

**EL DISEÑO, REVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS ALCANTARILLAS Y  
LA PERCEPCIÓN DEL RIESGO**

**Ing. Carlos Corzo Bacallao<sup>1</sup>**

*1. Universidad de Matanzas, Vía Blanca km.3, Matanzas,  
Cuba.*

## Resumen

Se propone un procedimiento para la determinación del riesgo de las obras de drenaje transversal (alcantarillas) de modo que se pueda acceder a las prioridades de intervención constructiva de cada una de ellas, permitiendo la priorización de los recursos materiales y financieros disponibles en aquellas obras más comprometidas desde el punto de vista de las amenazas y vulnerabilidades.

Para ello se propone la utilización de programas de cálculo y revisión de alcantarillas de cajón y circulares así como del programa de evaluación de las probabilidades de ocurrencia de las avenidas peligrosas, los cuales han sido desarrollados al efecto por el autor.

Se presenta un conjunto de propuestas de normativas a modo de propuestas que facilitan la evaluación de las vulnerabilidades de las obras.

***Palabras claves:*** Alcantarillas; Drenaje transversal; Amenazas, Vulnerabilidades

---

## Introducción

Cada desastre arrasa en pocas horas con los sueños y esfuerzos de muchos ciudadanos y con logros de muchos años de trabajo en el desarrollo. En las dos últimas décadas han fallecido alrededor de 3 millones de personas a causa de desastres de gran magnitud vinculados a fenómenos naturales y socio-naturales. De 1991 al 2000 se ha registrado un promedio de 211 millones de personas afectadas anualmente por los mismos -7 veces más que el promedio de 31 millones de personas anualmente afectadas por conflictos-. Las pérdidas asociadas a los desastres exceden los US \$ 90 mil millones anuales.<sup>1</sup> Hay que agregar a esto el hecho de por cada evento de gran magnitud se producen alrededor de 300 pequeños y medianos desastres cuyos daños acumulados, que no se registran en las bases de datos globales, pueden llegar a duplicar las cifras antes mencionadas, de modo que los niveles de pérdidas económicas y sociales son mucho mayores.<sup>2</sup>

Se puede afirmar que a partir de las enormes afectaciones producidas por el huracán “Andrew” en la Florida, EU, como demanda de las compañías aseguradoras cobran singular importancia los conceptos de “Riesgos, Amenazas y Vulnerabilidades”.

La aplicación de estos conceptos ha tenido desde entonces su aplicabilidad a la estabilidad estructural fundamentalmente de edificaciones y puentes ante la presencia de eventos naturales extremos, tales como sismos y huracanes.

---

<sup>1</sup> Estrategia Internacional de Reducción de Desastres, Boletín informativo n 3, 2002.

<sup>2</sup> LA GESTIÓN LOCAL DEL RIESGO. NOCIONES Y PRECISIONES EN TORNO AL CONCEPTO Y LA PRÁCTICA. Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central - CEPREDENAC

Resulta evidente que de la confrontación (evaluación) de estos eventos naturales (amenazas) y de la susceptibilidad (vulnerabilidad) de los objetos estudiados surge el verdadero riesgo.

De modo que se puede afirmar que si:

- a. No existen amenazas, o;
- b. Los objetos no son vulnerables

El riesgo no puede existir.

Por tanto, para que exista un determinado RIESGO, necesariamente deben estar presente los dos factores mencionados: AMENAZAS y VULNERABILIDADES.

No es difícil suponer que el nivel o intensidad del riesgo sea una resultante del nivel e intensidad de las amenazas y de las vulnerabilidades, factores que interactúan arrojando resultados desde la improbabilidad de la existencia de éste hasta prácticamente la certeza de la ocurrencia del posible desastre.

Con este fin se han desarrollado las “Matrices de Riesgo” y más recientemente las “Curvas de Fragilidad”

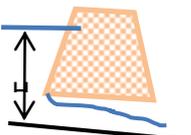
En los EU existen más de 600 000 puentes, determinándose el riesgo de cada uno de ellos y como resultado las prioridades (rating), de modo que los gastos previstos para las reconstrucciones y mantenimientos responden a este análisis.

## Las alcantarillas

Podemos definir las alcantarillas como aquellas estructuras destinadas a trasvasar un flujo de agua a través de un terraplén (infraestructura de una vía)

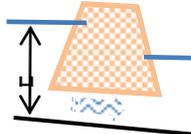
Desde el punto de vista de su funcionamiento hidráulico, las alcantarillas:

**¿CANALES?** A veces se comporta como canal abierto y en ocasiones se aproxima a las tuberías.



En ocasiones a pesar de que el nivel a la entrada supera el diámetro o altura de la alcantarilla, el agua no fluye a sección llena.

**¿TUBERÍAS?** La observación del comportamiento del flujo en el interior de las alcantarillas es imposible en condiciones prácticas.



Por estas razones los trabajos más significativos en el orden práctico siguen siendo:

Las investigaciones y ensayos de la sección hidráulica división puentes de la Oficina de Ingeniería y Operaciones del Bureau of Public Roads de Washington – EEUU (1964) y posteriormente traducidos y adaptados a las unidades métricas por el Ing. Rühle (1966)<sup>3</sup>

El diseño hidráulico de una alcantarilla consiste en:

La selección del tipo y cantidades de conductos de modo que:

<sup>3</sup> Ing. Carlos Corzo Bacallao. Monografía: “El diseño y revisión de las alcantarillas”. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”. 2014.

- a. La altura del flujo a la entrada de la alcantarilla no supere determinada magnitud pre establecida, que se selecciona con vistas a evitar que el agua sea vertida sobre el terraplén y en el caso de las vías férreas además que no contamine el balasto.
- b. Que la velocidad del agua no supere determinadas magnitudes de modo que no afecte a los conductos.
- c. Que la velocidad del agua, fundamentalmente a la salida, no erosione el canal de salida ni genere fenómenos indeseables tales como los saltos hidráulicos.

Todo lo cual para garantizar la estabilidad y permanencia estructural de la alcantarilla y como consecuencia la estabilidad estructural de la vía que se trate de modo que se garantice el funcionamiento de la vía en condiciones extremas.

### **Métodos de cálculo hidráulico de las alcantarillas.**

Debemos señalar que el funcionamiento hidráulico de las alcantarillas resulta extraordinariamente complejo, ya que entre otras cuestiones es prácticamente imposible observar el comportamiento del flujo en su interior cuando éstas se encuentran en operación, a no ser en condiciones de laboratorio con la utilización de modelos,

Podemos mencionar tres métodos generales:

- a. Gráficos
- b. Analíticos
- c. Simulación

Métodos gráficos:

Confección de nomogramas que apoyándose en investigaciones en laboratorios arrojan por lo general resultados finales satisfactorios sin que los mismos profundicen en las características del flujo en el interior de los conductos.

No obstante por lo general ofrecen resultados prácticos satisfactorios y han satisfecho las expectativas en cuanto al diseño de estas obras.

Han sido desarrolladas por la sección hidráulica división puentes de la Oficina de Ingeniería y Operaciones del Bureau of Public Roads de Washington – EEUU (1964).

Métodos analíticos

Desarrollados por diferentes investigadores y oficinas de diseño. Por lo general presentan diversas ecuaciones analíticas, las cuales se basan en principios y leyes conocidas de la hidráulica. No obstante, se requieren coeficientes empíricos que se deben seleccionar a juicio de los profesionales (coeficientes de rugosidad y de pérdidas a la entrada y a la salida, etc.)

A nuestro juicio no resultan más precisos que los gráficos.

Métodos de simulación

Cabe destacar el HEC – RAS que resulta el software líder internacionalmente en el diseño y modelación de los flujos libres.

Obviamente está basado en las leyes y procedimientos de cálculos hidráulicos establecidos y por supuesto sus posibilidades no rebasan más allá de las inherentes a una poderosa herramienta de cálculo, donde las suposiciones y necesarias simplificaciones juegan un papel determinante en los resultados y por tanto de las imprescindibles selecciones de coeficientes y “condiciones de borde”

A nuestro juicio no se justifica la laboriosidad necesaria para su implementación en el caso de las alcantarillas, ya que es necesario disponer, además de los datos tradicionales, de perfiles longitudinales y secciones transversales.

De hecho el problema se plantea como una corriente de agua que es cortada por una vía y no viceversa.

HEC – RAS resulta en la actualidad prácticamente imprescindible en el caso del cálculo hidráulico de puentes, socavaciones, etc. pero resulta demasiado laborioso para el caso de alcantarillas, a no ser que alguna de éstas revista una importancia relevante dada las circunstancias.

De los métodos antes mencionados, el gráfico ha sido por sus resultados y simplicidad el más empleado.

## **ESTADO DEL ARTE<sup>4</sup>**

### **LA AMENAZA (Hazard):**

La amenaza corresponde a un fenómeno de origen natural, socio-natural, tecnológico o antrópico en general, definido por su naturaleza, ubicación, recurrencia, probabilidad de ocurrencia, magnitud e intensidad (capacidad destructora).

El grupo de investigación GRAVITY (2001) define la amenaza como un *fenómeno potencial que amenaza el ser humano y su entorno*. Los autores precisan que en el caso de una amenaza de origen natural, dicha amenaza corresponde a *la interacción Potencial entre el hombre y eventos naturales externos y representa la probabilidad de un evento*.

Matemáticamente, el grupo define el concepto de la siguiente manera:

**Amenaza** = Evento<sub>i</sub> x Severidad<sub>i</sub>

Lapso de tiempo entre evento y evento

Donde la *Severidad* corresponde a la *dimensión espacial afectada* por el evento (size) y a la *energía y magnitud* (strength) de dicho evento.

### **LA VULNERABILIDAD (Vulnerability):**

Se puede decir que la vulnerabilidad corresponde **a la probabilidad de que el objeto de estudio, expuesto a una amenaza natural, tecnológica o antrópica, según el grado de fragilidad (susceptibilidad) de sus elementos, pueda sufrir daños humanos y materiales en el momento del impacto del fenómeno.**

La magnitud de estos daños estará asociada con el grado de vulnerabilidad.

---

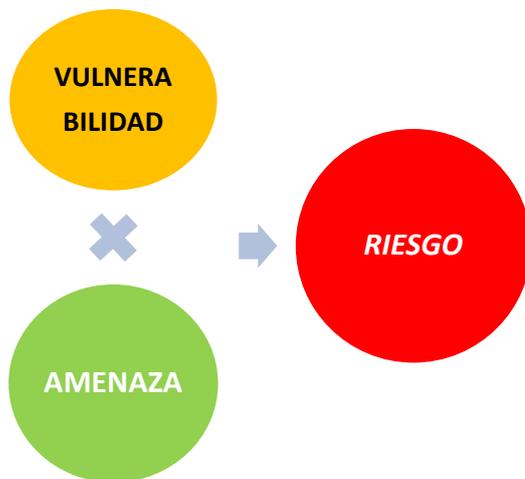
<sup>4</sup> Anne- Catherine Chardon & Juan Leonardo González. AMENAZA, VULNERABILIDAD, RIESGO, DESASTRE, MITIGACIÓN, PREVENCIÓN. Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Instituto de Estudios Ambientales. - IDEA - 2002

## EL RIESGO (Risk):

El riesgo corresponde a un valor relativo probable de pérdidas de toda índole en un sitio específico **vulnerable** a una **amenaza** particular, en el momento del impacto de ésta y durante todo el período de recuperación y reconstrucción que le sigue.

El riesgo es el producto de dos factores que engloban el desarrollo de la sociedad, las amenazas y las vulnerabilidades.

Las amenazas hacen referencia a la probabilidad de la ocurrencia de un evento físico dañino; y las vulnerabilidades, a la susceptibilidad de los objetos de sufrir daños debido a sus propias características.



Si no existen AMENAZAS, con independencia de que el objeto o situación sea vulnerable, no existe el RIESGO.

Por ejemplo, en Luanda, capital de Angola no existen vientos huracanados, por lo tanto, con independencia de que las estructuras sean vulnerables (susceptibles) a vientos extremos, no existe el RIESGO de la destrucción o daño de las mismas por esta causa.<sup>5</sup>

Ilustración 1

Si no existen **VULNERABILIDADES**, con independencia de que el objeto o situación se encuentre sujeto a **AMENAZAS**, tampoco existe **RIESGO**.

### El diseño bajo la percepción del riesgo

Resulta evidente que el diseño de cualquier estructura, por razones económicas, debe responder a una percepción o posibilidad real de existencia del **RIESGO**.

Para ello es necesario acudir a la evaluación tanto de las **AMENAZAS** como de las **VULNERABILIDADES**.

El **RIESGO** surge solamente cuando interactúan **AMENAZAS** y **VULNERABILIDADES**.

Por tanto, una de las formas de apreciar esta problemática es a través de una **MATRIZ**, que se denomina **MATRIZ DE RIESGOS**, que en el caso que nos ocupa (alcantarillas) se propone la siguiente:

<sup>5</sup> Carlos Corzo Bacallao. Observaciones realizadas en la Rep. Pop Angola. 1990. Inédito

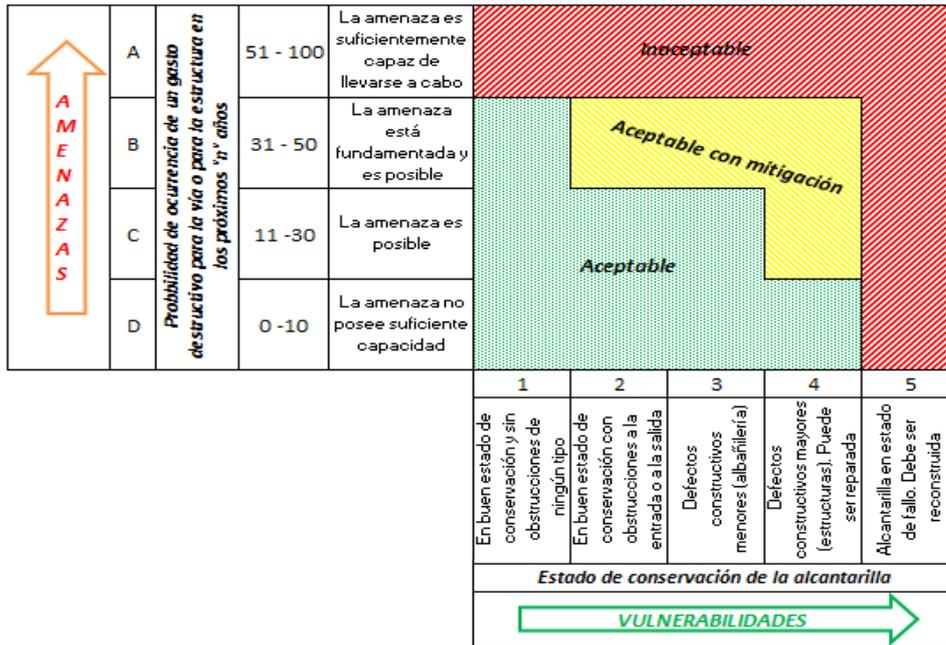


Ilustración 2

En el caso que nos ocupa, definimos la **AMENAZA** como la posibilidad (mayor o menor) de que el agua supere un determinado nivel a la entrada de la alcantarilla, el cual por lo general debe estar fijado en dependencia de la vía a la cual “presta el servicio”

De modo que si esta circunstancia ocurriese pueden suceder tres consecuencias:

- a. La vía en cuestión se verá interrumpida
- b. La vía puede ser destruida al pasar el agua sobre la misma.
- c. Pueden ocurrir afectaciones “aguas arriba” o aguas abajo” de la obra de fábrica.

### Interpretación de la Matriz de Riesgos

	A	<b>Probabilidad de ocurrencia de un gasto destructivo para la vía o para la estructura en los próximos "n" años</b>	51 - 100	La amenaza es suficientemente capaz de llevarse a cabo
	B		31 - 50	La amenaza está fundamentada y es posible
	C		11 - 30	La amenaza es posible
	D		0 - 10	La amenaza no posee suficiente capacidad

Ilustración 3

Evaluación de las amenazas:

Evaluamos las amenazas desde “A” hasta “D” en función de la probabilidad de ocurrencia para los próximos “n” años (a seleccionar) de una avenida superior a la capacidad real (calculada) de la alcantarilla en cuestión.

Evaluación de la vulnerabilidad:

1	2	3	4	5
En buen estado de conservación y sin obstrucciones de ningún tipo	En buen estado de conservación con obstrucciones a la entrada o a la salida	Defectos constructivos menores (albañilería)	Defectos constructivos mayores (estructuras). Puede ser reparada	Alcantarilla en estado de fallo. Debe ser reconstruida
<b>Estado de conservación de la alcantarilla</b>				
				

Evaluamos la vulnerabilidad desde 1 hasta 5 según la tabla con las definiciones que se adjunta.

Ilustración 4

De modo que el RIESGO lo podemos evaluar fácilmente a partir de la conjunción de ambos indicadores.

A	Inaceptable				
B	Aceptable con mitigación				
C	Aceptable				
D					
	1	2	3	4	5

Así vemos, por ejemplo, que para B1 el riesgo resultaría “aceptable”, mientras que para A1 resultaría “inaceptable”. De la misma forma que para B2 resultaría “aceptable con mitigación”

La vulnerabilidad 5 representa un estado de fallo y resulta inaceptable en todos los casos.

Ilustración 5

Debemos agregar que en la evaluación de las vulnerabilidades es posible incorporar criterios o factores tales como:

- Físicos
- Naturales
- Ecológicos
- Tecnológicos
- Sociales
- Económicos
- Territoriales
- Culturales
- Educativos
- Funcionales
- Político – administrativo
- Etc.<sup>6</sup>

Es innegable, por ejemplo, que una mala dirección y administración o la ausencia de una voluntad política en la solución de los problemas, o la existencia de problemas que pueden ser hasta excepcionales, tales como corrupción, bajo nivel educacional, etc.

<sup>6</sup> Anne- Catherine Chardon & Juan Leonardo González. AMENAZA, VULNERABILIDAD, RIESGO, DESASTRE, MITIGACIÓN, PREVENCIÓN. Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales, Instituto de Estudios Ambientales. - IDEA - 2002

incrementan de hecho la vulnerabilidad de forma general, por lo que casuísticamente deben ser atendidos.

En el presenta trabajo nos hemos referido a las vulnerabilidades a partir exclusivamente a la conservación desde el punto de vista constructivo de las alcantarillas (caso que nos ocupa), lo que no proscribe la evaluación y análisis de otros factores como los antes mencionados.

### La mitigación del riesgo

Podemos apreciar que en la Ilustración 6 que B2, B3, B4 y C4 la evaluamos como “aceptables con mitigación”, por lo que debemos pasar a definir este concepto:

La mitigación del RIESGO puede estar dada por las acciones encaminadas a la reducción, bien de las AMENAZAS, de las VULNERABILIDADES o de ambos aspectos.

Por lo general, la reducción de las amenazas en el caso de construcciones, solamente es posible con los cambios de emplazamiento, lo cual no procede en las alcantarillas ya que estas obras se ejecutan por necesidad en un punto o ubicación imprescindible.

Por tanto, en estos casos solamente es posible accionar (mitigar el riesgo) con la reducción de las vulnerabilidades.

<b>ELIMINACIÓN DE LAS AMENAZAS</b>		
<b>MÉTODO</b>	<b>RECOMENDABLE CUANDO:</b>	<b>LIMITACIONES</b>
<b>Relocalizar el proyecto</b>	Existe un alto riesgo comprobado	Costo de la relocalización
	Existen grandes incertidumbres técnicas.	Plazos de ejecución pre establecidos
	Soluciones muy costosas	
	Existen alternativas de relocalización viables.	
<b>Remoción total o parcial de los materiales inestables</b>	Cuando se trata de la remoción de volúmenes relativamente pequeños.	Volúmenes a remover muy grandes
	No producen afectaciones notables a terceros	Grandes afectaciones inducidas
	Solución segura	
<b>En el caso de obras de viales modificación del trazado y pendientes</b>	La acción de la modificación neutraliza los riesgos de deslizamientos	Debe cumplir los objetivos establecidos de la vía
	Los costos son aceptables	Considerar la relación costo ↔ riesgo
	El uso de viaductos o puentes constituye una variante a considerar	

Ilustración 7

## La mitigación del riesgo por la disminución de las vulnerabilidades

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, la vulnerabilidad en el caso de las alcantarillas viene dada por:

- Diseño hidráulico inadecuado
- Desperfectos constructivos
- Ambos aspectos

### La revisión del diseño hidráulico

Mediante los programas de cálculo:

ALCANTARILLAS DE CAJONES DE HORMIGÓN (Versión 2014 – 3/14)

ALCANTARILLAS DE TUBOS DE HORMIGÓN (ALCTU1.0)

Se calcula Q Máx (Gasto Máximo) para los datos observados en la alcantarilla que se estudia. (Ambos programas diseñados por el autor)

#### CÁLCULO DE ALCANTARILLAS DE CAJONES. Versión 3/14

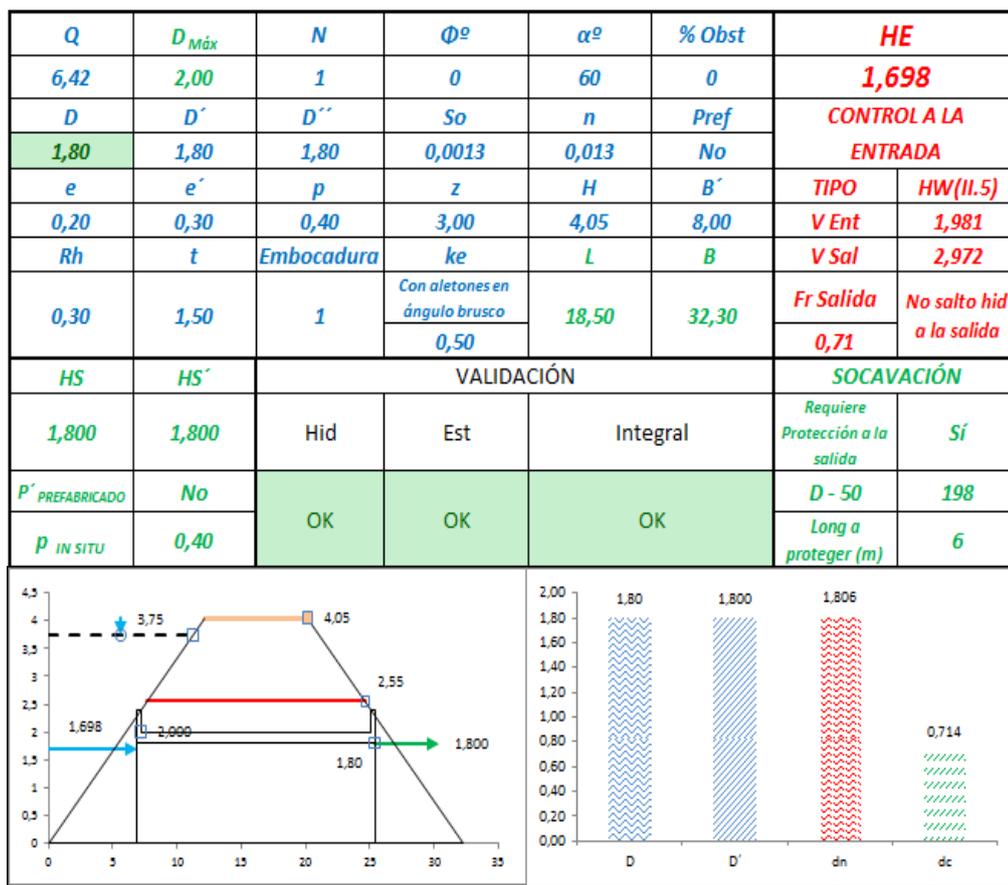
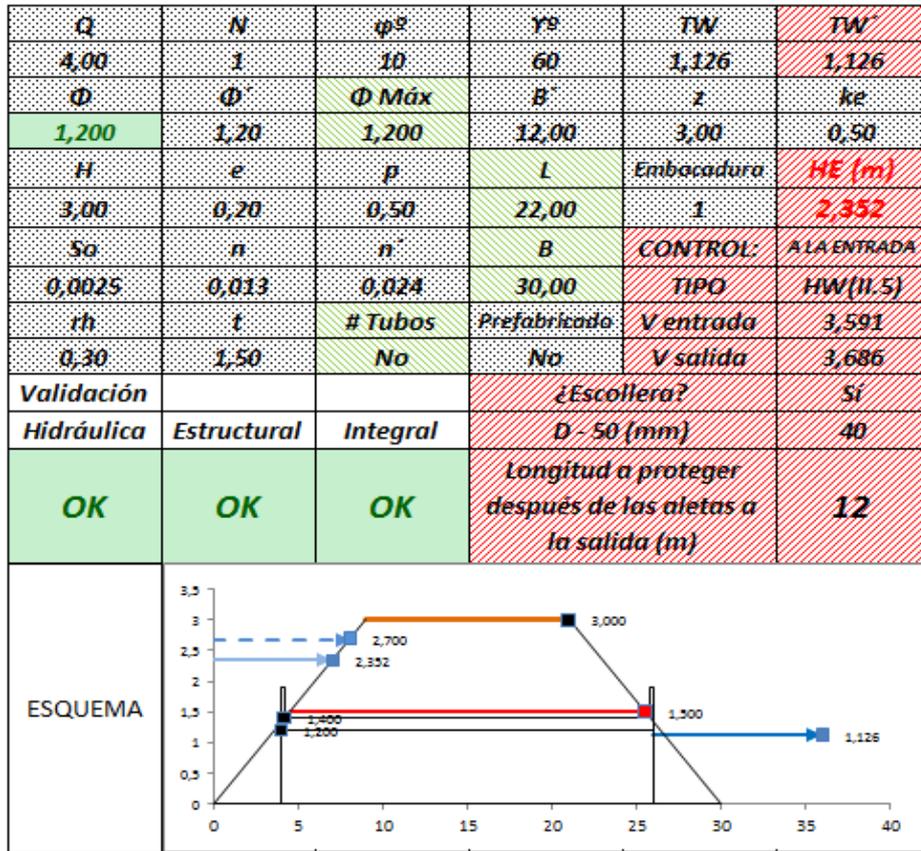


Ilustración 8

**CÁLCULO Y REVISIÓN DE ALCANTARILLAS CIRCULARES (Versión 2014)**



Corzo 2014

Ilustración 9



Ilustración 10

LA EXPLICACIÓN DEL USO Y EXPLOTACIÓN DE AMBOS PROGRAMAS NO ES OBJETO DE LA PRESENTA MONOGRAFÍA Y SE EXPLICAN EN EL MANUAL DE USUARIO CONFECCIONADO AL EFECTO.

Los programas antes mencionados y los manuales de usuario están debidamente protegidos como “Propiedad Intelectual” y se encuentran libremente al alcance de los interesados

cmcb65@hispanavista.com  
carlos.corzo@umcc.cu

**Determinación de la probabilidad de ocurrencia de  $q$  máximo que es capaz de conducir la alcantarilla sin que se produzcan daños.**

La cuenca que aporta el flujo que debe cruzar la vía a través de la alcantarilla es caracterizada por los siguientes parámetros:

- a. A: Área de la cuenca (Km2) desde su punto más alto hasta la localización de la alcantarilla.
- b. L: Longitud en Km desde el punto más alto hasta la localización de la alcantarilla.
- c. S: Pendiente promedio ( $\Delta H/L$ ), donde  $\Delta H$  = Diferencia de cotas entre el punto más alto y la entrada a la alcantarilla.
- d. C: Coeficiente de escorrentía.

Estos datos son fácilmente determinados mediante métodos simples y conocidos.

**La relación existente entre la probabilidad de ocurrencia y el período de retorno está dada por la expresión:**

$$P_{T,n} = \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Donde,

$P_{T,n}$ : Probabilidad para un período de retorno T, para n años

T: Período de retorno en años

n: Duración en años.

**La determinación de la vulnerabilidad hidrológica**

La determinamos según el programa confeccionado “NAZAROV – PROBABILIDAD” (Confeccionado por el autor y compatible con la NC 600: 2008)

### PROGRAMA “NAZAROV – PROBABILIDAD”

DETERMINACIÓN DE TR SEGÚN NAZAROV							AMENAZA HIDROLÓGICA		
Q* (m3/seg)	A (Km2)	L (Km)	S	C	Hp (mm en 24 hrs para 1% Probabilidad)	TR	n (años)	P % (Probabilidad de que Sí se produzca Q en los próximos “n” años)	100 - P% (Probabilidad de que NO se produzca Q en los próximos “n” años)
6.42	0.75	2.20	0.0025	0.32	300	18	10	44	56
Q*(m3/seg): Capacidad máxima calcula según parámetros observados (reales) de la alcantarilla estudiada, a partir de la cual se producirán daños en							Se calcula mediante el programa ALCANTARILLAS (Para alcantarillas de cajones o de tubos, según sea el caso)		
A: Área de la cuenca tributaria en km2 (hasta la intersección con la alcantarilla)							Datos disponibles		
L: Longitud del recorrido del flujo en la cuenca tributaria (en Km2) hasta la intersección con la									
S: Pendiente promedio ( $\Delta H/L$ ). $\Delta H$ : Diferencia de cotas entre el punto más alto de la cuenca tributaria y la intersección con la alcantarilla.									
C: Coeficiente de escorrentía									
Hp: Precipitación del 1% de probabilidad según Anexo C de la NC 600: 2008									

No es objetivo de esta presentación explicar los principios de este programa. No requiere Manual de Usuario. Los datos de entrada se explican en el propio programa

El programa antes mencionados y el manual de usuario están debidamente protegidos como “Propiedad Intelectual” y se encuentran libremente al alcance de los interesados [cmcb65@hispaavista.com](mailto:cmcb65@hispaavista.com) [carlos.covazo@umcc.cu](mailto:carlos.covazo@umcc.cu)

Ilustración 11

## Interpretación de los resultados

Para los datos reflejados en el programa, incluyendo  $q_{\text{Máx}} = 6.42 \text{ m}^3/\text{seg}$  anteriormente determinado en el programa de alcantarillas de cajones, obtenemos como resultado que la probabilidad que tal gasto ocurra es del 44 %, correspondiente al nivel B según la matriz expuesta anteriormente.

Todo ello para  $n = 10$  años

Lo cual interpretamos que para los próximos  $n = 10$  años la probabilidad de que un gasto supere el calculado como máximo es del 44% correspondiente al nivel B de la matriz de riesgos.

**VULNERABILIDADES**

VULNERABILIDAD	
1	En perfecto estado de conservación. Sin obstrucciones de ningún tipo
2	En perfecto estado de conservación. Con obstrucciones en el canal de entrada o salida
3	Defectos constructivos menores (albañilería)
4	Defectos constructivos mayores (estructurales). Puede ser reparada
5	Defectos constructivos mayores (estructurales). Debe ser demolida y reconstruida

LA VULNERABILIDAD LA DETERMINAMOS SEGÚN EL CUADRO ADJUNTO COMO RESULTADO DE UNA INSPECCIÓN REALIZADA "IN SITU"

A LOS EFECTOS DEL EJEMPLO SUPONEMOS QUE LA INSPECCIÓN "IN SITU" ARROJÓ UN NIVEL "4"

Ilustración 12

Nos encontramos por tanto con un nivel de riesgo B4 que corresponde a "Aceptable con Mitigación"

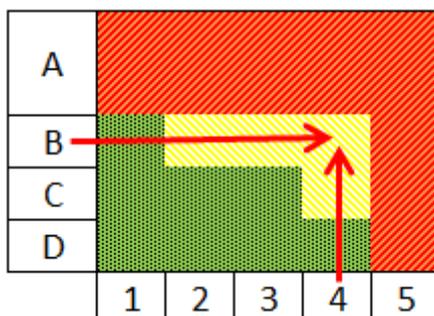


Ilustración 13

Nota: Es posible que exista una combinación de vulnerabilidades. En tal caso recomendamos la adopción del mayor nivel (más desfavorable).

## Criterios para la determinación de la vulnerabilidad.

Para apoyar la evaluación de las VULNERABILIDADES se confeccionaron una serie de normativas que pueden servir de referencia:

Limpieza Manual de cunetas revestidas		Cód.	
I	Descripción	Limpieza manual de cunetas revestidas eliminando todo tipo de obstáculo que se encuentre en la misma	
II	Objetivo	Mantener el drenaje de la vía libre de obstáculos de todo tipo para que el agua circule libremente	
III	Criterios para la realización de los trabajos	Debe responder a la actividad de diagnóstico que se recomienda se realice como mínimo previamente al inicio del período de lluvias y en dependencia de la susceptibilidad de obstrucción del tramo que se trate	
IV	Procedimiento	a	Retirar cualquier material que represente una obstrucción a la libre circulación del agua por el canal y cargarlas en carretillas de mano u otro medio mecanizado de disponerse el mismo
		b	Verificar que la pendiente de fondo de la cuneta permita el flujo libre del agua sin empozamientos, así como el desagüe libre en las salidas de agua (informar de cualquier anomalía en este sentido)
		c	Retirar el material de desecho en zonas predeterminadas por el J' de Cuadrilla, de modo que no sean arrastrados por el escurrimiento natural hacia el drenaje y que no afecte la propiedad social o privada del entorno o el medio ambiente en sentido general.
		d	Cumplir con las normativas de seguridad de tránsito establecidas
		e	Informar sobre el cumplimiento de la tarea asignada
		f	Informar sobre cualquier desperfecto no incluido en el proceso de limpieza
		g	Informar sobre el funcionamiento del drenaje en condiciones
V	Mano de Obra	a J' de Cuadrilla b Ayudantes (1 distribuidos c/50 – 60 m)	
VI	Herramientas	Palas, rastrillos, azadón, carretillas	
VII	Equipos	No se prevé	
VIII	Materiales	No se prevé	
IX	Criterios de calidad para la recepción	Canal libre de cualquier obstáculo o basura (que impida o no la libre circulación del agua)	
X	RV (PRECONS) (Indicativos)	019122	Limpieza y rectificación de paseos manual (m <sup>2</sup> )
		019133	Limpieza rectificación y reapertura manual de cunetas (m)
ESQUEMAS			
 <p>Cuneta libre de cualquier obstáculo o basura (que impida o no la libre circulación del agua)</p> <p style="text-align: right;"><i>Ing. Carlos Corzo Bacallao</i></p>			

Ilustración 14

Limpieza y rectificación manual de cunetas no revestidas		Cód.	
I	Descripción	Limpieza manual de cunetas sin revestir eliminando todo tipo de obstáculo que se encuentre en la misma. Incluye la rectificación de su superficie interior con material granular seleccionado al efecto.	
II	Objetivo	Mantener el drenaje de la vía libre de obstáculos de todo tipo para que el agua circule libremente y reconfigurar la superficie interior del canal manteniendo la misma uniforme.	
III	Criterios para la realización de los trabajos	Debe responder a la actividad de diagnóstico que se recomienda se realice como mínimo previamente al inicio del período de lluvias y en dependencia de la susceptibilidad de obstrucción del tramo que se trate debido al enyerbamiento u otras causas.	
IV	Procedimiento	a	Chapea y retirar cualquier material que represente una obstrucción a la libre circulación del agua por el canal y cargarlas en carretillas de mano u otro medio mecanizado de disponerse el mismo
		b	Verificar que la pendiente de fondo de la cuneta permita el flujo libre del agua sin empozamientos, así como el desagüe libre en las salidas de agua (informar de cualquier anomalía en este sentido)
		c	Retirar el material de desecho en zonas predeterminadas por el J' de Cuadrilla, de modo que no sean arrastrados por el escurrimiento natural hacia el drenaje y que no afecte la propiedad social o privada del entorno o el medio ambiente en sentido general.
		d	Reparar las superficies internas afectadas antes o después del desyerbe del canal con material granular seleccionado al efecto, compactado manualmente
		e	Cumplir con las normativas de seguridad de tránsito establecidas
		f	Informar sobre el cumplimiento de la tarea asignada
		g	Informar sobre cualquier desperfecto no incluido en el proceso de limpieza
		h	Informar sobre el funcionamiento del drenaje en condiciones normales de funcionamiento (sin obstrucciones)
		a	J' de Cuadrilla
		b	Ayudantes (1 distribuidos c/50 – 60 m)
VI	Herramientas	Palas, rastrillos, azadón, carretillas	
VII	Equipos	No se prevé	
VIII	Materiales	Material granular seleccionado al efecto	
IX	Criterios de calidad para la recepción	Canal libre de cualquier obstáculo o basura (que impida o no la libre circulación del agua). Superficie interior uniforme y compactada.	
X	RV (PRECONS) (Indicativos)	019122	Limpieza y rectificación de paseos manual (m <sup>2</sup> )
		019133	Limpieza rectificación y reapertura manual de cunetas (m)
ESQUEMAS			
 <p>Canal libre de cualquier obstáculo, yerba o basura con la superficie interior uniforme.</p> <p style="text-align: right;"><i>Ing. Carlos Corzo Bacallao</i></p>			

Ilustración 15

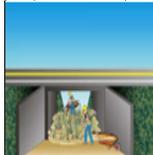
Reparación de cunetas revestidas		Cód.	
I	Descripción	Reparación de las cunetas revestidas con mortero u hormigón. En dependencia del estado de deterioro se procederá a: a) Demolición del tramo afectado (entre juntas de construcción o dilatación) de la cuneta existente y reconstrucción de éste. Aislamiento del tramo afectado mediante corte con disco y reconstrucción posterior. b) "Parqueo" con mortero. c) En caso de losas prefabricadas, sustitución de las afectadas.	
II	Objetivo	Mantener el drenaje de la vía libre de obstáculos de todo tipo para que el agua circule libremente	
III	Criterios para la realización de los trabajos	Debe responder a la actividad de diagnóstico que se recomienda se realice como mínimo previamente al inicio del período de lluvias	
IV	Procedimiento	a	Seleccionar el tipo de reparación a emplear en dependencia de la intensidad y área de afectación
		b	Precisar el área que se debe reparar y cuantificación de los recursos (Materiales, Mano de Obra y Equipos)
		c	Retirar el material de desecho en zonas predeterminadas por el J' de Cuadrilla, de modo que no sean arrastrados por el escurrimiento natural hacia el drenaje y que no afecte la propiedad social o privada del entorno o el medio ambiente en sentido general.
		d	Verificar que la pendiente de fondo de la cuneta permita el flujo libre del agua sin estancamientos, así como el desagüe libre en las salidas de agua (informar de cualquier anomalía en este sentido)
		e	Cumplir con las normativas de seguridad de tránsito establecidas
		f	Informar sobre el cumplimiento de la tarea asignada
		g	Informar sobre cualquier desperfecto no incluido en el proceso de reparación
		h	Informar sobre el funcionamiento del drenaje en condiciones normales de funcionamiento (sin obstrucciones)
V	Mano de Obra	a	J' de Cuadrilla
		b	Ayudantes
		c	Albañil B
		d	Carpintero B (Encofrados)
VI	Herramientas	Palas, rastrillos, azadón, carretillas, Herramientas manuales de carpintería y albañilería.	
VII	Equipos	Hormigonera	
VIII	Materiales	Material granular seleccionado al efecto	
IX	Criterios de calidad para la recepción	Canal libre de cualquier obstáculo (que impida o no la libre circulación del agua). Superficie interior uniforme. Juntas rellenadas con mortero o mezcla asfáltica según proceda.	
X	RV (PRECONS) (Indicativos)	Sobre Grupo 22	
ESQUEMAS			
		Reparación manual mediante "parqueo" o sustitución integral de "paños"	
<i>Ing. Carlos Corzo Bacallao</i>			

Ilustración 17

Limpieza manual y eliminación de obstáculos en los canales de aproximación y salida de alcantarillas		Cód.	
I	Descripción	Limpieza, desyerbamiento, eliminación de arbustos que impida la circulación del agua con un gasto y nivel previstos: a) Canal de aproximación a una distancia que las circunstancias aconsejen (mínimo 30 m) b) Canal de salida a una distancia que las circunstancias aconsejen (mínimo 20 m) Eliminación de obstáculos: En ocasiones en los canales de aproximación y salida existen cercas (distancia a evaluar) que limitan sustancialmente la capacidad de evacuación de las alcantarillas.	
II	Objetivo	Evitar cualquier obstrucción en el canal de aproximación y salida.	
III	Criterios para la realización de los trabajos	Debe responder a la actividad de diagnóstico que se recomienda se realice como mínimo previamente al inicio del período de lluvias	
IV	Procedimiento	a	Precisar la distancia a limpiar la entrada y a la salida de la alcantarilla en dependencia de las características de la misma, nivel de gasto e importancia de ésta.
		b	Precisar la posible existencia de cualquier obstáculo (cercas, áreas cultivadas, etc.)
		c	Retirar el material de desecho en zonas predeterminadas por el J' de Cuadrilla, de modo que no sean arrastrados por el escurrimiento natural hacia el drenaje y que no afecte la propiedad social o privada del entorno o el medio ambiente en sentido general.
		d	Verificar que la pendiente de fondo de los canales sea lo más uniforme posible y cercana a la existente como norma
		f	Informar sobre el cumplimiento de la tarea asignada
		g	Informar sobre cualquier desperfecto no incluido en el proceso de reparación
		h	Informar sobre el funcionamiento de los canales en condiciones normales de funcionamiento (sin obstrucciones)
		V	Mano de Obra
VI	Herramientas	Palas, rastrillos, azadón, carretillas, machetes.	
VII	Equipos	No se prevé	
VIII	Materiales	No se prevé	
IX	Criterios de calidad para la recepción	Canales libres de cualquier obstáculo (que impida o no la libre circulación del agua).	
X	RV (PRECONS) (Indicativos)	Sobre Grupo 01	
ESQUEMAS			
		Canales libres de cualquier obstáculo El incremento del nivel del agua en los canales de aproximación y salida por la presencia de obstáculos disminuye sustancialmente la capacidad de evacuación de las alcantarillas.	
<i>Ing. Carlos Corzo Bacallao</i>			

Ilustración 16

Limpieza manual y eliminación de obstáculos de los conductos (cajones o tubos) de las alcantarillas		Cód.
I Descripción	Limpieza y eliminación de obstáculos en el interior de los conductos de las alcantarillas	
II Objetivo	Evitar cualquier obstrucción en el interior de los conductos.	
III Criterios para la realización de los trabajos	Debe responder a la actividad de diagnóstico que se recomienda se realice como mínimo previamente al inicio del período de lluvias o ante la evidencia de una obstrucción.	
IV Procedimiento	a	Precisar el acceso a los conductos. Los procedimientos específicos de limpieza dependerán de: Posibilidad de acceso al personal encargado de la limpieza Tipo de obstrucción
	b	Cumplir con las normativas de seguridad de tránsito establecidas
	c	Informar sobre el cumplimiento de la tarea asignada
	d	Informar sobre cualquier desperfecto no incluido en el proceso de reparación
	e	Informar sobre el funcionamiento de la alcantarilla en condiciones normales de funcionamiento (sin obstrucciones)
	V Mano de Obra	a J' de Cuadrilla b Ayudantes
VI Herramientas	Palas, rastrillos, azadón, carretillas, machetes.	
VII Equipos	A precisar en dependencia del procedimiento a emplear	
VIII Materiales	No se prevé	
IX Criterios de calidad para la recepción	Conductos libres de cualquier obstáculo (que impida o no la libre circulación del agua). El procedimiento de limpieza se debe determinar en dependencia del acceso a los conductos y del tipo de obstrucción.	
X RV (PRECONS) (Indicativos)	A determinar	

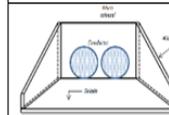


Conductos libres de cualquier obstáculo (que impida o no la libre circulación del agua)  
El procedimiento de limpieza se debe determinar en dependencia del acceso a los conductos y del tipo de obstrucción.

Ing. Carlos Corzo Bacallao

Ilustración 19

Reparación no estructural de aletones, solado y muro cabezal		Cód.
I Descripción	Reparación con métodos de albañilería de los aletones, solados y muros cabezales	
II Objetivo	Lograr la terminación uniforme e impermeable de las superficies de los elementos descritos. Evitar la exposición del acero de refuerzo al intemperismo. Lograr juntas estancas.	
III Criterios para la realización de los trabajos	Debe responder a la actividad de diagnóstico que se recomienda se realice en el período de seca o de menor probabilidad de avenidas significativas.	
IV Procedimiento	a	Precisar áreas afectadas y juntas a tratar.
	b	Determinar los tipos de materiales a emplear. Posibilidad de empleo de morteros especiales con vistas a lograr mayor durabilidad y efectividad.
	c	Cumplir con las normativas de seguridad de tránsito establecidas
	d	Informar sobre el cumplimiento de la tarea asignada
	e	Informar sobre cualquier desperfecto no incluido en el proceso de reparación
V Mano de Obra	a J' de Cuadrilla b Albañil c Ayudantes	
VI Herramientas	Herramientas para albañilería. Carretillas	
VII Equipos	A precisar en dependencia del procedimiento a emplear (Posible hormigonera)	
VIII Materiales	Arena, cemento portland, hidrato de cal. Posibilidad de empleo de cementos especiales, puentes de adherencia y otros materiales especiales.	
IX Criterios de calidad para la recepción	Superficies libres de oquedades y desperfectos, juntas estancas a simple vista.	
X RV (PRECONS) (Indicativos)	A determinar	

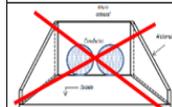


Lograr la terminación uniforme e impermeable de las superficies de los elementos descritos. Evitar la exposición del acero de refuerzo al intemperismo. Lograr juntas estancas.

Ing. Carlos Corzo Bacallao

Ilustración 18

Reparación estructural de aletones, solado y muro cabezal		Cód.
I Descripción	Reparación estructural de aletones, solados y muros cabezales	
II Objetivo	Reparación de los elementos descritos. Puede incluir la demolición de los elementos dañados y su restitución o reforzamiento.	
III Criterios para la realización de los trabajos	Debe responder a la actividad de diagnóstico que indique el fallo estructural de alguno de los elementos descritos provocado por socavaciones, asentamientos, daños por accidentes u otras causas.	
IV Procedimiento	a	Determinación de las causas del daño observado.
	b	Eliminación de las causas que provocan el daño.
	c	Necesario un proyecto de reparación (total o parcial).
	d	Cumplir con las normativas de seguridad de tránsito establecidas
	e	Informar sobre el cumplimiento de la tarea asignada
	f	Informar sobre cualquier desperfecto no incluido en el proceso de reparación Informar sobre el funcionamiento de la alcantarilla en condiciones normales de funcionamiento
V Mano de Obra	a J' de Cuadrilla b Albañil, Carpintero c Ayudantes	
VI Herramientas	Herramientas varias de construcción	
VII Equipos	A precisar en dependencia del procedimiento a emplear	
VIII Materiales	En dependencia del proyecto que se ejecute.	
IX Criterios de calidad para la recepción	Reconstrucción según proyecto. Control de autor.	
X RV (PRECONS) (Indicativos)	A determinar	

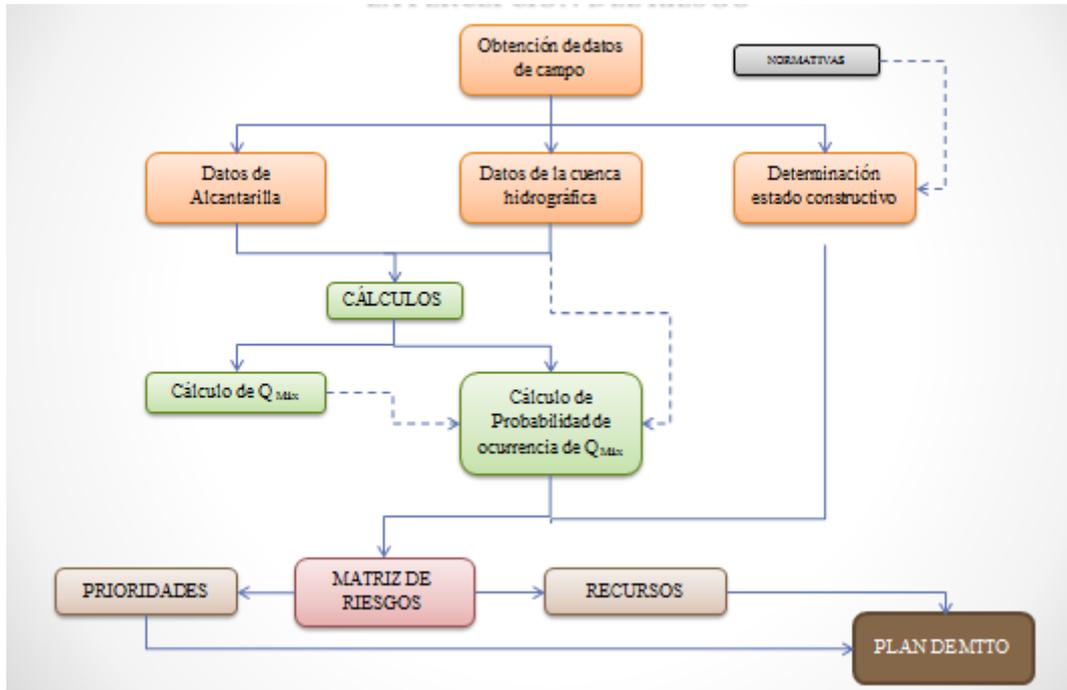


Necesario un proyecto de reparación

Ing. Carlos Corzo Bacallao

Ilustración 20

## Esquema de procedimiento



## Bibliografía

- (rodrigo.ferrer@sisteseg.com), R. F. (2006). *Metodología de Análisis de Riesgo*. Colombia: SISTESEG.
- (1984). *NC 53-125:84 Elaboración de Proyecto de Construcción. Puentes y alcantarillas. Especificaciones de proyecto y métodos de cálculo*. Cuba: Normas Cubanas.
- (1986). *NC 53-02:86 Elaboración de Proyectos de Construcción. Carreteras rurales. Categorización Técnica y características geométricas del trazado directo*. Cuba: Normas Cubanas.
- Alonso, F. J. (2005). *Diseño Hidráulico de Alcantarillas*. España: Bajado Internet.
- Casillas Flores, V. (s.f.). *Cálculo de Obras de Drenaje Transversal de Carreteras*. España: Bajado Internet.
- Chardy, A. -C. (2002). *Amenazas y vulnerabilidades. Riesgo, Desastres y Mitigación*. Manizales. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Instituto de Estudios Ambientales.
- Corzo Bacallao, C. (2012). *Algunas Consideraciones sobre el Mantenimiento de los Sub Sistemas de Drenaje en las Obras Viales. Caso Alcantarillas*. Matanzas.

- Corzo Bacallao, C. (2012). *Determinación de Intensidad de cálculo (Ajustado a condiciones cubanas)*. Matanzas: Inédito.
- Corzo Bacallao, C. (2012). *Probabilidad. Programa de Cálculo*. Matanzas, Cuba.
- Corzo Bacallao, C. (2013). *Manual de Usuario. Programa Alcantarillas de Cajones y Circulares*. Matanzas.
- Corzo Bacallao, C. (2014). *Canales. Manual de Usuario*. Matanzas: Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos".
- Corzo Bacallao, C. (2014). *El Diseño y Revisión de Alcantarillas*. Matanzas, Cuba.
- EPILAS/ UNC . (s.f.). *Curso: PREVENCIÓN DE DESASTRES*.
- González Arestuche, L. R. (2011). *Aspectos Teóricos de la Hidrología - Hidráulica en Puentes*. Matanzas: UMCC.
- Hernández, P. A. (2013). *Tabla de Cálculo para Riesgo Sísmico*. Matanzas, Cuba: Fórum Empresarial del GEDIC.
- (s.f.). *Hydraulics Design Data for Culverts. Army Drainage manual Culvert Design*. USA: Internet.
- Iowa Stormwater Management Manual. 2N - 2 Culvert Hydraulics. (1985). *Hydraulics Design of Highway Culvert, Hydraulics Design Series Nº 6*. USA.
- (s.f.). *LINEAMIENTOS GENERALES PARA REALIZAR ESTUDIOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS A LA SALUD HUMANA*. Sistema Federal de Protección Sanitaria.
- N/A. (s.f.). *Curvas de fragilidad y matrices de probabilidad de daño (Capítulo IV)*. Bajado Internet.
- N/A. (s.f.). *Fragilidad, desempeño y daño (Capítulo 9)*. En N/A. Bajado Internet.
- Nanín, L. S. (2007). *Manual Básico de HEC - RAS 3.1.3 y HEC - Geo RAS 3.1.1*. España: Bajado Internet.
- OS.060, N. (s.f.). *Drenaje Pluvial Urbano*. Perú: Bajado: [www.construccion.org / icg@icgmailto.org](http://www.construccion.org/icg@icgmailto.org).
- Parks, J. (2013). *Hurricane Maximum Intensity: Past and present. Monthly weather Review (Volume 129)*.
- Pérez Franco, D. (s.f.). *Conferencia sobre Drenaje en carreteras*. Habana.
- Risk Management Solutions. Inc. (s.f.). *Builders Risk*. Bajado Internet (<http://www.rms.com>).
- S/N. (s.f.). *Curvas de Fragilidad y Matrices de Probabilidad de Daño. Capítulo 4*. En S/N. Bogotá, Colombia.