

**INFORME  
ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO  
PROYECTO BLU TERRENAS**



**BLU Terrenas**

**LAS TERRENAS. PROVINCIA SAMANA  
REPUBLICA DOMINICANA**

## CONTENIDO

	Prefacio	Pag. 2
1.	Introduccion	Pag. 3
1.1	Objetivo General	Pag. 3
1.2	Objetivos Específicos	Pag.3
2	Descripcion de la Cuenca	Pag.4
2.1	Característica física de la cuenca	Pag.5
2.1.1	Tiempo de concentracion	Pag.5
2.1.2	Número de curva	Pag.7
2.1.3	Tipo de suelo	Pag.8
3.	Descripcion Climática	Pag. 9
3.1	Clima	Pag. 9
3.2	Estacion climática	Pag. 9
3.3	Pluviometria	Pag.10
4.	Tormenta de diseno	Pag.12
5.	Estimacion de la crecida de diseno	Pag.13
5.1	Caudales de diseno	Pag.13
5.2	Resultados del modelo HEC-HMS	Pag.14
5.3	Hidrograma de avenida	Pag.15
6.	Modelacion Hidráulica	Pag.18
7	Recopilacion informacion en campo	Pag.21
8	Conclusiones y Recomendaciones	Pag.23

## PREFACIO

El presente estudio fue elaborado para la Compañía PHISCANA, SRL., a solicitud de la empresa DACC INVESTIMENT BLU SRL

**Los profesionales que trabajaron en este Estudio Hidrológico e Hidráulico:**

- Ing. Yudith Altagracia Javier Morillo M.sc., Codia 30501, cédula dominicana 093-0041397-9, ingeniero civil, Maestría en hidrología.
- Ing. José Alberto Cruz Marte M.sc., Cedula, ing. Civil maestría en sanitaria.
- Ing. Eddy Danilso Villar Tejeda, M.sc, Codia 23499, cedula dominicana 003-0071186-8, ingeniero civil, Maestría en Hidrología y Gestión de Recursos hídricos.
- Ing. Manuel Casal Molina, Ingeniero Hidráulico, cedula 001- 1809244-4, graduado en 1985 en la Universidad de la Habana, Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría. Especialista en Administración de Recursos hidráulicos.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe es el estudio Hidrológico e Hidráulico del proyecto ecoturísticos habitacional BLU TERRENAS, de que se efectúa como parte para la construcción de este proyecto en Portillo La Terrenas, Provincia Samaná.

El estudio tiene como punto central la determinación de los caudales máximo de avenida de los drenajes existente que afectan el proyecto para un periodo de 50 años de recurrencia el cual debe ser compatible con la vida útil esperada de la estructura.

Para el análisis hidrológico se aplicará el modelo precipitación-escorrentía empleando el programa HEC-HMS. Se deriva de tormentas de diseño para diferentes períodos de retorno con base en la información de precipitación disponible en el área de estudio (Precipitación máxima en 24 horas) en el Atla de Lluvia de la Republica dominicana. La caracterización morfológica de la cuenca, así como sus condiciones actuales fueron la base para definir los parámetros de los modelos de abstracciones y de transformación que utiliza el programa HEC-HMS. Como resultado para la aplicación del modelo a los drenajes que fluyen dentro del proyecto, se obtendrán hidrogramas de crecientes y sus respectivos caudales pico para los diferentes períodos de retorno.

### 1.1. Objetivo General.

El objetivo de este estudio es establecer las características hidrológicas del régimen de avenida máximas y extraordinarias de los drenajes.

### 1.2. Objetivos Específicos

- Realizar un análisis de crecida máxima asociada a la avenida producida en los drenajes para el proyecto BLU TERREMAS.
- Estudiar los caudales de aportación para los diferentes periodos de retorno. Se han considerado los Tr. de 10, 25, 50 años respectivamente.

## 2. Descripción de la cuenca.

Los drenajes del proyecto nacen desde la loma Abra Grande en la elevación 82 m.s.n.m. con una longitud de 2.22 km y un área de aporte hasta el punto del proyecto de 2.12 km<sup>2</sup>, localizado en la coordenada geográfica 19.324429 m E y 69.504501 m N, a una elevación de 12 m.s.n.m, con una pendiente promedio de 3.24% y la red de drenaje es de orden 2.

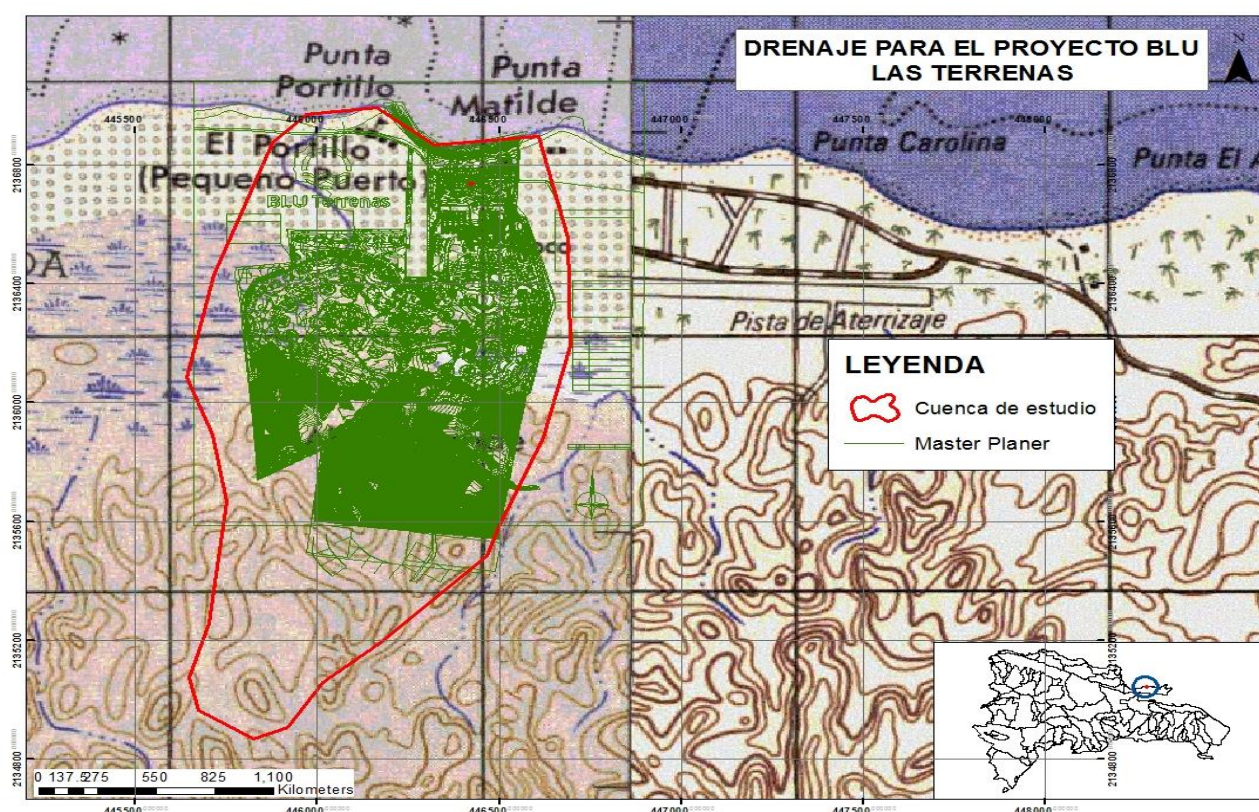


Imagen No. 2.1. Mapa topográfico de localización de los drenajes del proyecto

## 2.1. Característica física de la Cuenca.

### 2.1.1. Tiempo de Concentración (Tc)

El relieve y otras condiciones topográficas definen el tiempo de repuesta de los drenajes a los eventos de tormenta. Este tiempo de repuesta es medido a través del tiempo de concentración (tc) que representa el tiempo en que la cuenca responde, como sistema, a un evento de lluvia. Los parámetros físicos que definen el tiempo de concentración varían de un método a otro, pero suelen ser: la longitud hidráulica del cauce (L), la pendiente del cauce (s). En esto caso obtuvimos los valores de Tc de 0.46 horas hasta el punto de proyecto.

Usando el Método de Kirpich, se calculó el tiempo de concentración utilizando la fórmula,

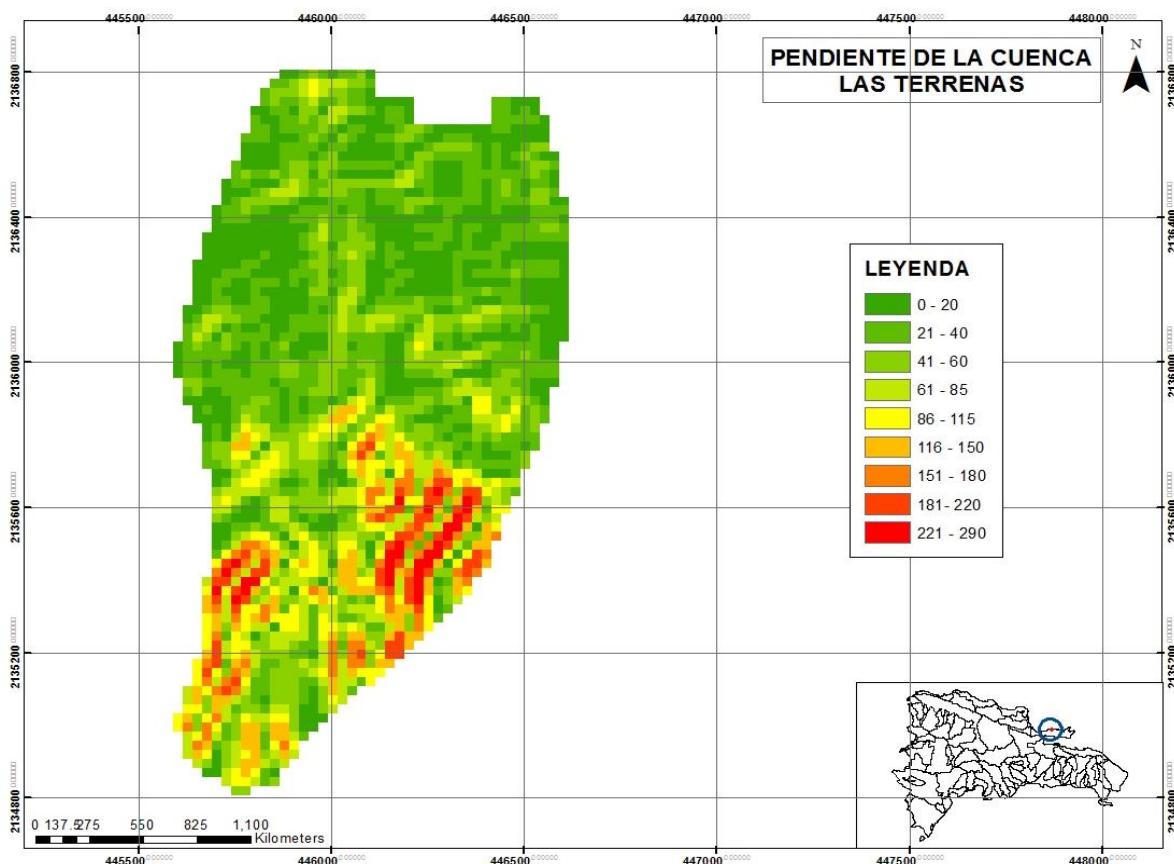
$$T = 0,02L^{0,77}S^{-0,385}$$

obteniendo como resultado el cuadro siguiente:

Cuenca	Tc (horas)
Drenaje	0.46

**Cuadro No. 2.1.** Cálculo del tiempo de Concentración hasta el punto de estudio

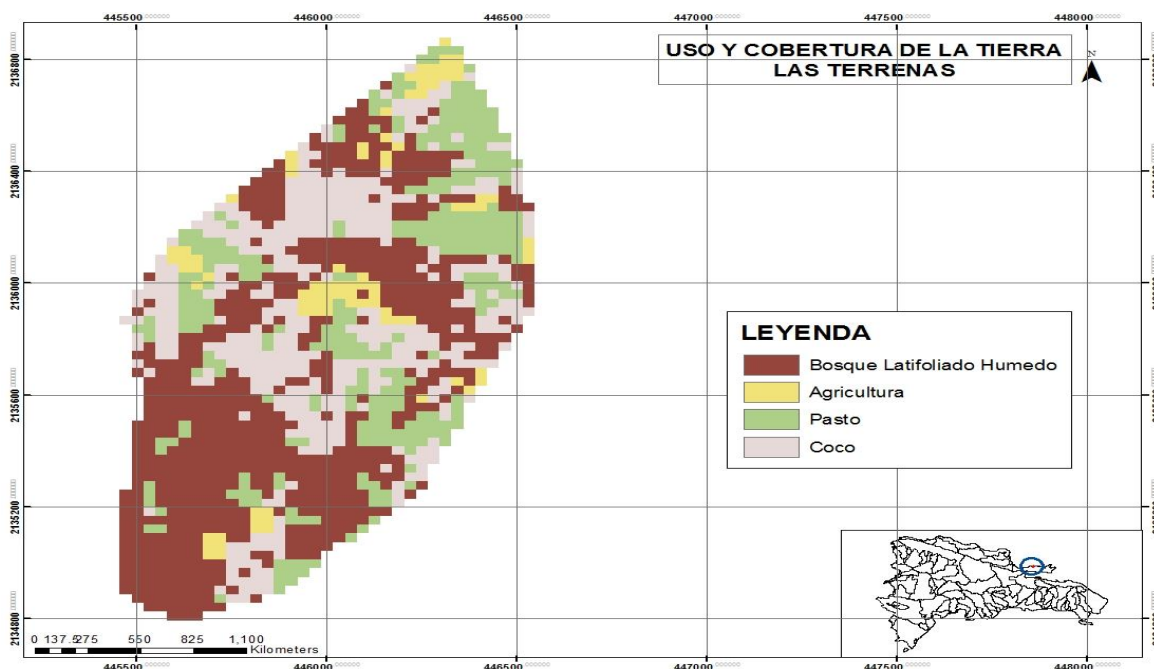




**Imagen No. 2.2.** Mapa de pendiente de los drenajes hasta el proyecto BLU TERREMAS.

Esta pendiente establece la inclinación promedio que tiene el drenaje desde el nacimiento hasta el punto de proyecto, se convierte en una base para determinar la capacidad de arrastre de sedimentos de distintos tamaños, área de posible inundación en crecidas, ligada con el tiempo de concentración y de viaje.

## 2.1.2. Número de curva (CN)



**Imagen No. 2.3.** Usos del suelo de los drenajes en el proyecto BLU TERREMAS.

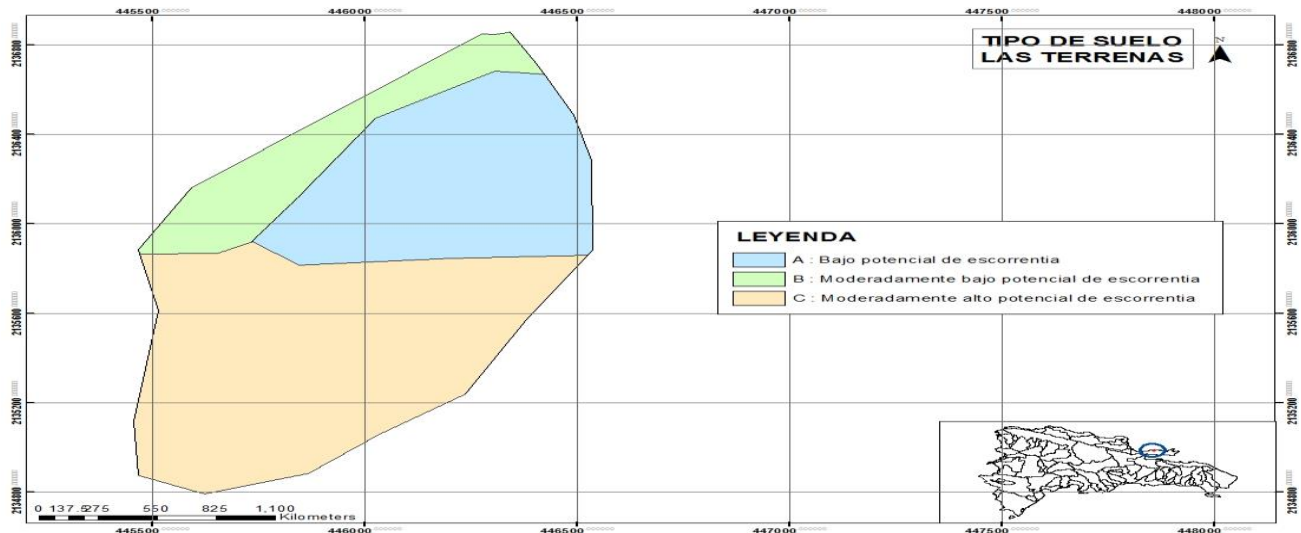
Para el análisis de crecida se ha calculado el Número de Curva (**CN**) para aplicar el método de Soil Conservation Services (**SCS**), el cual está en función de la condición de humedad antecedente, del uso y tipo de suelo y la cobertura vegetal del medio, estas informaciones las obtenemos del mapa Hidrogeológico Nacional, y de Uso y Cobertura de la tierra en la República Dominicana, respectivamente.

Los datos de la cobertura boscosa de suelo de la cuenca que estudiamos a continuación son el resultado del estudio de actualización del uso y cobertura de la tierra del año 2012, realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recurso Naturales.

Entre las clasificaciones de las coberturas boscosas y sus extensiones tenemos el 40 % de bosque latifoliado húmedo, 30% de coco 15% de agricultura y Pasto 15%.



### 2.1.3. Tipo de Suelo



**Imagen No. 2.9.** Clasificación del suelo de los drenajes hasta el proyecto.

En la clasificación del suelo del drenaje hasta el proyecto tenemos el grupo A, B y C, que está dentro de los cuatro grupos de las clasificaciones que son A, B, C y D el cual nos permitirá identificar la permeabilidad del suelo.

- **El 35% Tipo A: (Bajo potencial de escorrentía).** Suelos con alta tasa de infiltración, arenas con poco limo y arcilla y gravas profundas.
- **El 15% del suelo B: Moderadamente Bajo potencial de escorrentía.** Suelos con tasas de infiltración moderadas, cuando muy húmedas. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente finos a moderadamente gruesas y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas.
- **El 50% del suelo de los drenajes del proyecto es clasificación C: Moderadamente alto potencial de escorrentía.** Suelos con infiltración lenta cuando muy húmedos. Un estado que impide el movimiento del agua hacia abajo; textura moderadamente fina a finas; infiltración lenta debido a sales o álcali o suelos con mesas moderadas. Esos suelos pueden ser pobremente, o bien moderadamente bien drenados con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta a poca profundidad (50-100 cm.).

**Cuadro No 2.2.** Cálculo de la cobertura Vegetal CN en el punto a estudiar

Cuencas	Área (km2)	CN
Drenaje	2.12	54.95

### 3. Descripción Climática:

#### 3.1. Clima.

Posee un clima subtropical húmedo con una temperatura media anual que oscila en torno a los 25 °C con ligeras variaciones entre las estaciones.

El hecho de que posea un clima tan agradable durante todo el año ha convertido a Samaná en particular y a la República Dominicana en general en un destino turístico cada vez más demandado.

La temperatura más fresca se produce durante los meses de noviembre a abril y las más cálidas tienen lugar entre los meses de mayo a octubre, aunque sin una excesiva variación.

La época de mayores lluvias se produce en los meses de mayo y noviembre, si bien, las precipitaciones se encuentran bastante repartidas a lo largo del año.

#### 3.2. Estación Climática.

En el país existen varias estaciones meteorológicas de la Oficina Nacional de Meteorología miden parámetros como precipitaciones, temperaturas, humedad relativa, evaporación, velocidad y dirección del viento, irradiación solar, presión atmosférica. Pero todas las estaciones no registran todos los parámetros y por consecuencia, faltan numerosos datos.

El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) maneja también un número de estaciones que registran precipitaciones y caudales de algunos ríos en varias cuencas hidrológicas. Una de estas estaciones opera en Samaná en la cuenca del río San Juan. Esta podría ser una fuente secundaria para la obtención de datos meteorológicos, pero tiene inconveniente de que se encuentra a cierta distancia del área de estudio, una zona además en la que las precipitaciones están fuertemente condicionadas por características físicas locales, como topografía, vegetación, etc.

### 3.3. Pluviometría.

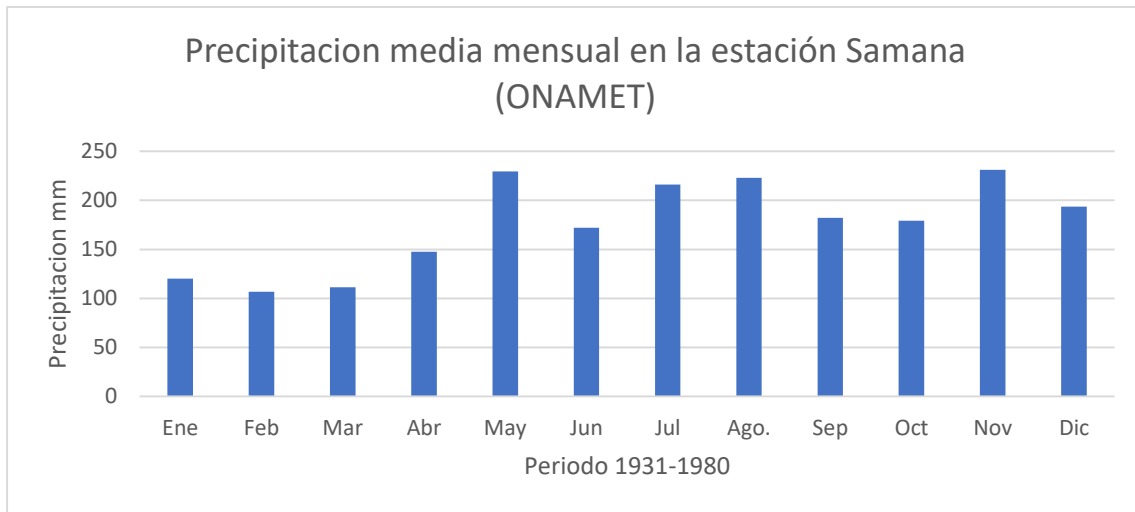
Para la descripción de la lluvia, la zona cuenta con la estación Samaná Sánchez cuyo valor medio mensual de lluvia aparece en el cuadro No. 3 y en el gráfico No. 1.

La estación Samaná Sánchez es la más representativa a la Zona del proyecto ubicada en la coordenada Latitud 435158, Y Longitud 2124841 a una elevación de los 17 m.s.n.m. la esta estación Samaná Sánchez tiene registro de lluvia con un período de registros de 40 años desde el 1983 al 2009, con valor de precipitación media anual de 2100 mm de lluvia respectivamente registrada, esta estación pertenece (ONAMET).

A continuación, se muestran los valores promedio mensual de la precipitación y su gráfico para la estación antes mencionada.

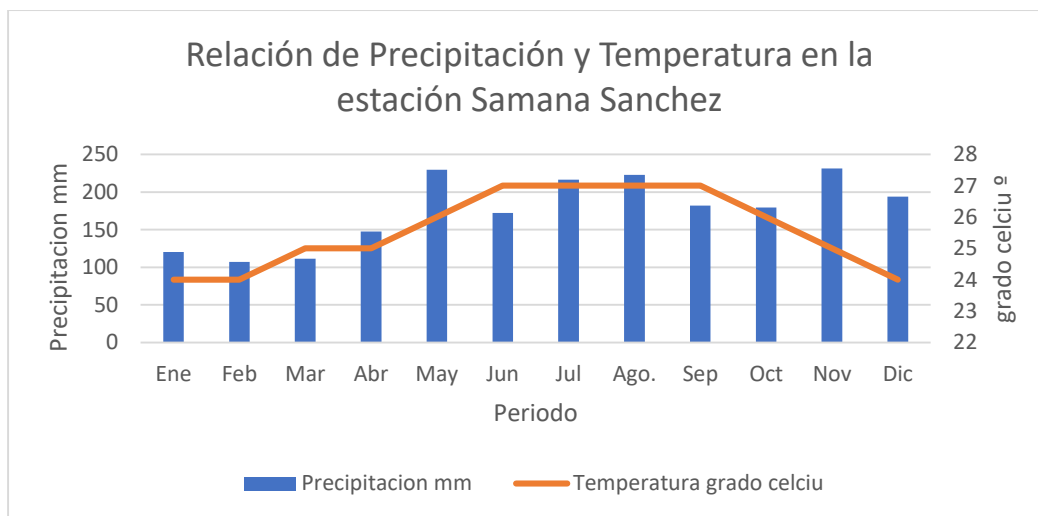
Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Samaná Sánchez	120,23	106,95	111,41	147,57	229,41	172,12	216,25	222,99	182,06	179,3	231,19	193,67

**Cuadro No. 3.** Precipitación media mensual de la estación.



**Gráfico No. 1.** Precipitación en la estación (Samaná Sánchez).

Las mayores precipitaciones ocurren en el mes de noviembre de alrededor de 231.41 mm medio mensual, a partir de los meses de Julio a noviembre la ocurrencia es de alrededor de 222.9 mm, a 106.45 mm y la mínima precipitaciones corresponden en los meses de enero febrero marzo.



**Gráfico No. 2.** Relación de la precipitación y temperatura en la estación (Samaná Sánchez).

Podemos observar las máximas temperatura se registran en el mes de junio hasta septiembre y la mínima diciembre febrero la lluvia máxima en el mes de mayo y noviembre.

## 4. Tormenta de Diseño

Para determinar la tormenta de diseño se utilizaron los datos del Atlas de Lluvias Máximas de la República Dominicana.

Los datos de las estaciones con las que fue construido dicho atlas tienen un promedio de longitud de serie de 30 años. Los datos de precipitación máxima en 24 horas asociada a los periodos de retorno de 15, 25 y 50 años se muestran a continuación en el siguiente cuadro.

**Cuadro No. 4.1.** Periodos de retorno utilizados y precipitación asociada a los mismos.

Período de retorno (Años)	Precipitación (mm) Atlas
10	187
25	235
50	275
100	315

## 5. Estimación de crecida de diseño

### 5.1. Caudales de diseño

Los caudales máximos o de diseño generados se obtuvieron mediante la aplicación del programa del US Army Corps of Engineers: Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System (HEC-HMS), por sus siglas en inglés. El HEC-HMS es un programa complejo que calcula el hidrograma producido por una cuenca si se le facilitan los datos físicos de la misma, además de los datos hidroclimáticos como son los de precipitación, caudales, etc.

El software realiza la separación de lluvia neta, calcula la escorrentía directa producida por dicha precipitación, suma a la escorrentía directa la escorrentía básica, si existía previamente; además, que calcula la evolución del hidrograma a medida que discurre a lo largo de un cauce a través de un depósito o embalse, es decir, el tránsito de hidrogramas.

El programa HEC-HMS incluye en su formulación modelos de eventos y modelos continuos, que permiten abordar el tratamiento de ambos tipos de situaciones. Además, incluye diferentes alternativas consideradas en la modelación de la cuenca y en la modelación de los diferentes componentes específicos que intervienen en el proceso general de transformación de precipitaciones en caudales.

Características de la cuenca					
Cuenca	Área	Tiempo de Concentración	CN	Período de	Precipitación.
	(km <sup>2</sup> )	(hora)		retorno (años)	(mm)
Drenaje	2.12	0.46	54.95	10	187
				25	235
				50	275

**Cuadro No. 5.1.** Geometrías y precipitaciones asociadas al período de retorno para las cuencas



Con el conjunto de estos datos se obtienen los caudales picos para los períodos de retorno deseado. Ver el cuadro No.5.2.

Para el correcto funcionamiento del programa se requiere la definición de los siguientes aspectos:

- Precipitación Ponderada en mm de la cuenca a estudiar, usando los datos de precipitación máxima en 24 horas, para los períodos de retorno que se desea analizar (10, 25, y 50 años generalmente).
- Número de Curva (**CN**) para aplicar el método de Soil Conservation Services (**SCS**).
- Área de la cuenca de estudio en Km<sup>2</sup>.
- Tiempo de Concentración en horas.

## 5.2. Resultados del modelo HEC-HMS.

Las simulaciones con el modelo HEC-HMS se realizaron, tal como se ha descrito en los apartados anteriores, con las siguientes condiciones:

- Modelo de precipitación: Hietograma determinado por el modelo SMADA.

Modelo de abstracciones de precipitación del SCS. Número de curva para la cuenca según cobertura y tipo de suelo, para condiciones antecedentes de humedad tipo II. Abstracciones iniciales del 20% de la retención potencial máxima S de la cuenca.

•Modelo de transformación precipitación-escorrentía adimensional del SCS. Tiempos de concentración y retardo calculados mediante la ecuación de Kirpich. Discretización temporal de 10 minutos para las simulaciones.

Los resultados obtenidos del modelo se resumen en el Cuadro 5.2. Donde se refieren el caudal máximo instantáneo para los períodos de retorno analizados.

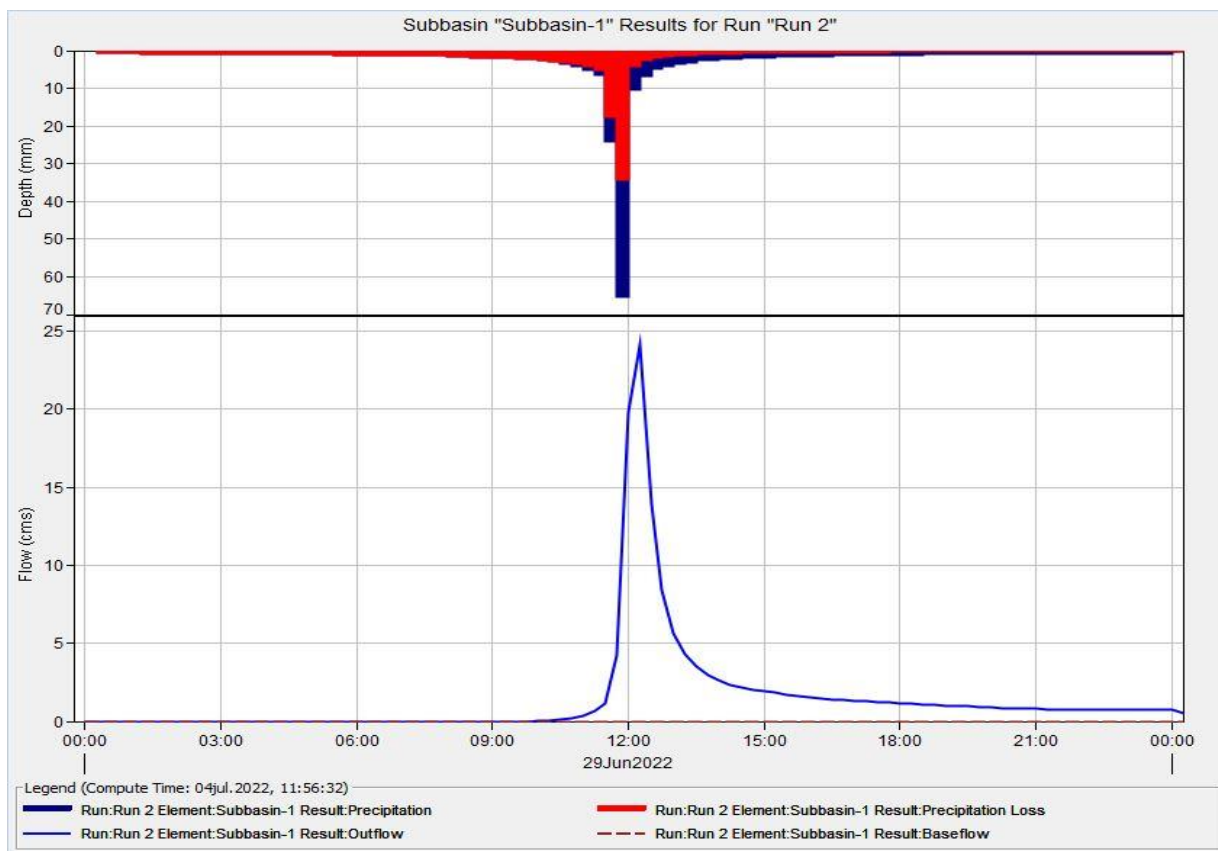
Periodo de retorno (Tr)	Precipitación mm	Caudal Máximo (m3/s)
años		Pontón
10	187	23.7
25	235	38.2
50	275	51.2

**Cuadro No. 5.2.** Caudales Pico Modelado con el programa HEC-HMS para diferente período

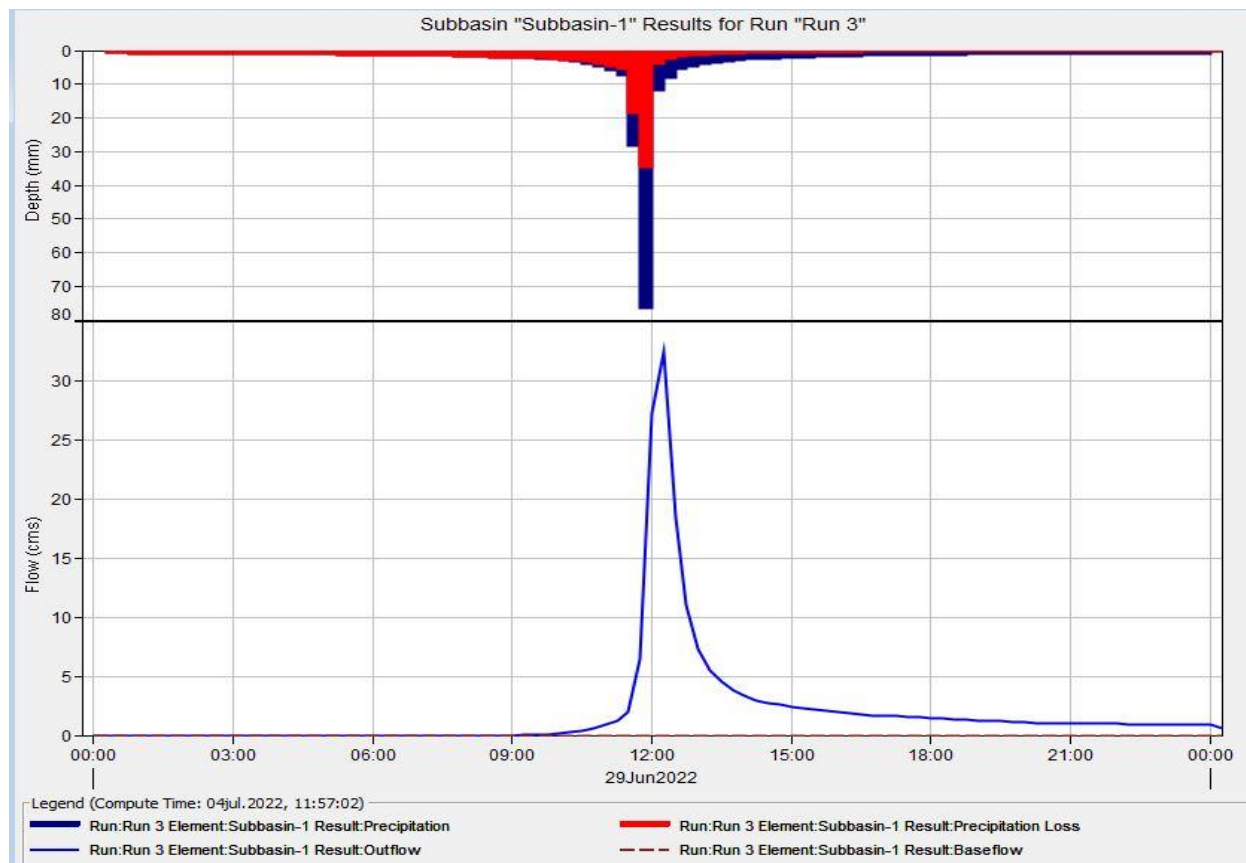
### 5.3. Hidrograma de Avenida

Luego de realizar los análisis anteriormente expuestos, obtuvimos los valores de los caudales de crecida para los diferentes periodos de retornos, Los Caudales pico resultante de este análisis correspondiente para los niveles de las aguas en el proyecto a **50 años de 51.2 m³/s.**

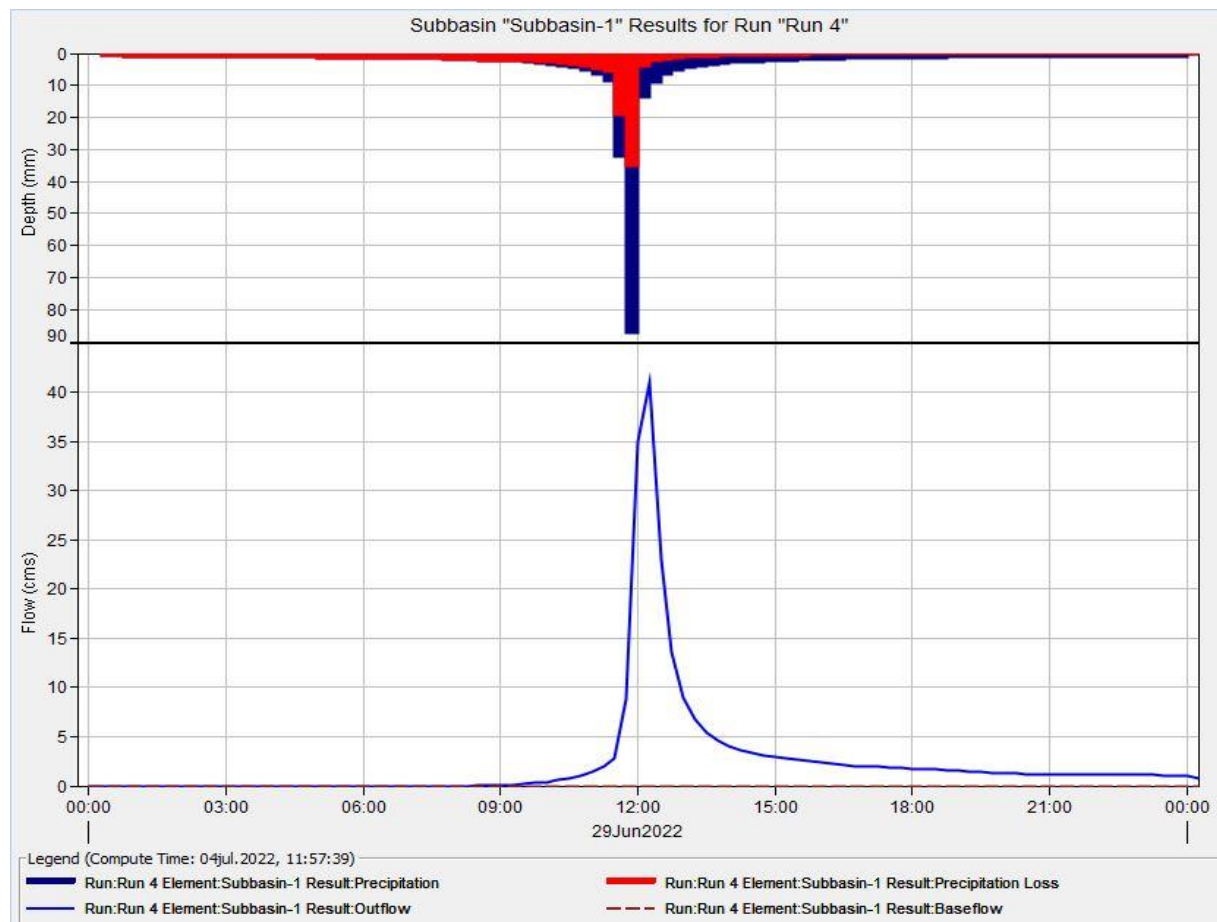
A continuación, se muestra los gráficos donde se puede observar el comportamiento de la crecida..



**Graf. 5.1.** Hidrograma de avenida del periodo e retorno TR= 10 años para el drenaje del proyecto presenta su máxima crecida a la 12 hora con un caudal pico de 23.7 m³/s con una duración de desfase de 24 horas.



**Graf. 5.2.** Hidrograma de avenida del periodo de retorno TR= 25 años para el drenaje del proyecto. Presentando su máxima crecida a la 12 hora con un caudal pico de 38.2 con una duración de desfase de 24 horas.



**Graf. 5.3.** Hidrograma de avenida del periodo de retorno TR= 50 años para los drenajes del proyecto. Presentando su máxima crecida a la 12 hora con un caudal pico de 51.2 m<sup>3</sup>/s y un tiempo de desfase de 24 horas.

Estos caudales se estimaron a partir de los datos de precipitación; considerando como primer paso el cálculo de la lluvia efectiva o precipitación neta (agua que se transforma en escorrentía a superficial) como la resta entre la precipitación y las pérdidas por infiltración y evaporación; este paso genera un nuevo hietograma de precipitación efectiva que fue transformado a un hidrograma unitario (respuesta de la cuenca ante los excesos de precipitación) arrojando los diferentes caudales ya mencionado en los **cuadro 5.2.** siguiendo la metodología que se desarrolló paso a paso en este documento.

## 6. Modelación Hidráulica

El software HEC-RAS desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC, por sus siglas en inglés) del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, es un modelo de uso libre, utilizado ampliamente para estudiar cauces fluviales mediante la aproximación unidimensional y régimen permanente gradualmente variado, el cual permite calcular redes fluviales considerando elementos especiales tales como puentes, compuertas, tubos, etc (HEC-RAS, 2010).

Las variables por introducir en el modelo HEC-RAS, se muestran a continuación en la tabla 1.

**Tabla 1 – Variables a incorporar al modelo HEC-RAS**

Datos Geométricos (Geometric Data)	Datos Flujo Permanente (Steady Flow Data)
Secciones transversales Coeficiente de rugosidad de Manning	Caudales (Para períodos de retorno 10, 25 y 50 años respectivamente) Pendiente del cauce

**Fuente:** Elaboración propia (2022)

Se modeló para una condición de flujo permanente para la que se asignan los diferentes caudales máximos obtenidos de la simulación hidrológica y se considera que los mismos son constantes a lo largo de todo el cauce.

El régimen de flujo que se utilizó para la modelación fue un flujo supercrítico, considerando que la onda de flujo tiene una propagación en una sola dirección, hacia aguas abajo. Los resultados del modelo hidráulico utilizando HEC-RAS se muestran en forma de mapas de inundación.

Utilizando la información de altura de agua para las diferentes secciones transversales, se procedió a crear los mapas de inundación para los diferentes períodos de retorno, los cuales se muestran en las imágenes 6.1, 6.2 y 6.3.



## Recopilación de información

Para poder llevar a cabo el estudio hidráulico y realizar el respectivo análisis de los datos, fue necesario recolectar información de fuentes fiables, las cuales se enuncian a continuación junto con su aporte a esta investigación:

- **Modelo de Elevación Digital (MDT) del cauce y zonas circundantes:** El levantamiento topográfico del cauce, fue proporcionado por el contratista del proyecto. Dicho levantamiento fue recibido en formato .DWG y de igual forma fueron facilitados los puntos del levantamiento realizado en formato .CSV. Posteriormente estas curvas fueron llevadas a formato .TIFF a través de las herramientas que nos proporciona los Sistemas de Información Geográfica (SIG). La topografía del cauce, así como el modelo de elevación digital se muestran en la figura 1, 2 y 3 respectivamente.

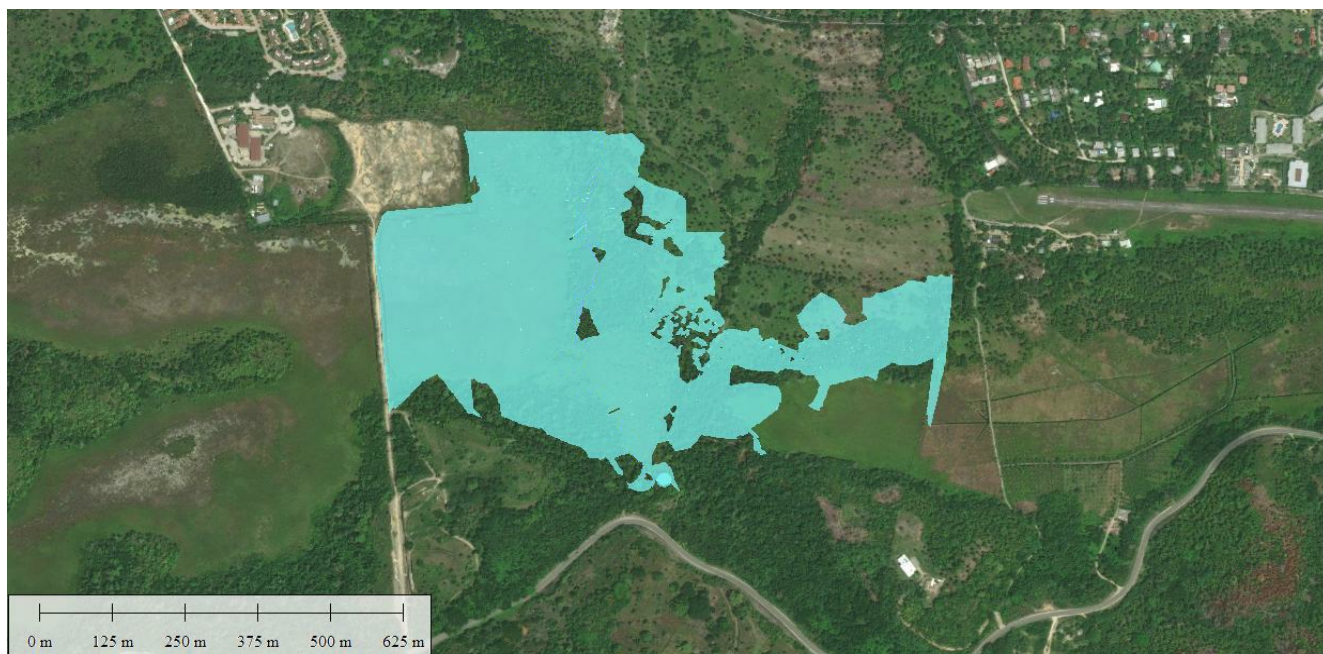


**Imagen No.6.1.** Niveles de inundación para el periodo de retorno de 10 años sobre la elevación 1.86 m.s.n.m





**Imagen No.6.2.** Niveles de inundación para el periodo de retorno de 25 años sobre la elevación 1.94 m.s.n.m.



**Imagen No.6. 3.** Niveles de inundación para el periodo de retorno de 50 años sobre la elevación 2.02 m.s.n.m

## 7. Recopilación información en Campo

En todo estudio hidrológico, para el desarrollo de un proyecto de construcción, en su primera fase, debe hacerse una visita al terreno con pobladores de la región, para tomar información del comportamiento de las precipitaciones y la altura de inundación que se presentó en épocas pasadas, dichos pobladores brindan una información bastante verídica de esto, estos datos son usados para la determinación de la cota de inundación y sirven de base para la elaboración del informe final de los estudios, pero esta información debe ser corroborada por los cálculos científicos de determinación de dichos resultados.

El día 30 de mayo del 2022, se realizó un recorrido, en los terrenos donde se desarrollará el proyecto BLU TERRENAS, con uno de los pobladores de la zona y trabajador de la finca donde se desarrollará el proyecto, (ver foto 7.1) , dicha persona atiende la finca colíndate y vive al lado del proyecto.



Cordenadas		Cota terreno	Cota inundacion
N (Y)	W (X)		
2136646.27	447056.59		2.01

- \* DATOS OFRECIDOS POR TOGRAFIA DEL PROYECTO
- \* COTAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Foto No.7.1. Poblador indicando altura de inundación



El día 15 de junio del 2022, se realizó un recorrido, en los terrenos donde se desarrollará el proyecto, BLU TERRENAS, con el Sr. Plutarco conocido por el sobre nombre o apodo Pelo fino, dicha persona es el administrador y encargado de la finca y terreno adquirido por BLU, para la construcción del proyecto.

Cito sus propias palabras "El agua nunca pasa más de la rodilla de una persona parada en terreno natural": se marcaron 5 puntos (enumerados), en un árbol de cada ubicacion. (ver fotos a continuación).



Foto No.7.2. Poblador indicando



Foto No.7.3. Marca indicada

Los resultados del levantamiento topográfico realizado en los puntos señalizados son:

UBICACION	CORDENADAS		COTA TERRENO	COTA INUNDACION
1			1.74	2.2
2			1.9	2.74
3			1.82	2.51
4			1.73	2.73
5			1.26	2.01

## 8. Conclusiones y Recomendaciones

- Después de estudiar y observar las características propias de con lo que cuenta la cuenca se presentaron los estudios apropiados para la obtención de la avenida máxima en el proyecto BLU TERREMAS, que fueron realizados por análisis de frecuencia de lluvias y modelos lluvia escurrentía, estos análisis fueron fundamentados en las características fisiográficas y precipitación máxima con el Atlas de lluvia de la Republica Dominicana y el clima con la estación más cercana a la zona del proyecto, con información de lluvia de alrededor de 40 años de datos.
- El hidrológico apoyado por el método utilizado para el caudal presente para el estudio hidráulico lo consideramos confiable, debido a que las huella dejadas por los drenajes en las diferentes márgenes corresponde según los habitantes de más de 25 años
- Como podemos observar la solución óptima que se aplicó en el estudio en cuestión, es el de adoptar como caudal de diseño 51.12 m<sup>3</sup>/s por un periodo de retorno de 50 años, obtenido con el estudio hidrológico.
- La cota de inundación del área de estudios para varios periodos de retornos:
  - para un periodo de 10 años, es de 1.86 m.s.n.m
  - para un periodo de 25 años es de 1.94 m.s.n.m
  - para un periodo de 50 años es de 2.02 m.s.n.m
- Se recomienda que toda construcción civil o estructuras de hormigón armado a ejecutar dentro de los límites de estudio, estén por encima de la cota 2.02 m.s.n.m



Ing. Manuel Casal Molina

Gerente PHISCANA SRL

Fecha: 7 de Julio del 2022