

MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE OBRAS DE DRENAJE MENOR EN CAMINO VECINAL SACSAMARCA PALLCCA CON CRITERIOS HIDROMORFOLÓGICOS

Jaime L. Bendezu Prado, Katherine S. Soto Medrano¹, Rocky G. Ayala Bizarro¹

Unidad de Investigación e Innovación de Ingeniería de Minas, geología y Civil
Programa de Ingeniería Civil - Área de Investigación Hidráulica y Recursos Energéticos.
E-mail: jaimeleo2013@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo analizar como los criterios hidromorfológicos mejoran la eficiencia de obras de drenaje menor en el camino vecinal Sacsamarca – Pallcca, que a partir de las características hidrológicas, hidráulicas y de drenaje se podrá encontrar los parámetros fundamentales para el diseño de los diferentes tipos de obras de arte menores. Los estudios se inician con la revisión bibliográfica y la visita de campo a la zona de estudio, donde se realizaron trabajos correspondientes a la identificación de problemas de drenaje, cruce de ríos, percepción física de la cuenca, inventario de las obras de arte como alcantarillas, cunetas y badenes de la carretera, evaluación en campo de las quebradas de mayor magnitud, a fin de evaluar y comparar los anchos de cauces y tipo de estructura, tomando en cuenta los siguientes aspectos: detallar en los cauces las secciones transversales, áreas de inundación a ambos márgenes de las quebradas, riachuelos y ríos, zonas de sedimentación y erosión, etc. Además se compatibilización con los estudios topográficos de la carretera y quebradas, así mismo se recopiló información referida a las trazas de máximas avenidas, aspectos fluviomorfológicos de los riachuelos. Consecuentemente se hace la identificación y el análisis de las subcuencas y microcuencas relacionadas al proyecto determinando las características morfométricas de estas como parámetros de forma, de relieve y parámetros de la red hidrográfica de cada una de ellas. Resultando dimensiones adecuadas de las obras de arte menor y concluyendo que considerando los criterios hidromorfológicos mejora la eficiencia de obras de drenaje menor en el camino vecinal Sacsamarca – Pallcca.

Palabra clave: Análisis hidromorfológico Sacsamarca.

IMPROVEMENT OF THE EFFICIENCY OF MINOR DRAINAGE WORKS IN THE SACSAMARCA PALLCCA NEIGHBORHOOD ROAD WITH HYDROMORPHOLOGICAL CRITERIA

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze how the hydromorphological criteria improve the efficiency of minor drainage works in the Sacsamarca - Pallcca neighborhood road, which from the hydrological, hydraulic and drainage characteristics can be found the fundamental parameters for the design of the different types of minor works of art. The studies begin with the bibliographic review and the field visit to the study area, where work was carried out corresponding to the identification of drainage problems, crossing of rivers, physical perception of the basin, inventory of works of art such as sewers, ditches and speed bumps of the road, field evaluation of the largest creeks, in order to evaluate and compare the widths of channels and structure type, taking into account the following aspects: detail in the channels the cross sections, areas of flood on both banks of streams, streams and rivers, areas of sedimentation and erosion, etc. In addition, it is compatible with the topographic studies of the road and ravines, likewise information was collected referring to the traces of maximum avenues, fluviomorphological aspects of the streams. Consequently, the identification and analysis of the sub-basins and micro-basins related to the project is made, determining the morphometric characteristics of these as parameters of shape, relief and parameters of the hydrographic network of each of them. Resulting appropriate dimensions of the minor works of art and concluding that considering the hydromorphological criteria improves the efficiency of minor drainage works in the neighborhood road Sacsamarca – Pallcca.

Keywords: Hydromorphological analysis Sacsamarca.

INTRODUCCIÓN

Cada periodo de lluvias, las obras de drenaje menor del camino vecinal Sacsamarca Pallcca, Distrito de Sacsamarca, Provincia de Huancasancos, Departamento de Ayacucho tienen obstrucciones originado por los sólidos que transporta el agua, originándose inundaciones en la plataforma de dicho camino vecinal, Las aguas de avenida mal drenadas afectan la capacidad de uso de la vía y cuando desbordan ocupando la superficie de circulación acelerar la formación de depresiones y surcos, se desarrollan procesos de erosión, ruptura de márgenes y destrucción de cunetas.

Con respecto a esta área de estudio en la región Ayacucho se han realizado escasos estudios hidrológicos a nivel de subcuencas, para fines de aprovechamiento hídrico en sector agrícola, hidroenergético, minero, entre otros. En el común de estos estudios la información climática es muy limitada y la hidrológica es casi nula, por lo que se debe recurrir al uso de diferentes metodologías para la generación de caudales, según los objetivos específicos y alcances de los estudios. La técnica de regionalización de las variables hidroclimáticas ha estado orientada principalmente a la determinación de un gradiente en función a la altitud utilizando información hidroclimática de grupos de estaciones representativas del área de estudio.

¹Colaboradores

El presente trabajo permite plantear soluciones ante los probables inundaciones a la plataforma de la carretera y traerá para los pobladores de las Localidades de Sacsamarca y Palcca mayor seguridad durante la circulación de vehículos en temporadas de lluvias, así mismo permite el buen funcionamiento de las diferentes obras de arte menores como alcantarillas, cunetas y badenes. Por ello, es necesario el presente estudio y la toma de decisiones.

MATERIAL Y METODO

Es una Investigación **descriptivo y correlacional**, que responde a una metodología deductiva donde se evalúa el aporte de la hidromorfología a los elementos necesarios para comprender los procesos involucrados en la dinámica de los cauces de riachuelos y obtención de parámetros hidráulicos para caudales.

Es una investigación de nivel **Analítico**, donde previo análisis del marco teórico y la determinación de diferentes métodos previa la obtención de datos necesarios se logra los resultados.

Ubicación Cartográfica

Cartográficamente se encuentra ubicado en el cuadrante 28ñ y 29ñ (Sistema de Proyección UTM, zona 18)

Tabla 1. Ubicación cartográfica.

Projected Coordinate System	: WGS_1984_UTM_Zone_18S
Projection	: Transverse_Mercator
Geographic Coordinate System:	GCS_WGS_1984
Datum	: D_WGS_1984
Prime Meridian	: Greenwich



Figura 1: Ubicación cartográfica.

Metodología de trabajo

Actividades Preliminares

Para la realización del estudio se efectuaron una serie de actividades preliminares previas a los trabajos de campo, que se mencionan a continuación:

- Coordinaciones de trabajo con los Administradores

Locales de Agua de Ayacucho, con la finalidad de asesoramiento e información disponible.

- Recopilación de todos los antecedentes técnicos (como planos e informes).
- Coordinaciones con las autoridades de los Centros Poblados de Palcca y Sacsamarca del distrito de Sacsamarca, que se ubica en el ámbito del proyecto.
- Coordinación con el Alcalde Distrital de la Municipalidad Distrital de Sacsamarca.
- Revisión de los antecedentes y documentos técnicos y algunos estudios básicos de ingeniería como la topografía.
- Solicitar a SENAMHI y recopilar información básica utilizada como precipitación máxima en 24 horas, proviene de la estación pluviométrica de Huancapi, Huancasancos, Putacca y Rayuscca.
- Coordinaciones con las diferentes entidades relacionadas con el tema, instituciones públicas y privadas, gobierno provincial y local, organizaciones de base, para lograr un trabajo participativo.

Trabajos de Campo

Los trabajos de campo realizados durante la ejecución del estudio correspondieron a:

- Reconocimiento in situ de las principales características geomorfológicas de las quebradas, riachuelos y ríos en el tramo de la carretera en estudio, cobertura vegetal, tipo de suelos y otros.
- Reconocimiento del sistema hidrográfico de la cuenca, en cuanto a la red de drenaje, características principales de las fuentes hídricas superficiales, recurso hídrico superficial (ríos, quebradas, manantiales), y otros.
- Evaluación y proyección de la infraestructura hidráulica de drenaje y obras de arte en los tramos de la carretera.
- Reconocimiento de las estaciones hidrometeorológicas de la cuenca y cuencas vecinas.
- Evaluación en campo de las quebradas de mayor magnitud, a fin de evaluar y comparar los anchos de cauces y tipo de estructura.
- Reconocimiento de las trazas de máximas avenidas.
- Inventario de las obras de arte y drenaje proyectados.
- Fotografías e informaciones complementarias necesarias para el procesamiento del estudio hidrológico e hidráulico para el mejoramiento y rehabilitación de la carretera Sacsamarca – Asca Palcca.

Trabajos de Gabinete

Los trabajos de gabinete durante la ejecución del estudio correspondieron a:

- Revisión de estudios hidrológicos de la zona de influencia del proyecto realizados, teniendo en cuenta su relevancia y su cronología.
- Diagnóstico general de la situación actual de las subcuencas y microcuencas desde el punto de vista de recursos hídricos.
- Delimitación de las Unidades Hidrográficas más importantes en los tramos de la carretera.
- Desarrollo del aspecto climatológico de la cuenca,

describiendo las diferentes variables climáticas como son la precipitación, caudales y clasificación climática de la cuenca.

- Descripción de las características fisiográficas de la cuenca, como son los parámetros de forma, relieve y drenaje, de la cuenca y subcuencas más representativas.
- Descripción de los registros históricos hidrometeorológicos disponibles para el estudio, en cuadros y gráficos.
- Análisis de la información hidrometeorológica que incluye: el análisis de consistencia (análisis gráfico de hidrogramas, doble masa, análisis estadístico de saltos y tendencias); completación y extensión de series.
- Evaluar eventos hidrológicos extremos, determinación de caudales máximos para diferentes periodos de retorno, con fines de diseño y que servirían con fines de prevención y planificación hidrológica.
- Determinación de las avenidas máximas extraordinarias.
- Determinación de los parámetros hidráulicos más representativos para cada obra de arte y drenaje.
- Diseño hidráulico de todas las obras de arte y drenaje como cunetas, alcantarillas, pontones y badenes.



Síntesis de los Trabajos Realizados

Para lograr los objetivos del presente estudio se realizaron las siguientes actividades:

- Recopilación, análisis y evaluación de información existente.
- Reconocimiento hidrográfico - geomorfológico.
- Inventario de fuentes de aguas superficial.
- Toma de parámetros físicos de la cuenca.
- Análisis e interpretación de datos.
- Simulación hidrológica e hidráulica
- Diseño de las obras de arte y drenaje
- Elaboración del informe final.

Técnicas de Recolección de Datos

Las principales técnicas de recolección de datos que se utilizan en la investigación son:

- Mediciones directas como son de estudio de suelos y levantamientos topográficos, así mismo niveles de agua de escorrentía de agua y huella de niveles máximos.
- Copiar datos de registro de precipitaciones de SENAMHI.
- Observaciones directas del estado situacional de las obras de arte existente.
- Toma de muestra de suelos de diferentes puntos del área de estudio.



Figura 2. Diagnostico de estado situacional de obras de arte menor.



Figura 3. Toma de datos topográficos y de suelos de la zona de estudio.

Formulación matemática de Alcantarillas

Flujo en Alcantarillas

Un análisis teórico exacto de flujo en alcantarilla es sumamente complejo, por lo general presenta flujo no

uniforme con ambas regiones del flujo gradualmente variado y rápidamente variado. Un análisis exacto implica cálculos de remanso, equilibrio energía y el impulso y la aplicación de los resultados de estudios del modelo hidráulico.

Una sección de control es un lugar donde hay una relación

única entre el caudal aguas arriba y la elevación de la superficie del agua. El control puede oscilar de entrada a salida.

Diseño de la Alcantarilla con HY-8

El modelo hidráulico para resolución de alcantarillas HY8

fue desarrollado por la Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation. Actualmente es uno de los modelos hidráulicos que corre en un programa de distribución gratuita (software libre) y es de sencilla utilización.

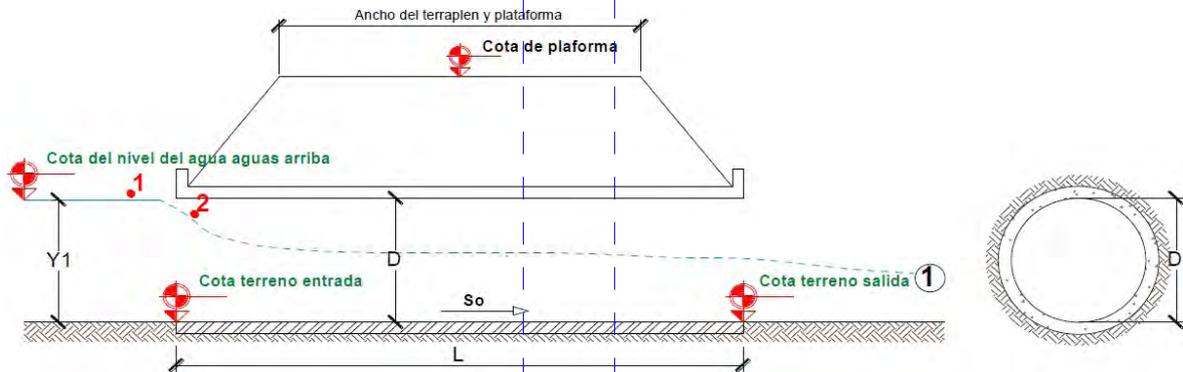


Figura 4. Esquema del modelo en HY8.

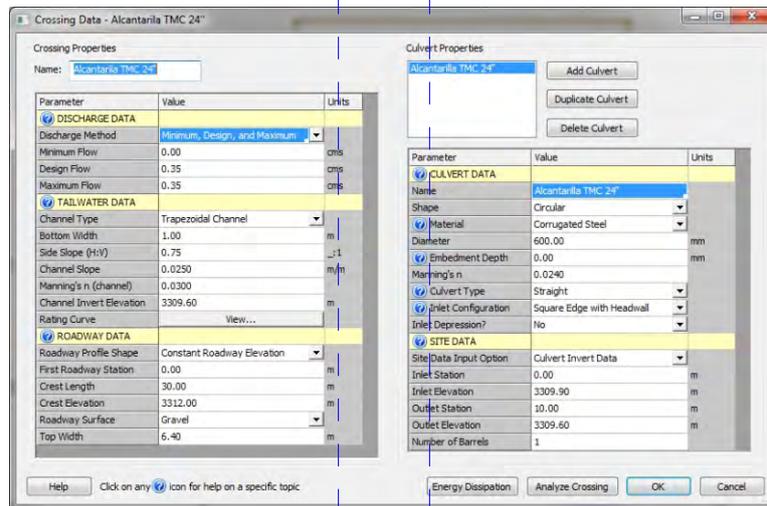


Figura 5. Datos de entrada al modelo HY8 para la alcantarilla TMC de 24''

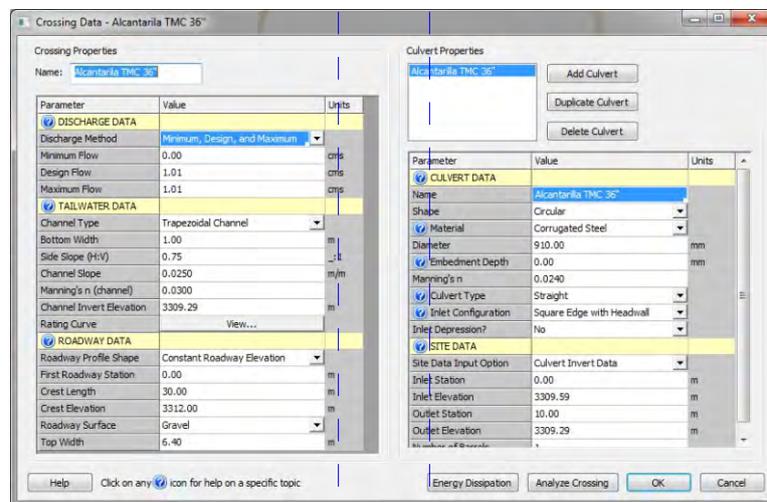


Figura 6: Datos de entrada al modelo HY8 para la alcantarilla TMC de 36"

Badenes

Consideraciones para el diseño

a) Material sólido de arrastre

El material de arrastre es un factor importante en el diseño del badén, recomendándose que no sobrepase el perímetro mojado contemplado y no afecte los lados adyacentes de la carretera.

Debido a que el material sólido de arrastre constituido por lodo, palizada u otros objetos flotantes, no es posible cuantificarlo, se debe recurrir a la experiencia del especialista, a la recopilación de antecedentes y al estudio integral de la cuenca, para lograr un diseño adecuado y eficaz.

b) Protección contra la socavación

Es importante que el badén proyectado cuente con obras de protección contra la socavación, a fin de evitar su colapso. Según se requiera, la protección debe realizarse tanto aguas arriba como aguas abajo de la estructura, mediante la colocación de enrocados, gaviones, pantallas de concreto u otro tipo de protección contra la socavación, en función al tipo de material que transporta el curso natural.

Asimismo, si el estudio lo amerita, con la finalidad de reducir la energía hidráulica del flujo a la entrada y salida del badén, se recomienda construir disipadores de energía, siempre y cuando estas estructuras no constituyan riesgos de represamientos u obstrucciones.

El diseño del badén también deberá contemplar uñas de cimentación tanto a la entrada como a la salida de la estructura, dichas uñas deberán desplantarse preferentemente sobre material resistente a procesos erosivos.

c) Pendiente longitudinal del badén

El diseño hidráulico del badén debe adoptar pendientes longitudinales de ingreso y salida de la estructura de tal manera que el paso de vehículos a través de él, sea de manera confortable y no implique dificultades para los conductores y daño a los vehículos.

d) Pendiente transversal del badén

Con la finalidad de reducir el riesgo de obstrucción del badén con el material de arrastre que transporta curso natural, se recomienda dotar al badén de una pendiente transversal que permita una adecuada evacuación del flujo.

Se recomienda pendientes transversales para el badén entre 2 y 3%.

e) Borde libre

El diseño hidráulico del badén también debe contemplar mantener un borde libre mínimo entre el nivel del flujo máximo esperado y el nivel de la superficie de rodadura, a fin de evitar probables desbordes que afecten los lados adyacentes de la plataforma vial.

Generalmente, el borde libre se asume igual a la altura de agua entre el nivel de flujo máximo esperado y el nivel de la línea de energía, sin embargo, se recomienda adoptar valores entre 0.30 y 0.50m.

Cunetas

a) Capacidad de las cunetas

Se rige por dos límites:

- Caudal que transita con la cuneta llena
- Caudal que produce la velocidad máxima admisible

Para el diseño hidráulico de las cunetas utilizaremos el principio del flujo en canales abiertos, usando la ecuación de Manning:

$$Q = A \times V = \frac{(A \times R_h^{2/3} \times S^{1/2})}{n}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/seg)

V: Velocidad media (m/s)

A: Área de la sección (m²)

P: Perímetro mojado (m)

Rh: A/P Radio hidráulico (m) (área de la sección entre el perímetro mojado).

S: Pendiente del fondo (m/m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

- Los valores de Manning (n) más usados, se presentan en el manual referido.
- También se utiliza el Coeficiente de Strickler (K) cuya expresión es (1/n) (Ver Cuadro 5.10)

Cuadro 1. Valores de K más usados

Cunetas excavadas en el terreno	K = 33
Cunetas en roca	K = 25
Cunetas de concreto	K = 67

Fuente: Ingeniería Vial I de Hugo Morales Sosa

Para los cuales se buscará la solución más adecuada tales como: cunetas cubiertas, berma-cuneta, cuneta tipo batea, etc.

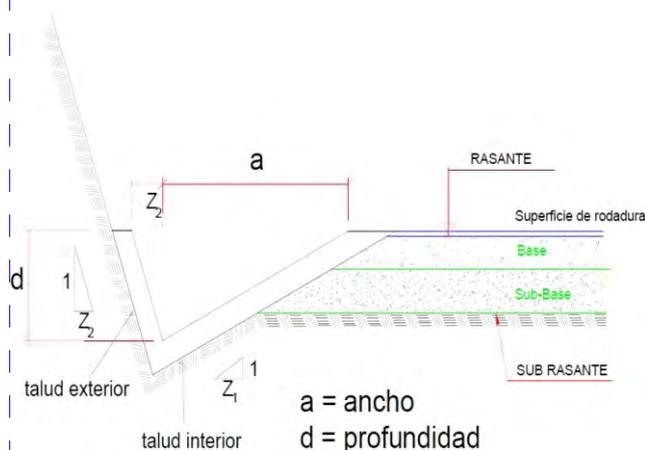


Figura 7. Dimensiones mínimas de cuneta triangular típica.

RESULTADOS

A partir de este programa se tiene los siguientes resultados para el tramo de carretera en estudio.

Tabla 1. Áreas de aporte de las microcuencas para las alcantarillas

N°	Progresiva (Km)	Material	Dimensiones	TIPO	Subcuenca de aporte	Área (Km ²)	Ancho de rodadura (m)	Longitud de alcantarilla (m)	Descripción
1	1+210	Concreto Ciclópeo	0.50mx0.50m	TIPO III	SC1	0.847	6.4	10	Alcantarilla de cruce de agua de riego y curva vertical
2	1+350	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC2	0.836	6.4	10	Alcantarilla de alivio
3	1+597.22	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC3	0.921	6.4	10	Alcantarilla
4	1+700	Concreto Ciclópeo	0.50mx0.50m	TIPO III	SC4	0.762	6.4	10	Alcantarilla de cruce de agua y curva vertical
5	1+834.55	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC5	0.903	6.4	10	Alcantarilla
6	2+948.19	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC6	0.884	6.4	10	Alcantarilla
7	3+290	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC7	0.776	6.4	10	Alcantarilla de alivio
8	3+613.62	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC8	0.854	6.4	10	Alcantarilla
9	3+700	Concreto Ciclópeo	0.50mx0.50m	TIPO III	SC9	0.757	6.4	10	Alcantarilla de cruce de agua
10	3+825	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC10	0.849	6.4	10	Alcantarilla de alivio
11	4+005.66	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC11	0.927	6.4	10	Alcantarilla
12	4+190	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC12	0.838	6.4	10	Alcantarilla de alivio
13	4+480	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC13	0.816	6.4	10	Alcantarilla de alivio
14	4+671.10	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC14	0.874	6.4	10	Alcantarilla
15	4.+830	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC15	0.82	6.4	10	Alcantarilla de alivio
16	5+200.00	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC16	0.898	6.4	10	Alcantarilla proyectada
17	5-450	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC17	0.753	6.4	10	Alcantarilla de alivio
18	5+610	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC18	0.811	6.4	10	Alcantarilla de alivio
19	6+020	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC19	0.933	6.4	10	Alcantarilla de alivio
20	6+365	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC20	0.934	6.4	10	Alcantarilla
21	6+470	Concreto Ciclópeo	0.50mx0.50m	TIPO III	SC21	0.766	6.4	10	Alcantarilla por cruce de agua y alivio
22	6+680	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC22	0.849	6.4	10	Alcantarilla de alivio
23	6+890	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC23	0.784	6.4	10	Alcantarilla de alivio
24	7+005	Concreto Ciclópeo	0.50mx0.50m	TIPO III	SC24	0.797	6.4	10	Alcantarilla de alivio y cruce de agua

25	7-120	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC25	0.799	6.4	10	Alcantarilla de alivio
26	7+420	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC26	0.836	6.4	10	Alcantarilla de alivio
27	7+800	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC27	0.805	6.4	10	Alcantarilla de alivio
28	8+250	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC28	0.83	6.4	10	Alcantarilla de alivio
29	8+430	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC29	0.843	6.4	10	Alcantarilla de alivio
30	9+240	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC30	0.855	6.4	10	Alcantarilla
31	8+430	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC31	0.788	6.4	10	Alcantarilla de alivio
32	9+480.84	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC32	0.946	6.4	10	Alcantarilla
33	9+775	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC33	0.856	6.4	10	Alcantarilla
34	9+980	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC34	0.766	6.4	10	Alcantarilla de alivio
35	10+700	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC35	0.835	6.4	10	Alcantarilla de alivio
36	10+690	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC36	0.907	6.4	10	Alcantarilla
37	11+038.04	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC37	0.88	6.4	10	Alcantarilla
38	11+200	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC38	0.836	6.4	10	Alcantarilla de alivio
39	11+480	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC39	0.815	6.4	10	Alcantarilla de alivio
40	11+600	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC40	0.911	6.4	10	Alcantarilla
41	11+950	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC41	0.804	6.4	10	Alcantarilla de alivio
42	12+120	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC42	0.809	6.4	10	Alcantarilla de alivio
43	12+360	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC43	0.777	6.4	10	Alcantarilla de alivio
44	12+620	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC44	0.83	6.4	10	Alcantarilla de alivio
45	12+776.70	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC45	0.882	6.4	10	Alcantarilla
46	12+980	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC46	0.83	6.4	10	Alcantarilla de alivio
47	13+340	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC47	0.759	6.4	10	Alcantarilla alivio
48	13+790	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC48	0.804	6.4	10	Alcantarilla alivio
49	14+243.69	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC49	0.929	6.4	10	Alcantarilla
50	14+440	Alcantarilla TMC	36"	TIPO II	SC50	0.881	6.4	10	Alcantarilla
51	14+775	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC51	0.825	6.4	10	Alcantarilla alivio
52	14+940	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC52	0.8	6.4	10	Alcantarilla alivio
53	15+640	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC53	0.775	6.4	10	Alcantarilla alivio
54	16+440	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC54	0.797	6.4	10	Alcantarilla alivio

55	16+985	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC55	0.765	6.4	10	Alcantarilla de alivio
56	17+300	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC56	0.756	6.4	10	Alcantarilla de alivio
57	18+310	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC57	0.775	6.4	10	Alcantarilla de alivio
58	18+531	Concreto Ciclópeo	0.50mx0.50m	TIPO III	SC58	0.797	6.4	10	Alcantarilla de cruce de agua de riego
59	18+750	Alcantarilla TMC	24"	TIPO I	SC59	0.778	6.4	10	Alcantarilla de alivio

Dimensiones de Cunetas.

Tabla 2. Áreas aportantes para las cunetas Tipo I Km 8+500 hasta 13+250.

Nº	Progresiva inicial	Progresiva Final	Descripción	Dimensiones	TIPO	Área aportante (Km2)
01	8+500	8+750	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.276
02	8+750	9+000	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.271
03	9+000	9+250	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.274
04	9+250	9+500	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.273
05	9+500	9+750	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.276
06	9+750	10+000	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.271
07	10+000	10+250	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.274
08	10+250	10+500	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.273
09	10+500	10+750	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.276
10	10+750	11+000	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.277
11	11+000	11+250	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.271
12	11+250	11+500	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.273
13	11+500	11+750	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.277
14	11+750	12+000	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.273
15	12+000	12+250	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.274
16	12+250	12+500	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.274
17	12+500	12+750	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.277
18	12+750	13+000	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.276
19	13+000	13+250	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.270
20	13+250	13+500	Cuneta Triangular	0.3x0.75	Tipo I	0.273
Mínimo						0.270
Promedio						0.274
Máximo (Diseño)						0.277

Tabla 3. Áreas aportantes para las cunetas Tipo II Km 0+00 a 8+500 y Km 13+500 a 18+966.93

Nº	Progresiva inicial	Progresiva Final	Descripción	Dimensiones	TIPO	Área aportante (Km2)
01	0+000	0+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.308
02	0+250	0+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.306
03	0+500	0+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.312
04	0+750	1+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
05	1+000	1+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.308
06	1+250	1+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.305
07	1+500	1+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.312
08	1+750	2+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.311
09	2+000	2+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.311
10	2+250	2+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.312
11	2+500	2+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
12	2+750	3+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
13	3+000	3+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.308
14	3+250	3+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.306

15	3+500	3+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.309
16	3+750	4+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.309
17	4+000	4+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.308
18	4+250	4+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.311
19	4+500	4+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.308
20	4+750	5+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.309
21	5+000	5+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.309
22	5+250	5+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
23	5+500	5+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.307
24	5+750	6+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.306
25	6+000	6+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.306
26	6+250	6+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.311
27	6+500	6+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
28	6+750	7+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.309
29	7+000	7+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.307
30	7+250	7+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.305
31	7+500	7+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.309
32	7+750	8+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.306
33	8+000	8+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
34	8+250	8+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.307
35	13+500	13+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.308
36	13+750	14+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.309
37	14+000	14+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.311
38	14+250	14+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
39	14+500	14+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.308
40	14+750	15+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
41	15+000	15+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.308
42	15+250	15+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.307
43	15+500	15+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
44	15+750	16+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
45	16+000	16+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.311
46	16+250	16+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.311
47	16+500	16+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.309
48	16+750	17+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.309
49	17+000	17+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.306
50	17+250	17+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.305
51	17+500	17+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.308
52	17+750	18+000	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
53	18+000	18+250	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.311
54	18+250	18+500	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.312
55	18+500	18+750	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.308
56	18+750	18+966.93	Cuneta Triangular	0.3x0.803	Tipo II	0.310
Mínimo						0.305
Promedio						0.309
Máximo (Diseño)						0.312

Dimensiones de Badenes.**Tabla 4.** Áreas aportantes para los badenes Tipo I y II.

Nº	Progresiva	Estructura	Dimensiones	Tipo	Subcuenca de aporte	Área (Km2)	Observaciones
01	1+986.34	Badén					Nuevo Existente buenas condiciones
02	2+662.57	Badén	L=10m	TIPO II	SC60	0.819	Existente malas condiciones
03	10+343.81	Badén	L=8m	TIPO I	SC61	0.765	Proyectado
04	13+216.37	Badén	L=8m	TIPO I	SC62	0.711	Proyectado
05	14+003.67	Badén	L=10m	TIPO II	SC63	0.836	Proyectado

Dimensiones de Pontones.**Tabla 5.** Áreas aportantes para los Pontones 1 y 2.

Nº	Progresiva	Estructura	Dimensiones	Subcuenca de aporte	Área (Km ²)	Perímetro (Km)	Observaciones
01	2+332.61	Puente Wancachaca					Puente en buenas condiciones
02	5+860	Puente Pampacocha	L=8m	SC64	101.05	78.03	Puente de madera en malas condiciones

DISCUSIÓN

El diseño final de las obras de arte y drenaje debe generar las condiciones mínimas para su ejecución y preparar los detalles técnicos para poder proceder a su construcción. En el análisis estructural deben de ratificarse que ningún factor de riesgo presente una amenaza real para el proyecto, además de presentar la información detallada de los estudios en un informe de diseño final.

Los factores obligatorios reproducen básicamente los descriptores el sistema son altitud, latitud y longitud pueden entenderse como coordenadas de localización, por lo que se georreferenciarían a los puntos de inicio y final de cada tramo fluvial. El factor geología puede aplicarse del mismo modo que en el sistema o bien establecer una escala más diversa que permita definir mejor los caracteres geológicos de la cuenca vertiente. El factor "tamaño" se refiere a la superficie de la cuenca vertiente en cada curso o tramo de aplicación.

Los factores optativos, como su propio nombre indica, requieren una selección interna, por lo que algunos de ellos pueden ser desechados.

Fueron importantes analizar los factores topográficos: altitud, latitud, longitud, tamaño de cuenca, pendiente, los factores hidroclimáticos: caudal, temperatura, precipitaciones, los factores geomorfológicos: geología, energía del flujo, anchura, profundidad, morfología del cauce y del valle, transporte de sólidos.

Atendiendo a criterios de peligrosidad, los badenes, cunetas y alcantarillas constituyen en cauces efímeros las obras de drenaje más problemáticas, tanto por su limitada capacidad de desagüe como por el elevado riesgo de obstrucción que presentan en época de avenidas. Durante estos sucesos torrenciales se moviliza un importante volumen de material sólido, que termina obstruyendo parcial o totalmente este tipo de estructuras hidráulicas, creando nuevos peligros que afectan al conjunto de la infraestructura viaria y a su tráfico. Por lo que la aplicación de los aspectos hidromorfológicos que se tuvo en cuenta para lograr una adecuada eficiencia de este tipo de obras de drenaje mediante la optimización de su diseño.

La geomorfología del cauce y su llanura de inundación. La extensión de los estudios de localización de los cruces de carreteras depende de la importancia de las estructuras propuestas y de los peligros de inundación y aspectos ambientales relativos a cada área.

El efecto más directo e inmediato es la obstrucción del sistema de drenaje, con la consiguiente elevación del nivel de la corriente que termina por superar la rasante de la carretera,

provocando su colapso.

Entre los muchos criterios hidromorfológicos aplicables en el diseño de las alcantarillas, cunetas y pontones, destacan básicamente tres: el trazado fluvial en relación con la dirección de la carretera y el dispositivo de drenaje, el tipo de cauce y las condiciones de estabilidad de la sección transversal del cauce inmediatamente aguas arriba.

Conclusiones:

- La consideración de criterios hidromorfológicos mejora la eficiencia de obras de drenaje menor en el camino vecinal Sacsamarca – Palleca.
- La geomorfología del área en estudio, influye en los niveles de agua en cada obra de drenaje menor.
- Los sedimentos influye en la evolución y sostenimiento de un hábitat de la zona de estudio.
- Entre los muchos criterios hidromorfológicos aplicables en el diseño y emplazamiento de las alcantarillas, y pontones, destacan básicamente tres: El trazado fluvial en relación con la dirección de la carretera y el dispositivo de drenaje, el tipo de cauce y las condiciones de estabilidad de la sección transversal del cauce inmediatamente aguas arriba.
- Las alcantarillas se deben localizar evitando las áreas que tienen un alto potencial para la obstrucción por la deposición de sedimentos y demás tipos de materiales (escombros, restos vegetales, etc.)

Recomendaciones:

- Es recomendable que se realicen estudios hidrológicos e hidráulicos de obras mayores con criterios hidromorfológicos.
- La influencia de las actividades humanas sobre los cambios morfológicos debe ser evaluada (evaluación de impacto morfológico).
- Los Ingenieros de Ríos deben reconocer todos los procesos responsables de los cambios morfológicos, no sólo los hidráulicos sino también aquellos relacionados con el transporte de sedimentos.

AGRADECIMIENTO:

A los estudiantes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil Katherine Sheylla Soto Medrano y Rocky Giban Ayala Bizarro por el apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Brunsdon, D.; Doornkamp, J.C.; Fookes, P.G.; Jones, D.K.C. & Kelly, J.M.H., Large scale geomorphological mapping and Highway engineering design, Quarterly Journal of Engineering Geology & Hydrogeology, 1975, 8 (4): 227-253.

Chin, D., *Water Resources Engineering*. Second Edition. United States of America, Pearson Prentice Hall, 2006.

Chow, V.; Maidment, D. y L. Mays, *Hidrología Aplicada*. Primera Edición. Colombia, McGraw - Hill Interamericana, 1994.

CASTRO J., Geomorphologic Impacts of Culvert Replacement and Removal: Avoiding Channel Incision, USFWS – Oregon Fish and Wildlife Office, Portland, 2003, p. 19.

Fatorelli Sergio, Fernández Pedro. Diseño hidrológico. 2da ed. Italia; 2011; p.17 y 18.

Fernández Villar J.C., Mayorga Vila A.; La utilización de modelos en hidrología; España; 1996. P. 306.

Grupo de investigación en transporte de sedimentos; Hidrología Básica y Aplicada; Barcelona, 2007; p.5

Ministerio de Transportes y Comunicaciones; Manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje; Lima; 2008. P. 12 y 13.

Ollero Ojeda A., Aplicación del índice geomorfológico IHG en la cuenca del Hebro, Zaragoza, 2009.

Rocha, Arturo, Introducción a la Hidráulica Fluvial; Perú. Editorial Facultad de Ingeniería Civil Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 1998.

Rocha, Arturo. La morfología fluvial y su incidencia en la estabilidad de obras viales; Perú. Editorial Facultad de Ingeniería Civil Universidad Nacional de Ingeniería.