



ciudad de  
**buen  
corazOn**



***Programa de Adaptación Urbana al Cambio Climático  
Componente Honduras KW-AMDC***

# Apéndice B

**PROYECTO: KFW-079**

***Control Integrado de Inundaciones mediante Obras  
Hidráulicas en Col. Altos de Los Laureles  
Comayagüela, M.D.C.***

# INFORME DE ESTUDIO GEOLÓGICO / GEOTÉCNICO

KfW-079

**Proyecto:**

Control Integrado de Escorrentías Superficiales Mediante  
Canalización en Col. Altos de Los Laureles, Comayagüela,  
M.D.C

**Responsable:**

Fernando Miguel Carias



Mayo 2023

1. Introducción.....	2
2. Trabajo de Gabinete .....	2
3. Trabajo de campo .....	4
4. Observaciones de campo .....	11
5. Conclusiones.....	12
6. Recomendaciones .....	13
7. Referencias .....	14
8. Aviso legal .....	14

# INFORME

## 1. Introducción

El proceso desordenado y a veces caótico del acelerado crecimiento demográfico durante las últimas décadas de la Capital de la República, ha traído consigo una modificación intensa en el uso del suelo y una masiva concentración de asentamientos humanos en terrenos marginales tales como zonas de topografía escarpadas y llanuras de inundación. El desarrollo de núcleos sociales en estas áreas ha dado lugar a una crisis social y ambiental convirtiendo estas franjas con niveles de amenaza alta y por consiguiente permanente y eventual riesgo, donde son frecuentes los procesos de erosión y remoción de masa de pequeña magnitud con caídas de rocas, deslizamientos, flujos de tierra e inundaciones.

La Capital de la República se encuentra ubicada en un graben (fosa tectónica), donde se caracterizan por formaciones Grupo Valle de Angeles, Grupo Padre Miguel, Cuaternario, estas en algunas zonas están cubiertas discordantemente por depósitos de ladera, terrazas aluviales, depósitos coluviales presenta una diversidad morfológica entre escarpada y plana están destacadas por ríos y quebradas que cruzan la mayoría de las colonias y barrios de la Capital.

Las cuencas y cuerpos de agua presentan un alto grado de intervención humana, erosión, deforestación e inestabilidad de sus márgenes; los fenómenos de remoción que se presentan en las riberas se ven favorecidos por la disposición de botadores de basura y desechos de construcción. La creación de diversas Colonias en vía de desarrollo ha sido de una manera desordenada generando problemas de inestabilidad los cuales se transforman en constantes cambios morfológicos variaciones en las condiciones locales de estabilidad en tiempos cortos y aumento en los niveles de vulnerabilidad y riesgo.

Efectos antrópicos como detonante de deslizamientos son múltiples y van desde el simple hecho de pararse en un lugar muy susceptible (sobrecarga), hasta la exposición intensa y extensiva de recursos naturales deforestación, construcción de rellenos, cortes de talud y excavación, los cuales producen deterioro al medio físico por la presencia de liberación de esfuerzos del suelo, infiltraciones aumento de los niveles piezométricos y presiones hidrostáticas, sobre carga y modificaciones del drenaje o correderos naturales.

## 2. Trabajo de Gabinete

Estas actividades se realizan al inicio de la caracterización y que son ineludibles e imprescindibles en la preparación previa al trabajo de campo que consiste básicamente, en el análisis y revisión de la información del área de intervención, revisión de mapas geológicos, cartográficos, fotografías aéreas, imágenes satelitales.

En los cuales se establecen criterios técnicos para la consulta y verificación de información que se realizaran posteriormente en campo, con una correlación de datos geológicos con geotécnicos, geoquímicos y geomecánicas, así como las amenazas presentes en el área a intervenir consultando y apoyándonos del Portal de la **AMDC**, en la dirección electrónica, <https://amdc.giscloud.com>, mapa geológico Instituto Geográfico Nacional (**IGN**) a escala 1:50,000, mapa geológico de la Empresa Italiana Lotti a escala 1:10,000, mapa topográfico, capas (Shape) del Sistema Nacional de Información Territorial (**SINIT**), los cuales comprenden los mapas de deslizamientos, movimiento de laderas, susceptibilidad y amenaza.

Así mismo se utilizan las siguientes páginas electrónicas para transformar las unidades de medida:

- <https://prevodyonline.eu/es/presi%C3%B3n/>
- <https://es.buildingclub.info/calculator/kn-m3-to-kg-m3/>

[https://www.google.com/search?q=convertir+de++kg%2Fcm2+a+kpa&sca\\_esv=59bcec2abd4eef4d&rlz=1C1ALOY\\_esHN1049HN1049&sxsrf=ACQVn09WKqwnQecEfluUXIT7\\_Hi0Gbfkcw%3A1708985142118&ei=NgvdZbriBtWMwbkPkcSOWA&ved=0ahUKewi61cnigcqEAxVVRiABHRGiAwsQ4dUDCBA&og=convertir+de++kg%2Fcm2+a+kpa&gs\\_l=Eqxnd3Mtd2l6LXNlcnAiGmNvbnZlcnRpciBkZSAga2cvY20ylGEga3BhSABQAFqAcAB4AZABAjgBAKABAKoBALgBDMgBAJgCAKACAjgDAJLHAA&scient=qws-wiz-serp](https://www.google.com/search?q=convertir+de++kg%2Fcm2+a+kpa&sca_esv=59bcec2abd4eef4d&rlz=1C1ALOY_esHN1049HN1049&sxsrf=ACQVn09WKqwnQecEfluUXIT7_Hi0Gbfkcw%3A1708985142118&ei=NgvdZbriBtWMwbkPkcSOWA&ved=0ahUKewi61cnigcqEAxVVRiABHRGiAwsQ4dUDCBA&og=convertir+de++kg%2Fcm2+a+kpa&gs_l=Eqxnd3Mtd2l6LXNlcnAiGmNvbnZlcnRpciBkZSAga2cvY20ylGEga3BhSABQAFqAcAB4AZABAjgBAKABAKoBALgBDMgBAJgCAKACAjgDAJLHAA&scient=qws-wiz-serp)

Se puede observar que la susceptibilidad de deslizamientos, en dicho mapa se puede observar que la cataloga en casi su totalidad como media (naranja),

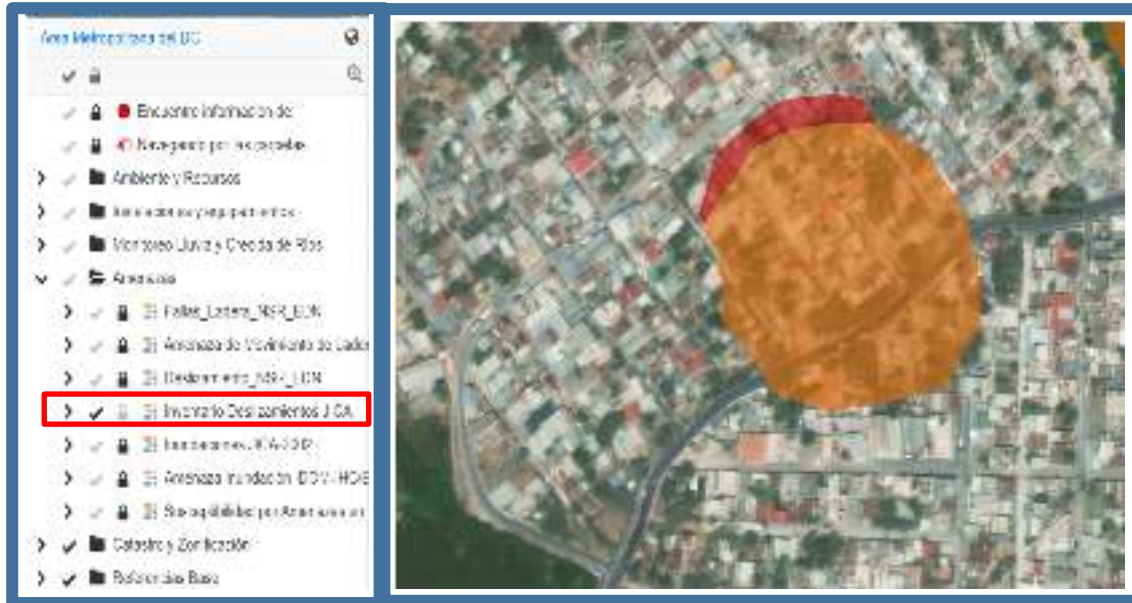


Figura 1: Mapa Inventario Deslizamiento JICA, representado en color rojo escarpe, color naranja deslizamiento, sin embargo, no hay indicios de deslizamiento en el área de intervención (<https://amdc.giscloud.com/>)



Figura 2: Mapa Supectibilidad por Amenazas en D.C. Representado en color rojo. (<https://amdc.giscloud.com/>)



**Figura 4:** Mapa del área Intervención Colonia Altos de Los Laureles (canalización de escorrentías superficiales)

### 3. Trabajo de campo

Tras la visita de campo recopilación de datos en terreno (in situ), por observaciones y mediciones directas, describiendo y proporcionando descripciones detalladas de las rocas minerales, cristales, sedimentos y sus relaciones, recolectando muestras para analizar. Solicitando se realicen pruebas o ensayos en el laboratorio para obtener los valores y unidades geotécnicas en relación con las obras propuestas.

Estos datos geológicos/geotécnicos deben ser cuantificables y susceptibles de ser modelizados y nos, servirán para conocer los problemas del terreno y el comportamiento de los suelos y rocas, para las diferentes obras civiles propuestas, con un enfoque orientado a la reducción del riesgo en los asentamientos urbanos más vulnerables del distrito Central. se precisan datos.

En primer lugar, por su mayor importancia, estarían los riesgos geológicos, cuya incidencia puede afectar a la seguridad o la viabilidad del proyecto. En segundo lugar, están todos aquellos factores geológicos cuya presencia condicione técnica o económicamente la obra.

Dentro de la clasificación de suelos encontramos el **Grupo Padre Miguel (Tpm)**, conformado por tobas riolíticas la litología del área a intervenir corresponde a ignimbrita no soldada con abundantes fragmentos líticos de textura y composición diversa, fragmento de pómez dispersos de pequeño tamaño y abundante matriz cinética de color amarillo claro. Los afloramientos típicos de estas rocas corresponden a paquetes de relativa potencia de roca masiva, sin diaclasas o poco diaclasadas.

**Que es una Toba:** Es una roca volcano-sedimentaria que se forma a partir de productos de erupciones volcánicas explosiva. En este tipo de erupciones, el volcán arroja rocas, cenizas, magma y otros materiales de su cráter.

**Que significa Ignimbrita:** Su nombre deriva de dos voces latinas; *ignis*, "fuego", e *imber*, "lluvia", es una roca volcánica formada por la unión o consolidación de finos depósitos de cenizas volcánicas y nubes ardientes, durante enormes explosiones de material piroclástico.

Como se forman las Ignimbritas debido a flujos piroclásticos de alta temperatura que se van acumulando y compactando por su propio peso antes del enfriamiento. La disolución de los volátiles de los piroclastos después del emplazamiento puede alterar la masa de suelo circundante y generar vesículas.

**Minerales Esenciales:** Plagioclasa, Hornblenda, Piroxeno.

**Minerales Accesorios:** Olivino, Biotita, Cua.



**Figura 5:** Mapa de la Obra a realizar en la Colonia Altos de Los Laureles  
Fuente: Mapa Geológico Instituto Nacional Geográfico (ING)/SINIT



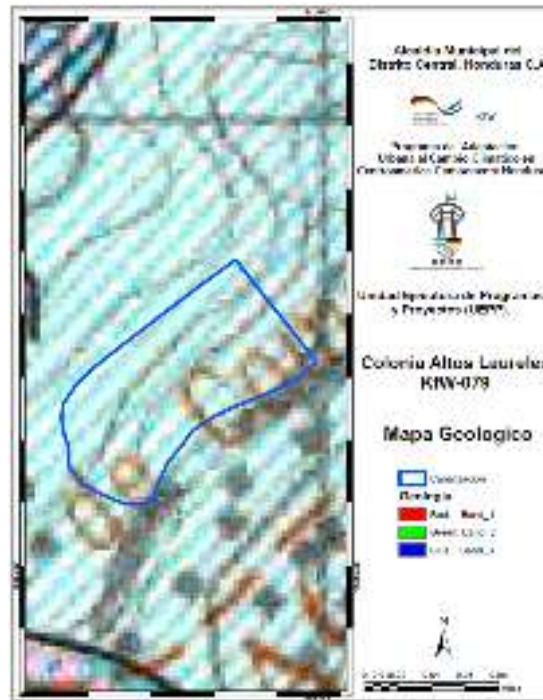
**Figura 6:** Mapa del área Intervención Colonia Altos de los Laureles con la orientación del deslizamiento color amarillo dirección flechas rojas.

Landslides type B y su Orientación: Aunque se observan los rasgos topográficos de deslizamiento típico, se juzga que no hubo movimiento en años recientes. (El precipicio de deslizamiento o grietas laterales están cubierta por vegetación). Aunque no hubo rasgos topográficos de deslizamiento típico (Fuente JICA. Estudio sobre el control de inundaciones y prevención de deslizamientos de tierra en el área metropolitana de Tegucigalpa de la República de Honduras Informe Final. Mayo 2020)



**Figura 7:** Mapa del área Intervención Colonia Altos de los Laureles con la orientación del deslizamiento color amarillo, color naranja deslizamiento y color rojo escarpe.





**Figura 8: Figura 6:** Mapa geológico de la zona a intervenir donde encontramos Grupo Padre Miguel (Tpm).  
 Fuente: Mapa Geológico Instituto Nacional Geográfico (ING).  
 Fuente SINIT

Los procesos formadores de rocas y ambientes en los que ocurren tales procesos quedan impresos en las rocas, dándoles características distintivas. Estas características distintivas pueden ser: su tipo litológico, sus estructuras primarias, su contenido fosilífero.



Todas las rocas formadas en el mismo ambiente tienen similares características, de tal forma que si los depósitos de un cierto ambiente se preservan y no se erosionan y el ambiente existe durante un cierto tiempo, se tendrá como producto geológico un cuerpo de roca tridimensional todo él con características similares tan extenso lateralmente como haya sido extenso el ambiente en el que se formó y tan extenso verticalmente como haya durado el ambiente.

Simbología		
Falla Normal		El material se desplazó en la dirección de la flecha y se formó un graben o un horst.
Falla Inversa		El material se desplazó en la dirección opuesta a la flecha y se formó un horst o un graben.
Falla normal, inversa, mixta		El material se desplazó en la dirección de la flecha y se formó un graben o un horst.
Contacto entre formaciones		Indica el contacto entre dos formaciones geológicas.
Maridaje y estado de aguas		Indica el maridaje y el estado de las aguas.
Ángulo		Indica el ángulo de inclinación de una formación geológica.
Sinclinal		Indica un pliegue sinclinal.
Darbamiento/Seca		Indica un darbamiento o seca.
Diente		Indica un diente.
Flecha		Indica una flecha.
Escarpe		Indica un escarpe.
Darbamiento		Indica un darbamiento.

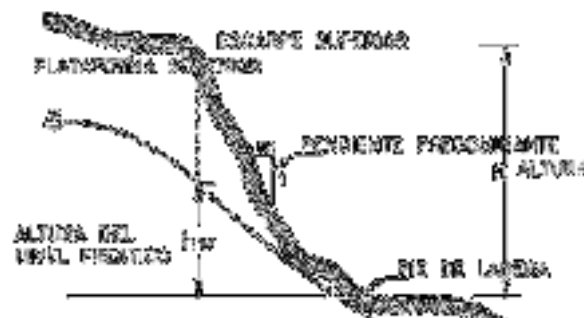
Figura 7: Se presenta Tiempo Geológico, Unidades Estratigráficas y la Simbología del Mapa Geológico

### Diferencias entre Talud y La ladera.

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que posee pendiente o cambios de altura significativos.

### Las laderas:

Han permanecido estables por muchos años pueden fallar en forma imprevista debido a cambios topográficos, sismicidad, flujos de agua subterránea, cambios en la resistencia del suelo, meteorización o factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad.

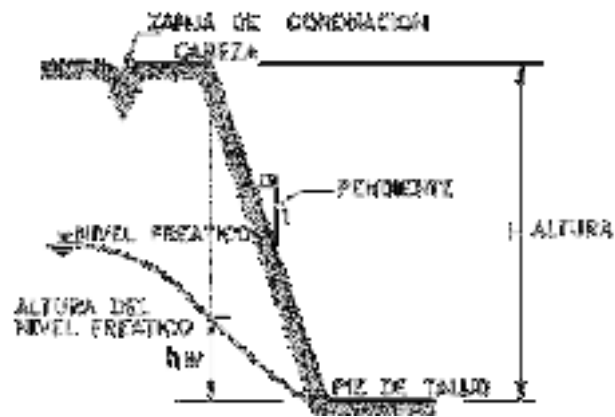


## Los taludes:

Es una pendiente que registra el paramento de un muro o superficie. Este elemento permite que el muro resista la presión ejercitada por la tierra detrás de él.

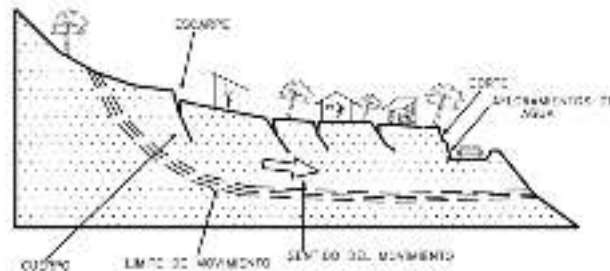
Se pueden agrupar en tres categorías generales:

- Los terraplenes
- Los cortes de laderas naturales
- Los muros de contención



## Deslizamiento

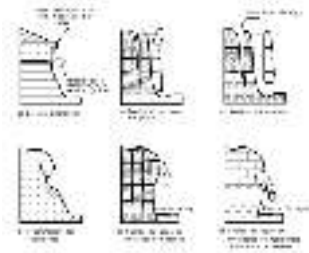
Este movimiento consiste en un desplazamiento de corte a lo largo de una o varias superficies, que pueden detectarse fácilmente o dentro de una zona relativamente delgada.



## Clasificación de movimientos de masa:

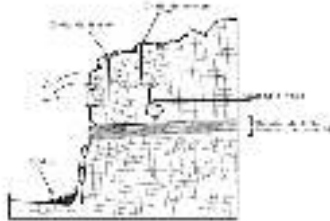
### Caído

En los caídos una masa de cualquier tamaño se desprende de un talud de pendiente fuerte, a lo largo de una superficie, en la cual ocurre ningún o muy poco desplazamiento de corte y desciende principalmente, a través del aire por caída libre, a saltos o rodando.



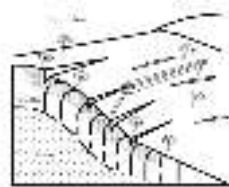
### Inclinación o volteo

Este tipo de movimiento consiste en una rotación hacia adelante de una unidad o unidades de material térreo con centro de giro por debajo del centro de gravedad de la unidad y generalmente, ocurren en las formaciones rocosas.



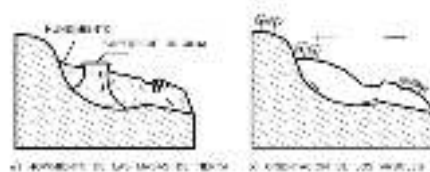
### Reptación

La reptación consiste en movimientos muy lentos a extremadamente lentos del suelo subsuperficial sin una superficie de falla definida.



### Deslizamiento Rotacional

En un deslizamiento rotacional la superficie de falla es formada por una curva cuyo centro de giro se encuentra por encima del centro de gravedad del cuerpo del movimiento.



Se muestra el mapa sísmico de Honduras donde puede observarse que el sitio del proyecto puede llegar a padecer aceleraciones entre 0.20 y 0.25, pero del lado conservador el Código Hondureño de Construcción (CHOC), recomienda utilizar un coeficiente sísmico de 0.25 para

Simbología del Mapa de acuerdo a la Ordenanza Alcaldía del Municipio del Distrito Central

Inundaciones	Movimientos de ladera	Regulaciones del uso del territorio
Alta amenaza de inundaciones	Alta amenaza movimiento de ladera	Zona de prohibición, no apta para la instalación, expansión o densificación de asentamientos humanos. Áreas ya edificadas deben ser reducidas a largo plazo, o protegidas con obras de protección, sistemas de alerta temprana y evacuación temporal.
Media amenaza de inundaciones	Media amenaza de movimiento de ladera	Zona de restricción. Se debe analizar si las construcciones existentes cumplen con las reglas y normas o si deben ser reforzadas, prohibidas o desahucadas y reubicadas. Se deben realizar análisis para definir si es posible o no el uso de estas zonas.
	Alta susceptibilidad de movimiento de ladera	
	Media susceptibilidad de movimiento de ladera	Zona de reglamentación, en la cual se puede permitir la expansión y densificación de asentamientos humanos, siempre y cuando existan y se respeten reglas de ocupación del suelo y normas de construcción apropiadas. Construcciones existentes que no cumplen con las reglas y normas deben ser reforzadas, prohibidas o desahucadas y reubicadas.
Baja amenaza de inundaciones	Baja susceptibilidad de movimiento de ladera	Zona de sensibilización, apta para asentamientos humanos, en la cual la población debe ser sensibilizada ante la existencia de amenazas moderadas y poco probables, para que conozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas ante éstas.

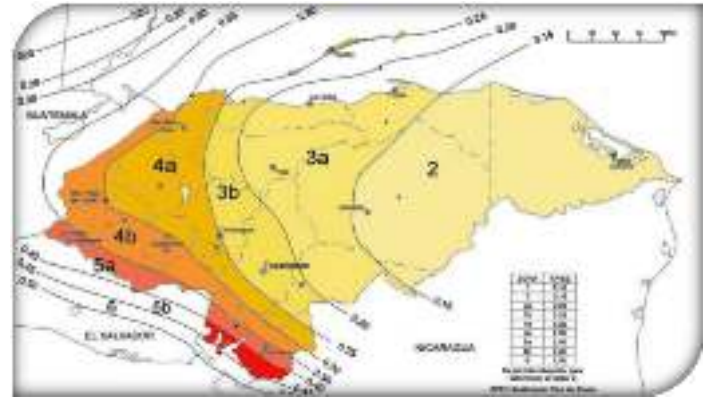


Figura 8: Mapa de Iso-aceleraciones que forma parte del Código de Construcción manejado por el Colegio de Ingenieros Civiles de Honduras CICH; 2014

#### 4. Observaciones de campo

La Colonia Altos de los Laureles se encuentra ubicada al noroeste a sureste, presentando una pendiente media aproximada es de 49.62%.

En la actualidad no se han observado indicios de inestabilidad de ladera en el área visitada, ni indicio de actividad que afecte a la zona de interés, en conversaciones sostenidas con los vecinos. Sólo han hecho referencia a la incidencia de la escorrentía superficial que afecta las casas ubicadas en la zona baja de la colonia y evacua finalmente a la quebrada del Hoyo.

1. Debido a la fuerte pendiente cunetas provocando que cuando se precipite el agua lluvia cambie su curso y baje con mayor fuerza y velocidad afectando las viviendas que se encuentran en zona baja de la colonia.
2. Así mismo estas escorrentías superficiales provocan erosión e inestabilidad del terreno natural los cuales presenta alteraciones medias y bajas.

## 5. Conclusiones

1. Tomando en consideración lo anterior las obras finalmente propuestas para estos sectores tienen como objetivo proteger y evitar la evolución de los fenómenos erosivos que perjudiquen las viviendas construidas en la parte de más baja pendiente.
2. El riesgo existente es que la escorrentía superficial de la parte superior de la colonia erosione algunos taludes, pueda provocar arrastre de material orgánico e inorgánico afectando la calidad de vida de los habitantes de la zona baja.
3. En la Colonia Altos de los Laureles, sitio que posee carga urbanística alta se puede observar que algunas sus cunetas no tienen la capacidad hidráulica para evacuar en forma adecuada los flujos de agua superficial.

Por lo que se deben tomar muy en cuenta, los factores geológicos son la causa de la mayoría de los problemas geotécnicos, así como el agua es uno de los factores de mayor incidencia en el comportamiento geotécnico de los materiales.

Los procesos geológicos pueden modificar el comportamiento de los materiales y ocasionar problemas geotécnicos. Previendo que se presenten problemas geotécnicos implicaría la adopción de soluciones en general más costosas, como, por ejemplo: cimentar a mayor profundidad por insuficiencia de capacidad portante del terreno en cotas superficiales, e incluso la modificación del proyecto o el cambio de emplazamiento, según el alcance de los citados problemas.

Por el contrario, unas condiciones geotécnicas favorables proporcionan no solo una mayor seguridad a las obras, sino un desarrollo de estas sin imprevistos, lo que influye significativamente en los costes y plazos de la obra.

- Ausencia de procesos geológicos activos que representen riesgos inaceptables al proyecto.
- Adecuada capacidad portante del terreno para la cimentación de estructuras.
- Suficiente resistencia de los materiales para mantener su estabilidad en excavaciones superficiales o subterráneas.
- Disponibilidad de materiales para la construcción de obras de tierra.
- Estanqueidad de las formaciones geológicas para almacenar agua o residuos sólidos o líquidos.
- Facilidad de extracción de materiales para su excavación

Establecida la relación entre los factores geológicos y los problemas geotécnicos las diferencias entre condiciones geotécnicas favorables y desfavorables, resulta evidente que en todo estudio geotécnico es necesario partir del conocimiento geológico, interpretando la geología para determinar y predecir el comportamiento del terreno.

## 6. Recomendaciones

1. Para la mejor evacuación de la escorrentía superficial segura se podría realizar un disipador de energía (escalonado, revestimiento de concreto), con el objetivo de reducir la energía cinética del flujo, expresada en altas velocidades.
2. Una canalización controlada del agua dirigiéndola hacia las cunetas de esta manera poder evitar las inundaciones y daños a las viviendas de la zona baja, así mismo concientizar a la población de la limpieza de estas de una manera periódica mantenimiento y conservación de estas.
3. Realizar un estudio de laboratorio de esta manera conocer y determinar las características geotécnicas de los materiales encontrados en el sitio.

\*Dado que las obras proyectadas son cunetas, se ha considerado que no son necesarias realizar pruebas geotécnicas en el material, otorgándole los valores que se encuentran en la bibliografía especializada.

En el caso de necesitarse unos valores geotécnicos orientativos de los materiales de la zona, se recomiendan tomar los que se presentan en la tabla siguiente, los cuales han sido extraídos de la bibliografía especializada.

Estos datos son considerando una roca sana:

Para los parámetros geotécnicos que se pueden considerar son los siguientes, para Ignimbritas se pueden considerar los siguientes valores:

Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Permeabilidad	Resistencia a compresión simple (KPa)	Resistencia a la tracción (KPa)	Cohesión, c (KPa)	E (KPa)	$\nu$
1.9 – 2.3	14 - 40	$10^{-7} - 10^{-12}$	100 – 460	10 – 40	7	0.3 – 7.6	0.24 – 0.29

- a)  $\Phi$ : 35°
- b) Cohesión: 0 KPa
- c) Densidad: 17-20 KN/m<sup>3</sup>

Como valor para la capacidad soportante el terreno, siempre que se apoyen las estructuras sobre la roca sana, se puede considerar de un valor de 294 KPa.

## 7. Referencias

- Das, B. M. (2015). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México: Cengage Learning.
- Duran, J. I. (2021). El Terreno y Estudio Geotécnico. España: Torre Girona.
- Harvey, J. (1987). Geología para Ingenieros Geotécnico. Mexico: Limusa.
- INGARAMO, O., PAZ FERREIRO, J., & MIRÁS AVALOS, J. &. (2007). Caracterización de las propiedades generales del suelo . Coruña: Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe.
- Karrow, R. F. (1986). Geología aplicada a la Ingeniería. Mexico.
- Peck, K. T. (1973). Mecanica de Suelos en la Ingenieria Practica. Barcelona: El Ateneo S.A.
- Rodriguez, E. J. (1973). Fundamentos de Mecánica de Suelos Tomo I, II, III. Mexico: Limusa.
- Sowers, G. B. (1972). Introduccion a la Mecanica de Suelos. Mexico: Limusa-Wiley, S.A.
- Vallejo, L. I. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid.
- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). El estudio sobre el control de inundaciones y prevención de deslizamientos de tierra en el área metropolitana de Tegucigalpa de la República de Honduras. (Informe final resumen).

## 8. Aviso legal

El contenido de este documento está exclusivamente previsto para el uso de la Alcaldía Municipal del Distrito Central (AMDC), Cooperación Alemana (KfW), elaborado por la Unidad Ejecutora de Proyectos (UEPP) y otros destinatarios contractualmente denominados.

La disponibilidad para terceros de este contenido, parcial o total, debe ser aprobada por la AMDC, UEPP/KfW, no se hace responsable ante terceros respecto a la fiabilidad, integridad o exactitud del contenido.



# INFORME ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

COLONIA ALTOS LOS  
LAURELES

**Responsables:**  
Ing. Dago Brizuela  
MARZO / 2023

## Contenido

Memoria técnica de estudio hidrológico y dimensionamiento hidráulico .....	3
1. Introducción .....	3
2. Ubicación del Proyecto .....	3
3. Caracterización Climática de la Zona .....	4
4. Metodología .....	6
4.1. Análisis hidrológico.....	6
4.2. Análisis y dimensionamiento hidráulico .....	12
5. Resultados del Estudio Hidrológico – Hidráulico .....	13
5.1. Cálculos hidrológicos .....	13
5.2. Cálculos hidráulicos .....	14
6. Conclusiones .....	22
7. Recomendaciones .....	22
8. Referencias.....	23

## **Memoria técnica de estudio hidrológico y dimensionamiento hidráulico**

### **1. Introducción**

El presente informe describe de forma resumida, la metodología empleada en este estudio y presenta los resultados obtenidos a partir del análisis hidrológico-hidráulico de las obras de mitigación a ser construidas en las colonias Altos de los Laureles, ubicada en el Municipio del Distrito Central en el departamento de Francisco Morazán. El estudio hidrológico y posterior dimensionamiento hidráulico de estas estructuras de drenaje forma parte de las obras adicionales a desarrollarse en el marco del proyecto de “Adaptación Urbana al cambio climático en Centroamérica - componente Honduras”.

El estudio completo incluye una visita inicial de reconocimiento, levantamientos topográficos tanto del cauce de quebradas, como de georreferenciación de estructuras existentes, así como también la inspección visual de las mismas con el objetivo de evaluar, de manera preliminar, su estado y funcionamiento. De manera adicional, el estudio incorpora un análisis detallado de las características morfométricas y comportamiento hidrológico de las cuencas de aporte, además de la valoración de las condiciones climáticas del sitio a fin de determinar los caudales de diseño. Finalmente, haciendo uso de dichos valores de caudal, se procedió a revisar la capacidad hidráulica de las obras de drenaje existente y se dimensionaron las cunetas nuevas.

Para llevar a cabo el análisis hidrológico se ha implementado la metodología y lineamientos de diseño propuestos en el Manual de referencias hidrológicas del FHIS. Dicho análisis ha sido posible mediante la aplicación de herramientas informáticas de análisis espacial e hidrológico como ser ArcGIS. Para el análisis hidráulico se han implementado los lineamientos establecidos en el manual de carretas de SOPTRAVI, Tomo 6, así como también las pautas propuestas en el recientemente publicado “Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centro América”, del SIECA. Al igual que en el caso del análisis hidrológico, para la parte hidráulica también se han empleado una hoja de cálculo de Excel para el diseño de canales rectangulares.

### **2. Ubicación del Proyecto**

La colonia Altos de los Laureles, se encuentra ubicada al suroeste de la Ciudad de Comayagüela, limitan al Norte con la San Buenaventura y Altos de San Francisco, al sur con Villa Los Laureles, al este con Santa Eduvigis y Pueblo Nuevo.

La zona de visita del proyecto se ubica en las coordenadas UTM: 474850.42 m E 1556029.93 m N, a continuación, mapa temático del sitio del proyecto.

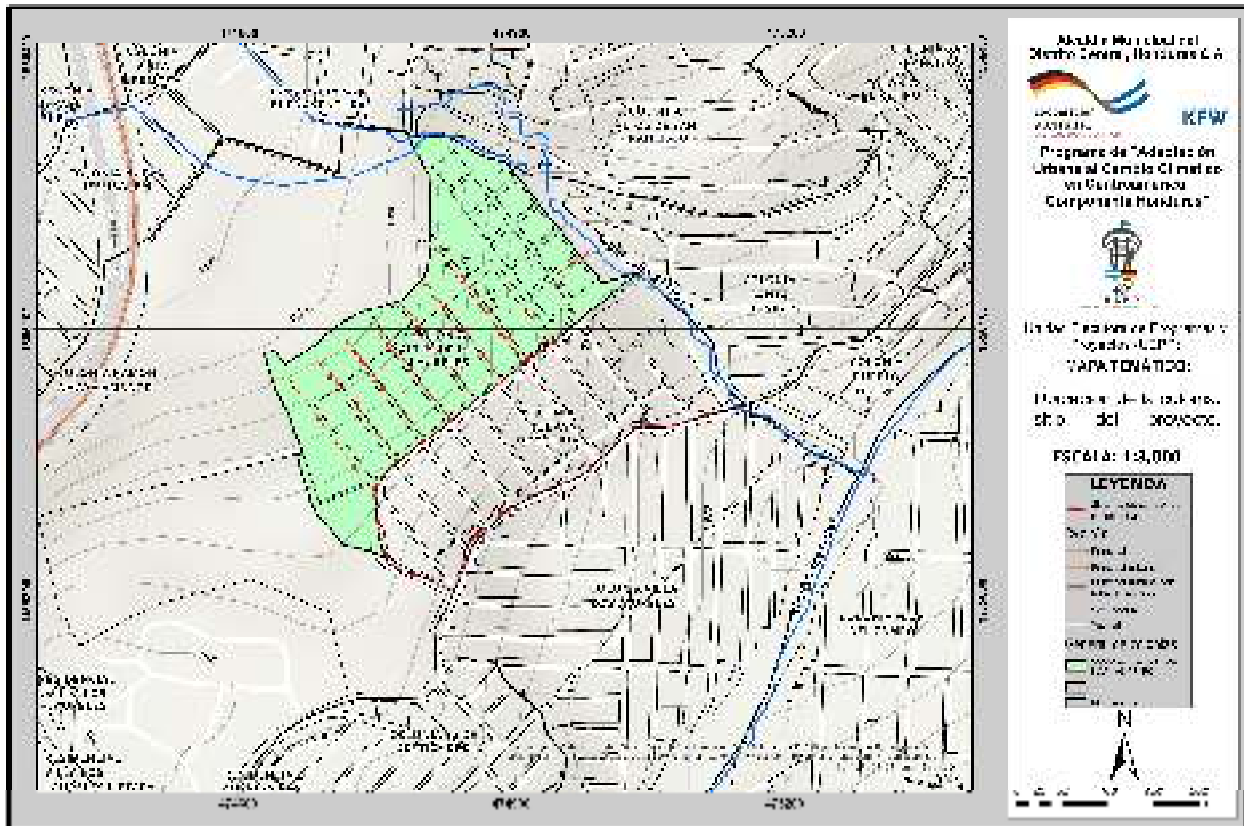


Ilustración 1. Mapa de Ubicación del sitio del Proyecto

### 3. Caracterización Climática de la Zona

Con el propósito de complementar la información climatológica para obtener un mejor panorama de los aportes pluviales de las superficies de aportación, se ha recurrido a los registros pluviales de la Estación Climatológica Tegucigalpa, localizada en Aeropuerto Internacional de Toncontín, con el propósito de realizar una estimación indirecta de la crecida de la corriente, asociada a períodos de retorno que se detallarán posteriormente.

A continuación, a través de la siguiente ilustración, se detalla la ubicación de la Estación Climatológica Tegucigalpa, localizada en el Aeropuerto Internacional de Toncontín y a una distancia aproximada de 2.3 kilómetros del área de análisis del proyecto:

La estación está ubicada en las coordenadas UTM WGS84 476308m E y 1554124m N. Se ha seleccionado dicha estación ya que, además de ser la más cercana, a unos 2,300 m (dada la baja densidad de estaciones en el país), proporciona series de datos históricos extensas, confiables y representativas del clima de la zona.

En la ilustración 2 se muestra la ubicación de la estación empleada para el análisis climático de precipitación. En cuanto a la caracterización de otras variables climáticas no se cuenta, lastimosamente, con dicha información.



## 4. Metodología

### 4.1. Análisis hidrológico

El primer paso para la estimación del aporte de escorrentía superficial es la determinación de las características morfométricas de las cuencas hidrográficas. Para ello es necesario delimitar el área de drenaje de las cuencas y calcular diferentes parámetros físicos de la misma: área, perímetro y pendiente media de la cuenca, longitud y pendiente media del cauce principal. Esto se ha realizado haciendo uso de las hojas cartográficas WGS1984\_1628 (en su formato digital en escala 1:50000 y 1:12500), proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional, un MDE con una resolución de 1.5 m y con el apoyo del software ArcGIS Pro 3.0.2.

#### 4.1.1. Delimitación de las cuencas

Las cuencas aportantes para el diseño del proyecto se reflejan en la ilustración 4. En total son 8 cuencas locales (para los callejones) para drenaje menor en la zona de estudio y 3 cuencas globales para el drenaje mayor.

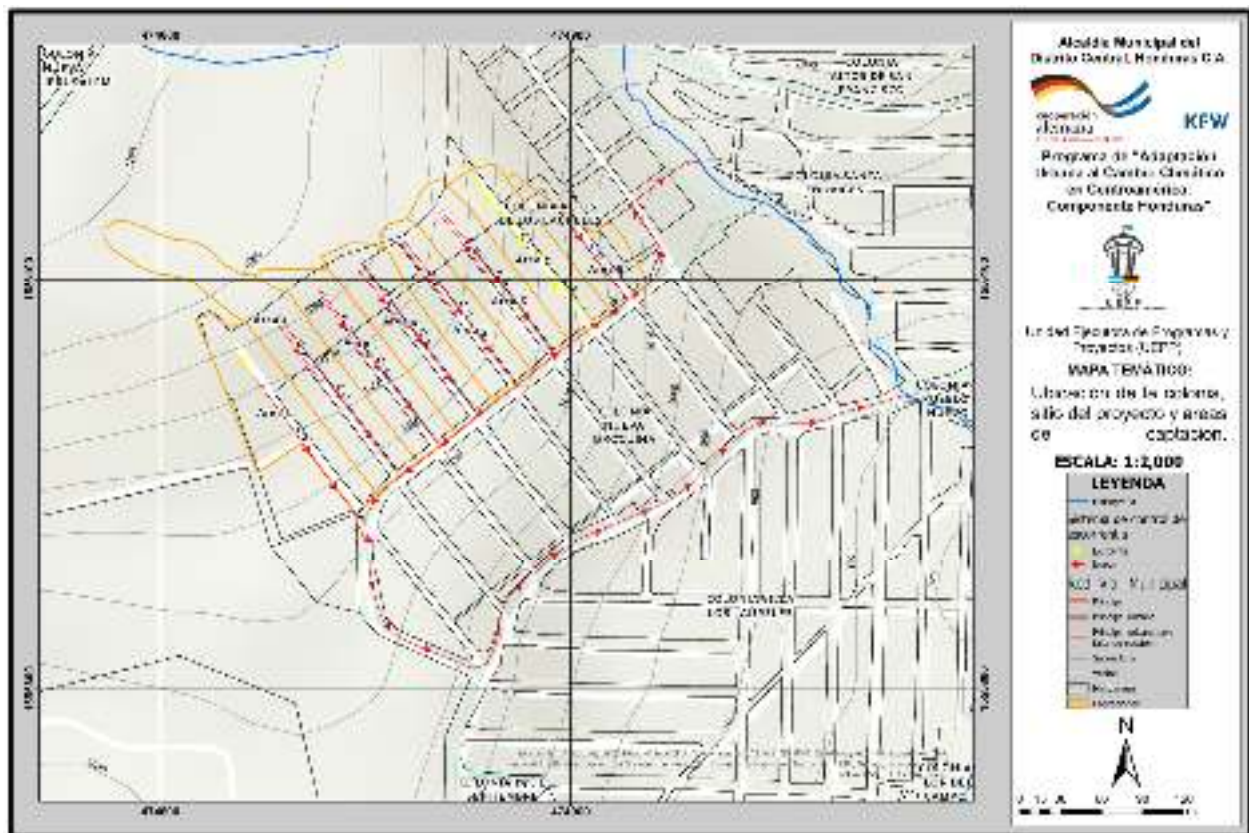


Ilustración 4. Mapa de cuencas tributarias para el sistema de drenaje local.

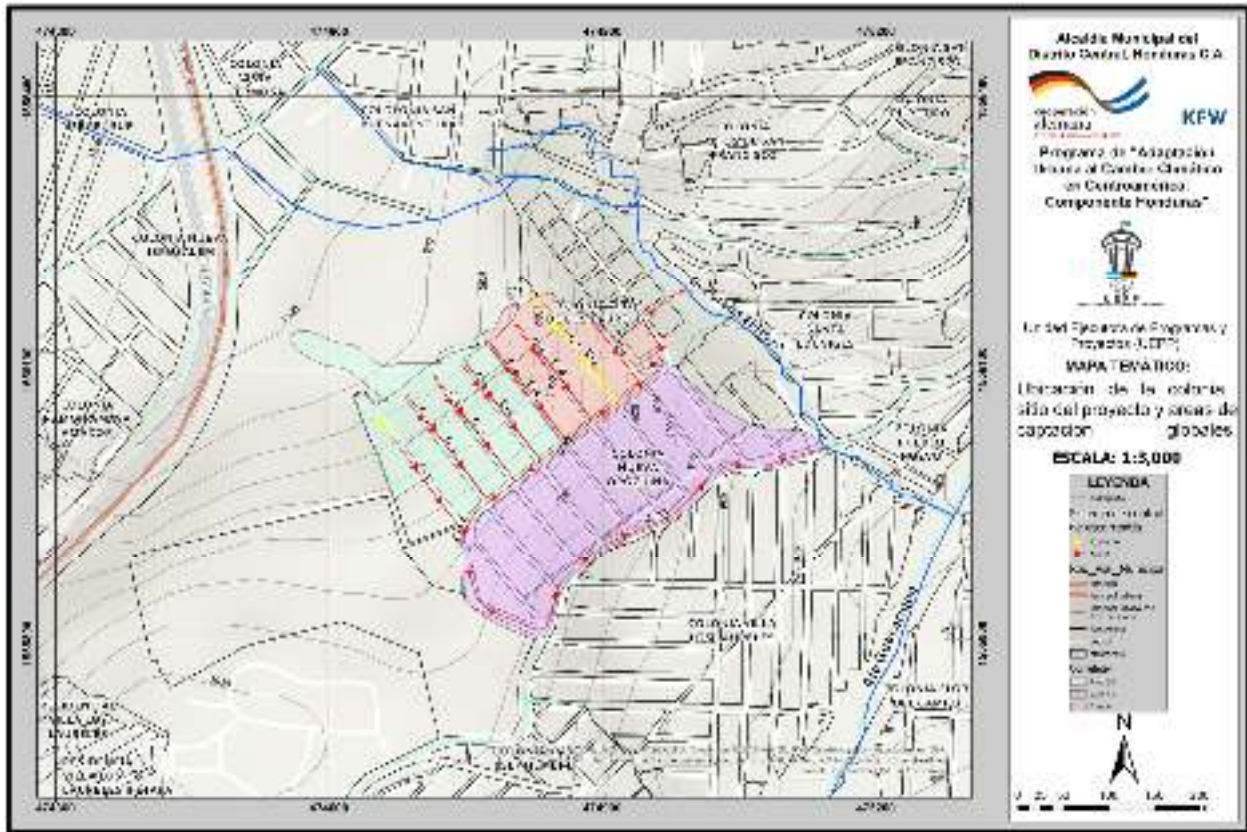


Ilustración 5. Mapa de cuencas tributarias para el sistema de drenaje global.

#### 4.1.2. Parámetros morfométricos de las cuencas

La estimación de los parámetros morfométricos más importantes se ha llevado mediante el software ArcGIS Pro 3.0.2 y una hoja de cálculo en Excel. Los parámetros determinados para cada cuenca son: área de la cuenca, perímetro de la cuenca, longitud del cauce más largo, pendiente del cauce principal y tiempo de concentración, entre otros. Estos parámetros se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1. Parámetros morfométricos de la cuenca en estudio

Nombre	Perímetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Longitud de Canal (m)	Pendiente (m/m)
Cuenca 1	443.12	6,188.1	133.3	0.213
Cuenca 2	632.02	9,381.7	148.1	0.299
Cuenca 3	428.84	6,007.1	145.7	0.279
Cuenca 4	386.49	5,818.9	136.7	0.295
Cuenca 5	355.19	5,042.7	135.5	0.314
Cuenca 6	374.19	5,544.2	136.2	0.320
Cuenca 7	361.17	5,184.9	63.3	0.281
Cuenca 8	309.95	3,226.1	86.9	0.271
Cuenca 9	575.00	18,100.9	255.5	0.040

Cuenca 10	966.83	30,706.1	300.8	0.094
Cuenca 11	1,748.21	76,398.5	400.3	0.121

#### 4.1.3. Tiempo de concentración

Para la estimación de los tiempos de concentración, la literatura sugiere diversas metodologías que en la actualidad continúan siendo tema de debate sobre la expresión idónea. Sin embargo, para este estudio, hemos considerado apropiadas las relaciones desarrolladas por Z. P. Kirpich (Kirpich, 1940), por tratarse de pequeñas áreas de drenaje, asociando pendientes ponderadas y la longitud de recorrido de cada corriente por unidad hidrológica.

La totalidad de los recorridos de las corrientes contempló la separación de los tiempos de concentración en diversos tramos, con gradientes energéticos similares y finalmente adicionando los resultados. A su vez, esta separación facilitó el calcular la pendiente media de la corriente principal a través de una ponderación de sus segmentos.

Los resultados de la estimación del tiempo de concentración hasta el control de cada corriente son proporcionados a través de la siguiente tabla:

Tabla 2: Tiempos de concentración para cada una de las cuencas de aporte.

Nombre	Área (m <sup>2</sup> )	Tc (min)
Cuenca 1	6,188.1	5
Cuenca 2	9,381.7	5
Cuenca 3	6,007.1	5
Cuenca 4	5,818.9	5
Cuenca 5	5,042.7	5
Cuenca 6	5,544.2	5
Cuenca 7	5,184.9	5
Cuenca 8	3,226.1	5
Cuenca 9	18,100.9	5
Cuenca 10	30,706.1	5
Cuenca 11	76,398.5	5

#### 4.1.4. Coeficiente de Escorrentía de los suelos

Se ha decidido emplear un coeficiente de escorrentía exclusivo para cada una de las cuencas considerando su pendiente y las características de la superficie de esta, observadas mediante imágenes satelitales. Para la selección de este coeficiente se apoya en la tabla obtenida del manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial de Centroamérica (Edición 2016).



MANUAL DE CONSIDERACIONES TÉCNICAS HIDROLÓGICAS E HIDRÁULICAS PARA LA INFRAESTRUCTURA VIAL EN CENTROAMÉRICA

Tabla 4-7 Coeficientes de escorrentía recomendados para ser usados en el método racional (Chow, Maidment, & Mays, 1994)

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2 – 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 – 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 – 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2 – 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
Área de Cultivo							
Plano, 0 – 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2 – 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0 – 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 – 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0 – 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2 – 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Nota: Los valores de la Tabla 4-7 son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas.

Ilustración 6: Coeficientes de escorrentía recomendados.

Los resultados de los cálculos de los diferentes coeficientes de escorrentías para las cuencas en estudio se resumen como sigue.

Tabla 3: Coeficientes de escorrentía por cada cuenca de aporte.

Nombre	Área (ha)	Coefficiente Escorrentía
Cuenca 1	6,188.1	0.85
Cuenca 2	9,381.7	0.85
Cuenca 3	6,007.1	0.85
Cuenca 4	5,818.9	0.85
Cuenca 5	5,042.7	0.85
Cuenca 6	5,544.2	0.85
Cuenca 7	5,184.9	0.85
Cuenca 8	3,226.1	0.85
Cuenca 9	18,100.9	0.85

Cuenca 10	30,706.1	0.85
Cuenca 11	76,398.5	0.85

#### 4.1.5. Aspectos hidrológicos

Las cuencas de aporte, para este proyecto, no cuentan con mediciones ni registros continuos de caudal, por lo que no se cuenta con información directa para estimar los

caudales de diseño. Por tanto, a fin de determinar los caudales máximos esperados, se han empleado dos metodologías de diseño, dependiendo del tamaño de las cuencas. En el caso de las cuencas con un área de drenaje menor de 150 Has o menores a un tiempo de concentración de 30 minutos, el caudal de diseño se estima mediante el método racional.

#### 4.1.6. Periodo de Retorno

Para el diseño de estructuras hidráulicas y el correcto tratamiento del riesgo de falla se debe conocer la probabilidad de ocurrencia de los eventos que condicionan dicha estructura. La probabilidad de ocurrencia se suele representar a través del período de retorno, el cual indica la probabilidad de ocurrencia de un evento en años. El periodo de retorno depende de la importancia de la obra hidráulica en cuestión y del nivel de seguridad que se desee para el análisis. En este caso, se hace referencia al manual de carreteras de SOPTRAVI, el cual detalla los periodos de retorno para diferentes obras.

En el presente estudio, se ha optado para utilizar un tiempo de retorno de 10 años, para ser más conservadores.

Tipo de Estructura	Tr (años)
Puentes en caminos principales donde el remanso puede ocasionar daños a la propiedad privada o resultar en la pérdida del puente	50 - 100 años
Puentes en caminos secundarios o alcantarillas en caminos principales	25 años
Alcantarillas en caminos secundarios, colectores pluviales o cunetas laterales	5 - 10 años
Tragantes, bordillos, conductos	1 - 2 años <sup>1</sup>

Ilustración 7: Valores típicos referenciales para obras.

## Distribución temporal de la tormenta

Las Curvas IDF se expresan en un juego de curvas o ecuaciones empíricas a las que se ajustan los valores de lluvia (intensidades) para las diferentes duraciones. Un modelo general se expresa como la siguiente ecuación

$$I = \frac{a}{(b + d)^n}$$

Donde  $I$  es la intensidad de la lluvia de diseño en mm/h,  $d$  es la duración de la tormenta en minutos, y  $a$ ,  $b$  y  $n$  son coeficientes que varían con el lugar y el período de retorno.

Para este proyecto se utilizaron las curvas IDF de la estación TONCONTIN debido a que se encuentran más cercanas a la zona de nuestro análisis aproximadamente a 2.30 km de distancia.

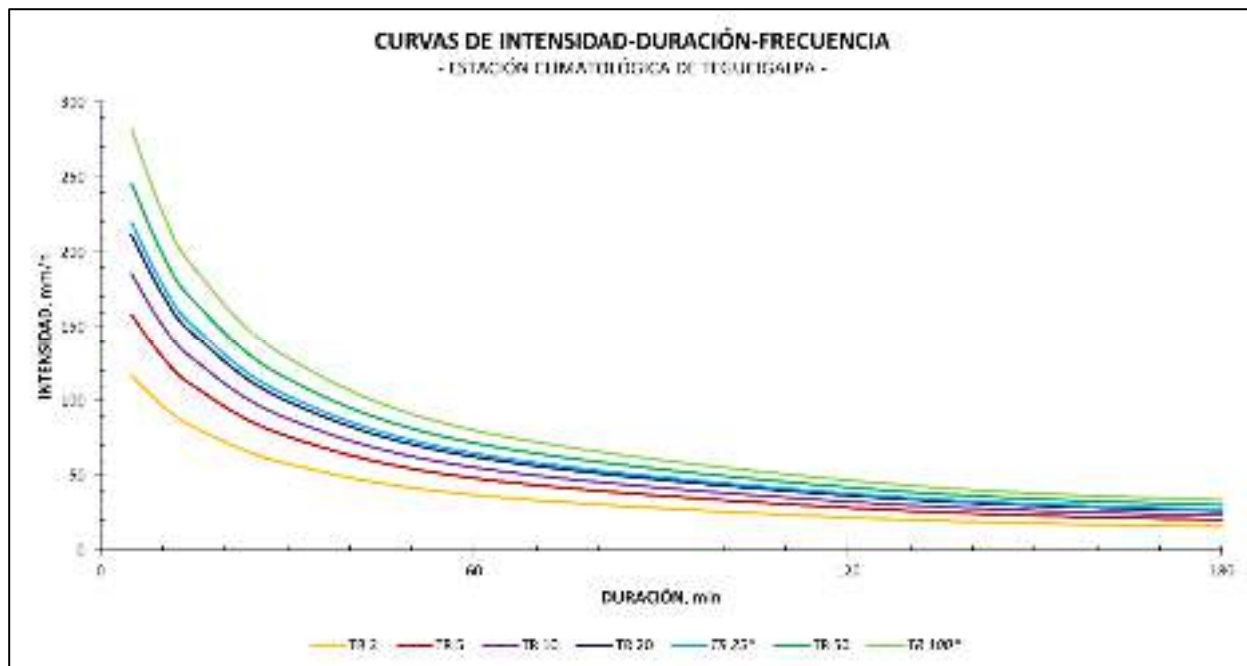


Ilustración 8: Curvas de intensidad-duración-frecuencia de la Estación Climatológica de Tegucigalpa.

Las intensidades a utilizar para el diseño hidrológico hidráulico de los drenajes se resumen en la tabla que sigue.

Tabla 4: Intensidades de lluvia para cada cuenca de aporte.

Nombre	Intensidad mm/h, Tr-010 años
Cuenca 1	185.4
Cuenca 2	185.4
Cuenca 3	185.4
Cuenca 4	185.4

Cuenca 5	185.4
Cuenca 6	185.4
Cuenca 7	185.4
Cuenca 8	185.4
Cuenca 9	185.4
Cuenca 10	185.4
Cuenca 11	185.4

#### 4.1.6.1. Estimación Caudales de Diseño

##### 4.1.6.1.1. Método Racional

Tal y como se ha mencionado previamente, la estimación de los caudales de diseño se ha llevado a cabo mediante la aplicación del método racional. Este método permite la estimación del caudal máximo en una cuenca en base al área total y condiciones morfológicas de la misma, así como la intensidad de la lluvia que cae sobre ella. La fórmula matemática que emplea el método racional es la siguiente:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360}$$

Dónde:

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/s

C: coeficiente de escorrentía (adimensional).

I: Intensidad de lluvia en (mm/hr)

A: Área de drenaje en Ha.

## 4.2. Análisis y dimensionamiento hidráulico

### 4.2.1. Fundamentos Generales

#### 4.2.1.1. Flujo en canales abiertos

Antes y después (y bajo ciertos valores de caudal, durante) de su paso por las estructuras de drenaje, las condiciones del flujo pueden ser idealizadas como aquellas de un canal abierto. El flujo en canales abiertos se representa comúnmente mediante la ecuación de Manning. Dicha ecuación permite calcular la velocidad del flujo en un canal abierto en función de sus dimensiones, el tipo de material y la pendiente del mismo.

Para la propuesta hidráulica de este proyecto se decidió utilizar drenajes de sección rectangular como lo muestra la siguiente imagen:

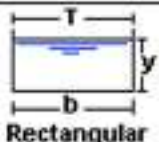
Tipo de sección	Área A (m <sup>2</sup> )	Perímetro mojado P (m)	Radio hidráulico Rh (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$

Ilustración 9: Propiedades geométricas de la sección propuesta.

#### 4.2.1.2. Ecuación de continuidad

A su vez, la fórmula de continuidad nos permitirá relacionar dicha velocidad con el caudal entrante y el área hidráulica llenada para el dimensionamiento de las secciones de cada uno de los drenajes. La ecuación de la continuidad queda expresada de la siguiente forma:

$$Q = VA$$

Donde Q es el caudal, V es la velocidad de flujo y A es el área hidráulica contenida en los canales.

## 5. Resultados del Estudio Hidrológico - Hidráulico

### 5.1. Cálculos hidrológicos

Como parte del análisis hidrológico-hidráulico ha sido necesario el análisis de las cuencas de aporte, para la determinación de los caudales de diseño de las obras posibles para el control integrado de la escorrentía superficial. Cabe mencionar que el área de drenaje de la cuenca de aporte, para el drenaje local se discretizó en 8 unidades, y para el drenaje global en 3 unidades para el dimensionamiento hidráulico. Se estimaron los caudales de diseño para un periodo de retorno de 10 años.

El resultado de la aplicación la fórmula racional para cada una de las cuencas se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 5: Caudales de diseño para las cuencas de aporte.

Nombre	Caudal (m <sup>3</sup> /s), Tr-010 años
Cuenca 1	0.3
Cuenca 2	0.4
Cuenca 3	0.3
Cuenca 4	0.3
Cuenca 5	0.2
Cuenca 6	0.2
Cuenca 7	0.2



Cuenca 8	0.1
Cuenca 9	0.8
Cuenca 10	1.3
Cuenca 11	3.3

## 5.2. Cálculos hidráulicos

Los caudales de diseño estimados fueron posteriormente empleados para el análisis hidráulico. Para llevar a cabo el análisis hidráulico fue necesario crear un esquema geométrico (perfiles) para obtener las elevaciones, cambios de direcciones y pendientes de cada uno de los tramos de estudio. A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del dimensionamiento hidráulico del drenaje. Para la determinación de las áreas de aporte de escorrentía, para la estimación de los caudales de diseño y para el dimensionamiento hidráulico del drenaje menor se tomaron las siguientes consideraciones:

- Las direcciones del flujo han sido determinadas en base al perfil longitudinal que se ha proporcionado en los planos, mediante la nube de puntos.
- La ubicación se ha tomado en base a los requerimientos del sitio.

### 5.2.1. Control Integrado de Escorrentía Superficial

#### Sistema existente.

En la Col. Altos de Los Laureles existe un sistema de control de escorrentía construido con los fondos de la comunidad, este sistema fue construido de forma parcial en algunos de los callejones aunado a esto, la pavimentación de la calle principal aumenta las superficies impermeables, lo que disminuye los tiempos de concentración y aumenta la escorrentía, cabe señalar que el sistema presenta daños en el fondo de la losa, algunas paredes en mal estado y el sistema no hace su descarga a un lugar seguro, sino que descarga directamente sobre la calle, misma que se ve dañada por el arrastre de suelo fino, a continuación, se muestran las fotografías del sistema compuesto por 8 callejones, de los cuales, solo el callejón 7 tiene cunetas existentes con las dimensiones adecuadas para evacuar el caudal generado por el área 7 según se mostró en las ilustración 4, al mismo se identificó en el callejón 8 un área verde que puede ser utilizada como espacio de recreación y así mejorar la calidad de vida de los vecinos de este sector.



Fotografía 1: Estado de cuneta en callejón 1.



Fotografía 2: Estado de cuneta en callejón 2.



Fotografía 3: Estado de cuneta en callejón 3.



Fotografía 4: Estado de cuneta en callejón 4.



Fotografía 5: Estado de cuneta en callejón 5.



Fotografía 6: Estado de cuneta en callejón 6.



Fotografía 7: Estado de cuneta en callejón 7.



Fotografía 8: Estado de cuneta en callejón 8.



Fotografía 9: Área verde.



Sistema de control integrado de escorrentía propuesto.

Un inadecuado manejo de las aguas lluvias también es causante de diversos problemas asociados a inundaciones pluviales, en algunos sectores de la Col. Altos de Los Laureles. Frente a ello, hemos considerado dar prioridad a algunos tramos que los representantes de la comunidad han propuesto. La ubicación de este sistema de manejo de escorrentía local, adicional a las soluciones existentes, se propone a través de la siguiente ilustración:

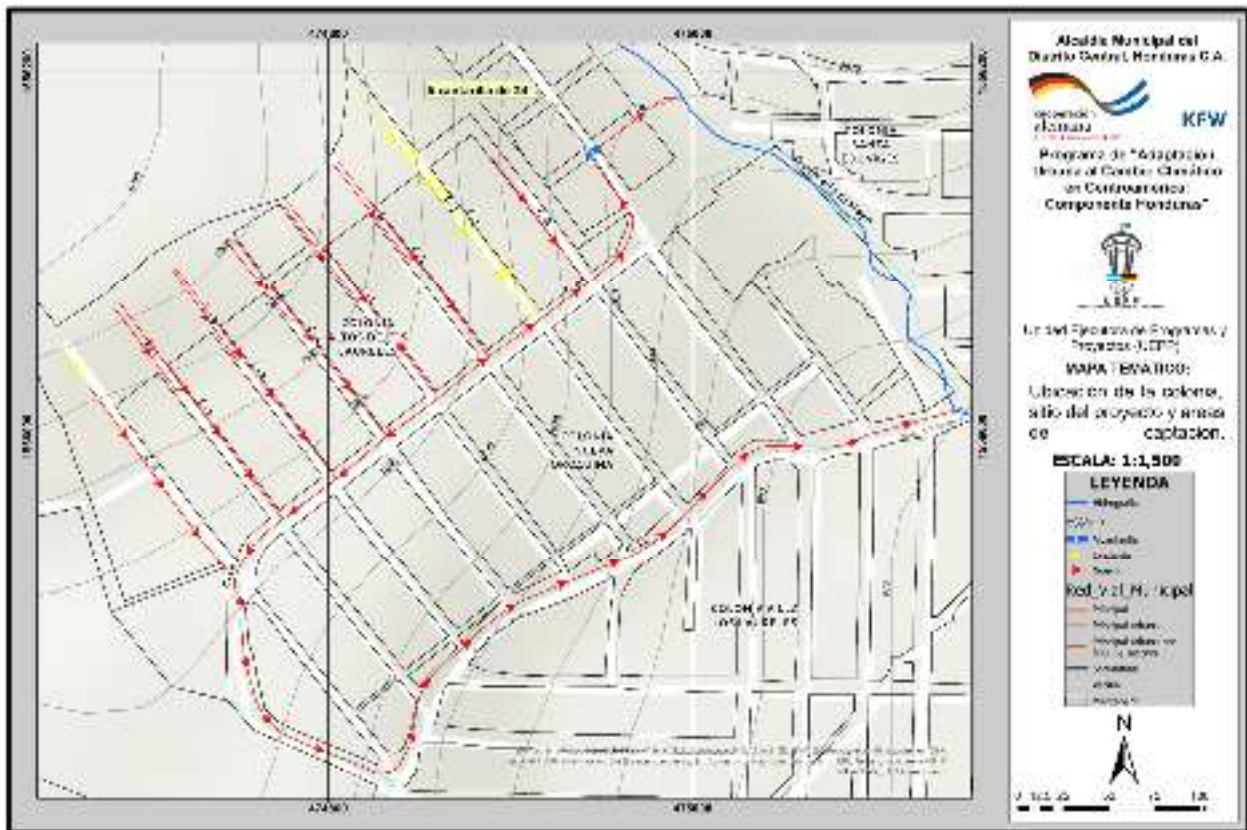


Ilustración 10: Esquema con el sistema de escorrentía superficial.

La ilustración anterior muestra el sistema de drenaje para el control de escorrentía mediante canalizaciones con los códigos C-1, hasta el C-11 de la Col. Altos de Los Laureles, este sistema cuenta con 2 descargas, la primera mediante la cuneta C-9 hacia la quebrada El Hoyo y la segunda descarga mediante la cuneta C-11 hacia la entrada de la caja ubicada en la Col. Santa Eduvigis mediante un cabezal de descarga y que forma parte de las obras a mejorar del proyecto KfW-104.

Tabla 6. Propuesta de sistema de drenaje para el control de escorrentía local mediante estructuras de concreto.

Código	Ac, ha	Q <sub>D5</sub> , m <sup>3</sup> /s	L, m	S, m/m	B, m	H, m	y/D	Q <sub>ODT</sub> , m <sup>3</sup> /s	V, m/s	Desempeño, %	Sección Existente
C-1	0.62	0.27	133.33	0.213	0.25	0.20	0.80	0.35	7.01	77%	No Existe
C-2	0.94	0.41	148.11	0.299	0.25	0.25	0.80	0.55	8.83	74%	No Existe
C-3	0.60	0.26	145.68	0.279	0.20	0.20	0.80	0.29	7.34	90%	No Existe
C-4	0.58	0.25	136.67	0.295	0.20	0.20	0.80	0.30	7.56	84%	No Existe
C-5	0.50	0.22	135.52	0.314	0.20	0.20	0.80	0.31	7.80	71%	No Existe
C-6	0.55	0.24	136.24	0.320	0.20	0.20	0.80	0.31	7.87	77%	No Existe
C-7	0.52	0.23	63.34	0.281	0.20	0.20	0.80	0.29	7.37	77%	0.30 x 0.30
C-8	0.32	0.14	86.88	0.271	0.20	0.15	0.80	0.20	6.69	70%	0.20 x 0.20
C-9	1.81	0.79	255.46	0.040	0.40	0.50	0.80	0.93	4.65	85%	0.30 x 0.30
C-10	3.07	1.34	300.82	0.094	0.45	0.50	0.80	1.70	7.54	79%	0.30 x 0.30
C-11	7.64	3.34	400.25	0.121	0.60	0.70	0.80	4.39	10.45	76%	No Existe

\*La geometría del sistema de drenaje se ha conceptualizado con una geometría rectangular, priorizando la limitación de espacio.

\* Se realizó la revisión hidráulica de la cuneta C-7 y se comprobó que la cuneta existente tiene las dimensiones adecuadas.

La tabla anterior muestra el dimensionamiento hidráulico de los callejones correspondientes a los códigos C-1 a C-8, sin embargo, podemos observar en las fotografías de la sección 5.2.1 que las viviendas han ocupado el espacio destinado al drenaje pluvial, limitando así, el espacio solamente para la calzada, por lo cual se ha priorizado la construcción de las cunetas con códigos C-9, C-10 y C-11.

### 5.2.2. Alcantarilla como obra de paso

Asimismo, la construcción de una obra de paso vehicular para facilitar la circulación y el acceso de la población a sus viviendas ubicadas en este sector de la colonia Altos de los Laureles (coordenadas UTM WGS84 474958.30 m E 1556139.66 m N), mismo que ha sido incorporado en la simulación hidráulica mediante la herramienta Hydraflow y Excel con un caudal de 0.79 m<sup>3</sup>/s. A continuación, se propone la alternativa para evacuar la escorrentía mediante una sección circular de 5.05 m de largo, y diámetro de 600 mm (24”), para un periodo de retorno de 10 años.

Tabla 7: Resumen de cálculo hidráulico para una alcantarilla de 600 mm.

TABLA DE COMPROBACION HIDRAULICA										Relaciones Hidraulicas									
Id	Nodo Arriba	Inv. Ent. (msnm)	Nodo Abajo	Inv. Sal. (msnm)	Long. (m)	Q (l/s)	S(m/m)	D (m)	D comercial (m)	QII(l/s)	VII(m/s)	Q/QII	d/D	d (m)	V/VII	Vel (m/s)	r/R	R hid. (m)	t (Pa)
1	N-1	1043.91	N-2	1043.8	5.05	790	0.02	0.57	0.6	906.21	3.21	0.87	0.722	0.4332	1.13	3.61	1.20	0.18	38.33

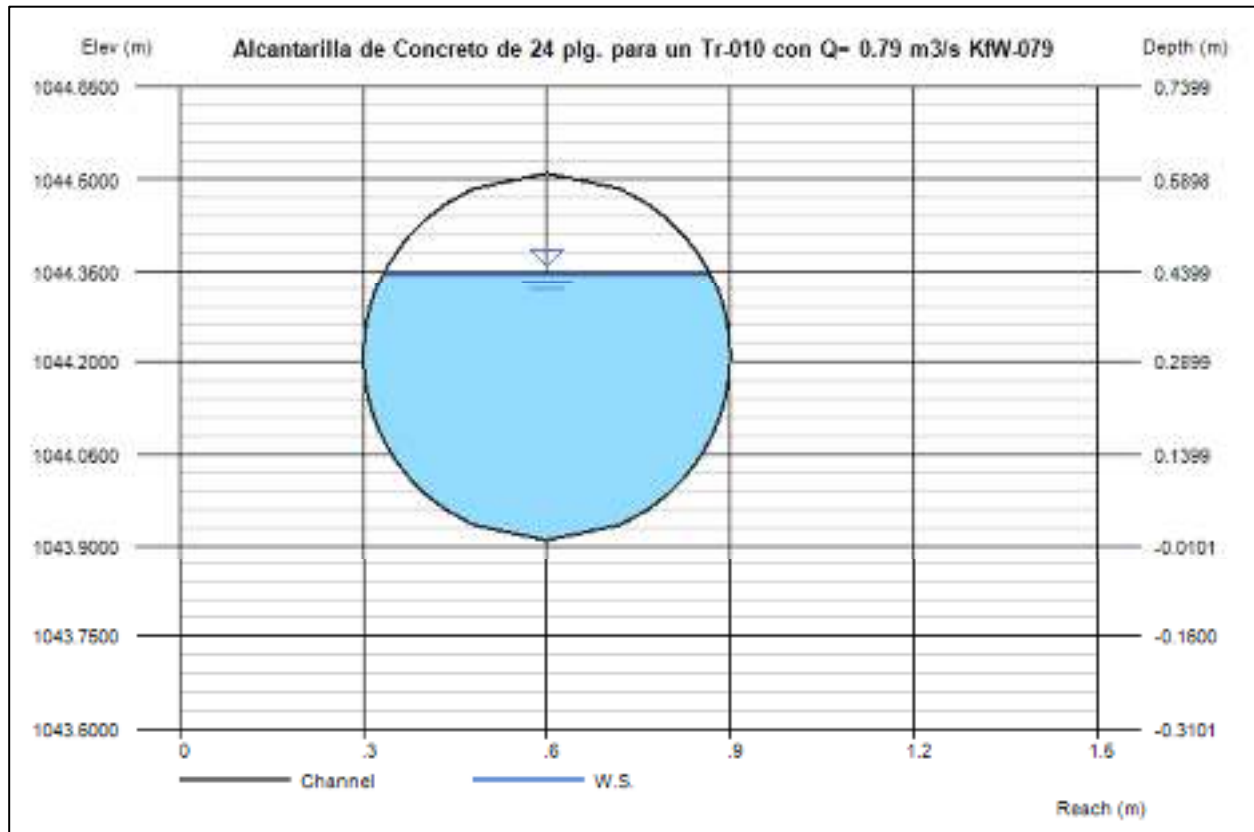


Ilustración 11: Esquema en perfil del comportamiento hidráulico de la obra de paso.

Como se muestra en la ilustración 11, la sección propuesta arroja resultados favorables, trabajando al 72 % de su capacidad con una pendiente de 2.18 %, por lo tanto, se recomienda construir, una obra de paso tipo alcantarilla de 600 mm de diámetro para evacuar la escorrentía mediante una sección circular.

### 5.2.3. Disipador de energía

#### Descarga hacia corredero natural

En la cercanía del cauce de la quebrada, se recolectan y posteriormente se descargan las aguas lluvias de 4 callejones de la Col. Altos de Los Laureles, por medio del sistema de escorrentía superficial y que finalmente son descargadas por una alcantarilla de PVC de sección de 24". La alcantarilla tiene su descarga de 0.73 m<sup>3</sup>/s para un periodo de retorno de 10 años; en el talud paralelo a la quebrada El Hoyo de la Col. Santa Eduvigis, el cual presenta una caída de unos 11.0 metros aproximadamente, para lo cual se ha propuesto un disipador de energía el cual consiste en un canal de flujo rápido escalonado, de 1.0 metros de ancho, con huellas de 1.2 m y contrahuella de 1.00 m, con una longitud de transición de entrada y salida de 0.30 m.

Tabla 8: Cálculo hidráulico para dissipador de energía en descarga a corredero natural.

N° Gradas	Altura de grada (m)	K= a/Yc	Yo (m)	Xo	Y1/Yo	Y1 (m)	d/Yc	d (m)
1	1.00	2.64	0.38	1.00	0.44	0.17	4.00	1.51
2	1.00	2.64	0.17	0.44	0.90	0.15	3.00	1.14
3	1.00	2.64	0.15	0.40	0.95	0.14	3.00	1.14
4	1.00	2.64	0.14	0.38	0.96	0.14	3.00	1.14
5	1.00	2.64	0.14	0.36	0.96	0.13	3.00	1.14
6	1.00	2.64	0.13	0.35	0.96	0.13	3.00	1.14
7	1.00	2.64	0.13	0.33	0.96	0.12	3.00	1.14
8	1.00	2.64	0.12	0.32	0.96	0.12	3.00	1.14
9	1.00	2.64	0.12	0.31	0.96	0.11	3.00	1.14

Las paredes del canal dissipador deberán tener una altura de 0.80 metros según resulta del cálculo hidráulico, considerando el flujo semejante al de un vertedor rectangular, y al cual deberá sumarse un bordo libre de 0.20 m para prever la turbulencia que se genera en este tipo de estructuras. El total, altura de paredes igual 1.00 metros.

### Disipador en callejones

Así mismo, en los callejones de la Col. Altos de Los Laureles, identificados en la ilustración 10, donde se enumeran del 1 al 8, debido a las altas pendientes al final de cada tramo, es decir, en las secciones de inicio y final de las gradas, se identificó la necesidad de colocar dissipadores de energía para disminuir las velocidades y de esta manera proteger las obras a construir, a continuación se muestra el dissipador de energía el cual consiste en un canal de flujo rápido escalonado, capaz de evacuar hasta 0.26 m<sup>3</sup>/s; de 0.20 metros de ancho, con huellas de 0.50 m y contrahuella de 1.70 m, con una longitud de transición de entrada y salida de 0.40 m.

Tabla 9: Cálculo hidráulico para dissipador de energía en callejones.

N° Gradas	Altura de grada (m)	K= a/Yc	Yo (m)	Xo	Y1/Yo	Y1 (m)	d/Yc	d (m)
1	0.50	0.90	0.56	1.00	0.59	0.33	3.50	1.95
2	0.50	0.90	0.33	0.59	0.90	0.30	3.00	1.67
3	0.50	0.90	0.30	0.53	0.98	0.29	3.00	1.67
4	0.50	0.90	0.29	0.52	0.98	0.28	3.00	1.67
5	0.50	0.90	0.28	0.51	0.98	0.28	3.00	1.67
6	0.50	0.90	0.28	0.50	0.98	0.27	3.00	1.67
7	0.50	0.90	0.27	0.49	0.98	0.27	3.00	1.67
8	0.50	0.90	0.27	0.48	0.98	0.26	3.00	1.67
9	0.50	0.90	0.26	0.47	0.98	0.26	3.00	1.67

#### 5.2.4. Obras complementarias

Con el motivo de aumentar el impacto positivo de las intervenciones a realizar en la comunidad, se sugiere también la implementación de las siguientes medidas complementarias:

- Limpiezas periódicas del cauce y remoción de obstáculos.
- Plan de gestión de residuos sólidos
- Mejoramiento y conservación de las áreas verdes.
- Cabezal de descarga

## 6. Conclusiones

1. Se propone la construcción de un dissipador de energía escalonado de 15.0 m de longitud, 1.0 m de ancho, 1.20 m de huella y 1.00 m de contrahuella.
2. Se propone la construcción de una alcantarilla de concreto de 600 mm (24") de diámetro como obra de paso para descargar las aguas al corredero de la quebrada El Hoyo.
3. Se considera necesario el realizar acciones orientadas a la limpieza de los cauces fluviales y pluviales para favorecer el desempeño de las obras de drenaje existentes.
4. Es necesario proteger las descargas de los colectores pluviales con el propósito de limitar el efecto erosivo de esta sobre el sector a descargar.
5. La obra de drenaje actual se muestra favorable para evacuar los caudales de diseño.
6. Se considera necesario limitar las velocidades de las cunetas con bajantes escalonados para evitar la acción de cavitación por las altas velocidades que llevaría este sistema de manejo de aguas lluvias.
7. Se ha considerado una velocidad de autolimpieza del sistema de 0.6 m/s, por lo que se prevé que la tierra, lodos y rocas que puedan ingresar al sistema logren evacuarse sin dificultad. Esto no evita que se deje de lado cualquier iniciativa que permita mantener las calles libres de basura y en condición transitable.

## 7. Recomendaciones

8. Se deberán utilizar las secciones propuestas para cada tramo pudiendo aumentar su dimensión si se desea, pero nunca disminuirlas para garantizar la correcta evacuación de las aguas lluvias.
9. Incluir mecanismos de dissipación de energía y de control de velocidades a lo largo de todos los tramos de cuneta, esto debido a la identificación de velocidades erosivas y tiempos de concentración cortos obtenidos como resultados de los análisis hidrológicos e hidráulicos de las áreas tributarias. Adicionalmente, también se considera la necesidad de incluir este tipo de mecanismos, por observarse en el sitio, pendientes mayores al 10%.

## 8. Referencias

IDF-UNAH; Ing. Roberto Granados, estudio de Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala, septiembre de 2016.

SOPTRAVI: Dirección general de Carreteras (1996). Manual de Carreteras. Tomo 6: Drenaje y Puentes.

Salinas Nuñez, A., Sanchez, M., Zuniga Andrade, E., & Funez, J. (2002). Manual de Referencias Hidrológicas. Tegucigalpa: Fondo Hondureño de Inversión Social.

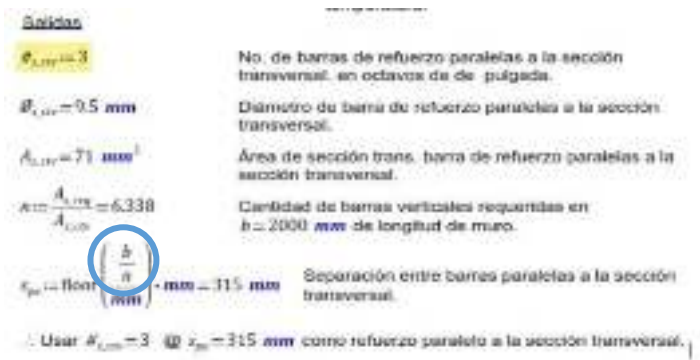
SIECA (2016). Consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en Centroamérica.

Chow, V. T. (1964). Handbook of Applied Hydrology. New York: McGraw-Hill.

Chow, V. T. (1988). Applied Hydrology. New York: McGraw-Hill.

No	Ubicación	Observación																																																																		
<b>Anexo memoria de cálculo estructural</b>																																																																				
	Cunetas	<p>En memoria de cálculo pág. 7 , se describen 2 cunetas con el mismo nombre (C-9) , pero diferentes dimensiones.  Aclarar: CORREGIDO ES LA MISMA NOMENCLATURA DE LA CUNETETA SOLO QUE CAMBIA DE SECCION</p> <p>En el modelo no se observa la consideración de la presión causada por el agua fluyendo por el canal, descrita en memoria de cálculo pág. 9, donde se indican las cargas a considerar para el análisis de la estructura. CORREGIDO YA SE INCLUYO EL LA PRESION DEL AGUA.</p>																																																																		
	Quiebrapatatas	<p>Verificar el cálculo del acero mínimo, los datos no coinciden con las dimensiones del elemento que está diseñando. Pag 67</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>2. Datos de entrada</b></p> <table border="0"> <tr> <td><math>b = 200 \text{ mm}</math></td> <td>Paralelo de sección transversal.</td> </tr> <tr> <td><math>b = 150 \text{ mm}</math></td> <td>Ancho de sección transversal.</td> </tr> <tr> <td><math>rec = 40 \text{ mm}</math></td> <td>Recubrimiento de acero de refuerzo.</td> </tr> <tr> <td><math>\#_{L1} = 5</math></td> <td>No. de barra de refuerzo longitudinal en octavos de de pulgada.</td> </tr> <tr> <td><math>\#_{L2} = 15.9 \text{ mm}</math></td> <td>Diámetro de barra de refuerzo longitudinal.</td> </tr> <tr> <td><math>\#_{C1} = 3</math></td> <td>No. de barra de refuerzo cortante en octavos de de pulgada.</td> </tr> <tr> <td><math>\#_{C2} = 9.5 \text{ mm}</math></td> <td>Diámetro de barra de refuerzo por cortante.</td> </tr> <tr> <td><math>f'_c = 280 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}</math></td> <td>Resistencia a la compresión axial del concreto hidráulico (Sección 2.10.0 CHOC-CICH, 2008).</td> </tr> <tr> <td><math>f_y = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}</math></td> <td>Resistencia a la tensión axial del acero de refuerzo (Sección 2.10.0 CHOC-CICH, 2008).</td> </tr> </table> </div> <p>Verificar el acero por cortante, los datos utilizados en estos cálculos no coinciden con los datos de la estructura en análisis:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;"><b>DISEÑO POR CORTANTE DE VIGA RECTANGULAR</b> Cortante <math>V_1</math> y <math>V_2</math></p> <p style="text-align: center;">Acero de refuerzo de viga 2 "quiebrapatatas"</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">A. Datos de entrada</th> <th colspan="2">Propiedades de materiales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"><b>Geometría (ver Figura II)</b></td> <td><math>f'_c = 280.00 \text{ kg/cm}^2</math></td> <td>2.33.0 (CHOC, 2008)</td> </tr> <tr> <td><math>b = 15.00 \text{ cm}</math></td> <td></td> <td><math>f_y = 4200.00 \text{ kg/cm}^2</math></td> <td>2.33.0 (CHOC, 2008)</td> </tr> <tr> <td><math>A_{L1} = 0.00 \text{ cm}^2</math></td> <td></td> <td><math>E_c = 2100.00 \text{ kg/cm}^2</math></td> <td>2.8.9.2 (CHOC, 2008)</td> </tr> <tr> <td><math>L = 70.00 \text{ cm}</math></td> <td></td> <td><math>\rho = 0.05</math></td> <td>2.8.3.3.3 (CHOC, 2008)</td> </tr> <tr> <td><math>rec = 3.00 \text{ cm}</math></td> <td>2.7.7.1 (CHOC, 2008)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">Barras de refuerzo</th> <th colspan="2">Indicaciones (ver Figura II)</th> </tr> <tr> <td>Tamaño de barras (N) = 4.00</td> <td></td> <td><math>V_1 = 2,146.43 \text{ kg}</math></td> <td>Cortante ordinario</td> </tr> <tr> <td>Tamaño de barras (N) = 3.00</td> <td></td> <td><math>V_2 = 3,148.43 \text{ kg}</math></td> <td>facturadas</td> </tr> <tr> <td><math>\#_{L1} = 1.27 \text{ cm}</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>\#_{L2} = 0.95 \text{ cm}</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>A_{L1} = 0.71 \text{ cm}^2</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div>	$b = 200 \text{ mm}$	Paralelo de sección transversal.	$b = 150 \text{ mm}$	Ancho de sección transversal.	$rec = 40 \text{ mm}$	Recubrimiento de acero de refuerzo.	$\#_{L1} = 5$	No. de barra de refuerzo longitudinal en octavos de de pulgada.	$\#_{L2} = 15.9 \text{ mm}$	Diámetro de barra de refuerzo longitudinal.	$\#_{C1} = 3$	No. de barra de refuerzo cortante en octavos de de pulgada.	$\#_{C2} = 9.5 \text{ mm}$	Diámetro de barra de refuerzo por cortante.	$f'_c = 280 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Resistencia a la compresión axial del concreto hidráulico (Sección 2.10.0 CHOC-CICH, 2008).	$f_y = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Resistencia a la tensión axial del acero de refuerzo (Sección 2.10.0 CHOC-CICH, 2008).	A. Datos de entrada		Propiedades de materiales		<b>Geometría (ver Figura II)</b>		$f'_c = 280.00 \text{ kg/cm}^2$	2.33.0 (CHOC, 2008)	$b = 15.00 \text{ cm}$		$f_y = 4200.00 \text{ kg/cm}^2$	2.33.0 (CHOC, 2008)	$A_{L1} = 0.00 \text{ cm}^2$		$E_c = 2100.00 \text{ kg/cm}^2$	2.8.9.2 (CHOC, 2008)	$L = 70.00 \text{ cm}$		$\rho = 0.05$	2.8.3.3.3 (CHOC, 2008)	$rec = 3.00 \text{ cm}$	2.7.7.1 (CHOC, 2008)			Barras de refuerzo		Indicaciones (ver Figura II)		Tamaño de barras (N) = 4.00		$V_1 = 2,146.43 \text{ kg}$	Cortante ordinario	Tamaño de barras (N) = 3.00		$V_2 = 3,148.43 \text{ kg}$	facturadas	$\#_{L1} = 1.27 \text{ cm}$				$\#_{L2} = 0.95 \text{ cm}$				$A_{L1} = 0.71 \text{ cm}^2$			
$b = 200 \text{ mm}$	Paralelo de sección transversal.																																																																			
$b = 150 \text{ mm}$	Ancho de sección transversal.																																																																			
$rec = 40 \text{ mm}$	Recubrimiento de acero de refuerzo.																																																																			
$\#_{L1} = 5$	No. de barra de refuerzo longitudinal en octavos de de pulgada.																																																																			
$\#_{L2} = 15.9 \text{ mm}$	Diámetro de barra de refuerzo longitudinal.																																																																			
$\#_{C1} = 3$	No. de barra de refuerzo cortante en octavos de de pulgada.																																																																			
$\#_{C2} = 9.5 \text{ mm}$	Diámetro de barra de refuerzo por cortante.																																																																			
$f'_c = 280 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Resistencia a la compresión axial del concreto hidráulico (Sección 2.10.0 CHOC-CICH, 2008).																																																																			
$f_y = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	Resistencia a la tensión axial del acero de refuerzo (Sección 2.10.0 CHOC-CICH, 2008).																																																																			
A. Datos de entrada		Propiedades de materiales																																																																		
<b>Geometría (ver Figura II)</b>		$f'_c = 280.00 \text{ kg/cm}^2$	2.33.0 (CHOC, 2008)																																																																	
$b = 15.00 \text{ cm}$		$f_y = 4200.00 \text{ kg/cm}^2$	2.33.0 (CHOC, 2008)																																																																	
$A_{L1} = 0.00 \text{ cm}^2$		$E_c = 2100.00 \text{ kg/cm}^2$	2.8.9.2 (CHOC, 2008)																																																																	
$L = 70.00 \text{ cm}$		$\rho = 0.05$	2.8.3.3.3 (CHOC, 2008)																																																																	
$rec = 3.00 \text{ cm}$	2.7.7.1 (CHOC, 2008)																																																																			
Barras de refuerzo		Indicaciones (ver Figura II)																																																																		
Tamaño de barras (N) = 4.00		$V_1 = 2,146.43 \text{ kg}$	Cortante ordinario																																																																	
Tamaño de barras (N) = 3.00		$V_2 = 3,148.43 \text{ kg}$	facturadas																																																																	
$\#_{L1} = 1.27 \text{ cm}$																																																																				
$\#_{L2} = 0.95 \text{ cm}$																																																																				
$A_{L1} = 0.71 \text{ cm}^2$																																																																				
Pag.69 CORREGIDO EN LA MEMORIA																																																																				



	Losa de acceso vehicular	
		<p>Está correcta la idealización losa trabajando en una dirección, sin embargo, eliminar el comentario de la relación, ya que esta incorrecto. Pag. 72.</p> <p><b>Idealización de losa</b> La distribución de cargas que actúa sobre la losa se estima que es en una dirección, ya que la relación del lado corto al lado largo del elemento en una proyección en planta supera el valor 2.00.</p>
		Indicar el espesor de la losa en memoria de calculo.
		<p>Corregir dimensiones en texto.</p> <p><u>Carga viva</u> Debido a las cortas dimensiones (1.20x2.50m) de la losa,</p>
		<p>Verificar cuantía para refuerzo por retracción y temperatura, ACI indica una cuantía mínima de 0.0018Ag.</p> <p>24.4.3.2 La cuantía refuerzo corrugado de retracción y temperatura calculada con respecto al área bruta de concreto debe ser mayor o igual a 0.0018.</p>
		<p>Verificar el cálculo de la separación del acero por retracción y temperatura paralelo a la sección transversal:</p>  <p>El número de barras debería dividirse entre una longitud de 1.20 m, dando una separación de 170 mm. CORREGIDO POR PROCESO CONSTRUCTIVO EL REFUERZO ES #3@15cm</p>
		<p>En el cálculo del armado del acero a flexión (pag 84) indican barras #3, en los cálculos del acero por retracción y temperatura indica un acero principal (a flexión) con barras #4. Indicar cual es correcto y corregir. CORREGIDO POR PROCESO CONSTRUCTIVO EL REFUERZO ES #3@15cm</p>
		<p>En planos no se observa detalle de armado de losa. Incluirlo. CORREGIDO</p>
	Caja Colectora	
		<p>Se observa que los datos del suelo considerados en el análisis, corresponden a la literatura, ¿existen datos de suelo para este</p>

		proyecto en específico? <b>CORREGIDO SI HAY ESTUDIO DE SUELO Y SEGÚN EL MISMO ES IGUAL A 2KG/CM2</b>															
		Verificar el módulo de balasto (k) utilizado en el modelo, parece no haberse considerado en el cálculo, el área aferente en la cual está actuando el resorte. <b>CORREGIDO</b>															
		<p>En planos se observa un espesor de losa inferior y superior de 30 cm, y paredes de bloque (No se indica el espesor) los cuales no concuerdan con lo expuesto en memoria de cálculo pág. 94 :</p> <p style="text-align: center;">         Espesor losa inf. <math>e_{losa_i} = 0.25 \text{ m}</math>          Espesor pared <math>e_{PARED} = 0.20 \text{ m}</math>          Espesor losa sup. <math>e_{losa_s} = 0.12 \text{ m}</math> </p>															
		El acero proporcionado en memoria de calculo no coincide con el acero en planos, ni el acero indicado en el apartado de notas estructurales de la pag.104. Aclarar cuál es el correcto y corregir.															
		Los cálculos expuestos corresponden a una caja colectora de concreto armado, en la descripción de la estructura en memoria de calculo y en el detalle en planos indican una caja colectora de paredes de bloque. Aclarar.															
		<p>En planos (15/17) indica una resistencia mínima de 280 kg/cm<sup>2</sup>, en memoria de cálculo (Pag.90) se indica 210 kg/cm<sup>2</sup>.</p> <table border="1" data-bbox="587 1167 938 1529"> <caption>TARIF: Area Section Properties</caption> <thead> <tr> <th>Section</th> <th>Material</th> <th>MatAngle</th> </tr> <tr> <th>Text</th> <th>Text</th> <th>Degrees</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Losa Inferior</td> <td>fc210kgf/cm<sup>2</sup></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Losa Superior</td> <td>fc210kgf/cm<sup>2</sup></td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>Muro 17cm</td> <td>fc210kgf/cm<sup>2</sup></td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	Section	Material	MatAngle	Text	Text	Degrees	Losa Inferior	fc210kgf/cm <sup>2</sup>	0.00	Losa Superior	fc210kgf/cm <sup>2</sup>	0.00	Muro 17cm	fc210kgf/cm <sup>2</sup>	0.00
Section	Material	MatAngle															
Text	Text	Degrees															
Losa Inferior	fc210kgf/cm <sup>2</sup>	0.00															
Losa Superior	fc210kgf/cm <sup>2</sup>	0.00															
Muro 17cm	fc210kgf/cm <sup>2</sup>	0.00															
		En planos 15/17 (en detalle) no coincide el armado de acero en planta con el armado observado en corte.															

