mitigar posibles impactos sobre el sistema de drenaje, se recomienda lo siguiente:

- **Diseño**

- Asegurar que la charca de detención cuente con las dimensiones establecidas en el estudio (área de 400 m<sup>2</sup>, profundidad de 4.0 m, taludes de 2:1 H:V).
- Diseñar un sistema de salida con cuatro orificios de 0.66 m de diámetro, ubicados a 0.61 m sobre la base de la charca, para mejorar la captura de sedimentos.
- Implementar un vertedor con una elevación de 2.59 m y un largo de 11.60 m, asegurando un flujo de descarga controlado.

- **Construcción**

- Implementar medidas de control de sedimentos y erosión durante las obras, incluyendo barreras de retención y protección de márgenes.
- Garantizar que la excavación y conformación de la charca de detención se realice según las especificaciones establecidas, evitando alteraciones en la capacidad de almacenamiento.
- Supervisar la correcta instalación del sistema de descarga para evitar obstrucciones o fallas estructurales.

- **Operación**

- Monitorear periódicamente el funcionamiento de la charca de detención, asegurando que el sistema de salida opere conforme al diseño.
- Implementar un programa de inspección para verificar que las estructuras hidráulicas mantengan su capacidad de conducción y almacenamiento.
- Evaluar el desempeño de la charca durante eventos de lluvia intensos para ajustar las estrategias de manejo de escorrentía si es necesario.

- **Mantenimiento**

- Realizar limpiezas periódicas en los orificios de salida para prevenir obstrucciones por sedimentos y residuos.
- Inspeccionar el estado del vertedor y las estructuras de control, corrigiendo desgastes o daños estructurales de manera oportuna.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para las zonas de drenaje, asegurando la estabilidad del sistema hidráulico.



## **4.6 RECURSOS ECOLÓGICOS**

Esta sección presenta los impactos potenciales que tendrá “La Expansión” sobre los recursos ecológicos en los terrenos.

### **4.6.1 FLORA Y FAUNA**

Las especies de flora encontradas en este estudio son frecuentes y representan especies comunes. Las áreas abiertas están dominadas por especies herbáceas colonizadoras de rápido crecimiento, cuyo desarrollo está sujeto a las actividades que se llevan a cabo en las facilidades. Las porciones boscosas no han estado sujetas a las operaciones de las facilidades; sin embargo, las especies existentes son comunes en bosques secundarios de la región.

En cuanto a la fauna, se encontraron siete especies endémicas para Puerto Rico. La mayoría de estas especies fueron observadas en las áreas boscosas. Estas especies también son comunes, al igual que el resto de las especies de fauna observadas. El águila pescadora es una especie migratoria que se observa frecuentemente durante el invierno en Puerto Rico; sin embargo, se ha observado desde los meses de julio y agosto.

La boa de Puerto Rico no fue observada durante el trabajo de campo. Sin embargo, esta especie pudiera encontrarse en el área de estudio, ya que la distribución de ésta es sumamente amplia y se encuentra en todo Puerto Rico.

Se recomienda implementar un protocolo para la protección de la boa de Puerto Rico, en caso de que la misma sea avistada durante la fase de construcción del Proyecto.

El Proyecto no debe tener ningún impacto sobre especies sensitivas, críticas, amenazadas o en peligro de extinción, según propuesto, si se siguen las medidas recomendadas.

### **4.6.2 HUMEDALES**

Los terrenos por dedicar para la Expansión propuesta no se encuentran en un humedal o terrenos anegadizos (vea figura Núm. 3.6.2-1). Al este del SRSMA discurre la Quebrada Yaurel, la cual no será impactada como resultado de la Expansión. Aun así, se detallan los posibles impactos y las medidas de mitigación propuestas desde una perspectiva hidrológica y ecológica.

### **Impactos Potenciales:**

- **Alteración de Ecosistemas:** Las actividades de expansión podrían modificar las condiciones hidrológicas locales.

### **Medidas de Mitigación:**

- **Control de Sedimentos y Erosión:** Implementación de barreras de sedimentos, coberturas vegetales y otras prácticas de manejo sostenible del suelo para prevenir la erosión y el depósito de sedimentos, manteniendo así su funcionalidad y biodiversidad.
- **Restauración Ecológica:** En caso de impactos inevitables, se desarrollarán programas de restauración ambiental que incluirán la reforestación con especies nativas, la rehabilitación de hábitats y la reintroducción de especies clave, con el objetivo de restablecer el equilibrio ecológico en el área afectada.

#### **4.6.2.1 RESULTADOS ESPERADOS**

La implementación rigurosa de las medidas de mitigación propuestas busca:

- **Preservación de la Calidad del Agua:** Mantener los estándares de calidad en las aguas superficiales y subterráneas, asegurando su disponibilidad y seguridad para los diversos usos humanos y ecológicos.
- **Cumplimiento Normativo y Sostenibilidad Ambiental:** Asegurar que las operaciones del SRSMA se alineen con las regulaciones ambientales vigentes, promoviendo prácticas sostenibles que minimicen los impactos negativos y fomenten la coexistencia armónica con el entorno natural.

Estas acciones reflejan un compromiso con la gestión ambiental responsable, orientada a mitigar los efectos adversos de la expansión del SRSMA y a promover la conservación de los recursos hídricos y ecológicos de la región.

### **4.6.3 SISTEMAS NATURALES**

Al tomar las medidas de protección necesarias para el área de los terrenos antes mencionada y protegiendo las áreas circundantes, se estarán evitando los impactos a los recursos naturales de la región por el desarrollo de “La Expansión”.

## **4.7 USO DE LOS TERRENOS, PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CALIFICACIÓN**

### **4.7.1 USO DE LOS TERRENOS**

Debido a que los terrenos donde se propone “La Expansión” han sido impactados para propósitos de extracción de corteza terrestre y para la operación del SRSMA, el uso propuesto como parte del desarrollo no representa un cambio que conlleve un impacto significativo sobre los usos actuales.

### **4.7.2 PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y CALIFICACIÓN**

“La Expansión” del SRSMA es cónsona por estar incluida en el Borrador del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Arroyo 2024 (B-POT), por tal razón no tendrá impacto significativo sobre la clasificación y la calificación establecida.

## **4.8 CUMPLIMIENTO CON OTRAS POLÍTICAS PÚBLICAS APLICABLES DE DESARROLLO Y USO DE TERRENO**

“La Expansión” también armoniza con las siguientes políticas públicas del Gobierno de Puerto Rico que son aplicables al Desarrollo y Uso de Terreno:

- Plan de Usos de Terrenos de Puerto Rico
  - *Política Pública de Desarrollo Industrial* - “La Expansión” está en armonía con la política pública de Desarrollo Industrial. Esto es debido a que la política pública de Desarrollo Industrial tiene como objetivo “ubicar nuestros desarrollos industriales en lugares estratégicos que permitan el uso de aquellos terrenos que, por su localización, sus características o por los servicios e infraestructura con que cuentan, mejor se adapten a este uso”. Los terrenos por desarrollar cumplen con el objetivo arriba indicado y no

representan un cambio que conlleve un impacto significativo con los usos industriales actuales.

- *Política Pública sobre las Áreas Inundables* - “La Expansión” cumple con la Política Pública sobre Riesgos Naturales debido a que este ubica fuera de límites de inundación.
- *Política Pública para los Recursos Naturales, Ambientales y Culturales* - “La Expansión” armoniza con las Política Pública para los Recursos Naturales, Ambientales y Culturales por las siguientes razones;
  - La Expansión Lateral en el SRSMA permitirá de manera eficiente la disposición de residuos sólidos generados en dos municipios de la isla reduciendo así la disposición ilegal de desperdicios, lo que redundará en la protección de los recursos naturales, ambientales y culturales de la región; y
  - Minimizando y evitando los impactos ambientales potenciales asociados a la construcción y operación de la Expansión Propuesta.
- *Plan de Ordenación Territorial de Arroyo* - En el B-POT se contempla una expansión lateral del vertedero actual para extender la vida útil.

#### **4.9 RECURSOS ARQUEOLÓGICOS, HISTÓRICOS Y CULTURALES**

Según datos de la Oficina Estatal de Conservación Histórica (OECH), hasta el momento, no incluyen hallazgos de recursos históricos, culturales o arqueológicos dentro del área propuesta para la Expansión. Las profundidades alcanzadas hasta el momento en los procesos de extracción (5 a más de 20 pies) evidencian la ausencia de recursos histórico o cultural en el área.

En resumen, se puede concluir que “La Expansión” no tiene potencial de afectar recursos culturales conocidos o por conocer.

#### **4.10 RECURSOS VISUALES, ESTÉTICOS Y OLORES**

En las inmediaciones donde ubicaría “La Expansión” el recurso visual existente es paisajes naturales de montaña y con usos que van desde industrial (SRSMA), residencial y agrícola (pastos).

La Expansión Propuesta a corto y largo plazo conllevará impactos negativos a los recursos visuales. Estos básicamente corresponden a aquellos provocados por el equipo pesado que será utilizado durante la fase de construcción y posteriormente en la fase de operación. Durante este proceso ocurrirá una transformación del entorno del lugar donde la extracción de material de la corteza terrestre que se llevará a cabo alcanzará niveles finales de diseño de “La Expansión” a través de la operación de depósito de residuos sólidos que conformarán la Expansión Lateral. Estas fases operacionales de “La Expansión” serán visualmente similares a la porción de los terrenos comprendida por la parcela donde ubica el SRS existente. El impacto visual durante las fases operacionales será mitigado por la utilización de material de cubierta para cubrir los residuos sólidos y a la utilización de un área activa reducida de depósito de residuos sólidos. Sin embargo, el paisaje posterior al cierre del SRSMA será más atractivo que el actual, al añadir valor estético mediante el establecimiento de vegetación que cubrirá el SRS existente.

Otro impacto potencial al entorno que podría generar “La Expansión” durante sus respectivas fases operacionales de depósito de residuos sólidos está asociado a la emisión de olores objetables, que al ser diseminados por el viento pueden percibirse tanto dentro como fuera de “La Expansión”. No se anticipa la detección de olores objetables en zonas residenciales debido a la distancia a la que se encuentran la zona residencial más cercana con respecto al área de “La Expansión”, y la condición topográfica variable e irregular de los terrenos respecto a las zonas residenciales.

Para reducir la propagación de olores fuera del área activa del SRS se implementarán medidas preventivas durante la fase de operación, tales como; uso de material de cubierta diaria, manejo de la dimensión y planificación del área de disposición considerando la dirección de los vientos. Ante estas iniciativas consideramos que los impactos a ser generados por los olores objetables en la zona circundante a “La Expansión” no se consideran significativos con la implementación de las medidas de control y mitigación que se anticipan como parte del plan operacional de la Expansión Propuesta.

## **4.11 INFRAESTRUCTURA**

### **4.11.1 AGUA POTABLE**

El sistema de agua potable existente no se verá impactado como resultado de “La Expansión”. Esto es debido a que tanto durante las fases de construcción como en la de operación no se contemplan incrementos significativos en el consumo de agua. Por un lado, el contratista provee el agua potable de sus empleados por diferentes medios y por otro, en la fase operacional tan solo se proyectan 3 empleos adicionales a los actuales. Estos últimos representan alrededor de un incremento de unos 75 a 90 galones por día, cantidad que no tendrá un impacto significativo en el sistema de la AAA que discurre a través de la Calle Monte Verde.

### **4.11.2 AGUAS USADAS**

En la fase de construcción el contratista será responsable de proveer servicios sanitarios portátiles para atender las necesidades de sus empleados. La responsabilidad de remover estos desperdicios sanitarios, en una planta de tratamiento de aguas usadas, le corresponde también al contratista. El impacto por lo anterior será mínimo ya que estas actividades serán a corto plazo y temporales.

Sin embargo, durante la fase operacional de “La Expansión” se generarán líquidos que requieren ser tratados. Estos corresponden a las aguas usadas domésticas a ser generadas por los empleados y visitantes de la instalación sanitaria y, a los lixiviados generados de la operación de “La Expansión”. Las primeras se estiman, tomando en consideración el número de empleados adicionales en la fase operacional en un incremento de unos 60 a 75 galones por día. Estas aguas sanitarias serán recogidas en el pozo séptico de la instalación. Los lixiviados, por el contrario, una vez capturados en el sistema de recolección de lixiviados que se instalará en la base de la nueva área para disposición de RSM, serán almacenados en un tanque. Estos líquidos serán transportados a una Planta de Tratamiento de la AAA luego de conseguir el permiso de descarga correspondiente.

### **4.11.3 ENERGÍA ELÉCTRICA**

Se anticipa un incremento en la demanda eléctrica durante la fase operacional de “La Expansión” debido principalmente al nuevo sistema de bombeo que se propone para llevar los lixiviados, a generarse en la nueva área de disposición, al tanque de almacenamiento de estos líquidos. Esta nueva demanda requerirá la conexión apropiada a las líneas eléctricas existentes en el SRS actual. El desarrollo de la Expansión Propuesta no implicará aumentos significativos en voltaje o en uso de electricidad en la instalación sanitaria y el sistema existente cuenta con la capacidad necesaria para manejar mucho más de este incremento.

### **4.11.4 INSTALACIONES AEROPORTUARIAS**

En el Capítulo 3 se identifica la instalación aeroportuaria más cercanas al SRSMA y a los terrenos de la Expansión Propuesta. Éstas corresponden al Aeropuerto de Patillas que está localizado a más de 11,000 pies (3,350 metros) al sureste de “La Expansión” y actualmente está en desuso.

Basado en lo anterior, se concluye que la ubicación de “La Expansión” cumple con las restricciones de distancia entre instalaciones sanitarias de este tipo e instalaciones aeroportuarias. No obstante, será necesario notificar a la Administración Federal de Aviación (FAA, por sus siglas en inglés) porque la ubicación propuesta se encuentra dentro de un radio de cinco (5) millas (26,400 pies) de cualquier pista usada por aviones de motor de turbina o de émbolo según requerido por la reglamentaciones federal y estatal vigentes. Dicha notificación será enviada a esta Agencia Federal.

### **4.12 ACCESO Y TRÁNSITO**

Durante las fases de construcción y operación de “La Expansión”, el acceso principal a éste seguirá siendo el mismo utilizado para el SRSMA, el cual es a través de un camino pavimentado privado controlado por el Municipio de Arroyo que colinda con la Calle Monte Verde en el Km.1.0 de la PR-755, del Barrio Ancones en el Municipio de Arroyo. Dicha carretera, a su vez, conecta con la PR-3 (vea Figura Núm. 3.9.4-1). Las vías antes mencionadas, a excepción de la PR-3, son vías secundarias de dos carriles con tránsito limitado.

La construcción y operación de la Expansión Propuesta no causará impactos adicionales significativos en el tránsito y las carreteras en las inmediaciones donde se desarrollará ésta. La carga diaria promedio de RSM propuesta para la expansión será similar a la que se recibe al presente, por lo que el promedio diario de camiones que entrará a la instalación durante la operación es de 7:00 am a 3:00 pm. Aunque durante la construcción el flujo de vehículos en la zona aumentará, este impacto será temporal y no significativo. Durante la operación de la Expansión Propuesta, de necesitar obtener material de una fuente externa, el incremento en vehículos será de aproximadamente un (1) camión por hora.

#### **4.13 RUIDOS**

En esta sección se discuten los posibles impactos en el nivel de ruido durante la construcción y operación de la Expansión Propuesta.

##### **4.13.1 FASES DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN**

En la Expansión Lateral se generarán niveles de ruido similares a los niveles existentes en el área donde ocurre la operación actual del SRSMA. Durante las fases de construcción y operación el nivel de ruido será generado mayormente por el uso de equipo pesado en la nueva área de disposición de RSM.

Por la naturaleza de “La Expansión” en las fases de construcción y operación se utilizará equipos similares a los que actualmente se utilizan en la operación del SRSMA. Las actividades de construcción y operación ocurrirán solamente durante el periodo diurno. En la Tabla Núm. 4.13.1-1 se identifican los equipos, niveles de ruido y número de unidades correspondientes que se utilizarán durante las fases de construcción y operación de la expansión lateral del relleno sanitario y que podrían generar un impacto por ruido en los receptores más cercanos a “La Expansión”. Estos equipos serán utilizados en las labores de movimiento de terreno durante la construcción, así como en el vertido, compactación y cubierta diaria de los RSM durante la operación de la expansión lateral. Los datos sobre los niveles de ruido típicos producidos por los equipos de construcción fueron obtenidos del *FHWA Construction Noise Handbook* (FHWA, 2006).



Para propósito de la evaluación de los impactos potenciales durante la construcción y operación a continuación se listan solamente los equipos que serán utilizados durante el periodo diurno, periodo donde se espera que se llevarán a cabo las actividades de construcción y operación en el área de “La Expansión”.

Tabla 4.13.1-1 Niveles de ruido típicos de Equipo a una distancia de 15 metros y unidades a utilizarse en la construcción y operación de “La Expansión”

<i>Equipo</i>	<i>Nivel Típico de Ruido (dBA) 15.0m (50.0ft) desde</i>	<i>Número de Unidades</i>
<i>Camión {1Tumba &amp; 2 Articulados}</i>	85.0	3
<i>Rolo Vibrador - 20ton</i>	85.0	1
<i>Tractor-Bulldozer (D-5 &amp; D-8)</i>	84.0	2
<i>Compactadora</i>	80.0	1
<i>Retroexcavadora-Digger-Backhoe</i>	80.0	1
<i>Excavadora (Cat 320)</i>	85.0	2
<i>Camión Tanque -Asperjar Agua</i>	85.0	1
<i>Niveladora</i>	84.0	1

Nota: Los valores de Nivel Típico de Ruido fueron tomados de la Tabla 9.1, pág. 91 del *FHWA Construction Noise Handbook*.

#### 4.13.1.1 IMPACTOS

Se prevé que el impacto por ruido durante la construcción y operación del área del Proyecto no afecte receptores cercanos al lugar. Esto se debe a los siguientes factores:

1. El SRSMA se encuentra actualmente en operación y cuenta con medidas de control de ruido, como ejemplo: establecimiento de áreas verdes y mantenimiento adecuado de sus equipos.
2. El receptor residencial más cercano a “La Expansión” se encuentra a una distancia aproximada de 350 metros del área de construcción y operación.
3. Actualmente entre el receptor residencial más cercano al área de “La Expansión” y la zona considerada para la expansión lateral existen barreras naturales y artificiales (colinas y montículos creados por depósitos de residuos sólidos ya cubiertos por material de suelos y que cuentan con cubierta vegetal que sirven de barrera en la mitigación de ruido).

De acuerdo con los puntos antes mencionados no se espera que en las fases de construcción y operación de la Expansión Propuesta los niveles de ruido excedan los valores actuales. Esto se debe a que las operaciones continuarán en forma similar como actualmente ocurre en el SRSMA. Aun cuando los niveles de ruido en el SRSMA y la Expansión Lateral cumplan con los estándares de ruido promulgados por el DRNA, la operación de la Expansión incluirá medidas para minimizar y mitigar los ruidos debido a la operación en el predio. A continuación, se incluye las medidas que se implantarán:

- Plan de monitoreo y mantenimiento del equipo pesado. Éste deberá estar en buen estado y con silenciadores de ruido mientras se realizan las actividades de construcción durante el periodo diurno;
- Disminuir el tiempo de uso del equipo que esté más cercano a las áreas más sensitivas durante las fases de construcción y operación; y
- La siembra de vegetación en el SRSMA. Esta medida como otras a considerar por parte del operador de la instalación deberán tener la intención de reducir el ruido durante las fases de construcción y operación.

#### **4.14 CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA**

No ocurrirá ninguna contaminación lumínica porque la construcción y operación de “La Expansión” se llevará a cabo durante horas del día.

#### **4.15 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (RSM) A GENERARSE**

Los RSM que se generarán, tanto en la construcción como durante la operación de la Expansión serán recogidos en contenedores y/o zafacones para su eventual desvío o disposición final dentro del mismo relleno sanitario. Estos consistirán básicamente de escombros de construcción, madera, cartón, papel, latas, botellas, plásticos y residuos de comida, entre otros. Los impactos a ser provocados por estos no se consideran significativos por la cantidad mínima a generarse y por la naturaleza del lugar donde se generarán. Sin embargo, se continuará cumpliendo simultáneamente con el plan de reciclaje en armonía con la reglamentación vigente.

#### 4.16 IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS Y DE JUSTICIA AMBIENTAL

El impacto económico de “La Expansión” se enfoca en la inversión de la Expansión Lateral del SRS existente y en las mejoras complementarias necesarias para cumplir con la reglamentación aplicable. De los resultados obtenidos del análisis económico, se concluye que la acción propuesta tendrá efectos monetarios positivos en la economía de la Región Este del País. En su desarrollo se proyecta la creación de aproximadamente 30 empleos durante la construcción (20 empleos directos y 10 empleos indirectos e inducidos), lo cual generará ingresos de salario de aproximadamente 500 mil dólares. Se estima que se generarán 3 empleos directos adicionales durante la de operación. La construcción de “La Expansión” requiere una inversión total de 2.5 millones de dólares.

Por otra parte, el gobierno estatal por medio del Reglamento para la Evaluación y Trámite de Documentos Ambientales de la JCA (hoy DRNA) requiere que un Documento de DIA incluya un análisis de justicia ambiental que considere la distribución de población de grupos étnicos y la distribución de la población basado en parámetros socioeconómicos.

Las guías federales para el análisis de justicia ambiental identifican dos pasos fundamentales para el análisis.

- **Primer Paso;** requiere determinar si una comunidad potencialmente afectada por una acción propuesta se clasifica con desventajas socioeconómicas. Si el resultado del análisis de este paso es afirmativo, se procede con el segundo paso.
- **Segundo Paso;** se requiere determinar si la carga ambiental en la comunidad con desventaja socioeconómica es desproporcionalmente alta y adversa luego de considerar la mitigación propuesta por “La Expansión”. Si el resultado del análisis en este paso es afirmativo, se recomienda la implementación de los siguientes principios de justicia ambiental desde una etapa temprana de “La Expansión”:
  - Evitar, como primera opción, minimizar o mitigar los efectos ambientales, a la salud, económicos y/o sociales desproporcionalmente altos y adversos que pueda causar “La Expansión” en los residentes de las comunidades.
  - Asegurar la participación activa y equitativa de las comunidades que tienen el potencial de ser impactadas por “La Expansión” desde una etapa

temprana del proceso de planificación según dispone el documento “Política Interina de Justicia Ambiental” de la Región 2 de la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés), el cual contiene recomendaciones y guías para involucrar a diversos sectores en comunidades que hayan sido identificadas con criterios de justicia ambiental.

Las fuentes de información utilizadas para llevar a cabo este análisis a nivel de Puerto Rico, municipio y barrio fue el Censo 2010 y la Encuesta de Comunidad 2018 - 2022 través del portal del State Data Center de Puerto Rico (SDC-PR, por sus siglas en inglés) del U.S. Census Bureau, (<https://censo.estadisticas.pr>). Se utilizaron tres áreas de comparación, los cinco barrios restantes del Municipio de Arroyo (Yaurel, Pitahaya, Guásimas, Pueblo, y Palmas), la Región Este y Puerto Rico. Las variables ya presentadas en el Capítulo 3 fueron las siguientes

- **Variables socioeconómicas**

- Población y densidad poblacional
- Edad: mediana de edad y población por edad y sexo
- Raza
- Nivel de educación
- Ingreso: Ingreso per cápita e ingreso promedio por hogar
- Hogares con ingresos bajo los niveles de pobreza
- Variables de vivienda: estado (ocupación) y vivienda propia

De dicho análisis, se desprenden los siguientes hallazgos relevantes:

- El Barrio Ancones representa aproximadamente un 24.4% de la población del Municipio de Arroyo (MA) con una población de 4,693 habitantes. Su extensión territorial es de 2.05 millas cuadradas (mi<sup>2</sup>) y es el cuarto más extenso del Municipio. Con una densidad poblacional intermedia que refleja una combinación de características urbanas y rurales.
- Ancones se destaca por tener la población más joven, con una mediana de 31.7 años. Este valor es inferior a los promedios registrados en los otros barrios del

municipio. El barrio de Yaurel tiene la mediana de edad más alta, indicando una población más madura en contraste con la demografía joven de Ancones. Esta diferencia refleja una diversidad en la composición etaria donde Ancones se posiciona como el barrio con mayor proporción de residentes jóvenes.

- La distribución de edad y sexo en el MA evidencia características demográficas típicas de una población en transición. En términos generales, se observa una ligera predominancia de la población femenina en casi todos los grupos de edad, con una mayor diferencia en los rangos superiores a los 65 años, reflejando una mayor esperanza de vida entre las mujeres.
- En los grupos más jóvenes (0-14 años), la población masculina y femenina se mantiene relativamente equilibrada, aunque representa una proporción menor en comparación con los grupos de edad laboral (15-64 años). Este último rango domina la estructura poblacional, indicando que Arroyo cuenta con una base económica activa significativa.
- Los grupos de edad superiores a los 65 años muestran un incremento en la proporción de habitantes, particularmente mujeres, lo cual sugiere un proceso de envejecimiento poblacional consistente con las tendencias observadas en el resto de Puerto Rico.
- En términos de composición racial, el MA la población se identifica con la raza blanca (42.7%), seguida por mestizos (31.3), negros o afroamericanos (23.7 %) y con un 2.3 % de otros (incluye asiáticos, indígenas, etc.), y con un 92.8 % de hispanos o latinos.
- El Barrio Ancones tiene una composición racial particular que lo distingue de otros barrios, con un 52.2 % blancos, un 32.2% afroamericanos, 10.8% Mestizos y un 4.0 % de otros.
- En Puerto Rico, la tasa de escolaridad es del 92% para las personas de 5 a 24 años, un valor mucho más alto que en Arroyo (85.4%) y la Región Este (89%). Por otra parte, la tasa de graduación secundaria a nivel nacional es del 78%, lo que está por encima de la tasa del MA (64%) y también más alto que en la Región Este (72%). En términos de la población adulta, solo el 14% de las personas

mayores de 25 años en Puerto Rico no han completado la educación secundaria, un porcentaje significativamente más bajo que en Arroyo (23%) y la Región Este (17%).

- El ingreso per cápita en el MA está por debajo del promedio de la Región Este de Puerto Rico y muy por debajo del promedio a nivel nacional en Puerto Rico.
- A nivel de los barrios dentro del municipio, Ancones destaca con un ingreso per cápita y un ingreso promedio por hogar, relativamente alto en comparación con otros barrios de Arroyo.
- En el MA más de la mitad de los adultos viven por debajo del umbral de pobreza. A nivel regional, el MA se destaca con un 59.2% de su población adulta bajo el nivel de pobreza, situándose entre los municipios con mayores índices de pobreza en la isla.
- El Barrio Ancones presenta un ingreso promedio por hogar de \$24,845, el más alto entre los barrios del MA, pero aún con un nivel de pobreza elevado. En general, el MA presenta una situación económica más difícil que la Región Este y el promedio de Puerto Rico, con una alta proporción de su población viviendo por debajo del nivel de pobreza y un ingreso promedio más bajo en comparación con otras áreas.
- El MA tiene un total de 18,112 unidades ocupadas, de las cuales 7,762 son viviendas propias, lo que representa un 42.8% de las viviendas ocupadas. Entre los barrios, Ancones destaca con una alta proporción de viviendas propias. El MA presenta una proporción más baja de viviendas propias en relación con el resto de la isla.

#### **4.16.1 ANÁLISIS COMPARATIVO; ASPECTOS SOCIOECONÓMICO**

El aspecto socioeconómico del Municipio de Arroyo, la Región Este y Puerto Rico en general presenta disparidades significativas que reflejan las diferencias en términos de ingreso, pobreza, nivel educativo y composición racial. Estos factores tienen un impacto directo en la calidad de vida de los residentes y son esenciales para comprender la dinámica social y económica de cada una de estas áreas.

## **Municipio de Arroyo**

El Municipio de Arroyo se enfrenta a altos índices de pobreza, con el 59.2% de la población adulta viviendo por debajo del nivel de pobreza. Esta cifra es considerablemente alta en comparación con la Región Este y Puerto Rico en general. El ingreso per cápita en Arroyo es de \$7,191, lo que está por debajo de la media de la Región Este (\$8,375) y mucho más bajo que el promedio nacional de Puerto Rico (\$11,000). Esta diferencia en los ingresos refleja una desigualdad económica significativa que coloca a Arroyo en una posición vulnerable frente a las políticas públicas y el acceso a recursos.

En términos de composición racial, el 23.7% de la población en Arroyo se identifica como afroamericana, lo que resalta la diversidad racial del municipio. Sin embargo, la proporción de blancos (42.7%) y mestizos (31.3%) muestra una mezcla étnica que, aunque diversa, presenta diferentes dinámicas sociales y económicas que podrían influir en el acceso a oportunidades de desarrollo.

El ingreso promedio por hogar en Arroyo es de \$18,846, lo que también está por debajo del promedio de la Región Este (\$23,000) y de Puerto Rico (\$29,000). Esta brecha en los ingresos refleja una desigualdad económica dentro del municipio y también en comparación con otras regiones, afectando directamente la capacidad de los residentes para acceder a servicios de calidad y mejorar sus condiciones de vida.

## **Región Este de Puerto Rico**

La Región Este de Puerto Rico tiene un perfil socioeconómico más favorable que el Municipio de Arroyo, con un ingreso per cápita de \$8,375, que es más alto que el de Arroyo, pero aún por debajo del promedio nacional de Puerto Rico. El ingreso promedio por hogar en la Región Este es de \$23,000, lo que representa una mejora con respecto a Arroyo, pero sigue estando por debajo del promedio de la isla. Esta diferencia refleja una mayor diversidad económica en la Región Este, con un mayor acceso a empleo y mejores oportunidades educativas.

La tasa de pobreza en la Región Este es del 45%, lo que también es más bajo que en Arroyo, lo que sugiere que, aunque la región enfrenta desafíos económicos, hay una mejor distribución de los recursos y una mayor capacidad para enfrentar las dificultades sociales. Además, la proporción de personas con educación superior y niveles educativos avanzados en la región es significativamente más alta que en Arroyo, lo que mejora las perspectivas económicas y de empleo para los residentes.

### **Puerto Rico (Promedio Nacional)**

A nivel nacional, Puerto Rico presenta un panorama socioeconómico superior al de Arroyo y la Región Este en términos de ingresos. El ingreso per cápita a nivel nacional es de \$11,000, lo que refleja una mayor estabilidad económica. El ingreso promedio por hogar es de \$29,000, lo que es considerablemente más alto que en Arroyo y la Región Este. Sin embargo, la tasa de pobreza a nivel nacional sigue siendo alta, con un 40% de la población viviendo por debajo del umbral de pobreza. Esto subraya las disparidades que existen a pesar del crecimiento económico general.

En términos de educación, Puerto Rico presenta una mayor proporción de población con educación superior, lo que contribuye a una mejor calidad de vida y mayores oportunidades laborales para los residentes. Esta diferencia en el nivel educativo entre el municipio, la región y la isla refleja el impacto de la educación en las oportunidades económicas y la capacidad de las comunidades para superar la pobreza.

### **Resumen**

En comparación con la Región Este y Puerto Rico, el Municipio de Arroyo presenta desafíos socioeconómicos significativos. Con una alta tasa de pobreza, un ingreso per cápita bajo y un ingreso promedio por hogar reducido, Arroyo enfrenta una situación económica más difícil que otras áreas cercanas. Aunque la Región Este tiene una tasa de pobreza más baja y mejores ingresos, sigue estando por debajo del promedio nacional en términos de ingresos y bienestar social.



El nivel educativo en Arroyo es también un factor clave en la desigualdad. Mientras que la Región Este y Puerto Rico en general tienen una mayor proporción de población con educación superior, Arroyo sigue siendo una de las áreas con menores niveles educativos. Esto limita las oportunidades de empleo y contribuye a la desigualdad económica.

Se llevó a cabo el segundo paso del análisis con el propósito de determinar si la acción propuesta causaría impactos desproporcionalmente altos y adversos en la comunidad luego de considerar la mitigación propuesta. A tales fines, y como parte del proceso de desarrollo de una DIA, se identifican los potenciales efectos ambientales, a la salud, económicos y/o sociales que pudieran ser altamente desproporcionales y adversos luego de considerar la mitigación propuesta en los residentes de las comunidades circundantes a un proyecto, con el propósito de evitarlos, minimizarlos o mitigarlos. Como resultado de la evaluación que se llevó a cabo como parte de esta DIA puede concluirse que la comunidad cercana al SRSMA en el Barrio Ancones no se verá negativamente impactada por el desarrollo de “La Expansión”, ya que:

- Durante la construcción y operación se mitigarán los impactos potenciales (ruido, calidad de aire y olores) en “La Expansión” de forma que estas comunidades no se verán afectadas por dichos impactos. La residencia más cercana al proyecto se encuentra a 350 metros de la expansión propuesta. Esto no representará una carga ambiental desproporcionada a las comunidades cercanas.
- Durante la operación se mitigarán los impactos ambientales utilizando las Mejores Prácticas de Manejo para evitar impactar los recursos mencionados en este documento (flora y fauna, y sistemas naturales) permitiendo lograr desarrollar un proyecto ambientalmente seguro dentro del área operacional del SRSMA.
- “La Expansión” contribuirá al desarrollo económico del área a través de la creación de 30 empleos durante la construcción (20 empleos directos y 10 empleos indirectos e inducidos) y 3 empleos directos adicionales durante la operación. El desarrollo del proyecto se espera que logre la creación de empleos e ingresos que beneficien directa y/o indirectamente a los residentes del Barrio Ancones.

No obstante, el proceso de la DIA provee la oportunidad de participación al público en general, Este proceso conlleva lo siguiente:

- Aviso de Presentación de Documento Ambiental en un (1) periódico de circulación general;
- Documento DIA en la página cibernética (Internet) de la OGPe;
- Copia de la DIA para inspección del público en general en la Casa Alcaldía, y
- Solicitud de vistas públicas.

#### **4.17 IMPACTOS ACUMULATIVOS**

El Reglamento para el Proceso de Evaluación Ambiental de la JCA (Reglamento Núm.8858, RPEA) define el impacto acumulativo como el efecto total sobre el ambiente que resulta de una serie de acciones pasadas, presentes o futuras de origen independiente o común, el cual deberá ser evaluado como parte del proceso de evaluación de impacto ambiental.

##### **4.17.1 METODOLOGÍA**

El análisis de los impactos acumulativos suele ser retador ante la dificultad de definir los límites geográficos y de tiempo necesarios para tal análisis, y porque no existe un método de evaluación generalmente aceptado. Para propósitos de “La Expansión” que nos ocupa y tomando en cuenta la naturaleza del lugar en donde éste se propone (zona rural con una mínima densidad poblacional, poca actividad industrial y con limitaciones de desarrollo), hemos decidido definir uno límites geográficos a base de una cuenca aérea en un radio de un (1) km., que es representativa de las características de ese sector del Municipio de Arroyo El análisis se ha llevado a cabo para un horizonte de tiempo previsible, incluyendo por supuesto “La Expansión”.

En el análisis consideramos todos los recursos estudiados en este documento, eliminando de consideración aquellos recursos sobre los cuales no sé prevé un impacto significativo. El criterio utilizado para su eliminación es que no se pronostica que “La Expansión” contribuirá significativamente a incrementar los impactos sobre determinados recursos.

Los recursos en donde se determinó que la acción propuesta no contribuirá significativamente a aumentar los impactos acumulativos, fueron los siguientes:

- Calidad del Aire
- Hidrología
- Recursos Ecológicos
- Usos de Terrenos y Calificación
- Recursos Arqueológicos, Históricos y Culturales
- Recursos Visuales y Estéticos
- Infraestructura
- Ruido (Zonas de Tranquilidad)
- Tránsito
- Impacto Económico

Al eliminar los recursos listados arriba nos quedan los siguientes recursos a ser considerados en el presente análisis:

- Topografía
- Geología y Suelos

En el ámbito de Justicia Ambiental, las comunidades del Barrio Ancones que se encuentran en desventaja socioeconómica, no se verán impactadas negativamente por el desarrollo de “La Expansión”. Esto es así, ya que los impactos potenciales que se anticipan pudieran tener efectos en las comunidades o residencias cercanas durante la construcción y operación - ruido, calidad de aire y olores objetables - serán mínimos o mitigados. Por estas razones, “La Expansión” no representa una carga ambiental desproporcionada a las residencias y comunidades cercanas al SRS.

Además, “La Expansión” contribuirá al desarrollo económico del área a través de la creación de 30 empleos directos, indirectos e inducidos durante las fases generales de construcción; y generará ingresos por salarios en aproximadamente 500 mil dólares. Puede esperarse que esta creación de empleos y generación de ingresos beneficien indirectamente a los residentes del Barrio Ancones.

Por la calificación del terreno dentro del ámbito geográfico seleccionado no se contemplan impactos significativos a otros proyectos.

Aunque ciertamente “La Expansión” tendrá un impacto significativo sobre la topografía y los suelos existentes, particularmente en la nueva área para la disposición de RSM, la acción propuesta no conlleva impactos acumulativos mayores.

#### **4.17.2 RESULTADOS**

Según indicado, el análisis elimina de consideración aquellos recursos sobre los cuales no se prevé un impacto significativo. La base para su eliminación es que no se prevé que “La Expansión” contribuirá significativamente a un incremento en el impacto sobre determinados recursos. A continuación, se discute en que se basa su eliminación:

- **Calidad del Aire** - Por un lado, “La Expansión” cumplirá con la reglamentación aplicable y con requisitos y condiciones impuestas en los permisos de emisiones de aire que se obtendrán para las fases de construcción y operación. Por otro lado, el análisis de emisiones llevado a cabo para propósitos de esta DIA implica que el proyecto será considerado como una fuente menor de emisiones para los contaminantes criterios y compuestos atmosféricos que serán generados. La contribución de “La Expansión” al impacto acumulativo no será significativa en cuanto a calidad de aire se refiere.
- **Hidrología** - Los terrenos por desarrollar para propósitos de “La Expansión”, los cuales se encuentran fuera de la Zona A de Inundación según FEMA, también drenan hacia el sursureste de los terrenos municipales donde ubica el SRSMA, por lo cual también forman parte de la cuenca de la Quebrada Yaurel. Las obras hidráulicas que forman parte del proyecto tales como canales periferales y zanjas de desviación propuestos permitirán el control adecuado de sedimentos y escorrentías superficial, descargarán en la charca mejorada de control de flujo y de sedimentación. Las mejores propuestas a la charca existente contemplan entre otros, las descargas pluviales que se generan como resultado de “La Expansión” del vertedero.

- **Recursos Ecológicos** - Los terrenos a ser desarrollados como parte de “La Expansión” han sido impactados por las actividades de trabajo relacionadas con la extracción de material de la corteza terrestre y por otras actividades complementarias a las operaciones del SRSMA. El desarrollo de “La Expansión” no tendrá impactos significativos a corto y largo plazo sobre la flora y fauna terrestre, ya que estos han sido impactados por los usos durante los últimos años. Tampoco tendrá impactos sobre áreas de humedales o aguas de los Estados Unidos.

Por lo anterior se concluye que “La Expansión” no conlleva impactos significativos sobre recursos ecológicos. Por favor refiérase al Capítulo 3 y a la Sección 4.6 de este capítulo en la que se discuten en detalles las medidas propuestas de protección.

- **Usos de Terrenos y Calificación** - El uso propuesto de los terrenos a ser desarrollados no representa un cambio que conlleve un impacto significativo sobre los usos actuales. De una parte, según en la JP-MIPR, los terrenos están clasificados como Suelo Rústico Común (no urbanizable) y No Calificados. De otra parte, según el Borrador Mapa de Calificación del MA (2024), los terrenos están calificados como Industria Especializada (I-E). Por estas razones, no se considera que “El Proyecto” tenga un impacto acumulativo significativo sobre los usos de terrenos y la calificación correspondiente.
- **Recursos Arqueológicos, Históricos y Culturales** - En los terrenos que serán ocupados por la Expansión Propuesta no existen recursos históricos o culturales que pudieran ser afectado según la Según datos de la Oficina Estatal de Conservación Histórica (OECH). Por tal razón, no se considera que la acción propuesta tenga un impacto sobre este tipo de recurso.
- **Recursos Visuales / Estéticos** - La Expansión Propuesta conllevará a corto y largo plazo impactos sobre los recursos visuales. Estos están básicamente compuestos por el equipo pesado que se utilizará durante la fase de construcción

y la transformación de un área de extracción de material de la corteza terrestre a una ocupada por la expansión lateral del relleno sanitario.

Las actividades de trabajo durante las fases operacionales de la expansión serán visualmente similares a aquellas que se llevan a cabo hoy en día en el área activa actual para la disposición de RSM del SRSMA en donde se observa, por lo general, el área de depósito y caminos de acceso en tierra. El impacto visual de las fases operacionales será mitigado mediante la aplicación diaria de material de cubierta sobre los residuos sólidos y la utilización de un área activa reducida para el depósito de estos residuos.

Una vez se alcancen los niveles finales de la expansión lateral se procederá a cerrar la misma con una cubierta final de material de relleno y el establecimiento de vegetación. A mediano y largo plazo el paisaje posterior al cierre del SRSMA será más atractivo que el actual destacándose la grama que se desarrollaría en toda la extensión de los distintos depósitos de RSM en el SRS y árboles en diferentes sectores en las inmediaciones. Esta transformación no representará un contraste marcado con el entorno visual inmediato, por lo que no se considera que “La Expansión” tenga un impacto significativo en cuanto a recursos visuales o estéticos.

- **Infraestructura** - La Expansión Propuesta no tendrá un impacto significativo sobre las siguientes infraestructuras: energía eléctrica, agua potable y aguas usadas.

Por un lado, “La Expansión” no implicará aumentos significativos en voltaje o en uso de electricidad en la instalación sanitaria. La electricidad que será consumida por la construcción es relativamente mínima en relación con la capacidad actual que consume el SRSMA.

Por otro lado, durante la fase de construcción la demanda adicional asociada a la acción propuesta sobre la infraestructura de agua potable y de aguas usadas no será de gran magnitud y será temporal mientras dure la fase de construcción. Durante la operación, por otra parte, la demanda adicional asociada a esta

infraestructura (agua potable y aguas usadas) será mínima y como resultado de los tres (3) empleados que se añadirían a las labores correspondientes.

- **Ruido** - No se espera que durante la construcción y operación de “La Expansión” aumenten significativamente los niveles de sonido que actualmente prevalecen en los receptores inmediatos a los terrenos donde se desarrollará la Expansión Propuesta, sobre lo cuales se discute en el Capítulo 3 de este documento. En los terrenos a desarrollarse se generarán niveles de ruido similares a los niveles existentes en el área donde ocurre la operación actual del SRSMA. No obstante, a lo anterior, se incorporarán medidas para minimizar y mitigar los ruidos.
- **Tránsito** - La construcción y operación de la Expansión Propuesta no causará impactos adicionales significativos en el tránsito y las carreteras en las inmediaciones donde se desarrollará ésta. La carga diaria promedio de RSM propuesta para la expansión será similar a la que se recibe al presente, por lo que el número diario de camiones que entrarán a la instalación durante la operación es de 10-12. Aunque durante la construcción el flujo de vehículos en la zona aumentará, este impacto será temporal y no significativo. Durante la operación de la Expansión Propuesta, de necesitar obtener material de una fuente externa, de ser necesario, el incremento en vehículos será de aproximadamente un (1) camión por hora.
- **Impacto Económico** - Los impactos acumulativos potenciales de un proyecto, en cuanto al ámbito socioeconómico, deben considerar varios factores de cambio. Entre estos; cambios en la actividad de negocios, en el empleo, en el ingreso y en la población. A continuación, un resumen sobre los posibles efectos:
  - **Cambio en actividad de negocio** - La Expansión Propuesta no implica un cambio a la actividad de negocios porque el servicio de manejo de RSM es uno que ya tiene lugar en el SRSMA y las actividades de disposición de estos residuos es similar a la actual. No obstante, “La Expansión” continuará proveyendo este servicio de disposición de RSM, atendiendo no solo la necesidad de la población del municipio y de otros sino la necesidad

de la industria, el comercio y otros servicios. Todos estos sectores promueven actividad de negocios.

- **Cambios en Empleo e Ingreso** - El impacto económico principal en cuanto a la generación de empleos de “La Expansión” estará asociado a la fase de construcción, que es la que mayor número de empleos generará. Aunque durante la fase de operación continuará generando actividad económica asociada a los empleos a crear, mientras se extienda la vida de “La Expansión”, no se considera que la misma tenga un efecto significativo sobre la económico de la región, aunque es un ingreso importante para el Municipio. En términos de impactos acumulativos es preciso señalar que, junto a otros posibles proyectos propuestos en la Isla, la fase de construcción generaría un impacto económico positivo debido a la actividad económica que se generaría. Esto pudiera reflejarse en los efectos económicos directos, indirectos e inducidos que dichos empleos tienen.
- **Cambios en Población** - Los empleos a generarse por “La Expansión” pudieran suponer alguna movilidad laboral de los empleados a ocupar dichos empleos. Sin embargo, no se esperaría que esto suponga un aumento significativo en la demanda de vivienda cercana a la ubicación del mismo, puesto que la mayoría de los empleos a generarse serán durante la construcción que es una actividad temporal.

Los recursos que con el desarrollo de “La Expansión” podrían representar impactos acumulativos potenciales, sobre los cuales se prevé un impacto significativo, corresponden, como indicamos al principio de esta sección a la Topografía y a la Geología y Suelos. Es necesario que se tomen medidas para minimizarlos y mitigarlos. A continuación, discutimos sobre el particular.

El relieve topográfico de los terrenos de “La Expansión” será alterado permanentemente por la extracción de la corteza terrestre y la topografía de estos se irá modificando en la medida que se completen la operación de disposición de RSM. Se irá desarrollando un promontorio con rasgos topográficos característicos en donde predominarán taludes y



terrazas hasta alcanzar los niveles finales. Los suelos serán impactados al ser removidos hasta cierta profundidad y luego de la construcción de la celda, sustituidos por el depósito de desperdicios sólidos en “La Expansión”.

Para minimizar el impacto visual de los residuos sólidos, que en una misma celda serán colocados, esparcidos y luego compactados, estos se cubrirán diariamente con material de relleno que será también uniformemente compactado. Al alcanzar los niveles topográficos finales, en toda la extensión de la expansión del relleno sanitario se aplicará una cubierta final que incluirá material de relleno y el establecimiento de grama minimizando el impacto visual.

A pesar de que “La Expansión” representa un impacto significativo sobre la topografía y suelos no se prevé un impacto acumulativo del mismo, pues no se proponen otros proyectos de envergadura que contribuya alterar marcadamente estos recursos.

## **5.0 ALTERNATIVAS A LA ACCIÓN PROPUESTA Y LA UBICACIÓN**

La reglamentación aplicable del DRNA en la preparación de documentos ambientales como el presente (Reglamento para el Proceso de Evaluación Ambiental) requiere que se incluya un análisis de alternativas razonables a la acción propuesta. Estas alternativas deben compararse con la alternativa de no llevar a cabo la acción propuesta (“No-Acción”), mediante la cual se presupone que “La Expansión” según propuesto no se desarrollaría. En esta sección consideramos alternativas al desarrollo de la Expansión del SRSMA, evaluando los beneficios (ventajas) y limitaciones (desventajas) de cada una de ellas en comparación con la No-Acción.

### **5.1 ALTERNATIVAS DE NO-ACCIÓN**

La Alternativa de No-Acción corresponde a que “La Expansión” según descrito en esta DIA no se desarrollaría. A estos efectos el SRSMA dejaría de recibir RSM para su disposición en los próximos años cuando el área para estos propósitos en la instalación existente alcance su capacidad máxima. Por tal razón, los RSM generados por los Municipios de Arroyo y Patillas y otros sectores cercanos de la Región tendrán que ser acarreados (transportados) a otro(s) SRS(s) una vez se alcance la capacidad máxima actual que hacemos referencia.

Los beneficios y las ventajas de la alternativa de la “No-Acción” corresponden a las siguientes:

1. Se evitarían los impactos ambientales potenciales asociados a la construcción y operación de un SRS en los terrenos a ser utilizados para la Expansión Propuesta. No obstante, “La Expansión” ubica en la mayor parte de su extensión en áreas previamente impactadas por actividades de extracción.
2. Los terrenos propuestos para la Expansión estarían disponibles para pastos o bosques.
3. El tránsito de camiones acarreado RSM a lo largo de la PR-755 se reduciría significativamente.
4. El cierre de todo el SRSMA se adelantaría, por lo que la producción de lixiviados se reduciría al aplicarse la cubierta final. Esto a su vez reduciría el

potencial futuro de contaminación de aguas superficiales y subterráneas con lixiviados.

5. Se reduciría el potencial de que las escorrentías se mezclen con los RSM, aumentando la producción de lixiviados.

Las limitaciones y desventajas de no llevar a cabo “La Expansión”, por otro lado, corresponden a las siguientes:

1. No se cumpliría con los objetivos de “La Expansión”, los cuales van dirigidos a proveer capacidad adicional al SRSMA mediante el desarrollo de un proyecto bien diseñado, construido y operado en cumplimiento con los requisitos de protección ambiental locales y federales aplicables, y de acuerdo con buenas prácticas de ingeniería. Es importante destacar que la meta principal es atender responsablemente las necesidades de disposición de RSM de los Municipios de Arroyo y Patillas como se ha estado haciendo en los pasados años.
2. Se requerirá que los RSM que hoy día llegan al SRSMA tengan que ser acarreados hacia otros(s) SRS(s). Los más cercanos corresponden a Humacao (30 mi), Salinas (35 mi) y Juncos (40 mi) por lo que los usuarios actuales de la instalación sanitaria del MA tendrán que hacer sus ajustes económicos y de logísticas.

El costo del acarreo y disposición de RSM de los municipios que utilizan el SRSMA aumentaría significativamente, particularmente para el Municipio de Arroyo. Estos no cuentan, por lo general, con los recursos económicos adicionales para sufragar estos costos. El impacto económico en los municipios de la Región al depositar en otros rellenos sanitarios podría ocasionar reducción en la frecuencia de recolección de RSM, lo que a su vez traería problemas ambientales y de salud pública.

3. Los SRS's en Puerto Rico son limitados hoy día por lo que no llevar a cabo la acción propuesta contribuirá a reducir la vida útil de otros rellenos sanitarios, acelerando el problema de capacidad para disposición de RSM que el país enfrenta.

4. Se evitaría proveer un servicio vital para la sociedad en una forma ambientalmente segura mediante la utilización de un lugar existente para la disposición de RSM, el cual cuenta con buen acceso para los acarreadores y está separado de comunidades establecidas o planificadas.
5. No permitirá contribuir a la economía de Puerto Rico mediante la creación de 30 empleos directos, indirectos e inducidos durante la construcción y 3 durante la operación de la Expansión Propuesta.
6. La disposición ilegal de desperdicios en la Región podría aumentar ante la ausencia de un relleno sanitario cercano que esté autorizado.

## **5.2 DESARROLLO DE UN NUEVO SRS EN OTRO LUGAR EN LA REGIÓN**

Esta alternativa corresponde a ubicar un nuevo relleno sanitario en otro lugar en la Región que cumpla con los requisitos del Subtítulo D de RCRA y el RSRS. Los beneficios de esta alternativa serían los siguientes:

1. Ubicación en el lugar ambientalmente más propicio en la Región. Esto implica el lugar donde la combinación de elementos ambientales represente el impacto ambiental mínimo potencial. Estos elementos ambientales incluyen las condiciones sociales (distante de poblaciones); climáticas (mínimo de lluvia); arqueológicas (ausencia de recursos culturales e históricos); distante de fallas geológicas activas y áreas con potencial de deslizamiento; distante de aeropuertos, humedales y recursos de agua superficiales y subterráneos; con accesos amplios; en el lugar de menor potencial de presencia de especies de flora y fauna críticas o en peligro de extinción; y con disponibilidad de material de cubierta en los terrenos o en las cercanías.
2. La nueva instalación se desarrollaría como un relleno sanitario moderno, incluyendo todas las medidas de protección requeridas por los reglamentos y leyes locales y federales. Esto tendría la ventaja sobre la acción propuesta de no contar con el área no-activa actual del SRSMA, la cual no está provista con la geomembrana compuesta que controla la infiltración de lixiviados, ni con el sistema de recolección de estos.

En comparación, las limitaciones o desventajas del desarrollo de un nuevo relleno sanitario en la Región serían las siguientes:

1. Es opuesta a la del gobierno estatal de promover preferiblemente las expansiones de rellenos sanitarios existentes versus nuevas instalaciones.
2. Utilización de un terreno sin impactos actuales, o impactos mínimos, con la remoción de corteza y, la flora y fauna.
3. Generación de nuevos impactos temporales durante la construcción de un nuevo SRS en una zona anteriormente no afectada, incluyendo polvo fugitivo, ruido, erosión del suelo, aumentos en escorrentía y generación de gases.
4. Efectos en las rutas de acceso al nuevo lugar debido al tránsito de los camiones sirviendo la instalación.
5. Potencial de tener que importar el material de cubierta, de no estar disponible en el SRS. De estar disponible, ocurriría el impacto de la remoción de la corteza terrestre y, la flora y fauna de la zona de extracción del material.
6. Creación del potencial, aunque altamente improbable, del escape de lixiviados en una zona previamente no impactada.
7. Cambios temporales y permanentes en la estética visual de los terrenos a utilizarse.
8. Los costos de construcción de un nuevo SRS con una capacidad similar al de la acción propuesta, pero en otro lugar en la Región serán significativamente mayores a los estimados en “La Expansión”.

### **5.3 IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO**

Existen procedimientos en el tratamiento de los RSM que utilizan varias tecnologías de conversión que pueden ayudar a reducir el volumen y el peso de desperdicios y así extender la vida útil de un relleno sanitario. La reducción del volumen de los RSM por procesos mecánicos, biológicos o químicos pueden contribuir, en algunos casos, a posponer el desarrollo de nuevas instalaciones sanitarias como los SRS o expansiones a las existentes. En el manejo de RSM se acostumbra a identificar “incineración” como sinónimo exclusivo de conversión cuando no es el caso, ya que no todas las tecnologías

de conversión implican procesos térmicos y no toda conversión térmica implica incineración o combustión directa de los residuos. Entre las tecnologías de conversión más comunes están las siguientes por tipo de proceso: Bioquímico<sup>1</sup> (digestión anaeróbica, fermentación y lombricultura o vermicompostaje), Termoquímico (gasificación, pirolisis, disociación por arco de plasma y combustión directa - incineración por quema de masa); Químico (transesterificación de aceite vegetales, y catálisis ácida y destilación); y Mecánico (autoclave y combustible derivado de residuos ("RDF", por sus siglas en inglés).

Para propósitos de esta DIA nos limitaremos a tomar en consideración aquellas tecnologías de conversión sobre las cuales se ha discutido previamente en Puerto Rico y que son aplicables a los RSM que, por lo general, se permiten admitir en un SRS, pues algunas de las mencionadas anteriormente incluyen tratamiento de residuos que no son aceptables o no se acostumbran a recibir en este tipo de instalación. Es por tal razón que las tecnologías de conversión a ser consideradas en esta sección corresponden a gasificación y pirolisis, e incineración.

La **gasificación** es un proceso mediante el cual materiales orgánicos se transforman en un gas combustible. Son susceptibles de ser gasificados aquellos materiales con un alto contenido en carbono como lo son, cualquier tipo de carbón, biomasa y residuos orgánicos.

La gasificación es una técnica eficaz para reducir el volumen de residuos sólidos y recuperar su energía, convirtiéndose en una vía adecuada para la obtención de energía eléctrica y térmica en el marco del desarrollo sostenible.

A diferencia de la incineración, que trabaja en exceso de oxígeno, en la gasificación se emplea, por lo general, tan solo el 25-30% del oxígeno necesario para la combustión completa de la materia orgánica, lo cual conlleva una serie de ventajas medioambientales.

En esta tecnología, la energía química contenida en la materia orgánica se convierte en energía química contenida en un gas (gas de síntesis). Este gas se puede utilizar como

---

<sup>1</sup> El compostaje aeróbico corresponde a este tipo de proceso.

combustible para la obtención de energía en motores, turbinas de gas o calderas. Las cenizas pueden considerarse un residuo o bien valorizarlas, usándolas como material de construcción, fertilizante, en la fabricación de vidrio, etc. Si la materia orgánica es un residuo con bajo contenido en cenizas y éstas no son aprovechables se habrá conseguido, en cualquier caso, minimizar considerablemente el volumen de residuo al tiempo que se inertiza y se aprovecha su contenido energético.

El gas resultante del proceso contiene monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrógeno (H<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), pequeñas cantidades de otros hidrocarburos ligeros, agua (H<sub>2</sub>O) y nitrógeno (N<sub>2</sub>) cuando se usa aire como agente gasificante, así como pequeñas partículas carbonosas, cenizas, alquitranes y compuestos condensables que son debidamente retirados de la corriente gaseosa y transformados en gases combustibles.

Los gases CO, H<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> contenidos en el gas resultante confieren poder calorífico al gas, ya que pueden reaccionar con oxígeno en un motor de combustión, una caldera o una turbina de gas.

En la gasificación de la materia orgánica pueden tener lugar los siguientes procesos:

1. Secado (Proceso Endotérmico): evaporación de la humedad contenida en la materia.
2. Pirólisis (Proceso Endotérmico): descomposición térmica en ausencia de oxígeno. Ocurre entre 300 - 700° C. Se desprenden gases y compuestos volátiles que serán transformados térmicamente en gases combustibles aptos para alimentar los motores de combustión.
3. Combustión parcial (Proceso Exotérmico): oxidación de parte del carbono contenido en la materia orgánica. Transcurre entre 800 - 1100°C.
4. Gasificación (Proceso Endotérmico): Reacción de la materia con CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O(v) con producción de gases combustibles, fundamentalmente CO, H<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>.

La combustión parcial aporta la energía necesaria para llevar a cabo el resto de procesos los cuales son endotérmicos. Es importante controlar la relación combustible/comburente para conseguir que la energía térmica disponible y procedente del proceso exotérmico

sea igual a la energía requerida para llevar a cabo los procesos endotérmicos, manteniéndose así neutro el balance energético del proceso global.

La materia orgánica que se oxidará en presencia de oxígeno sufrirá combustión. Como el oxígeno introducido en el reactor es insuficiente, se favorece la formación de CO por combustión incompleta. El exceso de materia orgánica reacciona con los gases presentes, principalmente con CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O. El empleo de vapor de agua como gasificante produce un gas combustible rico en H<sub>2</sub>.

La **incineración** es también un proceso térmico que conduce a la reducción en peso y volumen de los residuos sólidos, pero mediante la combustión completa en exceso de oxígeno.

El objetivo de la incineración es reducir el volumen de los residuos sólidos urbanos transformándolos en materiales sólidos, gaseosos y líquidos, que pueden ser más manejables para su disposición final. Durante el proceso de incineración los residuos sólidos reciben un tratamiento térmico en presencia de aire transformándose en constituyentes gaseosos, los cuales se liberan a la atmósfera y en un residuo sólido relativamente no combustible. Durante la combustión de los residuos en un incinerador se genera calor, lo que se conoce como “calor de combustión”, el cual puede ser aprovechado como fuente de energía para el mismo proceso o para otros como el calentamiento de agua o la generación de vapor.

Existen dos sistemas de incineración de los residuos sólidos municipales que se diferencian por el requerimiento de tratamiento previo de los residuos. El primer sistema requiere eliminar los elementos no combustibles de los residuos sólidos y además reducir el tamaño de las partículas para su incineración, pero el segundo no tiene estos requerimientos, por lo que la incineración se hace al total de los residuos sin ningún tratamiento previo. A este segundo método se le denomina incineración en masa.

La incineración en masa se encuentra actualmente en un estado muy avanzado en su desarrollo tecnológico. Las parrillas de incineración y las calderas de recuperación térmica están bien probadas y los sistemas de limpieza de gases están bien establecidos. Actualmente, este sistema es el más implantado y conocido.



Entre las tecnologías más modernas se encuentra el incinerador rotatorio en el cual los residuos sólidos son vaciados dentro de una cámara cilíndrica que puede tener hasta 18m o más de longitud y son quemados hasta convertirlos en cenizas y agua. El horno gira muy lentamente y el tiempo de residencia de los sólidos es de 30 minutos. Los productos de los gases combustibles provenientes del horno son enviados a una cámara secundaria. Estas unidades alcanzan temperaturas de 1,260 °C.

Como alternativas a la incineración en masa existen otras tecnologías como la del lecho fluidizado y sobre todo la incineración mediante el empleo de combustibles a partir de los residuos sólidos. Con estas tecnologías se asegura una incineración más limpia y eficiente considerando una recuperación más efectiva de la energía calorífica, además de un mejor cumplimiento con las estrictas normas ambientales que establecen los organismos ecológicos reguladores.

Las tecnologías identificadas presentan las siguientes ventajas:

1. Permiten producir energía.
2. Aumentan la vida útil de los rellenos sanitarios ya que pueden contribuir a reducir sustancialmente una porción significativa del flujo de RSM que se depositan en estos.
3. Crean oportunidades de más empleos.
4. Con programas efectivos de reciclaje estas tecnologías tienden a ser más efectivas por lo que el uso de éstas debe considerarse como una solución.

Sin embargo, las desventajas y limitaciones que traen consigo estas tecnologías y que deben ser consideradas como parte de la evaluación de “La Expansión” que nos ocupa, corresponden a las siguientes:

1. Estas tecnologías no pueden sustituir por completo la necesidad de depositar ciertos materiales en un relleno sanitario por lo que se requeriría hacer la expansión lateral del SRS de Arroyo o utilizar algún otro SRS para la disposición de los residuos de estas tecnologías.

2. El costo capital y el costo operacional de la implantación de estas tecnologías son, por lo general, significativamente mayores que las asociadas a los rellenos sanitarios, por lo que las tarifas de disposición podrían aumentar.
3. Algunas de estas alternativas no son favorecidas ambientalmente debido a la percepción pública sobre emisiones de gases y partículas a la atmósfera.
4. Estas tecnologías o la combinación de algunas de las mismas pueden ser cónsonas con el Itinerario Dinámico de la ADS (2008). Sin embargo, en el tiempo transcurrido hasta el presente, no es de conocimiento público que algún proyecto similar haya sido o esté siendo planificado y diseñado, por lo que actualmente se hace necesario garantizar a corto y a largo plazo la disponibilidad de un sistema en donde se permita la disposición de RSM distintos a los reciclados.

#### **5.4 EXPANSIÓN DEL SRSMA COMO ALTERNATIVA PREFERIDA**

Esta alternativa corresponde a la acción propuesta, objeto de evaluación en esta DIA, la cual considera la Expansión Lateral del Sistema de Relleno Sanitario del Municipio de Arroyo (SRSMA). La extensión superficial de los terrenos a ser desarrollados, que están localizados directamente al oeste del SRS existente, es de 9.95 cuerdas. Estos terrenos, al igual que aquellos donde ubica el SRS existente, forman parte de una finca propiedad del MA. La Expansión Propuesta consiste en la extensión lateral del relleno sanitario existente en unas 5 cuerdas aprox. “La Expansión” cumplirá con las disposiciones y reglamentaciones de protección ambiental a nivel federal y local para expansiones laterales de este tipo de instalación y con aquellas otras aplicables a todos los otros componentes o usos complementarios.

Los beneficios y las ventajas de esta alternativa:

1. Los impactos ambientales principales serán mínimos y temporales, pues los terrenos en donde se desarrollará “La Expansión” han sido impactados en su mayoría por actividades de extracción de la corteza terrestre.
2. Extiende la vida útil del SRSMA por un periodo no menor de 20 años en el área de disposición de RSM. Lo anterior contribuye a prevenir que se agote más rápidamente la vida útil de otros SRS's.

3. La expansión lateral proveerá de un lugar adecuado para la disposición de RSM mientras se planifica o viabiliza otras alternativas.
4. Requerirá el tiempo menor, en comparación con otras tecnologías, para resolver la crisis de RSM que enfrentaría los dos Municipios en los próximos años de ser necesario cerrar el SRSMA.
5. Se continuará proveyendo un servicio esencial a los municipios, comercios e industrias que se benefician de esta instalación sanitaria existente, la cual tiene buenos accesos para los usuarios y está separada de comunidades establecidas o planificadas.
6. Al eliminar el costo potencial de acarreo a otros SRS's más lejanos esta alternativa representa economías significativas a los municipios (Arroyo y Patillas) que depositan actualmente RSM en este SRS.
7. Se crearán oportunidades de empleo.

La alternativa antes descrita, aunque cumple con los objetivos de “La Expansión” presenta algunas desventajas o limitaciones que resumimos a continuación:

1. Limita el uso futuro de los terrenos a ser ocupados en forma irrevocable.
2. Impactos ambientales temporales durante la construcción de “La Expansión”, incluyendo aumentos en la emisión de polvo fugitivo y aumentos en la erosión como resultado del movimiento de tierra correspondiente.
3. Se generarán lixiviados por lo cual será necesario diseñar, construir y mantener un buen sistema de recolección de estos líquidos.

Luego de considerar cada una de las alternativas antes evaluadas, concluimos que la acción propuesta; “La Expansión” del SRSMA, representa ser la solución de mayor viabilidad para la disposición de RSM a los Municipios de Arroyo y Patillas. Esto es así porque resulta ser la alternativa más económica, los impactos sobre el medioambiente podrán ser efectivamente controlados implantando aquellas medidas de control descritas en esta DIA, y podrá ser llevada a cabo en menos tiempo mientras se desarrollan y se adoptan otras tecnologías más efectivas para la disposición y reciclaje de los RSM en Puerto Rico.

## **6.0 REQUISITOS LEGALES Y REGLAMENTARIOS DE LAS DECLARACIONES DE IMPACTO AMBIENTAL**

Existen varias leyes y reglamentos locales y federales que requieren la preparación de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) previo al diseño y desarrollo de las expansiones laterales de SRS existentes. Éstos corresponden a los siguientes:

- Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004 - Ley Sobre Política Pública Ambiental de 2004;
- Ley Nacional de Política Pública Ambiental de 1969, según enmendada (NEPA, por sus siglas en inglés), 40 CFR 1500; y
- Reglamento para el Proceso de Evaluación Ambiental del 23 de noviembre de 2016.

La DIA, de acuerdo con el Reglamento para el Proceso de Evaluación Ambiental (RPEA) de la JCA, hoy Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), es un documento de planificación en el cual el proponente de la acción (Municipio de Arroyo) tiene la obligación de considerar y detallar por escrito todas las consecuencias ambientales significativas y previsibles vinculadas a la acción propuesta. Este documento es presentado por el proponente de la acción, ante la Oficina de Gerencia de Permisos (OGPe) (Agencia Proponente), quien referirá dicho documento a la División de Evaluación de Cumplimiento Ambiental (DECA), para cumplir con los requisitos del Artículo 4B (3) de la Ley Sobre Política Pública Ambiental, cuando se ha determinado que la acción propuesta conllevará un impacto significativo sobre el ambiente. Una DIA es un documento que se requiere por ley previo a que se pueda autorizar el desarrollo o construcción de ciertas acciones propuestas en donde se deberá contemplar las medidas de mitigación a tomarse para proteger el ambiente. Este documento es un instrumento de planificación y evaluación de una acción que se propone y no un documento de aprobación de lo propuesto, sino parte del mecanismo para garantizar el cumplimiento con las leyes ambientales.

Este tipo de documento consiste en estudios sobre el impacto inmediato al ambiente como resultado de la acción propuesta, además del impacto futuro. Se toma también en consideración el impacto acumulativo que se pueda prever por el efecto a través del

tiempo y espacio de los desarrollos y usos existentes en la zona, además del de otros proyectos propuestos, si alguno. Se debe incluir un estudio de los efectos sociales y económicos del desarrollo que se propone. Por todo lo anterior, concluimos que la DIA es un documento amplio y detallado donde se pueden estimar los efectos adversos o el servicio y/o beneficios que pueda provocar la acción propuesta, no solo al ambiente, también a las comunidades adyacentes al lugar donde se propone el nuevo desarrollo y a la sociedad en general.

El proponente de la acción (Municipio de Arroyo) remitirá el documento ambiental a la OGPe para que sea evaluado por la DECA, quien emitirá recomendaciones al Director Ejecutivo; éste hará la determinación de cumplimiento ambiental, remitiendo su determinación al Municipio, para que éste sea quien adjudique la determinación final sobre el permiso solicitado.

La OGPe, a través de la DECA, evaluará el borrador del documento ambiental presentado, conduciendo un trámite de investigación y análisis que deberá incluir comentarios y/o recomendaciones que puedan tener otras agencias gubernamentales con incumbencia, peritaje y/o jurisdicción en el asunto. Se incorporarán los comentarios al documento y se presentará el documento actualizado a la DECA.

La DIA podría estar sujeta a participación pública mediante la publicación de un Aviso Público. El proponente de la acción, en coordinación con la OGPe, emitirán este aviso público. De no haber objeción, la solicitud será tramitada en el sistema de OGPe para ser validada. Se emitirá una Determinación de Cumplimiento Ambiental. La determinación de cumplimiento ambiental requerida bajo el Artículo 4(B)(3) de la Ley Núm. 416-2004, *supra*, y el Reglamento para el Proceso de Evaluación Ambiental, recaerá según disponga la Ley 161-2009 y este Reglamento.

El diseño, construcción, operación, cuidados de cierre y post-cierre de la Expansión Propuesta cumplirán con todos los criterios establecidos en las leyes y reglamentaciones locales y federales mencionadas, según apliquen. Esta DIA provee un análisis detallado de los requisitos reglamentarios para el diseño, construcción y operación de la Expansión.

## **7.0 COMPROMISOS IRREVOCABLES E IRREVERSIBLES**

Cuando la expansión lateral del SRSMA sea desarrollada, se necesitarán y utilizarán una serie de recursos para alcanzar este propósito. En este capítulo se resume el grado en que estos recursos serán comprometidos por el desarrollo de esta acción. Un compromiso irrevocable e irreversible es uno que hace al recurso irrecuperable para usos futuros y donde el recurso no podrá ser restaurado a su condición original.

El desarrollo de la expansión comprometerá de forma irrevocable e irreversible recursos necesarios para efectuar la construcción de la instalación sanitaria. Los materiales que utilizarse en la construcción e instalación del sistema de revestimiento compuesto y el sistema de recolección de lixiviados en la base de la expansión serán ejemplos de materiales de construcción que se comprometerán de forma irreversible e irrevocable.

El terreno donde se propone localizar la expansión propuesta tendrá un uso restringido en el futuro. Éste estará básicamente limitado a la conservación, mantenimiento, y a facilidades recreativas livianas. Por lo tanto, el terreno puede ser considerado como comprometido irreversiblemente.

Durante la construcción y operación de la Expansión, el terreno a ser desarrollado no estará disponible para otro uso que no sea relleno sanitario.

Los recursos económicos por invertir en la obra y en los salarios del personal que construirá y operará la Expansión Propuesta, también pueden ser considerados como comprometido irreversiblemente.

Se utilizará equipo pesado durante la construcción, operación y mantenimiento del relleno sanitario. El combustible utilizado por esas máquinas también constituye un recurso que será comprometido irreversiblemente. Además de estos, los materiales utilizados para la cubierta diaria y cubierta final también serán comprometidos irreversiblemente. El espacio aéreo ocupado por el relleno sanitario tampoco estará disponible para otro uso en el futuro.

Aunque el proyecto propuesto requiere el compromiso irreversible de varios recursos, la utilización de los recursos arriba mencionados será compensada por beneficios económicos, ambientales y sociales, tales como:

- Continuar manteniendo una manera adecuada para disponer de los RSM provenientes de Arroyo y Patillas
- Aumentar la vida útil del SRSMA; y
- Tener disponible un sistema de relleno sanitario, bajo condiciones controladas, ayudará también a minimizar la disposición de RSM en áreas no autorizadas, mejorando así la calidad del ambiente y, por lo tanto, la salud de la comunidad en general.

# Abreviaciones y Acrónimos

AAA	Autoridad de Acueductos y Alcantarillados
ADS	Autoridad de Desperdicios Sólidos
B-POT	Borrador del Plan de Ordenación Territorial
CDAS	Cuerdas
CES	Control de la Erosión y Sedimentación
CFR	Códigos de Reglamentos Federales (Code of Federal Regulations)
cm/seg	Centímetros por segundos
CO	Monóxido de Carbono
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DRNA	Departamento de Recursos Naturales y Ambientales
db	Decibeles
DECA	División de Evaluación de Cumplimiento Ambiental
DSNP	Desperdicios Sólidos No Peligrosos
EE.UU.	Estados Unidos de América
EPA	Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency)
ESI	Índice de Sensitividad Ambiental
FEMA	Agencia Federal de Manejo de Emergencias (Federal Emergency Management Agency)
GCL	Geosynthetic Clay Liner
HDPE	High Density Polyethylene
HELP	Hydrologic Evaluation of Landfill Performance
H-H	Estudio Hidrológico e Hidráulico
ICAA	Índice de Calidad del Aire
IPaC	Información para la Planificación y Consulta
JCA	Junta de Calidad Ambiental
JP	Junta de Planificación
MA	Municipio de Arroyo
mi	Millas
mi <sup>2</sup>	Millas Cuadradas
mils	Milésimas
NO	Óxido Nítrico
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (National Oceanic and Atmospheric Administration)
NO <sub>2</sub>	Bióxido de Nitrógeno



Abreviaciones y Acrónimos (cont.)

NPDES	National Pollution Discharge Elimination System
Núm.	Número
OGPe	Oficina de Gerencia de Permisos
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PCB	Bifenilos Policlorinados, por sus siglas en inglés
PISMAS	Plan de Implantación de Muestreo de Aguas Subterráneas
PM	Materia Particulada
PMA	Plan de Monitoría y Análisis
POT	Plan de Ordenación Territorial
RCCA	Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica
RCCR	Reglamento de Control de la Contaminación por Ruido
RCRA	Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (Resource Conservation and Recovery Act)
RSRS	Reglamento para los Sistemas de Relleno Sanitario
RPEA	Reglamento para el Proceso de Evaluación Ambiental
RMF	Revestimiento de Membrana Flexible
RSM	Residuos Sólidos Municipales
SIP	Plan de Implementación Estatal, por sus siglas en inglés
SO <sub>2</sub>	Bióxido de Azufre
SRC	Sistema Revestimiento Compuesto
SRL	Sistema de Recolección de Lixiviados
SRS	Sistema o Sistemas de Relleno Sanitario
SRSMA	Sistema de Relleno Sanitario del Municipio de Arroyo
Ton/día	Toneladas diarias

## Glosario de Términos

**Acopio** - La acción tendente a reunir residuos sólidos en un lugar determinado y apropiado para su recolección, tratamiento o disposición final.

**Aguas de Escorrentías** - Aguas de lluvia que fluyen por la superficie del terreno.

**Aguas Pluviales** - Aguas de lluvia que no es absorbida por el suelo y que escurre de superficies tales como pavimentos, caminos, terrenos, estacionamientos y otras. Estas se recolectan en zanjas, alcantarillas y otras obras hidráulicas hasta sistemas de drenaje principales o se acumulan.

**Aguas Subterráneas** - Aguas que se encuentran bajo la superficie del terreno, presente en o bajo el nivel freático.

**Aguas Superficiales** - Cualquier fuente de agua, natural o artificial, incluyendo todas las corrientes, lagos, estanques, embalses, corrientes y canales interiores, manantiales, sistema de irrigación, sistema de drenaje, cuerpos de agua con flujo intermitente y todos los cuerpos internos de agua o de aguas acumuladas.

**Ambiente** - Cualquier espacio de interacción y sus consecuencias, entre la sociedad (elementos sociales y culturales) y la naturaleza (elementos naturales), en un lugar y momento determinado.

**Anaerobio** - Adjetivo que describe un organismo que es capaz de vivir sin oxígeno. Se utiliza este término para referirse a microorganismos que poseen esta habilidad. También se utiliza para describir ambientes que están desprovistos de oxígeno molecular disuelto o gaseoso.

**Arcilla** - Suelo que se caracteriza, por lo general, por su baja permeabilidad y que contiene arena, sedimento y barro en proporciones casi iguales procedente de la descomposición de rocas.

**Área Activa** - Área en el Sistema de Relleno Sanitario donde se están depositando los desperdicios sólidos para su confinamiento.

**Áreas Inestables** - Lugares que por su naturaleza y por su ubicación resultan susceptibles a actividades humanas o naturales capaces de deteriorar la integridad de los componentes estructurales del Sistema de Relleno Sanitario. Estos componentes previenen la liberación o escape de desperdicios.

**Buenas Prácticas de Ingeniería** - Métodos y estándares de ingeniería establecidos y aplicados a través del ciclo de vida de un proyecto para entregar soluciones apropiadas y efectivas en costo.

**Buenas Prácticas de Manejo** - Prácticas encaminadas a lograr el control efectivo para prevenir la erosión y sedimentación siguiendo los estándares aceptables de diseño, instalación y mantenimiento a estos fines.

**Calificación** - Instrumento para designar usos de terreno, será sinónimo de Zonificación.

**Camadas** - Capas sucesivas de desperdicios.

**Capacidad Hidráulica** - Caudal máximo que un conducto, canal u otra obra hidráulica es capaz de conducir, expresado en unidad de volumen por unidad de tiempo (ej. pies cúbicos por segundo (cfs), litros por segundo (l/s), galones por minuto (gpm), etc.).

**Centro de Acopio** - Lugar donde se recibe o se compra el material reciclable debidamente separado o para ser separado, procesado, almacenado temporalmente para luego ser transportado a las instalaciones de reciclaje.

**Cierre** - Acto de clausurar una instalación para almacenamiento, tratamiento o disposición de desperdicios sólidos después que ésta haya cesado de recibirlos, de manera que se satisfagan las condiciones y requisitos establecidos en el Reglamento para el Manejo de los Desperdicios Sólidos No Peligrosos.

**Cierre Final** - Clausura de todas las unidades de una instalación de desperdicios sólidos en cumplimiento con todos los requisitos de cierre aplicables.

**Clasificación** - Ordenación de los suelos en tres (3) categorías básicas: suelo urbano, suelo urbanizable y suelo rústico.

**Compactación** - Es la reducción mecánica del volumen de los desperdicios sólidos por la aplicación de presión.

**Compuestos Orgánicos Volátiles** - a veces llamados VOC's (por sus siglas en inglés) o COV's (por sus siglas en español), son sustancias químicas que contienen carbono que se convierten fácilmente en vapores o gases. Junto con el carbono, contienen elementos como hidrógeno, oxígeno, flúor, cloro, nitrógeno, azufre y bromo. Los COV's son liberados por quema de combustibles y disolventes, pinturas y otros productos empleados y desechados de los hogares y lugares de trabajo.

**Conductividad Hidráulica** - Término empírico de permeabilidad que se expresa en unidades de longitud por tiempo (ej. cm/seg, pulg/año, etc.). También se le conoce como coeficiente de permeabilidad.

**Confinamiento** - Aislar los desperdicios del medio ambiente mediante enterramiento siguiendo los procedimientos requeridos por la reglamentación aplicable para la disposición final de desechos en un relleno sanitario.

**Contaminación** - Degradación de la calidad natural del ambiente como resultado directo o indirecto de las actividades humanas.

**Contaminante** - Toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, los derivados químicos o biológicos, así como toda forma de energía, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido que al incorporarse o actuar en la atmósfera, aguas, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, alteren o modifiquen su composición, o afecten la salud humana.

**Cuenca** - Área geográfica cuyas aguas afluyen a un mismo cuerpo de agua receptor.

**Cuenca Hidrográfica** - Delimitación geográfica de la red de cauces o sistema de drenaje que incorpora todas las vertientes que nutren con escorrentías a los cauces del sistema.

**Decibel** - Unidad para medir la intensidad del sonido que toma en consideración la presión del sonido medido con relación a la presión de referencia.

**Descomposición Biológica** - La descomposición biológica es el proceso contrario a la síntesis, en el que grandes moléculas son degradadas a moléculas más pequeñas o a átomos, por medio de una reacción química. Los diversos organismos capaces de descomponer materia son conocidos con distintos nombres como descomponedores, degradadores, saprófagos o detritívoros. Entre ellos se incluyen desde los descomponedores típicos como las bacterias y los hongos, hasta lombrices o ciertos tipos de insectos.

**Desperdicios o Residuos Sólidos** - Cualquier basura, desecho, residuo, escombros, cieno u otro material descartado o destinado para su reciclaje, reutilización y recuperación, incluyendo materiales sólidos, semisólidos, líquidos o recipientes que contiene material gaseoso generado por la industria, comercio, minería, operaciones agrícolas o actividades domésticas. Esta definición incluye aquellas materias que han sido desechados o dispuestas, material descartado o material a las que les haya expirado su utilidad o no sirven a menos que sean procesadas o recuperadas. Esta definición no incluye materiales sólidos o disueltos en el alcantarillado sanitario o en el reflujo de la irrigación de terrenos. Tampoco incluye descargas industriales de las fuentes precisas sujetas a un permiso requerido por la Ley Federal de Agua Limpia del 1973, ni fuentes nucleares especiales o productos derivados, según definidos por la Ley Federal de Energía Atómica de 1954.

**Desperdicios Sólidos No Peligrosos** - Cualquier desperdicio sólido que no esté conforme con la definición de desperdicios peligrosos del Reglamento para el Manejo de los Desperdicios Sólidos No Peligrosos.

**Desperdicio Vegetal** - Totalidad o porción de árboles, ramas de árboles, hojas, desechos de jardines, arbustos, grama, yerba o cosechas.

**Digestor Anaerobio** - Tanque hermético en el cual los microorganismos anaeróbicos (que actúan en ausencia de oxígeno) descomponen materia orgánica y producen biogás, principalmente metano y dióxido de carbono.

**Disposición** - Desechar definitivamente desperdicios sólidos mediante descarga, destrucción, depósito, inyección, dispersión o filtrado que se realice dentro del terreno o sobre éste, a un cuerpo de agua o al aire. También se considera disposición como el procesamiento de desperdicios sólidos para convertirlo en materia prima para otro proceso o convertirlo en un producto reutilizable. La exportación también se considera disposición.

**Emisión** - Sustancia en cualquier estado físico liberado de forma directa o indirecta al aire, agua, suelo o subsuelo.

**Erosión** - Proceso de desgaste continuo de la superficie por medios físicos. Este término es usualmente aplicado a la pérdida de suelo por la acción del viento y/o agua.

**Expansión Lateral** - Crecimiento horizontal de un Sistema de Relleno Sanitario existente más allá de los límites previamente contemplados en el documento ambiental y más allá de los límites de la propiedad, de ser el caso.

**Falla Geológica** - Es una ruptura o zona de ruptura en la corteza terrestre donde la formación o estrato de un lado sufre desplazamiento con respecto a la del otro lado.

**Fauna** - Conjunto de los animales de una región o sector de un país.

**Flora** - Conjunto de las plantas que crecen espontáneamente en una región o sector del país.

**Generación** - La acción de producir residuos sólidos a través de procesos productivos o de consumo.

**Geocompuesto** (*Geomposite*) - Drenaje compuesto de una red de plástico resistente (ej. HDPE) entre dos geo textiles que tiene alta resistencia a la compresión y gran capacidad hidráulica.

**Geología** - Ciencia que estudia el origen, formación y evolución de la Tierra, los materiales que la componen y su estructura.

**Geomembrana Sintética** - Barrera diseñada especialmente para impedir el paso de sustancias y materiales, particularmente de líquidos y vapores, fuera de la barrera que crea. En la fabricación de las geomembranas se emplean polímeros termoplásticos o termoestables, los que tienen la particularidad de presentar un alto nivel de impermeabilidad ofreciendo un excelente nivel de contención, si se les compara con otros materiales.

**Hábitat** - Conjunto de factores físicos y geográficos que inciden en el desarrollo de un individuo, una población, una especie o grupo de especies determinados.

**Hidrología** - Es la distribución, movimiento y composición química de agua superficial y subterránea.

**Humedal** - Áreas transicionales entre sistemas acuáticas y terrestres, frecuentemente inundadas o saturadas por aguas superficiales y subterráneas durante un periodo de tiempo suficiente como para que empiece a haber cambios en el suelo, que los capacita para que crezca un tipo de vegetación especialmente adaptada a vivir en estas condiciones (vegetación hidrófila).

**Impacto Acumulativo** - El efecto total sobre el ambiente que resulta de una serie de acciones pasadas, presentes y futuras de origen independiente o común.

**Impacto Ambiental** - Acciones humanas que alteran el equilibrio natural del ambiente.

**Impacto Ambiental Significativo** - Efecto substancial de una acción propuesta sobre uno o varios elementos del ambiente, tales como, pero sin limitarse a una población biótica, un recurso natural, el ambiente estético o cultural, la calidad de vida, la salud pública, los recursos renovables o no renovables; o que pueda sacrificar los usos beneficiosos del ambiente a largo plazo a favor de los usos a corto plazo o viceversa.

**Infiltración** - Es el movimiento del agua a través de la superficie de la tierra hacia el suelo.

**Lixiviados** - Líquidos formados por la reacción, el arrastre o el filtrado de los materiales que constituyen los residuos sólidos y que contienen sustancias en forma disuelta o en suspensión que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera del lugar en los que se depositan los residuos sólidos y que pueden ocasionar contaminación del suelo y cuerpos de agua.

**Manejo de Desperdicios Sólidos No Peligrosos** - Administración y control sistemático del almacenamiento, separación en la fuente, recolección, transportación, trasbordo, tratamiento, recuperación y disposición de desperdicios sólidos no peligrosos.

**Materia Orgánica** - Es aquella materia que se forma a partir de residuos de procedencia animal o vegetal conformada básicamente por elementos de carbono e hidrógeno. Se trata de sustancias que suelen distribuirse por el suelo y ayudan a la fertilidad.

**Material Reciclable** - Aquellos materiales potencialmente procesables y reutilizables como materia prima para la elaboración de productos nuevos o similares.

**Mitigación** - Medidas adoptadas para evitar, minimizar, corregir o compensar cualquier impacto adverso.

**Obras Hidráulicas** - Conjunto de estructuras construidas con el objetivo de controlar el agua, cualquiera que sea su origen, con fines de aprovechamiento o de protección.



**Olores Objetables** - Todo mal olor que es hediondo o nauseabundo causado por el manejo inadecuado de los desperdicios orgánicos.

**Orgánico** - Perteneciente o derivado de organismos vivos. Que pertenece a los compuestos químicos que contienen carbono.

**Permeabilidad** - Capacidad que tiene un material de permitirle a un fluido que lo atraviese sin alterar su estructura interna.

**Polvo Fugitivo** - Partículas de polvo suspendidas, liberadas de actividades que están relacionadas con la construcción, fabricación, transporte u otra actividad.

**Precipitación** - Caída de agua sólida o líquida como consecuencia de la condensación del vapor sobre la superficie terrestre. Dentro del concepto de precipitación están incluidos los siguientes fenómenos: nieve, lluvia, granizo, llovizna y aguanieve, incluso la palabra se usa como sinónimo recurrente de lluvia y viceversa.

**Reciclaje** - Proceso mediante el cual los desperdicios sólidos son recogidos, separados, procesados y reutilizados en forma de materia prima o productos.

**Residuos Sólidos Municipales** - Son equivalentes a los Desperdicios Sólidos No Peligrosos y provienen de la generación residencial, comercial, institucional e industrial y los residuos resultantes de la limpieza de áreas públicas. El manejo de estos residuos está a cargo principalmente por los Municipios y una gran mayoría de estos se está disponiendo finalmente en los vertederos y sistemas de relleno sanitario existentes en el país.

**Revestimiento Compuesto** - Sistema que consiste en dos (2) componentes: el componente superior es un revestimiento de membrana flexible con un grosor mínimo de treinta (30) mils. (milésimas de pulgadas) y el componente inferior es de por lo menos sesenta y un (61) centímetros (dos pies) de suelo compactado con una conductividad hidráulica de no más de  $1 \times 10^{-7}$  cm/seg. Los componentes del revestimiento de membrana flexible en polietileno de alta densidad tienen que ser de por lo menos sesenta (60) mils. de espesor. La membrana flexible será instalada en contacto directo y uniforme con el suelo compactado.

**Sedimentación** - La sedimentación ocurre cuando un material sólido es transportado por una corriente de agua y se posa en el fondo del río, embalse, etc. Las corrientes de agua tienen la capacidad de transportar materia sólida en suspensión y de generar sedimentos por sus propias características o a través de la erosión de los cauces.

**Sistema de Relleno Sanitario** - Cualquier instalación o parte de ella, en la que se disponen desperdicios sólidos no peligrosos. Dicha disposición (confinamiento) se realiza mediante el esparcimiento en capas. Cada una es compactada al volumen práctico más pequeño y separada por la aplicación diaria de material de relleno o material alternativo aprobado, para reducir al mínimo los riesgos para la salud, la seguridad pública y el ambiente, y minimizar lo que sea desagradable a los sentidos humanos.

**Subtítulo 'D'** - Sección de la Ley Federal de Conservación y Recuperación de Recursos en la cual se establecen los requisitos mínimos para la construcción y operación de las instalaciones municipales y privadas para la disposición de desperdicios sólidos. Estos requisitos aplican principalmente al manejo de los desperdicios sólidos no peligrosos.

**Vectores** - Cualquier animal que pueda transmitir enfermedades a humanos o a otros animales, o que pueda causar molestias a la comunidad aledaña a la instalación.

**Vida Útil** - Período en que se consume la capacidad de acopio de desperdicios sólidos en un Sistema de Relleno Sanitario.

**Zonificación** - Instrumento para designar usos de terreno, será sinónimo de Calificación.

# **APÉNDICES**

## **APÉNDICE NÚM. 1**

### ***“PRELIMINARY SOIL EXPLORATION”***

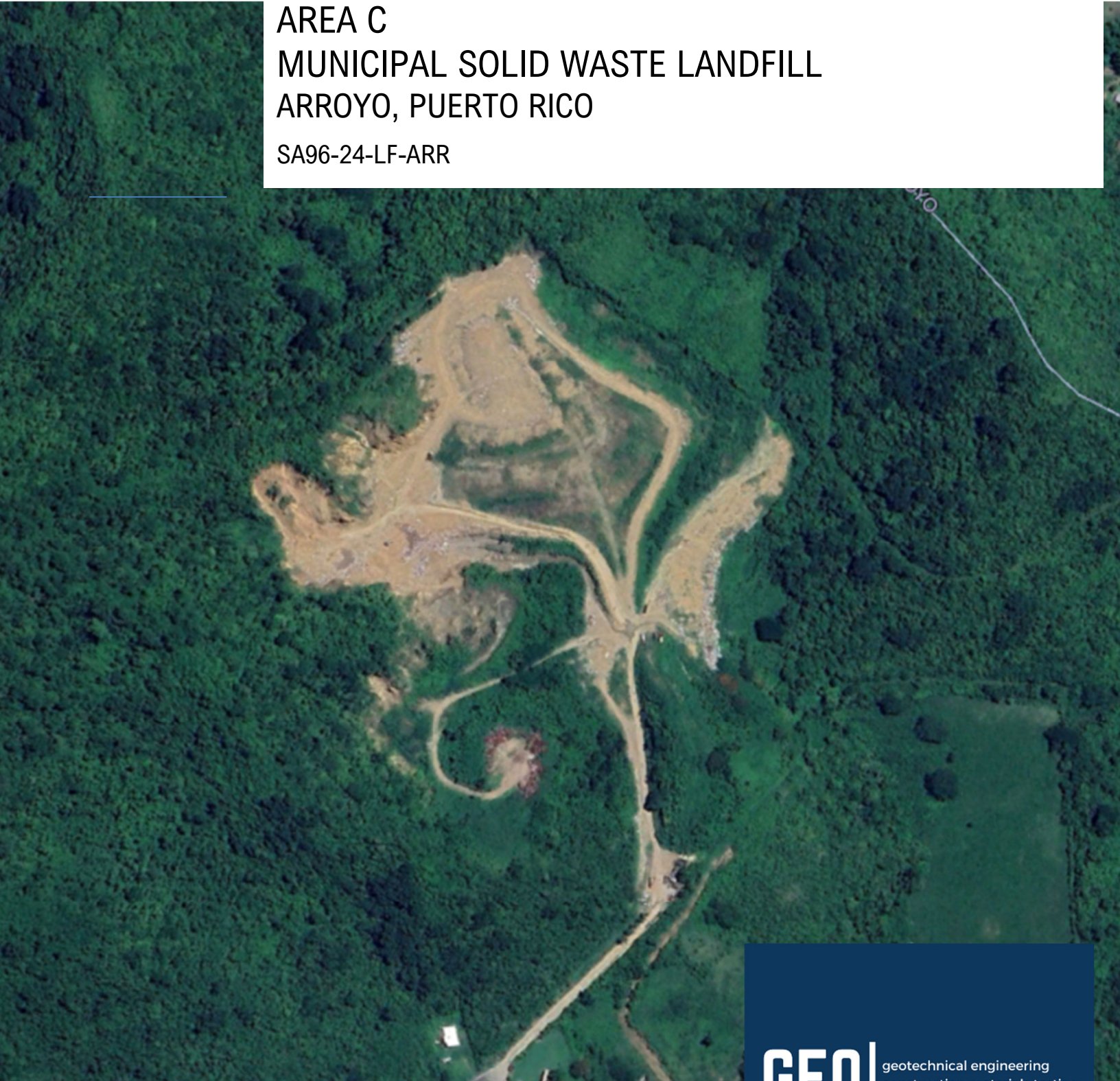
# PRELIMINARY SOIL EXPLORATION

## EXPANSION AREA

AREA C

MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL  
ARROYO, PUERTO RICO

SA96-24-LF-ARR



# PRELIMINARY SOIL EXPLORATION

## EXPANSION AREA

### AREA C

### MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL

### ARROYO, PUERTO RICO

SA96-24-LF-ARR

PO Box 270328  
San Juan  
PR, 00927

T. 787.781.6340  
F. 787.706.0183

---

Geotechnical  
engineering

Construction  
materials testing

---

**DBE**

PR/FL DTOP  
Certified  
Disadvantaged  
Business Enterprise

**HUBZone**

SBA Certified



AASHTO AAP  
Accredited  
Laboratory



**US Army Corps  
of Engineers®**

Validated  
Laboratory



MBE Certified

*Prepared for*

Puerto Rico Professional Team, PLLC  
Guaynabo, PR

December 4, 2024

**GEO**

Felipe Nazario Muñiz, PE  
Puerto Rico Professional Team, LLC  
PO Box 3871  
Guaynabo, Puerto Rico 00970  
T. 787-773-0730, e-mail: [FNM.PRPT@gmail.com](mailto:FNM.PRPT@gmail.com)

PO Box 270328  
San Juan  
PR, 00927

T. 787.781.6340  
F. 787.706.0183

---

Geotechnical  
engineering

Construction  
materials testing

---

Re: Preliminary Soil Exploration for  
Expansion Area  
Area C  
Municipal Solid Waste Landfill  
Arroyo, PR

Dear engineer Nazario:

We are submitting our report on the preliminary soil exploration of the referenced project. If you have any questions with regard to this evaluation or require additional services, please do not hesitate to contact us. We would be pleased to meet with you or your representative for any explanation concerning this evaluation.

We thank you for giving us the opportunity to perform this study.

Cordially,  
**GEO-Engineering**



Carlos E. Rodríguez Pérez, PhD, PE  
*Geotechnical Engineer*

Enclosures

<https://geoengineering1413.sharepoint.com/sites/GEO-Engineering/Shared Documents/ProjectsCurrent/SA96-24-LF-ARR-VertArroyo/FelipeNazario-ExpansionC-ArroyoLandfill-SA96-24-LF-ARR.docx>

## Table of Contents

<b>1.0</b>	<b>GENERAL PROJECT INFORMATION</b>	<b>1</b>
1.1	Introduction	1
1.2	Site and Project Description	1
<b>2.0</b>	<b>SUBSOIL EXPLORATION</b>	<b>3</b>
2.1	Site Geology	3
2.2	Site Aerial Photointerpretation	4
2.3	Soil Exploration	5
2.3.1	Discussion	8
<b>3.0</b>	<b>GENERAL COMMENTS</b>	<b>10</b>
3.1	General Comments	10

## FIGURES

Figure 1 Schematic Location of Project Site – Arroyo, PR

Figure 2 Topographic Drawing of Site

Figure 3 Aerial View of Expansion Area – 2024

Figure 4 Views of Expansion Area

Figure 5 Schematic Location of Site on USGS Geologic Map (OF 82-1097)

Figure 6 Aerial View of Site – January 1951

Figure 7 Topographic Map of Site - 1946

Figure 8 Aerial View of Site - LiDAR Map 2018

Figure 9 Schematic Location of Test Pits



## 1.0 GENERAL PROJECT INFORMATION

### 1.1 Introduction

This report presents the results of the preliminary soil exploration performed for an area of expansion located in Area C within the existing facilities of the Municipal Solid Waste Landfill (MSWL) of Arroyo, PR. Eng. Felipe Nazario, from Puerto Rico Professional Team, LLC, requested this evaluation for the preparation of the Declaration of Environmental Impact (“Declaración de Impacto Ambiental, DIA”) of the project.

The preliminary soil exploration included the performance of three test pits (TP-1, TP-2, TP-3) at the extraction area, a site reconnaissance, review of geologic information from the area, and an aerial photointerpretation of the site. Information in conjunction with data submitted to this office by Eng. Nazario were also utilized.

### 1.2 Site and Project Description

The Municipality of Arroyo is planning the lateral expansion of the municipal landfill in an area located in Area C. Area C has an area of approximately 9.33 cdas. The landfill is located within the Buena Vista Sector of the Ancones Ward of Arroyo, PR (Fig. 1). The DIA for the proposed expansion requires the performance of a preliminary soil

exploration to provide geotechnical and geological information of the site.

Figure 2 shows a submitted topographic drawing of the landfill general area. Area C, the schematic location of the expansion area, and areas with solid waste are shown in this drawing.

The planned expansion area mainly consists of an elongated ridge of in-situ rock located between existing solid waste on the southeast, north-northwest, and east, and a high mountain on the west. Figure 3 shows an aerial view of the expansion area from 2024. The elongated ridge is part of the high mountain. Figure 4 shows views of the area taken during the time of the present soil exploration. The ridge has been cut in several sectors. The existing cuts are several meters high and were performed along the lower portions of the ridge.

2.0 SUBSOIL EXPLORATION

2.1 Site Geology

The following table summarizes information on the geology of the site, based on published information by the US Geological Survey (USGS). Figure 5 schematically shows the project site within the corresponding USGS geologic map.

Table 1 - USGS Geological Map Information

Preliminary Geologic Quadrangle: Map of the Patillas Quadrangle, Puerto Rico		Map ID: Open File Report 82-1097	Published Date: 1982
Type of Deposits			
Project area:	Formation A (Ka <sub>2</sub> ) (Cretaceous)		
USGS Description:	Abundant feldspathic andesitic lava and brecciated lava, pyroclastic breccia, and rare thin- to medium-bedded tuff		
Comments:	Fill, saprolite, and fractured rock were found with the soil exploration performed at the project site. Massive rock was observed in localized sectors of existing cuts within the project site.		
Landslide Susceptibility (Hughes & Schulz, 2020)	<input type="checkbox"/> N/A <input type="checkbox"/> Low <input type="checkbox"/> Moderate	<input checked="" type="checkbox"/> High and <input checked="" type="checkbox"/> Very High <input type="checkbox"/> Extremely high	

Ka<sub>2</sub>

Mostly lava, some  
minor tuff

## 2.2 Site Aerial Photointerpretation

The photointerpretation of a site is conducted by comparing aerial photographs taken of the area over a period of several years. These photographs show the broad physical characteristics of the area and help to identify site changes with time. The photointerpretation of a site has become an effective technique to recognize and better define features such as topography, sinkholes, drainage, physical changes made by man-earthmoving operations (cuts and fill), areas of instability, etc.

The evaluation of the project site was performed utilizing aerial photographs that covered a period of several years from 1951 to 2024. According to the aerial photograph from 1951, the original site (previous to the construction of the landfill) consisted of an elongated ridge oriented in a near east-west direction (Fig. 6). The ridge was bordered on the north and south by wide and deep gullies draining from west to east. This morphology is also depicted by the contour lines shown in a topographic quadrangle of the general area published by the USGS in 1946 (Fig. 7). The existing solid waste has been deposited along the lower portions of the gullies (Fig. 3).

The eastern portion of the elongated ridge has been undergoing cuts through the years (Fig. 3). The cuts reached several meters high. This morphology can be better observed in the aerial view of the site taken in 2018 utilizing a LiDAR imaging system (Fig. 8). Figure 3 shows an aerial view of the site in 2024.

## 2.3 Soil Exploration

The soil exploration included the performance of three test pits (TP-1, TP-2, TP-3) and information obtained from a site reconnaissance (especially of the existing cuts in the general area). Figure 9 shows the schematic location of the test pits. Figure 4 shows views of the test pit locations.

The test pits were performed to obtain information on the subsoil conditions of the study area at shallow depths at the lower portion of the elongated ridge. The test pits were opened with an excavator. Two (2) of the test pits (TP-1 and TP-2) were opened south of the elongated ridge. Test pit TP-3 was opened north of the elongated ridge. The following table shows the depth reached by the test pits:

**Table 2 - Summary of Test Pit Depths**

Test Pit	Depth (ft)
TP-1	4
TP-2	13
TP-3	10

Test pit TP-1 was stopped at a depth of 4 ft because the excavator could not advance deeper into the exposed fractured rock.

Three types of materials were found with the test pits performed at the project site:

**Table 3 - Summary of Materials**

Type of Material
Landfill solid waste
Saprolite
Highly fractured to fractured rock

The following table summarizes the type of the soil/rock layers found with the test pits:

**Table 4 - Summary of Soil/Rock Information from the Test Pits**

Soil Type	Description	Approx. Depth Range
Landfill solid waste	Recovered mainly as silty sand mixed with large quantities of solid waste (debris, trash, etc.)	0 ft – 12 ft [TP-2] 0 ft – 10 ft [TP-3]
Saprolite	Recovered mainly as yellowish brown cemented silty sand with weathered rock fragments (broken during sampling)	0 ft – 3.5 ft [TP-1] 12 ft – 13 ft [TP-2]
Highly fractured to fractured rock	Recovered mainly as rock fragments (broken by the excavator) mixed with silt and sand	3.5 – >4 ft [TP-1]
Comments	The aforementioned soil/rock type and depth range may vary at other project locations.	

The landfill solid waste mainly consisted of silty sand mixed with large quantities of trash and debris. The debris included large blocks of concrete, large wooden logs, rebar, etc. The landfill solid waste was only found in test pits TP-2 and TP-3, which were performed south of the existing toe of the elongated ridge. Also, TP-2 and TP-3 were located closer to the center of the previous wide gullies draining from the west. The thickness of the landfill waste found in the test pits was variable.

The saprolite was mainly recovered as yellowish brown cemented silty sand with weathered rock fragments (broken during sampling). The highly fractured to fractured rock was recovered mainly as rock fragments (broken by the excavator) mixed with silt and sand.

No groundwater was detected while performing the test pits. However, temporary groundwater may appear when excavating the site due to runoff percolating in areas of higher elevation.

The stratification or change lines included in Table 4 are based upon visual-manual descriptions of the samples retrieved while performing the test pits. For this reason, these lines are approximate and thus schematic. The in-situ transition between various soil/rock types may be gradual. The depths mentioned in the report refer to the existing ground surface at the time of opening the test pits.

### 2.3.1 Discussion

The existing cuts within the project site are several meters high. The ground observed in the cuts mainly consisted of highly fractured to fractured volcanic and volcanoclastic rock. Thin layers of saprolite were observed covering the rock in localized sectors. Also, massive rock was observed in localized sectors. The highly fractured to fractured rock was also found in the test pits performed at the site. The matrix of the highly fractured to fractured rock exposed in the test pits and the existing cuts is relatively hard (fresh to slightly weathered).

Based on the exposed ground conditions observed in the existing cuts and test pits, and taking into consideration the location and height of the existing cuts, the elongated ridge planned for excavation should primarily consist of highly fractured to fractured volcanic and volcanoclastic rock. However, massive rock may appear in localized sectors within the ridge. Further soil exploration would be required to better characterize the rock conforming the elongated ridge, especially at those areas relatively far from the existing cuts.

The existing cuts were reportedly performed utilizing excavator and bulldozer. Furthermore, it was observed during the site reconnaissance that the existing rock mass was being excavated with an excavator.

On the basis of the observed conditions of the exposed in-situ rock and the previous experience on the excavation of the existing cuts, the in-situ rock at the elongated ridge can be excavated with regular equipment (e.g. excavators, bulldozers, backhoes, rippers, etc.), although with



some difficulties. However, as mentioned before, there may appear sectors containing outcrops of hardened rock that will require the use of jackhammers with compressors and/or large rippers to perform the excavation. The rock fragments will probably wear down rapidly the ripper teeth.

Also, due to the fractured conditions of the in-situ rock, care shall be taken when performing the excavations to prevent the development of slope failures or rock falls that may affect personnel and equipment positioned downslope.

## 3.0 GENERAL COMMENTS

### 3.1 General Comments

1. This report has been prepared to submit the results of a preliminary soil exploration performed for the planned expansion of the municipal landfill.
2. The scope of this report is limited to the specific project and location described herein.
3. Our description and analysis of the project represent our understanding of the significant aspects relevant to soil/rock characteristics.
4. The analysis and comments submitted in this report are based upon data obtained from a soil exploration program performed at the site and from any other information discussed in the report. The report does not reflect any soil/rock variations, which may occur between the tested locations and other project locations. If variations appear evident, it will be necessary to re-evaluate the conclusions after performing on-site observations during construction and noting the characteristics of the variations.

Submitted by,

**GEO-Engineering**



Carlos E. Rodríguez Pérez, PhD, PE  
*Geotechnical Engineer*

December 4, 2024  
SA96-24-LF-ARR

<https://geoengineering1413.sharepoint.com/sites/GEO-Engineering/Shared Documents/ProjectsCurrent/SA96-24-LF-ARR-VertArroyo/FelipeNazario-ExpansionC-ArroyoLandfill-SA96-24-LF-ARR.docx>

**DBE**

PR/FL DTOP  
Certified  
Disadvantaged  
Business Enterprise

**HUBZone**

SBA Certified



AASHTO AAP  
Accredited  
Laboratory



**US Army Corps  
of Engineers®**

Validated  
Laboratory



MBE Certified

## FIGURES

**FIGURE 1**

Schematic Location of Project  
Site – Arroyo, PR



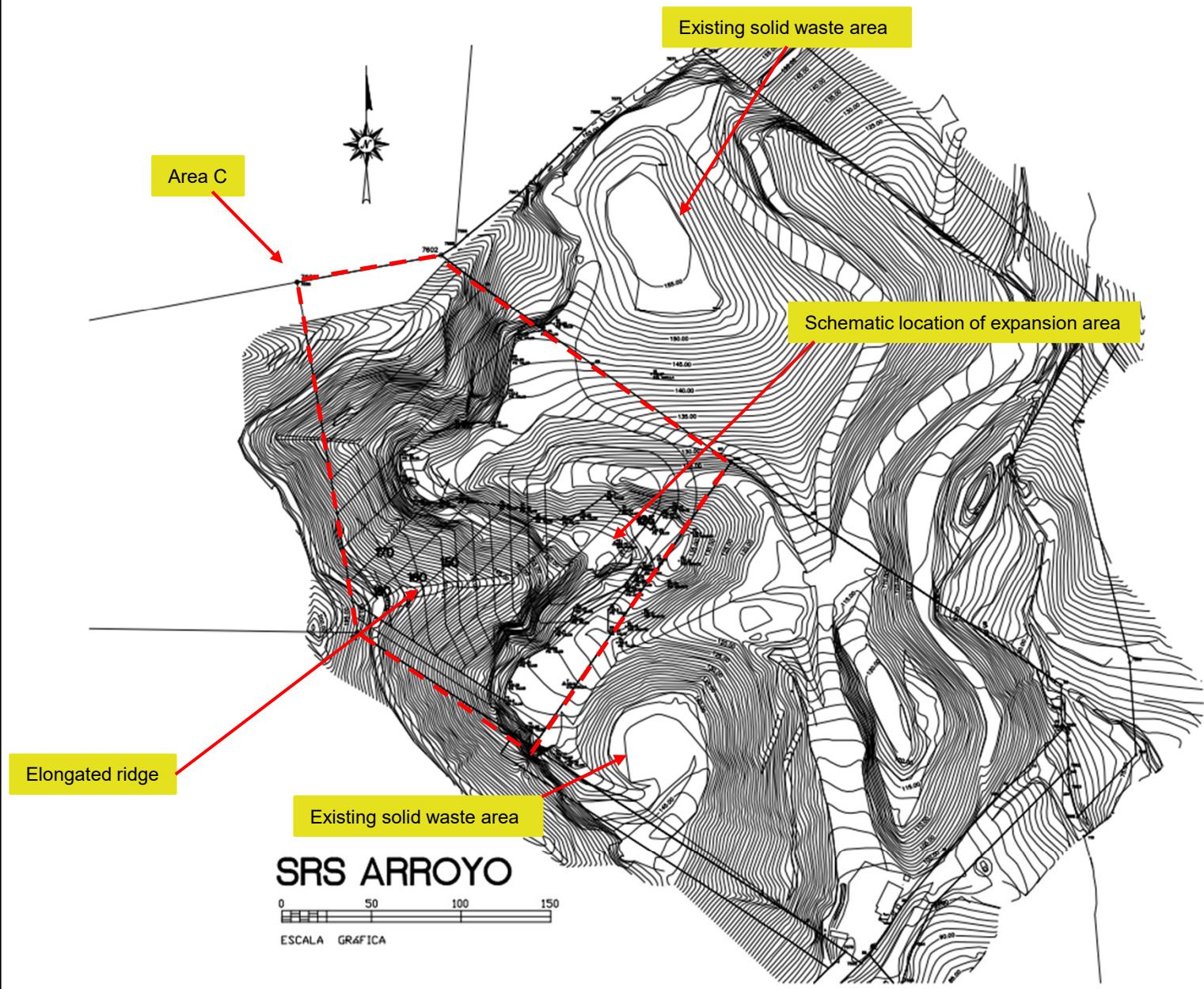
Schematic location of study site

**PRELIMINARY SOIL EXPLORATION**  
EXPANSION AREA  
AREA C  
MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL  
ARROYO, PR  
SA96-24-LF-ARR



FIGURE 2

Topographic Drawing of Site



**PRELIMINARY SOIL EXPLORATION**  
EXPANSION AREA  
AREA C  
MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL  
ARROYO, PR  
SA96-24-LF-ARR



**FIGURE 3**

**Aerial View of Expansion Area-  
2024**



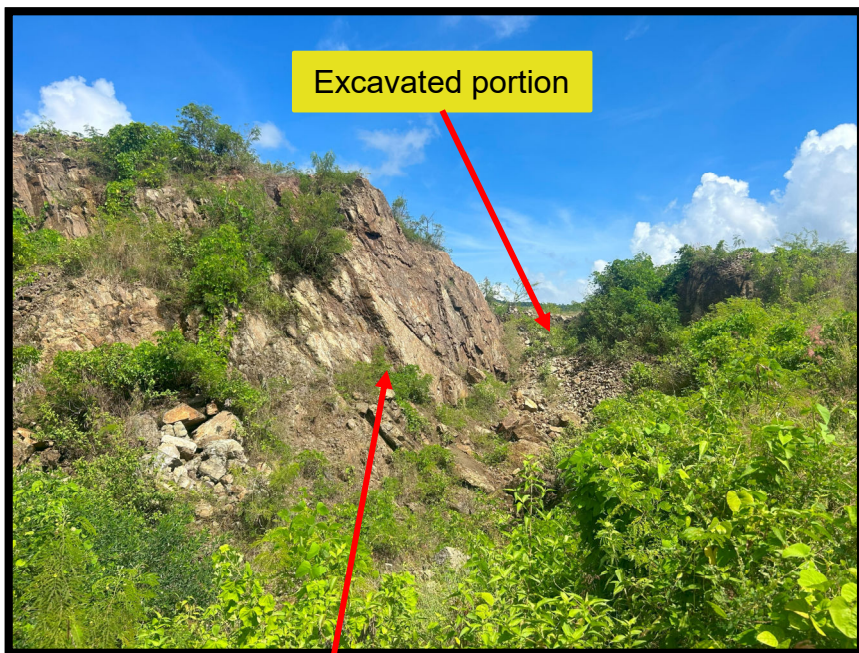
**PRELIMINARY SOIL EXPLORATION**  
EXPANSION AREA  
AREA C  
MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL  
ARROYO, PR  
SA96-24-LF-ARR





**FIGURE 4**

Views of the Expansion  
Area



Highly fractured/jointed rock



Highly fractured/jointed rock



**PRELIMINARY SOIL EXPLORATION**  
EXPANSION AREA  
AREA C  
MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL  
ARROYO, PR  
SA96-24-LF-ARR



FIGURE 4 Cont.

Views of the Expansion Area

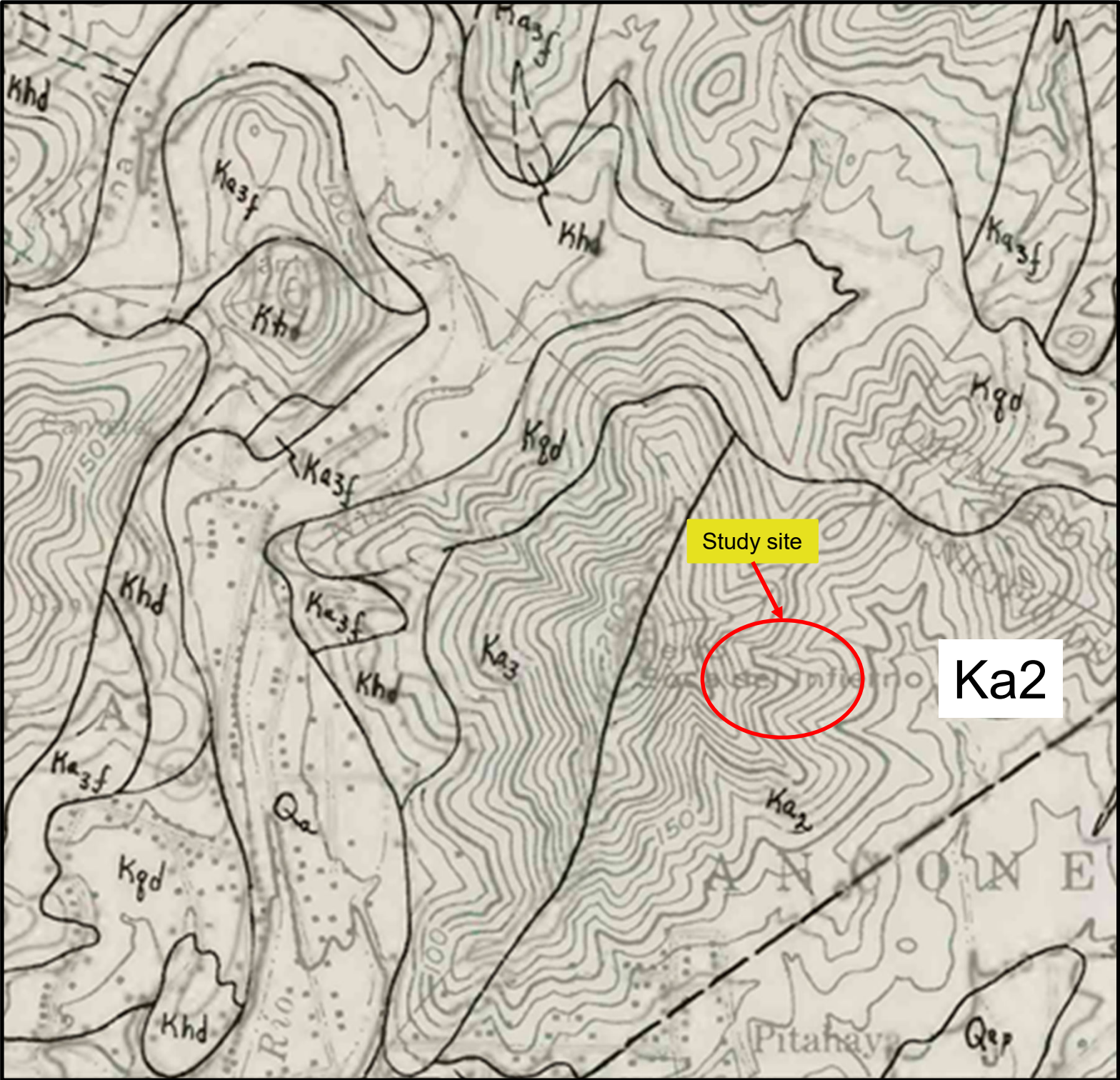


**PRELIMINARY SOIL EXPLORATION**  
EXPANSION AREA  
AREA C  
MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL  
ARROYO, PR  
SA96-24-LF-ARR



**FIGURE 5**

Landslide Location on USGS  
Geologic Map (OF 82-1097)



**PRELIMINARY SOIL EXPLORATION**  
EXPANSION AREA  
AREA C  
MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL  
ARROYO, PR  
SA96-24-LF-ARR

**FIGURE 6**

Aerial View of Site –  
January 1951



**PRELIMINARY SOIL EXPLORATION**  
EXPANSION AREA  
AREA C  
MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL  
ARROYO, PR  
SA96-24-LF-ARR



**FIGURE 7**

Topographic Map of  
Site – 1946

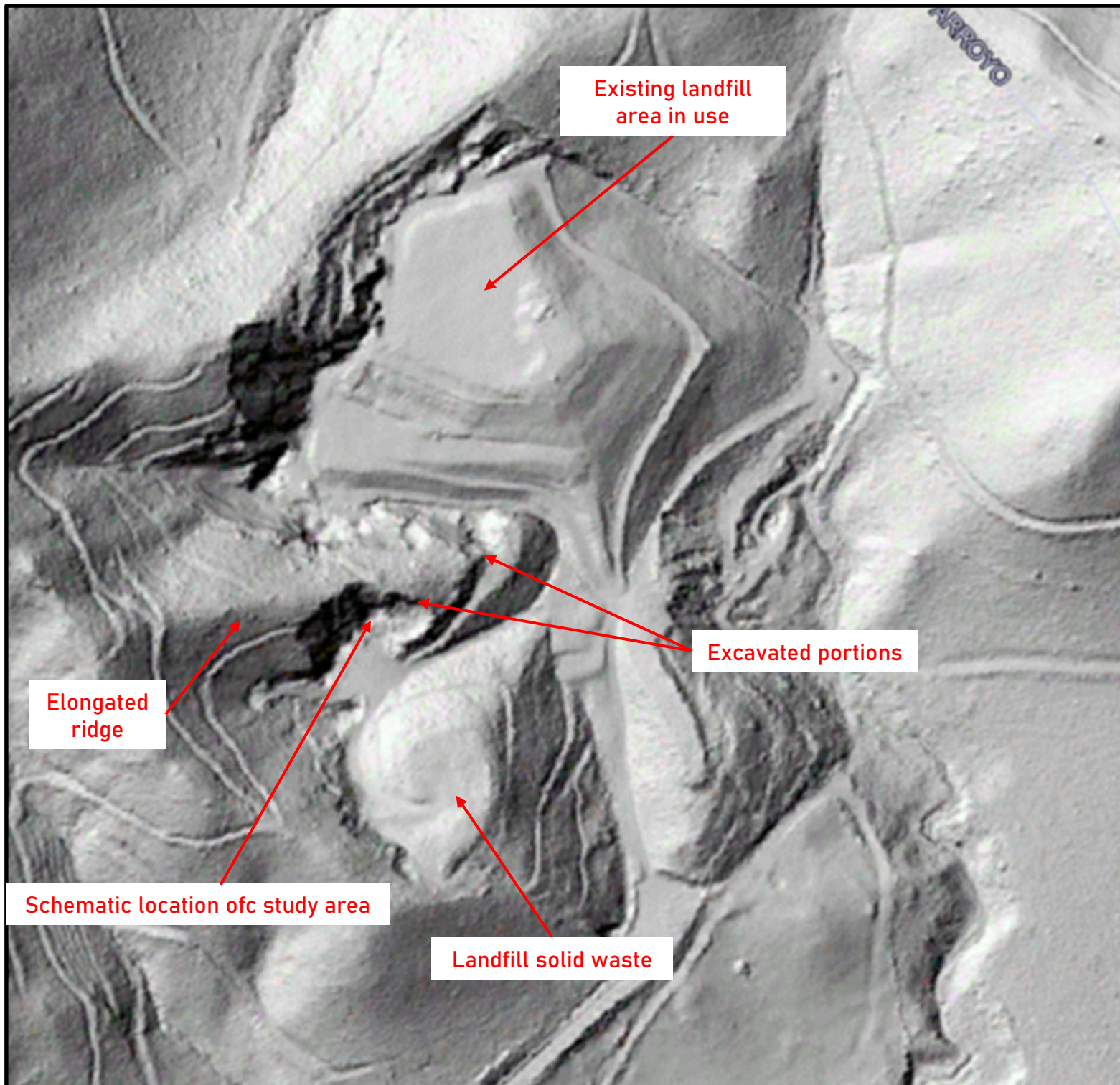


**PRELIMINARY SOIL EXPLORATION**  
EXPANSION AREA  
AREA C  
MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL  
ARROYO, PR  
SA96-24-LF-ARR



**FIGURE 8**

Aerial View of Site -  
LiDAR 2018



**PRELIMINARY SOIL EXPLORATION**

EXPANSION AREA

AREA C

MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL

ARROYO, PR

SA96-24-LF-ARR



**FIGURE 9**

Schematic Location of Test Pits



**PRELIMINARY SOIL EXPLORATION**  
EXPANSION AREA  
AREA C  
MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL  
ARROYO, PR  
SA96-24-LF-ARR

## **APÉNDICE NÚM. 2**

# **ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO (H-H)**



# GOBIERNO MUNICIPAL AUTONOMO DE ARROYO

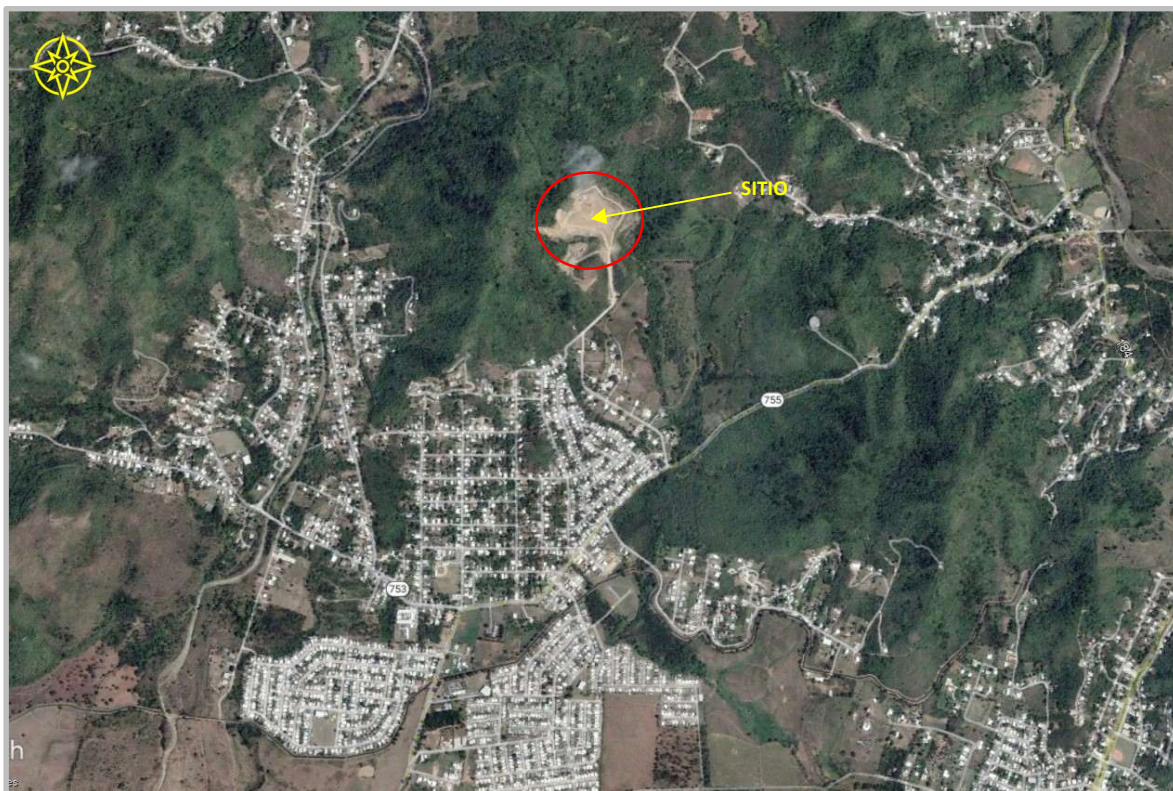
CALLE MORSE #64

ARROYO, PUERTO RICO, 00714

## ESTUDIO HIDROLOGICO – HIDRAULICO

### MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS

### SISTEMA DE RELLENO SANITARIO MUNICIPAL - ARROYO MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO



**FECHA: 24 DE FEBRERO DE 2025**



**PUERTO RICO  
PROFESSIONAL  
TEAM, LLC.**

#### Contacto:

FELIPE NAZARIO MUÑOZ, P.E.

Postal: PO Box 3871

Guaynabo, PR 00970

Teléfono: (787) 773-0730

Email: [felipenazario@yahoo.com](mailto:felipenazario@yahoo.com)



**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO  
MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO  
PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES  
MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>VI</b>
<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
DESCRIPCION DEL PROYECTO .....	1
PROPOSITO DEL ESTUDIO .....	2
ALCANCE DEL ESTUDIO .....	2
<b>II. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>2</b>
LOCALIZACION .....	2
AREA Y TOPOGRAFIA.....	3
CONDICION DE INUNDACION .....	3
SUELOS .....	3
ESTIMACIÓN DE NUMERO DE CURVA (CN) .....	4
<b>III. ANALISIS HIDROLOGICO.....</b>	<b>6</b>
METODOLOGIA .....	6
DISTRIBUCION TEMPORAL DE LLUVIA .....	7
TIEMPO DE CONCENTRACION .....	7
ESTIMACION DE CAUDALES PICO – Escenario Condición Existente .....	8
ESTIMACION DE CAUDALES PICO – Escenario Condición Propuesta .....	10
<b>IV. ANALISIS HIDRAULICO .....</b>	<b>14</b>
METODOLOGIA .....	14
COEFICIENTES DE RUGOSIDAD .....	14
DISCUSION DE RESULTADOS – CONDICION EXISTENTE.....	14
DISCUSION DE RESULTADOS – CONDICION PROPUESTA .....	15
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>18</b>
RECOMENDACIONES.....	19
LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	21
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>22</b>

## FIGURAS

## APENDICES

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Imagen aérea (tomada de Google Earth, (03/04/2021) donde indica la localización del proyecto, No Escala.
- FIGURA 2.** Identificación General de “La Expansión”, No Escala.
- FIGURA 3.** Copia parcial del Cuadrángulo Topográfico de Patillas (USGS – 1972) donde se indica la ubicación del proyecto, No Escala.
- FIGURA 4.** Límite de área de captación de la cuenca de estudio, No Escala.
- FIGURA 5.** Copia Parcial Mapa de Niveles de Inundación Base Recomendado (Panel: C1770H) donde indica la ubicación del proyecto, No Escala.
- FIGURA 6.** Imagen donde muestra los tipos de suelos que se encuentran en la cuenca de la Quebrada Yaurel, No Escala.
- FIGURA 7.** Imagen aérea (tomada de Google Earth, (09/25/2022) donde se muestran los límites de área de captación de subcuencas - Escenario de Condición Existente, No Escala.
- FIGURA 8.** Imagen aérea (tomada de Google Earth, (09/25/2022) donde se muestran los límites de área de captación de subcuencas - Escenario de Condición Propuesta, No Escala.
- FIGURA 9.** Planta topográfica donde muestra los límites de inundación base en segmento de la Qbda. Yaurel, No Escala.

## LISTA DE APENDICES

<b>APENDICE A</b>	Fotos tomadas en Lugar
<b>APENDICE B</b>	Custom Soil Resource Report for Humacao Area, Puerto Rico Eastern Part // Drainage Area of Yaurel Creek at Municipality of Arroyo, P.R.
<b>APENDICE C</b>	Estimado – Número de Curva
<b>APENDICE D</b>	Datos de Precipitación (Lluvia) – NOAA ATLAS 14
<b>APENDICE E</b>	Lluvias de Diseño – Periodos de Retorno: 100-años
<b>APENDICE F</b>	Estimado de Tiempo de Concentración
<b>APENDICE G</b>	Resultados Análisis Hidrológico – Condición Existente: Cuartil 4
<b>APENDICE H</b>	Resultados Análisis Hidrológico – Condición Existente: Cuartil 1
<b>APENDICE I</b>	Resultados Análisis Hidrológico – Condición Propuesta: Cuartil 1
<b>APENDICE J</b>	Resultados Análisis Hidrológico – Condición Propuesta: Cuartil 4
<b>APENDICE K</b>	Cálculo Volumétrico de la Charca de Detención
<b>APENDICE L</b>	Resultados Análisis Hidráulico – Condición Existente
<b>APENDICE M</b>	Resultados Análisis Hidráulico – Condición Propuesta

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1</b>	DATOS DE LLUVIA – NOAA ATLAS 14
<b>TABLA 2</b>	RESULTADOS DE MODELO (HEC-HMS): CONDICION EXISTENTE
<b>TABLA 3</b>	RESULTADOS DE MODELO (HEC-HMS): CONDICION PROPUESTA
<b>TABLA 4 `</b>	RESULTADOS DE VOLUMEN Y ELEVACION DE AGUA: CHARCA DE DETENCION
<b>TABLA 5 `</b>	RESULTADOS SIMULACION HIDRAULICA: CONDICION EXISTENTE
<b>TABLA 6 `</b>	RESULTADOS SIMULACION HIDRAULICA: CONDICION PROPUESTA

## RESUMEN EJECUTIVO

El Gobierno Municipal Autónomo de Arroyo ha solicitado a Felipe Nazario Muñiz, P.E., presidente, Puerto Rico Professional Team, LLC., la realización de trabajos de mitigación para el Sistema de Relleno Sanitario Municipal de Arroyo. La instalación sanitaria está localizada en la carretera estatal PR-755 (interior), Calle Monte Verde del Barrio Ancones del Municipio de Arroyo.

El presente **Estudio Hidrológico-Hidráulico** fue realizado como parte de la evaluación técnica para la **Expansión Lateral del Sistema de Relleno Sanitario Municipal de Arroyo (SRSM)**. El estudio tuvo como propósito principal la caracterización del comportamiento hidrológico e hidráulico de la cuenca donde se ubica el SRSM, así como la identificación de posibles impactos en la escorrentía superficial asociados a la expansión propuesta. Para ello, se llevaron a cabo simulaciones que permitieron evaluar las condiciones de drenaje tanto en el **escenario existente** como en el **escenario propuesto**, considerando eventos de lluvia con diferentes períodos de retorno y aplicando metodologías aceptadas a nivel técnico y regulatorio.

El análisis hidrológico se enfocó en la determinación de caudales pico de escorrentía mediante la implementación del modelo HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), utilizando datos climáticos, geomorfológicos y de cobertura del suelo en la zona de estudio. Se calcularon los caudales asociados al evento de lluvia con período de retorno de 100 años, considerando condiciones de humedad antecedente del suelo y aplicando el método del hidrograma unitario del Servicio de Conservación de Recursos Naturales de los Estados Unidos (NRCS, por sus siglas en inglés).

En el análisis hidráulico, se utilizó el modelo HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) para evaluar la capacidad del cauce receptor, la Quebrada Yaurel, y determinar el impacto de los caudales generados en la cuenca. Se analizaron secciones críticas del cauce para identificar posibles zonas de desbordamiento y evaluar la respuesta hidráulica

del sistema en la condición actual y con la expansión propuesta. Se consideraron aspectos clave como la velocidad del flujo y la capacidad del canal.

El SRSMA se encuentra fuera de la Zona A, según se desprende del Panel C1770H de los Mapas de Niveles de Inundación Base Recomendados (Advisory Base Flood Elevations), preparados por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés).

Este estudio se llevó a cabo en cumplimiento con la Regla 121 (Sistemas de Control de Escorrentías) del Reglamento para los Sistemas de Relleno Sanitario del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico (DRNA), vigente desde el 7 de septiembre de 2021 y de la Sección 5.1.9.4, inciso g (Puentes y Canales) del Reglamento Conjunto para la Evaluación y Expedición de Permisos Relacionados al Desarrollo, Uso de Terrenos y Operaciones de Negocios, vigente desde el 16 de junio de 2023, publicado por la Junta de Planificación de Puerto Rico (JPPR). El estudio se realizó siguiendo las Guías para la Preparación de Estudios Hidrológicos e Hidráulicos, publicadas por la JPPR en 2016.

Los resultados del estudio indicaron que, en la condición existente, algunas secciones del cauce presentan limitaciones en la capacidad hidráulica con potencial desbordamiento en ciertos puntos críticos. Por otra parte, en la condición propuesta, la incorporación de medidas de control de escorrentía, tales como la implementación de una charca de detención, permitirá mitigar el impacto de la escorrentía generada por la expansión del relleno sanitario. Esta estructura fue diseñada para almacenar y regular los caudales de escorrentía, reduciendo los picos de flujo y minimizando el efecto por inundación aguas abajo en la quebrada.



## I. INTRODUCCION

### DESCRIPCION DEL PROYECTO

El presente Estudio Hidrológico-Hidráulico forma parte de la evaluación técnica para la Expansión Lateral del Sistema de Relleno Sanitario Municipal de Arroyo (SRSMA), cuyo propósito es ampliar la capacidad de disposición de desperdicios (residuos) sólidos no peligrosos (DSNP) para los Municipios de Arroyo y Patillas. La instalación sanitaria está localizada en la carretera estatal PR-755 (interior), Calle Monte Verde del Barrio Ancones del Municipio de Arroyo, ver Figura 1. El Apéndice A muestra fotos del lugar donde se aprecian las condiciones del área de operación de la instalación sanitaria.

La expansión se desarrollará en un área adyacente a la operación actual del SRSMA, en un sector identificado como Área C (ver Figura 2), el cual ha sido utilizado previamente para la extracción de material de cobertura. Esta acción permitirá la disposición de aproximadamente 800,000 metros cúbicos de residuos, extendiendo la vida útil de la instalación por al menos 20 años.

El estudio hidrológico e hidráulico del proyecto se enfocó en evaluar los impactos que la expansión pudiera generar sobre el sistema de drenaje existente, particularmente en la Quebrada Yaurel, principal cuerpo de agua receptor de la escorrentía generada en el área de estudio. Como parte del estudio, se analizaron las condiciones existentes para la estimación de escorrentías y se simuló los efectos de la expansión propuesta, considerando eventos de precipitación con diferentes períodos de retorno. Asimismo, se identificaron medidas de mitigación necesarias para garantizar que la escorrentía generada por la expansión se maneje de manera controlada y conforme a los requisitos regulatorios aplicables.

La propuesta incluye la implementación de una charca de detención, diseñada para regular los caudales de escorrentía y reducir los picos de flujo antes de su descarga en la quebrada, asegurando que la expansión se lleve a cabo de manera sostenible sin afectar negativamente la capacidad hidráulica del cuerpo de agua receptor.

## **PROPOSITO DEL ESTUDIO**

El propósito de este estudio es asegurar el cumplimiento con los siguientes reglamentos:

- Regla 121 (Sistemas de Control de Escorrentías) del Reglamento para los Sistemas de Relleno Sanitario del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico (DRNA), vigente desde el 7 de septiembre de 2021
- Sección 5.1.9.4, inciso g (Puentes y Canales) del Reglamento Conjunto para la Evaluación y Expedición de Permisos Relacionados al Desarrollo, Uso de Terrenos y Operaciones de Negocios, vigente desde el 16 de junio de 2023, publicado por la Junta de Planificación de Puerto Rico (JPPR).

## **ALCANCE DEL ESTUDIO**

Este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto en los niveles de inundación durante eventos extremos con el objetivo de determinar los límites de cauce mayor del segmento de la Quebrada Yaurel colindante de la instalación sanitaria y estimar las dimensiones de las obras de alcantarillado pluvial y medidas de control de escorrentías. El estudio se realizó siguiendo los procedimientos establecidos en las Guías para la Elaboración de Estudios Hidrológicos e Hidráulicos, publicadas por la Junta de Planificación en 2016. Los resultados de este trabajo permitirán la formulación de conclusiones y recomendaciones que servirán como guía en el proceso de toma de decisiones del proyecto.

## **II. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO**

### **LOCALIZACION**

El proyecto está ubicado en la carretera estatal PR-755 (interior), Calle Monte Verde del Barrio Ancones del Municipio de Arroyo. La Figura 3 muestran la ubicación de la instalación sanitaria en el cuadrángulo topográfico de Patillas (USGS - serie de 7.5 minutos; fecha: 1972),

respectivamente. Las coordenadas de localización del proyecto son: latitud 18.005452, longitud -66.048103.

## AREA Y TOPOGRAFIA

La instalación sanitaria es parte de una cuenca hidrográfica que abarca una superficie aproximada de 1,037 acres (1.62 millas cuadradas). La Figura 4 muestra una copia parcial del cuadrángulo topográfico de Patillas (USGS - 1972), donde se observa el límite del área de captación de esta cuenca.

## CONDICION DE INUNDACION

El lugar objeto a este estudio se encuentra fuera de la Zona A de la Quebrada Yaurel según se indica en el Mapa de Niveles de Inundación Base Recomendados (Panel: 72000C1770H) preparado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés). Este mapa fue adoptado por la Junta de Planificación (JP) mediante la Resolución Núm. ABFE-01 del 23 de marzo de 2018 y certificado por el Gobernador el 13 de abril de 2018, ver Figura 5.

## SUELOS

Al momento de la realización de este estudio, las cuencas presentan una cobertura de suelos compuesta principalmente por bosques y arboledas, pastos, y uso de relleno sanitario. Se identificaron los tipos de suelos utilizando el 'Web Soil Survey', desarrollado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales (NRCS, por sus siglas en inglés), a través del catastro digital: Humacao Area, Puerto Rico Eastern Part // Drainage Area of Yaurel Creek at Municipality of Arroyo, P.R. (ver Apéndice B).

El informe del NRCS para el área de Humacao, Puerto Rico, detalla varios tipos de suelos presentes en la cuenca del Arroyo Yaurel y sus características relevantes. Entre los suelos predominantes se encuentran los suelos **Descalabrado y Guayama (DgF2)**, que ocupan el 28.1%

del área. Estos suelos, con pendientes de 20% a 60% y presencia de erosión, pertenecen al grupo hidrológico D y presentan limitaciones significativas para la agricultura y otros usos debido a su poca profundidad a roca. Otro suelo relevante es el **Guayama Clay Loam (GyC2)**, que ocupa el 8.5% del área y se caracteriza por pendientes suaves (2% a 12%) y una profundidad moderada. Aunque tiene importancia agrícola a nivel estatal, su uso está limitado por la presencia de roca a poca profundidad y su clasificación dentro del grupo hidrológico D. **Rock Land (Rs)**, que cubre el 62.8% del área, se compone principalmente de áreas rocosas sin suelo útil para la agricultura, mientras que el **Vives Clay (VvB)**, que ocupa solo el 0.6%, se clasifica dentro del grupo hidrológico C y es más adecuado para la agricultura bajo irrigación debido a su alta capacidad de retención de agua y pendientes más suaves.

En cuanto al uso de estos suelos para rellenos sanitarios (landfill), los suelos **Descalabrado y Guayama (DgF2)** y **Guayama Clay Loam (GyC2)** presentan limitaciones muy severas debido a las pendientes pronunciadas y la poca profundidad a roca, lo que dificulta la excavación y la compactación necesarias para la instalación de rellenos. Por otro lado, el suelo **Vives Clay** tiene una capacidad moderada para este uso, aunque presenta limitaciones como la acumulación de polvo. **Rock Land** no se considera apto para rellenos sanitarios debido a su naturaleza rocosa. En resumen, la mayoría de los suelos de la región presentan limitaciones significativas para usos agrícolas, y de relleno sanitario, siendo el **Vives Clay** el más adecuado para ciertos usos controlados debido a sus características favorables de retención de agua y topografía más suave. La Figura 6 presenta el mapa de suelos de la cuenca de estudio.

## ESTIMACIÓN DE NUMERO DE CURVA (CN)

Como parte del estudio hidrológico e hidráulico para el manejo y control de escorrentías en el Sistema de Relleno Sanitario Municipal (SRSM) del Municipio de Arroyo, Puerto Rico, se realizó la estimación del número de curva (CN) para las subcuencas identificadas en los escenarios de condición existente y condición propuesta. Los valores de CN fueron calculados conforme a la metodología del Natural Resources Conservation Service (NRCS) y siguiendo las directrices establecidas en el documento Urban Hydrology for Small Watersheds (TR-55).

Para la condición existente, la Subcuenca 1A presentó un número de curva compuesto (CNC) de 85, calculado a partir de las características de uso del suelo y los tipos de suelo presentes en el área de estudio. El análisis consideró la distribución de suelos clasificados como **Descalabrado y Guayama (DgF2)**, **Rock Land (Rs)** y **Guayama Clay Loam (GyD2)**, con coberturas dominantes de bosques y áreas recientemente niveladas. La capacidad de abstracción inicial estimada fue de 0.353 pulgadas.

La Subcuenca 2 en condición existente arrojó un número de curva compuesto de 82, influenciado por la combinación de bosques, áreas niveladas y suelos clasificados como **Descalabrado y Guayama (DgF2)**, **Rock Land (Rs)**, **Guayama Clay Loam (GyD2)** y **Vives Clay (VvB)**. En este caso, la capacidad de abstracción inicial estimada fue de 0.439 pulgadas.

Para la condición propuesta, la redistribución de las subcuencas resultó en modificaciones en los valores de CN. En la Subcuenca 1A, el número de curva compuesto aumentó a 86, mientras que en la nueva Subcuenca 1B, derivada de la subdivisión de la subcuenca original, el CNC fue de 83. Los cambios fueron consecuencia de la variación en la proporción de áreas niveladas dentro de la subcuenca, lo que incrementó la escorrentía potencial. La capacidad de abstracción inicial en estos casos se estimó en 0.326 pulgadas y 0.410 pulgadas, respectivamente.

En la Subcuenca 2, el número de curva compuesto permaneció en 82, con ligeros ajustes en la distribución de coberturas de suelo y valores de CN por tipo de uso. La capacidad de abstracción inicial se mantuvo en 0.439 pulgadas. El Apéndice C contiene los cálculos para la estimación de los números de curva para cada una de las subcuencas delineadas en este estudio en los escenarios de condición existente y condición propuesta.

### III. ANALISIS HIDROLOGICO

#### METODOLOGIA

El análisis hidrológico se llevó a cabo con el propósito de estimar los caudales pico asociados a eventos de lluvia con un período de retorno de 100 años. Para ello, se utilizó el método del hidrograma unitario, desarrollado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, el cual se encuentra incorporado en el modelo computacional de lluvia-escorrentía HEC-HMS (Hydrologic Modeling System), versión 4.11, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, disponible desde julio de 2023.

Se estimaron parámetros hidrológicos como el número de curva (CN) y el tiempo de concentración, a partir del análisis de imágenes aéreas, mapas topográficos y visitas de campo en el área de estudio. Además, se empleó el Sistema de Información Geográfica (SIG) MapWindows, versión 4.8.8, para la delimitación de las subcuencas y la caracterización del terreno. El modelo hidrológico consideró el efecto de la humedad antecedente del suelo bajo la Condición Antecedente de Humedad Tipo II, de acuerdo con los criterios del Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Asimismo, se incorporaron las distribuciones de lluvia descritas en las Guías para la Elaboración de Estudios Hidrológicos e Hidráulicos (GEHH) para cuatro duraciones de tormenta (1 hora, 6 horas, 12 horas y 24 horas).

El análisis contempló la subdivisión de la cuenca en tres áreas principales: SB1A y SB1B (SRSM-Arroyo) y SB2 (Quebrada Yaurel). En el escenario de condición existente (ver Figura 7), se evaluó el comportamiento de la escorrentía sin medidas de control. Para el escenario de condición propuesta (ver Figura 8), se analizó la influencia de una charca de detención, con el objetivo de mitigar los caudales pico y reducir el impacto del escurrimiento en el sistema de drenaje aguas abajo.

## DISTRIBUCION TEMPORAL DE LLUVIA

En este estudio se generaron cuatro lluvias con duraciones de 1, 6, 12 y 24 horas para dos tipos de distribución temporal: el escenario del 1er cuartil (percentil 10%) y el 4to cuartil (percentil 90%), lo que resultó en un total de ocho eventos de lluvia por tormenta. Estos eventos consideran un periodo de recurrencia de 100 años, lo que da un total de ocho distribuciones de lluvia. Los datos de profundidad de lluvia fueron obtenidos del NOAA Atlas 14, [Volumen 3, Versión 3, del Servicio Nacional de Meteorología de NOAA, Silver Spring, Maryland, 2006].

Los valores de las distribuciones de lluvia se derivaron de ecuaciones polinomiales basadas en las distribuciones encontradas en el GEHH. Las profundidades de lluvia se obtuvieron de la base de datos digital de la NOAA utilizando las coordenadas digitales de las cuencas agrupadas. El Apéndice D presenta los datos de precipitación utilizados para cada uno de los eventos considerados en este estudio, mientras que el Apéndice E incluye las hojas de cálculo con las formas y valores que describen las diferentes distribuciones de lluvia. La Tabla 1 muestra un resumen de las profundidades de lluvia estimadas para la cuenca en estudio.

**TABLA 1: DATOS DE LLUVIA – NOAA ATLAS 14**

Duracion horas	Profundidad de LLuvia, pulgadas
	100 años
1	3.96
6	9.59
12	12.60
24	16.20

## TIEMPO DE CONCENTRACION

En este estudio se utilizaron las ecuaciones desarrolladas por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (NRCS, por sus siglas en inglés) para estimar el tiempo de concentración. El modelo matemático de lluvia-escorrentía emplea el tiempo de retraso (Lag Time) como parte de la metodología para la estimación de caudales.



La estimación del tiempo de concentración se basa en tres tipos de flujos hidráulicos: flujo en lámina (sheet flow), flujo concentrado somero (shallow concentrated flow) y flujo en cauce abierto (open channel flow). El Apéndice F presenta una hoja de cálculo con el tiempo de concentración y el tiempo de retraso para cada una de las subcuencas delineadas en los escenarios de condición existente y condición propuesta.

Para la Subcuenca 1 (SRSM-Arroyo) en condición existente, el tiempo total de concentración obtenido fue de 9.12 minutos, mientras que el tiempo de retraso estimado fue de 5.47 minutos. El flujo superficial inicial (sheet flow) fue evaluado considerando un coeficiente de Manning de 0.800, representativo de una cobertura de vegetación densa, una longitud hidráulica de 87.7 pies y una pendiente superficial de 0.2166 pies/pie. Posteriormente, el flujo poco profundo (shallow flow) fue analizado en una longitud de 1,808 pies, obteniendo una velocidad promedio de 9.00 pies/segundo. Por su parte, la Subcuenca 2 (Quebrada Yaurel) en condición existente presentó un tiempo total de concentración de 10.96 minutos y un tiempo de retraso de 6.57 minutos.

Para las condiciones propuestas, se establecieron dos nuevas subcuencas derivadas de la Subcuenca 1 original: Subcuenca 1A y Subcuenca 1B. En la Subcuenca 1A, el tiempo total de concentración fue de 9.57 minutos y el tiempo de retraso de 5.74 minutos, mientras que en la Subcuenca 1B, los valores fueron de 7.42 minutos y 4.45 minutos, respectivamente.

### **ESTIMACION DE CAUDALES PICO – Escenario Condición Existente**

Los estimados de caudal pico bajo el escenario de condición existente fueron determinados con la intención de establecer el impacto futuro del proyecto, además de utilizarlos como base de datos para el análisis hidráulico de la quebrada Yaurel en este escenario. Los resultados de las simulaciones indicaron que los caudales pico variaron en función de la subcuenca y la duración del evento de lluvia. En este análisis, la quebrada Yaurel presentó los valores más altos dentro de la cuenca estudiada, con un caudal máximo de 640.2 cfs registrado para una tormenta con duración de 1 hora, estableciéndose este valor como el caudal de diseño. Este resultado

corresponde a la distribución de lluvia del cuartil 4 (percentil 90%). El Apéndice G contiene los resultados impresos de estas simulaciones.

Bajo la distribución de lluvia correspondiente a los eventos dentro del cuartil 1 (percentil 10%), en SB1 (SRSM-Arroyo) los caudales pico oscilaron entre 168.8 cfs para una tormenta de 1 hora y 207.8 cfs para una de 6 horas, disminuyendo progresivamente a 192.0 cfs y 174.6 cfs para duraciones de 12 y 24 horas, respectivamente. En SB2 (Quebrada Yaurel), los valores oscilaron entre 172.7 cfs en 1 hora y 242.2 cfs en 6 horas, reduciéndose posteriormente a 227.9 cfs y 209.0 cfs en las duraciones de 12 y 24 horas. En el punto de salida de la quebrada Yaurel, los caudales registrados variaron entre 338.9 cfs en 1 hora y 449.2 cfs en 6 horas, con valores de 419.3 cfs y 382.8 cfs para las duraciones de 12 y 24 horas. La Tabla 2 presenta un resumen de resultados para este escenario para el evento de lluvia con periodo de retorno de 100 años, mientras el Apéndice H contiene los resultados impresos de las simulaciones.

El rendimiento hidrológico de la cuenca alcanzó 5,041 cfs/milla<sup>2</sup> en el primer cuartil (percentil 10%) y 2,445 cfs/milla<sup>2</sup> en el cuarto cuartil (percentil 90%), sobre un área total de 0.127 millas<sup>2</sup>. Los Apéndices H y I contienen los resultados detallados de estas simulaciones para los cuartiles 1 y 4, proporcionando un análisis más completo del comportamiento hidrológico en las condiciones existentes.

**TABLA 2: RESULTADOS DE MODELO (HEC-HMS): CONDICION EXISTENTE**

Duracion	Cuartil 1 - Percentila 10%			
	1-hora Q <sub>p</sub> , pie <sup>3</sup> /seg	6-horas Q <sub>p</sub> , pie <sup>3</sup> /seg	12-horas Q <sub>p</sub> , pie <sup>3</sup> /seg	24-horas Q <sub>p</sub> , pie <sup>3</sup> /seg
SB1 (SRSM-Arroyo)	168.8	207.8	192.0	174.6
SB2 (Qbda Yaurel)	172.7	242.2	227.9	209.0
Outlet (Qbda Yaurel)	338.9	449.2	419.3	<b>382.8</b>
Duracion	Cuartil 4 - Percentila 90%			
	1-hora Q <sub>p</sub> , pie <sup>3</sup> /seg	6-horas Q <sub>p</sub> , pie <sup>3</sup> /seg	12-horas Q <sub>p</sub> , pie <sup>3</sup> /seg	24-horas Q <sub>p</sub> , pie <sup>3</sup> /seg
SB1 (SRSM-Arroyo)	313.8	140.6	144.1	152.8
SB2 (Qbda Yaurel)	326.4	169.9	175.0	186.5
Outlet (Qbda Yaurel)	<b>640.2</b>	310.5	319.1	339.2

## ESTIMACION DE CAUDALES PICO – Escenario Condición Propuesta

Los resultados del análisis hidrológico para el escenario de condición propuesta muestran que la subcuenca SB1A (SRSM-Arroyo), los caudales pico oscilaron entre 150.0 cfs para la tormenta de 1 hora y 181.1 cfs para la de 6 horas, reduciéndose progresivamente a 166.6 cfs en 12 horas y 151.1 cfs en 24 horas. En SB1B (SRSM-Arroyo), los valores fueron significativamente menores, con caudales que variaron entre 22.5 cfs en 1 hora y 28.4 cfs en 6 horas, disminuyendo a 26.5 cfs y 24.2 cfs en eventos de 12 y 24 horas, respectivamente. La Tabla 3 presenta un resumen de los resultados.

En SB2 (Quebrada Yaurel), los valores de caudal pico fueron mayores en comparación con las subcuencas de SRSM-Arroyo, con un rango de 172.7 cfs en 1 hora hasta 242.2 cfs en 6 horas, disminuyendo a 227.9 cfs en 12 horas y 209.0 cfs en 24 horas. Este comportamiento sugiere que la quebrada Yaurel sigue desempeñando un papel dominante en la generación de escorrentía dentro del área de estudio.

**TABLA 3: RESULTADOS DE MODELO (HEC-HMS): CONDICION PROPUESTA**

Duracion	Cuartil 1 - Percentila 10%			
	1-hora $Q_p$ , pie <sup>3</sup> /seg	6-horas $Q_p$ , pie <sup>3</sup> /seg	12-horas $Q_p$ , pie <sup>3</sup> /seg	24-horas $Q_p$ , pie <sup>3</sup> /seg
SB1A (SRSM-Arroyo)	150.0	181.1	166.6	151.1
Charca de Detencion	128.5	176.2	163.1	149.0
SB1B (SRSM-Arroyo)	22.5	28.4	26.5	24.2
SB2 (Qbda Yaurel)	172.7	242.2	227.9	209.0
Outlet (Qbda Yaurel)	318.1	443.8	416.8	<b>382.0</b>
Duracion	Cuartil 4 - Percentila 90%			
	1-hora $Q_p$ , pie <sup>3</sup> /seg	6-horas $Q_p$ , pie <sup>3</sup> /seg	12-horas $Q_p$ , pie <sup>3</sup> /seg	24-horas $Q_p$ , pie <sup>3</sup> /seg
SB1A (SRSM-Arroyo)	271.0	121.3	124.1	131.5
Charca de Detencion	167.1	120.3	121.6	130.0
SB1B (SRSM-Arroyo)	44.9	19.6	20.2	21.4
SB2 (Qbda Yaurel)	326.4	169.9	175.0	186.5
Outlet (Qbda Yaurel)	<b>538.4</b>	309.4	316.8	337.9

En el punto de salida de la quebrada Yaurel (Outlet), los caudales pico presentaron valores de 318.1 cfs en 1 hora y 443.8 cfs en 6 horas, con reducciones a 416.8 cfs en 12 horas y 382.0 cfs en 24 horas. Comparando estos resultados con la condición existente, se observó una reducción generalizada de los caudales en el Outlet, lo que sugiere que las medidas de mitigación propuestas, en particular la charca de detención, tienen un efecto positivo en el control de escorrentía. Los Apéndice I y J muestran las simulaciones hidrológicas para eventos de lluvia generados bajo las distribuciones de cuartil 1 y 4 respectivamente.

### **Comparación de Resultados: Condición Existente vs Propuesta**

Para evaluar la efectividad de la condición propuesta, se realizó un análisis comparativo entre los caudales pico obtenidos en el Outlet de la quebrada Yaurel bajo ambas condiciones. Se observó una reducción significativa de los caudales, lo que demuestra el impacto positivo de las estrategias de manejo de escorrentía implementadas.

- Para una tormenta de 1 hora, el caudal pico en la condición existente fue de 338.9 cfs, mientras que en la condición propuesta disminuyó a 318.1 cfs, lo que representa una reducción del 6.1%.
- En la tormenta de 6 horas, el caudal en la condición existente fue de 449.2 cfs, mientras que en la condición propuesta se redujo a 443.8 cfs, reflejando una disminución del 1.2%.
- Para la tormenta de 12 horas, la reducción fue más pronunciada, pasando de 419.3 cfs en la condición existente a 416.8 cfs en la condición propuesta, lo que equivale a una disminución del 0.6%.

Finalmente, en la tormenta de 24 horas, el caudal pico pasó de 382.8 cfs a 382.0 cfs, con una reducción del 0.2%.

En términos de eventos de representados en el cuartil 4, la reducción de caudal fue aún más evidente:

- En la tormenta de 1 hora, el caudal pico en la condición existente fue de 640.2 cfs, mientras que en la condición propuesta se redujo a 538.4 cfs, representando una disminución del 15.9%.
- Para la tormenta de 6 horas, el caudal disminuyó de 310.5 cfs a 309.4 cfs, con una reducción del 0.3%.
- En la tormenta de 12 horas, el caudal pasó de 319.1 cfs en la condición existente a 316.8 cfs en la condición propuesta, lo que equivale a una reducción del 0.7%.
- Para la tormenta de 24 horas, el caudal bajó de 339.2 cfs a 337.9 cfs, con una reducción del 0.4%.

Estos valores reflejan que la mayor reducción de caudales se produjo en eventos de corta duración, especialmente en el cuartil 1, donde la implementación de la charca de detención permitió almacenar y regular el flujo de escorrentía, disminuyendo de manera significativa los caudales pico en el sistema.

### **Impacto de la Charca de Detención**

La implementación de la charca de detención en la condición propuesta demostró su efectividad en la reducción de caudales pico. El análisis de los volúmenes almacenados indicó que, para eventos de 1 hora, el volumen pico fue de 1.5 acre-pie en el cuartil 1 y 1.0 acre-pie en el cuartil 4. Para eventos de 6 horas, el volumen máximo alcanzó 1.5 acre-pie en el cuartil 4, mientras que en el cuartil 1 se redujo a 0.9 acre-pie.

En términos de elevación máxima de agua, los valores oscilaron entre 6.3 pies y 8.6 pies, dependiendo del cuartil y la duración del evento de precipitación. La charca de detención, con un área de 400 m<sup>2</sup>, una profundidad de 4.0 metros, y taludes de 2:1 (H:V), presentó una capacidad adecuada para mitigar los efectos de la escorrentía, disipando el impacto de los caudales pico en la quebrada Yaurel. La Tabla 4 muestra los resultados.

**TABLA 4: RESULTADOS DE VOLUMEN Y ELEVACION DE AGUA: CHARCA DE DETENCION**

	Cuartil 1 - Percentila 10%			
	1-hora	6-horas	12-horas	24-horas
<b>Charca de Detencion</b>				
<b>Volumen Pico (acre-pie)</b>	1.0	1.5	1.4	1.2
<b>Elevacion Pico (pies)</b>	6.3	8.6	8.2	7.4
	Cuartil 4 - Percentila 90%			
	1-hora	6-horas	12-horas	24-horas
<b>Charca de Detencion</b>				
<b>Volumen Pico (acre-pie)</b>	1.5	0.9	0.9	1.0
<b>Elevacion Pico (pies)</b>	8.5	5.9	5.9	6.3

Los resultados obtenidos en la condición propuesta evidenciaron una reducción en los caudales pico en el punto de salida (Outlet) con respecto a la condición existente, con disminuciones que alcanzaron hasta un 15.9% en eventos de alta intensidad y corta duración. Esto confirmó la efectividad de la charca de detención para el control de escorrentía en el sistema de relleno sanitario municipal, optimizando el comportamiento hidrológico en eventos de diseño de alta recurrencia.

#### **Parámetros Dimensionales: Charca de Detención**

La charca de detención propuesta deberá contar con un área de base mínima de 400 m<sup>2</sup> y una profundidad de 4.0 metros. El Apéndice K muestra una hoja de cálculo donde se estimaron los valores volumétricos de la charca para diferentes profundidades. La charca deberá contar con taludes interiores con una inclinación mínima de 2:1 (H:V), y su sistema de salida deberá incluir cuatro orificios de 0.66 metros de diámetro, ubicados a una elevación de 0.61 metros sobre la base de la charca. La ubicación de los orificios tiene el propósito de permitir la captura de sedimentos antes de la descarga de escorrentías. Además, la charca deberá contar con un vertedero ubicado a una elevación de 2.59 metros con respecto a la base y con un largo de 11.60 metros.

## **IV. ANALISIS HIDRAULICO**

### **METODOLOGIA**

El análisis hidráulico se realizó utilizando el modelo matemático HEC-RAS, versión 6.4.1, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en 2023. Como parte del estudio, se llevó a cabo un levantamiento de campo a nivel promedio del mar (msl), a partir del cual se construyó el modelo para el escenario de condición existente. La geometría del cauce fue realizada con ayuda de un levantamiento topográfico (ver bolsillo al final del documento) en donde se levantaron 14 secciones transversales.

### **COEFICIENTES DE RUGOSIDAD**

Los modelos hidráulicos desarrollados para este proyecto emplearon coeficientes de fricción determinados a partir de inspecciones visuales del cauce, las orillas y los terrenos adyacentes, en comparación con las secciones transversales y los valores típicos establecidos por Chow (1959). En los escenarios de condición existente y propuesta, se asignaron coeficientes de rugosidad de 0.05 para el canal principal y 0.038 para las zonas de transición ubicadas fuera de sus límites.

### **DISCUSION DE RESULTADOS – CONDICION EXISTENTE**

En el escenario de condición existente, se empleó un caudal de diseño de  $18.13 \text{ m}^3/\text{s}$ , representativo de un evento de 100 años, con el objetivo de evaluar el comportamiento del flujo a través de parámetros como la elevación de la superficie del agua y velocidad promedio. La condición de borde aguas arriba se estableció con una pendiente normal de 0.0899, mientras que la condición aguas abajo se definió como profundidad crítica.

Los resultados del análisis indicaron que la elevación del nivel del agua varió a lo largo del cauce, alcanzando un valor máximo de 106.00 m en la sección RS 14 y descendiendo hasta 73.47 m en la sección RS 1. Por otra parte, en varias secciones, el nivel del agua superó los

límites de los topes de banco del canal natural. Estas secciones fueron RS 8, RS 7 y RS 6, ver Figura 9. La Tabla 5 muestra los resultados, mientras el Apéndice L contiene los resultados impresos de esta simulación.

En términos de velocidad del flujo, la simulación mostró variaciones a lo largo del tramo modelado. En secciones con mayor pendiente, la velocidad alcanzó valores de hasta 8.92 m/s (RS 8), mientras que en áreas con menor inclinación, las velocidades fueron menores, registrándose valores de 0.33 m/s en la sección RS 12.

**TABLA 5: RESULTADOS SIMULACION HIDRAULICA: CONDICION EXISTENTE**

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Froude # Chl
XSEC-14 (3+66.80)	18.13	105.25	106.00	4.42	11.15	2.17
XSEC-13 (3+50.60)	18.13	102.00	104.61	0.74	15.46	0.17
XSEC-12 (3+33.05)	18.13	101.00	104.62	0.33	23.21	0.07
XSEC-11 (3+08.95)	18.13	103.00	104.56	1.10	21.28	0.40
XSEC-10 (2+83.40)	18.13	103.00	104.06	2.80	10.01	0.97
XSEC-9 (2+59.50)	18.13	102.00	102.80	4.35	6.00	1.67
XSEC-8 (2+35.35)	18.13	96.00	96.81	8.92	4.31	4.15
XSEC-7 (2+17.45)	18.13	92.00	92.66	7.25	5.63	3.48
XSEC-6 (1+87.75)	18.13	85.00	85.87	7.72	3.74	3.11
XSEC-5 (1+54.60)	18.13	81.92	82.76	4.59	9.35	2.25
XSEC-4 (1+23.60)	18.13	79.91	80.78	3.88	8.99	1.72
XSEC-3 (0+92.05)	18.13	77.87	78.76	4.05	10.08	1.94
XSEC-2 (0+53.50)	18.13	75.57	76.50	3.76	9.55	1.69
XSEC-1 (0+00.00)	18.13	72.25	73.47	3.47	13.67	1.79

## DISCUSION DE RESULTADOS – CONDICION PROPUESTA

Los resultados en este escenario indicaron que el caudal pico para la condición propuesta fue de 15.25 m<sup>3</sup>/s, evidenciando una reducción respecto a la condición existente, lo que sugiere una mayor eficiencia en la gestión del flujo, atribuida a la implementación de medidas de control de escorrentía en el sistema.



Las simulaciones mostraron que la elevación del nivel del agua varió a lo largo del cauce, alcanzando un valor máximo de 105.96 m en la sección RS 14 y descendiendo hasta 73.42 m en la sección RS 1. En comparación con la condición existente, se observó una reducción en las elevaciones del nivel del agua, lo que indica una mayor capacidad hidráulica y menor riesgo de desbordamiento en la condición propuesta.

En cuanto a la distribución de velocidades, se identificaron variaciones a lo largo del tramo analizado. En secciones con mayor pendiente, la velocidad máxima alcanzó 8.73 m/s (RS 8), mientras que en zonas con menor inclinación y mayor área hidráulica, las velocidades fueron menores, registrándose valores de 0.30 m/s en la sección RS 12. La Tabla 6 muestra los resultados, mientras el Apéndice M contiene los resultados impresos de esta simulación.

Al comparar los resultados de este escenario con los obtenidos en el escenario de condición existente, se muestra una reducción en las elevaciones del nivel del agua y en la ocurrencia de desbordamientos en la condición propuesta.

Las secciones previamente afectadas por desbordamientos en la condición existente mostraron mejoras significativas, destacándose los siguientes:

- Sección RS 8: La elevación del agua se redujo a 96.74 m, acercándose a la capacidad del canal natural.
- Sección RS 7: El nivel del agua disminuyó a 92.61 m, reduciendo el riesgo de desbordamiento en áreas adyacentes.
- Sección RS 6: Se registró una reducción en la elevación del agua a 85.79 m, mitigando la posibilidad de inundaciones en este tramo.

**TABLA 6: RESULTADOS SIMULACION HIDRAULICA: CONDICION PROPUESTA**

River Sta	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Top Width (m)	Froude # Chl
XSEC-14 (3+66.80)	15.25	105.25	105.96	4.17	10.49	2.14
XSEC-13 (3+50.60)	15.25	102.00	104.49	0.66	15.07	0.16
XSEC-12 (3+33.05)	15.25	101.00	104.50	0.30	22.73	0.06
XSEC-11 (3+08.95)	15.25	103.00	104.44	1.09	19.62	0.41
XSEC-10 (2+83.40)	15.25	103.00	103.94	2.74	7.49	1.01
XSEC-9 (2+59.50)	15.25	102.00	102.72	4.15	5.83	1.67
XSEC-8 (2+35.35)	15.25	96.00	96.74	8.73	4.01	4.22
XSEC-7 (2+17.45)	15.25	92.00	92.61	6.86	5.35	3.40
XSEC-6 (1+87.75)	15.25	85.00	85.79	7.41	3.55	3.11
XSEC-5 (1+54.60)	15.25	81.92	82.72	4.30	8.85	2.17
XSEC-4 (1+23.60)	15.25	79.91	80.71	3.74	8.44	1.72
XSEC-3 (0+92.05)	15.25	77.87	78.71	3.85	9.47	1.90
XSEC-2 (0+53.50)	15.25	75.57	76.44	3.60	9.00	1.68
XSEC-1 (0+00.00)	15.25	72.25	73.42	3.32	12.61	1.76

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Estudio Hidrológico-Hidráulico evaluó el impacto de la Expansión Lateral del Sistema de Relleno Sanitario Municipal de Arroyo (SRSMA) sobre el comportamiento de la escorrentía y la capacidad de drenaje en el área de estudio. Mediante la simulación hidrológica e hidráulica, se analizaron las condiciones de flujo en escenarios de condición existente y condición propuesta, considerando eventos de lluvia con período de retorno de hasta 100 años.

Los resultados del análisis hidrológico indicaron que, en la condición existente, algunas secciones de la Quebrada Yaurel presentan limitaciones en su capacidad hidráulica, con riesgo de desbordamientos en las secciones RS 8, RS 7 y RS 6. Por el contrario, los resultados del escenario propuesto demostraron una reducción en los caudales pico, especialmente en eventos de corta duración, lo que confirma la efectividad de las medidas de mitigación implementadas.

La inclusión de una charca de detención en la condición propuesta para el control de escorrentía demostró una reducción de picos de flujo, disminuyendo el impacto de escorrentías en el sistema de drenaje aguas abajo. Se observó que, para eventos de corta duración, la implementación de esta medida logró reducciones de hasta un 15.9 % en los caudales pico en el punto de salida observado en la quebrada.

Los análisis hidráulicos confirmaron que la condición propuesta optimiza el comportamiento del flujo, reduciendo las elevaciones del nivel del agua y mejorando la capacidad hidráulica del sistema. La velocidad del flujo en las secciones críticas se mantuvo dentro de valores aceptables, minimizando el riesgo de erosión en los márgenes del cauce.

En resumen, los resultados del estudio validan la viabilidad de la Expansión Lateral del SRSMA, siempre y cuando se implementen las medidas de mitigación sugeridas. La propuesta garantiza la sostenibilidad del sistema de drenaje, asegurando el cumplimiento con las normativas

ambientales vigentes y mitigando los posibles efectos adversos del desarrollo de la expansión del SRSMA.

## **RECOMENDACIONES**

Para garantizar la efectividad de las medidas de control y mitigar posibles impactos sobre el sistema de drenaje, se recomienda lo siguiente:

### **Diseño**

- Asegurar que la charca de detención cuente con las dimensiones establecidas en el estudio (área de 400 m<sup>2</sup>, profundidad de 4.0 m, taludes de 2:1 H:V).
- Diseñar un sistema de salida con cuatro orificios de 0.66 m de diámetro, ubicados a 0.61 m sobre la base de la charca, para mejorar la captura de sedimentos.
- Implementar un vertedor con una elevación de 2.59 m y un largo de 11.60 m, asegurando un flujo de descarga controlado.

### **Construcción**

- Implementar medidas de control de sedimentos y erosión durante las obras, incluyendo barreras de retención y protección de márgenes.
- Garantizar que la excavación y conformación de la charca de detención se realice según las especificaciones establecidas, evitando alteraciones en la capacidad de almacenamiento.
- Supervisar la correcta instalación del sistema de descarga para evitar obstrucciones o fallas estructurales.

## **Operación**

- Monitorear periódicamente el funcionamiento de la charca de detención, asegurando que el sistema de salida opere conforme al diseño.
- Implementar un programa de inspección para verificar que las estructuras hidráulicas mantengan su capacidad de conducción y almacenamiento.
- Evaluar el desempeño de la charca durante eventos de lluvia intensos para ajustar las estrategias de manejo de escorrentía si es necesario.

## **Mantenimiento**

- Realizar limpiezas periódicas en los orificios de salida para prevenir obstrucciones por sedimentos y residuos.
- Inspeccionar el estado del vertedor y las estructuras de control, corrigiendo desgastes o daños estructurales de manera oportuna.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para las zonas de drenaje, asegurando la estabilidad del sistema hidráulico.

## **LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

El diseñador deberá preparar los planos y especificaciones de acuerdo con las recomendaciones de este estudio. Los resultados presentados en este estudio corresponden a una evaluación del diseño conceptual del proyecto. Es importante destacar que el diseño civil de esta obra no forma parte de este análisis. Las conclusiones de este estudio se basan en condiciones de flujo libre. Como parte de los requisitos del DRNA para su aprobación, se realizaron interpolaciones polinomiales para construir las distribuciones de lluvia. Es importante considerar que cualquier obstrucción al flujo durante un evento podría resultar en condiciones diferentes a las aquí descritas. Finalmente, los hallazgos y recomendaciones en este documento deben utilizarse exclusivamente para los fines especificados.

## REFERENCIAS

Chow, Ven T., 1959, ***Open Channel Hydraulics***, McGraw Hill Comp., New York.

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico, 2021, ***Reglamento para los Sistemas de Relleno Sanitario***, Gobierno de Puerto Rico

Junta de Planificación de Puerto Rico, 2018, ***Advisory Base Flood Elevation Map (Panels C1770H)***, Federal Emergency Management Agency, USA

Junta de Planificación, 2016, ***Guías para la Elaboración de Estudios Hidrológicos e Hidráulicos***, Estado Libre Asociado de Puerto Rico, San Juan, Puerto Rico.

Junta de Planificación, 2023, ***Reglamento Conjunto para la Evaluación y Expedición de Permisos Relacionados al Desarrollo, Uso de Terrenos y Operación de Negocios***, Estado Libre Asociado de Puerto Rico, San Juan, Puerto Rico.

Natural Resources Conservation Services, ***Custom Soil Resource Report for Humacao Area, Puerto Rico Eastern Part // Drainage Area of Yaurel Creek at Municipality of Arroyo, P.R.***, United States Department of Agriculture.

U.S. Geological Survey, Patillas Quadrangle, Commonwealth of Puerto Rico, Department of Transportation and Public Works.

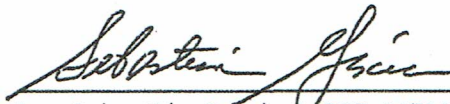
U.S. Army Corps of Engineers, 2023, ***HEC-HMS (Hydrologic Modeling System) version 4.11 User's Manual***, Hydrologic Engineering Center. Davis, Ca.

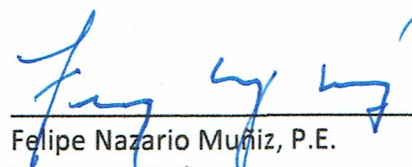
U.S. Army Corps of Engineers, 2023, ***HEC-RAS River Analysis System User's Manual***, Hydrologic Engineering Center. Davis, Ca.

## CERTIFICACION

Se certifica que el Estudio Hidrológico - Hidráulico para el proyecto " **Manejo y Control de Escorrentías en SRSM-ARROYO**" fue preparado utilizando las mejores prácticas aplicables al proyecto, según se describen en el propio documento. Los estimados presentados en este trabajo están basados en estudios y mediciones de campo realizados por otras personas. Partiendo de las metodologías usadas para la realización de este estudio, los resultados obtenidos son ciertos y correctos.

Aguas Buenas, 24 de febrero de 2025

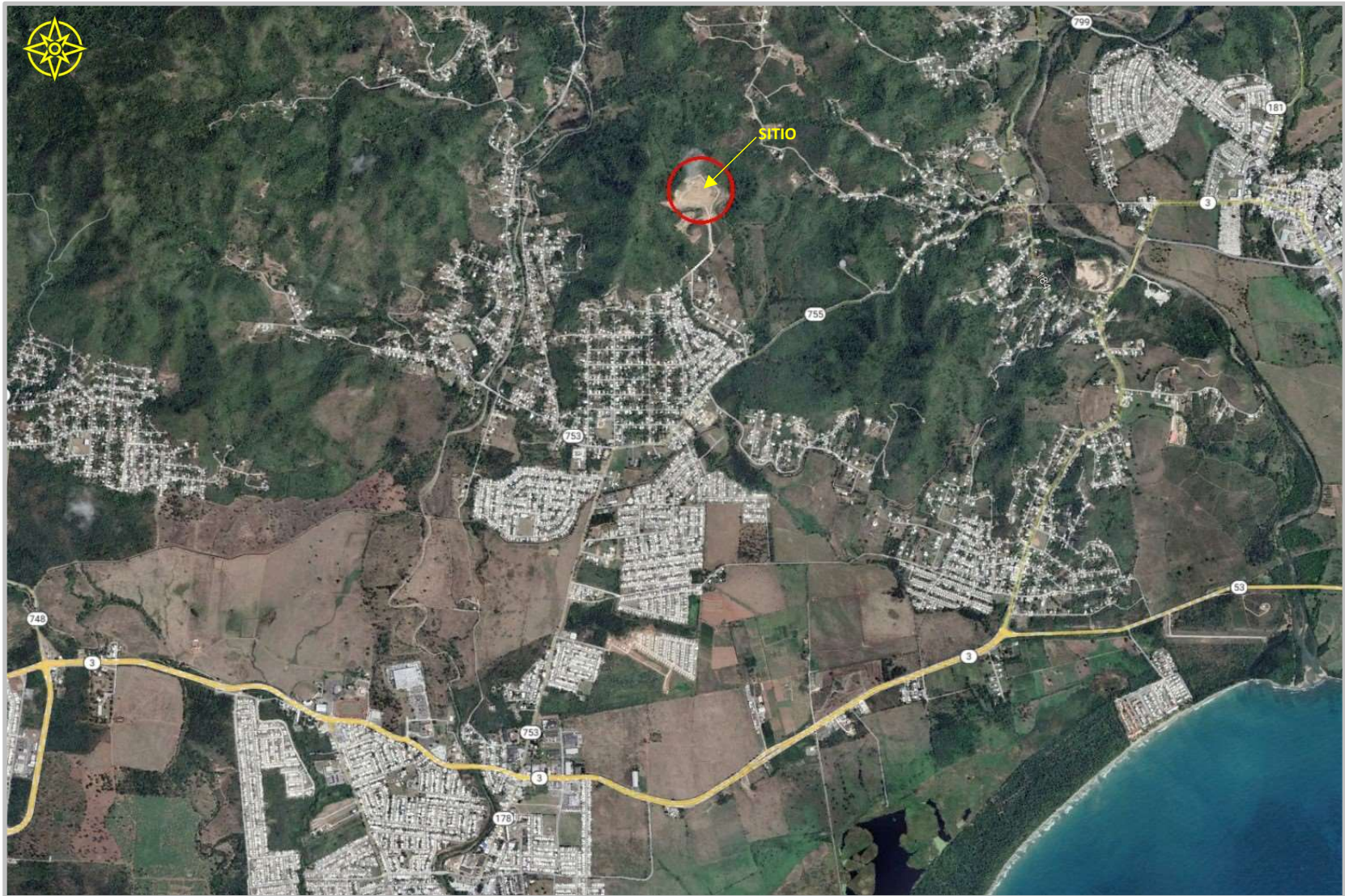
  
Ing. Sebastián García, MSCE, MEM, Ph.Dc  
Consultor en Recursos de Agua

  
Felipe Nazario Muñoz, P.E.  
Ingeniero Civil





## FIGURAS



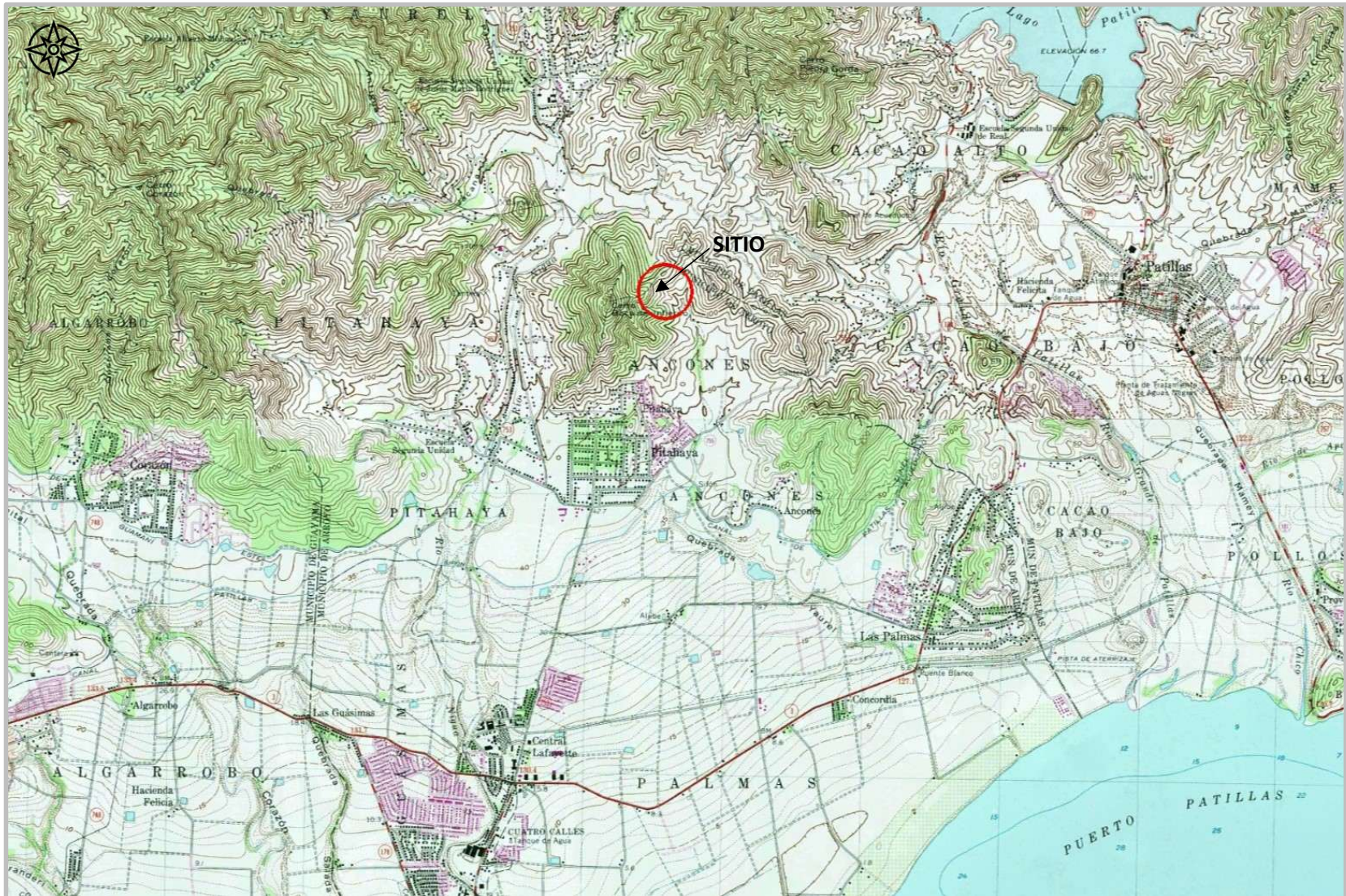
**FIGURA 1.** Imagen aérea (tomada de Google Earth, (03/04/2021) donde indica la localización del proyecto, No Escala.





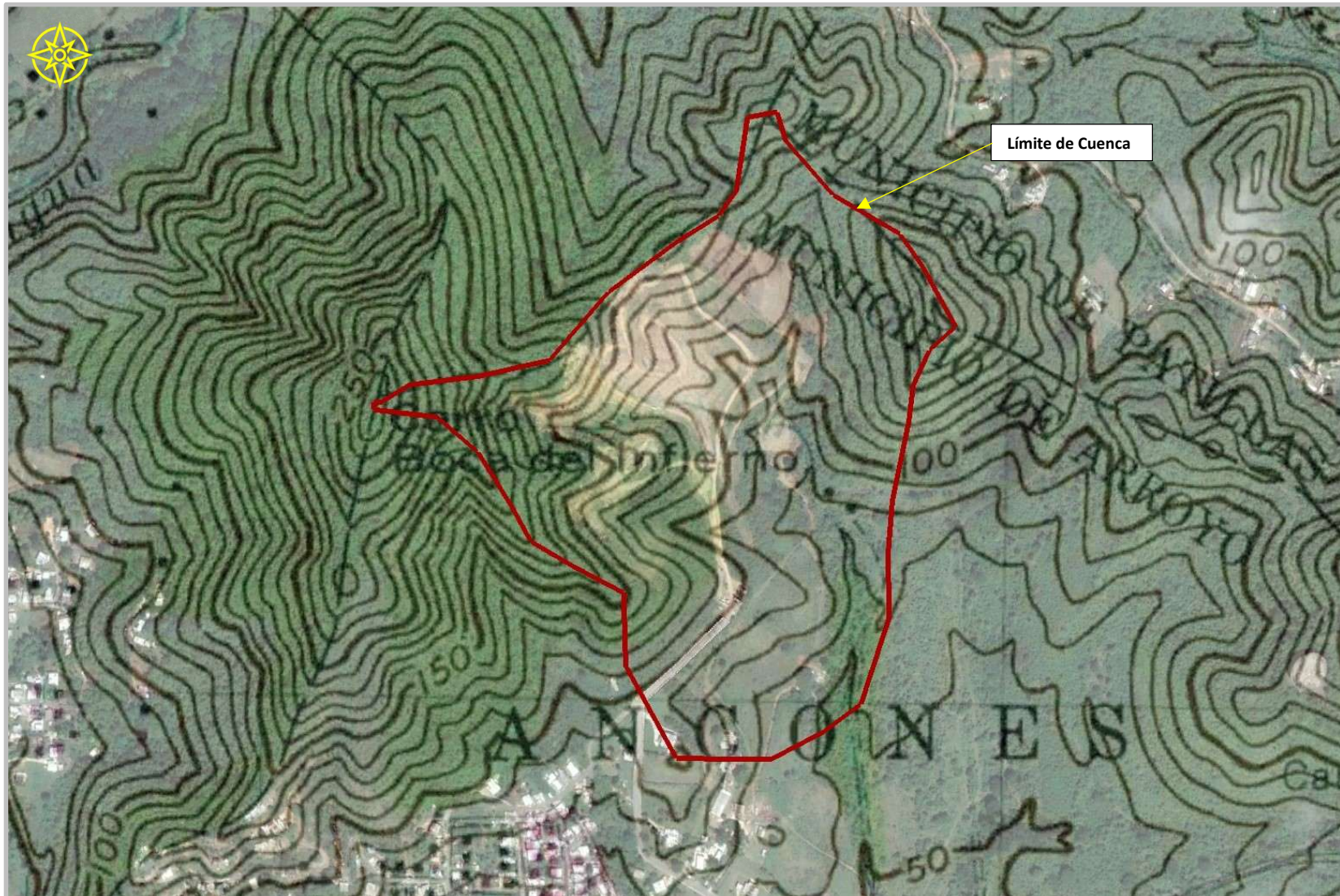
**FIGURA 2.** Identificación General de  
“La Expansión”, No Escala.





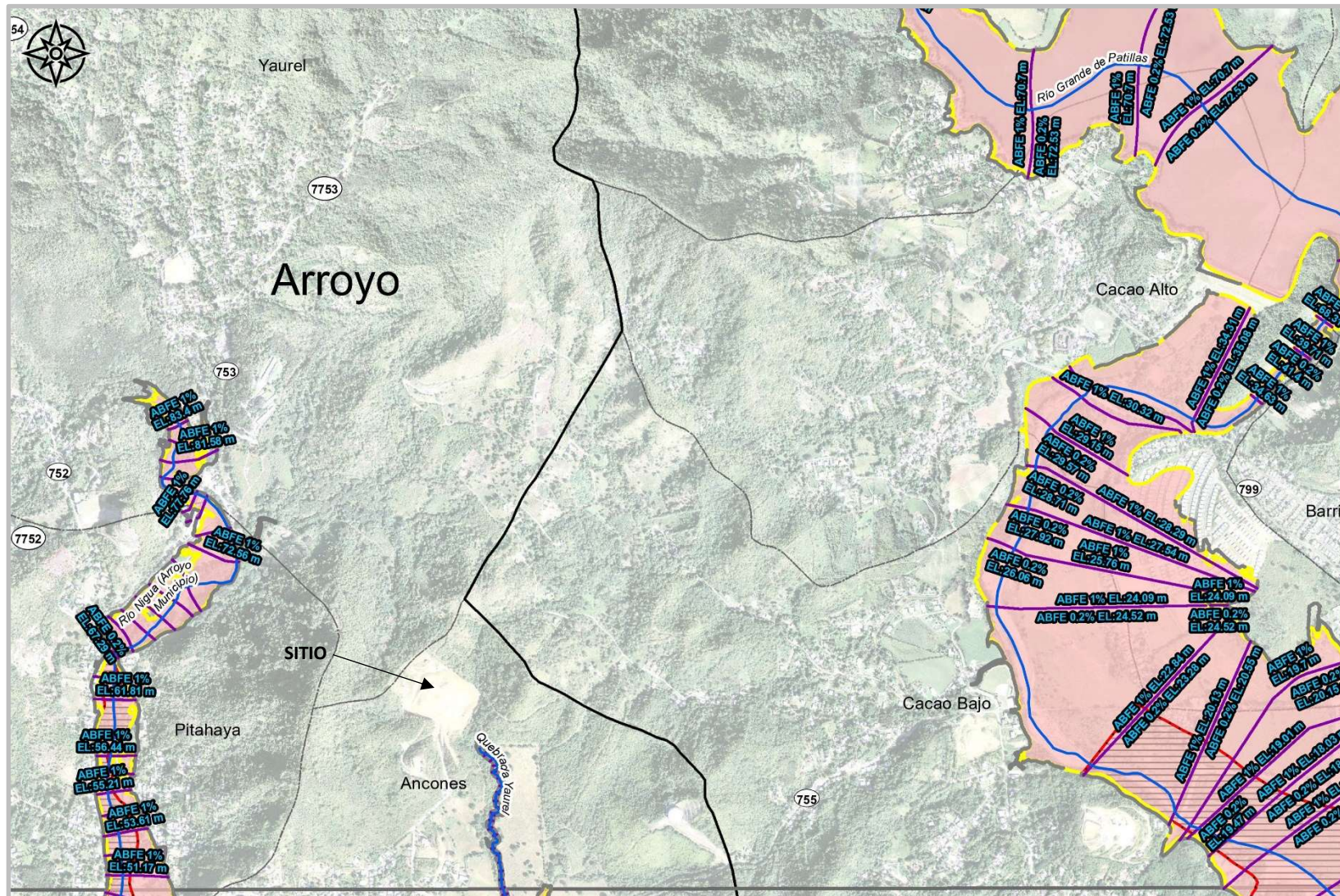
**FIGURA 3.** Copia parcial del Cuadrángulo Topográfico de Patillas (USGS – 1972) donde se indica la ubicación del proyecto, No Escala.





**FIGURA 4.** Límite de área de captación de la cuenca de estudio, No Escala.





**FIGURA 5.** Copia Parcial Mapa de Niveles de Inundación Base Recomendado (Panel: C1770H) con ubicación de SRSM-Arroyo, No Escala.





**FIGURA 6.** Imagen donde muestra los tipos de suelos que se encuentran en la cuenca de la Quebrada Yaurel, No Escala.





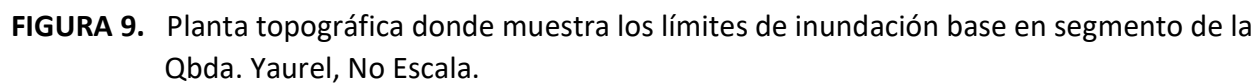
**FIGURA 7.** Imagen aérea (tomada de Google Earth, (09/25/2022) donde se muestran los límites de área de captación de subcuencas - Escenario de Condición Existente, No Escala.





**FIGURA 8.** Imagen aérea (tomada de Google Earth, (09/25/2022) donde se muestran los límites de área de captación de subcuencas - Escenario de Condición Propuesta, No Escala.





## APENDICES

# APENDICE A

Fotos tomadas en Lugar



**FOTO 1.** Vista del camino de acceso a área de operación de la instalación sanitaria.



**FOTO 2.** Vista desde área de operación de la instalación sanitaria. Desde el lugar se observa el camino de acceso y antigua área de depósito de residuos sólidos.





**FOTO 3.** Vista de zona de extracción de material para cubierta de residuos sólidos.



**FOTO 4.** Vista de condición de taludes en área de operación.

## **APENDICE B**

**Custom Soil Resource Report for Humacao Area, Puerto Rico Eastern Part // Drainage  
Area of Yaurel Creek at Municipality of Arroyo, P.R.**





United States  
Department of  
Agriculture

NRCS

Natural  
Resources  
Conservation  
Service

A product of the National  
Cooperative Soil Survey,  
a joint effort of the United  
States Department of  
Agriculture and other  
Federal agencies, State  
agencies including the  
Agricultural Experiment  
Stations, and local  
participants

# Custom Soil Resource Report for Humacao Area, Puerto Rico Eastern Part

Drainage Area of Yaurel Creek at  
Municipality of Arroyo, P.R.



# Preface

---

Soil surveys contain information that affects land use planning in survey areas. They highlight soil limitations that affect various land uses and provide information about the properties of the soils in the survey areas. Soil surveys are designed for many different users, including farmers, ranchers, foresters, agronomists, urban planners, community officials, engineers, developers, builders, and home buyers. Also, conservationists, teachers, students, and specialists in recreation, waste disposal, and pollution control can use the surveys to help them understand, protect, or enhance the environment.

Various land use regulations of Federal, State, and local governments may impose special restrictions on land use or land treatment. Soil surveys identify soil properties that are used in making various land use or land treatment decisions. The information is intended to help the land users identify and reduce the effects of soil limitations on various land uses. The landowner or user is responsible for identifying and complying with existing laws and regulations.

Although soil survey information can be used for general farm, local, and wider area planning, onsite investigation is needed to supplement this information in some cases. Examples include soil quality assessments (<http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/health/>) and certain conservation and engineering applications. For more detailed information, contact your local USDA Service Center (<https://offices.sc.egov.usda.gov/locator/app?agency=nrcs>) or your NRCS State Soil Scientist ([http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/contactus/?cid=nrcs142p2\\_053951](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/contactus/?cid=nrcs142p2_053951)).

Great differences in soil properties can occur within short distances. Some soils are seasonally wet or subject to flooding. Some are too unstable to be used as a foundation for buildings or roads. Clayey or wet soils are poorly suited to use as septic tank absorption fields. A high water table makes a soil poorly suited to basements or underground installations.

The National Cooperative Soil Survey is a joint effort of the United States Department of Agriculture and other Federal agencies, State agencies including the Agricultural Experiment Stations, and local agencies. The Natural Resources Conservation Service (NRCS) has leadership for the Federal part of the National Cooperative Soil Survey.

Information about soils is updated periodically. Updated information is available through the NRCS Web Soil Survey, the site for official soil survey information.

The U.S. Department of Agriculture (USDA) prohibits discrimination in all its programs and activities on the basis of race, color, national origin, age, disability, and where applicable, sex, marital status, familial status, parental status, religion, sexual orientation, genetic information, political beliefs, reprisal, or because all or a part of an individual's income is derived from any public assistance program. (Not all prohibited bases apply to all programs.) Persons with disabilities who require

alternative means for communication of program information (Braille, large print, audiotape, etc.) should contact USDA's TARGET Center at (202) 720-2600 (voice and TDD). To file a complaint of discrimination, write to USDA, Director, Office of Civil Rights, 1400 Independence Avenue, S.W., Washington, D.C. 20250-9410 or call (800) 795-3272 (voice) or (202) 720-6382 (TDD). USDA is an equal opportunity provider and employer.

# Contents

---

<b>Preface</b> .....	2
<b>How Soil Surveys Are Made</b> .....	5
<b>Soil Map</b> .....	8
Soil Map.....	9
Legend.....	10
Map Unit Legend.....	11
Map Unit Descriptions.....	11
Humacao Area, Puerto Rico Eastern Part.....	13
DgF2—Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60 percent slopes, eroded.....	13
GyC2—Guayama clay loam, moderately deep variant, 2 to 12 percent, slopes, eroded.....	14
Rs—Rock land.....	15
VvB—Vives clay, 2 to 7 percent slopes.....	16
<b>Soil Information for All Uses</b> .....	18
Suitabilities and Limitations for Use.....	18
Sanitary Facilities.....	18
Sanitary Landfill (Area).....	18
Sewage Lagoons.....	22
Soil Properties and Qualities.....	27
Soil Qualities and Features.....	27
Hydrologic Soil Group.....	27
<b>References</b> .....	32

# How Soil Surveys Are Made

---

Soil surveys are made to provide information about the soils and miscellaneous areas in a specific area. They include a description of the soils and miscellaneous areas and their location on the landscape and tables that show soil properties and limitations affecting various uses. Soil scientists observed the steepness, length, and shape of the slopes; the general pattern of drainage; the kinds of crops and native plants; and the kinds of bedrock. They observed and described many soil profiles. A soil profile is the sequence of natural layers, or horizons, in a soil. The profile extends from the surface down into the unconsolidated material in which the soil formed or from the surface down to bedrock. The unconsolidated material is devoid of roots and other living organisms and has not been changed by other biological activity.

Currently, soils are mapped according to the boundaries of major land resource areas (MLRAs). MLRAs are geographically associated land resource units that share common characteristics related to physiography, geology, climate, water resources, soils, biological resources, and land uses (USDA, 2006). Soil survey areas typically consist of parts of one or more MLRA.

The soils and miscellaneous areas in a survey area occur in an orderly pattern that is related to the geology, landforms, relief, climate, and natural vegetation of the area. Each kind of soil and miscellaneous area is associated with a particular kind of landform or with a segment of the landform. By observing the soils and miscellaneous areas in the survey area and relating their position to specific segments of the landform, a soil scientist develops a concept, or model, of how they were formed. Thus, during mapping, this model enables the soil scientist to predict with a considerable degree of accuracy the kind of soil or miscellaneous area at a specific location on the landscape.

Commonly, individual soils on the landscape merge into one another as their characteristics gradually change. To construct an accurate soil map, however, soil scientists must determine the boundaries between the soils. They can observe only a limited number of soil profiles. Nevertheless, these observations, supplemented by an understanding of the soil-vegetation-landscape relationship, are sufficient to verify predictions of the kinds of soil in an area and to determine the boundaries.

Soil scientists recorded the characteristics of the soil profiles that they studied. They noted soil color, texture, size and shape of soil aggregates, kind and amount of rock fragments, distribution of plant roots, reaction, and other features that enable them to identify soils. After describing the soils in the survey area and determining their properties, the soil scientists assigned the soils to taxonomic classes (units). Taxonomic classes are concepts. Each taxonomic class has a set of soil characteristics with precisely defined limits. The classes are used as a basis for comparison to classify soils systematically. Soil taxonomy, the system of taxonomic classification used in the United States, is based mainly on the kind and character of soil properties and the arrangement of horizons within the profile. After the soil

scientists classified and named the soils in the survey area, they compared the individual soils with similar soils in the same taxonomic class in other areas so that they could confirm data and assemble additional data based on experience and research.

The objective of soil mapping is not to delineate pure map unit components; the objective is to separate the landscape into landforms or landform segments that have similar use and management requirements. Each map unit is defined by a unique combination of soil components and/or miscellaneous areas in predictable proportions. Some components may be highly contrasting to the other components of the map unit. The presence of minor components in a map unit in no way diminishes the usefulness or accuracy of the data. The delineation of such landforms and landform segments on the map provides sufficient information for the development of resource plans. If intensive use of small areas is planned, onsite investigation is needed to define and locate the soils and miscellaneous areas.

Soil scientists make many field observations in the process of producing a soil map. The frequency of observation is dependent upon several factors, including scale of mapping, intensity of mapping, design of map units, complexity of the landscape, and experience of the soil scientist. Observations are made to test and refine the soil-landscape model and predictions and to verify the classification of the soils at specific locations. Once the soil-landscape model is refined, a significantly smaller number of measurements of individual soil properties are made and recorded. These measurements may include field measurements, such as those for color, depth to bedrock, and texture, and laboratory measurements, such as those for content of sand, silt, clay, salt, and other components. Properties of each soil typically vary from one point to another across the landscape.

Observations for map unit components are aggregated to develop ranges of characteristics for the components. The aggregated values are presented. Direct measurements do not exist for every property presented for every map unit component. Values for some properties are estimated from combinations of other properties.

While a soil survey is in progress, samples of some of the soils in the area generally are collected for laboratory analyses and for engineering tests. Soil scientists interpret the data from these analyses and tests as well as the field-observed characteristics and the soil properties to determine the expected behavior of the soils under different uses. Interpretations for all of the soils are field tested through observation of the soils in different uses and under different levels of management. Some interpretations are modified to fit local conditions, and some new interpretations are developed to meet local needs. Data are assembled from other sources, such as research information, production records, and field experience of specialists. For example, data on crop yields under defined levels of management are assembled from farm records and from field or plot experiments on the same kinds of soil.

Predictions about soil behavior are based not only on soil properties but also on such variables as climate and biological activity. Soil conditions are predictable over long periods of time, but they are not predictable from year to year. For example, soil scientists can predict with a fairly high degree of accuracy that a given soil will have a high water table within certain depths in most years, but they cannot predict that a high water table will always be at a specific level in the soil on a specific date.

After soil scientists located and identified the significant natural bodies of soil in the survey area, they drew the boundaries of these bodies on aerial photographs and

## Custom Soil Resource Report

identified each as a specific map unit. Aerial photographs show trees, buildings, fields, roads, and rivers, all of which help in locating boundaries accurately.



# Soil Map

---


The soil map section includes the soil map for the defined area of interest, a list of soil map units on the map and extent of each map unit, and cartographic symbols displayed on the map. Also presented are various metadata about data used to produce the map, and a description of each soil map unit.

# Custom Soil Resource Report Soil Map



## MAP LEGEND

### Area of Interest (AOI)

 Area of Interest (AOI)

### Soils

 Soil Map Unit Polygons

 Soil Map Unit Lines

 Soil Map Unit Points

### Special Point Features

 Blowout

 Borrow Pit

 Clay Spot

 Closed Depression

 Gravel Pit

 Gravelly Spot

 Landfill

 Lava Flow

 Marsh or swamp

 Mine or Quarry

 Miscellaneous Water


 Perennial Water

 Rock Outcrop

 Saline Spot

 Sandy Spot

 Severely Eroded Spot


 Sinkhole

 Slide or Slip


 Sodic Spot

 Spoil Area

 Stony Spot


 Very Stony Spot

 Wet Spot

 Other

 Special Line Features

### Water Features

 Streams and Canals


### Transportation

 Rails


 Interstate Highways

 US Routes

 Major Roads

 Local Roads

### Background

 Aerial Photography

## MAP INFORMATION

The soil surveys that comprise your AOI were mapped at 1:20,000.

Warning: Soil Map may not be valid at this scale.

Enlargement of maps beyond the scale of mapping can cause misunderstanding of the detail of mapping and accuracy of soil line placement. The maps do not show the small areas of contrasting soils that could have been shown at a more detailed scale.

Please rely on the bar scale on each map sheet for map measurements.

Source of Map: Natural Resources Conservation Service  
Web Soil Survey URL:  
Coordinate System: Web Mercator (EPSG:3857)

Maps from the Web Soil Survey are based on the Web Mercator projection, which preserves direction and shape but distorts distance and area. A projection that preserves area, such as the Albers equal-area conic projection, should be used if more accurate calculations of distance or area are required.

This product is generated from the USDA-NRCS certified data as of the version date(s) listed below.

Soil Survey Area: Humacao Area, Puerto Rico Eastern Part  
Survey Area Data: Version 15, Sep 13, 2023

Soil map units are labeled (as space allows) for map scales 1:50,000 or larger.

Date(s) aerial images were photographed: Jan 23, 2022—Mar 1, 2022

The orthophoto or other base map on which the soil lines were compiled and digitized probably differs from the background imagery displayed on these maps. As a result, some minor shifting of map unit boundaries may be evident.

## Map Unit Legend

Map Unit Symbol	Map Unit Name	Acres in AOI	Percent of AOI
DgF2	Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60 percent slopes, eroded	22.8	28.1%
GyC2	Guayama clay loam, moderately deep variant, 2 to 12 percent, slopes, eroded	6.9	8.5%
Rs	Rock land	51.0	62.8%
VvB	Vives clay, 2 to 7 percent slopes	0.4	0.6%
<b>Totals for Area of Interest</b>		<b>81.2</b>	<b>100.0%</b>

## Map Unit Descriptions

The map units delineated on the detailed soil maps in a soil survey represent the soils or miscellaneous areas in the survey area. The map unit descriptions, along with the maps, can be used to determine the composition and properties of a unit.

A map unit delineation on a soil map represents an area dominated by one or more major kinds of soil or miscellaneous areas. A map unit is identified and named according to the taxonomic classification of the dominant soils. Within a taxonomic class there are precisely defined limits for the properties of the soils. On the landscape, however, the soils are natural phenomena, and they have the characteristic variability of all natural phenomena. Thus, the range of some observed properties may extend beyond the limits defined for a taxonomic class. Areas of soils of a single taxonomic class rarely, if ever, can be mapped without including areas of other taxonomic classes. Consequently, every map unit is made up of the soils or miscellaneous areas for which it is named and some minor components that belong to taxonomic classes other than those of the major soils.

Most minor soils have properties similar to those of the dominant soil or soils in the map unit, and thus they do not affect use and management. These are called noncontrasting, or similar, components. They may or may not be mentioned in a particular map unit description. Other minor components, however, have properties and behavioral characteristics divergent enough to affect use or to require different management. These are called contrasting, or dissimilar, components. They generally are in small areas and could not be mapped separately because of the scale used. Some small areas of strongly contrasting soils or miscellaneous areas are identified by a special symbol on the maps. If included in the database for a given area, the contrasting minor components are identified in the map unit descriptions along with some characteristics of each. A few areas of minor components may not have been observed, and consequently they are not mentioned in the descriptions, especially where the pattern was so complex that it was impractical to make enough observations to identify all the soils and miscellaneous areas on the landscape.

## Custom Soil Resource Report

The presence of minor components in a map unit in no way diminishes the usefulness or accuracy of the data. The objective of mapping is not to delineate pure taxonomic classes but rather to separate the landscape into landforms or landform segments that have similar use and management requirements. The delineation of such segments on the map provides sufficient information for the development of resource plans. If intensive use of small areas is planned, however, onsite investigation is needed to define and locate the soils and miscellaneous areas.

An identifying symbol precedes the map unit name in the map unit descriptions. Each description includes general facts about the unit and gives important soil properties and qualities.

Soils that have profiles that are almost alike make up a *soil series*. Except for differences in texture of the surface layer, all the soils of a series have major horizons that are similar in composition, thickness, and arrangement.

Soils of one series can differ in texture of the surface layer, slope, stoniness, salinity, degree of erosion, and other characteristics that affect their use. On the basis of such differences, a soil series is divided into *soil phases*. Most of the areas shown on the detailed soil maps are phases of soil series. The name of a soil phase commonly indicates a feature that affects use or management. For example, Alpha silt loam, 0 to 2 percent slopes, is a phase of the Alpha series.

Some map units are made up of two or more major soils or miscellaneous areas. These map units are complexes, associations, or undifferentiated groups.

A *complex* consists of two or more soils or miscellaneous areas in such an intricate pattern or in such small areas that they cannot be shown separately on the maps. The pattern and proportion of the soils or miscellaneous areas are somewhat similar in all areas. Alpha-Beta complex, 0 to 6 percent slopes, is an example.

An *association* is made up of two or more geographically associated soils or miscellaneous areas that are shown as one unit on the maps. Because of present or anticipated uses of the map units in the survey area, it was not considered practical or necessary to map the soils or miscellaneous areas separately. The pattern and relative proportion of the soils or miscellaneous areas are somewhat similar. Alpha-Beta association, 0 to 2 percent slopes, is an example.

An *undifferentiated group* is made up of two or more soils or miscellaneous areas that could be mapped individually but are mapped as one unit because similar interpretations can be made for use and management. The pattern and proportion of the soils or miscellaneous areas in a mapped area are not uniform. An area can be made up of only one of the major soils or miscellaneous areas, or it can be made up of all of them. Alpha and Beta soils, 0 to 2 percent slopes, is an example.

Some surveys include *miscellaneous areas*. Such areas have little or no soil material and support little or no vegetation. Rock outcrop is an example.

## Humacao Area, Puerto Rico Eastern Part

### DgF2—Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60 percent slopes, eroded

#### Map Unit Setting

*National map unit symbol:* bz4k  
*Elevation:* 30 to 840 feet  
*Mean annual precipitation:* 25 to 66 inches  
*Mean annual air temperature:* 66 to 89 degrees F  
*Frost-free period:* 365 days  
*Farmland classification:* Not prime farmland

#### Map Unit Composition

*Descalabrado and similar soils:* 51 percent  
*Guayama and similar soils:* 49 percent  
*Estimates are based on observations, descriptions, and transects of the mapunit.*

#### Description of Descalabrado

##### Setting

*Landform:* Mountain slopes, hillslopes, ridges, ridges  
*Landform position (two-dimensional):* Backslope, shoulder, summit  
*Landform position (three-dimensional):* Mountainflank, mountaintop, head slope, crest, side slope  
*Down-slope shape:* Concave, convex  
*Across-slope shape:* Concave, convex  
*Parent material:* Residuum and colluvium

##### Typical profile

*H1 - 0 to 5 inches:* clay loam  
*H2 - 5 to 12 inches:* gravelly clay  
*H3 - 12 to 16 inches:* unweathered bedrock

##### Properties and qualities

*Slope:* 20 to 60 percent  
*Depth to restrictive feature:* 10 to 20 inches to lithic bedrock  
*Drainage class:* Well drained  
*Capacity of the most limiting layer to transmit water (Ksat):* Moderately low to moderately high (0.14 to 0.38 in/hr)  
*Depth to water table:* More than 80 inches  
*Frequency of flooding:* None  
*Frequency of ponding:* None  
*Calcium carbonate, maximum content:* 2 percent  
*Available water supply, 0 to 60 inches:* Very low (about 1.8 inches)

##### Interpretive groups

*Land capability classification (irrigated):* None specified  
*Land capability classification (nonirrigated):* 7s  
*Hydrologic Soil Group:* D  
*Hydric soil rating:* No

#### Description of Guayama

##### Setting

*Landform:* Hills, mountain slopes, ridges

## Custom Soil Resource Report

*Landform position (two-dimensional):* Backslope, shoulder, summit

*Landform position (three-dimensional):* Mountaintop, mountainflank, side slope, head slope

*Down-slope shape:* Concave

*Across-slope shape:* Linear

*Parent material:* Residuum and colluvium

### Typical profile

*H1 - 0 to 5 inches:* clay loam

*H2 - 5 to 18 inches:* gravelly clay

*H3 - 18 to 22 inches:* unweathered bedrock

### Properties and qualities

*Slope:* 20 to 60 percent

*Depth to restrictive feature:* 10 to 20 inches to lithic bedrock

*Drainage class:* Well drained

*Capacity of the most limiting layer to transmit water (Ksat):* Moderately low (0.01 to 0.14 in/hr)

*Depth to water table:* More than 80 inches

*Frequency of flooding:* None

*Frequency of ponding:* None

*Calcium carbonate, maximum content:* 2 percent

*Available water supply, 0 to 60 inches:* Very low (about 2.2 inches)

### Interpretive groups

*Land capability classification (irrigated):* None specified

*Land capability classification (nonirrigated):* 7s

*Hydrologic Soil Group:* D

*Hydric soil rating:* No

## GyC2—Guayama clay loam, moderately deep variant, 2 to 12 percent, slopes, eroded

### Map Unit Setting

*National map unit symbol:* bz4w

*Elevation:* 180 to 800 feet

*Mean annual precipitation:* 30 to 40 inches

*Mean annual air temperature:* 79 to 81 degrees F

*Frost-free period:* 365 days

*Farmland classification:* Farmland of statewide importance

### Map Unit Composition

*Guayama variant and similar soils:* 100 percent

*Estimates are based on observations, descriptions, and transects of the mapunit.*

### Description of Guayama Variant

#### Setting

*Landform:* Mountain slopes

*Landform position (two-dimensional):* Summit, shoulder, backslope

*Landform position (three-dimensional):* Mountaintop, mountainflank



## Custom Soil Resource Report

*Down-slope shape:* Concave  
*Across-slope shape:* Linear  
*Parent material:* Residuum and colluvium

### Typical profile

*H1 - 0 to 8 inches:* clay loam  
*H2 - 8 to 26 inches:* clay  
*H3 - 26 to 30 inches:* weathered bedrock

### Properties and qualities

*Slope:* 2 to 12 percent  
*Depth to restrictive feature:* 20 to 34 inches to paralithic bedrock  
*Drainage class:* Well drained  
*Capacity of the most limiting layer to transmit water (Ksat):* Moderately low (0.01 to 0.14 in/hr)  
*Depth to water table:* More than 80 inches  
*Frequency of flooding:* None  
*Frequency of ponding:* None  
*Calcium carbonate, maximum content:* 1 percent  
*Maximum salinity:* Nonsaline to very slightly saline (0.0 to 2.0 mmhos/cm)  
*Sodium adsorption ratio, maximum:* 2.0  
*Available water supply, 0 to 60 inches:* Low (about 3.1 inches)

### Interpretive groups

*Land capability classification (irrigated):* 3e  
*Land capability classification (nonirrigated):* 4c  
*Hydrologic Soil Group:* D  
*Hydric soil rating:* No

## Rs—Rock land

### Map Unit Composition

*Rock land:* 100 percent  
*Estimates are based on observations, descriptions, and transects of the mapunit.*

### Description of Rock Land

#### Setting

*Landform:* Ridges  
*Landform position (two-dimensional):* Backslope  
*Landform position (three-dimensional):* Mountainflank  
*Down-slope shape:* Concave, convex  
*Across-slope shape:* Convex, linear

#### Typical profile

*H1 - 0 to 60 inches:* unweathered bedrock

#### Properties and qualities

*Slope:* 60 to 70 percent  
*Depth to restrictive feature:* 0 inches to lithic bedrock  
*Capacity of the most limiting layer to transmit water (Ksat):* Moderately low to high (0.06 to 5.95 in/hr)

**Interpretive groups**

*Land capability classification (irrigated):* None specified

*Land capability classification (nonirrigated):* 8s

*Hydric soil rating:* No

**VvB—Vives clay, 2 to 7 percent slopes**

**Map Unit Setting**

*National map unit symbol:* bz71

*Elevation:* 0 to 100 feet

*Mean annual precipitation:* 25 to 45 inches

*Mean annual air temperature:* 79 to 81 degrees F

*Frost-free period:* 365 days

*Farmland classification:* Prime farmland if irrigated

**Map Unit Composition**

*Vives and similar soils:* 100 percent

*Estimates are based on observations, descriptions, and transects of the mapunit.*

**Description of Vives**

**Setting**

*Landform:* Alluvial fans

*Landform position (two-dimensional):* Footslope

*Landform position (three-dimensional):* Tread

*Down-slope shape:* Linear

*Across-slope shape:* Linear

*Parent material:* Fine and moderately fine textured sediments

**Typical profile**

*H1 - 0 to 9 inches:* clay

*H2 - 9 to 32 inches:* clay loam

*H3 - 32 to 43 inches:* clay loam

*H4 - 43 to 50 inches:* clay loam

**Properties and qualities**

*Slope:* 2 to 7 percent

*Depth to restrictive feature:* More than 80 inches

*Drainage class:* Moderately well drained

*Capacity of the most limiting layer to transmit water (Ksat):* Moderately low (0.01 to 0.14 in/hr)

*Depth to water table:* More than 80 inches

*Frequency of flooding:* None

*Frequency of ponding:* None

*Calcium carbonate, maximum content:* 60 percent

*Available water supply, 0 to 60 inches:* High (about 9.0 inches)

**Interpretive groups**

*Land capability classification (irrigated):* 2e

*Land capability classification (nonirrigated):* 3c

*Hydrologic Soil Group:* C

*Hydric soil rating:* No



# **Soil Information for All Uses**

---

## **Suitabilities and Limitations for Use**

The Suitabilities and Limitations for Use section includes various soil interpretations displayed as thematic maps with a summary table for the soil map units in the selected area of interest. A single value or rating for each map unit is generated by aggregating the interpretive ratings of individual map unit components. This aggregation process is defined for each interpretation.

## **Sanitary Facilities**

Sanitary Facilities interpretations are tools designed to guide the user in site selection for the safe disposal of sewage and solid waste. Example interpretations include septic tank absorption fields, sewage lagoons, and sanitary landfills.

### **Sanitary Landfill (Area)**

ENG - Engineering

In an "area sanitary landfill," solid waste is placed in successive layers on the surface of the soil. The waste is spread, compacted, and covered daily with a thin layer of soil from a source away from the site. A final cover of soil material at least 2 feet thick is placed over the completed landfill. A landfill must be able to bear heavy vehicular traffic. It can result in the pollution of ground water. Ease of excavation and revegetation should be considered.

The ratings are based on the soil properties that affect trafficability and the risk of pollution. These properties include flooding, saturated hydraulic conductivity (Ksat), depth to a water table, ponding, slope, and depth to bedrock or a cemented pan. Flooding is a serious problem because it can result in pollution in areas downstream from the landfill. If Ksat is too rapid or if fractured bedrock, a fractured cemented pan, or the water table is close to the surface, the leachate can contaminate the water supply. Slope is a consideration because of the extra grading required to maintain roads in the steeper areas of the landfill. Also, leachate may flow along the surface of the soils in the steeper areas and cause difficult seepage problems.

## Custom Soil Resource Report

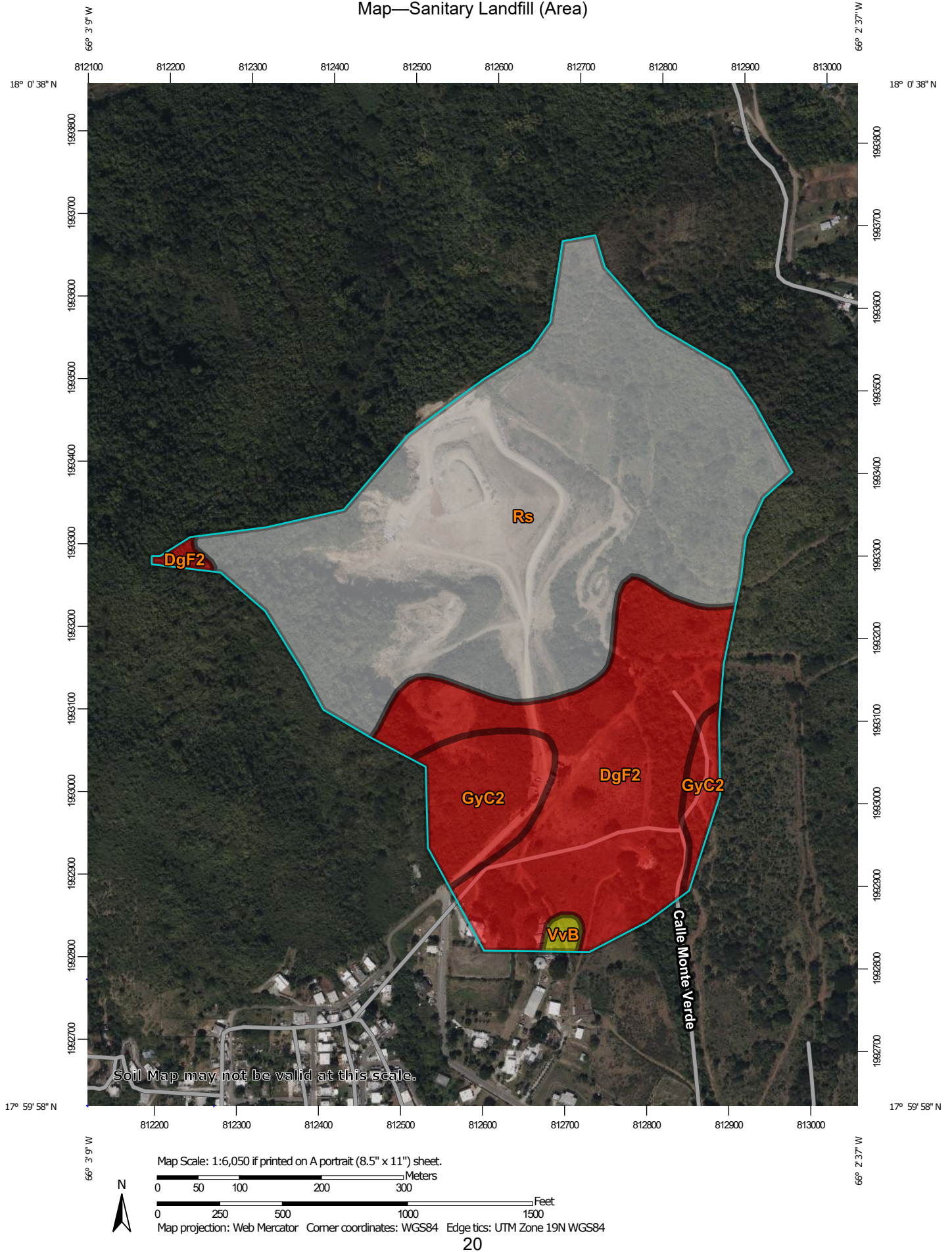
The ratings are both verbal and numerical. Rating class terms indicate the extent to which the soils are limited by all of the soil features that affect the specified use. "Not limited" indicates that the soil has features that are very favorable for the specified use. Good performance and very low maintenance can be expected. "Somewhat limited" indicates that the soil has features that are moderately favorable for the specified use. The limitations can be overcome or minimized by special planning, design, or installation. Fair performance and moderate maintenance can be expected. "Very limited" indicates that the soil has one or more features that are unfavorable for the specified use. The limitations generally cannot be overcome without major soil reclamation, special design, or expensive installation procedures. Poor performance and high maintenance can be expected.

Numerical ratings indicate the severity of individual limitations. The ratings are shown as decimal fractions ranging from 0.01 to 1.00. They indicate gradations between the point at which a soil feature has the greatest negative impact on the use (1.00) and the point at which the soil feature is not a limitation (0.00).

The map unit components listed for each map unit in the accompanying Summary by Map Unit table in Web Soil Survey or the Aggregation Report in Soil Data Viewer are determined by the aggregation method chosen. An aggregated rating class is shown for each map unit. The components listed for each map unit are only those that have the same rating class as listed for the map unit. The percent composition of each component in a particular map unit is presented to help the user better understand the percentage of each map unit that has the rating presented.

Other components with different ratings may be present in each map unit. The ratings for all components, regardless of the map unit aggregated rating, can be viewed by generating the equivalent report from the Soil Reports tab in Web Soil Survey or from the Soil Data Mart site. Onsite investigation may be needed to validate these interpretations and to confirm the identity of the soil on a given site.


# Custom Soil Resource Report Map—Sanitary Landfill (Area)




## Custom Soil Resource Report

### MAP LEGEND

#### Area of Interest (AOI)





 Area of Interest (AOI)

#### Background





 Aerial Photography

#### Soils





##### Soil Rating Polygons

 Very limited  
 Somewhat limited  
 Not limited  
 Not rated or not available


##### Soil Rating Lines

 Very limited  
 Somewhat limited  
 Not limited  
 Not rated or not available





##### Soil Rating Points

 Very limited  
 Somewhat limited  
 Not limited  
 Not rated or not available

#### Water Features

 Streams and Canals

#### Transportation

 Rails  
 Interstate Highways  
 US Routes  
 Major Roads  
 Local Roads

### MAP INFORMATION

The soil surveys that comprise your AOI were mapped at 1:20,000.

Warning: Soil Map may not be valid at this scale.

Enlargement of maps beyond the scale of mapping can cause misunderstanding of the detail of mapping and accuracy of soil line placement. The maps do not show the small areas of contrasting soils that could have been shown at a more detailed scale.

Please rely on the bar scale on each map sheet for map measurements.

Source of Map: Natural Resources Conservation Service  
Web Soil Survey URL:  
Coordinate System: Web Mercator (EPSG:3857)

Maps from the Web Soil Survey are based on the Web Mercator projection, which preserves direction and shape but distorts distance and area. A projection that preserves area, such as the Albers equal-area conic projection, should be used if more accurate calculations of distance or area are required.

This product is generated from the USDA-NRCS certified data as of the version date(s) listed below.

Soil Survey Area: Humacao Area, Puerto Rico Eastern Part  
Survey Area Data: Version 15, Sep 13, 2023

Soil map units are labeled (as space allows) for map scales 1:50,000 or larger.

Date(s) aerial images were photographed: Jan 23, 2022—Mar 1, 2022

The orthophoto or other base map on which the soil lines were compiled and digitized probably differs from the background imagery displayed on these maps. As a result, some minor shifting of map unit boundaries may be evident.



### Tables—Sanitary Landfill (Area)

Map unit symbol	Map unit name	Rating	Component name (percent)	Rating reasons (numeric values)	Acres in AOI	Percent of AOI
DgF2	Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60 percent slopes, eroded	Very limited	Descalabrado (51%)	Slope (1.00)	22.8	28.1%
				Depth to bedrock (1.00)		
				Dusty (0.31)		
			Guayama (49%)	Slope (1.00)		
				Depth to bedrock (1.00)		
				Dusty (0.39)		
GyC2	Guayama clay loam, moderately deep variant, 2 to 12 percent slopes, eroded	Very limited	Guayama variant (100%)	Depth to bedrock (1.00)	6.9	8.5%
				Dusty (0.42)		
Rs	Rock land	Not rated	Rock land (100%)		51.0	62.8%
VvB	Vives clay, 2 to 7 percent slopes	Somewhat limited	Vives (100%)	Dusty (0.38)	0.4	0.6%
<b>Totals for Area of Interest</b>					<b>81.2</b>	<b>100.0%</b>

Rating	Acres in AOI	Percent of AOI
Very limited	29.7	36.6%
Somewhat limited	0.4	0.6%
Null or Not Rated	51.0	62.8%
<b>Totals for Area of Interest</b>	<b>81.2</b>	<b>100.0%</b>

### Rating Options—Sanitary Landfill (Area)

*Aggregation Method:* Dominant Condition

*Component Percent Cutoff:* None Specified

*Tie-break Rule:* Higher

### Sewage Lagoons

ENG - Engineering

Sewage lagoons are shallow ponds constructed to hold sewage while aerobic bacteria decompose the solid and liquid wastes. Lagoons should have a nearly level floor surrounded by cut slopes or embankments of compacted soil. Nearly

impervious soil material for the lagoon floor and sides is required to minimize seepage and contamination of ground water. Considered in the ratings are slope, saturated hydraulic conductivity (Ksat), depth to a water table, ponding, depth to bedrock or a cemented pan, flooding, large stones, and content of organic matter.

Ksat is a critical property affecting the suitability for sewage lagoons. Most porous soils eventually become sealed when they are used as sites for sewage lagoons. Until sealing occurs, however, the hazard of pollution is severe. Soils that have a Ksat rate of more than 14 micrometers per second are too porous for the proper functioning of sewage lagoons. In these soils, seepage of the effluent can result in contamination of the ground water. Ground-water contamination is also a hazard if fractured bedrock is within a depth of 40 inches, if the water table is high enough to raise the level of sewage in the lagoon, or if floodwater overtops the lagoon.

A high content of organic matter is detrimental to proper functioning of the lagoon because it inhibits aerobic activity. Slope, bedrock, and cemented pans can cause construction problems, and large stones can hinder compaction of the lagoon floor. If the lagoon is to be uniformly deep throughout, the slope must be gentle enough and the soil material must be thick enough over bedrock or a cemented pan to make land smoothing practical.

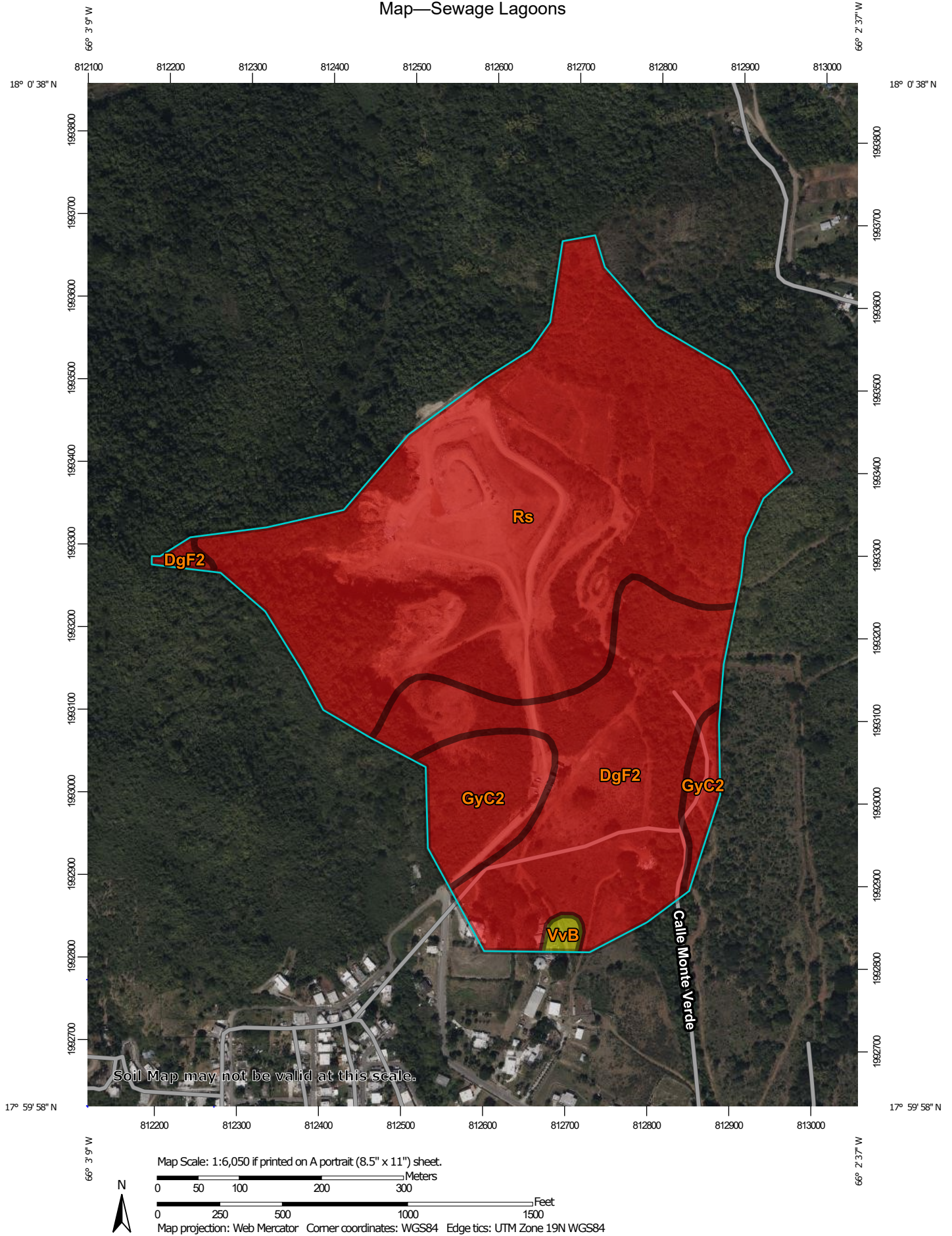
The ratings are both verbal and numerical. Rating class terms indicate the extent to which the soils are limited by all of the soil features that affect the specified use. "Not limited" indicates that the soil has features that are very favorable for the specified use. Good performance and very low maintenance can be expected. "Somewhat limited" indicates that the soil has features that are moderately favorable for the specified use. The limitations can be overcome or minimized by special planning, design, or installation. Fair performance and moderate maintenance can be expected. "Very limited" indicates that the soil has one or more features that are unfavorable for the specified use. The limitations generally cannot be overcome without major soil reclamation, special design, or expensive installation procedures. Poor performance and high maintenance can be expected.

Numerical ratings indicate the severity of individual limitations. The ratings are shown as decimal fractions ranging from 0.01 to 1.00. They indicate gradations between the point at which a soil feature has the greatest negative impact on the use (1.00) and the point at which the soil feature is not a limitation (0.00).

The map unit components listed for each map unit in the accompanying Summary by Map Unit table in Web Soil Survey or the Aggregation Report in Soil Data Viewer are determined by the aggregation method chosen. An aggregated rating class is shown for each map unit. The components listed for each map unit are only those that have the same rating class as listed for the map unit. The percent composition of each component in a particular map unit is presented to help the user better understand the percentage of each map unit that has the rating presented.

Other components with different ratings may be present in each map unit. The ratings for all components, regardless of the map unit aggregated rating, can be viewed by generating the equivalent report from the Soil Reports tab in Web Soil Survey or from the Soil Data Mart site. Onsite investigation may be needed to validate these interpretations and to confirm the identity of the soil on a given site.


# Custom Soil Resource Report Map—Sewage Lagoons




## Custom Soil Resource Report

### MAP LEGEND

#### Area of Interest (AOI)





 Area of Interest (AOI)

#### Background





 Aerial Photography

#### Soils





##### Soil Rating Polygons

-  Very limited
-  Somewhat limited
-  Not limited
-  Not rated or not available


##### Soil Rating Lines

-  Very limited
-  Somewhat limited
-  Not limited
-  Not rated or not available



##### Soil Rating Points

-  Very limited
-  Somewhat limited
-  Not limited
-  Not rated or not available

#### Water Features

 Streams and Canals

#### Transportation

-  Rails
-  Interstate Highways
-  US Routes
-  Major Roads
-  Local Roads

### MAP INFORMATION

The soil surveys that comprise your AOI were mapped at 1:20,000.

Warning: Soil Map may not be valid at this scale.

Enlargement of maps beyond the scale of mapping can cause misunderstanding of the detail of mapping and accuracy of soil line placement. The maps do not show the small areas of contrasting soils that could have been shown at a more detailed scale.

Please rely on the bar scale on each map sheet for map measurements.

Source of Map: Natural Resources Conservation Service  
Web Soil Survey URL:  
Coordinate System: Web Mercator (EPSG:3857)

Maps from the Web Soil Survey are based on the Web Mercator projection, which preserves direction and shape but distorts distance and area. A projection that preserves area, such as the Albers equal-area conic projection, should be used if more accurate calculations of distance or area are required.

This product is generated from the USDA-NRCS certified data as of the version date(s) listed below.

Soil Survey Area: Humacao Area, Puerto Rico Eastern Part  
Survey Area Data: Version 15, Sep 13, 2023

Soil map units are labeled (as space allows) for map scales 1:50,000 or larger.

Date(s) aerial images were photographed: Jan 23, 2022—Mar 1, 2022

The orthophoto or other base map on which the soil lines were compiled and digitized probably differs from the background imagery displayed on these maps. As a result, some minor shifting of map unit boundaries may be evident.

### Tables—Sewage Lagoons

Map unit symbol	Map unit name	Rating	Component name (percent)	Rating reasons (numeric values)	Acres in AOI	Percent of AOI
DgF2	Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60 percent slopes, eroded	Very limited	Descalabrado (51%)	Depth to hard bedrock (1.00)	22.8	28.1%
				Slope (1.00)		
			Guayama (49%)	Depth to hard bedrock (1.00)		
				Slope (1.00)		
GyC2	Guayama clay loam, moderately deep variant, 2 to 12 percent slopes, eroded	Very limited	Guayama variant (100%)	Depth to soft bedrock (1.00)	6.9	8.5%
				Slope (1.00)		
Rs	Rock land	Very limited	Rock land (100%)	Depth to hard bedrock (1.00)	51.0	62.8%
				Slope (1.00)		
				Seepage (1.00)		
VvB	Vives clay, 2 to 7 percent slopes	Somewhat limited	Vives (100%)	Slope (0.68)	0.4	0.6%
				Seepage (0.50)		
Totals for Area of Interest					81.2	100.0%

Rating	Acres in AOI	Percent of AOI
Very limited	80.7	99.4%
Somewhat limited	0.4	0.6%
<b>Totals for Area of Interest</b>	<b>81.2</b>	<b>100.0%</b>

### Rating Options—Sewage Lagoons

*Aggregation Method:* Dominant Condition

*Component Percent Cutoff:* None Specified

*Tie-break Rule:* Higher

## Soil Properties and Qualities

The Soil Properties and Qualities section includes various soil properties and qualities displayed as thematic maps with a summary table for the soil map units in the selected area of interest. A single value or rating for each map unit is generated by aggregating the interpretive ratings of individual map unit components. This aggregation process is defined for each property or quality.

## Soil Qualities and Features

Soil qualities are behavior and performance attributes that are not directly measured, but are inferred from observations of dynamic conditions and from soil properties. Example soil qualities include natural drainage, and frost action. Soil features are attributes that are not directly part of the soil. Example soil features include slope and depth to restrictive layer. These features can greatly impact the use and management of the soil.

## Hydrologic Soil Group

Hydrologic soil groups are based on estimates of runoff potential. Soils are assigned to one of four groups according to the rate of water infiltration when the soils are not protected by vegetation, are thoroughly wet, and receive precipitation from long-duration storms.

The soils in the United States are assigned to four groups (A, B, C, and D) and three dual classes (A/D, B/D, and C/D). The groups are defined as follows:

Group A. Soils having a high infiltration rate (low runoff potential) when thoroughly wet. These consist mainly of deep, well drained to excessively drained sands or gravelly sands. These soils have a high rate of water transmission.

Group B. Soils having a moderate infiltration rate when thoroughly wet. These consist chiefly of moderately deep or deep, moderately well drained or well drained soils that have moderately fine texture to moderately coarse texture. These soils have a moderate rate of water transmission.

Group C. Soils having a slow infiltration rate when thoroughly wet. These consist chiefly of soils having a layer that impedes the downward movement of water or soils of moderately fine texture or fine texture. These soils have a slow rate of water transmission.

Group D. Soils having a very slow infiltration rate (high runoff potential) when thoroughly wet. These consist chiefly of clays that have a high shrink-swell potential, soils that have a high water table, soils that have a claypan or clay layer at

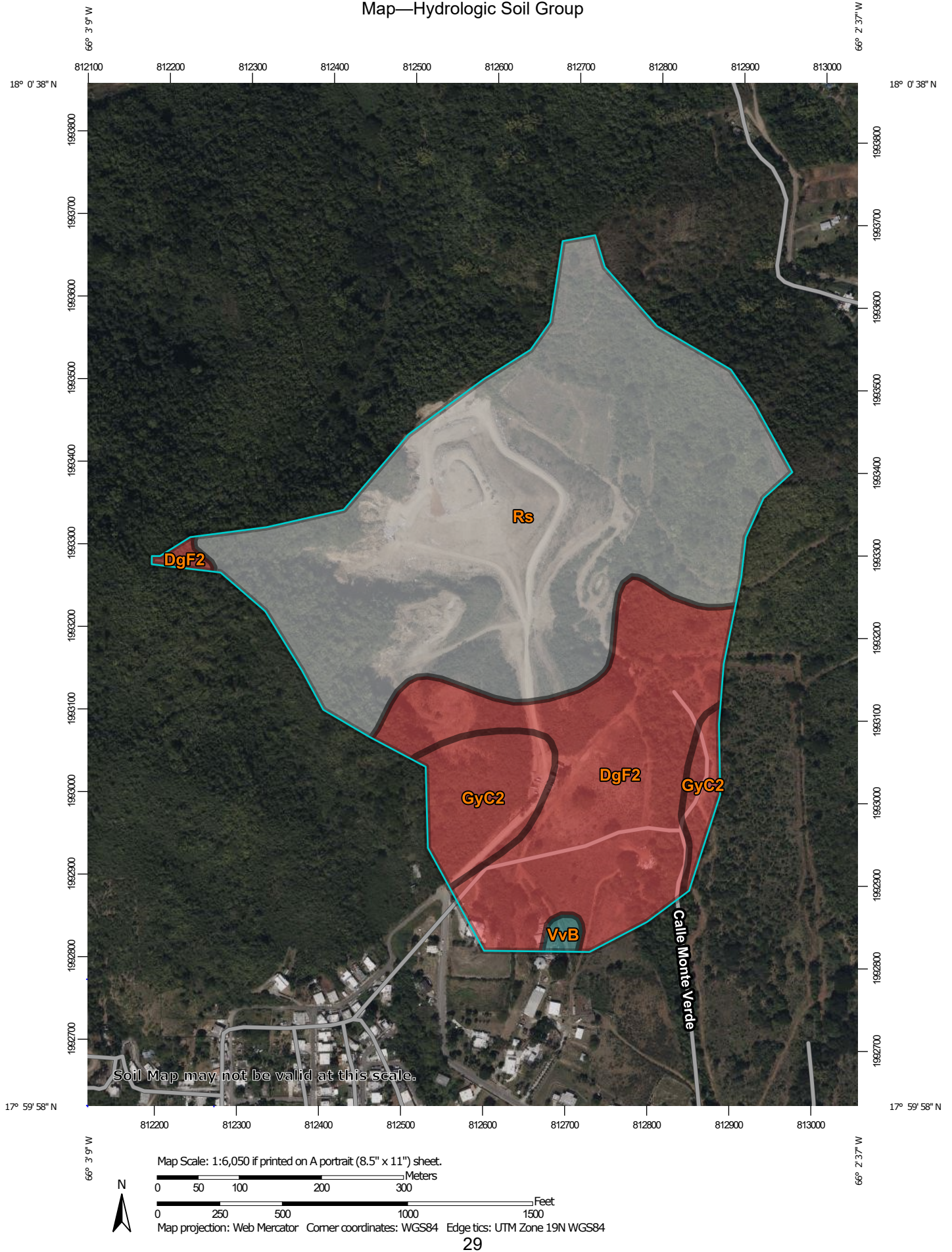
## Custom Soil Resource Report

or near the surface, and soils that are shallow over nearly impervious material. These soils have a very slow rate of water transmission.

If a soil is assigned to a dual hydrologic group (A/D, B/D, or C/D), the first letter is for drained areas and the second is for undrained areas. Only the soils that in their natural condition are in group D are assigned to dual classes.



Custom Soil Resource Report  
Map—Hydrologic Soil Group



## Custom Soil Resource Report








### MAP LEGEND

#### Area of Interest (AOI)

 Area of Interest (AOI)

#### Soils

##### Soil Rating Polygons





 A  
 A/D  
 B  
 B/D  
 C  
 C/D  
 D  
 Not rated or not available

##### Soil Rating Lines


 A  
 A/D  
 B  
 B/D  
 C  
 C/D  
 D  
 Not rated or not available

##### Soil Rating Points






 A  
 A/D  
 B  
 B/D

 C  
 C/D  
 D  
 Not rated or not available


#### Water Features

 Streams and Canals

#### Transportation

 Rails  
 Interstate Highways  
 US Routes  
 Major Roads  
 Local Roads

#### Background

 Aerial Photography

### MAP INFORMATION

The soil surveys that comprise your AOI were mapped at 1:20,000.

Warning: Soil Map may not be valid at this scale.

Enlargement of maps beyond the scale of mapping can cause misunderstanding of the detail of mapping and accuracy of soil line placement. The maps do not show the small areas of contrasting soils that could have been shown at a more detailed scale.

Please rely on the bar scale on each map sheet for map measurements.

Source of Map: Natural Resources Conservation Service  
Web Soil Survey URL:  
Coordinate System: Web Mercator (EPSG:3857)

Maps from the Web Soil Survey are based on the Web Mercator projection, which preserves direction and shape but distorts distance and area. A projection that preserves area, such as the Albers equal-area conic projection, should be used if more accurate calculations of distance or area are required.

This product is generated from the USDA-NRCS certified data as of the version date(s) listed below.

Soil Survey Area: Humacao Area, Puerto Rico Eastern Part  
Survey Area Data: Version 15, Sep 13, 2023

Soil map units are labeled (as space allows) for map scales 1:50,000 or larger.

Date(s) aerial images were photographed: Jan 23, 2022—Mar 1, 2022

The orthophoto or other base map on which the soil lines were compiled and digitized probably differs from the background imagery displayed on these maps. As a result, some minor shifting of map unit boundaries may be evident.

**Table—Hydrologic Soil Group**

Map unit symbol	Map unit name	Rating	Acres in AOI	Percent of AOI
DgF2	Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60 percent slopes, eroded	D	22.8	28.1%
GyC2	Guayama clay loam, moderately deep variant, 2 to 12 percent, slopes, eroded	D	6.9	8.5%
Rs	Rock land		51.0	62.8%
VvB	Vives clay, 2 to 7 percent slopes	C	0.4	0.6%
<b>Totals for Area of Interest</b>			<b>81.2</b>	<b>100.0%</b>

**Rating Options—Hydrologic Soil Group***Aggregation Method:* Dominant Condition*Component Percent Cutoff:* None Specified*Tie-break Rule:* Higher

# References

---

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2004. Standard specifications for transportation materials and methods of sampling and testing. 24th edition.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 2005. Standard classification of soils for engineering purposes. ASTM Standard D2487-00.
- Cowardin, L.M., V. Carter, F.C. Golet, and E.T. LaRoe. 1979. Classification of wetlands and deep-water habitats of the United States. U.S. Fish and Wildlife Service FWS/OBS-79/31.
- Federal Register. July 13, 1994. Changes in hydric soils of the United States.
- Federal Register. September 18, 2002. Hydric soils of the United States.
- Hurt, G.W., and L.M. Vasilas, editors. Version 6.0, 2006. Field indicators of hydric soils in the United States.
- National Research Council. 1995. Wetlands: Characteristics and boundaries.
- Soil Survey Division Staff. 1993. Soil survey manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. [http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/soils/?cid=nrcs142p2\\_054262](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/soils/?cid=nrcs142p2_054262)
- Soil Survey Staff. 1999. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd edition. Natural Resources Conservation Service, U.S. Department of Agriculture Handbook 436. [http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/soils/?cid=nrcs142p2\\_053577](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/soils/?cid=nrcs142p2_053577)
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to soil taxonomy. 11th edition. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. [http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/soils/?cid=nrcs142p2\\_053580](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/soils/?cid=nrcs142p2_053580)
- Tiner, R.W., Jr. 1985. Wetlands of Delaware. U.S. Fish and Wildlife Service and Delaware Department of Natural Resources and Environmental Control, Wetlands Section.
- United States Army Corps of Engineers, Environmental Laboratory. 1987. Corps of Engineers wetlands delineation manual. Waterways Experiment Station Technical Report Y-87-1.
- United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. National forestry manual. [http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/home/?cid=nrcs142p2\\_053374](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/home/?cid=nrcs142p2_053374)
- United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. National range and pasture handbook. <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/landuse/rangepasture/?cid=stelpdb1043084>

## Custom Soil Resource Report

United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. National soil survey handbook, title 430-VI. [http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/scientists/?cid=nrcs142p2\\_054242](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/scientists/?cid=nrcs142p2_054242)

United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2006. Land resource regions and major land resource areas of the United States, the Caribbean, and the Pacific Basin. U.S. Department of Agriculture Handbook 296. [http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/soils/?cid=nrcs142p2\\_053624](http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/soils/?cid=nrcs142p2_053624)

United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1961. Land capability classification. U.S. Department of Agriculture Handbook 210. [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_052290.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_052290.pdf)

# APENDICE C

Estimado – Número de Curva

**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO  
MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO  
PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES  
MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**Estimacion Numero de Curva  
Escenario Condicion Existente**

Uso de Suelo y Tipos de Suelo	Num. de Curva, CN	Area, acre	CN x Area
<b>SubBasin-1 (SRSM-ARROYO)</b>			
Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60% slopes, eroded, DgF2		<b>4.28</b>	
D			
Bosques	77	4.28	329.56
<b>Rock land, Rs</b>		<b>30.12</b>	
D			
Bosques	77	10.05	773.85
Area recién nivelada (SRSM)	94	20.07	1886.58
<b>Guayama clay loam, 2 to 12 % slopes, eroded, GyD2</b>		<b>2.10</b>	
D			
Bosques	77	1.20	92.40
Area recién nivelada (SRSM)	94	0.21	19.74

**Total Area, acre = 36.50**  
**Millas cuadradas = 0.057**

**CN<sub>p</sub> = 85**  
**CN<sub>c</sub> = 85**  
**Initial abs, inch = 0.353**

Uso de Suelo y Tipos de Suelo	Num. de Curva, CN	Area, acre	CN x Area
<b>SubBasin-2 (Qbda. Yaurel)</b>			
Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60% slopes, eroded, DgF2		<b>20.62</b>	
D			
Bosques y Arboledas	79	11.86	936.94
Area recién nivelada (SRSM)	94	8.66	814.04
<b>Rock land, Rs</b>		<b>18.88</b>	
D			
Bosques	77	16.61	1278.97
Area recién nivelada (SRSM)	94	2.27	213.38
<b>Guayama clay loam, 2 to 12 % slopes, eroded, GyD2</b>		<b>4.80</b>	
D			
Bosques	77	4.32	332.64
Area recién nivelada (SRSM)	94	0.48	45.12
<b>Vives clay, 2 to 7% slopes, VvB</b>		<b>0.40</b>	
C			
Pastos (fair condition)	79	0.40	31.60

**Total Area, acre = 44.70**  
**Millas cuadradas = 0.070**

**CN<sub>p</sub> = 82**  
**CN<sub>c</sub> = 82**  
**Initial abs, inch = 0.439**

Ref.: Natural Resources Conservation Service, 1986, *Urban Hydrology for Small Watershed (TR-55)*, United State Department of Agriculture, Washington, DC, USA.



**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO**  
**MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO**  
**PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES**  
**MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**Estimacion Numero de Curva**  
**Escenario Condicion Propuesta**

Uso de Suelo y Tipos de Suelo	Num. de Curva, CN	Area, acre	CN x Area
<b>SubBasin-1A (SRSM-ARROYO)</b>			
Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60% slopes, eroded, DgF2		2.18	
D			
Bosques	77	2.18	167.86
<b>Rock land, Rs</b>		27.90	
D			
Bosques	77	11.16	859.32
Area recién nivelada (SRSM)	94	16.74	1573.56
<b>Guayama clay loam, 2 to 12 % slopes, eroded, GyD2</b>		1.15	
D			
Bosques	77	0.65	50.05
Area recién nivelada (SRSM)	94	0.50	47.00
<b>Total Area, acre =</b>		<b>31.23</b>	2697.79
<b>Millas cuadradas =</b>		<b>0.049</b>	
		<b>CN<sub>p</sub> =</b>	<b>86</b>
		<b>CN<sub>c</sub> =</b>	<b>86</b>
		<b>Initial abs , inch =</b>	<b>0.326</b>

Uso de Suelo y Tipos de Suelo	Num. de Curva, CN	Area, acre	CN x Area
<b>SubBasin-1B (SRSM-ARROYO)</b>			
Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60% slopes, eroded, DgF2		2.10	
D			
Bosques	77	2.10	161.70
<b>Rock land, Rs</b>		2.22	
D			
Bosques	77	0.88	67.76
Area recién nivelada (SRSM)	94	1.34	125.96
<b>Guayama clay loam, 2 to 12 % slopes, eroded, GyD2</b>		0.95	
D			
Bosques	77	0.54	41.58
Area recién nivelada (SRSM)	94	0.41	38.54
<b>Total Area, acre =</b>		<b>5.27</b>	435.54
<b>Millas cuadradas =</b>		<b>0.008</b>	
		<b>CN<sub>p</sub> =</b>	<b>83</b>
		<b>CN<sub>c</sub> =</b>	<b>83</b>
		<b>Initial abs , inch =</b>	<b>0.410</b>

Uso de Suelo y Tipos de Suelo	Num. de Curva, CN	Area, acre	CN x Area
<b>SubBasin-2 (Qbda. Yaurel)</b>			
Descalabrado and Guayama soils, 20 to 60% slopes, eroded, DgF2		20.62	
D			
Bosques y Arboledas	79	11.86	936.94
Area recién nivelada (SRSM)	94	8.66	814.04
<b>Rock land, Rs</b>		16.78	
D			
Bosques	77	14.77	1137.29
Area recién nivelada (SRSM)	94	2.01	188.94
<b>Guayama clay loam, 2 to 12 % slopes, eroded, GyD2</b>		6.90	
D			
Bosques	77	6.21	478.17
Area recién nivelada (SRSM)	94	0.69	64.86
<b>Vives clay, 2 to 7% slopes, VvB</b>		0.40	
C			
Pastos (fair condition)	79	0.40	31.60
<b>Total Area, acre =</b>		<b>44.70</b>	3651.84
<b>Millas cuadradas =</b>		<b>0.070</b>	
		<b>CN<sub>p</sub> =</b>	<b>82</b>
		<b>CN<sub>c</sub> =</b>	<b>82</b>
		<b>Initial abs , inch =</b>	<b>0.439</b>

Ref.: Natural Resources Conservation Service, 1986, *Urban Hydrology for Small Watershed (TR-55)*, United State Department of Agriculture, Washington, DC, USA.

## **APENDICE D**

**Datos de Precipitación (Lluvia) – NOAA ATLAS 14**



**NOAA Atlas 14, Volume 3, Version 4**  
**Location name: Puerto Rico, PRI\***  
**Latitude: 18.0055°, Longitude: -66.0481°**  
**Elevation: 419 ft\*\***  
 \* source: ESRI Maps  
 \*\* source: USGS



## POINT PRECIPITATION FREQUENCY ESTIMATES

G.M. Bonnin, D. Martin, B. Lin, T. Parzybok, M.Yekta, and D. Riley

NOAA, National Weather Service, Silver Spring, Maryland

[PF tabular](#) | [PF graphical](#) | [Maps & aerals](#)

### PF tabular

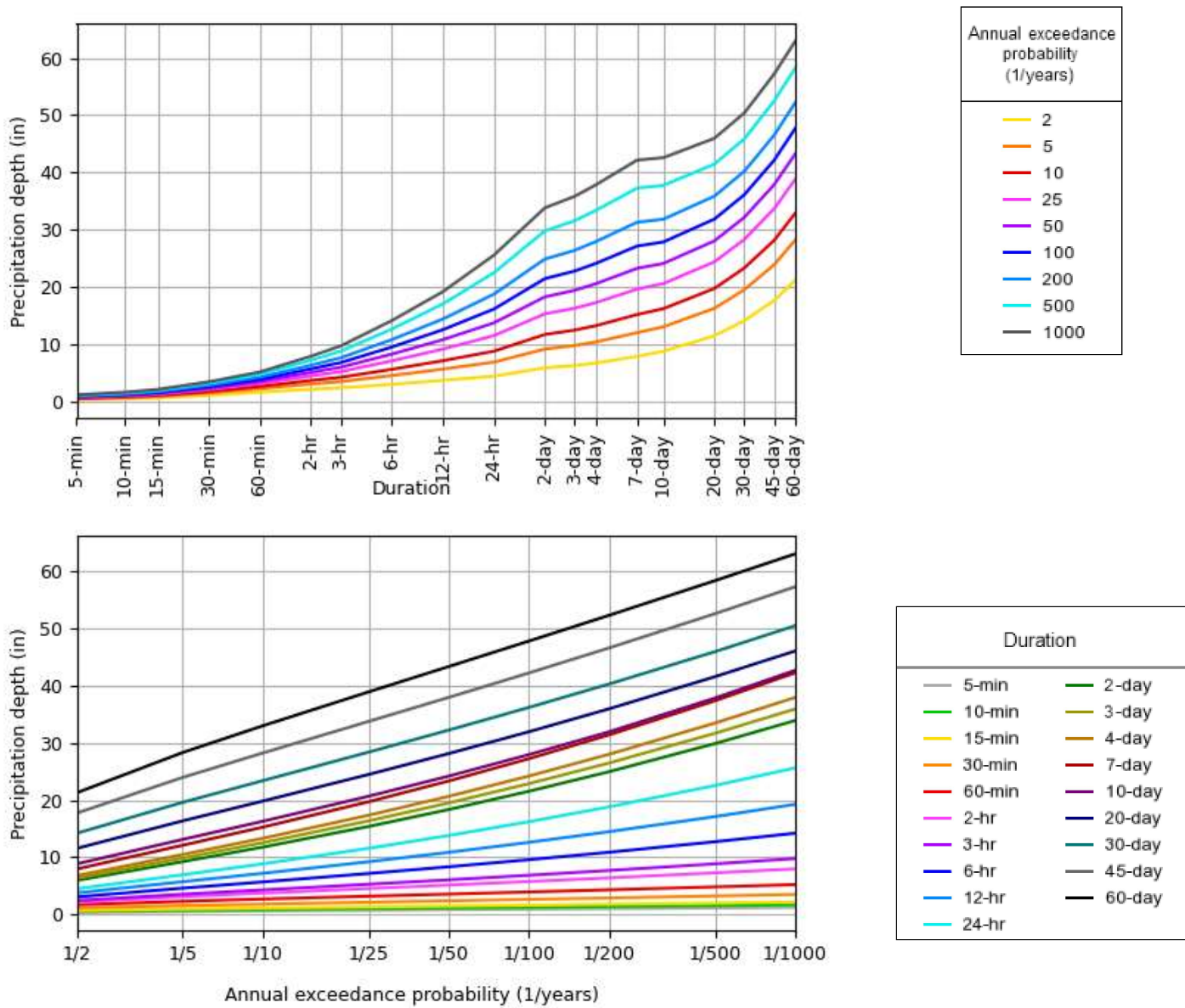
AMS-based point precipitation frequency estimates with 90% confidence intervals (in inches) <sup>1</sup>									
Duration	Annual exceedance probability (1/years)								
	1/2	1/5	1/10	1/25	1/50	1/100	1/200	1/500	1/1000
5-min	0.415 (0.381-0.451)	0.559 (0.512-0.606)	0.655 (0.597-0.709)	0.775 (0.704-0.839)	0.862 (0.779-0.937)	0.951 (0.854-1.04)	1.04 (0.929-1.14)	1.16 (1.03-1.29)	1.26 (1.10-1.40)
10-min	0.568 (0.520-0.617)	0.766 (0.701-0.829)	0.895 (0.817-0.968)	1.06 (0.961-1.15)	1.18 (1.06-1.28)	1.30 (1.17-1.42)	1.42 (1.27-1.56)	1.59 (1.40-1.76)	1.72 (1.51-1.91)
15-min	0.729 (0.669-0.792)	0.982 (0.900-1.06)	1.15 (1.05-1.24)	1.36 (1.23-1.47)	1.51 (1.37-1.64)	1.67 (1.50-1.82)	1.83 (1.63-2.01)	2.04 (1.80-2.26)	2.21 (1.94-2.46)
30-min	1.17 (1.07-1.27)	1.57 (1.44-1.70)	1.84 (1.68-1.99)	2.18 (1.98-2.36)	2.42 (2.19-2.63)	2.67 (2.40-2.92)	2.92 (2.61-3.21)	3.27 (2.89-3.62)	3.54 (3.10-3.94)
60-min	1.73 (1.59-1.88)	2.33 (2.14-2.53)	2.73 (2.49-2.95)	3.23 (2.93-3.50)	3.59 (3.25-3.91)	3.96 (3.56-4.33)	4.34 (3.87-4.77)	4.85 (4.29-5.37)	5.25 (4.60-5.84)
2-hr	2.23 (2.02-2.45)	3.15 (2.85-3.45)	3.76 (3.39-4.13)	4.56 (4.08-5.01)	5.17 (4.59-5.70)	5.79 (5.10-6.42)	6.43 (5.62-7.17)	7.30 (6.31-8.20)	7.99 (6.85-9.04)
3-hr	2.48 (2.23-2.76)	3.57 (3.21-3.95)	4.32 (3.87-4.78)	5.31 (4.70-5.90)	6.08 (5.34-6.79)	6.88 (5.98-7.72)	7.71 (6.66-8.72)	8.87 (7.55-10.1)	9.79 (8.25-11.2)
6-hr	3.10 (2.75-3.51)	4.62 (4.09-5.21)	5.71 (5.02-6.42)	7.18 (6.25-8.11)	8.36 (7.21-9.48)	9.59 (8.17-11.0)	10.9 (9.18-12.5)	12.7 (10.6-14.7)	14.2 (11.7-16.6)
12-hr	3.79 (3.32-4.35)	5.75 (5.03-6.56)	7.21 (6.26-8.20)	9.23 (7.91-10.6)	10.9 (9.21-12.5)	12.6 (10.6-14.5)	14.5 (12.0-16.8)	17.1 (13.9-19.9)	19.2 (15.5-22.6)
24-hr	4.51 (4.05-5.04)	6.96 (6.25-7.74)	8.86 (7.94-9.83)	11.6 (10.3-12.8)	13.8 (12.2-15.3)	16.2 (14.2-17.9)	18.8 (16.4-20.8)	22.5 (19.4-25.0)	25.6 (21.9-28.5)
2-day	5.97 (5.23-6.86)	9.24 (8.09-10.5)	11.8 (10.2-13.4)	15.4 (13.2-17.5)	18.3 (15.7-20.9)	21.5 (18.2-24.6)	24.9 (21.0-28.7)	29.8 (24.8-34.5)	33.9 (27.8-39.4)
3-day	6.38 (5.58-7.36)	9.87 (8.61-11.3)	12.6 (10.9-14.3)	16.4 (14.0-18.7)	19.5 (16.6-22.3)	22.8 (19.3-26.2)	26.5 (22.1-30.5)	31.6 (26.1-36.6)	35.9 (29.3-41.7)
4-day	6.80 (5.92-7.86)	10.5 (9.12-12.0)	13.3 (11.5-15.3)	17.3 (14.8-19.9)	20.6 (17.5-23.7)	24.2 (20.3-27.8)	28.0 (23.3-32.3)	33.4 (27.5-38.7)	37.9 (30.9-44.1)
7-day	7.96 (6.96-9.15)	12.1 (10.6-13.8)	15.3 (13.2-17.4)	19.7 (16.9-22.5)	23.3 (19.9-26.7)	27.2 (23.0-31.2)	31.4 (26.2-36.1)	37.3 (30.8-43.2)	42.2 (34.5-49.0)
10-day	8.85 (7.82-10.0)	13.1 (11.6-14.8)	16.3 (14.3-18.4)	20.7 (18.0-23.3)	24.2 (20.9-27.3)	27.9 (24.0-31.6)	31.9 (27.1-36.2)	37.8 (31.8-43.2)	42.6 (35.5-49.5)
20-day	11.6 (10.4-12.9)	16.4 (14.7-18.1)	19.8 (17.7-21.9)	24.5 (21.7-27.1)	28.1 (24.8-31.2)	31.9 (28.0-35.6)	35.9 (31.2-40.2)	41.5 (35.7-46.6)	46.0 (39.2-52.0)
30-day	14.2 (12.9-15.7)	19.6 (17.7-21.6)	23.4 (21.1-25.7)	28.3 (25.5-31.2)	32.2 (28.8-35.5)	36.1 (32.1-40.0)	40.2 (35.5-44.6)	45.9 (40.0-51.2)	50.4 (43.6-56.4)
45-day	17.7 (16.2-19.4)	23.9 (21.8-26.2)	28.2 (25.6-30.8)	33.7 (30.5-36.9)	37.9 (34.1-41.5)	42.2 (37.7-46.3)	46.5 (41.4-51.3)	52.5 (46.3-58.2)	57.2 (50.0-63.7)
60-day	21.2 (19.5-23.2)	28.3 (25.9-30.8)	32.9 (30.1-35.8)	38.9 (35.3-42.3)	43.3 (39.1-47.2)	47.7 (43.0-52.2)	52.2 (46.8-57.3)	58.2 (51.8-64.3)	62.9 (55.6-69.7)

<sup>1</sup> Precipitation frequency (PF) estimates in this table are based on frequency analysis of annual maxima series (AMS). Numbers in parenthesis are PF estimates at lower and upper bounds of the 90% confidence interval. The probability that precipitation frequency estimates (for a given duration and annual exceedance probability) will be greater than the upper bound (or less than the lower bound) is 5%. Estimates at upper bounds are not checked against probable maximum precipitation (PMP) estimates and may be higher than currently valid PMP values.  
 Please refer to NOAA Atlas 14 document for more information.

[Back to Top](#)

### PF graphical

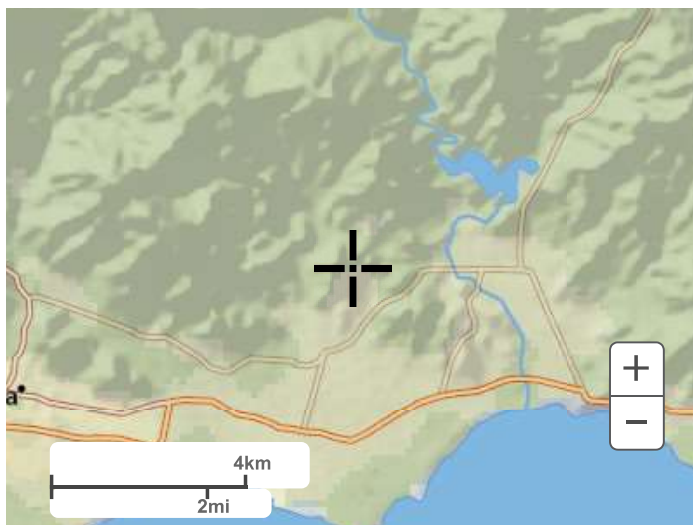
AMS-based depth-duration-frequency (DDF) curves  
Latitude: 18.0055°, Longitude: -66.0481°



[Back to Top](#)

Maps & aerials

Small scale terrain



Large scale terrain



Large scale map



Large scale aerial



[Back to Top](#)

---

[US Department of Commerce](#)  
[National Oceanic and Atmospheric Administration](#)  
[National Weather Service](#)  
[National Water Center](#)  
1325 East West Highway  
Silver Spring, MD 20910  
Questions?: [HDSC.Questions@noaa.gov](mailto:HDSC.Questions@noaa.gov)

[Disclaimer](#)

## **APENDICE E**

**Lluvias de Diseño – Periodo de Retorno: 100-años**



**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO**  
**MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO**  
**PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES**  
**MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**Rainfall Distribution**

**1 hour - 1 Quantile-Perceatil 90%**

FREQUENCY, year = 100.0

Rainfall Depth, inch = 3.96

Duration, hour = 1.0

Duration %	Duration minutes	Duration hour	Polinomial Distribution Total Rainfall, inch
0.0	0.0	0.00	0.00
3.3	2.0	0.03	0.30
6.7	4.0	0.07	0.61
10.0	6.0	0.10	0.92
13.3	8.0	0.13	1.23
16.7	10.0	0.17	1.52
20.0	12.0	0.20	1.78
23.3	14.0	0.23	2.02
26.7	16.0	0.27	2.22
30.0	18.0	0.30	2.38
33.3	20.0	0.33	2.52
36.7	22.0	0.37	2.64
40.0	24.0	0.40	2.74
43.3	26.0	0.43	2.83
46.7	28.0	0.47	2.92
50.0	30.0	0.50	3.01
53.3	32.0	0.53	3.11
56.7	34.0	0.57	3.21
60.0	36.0	0.60	3.30
63.3	38.0	0.63	3.40
66.7	40.0	0.67	3.50
70.0	42.0	0.70	3.58
73.3	44.0	0.73	3.66
76.7	46.0	0.77	3.72
80.0	48.0	0.80	3.77
83.3	50.0	0.83	3.81
86.7	52.0	0.87	3.84
90.0	54.0	0.90	3.88
93.3	56.0	0.93	3.91
96.7	58.0	0.97	3.94
100.0	60.0	1.00	3.96

**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO**  
**MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO**  
**PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES**  
**MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**Rainfall Distribution**

**6 hour - 1 Quantile-Perceitil 10%**

FREQUENCY, year = 100.0

Rainfall Depth, inch = 9.59

Duration, hour = 6.0

Duration %	Duration minutes	Duration hour	Polinomial Distribution Total Rainfall, inch
0.0	0.0	0.00	0.00
2.8	10.0	0.17	1.14
5.6	20.0	0.33	2.27
8.3	30.0	0.50	3.39
11.1	40.0	0.67	4.45
13.9	50.0	0.83	5.43
16.7	60.0	1.00	6.33
19.4	70.0	1.17	7.12
22.2	80.0	1.33	7.79
25.0	90.0	1.50	8.34
27.8	100.0	1.67	8.78
30.6	110.0	1.83	9.10
33.3	120.0	2.00	9.32
36.1	130.0	2.17	9.39
38.9	140.0	2.33	9.45
41.7	150.0	2.50	9.52
44.4	160.0	2.67	9.54
47.2	170.0	2.83	9.57
50.0	180.0	3.00	9.59
52.8	190.0	3.17	9.59
55.6	200.0	3.33	9.59
58.3	210.0	3.50	9.59
61.1	220.0	3.67	9.59
63.9	230.0	3.83	9.59
66.7	240.0	4.00	9.59
69.4	250.0	4.17	9.59
72.2	260.0	4.33	9.59
75.0	270.0	4.50	9.59
77.8	280.0	4.67	9.59
80.6	290.0	4.83	9.59
83.3	300.0	5.00	9.59
86.1	310.0	5.17	9.59
88.9	320.0	5.33	9.59
91.7	330.0	5.50	9.59
94.4	340.0	5.67	9.59
97.2	350.0	5.83	9.59
100.0	360.0	6.00	9.59

**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO**  
**MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO**  
**PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES**  
**MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**Rainfall Distribution**

**12 hour - 1 Quantile-Perceitil 10%**

FREQUENCY, year = 100.0

Rainfall Depth, inch = 12.60

Duration, hour = 12.0

Duration %	Duration minutes	Duration hour	Polinomial Distribution Total Rainfall, inch
0.0	0.0	0.00	0.00
2.1	15.0	0.25	1.37
4.2	30.0	0.50	2.83
6.3	45.0	0.75	4.30
8.3	60.0	1.00	5.71
10.4	75.0	1.25	7.02
12.5	90.0	1.50	8.19
14.6	105.0	1.75	9.20
16.7	120.0	2.00	10.05
18.8	135.0	2.25	10.75
20.8	150.0	2.50	11.30
22.9	165.0	2.75	11.74
25.0	180.0	3.00	12.07
27.1	195.0	3.25	12.18
29.2	210.0	3.50	12.30
31.3	225.0	3.75	12.42
33.3	240.0	4.00	12.54
35.4	255.0	4.25	12.55
37.5	270.0	4.50	12.57
39.6	285.0	4.75	12.58
41.7	300.0	5.00	12.60
43.8	315.0	5.25	12.60
45.8	330.0	5.50	12.60
47.9	345.0	5.75	12.60
50.0	360.0	6.00	12.60
52.1	375.0	6.25	12.60
54.2	390.0	6.50	12.60
56.3	405.0	6.75	12.60
58.3	420.0	7.00	12.60
60.4	435.0	7.25	12.60
62.5	450.0	7.50	12.60
64.6	465.0	7.75	12.60
66.7	480.0	8.00	12.60
68.8	495.0	8.25	12.60
70.8	510.0	8.50	12.60
72.9	525.0	8.75	12.60
75.0	540.0	9.00	12.60
77.1	555.0	9.25	12.60
79.2	570.0	9.50	12.60
81.3	585.0	9.75	12.60
83.3	600.0	10.00	12.60
85.4	615.0	10.25	12.60
87.5	630.0	10.50	12.60
89.6	645.0	10.75	12.60
91.7	660.0	11.00	12.60
93.8	675.0	11.25	12.60
95.8	690.0	11.50	12.60
97.9	705.0	11.75	12.60
100.0	720.0	12.00	12.60

**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO**  
**MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO**  
**PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES**  
**MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**Rainfall Distribution**

**24 hour - 1 Quantile-Perceitil 10%**

FREQUENCY, year = 100.0

Rainfall Depth, inch = 16.20

Duration, hour = 24.0

Duration %	Duration minutes	Duration hour	Polinomial Distribution Total Rainfall, inch
0.0	0.0	0.00	0.00
2.1	30.0	0.50	1.78
4.2	60.0	1.00	4.09
6.3	90.0	1.50	6.61
8.3	120.0	2.00	9.04
10.4	150.0	2.50	11.13
12.5	180.0	3.00	12.73
14.6	210.0	3.50	13.82
16.7	240.0	4.00	14.43
18.8	270.0	4.50	14.76
20.8	300.0	5.00	15.09
22.9	330.0	5.50	15.42
25.0	360.0	6.00	15.75
27.1	390.0	6.50	15.85
29.2	420.0	7.00	15.94
31.3	450.0	7.50	16.00
33.3	480.0	8.00	16.14
35.4	510.0	8.50	16.15
37.5	540.0	9.00	16.17
39.6	570.0	9.50	16.18
41.7	600.0	10.00	16.20
43.8	630.0	10.50	16.20
45.8	660.0	11.00	16.20
47.9	690.0	11.50	16.20
50.0	720.0	12.00	16.20
52.1	750.0	12.50	16.20
54.2	780.0	13.00	16.20
56.3	810.0	13.50	16.20
58.3	840.0	14.00	16.20
60.4	870.0	14.50	16.20
62.5	900.0	15.00	16.20
64.6	930.0	15.50	16.20
66.7	960.0	16.00	16.20
68.8	990.0	16.50	16.20
70.8	1020.0	17.00	16.20
72.9	1050.0	17.50	16.20
75.0	1080.0	18.00	16.20
77.1	1110.0	18.50	16.20
79.2	1140.0	19.00	16.20
81.3	1170.0	19.50	16.20
83.3	1200.0	20.00	16.20
85.4	1230.0	20.50	16.20
87.5	1260.0	21.00	16.20
89.6	1290.0	21.50	16.20
91.7	1320.0	22.00	16.20
93.8	1350.0	22.50	16.20
95.8	1380.0	23.00	16.20
97.9	1410.0	23.50	16.20
100.0	1440.0	24.00	16.20

**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO**  
**MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO**  
**PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES**  
**MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**Rainfall Distribution**

**1 hour - 4 Quantile-Perceitil 90%**

FREQUENCY, year = 100.0

Rainfall Depth, inch = 3.96

Duration, hour = 1.0

Duration %	Duration minutes	Duration hour	Polinomial Distribution Total Rainfall, inch
0.0	0.0	0.00	0.00
3.3	2.0	0.03	0.03
6.7	4.0	0.07	0.04
10.0	6.0	0.10	0.05
13.3	8.0	0.13	0.05
16.7	10.0	0.17	0.05
20.0	12.0	0.20	0.06
23.3	14.0	0.23	0.07
26.7	16.0	0.27	0.09
30.0	18.0	0.30	0.12
33.3	20.0	0.33	0.15
36.7	22.0	0.37	0.20
40.0	24.0	0.40	0.25
43.3	26.0	0.43	0.31
46.7	28.0	0.47	0.38
50.0	30.0	0.50	0.46
53.3	32.0	0.53	0.54
56.7	34.0	0.57	0.63
60.0	36.0	0.60	0.73
63.3	38.0	0.63	0.85
66.7	40.0	0.67	0.98
70.0	42.0	0.70	1.14
73.3	44.0	0.73	1.33
76.7	46.0	0.77	1.55
80.0	48.0	0.80	1.80
83.3	50.0	0.83	2.10
86.7	52.0	0.87	2.44
90.0	54.0	0.90	2.82
93.3	56.0	0.93	3.21
96.7	58.0	0.97	3.60
100.0	60.0	1.00	3.96

**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO**  
**MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO**  
**PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES**  
**MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**Rainfall Distribution**

**6 hour - 4 Quantile-Perceitil 90%**

FREQUENCY, year = 100.0

Rainfall Depth, inch = 9.59

Duration, hour = 6.0

Duration %	Duration minutes	Duration hour	Polinomial Distribution Total Rainfall, inch
0.0	0.0	0.00	0.00
2.8	10.0	0.17	0.09
5.6	20.0	0.33	0.16
8.3	30.0	0.50	0.22
11.1	40.0	0.67	0.28
13.9	50.0	0.83	0.34
16.7	60.0	1.00	0.40
19.4	70.0	1.17	0.46
22.2	80.0	1.33	0.54
25.0	90.0	1.50	0.62
27.8	100.0	1.67	0.71
30.6	110.0	1.83	0.81
33.3	120.0	2.00	0.91
36.1	130.0	2.17	1.03
38.9	140.0	2.33	1.15
41.7	150.0	2.50	1.28
44.4	160.0	2.67	1.43
47.2	170.0	2.83	1.58
50.0	180.0	3.00	1.75
52.8	190.0	3.17	1.93
55.6	200.0	3.33	2.14
58.3	210.0	3.50	2.36
61.1	220.0	3.67	2.61
63.9	230.0	3.83	2.88
66.7	240.0	4.00	3.19
69.4	250.0	4.17	3.53
72.2	260.0	4.33	3.91
75.0	270.0	4.50	4.33
77.8	280.0	4.67	4.78
80.6	290.0	4.83	5.28
83.3	300.0	5.00	5.82
86.1	310.0	5.17	6.40
88.9	320.0	5.33	7.01
91.7	330.0	5.50	7.64
94.4	340.0	5.67	8.29
97.2	350.0	5.83	8.95
100.0	360.0	6.00	9.59

**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO**  
**MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO**  
**PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES**  
**MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**Rainfall Distribution**

**12 hour - 4 Quantile-Perceitil 90%**

FREQUENCY, year = 100.0

Rainfall Depth, inch = 12.60

Duration, hour = 12.0

Duration %	Duration minutes	Duration hour	Polinomial Distribution Total Rainfall, inch
0.0	0.0	0.00	0.00
2.1	15.0	0.25	0.10
4.2	30.0	0.50	0.17
6.3	45.0	0.75	0.20
8.3	60.0	1.00	0.22
10.4	75.0	1.25	0.23
12.5	90.0	1.50	0.24
14.6	105.0	1.75	0.25
16.7	120.0	2.00	0.27
18.8	135.0	2.25	0.30
20.8	150.0	2.50	0.34
22.9	165.0	2.75	0.39
25.0	180.0	3.00	0.45
27.1	195.0	3.25	0.53
29.2	210.0	3.50	0.62
31.3	225.0	3.75	0.72
33.3	240.0	4.00	0.83
35.4	255.0	4.25	0.95
37.5	270.0	4.50	1.07
39.6	285.0	4.75	1.20
41.7	300.0	5.00	1.33
43.8	315.0	5.25	1.47
45.8	330.0	5.50	1.61
47.9	345.0	5.75	1.75
50.0	360.0	6.00	1.90
52.1	375.0	6.25	2.05
54.2	390.0	6.50	2.21
56.3	405.0	6.75	2.37
58.3	420.0	7.00	2.54
60.4	435.0	7.25	2.71
62.5	450.0	7.50	2.91
64.6	465.0	7.75	3.11
66.7	480.0	8.00	3.34
68.8	495.0	8.25	3.58
70.8	510.0	8.50	3.86
72.9	525.0	8.75	4.16
75.0	540.0	9.00	4.50
77.1	555.0	9.25	4.88
79.2	570.0	9.50	5.30
81.3	585.0	9.75	5.77
83.3	600.0	10.00	6.29
85.4	615.0	10.25	6.87
87.5	630.0	10.50	7.50
89.6	645.0	10.75	8.20
91.7	660.0	11.00	8.95
93.8	675.0	11.25	9.77
95.8	690.0	11.50	10.65
97.9	705.0	11.75	11.60
100.0	720.0	12.00	12.60



**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO**  
**MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO**  
**PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES**  
**MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**Rainfall Distribution**

**24 hour - 4 Quantile-Perceitil 90%**

FREQUENCY, year = 100.0

Rainfall Depth, inch = 16.20

Duration, hour = 24.0

Duration %	Duration minutes	Duration hour	Polinomial Distribution Total Rainfall, inch
0.0	0.0	0.00	0.00
2.1	30.0	0.50	0.13
4.2	60.0	1.00	0.22
6.3	90.0	1.50	0.29
8.3	120.0	2.00	0.34
10.4	150.0	2.50	0.38
12.5	180.0	3.00	0.41
14.6	210.0	3.50	0.43
16.7	240.0	4.00	0.45
18.8	270.0	4.50	0.48
20.8	300.0	5.00	0.50
22.9	330.0	5.50	0.53
25.0	360.0	6.00	0.57
27.1	390.0	6.50	0.61
29.2	420.0	7.00	0.65
31.3	450.0	7.50	0.71
33.3	480.0	8.00	0.76
35.4	510.0	8.50	0.82
37.5	540.0	9.00	0.89
39.6	570.0	9.50	0.96
41.7	600.0	10.00	1.03
43.8	630.0	10.50	1.11
45.8	660.0	11.00	1.19
47.9	690.0	11.50	1.27
50.0	720.0	12.00	1.36
52.1	750.0	12.50	1.45
54.2	780.0	13.00	1.54
56.3	810.0	13.50	1.64
58.3	840.0	14.00	1.75
60.4	870.0	14.50	1.87
62.5	900.0	15.00	2.01
64.6	930.0	15.50	2.16
66.7	960.0	16.00	2.34
68.8	990.0	16.50	2.55
70.8	1020.0	17.00	2.79
72.9	1050.0	17.50	3.07
75.0	1080.0	18.00	3.41
77.1	1110.0	18.50	3.80
79.2	1140.0	19.00	4.27
81.3	1170.0	19.50	4.82
83.3	1200.0	20.00	5.47
85.4	1230.0	20.50	6.23
87.5	1260.0	21.00	7.12
89.6	1290.0	21.50	8.15
91.7	1320.0	22.00	9.34
93.8	1350.0	22.50	10.71
95.8	1380.0	23.00	12.29
97.9	1410.0	23.50	14.10
100.0	1440.0	24.00	16.20

# APENDICE F

Estimado de Tiempo de Concentración

**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO  
MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO  
PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES  
MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**SubBasin-1 (SRSM-ARROYO)**

**Sheet Flow, Natural Resources Conservation Services (NRCS)**

**Site: Existing Condition**

Surface Description:	Dense underbrush
Hydraulic Length, L (ft):	87.7
Manning Coef., n: (Wood-Dense underbrush)	0.800
Rainfall Depth (100yr-24hr), P <sub>24</sub> (pulg.):	16.20
Superficial Slope, s (pies/pies):	0.2166

$$T_t = \frac{0.007(nL)^{0.8}}{P_{24}^{0.5} s^{0.4}}$$

$$T_t \text{ (hours)} = 0.10$$

$$T_t \text{ (min)} = 5.77$$

**Shallow Flow, Natural Resources Conservation Services (NRCS)**

**Site: Existing Condition**

Superficial Slope, s (pies/pies):	0.3213
Hydraulic Length, L (ft):	1,808.00
Average velocity, (ft/sec):	9.00

Average velocity is estimated with help of the Figure 3-1, taken of the following publication:  
**Urban Hydrology for Small Watersheds (TR-55)**, June 1986,  
United States Department of Agriculture, National Resources Conservation Services, page 3-2

$$T_t \text{ (min)} = 3.35$$

$$T_{t \text{ (Total)}} \text{ (min)} = 9.12$$

$$\text{Lag Time}_{\text{ (Total)}} \text{ (min)} = 5.47$$

## SubBasin-2 (Qbda. Yaurel)

### Sheet Flow, Natural Resources Conservation Services (NRCS)

Site: *Existing Condition*

Surface Description:	Dense underbrush
Hydraulic Length, L (ft):	93.2
Manning Coef., n: (Wood-Dense underbrush)	0.800
Rainfall Depth (100yr-24hr), P <sub>24</sub> (pulg.):	16.20
Superficial Slope, s (pies/pies):	0.1716

$$T_t = \frac{0.007(nL)^{0.8}}{P_{24}^{0.5} s^{0.4}}$$

$$T_t \text{ (hours)} = 0.11$$

$$T_t \text{ (min)} = 6.65$$

### Shallow Flow, Natural Resources Conservation Services (NRCS)

Site: *Existing Condition*

Superficial Slope, s (pies/pies):	0.1821
Hydraulic Length, L (ft):	1,367.00
Average velocity, (ft/sec):	7.00

Average velocity is estimated with help of the Figure 3-1, taken of the following publication:  
*Urban Hydrology for Small Watersheds (TR-55)*, June 1986,  
United States Department of Agriculture, National Resources Conservation Services, page 3-2

$$T_t \text{ (min)} = 3.25$$

### Open Channel Flow, Natural Resources Conservation Services (NRCS)

Site: *Existing Condition*

#### Manning Equation

##### Data:

Water Depth (ft)	4.00
Bottom Width (ft)	10.00
V	1.00
H	1
n	0.035
Slope	0.0661

#### Intermediate Computations

Transversal Area (sqft)	56.00
Wetted Perimeter (ft)	21.31
Top width (ft)	18
Flow (cfs)	1163.85
Velocity (fps)	20.78
Velocity Head (ft)	6.71
Froude Number	1.83
Hydraulic Length, L (ft):	1,316

$$T_t \text{ (min)} = 1.06$$

$$T_{t \text{ (Total)}} \text{ (min)} = 10.96$$

$$\text{Lag Time}_{\text{ (Total)}} \text{ (min)} = 6.57$$

### SubBasin-1A (SRSM-ARROYO)

#### Sheet Flow, Natural Resources Conservation Services (NRCS)

Site: *Proposed Condition*

Surface Description:	Dense underbrush
Hydraulic Length, L (ft):	87.7
Manning Coef., n: (Wood-Dense underbrush)	0.800
Rainfall Depth (100yr-24hr), P <sub>24</sub> (pulg.):	16.20
Superficial Slope, s (pies/pies):	0.2166

$$T_t = \frac{0.007(nL)^{0.8}}{P_{24}^{0.5} s^{0.4}}$$

$$T_t \text{ (hours)} = 0.10$$

$$T_t \text{ (min)} = 5.77$$

#### Shallow Flow, Natural Resources Conservation Services (NRCS)

Site: *Existing Condition*

Superficial Slope, s (pies/pies):	0.5431
Hydraulic Length, L (ft):	545.00

Average velocity, (ft/sec):	11.50
-----------------------------	-------

Average velocity is estimated with help of the Figure 3-1, taken of the following publication:  
**Urban Hydrology for Small Watersheds (TR-55)**, June 1986,  
United States Department of Agriculture, National Resources Conservation Services, page 3-2

$$T_t \text{ (min)} = 0.79$$

#### Open Channel Flow, Natural Resources Conservation Services (NRCS)

Site: *Existing Condition*

##### Manning Equation

###### Data:

Water Depth (ft)	2.00
Bottom Width (ft)	3.00
V	1.00
H	1.5
n	0.035
Slope	0.1033

##### Intermediate Computations

Transversal Area (sqft)	12.00
Wetted Perimeter (ft)	10.21
Top width (ft)	9

Flow (cfs)	182.35
------------	--------

Velocity (fps)	15.20
----------------	-------

Velocity Head (ft)	3.59
Froude Number	1.89

Hydraulic Length, L (ft):	2,749
---------------------------	-------

$$T_t \text{ (min)} = 3.0$$

$$T_{t \text{ (Total)}} \text{ (min)} = 9.57$$

$$\text{Lag Time}_{\text{ (Total)}} \text{ (min)} = 5.74$$

### SubBasin-1B (SRSM-ARROYO)

#### Sheet Flow, Natural Resources Conservation Services (NRCS)

Site: *Proposed Condition*

Surface Description:	Dense underbrush
Hydraulic Length, L (ft):	82.3
Manning Coef., n: (Wood-Dense underbrush)	0.800
Rainfall Depth (100yr-24hr), P <sub>24</sub> (pulg.):	16.20
Superficial Slope, s (pies/pies):	0.1579

$$T_t = \frac{0.007(nL)^{0.8}}{P_{24}^{0.5} s^{0.4}}$$

$$T_t, (\text{hours}) = 0.10$$

$$T_t, (\text{min}) = 6.22$$

#### Shallow Flow, Natural Resources Conservation Services (NRCS)

Site: *Existing Condition*

Superficial Slope, s (pies/pies):	0.1237
Hydraulic Length, L (ft):	404.00
Average velocity, (ft/sec):	5.60

Average velocity is estimated with help of the Figure 3-1, taken of the following publication:  
**Urban Hydrology for Small Watersheds (TR-55)**, June 1986,  
United States Department of Agriculture, National Resources Conservation Services, page 3-2

$$T_t, (\text{min}) = 1.20$$

$$T_{t(\text{Total})}, (\text{min}) = 7.42$$

$$\text{Lag Time}_{(\text{Total})}, (\text{min}) = 4.45$$

## **APENDICE G**

**Resultados Análisis Hidrológico – Condición Existente: Cuartil 4**



**Project:** Srsm Arroyo

**Simulation Run:** Run-100yr1hrQ4

**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00

**Simulation End:** 9 September 2024, 01:00

**HMS Version:** 4.11

**Executed:** 20 February 2025, 11:25

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI <sup>2</sup> )	
Element Name	Area (MI <sup>2</sup> )
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1 - ProjectSite	0.06

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1 - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1 - ProjectSite	0	85	0.35

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1 - ProjectSite	5.47	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI <sup>2</sup> )	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	326.42	09Sep2024, 01:00	0.98
SB1 - ProjectSite	0.06	313.78	09Sep2024, 01:00	1.32
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	640.19	09Sep2024, 01:00	1.13

Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

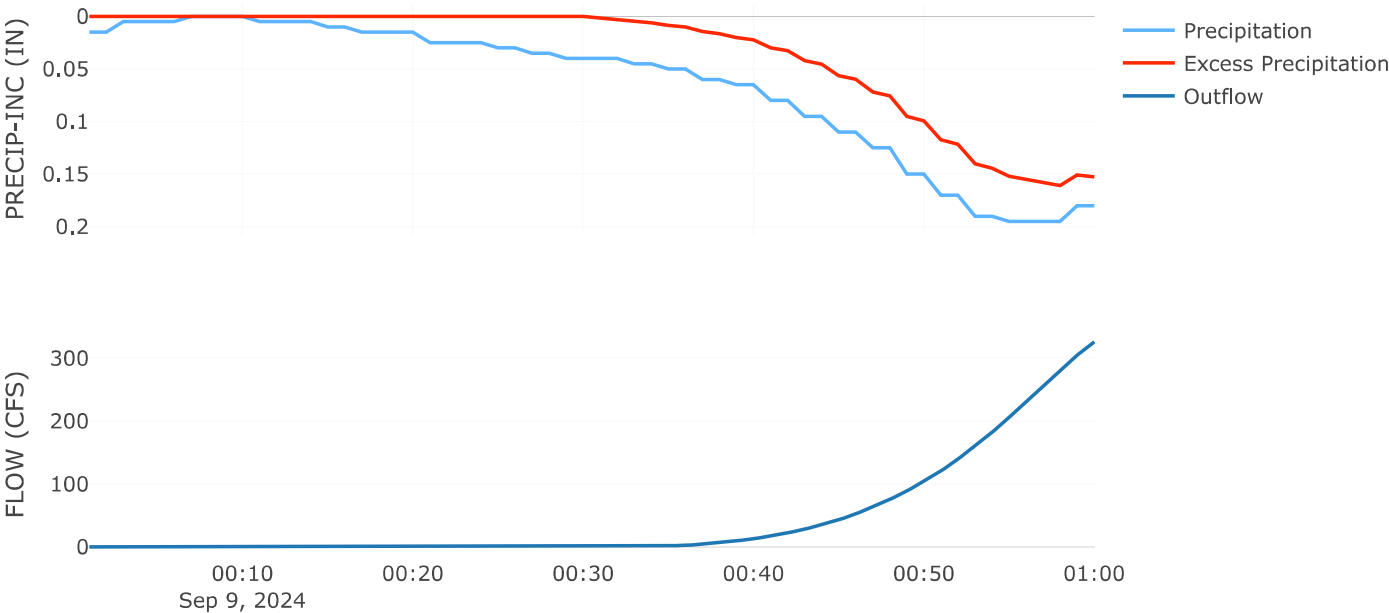
Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: SCS	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	326.42
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:00
Volume (IN)	0.98
Precipitation Volume (AC - FT)	14.78
Loss Volume (AC - FT)	6.69
Excess Volume (AC - FT)	8.1
Direct Runoff Volume (AC - FT)	3.66
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



Subbasin: SBi-ProjectSite

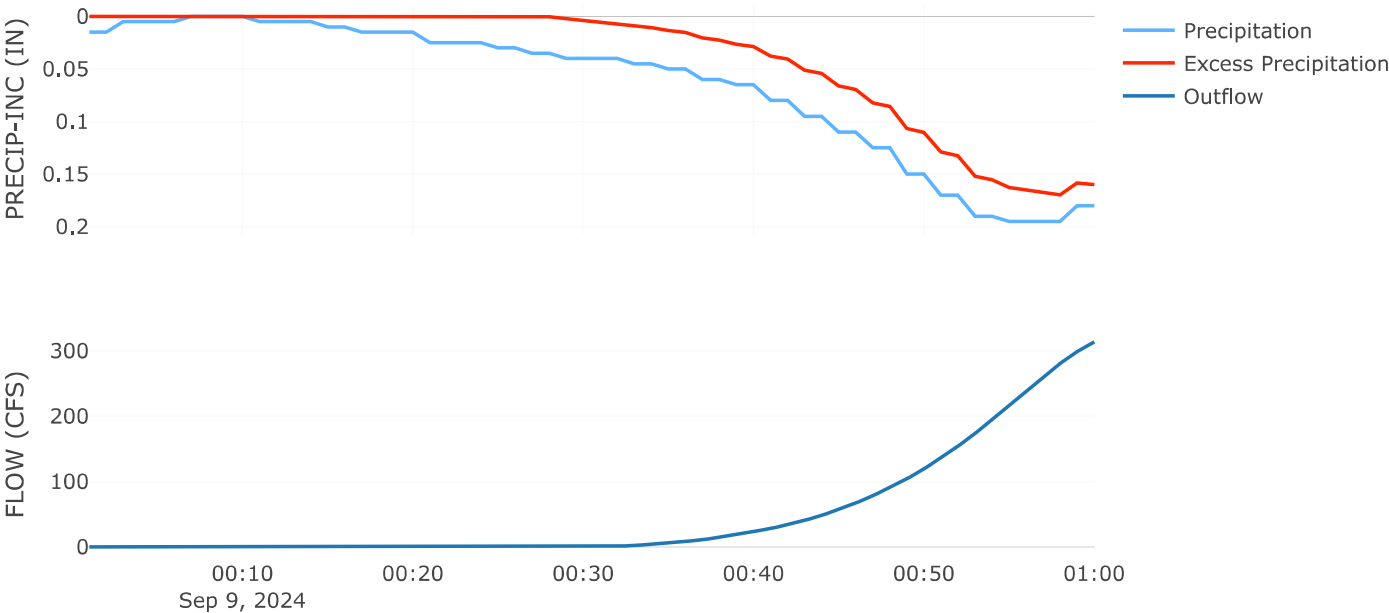
Area (MI<sup>2</sup>) : 0.06  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	85
Initial Abstraction	0.35

Transform: Scs	
Lag	5.47
Unitgraph Type	Standard

Results: SBi-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	313.78
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:00
Volume (IN)	1.32
Precipitation Volume (AC - FT)	12.04
Loss Volume (AC - FT)	4.68
Excess Volume (AC - FT)	7.36
Direct Runoff Volume (AC - FT)	4.01
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow

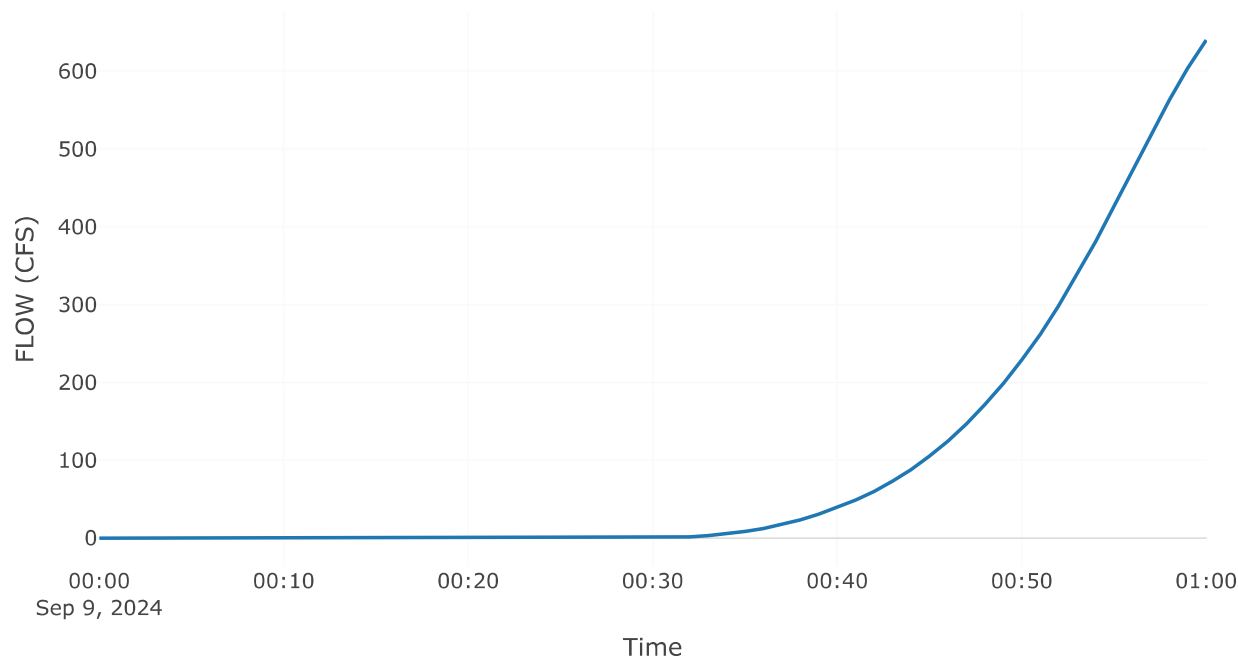


Sink: Outlet-Yaurel-Creek

Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	640.19
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:00
Volume (IN)	1.13

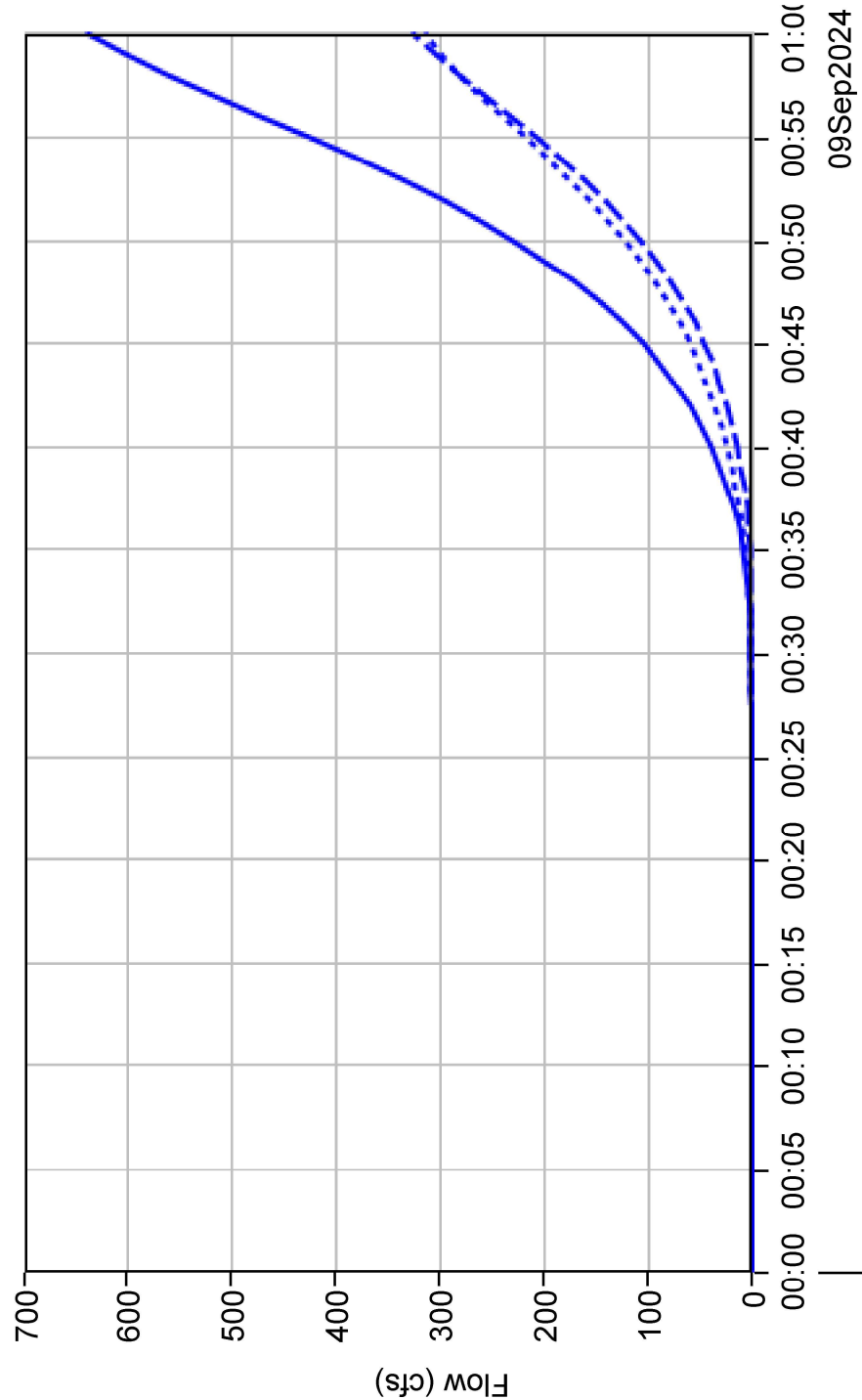
Outflow







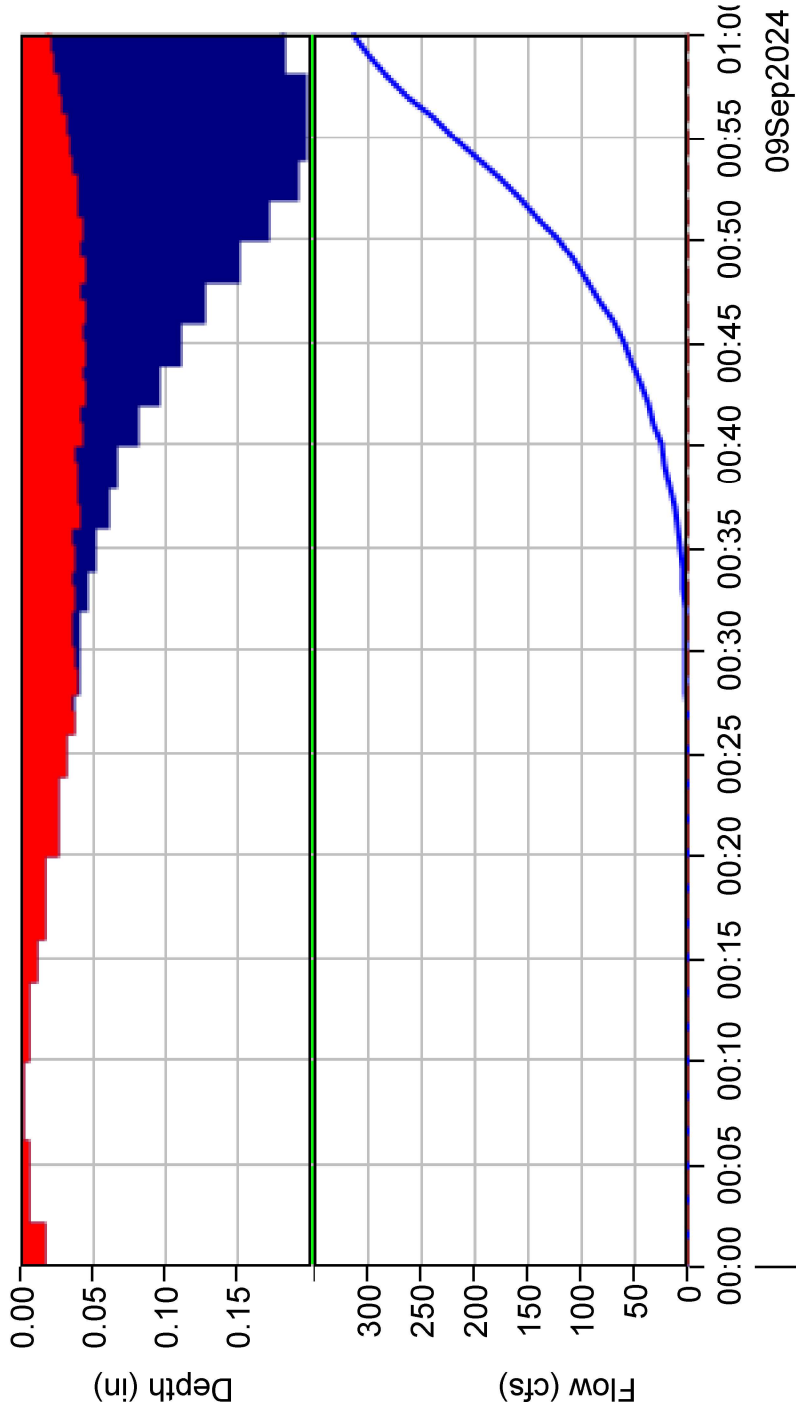
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-100yr1hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:25:54)

- Run-100yr1hrQ4Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run-100yr1hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run-100yr1hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow

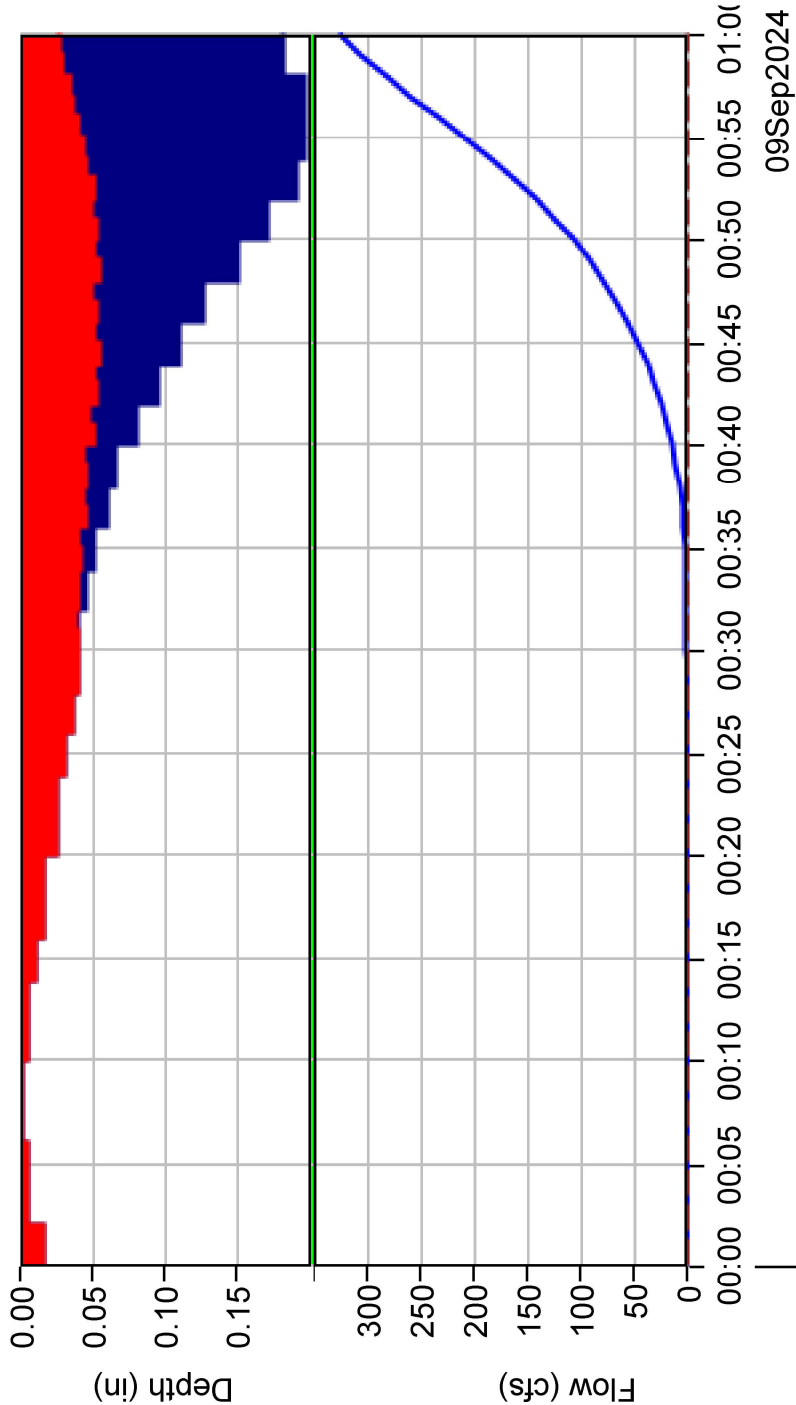
Subbasin "SB1-ProjectSite" Results for Run "Run-100yr1hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:25:54)

- Run:Run-100yr1hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-100yr1hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr1hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-100yr1hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-100yr1hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:25:54)

- Run-100yr1hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run-100yr1hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run-100yr1hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run-100yr1hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo  
**Simulation Run:** Run-100yr6hrQ4  
**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00  
**Simulation End:** 9 September 2024, 06:00

**HMS Version:** 4.11  
**Executed:** 20 February 2025, 10:15

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI2)	
Element Name	Area (MI2)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1 - ProjectSite	0.06

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1 - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1 - ProjectSite	0	85	0.35

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1 - ProjectSite	5.47	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI2)	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	169.87	09Sep2024, 05:52	6.84
SB1 - ProjectSite	0.06	140.62	09Sep2024, 05:52	7.3
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	310.48	09Sep2024, 05:52	7.04

Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

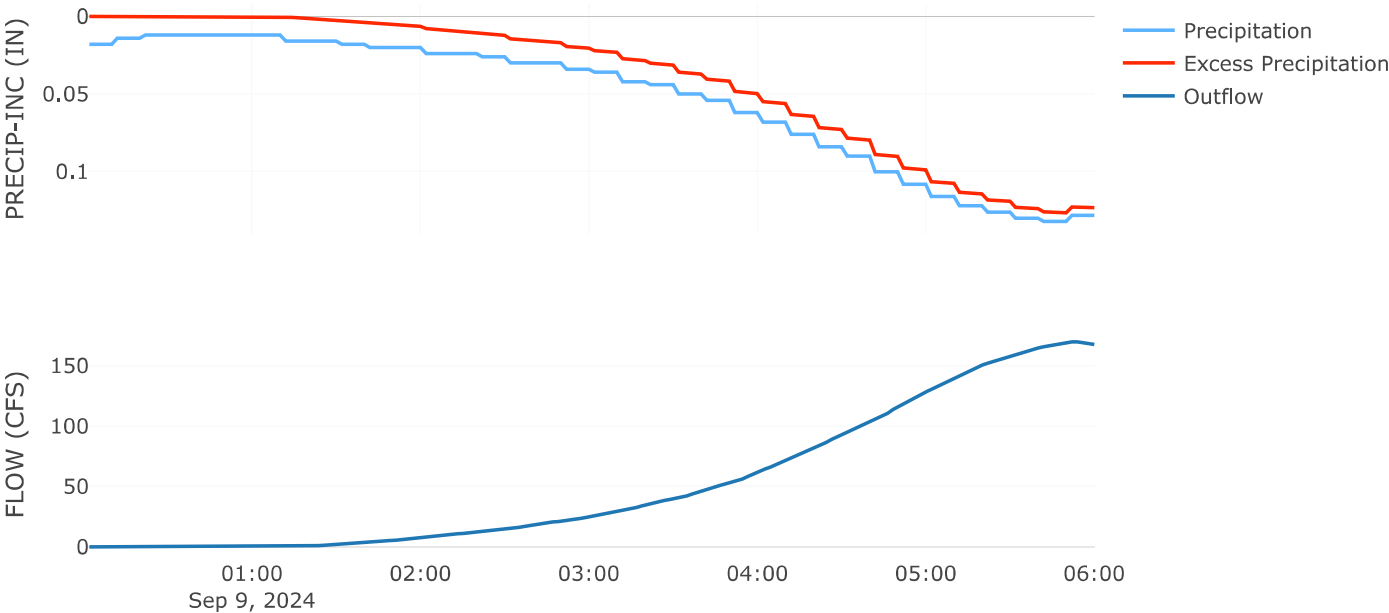
Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: SCS	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	169.87
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 05:52
Volume (IN)	6.84
Precipitation Volume (AC - FT)	35.8
Loss Volume (AC - FT)	8.25
Excess Volume (AC - FT)	27.55
Direct Runoff Volume (AC - FT)	25.53
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



Subbasin: SBi-ProjectSite

Area (MI2) : 0.06  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

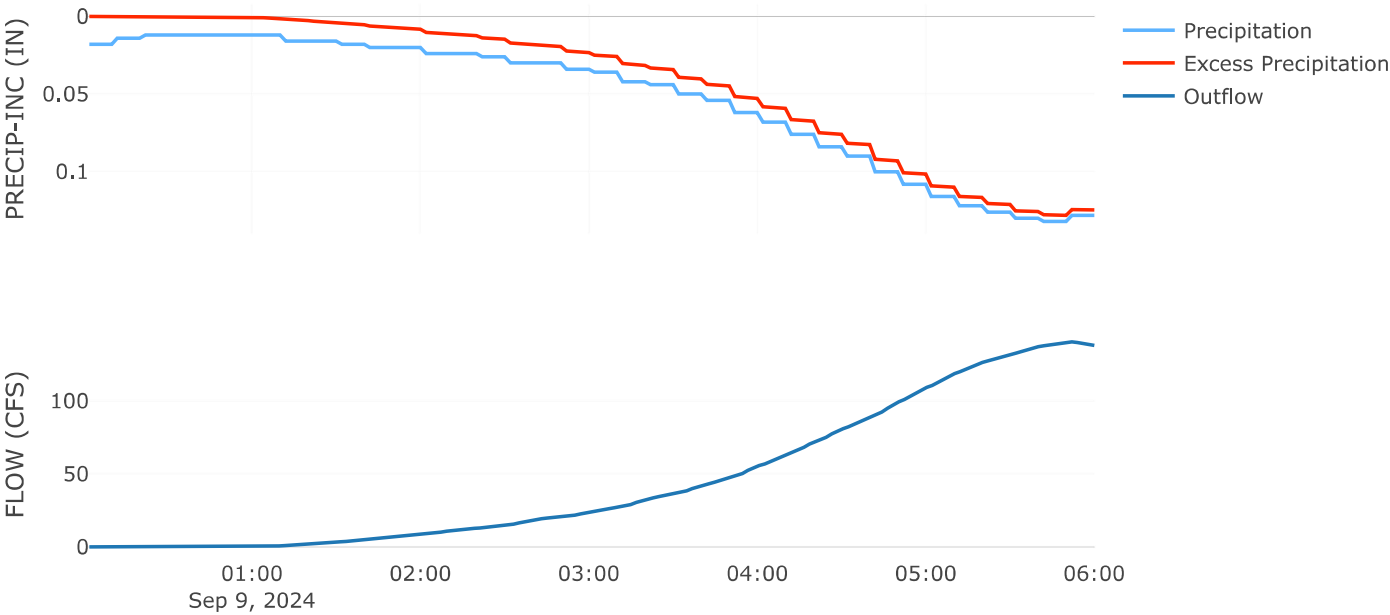
Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	85
Initial Abstraction	0.35

Transform: Scs	
Lag	5.47
Unitgraph Type	Standard

Results: SBi-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	140.62
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 05:52
Volume (IN)	7.3
Precipitation Volume (AC - FT)	29.15
Loss Volume (AC - FT)	5.58
Excess Volume (AC - FT)	23.58
Direct Runoff Volume (AC - FT)	22.18
Baseflow Volume (AC - FT)	0



Precipitation and Outflow

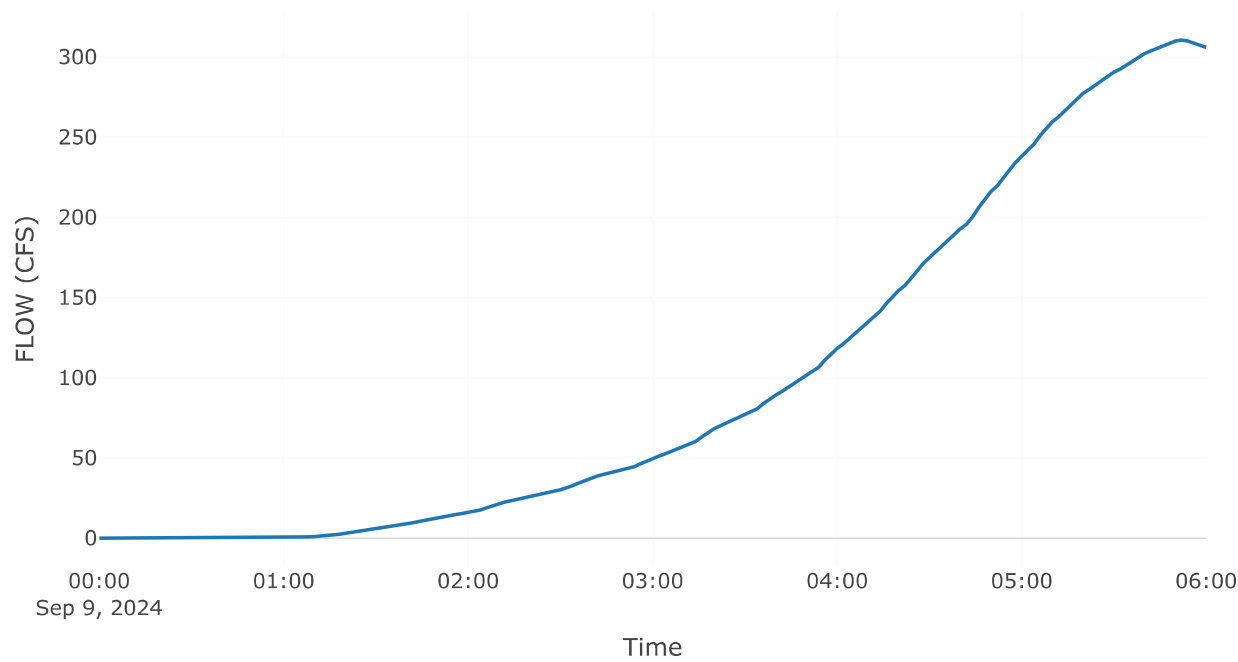


Sink: Outlet-Yaurel-Creek

Results: Outlet-Yaurel-Creek

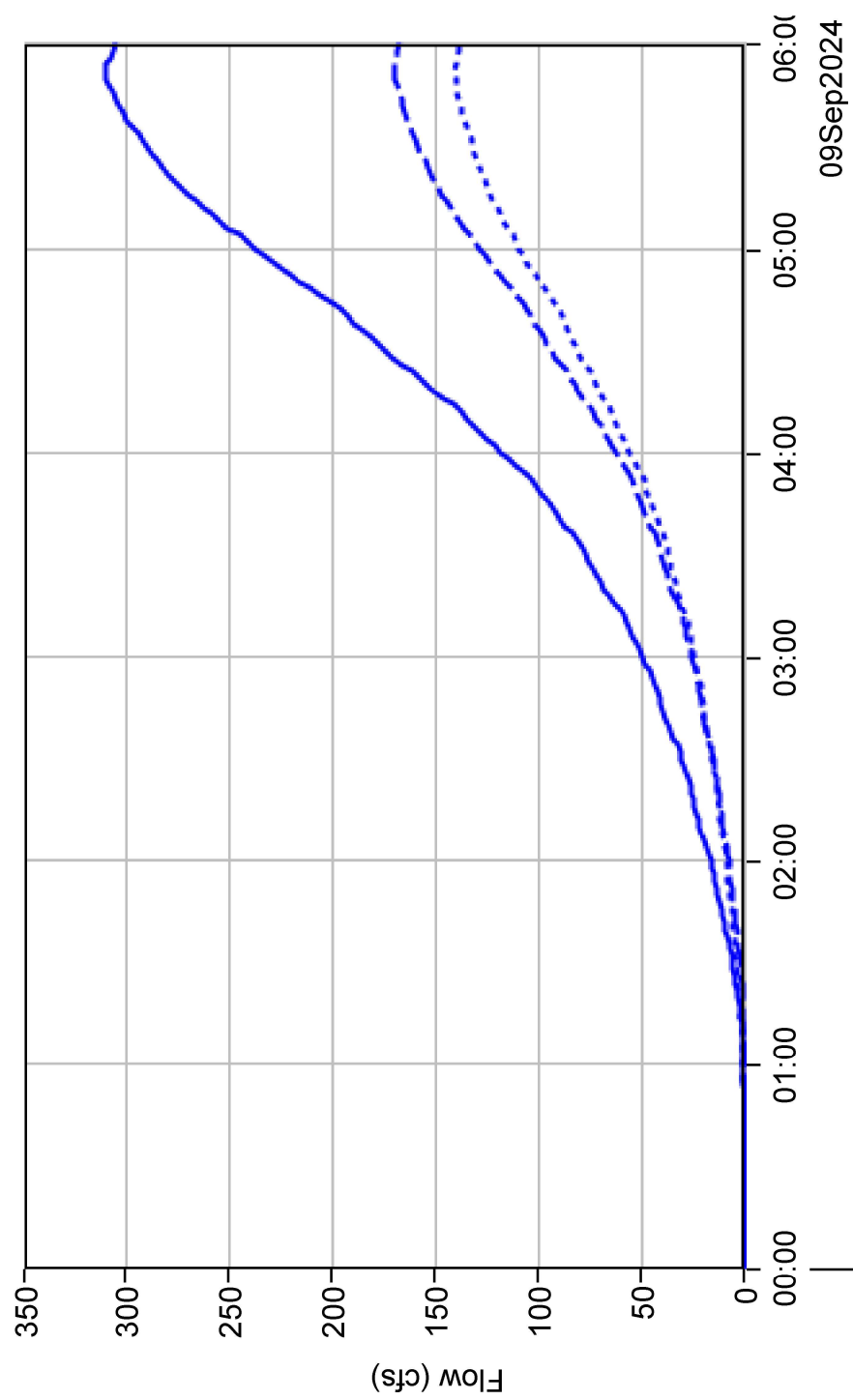
Peak Discharge (CFS)	310.48
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 05:52
Volume (IN)	7.04

Outflow





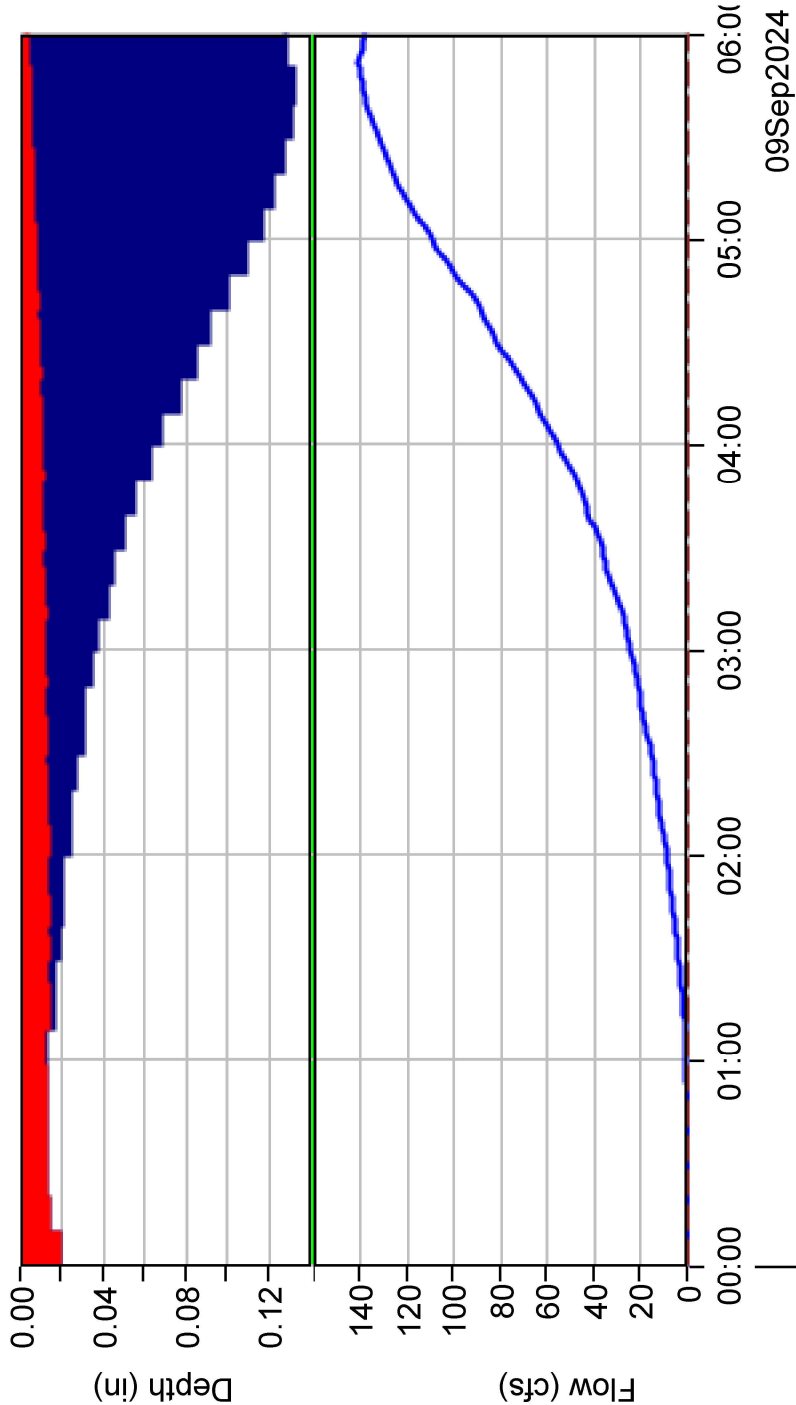
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-100yr6hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run-100yr6hrQ4Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run-100yr6hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run-100yr6hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow

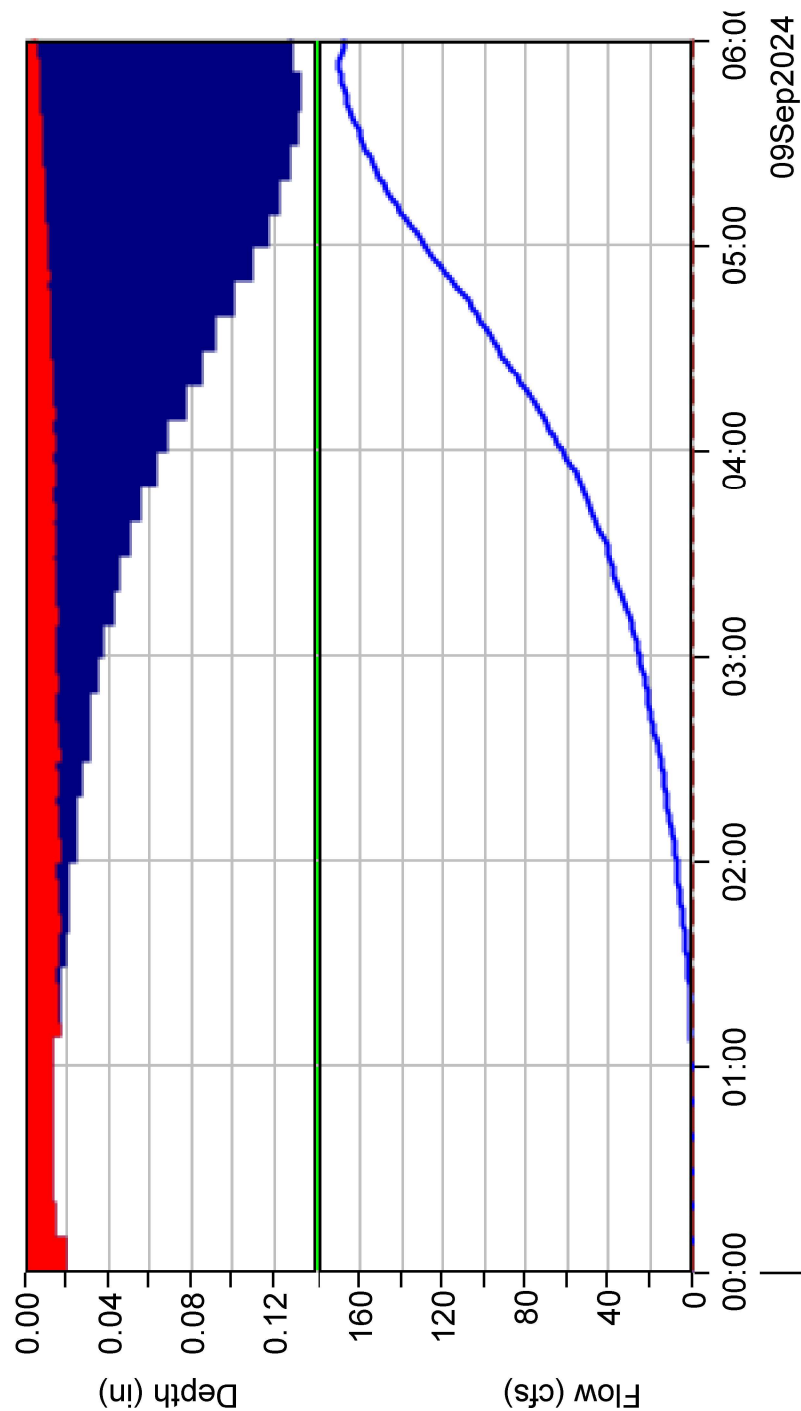
Subbasin "SB1-ProjectSite" Results for Run "Run-100yr6hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr6hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-100yr6hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr6hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-100yr6hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-100yr6hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr6hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run:Run-100yr6hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr6hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-100yr6hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo

**Simulation Run:** Run-100yr12hrQ4

**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00

**Simulation End:** 9 September 2024, 12:00

**HMS Version:** 4.11

**Executed:** 20 February 2025, 10:15

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI <sup>2</sup> )	
Element Name	Area (MI <sup>2</sup> )
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1 - ProjectSite	0.06

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1 - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1 - ProjectSite	0	85	0.35

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1 - ProjectSite	5.47	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI <sup>2</sup> )	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	174.99	09Sep2024, 12:00	9.72
SB1 - ProjectSite	0.06	144.11	09Sep2024, 12:00	10.21
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	319.1	09Sep2024, 12:00	9.94



Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

Area (MI2) : 0.07

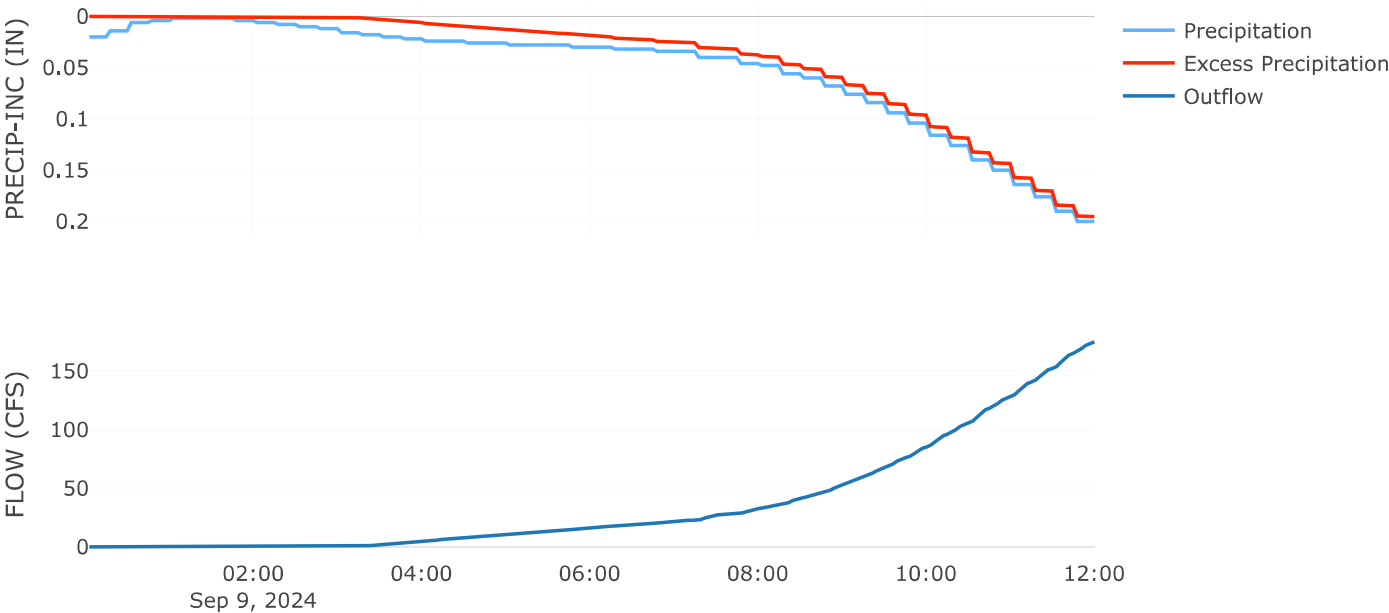
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: SCS	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	174.99
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 12:00
Volume (IN)	9.72
Precipitation Volume (AC - FT)	47.04
Loss Volume (AC - FT)	8.58
Excess Volume (AC - FT)	38.46
Direct Runoff Volume (AC - FT)	36.29
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



Subbasin: SB1-ProjectSite

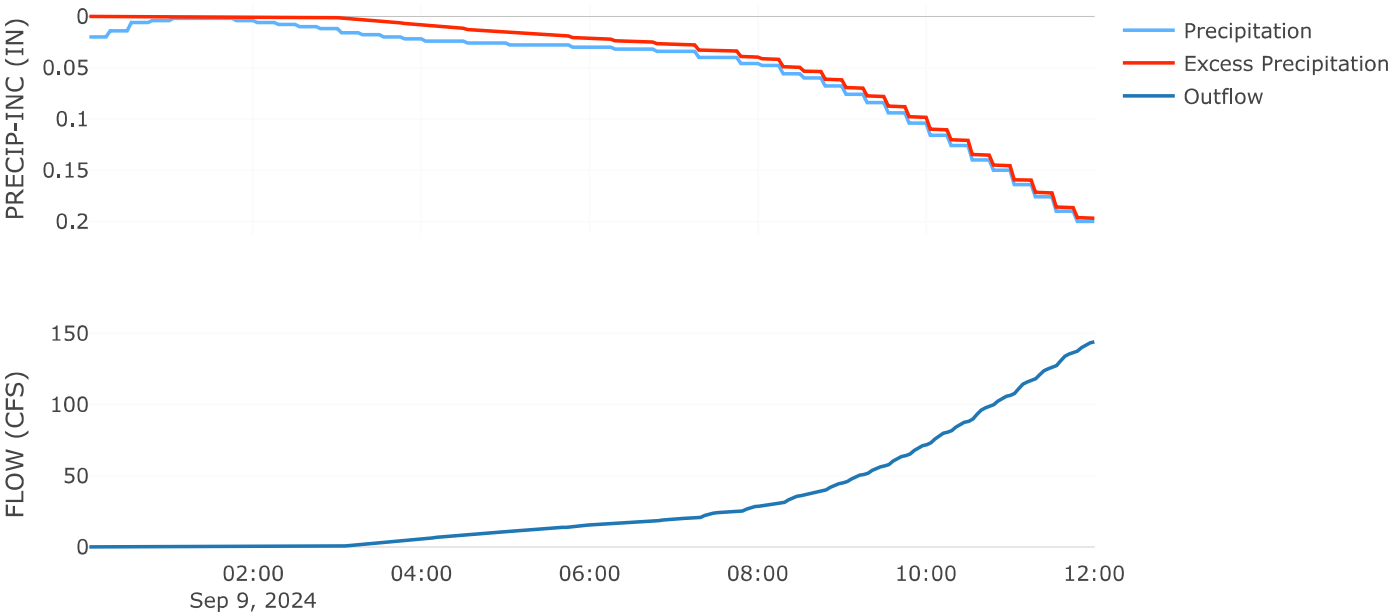
Area (MI2) : 0.06  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	85
Initial Abstraction	0.35

Transform: SCS	
Lag	5.47
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	144.11
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 12:00
Volume (IN)	10.21
Precipitation Volume (AC - FT)	38.3
Loss Volume (AC - FT)	5.76
Excess Volume (AC - FT)	32.54
Direct Runoff Volume (AC - FT)	31.04
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow

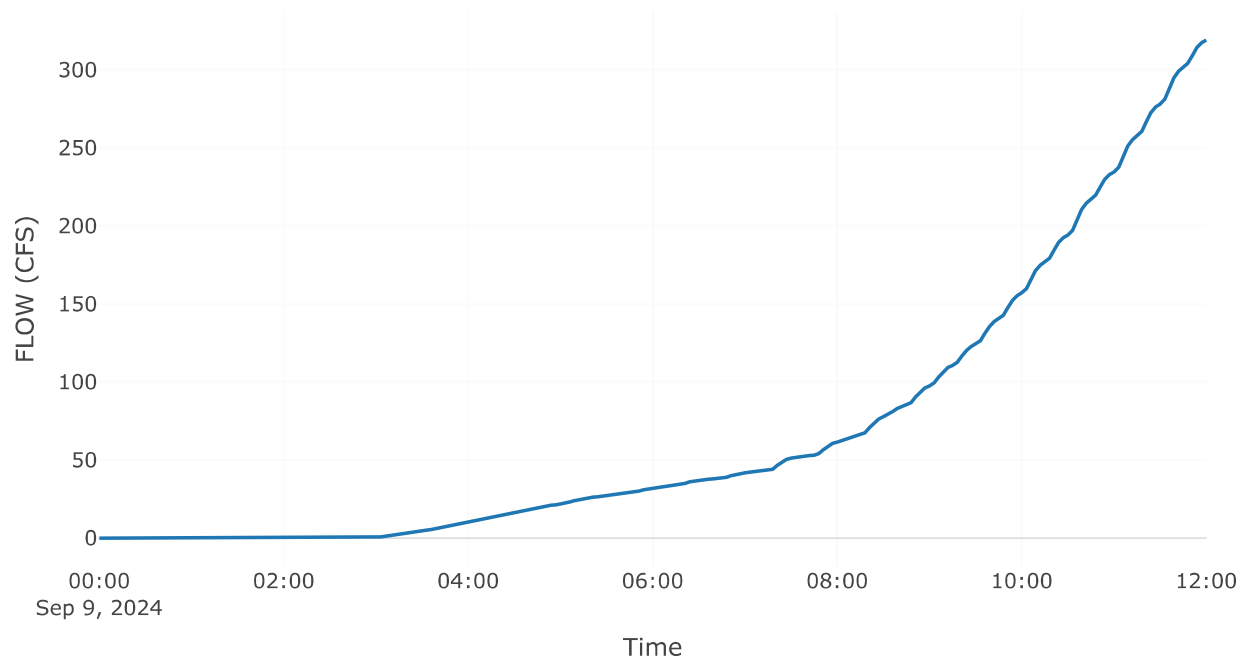


Sink: Outlet-Yaurel-Creek

Results: Outlet-Yaurel-Creek

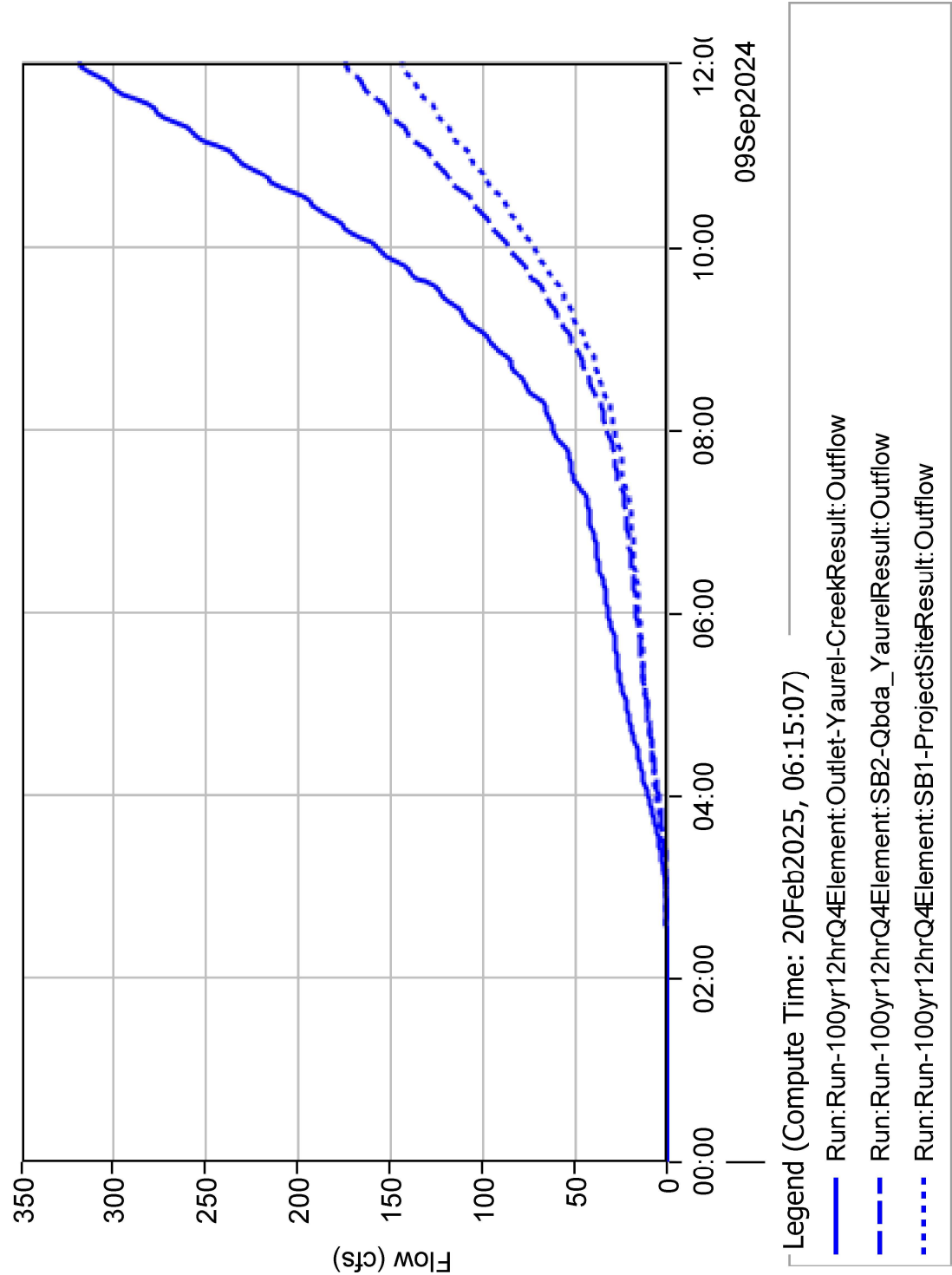
Peak Discharge (CFS)	319.1
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 12:00
Volume (IN)	9.94

Outflow



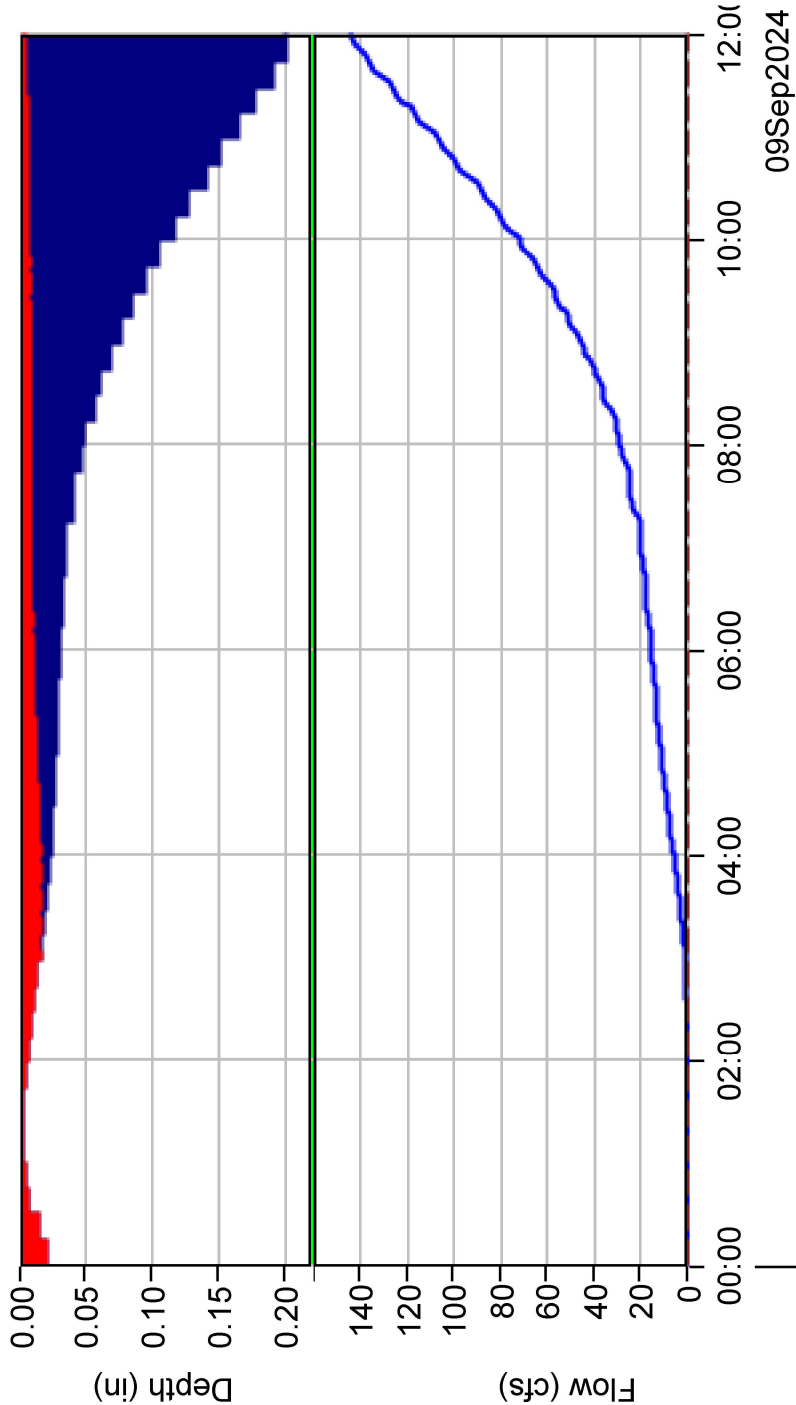


Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-100yr12hrQ4"





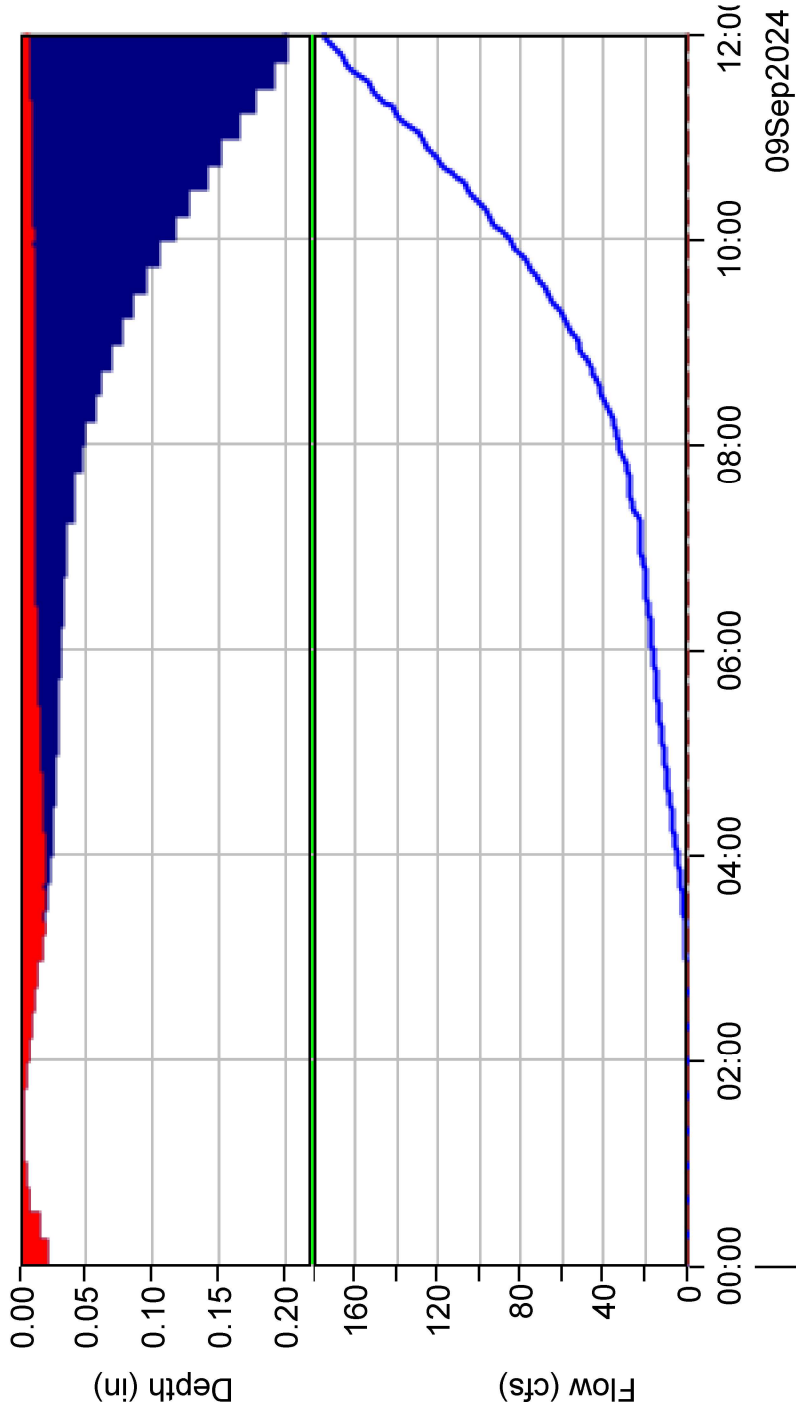
Subbasin "SB1-ProjectSite" Results for Run "Run-100yr12hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr12hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-100yr12hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr12hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-100yr12hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-100yr12hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr12hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run:Run-100yr12hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr12hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-100yr12hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo  
**Simulation Run:** Run-100yr24hrQ4  
**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00  
**Simulation End:** 9 September 2024, 24:00

**HMS Version:** 4.11  
**Executed:** 20 February 2025, 10:15

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI2)	
Element Name	Area (MI2)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1 - ProjectSite	0.06

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1 - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1 - ProjectSite	0	85	0.35

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1 - ProjectSite	5.47	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI2)	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	186.46	09Sep2024, 24:00	13.2
SB1 - ProjectSite	0.06	152.78	09Sep2024, 24:00	13.72
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	339.24	09Sep2024, 24:00	13.43

Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

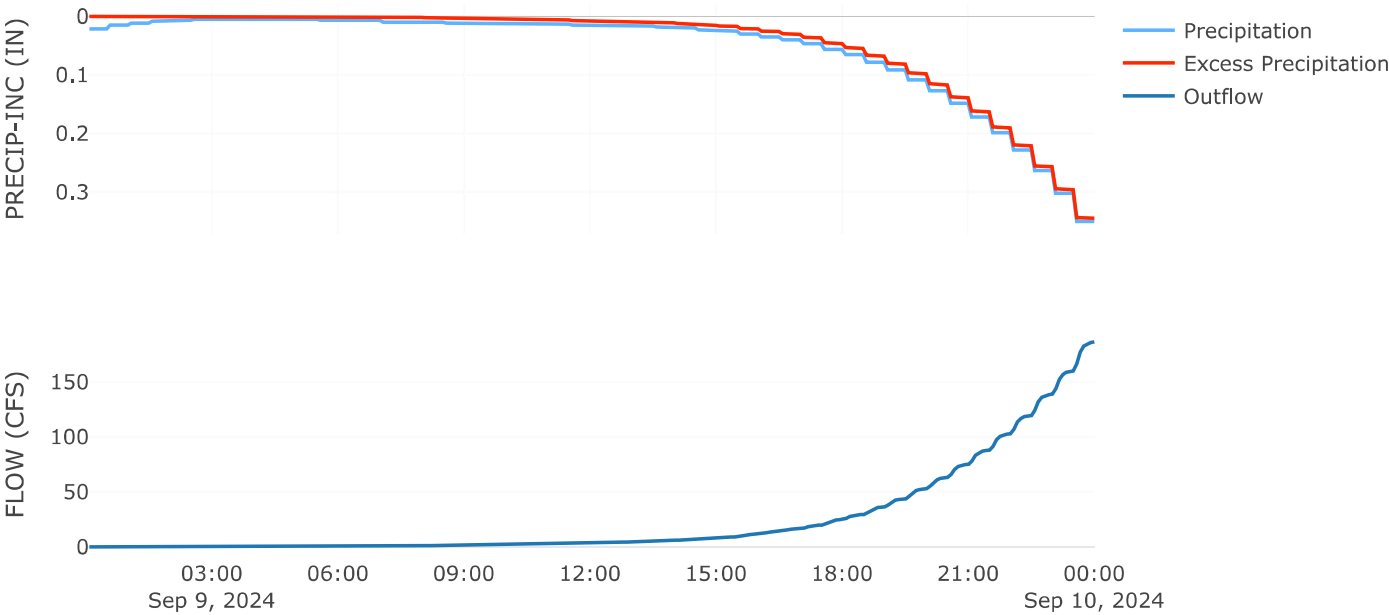
Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: SCS	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	186.46
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 24:00
Volume (IN)	13.2
Precipitation Volume (AC - FT)	60.48
Loss Volume (AC - FT)	8.83
Excess Volume (AC - FT)	51.65
Direct Runoff Volume (AC - FT)	49.27
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



Subbasin: SBi-ProjectSite

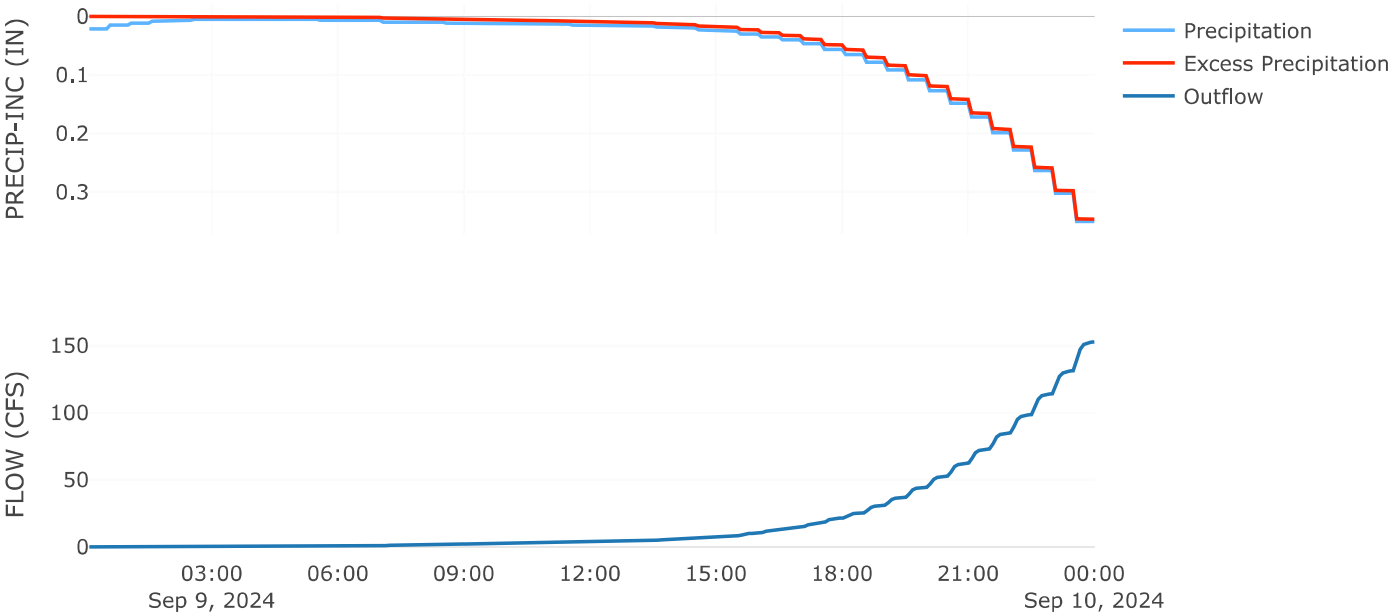
Area (MI2) : 0.06  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	85
Initial Abstraction	0.35

Transform: Scs	
Lag	5.47
Unitgraph Type	Standard

Results: SBi-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	152.78
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 24:00
Volume (IN)	13.72
Precipitation Volume (AC - FT)	49.25
Loss Volume (AC - FT)	5.9
Excess Volume (AC - FT)	43.35
Direct Runoff Volume (AC - FT)	41.72
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



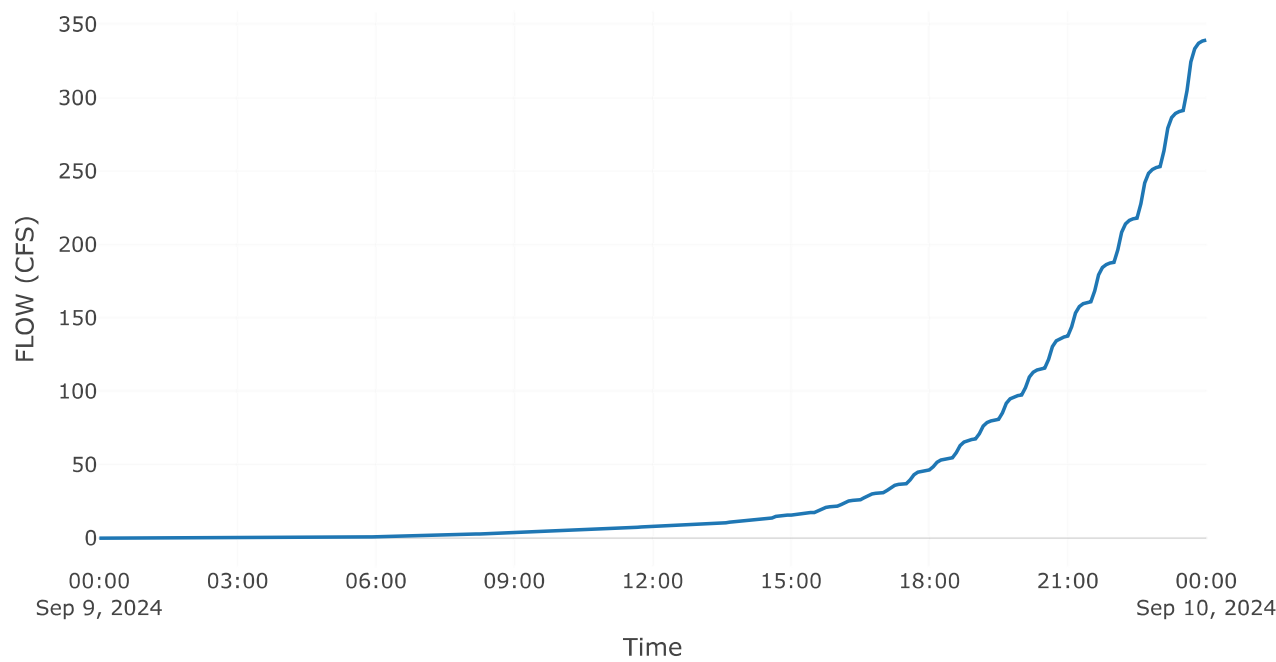


# Sink: Outlet-Yaurel-Creek

## Results: Outlet-Yaurel-Creek

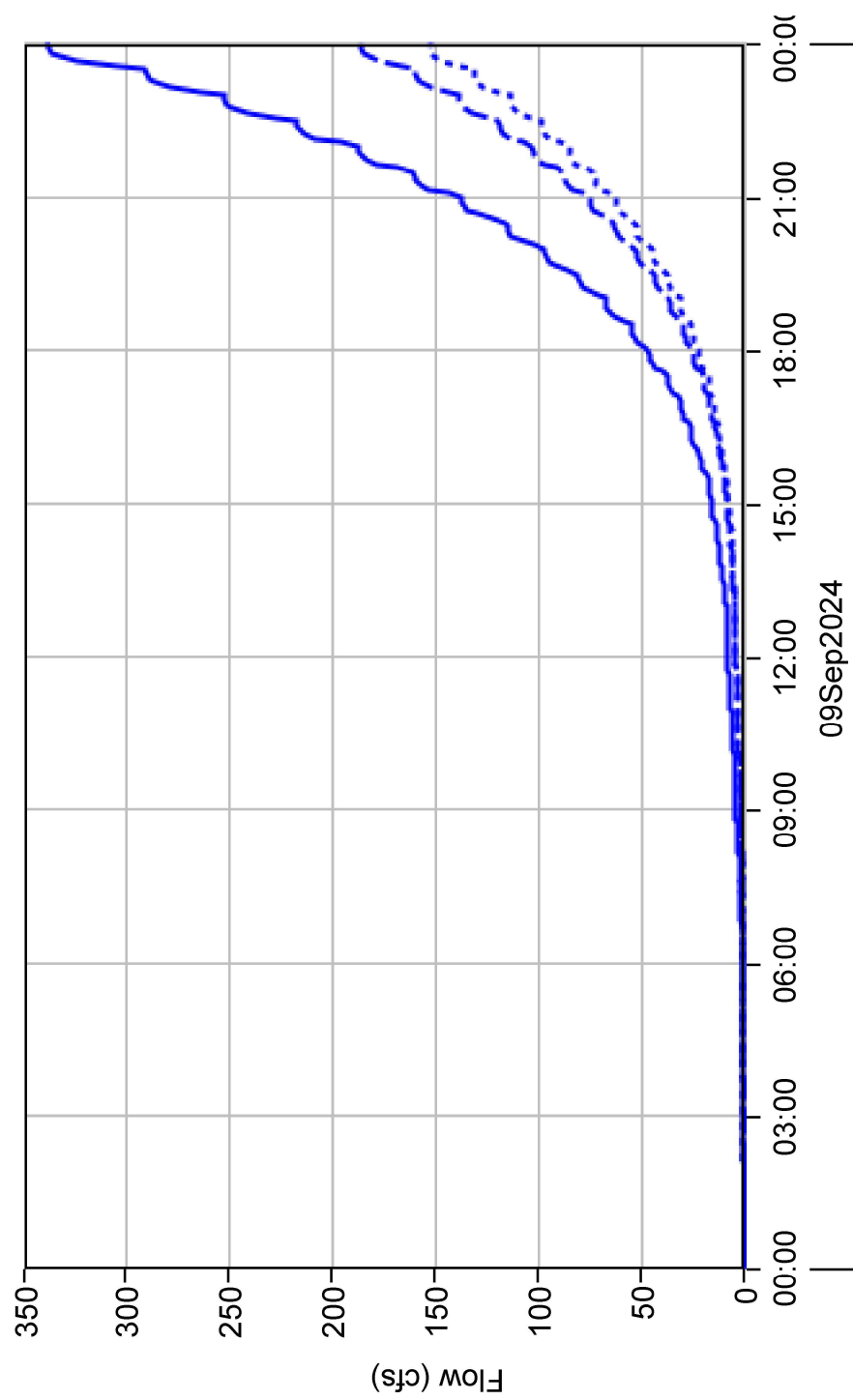
Peak Discharge (CFS)	339.24
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 24:00
Volume (IN)	13.43

Outflow





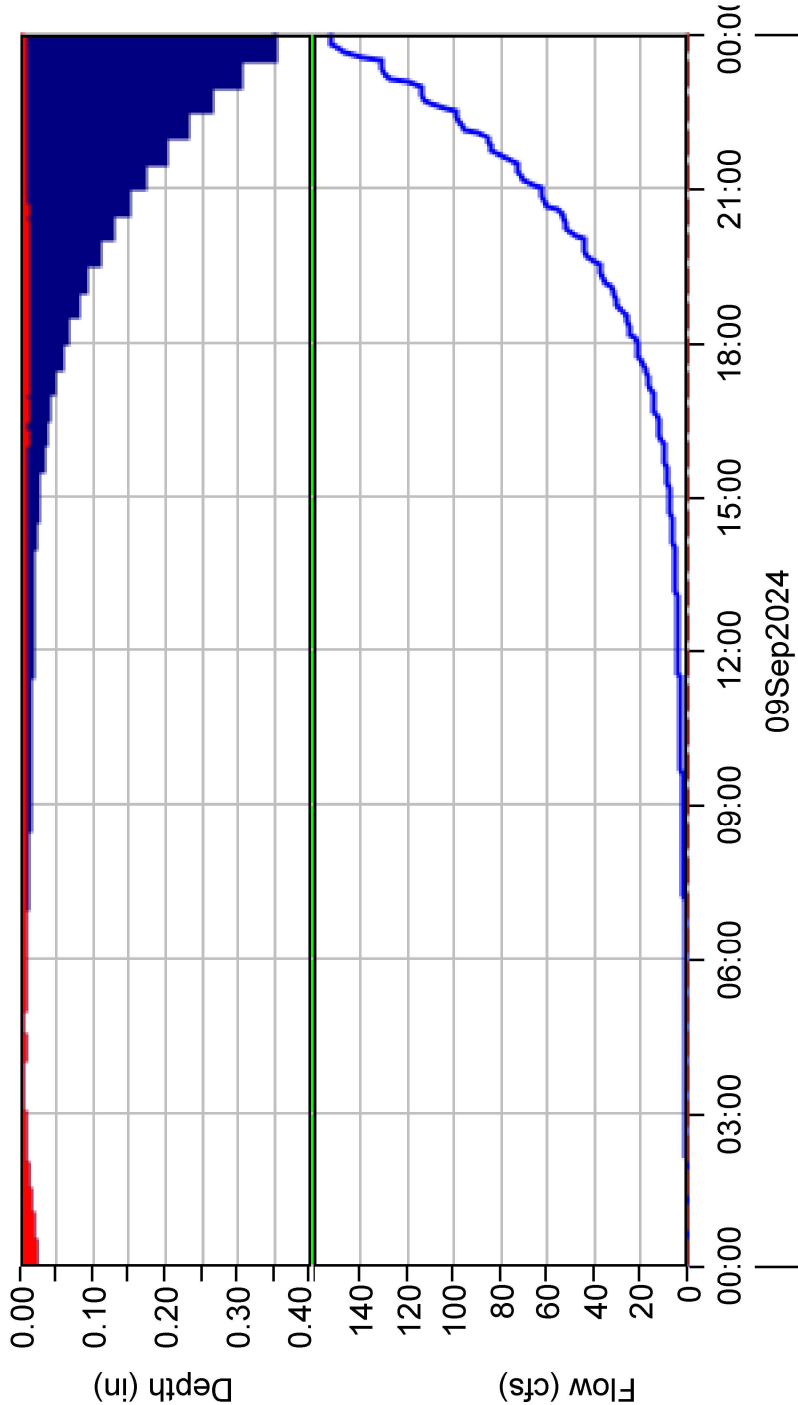
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-100yr24hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr24hrQ4Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run:Run-100yr24hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-100yr24hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow

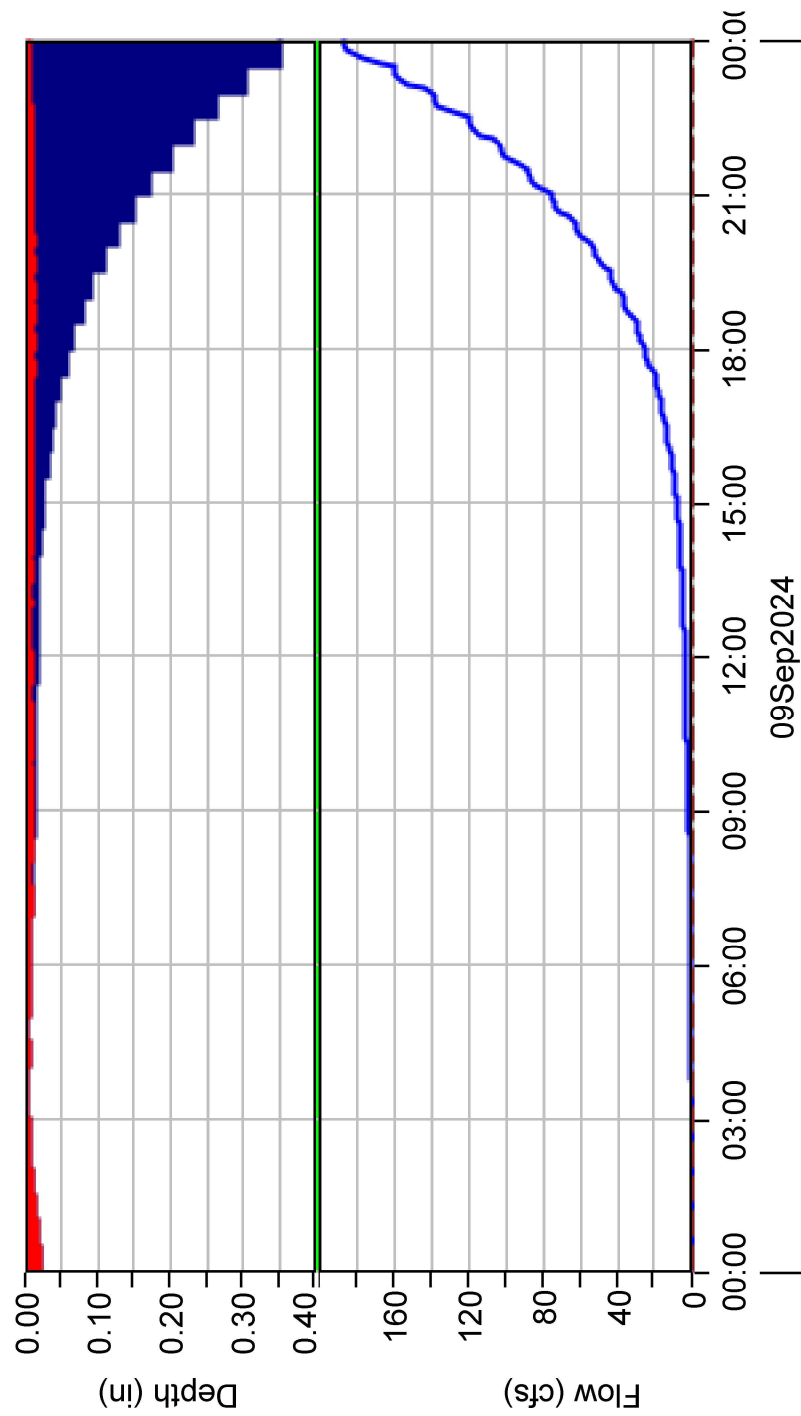
Subbasin "SB1-ProjectSite" Results for Run "Run-100yr24hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr24hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-100yr24hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr24hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-100yr24hrQ4Element:SB1-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-100yr24hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr24hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run:Run-100yr24hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr24hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-100yr24hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

## **APENDICE H**

**Resultados Análisis Hidrológico – Condición Existente: Cuartil 1**

**Project:** Srsm Arroyo  
**Simulation Run:** Run-100yr1hrQ1  
**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00  
**Simulation End:** 9 September 2024, 01:00

**HMS Version:** 4.11  
**Executed:** 20 February 2025, 10:15

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI2)	
Element Name	Area (MI2)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1 - ProjectSite	0.06

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1 - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1 - ProjectSite	0	85	0.35

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1 - ProjectSite	5.47	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI2)	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	172.71	09Sep2024, 00:20	2.05
SB1 - ProjectSite	0.06	168.75	09Sep2024, 00:18	2.32
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	338.88	09Sep2024, 00:19	2.17



Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: Scs	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	172.71
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:20
Volume (IN)	2.05
Precipitation Volume (AC - FT)	14.78
Loss Volume (AC - FT)	6.69
Excess Volume (AC - FT)	8.1
Direct Runoff Volume (AC - FT)	7.65
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Subbasin: SB1-ProjectSite

Area (MI2) : 0.06  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	85
Initial Abstraction	0.35

Transform: Scs	
Lag	5.47
Unitgraph Type	Standard

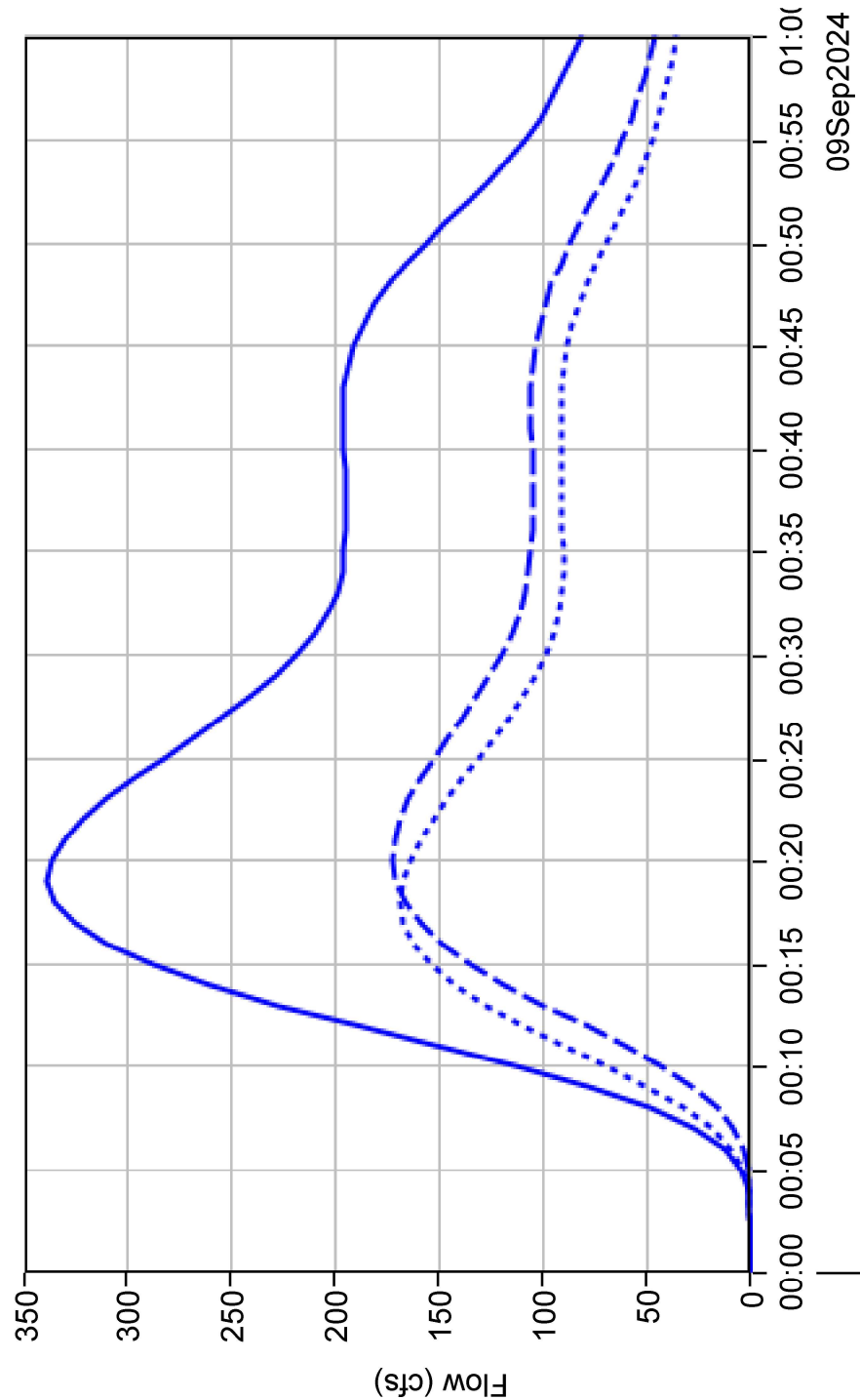
Results: SB1-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	168.75
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:18
Volume (IN)	2.32
Precipitation Volume (AC - FT)	12.04
Loss Volume (AC - FT)	4.68
Excess Volume (AC - FT)	7.36
Direct Runoff Volume (AC - FT)	7.06
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Sink: Outlet-Yaurel-Creek

Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	338.88
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:19
Volume (IN)	2.17

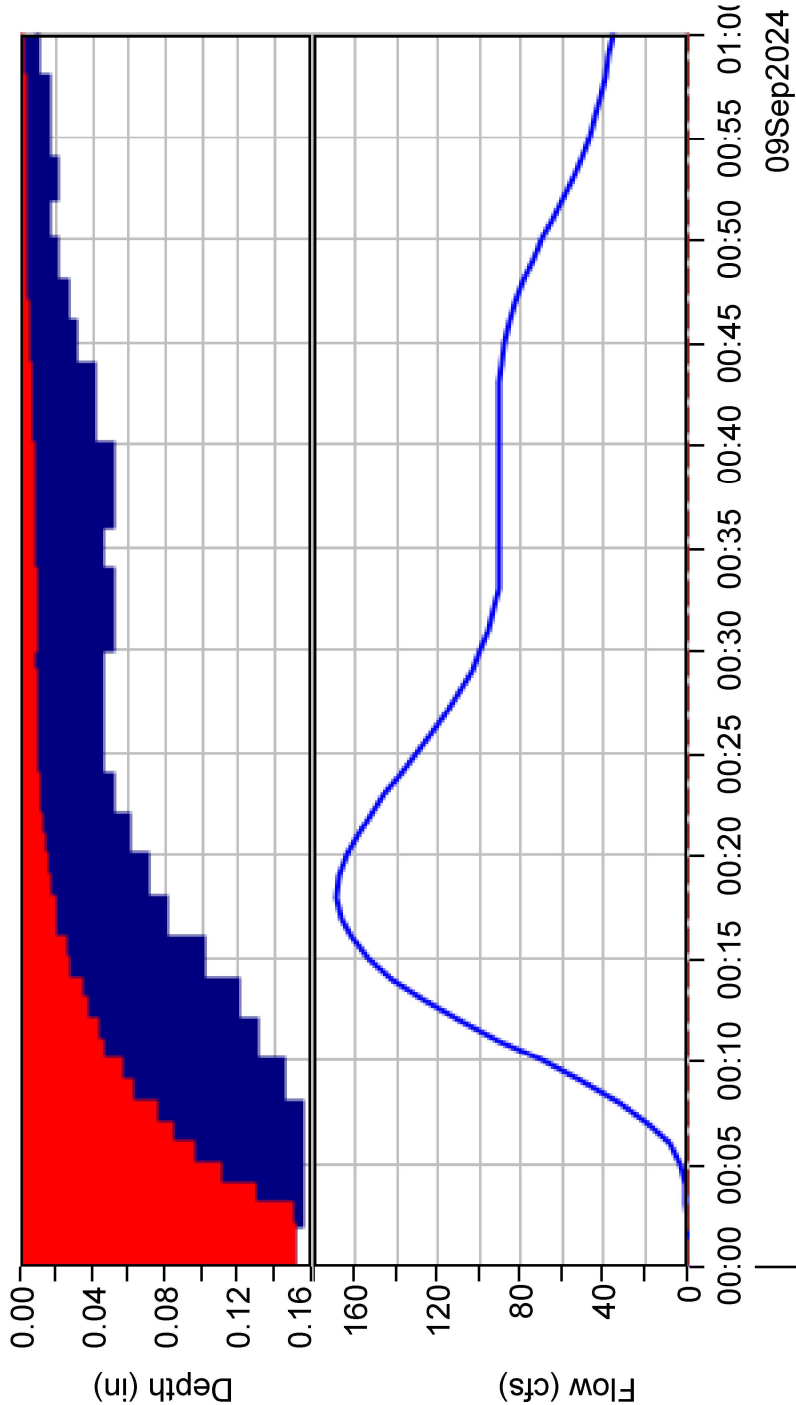
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-100yr1hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:06)

- Run-100yr1hrQ1Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run-100yr1hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run-100yr1hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow

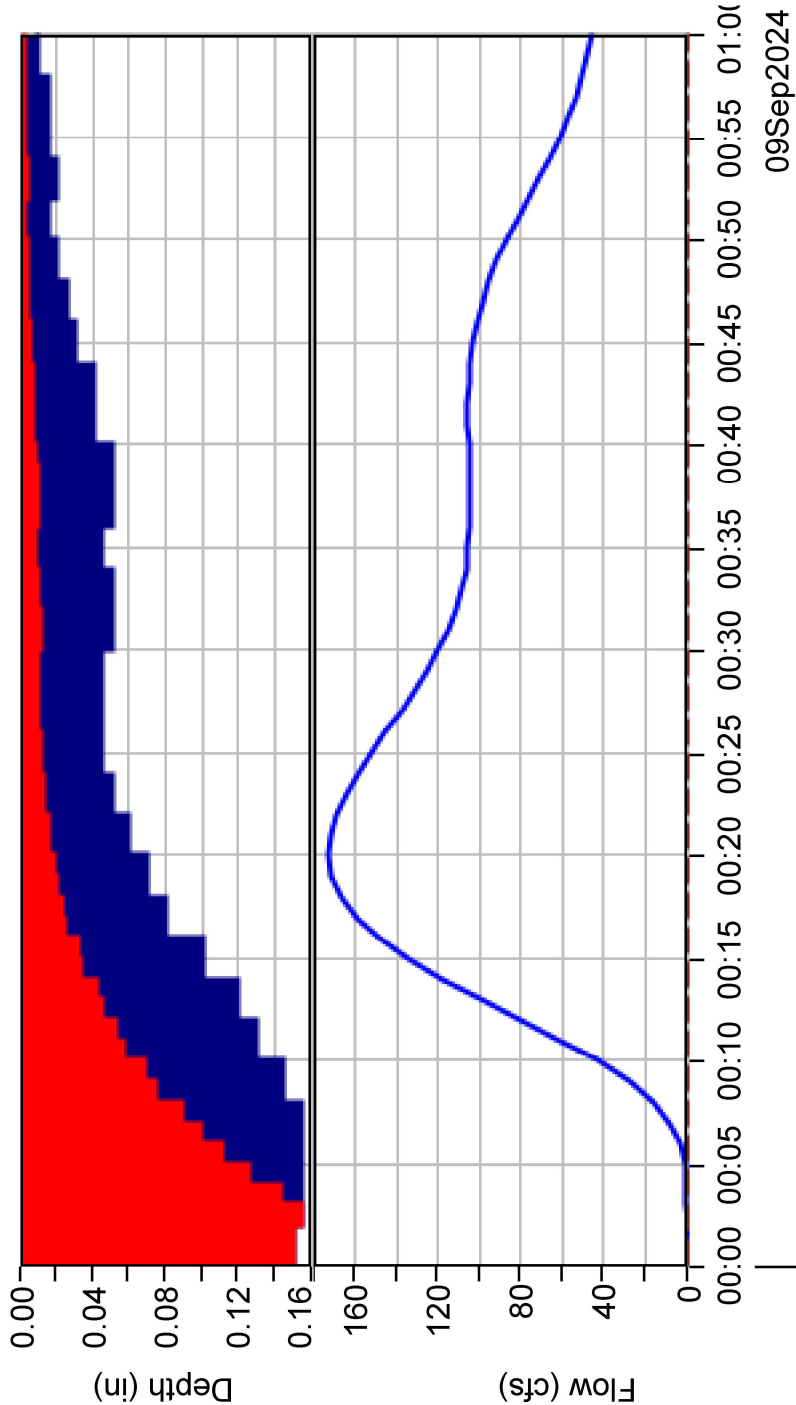
Subbasin "SB1-ProjectSite" Results for Run "Run-100yr1hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:06)

- Run:Run-100yr1hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-100yr1hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr1hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-100yr1hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-100yr1hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:06)

- Run:Run-100yr1hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run:Run-100yr1hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr1hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-100yr1hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo  
**Simulation Run:** Run-100yr6hrQ1  
**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00  
**Simulation End:** 9 September 2024, 06:00

**HMS Version:** 4.11  
**Executed:** 20 February 2025, 10:15

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI2)	
Element Name	Area (MI2)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1 - ProjectSite	0.06

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1 - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1 - ProjectSite	0	85	0.35

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1 - ProjectSite	5.47	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI2)	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	242.18	09Sep2024, 00:44	7.38
SB1 - ProjectSite	0.06	207.8	09Sep2024, 00:42	7.76
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	449.16	09Sep2024, 00:42	7.55



Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: Scs	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	242.18
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:44
Volume (IN)	7.38
Precipitation Volume (AC - FT)	35.8
Loss Volume (AC - FT)	8.25
Excess Volume (AC - FT)	27.55
Direct Runoff Volume (AC - FT)	27.55
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Subbasin: SB1-ProjectSite

Area (MI2) : 0.06  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	85
Initial Abstraction	0.35

Transform: Scs	
Lag	5.47
Unitgraph Type	Standard

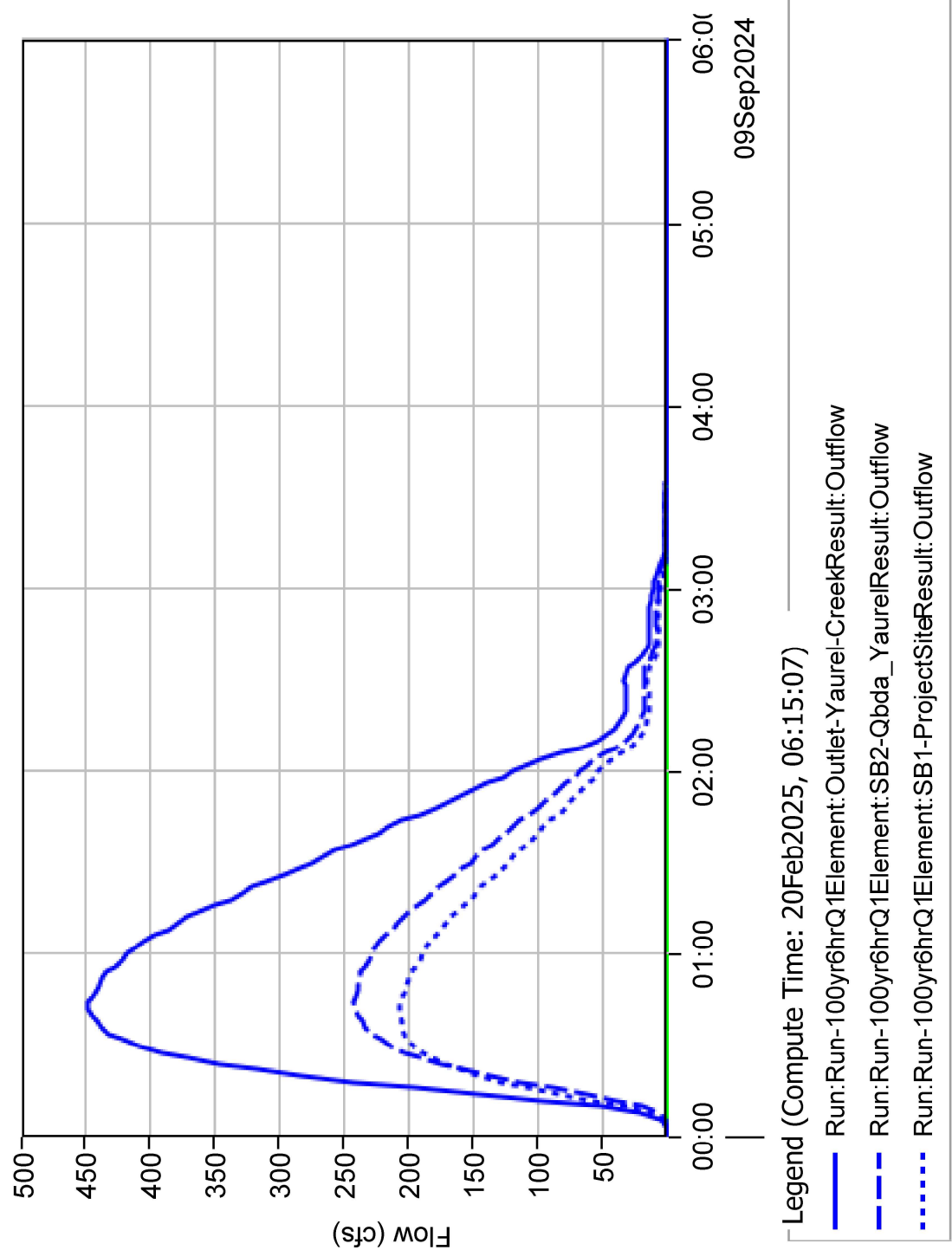
Results: SB1-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	207.8
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:42
Volume (IN)	7.76
Precipitation Volume (AC - FT)	29.15
Loss Volume (AC - FT)	5.58
Excess Volume (AC - FT)	23.58
Direct Runoff Volume (AC - FT)	23.58
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Sink: Outlet-Yaurel-Creek

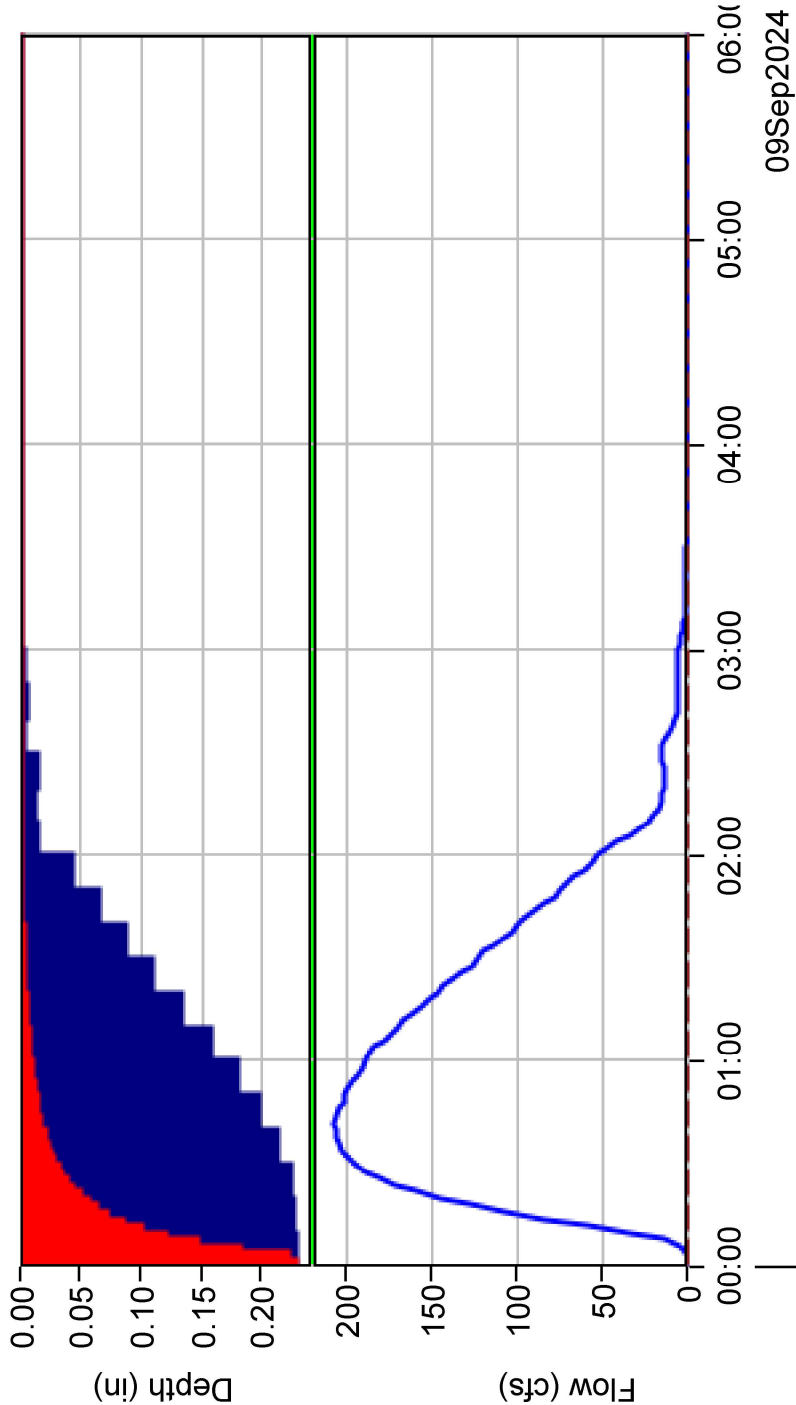
Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	449.16
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:42
Volume (IN)	7.55

Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-100yr6hrQ1"



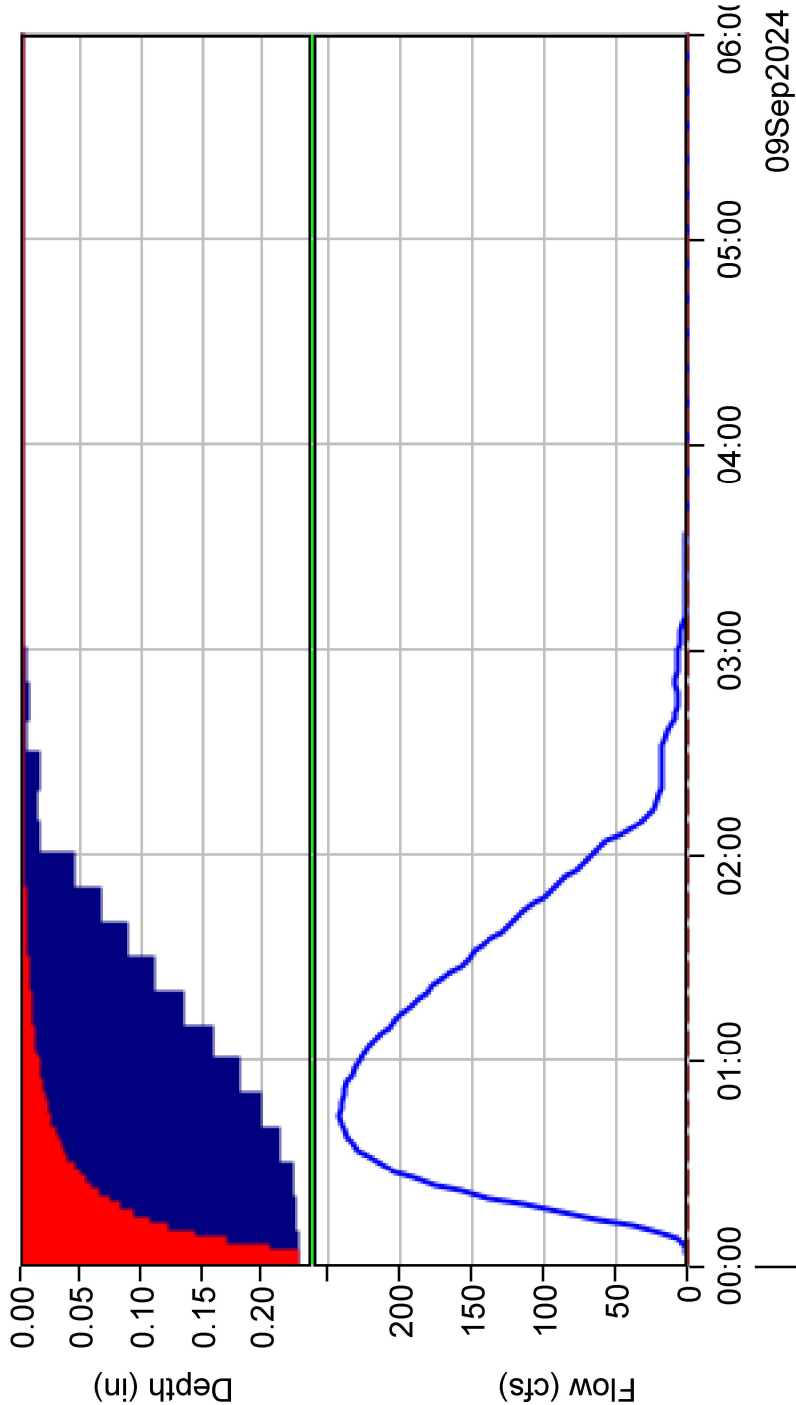
Subbasin "SB1-ProjectSite" Results for Run "Run-100yr6hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr6hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-100yr6hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr6hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-100yr6hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-100yr6hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr6hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run:Run-100yr6hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr6hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-100yr6hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo  
**Simulation Run:** Run-100yr12hrQ1  
**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00  
**Simulation End:** 9 September 2024, 12:00

**HMS Version:** 4.11  
**Executed:** 20 February 2025, 10:15

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI2)	
Element Name	Area (MI2)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1 - ProjectSite	0.06

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1 - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1 - ProjectSite	0	85	0.35

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1 - ProjectSite	5.47	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI2)	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	227.85	09Sep2024, 01:03	10.3
SB1 - ProjectSite	0.06	192.02	09Sep2024, 01:00	10.7
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	419.34	09Sep2024, 01:03	10.48

Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: Scs	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	227.85
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:03
Volume (IN)	10.3
Precipitation Volume (AC - FT)	47.04
Loss Volume (AC - FT)	8.58
Excess Volume (AC - FT)	38.46
Direct Runoff Volume (AC - FT)	38.46
Baseflow Volume (AC - FT)	0



Subbasin: SB1-ProjectSite

Area (MI2) : 0.06  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	85
Initial Abstraction	0.35

Transform: Scs	
Lag	5.47
Unitgraph Type	Standard

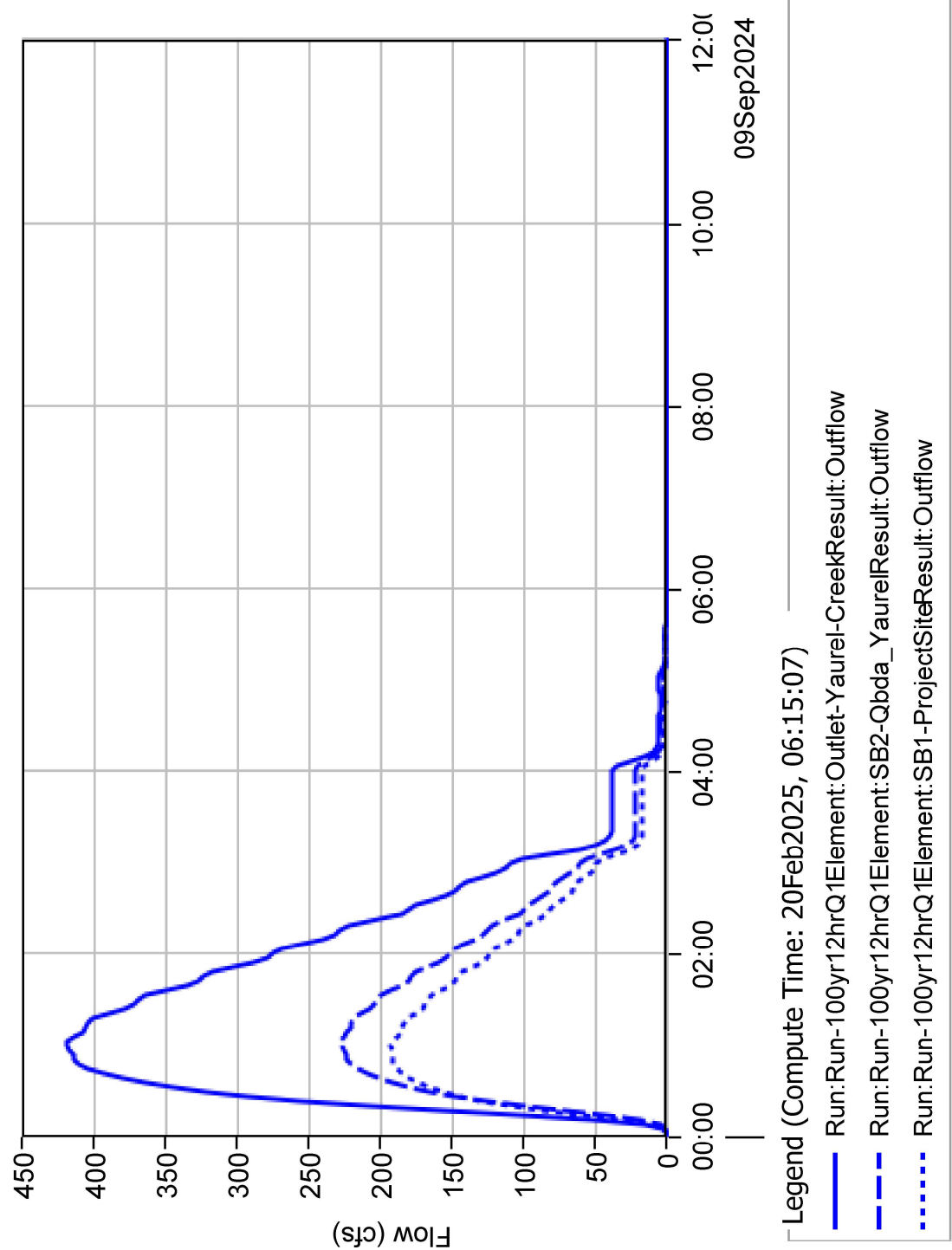
Results: SB1-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	192.02
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:00
Volume (IN)	10.7
Precipitation Volume (AC - FT)	38.3
Loss Volume (AC - FT)	5.76
Excess Volume (AC - FT)	32.54
Direct Runoff Volume (AC - FT)	32.54
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Sink: Outlet-Yaurel-Creek

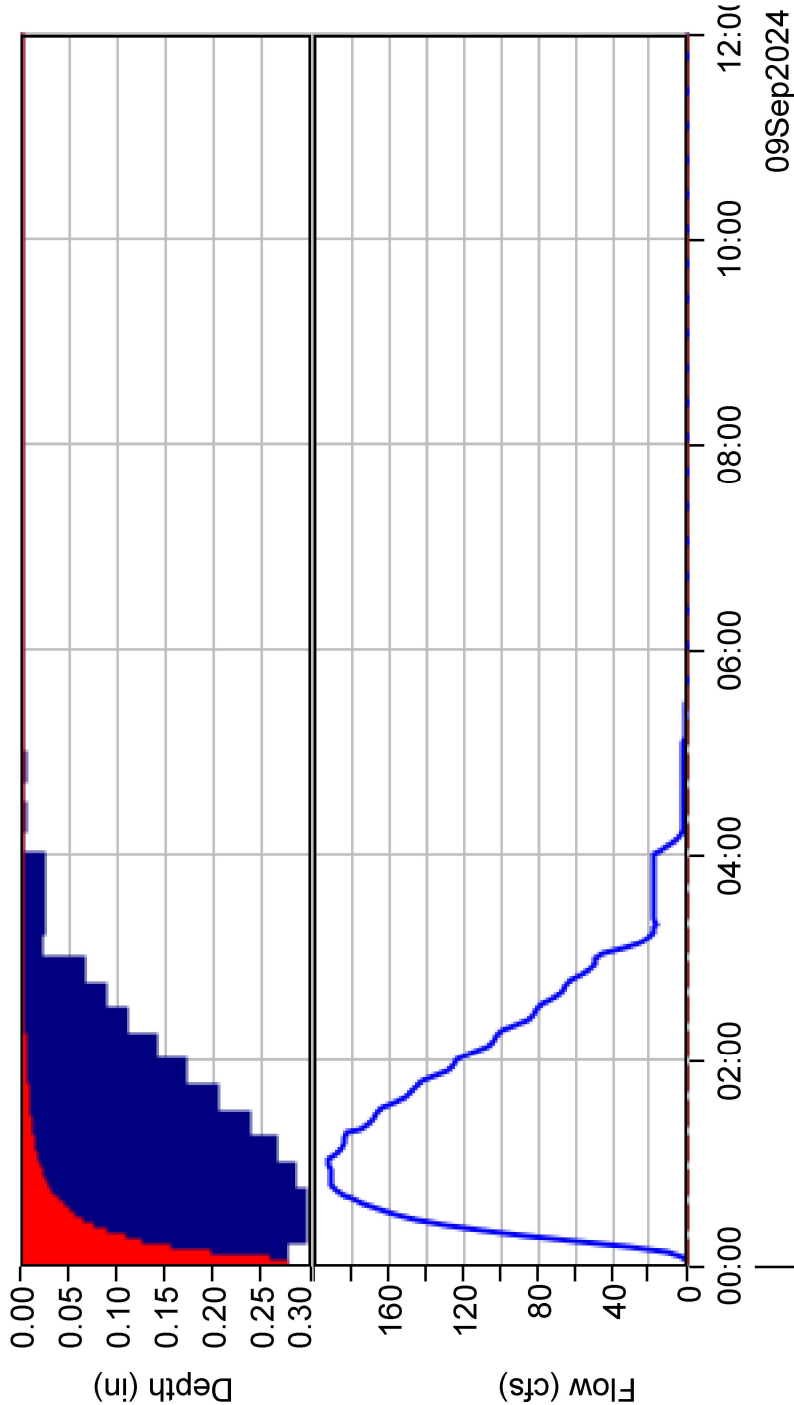
Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	419.34
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:03
Volume (IN)	10.48

Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-100yr12hrQ1"



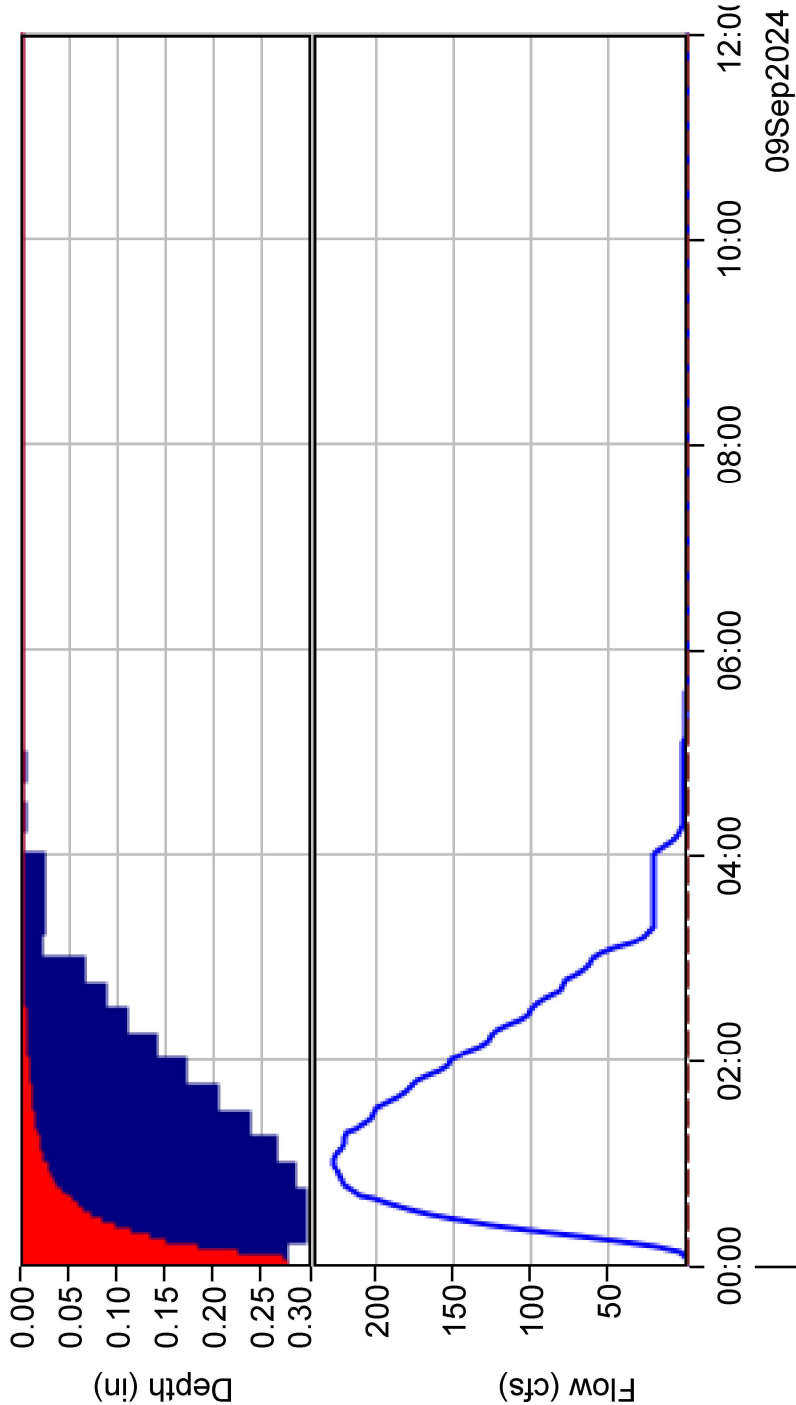
Subbasin "SB1-ProjectSite" Results for Run "Run-100yr12hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr12hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-100yr12hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr12hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-100yr12hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-100yr12hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr12hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run:Run-100yr12hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr12hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-100yr12hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo  
**Simulation Run:** Run-100yr24hrQ1  
**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00  
**Simulation End:** 9 September 2024, 24:00

**HMS Version:** 4.11  
**Executed:** 20 February 2025, 10:15

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI2)	
Element Name	Area (MI2)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1 - ProjectSite	0.06

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1 - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1 - ProjectSite	0	85	0.35

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1 - ProjectSite	5.47	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI2)	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	209.04	09Sep2024, 02:00	13.83
SB1 - ProjectSite	0.06	174.59	09Sep2024, 01:30	14.26
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	382.78	09Sep2024, 01:30	14.02

Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: Scs	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	209.04
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 02:00
Volume (IN)	13.83
Precipitation Volume (AC - FT)	60.48
Loss Volume (AC - FT)	8.83
Excess Volume (AC - FT)	51.65
Direct Runoff Volume (AC - FT)	51.65
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Subbasin: SB1-ProjectSite

Area (MI2) : 0.06  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	85
Initial Abstraction	0.35

Transform: Scs	
Lag	5.47
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	174.59
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:30
Volume (IN)	14.26
Precipitation Volume (AC - FT)	49.25
Loss Volume (AC - FT)	5.9
Excess Volume (AC - FT)	43.35
Direct Runoff Volume (AC - FT)	43.35
Baseflow Volume (AC - FT)	0

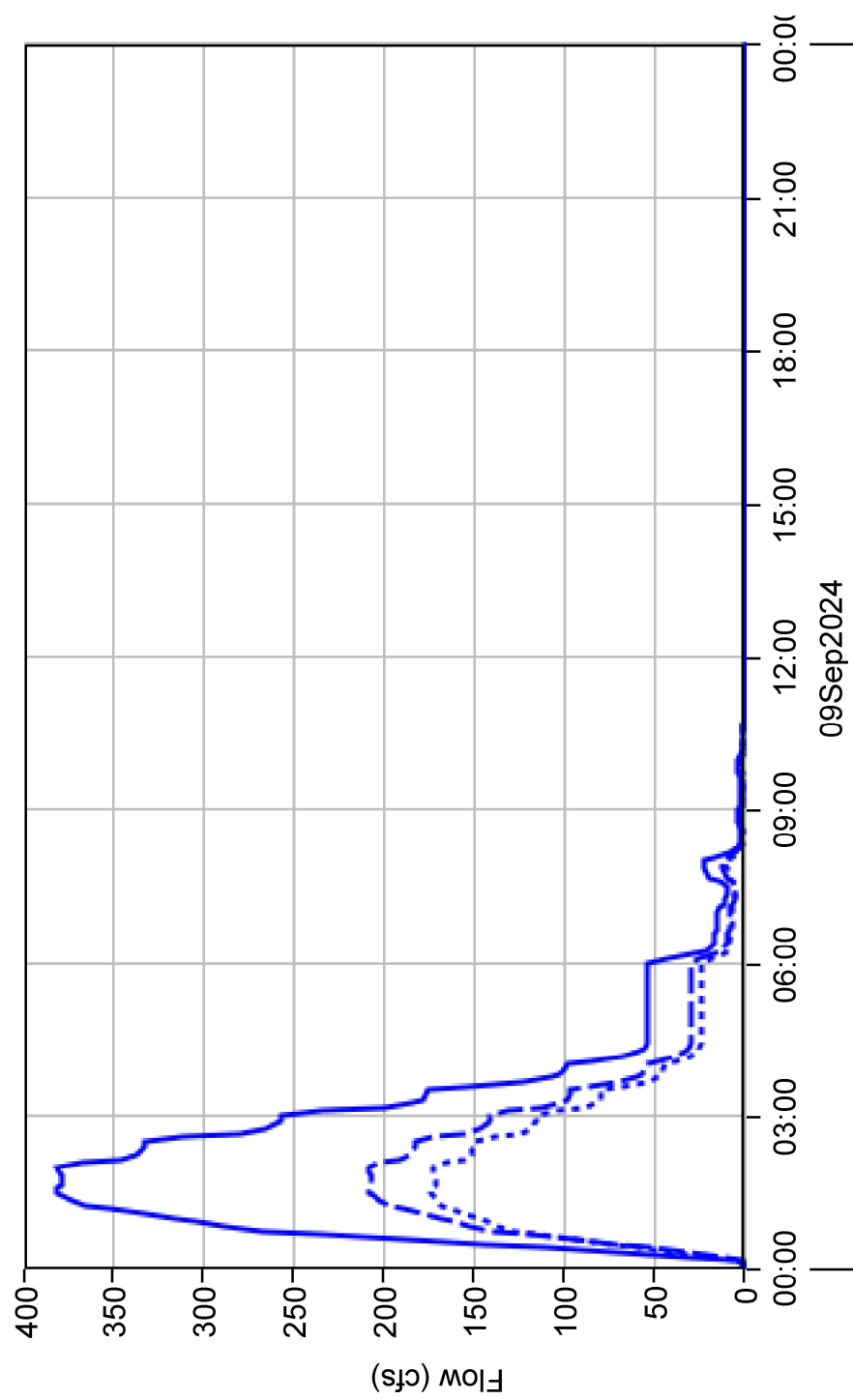


Sink: Outlet-Yaurel-Creek

Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	382.78
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:30
Volume (IN)	14.02

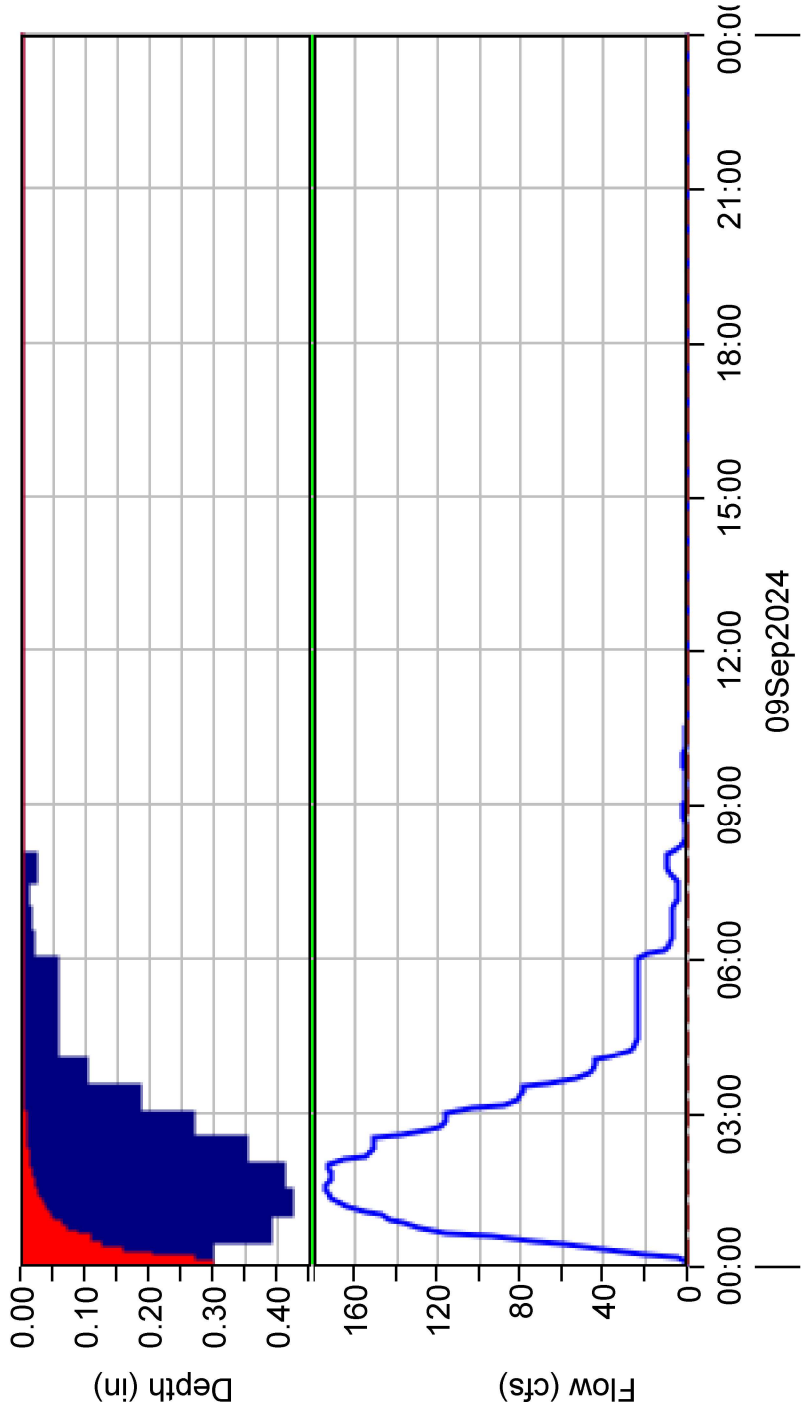
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-100yr24hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr24hrQ1Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run:Run-100yr24hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-100yr24hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow

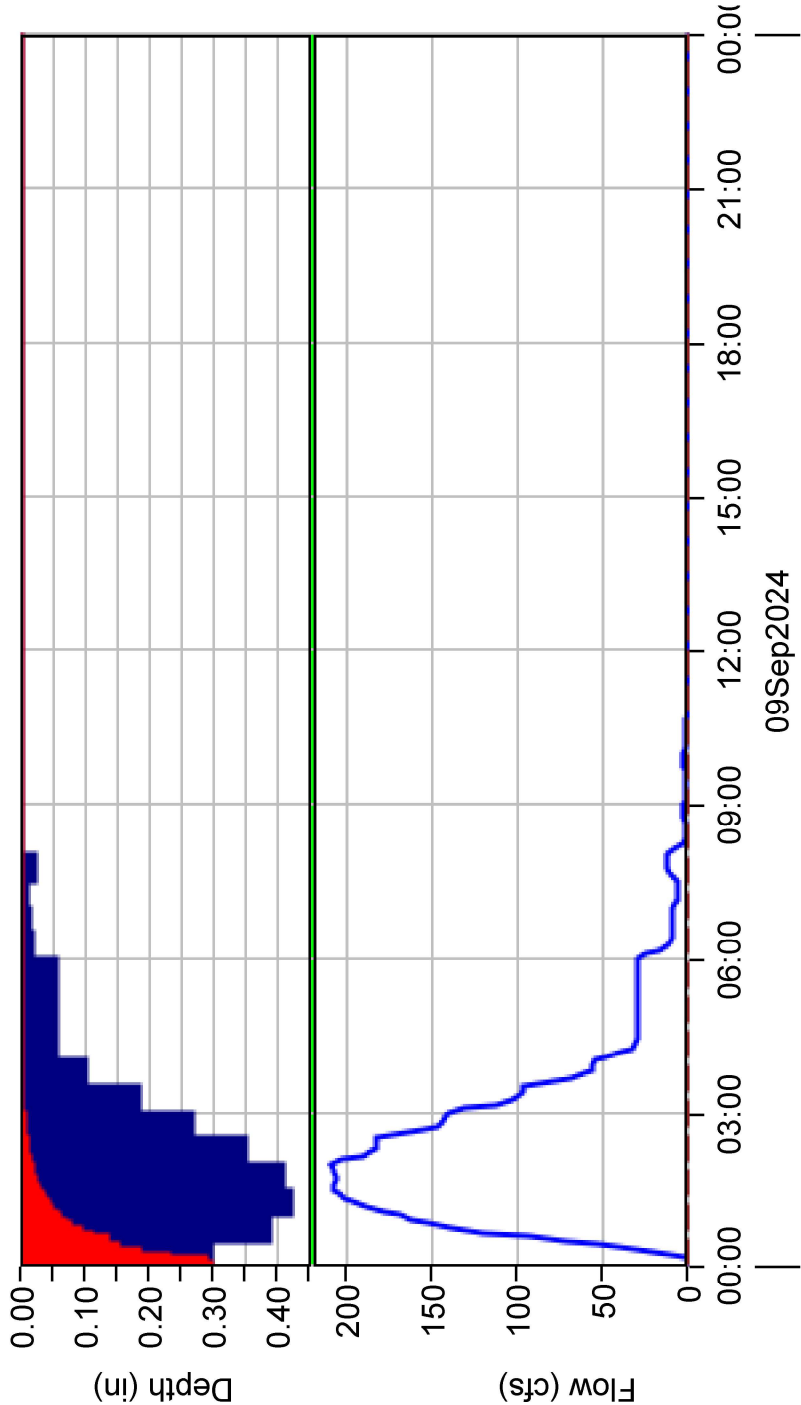
Subbasin "SB1-ProjectSite" Results for Run "Run-100yr24hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run-100yr24hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run-100yr24hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run-100yr24hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Outflow
- Run-100yr24hrQ1Element:SB1-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-100yr24hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 06:15:07)

- Run:Run-100yr24hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run:Run-100yr24hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-100yr24hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-100yr24hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

# APENDICE I

Resultados Análisis Hidrológico – Condición Propuesta: Cuartil 1

**Project:** Srsm Arroyo

**Simulation Run:** Run-PropCond-100yr1hrQ1

**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00

**Simulation End:** 9 September 2024, 01:00

**HMS Version:** 4.11

**Executed:** 20 February 2025, 11:21

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI <sup>2</sup> )	
Element Name	Area (MI <sup>2</sup> )
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1A - ProjectSite	0.05
SB1B - ProjectSite	0.01

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1A - ProjectSite	Detention - Pond
SB1B - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1A - ProjectSite	0	86	0.33
SB1B - ProjectSite	0	83	0.41

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1A - ProjectSite	5.74	Standard
SB1B - ProjectSite	4.45	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI <sup>2</sup> )	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
--------------------	----------------------------------	----------------------	--------------	-------------

SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	172.71	09Sep2024, 00:20	2.05
SB1A - ProjectSite	0.05	150	09Sep2024, 00:18	2.4
Detention - Pond	0.05	128.52	09Sep2024, 00:23	2.38
SB1B - ProjectSite	0.01	22.49	09Sep2024, 00:17	2.18
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	318.12	09Sep2024, 00:21	2.19

Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

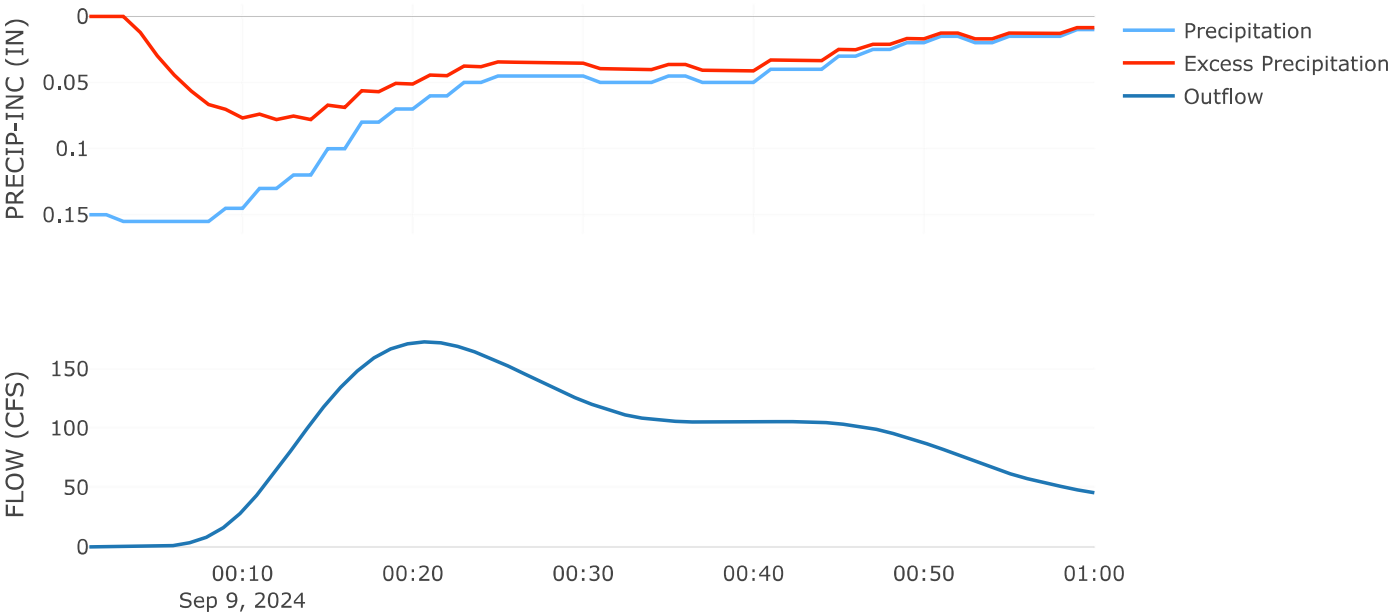
Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: SCS	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	172.71
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:20
Volume (IN)	2.05
Precipitation Volume (AC - FT)	14.78
Loss Volume (AC - FT)	6.69
Excess Volume (AC - FT)	8.1
Direct Runoff Volume (AC - FT)	7.65
Baseflow Volume (AC - FT)	0



Precipitation and Outflow



Subbasin: SB1A-ProjectSite

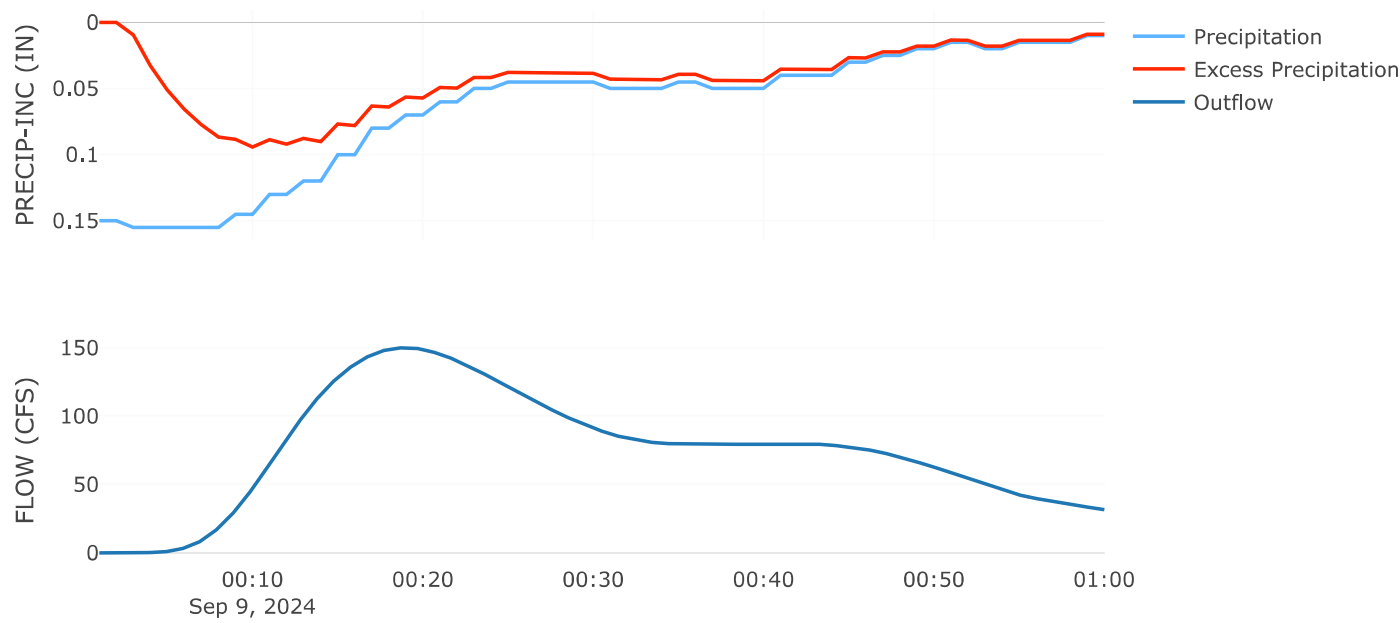
Area (MI2) : 0.05  
Downstream : Detention - Pond

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	86
Initial Abstraction	0.33

Transform: SCS	
Lag	5.74
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1A-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	150
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:18
Volume (IN)	2.4
Precipitation Volume (AC - FT)	10.35
Loss Volume (AC - FT)	3.79
Excess Volume (AC - FT)	6.56
Direct Runoff Volume (AC - FT)	6.28
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



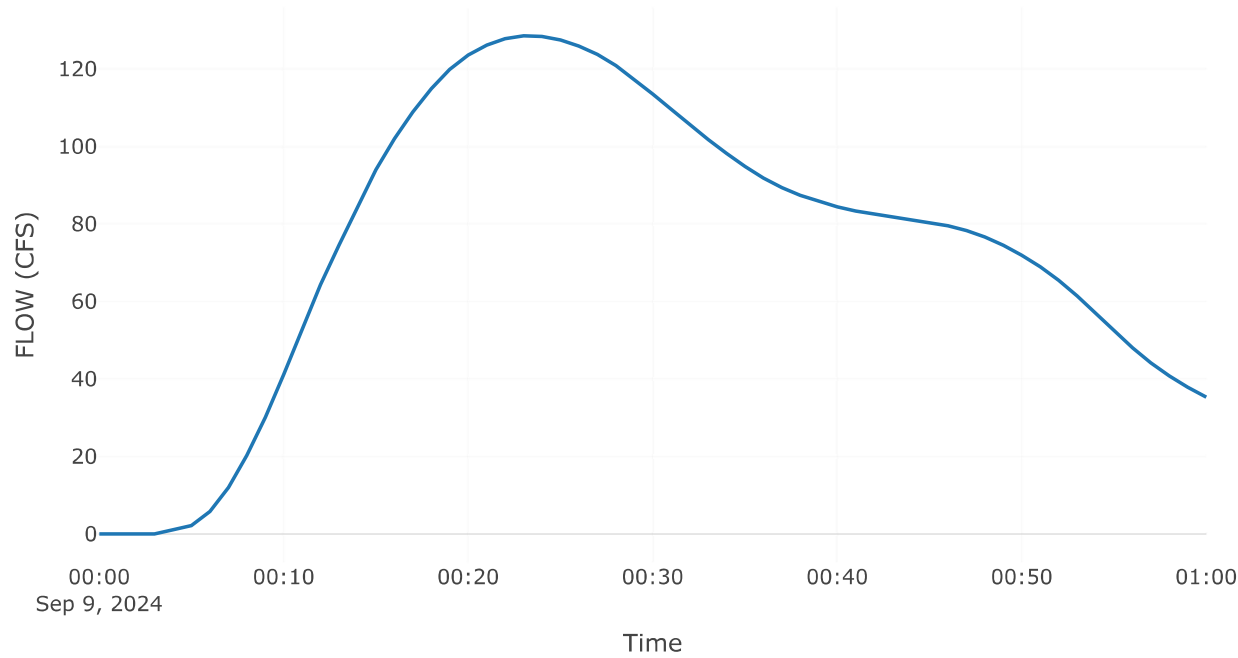
# Reservoir: Detention-Pond

**Downstream** : Outlet - Yaurel - Creek

## Results: Detention-Pond

Peak Discharge (CFS)	128.52
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:23
Volume (IN)	2.38
Peak Inflow (CFS)	150
Time of Peak Inflow	09Sep2024, 00:18
Inflow Volume (AC - FT)	6.28
Maximum Storage (AC - FT)	0.96
Peak Elevation (FT)	6.26
Discharge Volume (AC - FT)	6.23

Outflow



Subbasin: SB1B-ProjectSite

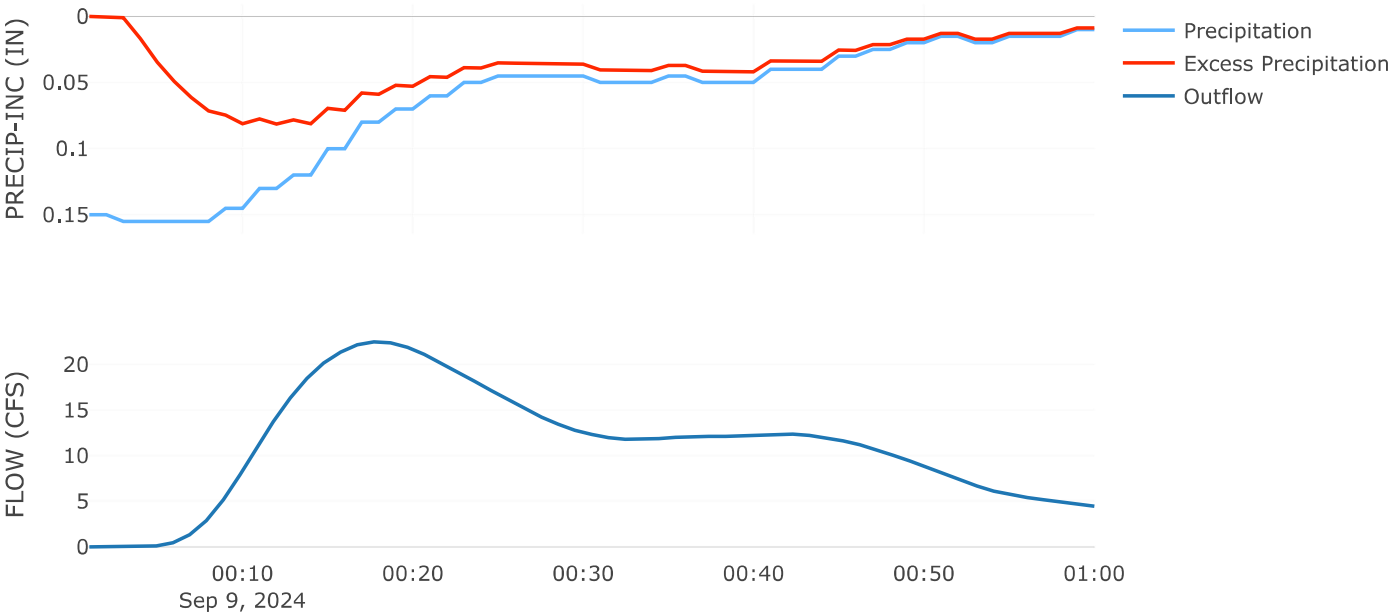
Area (MI2) : 0.01  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	83
Initial Abstraction	0.41

Transform: SCS	
Lag	4.45
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1B-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	22.49
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:17
Volume (IN)	2.18
Precipitation Volume (AC - FT)	1.69
Loss Volume (AC - FT)	0.73
Excess Volume (AC - FT)	0.96
Direct Runoff Volume (AC - FT)	0.93
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow

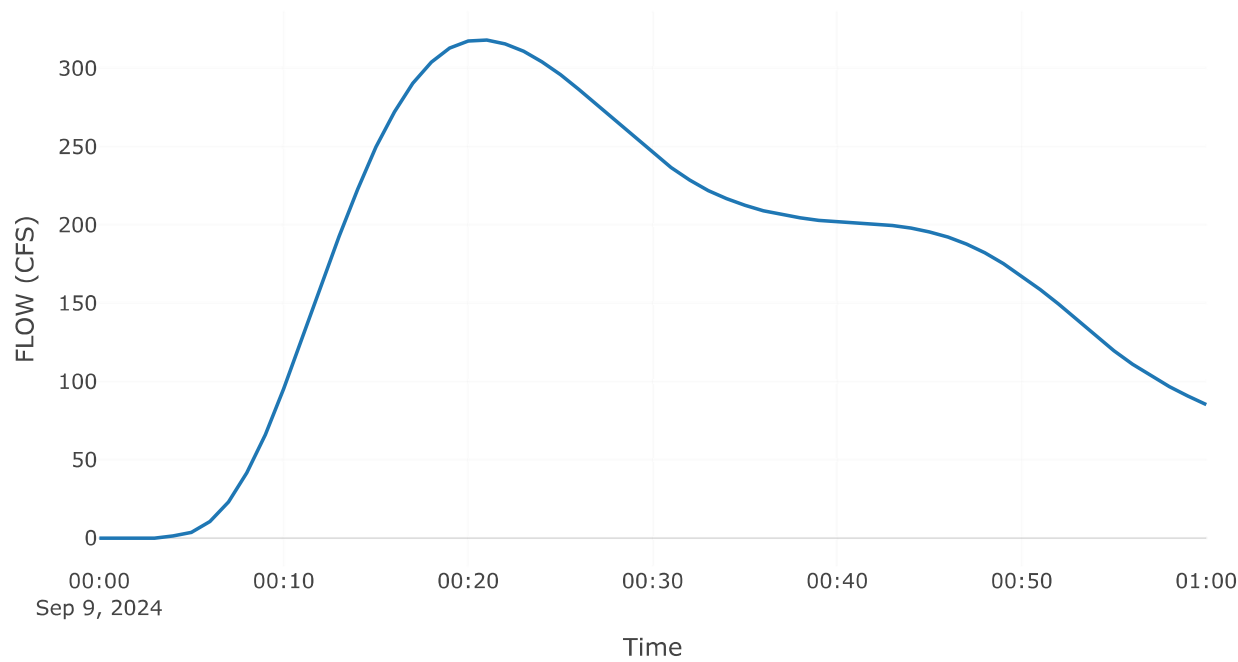


Sink: Outlet-Yaurel-Creek

Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	318.12
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:21
Volume (IN)	2.19

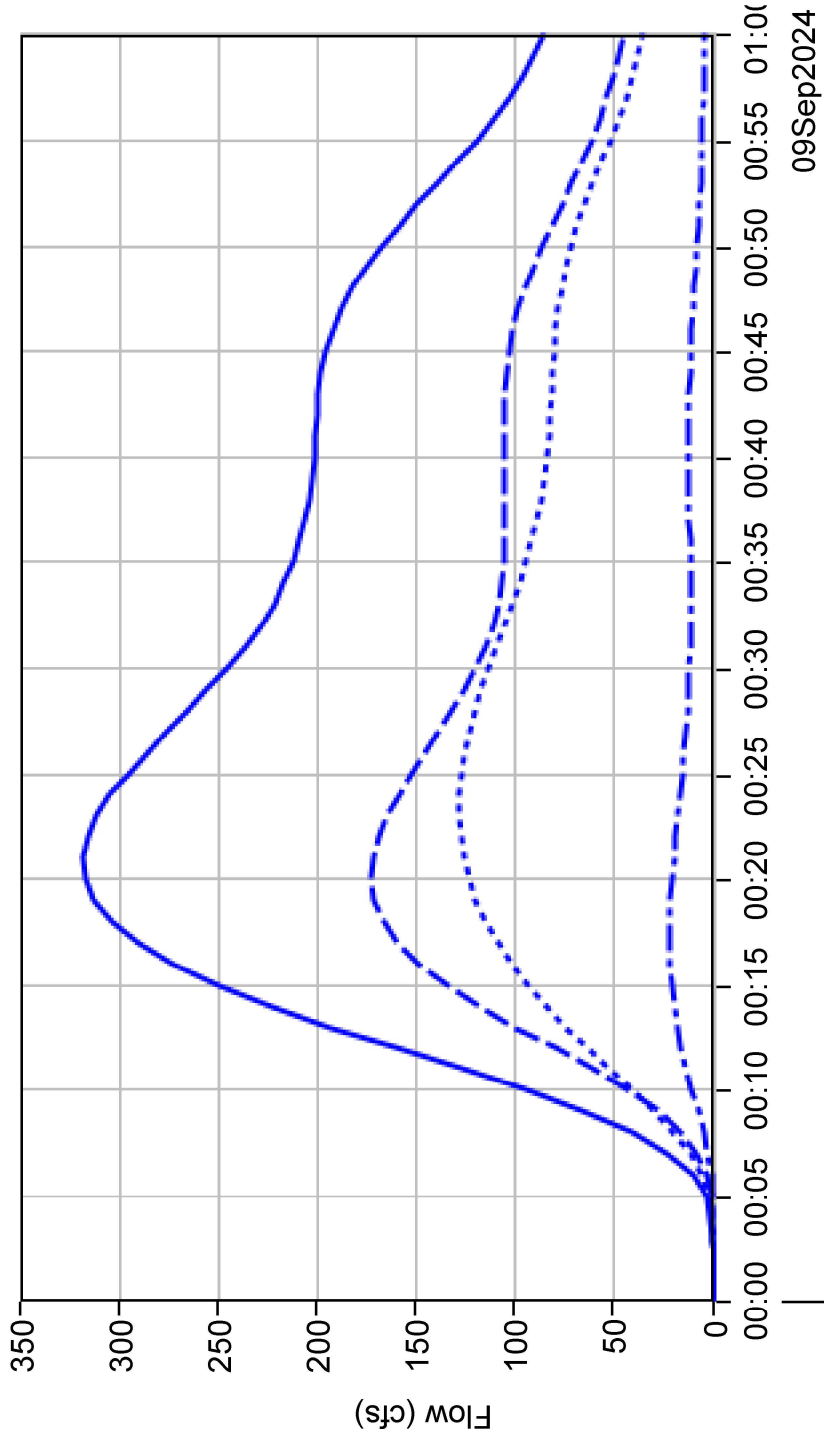
Outflow







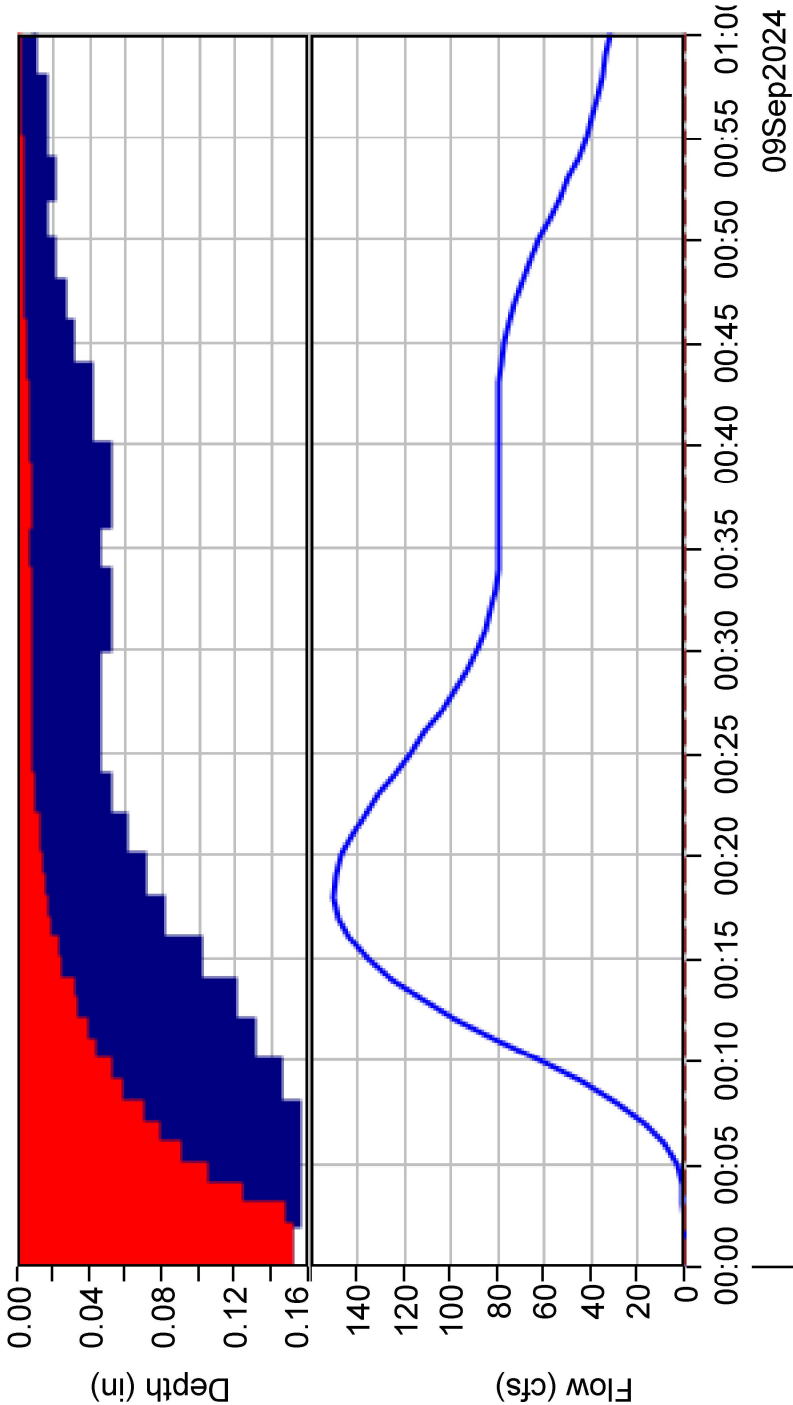
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-PropCond-100yr1hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run-PropCond-100yr1hrQ1Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr1hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaureResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr1hrQ1Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr1hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow

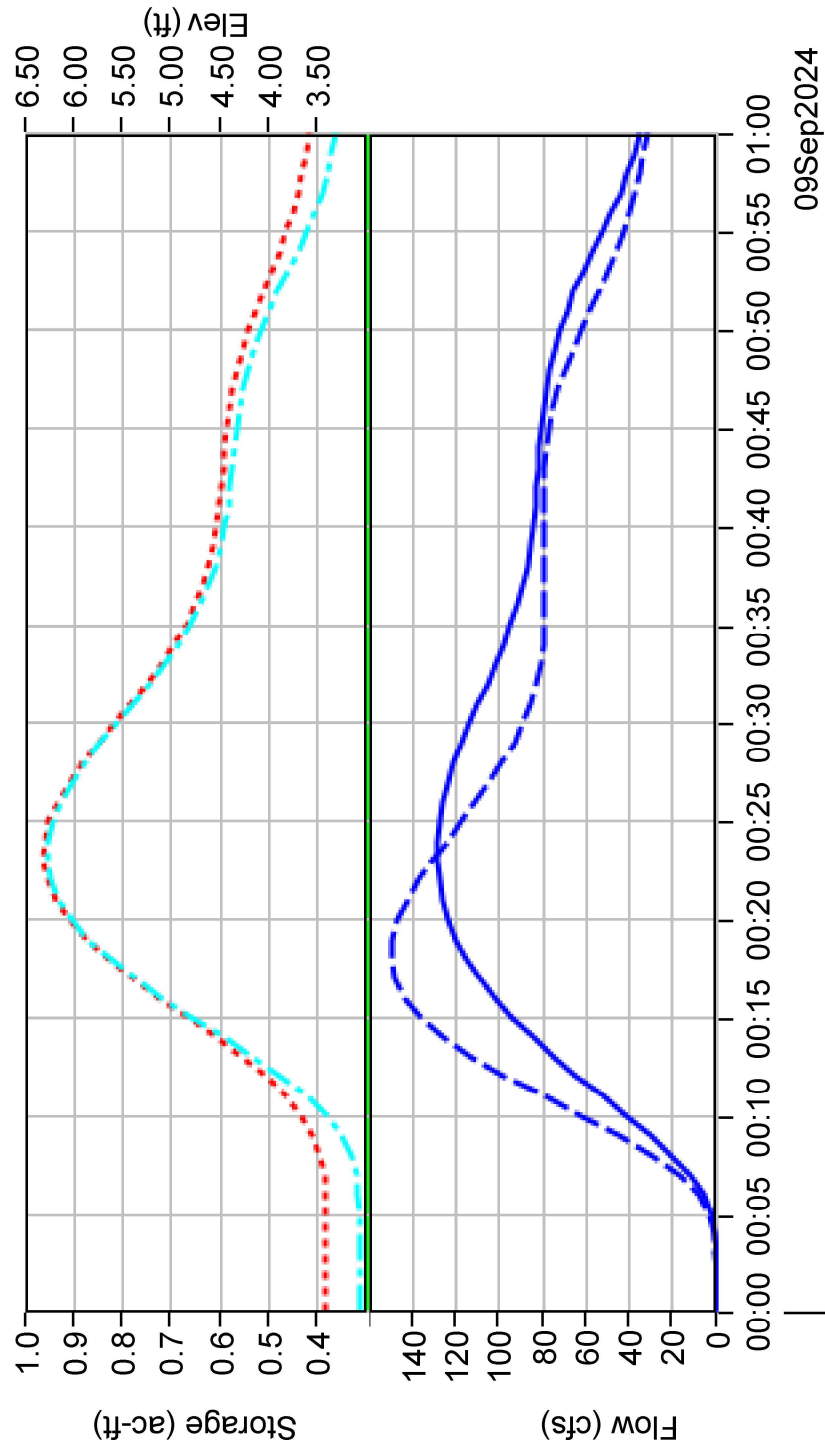
Subbasin "SB1A-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr1hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:SB1A-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:SB1A-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:SB1A-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:SB1A-ProjectSiteResult:Baseflow

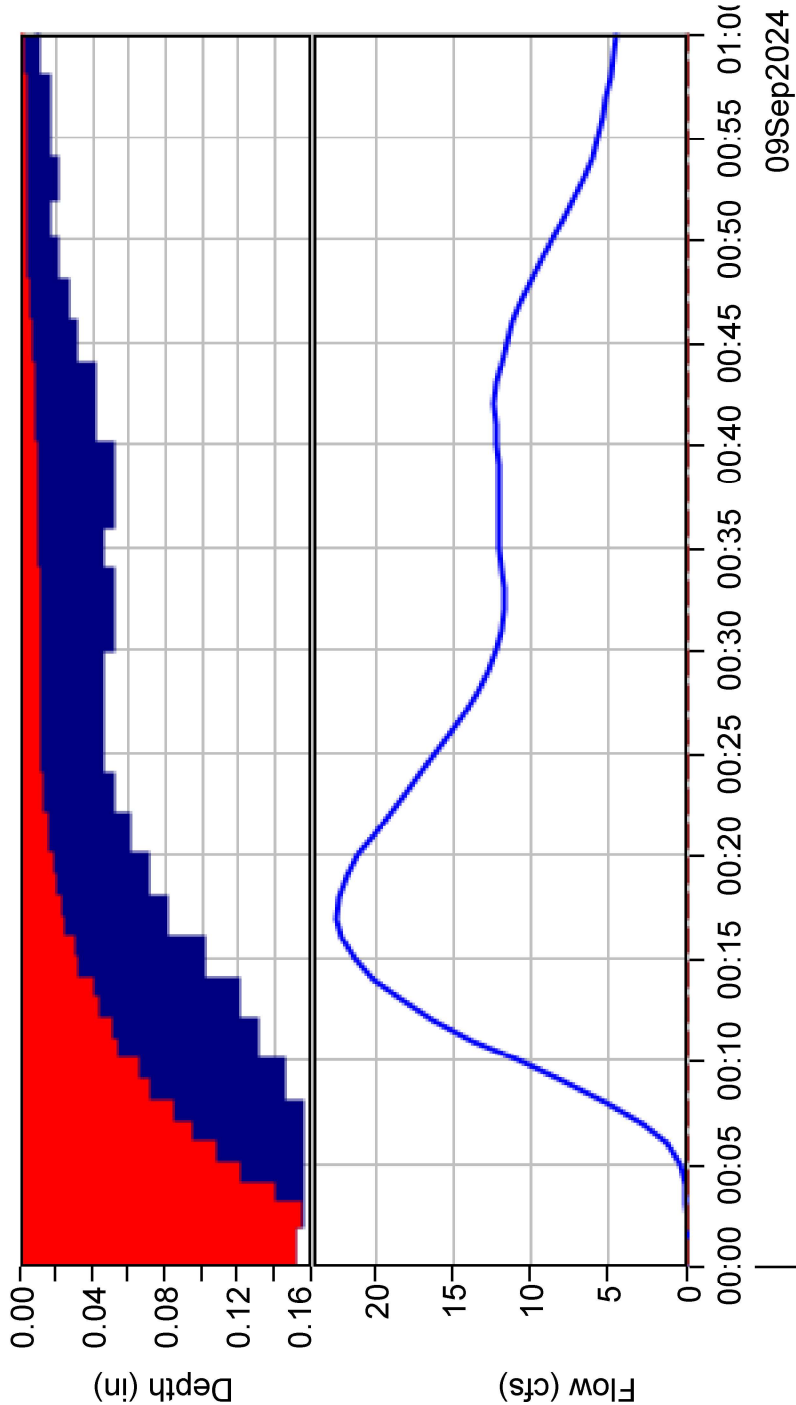
Reservoir "Detention-Pond" Results for Run "Run-PropCond-100yr1hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:Detention-PondResult:Storage
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:Detention-PondResult:PooElevation
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:Detention-PondResult:CombinedInflow

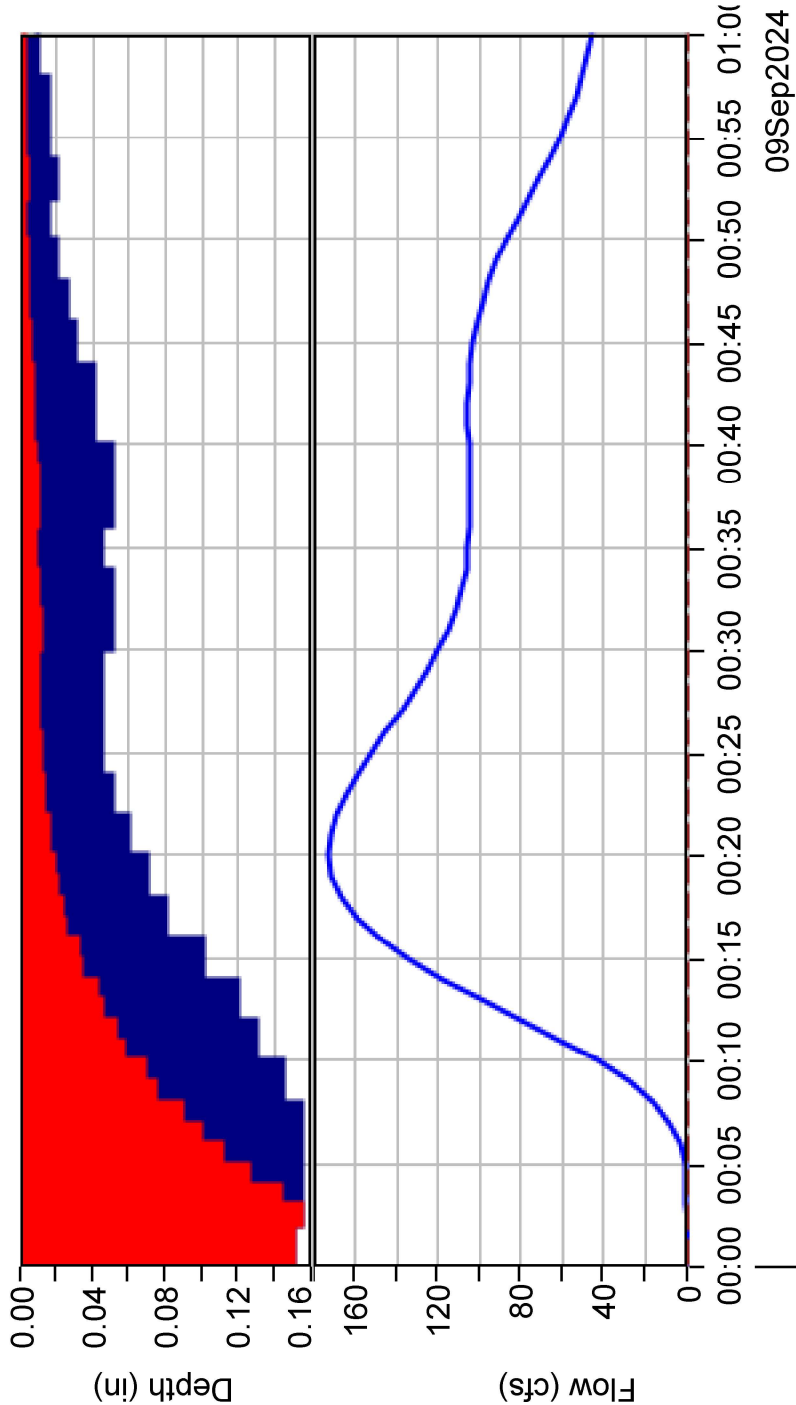
Subbasin "SB1B-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr1hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:SB1B-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:SB1B-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ Element:SB1B-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-PropCond-100yr1hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

Run:Run-PropCond-100yr1hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation

Run:Run-PropCond-100yr1hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss

Run:Run-PropCond-100yr1hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow

Run:Run-PropCond-100yr1hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo

**Simulation Run:** Run-PropCond-100yr6hrQ1

**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00

**Simulation End:** 9 September 2024, 06:00

**HMS Version:** 4.11

**Executed:** 20 February 2025, 11:21

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI2)	
Element Name	Area (MI2)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1A - ProjectSite	0.05
SB1B - ProjectSite	0.01

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1A - ProjectSite	Detention - Pond
SB1B - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1A - ProjectSite	0	86	0.33
SB1B - ProjectSite	0	83	0.41

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1A - ProjectSite	5.74	Standard
SB1B - ProjectSite	4.45	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI2)	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
--------------------	---------------------	----------------------	--------------	-------------

SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	242.18	09Sep2024, 00:44	7.38
SB1A - ProjectSite	0.05	181.08	09Sep2024, 00:42	7.88
Detention - Pond	0.05	176.22	09Sep2024, 00:48	7.88
SB1B - ProjectSite	0.01	28.4	09Sep2024, 00:42	7.51
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	443.78	09Sep2024, 00:46	7.58

Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

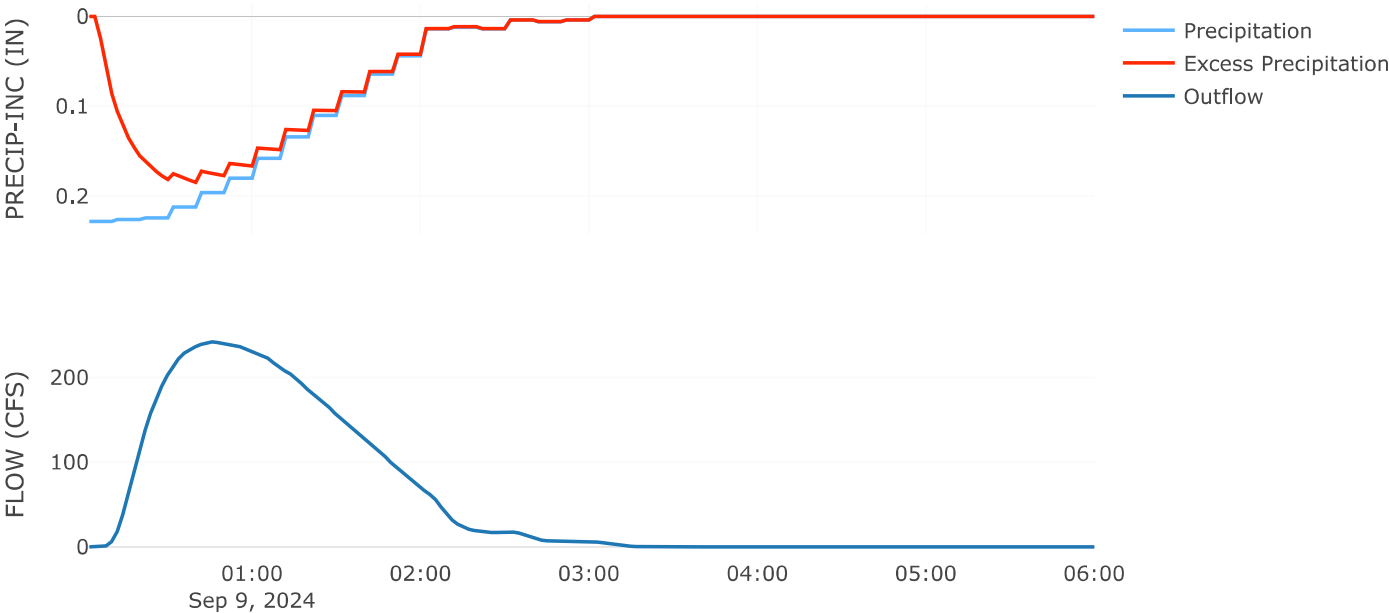
Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: SCS	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	242.18
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:44
Volume (IN)	7.38
Precipitation Volume (AC - FT)	35.8
Loss Volume (AC - FT)	8.25
Excess Volume (AC - FT)	27.55
Direct Runoff Volume (AC - FT)	27.55
Baseflow Volume (AC - FT)	0



Precipitation and Outflow



Subbasin: SB1A-ProjectSite

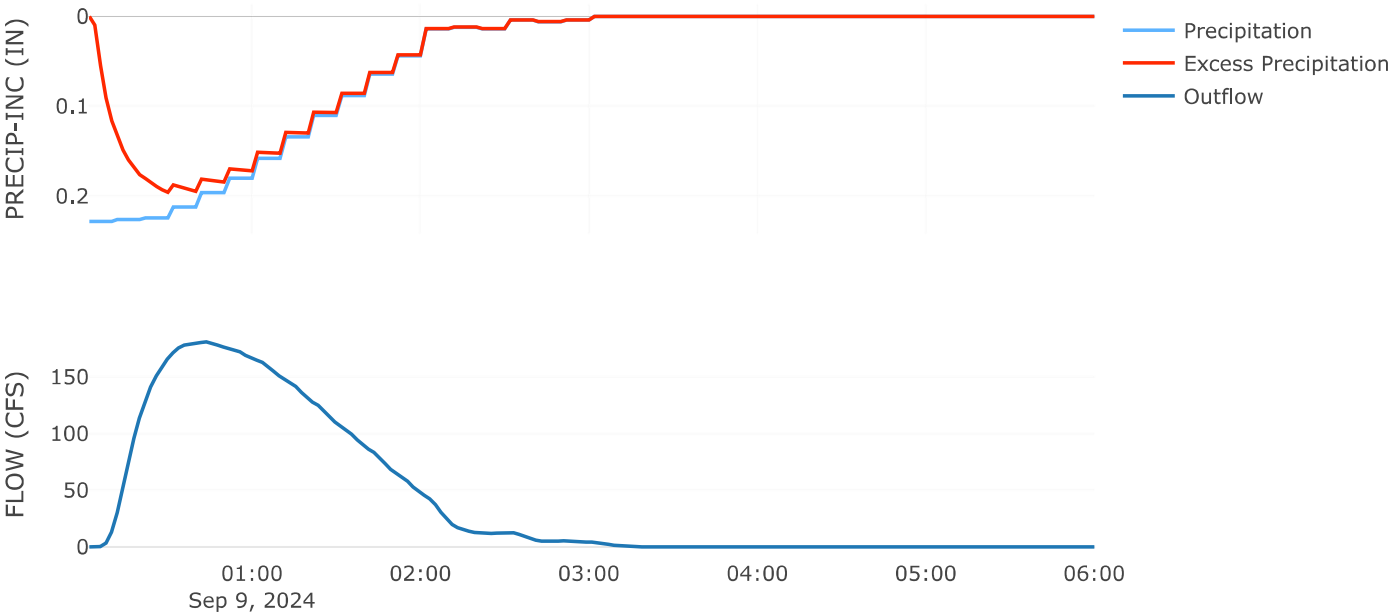
Area (MI2) : 0.05  
Downstream : Detention - Pond

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	86
Initial Abstraction	0.33

Transform: SCS	
Lag	5.74
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1A-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	181.08
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:42
Volume (IN)	7.88
Precipitation Volume (AC - FT)	25.06
Loss Volume (AC - FT)	4.47
Excess Volume (AC - FT)	20.59
Direct Runoff Volume (AC - FT)	20.59
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



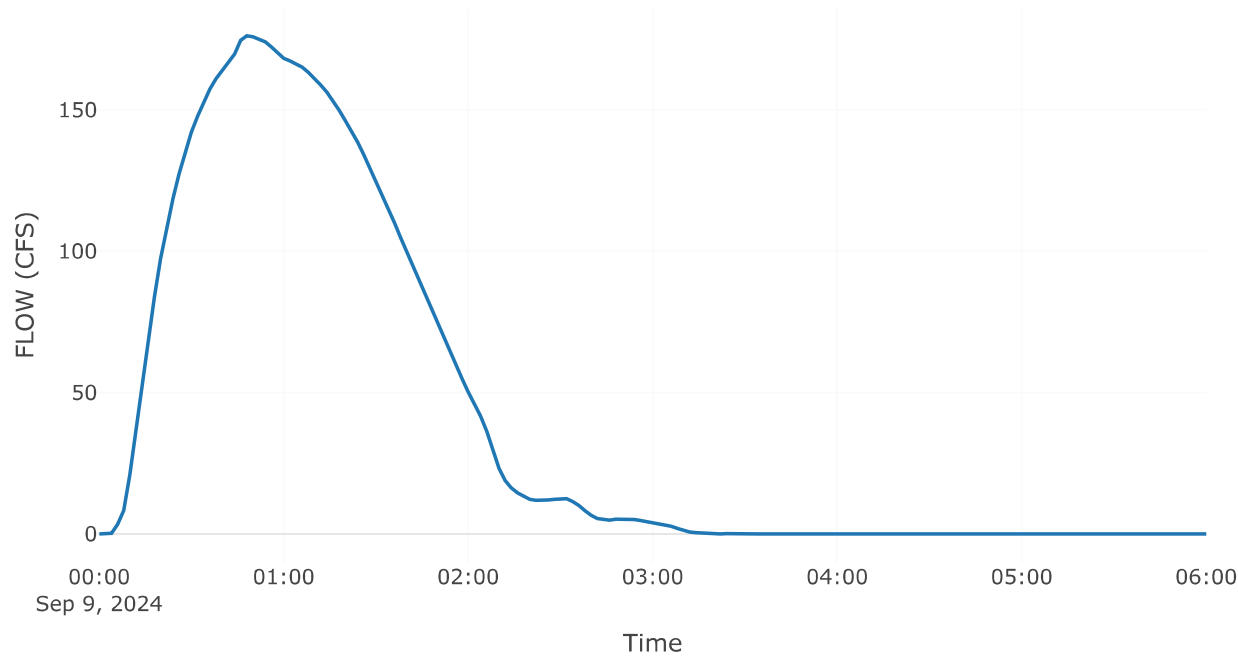
# Reservoir: Detention-Pond

**Downstream** : Outlet - Yaurel - Creek

## Results: Detention-Pond

Peak Discharge (CFS)	176.22
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:48
Volume (IN)	7.88
Peak Inflow (CFS)	181.08
Time of Peak Inflow	09Sep2024, 00:42
Inflow Volume (AC - FT)	20.59
Maximum Storage (AC - FT)	1.54
Peak Elevation (FT)	8.64
Discharge Volume (AC - FT)	20.58

Outflow



Subbasin: SB1B-ProjectSite

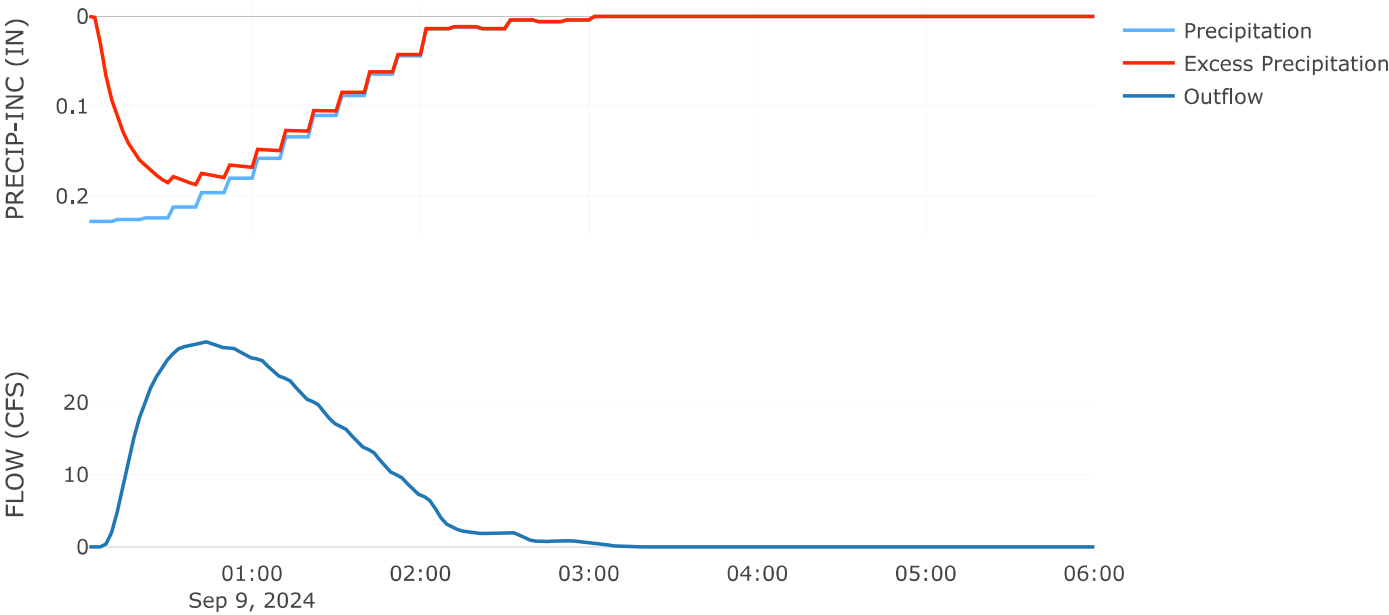
Area (MI2) : 0.01  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	83
Initial Abstraction	0.41

Transform: SCS	
Lag	4.45
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1B-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	28.4
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:42
Volume (IN)	7.51
Precipitation Volume (AC - FT)	4.09
Loss Volume (AC - FT)	0.89
Excess Volume (AC - FT)	3.2
Direct Runoff Volume (AC - FT)	3.2
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow

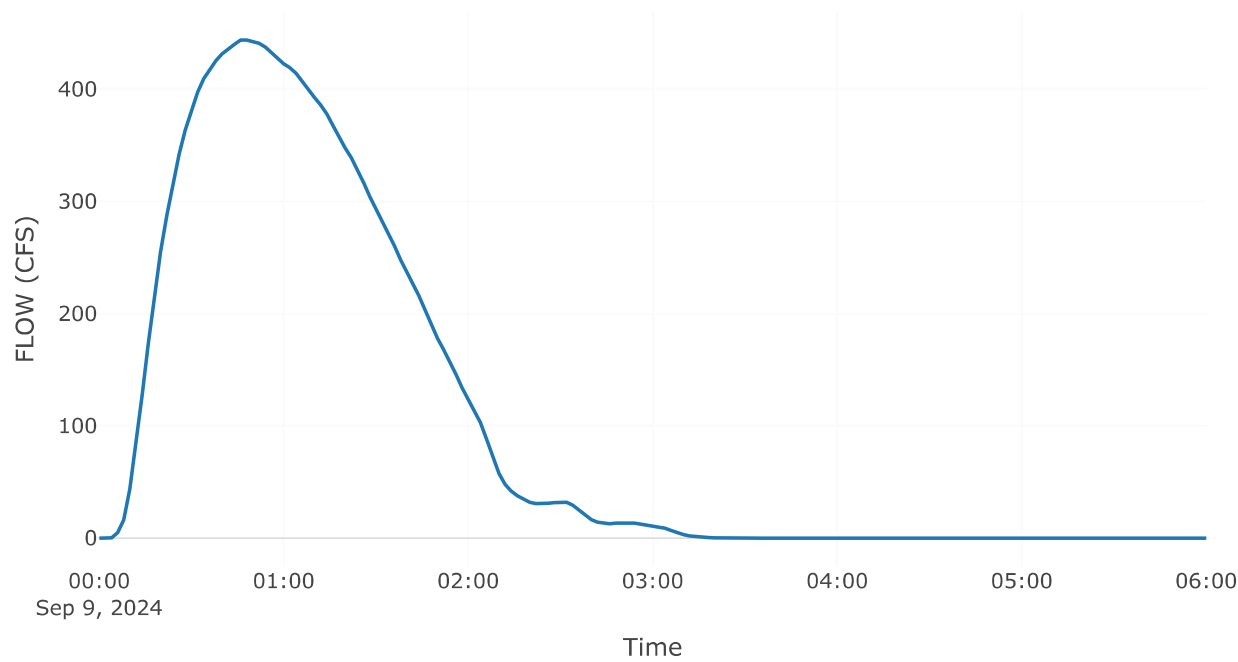


Sink: Outlet-Yaurel-Creek

Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	443.78
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 00:46
Volume (IN)	7.58

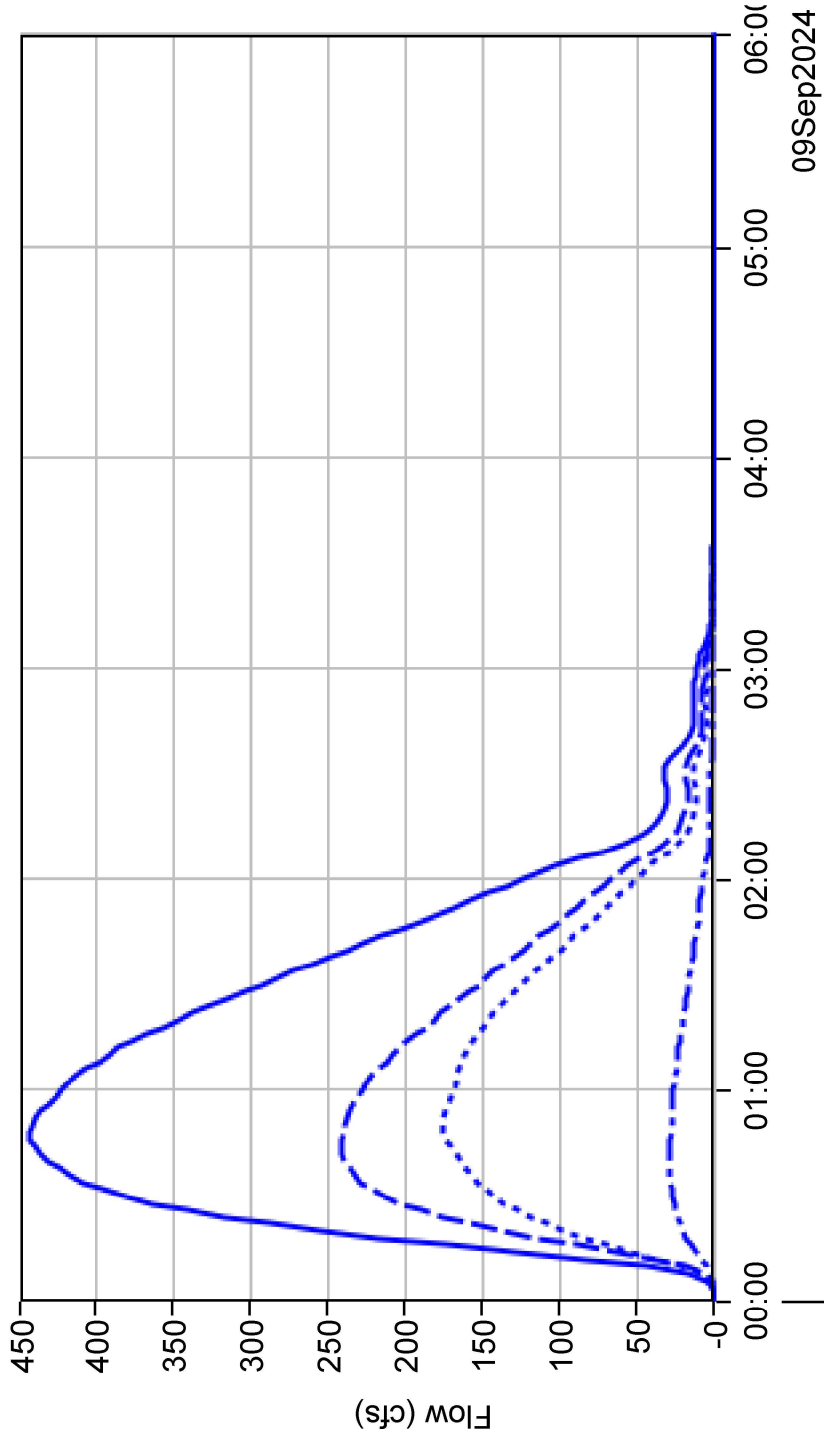
Outflow







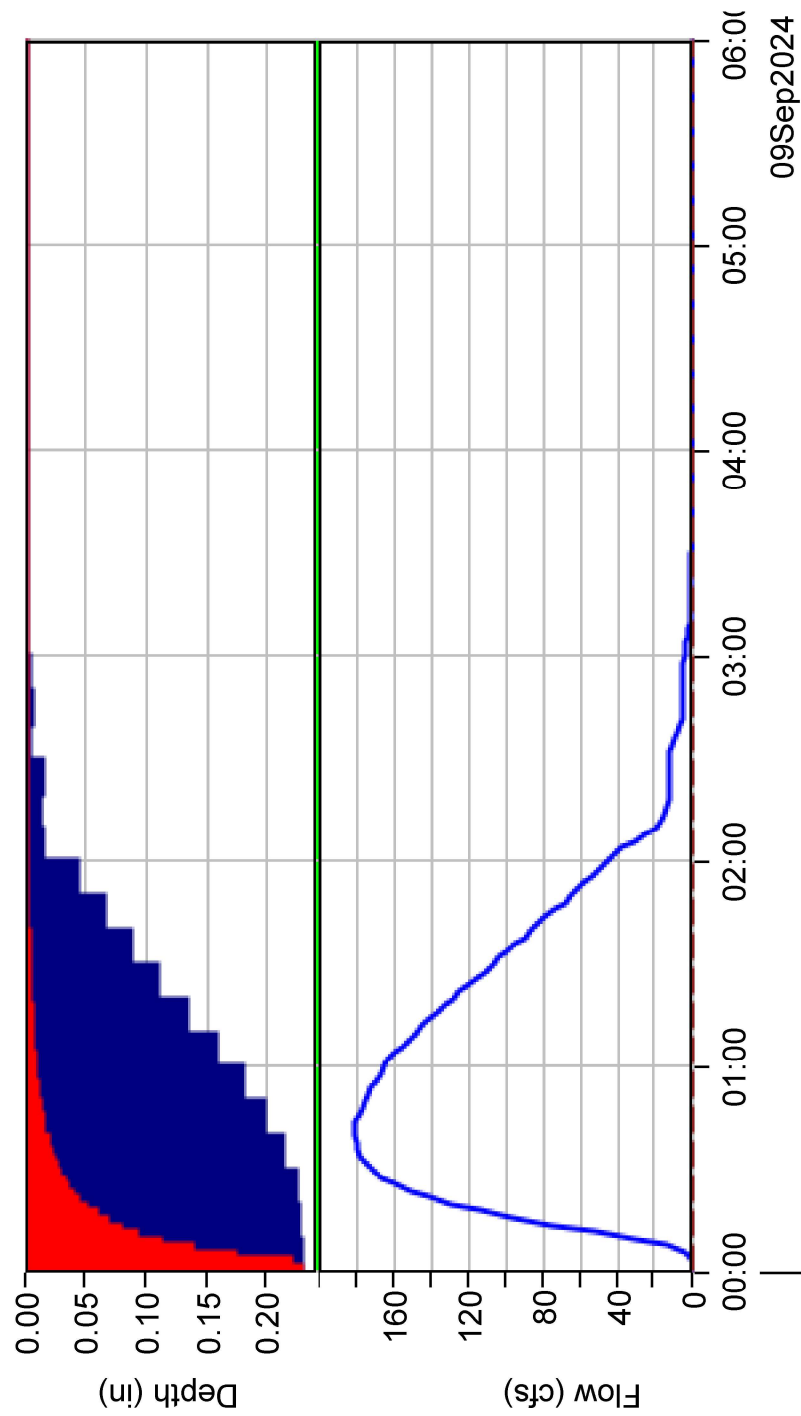
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-PropCond-100yr6hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:08)

- Run-PropCond-100yr6hrQ1Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr6hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaureResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr6hrQ1Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr6hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow

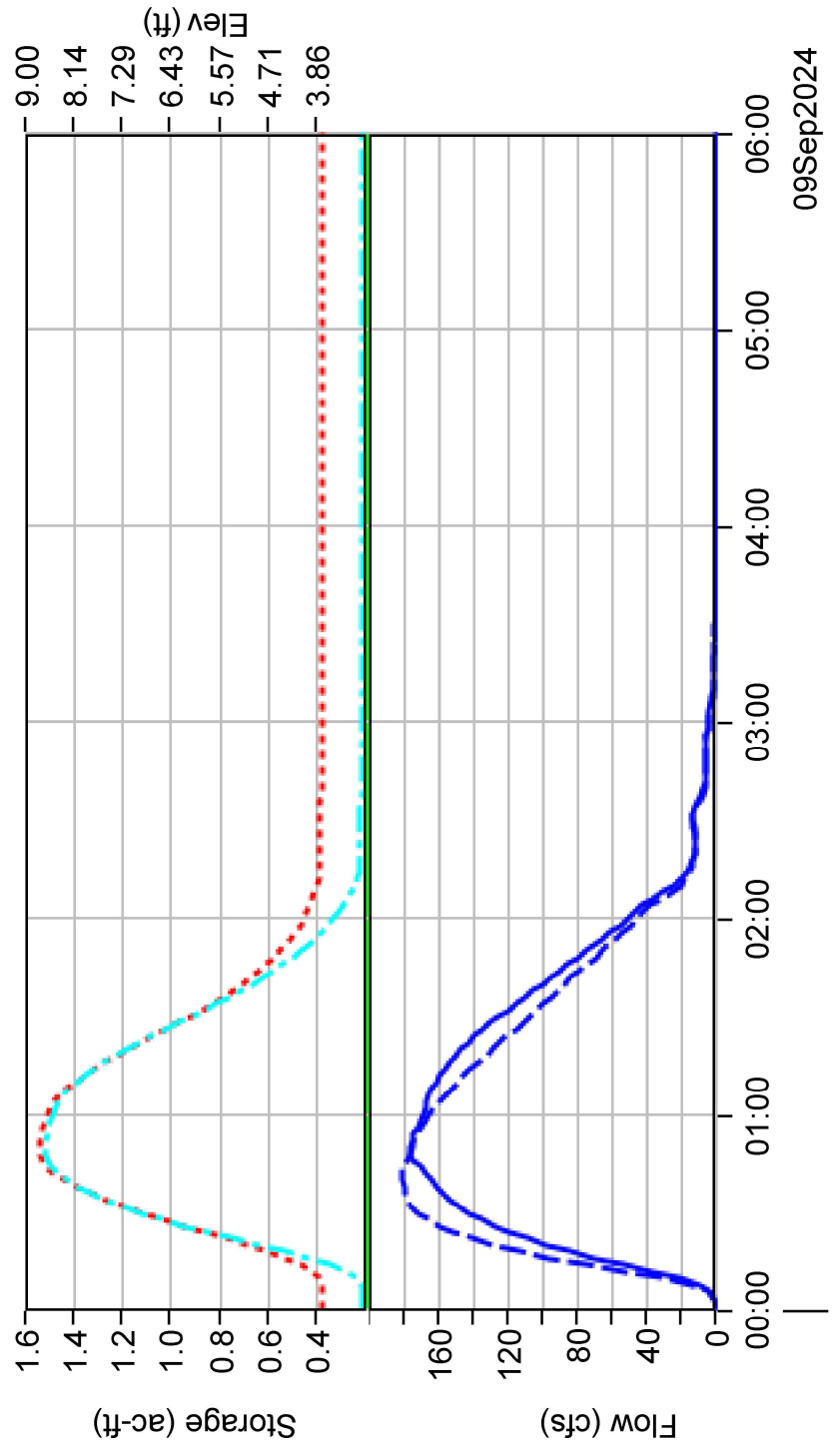
Subbasin "SB1A-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr6hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:08)

- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ Element:SB1A-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ Element:SB1A-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ Element:SB1A-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ Element:SB1A-ProjectSiteResult:Baseflow

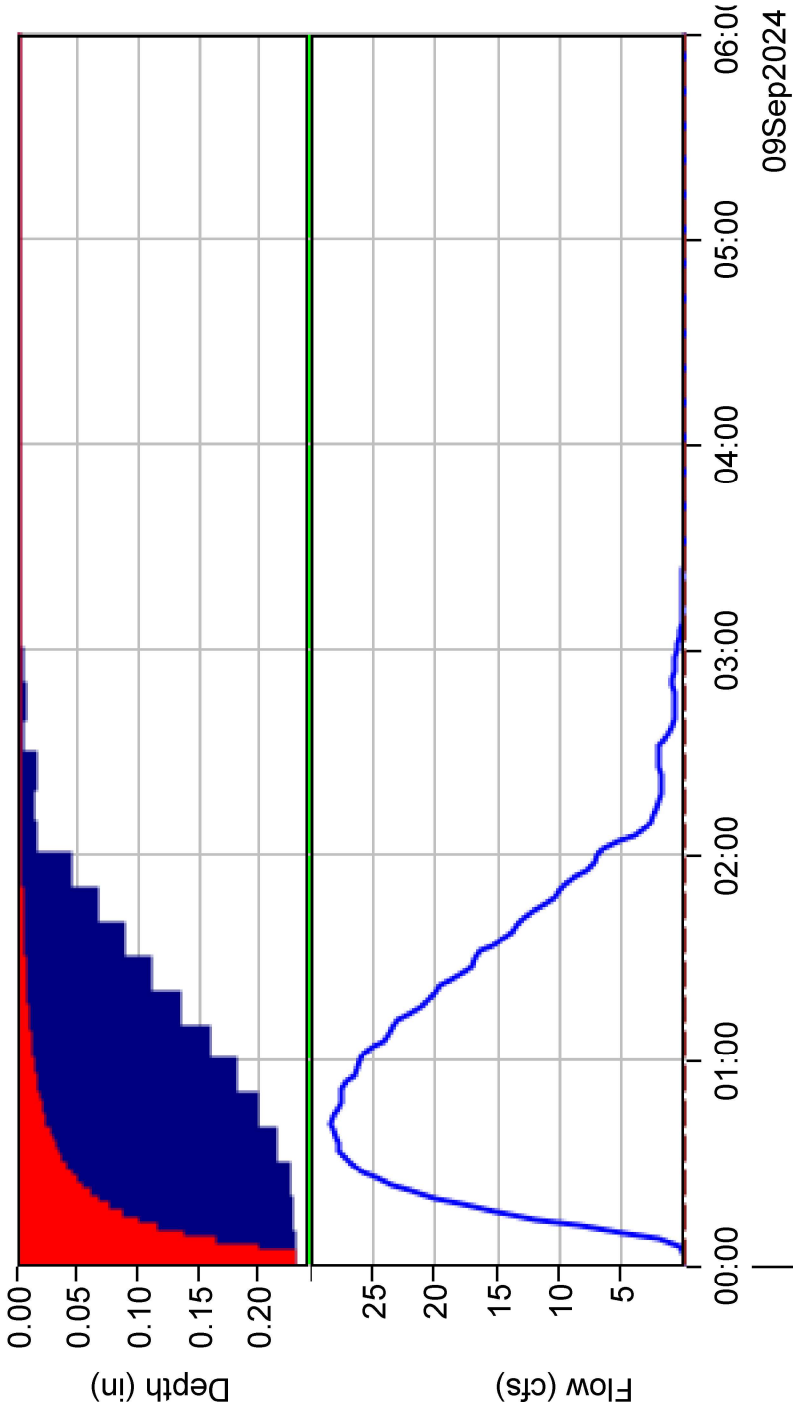
Reservoir "Detention-Pond" Results for Run "Run-PropCond-100yr6hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:08)

- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ Element:Detention-PondResult:Storage
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ Element:Detention-PondResult:PooElevation
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ Element:Detention-PondResult:CombinedInflow

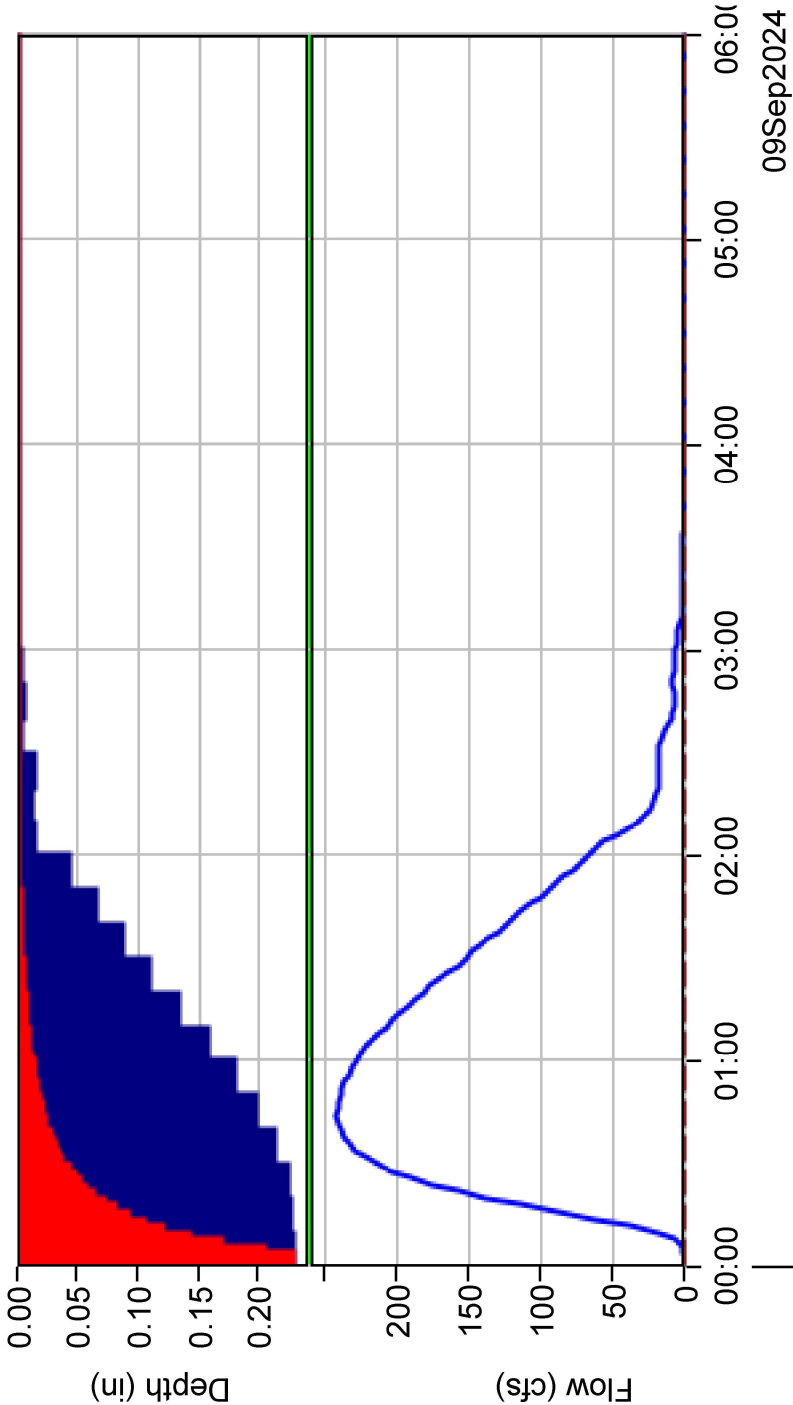
Subbasin "SB1B-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr6hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:08)

- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-PropCond-100yr6hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:08)

- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ Element:SB2-Qbda\_YaureResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaureResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaureResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaureResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo

**Simulation Run:** Run-PropCond-100yr12hrQ1

**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00

**Simulation End:** 9 September 2024, 12:00

**HMS Version:** 4.11

**Executed:** 20 February 2025, 11:21

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI <sup>2</sup> )	
Element Name	Area (MI <sup>2</sup> )
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1A - ProjectSite	0.05
SB1B - ProjectSite	0.01

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1A - ProjectSite	Detention - Pond
SB1B - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1A - ProjectSite	0	86	0.33
SB1B - ProjectSite	0	83	0.41

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1A - ProjectSite	5.74	Standard
SB1B - ProjectSite	4.45	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI <sup>2</sup> )	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
--------------------	----------------------------------	----------------------	--------------	-------------

SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	227.85	09Sep2024, 01:03	10.3
SB1A - ProjectSite	0.05	166.64	09Sep2024, 01:00	10.84
Detention - Pond	0.05	163.15	09Sep2024, 01:06	10.83
SB1B - ProjectSite	0.01	26.45	09Sep2024, 01:00	10.44
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	416.85	09Sep2024, 01:03	10.52

Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

Area (MI<sup>2</sup>) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

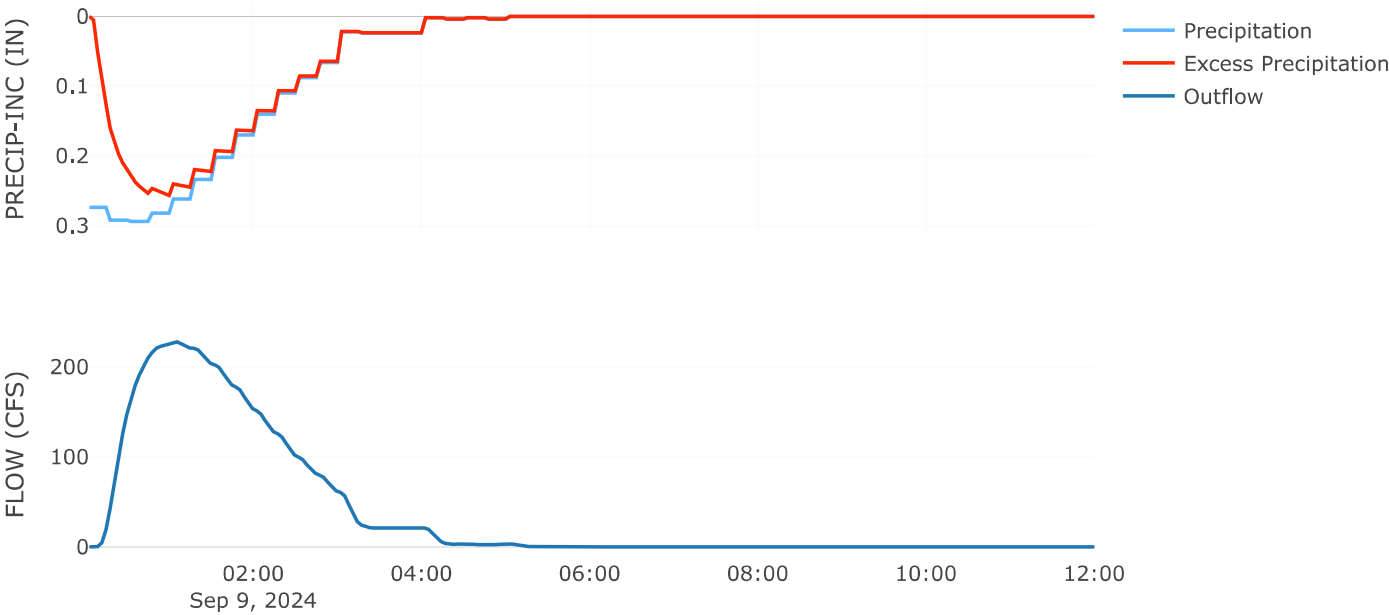
Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: SCS	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	227.85
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:03
Volume (IN)	10.3
Precipitation Volume (AC - FT)	47.04
Loss Volume (AC - FT)	8.58
Excess Volume (AC - FT)	38.46
Direct Runoff Volume (AC - FT)	38.46
Baseflow Volume (AC - FT)	0



Precipitation and Outflow



Subbasin: SB1A-ProjectSite

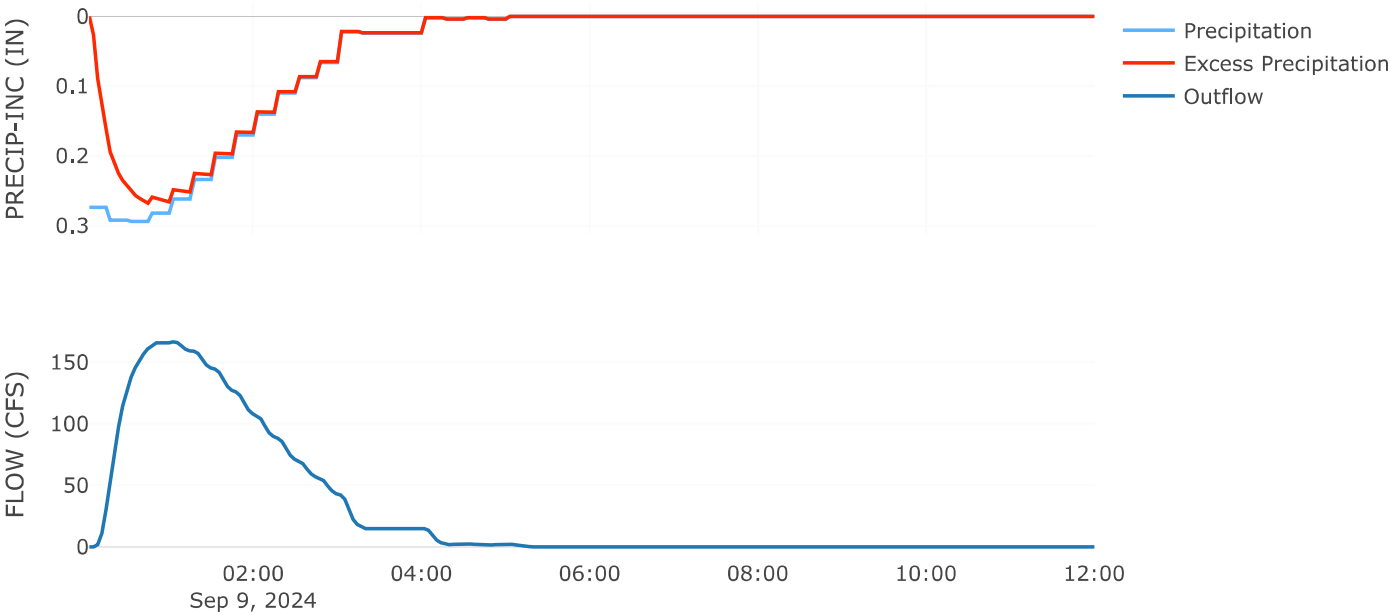
Area (MI2) : 0.05  
Downstream : Detention - Pond

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	86
Initial Abstraction	0.33

Transform: SCS	
Lag	5.74
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1A-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	166.64
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:00
Volume (IN)	10.84
Precipitation Volume (AC - FT)	32.93
Loss Volume (AC - FT)	4.61
Excess Volume (AC - FT)	28.32
Direct Runoff Volume (AC - FT)	28.32
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



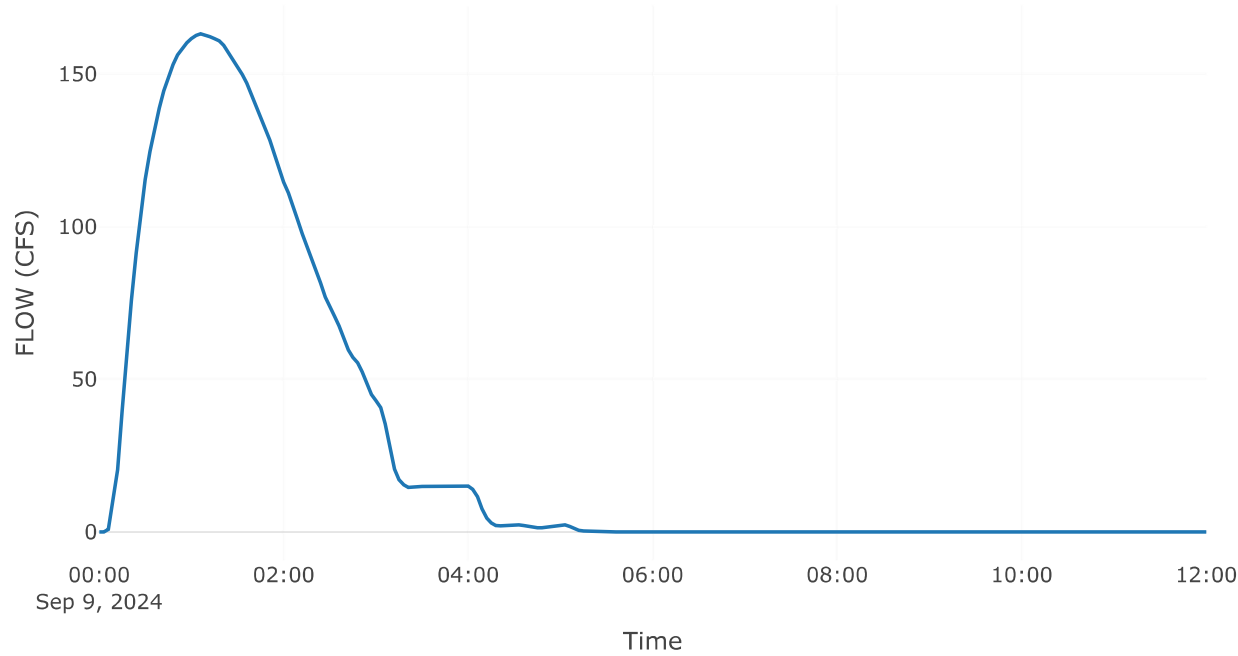
# Reservoir: Detention-Pond

**Downstream** : Outlet - Yaurel - Creek

## Results: Detention-Pond

Peak Discharge (CFS)	163.15
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:06
Volume (IN)	10.83
Peak Inflow (CFS)	166.64
Time of Peak Inflow	09Sep2024, 01:00
Inflow Volume (AC - FT)	28.32
Maximum Storage (AC - FT)	1.42
Peak Elevation (FT)	8.21
Discharge Volume (AC - FT)	28.31

Outflow



Subbasin: SB1B-ProjectSite

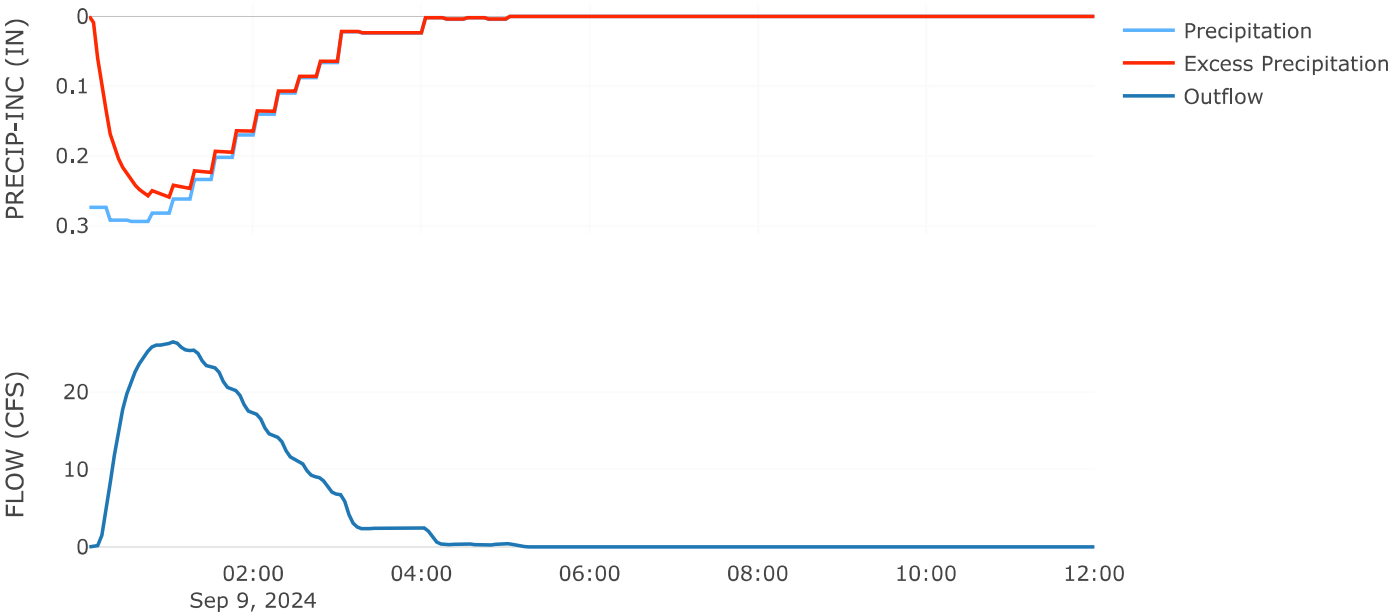
Area (MI2) : 0.01  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	83
Initial Abstraction	0.41

Transform: SCS	
Lag	4.45
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1B-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	26.45
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:00
Volume (IN)	10.44
Precipitation Volume (AC - FT)	5.38
Loss Volume (AC - FT)	0.92
Excess Volume (AC - FT)	4.45
Direct Runoff Volume (AC - FT)	4.45
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow

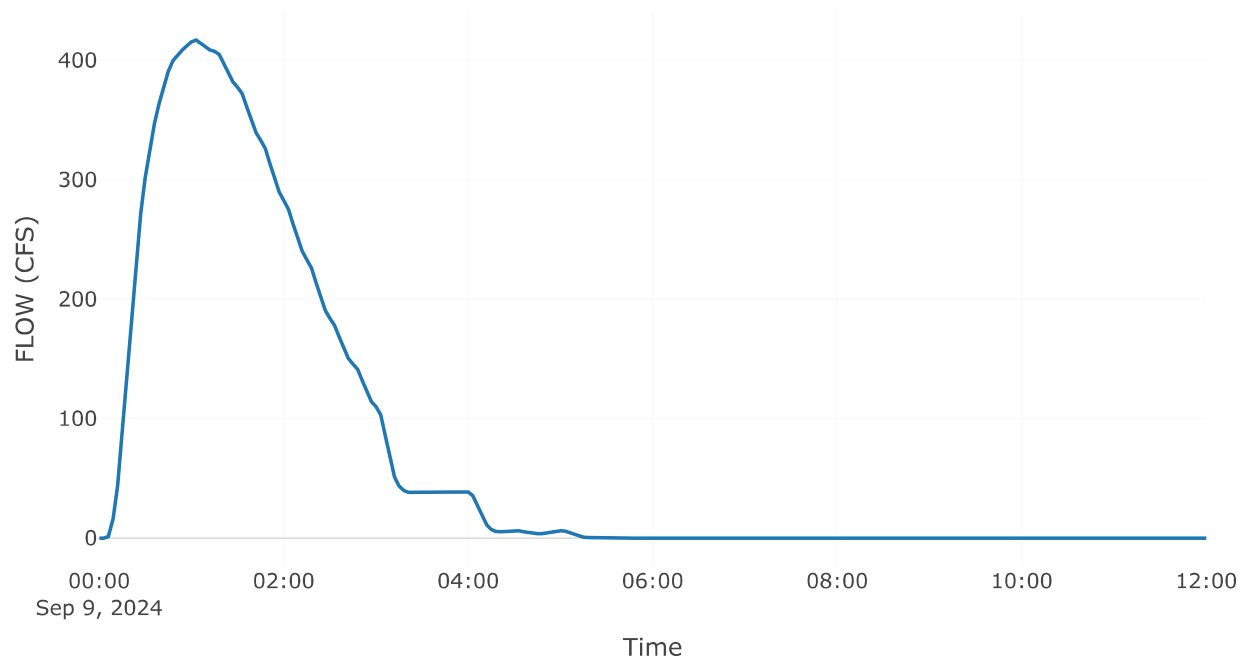


# Sink: Outlet-Yaurel-Creek

## Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	416.85
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:03
Volume (IN)	10.52

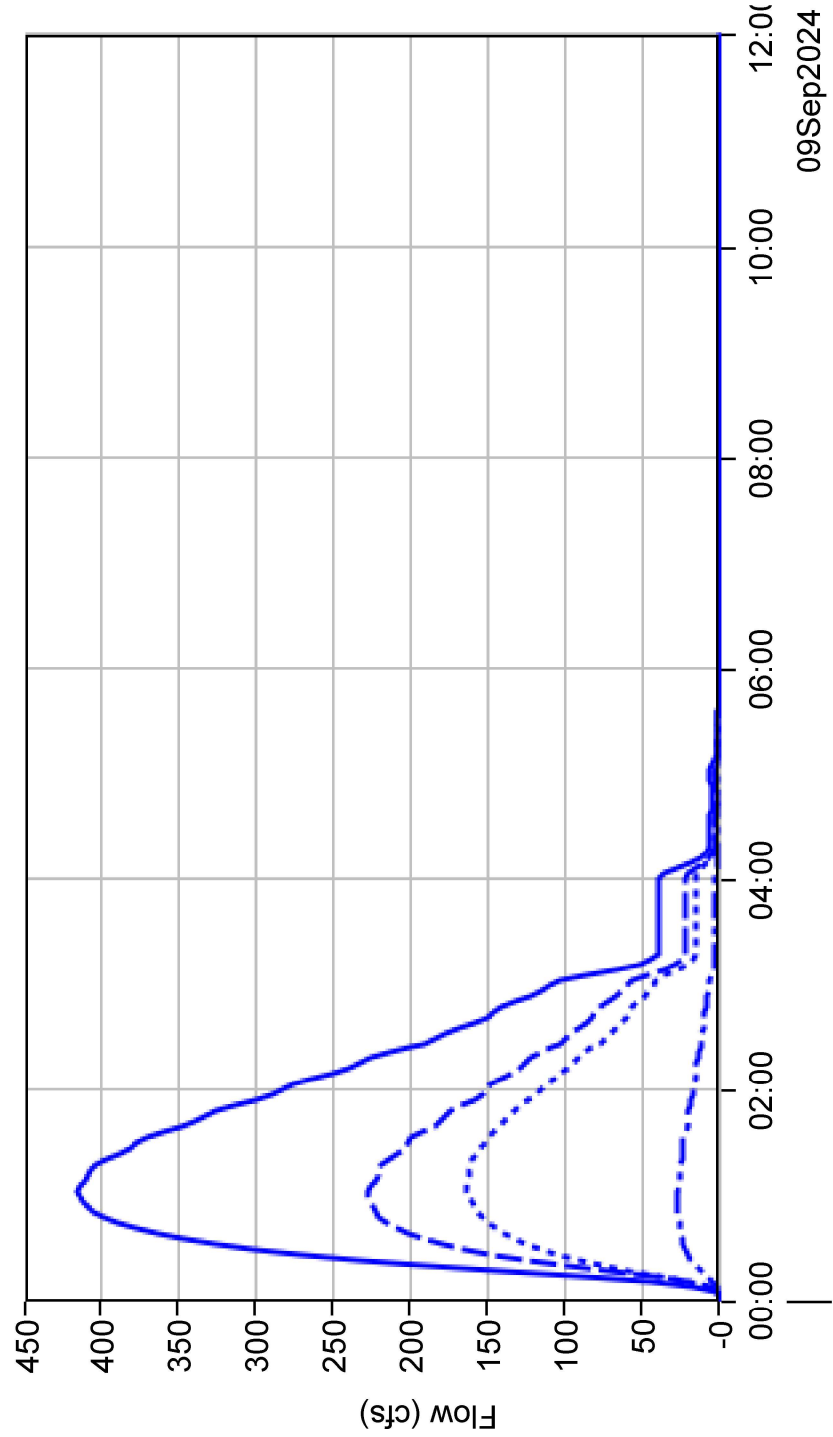
Outflow







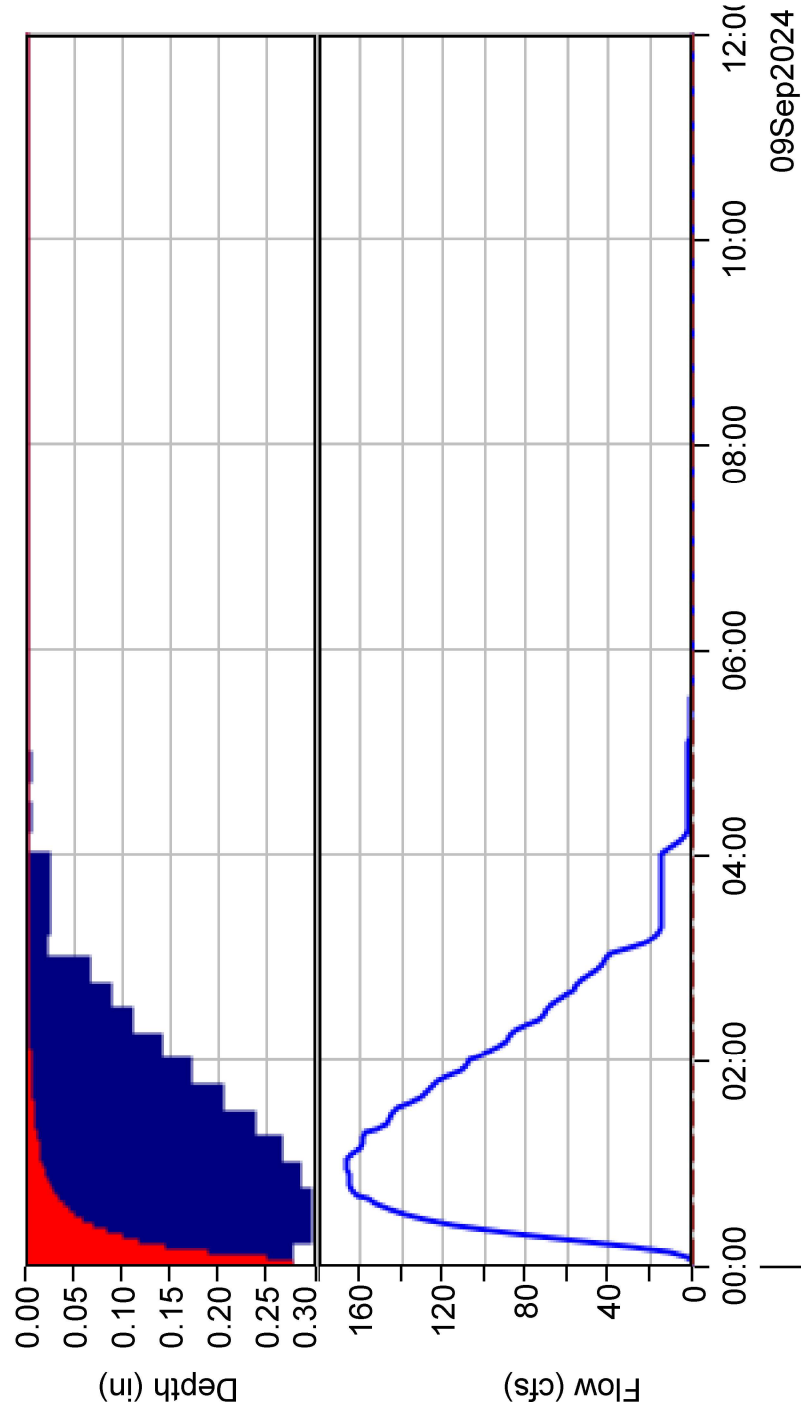
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-PropCond-100yr12hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaureResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow

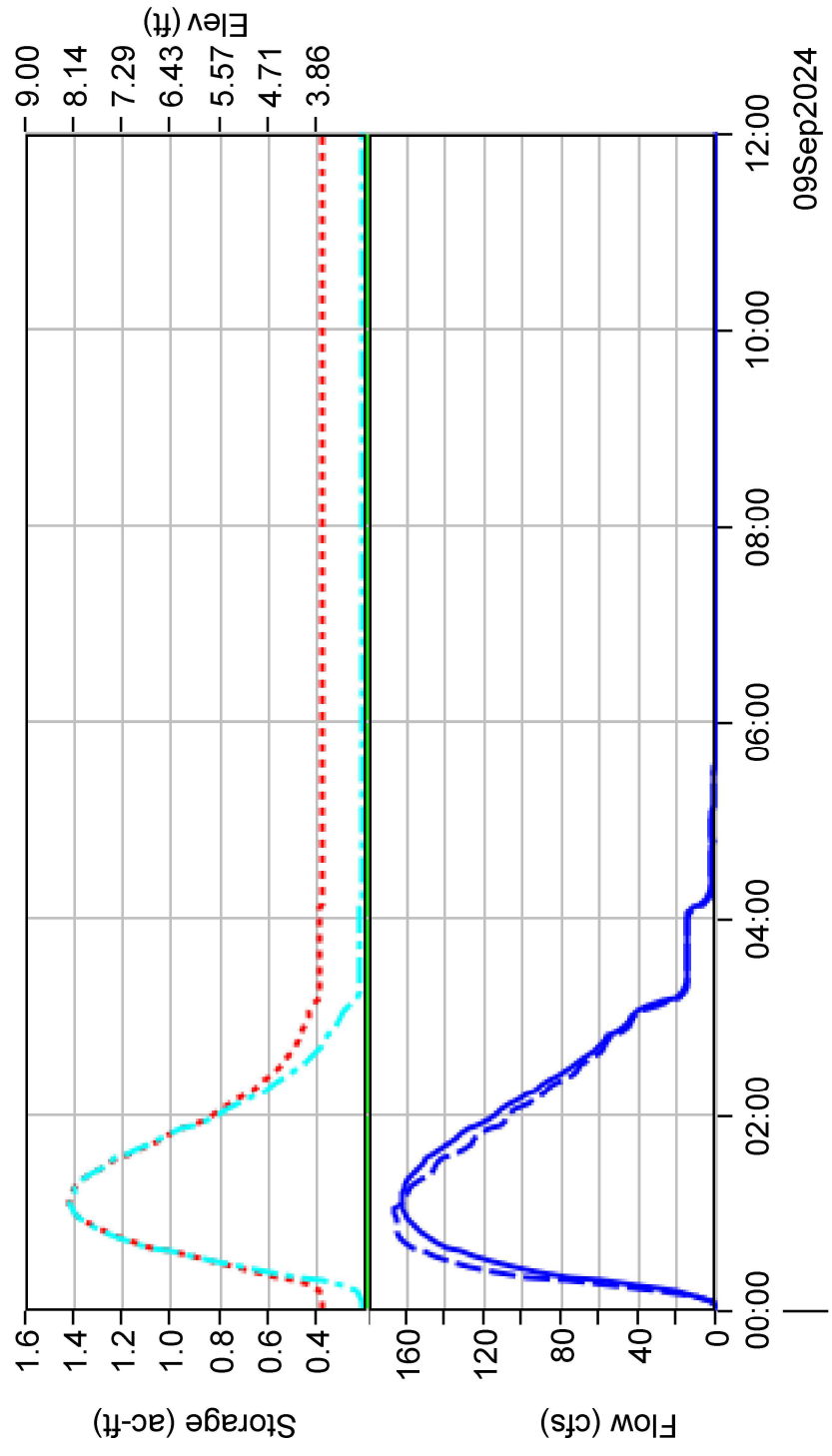
Subbasin "SB1A-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr12hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB1A-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB1A-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB1A-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB1A-ProjectSiteResult:Baseflow

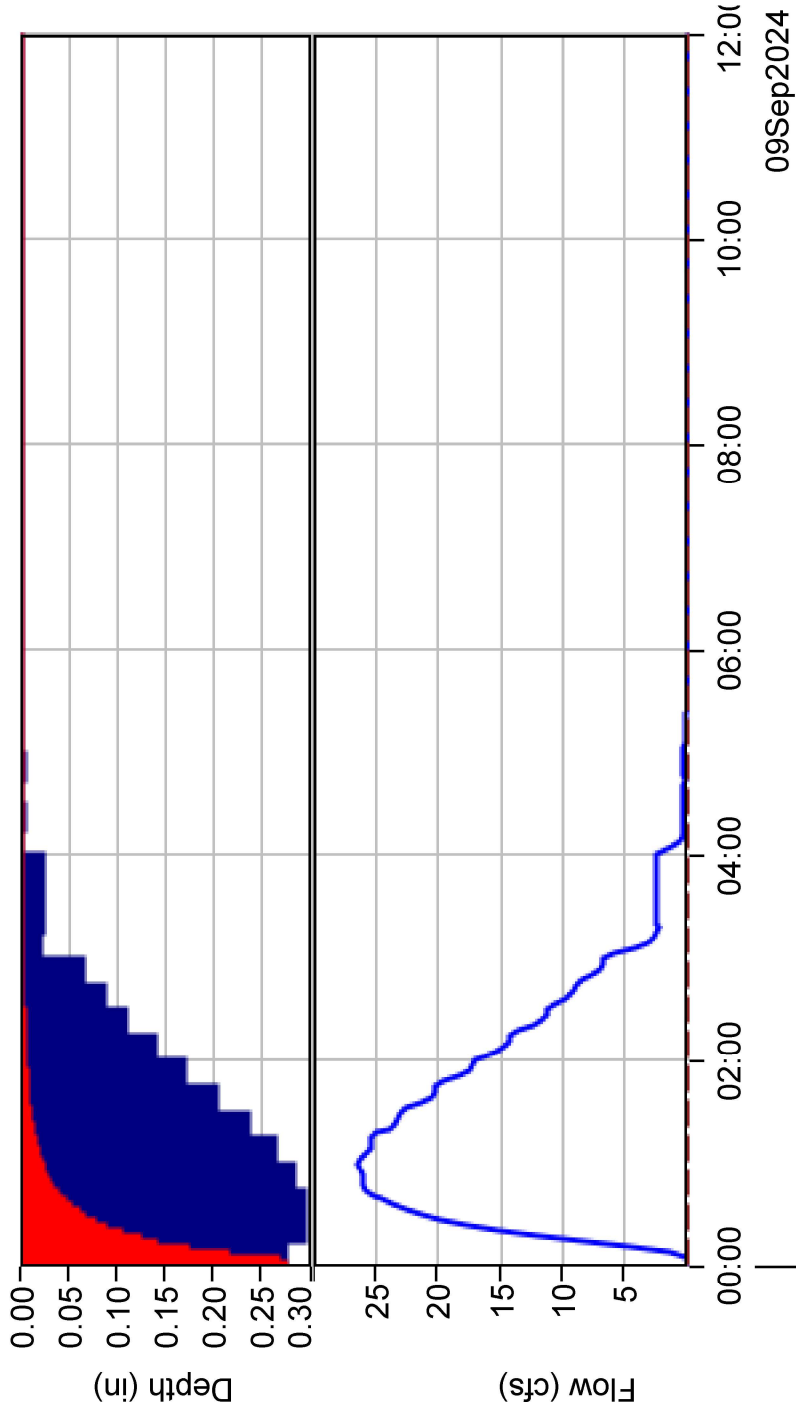
Reservoir "Detention-Pond" Results for Run "Run-PropCond-100yr12hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ Element:Detention-PondResult:Storage
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ Element:Detention-PondResult:PooElevation
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ Element:Detention-PondResult:CombinedInflow

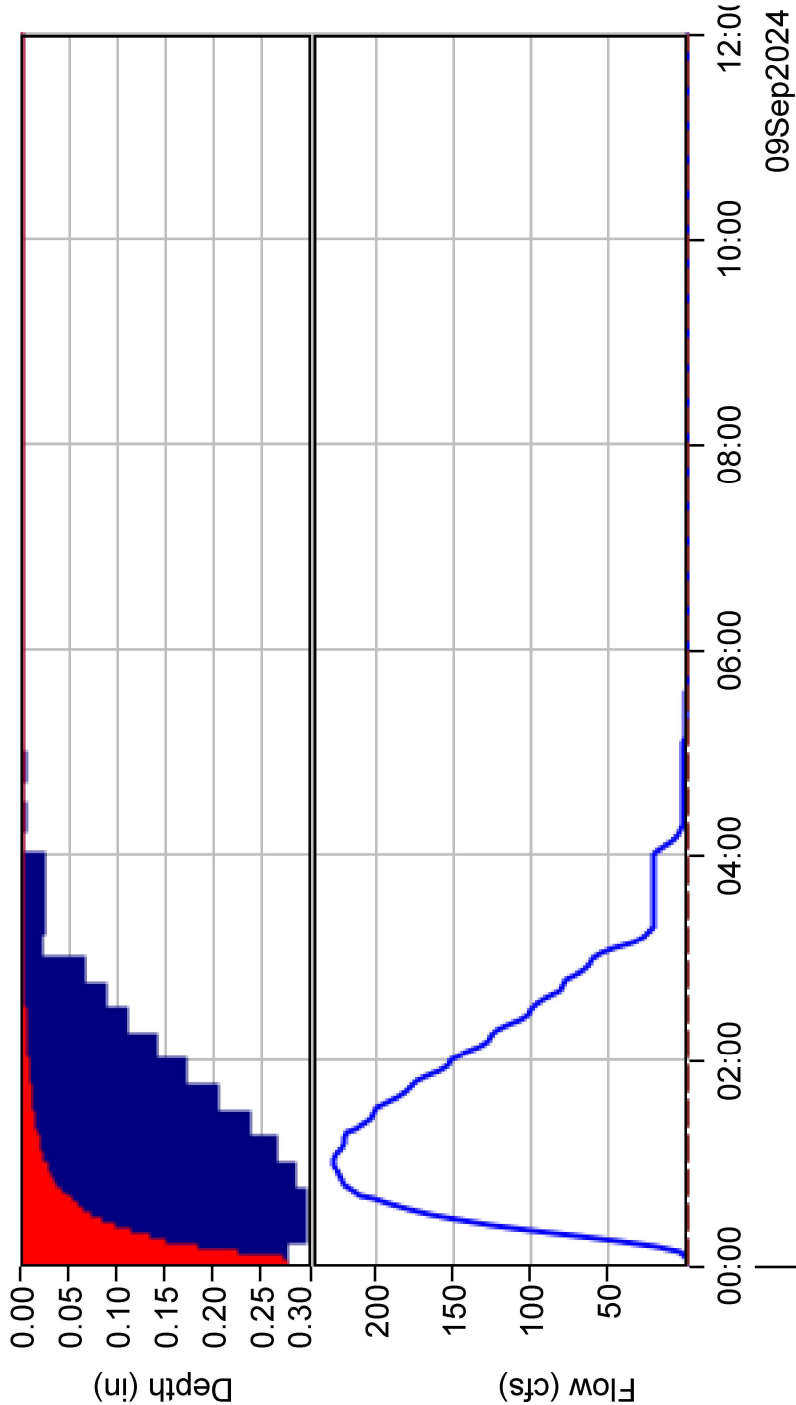
Subbasin "SB1B-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr12hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-PropCond-100yr12hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr12hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo

**Simulation Run:** Run-PropCond-100yr24hrQ1

**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00

**Simulation End:** 9 September 2024, 24:00

**HMS Version:** 4.11

**Executed:** 20 February 2025, 11:21

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI <sup>2</sup> )	
Element Name	Area (MI <sup>2</sup> )
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1A - ProjectSite	0.05
SB1B - ProjectSite	0.01

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1A - ProjectSite	Detention - Pond
SB1B - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1A - ProjectSite	0	86	0.33
SB1B - ProjectSite	0	83	0.41

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1A - ProjectSite	5.74	Standard
SB1B - ProjectSite	4.45	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI <sup>2</sup> )	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
--------------------	----------------------------------	----------------------	--------------	-------------

SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	209.04	09Sep2024, 02:00	13.83
SB1A - ProjectSite	0.05	151.12	09Sep2024, 01:30	14.4
Detention - Pond	0.05	148.98	09Sep2024, 01:40	14.39
SB1B - ProjectSite	0.01	24.17	09Sep2024, 01:30	13.98
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	382.03	09Sep2024, 02:00	14.06

Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

Area (MI2) : 0.07

Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS

Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: SCS

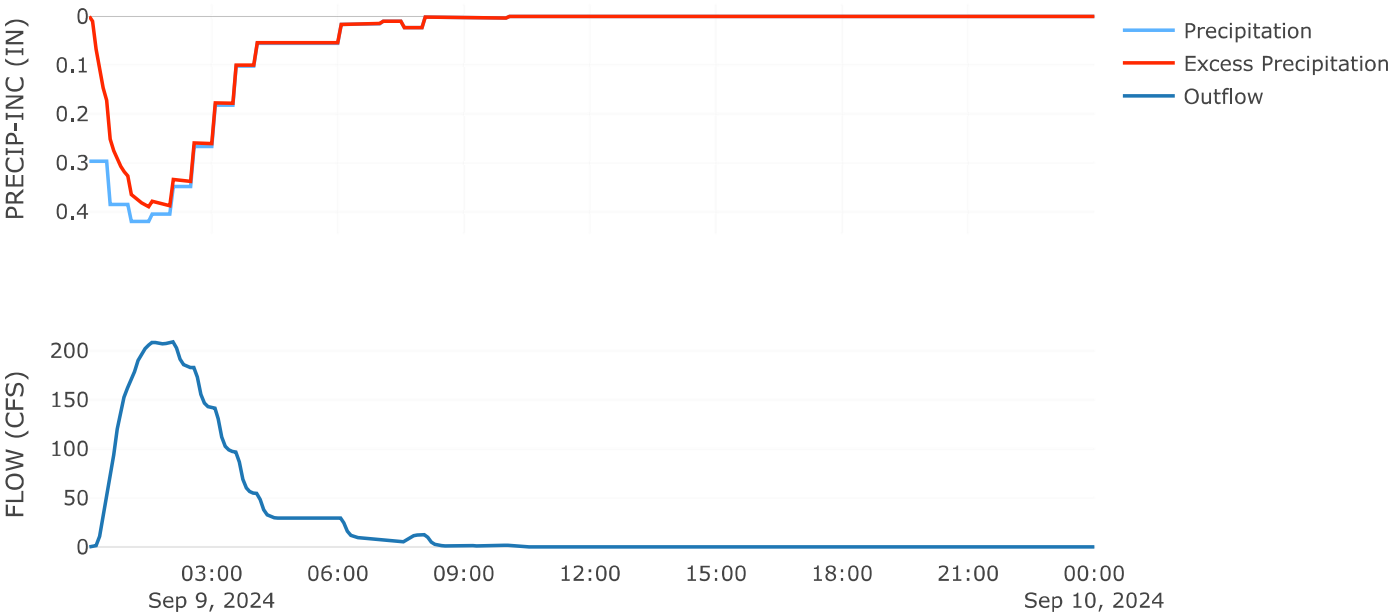
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda\_Yaurel

Peak Discharge (CFS)	209.04
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 02:00
Volume (IN)	13.83
Precipitation Volume (AC - FT)	60.48
Loss Volume (AC - FT)	8.83
Excess Volume (AC - FT)	51.65
Direct Runoff Volume (AC - FT)	51.65
Baseflow Volume (AC - FT)	0



Precipitation and Outflow



Subbasin: SB1A-ProjectSite

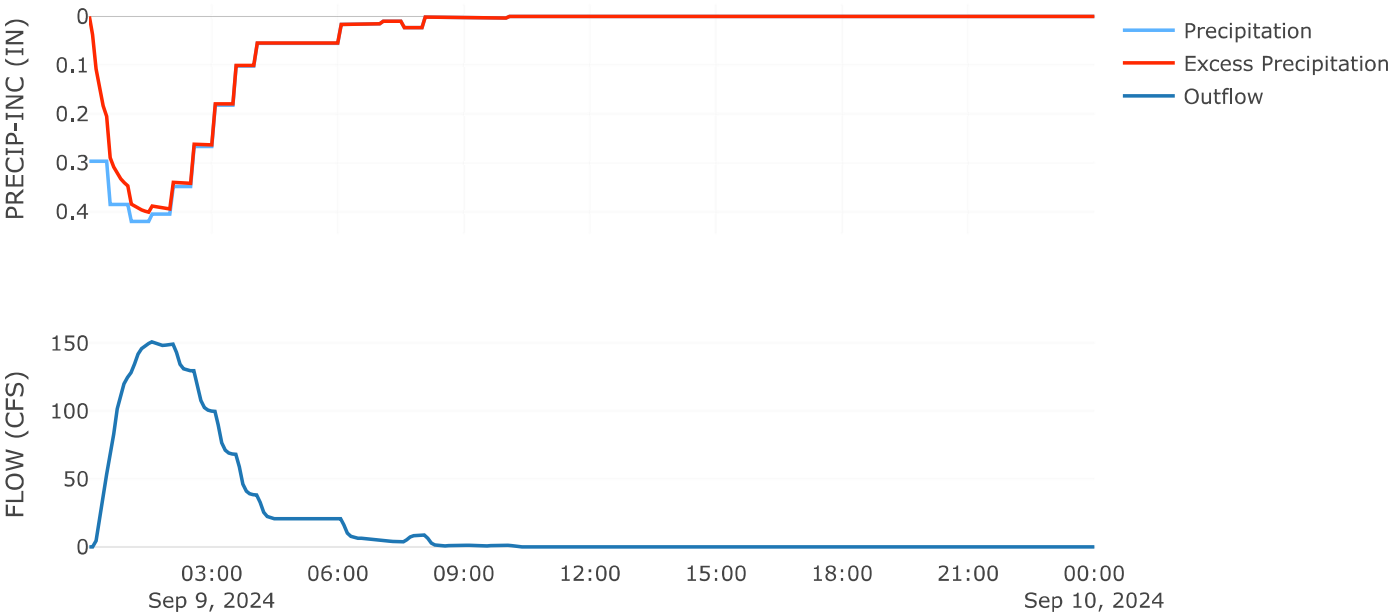
Area (MI2) : 0.05  
Downstream : Detention - Pond

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	86
Initial Abstraction	0.33

Transform: SCS	
Lag	5.74
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1A-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	151.12
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:30
Volume (IN)	14.4
Precipitation Volume (AC - FT)	42.34
Loss Volume (AC - FT)	4.71
Excess Volume (AC - FT)	37.63
Direct Runoff Volume (AC - FT)	37.63
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



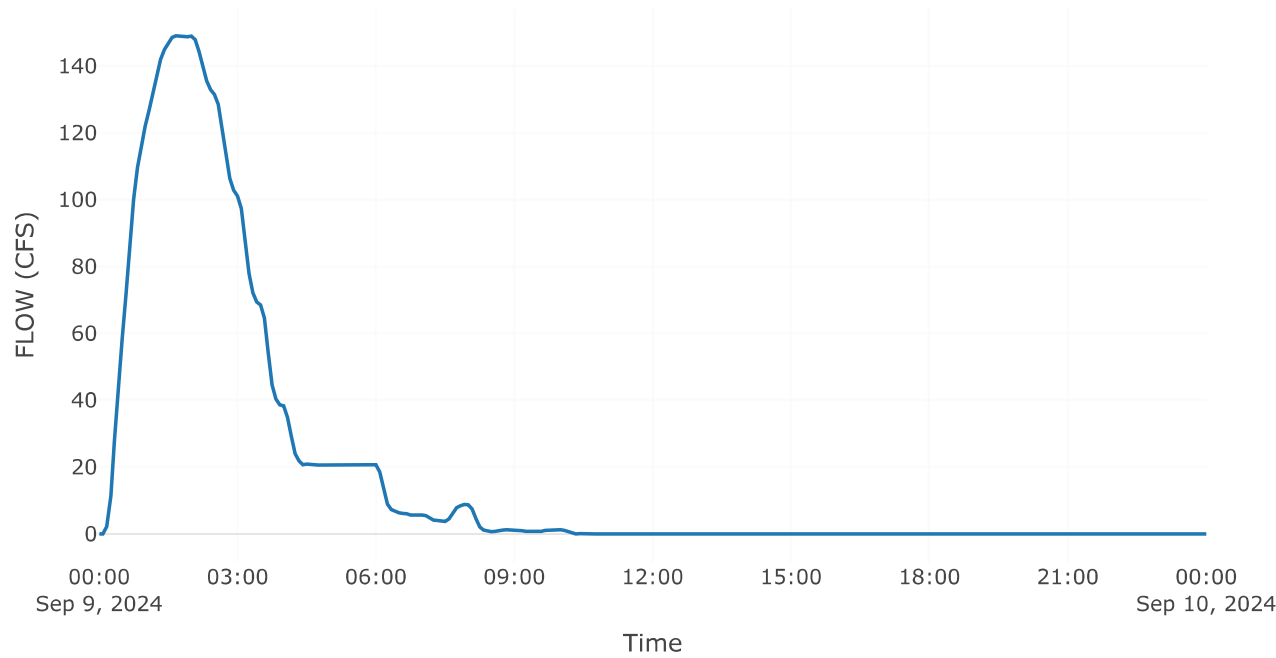
# Reservoir: Detention-Pond

**Downstream** : Outlet - Yaurel - Creek

## Results: Detention-Pond

Peak Discharge (CFS)	148.98
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:40
Volume (IN)	14.39
Peak Inflow (CFS)	151.12
Time of Peak Inflow	09Sep2024, 01:30
Inflow Volume (AC - FT)	37.63
Maximum Storage (AC - FT)	1.21
Peak Elevation (FT)	7.36
Discharge Volume (AC - FT)	37.6

Outflow



Subbasin: SB1B-ProjectSite

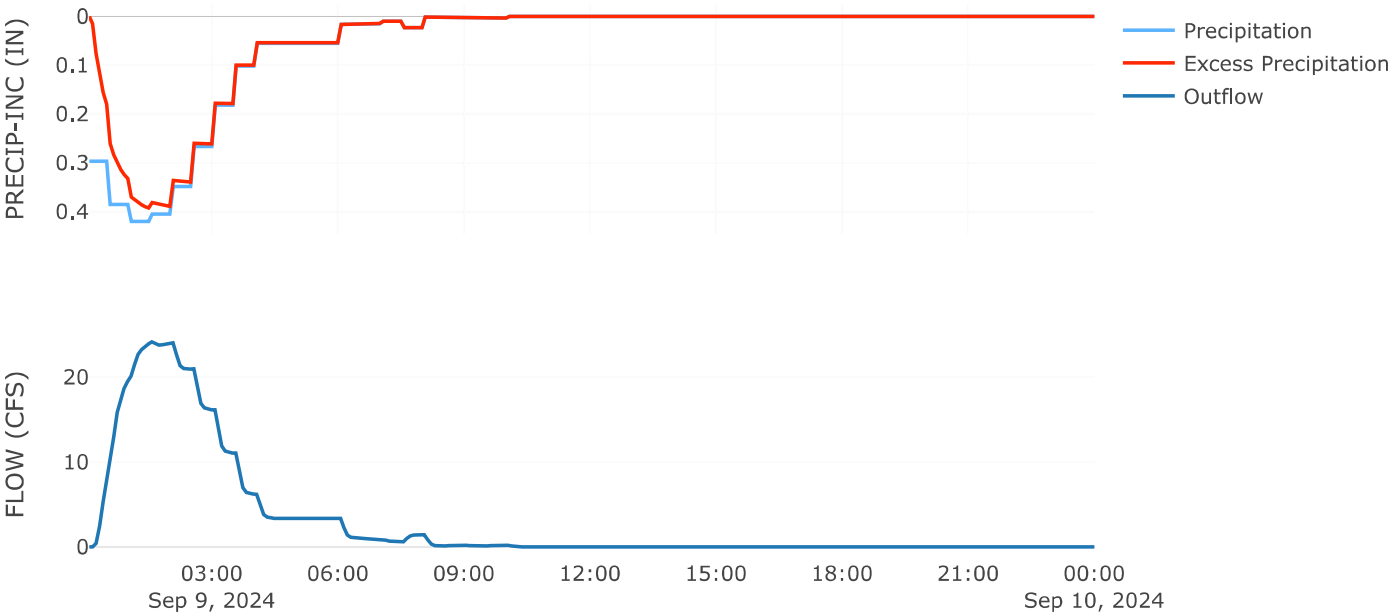
Area (MI2) : 0.01  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	83
Initial Abstraction	0.41

Transform: SCS	
Lag	4.45
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1B-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	24.17
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:30
Volume (IN)	13.98
Precipitation Volume (AC - FT)	6.91
Loss Volume (AC - FT)	0.95
Excess Volume (AC - FT)	5.96
Direct Runoff Volume (AC - FT)	5.96
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow

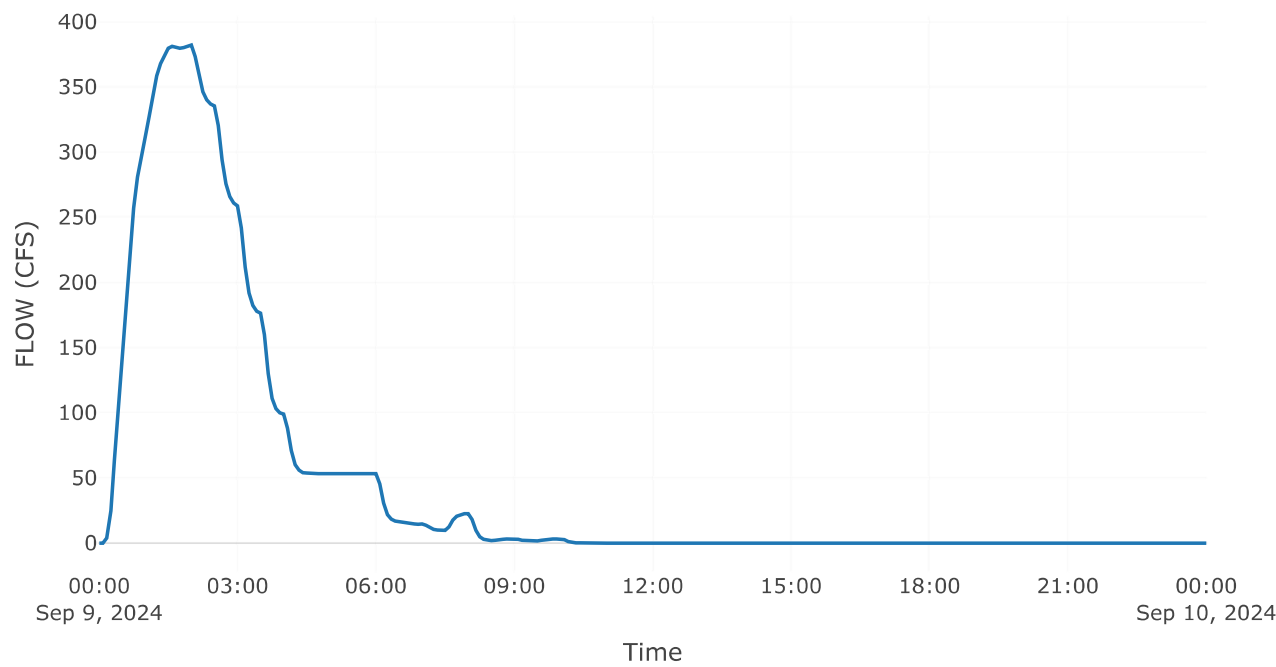


# Sink: Outlet-Yaurel-Creek

## Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	382.03
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 02:00
Volume (IN)	14.06

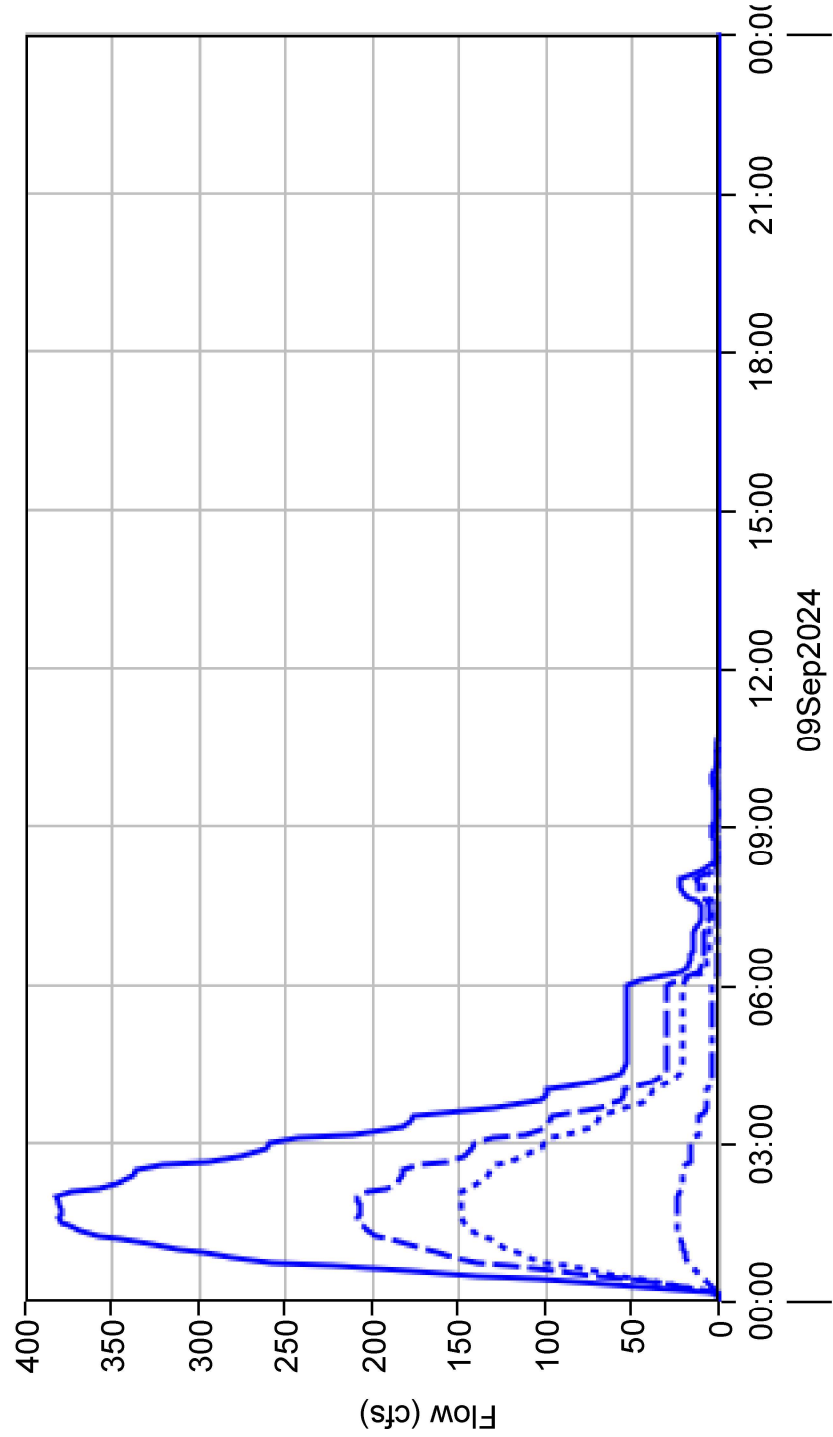
Outflow







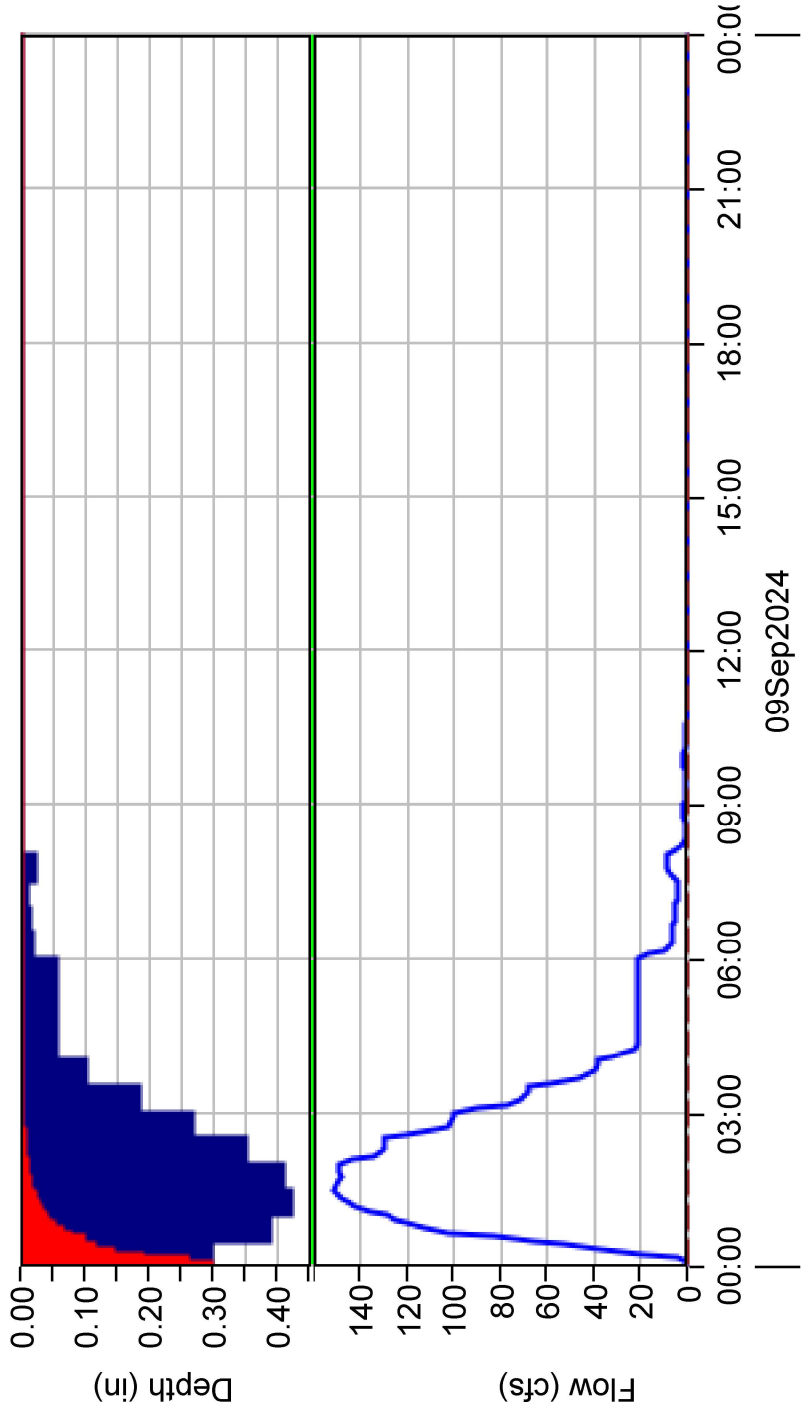
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-PropCond-100yr24hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:SB2-Qbda\_YaureResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow

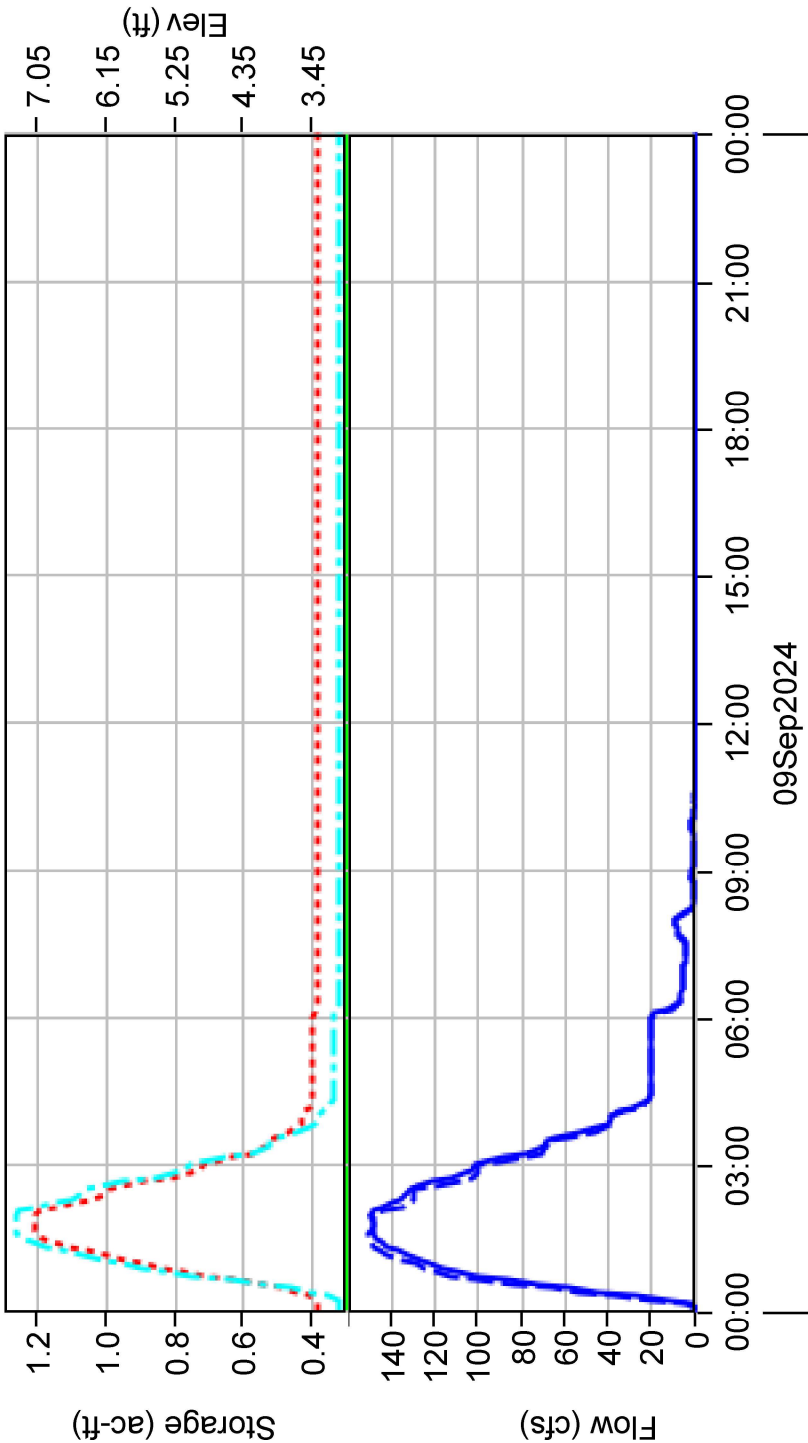
Subbasin "SB1A-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr24hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:SB1A-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:SB1A-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:SB1A-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:SB1A-ProjectSiteResult:Baseflow

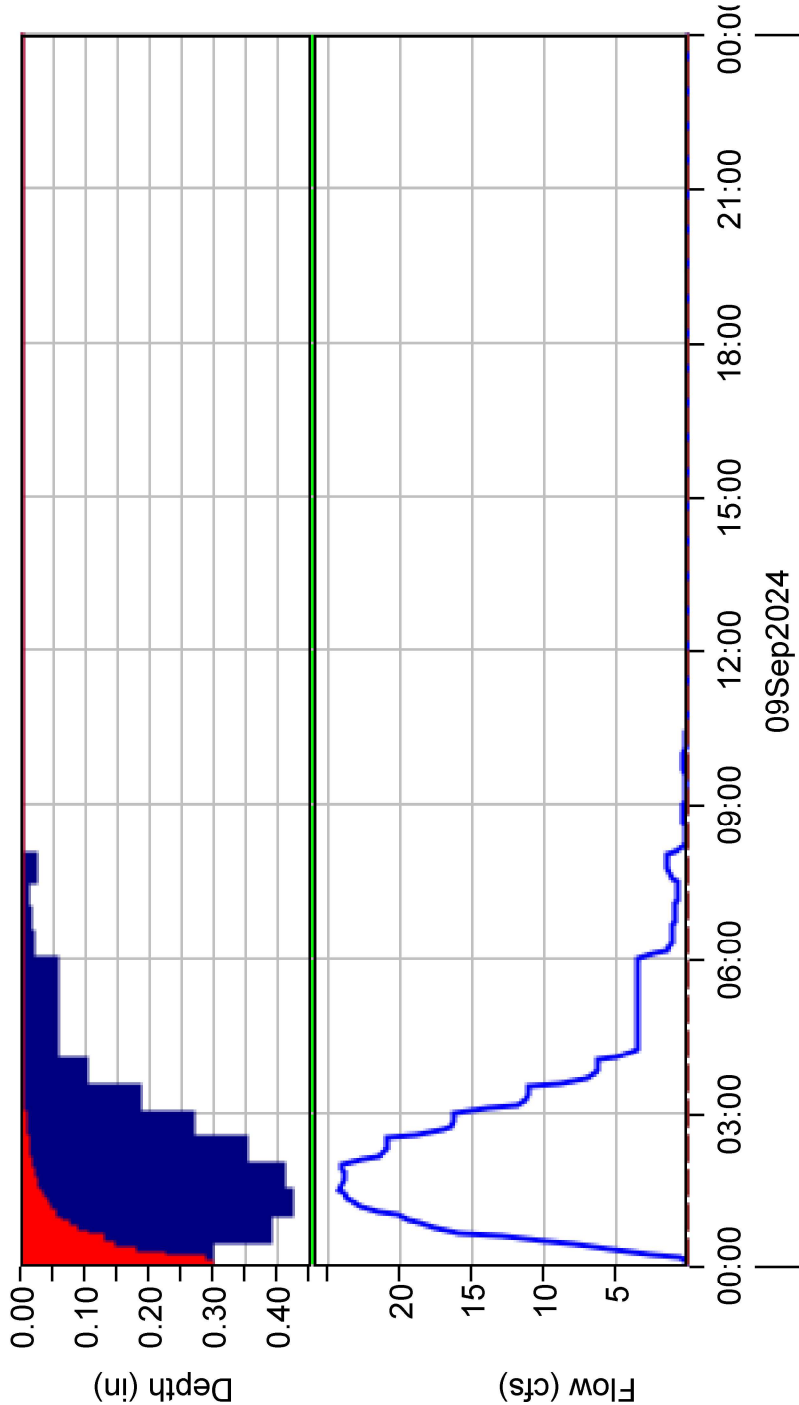
Reservoir "Detention-Pond" Results for Run "Run-PropCond-100yr24hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ Element:Detention-PondResult:Storage
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ Element:Detention-PondResult:PooElevation
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ Element:Detention-PondResult:CombinedInflow

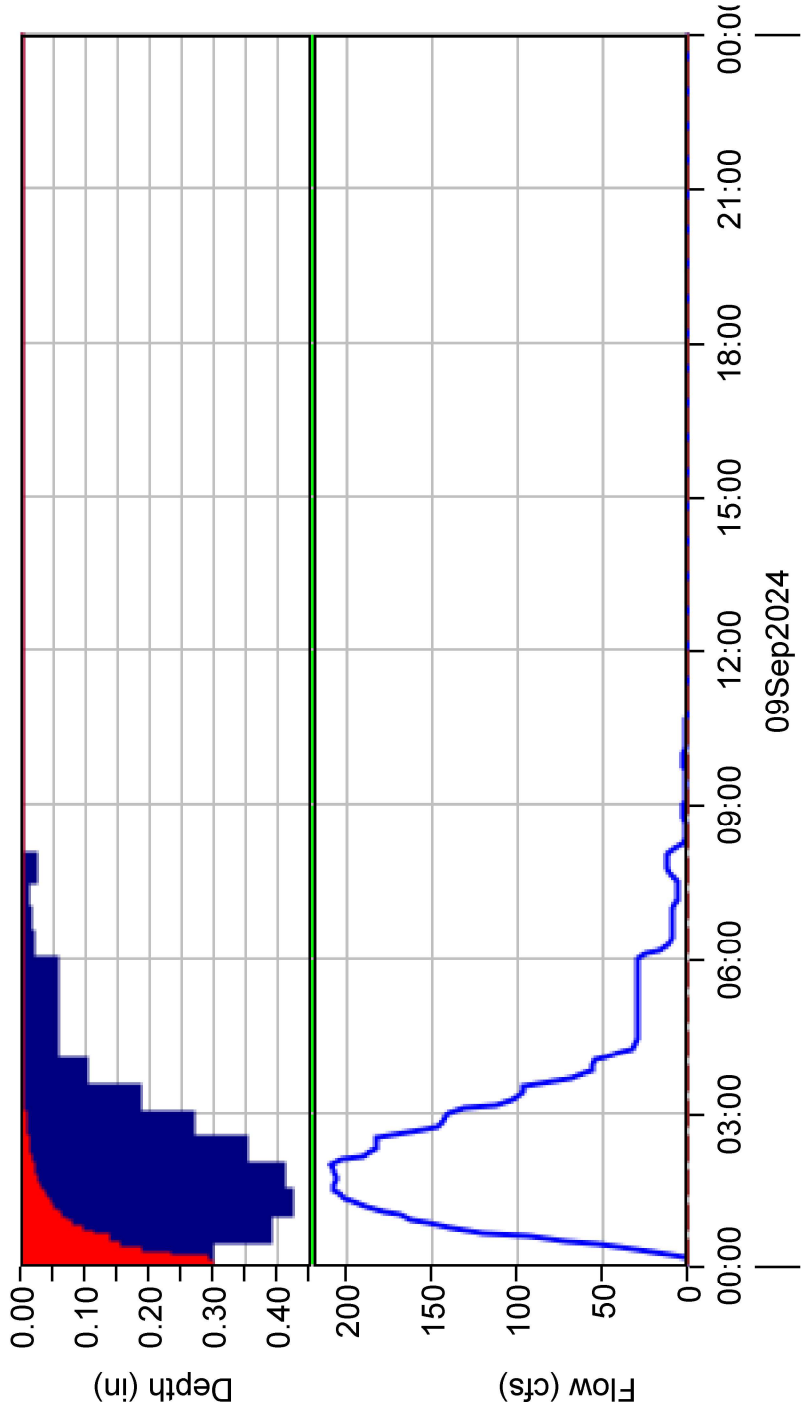
Subbasin "SB1B-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr24hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ1Element:SB1B-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-PropCond-100yr24hrQ1"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run-PropCond-100yr24hrQ Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run-PropCond-100yr24hrQ Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run-PropCond-100yr24hrQ Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr24hrQ Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

## **APENDICE J**

**Resultados Análisis Hidrológico – Condición Propuesta: Cuartil 4**

**Project:** Srsm Arroyo

**Simulation Run:** Run-PropCond-100yr1hrQ4

**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00

**Simulation End:** 9 September 2024, 01:00

**HMS Version:** 4.11

**Executed:** 20 February 2025, 11:21

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI2)	
Element Name	Area (MI2)
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1A - ProjectSite	0.05
SB1B - ProjectSite	0.01

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1A - ProjectSite	Detention - Pond
SB1B - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1A - ProjectSite	0	86	0.33
SB1B - ProjectSite	0	83	0.41

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1A - ProjectSite	5.74	Standard
SB1B - ProjectSite	4.45	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI2)	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
--------------------	---------------------	----------------------	--------------	-------------

SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	326.42	09Sep2024, 01:00	0.98
SB1A - ProjectSite	0.05	271	09Sep2024, 01:00	1.34
Detention - Pond	0.05	167.07	09Sep2024, 01:00	0.91
SB1B - ProjectSite	0.01	44.89	09Sep2024, 01:00	1.36
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	538.38	09Sep2024, 01:00	0.98



Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

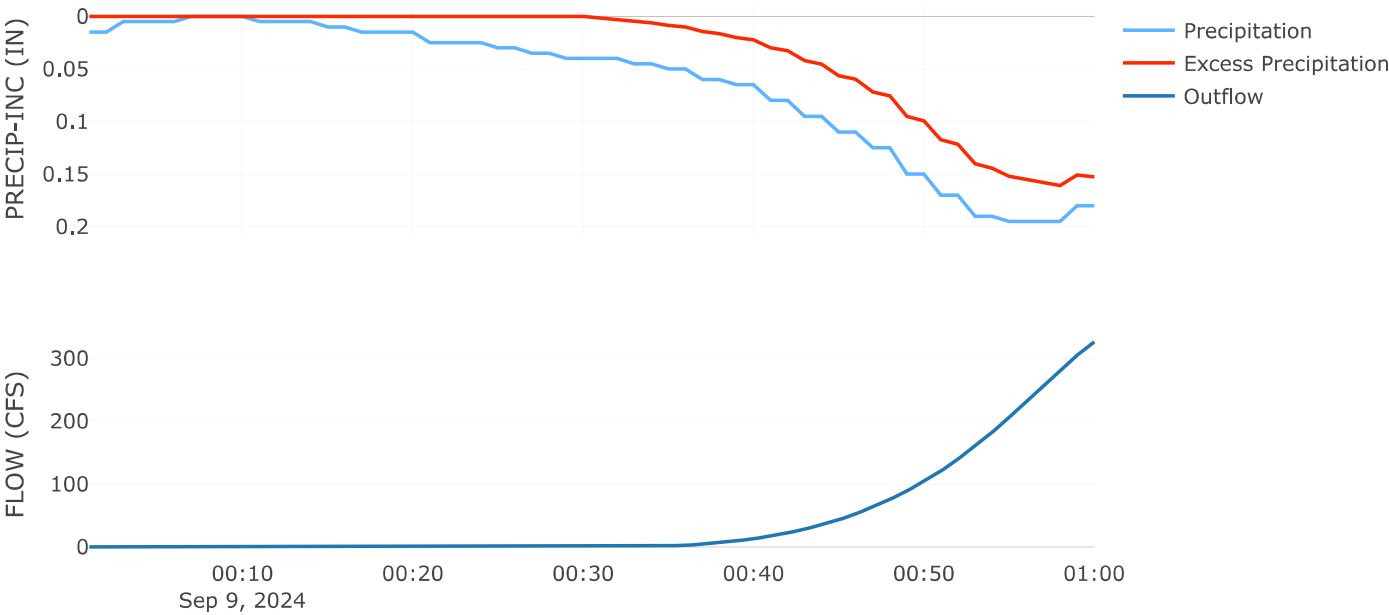
Area (MI<sup>2</sup>) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: SCS	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	326.42
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:00
Volume (IN)	0.98
Precipitation Volume (AC - FT)	14.78
Loss Volume (AC - FT)	6.69
Excess Volume (AC - FT)	8.1
Direct Runoff Volume (AC - FT)	3.66
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



Subbasin: SB1A-ProjectSite

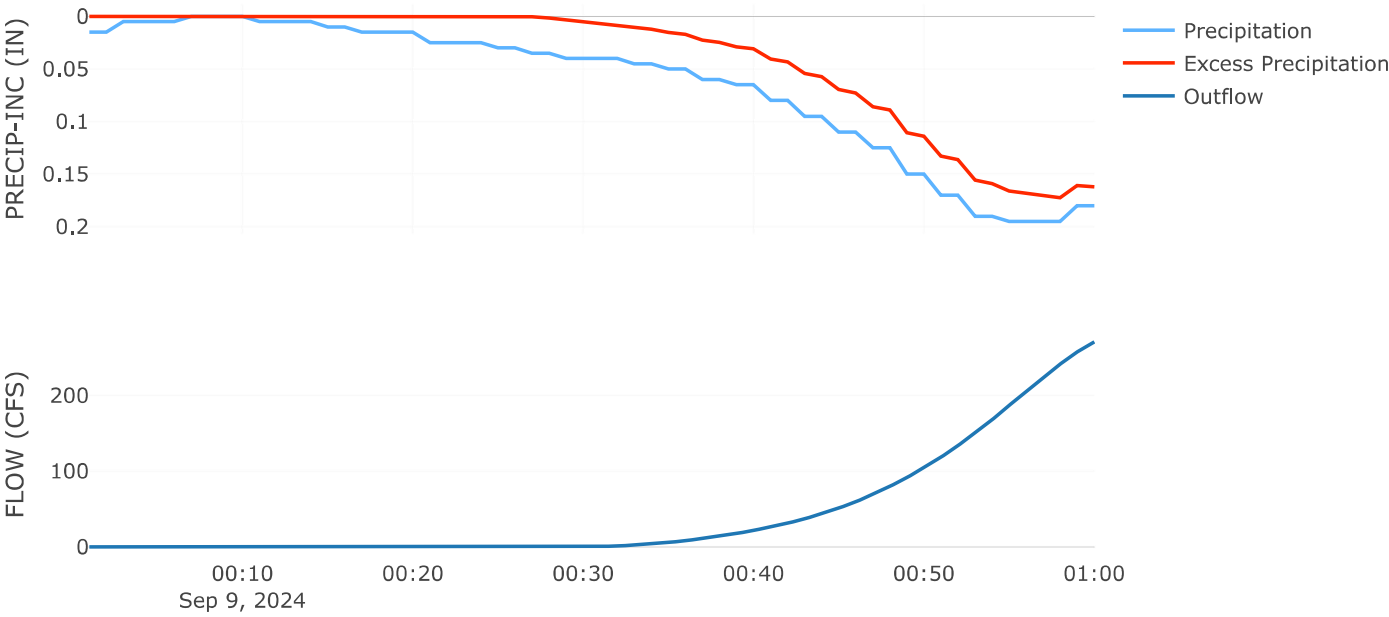
Area (MI2) : 0.05  
Downstream : Detention - Pond

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	86
Initial Abstraction	0.33

Transform: SCS	
Lag	5.74
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1A-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	271
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:00
Volume (IN)	1.34
Precipitation Volume (AC - FT)	10.35
Loss Volume (AC - FT)	3.79
Excess Volume (AC - FT)	6.56
Direct Runoff Volume (AC - FT)	3.51
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



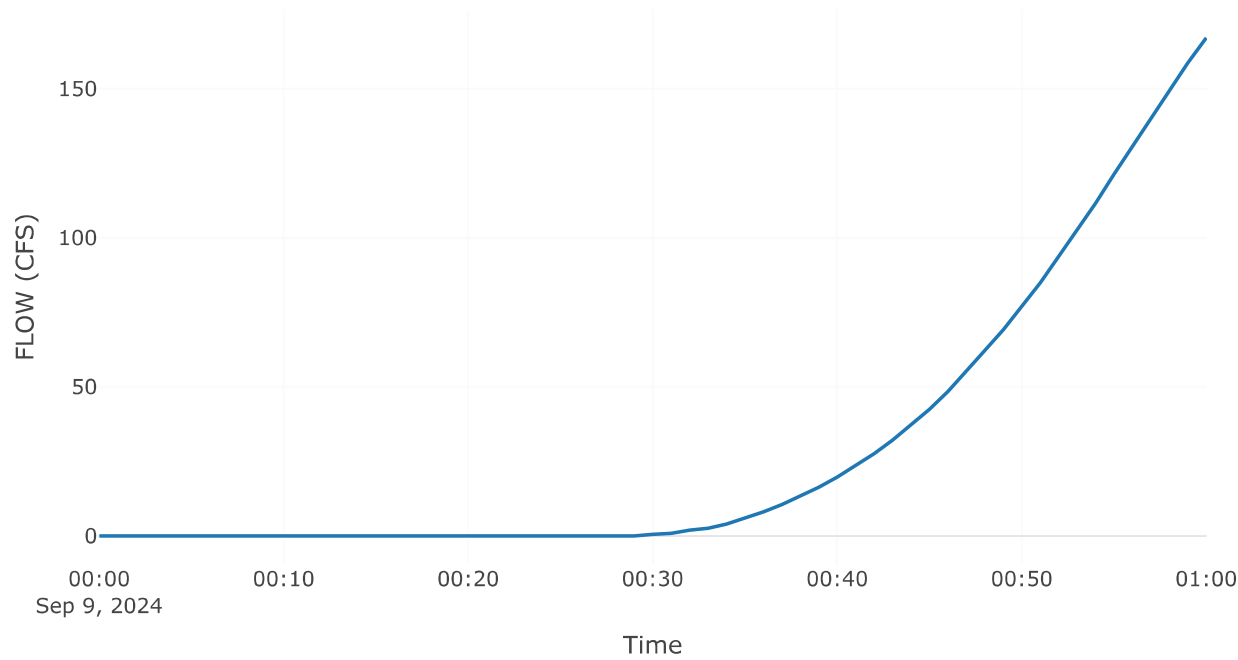
# Reservoir: Detention-Pond

**Downstream** : Outlet - Yaurel - Creek

## Results: Detention-Pond

Peak Discharge (CFS)	167.07
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:00
Volume (IN)	0.91
Peak Inflow (CFS)	271
Time of Peak Inflow	09Sep2024, 01:00
Inflow Volume (AC - FT)	3.51
Maximum Storage (AC - FT)	1.49
Peak Elevation (FT)	8.46
Discharge Volume (AC - FT)	2.39

Outflow



Subbasin: SB1B-ProjectSite

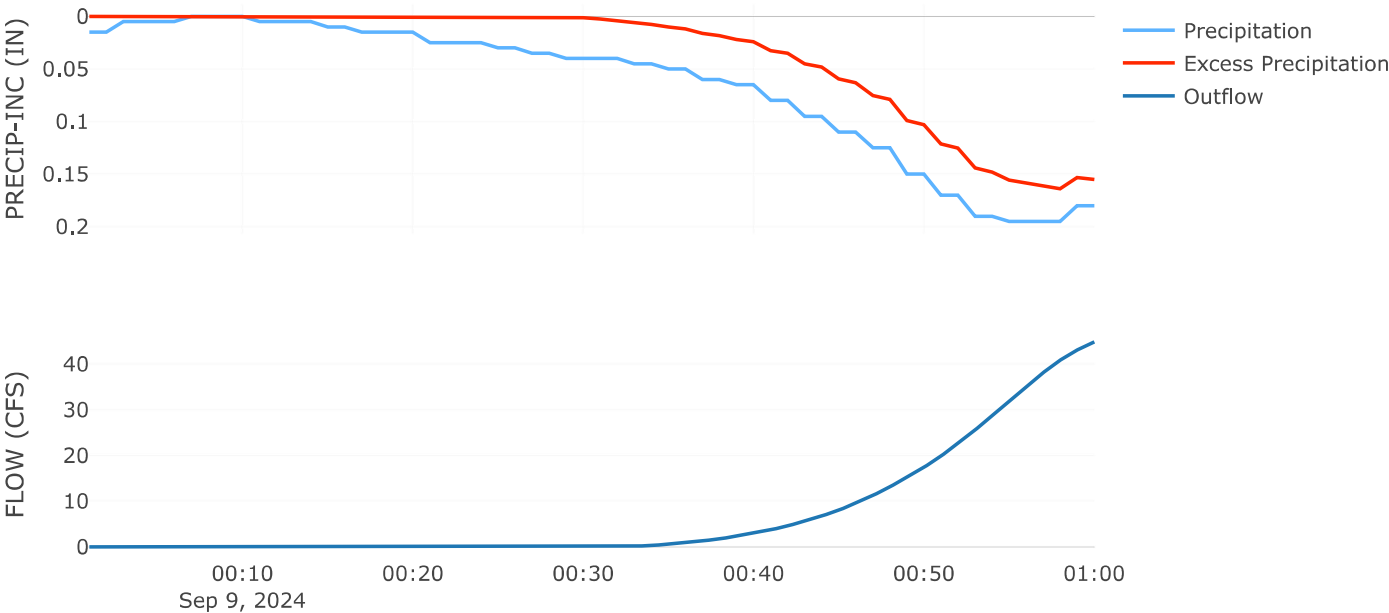
Area (MI2) : 0.01  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	83
Initial Abstraction	0.41

Transform: SCS	
Lag	4.45
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1B-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	44.89
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:00
Volume (IN)	1.36
Precipitation Volume (AC - FT)	1.69
Loss Volume (AC - FT)	0.73
Excess Volume (AC - FT)	0.96
Direct Runoff Volume (AC - FT)	0.58
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow

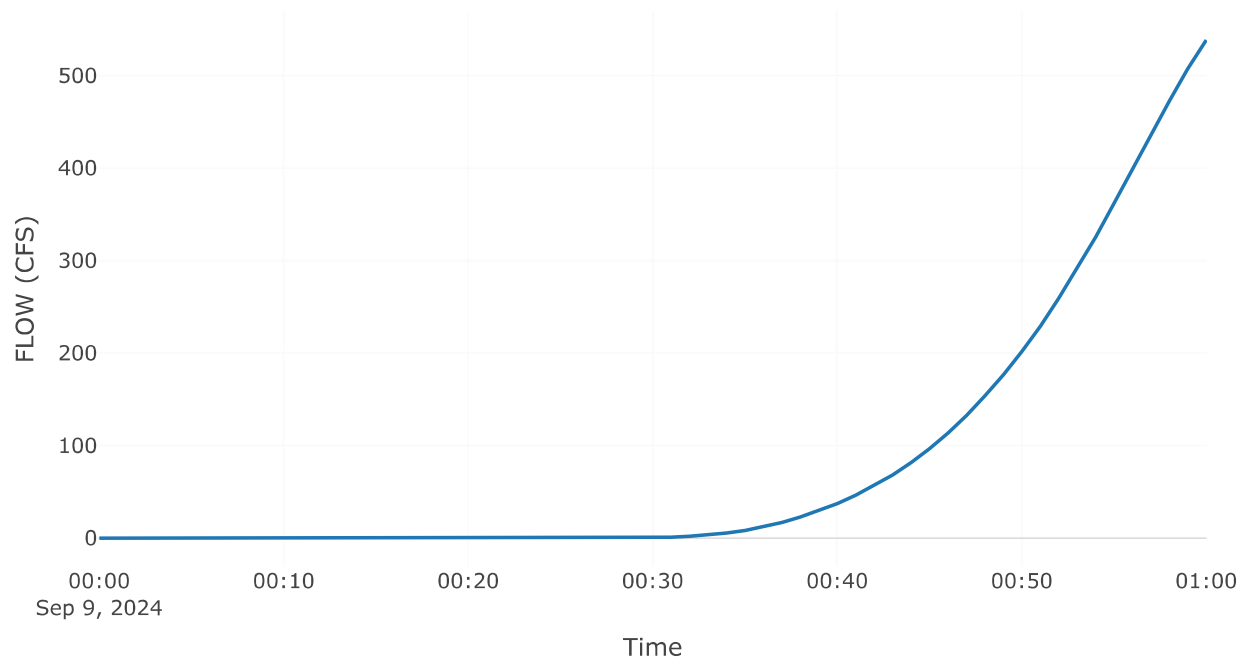


# Sink: Outlet-Yaurel-Creek

## Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	538.38
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 01:00
Volume (IN)	0.98

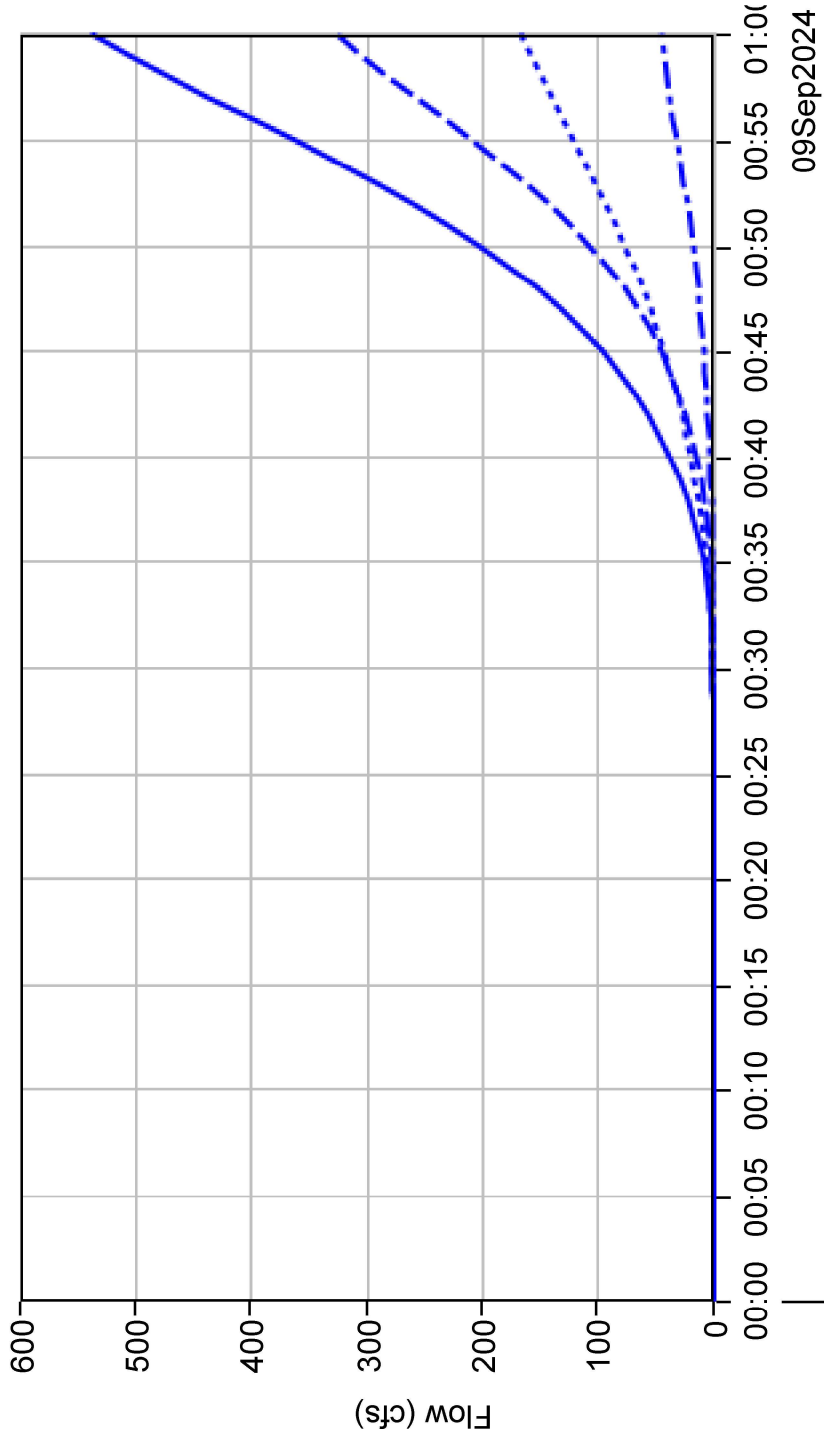
Outflow







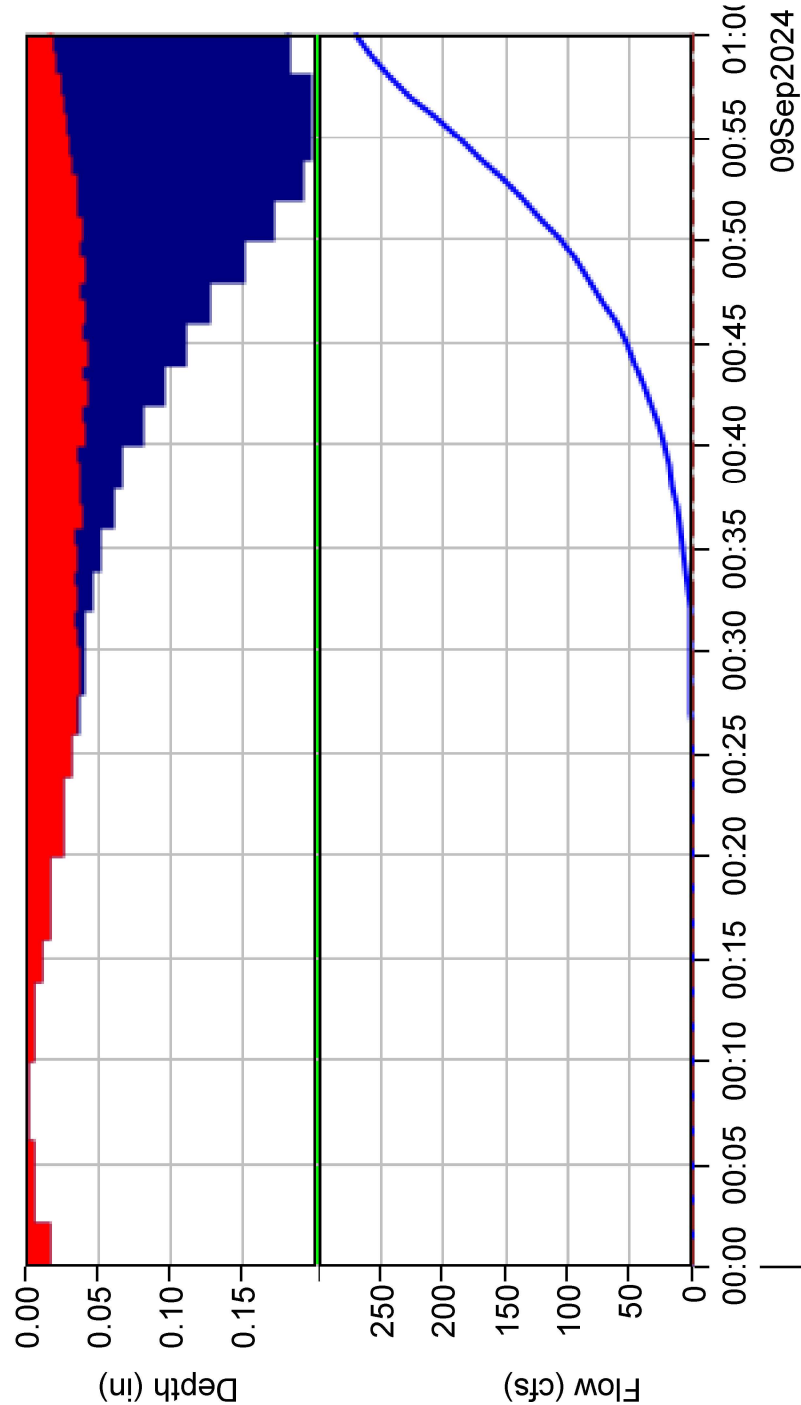
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-PropCond-100yr1hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow

Subbasin "SB1A-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr1hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Baseflow

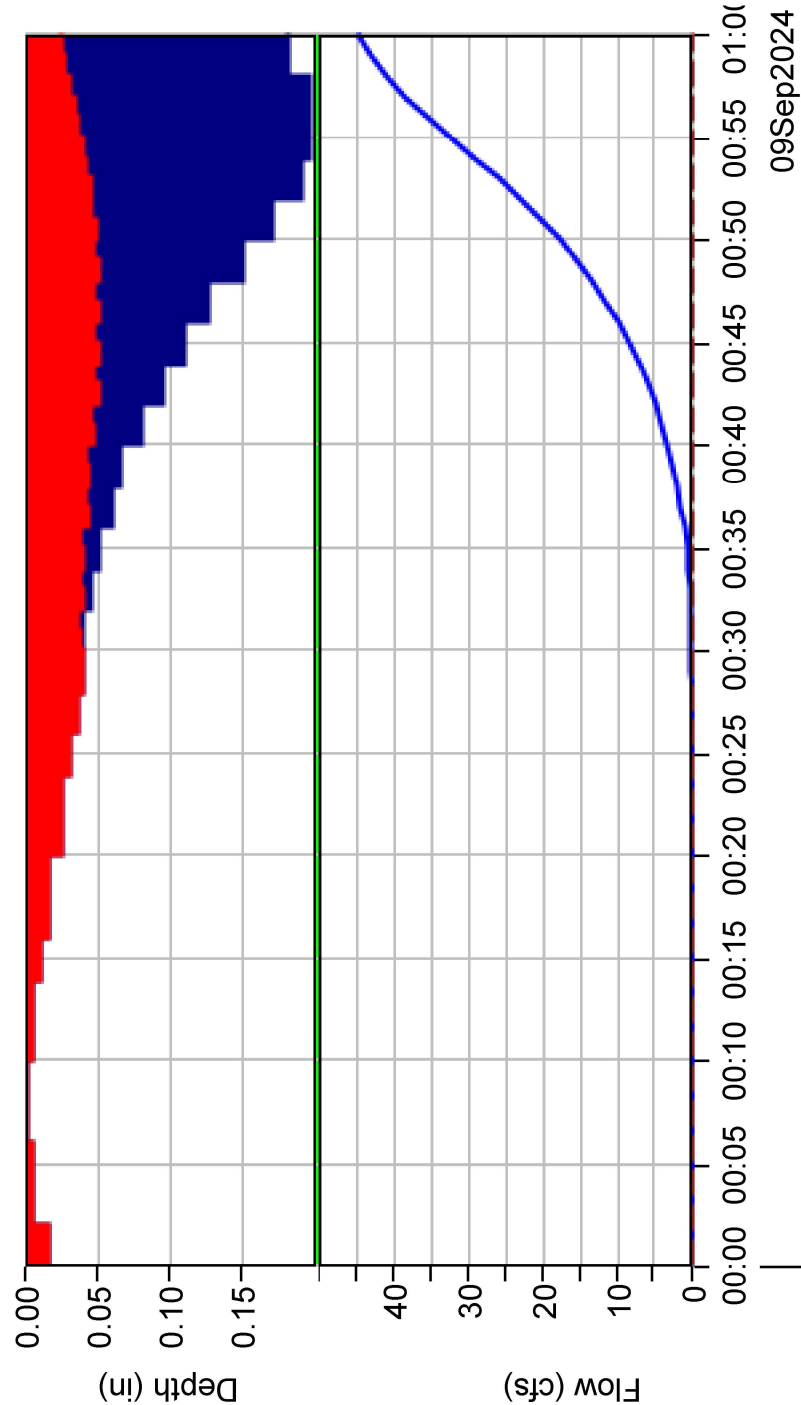
Reservoir "Detention-Pond" Results for Run "Run-PropCond-100yr1hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:Detention-PondResult:Storage
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:Detention-PondResult:PooElevation
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:Detention-PondResult:CombinedInflow

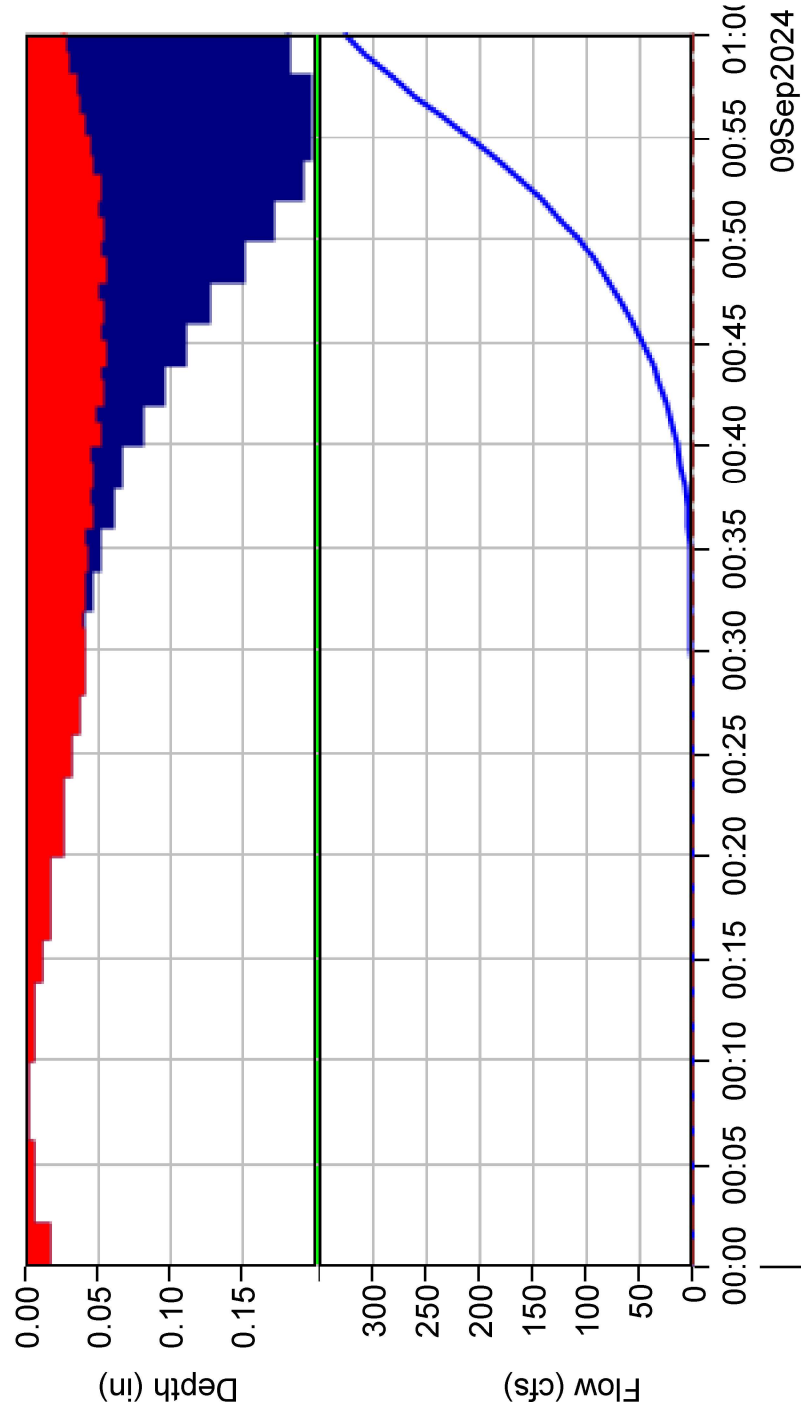
Subbasin "SB1B-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr1hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-PropCond-100yr1hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:06)

- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr1hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo  
**Simulation Run:** Run-PropCond-100yr6hrQ4  
**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00  
**Simulation End:** 9 September 2024, 06:00

**HMS Version:** 4.11  
**Executed:** 20 February 2025, 11:21

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI <sup>2</sup> )	
Element Name	Area (MI <sup>2</sup> )
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1A - ProjectSite	0.05
SB1B - ProjectSite	0.01

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1A - ProjectSite	Detention - Pond
SB1B - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1A - ProjectSite	0	86	0.33
SB1B - ProjectSite	0	83	0.41

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1A - ProjectSite	5.74	Standard
SB1B - ProjectSite	4.45	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI <sup>2</sup> )	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
--------------------	----------------------------------	----------------------	--------------	-------------

SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	169.87	09Sep2024, 05:52	6.84
SB1A - ProjectSite	0.05	121.35	09Sep2024, 05:52	7.4
Detention - Pond	0.05	120.3	09Sep2024, 05:56	7.21
SB1B - ProjectSite	0.01	19.58	09Sep2024, 05:50	7.13
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	309.38	09Sep2024, 05:54	7



Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

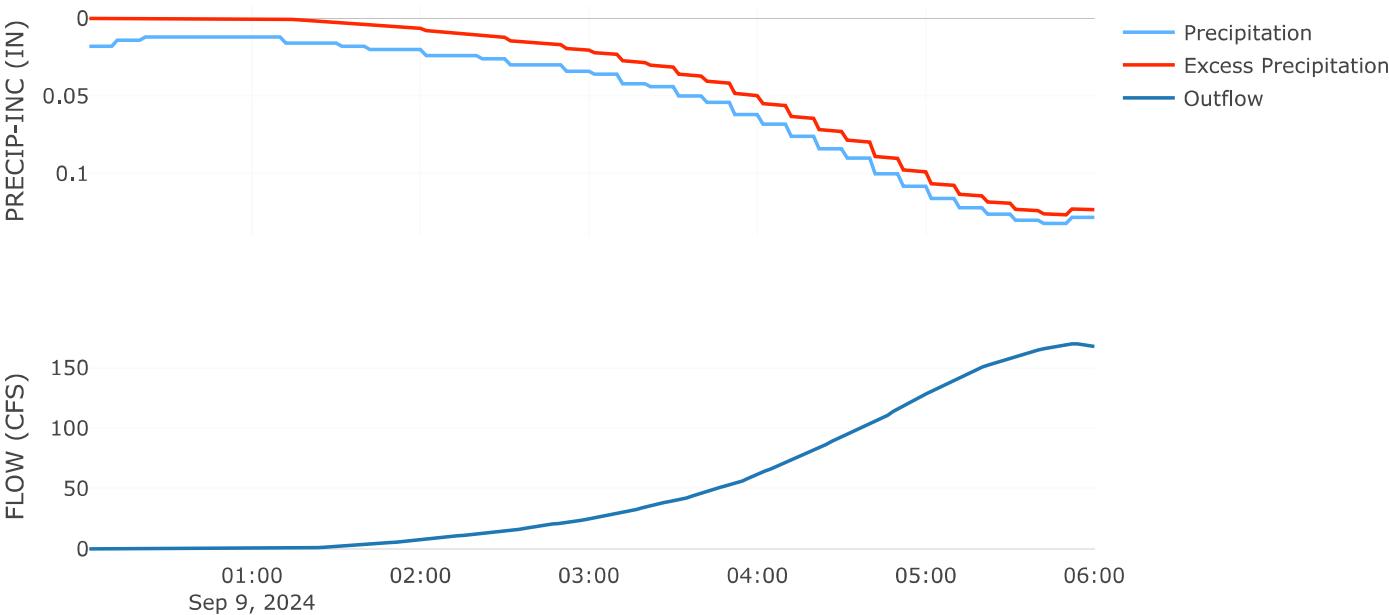
Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: SCS	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	169.87
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 05:52
Volume (IN)	6.84
Precipitation Volume (AC - FT)	35.8
Loss Volume (AC - FT)	8.25
Excess Volume (AC - FT)	27.55
Direct Runoff Volume (AC - FT)	25.53
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



Subbasin: SB1A-ProjectSite

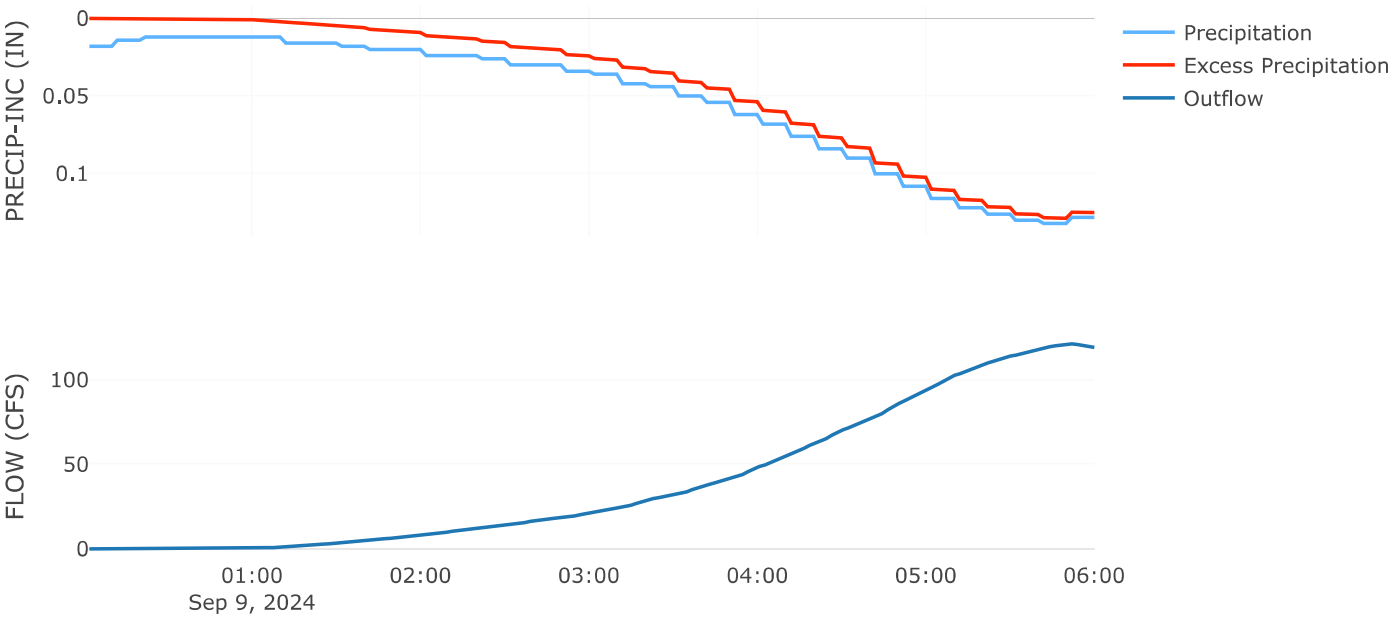
Area (MI2) : 0.05  
Downstream : Detention - Pond

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	86
Initial Abstraction	0.33

Transform: SCS	
Lag	5.74
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1A-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	121.35
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 05:52
Volume (IN)	7.4
Precipitation Volume (AC - FT)	25.06
Loss Volume (AC - FT)	4.47
Excess Volume (AC - FT)	20.59
Direct Runoff Volume (AC - FT)	19.33
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



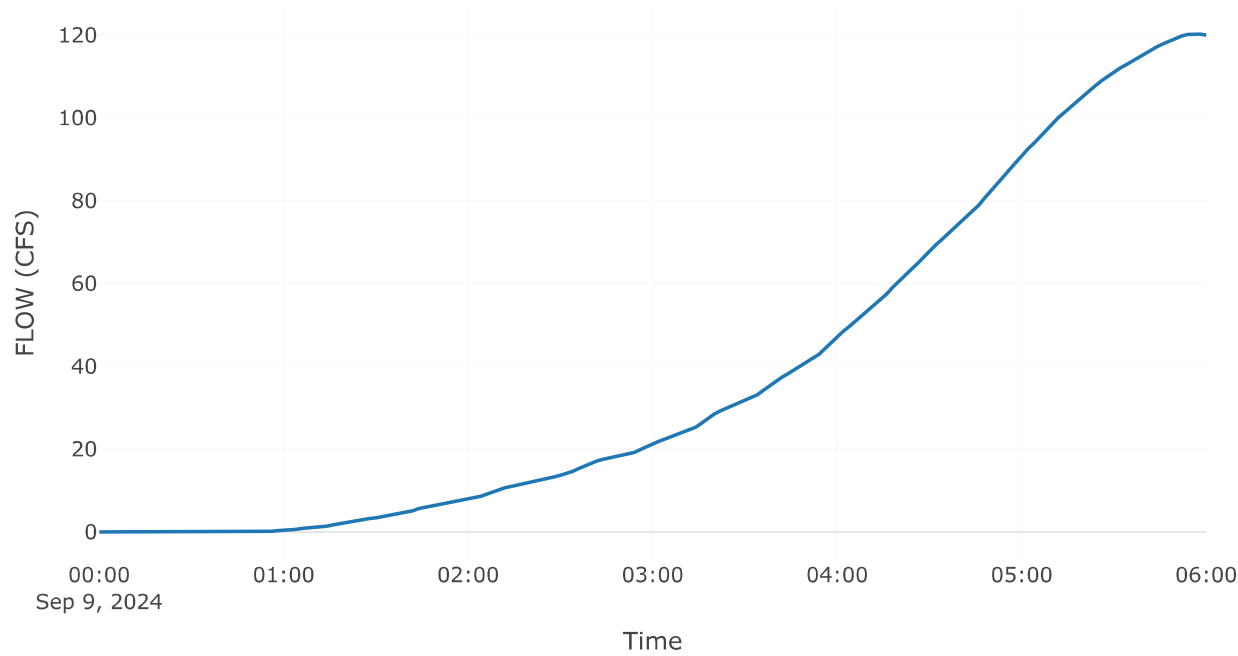
# Reservoir: Detention-Pond

**Downstream** : Outlet - Yaurel - Creek

**Results: Detention-Pond**

Peak Discharge (CFS)	120.3
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 05:56
Volume (IN)	7.21
Peak Inflow (CFS)	121.35
Time of Peak Inflow	09Sep2024, 05:52
Inflow Volume (AC - FT)	19.33
Maximum Storage (AC - FT)	0.88
Peak Elevation (FT)	5.87
Discharge Volume (AC - FT)	18.83

Outflow



Subbasin: SB1B-ProjectSite

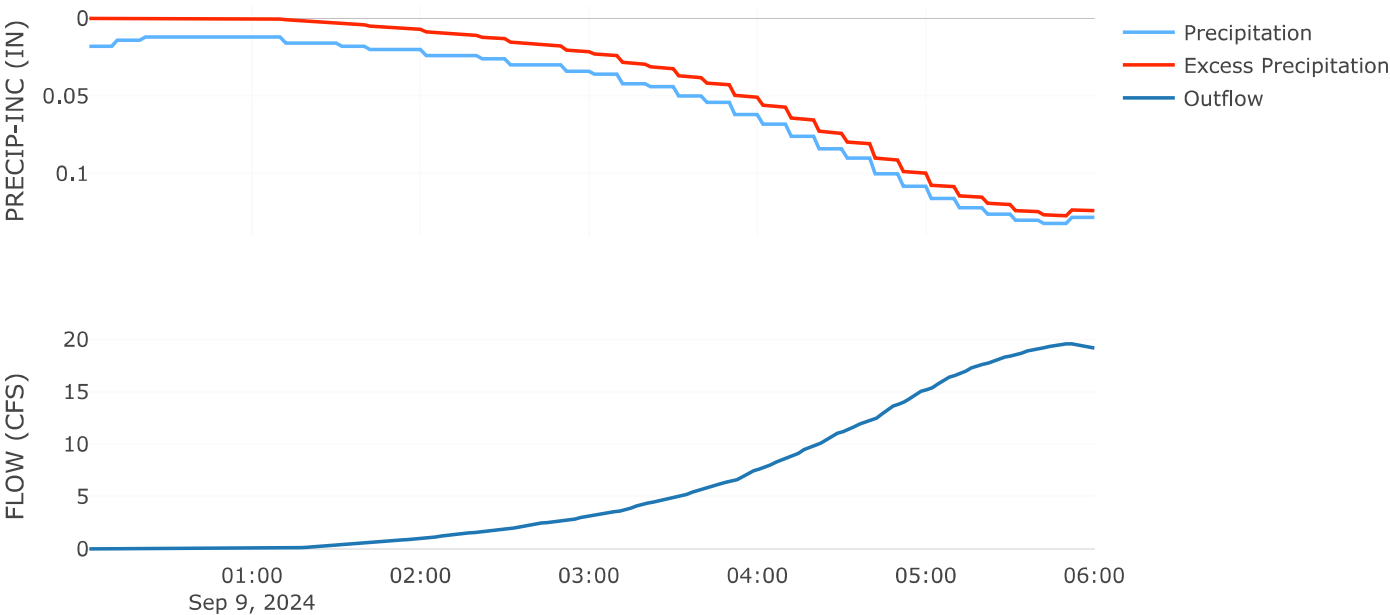
Area (MI2) : 0.01  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	83
Initial Abstraction	0.41

Transform: SCS	
Lag	4.45
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1B-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	19.58
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 05:50
Volume (IN)	7.13
Precipitation Volume (AC - FT)	4.09
Loss Volume (AC - FT)	0.89
Excess Volume (AC - FT)	3.2
Direct Runoff Volume (AC - FT)	3.04
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow

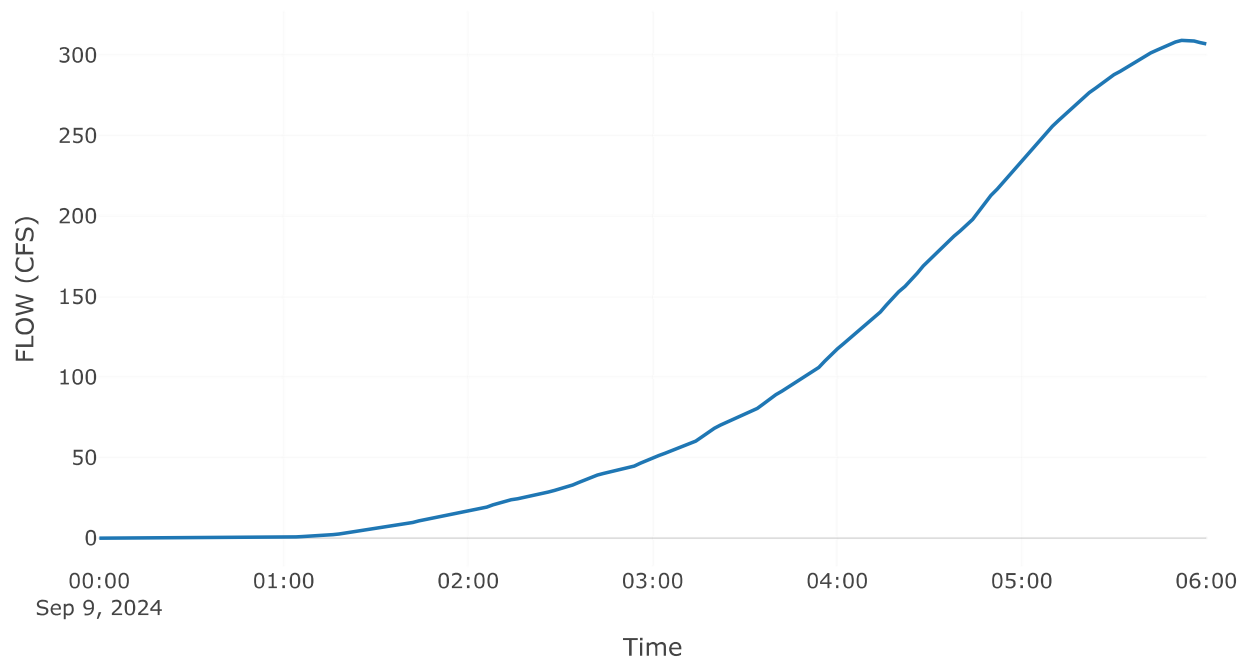


# Sink: Outlet-Yaurel-Creek

## Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	309.38
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 05:54
Volume (IN)	7

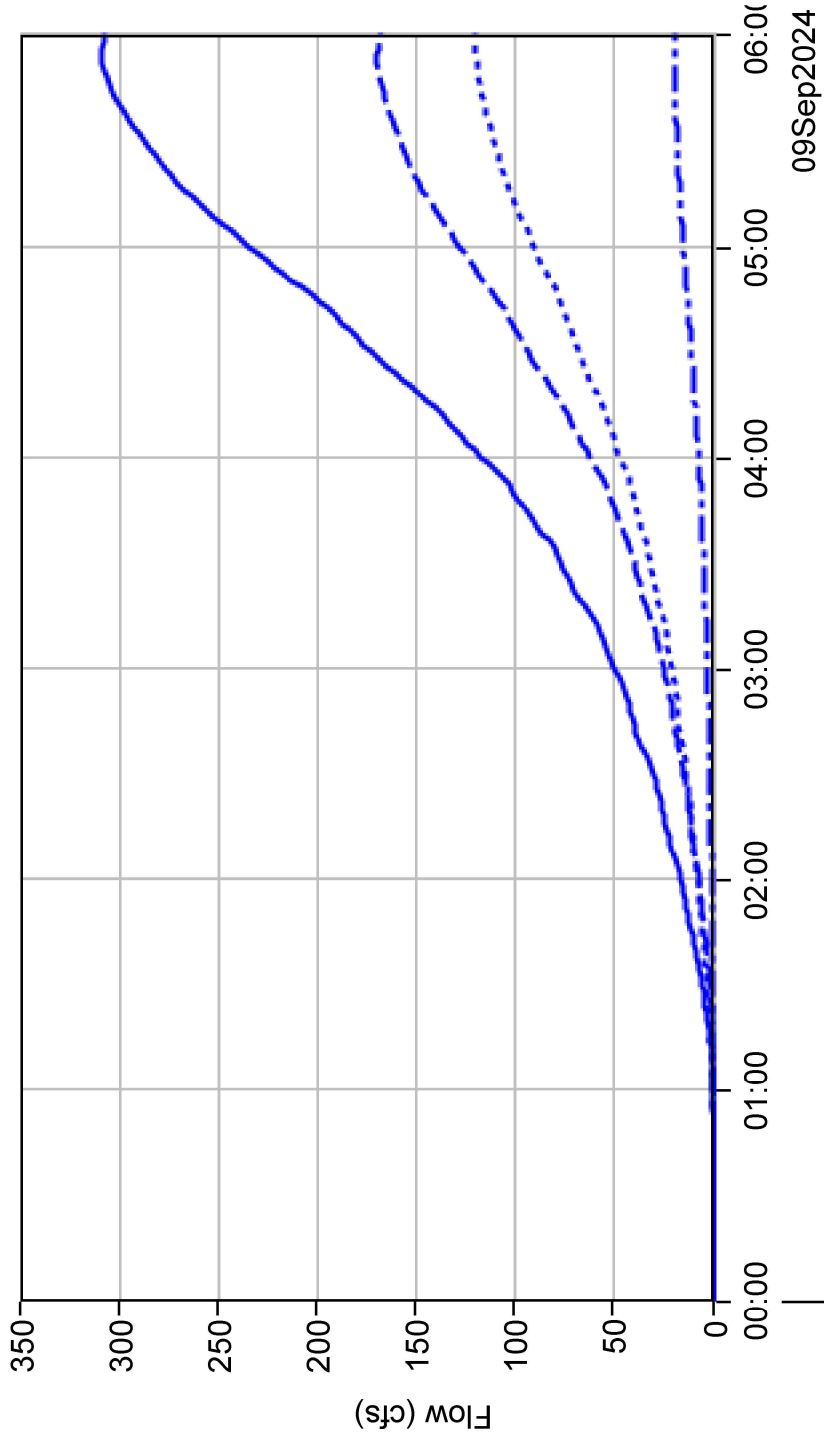
Outflow







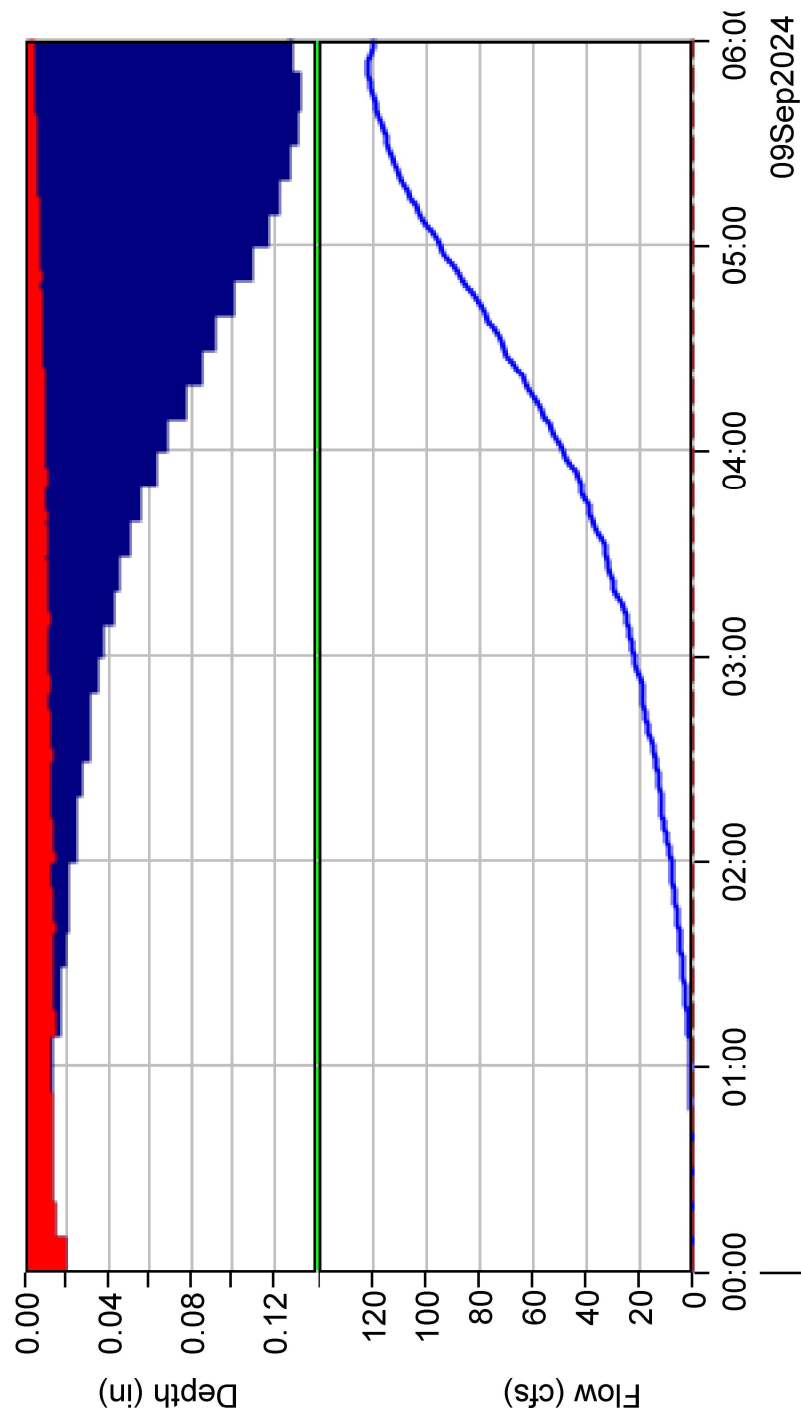
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-PropCond-100yr6hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:08)

- Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow

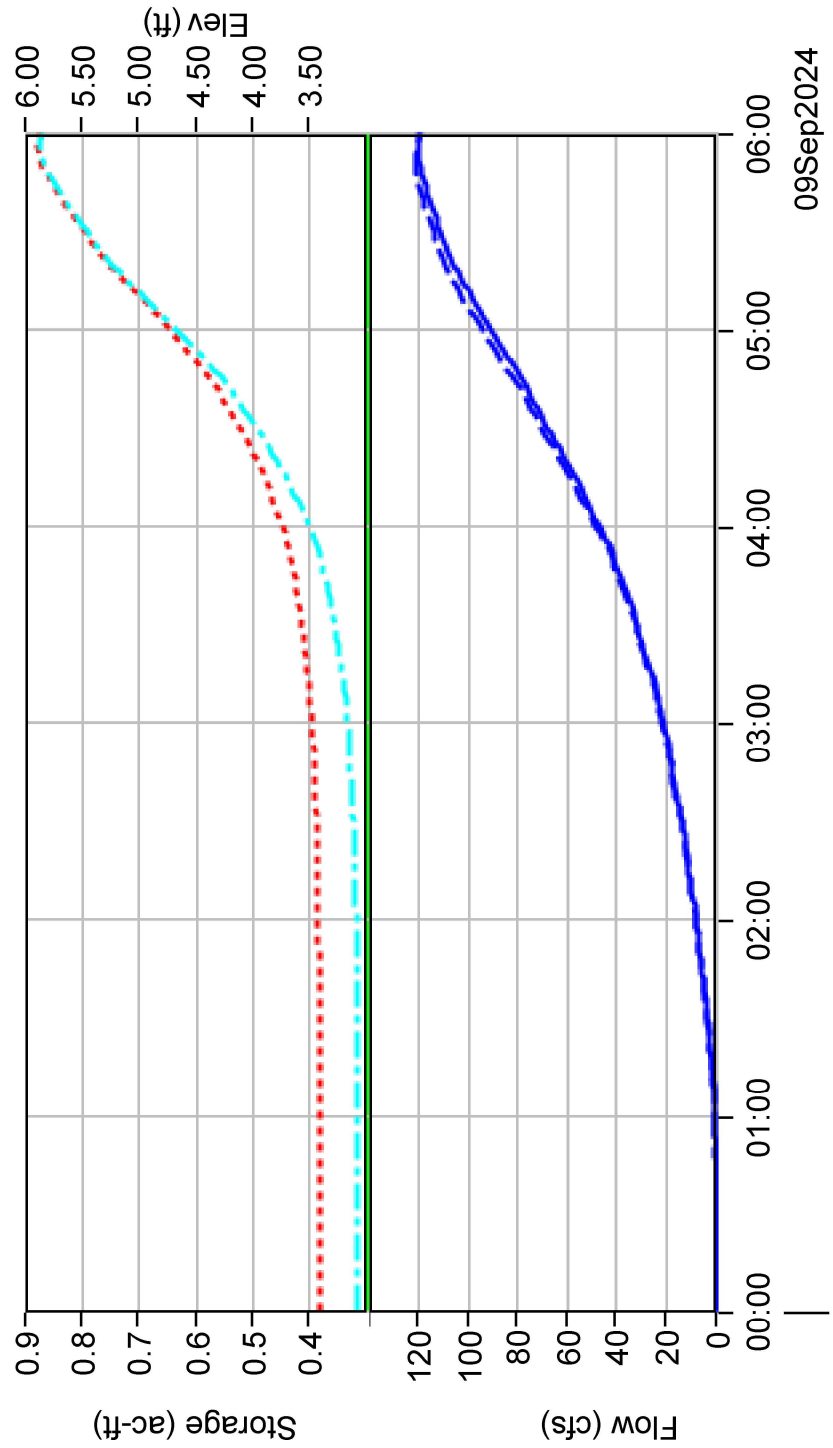
Subbasin "SB1A-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr6hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:08)

- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Baseflow

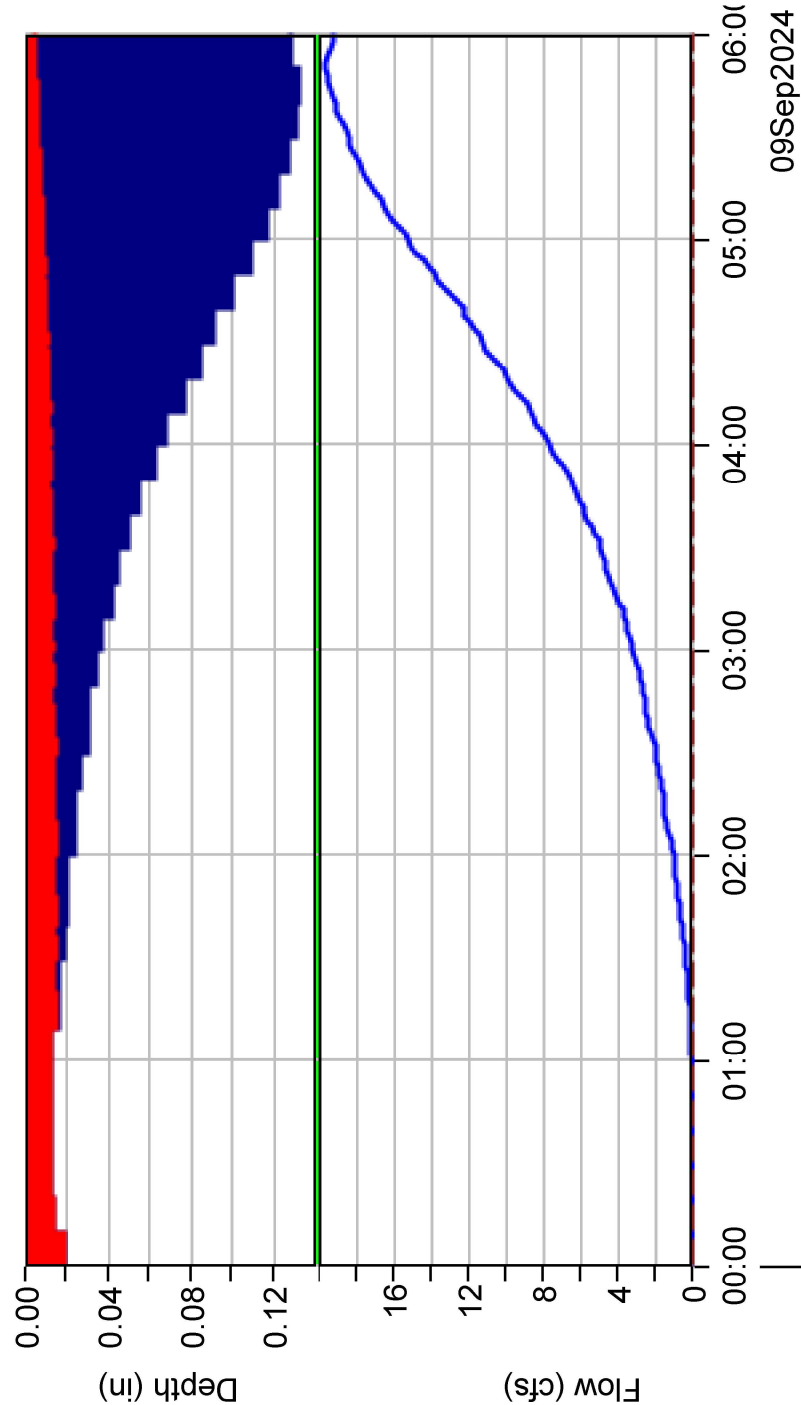
Reservoir "Detention-Pond" Results for Run "Run-PropCond-100yr6hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:08)

- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:Detention-PondResult:Storage
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:Detention-PondResult:PooElevation
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:Detention-PondResult:CombinedInflow

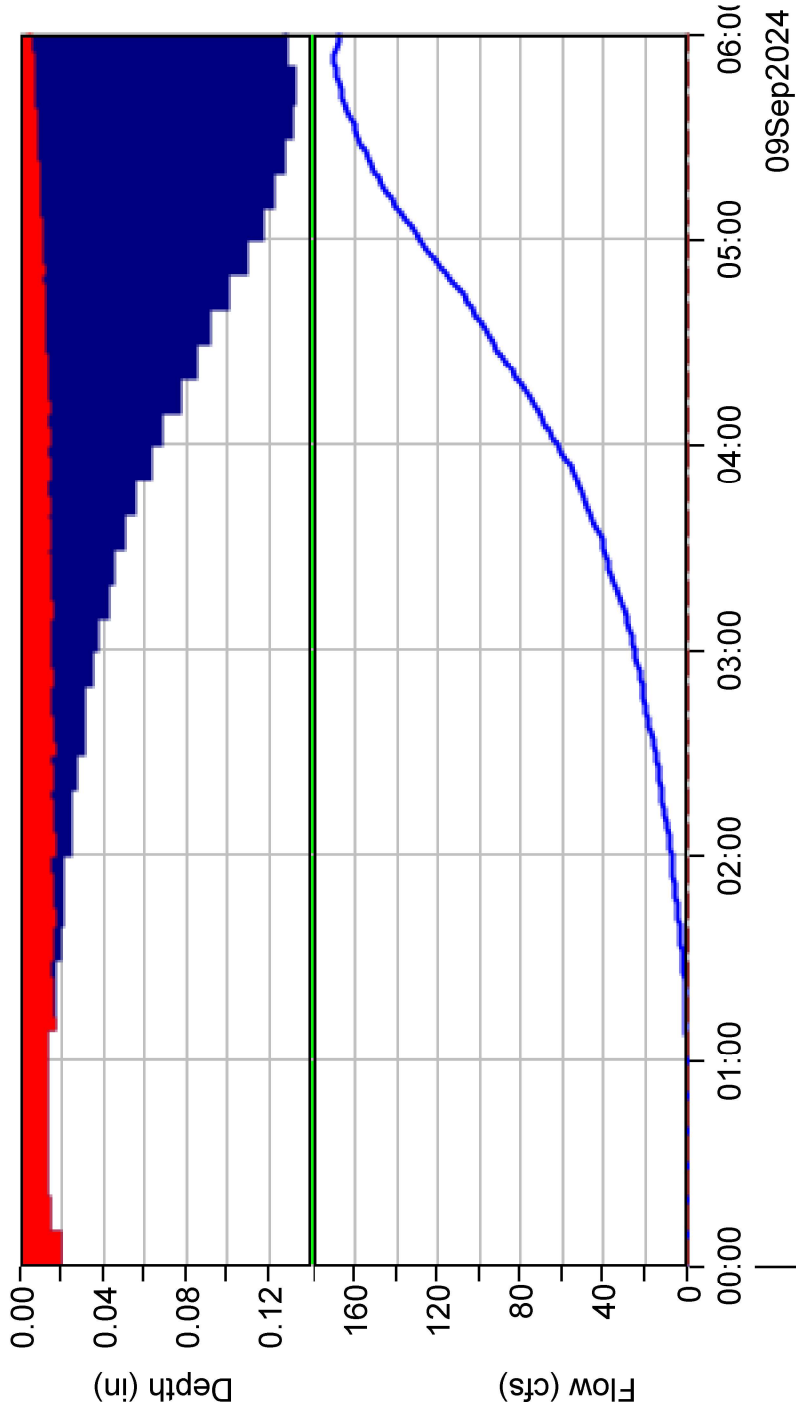
Subbasin "SB1B-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr6hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:08)

- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-PropCond-100yr6hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:08)

- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaureResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaureResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaureResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr6hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaureResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo

**Simulation Run:** Run-PropCond-100yr12hrQ4

**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00

**Simulation End:** 9 September 2024, 12:00

**HMS Version:** 4.11

**Executed:** 20 February 2025, 11:21

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI <sup>2</sup> )	
Element Name	Area (MI <sup>2</sup> )
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1A - ProjectSite	0.05
SB1B - ProjectSite	0.01

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1A - ProjectSite	Detention - Pond
SB1B - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1A - ProjectSite	0	86	0.33
SB1B - ProjectSite	0	83	0.41

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1A - ProjectSite	5.74	Standard
SB1B - ProjectSite	4.45	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI <sup>2</sup> )	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
--------------------	----------------------------------	----------------------	--------------	-------------

SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	174.99	09Sep2024, 12:00	9.72
SB1A - ProjectSite	0.05	124.1	09Sep2024, 12:00	10.32
Detention - Pond	0.05	121.62	09Sep2024, 12:00	10.12
SB1B - ProjectSite	0.01	20.16	09Sep2024, 12:00	10.03
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	316.77	09Sep2024, 12:00	9.9



Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

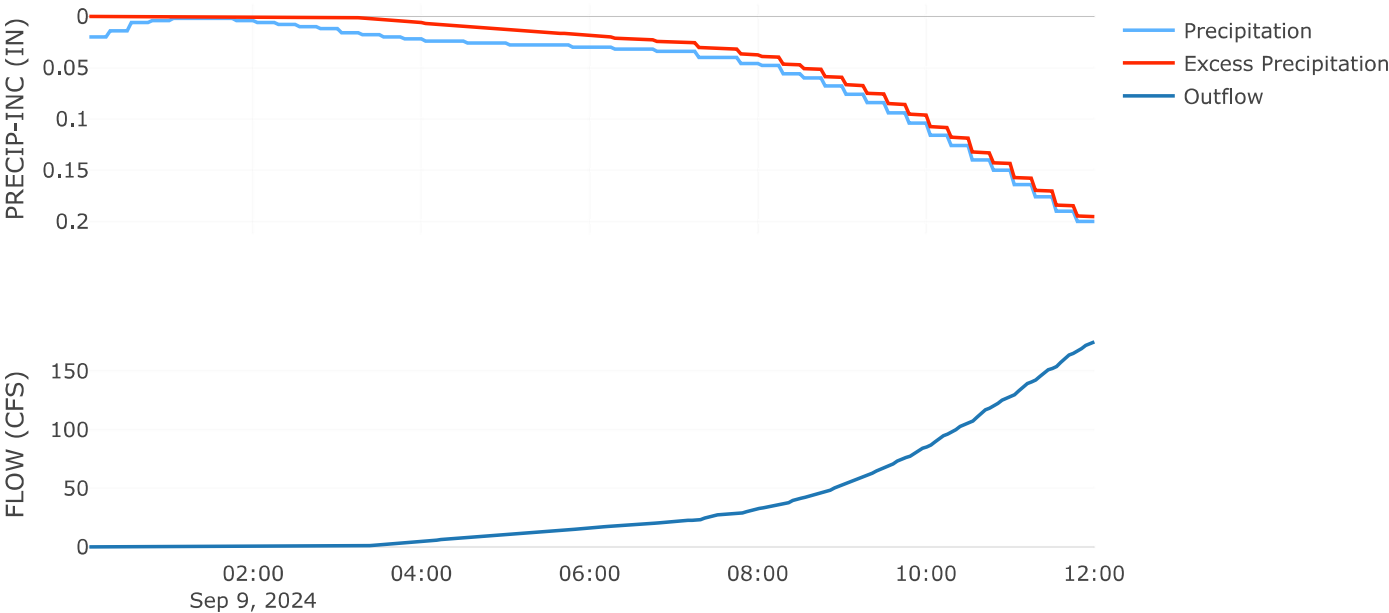
Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: SCS	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	174.99
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 12:00
Volume (IN)	9.72
Precipitation Volume (AC - FT)	47.04
Loss Volume (AC - FT)	8.58
Excess Volume (AC - FT)	38.46
Direct Runoff Volume (AC - FT)	36.29
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



Subbasin: SB1A-ProjectSite

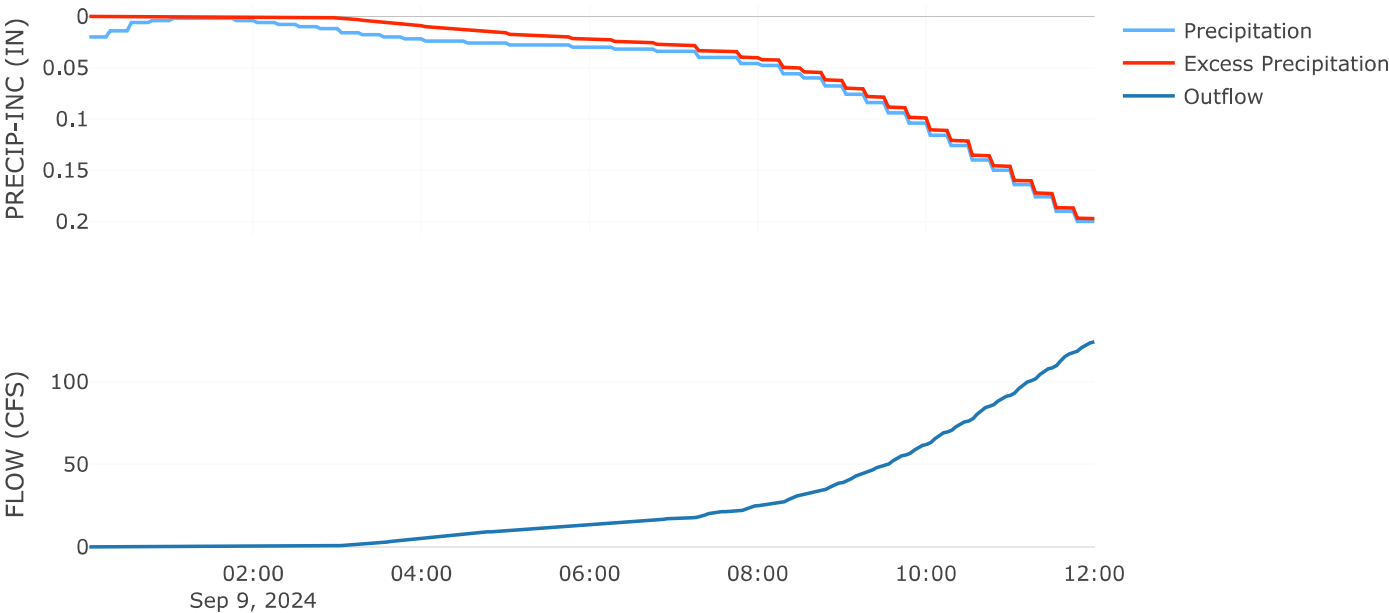
Area (MI2) : 0.05  
Downstream : Detention - Pond

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	86
Initial Abstraction	0.33

Transform: SCS	
Lag	5.74
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1A-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	124.1
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 12:00
Volume (IN)	10.32
Precipitation Volume (AC - FT)	32.93
Loss Volume (AC - FT)	4.61
Excess Volume (AC - FT)	28.32
Direct Runoff Volume (AC - FT)	26.97
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



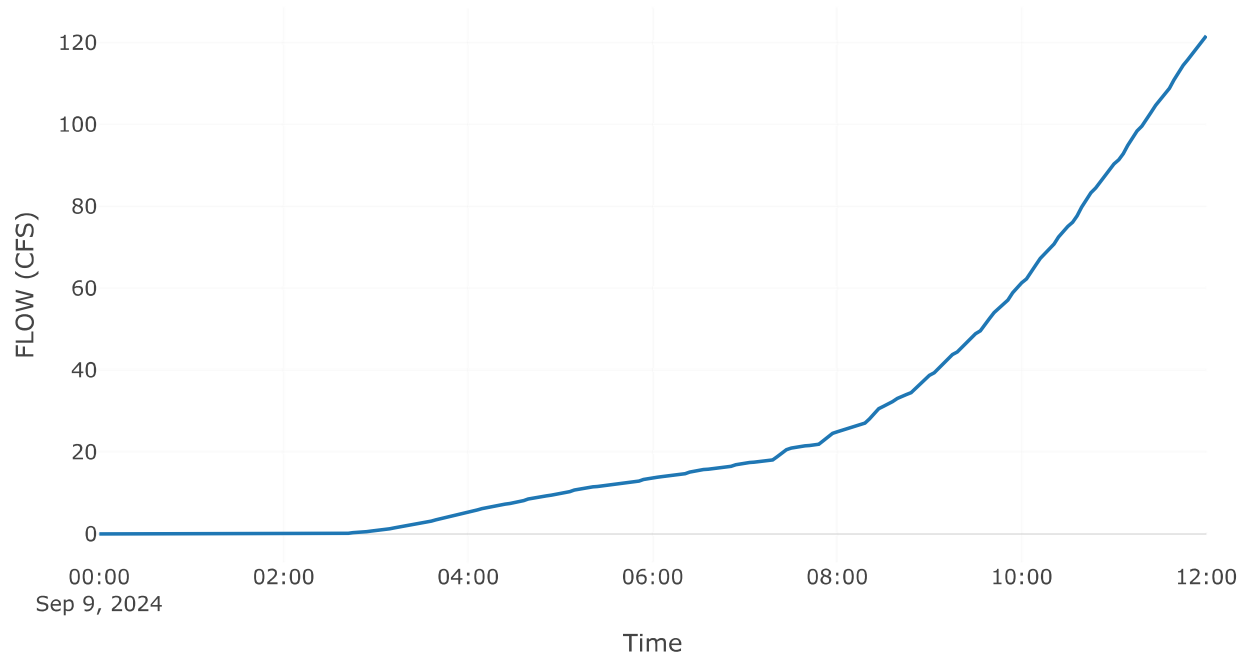
# Reservoir: Detention-Pond

**Downstream** : Outlet - Yaurel - Creek

## Results: Detention-Pond

Peak Discharge (CFS)	121.62
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 12:00
Volume (IN)	10.12
Peak Inflow (CFS)	124.1
Time of Peak Inflow	09Sep2024, 12:00
Inflow Volume (AC - FT)	26.97
Maximum Storage (AC - FT)	0.89
Peak Elevation (FT)	5.93
Discharge Volume (AC - FT)	26.46

Outflow



Subbasin: SB1B-ProjectSite

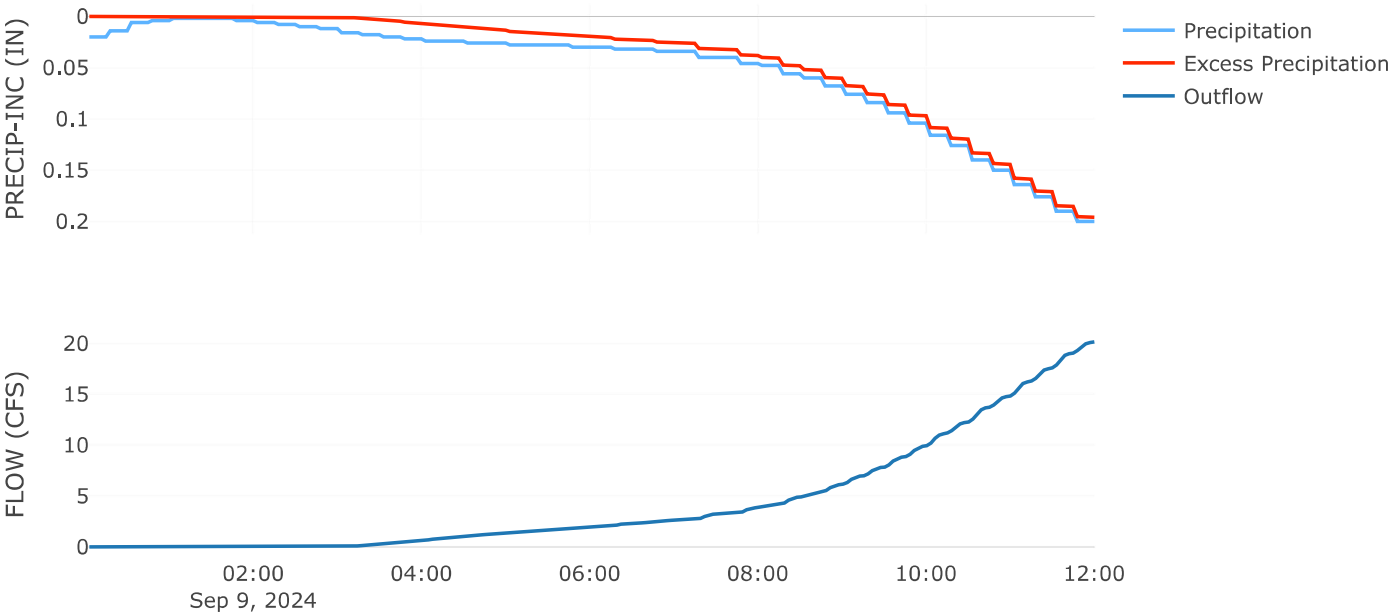
Area (MI2) : 0.01  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	83
Initial Abstraction	0.41

Transform: SCS	
Lag	4.45
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1B-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	20.16
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 12:00
Volume (IN)	10.03
Precipitation Volume (AC - FT)	5.38
Loss Volume (AC - FT)	0.92
Excess Volume (AC - FT)	4.45
Direct Runoff Volume (AC - FT)	4.28
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow

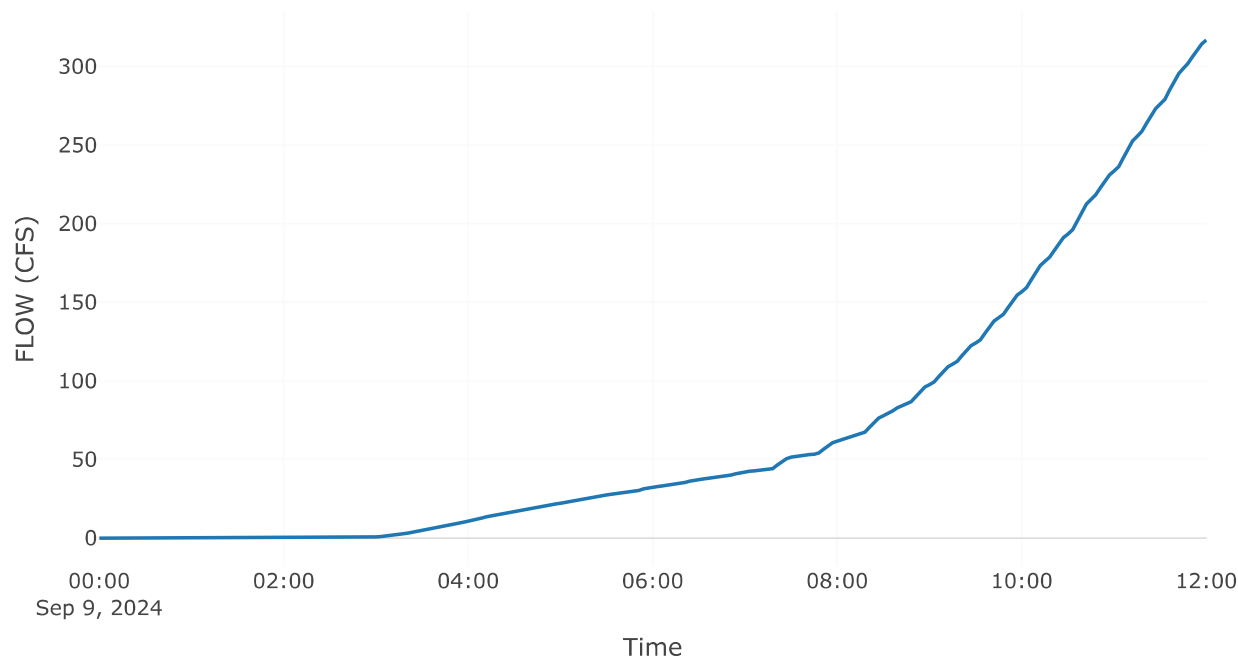


Sink: Outlet-Yaurel-Creek

Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	316.77
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 12:00
Volume (IN)	9.9

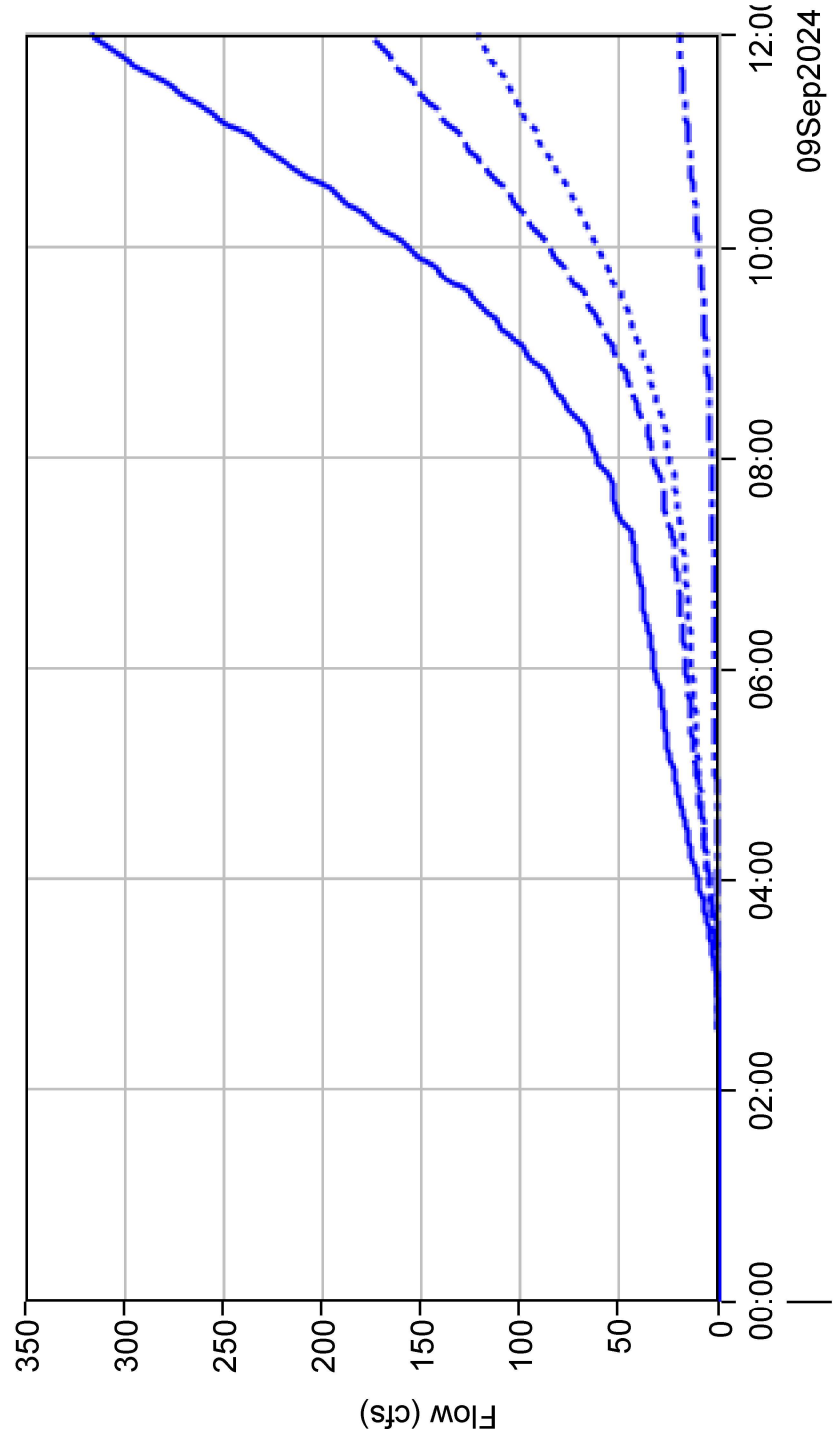
Outflow







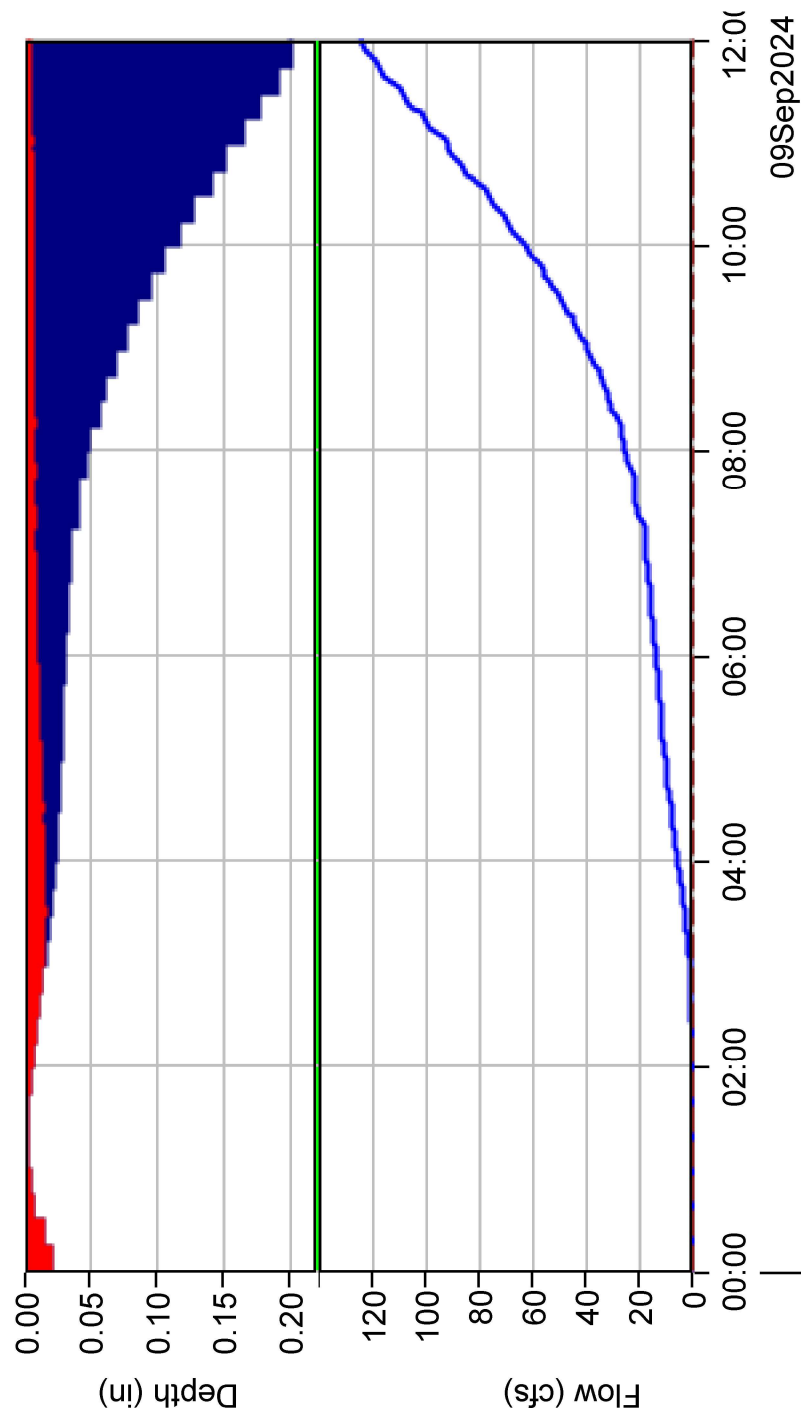
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-PropCond-100yr12hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow

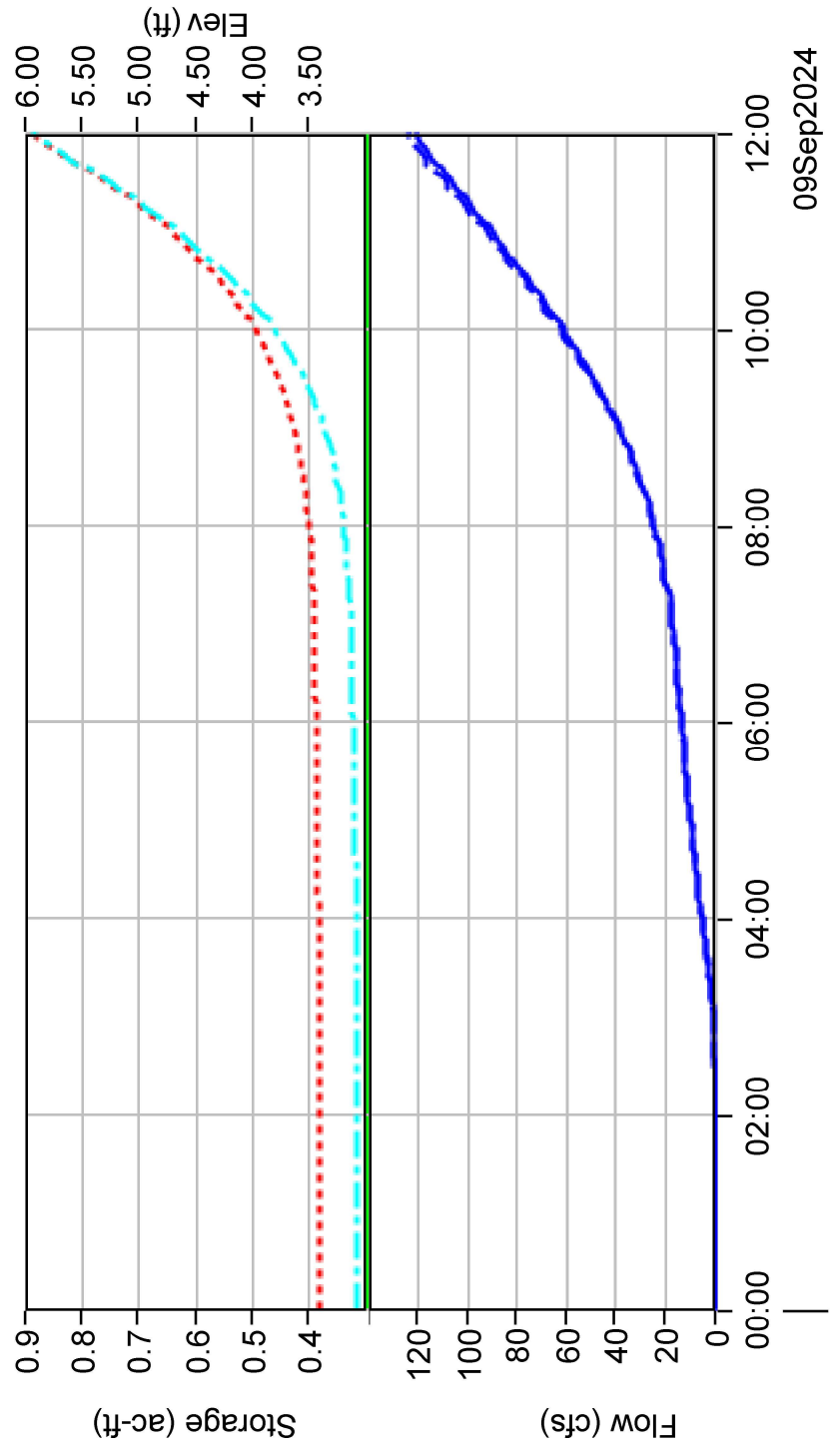
Subbasin "SB1A-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr12hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Baseflow

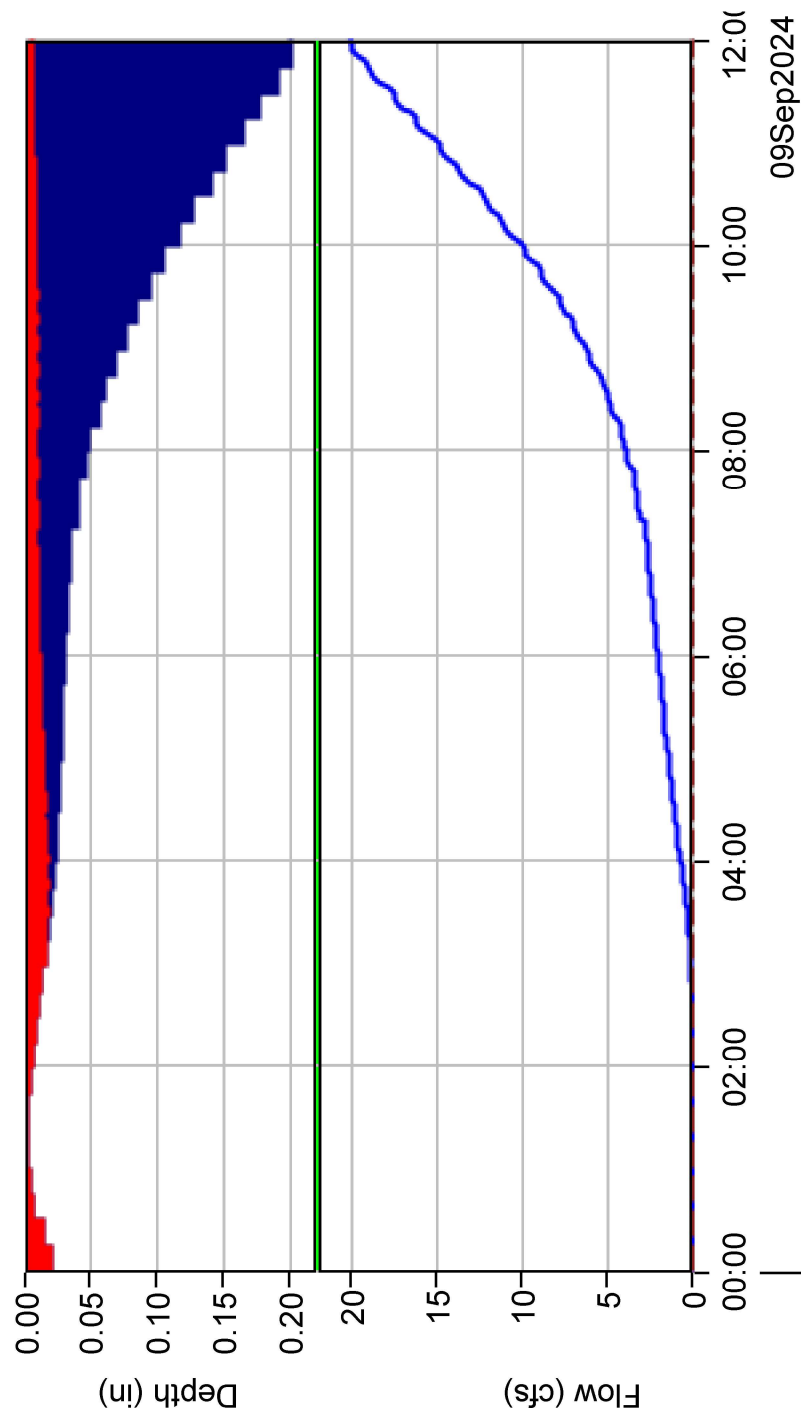
Reservoir "Detention-Pond" Results for Run "Run-PropCond-100yr12hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:Detention-PondResult:Storage
- Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:Detention-PondResult:PooElevation
- Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:Detention-PondResult:CombinedInflow

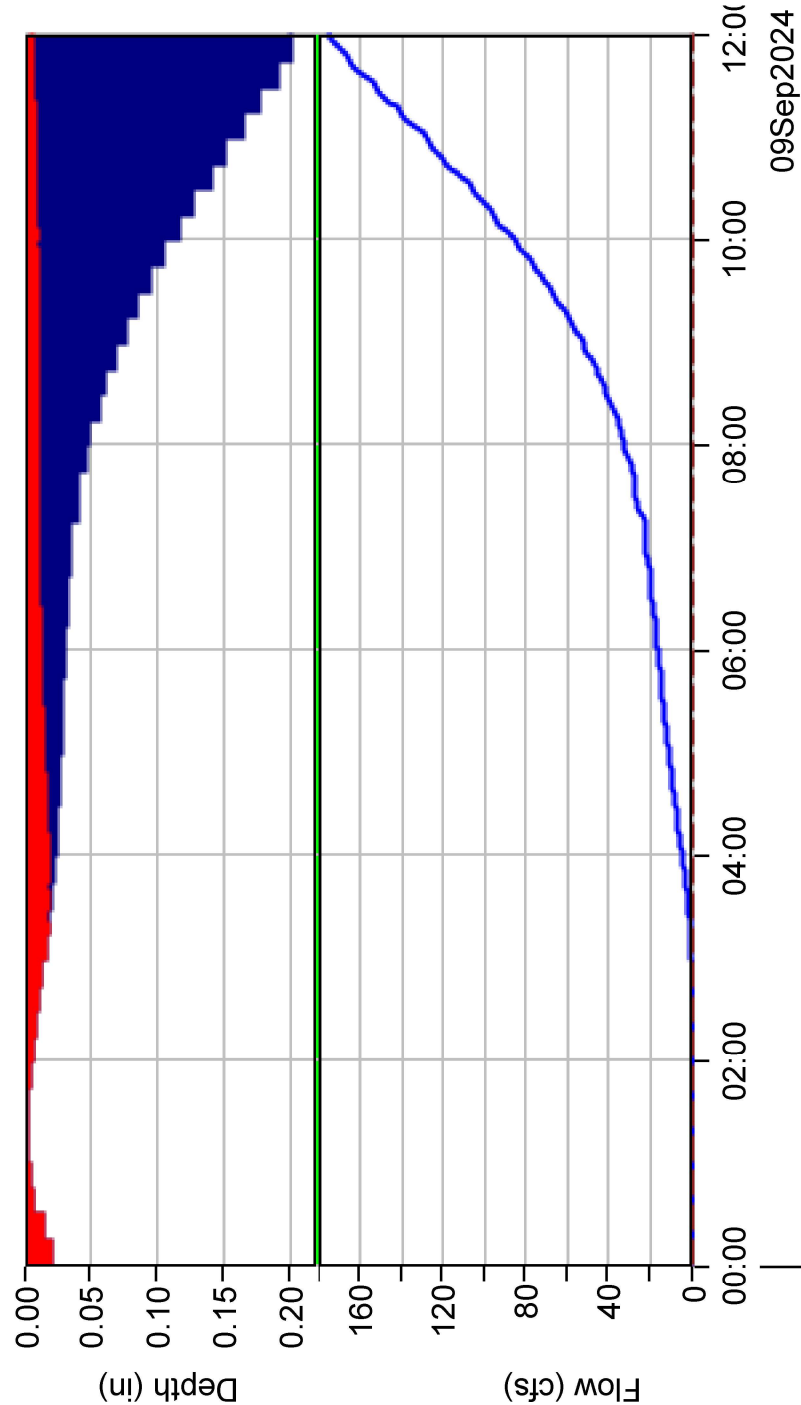
Subbasin "SB1B-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr12hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-PropCond-100yr12hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr12hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

**Project:** Srsm Arroyo

**Simulation Run:** Run-PropCond-100yr24hrQ4

**Simulation Start:** 8 September 2024, 24:00

**Simulation End:** 9 September 2024, 24:00

**HMS Version:** 4.11

**Executed:** 20 February 2025, 11:21

Global Parameter Summary - Subbasin

Area (MI <sup>2</sup> )	
Element Name	Area (MI <sup>2</sup> )
SB2 - Qbda_Yaurel	0.07
SB1A - ProjectSite	0.05
SB1B - ProjectSite	0.01

Downstream	
Element Name	Downstream
SB2 - Qbda_Yaurel	Outlet - Yaurel - Creek
SB1A - ProjectSite	Detention - Pond
SB1B - ProjectSite	Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs			
Element Name	Percent Impervious Area	Curve Number	Initial Abstraction
SB2 - Qbda_Yaurel	0	82	0.44
SB1A - ProjectSite	0	86	0.33
SB1B - ProjectSite	0	83	0.41

Transform: Scs		
Element Name	Lag	Unitgraph Type
SB2 - Qbda_Yaurel	6.57	Standard
SB1A - ProjectSite	5.74	Standard
SB1B - ProjectSite	4.45	Standard

Global Results Summary

Hydrologic Element	Drainage Area (MI <sup>2</sup> )	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
--------------------	----------------------------------	----------------------	--------------	-------------

SB2 - Qbda_Yaurel	0.07	186.46	09Sep2024, 24:00	13.2
SB1A - ProjectSite	0.05	131.51	09Sep2024, 24:00	13.84
Detention - Pond	0.05	130.05	09Sep2024, 24:00	13.6
SB1B - ProjectSite	0.01	21.38	09Sep2024, 24:00	13.53
Outlet - Yaurel - Creek	0.13	337.89	09Sep2024, 24:00	13.37



Subbasin: SB2-Qbda\_Yaurel

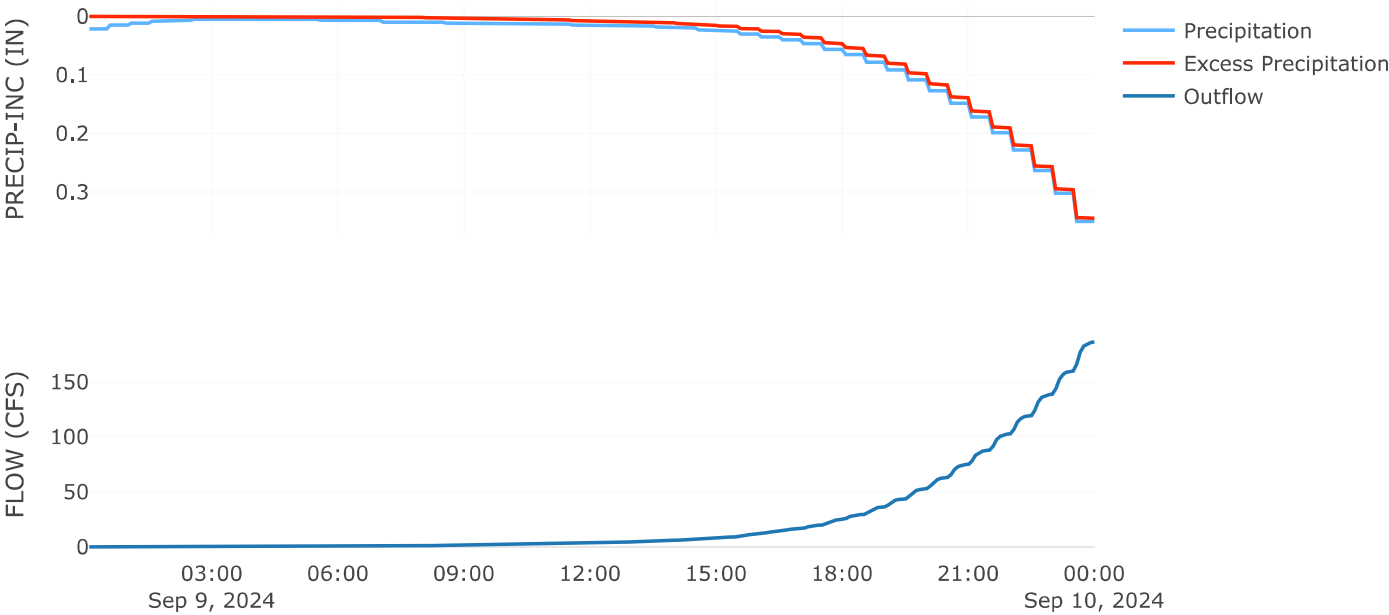
Area (MI2) : 0.07  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: Scs	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	82
Initial Abstraction	0.44

Transform: Scs	
Lag	6.57
Unitgraph Type	Standard

Results: SB2-Qbda_Yaurel	
Peak Discharge (CFS)	186.46
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 24:00
Volume (IN)	13.2
Precipitation Volume (AC - FT)	60.48
Loss Volume (AC - FT)	8.83
Excess Volume (AC - FT)	51.65
Direct Runoff Volume (AC - FT)	49.27
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



Subbasin: SB1A-ProjectSite

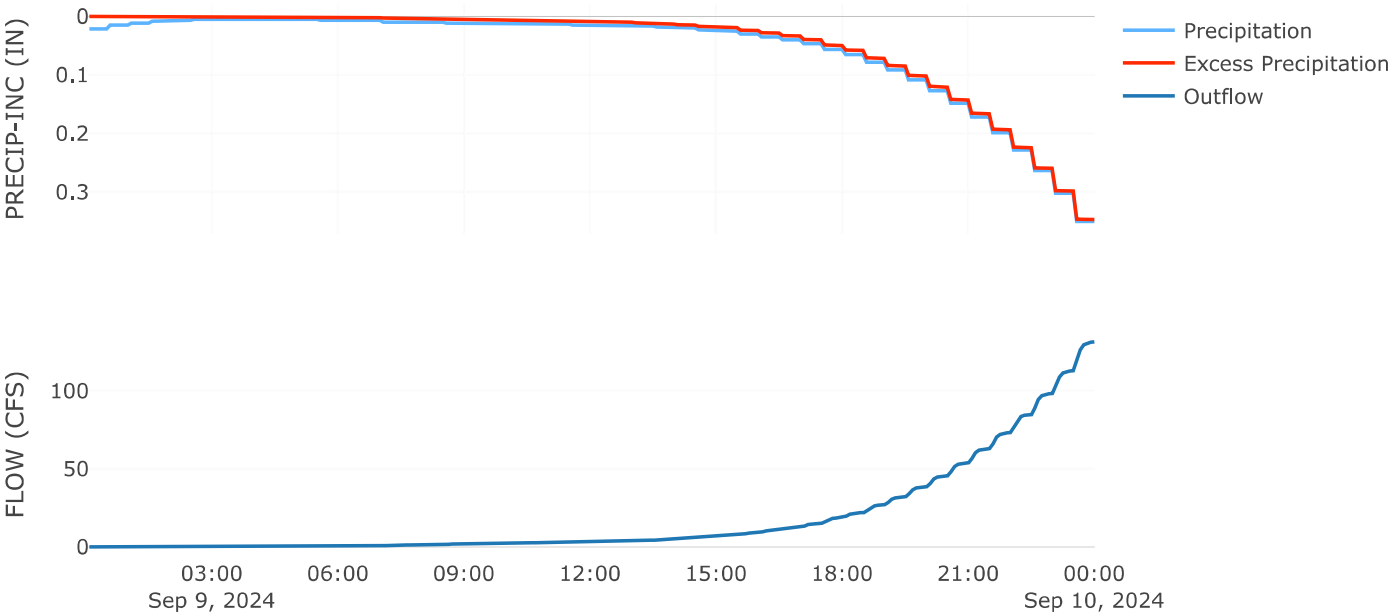
Area (MI2) : 0.05  
Downstream : Detention - Pond

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	86
Initial Abstraction	0.33

Transform: SCS	
Lag	5.74
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1A-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	131.51
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 24:00
Volume (IN)	13.84
Precipitation Volume (AC - FT)	42.34
Loss Volume (AC - FT)	4.71
Excess Volume (AC - FT)	37.63
Direct Runoff Volume (AC - FT)	36.16
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow



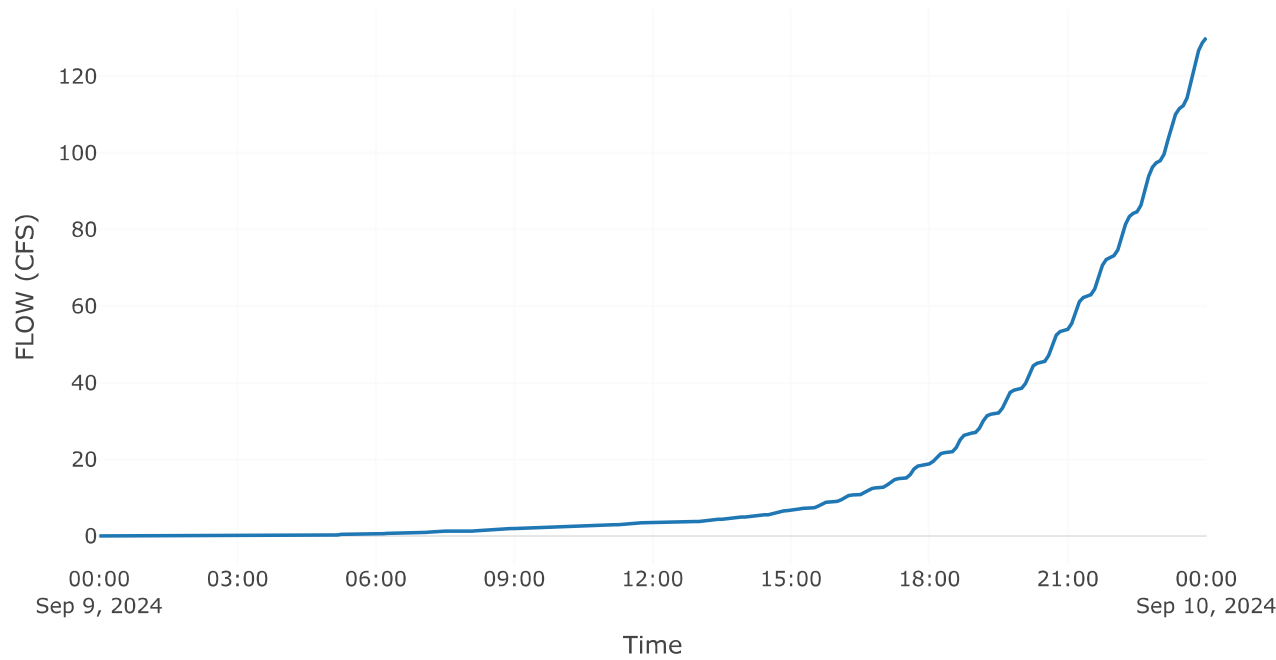
# Reservoir: Detention-Pond

**Downstream** : Outlet - Yaurel - Creek

## Results: Detention-Pond

Peak Discharge (CFS)	130.05
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 24:00
Volume (IN)	13.6
Peak Inflow (CFS)	131.51
Time of Peak Inflow	09Sep2024, 24:00
Inflow Volume (AC - FT)	36.16
Maximum Storage (AC - FT)	0.98
Peak Elevation (FT)	6.34
Discharge Volume (AC - FT)	35.55

Outflow



Subbasin: SB1B-ProjectSite

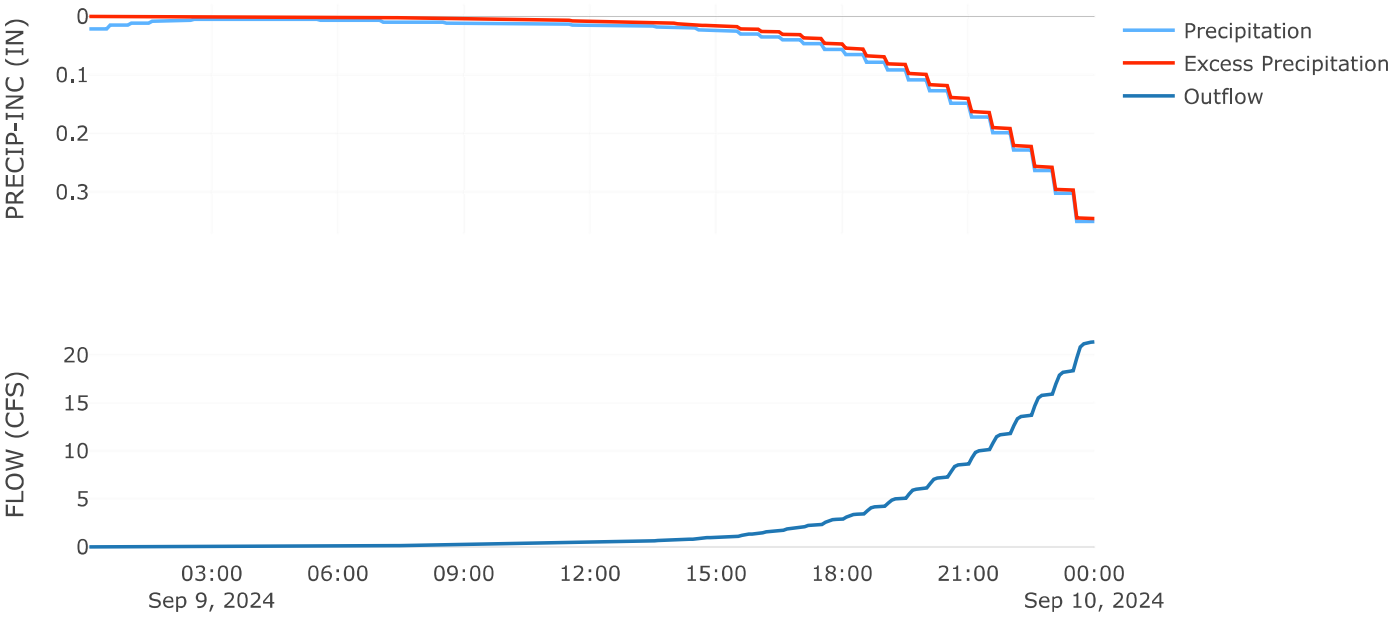
Area (MI2) : 0.01  
Downstream : Outlet - Yaurel - Creek

Loss Rate: SCS	
Percent Impervious Area	0
Curve Number	83
Initial Abstraction	0.41

Transform: SCS	
Lag	4.45
Unitgraph Type	Standard

Results: SB1B-ProjectSite	
Peak Discharge (CFS)	21.38
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 24:00
Volume (IN)	13.53
Precipitation Volume (AC - FT)	6.91
Loss Volume (AC - FT)	0.95
Excess Volume (AC - FT)	5.96
Direct Runoff Volume (AC - FT)	5.77
Baseflow Volume (AC - FT)	0

Precipitation and Outflow

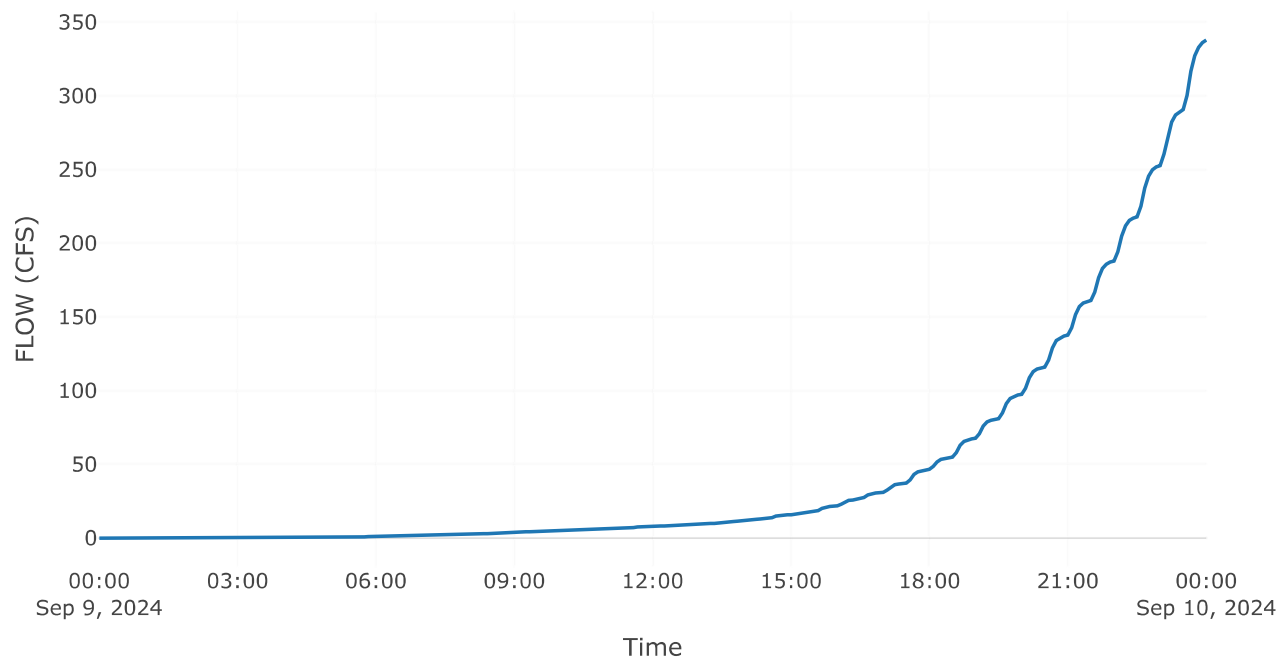


# Sink: Outlet-Yaurel-Creek

## Results: Outlet-Yaurel-Creek

Peak Discharge (CFS)	337.89
Time of Peak Discharge	09Sep2024, 24:00
Volume (IN)	13.37

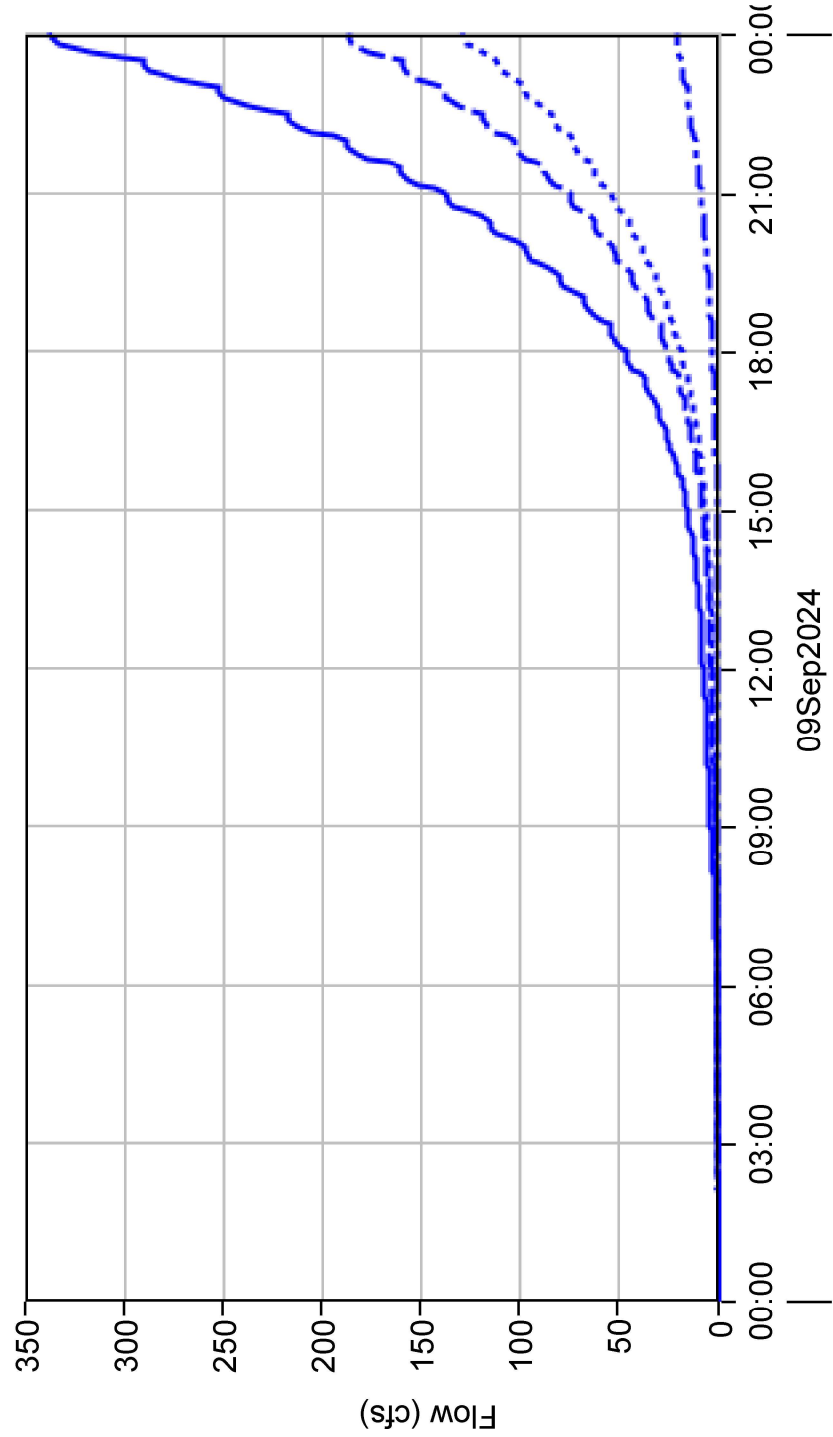
Outflow







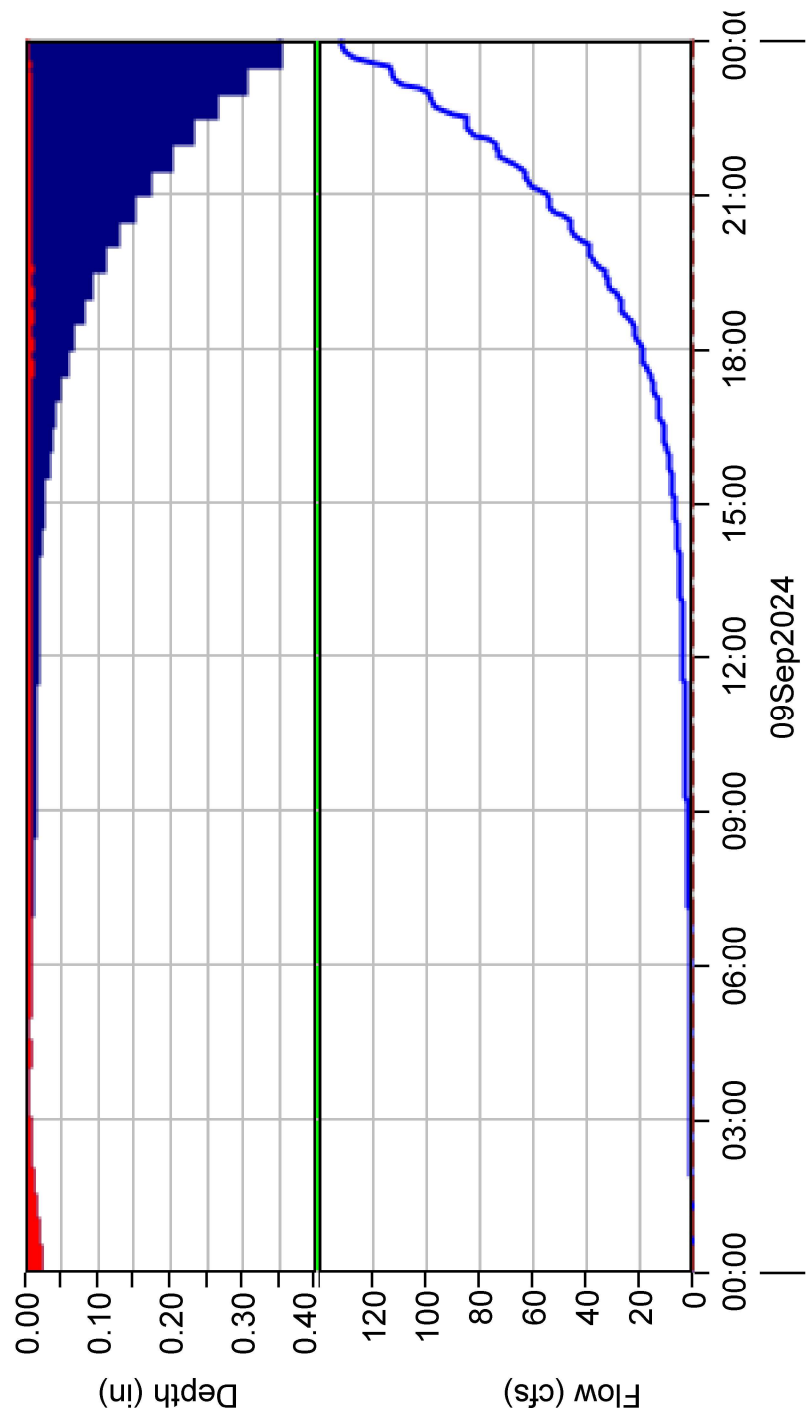
Sink "Outlet-Yaurel-Creek" Results for Run "Run-PropCond-100yr24hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:Outlet-Yaurel-CreekResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow

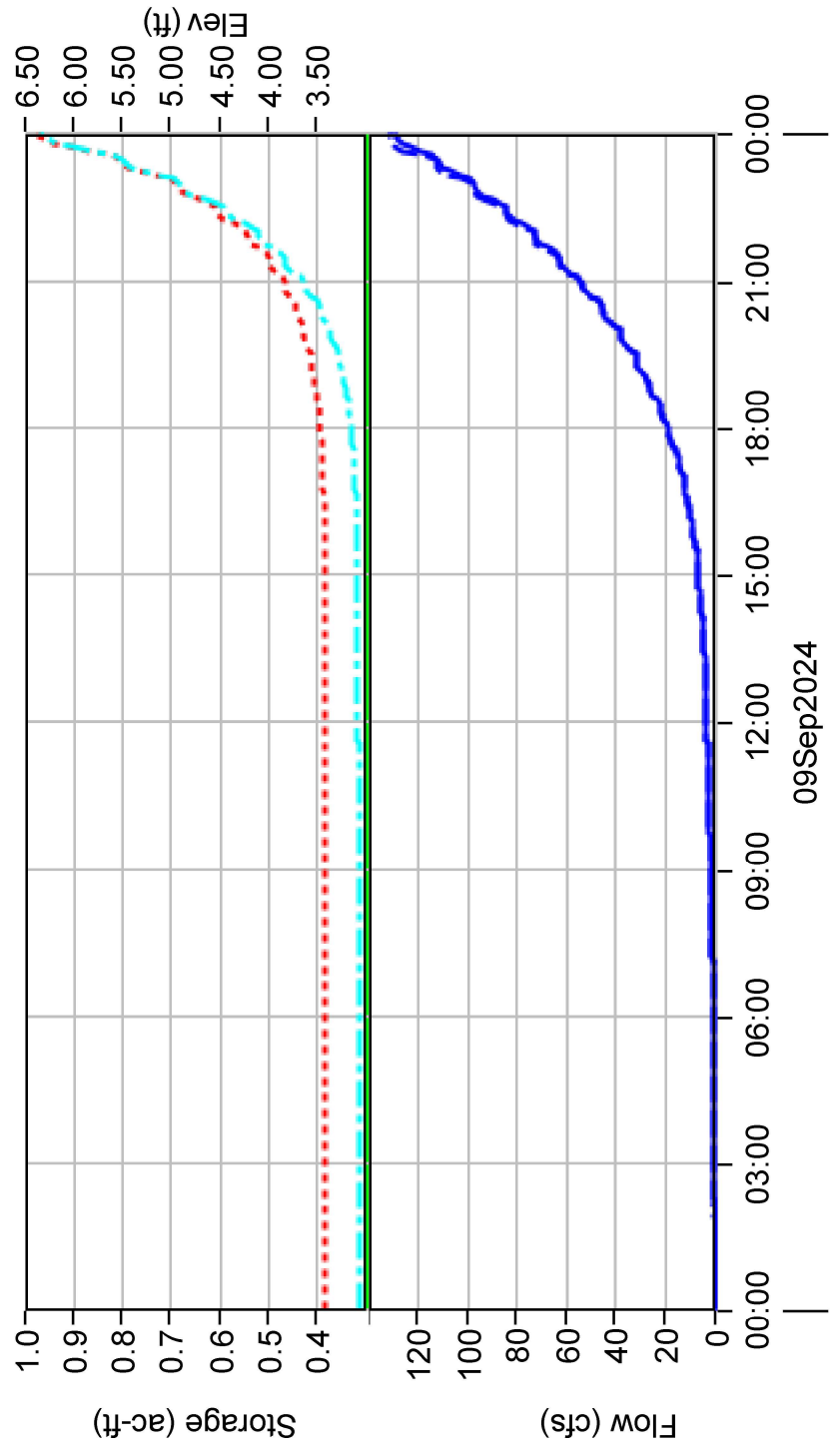
Subbasin "SB1A-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr24hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB1A-ProjectSiteResult:Baseflow

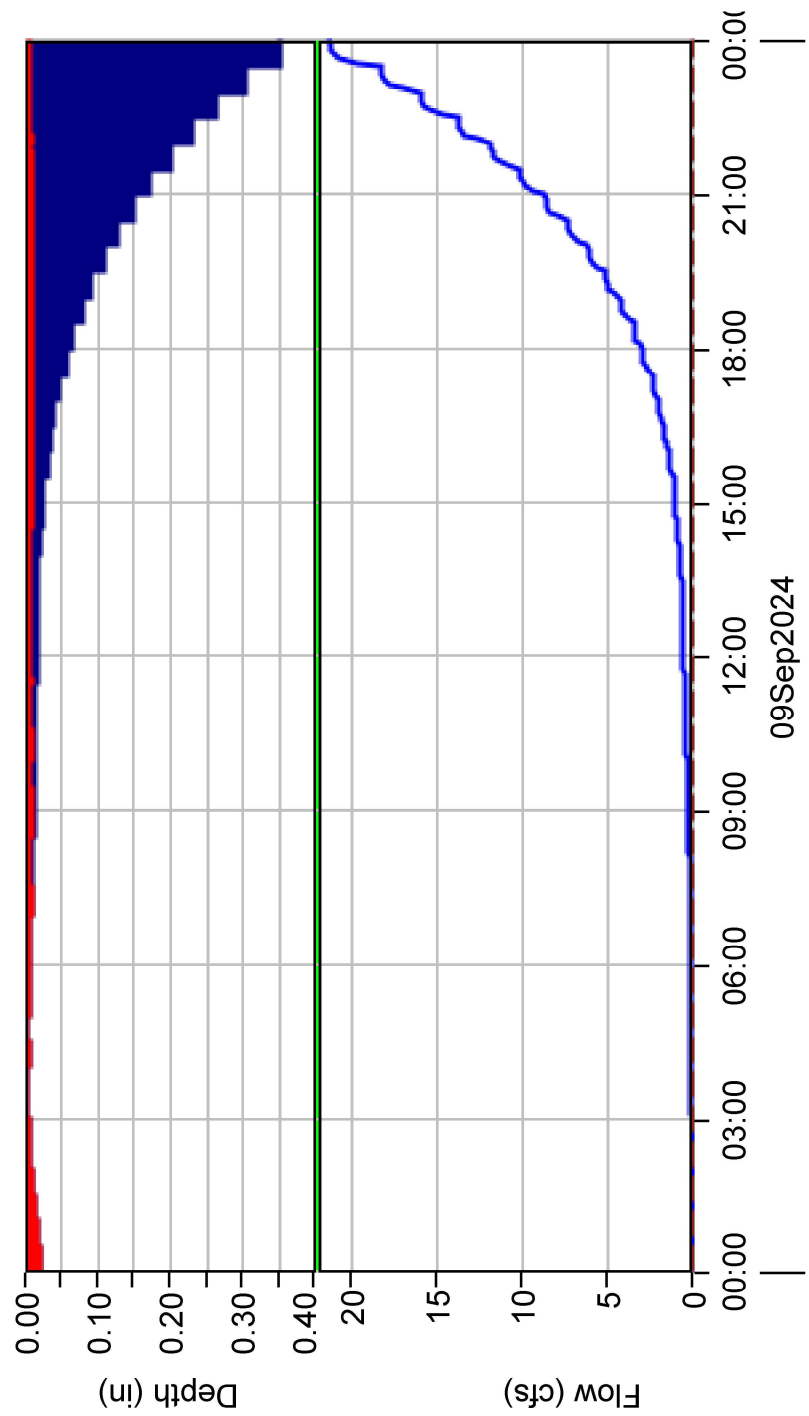
Reservoir "Detention-Pond" Results for Run "Run-PropCond-100yr24hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:Detention-PondResult:Storage
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:Detention-PondResult:PooElevation
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:Detention-PondResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:Detention-PondResult:CombinedInflow

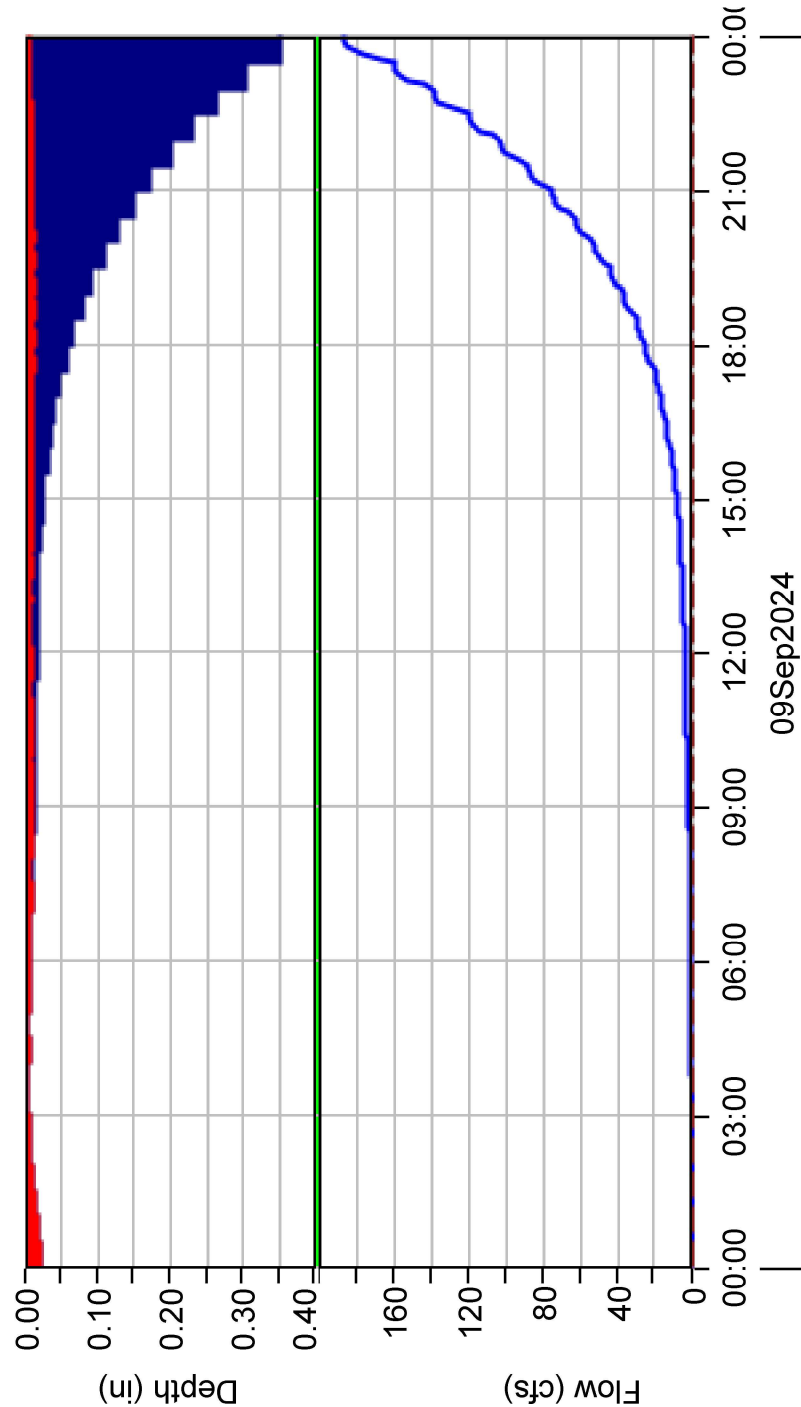
Subbasin "SB1B-ProjectSite" Results for Run "Run-PropCond-100yr24hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB1B-ProjectSiteResult:Baseflow

Subbasin "SB2-Qbda\_Yaurel" Results for Run "Run-PropCond-100yr24hrQ4"



Legend (Compute Time: 20Feb2025, 07:21:07)

- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Precipitation
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:PrecipitationLoss
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Outflow
- Run:Run-PropCond-100yr24hrQ4Element:SB2-Qbda\_YaurelResult:Baseflow

## **APENDICE K**

**Cálculo Volumétrico de la Charca de Detención**

**ESTUDIO HIDROLOGICO-HIDRAULICO**  
**MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO**  
**PR-755 (INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES**  
**MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO RICO**

**Charca de Detencion**

**CALCULO DE VOLUMEN**

Structure	Head	m	0.000	0.305	0.762	1.219	1.676	2.134	2.591	3.048	3.505	3.962
		ft	0.00	0.70	1.75	2.80	3.86	4.91	5.96	7.01	8.06	9.11
RECTANGULAR LAGOON												
	Lado A de la Base, m		10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	Lado A de la Base, ft		32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8	32.8
	Lado B de la Base, m		40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
	Lado B de la Base, ft		131.2	131.2	131.2	131.2	131.2	131.2	131.2	131.2	131.2	131.2
	h (ft)		0.00	0.70	1.75	2.80	3.86	4.91	5.96	7.01	8.06	9.11
	Slope 1:		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Area del Tope (m2)		400.00	443.25	511.17	582.38	656.88	734.66	815.73	900.09	987.74	1,078.67
	(sqft)		4,303.36	4,771.11	5,502.21	6,268.70	7,070.58	7,907.84	8,780.48	9,688.51	10,631.93	11,610.73
	(acre)		0.099	0.110	0.126	0.144	0.162	0.182	0.202	0.223	0.244	0.267
	Lado A del Tope		32.80	35.60	39.81	44.02	48.22	52.43	56.64	60.84	65.05	69.25
	Lado B del Tope		131.20	134.00	138.21	142.42	146.62	150.83	155.04	159.24	163.45	167.65
	Area de la Base (sqm)		400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00	400.00
	Area de la Base (sqft)		4,303.36	4,303.36	4,303.36	4,303.36	4,303.36	4,303.36	4,303.36	4,303.36	4,303.36	4,303.36
	Volumen, ft^3		0.00	3,180.78	8,592.62	14,822.88	21,927.36	29,961.88	38,982.26	49,044.32	60,203.85	72,516.68
	Volumen, acre-ft		0.000	0.073	0.197	0.340	0.503	0.688	0.895	1.126	1.382	1.665



# **APENDICE L**

## **Resultados Análisis Hidráulico – Condición Existente**

HEC-RAS HEC-RAS 6.4.1 June 2023  
U.S. Army Corps of Engineers  
Hydrologic Engineering Center  
609 Second Street  
Davis, California

```

X   X   XXXXXX   XXXX   XXXX   XX   XXXX
X   X   X       X   X   X   X   X   X   X
X   X   X       X   X   X   X   X   X   X
XXXXXXX XXXX   X       XXX XXXX XXXXXX XXXX
X   X   X       X   X   X   X   X       X
X   X   X       X   X   X   X   X       X
X   X   XXXXXX   XXXX   X   X   X   X   XXXXX

```

PROJECT DATA  
Project Title: Unnamed-creek-Hydraulic-Analysis  
Project File : UCHA.prj  
Run Date and Time: 2/23/2025 10:46:38 AM

Project in SI units

Project Description:  
ESTUDIO HIDRAULICO  
MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO  
PR-755  
(INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES  
MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO  
RICO

PLAN DATA

Plan Title: ExistingCond  
Plan File : C:\Sebastian\PROJECTS\Arroyo\Relleno\_Sanitario-Arroyo-FNA\Estudio-HH\HECRAS\UCHA.p01

Geometry Title: ExistingCondition  
Geometry File : C:\Sebastian\PROJECTS\Arroyo\Relleno\_Sanitario-Arroyo-FNA\Estudio-HH\HECRAS\UCHA.g01

Flow Title : Flow-Design-HHS-Arroyo  
Flow File : C:\Sebastian\PROJECTS\Arroyo\Relleno\_Sanitario-Arroyo-FNA\Estudio-HH\HECRAS\UCHA.f01

Plan Description:  
Existing Condition Analysis - Yaurel Basin  
Hydraulic profile - 100 year

Plan Summary Information:  
Number of: Cross Sections = 14 Multiple Openings = 0  
Culverts = 0 Inline Structures = 0  
Bridges = 0 Lateral Structures = 0

Computational Information  
Water surface calculation tolerance = 0.01  
Critical depth calculation tolerance = 0.01  
Maximum number of iterations = 20  
Maximum difference tolerance = 0.3  
Flow tolerance factor = 0.001

Computation Options  
Critical depth computed only where necessary  
Conveyance Calculation Method: At breaks in n values only  
Friction Slope Method: Average Conveyance  
Computational Flow Regime: Mixed Flow

FLOW DATA

Flow Title: Flow-Design-HHS-Arroyo  
Flow File : C:\Sebastian\PROJECTS\Arroyo\Relleno\_Sanitario-Arroyo-FNA\Estudio-HH\HECRAS\UCHA.f01

Flow Data (m3/s)

River	Reach	RS	100-yr
Unnamed-Creek	Rch1	14	18.13

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Unnamed-Creek	Rch1	100-yr	Normal S = 0.0899	Critical

GEOMETRY DATA

Geometry Title: ExistingCondition

Geometry File : C:\Sebastian\PROJECTS\Arroyo\Relleno\_Sanitario-Arroyo-FNA\Estudio-HH\HECRAS\UCHA.g01

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek

REACH: Rch1 RS: 14

INPUT

Description: XSEC-14 (3+66.80)

Station		Elevation Data		num=	12					
Sta	Elev	Sta	Elev		Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
-10	107.5	0	106		1.5	105.838	6.93	105.25	11.13	106
16.32	109	18.33	110		20.6	111	30.68	115	33.48	116
39.23	118	45.84	120							

Manning's n Values

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
-10	.05	1.5	.038	11.13	.05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	1.5	11.13		16.2	16.2		.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek

REACH: Rch1 RS: 13

INPUT

Description: XSEC-13 (3+50.60)

Station		Elevation Data		num=	15					
Sta	Elev	Sta	Elev		Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	106	2.09	105		4.25	104	6.31	103	8.51	102
11.34	102	17.68	104		18.85	105	23.01	107	28.12	109
30.93	110	33.73	111		37.3	112	40.42	113	43.68	114

Manning's n Values

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	4.25	.038	17.68	.05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	4.25	17.68		17.55	17.55		.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek

REACH: Rch1 RS: 12

INPUT

Description: XSEC-12 (3+33.05)

Station		Elevation Data		num=	20					
Sta	Elev	Sta	Elev		Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	110	5.82	108		8.95	107	11.29	106	13.23	105
19.06	102	20.85	101		23	101	30.92	102	34.59	103
35.91	104	37.94	105		41.42	106	45.34	107	53.1	109
55.37	110	59.78	112		62.08	113	64.21	114	66.59	115

Manning's n Values

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	13.23	.038	35.91	.05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	13.23	35.91		24.1	24.1		.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek

REACH: Rch1 RS: 11

INPUT

Description: XSEC-11 (3+08.95)

Station		Elevation Data		num=	10					
Sta	Elev	Sta	Elev		Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	112	7.16	110		10.42	109	14.71	108	23.37	105
36.01	103	43.24	104		50.77	105	68.67	106	75	107.5

Manning's n Values

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	23.37	.038	50.77	.05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	23.37	50.77		25.55	25.55		.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek

REACH: Rch1 RS: 10

INPUT  
Description: XSEC-10 (2+83.40)  
Station Elevation Data num= 22

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	120	3.43	119	10.75	117	14.07	116	18.65	115
20.61	114	21.82	113	30.81	112	33.97	111	35.19	110
36.13	109	38.77	108	39.28	105	40.21	104	42.27	103
45.1	103	46.63	103	47.9	104	49.12	104	67.1	105
83.27	106	86	107						

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	40.21	.038	47.9	.05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
40.21 47.9 23.9 23.9 23.9 .1 .3

# CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 9

INPUT  
Description: XSEC-9 (2+59.50)  
Station Elevation Data num= 9

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	107	6.8	106	19.26	105	21.66	104	23.32	102
27.67	102	28.89	103	44.23	105	60.72	106		

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	21.66	.038	28.89	.05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
21.66 28.89 24.15 24.15 24.15 .1 .3

# CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 8

INPUT  
Description: XSEC-8 (2+35.35)  
Station Elevation Data num= 12

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	99.38	10.09	98	24.02	98	27.93	98	29.04	97
30.49	96	31.19	96	34.19	97	36.06	98	39.4	100
41.24	101	43.78	102						

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	27.93	.038	36.06	.05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
27.93 36.06 17.9 17.9 17.9 .1 .3

# CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 7

INPUT  
Description: XSEC-7 (2+17.45)  
Station Elevation Data num= 19

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	97	4.21	96	7.99	95	11.56	94	15.38	93
32.63	93	36.99	93	40.1	92	42.01	92	44.52	93
46.42	94	48.22	95	49.7	96	51.26	97	53.08	98
56.82	100	57.65	101	69.51	102	74.34	103		

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	36.99	.038	44.52	.05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
36.99 44.52 29.7 29.7 29.7 .1 .3

# CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 6

INPUT  
Description: XSEC-6 (1+87.75)  
Station Elevation Data num= 33

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	97	2.98	96	5.54	95	7.86	94	10.05	93
12.16	92	14.19	91	17	90	22.59	88	25.28	87
26.84	86	29.75	86	33.24	87	34.56	87	36.48	86
37.6	85	39.27	85	40.54	86	43	87	44.45	88
48.3	90	50.35	91	61.68	90	65.47	89	68.82	89

71.06	90	76.7	92	79.29	93	81.47	94	84.21	95
85.44	96	86.88	97	93.2	99				

Manning's n Values                      num=                      3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	22.59	.038	44.45	.05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
22.59	44.45	33.15	33.15	33.15	.1	.3	

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
 REACH: Rch1                      RS: 5

INPUT  
 Description: XSEC-5 (1+54.60)  
 Station Elevation Data                      num=                      23

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	95	6.69	94	8.63	93	10.41	92	14.84	90
19.08	88	22.35	86	23.83	85	25.87	84	28.27	83
36.2	81.92	40.22	83	42.18	84	44.51	85	47.47	86
58.81	88	68.51	90	74.85	92	83.66	93	87.38	94
89.75	95	92.1	97	98.5	99				

Manning's n Values                      num=                      3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	25.87	.038	42.18	.05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
25.87	42.18	31	31	31	.1	.3	

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
 REACH: Rch1                      RS: 4

INPUT  
 Description: XSEC-4 (1+23.60)  
 Station Elevation Data                      num=                      29

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	94	3.53	93	6.74	92	10.12	91	12.79	90
15.55	89	19.95	87	24.42	85	26.63	84	29.27	83
31.5	82	38.62	81	41.21	80	42.96	79.91	43.95	80
49.41	81	53.06	82	56.29	83	59.57	84	64.4	85
76.7	87	82.61	89	84.11	90	86.3	91	88.07	92
88.98	93	90.46	94	91.63	95	92.82	96		

Manning's n Values                      num=                      3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	38.62	.038	49.41	.05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
38.62	49.41	31.55	31.55	31.55	.1	.3	

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
 REACH: Rch1                      RS: 3

INPUT  
 Description: XSEC-3 (0+92.05)  
 Station Elevation Data                      num=                      31

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	90	6.13	89	11.69	88	17.08	87	22.01	86
27.03	85	31.04	84	35.37	83	39.56	82	53.28	80
55.22	79	59.37	77.87	68.02	79	69.97	80	72.47	82
73.86	83	75.1	84	77.66	85	78.88	86	79.91	87
81.53	88	82.8	90	85.44	92	86.61	93	87.92	94
89.06	95	92.83	98	96.38	100	103.2	101	104.65	102
105.66	103								

Manning's n Values                      num=                      3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	53.28	.038	69.97	.05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
53.28	69.97	38.55	38.55	38.55	.1	.3	

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
 REACH: Rch1                      RS: 2.0

INPUT  
 Description: XSEC-2 (0+53.50)  
 Station Elevation Data                      num=                      24

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	89	4.21	88	12.11	86	16.17	85	19.73	84
23.93	83	28.36	82	41.44	81	45.65	80	50.15	79
54.21	78	58.17	77	60.8	76	62.89	75.57	66.04	76

72.03	77	76.02	78	79.76	79	83.7	80	87.92	81
90.94	82	94.3	83	97.04	84	100.48	85		

Manning's n Values                      num=                      3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	58.17	.038	72.03	.05

Bank Sta: Left    Right    Lengths: Left Channel    Right    Coeff Contr.    Expan.

58.17	72.03	53.5	53.5	53.5	.1	.3
-------	-------	------	------	------	----	----

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1                      RS: 1

INPUT  
Description: XSEC-1 (0+00.000  
Station Elevation Data                      num=                      16

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	80	9.4	79	19.53	78	26.38	77	31.37	76
38.29	75	56.03	73	57.63	72.25	59.35	73	85.79	75
91.53	76	96.56	77	99.31	78	101.37	79	103.57	80
105.41	81								

Manning's n Values                      num=                      3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	38.29	.038	85.79	.05

Bank Sta: Left    Right    Lengths: Left Channel    Right    Coeff Contr.    Expan.

38.29	85.79	0	0	0	.1	.3
-------	-------	---	---	---	----	----

SUMMARY OF MANNING'S N VALUES

River:Unnamed-Creek

Reach	River Sta.	n1	n2	n3
Rch1	14	.05	.038	.05
Rch1	13	.05	.038	.05
Rch1	12	.05	.038	.05
Rch1	11	.05	.038	.05
Rch1	10	.05	.038	.05
Rch1	9	.05	.038	.05
Rch1	8	.05	.038	.05
Rch1	7	.05	.038	.05
Rch1	6	.05	.038	.05
Rch1	5	.05	.038	.05
Rch1	4	.05	.038	.05
Rch1	3	.05	.038	.05
Rch1	2.0	.05	.038	.05
Rch1	1	.05	.038	.05

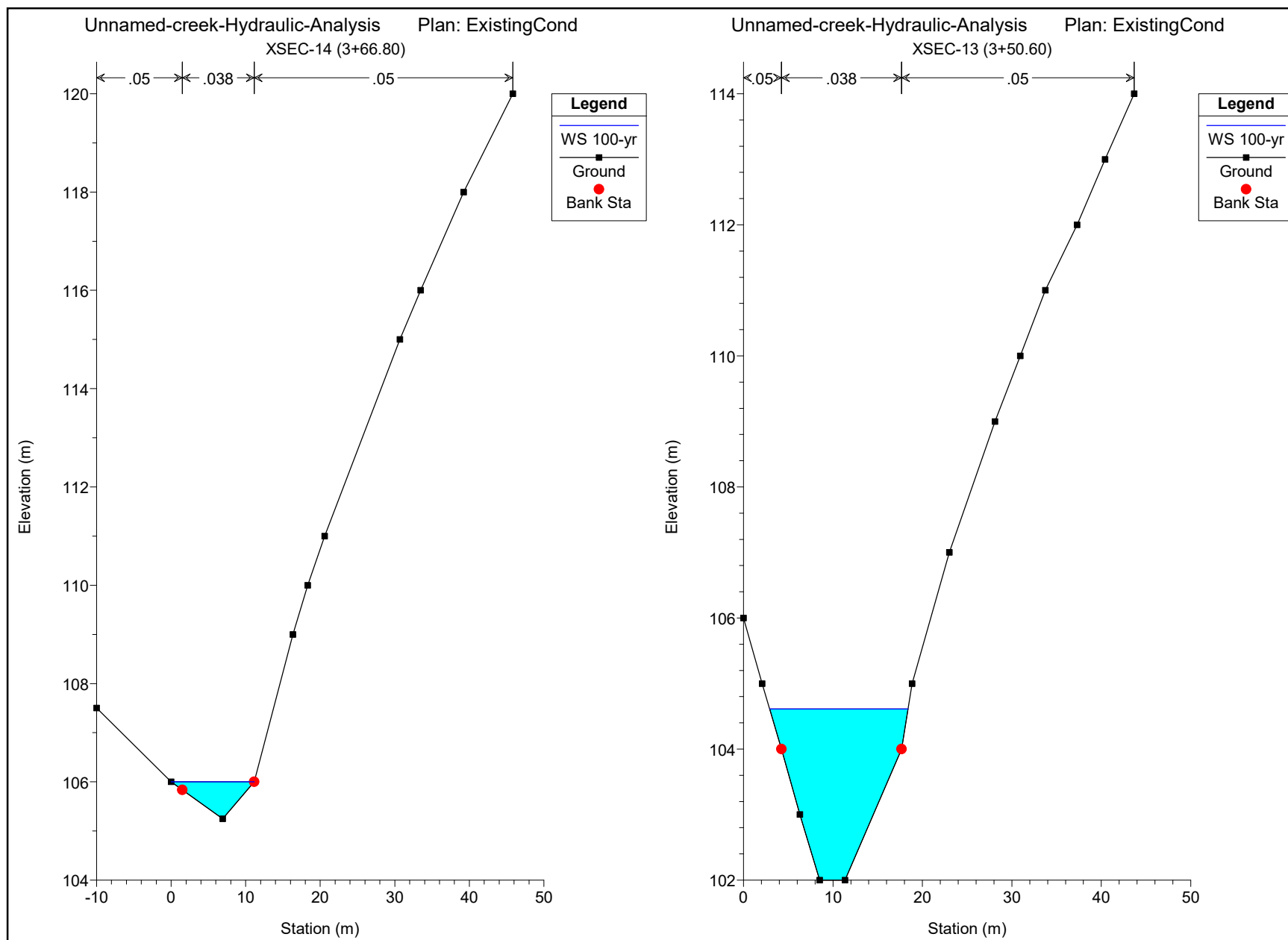
SUMMARY OF REACH LENGTHS

River: Unnamed-Creek

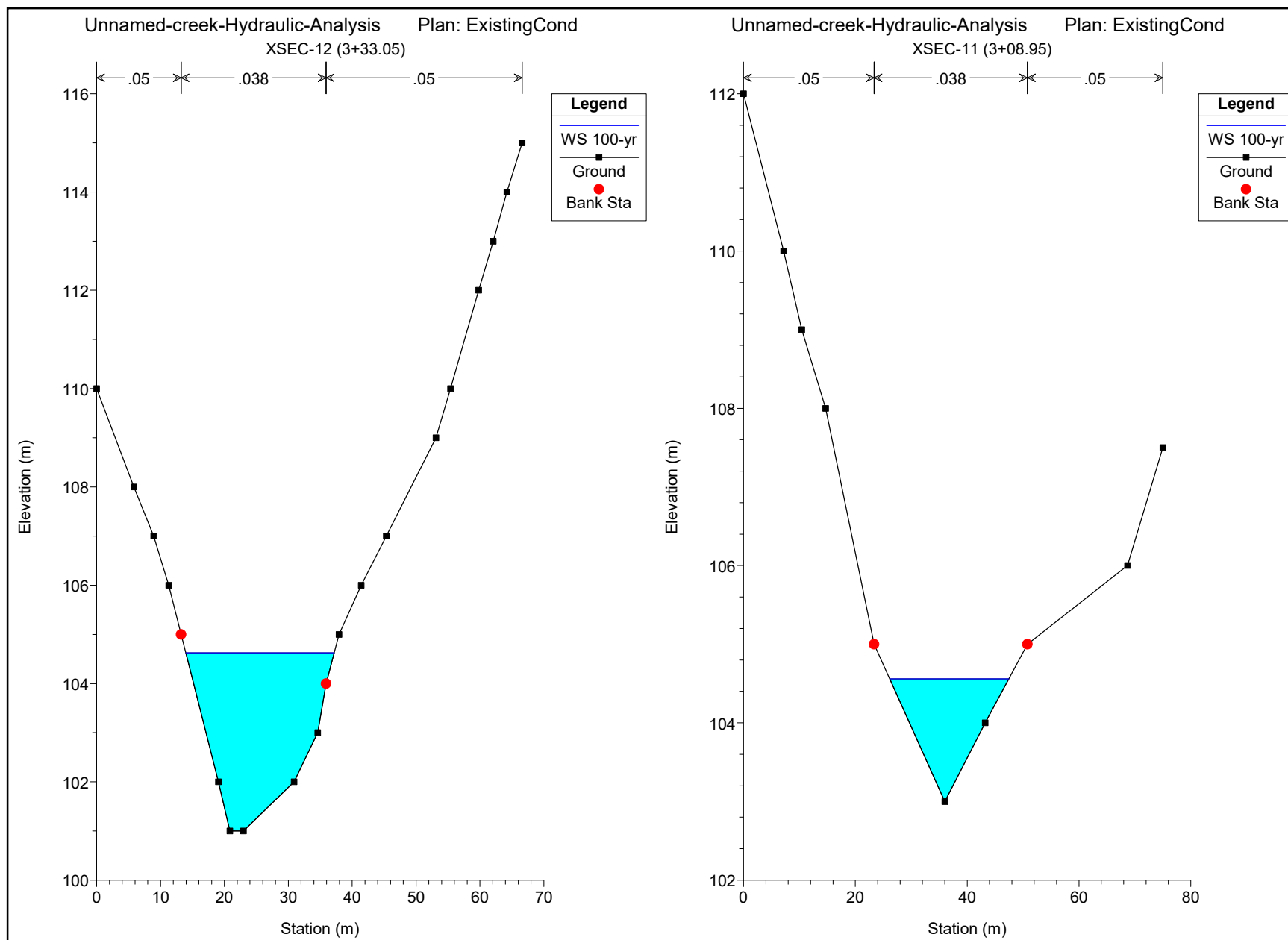
Reach	River Sta.	Left	Channel	Right
Rch1	14	16.2	16.2	16.2
Rch1	13	17.55	17.55	17.55
Rch1	12	24.1	24.1	24.1
Rch1	11	25.55	25.55	25.55
Rch1	10	23.9	23.9	23.9
Rch1	9	24.15	24.15	24.15
Rch1	8	17.9	17.9	17.9
Rch1	7	29.7	29.7	29.7
Rch1	6	33.15	33.15	33.15
Rch1	5	31	31	31
Rch1	4	31.55	31.55	31.55
Rch1	3	38.55	38.55	38.55
Rch1	2.0	53.5	53.5	53.5
Rch1	1	0	0	0

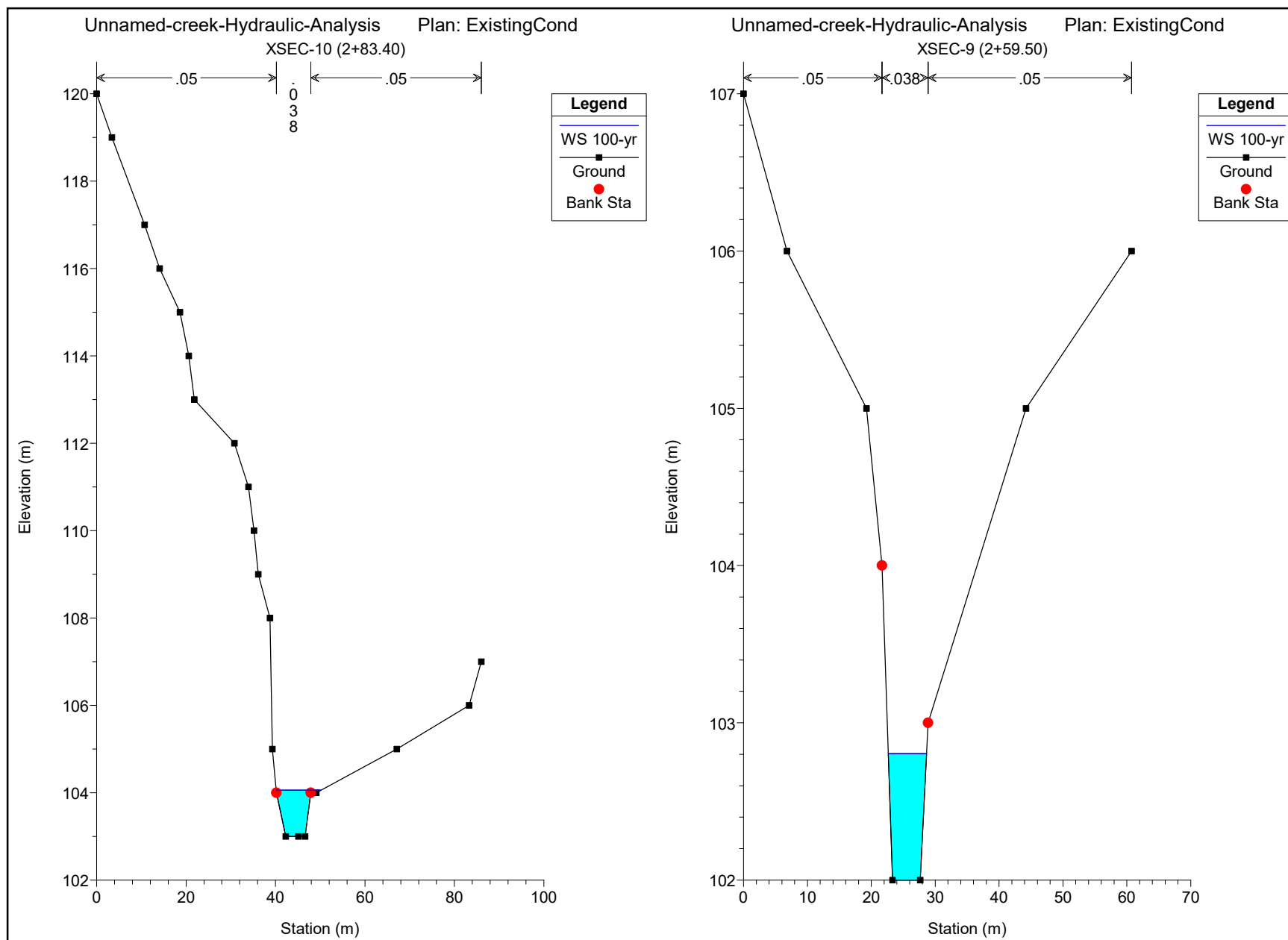
SUMMARY OF CONTRACTION AND EXPANSION COEFFICIENTS  
River: Unnamed-Creek

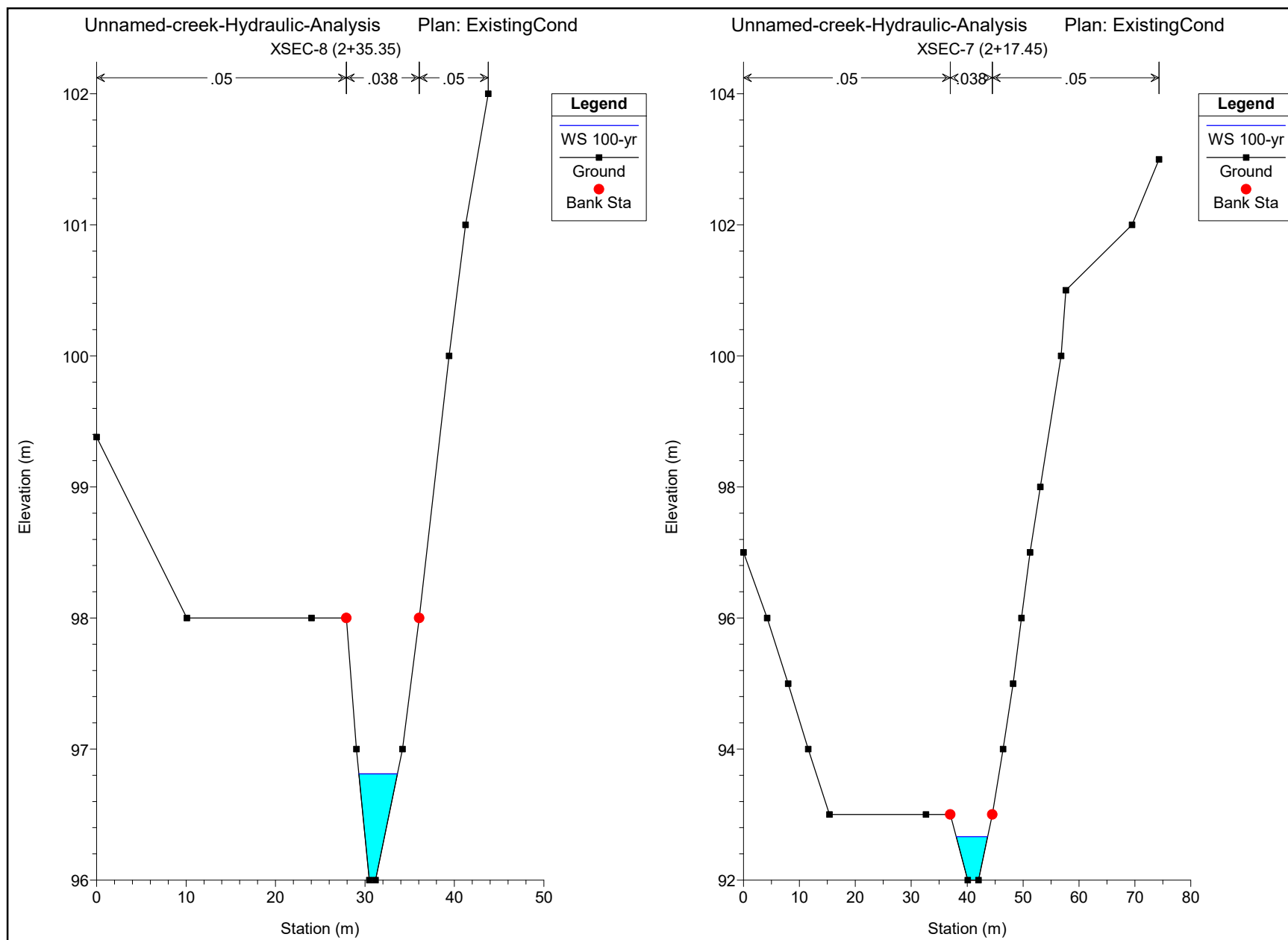
Reach	River Sta.	Contr.	Expan.
Rch1	14	.1	.3
Rch1	13	.1	.3
Rch1	12	.1	.3
Rch1	11	.1	.3
Rch1	10	.1	.3
Rch1	9	.1	.3
Rch1	8	.1	.3
Rch1	7	.1	.3
Rch1	6	.1	.3
Rch1	5	.1	.3
Rch1	4	.1	.3
Rch1	3	.1	.3
Rch1	2.0	.1	.3
Rch1	1	.1	.3

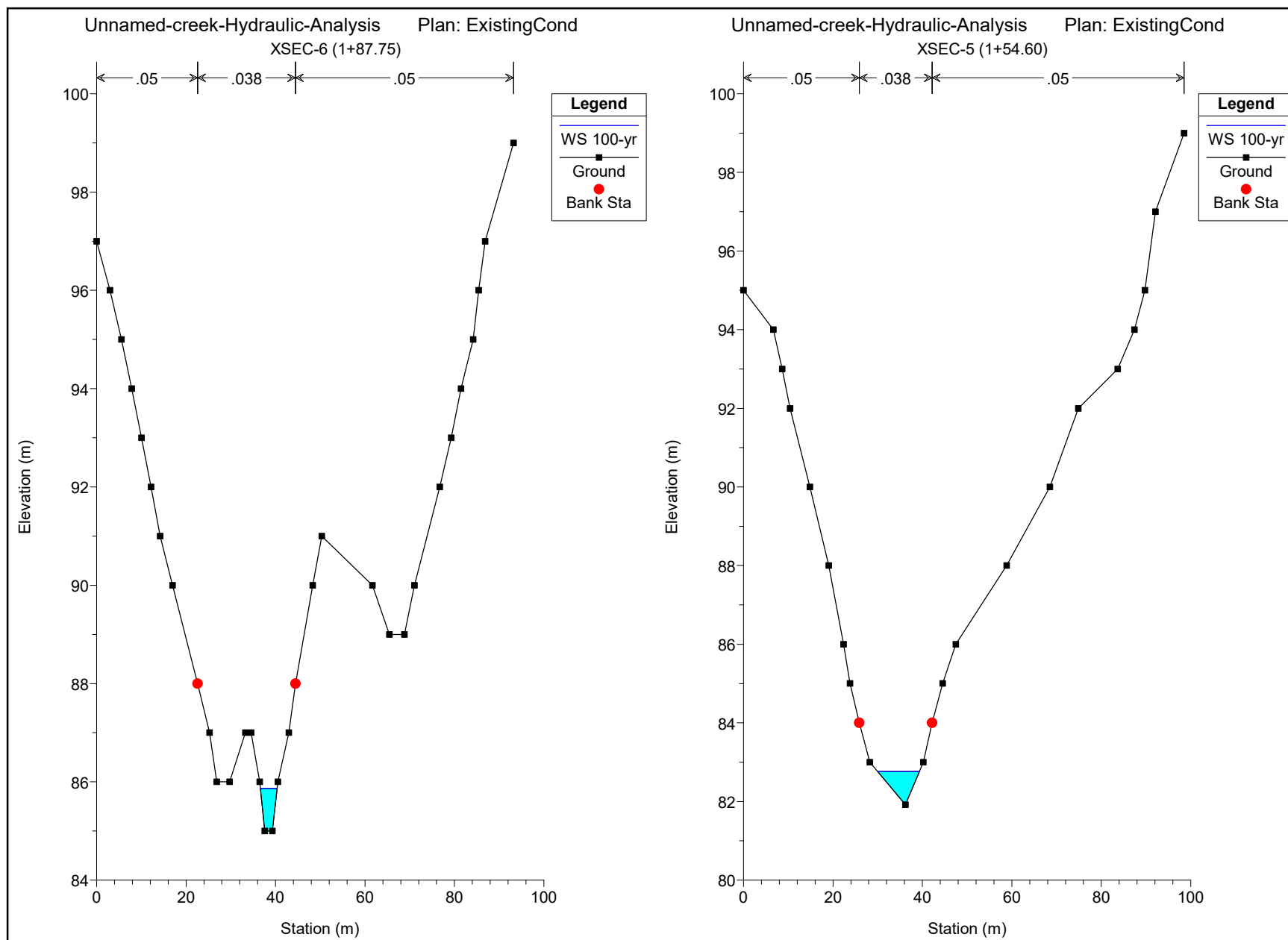


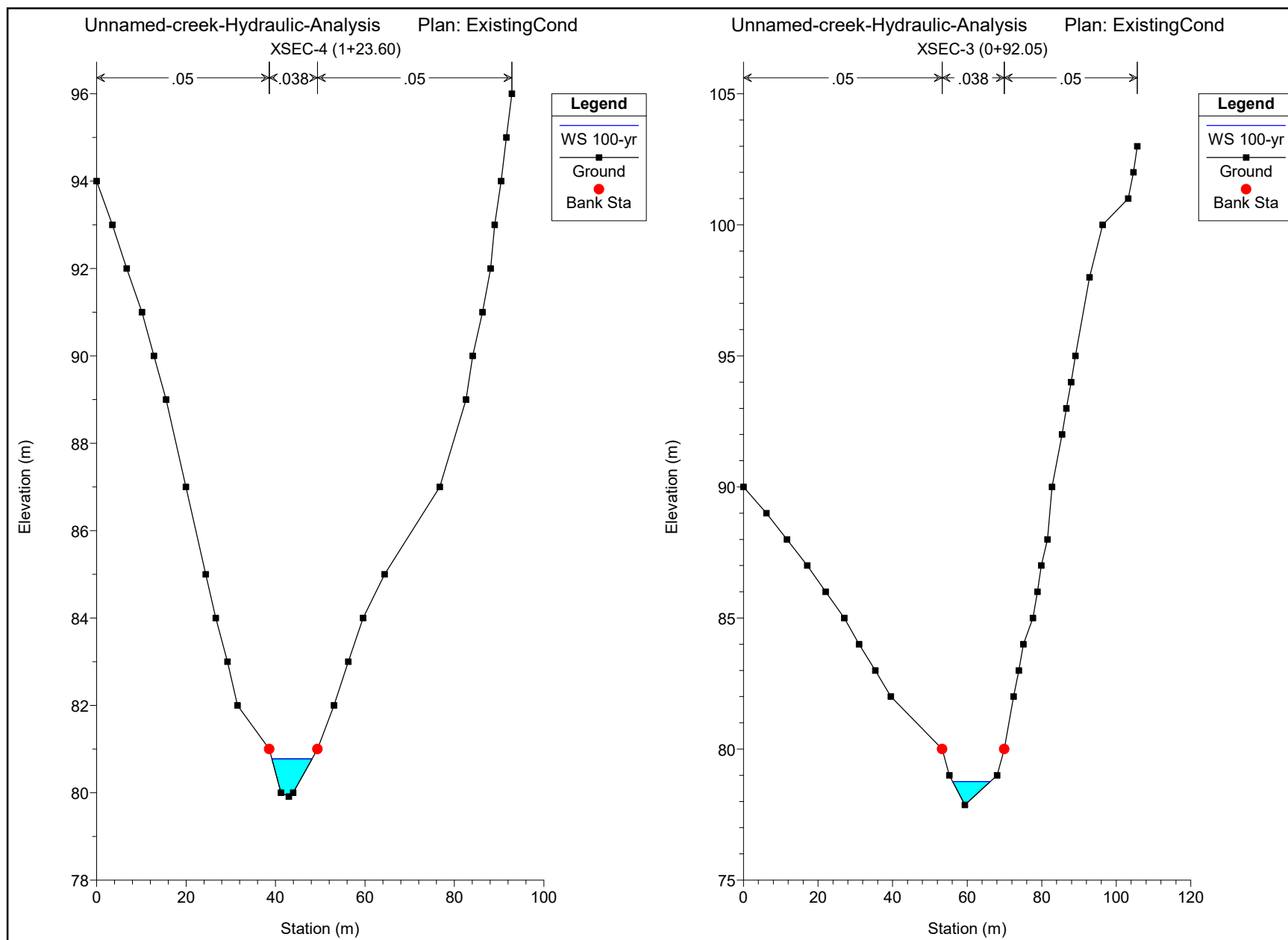


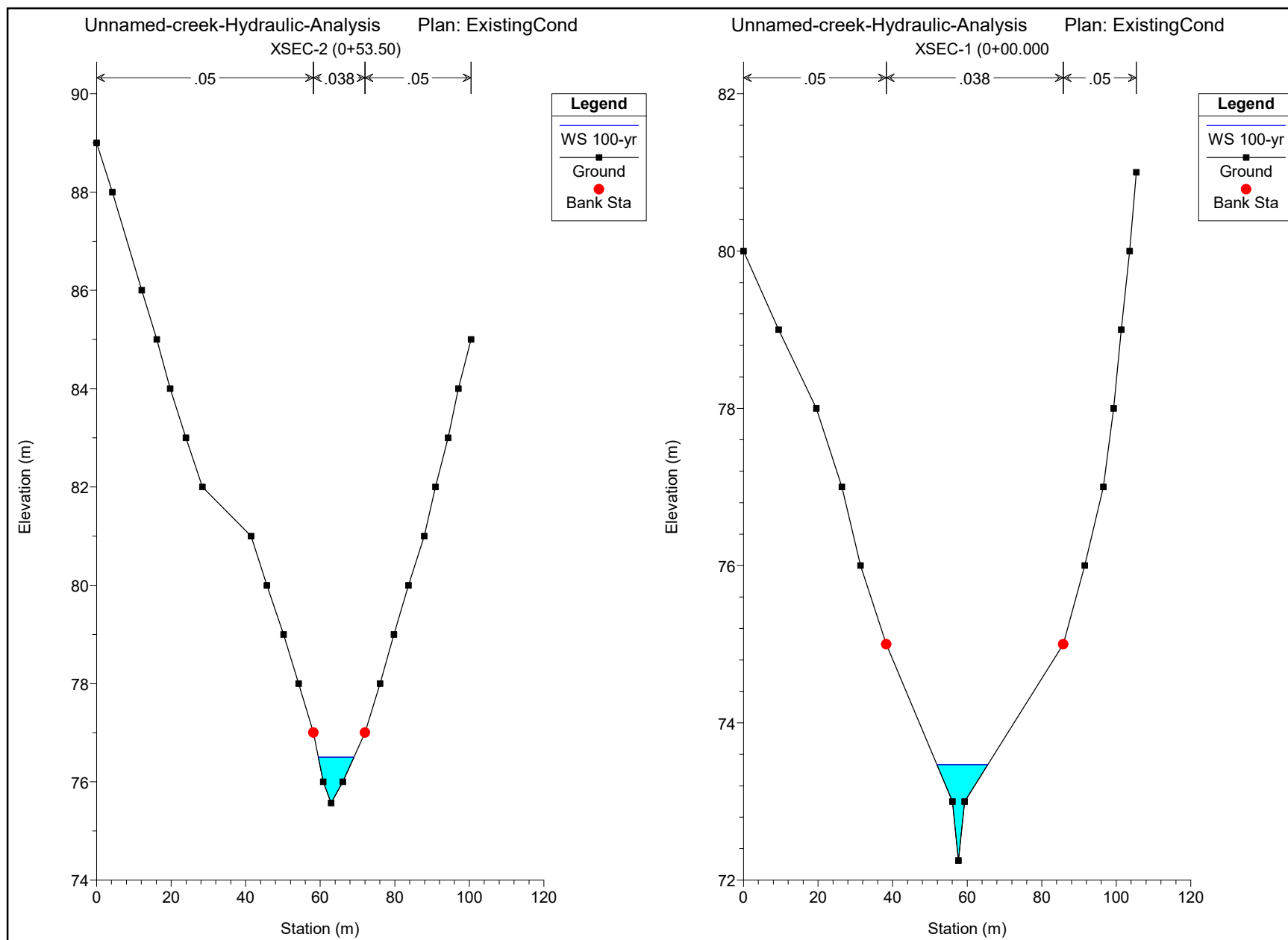


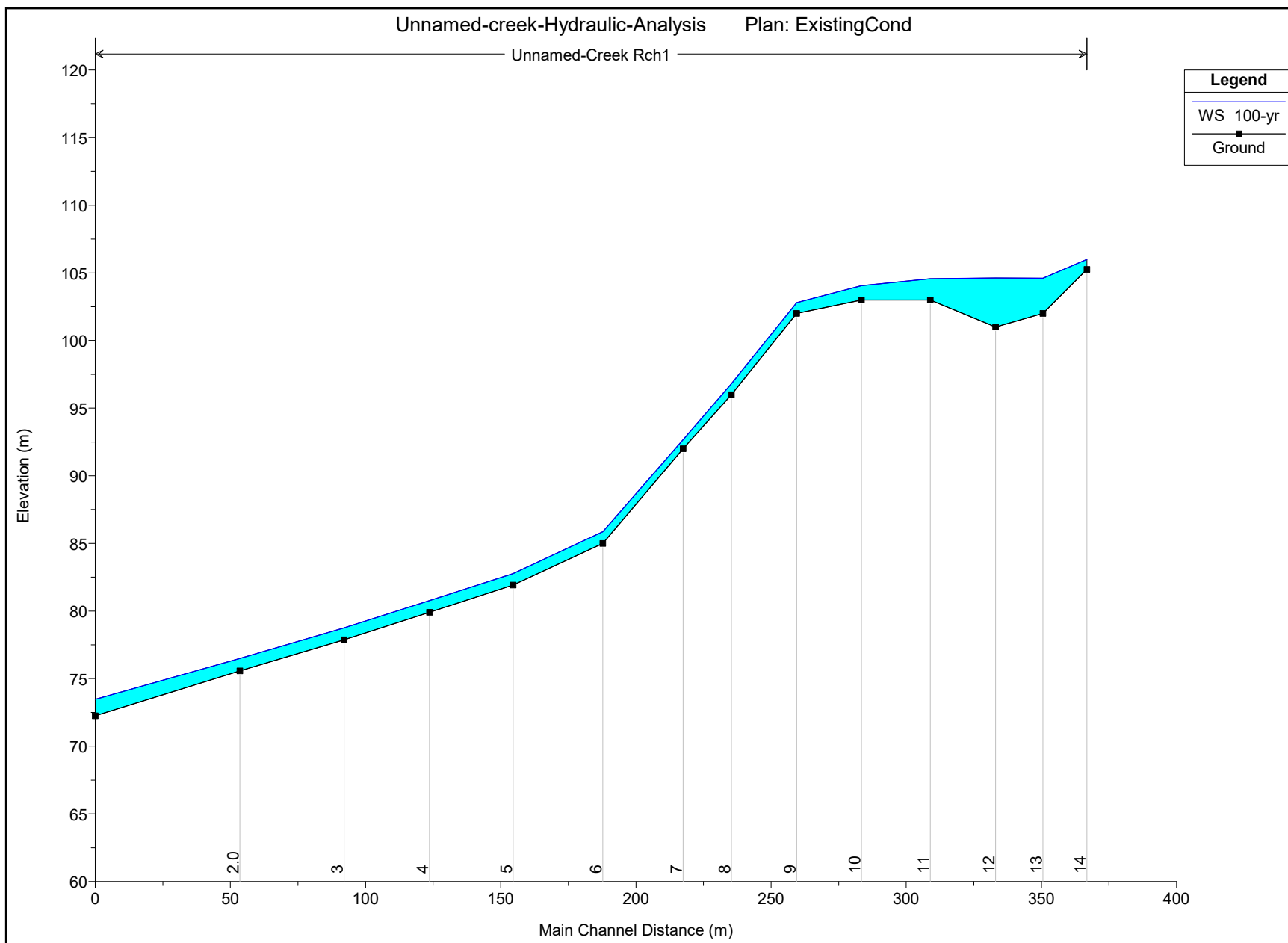












HEC-RAS Plan: ExistCond River: Unnamed-Creek Reach: Rch1 Profile: 100-yr

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rch1	14	100-yr	18.13	105.25	106.00	106.29	106.99	0.089915	4.42	4.20	11.15	2.17
Rch1	13	100-yr	18.13	102.00	104.61	103.13	104.64	0.000376	0.74	25.15	15.46	0.17
Rch1	12	100-yr	18.13	101.00	104.62		104.63	0.000053	0.33	54.48	23.21	0.07
Rch1	11	100-yr	18.13	103.00	104.56		104.62	0.002485	1.10	16.49	21.28	0.40
Rch1	10	100-yr	18.13	103.00	104.06	104.06	104.46	0.015645	2.80	6.58	10.01	0.97
Rch1	9	100-yr	18.13	102.00	102.80	103.10	103.77	0.051254	4.35	4.16	6.00	1.67
Rch1	8	100-yr	18.13	96.00	96.81	97.53	100.87	0.351230	8.92	2.03	4.31	4.15
Rch1	7	100-yr	18.13	92.00	92.66	93.24	95.34	0.236865	7.25	2.50	5.63	3.48
Rch1	6	100-yr	18.13	85.00	85.87	86.47	88.91	0.197210	7.72	2.35	3.74	3.11
Rch1	5	100-yr	18.13	81.92	82.76	83.07	83.84	0.098269	4.59	3.95	9.35	2.25
Rch1	4	100-yr	18.13	79.91	80.78	81.02	81.54	0.053650	3.88	4.67	8.99	1.72
Rch1	3	100-yr	18.13	77.87	78.76	79.02	79.59	0.071290	4.05	4.48	10.08	1.94
Rch1	2.0	100-yr	18.13	75.57	76.50	76.73	77.22	0.052152	3.76	4.82	9.55	1.69
Rch1	1	100-yr	18.13	72.25	73.47	73.66	74.08	0.065019	3.47	5.22	13.67	1.79



# **APENDICE M**

**Resultados Análisis Hidráulico – Condición Propuesta**

HEC-RAS HEC-RAS 6.4.1 June 2023  
U.S. Army Corps of Engineers  
Hydrologic Engineering Center  
609 Second Street  
Davis, California

```

X   X   XXXXXX   XXXX   XXXX   XX   XXXX
X   X   X       X   X   X   X   X   X   X
X   X   X       X   X   X   X   X   X   X
XXXXXXXX XXXX   X       XXX XXXX XXXXXX XXXX
X   X   X       X   X   X   X   X       X
X   X   X       X   X   X   X   X       X
X   X   XXXXXX   XXXX   X   X   X   X   XXXXX

```

PROJECT DATA  
Project Title: Unnamed-creek-Hydraulic-Analysis  
Project File : UCHA.prj  
Run Date and Time: 2/23/2025 10:59:19 AM

Project in SI units

Project Description:  
ESTUDIO HIDRAULICO  
MANEJO Y CONTROL DE ESCORRENTIAS EN SRSM-ARROYO  
PR-755  
(INTERIOR), CALLE MONTE VERDE, BARRIO ANCONES  
MUNICIPIO DE ARROYO, PUERTO  
RICO

PLAN DATA

Plan Title: ProposedCond  
Plan File : C:\Sebastian\PROJECTS\Arroyo\Relleno\_Sanitario-Arroyo-FNA\Estudio-HH\HECRAS\UCHA.p03

Geometry Title: ExistingCondition  
Geometry File : C:\Sebastian\PROJECTS\Arroyo\Relleno\_Sanitario-Arroyo-FNA\Estudio-HH\HECRAS\UCHA.g01

Flow Title : Flow-Design-HHS-Arroyo - ProposedCond  
Flow File : C:\Sebastian\PROJECTS\Arroyo\Relleno\_Sanitario-Arroyo-FNA\Estudio-HH\HECRAS\UCHA.f03

Plan Description:  
Proposed Condition Analysis - Yaurel Basin  
Hydraulic profile - 100 year

Plan Summary Information:  
Number of: Cross Sections = 14 Multiple Openings = 0  
Culverts = 0 Inline Structures = 0  
Bridges = 0 Lateral Structures = 0

Computational Information  
Water surface calculation tolerance = 0.01  
Critical depth calculation tolerance = 0.01  
Maximum number of iterations = 20  
Maximum difference tolerance = 0.3  
Flow tolerance factor = 0.001

Computation Options  
Critical depth computed only where necessary  
Conveyance Calculation Method: At breaks in n values only  
Friction Slope Method: Average Conveyance  
Computational Flow Regime: Mixed Flow

FLOW DATA

Flow Title: Flow-Design-HHS-Arroyo - ProposedCond  
Flow File : C:\Sebastian\PROJECTS\Arroyo\Relleno\_Sanitario-Arroyo-FNA\Estudio-HH\HECRAS\UCHA.f03

Flow Data (m3/s)

River	Reach	RS	100-yr
Unnamed-Creek	Rch1	14	15.25

Boundary Conditions

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Unnamed-Creek	Rch1	100-yr	Normal S = 0.0899	Critical

GEOMETRY DATA

Geometry Title: ExistingCondition

Geometry File : C:\Sebastian\PROJECTS\Arroyo\Relleno\_Sanitario-Arroyo-FNA\Estudio-HH\HECRAS\UCHA.g01

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek

REACH: Rch1 RS: 14

INPUT

Description: XSEC-14 (3+66.80)

Station		Elevation Data		num=	12					
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	
-10	107.5	0	106	1.5	105.838	6.93	105.25	11.13	106	
16.32	109	18.33	110	20.6	111	30.68	115	33.48	116	
39.23	118	45.84	120							

Manning's n Values

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
-10	.05	1.5	.038	11.13	.05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	1.5	11.13		16.2	16.2		.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek

REACH: Rch1 RS: 13

INPUT

Description: XSEC-13 (3+50.60)

Station		Elevation Data		num=	15					
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	
0	106	2.09	105	4.25	104	6.31	103	8.51	102	
11.34	102	17.68	104	18.85	105	23.01	107	28.12	109	
30.93	110	33.73	111	37.3	112	40.42	113	43.68	114	

Manning's n Values

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	4.25	.038	17.68	.05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	4.25	17.68		17.55	17.55		.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek

REACH: Rch1 RS: 12

INPUT

Description: XSEC-12 (3+33.05)

Station		Elevation Data		num=	20					
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	
0	110	5.82	108	8.95	107	11.29	106	13.23	105	
19.06	102	20.85	101	23	101	30.92	102	34.59	103	
35.91	104	37.94	105	41.42	106	45.34	107	53.1	109	
55.37	110	59.78	112	62.08	113	64.21	114	66.59	115	

Manning's n Values

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	13.23	.038	35.91	.05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	13.23	35.91		24.1	24.1		.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek

REACH: Rch1 RS: 11

INPUT

Description: XSEC-11 (3+08.95)

Station		Elevation Data		num=	10					
Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	
0	112	7.16	110	10.42	109	14.71	108	23.37	105	
36.01	103	43.24	104	50.77	105	68.67	106	75	107.5	

Manning's n Values

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	23.37	.038	50.77	.05

Bank Sta:	Left	Right	Lengths:	Left Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
	23.37	50.77		25.55	25.55		.1	.3

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek

REACH: Rch1 RS: 10

INPUT  
Description: XSEC-10 (2+83.40)  
Station Elevation Data num= 22

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	120	3.43	119	10.75	117	14.07	116	18.65	115
20.61	114	21.82	113	30.81	112	33.97	111	35.19	110
36.13	109	38.77	108	39.28	105	40.21	104	42.27	103
45.1	103	46.63	103	47.9	104	49.12	104	67.1	105
83.27	106	86	107						

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	40.21	.038	47.9	.05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
40.21 47.9 23.9 23.9 23.9 .1 .3

# CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 9

INPUT  
Description: XSEC-9 (2+59.50)  
Station Elevation Data num= 9

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	107	6.8	106	19.26	105	21.66	104	23.32	102
27.67	102	28.89	103	44.23	105	60.72	106		

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	21.66	.038	28.89	.05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
21.66 28.89 24.15 24.15 24.15 .1 .3

# CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 8

INPUT  
Description: XSEC-8 (2+35.35)  
Station Elevation Data num= 12

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	99.38	10.09	98	24.02	98	27.93	98	29.04	97
30.49	96	31.19	96	34.19	97	36.06	98	39.4	100
41.24	101	43.78	102						

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	27.93	.038	36.06	.05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
27.93 36.06 17.9 17.9 17.9 .1 .3

# CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 7

INPUT  
Description: XSEC-7 (2+17.45)  
Station Elevation Data num= 19

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	97	4.21	96	7.99	95	11.56	94	15.38	93
32.63	93	36.99	93	40.1	92	42.01	92	44.52	93
46.42	94	48.22	95	49.7	96	51.26	97	53.08	98
56.82	100	57.65	101	69.51	102	74.34	103		

Manning's n Values num= 3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	36.99	.038	44.52	.05

Bank Sta: Left Right Lengths: Left Channel Right Coeff Contr. Expan.  
36.99 44.52 29.7 29.7 29.7 .1 .3

# CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 6

INPUT  
Description: XSEC-6 (1+87.75)  
Station Elevation Data num= 33

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	97	2.98	96	5.54	95	7.86	94	10.05	93
12.16	92	14.19	91	17	90	22.59	88	25.28	87
26.84	86	29.75	86	33.24	87	34.56	87	36.48	86
37.6	85	39.27	85	40.54	86	43	87	44.45	88
48.3	90	50.35	91	61.68	90	65.47	89	68.82	89

71.06	90	76.7	92	79.29	93	81.47	94	84.21	95
85.44	96	86.88	97	93.2	99				

Manning's n	Values	num=	3
Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	22.59	.038
		44.45	.05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
22.59	44.45	33.15	33.15	33.15	.1	.3	

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 5

INPUT

Description: XSEC-5 (1+54.60)

Station Elevation Data	num=	23
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev		
0 95 6.69 94 8.63 93 10.41 92 14.84 90		
19.08 88 22.35 86 23.83 85 25.87 84 28.27 83		
36.2 81.92 40.22 83 42.18 84 44.51 85 47.47 86		
58.81 88 68.51 90 74.85 92 83.66 93 87.38 94		
89.75 95 92.1 97 98.5 99		

Manning's n	Values	num=	3
Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	25.87	.038
		42.18	.05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
25.87	42.18	31	31	31	.1	.3	

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 4

INPUT

Description: XSEC-4 (1+23.60)

Station Elevation Data	num=	29
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev		
0 94 3.53 93 6.74 92 10.12 91 12.79 90		
15.55 89 19.95 87 24.42 85 26.63 84 29.27 83		
31.5 82 38.62 81 41.21 80 42.96 79.91 43.95 80		
49.41 81 53.06 82 56.29 83 59.57 84 64.4 85		
76.7 87 82.61 89 84.11 90 86.3 91 88.07 92		
88.98 93 90.46 94 91.63 95 92.82 96		

Manning's n	Values	num=	3
Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	38.62	.038
		49.41	.05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
38.62	49.41	31.55	31.55	31.55	.1	.3	

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 3

INPUT

Description: XSEC-3 (0+92.05)

Station Elevation Data	num=	31
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev		
0 90 6.13 89 11.69 88 17.08 87 22.01 86		
27.03 85 31.04 84 35.37 83 39.56 82 53.28 80		
55.22 79 59.37 77.87 68.02 79 69.97 80 72.47 82		
73.86 83 75.1 84 77.66 85 78.88 86 79.91 87		
81.53 88 82.8 90 85.44 92 86.61 93 87.92 94		
89.06 95 92.83 98 96.38 100 103.2 101 104.65 102		
105.66 103		

Manning's n	Values	num=	3
Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	53.28	.038
		69.97	.05

Bank Sta: Left	Right	Lengths: Left	Channel	Right	Coeff	Contr.	Expan.
53.28	69.97	38.55	38.55	38.55	.1	.3	

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
REACH: Rch1 RS: 2.0

INPUT

Description: XSEC-2 (0+53.50)

Station Elevation Data	num=	24
Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev Sta Elev		
0 89 4.21 88 12.11 86 16.17 85 19.73 84		
23.93 83 28.36 82 41.44 81 45.65 80 50.15 79		
54.21 78 58.17 77 60.8 76 62.89 75.57 66.04 76		

72.03	77	76.02	78	79.76	79	83.7	80	87.92	81
90.94	82	94.3	83	97.04	84	100.48	85		

Manning's n Values                      num=                      3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	58.17	.038	72.03	.05

Bank Sta: Left    Right    Lengths: Left Channel    Right    Coeff Contr.    Expan.

58.17	72.03	53.5	53.5	53.5	.1	.3
-------	-------	------	------	------	----	----

CROSS SECTION

RIVER: Unnamed-Creek  
 REACH: Rch1                      RS: 1

INPUT  
 Description: XSEC-1 (0+00.000  
 Station Elevation Data                      num=                      16

Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev	Sta	Elev
0	80	9.4	79	19.53	78	26.38	77	31.37	76
38.29	75	56.03	73	57.63	72.25	59.35	73	85.79	75
91.53	76	96.56	77	99.31	78	101.37	79	103.57	80
105.41	81								

Manning's n Values                      num=                      3

Sta	n Val	Sta	n Val	Sta	n Val
0	.05	38.29	.038	85.79	.05

Bank Sta: Left    Right    Lengths: Left Channel    Right    Coeff Contr.    Expan.

38.29	85.79	0	0	0	.1	.3
-------	-------	---	---	---	----	----

SUMMARY OF MANNING'S N VALUES

River:Unnamed-Creek

Reach	River Sta.	n1	n2	n3
Rch1	14	.05	.038	.05
Rch1	13	.05	.038	.05
Rch1	12	.05	.038	.05
Rch1	11	.05	.038	.05
Rch1	10	.05	.038	.05
Rch1	9	.05	.038	.05
Rch1	8	.05	.038	.05
Rch1	7	.05	.038	.05
Rch1	6	.05	.038	.05
Rch1	5	.05	.038	.05
Rch1	4	.05	.038	.05
Rch1	3	.05	.038	.05
Rch1	2.0	.05	.038	.05
Rch1	1	.05	.038	.05

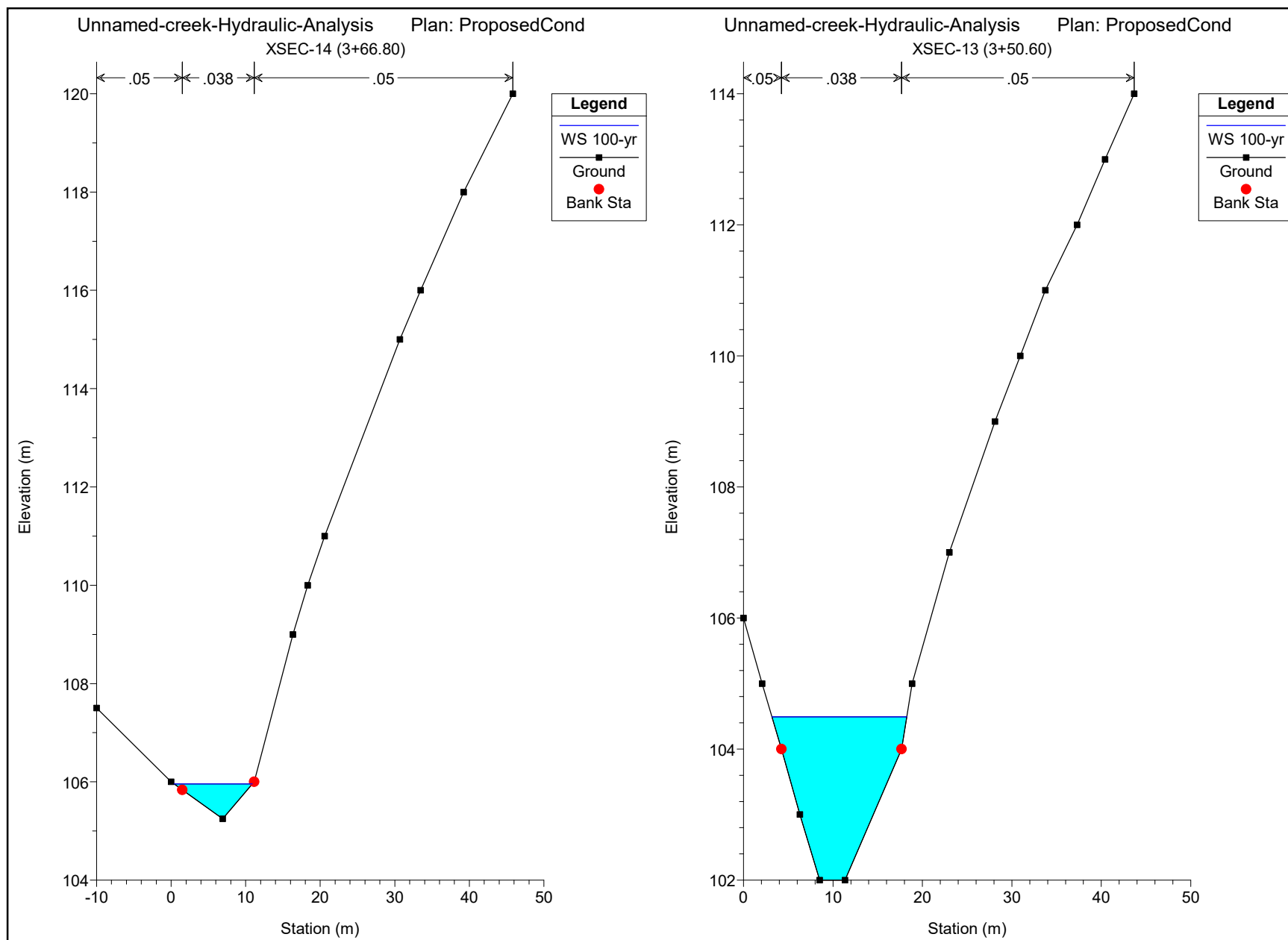
SUMMARY OF REACH LENGTHS

River: Unnamed-Creek

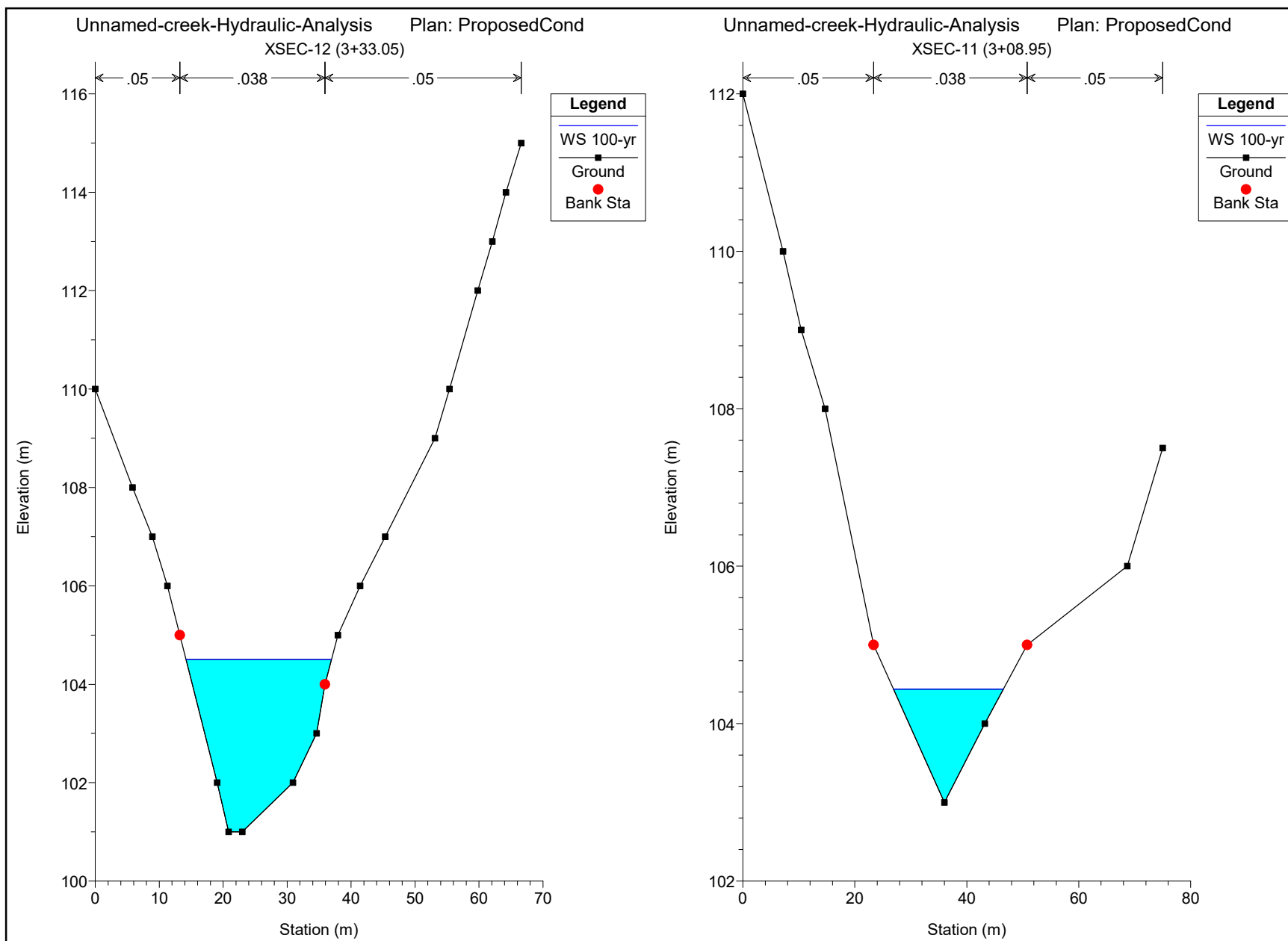
Reach	River Sta.	Left	Channel	Right
Rch1	14	16.2	16.2	16.2
Rch1	13	17.55	17.55	17.55
Rch1	12	24.1	24.1	24.1
Rch1	11	25.55	25.55	25.55
Rch1	10	23.9	23.9	23.9
Rch1	9	24.15	24.15	24.15
Rch1	8	17.9	17.9	17.9
Rch1	7	29.7	29.7	29.7
Rch1	6	33.15	33.15	33.15
Rch1	5	31	31	31
Rch1	4	31.55	31.55	31.55
Rch1	3	38.55	38.55	38.55
Rch1	2.0	53.5	53.5	53.5
Rch1	1	0	0	0

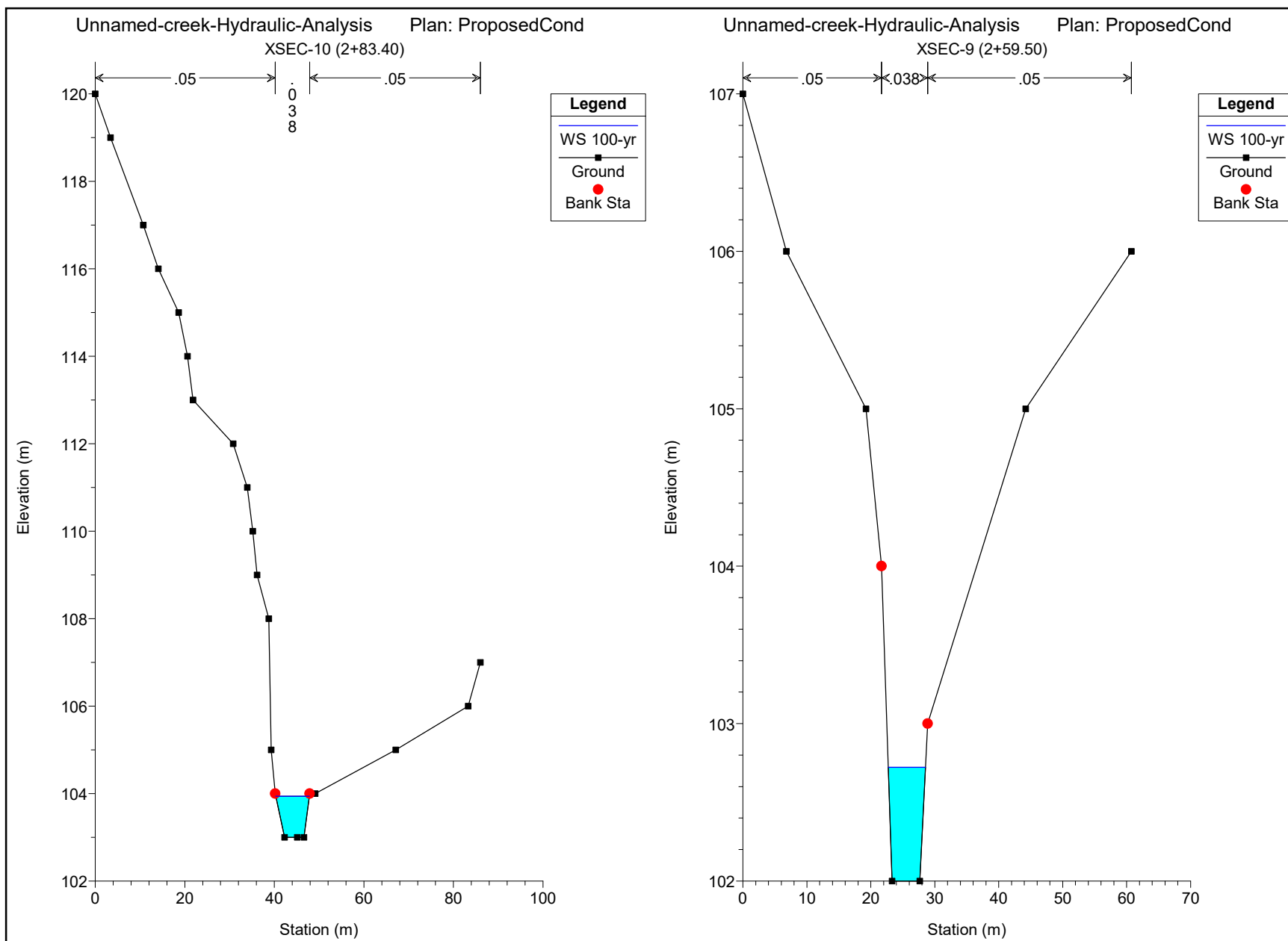
SUMMARY OF CONTRACTION AND EXPANSION COEFFICIENTS  
River: Unnamed-Creek

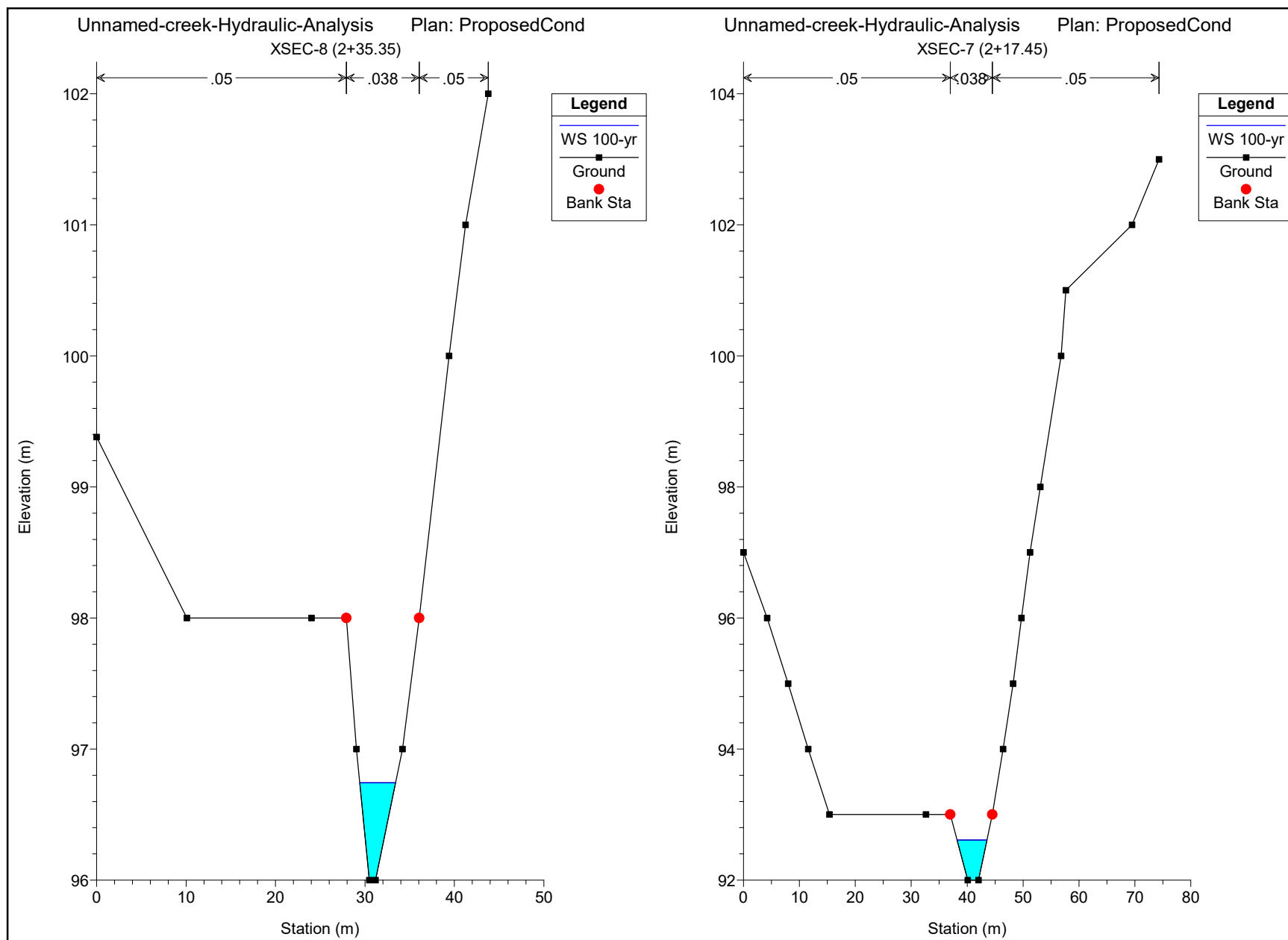
Reach	River Sta.	Contr.	Expan.
Rch1	14	.1	.3
Rch1	13	.1	.3
Rch1	12	.1	.3
Rch1	11	.1	.3
Rch1	10	.1	.3
Rch1	9	.1	.3
Rch1	8	.1	.3
Rch1	7	.1	.3
Rch1	6	.1	.3
Rch1	5	.1	.3
Rch1	4	.1	.3
Rch1	3	.1	.3
Rch1	2.0	.1	.3
Rch1	1	.1	.3

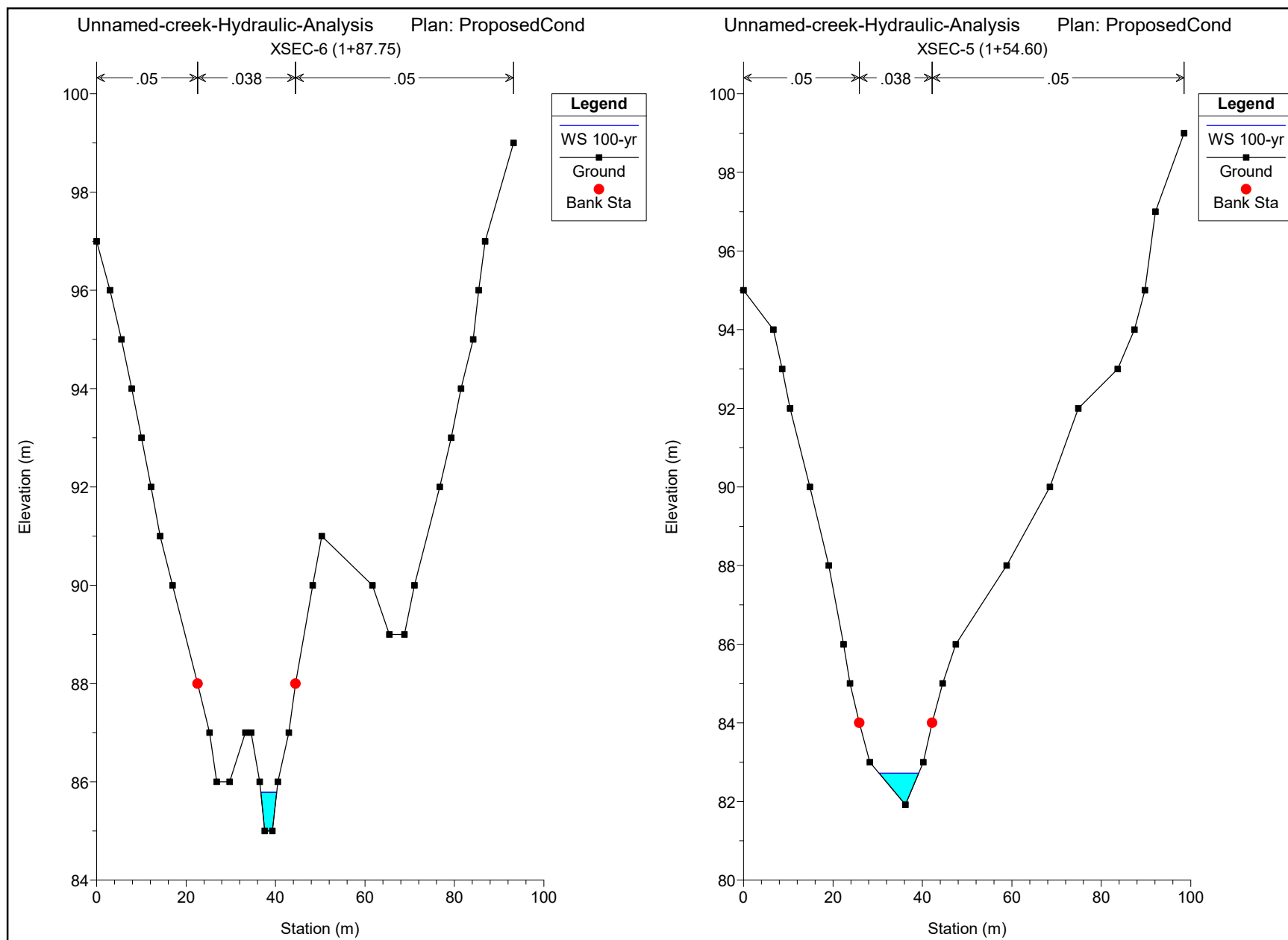


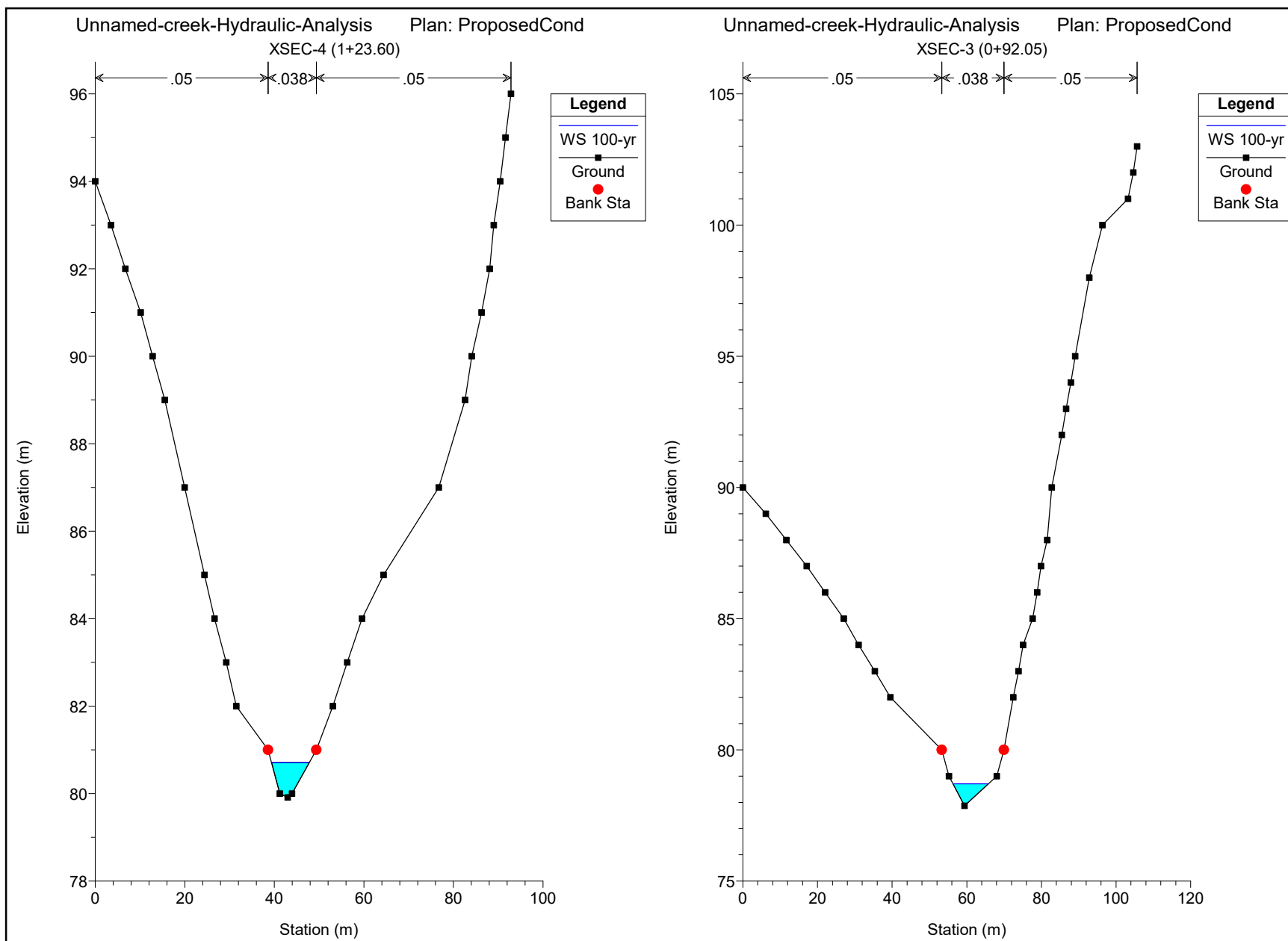


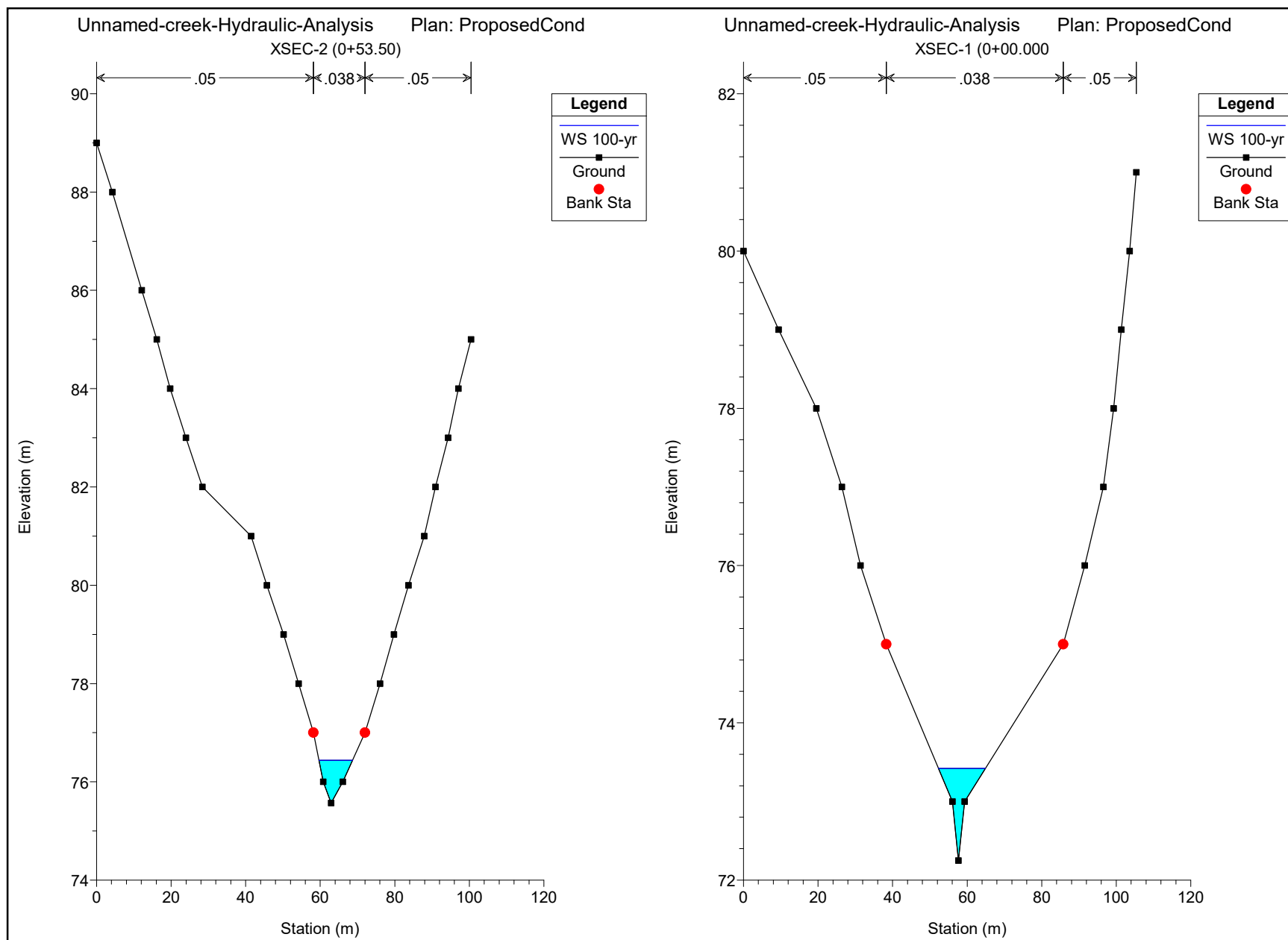












# Unnamed-creek-Hydraulic-Analysis

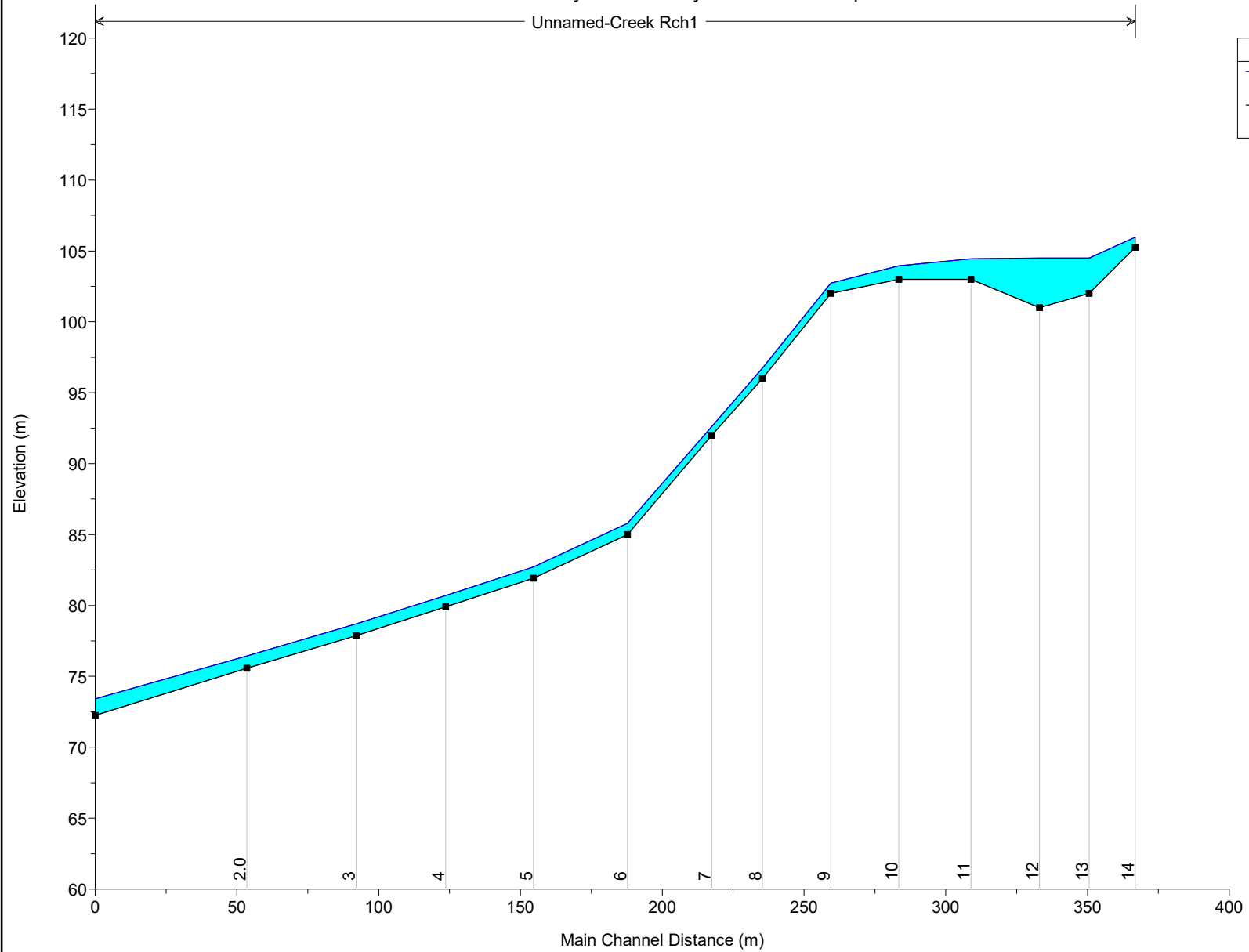
Plan: ProposedCond

Unnamed-Creek Rch1

## Legend

WS 100-yr

Ground



HEC-RAS Plan: ProposedCond River: Unnamed-Creek Reach: Rch1 Profile: 100-yr

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rch1	14	100-yr	15.25	105.25	105.96	106.21	106.84	0.089974	4.17	3.71	10.49	2.14
Rch1	13	100-yr	15.25	102.00	104.49	103.04	104.51	0.000334	0.66	23.34	15.07	0.16
Rch1	12	100-yr	15.25	101.00	104.50		104.51	0.000044	0.30	51.70	22.73	0.06
Rch1	11	100-yr	15.25	103.00	104.44		104.50	0.002698	1.09	14.04	19.62	0.41
Rch1	10	100-yr	15.25	103.00	103.94	103.94	104.32	0.017587	2.74	5.58	7.49	1.01
Rch1	9	100-yr	15.25	102.00	102.72	102.99	103.60	0.052245	4.15	3.68	5.83	1.67
Rch1	8	100-yr	15.25	96.00	96.74	97.41	100.63	0.372163	8.73	1.75	4.01	4.22
Rch1	7	100-yr	15.25	92.00	92.61	93.19	95.01	0.231026	6.86	2.22	5.35	3.40
Rch1	6	100-yr	15.25	85.00	85.79	86.38	88.59	0.200529	7.41	2.06	3.55	3.11
Rch1	5	100-yr	15.25	81.92	82.72	83.00	83.66	0.092937	4.30	3.54	8.85	2.17
Rch1	4	100-yr	15.25	79.91	80.71	80.94	81.42	0.054902	3.74	4.08	8.44	1.72
Rch1	3	100-yr	15.25	77.87	78.71	78.95	79.46	0.070273	3.85	3.96	9.47	1.90
Rch1	2.0	100-yr	15.25	75.57	76.44	76.65	77.10	0.052685	3.60	4.23	9.00	1.68
Rch1	1	100-yr	15.25	72.25	73.42	73.60	73.98	0.063439	3.32	4.60	12.61	1.76







## **APÉNDICE NÚM. 3**

### ***“SCHEMATIC DRAWINGS”***



SCHEMATIC DRAWINGS FOR  
L A T E R A L   E X P A N S I O N  
ARROYO MUNICIPAL LANDFILL  
PR-755, KM. 1.0, ANCONES WARD, ARROYO, P.R.

FEBRUARY 2025

PREPARED FOR:



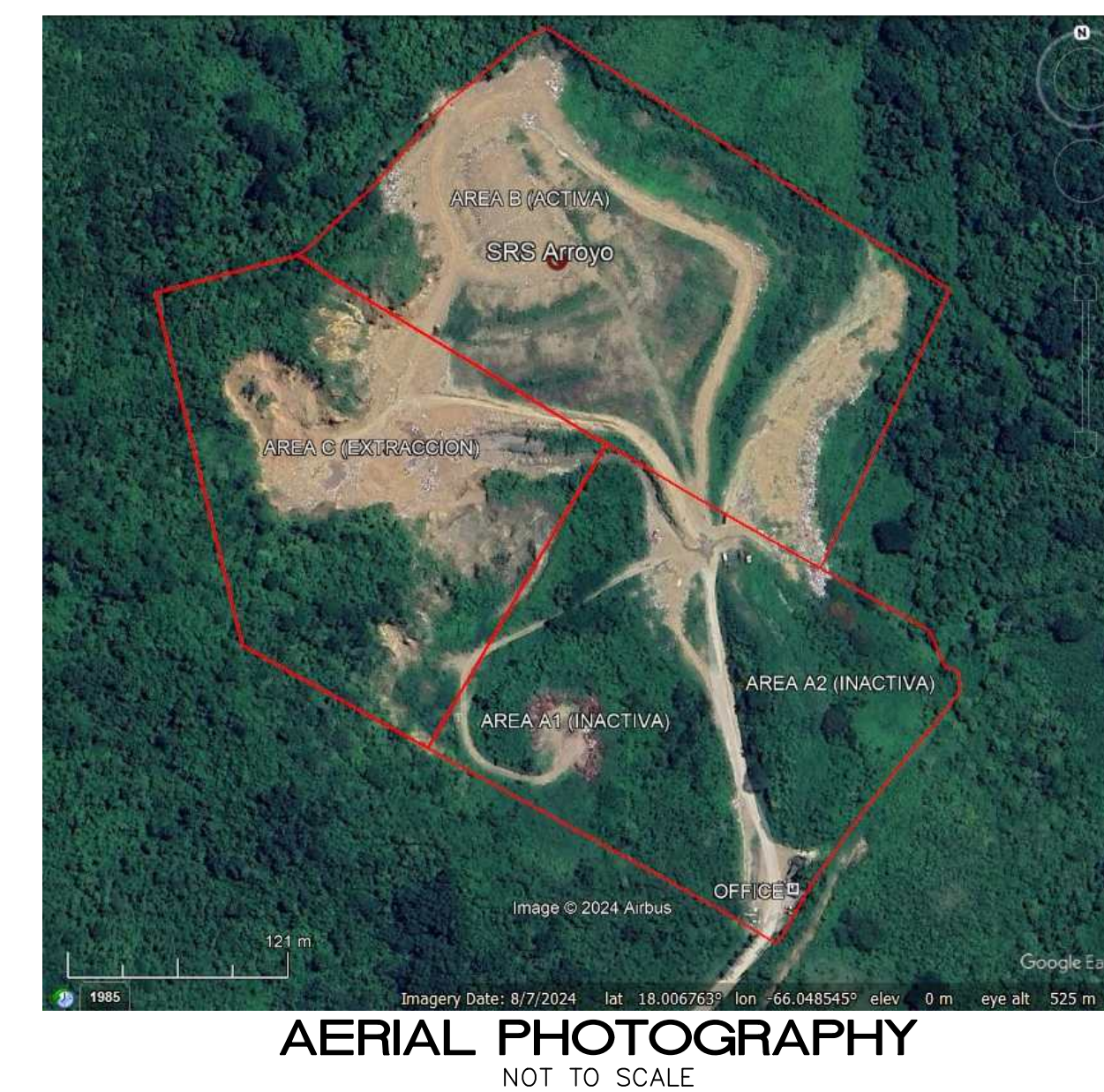
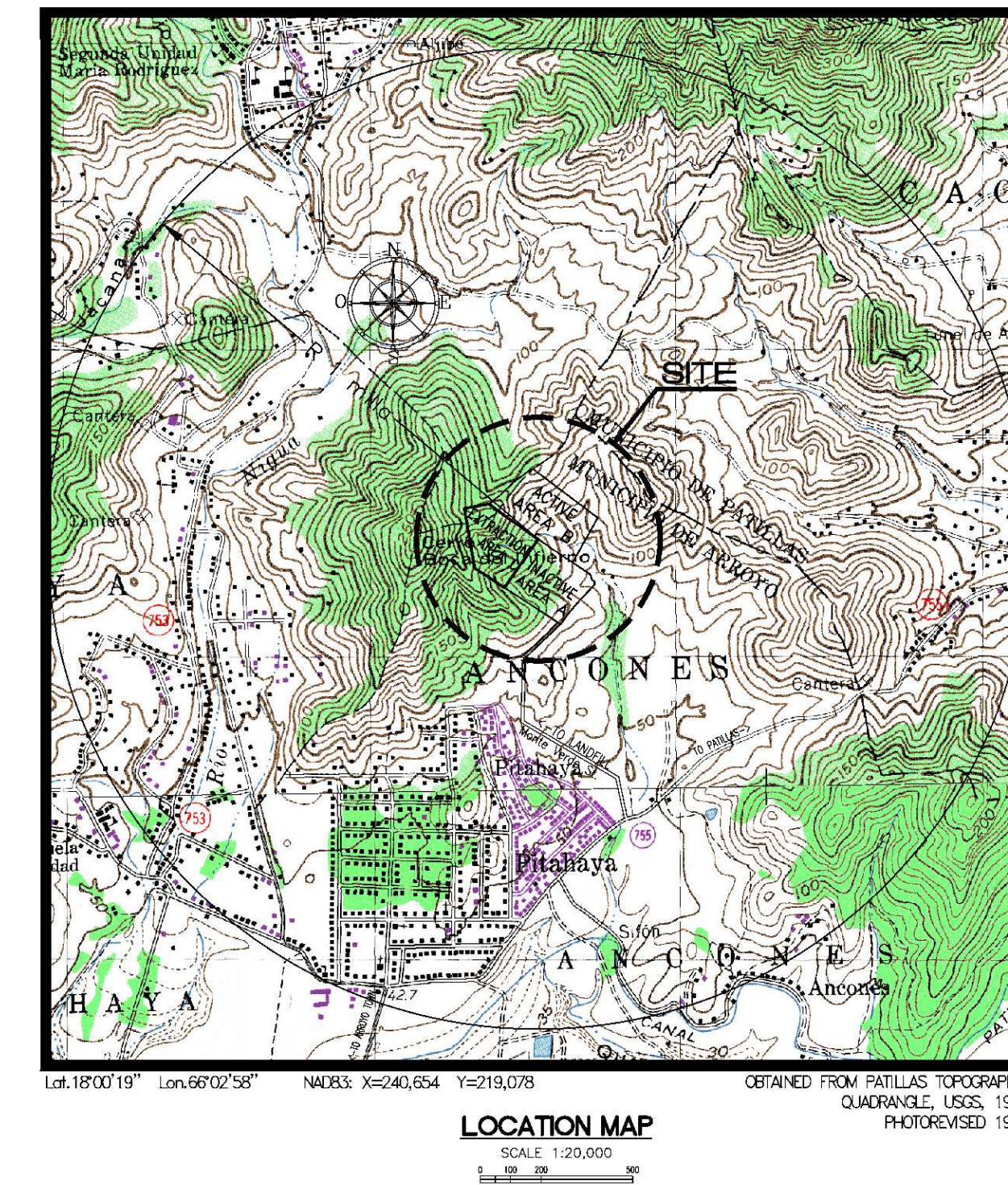
MUNICIPALITY OF ARROYO

PREPARED BY:



**PUERTO RICO  
PROFESSIONAL  
TEAM, LLC.**

PO BOX 3871, GUAYNABO, PR 00970  
EMAIL: FNM.PRPT@GMAIL.COM  
PHONE (787) 773-0730



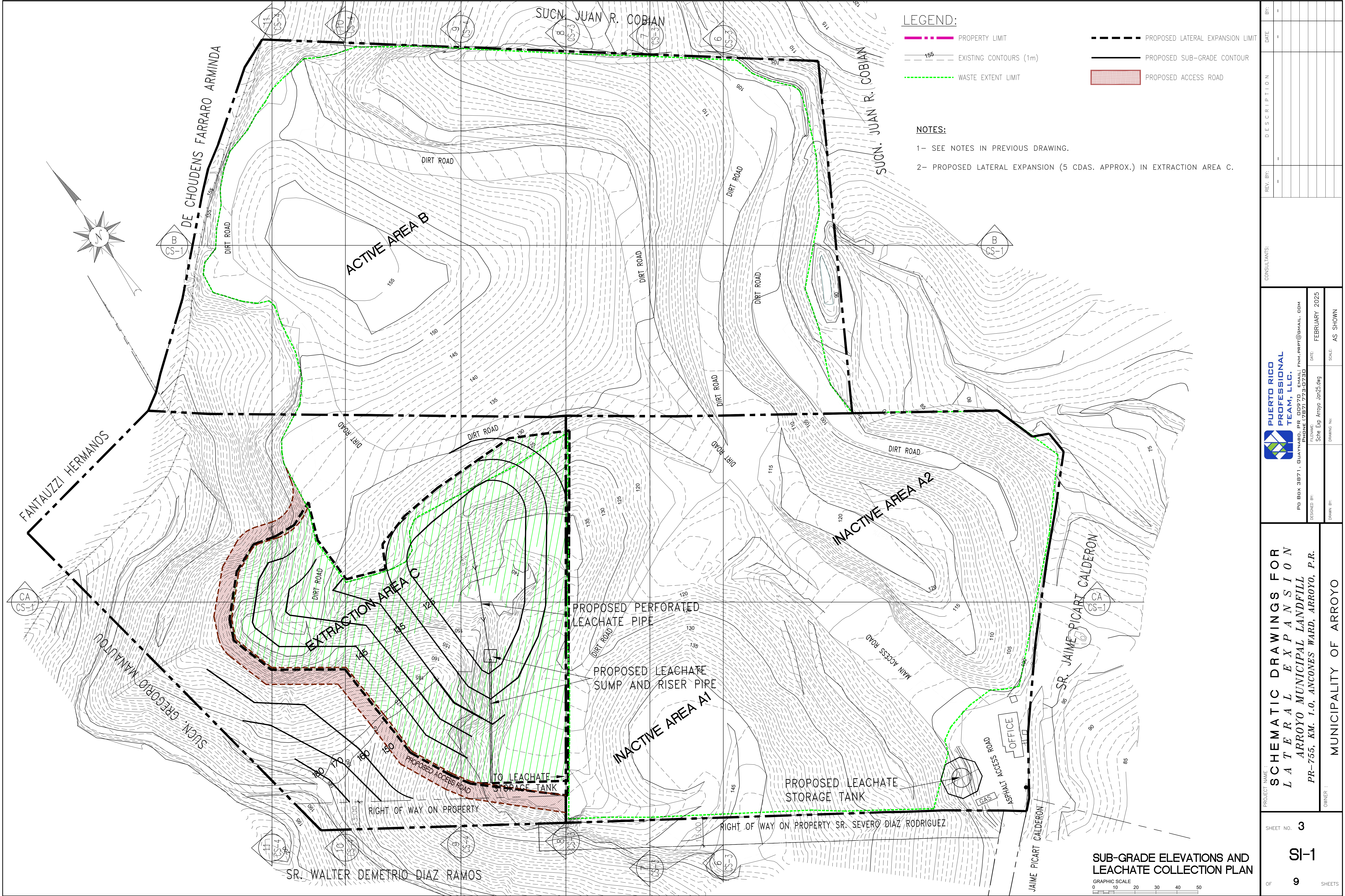
INDEX

SHEET No.	DRAWING No.	TITLE
1	T-1	TITLE SHEET
2	X-1	TOPOGRAPHY PLAN
3	SI-1	SUB-GRADE ELEVATIONS AND LEACHATE COLLECTION PLAN
4	SI-2	STORMWATER MANAGEMENT PLAN
5	SI-3	FINAL ELEVATIONS
6	CS-1	CROSS SECTIONS CA and BA
7	CS-2	CROSS SECTIONS 6-8
8	CS-3	CROSS SECTIONS 9-11
9	DET-1	GENERAL DETAILS





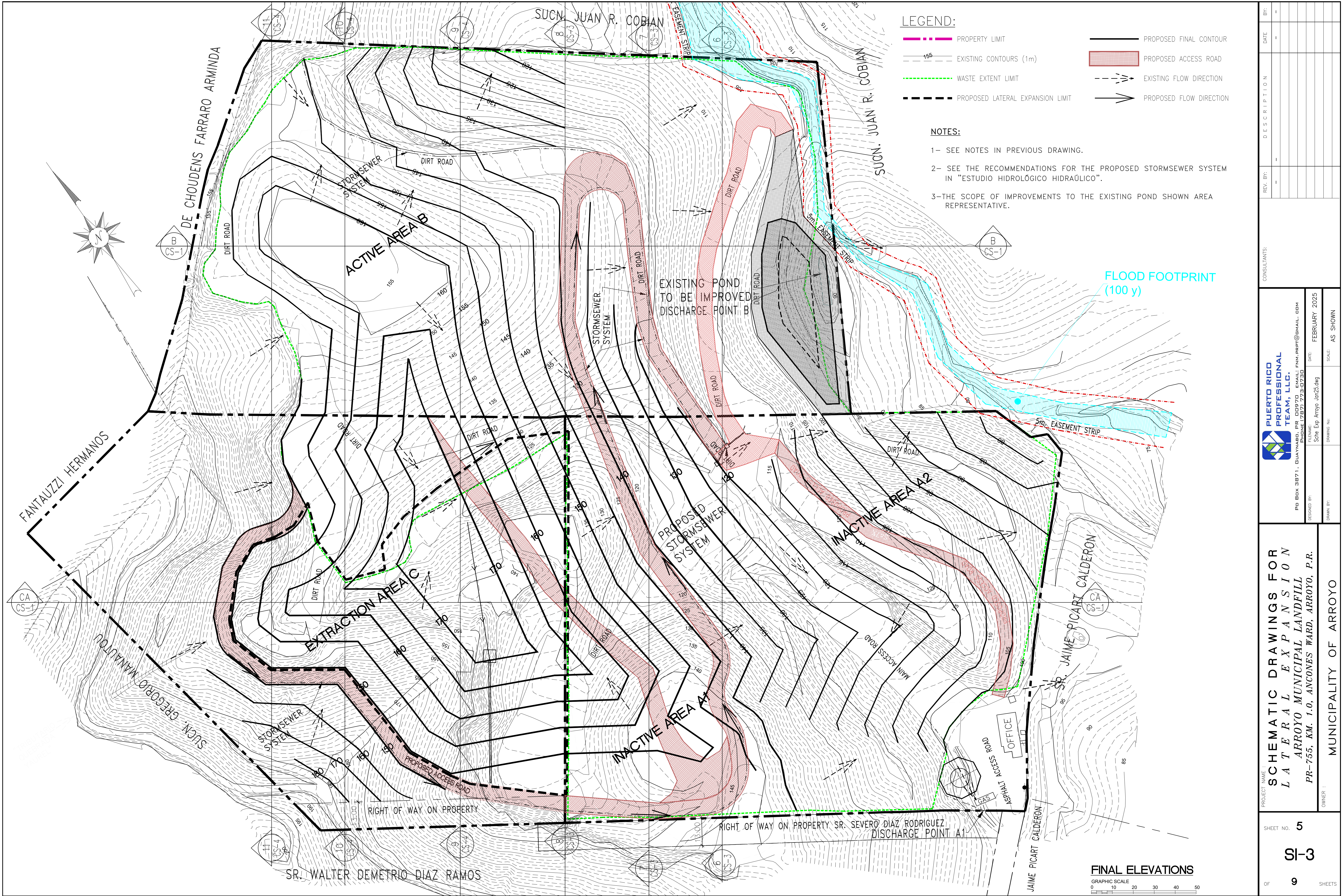




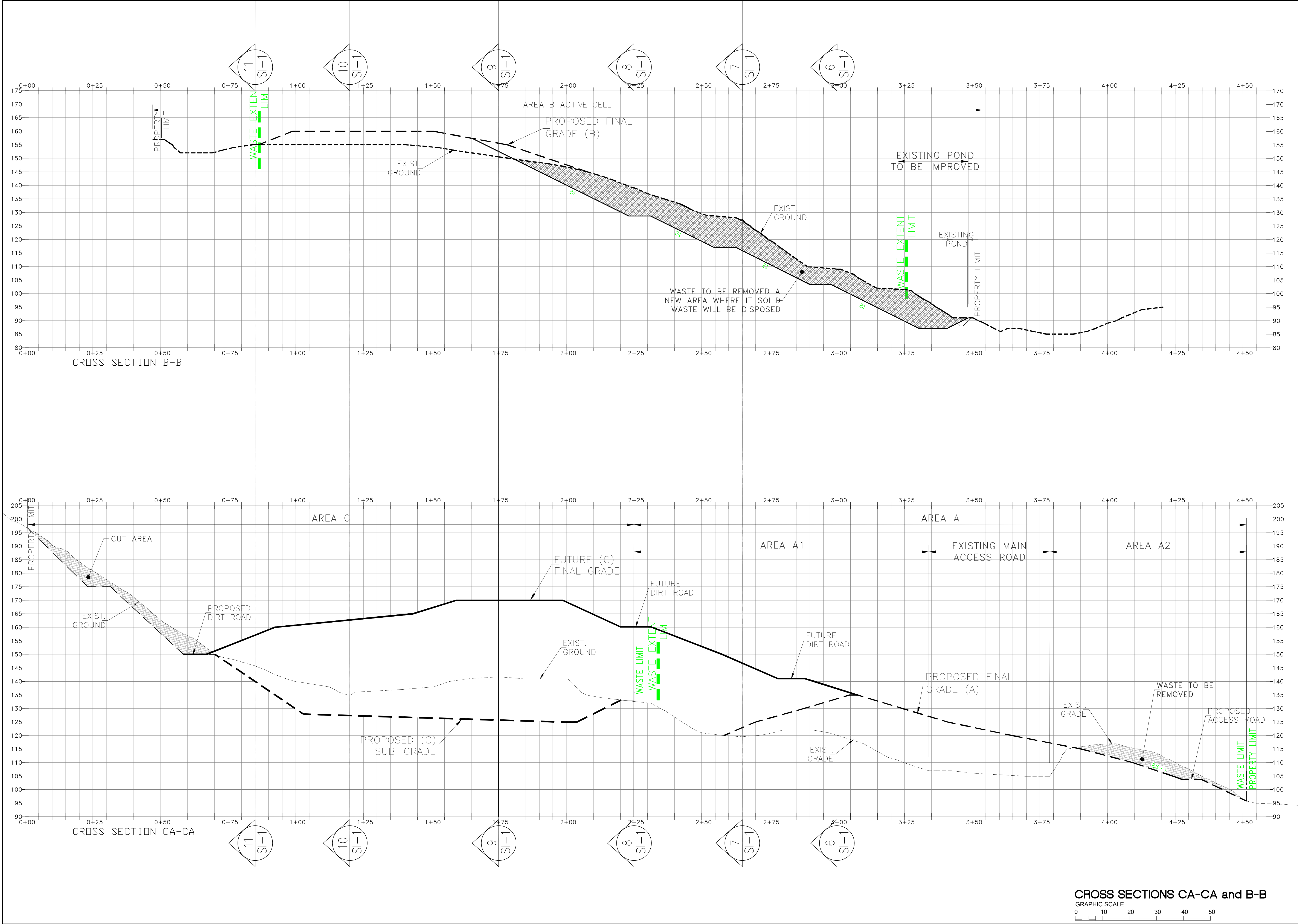












CONSULTANTS:

PUERTO RICO  
PROFESSIONAL  
TEAM, LLC.

PD BOX 3871, GUAYNABO, PR 00970  
PHONE (787) 773-0730

DESIGNED BY:

FILENAME:

DATE:

DRAWING No:

REV. BY:

DATE:

DESCRIPTION:

BY:

PROJECT NAME :

SHEET NO. 6

OF 9 SHEETS

CROSS SECTIONS CA-CA and B-B

GRAPHIC SCALE

0 10 20 30 40 50

OWNER :

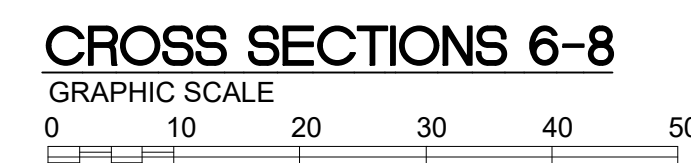
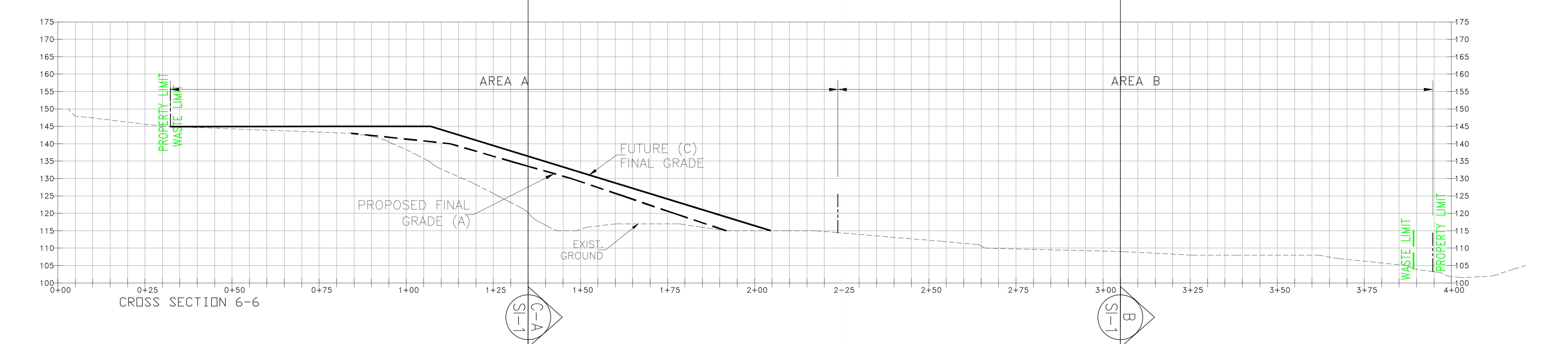
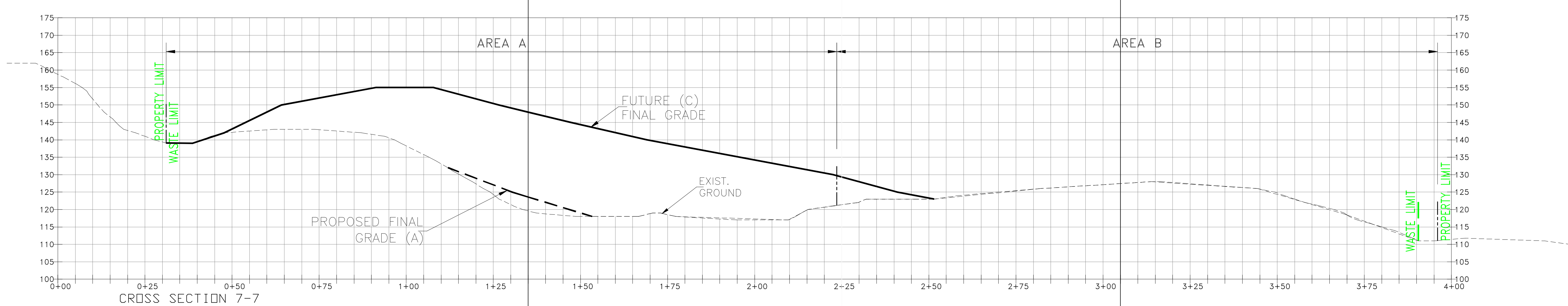
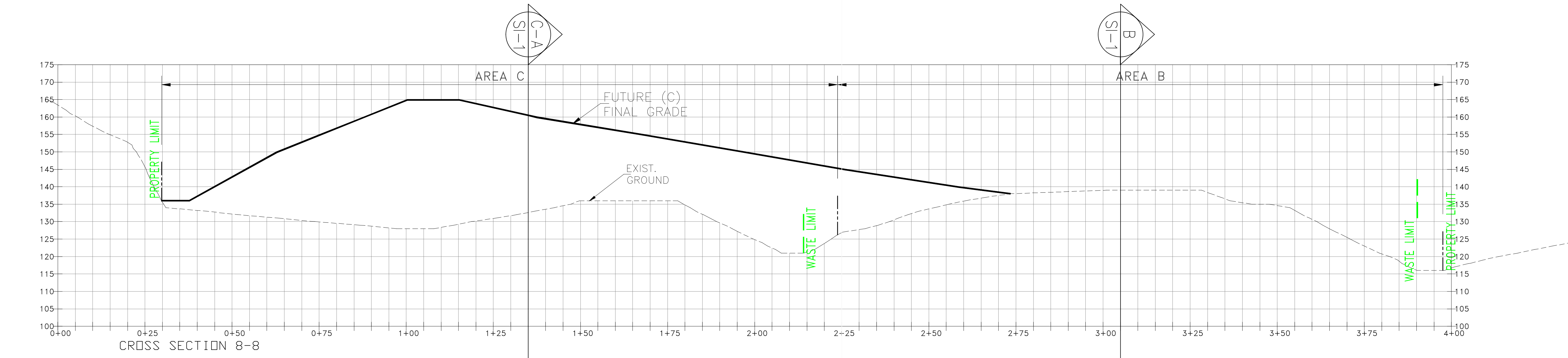
MUNICIPALITY OF ARROYO

PR-755, KM. 1.0, ANCONES WARD, ARROYO, P.R.

DATE: FEBRUARY 2025

SCALE: 1:600





PROJECT NAME :  
**S C H E M A T I C D R A W I N G S F O R  
L A T E R A L E X P A N S I O N  
ARROYO MUNICIPAL LANDFILL  
PR-755, KM. 1.0, ANCONES WARD, ARROYO, P.R.**

OWNER :  
**MUNICIPALITY OF ARROYO**

DESIGNED BY:  
Schre Exp Arroyo Jan25.dwg

DATE  
FEBRUARY 2025

DRAWN BY:

SCALE  
1:600

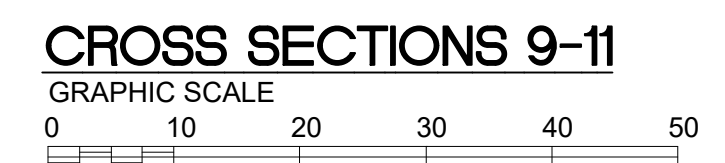
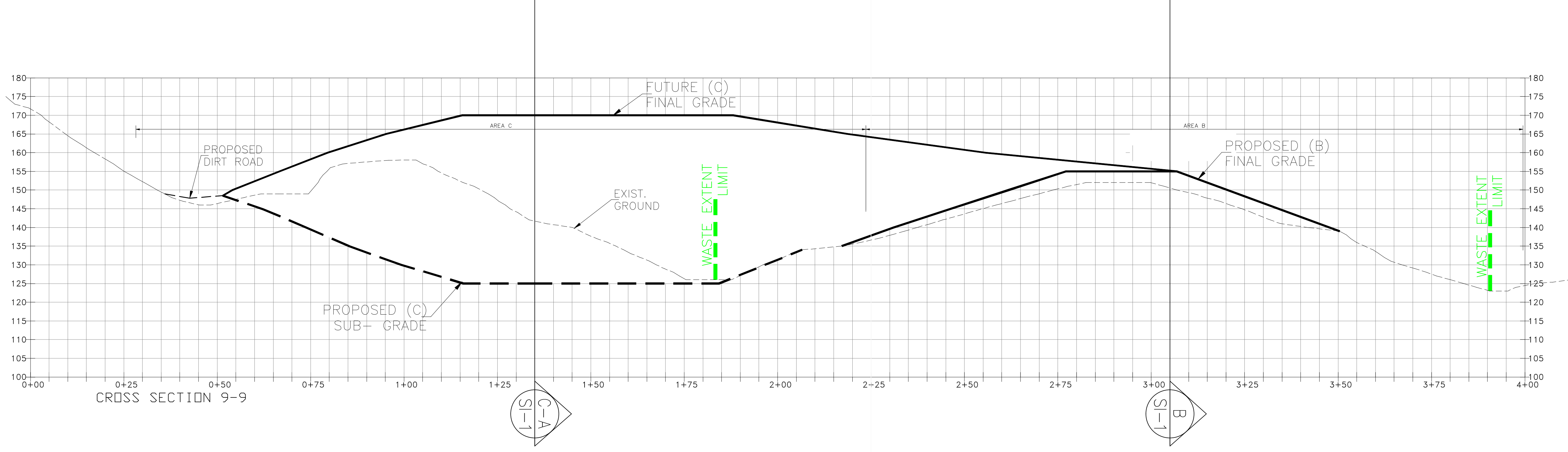
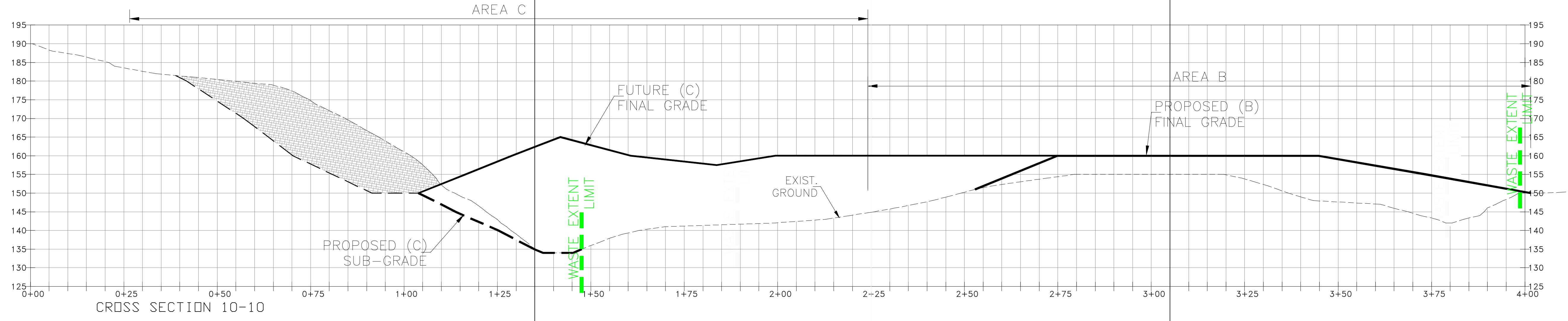
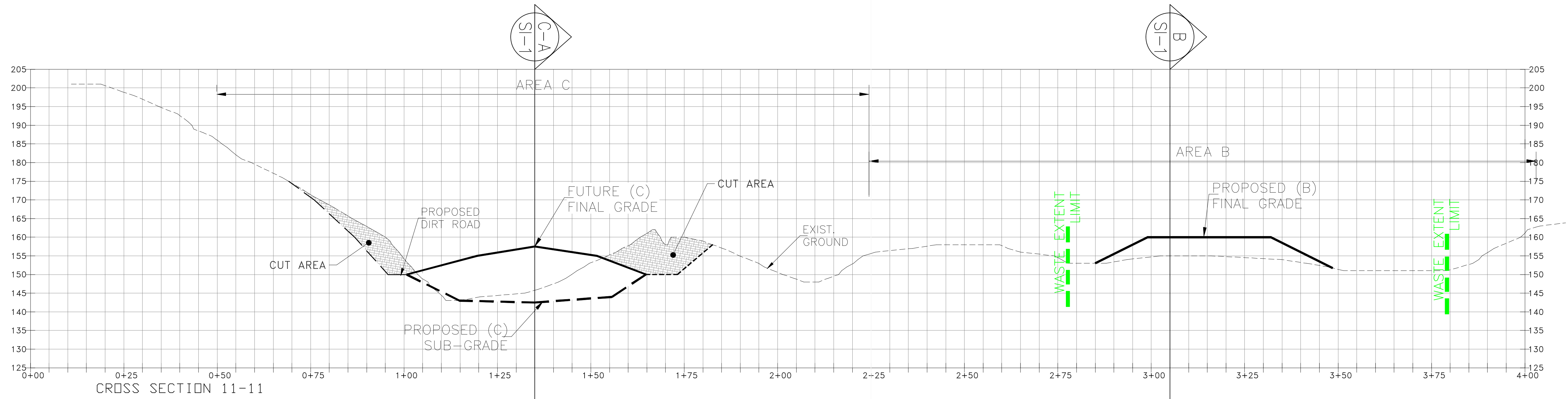
CONSULTANTS:  
**PUERTO RICO  
PROFESSIONAL  
TEAM, LLC.**  
PO BOX 38711, GUAYNABO, PR 00970 EMAIL: FNM.PRPT@GMAIL.COM  
PHONE (787) 773-0730

REV. BY:	DATE	DESCRIPTION

SHEET NO. **7**

**CS-2**

OF **9** SHEETS



CONSULTANTS:

PUERTO RICO  
PROFESSIONAL  
TEAM, LLC.

PD BOX 38711, GUAYNABO, PR 00970

PHONE (787) 773-0730

EMAIL: FNM.PRPT@GMAIL.COM

FILENAME: Scte Exp Arroyo Jan25.dwg

DATE: FEBRUARY 2025

SCALE: 1:600

DESIGNED BY:

DRAWN BY:

PROJECT NAME :  
S C H E M A T I C D R A W I N G S F O R  
L A T E R A L E X P A N S I O N  
A R R O Y O M U N I C I P A L L A N D F I L L  
P R - 7 5 5 , K M . 1 - 0 , A N C O N E S W A R D , A R R O Y O , P . R .

OWNER :  
M U N I C I P A L I T Y O F A R R O Y O

REV. BY:

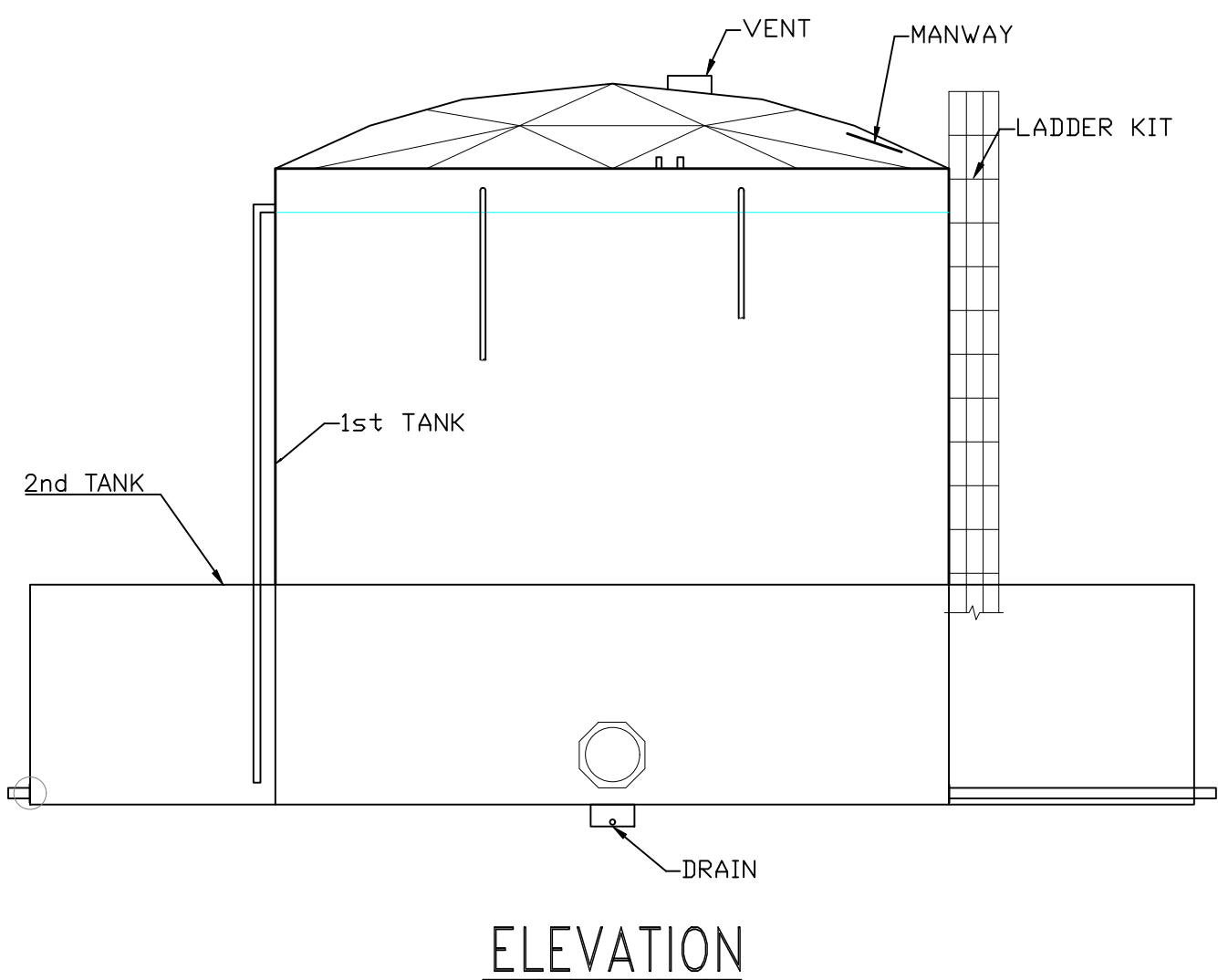
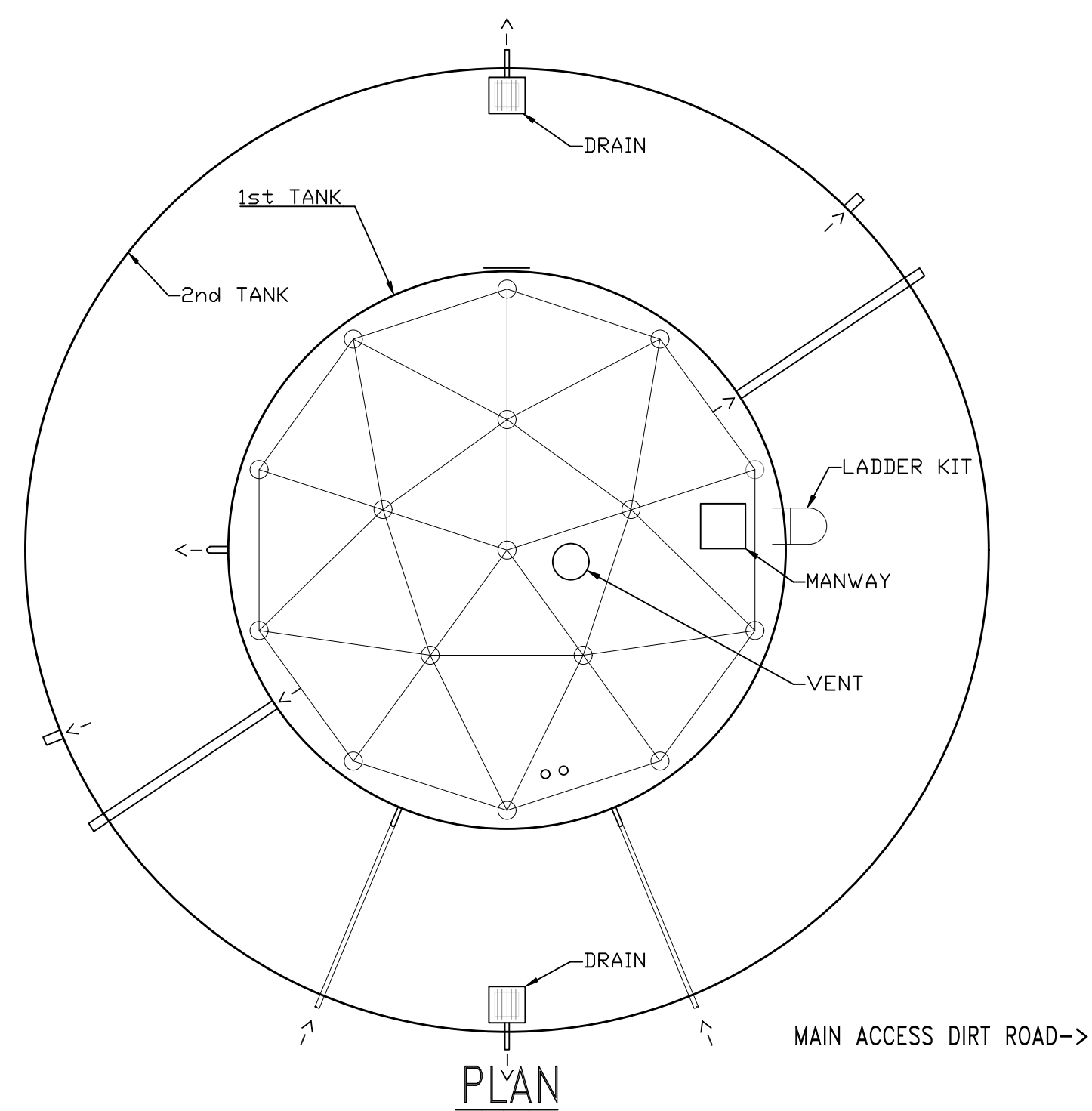
DATE:

DESCRIPTION:

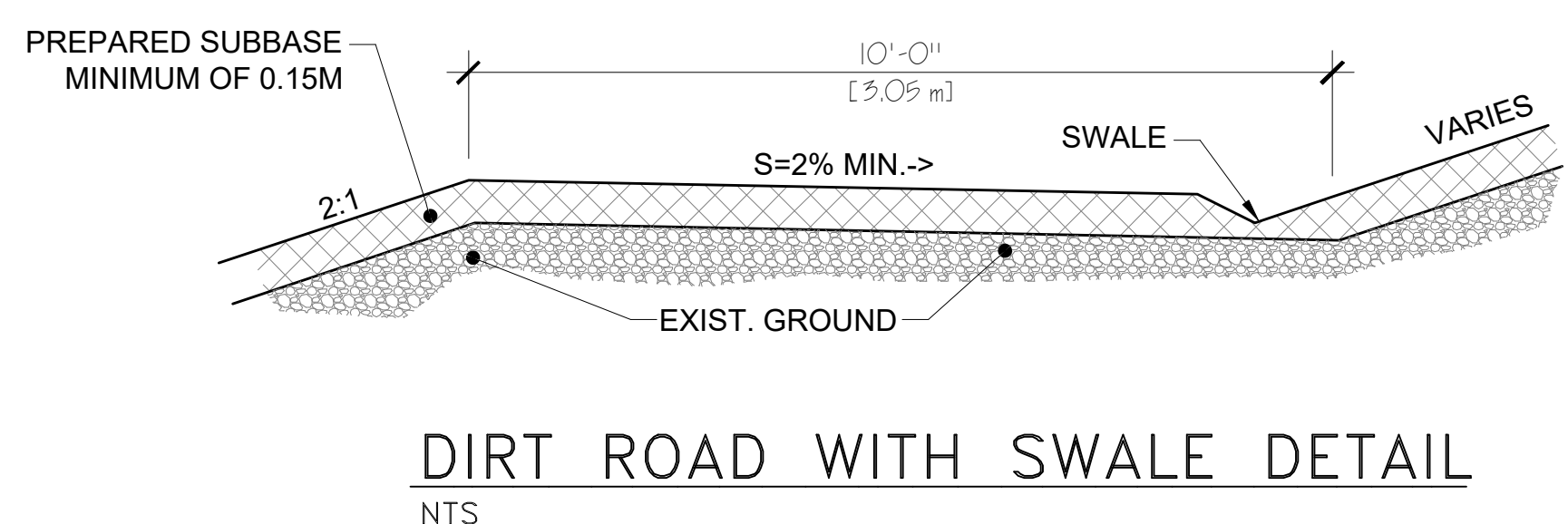
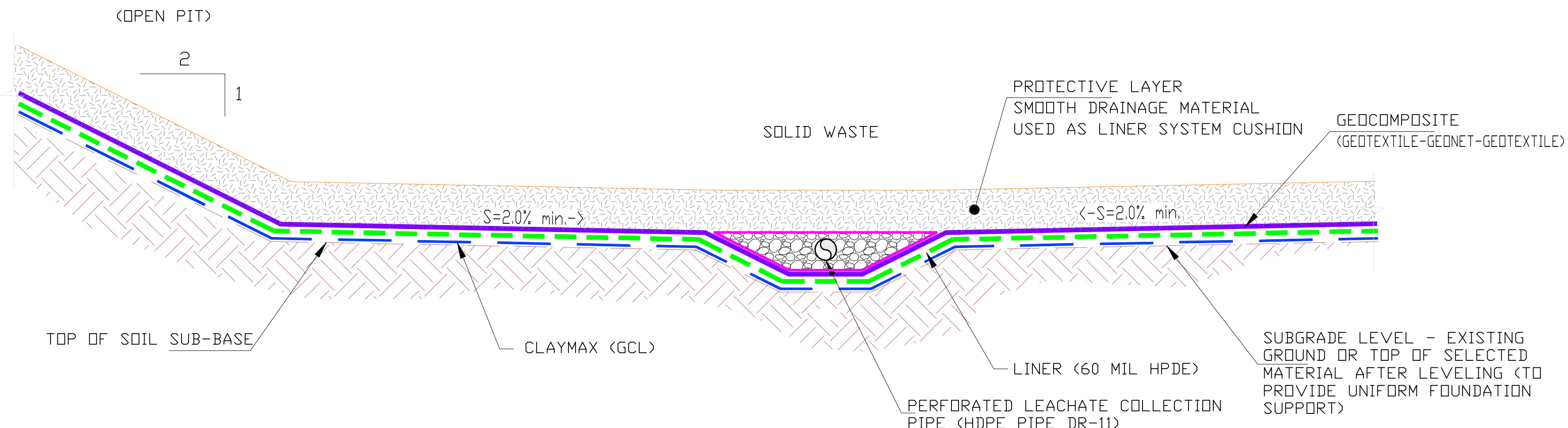
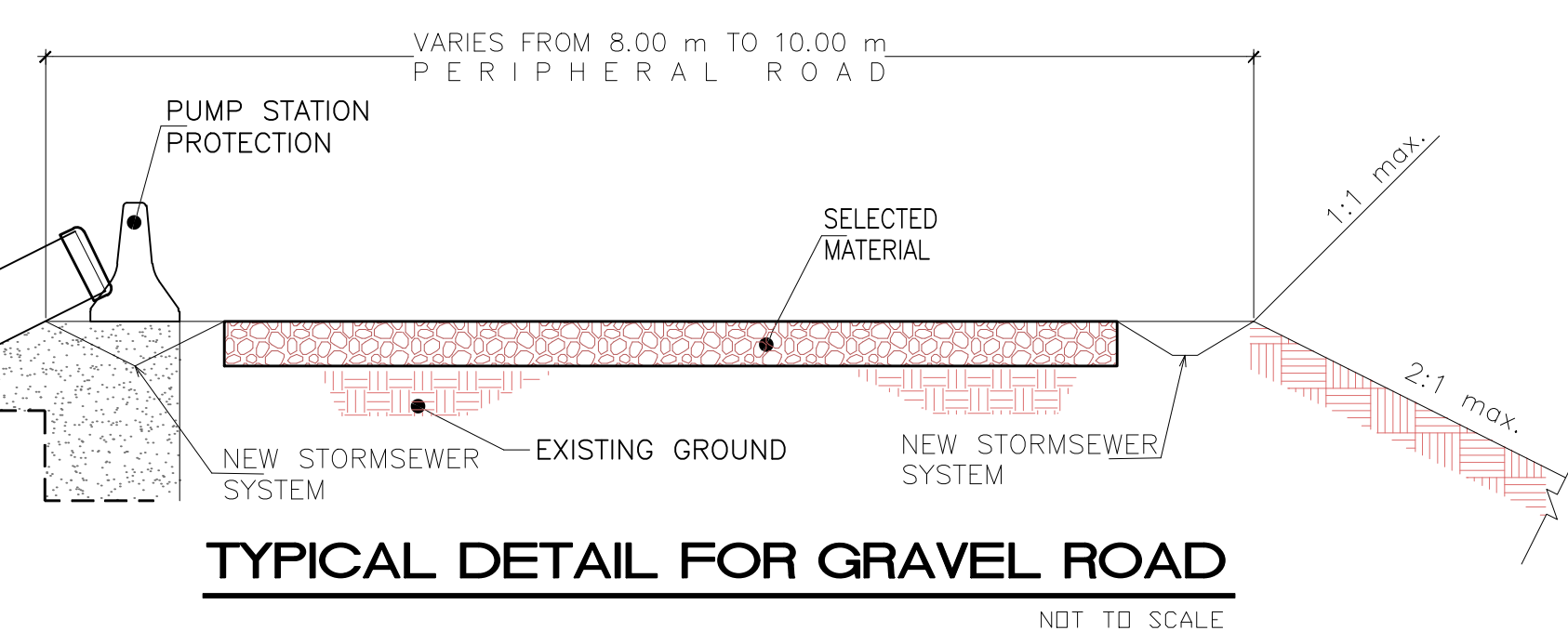
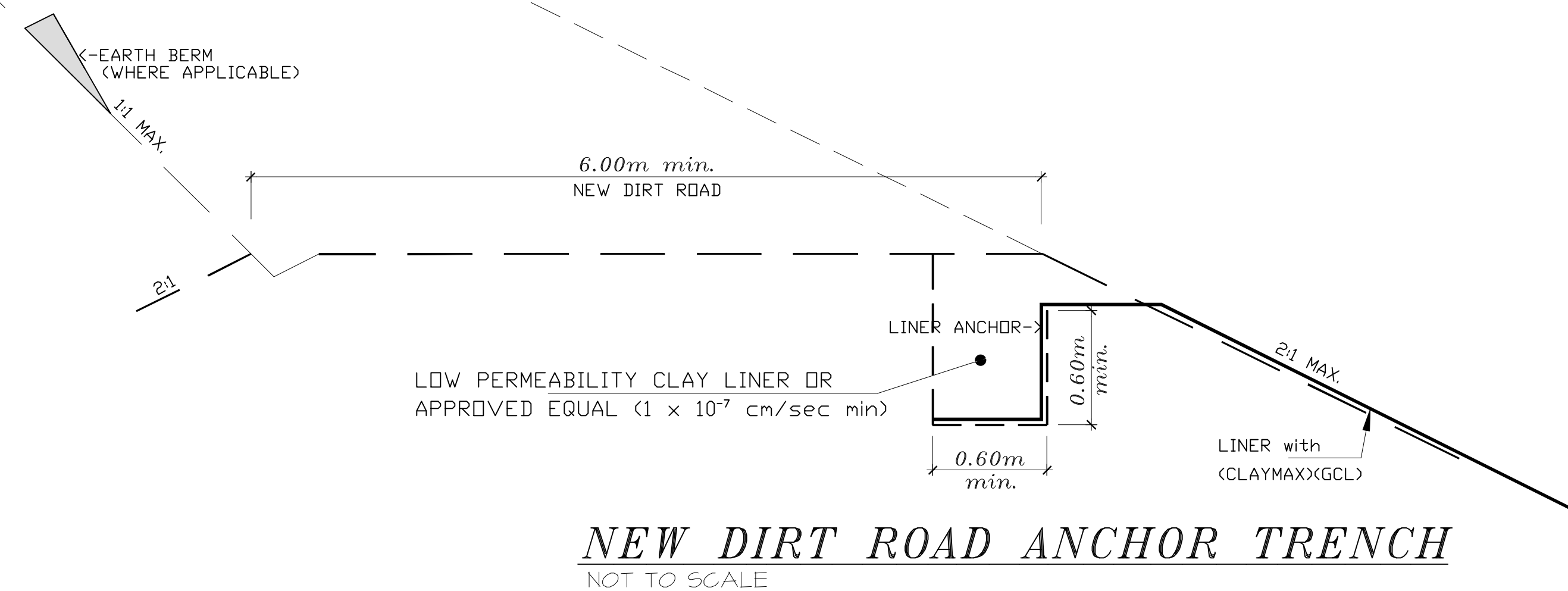
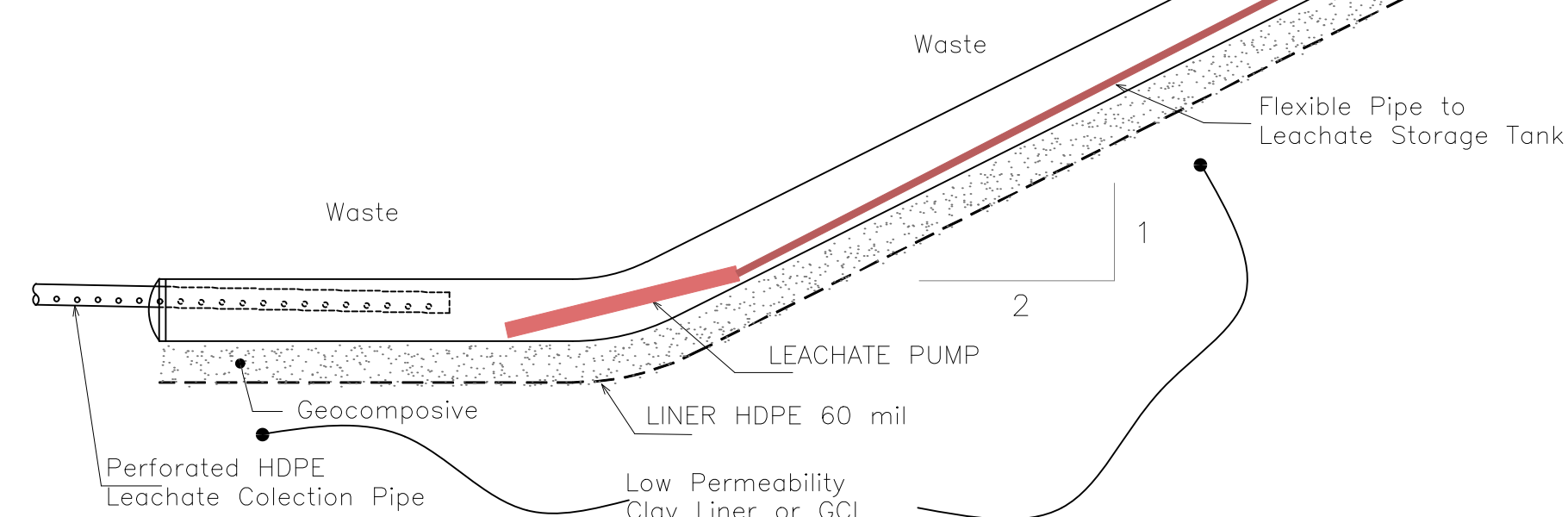
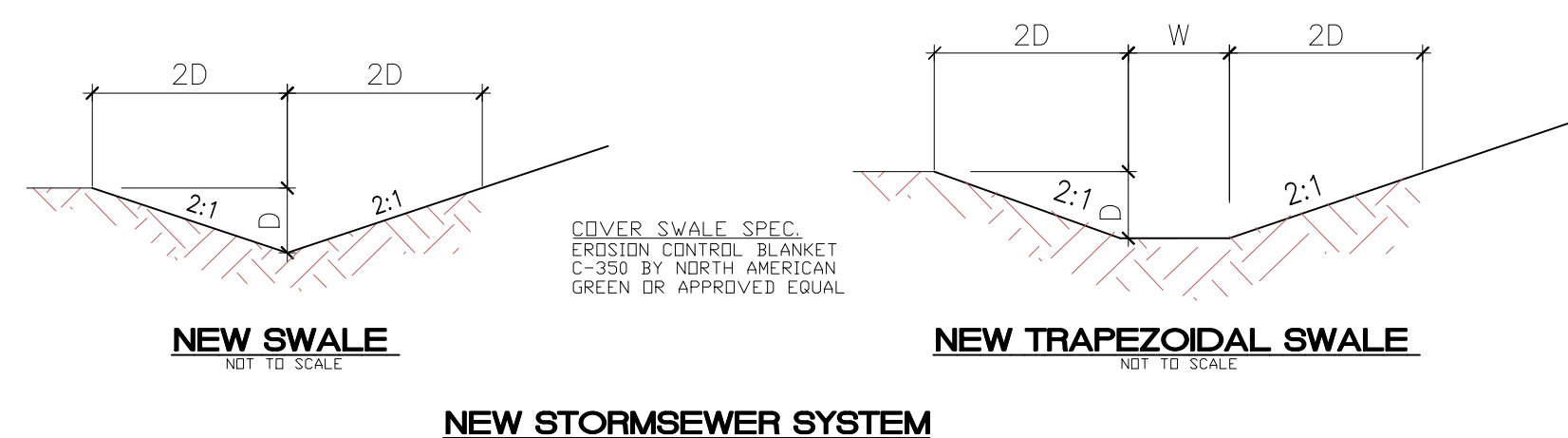
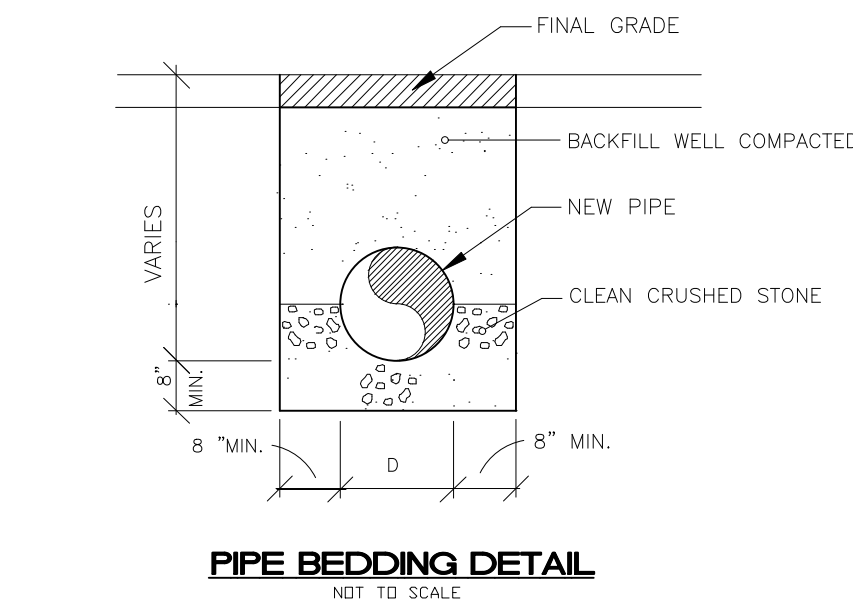
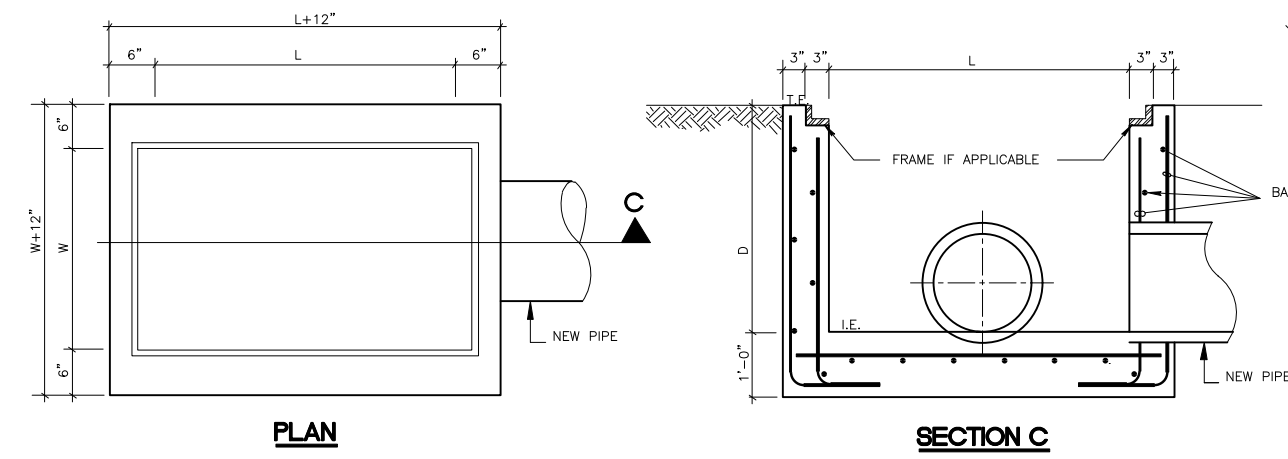
SHEET NO. 8

OF 9 SHEETS





LEACHATE TANK DETAILS  
NOT TO SCALE



LEACHATE COLLECTION SYSTEM DETAIL  
NOT TO SCALE

GENERAL DETAILS  
NOT TO SCALE

CONSULTANTS:	REV. BY:	DATE:	DESCRIPTION:	BY:
PROJECT NAME:	DESIGNED BY:	DATE:	FILENAME:	SCALE:
OWNER:	DRAWN BY:	DATE:	FILENAME:	SCALE:
SHEET NO. 9				
DET-1				
OF 9 SHEETS				

PUERTO RICO PROFESSIONAL TEAM, LLC.  
PO BOX 38711, GUAYNABO, PR 00970  
PHONE (787) 773-0730  
EMAIL: FNM.PRPT@GMAIL.COM  
DATE: FEBRUARY 2025  
SCALE: AS SHOWN  
DRAWING NO.:  
PROJECT NAME: SCHEMATIC DRAWINGS FOR LATEROAL EXPANSION OF ARROYO MUNICIPAL LANDFILL PR-765, KM. 1.0, ANCONES WARD, ARROYO, P.R.  
OWNER: MUNICIPALITY OF ARROYO

## **APÉNDICE NÚM. 4**

# **CARTA DEL DRNA PLAN DE MONITORÍA AGUAS SUBTERRÁNEAS**



GOBIERNO DE PUERTO RICO  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES

TERRENOS  
GERENTE

9 JAN '24 AM 9:24

002  
SJS

4 de enero de 2024

Sr. Carmelo Vázquez Fernández, Subgerente  
Área de Control de Contaminación de Terrenos

*María V. Rodríguez*

Sra. María V. Rodríguez Muñoz, Gerente  
Área de Control de Contaminación de Terrenos

*Francis M. Segarra Román*

Francis M. Segarra Román, Especialista Gerencia en Control y Certeza de Calidad  
Oficina de Control y Certeza de Calidad

**EVALUACIÓN & RECOMENDACIÓN DE APROBACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL PLAN DE MONITORIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL SISTEMA DE RELLENO SANITARIO MUNICIPAL DE ARROYO (DICIEMBRE DE 2023). SRS – ARROYO, CARRETERA ESTATAL 755, KM 1.0, BARRIO ANCONES, ARROYO, PUERTO RICO (IDF-08-0042).**

Nuestra Oficina completó la evaluación de la revisión de diciembre de 2023 del Plan de Monitoreo de Aguas Subterráneas del SRS Municipal de Arroyo titulado "Groundwater Monitoring Plan – Arroyo Municipal Sanitary Landfill, PR-755, Km 1.0, Ancones Ward, Municipality of Arroyo – December 2023" (PMA) que fue radicado el 22 de diciembre de 2023.

Luego de evaluar el documento se encontró que el mismo cumple con todos los requisitos establecidos en el nuevo del Reglamento para los Sistemas de Relleno Sanitario (Reglamento 9306) del DRNA que entró en vigor el 8 de noviembre de 2021. Además, confirmamos que se realizaron todos los cambios necesarios para atender todos los comentarios que previamente sometimos, a través de varias comunicaciones escritas y electrónicas, al Ingeniero Ángel García Bonilla de AG Environmental PSC, contratista del Municipio de Arroyo. También encontramos que todos los procedimientos establecidos en dicho PMA garantizarán la calidad y validez científica de los datos que se generen durante su implementación.

Por lo tanto, nuestra Oficina no tiene objeción alguna en que se implemente esta versión revisada del PMA y recomendamos que se apruebe el mismo. Para cualquier pregunta o comentario puede comunicarse con la suscribiente a la extensión 6263 o al correo electrónico [francessegarra@drna.pr.gov](mailto:francessegarra@drna.pr.gov).

C/c: Sr. Pedro Guevara, Jefe Interino, División de Permisos de Desperdicios No Peligrosos  
Sra. Yolanda Díaz, Jefe Interina, División de Permisos de Desperdicios No Peligrosos

4 de enero de 2024





**GOBIERNO DE PUERTO RICO**  
**DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTALES**

**Honorable Eric Bachier Román**  
**Municipio de Arroyo**  
**Apartado 477**  
**Arroyo, PR 00714**


**RE: EVALUACIÓN & RECOMENDACIÓN DE APROBACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL PLAN DE MONITORIA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL SISTEMA DE RELLENO SANITARIO MUNICIPAL DE ARROYO (DICIEMBRE DE 2023). SRS – ARROYO, CARRETERA ESTATAL 755, KM 1.0, BARRIO ANCONES, ARROYO, PUERTO RICO (IDF-08-0042).**

Nuestra Oficina completó la evaluación de la revisión de diciembre de 2023 del Plan de Monitoreo de Aguas Subterráneas del SRS Municipal de Arroyo titulado "Groundwater Monitoring Plan – Arroyo Municipal Sanitary Landfill, PR-755, Km 1.0, Ancones Ward, Municipality of Arroyo – December 2023" (PMA) que fue radicado el 22 de diciembre de 2023.

Luego de evaluar el documento se encontró que el mismo cumple con todos los requisitos establecidos en el nuevo del Reglamento para los Sistemas de Relleno Sanitario (Reglamento 9306) del DRNA que entró en vigor el 8 de noviembre de 2021. Además, confirmamos que se realizaron todos los cambios necesarios para atender todos los comentarios que previamente sometimos, a través de varias comunicaciones escritas y electrónicas), al Ingeniero Ángel García Bonilla de AG Environmental PSC, contratista del Municipio de Arroyo. También encontramos que todos los procedimientos establecidos en dicho PMA garantizarán la calidad y validez científica de los datos que se generen durante su implementación.

Por lo tanto, nuestra Oficina le informó a María V. Rodríguez Muñoz, Gerente del Área de Control de Contaminación de Terrenos, que no teníamos objeción alguna con que se implemente la versión del PMA arriba indicada, por lo que le recomendamos la aprobación de este. La señora Rodríguez Muñoz, le estará enviando una carta con la aprobación del PMA. Para cualquier pregunta o comentario puede comunicarse con la suscribiente a la extensión 6263 o al correo electrónico [francessegarra@drna.pr.gov](mailto:francessegarra@drna.pr.gov).

*Cordialmente,*

  
**Frances M. Segarra Román**  
Especialista Gerencial en Control y Certeza de Calidad  
Oficina de Control y Certeza de Calidad

**C/c: Sra. María V. Rodríguez, Gerente, Área de Control de Contaminación de Terrenos**  
**Ing. Ángel García Bonilla, Ingeniero Ambiental, AG Environmental PSC**

## **APÉNDICE NÚM. 5**

# **CARTA DEL DRNA PLAN DE MONITORÍA GASES EXPLOSIVOS**



# GOBIERNO DE PUERTO RICO

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales

14 de diciembre de 2020

**Honorable Eric Bachier Román**

**Municipio de Arroyo**

Apartado 477

Arroyo, PR 00714

**RE: EVALUACIÓN DEL PLAN DE MONITORIA DE GASES EXPLOSIVOS DEL SRS MUNICIPAL DE ARROYO – FEBRERO 2019.**

Honorable Alcalde:

Hemos completado la evaluación de la última revisión del Plan de Monitoria de Gases Explosivos del SRS Municipal de Moca titulado "Work Plan & Quality Assurance Project Plan for Landfill Gas Monitoring Arroyo Municipal Sanitary Landfill" que fue radicado el 19 de febrero de 2019. Éste fue sometido en cumplimiento con los requerimientos establecidos en la Regla 547 de la Parte IV-B (Criterios de Operación) del Reglamento para el Manejo de los Desperdicios Sólidos No Peligrosos (RMDSNP) de la JCA.

Luego de evaluar el documento se encontró que el mismo **cumple** con todos los requisitos establecidos en la Regla 547 de la Parte IV-B (Criterios de Operación) del Capítulo 4 del RMDSNP. Por lo tanto, nuestra Oficina no tiene objeción alguna en que se implemente el Plan revisado y en que se realicen las actividades de muestreo según estipulado en el Plan.

Para cualquier pregunta o comentario puede comunicarse con la suscribiente a la extensión 3575.

Atentamente,

Frances M. Segarra Román, Jefe Interina

& Especialista Gerencia en Control y Certeza de Calidad

Oficina de Control y Certeza de Calidad

**C/c: Sra. María A. Coronado Baca, Gerente Interina, Área de Control de Contaminación de Terrenos  
Sr. Héctor Carballo, Secretario Municipal, Municipio de Arroyo  
Ing. Felipe Nazario Muñiz, P.E., Contratista del Municipio de Arroyo**





## **APÉNDICE NÚM. 6**

# **ESTUDIO DESCRIPTIVO DE FLORA Y FAUNA**

# ESTUDIO DESCRIPTIVO DE FLORA Y FAUNA



## EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE RELLENO SANITARIO DE ARROYO BARRIOS ANCONES Y YAUREL, ARROYO

Preparado para:



Preparado por:



Environmental Studies,  
Permitting and Consulting

OCTUBRE 2024

## TABLA DE CONTENIDO

---

Resumen Ejecutivo .....	1
Introducción .....	3
Descripción del Área de Estudio.....	5
Climatología.....	5
Topografía.....	6
Hidrografía.....	6
Descripción y Clasificación de Suelos.....	6
Metodología del Estudio .....	7
Visita de Reconocimiento .....	7
Consulta de los Mapas de Índice de Sensitividad Ambiental (ESI, por sus siglas en inglés) de la Administración Oceánica y Atmosférica Nacional (NOAA, por sus siglas en inglés).....	7
Información para la Planificación y Consulta (IPaC, por sus siglas en inglés) del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (USFWS, por sus siglas en inglés).....	7
Trabajo de Campo.....	7
Análisis de Datos .....	8
Resultados y Discusión .....	9
Asociaciones Ecológicas y Biodiversidad .....	10
Conclusiones .....	12
Referencias.....	13
APÉNDICES.....	15
APÉNDICE A: FIGURAS.....	16
Figura 1: Mapa de Localización (1:20,000).....	17
Figura 2: Foto Aérea (1:20,000) .....	18
Figura 3: Foto Aérea (1:2,000) .....	19
Figura 4: Mapa Hidrográfico .....	20
Figura 5: Mapa de Suelos .....	21
Figura 6: Mapa del Índice de Sensitividad Ambiental.....	22
Figura 7: Ampliación del Índice de Sensitividad Ambiental.....	23
Figura 8: Cobertura del Terreno según Helmer et. al. ....	24
APÉNDICE B: LISTADO DE FLORA Y FAUNA.....	25
APÉNDICE C: INFORMACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONSULTA.....	26
APÉNDICE D: NATIONAL LAND COVER DATABASE, land cover - PUERTO RICO .....	27
APÉNDICE E: DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA.....	28

## Resumen Ejecutivo

El Municipio de Arroyo propone la Expansión del Sistema de Relleno Sanitario de Arroyo (el Proyecto). El Proyecto se llevará a cabo en un área de aproximadamente 9.33 cuerdas (área de estudio o límite de estudio), las cuales ubican dentro de las facilidades existentes del Sistema de Relleno Sanitario de Arroyo. Las mismas están localizadas en la Carretera Estatal PR-755, intersección con la Calle Monte Verde en el Sector Buena Vista, entre los Barrio Ancones y Yaurel del Municipio de Arroyo (**Apéndice A, Figuras 1 y 2**).

Este documento constituye el Estudio Descriptivo de Flora y Fauna en el área propuesta para este Proyecto. El propósito de este estudio es:

- Evaluar y describir la flora y fauna general del lugar propuesto,
- Describir las asociaciones ecológicas existentes, y
- Determinar la presencia de elementos o especies críticas, amenazadas o en peligro de extinción.

El área de estudio se encuentra en su mayoría ocupada por especies herbáceas y áreas abiertas. Sin embargo, existen áreas cubiertas por bosque secundario siempreverde.

Las especies herbáceas más abundantes son la albahaca plateada (*Celosia argentea*), la yerba rosada (*Mellinis repens*), la lechera (*Euphorbia hyssopifolia*), la yerba egipcia (*Dactiloctenium aegyptium*), la kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*) y el bejuco de caro (*Cissus verticillata*). Las especies de árboles más comunes son el almácigo (*Bursera simaruba*), el cotorro (*Adelia ricinella*) y el corcho (*Guapira fragrans*). No se encontró ninguna especie de flora designada como elemento crítico, amenazada o en peligro de extinción. El total de especies de plantas fue de 111, divididas en 45 familias.

Por otro lado, las especies de fauna dominantes son la garza ganadera (*Bubulcus ibis*), la tórtola cardosantera (*Zenaida aurita*), el playero sabanero (*Charadrius vociferus*), la

reinita mariposera (*Setophaga adelaidae*), la rolita (*Columbina passerina*) y el lagartijo común (*Anolis cristatellus*). Se observaron o escucharon siete especies endémicas para Puerto Rico. Éstas son el pájaro carpintero de Puerto Rico (*Melanerpes portoricensis*), el come ñame de Puerto Rico (*Loxigilla portoricensis*), el San Pedrito (*Todus mexicanus*), el bien-te-veo de Puerto Rico (*Vireo latimeri*), el coquí churí (*Eleutherodactylus antillensis*), el coquí común (*Eleutherodactylus coqui*) y la araña peluda de Puerto Rico (*Cyrtoposis portoricae*). También se observó al águila pescadora (*Pandion haliaetus*), la cual es una especie migratoria. El total de especies de fauna fue de 41, divididas en 30 familias.

## Introducción

El Municipio de Arroyo propone la Expansión del Sistema de Relleno Sanitario de Arroyo (el Proyecto). El Proyecto se llevará a cabo en un área de aproximadamente 9.33 cuerdas (área de estudio o límite de estudio), las cuales ubican dentro de las facilidades existentes del Sistema de Relleno Sanitario de Arroyo. Las mismas están localizadas en la Carretera Estatal PR-755, intersección con la Calle Monte Verde en el Sector Buena Vista, entre los Barrio Ancones y Yaurel del Municipio de Arroyo (**Apéndice A, Figuras 1 y 2**).

El Municipio de Arroyo (MA) posee y opera el Sistema de Relleno Sanitario del Municipio de Arroyo (SRSMA) para la disposición de los Residuos Sólidos Municipales (RSM) que se generan tanto en Arroyo como en el Municipio de Patillas.

El Municipio de Arroyo (MA) propone la expansión de esta instalación sanitaria debido principalmente a que ésta, bajo las condiciones actuales, próximamente alcanzará su capacidad máxima para disposición final de residuos sólidos.

La expansión lateral propuesta del SRSMA se desarrollará en un sector al suroeste (ver **Figura 3, Apéndice A**) del área de disposición actual de los RSM. En una gran parte de este sector se ha venido llevando a cabo la extracción del material de relleno para cubrir las celdas de desperdicios que se desarrollan en la instalación y otros usos relacionados con la operación del SRSMA.

Este documento constituye el Estudio Descriptivo de Flora y Fauna en el área propuesta para este Proyecto. El propósito de este estudio es:

- Evaluar y describir la flora y fauna general del lugar propuesto,
- Describir las asociaciones ecológicas existentes, y
- Determinar la presencia de elementos o especies críticas, amenazadas o en peligro de extinción.

Este Estudio de Flora y Fauna se llevó a cabo de acuerdo con los procedimientos recomendados por el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA) y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (USFWS, por sus siglas en inglés), utilizando métodos de muestreo ajustados a las características y condiciones del área de estudio.

Este documento contiene las siguientes secciones:

- Descripción del área de Estudio,
- Metodología del Estudio,
- Resultados y Discusión,
- Conclusiones y Recomendaciones, y
- Apéndices

El trabajo de campo realizado para obtener los datos para este Estudio Descriptivo de Flora y Fauna se llevó a cabo los días 3, 11 y 22 del mes de octubre de 2024.

## Descripción del Área de Estudio

El área del Proyecto ubica en la Carretera Estatal PR-755, intersección con la Calle Monte Verde en el Sector Buena Vista, entre los Barrio Ancones y Yaurel del Municipio de Arroyo (**Apéndice A, Figuras 1, 2 y 3**). El mismo colinda al Norte, Este y Sur por áreas activas dentro del SRSMA y terrenos no desarrollados; y por el Oeste con terrenos no desarrollados.

La zona de vida en la que se encuentra el Proyecto propuesto se conoce como Bosque Húmedo Subtropical (Ewel y Whitmore, 1973). La zona de vida del bosque húmedo subtropical es la más extensa de todas las zonas existentes en Puerto Rico. El Bosque húmedo subtropical cubre aproximadamente 5,500 Km<sup>2</sup> o un 58% del total del área de la Isla. En esta zona de vida la precipitación promedio anual es de 1,100mm a 2,200mm y una temperatura promedio de 18 a 24°C.

La mayoría del Bosque Húmedo subtropical ha sido deforestado en un momento u otro. Esto se debe a que las condiciones climáticas que lo definen son buenas condiciones para una gran cantidad de cosechas. Con la excepción de los suelos derivados de serpentina o piedra caliza, gran parte del terreno en esta zona de vida se mantiene en algún tipo de uso deforestado. Las áreas que han mantenido la vegetación representativa de la zona son caracterizadas por árboles de hasta 20 metros de altura, con coronas redondeadas, como por ejemplo el árbol de Mangó (*Mangifera indica*). Muchos de las especies leñosas son deciduas durante la temporada seca y las epífitas son comunes, y a veces cubren completamente los troncos y las ramas.

## Climatología

De acuerdo con el “Monthly Station Normals of Temperature, Precipitation, and Heating and Cooling Degree Days, 2006 - 2020”, preparado por la Administración Oceánica y Atmosférica Nacional (NOAA, por sus siglas en inglés), la precipitación promedio anual en la región es aproximadamente 54.40 pulgadas (1,381.76 mm). La temperatura máxima



promedio es de 87.8°F (31.0°C). La temperatura mínima promedio es de 74.8°F (23.78°C). La temperatura promedio es de 81.3°F (27.39°C).

### **Topografía**

De acuerdo con el Cuadrángulo Topográfico de Patillas, la topografía del área del Proyecto ubica entre los 120.0 y 190.0 metros sobre el nivel promedio del mar (amsl, por sus siglas en inglés). La **Figura 1 (Apéndice A)** muestra el predio del Proyecto sobre el Cuadrángulo Topográfico de Patillas.

### **Hidrografía**

En el área del Proyecto no existen rasgos hidrográficos. El sistema hidrográfico más cercano es un cauce intermitente, el cual está ubicada a aproximadamente 194 metros al Este del área de estudio. Según el mapa hidrográfico (**Figura 4, Apéndice A**), este cauce nacía dentro del área de estudio. Este cauce descarga en la Quebrada Yaurel, la cual descarga al Mar Caribe.

### **Descripción y Clasificación de Suelos**

De acuerdo con el Catastro de Suelos del Área de Humacao, del Servicio de Conservación de Suelos (Boccheciamp, 1978), los suelos en el área de estudio se componen de terreno rocoso (Rs) y del suelo Descalabrado y Guayama, en pendientes de 20 a 60%, erosionado (DgF2). La **Figura 5 (Apéndice A)** muestra el mapa de suelos del área del Proyecto.

El terreno rocoso (Rs) se encuentra en las crestas de montañas. Es de permeabilidad moderadamente baja a alta.

El suelo Descalabrado y Guayama, en pendientes de 20 a 60%, erosionado (DgF2) se encuentra en las crestas, pendientes de montañas y pendientes de lomas. Es de buen drenaje y de permeabilidad moderadamente baja a moderadamente alta. El nivel freático se encuentra a más de 80 pulgadas de la superficie del suelo.

## **Metodología del Estudio**

La metodología incluyó recorrer el área de estudio, incluyendo las áreas abiertas y las áreas boscosas.

A continuación, se describe la metodología y procedimientos utilizados.

### **Visita de Reconocimiento**

El área del Proyecto se visitó preliminarmente para realizar un reconocimiento general sobre la ubicación, área que ocupa y límites del Proyecto; características y otros rasgos naturales. Esta visita fue muy importante para el diseño del plan de trabajo de campo.

### **Consulta de los Mapas de Índice de Sensitividad Ambiental (ESI, por sus siglas en inglés) de la Administración Oceánica y Atmosférica Nacional (NOAA, por sus siglas en inglés)**

El ESI es un estudio realizado por la NOAA en colaboración con otras organizaciones y agencias, entre las cuales están USF&WS y el DRNA. Este estudio muestra los records de observaciones de especies críticas, amenazadas o en peligro de extinción alrededor de toda la costa y en las cuencas de los ríos y quebradas principales de Puerto Rico.

### **Información para la Planificación y Consulta (IPaC, por sus siglas en inglés) del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (USFWS, por sus siglas en inglés)**

El IPaC es una fuente de información sobre especies listadas a nivel federal, especies migratorias, refugios de vida silvestre, humedales, etc.

### **Trabajo de Campo**

El trabajo de campo para este estudio se llevó a cabo los días 3, 11 y 22 de octubre de 2024. El área de estudio fue recorrida y se documentaron las especies de acuerdo con el área en donde se observaron. Se incluyeron las especies de flora y fauna adyacentes al área del Proyecto.

La identificación de aves se realizó en un censo matutino los días 3 y 22 de octubre de 2024, utilizando los métodos de transectos y “point count”, en donde se anotaron las especies de aves observadas y escuchadas, según sugiere Wunderle (1994). Estos métodos son muy efectivos para documentar la presencia de especies de aves.

Para la identificación de anfibios y reptiles, se utilizó el método descrito por Rivero (1998), buscando en áreas húmedas, árboles, debajo de troncos y ramas caídas, rocas, axilas de los árboles, hojarasca, basura, chatarra, etc. Estas técnicas fueron utilizadas tanto de día, como de noche. Para apoyar la identificación de especies de anfibios se utilizó una grabadora digital de sonido. Los sonidos grabados fueron transferidos a una computadora, en donde se compararon con los sonidos grabados en el Disco Compacto incluido en Los Anfibios y Reptiles de Puerto Rico (Rivero, 1998).

### **Análisis de Datos**

La identificación de las especies se realizó en el campo, salvo en aquellos casos en que éstas no pudieran ser identificadas al momento. En estos casos, estas especies fueron identificadas utilizando especímenes colectados en el campo o con la ayuda de la documentación fotográfica realizada. Las referencias para la identificación de las especies se encuentran en la sección de **Referencias** de este documento.

## Resultados y Discusión

El área de estudio se encuentra en su mayoría ocupada por especies herbáceas y áreas abiertas con menor elevación topográfica y en donde se ha llevado a cabo la extracción del material de relleno para cubrir las celdas de desperdicios. Sin embargo, existen áreas cubiertas por bosque secundario siempreverde, las cuales no han sido impactadas por las actividades de las facilidades.

Las especies herbáceas más abundantes son la albahaca plateada (*Celosia argentea*), la yerba rosada (*Mellinis repens*), la lechera (*Euphorbia hyssopifolia*), la yerba egipcia (*Dactiloctenium aegyptium*), la kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*) y el bejuco de caro (*Cissus verticillata*). Las especies de árboles más comunes son el almácigo (*Bursera simaruba*), el cotorro (*Adelia ricinella*) y el corcho (*Guapira fragrans*).

Las familias más representadas son la Euphorbiaceae (10 especies), la Fabaceae-Faboideae (9 especies), Poaceae (9 especies) y Malvaceae (7 especies). El 68% de las especies de flora observadas son nativas. La frecuencia por estrato es: herbáceas 43%, árboles 32%, bejucos 15% y arbustos 10%. El total de especies de plantas fue de 111, divididas en 45 familias. No se encontró ninguna especie de flora designada como elemento crítico, amenazada o en peligro de extinción.

Por otro lado, las especies de fauna dominantes son la garza ganadera (*Bubulcus ibis*), la tórtola cardosantera (*Zenaida aurita*), el playero sabanero (*Charadrius vociferus*), la reinita mariposera (*Setophaga adelaidae*), la rolita (*Columbina passerina*) y el lagartijo común (*Anolis cristatellus*).

Se observaron o escucharon siete especies endémicas para Puerto Rico. Éstas son el pájaro carpintero de Puerto Rico (*Melanerpes portoricensis*), el come ñame de Puerto Rico (*Loxigilla portoricensis*), el San Pedrito (*Todus mexicanus*), el bien-te-veo de Puerto Rico (*Vireo latimeri*), el coquí churí (*Eleutherodactylus antillensis*), el coquí común (*Eleutherodactylus coqui*) y la araña peluda de Puerto Rico (*Cyrtopolis portoricae*).

También se observó al águila pescadora (*Pandion haliaetus*), la cual es una especie migratoria. El total de especies de fauna fue de 41, divididas en 30 familias. No se observó ninguna especie de fauna designada como elemento crítico, amenazada ni en peligro de extinción.

El **Apéndice B** incluye el listado de flora y fauna observada en el área de estudio.

Según los Mapas del Índice de Sensitividad Ambiental (ESI, por sus siglas en inglés) de la Administración Oceánica y Atmosférica Nacional (NOAA, por sus siglas en inglés) el predio del Proyecto no presenta ninguna especie crítica, amenazada o en peligro de extinción. Las **Figuras 6 y 7 (Apéndice A)** muestran el ESI.

Para el área de estudio, la Información para la Planificación y Consulta (IPaC, por sus siglas en inglés) del USFWS, incluye a la boa de Puerto Rico (*Chilabothrus inornatus*, en peligro de extinción a nivel estatal y federal) como especie que pudiera encontrarse en dicha área (ver **Apéndice C**). Esta especie no fue observada durante el trabajo de campo.

### **Asociaciones Ecológicas y Biodiversidad**

Según mencionado, el área de estudio consiste mayormente en áreas abiertas y algunas porciones de bosque. En las áreas abiertas se han realizado actividades relacionadas a la operación del SRSMA, por lo que dominan las especies herbáceas. Las porciones boscosas se encuentran en las partes de mayor elevación del área de estudio, las cuales están asociadas a un bosque secundario siempreverde que se extiende hacia el Oeste.

Según Helmer et al., la mayoría del área de estudio está clasificado como pastizal; sin embargo, incluye unas áreas menores clasificadas como bosque húmedo estacional siempreverde de tierras bajas y bosque/matorral húmedo semi-decídúo de tierras bajas. La **Figura 8 (Apéndice A)** muestra la cobertura del terreno, según Helmer et al.

De acuerdo con el “National Land Cover Database, land cover - Puerto Rico” la mayoría del área del Proyecto se encuentra clasificado como bosque siempreverde, pero incluye

áreas de pastizal y de desarrollo a baja intensidad. El **Apéndice D** incluye el “National Land Cover Database, land cover - Puerto Rico” para el área de estudio.

## Conclusiones

Las especies de flora encontradas en este estudio son frecuentes y representan especies comunes. Las áreas abiertas están dominadas por especies herbáceas colonizadoras de rápido crecimiento, cuyo desarrollo está sujeto a las actividades que se llevan a cabo en las facilidades. Las porciones boscosas no han estado sujetas a las operaciones de las facilidades; sin embargo, las especies existentes son comunes en bosques secundarios de la región.

En cuanto a la fauna, se encontraron siete especies endémicas para Puerto Rico (pájaro carpintero de Puerto Rico, el come ñame de Puerto Rico, el San Pedrito, el bien-te-veo de Puerto Rico, el coquí churí, el coquí común y la araña peluda de Puerto Rico). La mayoría de estas especies (especialmente las aves) fueron observadas en las áreas boscosas. Estas especies también son comunes, al igual que el resto de las especies de fauna observadas. El águila pescadora es una especie migratoria que se observa frecuentemente durante el invierno en Puerto Rico; sin embargo, se ha observado desde los meses de julio y agosto.

La boa de Puerto Rico no fue observada durante el trabajo de campo. Sin embargo, esta especie pudiera encontrarse en el área de estudio, ya que la distribución de ésta es sumamente amplia y se encuentra en todo Puerto Rico.

Se recomienda implementar un protocolo para la protección de la boa de Puerto Rico, en caso de que la misma sea avistada durante la fase de construcción del Proyecto.

El Proyecto no debe tener ningún impacto sobre especies sensitivas, críticas, amenazadas o en peligro de extinción, según propuesto, si se siguen las medidas aquí recomendadas.

## Referencias

- Acevedo-Rodríguez, P., y R. O. Woodbury. 1985. *Los Bejucos de Puerto Rico*. Volumen 1. General Technical Report SO-85. United States Department of Agriculture, New Orleans, LA. 331 pp.
- Birdlife International. 2000. *Aves Amenazadas de las Américas (Libro Rojo de CIPA/IUCN)*. Oficina Regional para las Américas, Quito, Ecuador.
- Boccheciamp, R. A. 1978. *Soil Survey of Humacao Area of Puerto Rico*. USDA, Soil Conservation Service. 141 pp plus maps.
- Domínguez Cristóbal, Carlos, 2000. *Panorama Histórico Forestal de Puerto Rico*. Editorial de la Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, P.R. 680pp.
- Ewel, J. J. y J. L. Whitmore. 1973. *The Ecological Life Zones of Puerto Rico and the United States Virgin Islands*. Research Paper ITF-18. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, P.R.
- Hilton-Taylor, C. (compiler) 2000. *2000 IUCN Red List of Threatened Species*. IUCN, Gland, Switzerland Cambridge, UK.xviii. 61pp.
- Liogier, H. H. y L. F. Martorell. 1999. *Flora of Puerto Rico and Adjacent Islands: a Systematic Synopsis*. 2<sup>nd</sup> Ed. Editorial Universitaria de Puerto Rico, Río Piedras, P.R. 382 pp.
- Liogier, H. A. 1985. *Descriptive Flora of Puerto Rico and Adjacent Islands*. Vol. I. Editorial Universitaria de Puerto Rico, Río Piedras, P.R. 357 pp.
- Liogier, H. A. 1988. *Descriptive Flora of Puerto Rico and Adjacent Islands*. Vol. II. Editorial Universitaria de Puerto Rico, Río Piedras, P.R. 481 pp.
- Liogier, H. A. 1991. *Descriptive Flora of Puerto Rico and Adjacent Islands*. Vol. III. Editorial Universitaria de Puerto Rico, Río Piedras, P.R. 461 pp.
- Liogier, H. A. 1995. *Descriptive Flora of Puerto Rico and Adjacent Islands*. Vol. IV. Editorial Universitaria de Puerto Rico, Río Piedras, P.R. 617 pp.
- Liogier, H. A. 1997. *Descriptive Flora of Puerto Rico and Adjacent Islands*. Vol. VI. Editorial Universitaria de Puerto Rico, Río Piedras, P.R. 436 pp.
- Little, E. L. y F. H. Wadsworth. 1999. *Common Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands*. A private reprinting by the authors from Forest Service U.



- S. Department of Agriculture Handbook No. 249. Río Piedras, P. R. 556 pp.
- Little, E. L. y R. O. Woodbury. 1974. *Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands*. Second Volume. U. S. Department of Agriculture Handbook No. 449-S. Río Piedras, P. R. 1024 pp.
- Más, E. y O. García-Molinari. 1990. *Guía Ilustrada de Yervas Comunes de Puerto Rico*. Servicio de Extensión Agrícola de la Universidad de Puerto Rico. McGraw Hill Publishing Company, New York, NY. 103 pp.
- Oficina de Patrimonio Natural de Puerto Rico. 2000. *Lista de Elementos Críticos de la División de Patrimonio Natural*. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. San Juan, P.R.
- Opler, P. A. y V. Malikul. 1992. *Eastern Butterflies*. Peterson Field Guides. Houghton Mifflin Company, New York, NY. 396 pp.
- Raffaele, H. A., J. Wiley, O. Garrido, A. Keith y J. Raffaele. 1998. *A guide to the birds of the West Indies*. Princetown University Press, Princetown, New Jersey. 411 pp.
- Rivero, J. 1998. *Los Anfibios y Reptiles de Puerto Rico*. Segunda Edición Revisada. Editorial Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, P.R. 510 pp.
- U.S. Fish and Wildlife Service. 2000. *Endangered Species List (Puerto Rico/Virgin Islands)*. Division of Endangered Species.
- U.S. Fish and Wildlife Service. 2011. *Caribbean Endangered Species Map*. Ecological Services in the Caribbean.
- Wunderle, J. M. 1994. *Census Methods for Caribbean Land Birds*. General Technical Report SO-100. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, LA.

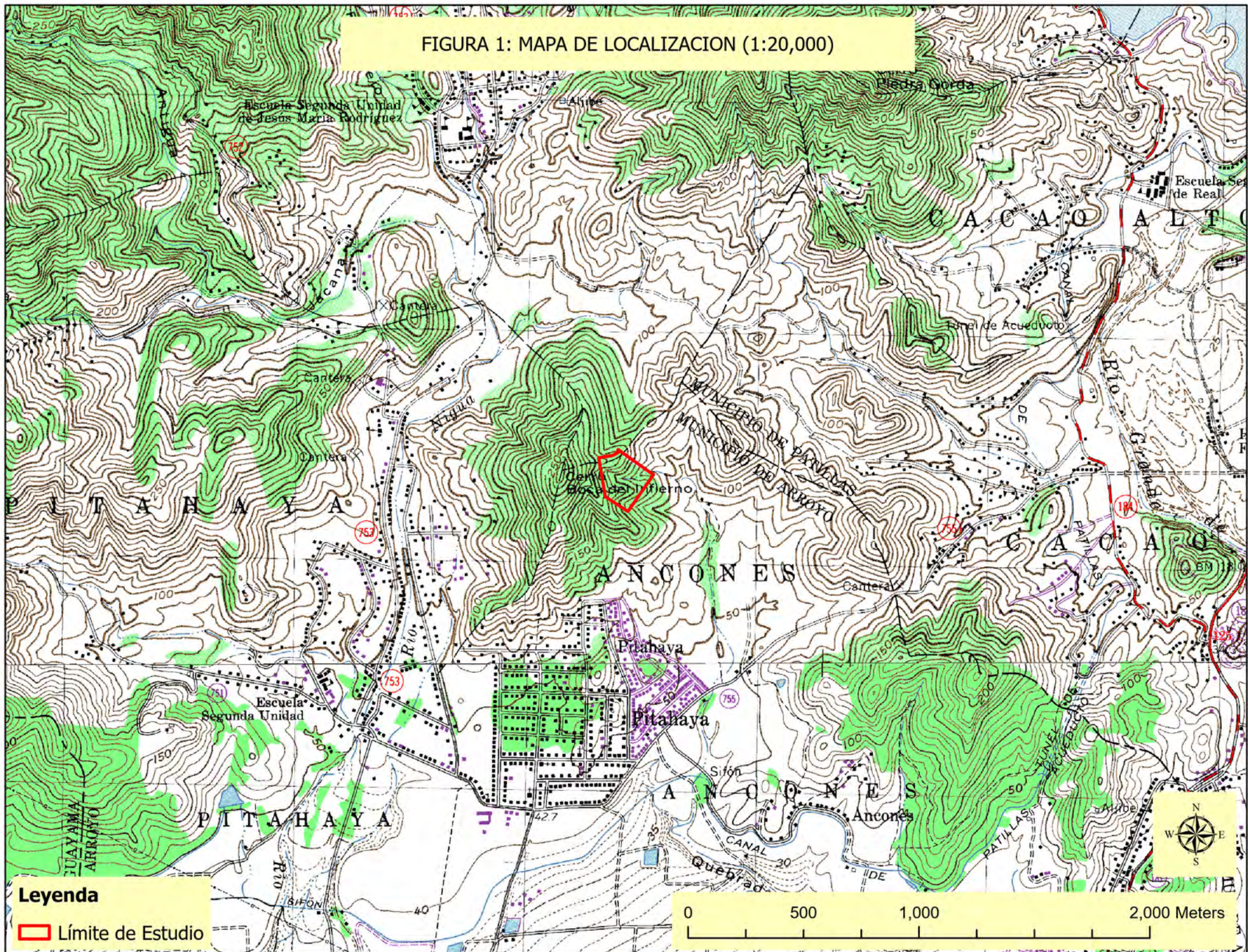
## **APÉNDICES**

## **APÉNDICE A: FIGURAS**

**Figura 1: Mapa de Localización (1:20,000)**



FIGURA 1: MAPA DE LOCALIZACION (1:20,000)

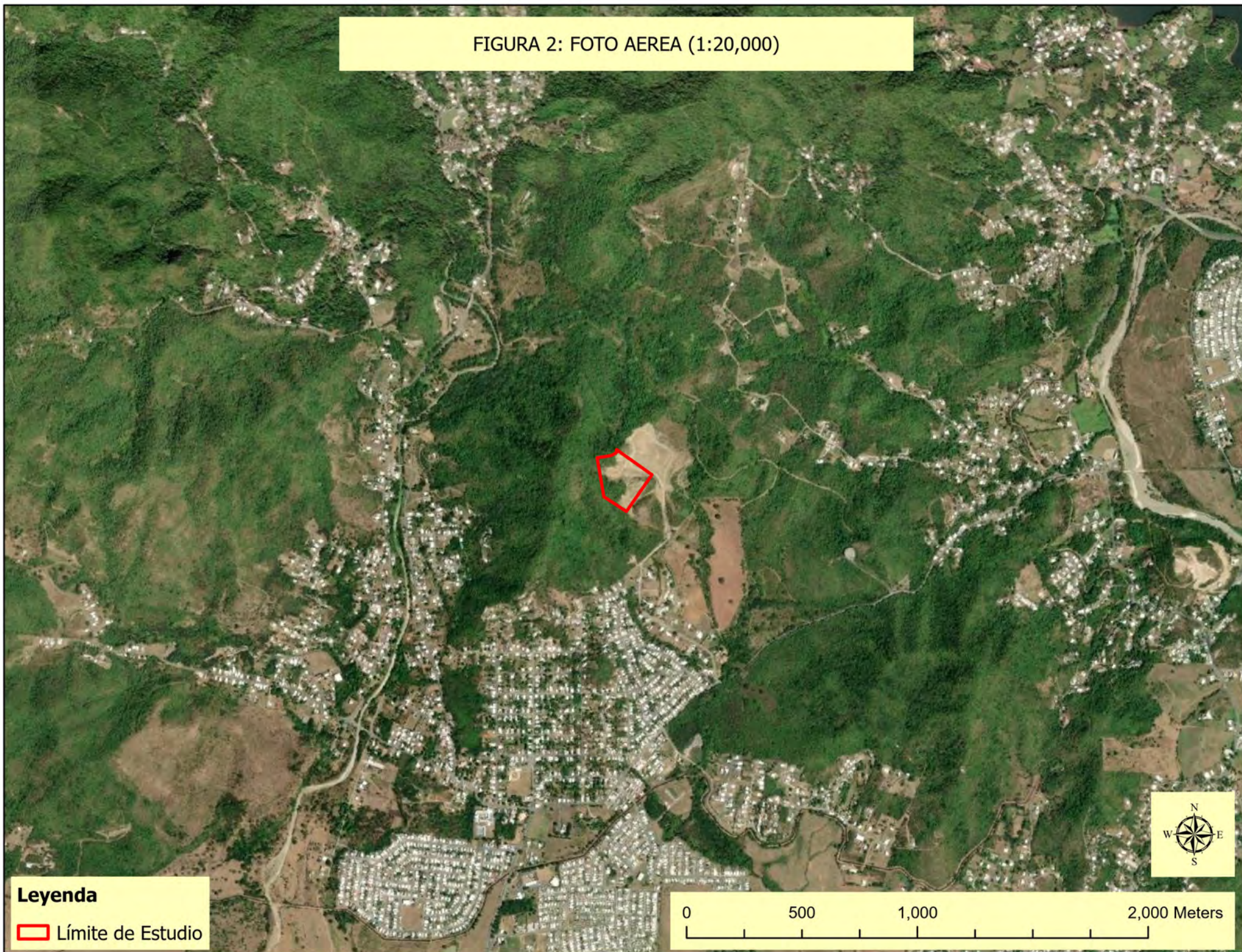




**Figura 2: Foto Aérea (1:20,000)**



FIGURA 2: FOTO AEREA (1:20,000)





**Figura 3: Foto Aérea (1:2,000)**



FIGURA 3: FOTO AEREA (1:2,000)



### **Figura 4: Mapa Hidrográfico**



FIGURA 4: MAPA HIDROGRAFICO



### **Figura 5: Mapa de Suelos**



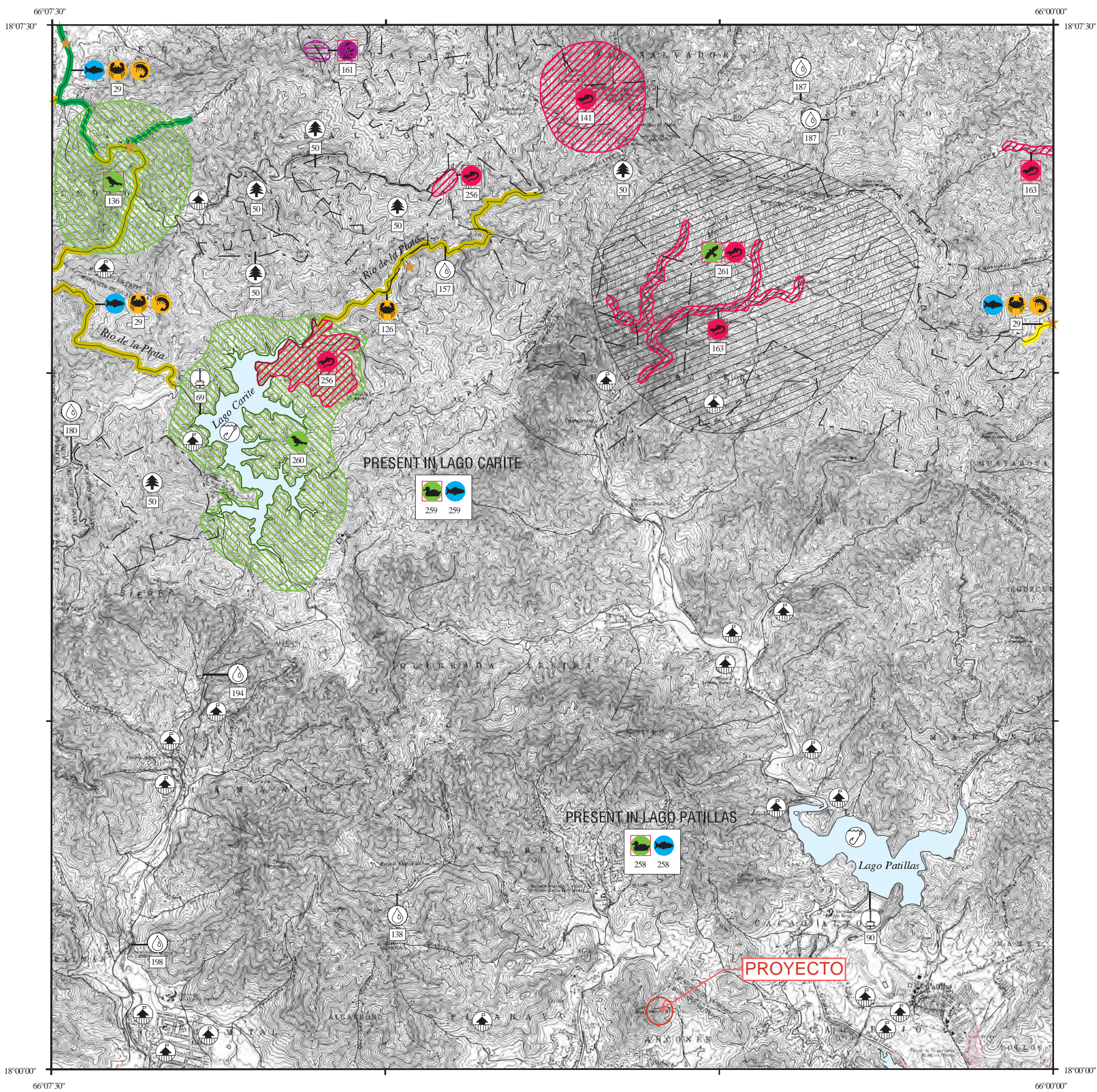
FIGURA 5: MAPA DE SUELOS



## **Figura 6: Mapa del Índice de Sensitividad Ambiental**



# ENVIRONMENTAL SENSITIVITY INDEX MAP

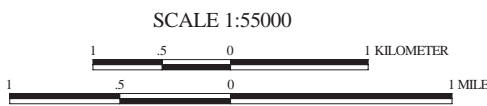
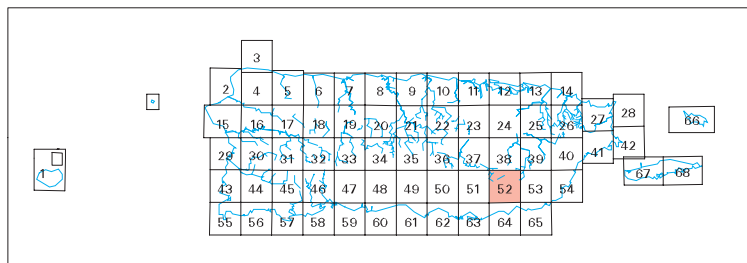


## SHORELINE HABITATS (ESI)

- 1A EXPOSED ROCKY CLIFFS
- 1B EXPOSED, SOLID MAN-MADE STRUCTURES
- 2A EXPOSED WAVE-CUT PLATFORMS IN BEDROCK
- 2B SCARPS AND STEEP SLOPES IN MUDDY SEDIMENTS
- 3A FINE-TO MEDIUM-GRAINED SAND BEACHES
- 4 COARSE-GRAINED SAND BEACHES
- 5 MIXED SAND AND GRAVEL BEACHES
- 6A GRAVEL BEACHES
- 6B RIPRAP
- 7 EXPOSED TIDAL FLATS
- 8A SHELTERED ROCKY SHORES
- 8B SHELTERED, SOLID MAN-MADE STRUCTURES
- 9A SHELTERED TIDAL FLATS
- 9B SHELTERED VEGETATED LOW BANKS
- 10D MANGROVES
- SALT- AND BRACKISH-WATER MARSHES
- FRESHWATER MARSHES
- FRESHWATER SWAMPS
- FRESHWATER SCRUB/SHRUB

## STREAM REACHES (RSI)

- 1 QUIET POOL; LOW-SENSITIVE BANKS
- 2 STRAIGHT CHANNEL WITH CURRENTS; LOW-SENSITIVE BANKS (MUD DOMINANT)
- 3 MEANDERING CHANNEL; SAND POINT BARS
- 4 MEANDERING CHANNEL; VEGETATED POINT BARS
- 5 RAPIDS OVER BEDROCK
- 6 MEANDERING CHANNEL; SAND AND GRAVEL POINT BARS
- 7 SPLIT CHANNEL WITH COARSE GRAVEL; SOME RAPIDS
- 8 SMALL FALLS; BOULDERS IN CHANNEL
- 9 LARGE FALLS; BOULDERS IN CHANNEL
- 10 CHANNELS WITH ASSOCIATED VULNERABLE WETLANDS
- KARST



Not For Navigation  
Published: May 2000  
Published at Seattle, Washington  
National Oceanic and Atmospheric Administration  
National Ocean Service  
Office of Response and Restoration  
Hazardous Materials Response Division



PUERTO RICO - ESIMAP 52

BIOLOGICAL RESOURCES:

BIRD:

RAR#	Species	S/F	T/E	Conc.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Nesting
136	Puerto Rican plain pigeon	S/F	E/E		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	FEB-JUN
258	Caribbean coot	S	T	HIGH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
	Common moorhen			HIGH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
	Pied-billed grebe			HIGH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
	Purple gallinule			LOW	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
	Ruddy duck	S	T	HIGH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
259	Caribbean coot	S	T	LOW	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
	Common moorhen			LOW	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
	Least grebe	S	T		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	APR-MAY SEP-NOV
	Pied-billed grebe			LOW	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
	Purple gallinule			LOW	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
	Ruddy duck	S	T	LOW	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
260	Scaly-naped pigeon				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	MAR-JUN
	Zenaida dove				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	JAN-DEC
261	Puerto Rican broad-winged hawk	S/F	E/E		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	JAN-JUN
	Puerto Rican sharp-shinned hawk	S/F	E/E		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	MAR-JUN

FISH:

RAR#	Species	S/F	T/E	Conc.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Spawning	Eggs	Larvae	Juveniles	Adults
29	Native stream fish				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	APR-MAY AUG-NOV	APR-MAY AUG-NOV	APR-MAY AUG-NOV	JAN-DEC	JAN-DEC
258	Channel catfish				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	FEB-AUG	FEB-AUG	FEB-AUG	JAN-DEC	JAN-DEC
	Largemouth bass				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	FEB-AUG	FEB-AUG	FEB-AUG	JAN-DEC	JAN-DEC
	Peacock bass				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	APR-NOV	APR-NOV	APR-NOV	JAN-DEC	JAN-DEC
	Redear sunfish				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	FEB-AUG	FEB-AUG	FEB-AUG	JAN-DEC	JAN-DEC
	Tilapia				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	DEC-JUL	DEC-JUL	DEC-JUL	JAN-DEC	JAN-DEC
259	Channel catfish				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	FEB-AUG	FEB-AUG	FEB-AUG	JAN-DEC	JAN-DEC
	Largemouth bass				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	FEB-AUG	FEB-AUG	FEB-AUG	JAN-DEC	JAN-DEC
	Peacock bass				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	APR-NOV	APR-NOV	APR-NOV	JAN-DEC	JAN-DEC
	Redear sunfish				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	FEB-AUG	FEB-AUG	FEB-AUG	JAN-DEC	JAN-DEC
	Tilapia				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	DEC-JUL	DEC-JUL	DEC-JUL	JAN-DEC	JAN-DEC
	White catfish				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	FEB-AUG	FEB-AUG	FEB-AUG	JAN-DEC	JAN-DEC

PLANT:

RAR#	Species	S/F	T/E	Conc.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
161	Eugenia haematocarpa	S/F	E/E		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

INVERTEBRATE:

RAR#	Species	S/F	T/E	Conc.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Spawning	Eggs	Larvae	Juveniles	Adults
29	Freshwater crab				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	APR-MAY AUG-NOV	APR-MAY AUG-NOV	-	JAN-DEC	JAN-DEC
	Native stream shrimp				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	APR-MAY AUG-NOV	APR-MAY AUG-NOV	APR-MAY AUG-NOV	JAN-DEC	JAN-DEC
126	Freshwater crab				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	APR-MAY AUG-NOV	APR-MAY AUG-NOV	-	JAN-DEC	JAN-DEC

REPTILE:

RAR#	Species	S/F	T/E	Conc.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Nesting	Hatching	Internesting	Juveniles	Adults
141	Mottled coqui	S	T		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	JAN-DEC	JAN-DEC
163	Web-footed coqui	S	T		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	JAN-DEC	JAN-DEC
256	Golden coqui	S/F	T/T		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	JAN-DEC	JAN-DEC
261	Mottled coqui	S	T		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	JAN-DEC	JAN-DEC

HUMAN USE RESOURCES:

HUN#	Name	Owner/Manager	Contact	Phone
------	------	---------------	---------	-------

FOREST:

50	BOSQUE CARITE	DRNA	DIVISION DE MANEJO BOSQUES ESTATALES	787/721-5495
----	---------------	------	---	--------------

LOCK AND DAM:

69	CARITE DAM	PREPA	ING. PEDRO SANTIAGO	787/853-2570
90	PATILLAS DAM	ESTADO LIBRE ASSICIADO	ING. LUIS SUAREZ	787/864-0300

WATER INTAKE:

HUN#	Name	Owner/Manager	Location	Phone
138	ANTIGUA CHLORINATION PLANT	PRASA		
157	CARITE CHLORINATION PLANT	PRASA		
180	CULEBRAS PACKAGE PLANT	PRASA		
187	ESPINO CHLORINATION PLANT	PRASA		
194	GUAMANI PACKAGE PLANT	PRASA		
198	GUAYAMA FILTER PLANT	PRASA		

Biological information shown on the maps represents known concentration areas or occurrences, but does not necessarily represent the full distribution or range of each species. This is particularly important to recognize when considering potential impacts to protected species.



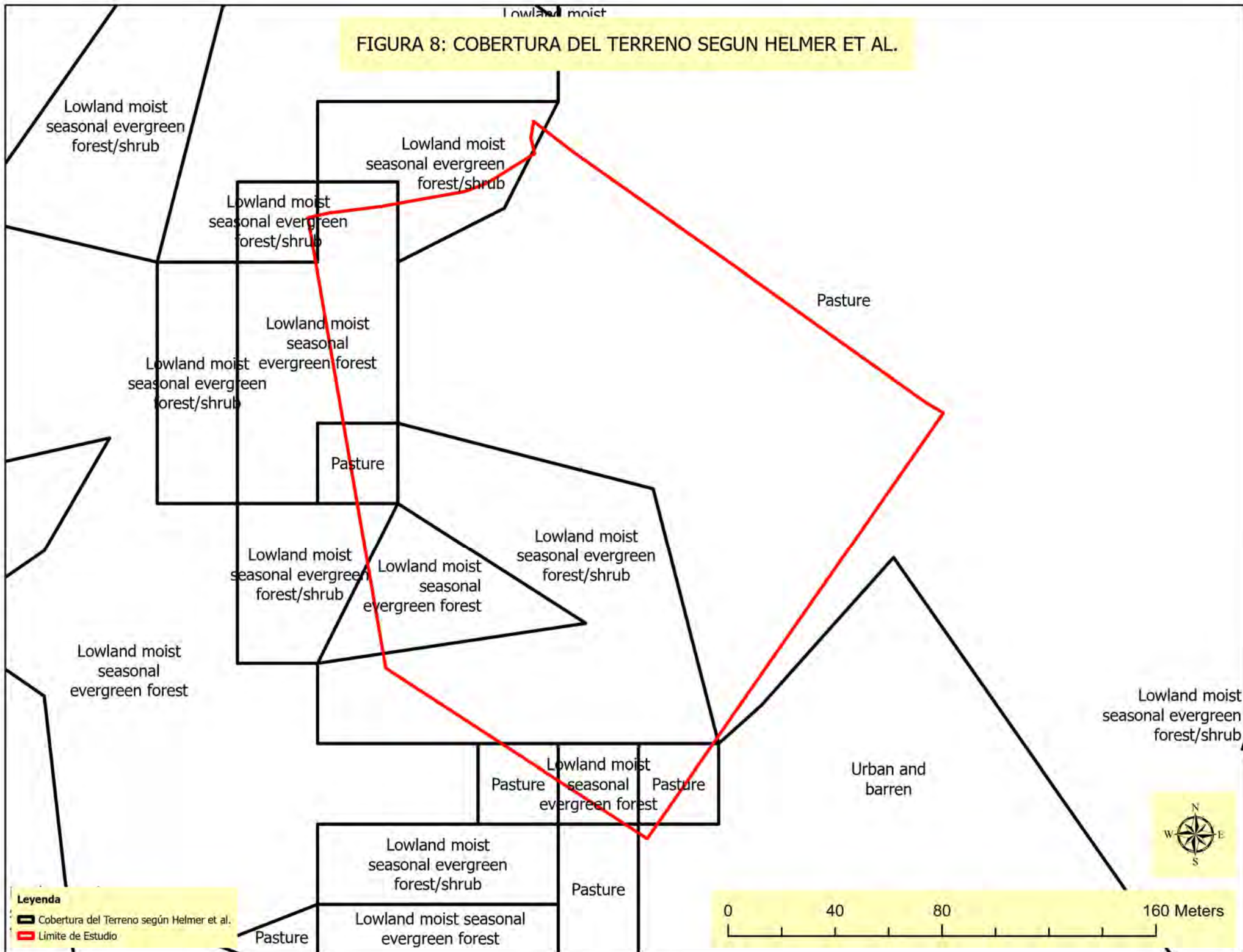
### **Figura 7: Ampliación del Índice de Sensitividad Ambiental**



**Figura 8: Cobertura del Terreno según Helmer et. al.**



FIGURA 8: COBERTURA DEL TERRENO SEGUN HELMER ET AL.



## **APÉNDICE B: LISTADO DE FLORA Y FAUNA**

Flora Proyecto de Expansión del Sistema de Relleno Sanitario de Arroyo			
Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Status
Fabaceae-Faboideae	<i>Abrus precatorius</i> L.	Peronía	I
Arecaceae	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd, ex Mart.	Palma de corozo	N
Euphorbiaceae	<i>Adelia ricinella</i> L.	Cotorro	N
Fabaceae-Mimosidae	<i>Albizia procera</i> (Roxb.) Benth.	Albicia	I
Amaranthaceae	<i>Amaranthus dubius</i> Mart. Ex Thel.	Blero blanco	I
Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Blero espinoso	N
Amaranthaceae	<i>Amaranthus tricolor</i> L.	Amaranto de hortaliza	I
Asteraceae	<i>Ambrosia peruviana</i> Willd.	Artemisa	I
Fabaceae-Faboideae	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC.	Moca	N
Cleomaceae	<i>Arivela viscosa</i> (L.) Raf.	D	I
Euphorbiaceae	<i>Astraea lobata</i> (L.) Klotzsch	Crotón lobulado	N
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia coccinea</i> Mill.	Mata pavo	N
Poaceae	<i>Bothriochloa pertusa</i>	Yerba huracán	I
Boraginaceae	<i>Boussieria succulenta</i> Jacq.	Palo de vaca	N
Bromeliaceae	<i>Bromelia pinguin</i> L.	Maya	N
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Almácigo	N
Facaceae-Caesalpinioidea	<i>Caesalpinia decapetala</i> (Roth) Alston in Trimen	Zarza de cercas	I
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	N
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Caracolillo	N
Salicaceae	<i>Casearia guianensis</i> (Aublet) Urban	Cafeillo	N
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Cafeillo cimarrón	N
Amaranthaceae	<i>Celosia argentea</i> L. var. <i>argentea</i>	Albahaca plateada	N
Fabaceae-Faboideae	<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	Flor de conchitas	N
Poaceae	<i>Chloris barbata</i> Sw.	Horquetilla morada	N
Asteraceae	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M. King & H. Rob.	Cariaquillo Santa María	N
Vitaceae	<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & Jarvis	Bejuco de caro	N
Verbenaceae	<i>Citharexylum spinosum</i> L.	Péndula	N
Polygonaceae	<i>Coccoloba diversifolia</i> Jacq.	Cucubano	N
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i> L.	Cohitre azul	N
Asteraceae	<i>Conyza canadensis</i> (L) Cronquist	Yerba de mil hojas	I
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Capá prieto	N
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita moschata</i> Duchesne	Calabaza	N
Sapindaceae	<i>Cupania americana</i> L.	Guara	N

Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Yerba de Bermuda	I
Capparaceae	<i>Cynophalla flexuosa</i> (L.) J. Presl in Berchtold & J. Presl	Burro	N
Cyperaceae	<i>Cyperus compressus</i> L.	D	N
Cyperaceae	<i>Cyperus iria</i> L.	D	I
Cyperaceae	<i>Cyperus ochraceus</i> Vahl	D	N
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Coquí	N
Poaceae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Yerba egipcia	I
Facaceae-Caesalpinioidea	<i>Delonix regia</i> (Bojer) Raf.	Flamboyán	I
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planchon	Muñeca	N
Poaceae	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler	Pendejuelo	N
Bignoniaceae	<i>Dolichandra unguis-cati</i> (L.) Miers	Uña de gato	N
Poaceae	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Arrocillo	N
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum brevipes</i> DC.	Jibá	N
Myrtaceae	<i>Eugenia monticola</i> (Sw.) DC.	Birijí	N
Myrtaceae	Aff. <i>Eugenia domingensis</i> O. Berg	Guasábara	N
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Leche vana	N
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hypericifolia</i> L.	Yerba niña	N
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia hyssopifolia</i> L.	Lechera	N
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia prostrata</i> Aiton	Lechecillo	N
Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i> L.	Algodón	N
Nyctaginaceae	<i>Guapira fragrans</i> (Dum. Cours.) Little	Corcho	N
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guácima	N
Rubiaceae	<i>Guettarda scabra</i> (L.) Vent.	Cucubano	N
Facaceae-Caesalpinioidea	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Algarrobo	N
Fabaceae-Faboideae	<i>Indigofera spicata</i> Forssk.	D	I
Convolvulaceae	<i>Ipomoea alba</i> L.	Bejuco de puerco	I
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	D	N
Oleaceae	<i>Jasminum fluminense</i> Vell.	Jazmín de canario	I
Euphorbiaceae	<i>Jatropha gossypifolia</i> L.	Higuereta cimarrona	N
Cyperaceae	<i>Kyllinga pumila</i> Michx.	D	N
Fabaceae-Mimosidae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) DeWitt	Tamarindillo	I
Fabaceae-Faboideae	<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.) Kunth ex. DC	Genogeno	N
Fabaceae-Faboideae	<i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb.	Habichuela parada	I
Malvaceae	<i>Malachra alceifolia</i> Jacq.	Malva de caballo	N
Poaceae	<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) R. D. Webster	Yerba de Guinea	I
Poaceae	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Yerba rosada	I

Malvaceae	<i>Melochia pyramidata</i> L.	Bretónica piramidal	N
Convolvulaceae	<i>Merremia quinquefolia</i> (L.) Hallier f.	Batatilla blanca	I
Convolvulaceae	<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier f.	Aguinaldo amarillo	N
Asteraceae	<i>Mikania micrantha</i> Kunth in Humboldt	Guaco falso	N
Fabaceae-Mimosidae	<i>Mimosa pellita</i> HBK	D	N
Fabaceae-Mimosidae	<i>Mimosa pudica</i> L.	Moriviví	N
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i> L.	Cundeamor	I
Musaceae	<i>Musa xparadisica</i> L.	Guineo	I
Orchidaceae	<i>Oeceoclades maculata</i> (Lindl.) Lindl.	D	I
Lamiaceae	<i>Petitia domingensis</i> Jacq.	Capá amarillo	N
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus niruri</i> L.	Quinino del pobre	N
Picramniaceae	<i>Picramnia pentandra</i> Sw.	Guarema	N
Fabaceae-Mimosidae	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Guamá americano	I
Pteridaceae	<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link var. <i>calomelanos</i>	Helechito blanco	N
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Verdolaga	I
Rubiaceae	<i>Psychotria berteriana</i> DC.	Cachimbo común	N
Fabaceae-Faboideae	<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth.	Kudzu tropical	I
Rubiaceae	<i>Randia aculeata</i> L.	Tintillo	N
Apocynaceae	<i>Rauvolfia nitida</i> Jacq.	Cachimbo	N
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Higuereta	I
Fabaceae-Caesalpinioideae	<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S. Irwin & Barneby	Casia de Siam	I
Sapindaceae	<i>Serjania diversifolia</i> (Jacq.) Radlk.	D	N
Sapindaceae	<i>Serjania polyphylla</i> (L.) Radlk.	Bejuco de canastas	N
Fabaceae-Faboideae	<i>Sesbania sericea</i> (Willd.) Link	Papagayo	I
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Escoba colorada	N
Malvaceae	<i>Sida spinosa</i> L.	Escoba espinosa	N
Solanaceae	<i>Solanum torvum</i> Sw.	Berenjena cimarrona	I
Bignoniaceae	<i>Spathodea campanulata</i> Beauv.	Tulipán africano	I
Loganiaceae	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	Lombricera	I
Poaceae	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	Cerrillo	N
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl	Bretónica	I
Malpighiaceae	<i>Stigmaphyllon emarginatum</i> (Cav.) A. Juss.	Bejuco de San Juan	N
Combretaceae	<i>Terminalia buceras</i> (L.) C. Wright	Ucar	N
Boraginaceae	<i>Tournefortia hirsutissima</i> L.	Nigua	N
Euphorbiaceae	<i>Tragia volubilis</i> L.	Pringamosa	N
Cannabaceae	<i>Trema micranthum</i> (L.) Blume	Guacimilla	N



Meliaceae	<i>Trichilia pallida</i> Sw.	Caracolillo	N
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i> L.	Pancha	I
Malvaceae	<i>Urena lobata</i> L.	Cadillo	N
Fabaceae-Faboideae	<i>Vigna adenantha</i> (G. Mey.) Maréchal	Habichuela cimarrona	N
Rutaceae	<i>Zanthoxylum martinicense</i> (Lam.) DC.	Cenizo	N
Rutaceae	<i>Zanthoxylum monophyllum</i> (Lam.) P. Wilson	Espino blanco	N
Leyenda:			
D: Se desconoce nombre común			
I: Introducido			
N: Nativo			

Fauna Proyecto de Expansión del Sistema de Relleno Sanitario de Arroyo		
Nombre Científico	Nombre Común	Status
<b>VERTEBRADOS</b>		
<b><u>Aves</u></b>		
<b>Accipitridae</b>		
<i>Buteo jamaicensis</i>	Guaraguao colirrojo	R
<b>Ardeidae</b>		
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza ganadera	R
<b>Cathartidae</b>		
<i>Cathartes aura</i>	Aura tiñosa	R
<b>Charadriidae</b>		
<i>Charadrius vociferus</i>	Playero sabanero	R
<b>Columbidae</b>		
<i>Columbina passerina</i>	Rolita	R
<i>Patagioenas squamosa</i>	Paloma turca	R
<i>Streptopelia roseogrisea</i>	Paloma collarina	IE
<i>Zenaida asiatica</i>	Tórtola aliblanca	R
<i>Zenaida aurita</i>	Tórtola cardosanterá	R
<b>Cuculidae</b>		
<i>Crotophaga ani</i>	Judío	R
<b>Hirundinidae</b>		
<i>Petrochelidon fulva</i>	Golondrina de cuevas	R
<b>Icteridae</b>		
<i>Molothrus bonariensis</i>	Tordo lustroso	IE
<i>Quiscalus niger</i>	Chango	R
<b>Mimidae</b>		
<i>Mimus polyglottos</i>	Ruisenor	R
<b>Pandionidae</b>		
<i>Pandion haliaetus</i>	Aguila pescadora	M
<b>Parullidae</b>		
<i>Setophaga adelaidae</i>	Reinita mariposera	R
<b>Passeridae</b>		
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión inglés	IE
<b>Picidae</b>		

<i>Melanerpes portoricensis</i>	Pájaro carpintero de P.R.	E
<b>Thraupidae</b>		
<i>Coereba flaveola</i>	Reinita común	R
<i>Loxigilla portoricensis</i>	Come ñame de P.R.	E
<i>Tiaris bicolor</i>	Chamorro negro	R
<b>Todidae</b>		
<i>Todus mexicanus</i>	San Pedrito	E
<b>Turdidae</b>		
<i>Turdus plumbeus</i>	Zoral de patas coloradas	R
<b>Tyrannidae</b>		
<i>Tyrannus dominicensis</i>	Pitirre	R
<b>Vireonidae</b>		
<i>Vireo latimeri</i>	Bien te veo de P.R.	E
<b><u>Reptiles</u></b>		
<b>Iguanidae</b>		
<i>Iguana iguana</i>	Iguana	I
<b>Dactyloidae</b>		
<i>Anolis cristatellus</i>	Lagartijo común	R
<i>Anolis pulchellus</i>	Lagartijo de hierbas	R
<b><u>Anfibios</u></b>		
<b>Eleutherodactylidae</b>		
<i>Eleutherodactylus antillensis</i>	Coquí churí	E
<i>Eleutherodactylus coqui</i>	Coquí común	E
<i>Leptodactylus albilabris</i>	Ranita de labio blanco	R
<b>INVERTEBRADOS</b>		
<b><u>Chelicerata</u></b>		
<b>Arachnida</b>		
<b>Araneae</b>		
<b>Theraphociae</b>		
<i>Cyrtopoda portoricae</i>	Araña peluda de P.R.	R

<b>Myriapoda</b>		
<b>Spirobolida</b>		
<i>Anadenobolus monilicornis</i>	Gungulén	N
<b><u>Insectos</u></b>		
<b>Apoidea</b>		
<b>Apidae</b>		
<i>Apis mellifera</i>	Abeja	N/A
<b>Blattoidea</b>		
<b>Termitidae</b>		
<i>Nasutitermes costalis</i>	Comején	N/A
<i>Agraulis vanillae insularis</i>	Mariposa del Golfo de México	N
<b>Pieridae</b>		
<i>Aphrissa statira cubana</i>	Mariposa migratoria	N
<b>Odonata</b>		
<b>Zygoptera</b>		
<b>Coenagrionidae</b>		
<i>Ischnura ramburii</i>	Damisela de Rambur	N/A
<b><u>Moluscos</u></b>		
<b>Pleurodontidae</b>		
<i>Caracolus caracolla</i>	Caracol de árbol de P.R.	R
<i>Caracolus marginella</i>	Caracol	R
<b>Camaenidae</b>		
<i>Polydontes lima</i>	Caracol	R
Leyenda:		
E: Endémica para Puerto Rico		
I: Introducida		
IE: Introducida establecida		
N: Nativa		
R: Residente		

## **APÉNDICE C: INFORMACIÓN PARA LA PLANIFICACIÓN Y CONSULTA**

# IPaC resource list

This report is an automatically generated list of species and other resources such as critical habitat (collectively referred to as *trust resources*) under the U.S. Fish and Wildlife Service's (USFWS) jurisdiction that are known or expected to be on or near the project area referenced below. The list may also include trust resources that occur outside of the project area, but that could potentially be directly or indirectly affected by activities in the project area. However, determining the likelihood and extent of effects a project may have on trust resources typically requires gathering additional site-specific (e.g., vegetation/species surveys) and project-specific (e.g., magnitude and timing of proposed activities) information.

Below is a summary of the project information you provided and contact information for the USFWS office(s) with jurisdiction in the defined project area. Please read the introduction to each section that follows (Endangered Species, Migratory Birds, USFWS Facilities, and NWI Wetlands) for additional information applicable to the trust resources addressed in that section.

## Location

Arroyo County, Puerto Rico



## Local office

Caribbean Ecological Services Field Office

☎ (939) 320-3135

📅 (787) 851-7440

✉ [CARIBBEAN\\_ES@FWS.GOV](mailto:CARIBBEAN_ES@FWS.GOV)

MAILING ADDRESS

Post Office Box 491

Boqueron, PR 00622-0491

PHYSICAL ADDRESS

Office Park I

State Road #2 Km 156.5, Suite 303}

Mayaguez, PR 00680

NOT FOR CONSULTATION

# Endangered species

**This resource list is for informational purposes only and does not constitute an analysis of project level impacts.**

The primary information used to generate this list is the known or expected range of each species. Additional areas of influence (AOI) for species are also considered. An AOI includes areas outside of the species range if the species could be indirectly affected by activities in that area (e.g., placing a dam upstream of a fish population even if that fish does not occur at the dam site, may indirectly impact the species by reducing or eliminating water flow downstream). Because species can move, and site conditions can change, the species on this list are not guaranteed to be found on or near the project area. To fully determine any potential effects to species, additional site-specific and project-specific information is often required.

Section 7 of the Endangered Species Act **requires** Federal agencies to "request of the Secretary information whether any species which is listed or proposed to be listed may be present in the area of such proposed action" for any project that is conducted, permitted, funded, or licensed by any Federal agency. A letter from the local office and a species list which fulfills this requirement can **only** be obtained by requesting an official species list from either the Regulatory Review section in IPaC (see directions below) or from the local field office directly.

For project evaluations that require USFWS concurrence/review, please return to the IPaC website and request an official species list by doing the following:

1. Draw the project location and click CONTINUE.
2. Click DEFINE PROJECT.
3. Log in (if directed to do so).
4. Provide a name and description for your project.
5. Click REQUEST SPECIES LIST.

Listed species<sup>1</sup> and their critical habitats are managed by the [Ecological Services Program](#) of the U.S. Fish and Wildlife Service (USFWS) and the fisheries division of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA Fisheries<sup>2</sup>).

Species and critical habitats under the sole responsibility of NOAA Fisheries are **not** shown on this list. Please contact [NOAA Fisheries](#) for [species under their jurisdiction](#).

- 
1. Species listed under the Endangered Species Act are threatened or endangered; IPaC also shows species that are candidates, or proposed, for listing. See the [listing status page](#) for more information. IPaC only shows species that are regulated by USFWS (see FAQ).



2. [NOAA Fisheries](#), also known as the National Marine Fisheries Service (NMFS), is an office of the National Oceanic and Atmospheric Administration within the Department of Commerce.

The following species are potentially affected by activities in this location:

## Reptiles

NAME	STATUS
Puerto Rican Boa <i>Chilabothrus inornatus</i> Wherever found No critical habitat has been designated for this species. <a href="https://ecos.fws.gov/ecp/species/6628">https://ecos.fws.gov/ecp/species/6628</a>	Endangered

## Critical habitats

Potential effects to critical habitat(s) in this location must be analyzed along with the endangered species themselves.

There are no critical habitats at this location.

You are still required to determine if your project(s) may have effects on all above listed species.

## Bald & Golden Eagles

There are no documented cases of eagles being present at this location. However, if you believe eagles may be using your site, please reach out to the local Fish and Wildlife Service office.

Additional information can be found using the following links:

- Eagle Management <https://www.fws.gov/program/eagle-management>
- Measures for avoiding and minimizing impacts to birds  
<https://www.fws.gov/library/collections/avoiding-and-minimizing-incidental-take-migratory-birds>
- Nationwide conservation measures for birds  
<https://www.fws.gov/sites/default/files/documents/nationwide-standard-conservation-measures.pdf>

- Supplemental Information for Migratory Birds and Eagles in IPaC  
<https://www.fws.gov/media/supplemental-information-migratory-birds-and-bald-and-golden-eagles-may-occur-project-action>

### What does IPaC use to generate the potential presence of bald and golden eagles in my specified location?

The potential for eagle presence is derived from data provided by the [Avian Knowledge Network \(AKN\)](#). The AKN data is based on a growing collection of [survey, banding, and citizen science datasets](#) and is queried and filtered to return a list of those birds reported as occurring in the 10km grid cell(s) which your project intersects, and that have been identified as warranting special attention because they are a BCC species in that area, an eagle ([Eagle Act](#) requirements may apply). To see a list of all birds potentially present in your project area, please visit the [Rapid Avian Information Locator \(RAIL\) Tool](#).

### What does IPaC use to generate the probability of presence graphs of bald and golden eagles in my specified location?

The Migratory Bird Resource List is comprised of USFWS [Birds of Conservation Concern \(BCC\)](#) and other species that may warrant special attention in your project location.

The migratory bird list generated for your project is derived from data provided by the [Avian Knowledge Network \(AKN\)](#). The AKN data is based on a growing collection of [survey, banding, and citizen science datasets](#) and is queried and filtered to return a list of those birds reported as occurring in the 10km grid cell(s) which your project intersects, and that have been identified as warranting special attention because they are a BCC species in that area, an eagle ([Eagle Act](#) requirements may apply), or a species that has a particular vulnerability to offshore activities or development.

Again, the Migratory Bird Resource list includes only a subset of birds that may occur in your project area. It is not representative of all birds that may occur in your project area. To get a list of all birds potentially present in your project area, please visit the [Rapid Avian Information Locator \(RAIL\) Tool](#).

### What if I have eagles on my list?

If your project has the potential to disturb or kill eagles, you may need to obtain a permit to avoid violating the [Eagle Act](#) should such impacts occur. Please contact your local Fish and Wildlife Service Field Office if you have questions.

## Migratory birds

Certain birds are protected under the Migratory Bird Treaty Act<sup>1</sup> and the Bald and Golden Eagle Protection Act<sup>2</sup>.

Any person or organization who plans or conducts activities that may result in impacts to migratory birds, eagles, and their habitats should follow appropriate regulations and consider implementing appropriate conservation measures, as described below.

---

1. The [Migratory Birds Treaty Act](#) of 1918.

## 2. The [Bald and Golden Eagle Protection Act](#) of 1940.

Additional information can be found using the following links:

- Eagle Management <https://www.fws.gov/program/eagle-management>
- Measures for avoiding and minimizing impacts to birds  
<https://www.fws.gov/library/collections/avoiding-and-minimizing-incidental-take-migratory-birds>
- Nationwide conservation measures for birds <https://www.fws.gov/sites/default/files/documents/nationwide-standard-conservation-measures.pdf>
- Supplemental Information for Migratory Birds and Eagles in IPaC  
<https://www.fws.gov/media/supplemental-information-migratory-birds-and-bald-and-golden-eagles-may-occur-project-action>

The [data](#) in this location indicates there are no migratory [birds of conservation concern](#) expected to occur in this area.

There may be migratory birds in your project area, but we don't have any survey data available to provide further direction. For additional information, please refer to the links above for recommendations to minimize impacts to migratory birds or contact your local FWS office.

**Tell me more about conservation measures I can implement to avoid or minimize impacts to migratory birds.**

[Nationwide Conservation Measures](#) describes measures that can help avoid and minimize impacts to all birds at any location year round. Implementation of these measures is particularly important when birds are most likely to occur in the project area. When birds may be breeding in the area, identifying the locations of any active nests and avoiding their destruction is a very helpful impact minimization measure. To see when birds are most likely to occur and be breeding in your project area, view the Probability of Presence Summary. [Additional measures](#) or [permits](#) may be advisable depending on the type of activity you are conducting and the type of infrastructure or bird species present on your project site.

**What does IPaC use to generate the list of migratory birds that potentially occur in my specified location?**

The Migratory Bird Resource List is comprised of USFWS [Birds of Conservation Concern \(BCC\)](#) and other species that may warrant special attention in your project location.

The migratory bird list generated for your project is derived from data provided by the [Avian Knowledge Network \(AKN\)](#). The AKN data is based on a growing collection of [survey, banding, and citizen science datasets](#) and is queried and filtered to return a list of those birds reported as occurring in the 10km grid cell(s) which your project intersects, and that have been identified as warranting special attention because they are a BCC species in that area, an eagle ([Eagle Act](#) requirements may apply), or a species that has a particular vulnerability to offshore activities or development.

Again, the Migratory Bird Resource list includes only a subset of birds that may occur in your project area. It is not representative of all birds that may occur in your project area. To get a list of all birds potentially present in your project area, please visit the [Rapid Avian Information Locator \(RAIL\) Tool](#).

### **What does IPaC use to generate the probability of presence graphs for the migratory birds potentially occurring in my specified location?**

The probability of presence graphs associated with your migratory bird list are based on data provided by the [Avian Knowledge Network \(AKN\)](#). This data is derived from a growing collection of [survey, banding, and citizen science datasets](#).

Probability of presence data is continuously being updated as new and better information becomes available. To learn more about how the probability of presence graphs are produced and how to interpret them, go to the Probability of Presence Summary and then click on the "Tell me about these graphs" link.

### **How do I know if a bird is breeding, wintering or migrating in my area?**

To see what part of a particular bird's range your project area falls within (i.e. breeding, wintering, migrating or year-round), you may query your location using the [RAIL Tool](#) and look at the range maps provided for birds in your area at the bottom of the profiles provided for each bird in your results. If a bird on your migratory bird species list has a breeding season associated with it, if that bird does occur in your project area, there may be nests present at some point within the timeframe specified. If "Breeds elsewhere" is indicated, then the bird likely does not breed in your project area.

### **What are the levels of concern for migratory birds?**

Migratory birds delivered through IPaC fall into the following distinct categories of concern:

1. "BCC Rangewide" birds are [Birds of Conservation Concern](#) (BCC) that are of concern throughout their range anywhere within the USA (including Hawaii, the Pacific Islands, Puerto Rico, and the Virgin Islands);
2. "BCC - BCR" birds are BCCs that are of concern only in particular Bird Conservation Regions (BCRs) in the continental USA; and
3. "Non-BCC - Vulnerable" birds are not BCC species in your project area, but appear on your list either because of the [Eagle Act](#) requirements (for eagles) or (for non-eagles) potential susceptibilities in offshore areas from certain types of development or activities (e.g. offshore energy development or longline fishing).

Although it is important to try to avoid and minimize impacts to all birds, efforts should be made, in particular, to avoid and minimize impacts to the birds on this list, especially eagles and BCC species of rangewide concern. For more information on conservation measures you can implement to help avoid and minimize migratory bird impacts and requirements for eagles, please see the FAQs for these topics.

### **Details about birds that are potentially affected by offshore projects**

For additional details about the relative occurrence and abundance of both individual bird species and groups of bird species within your project area off the Atlantic Coast, please visit the [Northeast Ocean Data Portal](#). The Portal also offers data and information about other taxa besides birds that may be helpful to you in your project review. Alternately, you may download the bird model results files underlying the portal maps through the [NOAA NCCOS Integrative Statistical Modeling and Predictive Mapping of Marine Bird Distributions and Abundance on the Atlantic Outer Continental Shelf](#) project webpage.

Bird tracking data can also provide additional details about occurrence and habitat use throughout the year, including migration. Models relying on survey data may not include this information. For additional information on marine bird tracking data, see the [Diving Bird Study](#) and the [nanotag studies](#) or contact [Caleb Spiegel](#) or [Pam Loring](#).

### What if I have eagles on my list?

If your project has the potential to disturb or kill eagles, you may need to [obtain a permit](#) to avoid violating the Eagle Act should such impacts occur.

### Proper Interpretation and Use of Your Migratory Bird Report

The migratory bird list generated is not a list of all birds in your project area, only a subset of birds of priority concern. To learn more about how your list is generated, and see options for identifying what other birds may be in your project area, please see the FAQ "What does IPaC use to generate the migratory birds potentially occurring in my specified location". Please be aware this report provides the "probability of presence" of birds within the 10 km grid cell(s) that overlap your project; not your exact project footprint. On the graphs provided, please also look carefully at the survey effort (indicated by the black vertical bar) and for the existence of the "no data" indicator (a red horizontal bar). A high survey effort is the key component. If the survey effort is high, then the probability of presence score can be viewed as more dependable. In contrast, a low survey effort bar or no data bar means a lack of data and, therefore, a lack of certainty about presence of the species. This list is not perfect; it is simply a starting point for identifying what birds of concern have the potential to be in your project area, when they might be there, and if they might be breeding (which means nests might be present). The list helps you know what to look for to confirm presence, and helps guide you in knowing when to implement conservation measures to avoid or minimize potential impacts from your project activities, should presence be confirmed. To learn more about conservation measures, visit the FAQ "Tell me about conservation measures I can implement to avoid or minimize impacts to migratory birds" at the bottom of your migratory bird trust resources page.

## Facilities

### National Wildlife Refuge lands

Any activity proposed on lands managed by the [National Wildlife Refuge](#) system must undergo a 'Compatibility Determination' conducted by the Refuge. Please contact the individual Refuges to discuss any questions or concerns.

There are no refuge lands at this location.

## Fish hatcheries

There are no fish hatcheries at this location.

## Wetlands in the National Wetlands Inventory (NWI)

Impacts to [NWI wetlands](#) and other aquatic habitats may be subject to regulation under Section 404 of the Clean Water Act, or other State/Federal statutes.

For more information please contact the Regulatory Program of the local [U.S. Army Corps of Engineers District](#).

Please note that the NWI data being shown may be out of date. We are currently working to update our NWI data set. We recommend you verify these results with a site visit to determine the actual extent of wetlands on site.

This location overlaps the following wetlands:

RIVERINE

[R4SBC](#)

A full description for each wetland code can be found at the [National Wetlands Inventory website](#)

**NOTE:** This initial screening does **not** replace an on-site delineation to determine whether wetlands occur. Additional information on the NWI data is provided below.

### Data limitations

The Service's objective of mapping wetlands and deepwater habitats is to produce reconnaissance level information on the location, type and size of these resources. The maps are prepared from the analysis of high altitude imagery. Wetlands are identified based on vegetation, visible hydrology and geography. A margin of error is inherent in the use of imagery; thus, detailed on-the-ground inspection of any particular site may result in revision of the wetland boundaries or classification established through image analysis.

The accuracy of image interpretation depends on the quality of the imagery, the experience of the image analysts, the amount and quality of the collateral data and the amount of ground truth verification work conducted. Metadata should be consulted to determine the date of the source imagery used and any mapping problems.



Wetlands or other mapped features may have changed since the date of the imagery or field work. There may be occasional differences in polygon boundaries or classifications between the information depicted on the map and the actual conditions on site.

### **Data exclusions**

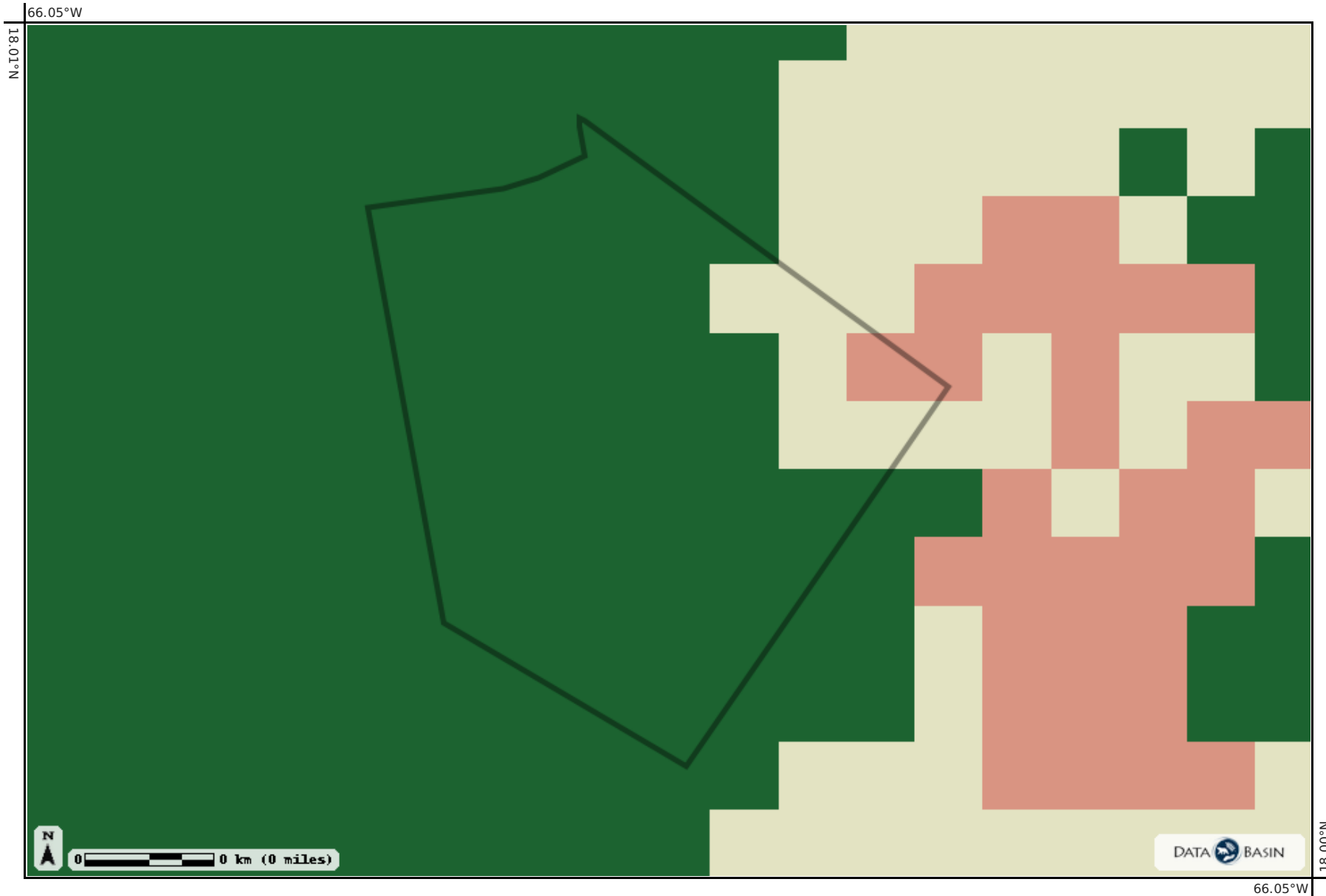
Certain wetland habitats are excluded from the National mapping program because of the limitations of aerial imagery as the primary data source used to detect wetlands. These habitats include seagrasses or submerged aquatic vegetation that are found in the intertidal and subtidal zones of estuaries and nearshore coastal waters. Some deepwater reef communities (coral or tubercid worm reefs) have also been excluded from the inventory. These habitats, because of their depth, go undetected by aerial imagery.

### **Data precautions**

Federal, state, and local regulatory agencies with jurisdiction over wetlands may define and describe wetlands in a different manner than that used in this inventory. There is no attempt, in either the design or products of this inventory, to define the limits of proprietary jurisdiction of any Federal, state, or local government or to establish the geographical scope of the regulatory programs of government agencies. Persons intending to engage in activities involving modifications within or adjacent to wetland areas should seek the advice of appropriate Federal, state, or local agencies concerning specified agency regulatory programs and proprietary jurisdictions that may affect such activities.

## **APÉNDICE D: NATIONAL LAND COVER DATABASE, land cover - PUERTO RICO**





## Legend

### National Land Cover Database, land cover - Puerto Rico

- Barren Land
- Cultivated Crops
- Developed, High Intensity
- Developed, Low Intensity
- Developed, Medium Intensity
- Developed, Open Space
- Emergent Herbaceous Wetlands
- Evergreen Forest
- Hay/Pasture
- Herbaceous
- Open Water
- Shrub/Scrub
- Woody Wetlands

Límite de Estudio



# Map Details

## Datasets



**National Land Cover Database, land cover - Puerto Rico**  
<https://databasin.org/datasets/e95aa06e05624f3087559eca884db034/>

**Credits:** USGS National Land Cover Database 2001  
**Layers:**

- layer1

## **APÉNDICE E: DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA**





Foto 1. Vista hacia el Sureste de las áreas abiertas dentro del área de estudio.



Foto 2. Vista hacia el Norte de las áreas abiertas dentro del área de estudio.



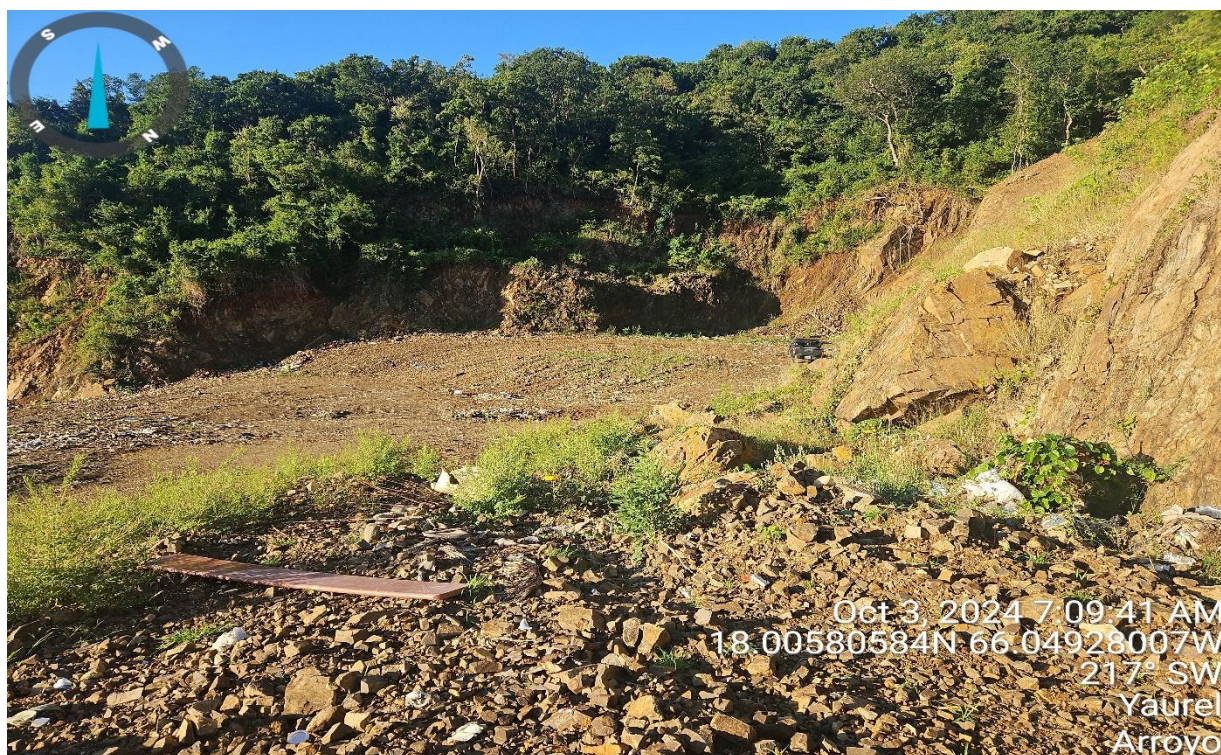


Foto 3. Vista hacia el Suroeste de las áreas abiertas. Al fondo se observa el área boscosa no afectada por las operaciones del SRSMA.

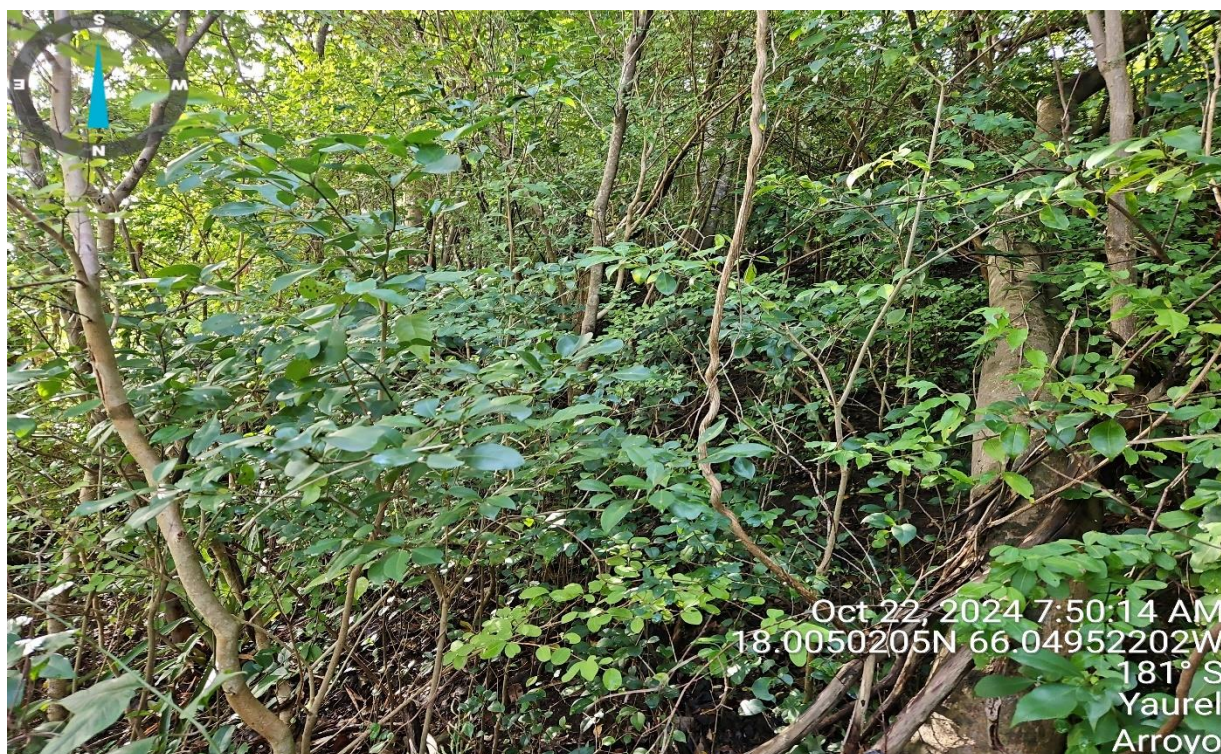


Foto 4. Vista hacia el Sur del área boscosa dentro del área de estudio.



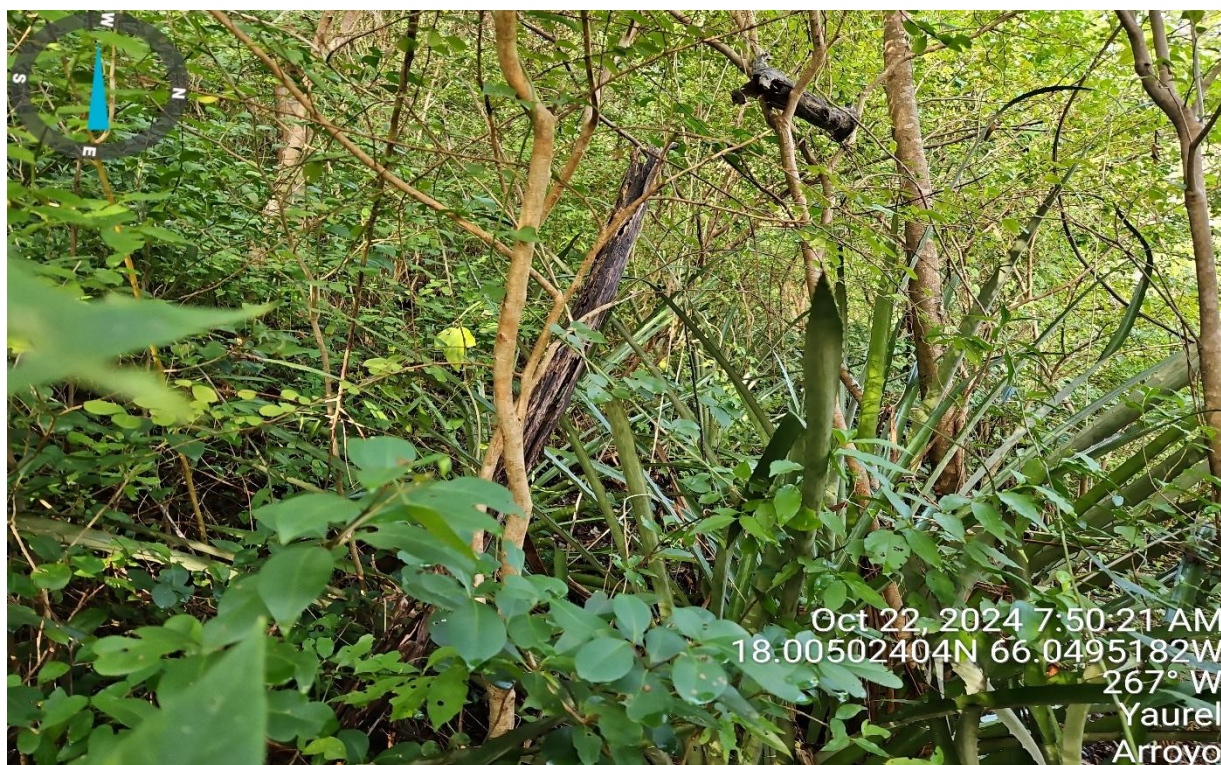


Foto 5. Vista hacia el Oeste del área boscosa dentro del área de estudio.

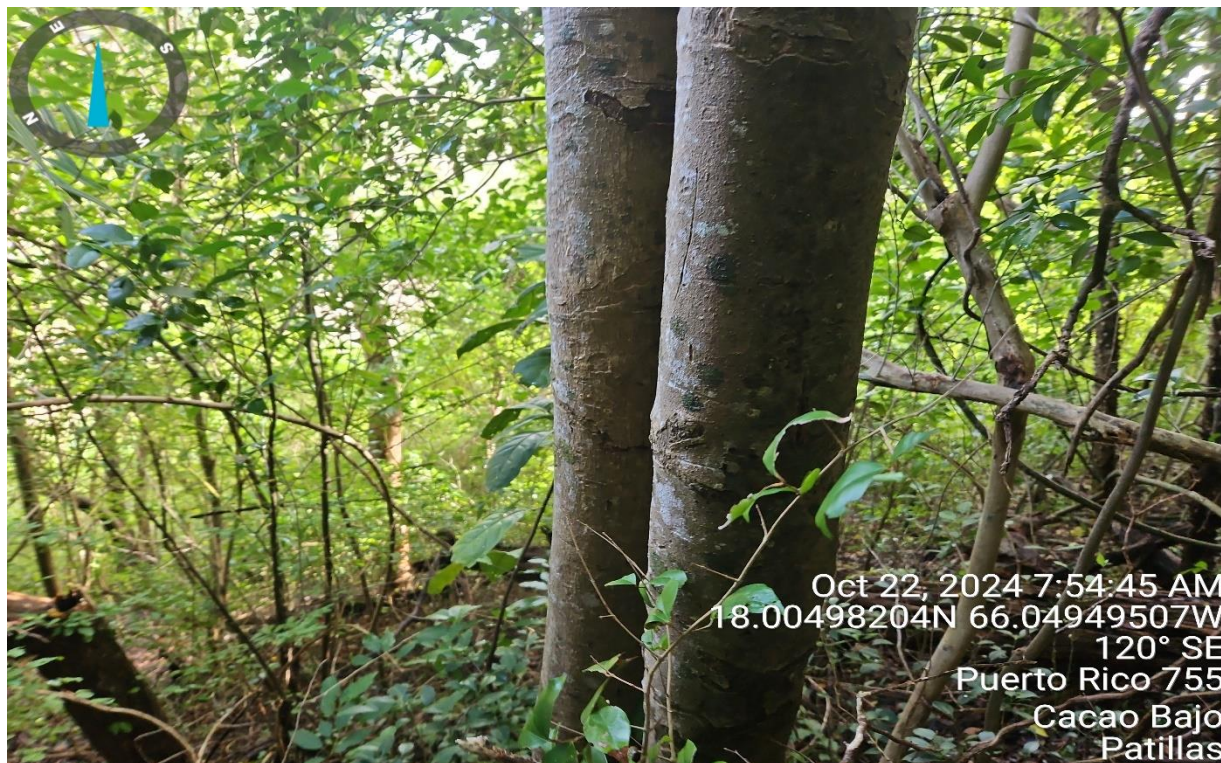


Foto. 6. Vista hacia el Sureste del área boscosa dentro del área de estudio.