



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



GUÍA PARA LA INSPECCIÓN EN LA COLOCACIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO

PRIMERA EDICIÓN

Elaborado por:

Unidad de Auditoría Técnica - LanammeUCR

Wendy Sequeira Rojas

Coordinadora

José David Rodríguez Morera

Luis Diego Herra Gómez

Mauricio Salas Chaves

Luis Carlos Alfaro Monge

Andrea Zúñiga López

Ingenieros Auditores

Marta Salazar Méndez

Asistentes

Diseño gráfico y diagramación por:

Centro de Transferencia Tecnológica - LanammeUCR

Licda. Daniela Martínez Ortiz.

Control de calidad por:

Centro de Transferencia Tecnológica - LanammeUCR

Óscar Rodríguez Quintana.

Primera edición - 2022
Universidad de Costa Rica
LanammeUCR



GUÍA PARA LA INSPECCIÓN EN LA COLOCACIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO

Resumen

La presente publicación es el resultado de una revisión de literatura tanto nacional como internacional, relacionada con la adecuada colocación de tuberías de concreto. Tiene como objetivo proporcionar una herramienta sencilla para la inspección de campo, para ejecutar las labores de supervisión en la colocación de tuberías de concreto. Este documento describe conceptos importantes, personal necesario, equipo, maquinaria y materiales requeridos para la actividad. Asimismo, se ilustra y describe en un lenguaje sencillo, el procedimiento detallado para la realización de un trabajo seguro y eficiente. Se enmarcan recomendaciones especiales para la inspección y se presenta una lista de chequeo. Finalmente, se presentan ejemplos de prácticas adecuadas e inadecuadas en el desarrollo de esta actividad. Esta guía representa un esfuerzo por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, que busca mejorar las prácticas constructivas durante la labor de colocación de tuberías de concreto, de manera que se garanticen obras de mayor durabilidad y la adecuada inversión de los recursos.

Nota: Por la naturaleza y objetivo de la guía, donde lo que se busca es presentar de manera simplificada los elementos más relevantes por tener en cuenta al momento de inspeccionar la colocación de tuberías de concreto, se debe mencionar que esta guía representa un complemento y no un sustituto a lo señalado en el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2020 o su versión vigente), así como las especificaciones especiales del proyecto.

Contenido

Resumen	iii
Introducción	1
Atributos necesarios de un buen inspector	1
1. Conceptos	2
2. Personal	3
3. Equipo y maquinaria	3
4. Materiales requeridos	5
5. Colocación de tuberías de concreto	5
5.1. Recepción de los tubos en sitio	5
5.2. Descarga de los tubos en sitio	6
5.3. Almacenamiento de tuberías en obra	9
5.3.1. Hiladas apiladas	10
5.3.2. Almacenamiento lineal (a lo largo de la zanja)	11
5.4. Excavación de zanjas	11
5.5. Preparación de la fundación y el encamado	13
5.6. Tendido de tuberías y unión de juntas	15
5.6.1. Tendido de Tuberías	15
5.6.2. Unión de juntas	17
5.6.2.1. Juntas de mortero	17
5.6.2.2. Juntas con empaque	19
5.7. Relleno	20
5.8. Estructuras de entrada y salida de alcantarillas	20
5.8.1. Cabezal	21
5.8.1.1. Muro de cabezal	22
5.8.1.2. Aletones	22
5.8.1.3. Delantal (o zampeado)	23

5.8.1.4. Talud sobre el cabezal	23
5.9. Salud ocupacional en trabajos de instalación de tuberías	24
6. Lista de chequeo	26
7. Ejemplos ilustrativos de prácticas adecuadas e inadecuadas en la colocación de tuberías de concreto	30
7.1. Prácticas adecuadas	30
7.2. Prácticas inadecuadas	32
8. Referencias	35

Introducción

El contenido de la siguiente guía tiene como objetivo proporcionar una herramienta para la inspección de campo para ejecutar las labores de supervisión en la actividad de colocación de tuberías de concreto.

Esta guía representa un esfuerzo por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR, que busca a través de este documento mejorar las prácticas constructivas de colocación de tuberías de concreto, de manera que se garanticen obras de mayor durabilidad.

La guía está enfocada en las buenas prácticas del proceso de colocación de tuberías de concreto, incluyendo las actividades de recepción, descarga y almacenamiento; zanjeo y preparación del sitio; montaje y relleno; y colocación de estructuras complementarias a la tubería.

Atributos necesarios de un buen inspector

Los atributos personales necesarios en un inspector comienzan por la honestidad. El inspector debe ser honesto y comportarse de una manera justa y recta.

En momentos de presión debe mantener su compostura y tomar decisiones acertadas. Debe tener sentido común para ejecutar decisiones competitivas, justificadas con el conocimiento técnico suficiente, apoyado por el criterio técnico de la ingeniería de proyecto y de las especificaciones vigentes, de acuerdo con cada caso en particular.

Debe ser sincero en sus relaciones con las personas, mantener comunicación asertiva, ser cortés y capaz de manejar situaciones difíciles sin generar hostilidad.

Además, debe ser muy observador y ser capaz de llevar registros completos y suficientes que respalden la labor ejecutada. El inspector deberá trabajar de forma conjunta con el ingeniero para determinar y detallar las intervenciones y prácticas constructivas más apropiadas a aplicar, de acuerdo con la obra a realizar.

Por último, se debe recalcar la importancia de la labor del inspector de obra, cuya influencia en el día a día en la obra recopila cada detalle que es vital para intervenciones de alta calidad y durabilidad.

1. Conceptos

Alcantarilla: estructura que permite el paso del agua a través de un terraplén. A diferencia de un puente, una alcantarilla tiene una cobertura de relleno arriba de su corona (punto más alto de la tubería).

Aletones o alas: muros que prolongan la boca de un canal o alcantarilla a la entrada y/o salida. Su función es contener los terraplenes y encauzar las aguas.

Cabezal: estructura de concreto construida a la entrada y/o salida de la alcantarilla con el fin de proteger los tubos y terraplenes, de forma que se encauce el agua. El cabezal se compone de cuatro elementos principales: el muro de cabezal, los aletones, el delantal y el talud sobre el cabezal.

Delantal (o zampeado): piso fabricado generalmente en concreto o mampostería a la entrada y/o salida de la alcantarilla. Tiene como función afirmar el terreno falso invadido por el agua y evitar la erosión y socavación de los aletones.

Entibado: contención provisional, por medios económicos y recuperables, de las paredes de la excavación, que se instala a mano o con elementos mecánicos simples.

Terraplén (o relleno): banco de tierra, roca u otro material, construido sobre la superficie natural del suelo.

Extremo hembra de la tubería: porción del extremo de la tubería que cubre una porción del extremo del tubo adyacente.

Extremo macho de la tubería: porción del extremo de la tubería que es cubierta por el extremo hembra del tubo adyacente.

Unión tipo espiga-campana: dispositivo de unión en el cual el extremo hembra del tubo, con forma de campana, recibe el extremo macho del tubo, denominado espiga. La campana tiene un diámetro externo mayor al de la tubería.

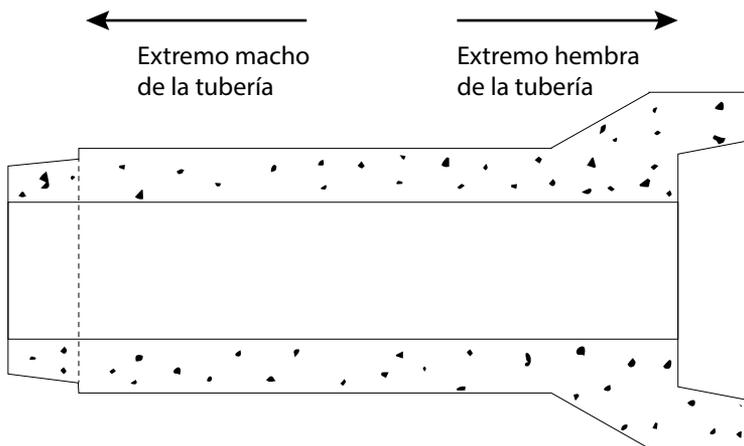


Figura 1. Unión tipo espiga - campana

2. Personal

- Encargado
- Operadores de maquinaria
- Ayudantes (peones)
- Controladores de tránsito
- Cuadrilla de topografía

La cantidad de personal dependerá de la magnitud de la obra y de la estrategia de trabajo del constructor.

3. Equipo y maquinaria

El proceso de colocación de tuberías de concreto requiere del equipo correcto para obtener un trabajo de calidad y duración adecuadas. A continuación, se muestra el equipo y maquinaria necesarios para llevar a cabo este proceso.

Compactador vibratorio de rodillo:

compacta el material de relleno de las tuberías. Se debe escoger el peso adecuado de compactador según el tipo de material o suelo y espesor de la capa.

**Compactador manual:**

se utiliza para la densificación del material de relleno en lugares de difícil acceso o espacios pequeños, donde el compactador de rodillo no tiene suficiente espacio de trabajo para cumplir su función.

**Excavadora:**

se utiliza en la excavación de zanjas profundas, colocación de tubería y material de relleno.

**Retroexcavadora:**

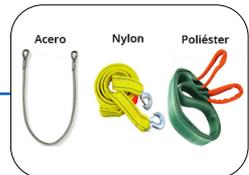
se utiliza en la excavación de zanjas poco profundas, colocación de tubería y material de relleno.

**Horquilla:**

dispositivo tipo pinza que engancha el tubo de concreto con la maquinaria de carga. Se puede utilizar una horquilla simple o una multihorquilla (conjunto de horquillas).

**Eslingas:**

herramienta de elevación. Elementos intermedios que permiten enganchar los tubos de concreto con la maquinaria de carga. Varían en resistencia, longitud y material.



4. Materiales requeridos

- Tubos de concreto
- Lubricante
- Juntas de goma
- Mortero
- Acero de refuerzo
- Concreto
- Material de relleno

5. Colocación de tuberías de concreto

5.1. Recepción de los tubos en sitio

A la hora de recibir las tuberías en obra se deben tener en cuenta algunos aspectos.

Según la Asociación de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado (ATHA):

- Al darse la recepción de los tubos en el proyecto estos deben ser revisados minuciosamente, aunque previamente hayan sido inspeccionados en la fábrica.
- El encargado de la recepción es el responsable de verificar que los tubos correspondan con el pedido realizado y que no hayan sufrido daños durante el traslado o en la recepción. Por ejemplo: bordes quebrados o acero expuesto
- Cualquier anomalía que logre ser detectada debe ser motivo para revisar con mayor detalle los materiales. Se deben tomar las precauciones necesarias para apartar el material que presente dudas para su utilización.

Según el CR-2020:

- Todas las tuberías que se reciban deberán llevar marcado el nombre o la marca registrada del fabricante en forma legible e indeleble, mediante un procedimiento que no altere la forma ni la resistencia mecánica de los tubos. Adicionalmente, se debe indicar la clase, la designación de la especificación, la fecha de fabricación de la tubería.

- El contratista deberá informar previa y oportunamente al contratante sobre la procedencia de los tubos que pretende utilizar en la obra. Debe proporcionarle los antecedentes y certificados que acrediten que el fabricante se ajusta a los requisitos de fabricación, resistencias y tolerancias establecidos en el Manual CR-2020.

5.2. Descarga de los tubos en sitio

Se debe tener especial cuidado en el transporte y almacenamiento de los tubos.

No se debería aceptar el uso de tubos destruidos, despuntados o con otros defectos que comprometan la estabilidad y durabilidad de la estructura.

Se debe mantener a todas las personas no autorizadas fuera del área de descarga cuando se liberen los amarres del vehículo en el que se trasladen los tubos.

Se recomienda la descarga de los tubos de concreto del camión por medio de bandas anchas o eslingas con el recubrimiento adecuado, o de pinzas mecánicas que sujeten al tubo por el cuerpo. En la siguiente figura se muestran algunos accesorios que podrían ser utilizados en la descarga:



Figura 2. Accesorios que podrían ser utilizados en la descarga de tubería

Fuente: ATHA, 2000

En caso de emplearse horquillas que ensarten el tubo, toda su zona de contacto con el mismo debe estar recubierta de madera o goma. En la Figura 3 y la Figura 4 se observa la forma correcta e incorrecta de descargar las tuberías de concreto.

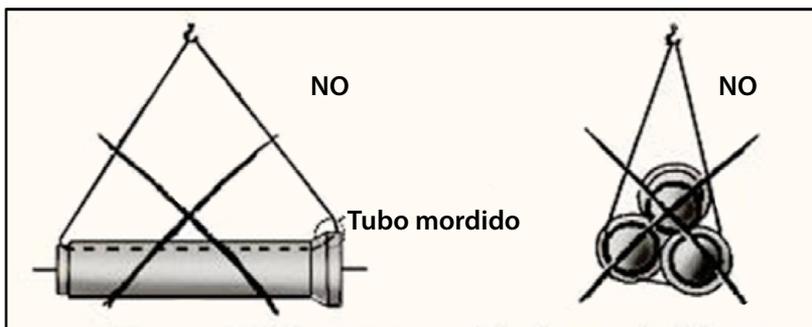


Figura 3. Forma inadecuada de descarga de tubos

Fuente: ATHA, 2000

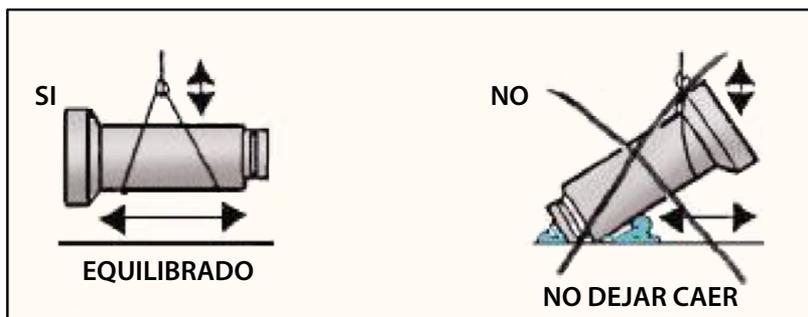


Figura 4. Manejo adecuado e inadecuado de tubos

Fuente: ATHA, 2000

Una vez suspendido el tubo y hasta situarlo en su lugar de depósito, se debe tener en cuenta las siguientes observaciones, según ATHA (2000):

- Evitar golpes entre tubos y contra el terreno.
- Guiar la carga tanto al elevarla como al depositarla.
- Maniobrar con suavidad.
- Nunca situarse debajo de la carga.

- Evitar que el tubo quede apoyado sobre puntos aislados o sobre roca.
- Después de la descarga, evitar que los tubos sean arrastrados o rodados.
- Calzar los tubos con piezas adecuadas que no dañen al propio tubo.
- Descargar los tubos lo más cerca posible del lugar donde van a ser instalados.

No se debe manipular el tubo con cables desnudos o cadenas que pasen por dentro del tubo. Tampoco son admisibles las descargas en grupo con cables o cadenas, salvo que se disponga de un accesorio multihorquilla apropiado.



Figura 5. Descarga apropiada de tubería con multihorquilla
Fuente: Precision Pipe Lifter, 2017.

Lo recomendable es descargar los tubos al borde de la zanja y con el debido tope o apoyo. Para evitar sucesivas manipulaciones, idealmente se colocarán en el lado opuesto a la pila de material extraído de la zanja (ATHA, 2000, p. 170).



Figura 6. Tubería de concreto para paso de alcantarilla con quebraduras en campana y acero de refuerzo expuesto
Fuente: Lanamme, 2016

Una buena coordinación de los suministros con la marcha de la obra reduce el movimiento de los tubos, en consecuencia, evita los riesgos por deterioro en la manipulación (ATHA, 2000, p. 170). Si la tubería tiene que ser movida después de la descarga, las secciones deben rodarse o levantarse y nunca deben ser arrastradas. No se deben rodar las secciones de tubería en terreno áspero o rocoso.

Según el Manual CR-2020, si el tubo debe ser desplazado por rodamiento, se recomienda que se coloquen tabloncillos de madera, para guiar el tubo y éste no sufra daño.

5.3. Almacenamiento de tuberías en obra

Los tubos de concreto deben almacenarse en una ubicación que se encuentre lo más cerca posible del punto de instalación. El almacenaje debe ser en posición horizontal, a menos que exista alguna estructura rígida que asegure que pueden ser colocados de manera vertical sin comprometer la seguridad del sitio (ATHA, 2000, p. 170).

Cuando se procede a apilar los tubos, se deben seleccionar zonas despejadas de la obra que permitan las maniobras de los vehículos, las grúas y otros elementos auxiliares de descarga. No se recomienda que los tubos apilados se coloquen en las proximidades de zanjas abiertas. Además, no deben almacenarse por períodos largos de tiempo en condiciones expuestas y en caso de ser inevitable, deben protegerse adecuadamente del contacto con el suelo y la exposición al sol.

Si durante el almacenamiento se detecta algún tubo dañado, este debe ser separado, marcado y colocado en otro punto. A continuación, se exponen las dos formas de apilar las tuberías de concreto en la obra.

Debe tomarse en cuenta que para ambos casos las tuberías deben apilarse sobre un terreno firme y nivelado

5.3.1. Hiladas apiladas

Si las tuberías se almacenan en hiladas apiladas, las campanas y las espigas deben intercalarse entre hileras consecutivas. Los cuerpos de los tubos deben de estar en contacto entre sí y las campanas en voladizo para evitar concentraciones de carga.

Además, se deben colocar calzas de madera en cuatro puntos a lo largo de los tubos que se encuentren en los costados de la pila para evitar deslizamientos (CR-2020). Se debe seguir lo expuesto en la Tabla 1 para que el apilado no se exceda en altura y se garantice la integridad de las tuberías.

Tabla 1. Recomendación de hiladas para apilado de tubos

Diámetro nominal (mm)	Número máximo de hiladas de tubos
300 – 400 ⁽¹⁾	4
500 – 600 ⁽¹⁾	3
800 – 1000 ⁽²⁾	2
>1000 ⁽²⁾	1

(1): Fuente: ATHA, 2000, p. 171

(2): Fuente: Tabla 602-1 del CR-2020

5.3.2. Almacenamiento lineal (a lo largo de la zanja)

Al almacenar tuberías a lo largo de las zanjas, se deben colocar lo más cerca posible de la zanja sin comprometer la seguridad. Lo recomendable es que se coloquen al lado opuesto de donde esté ubicada la tierra de la excavación. Es importante tomar en cuenta que las tuberías no deben quedar expuestas al tránsito de vehículos, así como a cualquier trabajo o maquinaria que pueda ocasionarles algún daño (ATHA, 2000, p. 172).

5.4. Excavación de zanjas

Previo a la excavación de una zanja, se debe recopilar la información disponible sobre la ubicación de obras enterradas como canalizaciones eléctricas y de telecomunicaciones (fibra óptica, por ejemplo), oleoductos, tuberías de agua potable, de alcantarillado sanitario o de alcantarillado pluvial.

La presencia de alguna de estas obras se debe considerar para definir el método y dimensiones de la excavación. Es recomendable consultar a instituciones como el ICE, AyA, RECOPE y a las municipalidades al respecto de la ubicación de esas obras, desde la etapa de diseño del proyecto.

Los tubos de concreto de sección circular o de base plana, se deberán instalar en zanjas previamente excavadas para dicho efecto. Todas las zanjas, profundas o poco profundas, pueden ser ambientes peligrosos. De acuerdo con el Manual CR-2020, para el proceso de excavación, se deben aplicar las medidas necesarias para evitar riesgos laborales que establece la norma OSHA 1926.651 Zanjeado y excavación, vigente, o la normativa que en materia de seguridad laboral rige a nivel nacional para estos efectos.

Cuando el material excavado sea apropiado para relleno estructural, deberá conservarse; en ninguna circunstancia se deben utilizar escombros como material de relleno.

El material excavado debe ser colocado lo suficientemente lejos de la parte superior de la zanja para permitir espacio suficiente para las operaciones de instalación y para minimizar el peligro de que rocas o terrones vuelvan a caer en la zanja (Humes, 2015).

El material excavado deberá ser colocado a una distancia que no comprometa la estabilidad de la zanja. Excepto que la Administración establezca otra regla, la distancia desde el borde podrá ser equivalente a la mitad de profundidad de la zanja, pero no menor a 0,30 m. En caso de suelos inestables se deberá dejar una distancia mínima de 2,00 m en zanjas no ademadas y 0,90 m en zanjas ademadas, medidos a partir del borde de la zanja (CR-2020).

Ancho mínimo de la zanja:

El ancho mínimo de la zanja, en metros, para tuberías de plástico o de concreto deberá obtenerse de la siguiente tabla:

Tabla 2. Ancho mínimo de zanja en metros.

Diámetro de la tubería (m)	Ancho mínimo de la zanja (m)
0,3	1,10
0,4	1,20
0,6	1,40
0,8	1,60
1,2	2,00
1,5	2,30
1,8	2,60
2,1	2,93

Fuente: CR-2020

Se debe considerar la necesidad de colocar estructuras temporales de contención para asegurar la estabilidad del terreno. Estos elementos deben cumplir requisitos técnicos de acuerdo con factores como las características del suelo, la proximidad de edificios u otras estructuras, la proximidad de tráfico o cualquier otra fuente de vibraciones, la profundidad y ancho de la excavación. La protección de excavaciones se puede realizar mediante un sistema de entibados, tablestacas o puntales.

De acuerdo con el Reglamento de Construcciones del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), para toda excavación de zanjas se debe cumplir con las siguientes disposiciones:

- Seguir el eje horizontal de las tuberías respectivas, de conformidad con los planos aprobados.
- El ancho debe ser el mínimo compatible con la labor de acoplamiento de los tubos y con la compactación del material de relleno, por debajo y alrededor de la tubería.
- Las tierras de diferentes calidades se deben separar, con el fin de facilitar el relleno y asegurar la eficiencia de su compactación.
- Los huecos (o nichos) en la rasante necesarios para alojar dispositivos de acoplamiento de tubos deben excavarse con un mínimo de profundidad y ancho compatibles con el tipo de unión, a la distancia determinada por la longitud de los tubos.
- Se debe cumplir con las especificaciones técnicas indicadas en planos para la compactación eficiente del material de relleno, así como verificar el trabajo mediante comprobaciones de compactación.

5.5. Preparación de la fundación y el encamado

Cuando se realice la instalación en zanja, el relleno estará compuesto por las capas de fundación, encamado, acostillado, relleno inicial y relleno final (Figura 7).

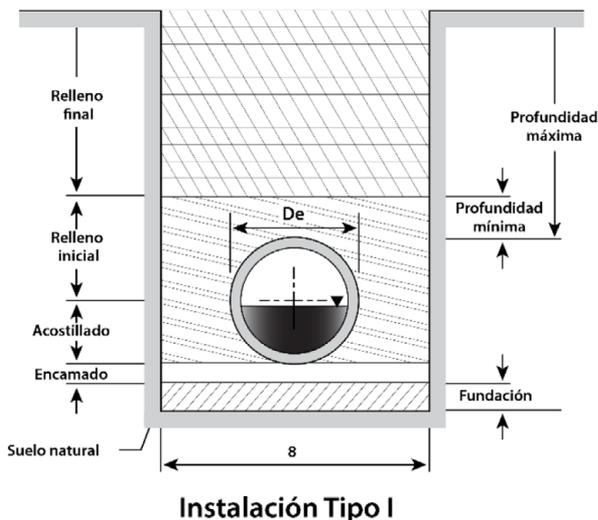


Figura 7. Esquema de capas del relleno para la instalación en zanja
Fuente: Figura 602-1 del CR-2020

De acuerdo con el Manual CR-2020, la fundación podría no ser necesaria en caso de que el material en el fondo de la zanja brinde la capacidad soportante requerida y garantice la estabilidad de la tubería. No obstante, se debe remover rocas de más de 30 cm de tamaño nominal, escombros, terrones de suelo y cualquier objeto que pueda provocar concentración de esfuerzos a lo largo del asiento de la tubería.

En la eventualidad de encontrar suelos no aptos para fundación en el fondo de las excavaciones, se excavará el material con poca capacidad soportante y se reemplazará con material que cumpla con las mismas características físicas especificadas para el encamado. De acuerdo con el CR-2020, el material de sustitución se compactará a una densidad Proctor Estándar (ASTM D698) igual o superior a la especificada para el encamado y debe ser colocado en capas de no más de 15 cm hasta alcanzar la elevación fijada para la cimentación.

El encamado es la capa que se extiende desde el fondo de la zanja hasta la superficie de apoyo inferior del tubo; es la capa de material donde descansará la tubería y debe brindarle un fondo firme y estable para evitar un apoyo inadecuado. Los tubos no se colocarán sobre la rasante (fondo en tierra) de las zanjas.

Las características del encamado dependen del terreno, de las dimensiones de los tubos y del tipo de tubo utilizado. El material de lecho debe ser compactado con uniformidad y además debe seguir la pendiente de diseño.

De acuerdo con el CR-2020, el encamado para tuberías de concreto debe ser granular de mediano a fino, con un diámetro de partícula no mayor a 38 mm. El encamado debe tener un espesor mínimo de 7,5 cm, sin embargo, cuando la tubería se ubique sobre una fundación de roca el espesor no será menor a 15 cm.

El espesor requerido del encamado, el material del encamado y acostillado y el grado de compactación de las capas de encamado debe construirse de acuerdo con lo especificado en los planos del proyecto.

Para el caso de las tuberías con unión tipo espiga-campana, se deben formar nichos que reciban las campanas. Estos orificios deben excavar para acomodar las juntas salientes y para proporcionar soporte a lo largo del cuerpo de la tubería. En la Figura 8, se observa cómo deben formarse las camas para soportar las tuberías adecuadamente.

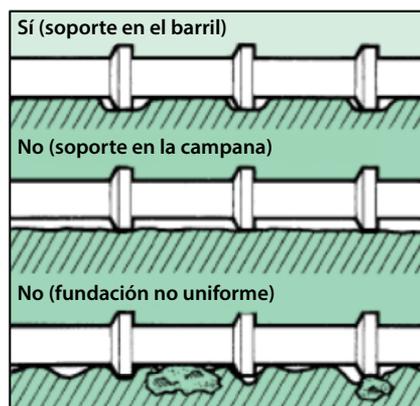


Figura 8. Recomendaciones acerca del lecho de fundación

Fuente: OCPA, 2012

El agua en el área de trabajo debe ser removida en caso de necesidad para la adecuada ejecución de las obras. Cuando no sea posible bombear satisfactoriamente el agua hacia fuera de un área de fundación, se proveerá un sello de fundación con concreto hidráulico. Cuando se esté colando concreto hidráulico, se colocará y operará el sistema de bombeo en una posición externa al área de fundación.

5.6. Tendido de tuberías y unión de juntas

5.6.1. Tendido de Tuberías

La tubería debe bajarse a la zanja o colocarse en su lugar para las obras de contención, con el mismo cuidado que cuando se descargó de los camiones de reparto. Al colocar la tubería, una práctica adecuada es colocar el extremo hembra apuntando en la dirección aguas arriba y el extremo macho apuntando hacia aguas abajo. Esta colocación ayuda a evitar que el material del encamado sea empujado dentro del extremo hembra durante la unión, y permite un acoplamiento más fácil de las secciones de tubería.

Para la bajada de los tubos, se utilizan las retroexcavadoras de la obra o también grúas ligeras montadas sobre los camiones de transporte. Los tubos de gran diámetro requieren del empleo de grúas automóbiles como las que se muestran en la Figura 9.

La colocación de las tuberías se deberá iniciar por el extremo de aguas abajo de la obra.

Una vez que los tubos estén en el fondo de la zanja, se deben examinar nuevamente para asegurar que su interior esté libre de tierra, piedras o cualquier otro material de trabajo. Se procede a centrarlos para su perfecta alineación, calzarlos y acomodarlos con material de relleno para impedir su movimiento. En caso de que se deba reajustar algún tubo, debe levantarse el tubo y preparar el relleno como si fuera su primera colocación; no es admisible un compactado puntual.



Figura 9. Maquinaria de descenso de tubos a la zanja.

Fuente: LanammeUCR, 2021.

Cuando se coloque la tubería, no debe usarse la maquinaria de excavación para empujar los tubos en el proceso de acople, a menos que se adopten medidas especiales que eviten sobreesfuerzos locales entre la junta y el tubo. Además, no se debe utilizar la maquinaria para tratar de corregir la posición de la tubería por medio de empuje una vez instalada para evitar ocasionar daños en la tubería.

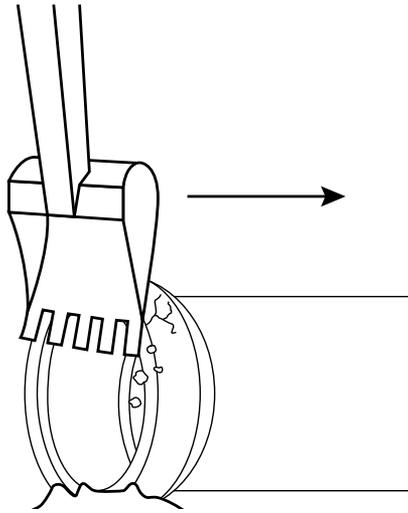


Figura 10. Daño en tubería por empuje de maquinaria
Fuente: ATHA, s.f

5.6.2. Unión de juntas

Se utilizan varios tipos de selladores y de uniones para asegurar los requisitos de desempeño del sistema. Se deben seguir las recomendaciones del fabricante para asegurar la resistencia a la infiltración del agua del suelo y/o de materiales de relleno y la exfiltración del drenaje o alcantarillado. Respecto a las juntas entre tuberías, el Manual CR-2020 indica que para tubos de concreto se puede utilizar una unión cementada o una unión con anillo de caucho o empaque de neopreno. El tipo de unión cementada más común es la junta de mortero.

5.6.2.1. Juntas de mortero

- Limpiar la parte inferior, del final que recibe la tubería.
- Repellar el interior con suficiente mortero, de tal forma que la tubería que entra tenga su apoyo a nivel, con la tubería previamente colocada.
- Ajustar las secciones lo más cerca que la construcción permita.

- Rellenar y sellar las juntas con mortero, por dentro y por afuera en toda su circunferencia.
- Limpiar el exceso de mortero de la parte interior de la tubería.
- Curar el mortero de las juntas exteriores, cubriéndolo con polietileno o rociándolo con un compuesto de cura.
- Rellenar, mientras el mortero está en condición plástica o, si el mortero fragua antes del relleno, esperar por lo menos 24 horas antes de rellenar.

La actividad de rellenar y compactar el mortero en la junta se conoce como solaquear. Es importante que el mortero se coloque en la totalidad de la junta y no solo en la zona inferior. La mala práctica constructiva de relleno de juntas internas hasta media circunferencia permite la entrada y salida de agua a través de la junta. Un mal solaqueado propicia el deterioro de la junta externa y pone en riesgo el funcionamiento del sistema de drenaje ante un posible desacople de la tubería por la pérdida de capacidad soporte del relleno y de la cama de la tubería.

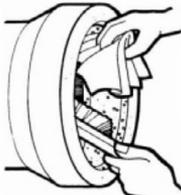
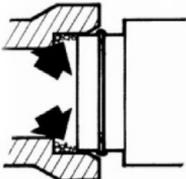
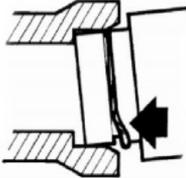
Procedimiento	Prevención
<p data-bbox="274 808 511 902">Limpiar todo el material que se encuentre en la superficie de la junta de la campana</p> 	<p data-bbox="554 808 802 902">La presencia de material en la superficie de la junta impide una adecuada unión de la tubería</p> 
<p data-bbox="259 1149 517 1195">Limpiar con cuidado la espiga en el extremo de la tubería</p> 	<p data-bbox="551 1138 807 1232">Espigas que no estén adecuadamente limpiadas impiden un correcto sellado de la junta</p> 

Figura 11. Procedimiento de limpieza de tuberías antes de su unión

Fuente: OCPA, 2012

5.6.2.2. Juntas con empaque

- Proteger los finales de las juntas de barro, limo, grava, o cualquier otro material no deseado.
- Colocar las secciones de tubería con los empaques amarrados.
- Remover, limpiar, relubricar y relocalizar los empaques que se han movido o contaminado. El empaque será colocado en el extremo macho (en el lado de la espiga en el caso de una unión tipo espiga-campana).
- Alinear las secciones de tubería.
- Forzar el acoplamiento de las tuberías con empaques, de acuerdo con el procedimiento recomendado por el fabricante.
- Prevenir el deslizamiento de la última sección colocada cada día, anclándola.
- Cualquier orificio de fábrica que tuviera el tubo para facilitar el montaje, será rellenado con mortero de proporción 1:1 en peso de cemento y arena, una vez terminada su instalación.

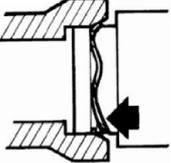
Procedimiento	Prevención
<p data-bbox="233 824 517 922">Una vez limpia la junta, cubrirla por completo con lubricante por medio de guantes, paños, un cepillo o esponjas</p> 	<p data-bbox="533 824 806 938">Las campanas que no estén lubricadas apropiadamente puede generar que las uniones rueden o producir daños a la campana.</p> 
<p data-bbox="243 1141 506 1166">Lubricar la espiga de la tubería</p> 	<p data-bbox="561 1141 785 1214">Si la lubricación no es apropiada, el empaque puede girar y desplazarse</p> 

Figura 12. Preparación de tuberías para colocar empaques

Fuente: OCPA, 2012

Se debe tener especial cuidado con la manipulación de los empaques. No deben estar expuestos a la intemperie, ya que la exposición al sol, lluvia o frío puede producir rigidización y agrietamiento de las juntas de goma.

5.7. Relleno

De acuerdo con el Manual CR-2020, el relleno estructural se divide en dos partes: relleno inicial y relleno final. El relleno inicial es el comprendido desde el 50 % o el 60 % del diámetro del tubo dependiendo del material de la tubería hasta 0,15 m o 0,30 m por encima de la corona del tubo. El relleno final es aquel que se extiende desde el relleno inicial hasta el nivel de rasante, tendrá un espesor mínimo de 0,30 m.

La colocación del material de relleno inicial y final se hará en capas de 0,20 m hasta alcanzar el nivel especificado en planos.

La colocación del relleno lateral y del relleno principal se comenzará sólo cuando los tubos estén unidos y colocados sobre las camas, de forma que sean capaces de soportar carga. El relleno se puede hacer con el material que se extrajo de la excavación inicial en caso de cumplir con los parámetros exigidos en el diseño, de lo contrario, este material debe ser reemplazado con otro material aceptable.

No son aceptables como relleno las arcillas muy plásticas ni los suelos altamente orgánicos, ni cualquier otro material que pueda ser perjudicial para la tubería, el concreto o las armaduras.

Es de vital importancia seleccionar el equipo de compactación adecuado de acuerdo con el tipo de suelo que se tiene en el proyecto. Por ejemplo, en caso de tener suelos cohesivos se puede utilizar un rodillo de pata de cabro, y de ser materiales granulares los rodillos vibratorios son muy efectivos.

5.8. Estructuras de entrada y salida de alcantarillas

En Costa Rica, las tuberías de concreto son usualmente utilizadas para la construcción de alcantarillas. Los componentes más usuales de las alcantarillas son: el terraplén; la conducción o tubo, la estructura de entrada con sus respectivas protecciones y transiciones; la estructura de salida con sus respectivas protecciones y transiciones (Jiménez, 2015).

El comportamiento hidráulico de las alcantarillas depende en gran medida del tipo de entrada y salida que presenta. La estructura de cabezal con aletones es la más común en el país. Este tipo de estructura se muestra en la Figura 13.



Figura 13. Estructura tipo "cabezal con aletones".

Fuente: LanammeUCR, 2021.

Una vez que se han instalado las tuberías de concreto se debe dar inicio a la construcción de los cabezales.

5.8.1. Cabezal

Los cabezales permiten captar y canalizar el flujo de agua, por lo tanto, deben estar diseñados y contruidos para soportar las fuerzas del agua, proteger al relleno de la socavación y evitar desacoples en la tubería. Este tipo de estructura es de uso común en el país y se compone de cuatro elementos principales: el muro de cabezal, los aletones, el delantal y el talud sobre el cabezal.

Cuando el cabezal se construya de concreto reforzado se debe verificar que no queden hormigueros en el concreto, condición que es muy frecuente en estas estructuras debido a su método constructivo.

En la colocación del acero de refuerzo de la estructura antes de colar, se deben usar separadores plásticos o de concreto (helados), el uso de varillas de acero o fragmentos de rocas para este fin no es permitido. El recubrimiento mínimo para concreto expuesto a la intemperie debe ser de 4 cm (ACI, 2014).



Figura 14. Desprendimiento de agregado y varilla utilizada como separador en capa superficial de concreto
Fuente: LanammeUCR, 2019

5.8.1.1. Muro de cabezal

El muro del cabezal se coloca para contener el material del pavimento y del relleno de la alcantarilla, así como para evitar el movimiento vertical y horizontal de esta. (Zamora, et al., 2019). La condición estructural es aceptable cuando el muro del cabezal no presenta grietas, desplazamientos ni volcamiento, la unión con la tubería no tiene fisuras y el refuerzo estructural no se encuentra expuesto.

5.8.1.2. Aletones

Los aletones son muros que prolongan la boca de un canal o alcantarilla a la entrada y/o salida, que sirven para contener los terraplenes y encauzar las aguas. Además, conforman el terraplén de la vía o terreno natural como complemento del muro de cabezal (Zamora, et al., 2019).

Los aletones cuentan con una condición aceptable cuando no presentan grietas ni desplazamiento, la unión con el muro del cabezal no tiene fisuras, el refuerzo estructural no se encuentra expuesto y la orientación con respecto al cauce es adecuada.

Los aletones aseguran la correcta contención del relleno, esto garantiza no solo una mayor vida útil de la alcantarilla sino también la seguridad de los usuarios. La pérdida del material de relleno propicia problemas de estabilidad lateral de la calzada por lo cual pueden generarse desprendimientos importantes del material. Este tipo de deterioros inciden en la reducción de la superficie de ruedo y a la vez se convierten en un riesgo desde el punto de vista de la seguridad vial del usuario.

Otro aspecto a considerar es que con la pérdida del material de relleno en las proximidades del cabezal existe el potencial riesgo de inestabilidad en el relleno de alcantarilla y que se generen movimientos que puedan desacoplar el sistema de tubería colocado.

5.8.1.3. Delantal (o zampeado)

El delantal es un piso que se hace justo en la entrada o salida de la alcantarilla, generalmente de hormigón reforzado o de mampostería, para afirmar el terreno falso o invadido por el agua, o para evitar la erosión y socavación de los aletones. (MOPT, 2010). El cabezal debe contar siempre con un delantal para evitar un deterioro acelerado de la estructura y la socavación.

En el caso del delantal del cabezal, se considera que, si este no presenta grietas ni desplazamientos, la unión con el muro del cabezal y los aletones no presenta fisuras, el refuerzo estructural no se encuentra expuesto y las dimensiones con respecto a los aletones es adecuada, la condición es aceptable (LanammeUCR, 2014).

5.8.1.4. Talud sobre el cabezal

Este relleno que se localiza sobre la tubería y muro del cabezal de la alcantarilla, tiene dos taludes o caras expuestas (aguas arriba y aguas abajo) y es el encargado de dar soporte a la estructura del pavimento.

La condición que presenten estos taludes determina la capacidad de resistir tanto las cargas impuestas por el tránsito vehicular, como posibles

fuerzas erosivas por el aumento del nivel del agua, debido a que si se supera la capacidad hidráulica de la alcantarilla el nivel del agua puede alcanzar estos taludes o incluso sobre pasar la estructura de pavimento (LanammeUCR, 2014).

5.9. Salud ocupacional en trabajos de instalación de tuberías

Se deben cumplir las disposiciones establecidas al respecto en el Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto Ejecutivo N°25235-MTSS y sus reformas o la normativa que la sustituya. Algunas de estas disposiciones son:

- Antes de iniciar la excavación se deben seguir las medidas de seguridad determinadas por el ingeniero encargado del proyecto.
- Se debe consultar a la ingeniería de proyecto sobre la necesidad de colocación de ademes u otras estructuras para garantizar en todo momento la estabilidad de los taludes.
- En las excavaciones con más de un metro con cincuenta centímetros (1,50 m) de profundidad, las personas trabajadoras deben disponer de escaleras, rampas u otra manera segura de ingresar y salir del lugar o área de trabajo. Estos accesos deben estar a una distancia no mayor de siete metros con cincuenta centímetros (7,50 m) entre uno y otro.
- En la excavación de zanjas para la instalación de tuberías con una profundidad mayor de un metro cincuenta centímetros (1,50 m), debe mantenerse un espacio libre, entre la tubería y la pared de la zanja, mayor de treinta centímetros (30 cm). Si la profundidad excede de dos metros cincuenta centímetros (2,50 m) el ancho libre deberá ser mayor a los cincuenta centímetros (50 cm).
- Durante la permanencia de personas en la excavación no debe utilizarse la maquinaria ni se debe estacionar a una distancia menor a 1.5 veces la profundidad de la excavación.
- Cuando se usen excavadoras para el movimiento de la tierra, la zona de peligrosidad, respecto a la máquina será, como mínimo, de cinco metros (5,00 m) más de radio, respecto al radio de giro de la máquina. Cuando el operador cuente con puntos ciegos, debe tener un ayudante que monitoree durante la duración del trabajo.

Además:



- El personal que va a trabajar dentro de las zanjas debe estar al tanto de los riesgos a los que se exponen: desprendimiento de tierras, inundación, caída de objetos, entre otros.
- Las aguas que afloran o caigan en el interior de las zanjas deben ser bombeadas con el fin de evitar que se altere la estabilidad de la excavación.
- En caso de detener las labores por un tiempo se debe revisar el correcto estado de las entibaciones previo a la reanudación de trabajos.
- Nunca debe usarse los puntales del entibado como paso sobre las zanjas o medio para acceder o salir del fondo. Deben colocarse pasarelas adecuadas y escaleras de mano respectivamente.

6. Lista de chequeo

DATOS DEL PROYECTO	
ÍTEM	RESULTADO
Fecha de inspección	___/___/___
Ruta y sección de control	
Tipo de proyecto	

ÍTEM	RESULTADO
Recepción de los tubos en sitio	
¿La cantidad entregada corresponde al pedido solicitado?	
¿Se encontraron tubos defectuosos?, ¿Cuántos?	
¿Cuáles eran las fallas de los tubos?	
¿En cada tubo se indica la marca registrada del fabricante?	

ÍTEM	RESULTADO
Descarga de los tubos en sitio	
Maquinaria utilizada para descarga	
¿Se cuenta con certificados que acrediten que el fabricante se ajusta a los requisitos de fabricación, resistencias y tolerancias establecidos en el CR-2020?	

ÍTEM	RESULTADO
Apilamiento de las tuberías	
Diámetro de tubería	
Ubicación del apilamiento con respecto a las zanjas	
Tipo de apilamiento	
Altura del apilamiento	
Si se trata de un apilamiento piramidal, ¿está calzado lateralmente para evitar que los tubos rueden?	
Si se trata de un apilamiento piramidal, ¿la hilada inferior está colocada en una superficie plana y adecuadamente calzada, es decir, calzando por cuatro puntos cada uno de los tubos?	
Si se trata de un apilamiento piramidal, ¿en cada hilada, todos los extremos hembra estarán colocados en la misma dirección y en la hilada siguiente los extremos hembra estarán cambiados y dispuestos encima de los extremos macho de la hilada inferior?	
Si se trata de un apilamiento piramidal y la unión es espiga-campana, ¿los cuerpos de los tubos están en contacto entre sí y las campanas en voladizo para evitar concentraciones de carga?	

ÍTEM	RESULTADO
Excavación de zanjas y preparación de la fundación	
Diámetro de tubería	
Tipo de suelo de la excavación	
Profundidad de la excavación	
Profundidad de la excavación por debajo de la que será la base de la alcantarilla	
Porcentaje de compactación de la cama con respecto al Proctor Modificado	
Material utilizado como lecho o cama	

ÍTEM	RESULTADO
Tendido de tuberías y unión de juntas	
¿Se inició la colocación de tubos desde el extremo aguas abajo de la tubería?	
¿Se colocó el extremo hembra de la tubería en la dirección aguas arriba?	
¿Se limpiaron los extremos de las tuberías previo al acople?	
Para juntas de mortero, ¿se colocó mortero por dentro y fuera de la tubería a lo largo de toda la junta?	
¿Se limpió el mortero excedente?	
Material utilizado para curar el mortero	
Tiempo de espera entre colocación del mortero y colocación del relleno	
Para juntas con empaque: ¿Se colocaron las secciones de tubería con los empaques amarrados?	
Lubricante utilizado	

ÍTEM	RESULTADO
Relleno	
Material de relleno	
Cantidad de capas de relleno	
Espesor de las capas de relleno	
¿Se compactó cada una de las capas?	
Maquinaria de compactación	

ÍTEM	RESULTADO
Estructura de salida y entrada	
Tipo de estructura	
¿Hay sedimentación o erosión a la entrada o salida de la alcantarilla?	
Material del talud de relleno	
Sistema de contención del talud de relleno	
¿Cuenta con piso (delantal) para evitar erosión?	

7. Ejemplos ilustrativos de prácticas adecuadas e inadecuadas en la colocación de tuberías de concreto

7.1. Prácticas adecuadas



Figura 15. Correcta descarga de tubería
Fuente: IMCYC, 2009



Figura 16. Forma correcta de almacenar los tubos
Fuente: ATCO, 2012



Figura 17. Tubería apilada de forma apropiada (para diámetros nominales entre 30 y 40 cm)
Fuente: ATCO, 2012



Figura 18. Tubería con un adecuado solaqueo externo

7.2. Prácticas inadecuadas



Figura 19. Tubería con cubrimiento deficiente de mortero en juntas (solaqueo deficiente)

Fuente: LanammeUCR, 2020



Figura 20. Unión externa sin sellar entre tuberías de concreto (solaqueo deficiente)

Fuente: LanammeUCR, 2018



Figura 21. Forma incorrecta de almacenar los tubos
Fuente: ATCO, 2012



Figura 22. Utilización de piedras como separación entre armadura y suelo
Fuente: LanammeUCR, 2019



Figura 23. Construcción de cabezales sin aletones
Fuente: LanammeUCR, 2016



Figura 24. Cabezal de salida CA-2 sin delantal de protección donde se genera erosión
Fuente: LanammeUCR, 2018



Figura 25. Cabezal de entrada en paso de alcantarilla donde se observa acero expuesto y nidos de piedra (“hormigueros”) en el concreto
Fuente: LanammeUCR, 2018

8. Referencias

- ACI. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural ACI 318S-14*. American Concrete Institute. Farmington Hills, Estados Unidos.
- ATCO. (2012). *Instalación de los tubos de concreto*. Asociación de Fabricantes de Tubos de Concreto, A.C. Estado de México, México.
- ATHA. (2000). *Manual de Cálculo, Diseño e Instalación de Tubos de Hormigón Armado*. Asociación de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado. Madrid, España.
- ATHA. (2010). *Manual para la Instalación de Tubos de Hormigón y Prevención de Riesgos Laborales*. Asociación de Fabricantes de Tubos de Hormigón Armado. Madrid. España.
- FHWA. (1986). *Culvert Inspection Manual*. U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. Virginia, Estados Unidos.
- EPM. (2013). *Diseño cimentación tubería flexible – Instalación con zanja*. Grupo Empresarial EPM. Medellín, Colombia.

- EPM. (2013). *Norma de construcción estructuras temporales de contención*. Grupo Empresarial EPM. Medellín, Colombia.
- Humes. (2015). *Concrete Pipe Reference Manual*. Holcim. Queensland, Australia.
- IMCYC. (2009). *El tubo de concreto. ¿Por qué el tubo de concreto reforzado?* Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. <http://www.imcyc.com/revistacyt/nov10/ingenieria.htm>
- INVU. (2018). *Reglamento de Construcciones*. Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo. San José, Costa Rica.
- MTSS (2018). *Reglamento de seguridad en construcciones*. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. San José, Costa Rica.
- Jiménez, D. (2015). *Metodología para la evaluación y priorización de pasos de agua tipo alcantarilla*. Proyecto de Graduación. Escuela de Ingeniería Civil. San José, Costa Rica.
- McGhee, T. (1999). *Water Supply and Sewerage*. (6a. ed.). Editorial McGraw-Hill
- MOPT. (2021). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2020*. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica.
- Lanamme. (2014). *Metodología para análisis de vulnerabilidad estructural y del sitio de las alcantarillas de la GAM*. San José, Costa Rica.
- OCPA. (2012). *Concrete Pipe Installation Pocket Guide. Ontario Pipe Concrete Association*. Kitchener, Ontario, Canadá.
- Precision Pipe Lifter. (2017). *Precision Pipe Lifter – the new way to move pipe*. <http://precisionpipelifter.com.au/>
- Zamora, A., Murillo, M., Ramírez, D., Elizondo, A. (2019). *Sistemas de alcantarillado en carreteras sus mejoras de cara a la normativa vigente*. Boletín Técnico. PITRA-LanammeUCR. Vol. 10. N°3. San José, Costa Rica.



LanammeUCR

Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales



(506) 2511-2500



direccion.lanamme@ucr.ac.cr



www.lanamme.ucr.ac.cr

