

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**



**MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO RUTINARIO Y  
PREVENTIVO DE PUENTES DE EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:

**WILSON FRANCISCO MENDOZA MALDONADO  
LUZ DE MARIA NAVARRO MELENDEZ  
FELIPE ANTONIO PORTILLO MOLINA**

PARA OPTAR AL TITULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2003

# **UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTORA:

**DRA. MARÍA ISABEL RODRIGUEZ**

SECRETARIO GENERAL:

**LICDA. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA**

## **FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**ING. ALVARO ANTONIO AGUILAR ORANTES**

SECRETARIO:

**ING. SAÚL ALFONSO GRANADOS**

## **ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

DIRECTOR:

**ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURÁN**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

**INGENIERO CIVIL**

TITULO:

**MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO DE  
PUENTES DE EL SALVADOR**

PRESENTADO POR:

**WILSON FRANCISCO MENDOZA MALDONADO  
LUZ DE MARIA NAVARRO MELENDEZ  
FELIPE ANTONIO PORTILLO MOLINA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

DOCENTE DIRECTOR:

**ING. RANULFO CARCAMO Y CARCAMO**

DOCENTES DIRECTORES EXTERNOS:

**ING. ALMA MORENA VALLADARES DE SEGOVIA  
ING. ADRIAN FRANCISCO TORRES DIAZ**

SAN SALVADOR, AGOSTO DE 2003

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

DOCENTE DIRECTOR:

**ING. RANULFO CARCAMO Y CARCAMO**

DOCENTES DIRECTORES EXTERNOS:

**ING. ALMA MORENA VALLADARES DE SEGOVIA**

**ING. ADRIAN FRANCISCO TORRES DIAZ**

**DEDICATORIA:**

Dedico éste trabajo a:

A DIOS TODOPODEROSO: Por darme la vida y la sabiduría durante todo el trayecto de mi carrera.

A MIS PADRES: Francisco Mendoza Galeas y Dominga Maldonado de Mendoza, por alentarme con su amor, paciencia y apoyo incondicional.

A MIS HERMANOS: Aura Ludis, Eduin Ruyé y Marlon Jaime, por ser mi hombro de apoyo en momentos muy difíciles de mi vida.

A MI NOVIA: Mirna Suyapa, por su paciencia, amor y apoyo incondicional.

A NUESTROS ASESORES: Por brindarnos su tiempo y conocimientos.

A MIS AMIGOS: Porque en los momentos difíciles me brindaron apoyo y aliento para seguir adelante.

A todos los que colaboraron con el desarrollo de éste trabajo, de todo corazón muchas gracias.

**WILSON FRANCISCO**

**DEDICATORIA:**

A DIOS TODO PODEROSO A MI SEÑOR JESUCRISTO Y A LA VIRGENCITA:  
Por haberme dado entendimiento, discernimiento y sabiduría para alcanzar mi meta deseada.

A MIS PADRES: Carmelo Navarro Alvarenga y Luz de María Meléndez de Navarro; por el amor, la confianza, y porque siempre me han apoyado incondicionalmente para alcanzar mi carrera profesional.

A MIS HERMANOS: Luis Napoleón por haberme apoyado en los momentos más difíciles de mi carrera, y Naomi Xiomara y a mis encantadoras sobrinas (Melissa Naomi y Natalia Escarlet) por haber estado conmigo en todo momento.

A MI ABUELITA: Lucila Vda. de Meléndez por sus sabios consejos.

A MIS PROFESORES: Que con todos sus conocimientos y enseñanzas contribuyeron con mi formación profesional.

A MIS AMIGOS: Por brindarme su amistad y por apoyarme en mis tiempos de crisis estudiantil, brindándome aliento y momentos muy agradables.

A LOS DOCENTES DIRECTORES: Por habernos apoyado incondicionalmente, orientándonos y brindándonos su tiempo y conocimientos.

A MIS COMPAÑEROS: Por el entusiasmo y esfuerzo que cada uno puso para la realización de éste trabajo de graduación; especialmente a Felipe Antonio por

su paciencia y amistad sincera, y por ayudarme desinteresadamente en los momentos más difíciles.

A TODOS LOS PROFESIONALES: Que de alguna manera contribuyeron para la elaboración de éste trabajo de graduación; especialmente al Ingeniero Carlos Cristóbal Escobar que no dudo en cedernos un poco de su tiempo, para proporcionarnos información y sugerencias valiosas.

**DEDICATORIA:**

A DIOS TODO PODEROSO Y A LA VIRGENCITA: por cuidarme, iluminarme y protegerme en todo momento.

A MIS PADRES: José Antonio Portillo Álvarez y Consuelo del Carmen Molina de Portillo, por su amor, comprensión y consejos. Sin su apoyo este logro no hubiese sido posible.

A MIS HERMANOS: Thelma Lisbeth, Herbert Ricardo, Ivis Orianis, Ana Patricia, Ovidio Alberto, Grisel Concepción y Fabricio José por su cariño e incondicional apoyo que siempre me han brindado.

A MIS TIOS: Con mucha estima y amor familiar.

A MIS ABUELOS: Antonio, Felipe, Flor (de grata recordación) y Abuela Canda por sus sabios consejos. Un agradecimiento muy especial a mama Ana y papa Toño por haber sido unos padres para mi, haber siempre creído en mí y me hubiese gustado estuvieran conmigo en este momento.

A MIS PROFESORES: Debo un agradecimiento muy especial a mis maestros de primaria de la Escuela “Eliseo Henríquez” de la ciudad de Chapeltique Dpto. de San Miguel quienes me enseñaron mis primeras letras y han contribuido en gran medida en mi formación no sólo profesional sino también como persona. También quiero expresar mi gratitud a mis maestros de secundaria y maestros universitarios por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias.



A MIS ASESORES: quienes me asistieron en todo el transcurso de este trabajo, y generosamente nos ofrecieron su consejería y por tenernos muchísima paciencia.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS: Por tu apoyo moral y desinteresado.

A TODOS LOS PROFESIONALES Y DEMAS PERSONAS: Que de alguna manera contribuyeron para la elaboración de éste trabajo de graduación.

**FELIPE ANTONIO**

## **RESUMEN.**

En el país, la información en cuanto a técnicas, métodos y procesos de reparación de puentes, es muy poca o básicamente no se cuenta con especificaciones propias; generalmente la reparación de estas estructuras está influenciada por el Manual de la SIECA (Secretaría de Integración Económica Centroamericana), cabe destacar que éste manual es un Manual Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales; y no nacional como debería de ser.

En ese sentido, el propósito de este Manual, es el de proporcionar e introducir técnicas aplicables a la Reparación y el Mantenimiento de puentes de El Salvador, además de proporcionar información y orientación, a los responsables del Mantenimiento y Mejoramiento de Puentes, que permitan el transporte de bienes y personas entre los centros de producción y sus mercados.

Para empezar, algo que debe estar muy claro desde el principio para todos, es que un puente es una obra muy importante para el progreso y bienestar de la comunidad y que es un valioso patrimonio nacional que se debe cuidar y preservar mediante una conservación adecuada y oportuna para evitar el deterioro prematuro.

De no hacerlo, el puente se dañará antes de lo esperado, se aumentarán los costos de operación vehicular, ocurrirán accidentes de tráfico por causa del mal estado del puente y, finalmente, habrá que afrontar la rehabilitación, o incluso la reconstrucción, mucho más costosas que varias veces los gastos de una conservación sencilla y rutinaria a su debido tiempo.

Este trabajo de graduación tiene como finalidad facilitar la comprensión de las actividades Preventivas y Rutinarias que se deben realizar para una efectiva conservación de puentes empleando mano de obra y herramientas manuales. Entendiendo como Mantenimiento Rutinario todas aquellas actividades que se realizan en períodos no mayores de dos años, con el propósito de preservar la estructura en condiciones óptimas; y Mantenimiento Periódico todas aquellas actividades que se realizan al menos cada seis meses, cuando los materiales de los elementos estructurales comienzan a presentar algún tipo de deterioro.

El trabajo de graduación describe de manera concisa y sencilla los procedimientos a seguir en las labores de mantenimiento, se indican las herramientas a utilizar y los materiales que se estima son necesarios.

Específicamente se detallan procedimientos para conservar la calzada de los puentes, los barandales, aceras, arriostramientos, diafragmas transversales, los elementos principales de la superestructura e infraestructura, las obras de drenaje, los sistemas de juntas, los sistemas de apoyos, los accesos y, las obras de protección para los taludes o terraplén de entrada y salida del puente. Además éste trabajo de graduación contiene en los Anexos formatos de campo, los cuales son un resumen con la esencia de los métodos de reparación y procedimientos descritos en el transcurso del documento; los cuales serán de gran utilidad a las personas que se encarguen de darle mantenimiento a estas estructuras.

El objetivo principal, de éste trabajo de graduación es el de facilitar, aportar o proponer una guía practica en el proceso de la conservación de puentes en El Salvador a nivel de Mantenimiento Rutinario y Preventivo y en base a los materiales que componen los elementos estructurales; con técnicas, procedimientos, herramientas, equipo y materiales propios del país.

Debido a que las Especificaciones que se han compilado, se presentan en forma resumida, el Manual no contiene una exposición detallada de los numerosos aspectos técnicos de la Ingeniería de Puentes, por lo que cuando existan dudas o no estar lo suficientemente claros, deberá recurrirse a las Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales SIECA (Marzo 2001), o bien al Manual para Inspección y Conservación de Puentes preparado por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, México (1988), el cual es una traducción al español de la publicación estadounidense “AASHTO Manual for Bridge Maintenance, 1976”; u otras publicaciones técnicas o manuales.

# INDICE

PAGINA No.

INTRODUCCIÓN.....	xxviii
-------------------	--------

## CAPITULO I

### GENERALIDADES.

1.1. ANTECEDENTES.....	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	6
1.3. OBJETIVOS.....	9
1.3.1. Objetivo General.....	9
1.3.2. Objetivos Específicos.....	9
1.4. ALCANCES Y DELIMITACIONES.....	10
1.4.1. Alcances.....	10
1.4.2. Delimitaciones. ....	10
1.5. LIMITACIONES.....	10
1.6. JUSTIFICACIONES.....	11

## CAPITULO II

### HISTORIA, EVOLUCIÓN Y TIPOS DE PUENTES EN EL SALVADOR.

2.1. EVOLUCION DE LOS PUENTES. ....	14
2.1.1. Los primeros puentes. ....	14
2.1.2. Puentes de Madera. ....	16
2.1.3. Puentes de Mampostería.....	17
2.1.4. Puentes Metálicos. ....	19
2.1.4.1. Puentes de Fundición. ....	19
2.1.4.2. Puentes de Hierro.....	19

2.1.4.3.	Puentes de Acero.....	21
2.1.5.	Puentes de Concreto Reforzado.....	21
2.1.6.	Puentes de Concreto Preesforzado.....	23
2.2.	RESEÑA HISTÓRICA DE PUENTES EN EL SALVADOR. ....	25
2.3.	CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS PUENTES.....	47
2.4.	TIPOS DE PUENTES.....	48
2.4.1.	Puentes de Losas o Placas (Caja y Losa).....	54
2.4.2.	Puentes de Vigas (Vicon, Vipre, Vicajón, Mixto y Madera).....	54
2.4.3.	Puentes Metálicos (Bailey y Cercha).....	55
2.4.4.	Puente Super Span. ....	56
2.4.5.	Puentes de Mampostería (Bóvedas). ....	56
2.4.6.	Puentes Sustentados por Cables (Puentes Colgantes).....	57

## CAPITULO III

### MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

3.1.	DEFINICIÓN DE PUENTE. ....	59
3.2.	ELEMENTOS DE SUPERESTRUCTURA.....	60
3.2.1.	Superestructura. ....	60
3.2.1.1.	Elemento Principal.....	60
3.2.1.1.1.	Losa.....	61
3.2.1.1.2.	Vigas.....	61
3.2.1.1.3.	Estructura Metálica.....	65
3.2.1.1.4.	Arco (Bóveda). ....	67
3.2.1.1.5.	Cable. ....	69
3.2.1.1.6.	Tipo Bailey.....	70
3.2.1.1.7.	Súper Span.....	71
3.2.1.2.	Elemento Secundario.....	72
3.2.1.2.1.	Losa Tablero. ....	73
3.2.1.2.2.	Diafragmas Transversales. ....	73
3.2.1.2.3.	Arriostramiento. ....	74
3.2.1.2.4.	Barandas. ....	75
3.2.1.2.5.	Calzadas.....	77
3.2.1.2.6.	Aparatos de apoyo. ....	78
3.2.1.2.7.	Aceras. ....	82
3.2.1.2.8.	Drenajes. ....	83
3.2.1.2.9.	Juntas. ....	84

3.3.	ELEMENTOS DE INFRAESTRUCTURA. ....	93
3.3.1.	Infraestructura. ....	93
3.3.1.1.	Estribos.....	94
3.3.1.1.1.	Pilotes.....	94
3.3.1.1.2.	Base de Estribo. ....	95
3.3.1.1.3.	Columna de Estribo. ....	96
3.3.1.1.4.	Pantalla de Estribo. ....	96
3.3.1.1.5.	Muros de Ala. ....	97
3.3.1.1.6.	Vigas de Cabezal. ....	98
3.3.1.2.	Pilas (Soportes Intermedios).....	104
3.4.	ACCESOS. ....	108
3.5.	HIDRÁULICA (CAUCE). ....	109
3.6.	TABLA RESUMEN ELEMENTOS - MATERIALES QUE CONFORMAN LOS PUENTES. ....	110

## **CAPITULO IV**

### **MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO DE PUENTES.**

4.0.	PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DAÑOS. ....	117
4.1.	CONCRETO REFORZADO.....	117
4.1.1.	Daño: Fisuras en el Concreto Reforzado. ....	117
4.1.1.1.	Descripción del Daño: ....	118
4.1.1.2.	Métodos de Reparación. ....	137
4.1.1.3.	Procedimiento. ....	146
4.1.1.4.	Material y Equipo.....	157
4.1.2.	Daño: Degradación del Concreto Reforzado (Descamado).....	159
4.1.2.1.	Descripción del Daño: ....	159
4.1.2.2.	Métodos de Reparación. ....	161
4.1.2.3.	Procedimiento. ....	167
4.1.2.4.	Material y Equipo.....	168
4.1.3.	Daño: Pérdida de Material (Desconchado). ....	169
4.1.3.1.	Descripción del Daño: ....	169
4.1.3.2.	Métodos de Reparación. ....	171
4.1.3.3.	Procedimiento. ....	184

4.1.3.4.	Material y Equipo.....	185
4.1.4.	Daño: Acero Expuesto.....	186
4.1.4.1.	Descripción del Daño: .....	186
4.1.4.2.	Métodos de Reparación.....	186
4.1.4.3.	Procedimiento.....	188
4.1.4.4.	Material y Equipo.....	189
4.2.	ACERO ESTRUCTURAL.....	190
4.2.1.	Daño: Corrosión del Acero.....	190
4.2.1.1.	Descripción del Daño: .....	191
4.2.1.2.	Métodos de Reparación.....	192
4.2.1.3.	Procedimiento.....	193
4.2.1.4.	Material y Equipo.....	194
4.2.2.	Daño: Degradación de la Pintura.....	195
4.2.2.1.	Descripción del Daño: .....	195
4.2.2.2.	Métodos de Reparación.....	196
4.2.2.3.	Procedimiento.....	196
4.2.2.4.	Material y Equipo.....	196
4.2.3.	Daño: Pérdida de Pernos y/o Remaches.....	197
4.2.3.1.	Descripción del Daño: .....	197
4.2.3.2.	Métodos de Reparación.....	198
4.2.3.3.	Procedimiento.....	199
4.2.3.4.	Material y Equipo.....	199
4.3.	CABLES DE ACERO.....	200
4.3.1.	Daños: Corrosión de Cables y Fallas de Lubricación.....	200
4.3.1.1.	Descripción de Daños: .....	200
4.3.1.2.	Métodos de Reparación.....	200
4.3.1.3.	Procedimiento.....	201
4.3.1.4.	Material y Equipo.....	202
4.4.	LÁMINA TROQUELADA.....	202
4.4.1.	Daños: Corrosión y Pérdida de la Capa Pintura.....	202
4.4.1.1.	Descripción de Daños: .....	202
4.4.1.2.	Métodos de Reparación.....	203
4.4.1.3.	Procedimiento.....	205
4.4.1.4.	Material y Equipo.....	206
4.5.	MADERA.....	206
4.5.1.	Daños: Degradación de la Madera, Astillamiento, Pérdida de Clavos y/o Pernos y Corrosión.....	206
4.5.1.1.	Descripción de Daños: .....	206



4.5.1.2.	Métodos de Reparación.....	209
4.5.1.3.	Procedimiento.....	214
4.5.1.4.	Material y Equipo.....	220
4.6.	<b>MAMPOSTERÍA.....</b>	<b>222</b>
4.6.1.	<b>Daños: Fisuras en el Mortero, Filtración, Degradación del Mortero y Piezas Flojas y Deterioradas.....</b>	<b>222</b>
4.6.1.1.	Descripción de Daños:.....	223
4.6.1.2.	Métodos de Reparación.....	223
4.6.1.3.	Procedimiento.....	227
4.6.1.4.	Material y Equipo.....	228
4.7.	<b>CONCRETO ASFÁLTICO.....</b>	<b>228</b>
4.7.1.	<b>Daños: Piel de Cocodrilo, Ondulaciones, Fisuras y Depresiones o Baches.....</b>	<b>228</b>
4.7.1.1.	Descripción de Daños:.....	230
4.7.1.2.	Métodos de Reparación.....	249
4.7.1.3.	Procedimiento.....	250
4.7.1.4.	Material y Equipo.....	252
4.8.	<b>BALASTE O TIERRA.....</b>	<b>254</b>
4.8.1.	<b>Daños: Erosión, Depresiones o Baches, Ahuellamiento y Pérdida de Material.....</b>	<b>254</b>
4.8.1.1.	Descripción de Daños:.....	255
4.8.1.2.	Métodos de Reparación.....	255
4.8.1.3.	Procedimiento.....	258
4.8.1.4.	Material y Equipo.....	262
4.9.	<b>JUNTAS.....</b>	<b>263</b>
4.9.1.	<b>Juntas Abiertas.....</b>	<b>263</b>
4.9.1.1.	<b>Daños: Intrusión de Material, Bordes de Concreto Degradado y Corrosión del Acero.....</b>	<b>263</b>
4.9.1.1.1.	Descripción de Daños:.....	263
4.9.1.1.2.	Métodos de Reparación.....	264
4.9.1.1.3.	Procedimiento.....	266
4.9.1.1.4.	Material y Equipo.....	267
4.9.2.	<b>Juntas Rellenas Premoldeadas (Juntas Cerradas “Tipo: Placa Deslizante”)......</b>	<b>269</b>
4.9.2.1.	<b>Daños: Intrusión de Material, Bordes de Concreto Degradado y Corrosión del Acero.....</b>	<b>269</b>
4.9.2.1.1.	Descripción de Daños:.....	269
4.9.2.1.2.	Métodos de Reparación.....	270

4.9.3. Juntas Rellenas Moldeadas.....	270
4.9.3.1. Daño: Sello Asfáltico Degradado.....	270
4.9.3.1.1. Descripción del Daño:.....	271
4.9.3.1.2. Métodos de Reparación.....	272
4.9.3.1.3. Procedimiento.....	274
4.9.3.1.4. Material y Equipo.....	277
4.10. SISTEMA DE APOYOS.....	277
4.10.1. Placas para Mampostería.....	278
4.10.1.1. Descripción de los Daños:.....	278
4.10.1.1.1. Métodos de Reparación.....	278
4.10.2. Apoyos de Dilatación con Rodillos.....	281
4.10.2.1. Descripción de los Daños:.....	281
4.10.2.1.1. Métodos de Reparación.....	281
4.10.3. Apoyos Fijos de Acero.....	284
4.10.3.1. Descripción de Daños:.....	284
4.10.3.1.1. Métodos de Reparación.....	285
4.10.4. Apoyos Elastoméricos.....	285
4.10.4.1. Descripción de Daños:.....	285
4.10.4.1.1. Métodos de Reparación.....	285
4.10.5. Procedimiento.....	286
4.10.6. Material y Equipo.....	288
4.11. SISTEMA DE DRENAJE DE PISOS.....	288
4.11.1. Embornales – Caída Libre y Entubados.....	289
4.11.1.1. Descripción del Daño:.....	289
4.11.1.1.1. Métodos de Reparación.....	289
4.11.2. Rejillas.....	290
4.11.2.1. Descripción del Daño:.....	290
4.11.2.1.1. Métodos de Reparación.....	290
4.11.3. Juntas Abiertas con Canalones.....	291
4.11.3.1. Descripción del Daño:.....	291
4.11.3.1.1. Métodos de Reparación.....	291
4.11.4. Procedimiento.....	292
4.11.5. Material y Equipo.....	293

4.12.	ACCESOS (REPARACIÓN DE LA CALZADA DE APROXIMACIÓN A LA ENTRADA DEL PUENTE “LOSA DE ACCESO”).....	293
4.12.1.	Descripción del Trabajo a Ejecutar: .....	293
4.12.1.1.	Procedimiento de Ejecución del Trabajo.....	294
4.12.1.2.	Materiales Necesarios para Realizar la Obra. ....	296
4.13.	TERRAPLÉN (REPARACIÓN DE LOS TALUDES DE APROXIMACIÓN A LA ENTRADA DEL PUENTE). ....	296
4.13.1.	Descripción de Daños:.....	296
4.13.1.1.	Procedimiento de Ejecución del Trabajo.....	299
4.13.1.2.	Materiales Necesarios para Realizar la Obra. ....	300
4.14.	LIMPIEZA DE PUENTES. ....	300
4.15.	LIMPIEZA DEL CAUCE.....	302
4.15.1.	Descripción del Trabajo a Ejecutar: .....	302
4.15.1.1.	Procedimiento de Ejecución del Trabajo.....	302
4.15.1.2.	Materiales Necesarios para Realizar la Obra. ....	303
<b>CAPITULO IV</b>		
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>		
5.1.	CONCLUSIONES.....	306
5.2.	RECOMENDACIONES.....	308
BIBLIOGRAFÍA.....		309
ANEXOS.....		315

# INDICE DE FIGURAS Y FOTOGRAFÍAS

PAGINA No.

## CAPITULO II

### HISTORIA, EVOLUCIÓN Y TIPOS DE PUENTES EN EL SALVADOR.

Fig. 2.1. Los primeros puentes utilizados por el hombre en la época primitiva. .....	14
Fig. 2.2. Puente de Madera.....	17
Fig. 2.3. Puentes de Mampostería antiguos.....	18
Fig. 2.4. Puente de Fundición. ....	19
Fig. 2.5. Imagen del puente de Broklyn una de las más grandes obras construidas con acero. Ubicado en New York EE.UU. Puente colgante con 487m de luz central. ....	21
Fig. 2.6. Puentes de concreto reforzado. ....	23
Fig. 2.7. Paso a desnivel de vigas de concreto preesforzado, Hermano Lejano. .....	25
Fig. 2.8. Esquema y Fotografía del puente ferrocarrilero sobre el río Lempa, fue el primero en unir al oriente salvadoreño con el resto de país...	26
Fig. 2.9. A mediados de la década de 1920, la 2da. Avenida de San Salvador ya estaba atestada de carros.....	27
Fig. 2.10. El auge del transporte automotriz requirió el mejoramiento de las vías de comunicación hacia el interior: el puente vehicular sobre el río Lempa en Colima a mediados de la década de 1920. ....	27
Fig. 2.11. Puentes antiguos de Mampostería y de Madera.....	29
Fig. 2.12. Puente de Oro sobre el Río Lempa.....	36

## CAPITULO III

### MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

Fig. 3.1. Puente Colima sobre río Lempa, Límite Departamental San Salvador - Citalá (CA04N) Chalatenango. ....	59
Fig. 3.2. Puente con Vigas Longitudinales de Concreto Reforzado. ....	62
Fig. 3.3. Puente con Vigas de Concreto Pretensado. ....	64
Fig. 3.4. Puente con Vigas de Concreto Postensado.....	64
Fig. 3.5. Secciones Transversales Típicas de Vigas I.....	65
Fig. 3.6. Elementos de un puente de armadura de tablero inferior. ....	67
Fig.3.7. Puente de armazón lateral ubicado sobre el río Comalapa, departamento de La Paz.....	67
Fig. 3.8. Típicas formas de arcos (Bóvedas).....	69
Fig. 3.9. Puente Colgante “El Jobo” sobre el río paz, ubicado entre Ahuachapán - Frontera Las Chinamas; departamento de Chalatenango. ....	70
Fig.3.10. Puente Tipo Bailey, sobre río Lempa; departamento de Chalatenango. ....	71
Fig. 3.11. Puente Tipo Super Span.....	72
Fig. 3.12. Diafragmas transversales en vigas de acero. ....	74
Fig. 3.13. Ejemplo de una armadura donde se distinguen diferentes tipos de arriostramiento.....	75
Fig. 3.14. Ejemplo de tipos de barandales. ....	76
Fig. 3.15. Tipos de Calzadas. ....	78
Fig. 3.16. En la Figura a) se esquematiza la ubicación de los aparatos de apoyo en un puente; y en b) los diferentes aparatos de apoyo típicos. ....	82
Fig. 3.17. Ejemplo de una acera. ....	82
Fig. 3.18. Ilustración de drenajes en puentes. ....	84
Fig. 3.19. Componentes de una Junta Abierta.....	86
Fig. 3.20. Componentes de una Junta Rellena con Sello Plástico.....	87

Fig. 3.21. Componentes de una Junta Rellena con Mortero Epóxico. ....	88
Fig. 3.22. Componentes de una Junta Rellena con Polímero Asfáltico. ....	89
Fig. 3.23. Componentes de una Junta Rellena con Sello de Compresión. ....	89
Fig. 3.24. Componentes de una Junta de Placa Dentada. ....	90
Fig. 3.25. Componentes de una Junta de Placa de Diente de Sierra. ....	90
Fig. 3.26. Componentes de una Junta con Placa Deslizante. ....	91
Fig. 3.27. Fotografías: Ejemplos de juntas en puentes. ....	93
Fig. 3.28. Ejemplo de uso de pilotes en puentes. ....	95
Fig. 3.29. Esquema de la base de un estribo en puentes. ....	96
Fig. 3.30. Ilustración de una pantalla de estribo. ....	97
Fig. 3.31. Ejemplo de Muros de Ala. ....	98
Fig. 3.32. Ilustración de una Viga de Cabezal. ....	99
Fig. 3.33. Estribo tipo silla. ....	100
Fig. 3.34. Estribos completamente cerrados. ....	101
Fig. 3.35. Junta vertical entre estribo y muros de ala. ....	101
Fig. 3.36. Estribo celular cerrado. ....	102
Fig. 3.37. Estribos tipo muro de gravedad. ....	103
Fig. 3.38. Esquema y Fotografía de Pila tipo marco, ubicada en el Blvd. Tutunichapa (sobre Prol. Universitaria).....	105
Fig. 3.39. Fotografía de Pila tipo pared, Blvd. Los Héroes (Int. Alameda Juan Pablo II). ....	105
Fig. 3.40. Fotografía de Pila tipo cabeza de martillo, sobre Paso 3º nivel Blvd. Venezuela (Int. 49º Av. Sur) .....	106
Fig. 3.41. Fotografía de Pila tipo columna aislada. ....	107

## CAPITULO IV

### MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO DE PUENTES.

Fig. 4.1. Fotografías de fisuras y grietas en diferentes elementos de un puente. .....	117
Fig. 4.2. Ejemplos de Fisuras en una Estructura de Concreto Hipotética, se muestra esencialmente como cada Tipo de Fisura puede aparecer. .....	123
Fig. 4.3. Típicas fisuras por flexión y por cortante en una viga simple (Inducidas por cargas).....	124
Fig. 4.4. Fisuras por Contracciones Plásticas. ....	124
Fig. 4.5. Fisuras Típicas por Contracción Plástica en una Superficie Plana.	125
Fig. 4.6. Típica Fisura por Asentamiento Plástico. ....	125
Fig. 4.7. Patrón de Fisuras Causadas por la corrosión del acero de refuerzo en una viga. ....	125
Fig. 4.8. Fisuras en la fabricación, transporte y manejo de miembros de concreto reforzado o preesforzado. ....	126
Fig. 4.9. Diferentes Tipos de Fisuras en elementos de infraestructura. ....	127
Fig. 4.10. Extracción de núcleos en una losa delgada. ....	130
Fig. 4.11. Esquema de diferentes fisuras que se dan por carga. ....	137
Fig. 4.12. Disposición de Señales Temporales en la reparación de calzadas de concreto. ....	148
Fig. 4.13. Delimitación del área a trabajar en un puente.....	149
Fig. 4.14. Método del Chorro de Arena. ....	150
Fig. 4.15. Equipo utilizado para medir la condición del sitio y calzada.....	150
Fig. 4.16. Aplicación de la resina de baja viscosidad en calzada de concreto, por medio de escobillones. ....	151

Fig. 4.17. Colocación de resina epóxica de alta viscosidad en calzada de concreto.....	152
Fig. 4.18. Método de desairación de la resina epóxica en calzada de concreto. ....	152
Fig. 4.19. Curado de resina epóxica. ....	153
Fig. 4.20. Proceso de limpieza de fisuras. ....	154
Fig. 4.21. Proceso de Inyección en fisuras y grietas. ....	155
Fig. 4.22. Esquema: Degradación de concreto medio-severo en superficie de rodamiento.....	159
Fig.4.23. Control del Concreto deteriorado. ....	165
Fig. 4.24. Sistema de Soporte Temporal.....	165
Fig. 4.25. Equipo utilizado en la escarificación de concreto deteriorado.....	166
Fig. 4.26. Limpieza de la superficie a reparar. ....	167
Fig. 4.27. Fotografía Pérdida de Concreto. ....	169
Fig.4.28. Esquema de los métodos correctos e incorrectos para colocar concreto lanzado.....	178
Fig. 4.29. Fotografía: Acero Expuesto bajo la losa. ....	186
Fig. 4.30. Ilustración de cómo se prepara la superficie de acero expuesto.....	187
Fig. 4.31. Fotografías a y b: Elementos de puentes en evidente estado de corrosión. ....	190
Fig. 4.32. Fotografía: Viga de acero con presencia de degradación de la pintura. ....	195
Fig. 4.33. Estructura de un Cable de Acero. ....	200
Fig. 4.34. Ejemplos de diferentes daños que se dan en láminas troqueladas. ....	203
Fig. 4.35. Evidencia de Pudrición en Tablones de Rodadura y Vigas a causa de la Humedad. ....	207
Fig. 4.36. Presencia de Hongos en Tablones de Rodadura.....	209
Fig. 4.37. Fotografía de diferentes daños que se presentan en la mampostería de piedra.....	222



Fig. 4.38. Fotografía de calzada con problemas de piel de cocodrilo. ....	232
Fig. 4.39. Fotografía de calzada con problemas de fisuras en bloque.....	233
Fig. 4.40. Fotografía de Calzada con fisuras en arco.....	235
Fig. 4.41. Fotografía de calzada con presencia de fisura transversal. ....	237
Fig. 4.42. Fotografía de Fisura Longitudinal en calzada. ....	239
Fig. 4.43. Fotografía de Fisura por reflexión de junta en calzada. ....	241
Fig. 4.44. Fotografía de Corrimiento en calzada. ....	242
Fig. 4.45. Esquema de Bache en calzada.....	244
Fig. 4.46. Esquema de Corrugación en calzada. ....	245
Fig. 4.47. Esquema de Hundimiento en calzada.....	246
Fig. 4.48. Esquema de Peladura en calzada. ....	247
Fig. 4.49. Fotografía: Parchados sobre calzada. ....	249
Fig. 4.50. Fotografías de diferentes daños que se presentan en Calzadas de Balaste o Tierra. ....	254
Fig. 4.51. Disposición de Señales Temporales en la reparación de calzadas no pavimentadas. ....	259
Fig. 4.52. Descarga de material en reparación de bacheo.....	260
Fig. 4.53. Limpieza de baches. ....	260
Fig. 4.54. Intrusión de Material en Junta Abierta.....	263
Fig. 4.55. Intrusión de Material y Corrosión de Placa Deslizante en Junta. ....	269
Fig. 4.56. Esquema de sello asfáltico en junta rellena moldeada. ....	270
Fig. 4.57. Diferentes daños en juntas rellenas moldeadas.....	272
Fig. 4.58. Extracción de material de sello viejo y deteriorado en juntas rellenas. .....	274
Fig. 4.59. Limpieza de juntas. ....	275
Fig. 4.60. Colocación de liga asfáltica en junta. ....	275
Fig. 4.61. Sellado de juntas.....	276
Fig. 4.62. Compactado de juntas asfálticas. ....	276

Fig. 4.63. Fotografías de diferentes daños que se presentan en Aparatos de Apoyo.....	278
Fig. 4.64. Equipo utilizado en la inspección y mantenimiento de aparatos de apoyo.....	287
Fig. 4.65. Fotografía: Corrosión del Acero Estructural y Losa de Acera a causa de caídas cortas que drenan directamente bajo el puente. ....	289
Fig. 4.66. Fotografía: Rejillas con Obstrucciones.....	290
Fig. 4.67. Esquema de canales bajo juntas abiertas.....	291
Fig. 4.68. Esquema de una sección de talud con evidencia de deslizamiento.	298
Fig. 4.69. Maleza en elementos de puentes. ....	302
Fig. 4.70. Fotografía: Cauce del río con poca presencia de obstrucciones.....	304

## INDICE DE CUADROS

PAGINA No.

### CAPITULO II

### HISTORIA, EVOLUCIÓN Y TIPOS DE PUENTES EN EL SALVADOR.

CUADRO No. 2.1. Puentes Construidos durante el Periodo 1920 - 1930.....	30
CUADRO No. 2.2. Puentes Construidos durante el Periodo 1940 – 1950.....	33
CUADRO No. 2.3. Puentes Construidos sobre Carretera del Litoral durante el Periodo 1940 - 1950 .....	36
CUADRO No. 2.4. Puentes Construidos sobre Carretera Troncal del Norte durante el Periodo 1950 - 1960 .....	38
CUADRO No. 2.5. Puentes Construidos durante el Periodo 1950 - 1960.....	39
CUADRO No. 2.6. Puentes Construidos durante el Periodo 1960 - 1970.....	41

CUADRO No. 2.7. Construcción de Puentes Periodo 1973 - 1979.....	43
CUADRO No. 2.8. Tabla Resumen “Evolución de los Puentes en El Salvador”	46
CUADRO No. 2.9. Clasificación de los Puentes. ....	47
CUADRO No. 2.10. Tipos de Puentes en El Salvador.....	49

## **INDICE DE TABLAS**

PAGINA No.

### **CAPITULO III**

#### **MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.**

TABLA 3.1. Elementos Principales de la Superestructura. ....	61
--	----

### **CAPITULO IV**

#### **MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO DE PUENTES.**

TABLA 4.1. Clasificación de Grietas por su Ancho .....	118
TABLA 4.2. Tipos de Fisuras. ....	121
TABLA 4.3. Escala de Degradación del Concreto (Descamado). ....	160
TABLA 4.4. Escala de Perdida de Material del Concreto (Desconchado).....	170

## **INTRODUCCIÓN.**

Los puentes tienen su origen en la misma prehistoria. Puede decirse que su historia nace cuando un día al hombre prehistórico se le ocurre derribar un árbol de forma que, al caer, enlazara dos riberas de una corriente sobre la que quería establecer un vado.

La construcción de puentes ha evolucionado paralelamente a la necesidad que de ellos se ha venido teniendo, recibiendo su primer gran impulso por los Romanos, quienes fueron los grandes ingenieros históricos, no habiéndose superado su técnica y realizaciones hasta los últimos dos siglos. La llegada de nuevos materiales de construcción como el concreto preesforzado y el acero han hecho posible la construcción de puentes más resistentes, económicos y seguros.

En El Salvador, el desarrollo de la construcción de puentes está ligado a varios factores:

- La Modernización de la infraestructura de transporte que comenzó con los ferrocarriles, como nuevo medio de transporte y como uno de los pilares fundamentales del mundo moderno.
- La llegada del automóvil allá por 1915, y pocos años más tarde del camión y del autobús.
- En el año 1920 fueron asfaltadas las primeras calles del país, se buscaba transplantar las formas de urbanismo europeo a las ciudades salvadoreñas.

Un puente es la parte más costosa de una instalación de transporte. La falla de un puente es generalmente más perjudicial que cualquier otra porción. Si el agua se lleva el pavimento de una calle, generalmente ésta se puede abrir rápidamente llenando el hueco con roca y piedras. Si una parte de la carretera

se hace impasable a causa de un derrumbe, se puede construir un desvío temporal en la mayoría de los casos. La falla de un puente es inicialmente muy peligrosa; su efecto destructor; su reemplazo muy costoso y lento. Es necesario por lo tanto, discutir con más detalles el tratamiento de los puentes que las otras secciones del trabajo de carreteras. Es urgente inspeccionar a fondo los puentes, en forma regular, y que las correcciones necesarias se hagan con prontitud.

Un programa de mantenimiento de puentes debe estar diseñado para preservar la inversión de las estructuras existentes y proveer niveles continuos de seguridad y comodidad a los usuarios de la vía. El mantenimiento rutinario alcanzará por lo general éstos objetivos.

Además de las reparaciones rutinarias o regulares a los puentes, se requieren otras reparaciones. Estas otras reparaciones requieren un trabajo preventivo o uno de mayor envergadura. El tipo de reparación necesaria se plantea y se programa de acuerdo con la información producida por el programa de inspección de puentes.

El presente trabajo, surge de la necesidad de iniciar la realización de normas institucionalizadas de procedimientos constructivos para la conservación de puentes. Por nuestra red de carreteras, circulan cargas mayores a las cargas de diseño, de muchos de los puentes actualmente en servicio. Además, muchos de nuestros puentes han excedido su vida útil. Esto ha ocasionado que los materiales de los elementos estructurales de los puentes se deterioren y en el peor de los casos que las funciones estructurales del puente se vean afectadas. Por lo que se requiere de una supervisión y mantenimiento constante para su conservación.

El objeto general de ésta tesis es servir como una guía práctica en las labores de mantenimiento de los puentes de El Salvador a nivel de mantenimiento rutinario y preventivo, y en base a los materiales que componen los elementos estructurales de los mismos.

El trabajo consta de cinco capítulos: El Capítulo I expone las generalidades del documento, se explica la importancia de la necesidad del mantenimiento de los puentes en El Salvador.

En el Capítulo II se hizo una recopilación de la información existente de la Evolución que han tenido los puentes en general, la Historia de los Puentes en El Salvador y los Tipos de Puentes que existen en nuestro país.

En el Capítulo III, se define el concepto de puente, sus elementos estructurales y características principales de estos elementos, tomando como base el Sistema de Administración de Puentes (S.A.P.), propiedad del Ministerio de Obras Públicas.

En el Capítulo IV, se describen los diferentes daños que pueden presentar los materiales que componen los elementos estructurales de un puente; estableciendo métodos para su Reparación o Mantenimiento. Además, se propone el procedimiento a seguir en la ejecución de las labores de reparación.

En el Capítulo V se plantean las Conclusiones y Recomendaciones del presente trabajo.

Finalmente, en anexos se presenta un resumen en formatos de campo, de cada uno de los procedimientos a seguir en la ejecución de las labores de mantenimiento y reparación descritas en el capítulo IV.

**CAPITULO I**  
**GENERALIDADES**

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1. ANTECEDENTES.**

La red vial de El Salvador en los años 80's, experimentó un descuido prolongado en las carreteras y puentes a causa del conflicto armado que tuvo lugar en esta década. Las actividades de conservación de la red vial en el país, a partir de esa fecha han sido calificadas de costosas por el abandono que se les dio a éstas obras, de manera que se ejecutaron tareas de mantenimiento mayor para conservar la circulación.

A inicio de los años 90's el Ministerio de Obras Públicas desarrolló una evaluación del estado de la red vial, a través de un ejercicio que reflejó que gran parte de la red de carreteras estaba en mal estado, lo que indica que los programas de inversión a esa fecha no proporcionaron un cambio notorio en el estado de la red nacional. Los puentes en tal evaluación, reflejan un mejor estado de conservación de las estructuras respecto a las carreteras<sup>1</sup>.

Esta preocupación por parte del MOP estuvo enmarcada a incrementar programas de inversión para la rehabilitación de las carreteras, no considerando las necesidades que demandaban los puentes.

En el año 1994, aparecen los primeros indicios de preocupación por el estado de los puentes, el Ministerio de Obras Públicas desarrolla el programa computacional denominado "Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes

---

<sup>1</sup> Fuente: Tesis "Guía para el Diseño de Puentes de Concreto Reforzado en Caminos Rurales y Vecinales". Autor: Jean Corie Kattan Rodríguez, 1998. UES.



(SIEP)". Este sistema permite crear y mantener un inventario de puentes, recopilar las características geométricas, ubicación, información sobre las condiciones reales de los puentes, y crear un sistema de priorización, con el propósito de elaborar planes de mantenimiento y rehabilitación<sup>2</sup>.

Por falta de recursos materiales y humanos, el programa no fue alimentado apropiadamente, quedando el inventario a nivel de formularios, no se procesaron los datos a nivel físico.

Debido a la necesidad de convertir el "Sistema de Inventario y Evaluación de Puentes (SIEP)" en una herramienta no difícil de operar, dada su importancia en las actividades de conservación de los puentes del país, el Ministerio de Obras Públicas, en Noviembre de 1999, realiza una segunda versión del SIEP denominada versión 1.0<sup>3</sup>, el cual es un sistema que almacena los datos del inventario de puentes, mediante el registro de las inspecciones de campo con el propósito de determinar las prioridades basadas en los resultados de esas inspecciones. En ésta oportunidad se inventariaron 119 puentes de dos carreteras del país (carretera CA01 y CA02), con el objeto de poner a prueba la funcionalidad del sistema.

En los años subsiguientes se realizaron investigaciones en diferentes áreas referido a los puentes del país, de las cuales se pueden citar: Guías para la Evaluación de Vulnerabilidad de Puentes, Mejía Vásquez (2000); Estudio de las Propiedades Dinámicas en Puentes, Cisneros García (2000); Vulnerabilidad de Puentes en El Salvador, Cerros Molina (2000); Análisis Sísmico de Puentes Diseñados con Estribos Integrales, Gonzáles Chicas (2000), etc. Estas

---

<sup>2</sup> Fuente: Unidad de Planificación Vial (UPV). Ministerio de Obras Públicas.

<sup>3</sup> Fuente: Unidad de Planificación Vial (UPV) - MOP, a través del Informe del "Inventario y Evaluación de Puentes de las Carreteras CA:1 y CA:2." Noviembre de 2000.

investigaciones están orientadas al diseño y estado de los puentes, no así a programas de conservación de éstas estructuras.

Posteriormente a los terremotos ocurridos en el año 2001, el Ministerio de Obras Públicas con la colaboración de un grupo de especialistas de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte de México (SCT), realizó la evaluación de los puentes sobre la Carretera del Litoral. En ésta evaluación se resaltó que los daños que presentaban estos puentes tenían como causa predominante la falta absoluta de mantenimiento, y no los efectos mismos de los sismos. A su vez se realizó el Diagnóstico y Diseño de Reparación<sup>4</sup> de obras recientes (pasos a desnivel) en el área metropolitana. En ésta evaluación se dio una descripción de la estructura, la inspección realizada a dichas obras y el diagnóstico y recomendación de la misma. Es importante resaltar que estas obras, además de presentar daños a causa de los sismos, también evidencian cierto grado de deterioro por la falta de mantenimiento.

En noviembre del 2001 y febrero del 2002, el Ministerio de Obras Públicas impulsa el proyecto “Implementación de un Sistema de Gestión de la Red Vial”, el cual contempla el Sistema de Administración de Puentes (SAP), siendo éste una versión mejorada del SIEP. El SAP dictamina que nuevos puentes se agregan a la lista creciente de estructuras deficientes o funcionalmente obsoletas. El problema del mal estado de los puentes en El Salvador crece más rápido que las posibilidades de su resolución.

---

<sup>4</sup> Fuente: Entrevista a los Ingenieros Carlos Cristóbal Escobar y José Antonio González.  
“Consultora Técnica S.A de C.V”.

En El Salvador se cuenta con las herramientas para poder determinar el estado en que se encuentran los puentes (SAP), no así con técnicas de conservación que permitan el mantenimiento de todas las condiciones de servicio de los puentes en el mejor nivel posible, como también la prolongación de la vida útil de éstas estructuras.

En países como EE. UU, México, Colombia, Venezuela, Chile, España y Perú entre otros, ya se cuenta con políticas de mantenimiento de puentes, lo que les facilita las labores de conservación de estas estructuras. Estos países han fundamentado sus políticas de conservación en los manuales de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

En 1970, publicó la primera edición de AASHTO Manual for Maintenance Inspection of Bridges (Manual AASHTO de Inspección para el Mantenimiento de Puentes), el cual fue elaborado para servir como un estándar que brindara uniformidad en las políticas y procedimientos para determinar las condiciones físicas y necesidades de puentes carreteros.

Posteriormente, a la primera edición de éste manual la AASHTO publicó varias actualizaciones, entre las que se pueden citar:

- AASHTO Manual for Maintenance Inspection of Bridges, 2<sup>nd</sup> Ed., 1974.
- Manual for Bridge Maintenance, 1976.
- Manual for Bridge Maintenance, 1988.

En España, el Comité Nacional Español de la AIPCR publicó en 1982 el texto **Manual Internacional de Conservación de Carreteras, Vol. 4**, el cual describe actividades que se deben realizar en labores de mantenimiento periódicas o rutinarias de puentes. España cuenta con un Sistema Integral de

Puentes, éste sistema es una herramienta eficiente y necesaria para un adecuado tratamiento de la información de inventarios, inspecciones y soporte, para la toma de decisiones para el paso de vehículos especiales, planificación de trabajos de mantenimiento o rehabilitación de puentes<sup>5</sup>.

En México, en 1988, mediante la Dirección General de Servicios Técnicos se publicó el ***Manual para Inspección y Conservación de Puentes***, el cual contiene la traducción al español con algunas adaptaciones al medio mexicano de la publicación estadounidense “AASHTO Manual for Bridge Maintenance, 1976”. Otra investigación mexicana respecto a conservación de puentes es la tesis “Conservación de Puentes Carreteros”, elaborada por: Jesús Flores Sánchez; la cual muestra tópicos importantes sobre inspección, evaluación y mantenimiento de puentes.

Todos los avances logrados por el Ministerio de Obras Públicas con el Sistema de Administración de Puentes (SAP), así como de los países que cuentan con sistemas integrales de conservación de puentes ejemplifican la necesidad de implementar en El Salvador políticas y programas de conservación de puentes que mejor se adapten al estado real de éstos.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

El mantenimiento de puentes es una de las actividades más importantes que hay que realizar para llevar a cabo la conservación de una red de carreteras.

---

<sup>5</sup> Fuente: Tesis “Banco de datos actualizado y un estudio preliminar de vulnerabilidad de puentes carreteros comprendidos en el tramo desde el Río Lempa hasta La Unión, en la carretera el Litoral”. Autor: Mejía Vásquez, Nelson Osmín; 2000. UES.

Aún cuando por su longitud, los puentes representan una pequeña porción de la red vial, constituyen eslabones vitales que garantizan la continuidad del funcionamiento de toda la red.

Gran parte de los puentes en El Salvador fueron diseñados para soportar cargas: AASHTO H-15, HS-15 y HS-20, con un peso total de 13.6 Ton., 24.5 Ton., y 32.8 Ton., respectivamente; actualmente ya se está diseñando con cargas HS-25, con un peso total de 45 Ton norteamericanas. Sin embargo, por nuestra red vial circulan mayores cargas de lo previsto en su diseño (más que todo sobre los puentes construidos hace muchos años), siendo estas una de las causas más importantes de los daños en las estructuras de los puentes. Otras de las causas y razones más comunes del deterioro de los puentes son<sup>6</sup>.

- 1) Errores en el proyecto, errores durante la construcción, vigilancia, mantenimiento o reparaciones inexistentes o inadecuadas.
- 2) Materiales inadecuados o deterioro y degradación de los mismos.
- 3) Variación con el tiempo de las condiciones de tráfico (cargas y velocidades).
- 4) Acciones naturales de tipo físico, mecánico o químico (intemperismo).
- 5) Acciones accidentales, terremotos, inundaciones, explosiones, impacto de vehículos con elementos estructurales del puente.

Como consecuencia de las razones antes descritas. Gran porcentaje de los puentes de la red de carreteras del país presentan daños en los materiales que conforman los elementos estructurales, tales como degradación en la fundación y estribos, fisuras en la losa, socavación, barandales dañados y desgaste en la superficie de rodamiento, etc. Además en El Salvador, muchos puentes han

---

<sup>6</sup> Fuente: Tesis "Conservación de Puentes Carreteros". Autor: Jesús Flores Sánchez. México. 1999.

excedido su vida útil, sin embargo resulta complicado pensar en su reemplazo y en la inversión que para ello se requiere, por lo que es más práctico implementar un programa permanente de conservación de puentes.

Para conocer y evaluar las condiciones de mantenimiento de los puentes, el Ministerio de Obras Públicas, ha implementado el Sistema de Administración de Puentes (SAP), siendo una de sus funciones principales priorizar los puentes en función de su Índice de Condición de Estado (ICEP), calificándolo en cuatro niveles de condición:

<b>Nivel de Condición</b>	<b>Descripción</b>	<b>Periodo de Inspección</b>
1	Mantenimiento Rutinario	Cada 2 años
2	Mantenimiento Periódico	Semestral
3	Reparación	Estudios especializado para ejecutar la reparación
4	Emergencia	Estudios especializado para ejecutar la reparación, reconstrucción o sustitución

Los niveles de calificación 1 y 2 por ser actividades generales que pueden ser intervenidas requiriendo menor inversión económica y de conocimiento, comparada con los niveles 3 y 4; son más factibles que se lleven a ejecución de forma continua. Por lo anterior; y dando seguimiento a los logros realizados por el Ministerio de Obras Públicas en función de conservación de puentes, es preciso contar con una guía técnica que agilice y facilite las labores de mantenimiento. Esto evidencia la necesidad de contar con una guía práctica para el mantenimiento de puentes que se adapte a las condiciones de nuestro medio. Es decir, una herramienta en la cual se describa el tipo de problema a

tratar, los materiales a utilizar, el recurso humano necesario, y la manera más práctica de ejecución de las labores de mantenimiento.

Al brindar una atención adecuada a los niveles de calificación 1 y 2, se evita que crezca el número de puentes con daños y por ende evitar inversiones mayores en el futuro.

### **1.3. OBJETIVOS.**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Elaborar un Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes del país.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Tipificar los diferentes daños que presentan los materiales que conforman los elementos estructurales de los Puentes carreteros del país.
- Proponer soluciones técnicas para las labores de mantenimiento, que incluya la descripción de la actividad, materiales, herramientas, mano de obra a utilizar y procesos constructivos.
- Elaborar un manual que sirva como guía técnica para el mantenimiento rutinario y preventivo de los puentes carreteros de El Salvador, en función de las características de los materiales que los conforman.

## **1.4. ALCANCES Y DELIMITACIONES.**

### **1.4.1. ALCANCES.**

- El manual propuesto proveerá de técnicas prácticas para la conservación de los puentes del país a nivel de Mantenimiento Rutinario y Preventivo.
- Este manual pretende dar solución a los problemas que presentan los distintos materiales que conforman los elementos estructurales de los puentes. No se brindará solución a los problemas relacionados con Diseño Estructural, que corresponden a los niveles 3 y 4 del SAP.
- El manual pretende ser un aporte para el Ministerio de Obras Públicas, como parte del desarrollo en las tareas de Mantenimiento Rutinario y Preventivo de puentes en El Salvador.

### **1.4.2. DELIMITACIONES.**

- Para la condición del mantenimiento de puentes se tomarán las variables 1 y 2 del Sistema de Administración de Puentes (SAP), propiedad del Ministerio de Obras Públicas.
- En ésta investigación no se contemplan estudios de suelos, estudios hidrológicos y protección en la hidráulica del puente.

## **1.5. LIMITACIONES.**

- En la reseña histórica de puentes de El Salvador, se describen los factores fundamentales que impulsaron la construcción de puentes en nuestro país. Se presenta un seguimiento de los puentes construidos a partir de los años



20's (lo que ha sido posible recopilar), describiendo brevemente los más importantes.

- Para definir los diferentes tipos de puentes y los elementos de superestructura e infraestructura, hidráulica y accesos investigados en éste capítulo; son los que el S.A.P. (Sistema de Administración de Puentes), toma en cuenta en el Inventario Estado de Condición del Puente (IECP), cuya investigación será sobre todo superficial sin ahondar mucho en ello.

## **1.6. JUSTIFICACIONES.**

El sistema de caminos del país es un indicador del desarrollo que se pudiera tener, además forma parte integral del patrimonio; por lo que debe conservarse en las mejores condiciones.

El mantenimiento de puentes es una de las actividades más importantes para llevar a cabo la conservación de una red de carreteras. Su objetivo final, como la de toda labor de conservación, es la del mantenimiento de todas las condiciones del servicio de la carretera en el mejor nivel posible.

La falta de mantenimiento adecuado en los puentes da lugar a problemas de funcionalidad y seguridad que pueden ser graves: limitación de carga, restricciones de paso, riesgo de accidentes, riesgos de interrupciones de la red, y aún importantes problemas económicos por el acortamiento de la vida útil de las obras.

Según la Dirección General de Caminos (D.G.C)<sup>7</sup>, las obras de paso que más se realizan en El Salvador son:

---

<sup>7</sup> Fuente: Tesis Guía para el Diseño de Puentes de Concreto Reforzado en Caminos Rurales y Vecinales. Autor: Jean Corie Kattan Rodríguez, 1998. UES.

- Puentes de Concreto Reforzado con estribos y aletones de mampostería de piedra.
- Bóvedas de Mampostería de Piedra.
- Cajas de Mampostería y Concreto, y
- Puentes Mixtos.

Generalmente estos puentes presentan diversos daños, tales como degradación en la fundación y en estribos, fisuras en la losa, socavación, barandales dañados, corrosión, deflexiones, desgaste en la superficie de rodamiento, etc. Todo esto como consecuencia del incremento de cargas rodantes, cuyos efectos son agravados por el deterioro que causan los elementos ambientales y fenómenos naturales al no existir programas de mantenimiento.

Es importante que se corrijan a tiempo éstos daños, ya que cualquier falla en su estructura representa mayor inversión para su reparación, así como disminuir el bienestar de las comunidades y futuras generaciones.

Debido a la necesidad de disponer de una guía para dar mantenimiento a los puentes del país, se desarrolló un Manual para el Mantenimiento de éstas obras.

La elaboración de éste manual pretende llenar la carencia de medios ágiles y adecuados a las instituciones que actualmente están encargadas del mantenimiento de puentes (MOP).

## **CAPITULO II**

# **HISTORIA, EVOLUCIÓN Y TIPOS DE PUENTES EN EL SALVADOR**

## CAPITULO II

### HISTORIA, EVOLUCIÓN Y TIPOS DE PUENTES EN EL SALVADOR

#### 2.1. EVOLUCION DE LOS PUENTES.

##### 2.1.1. Los primeros puentes.

La construcción de puentes aparece como una de las actividades más antiguas del hombre. Lamentablemente no existen restos de las primeras obras, pero es posible imaginarlas observando los diversos puentes primitivos que se han descubierto en zonas total o casi totalmente aisladas. Tales obras servían al hombre primitivo para salvar obstáculos, como ríos o barrancos, y estaban constituidas principalmente por: madera, piedra y lianas.

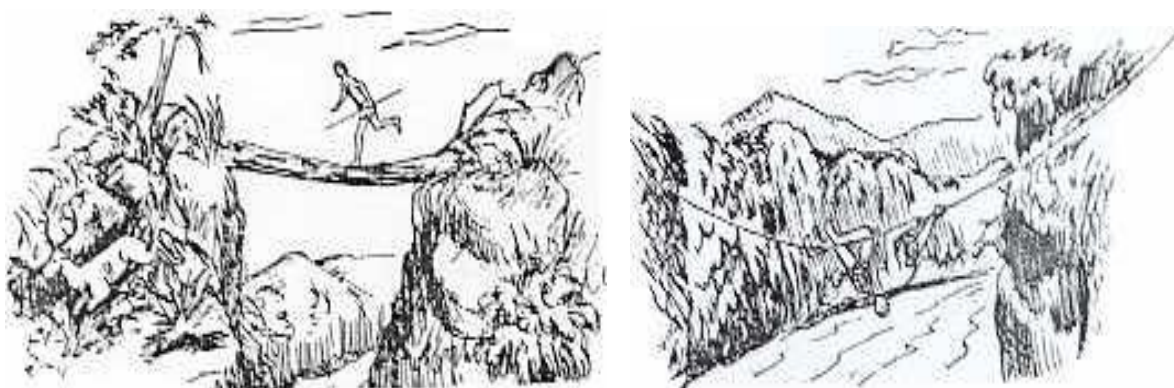


Fig. 2.1. Los primeros puentes utilizados por el hombre en la época primitiva<sup>8</sup>.

El arte de construir puentes tiene su origen en la misma prehistoria. Puede decirse que nace cuando un buen día se le ocurrió al hombre prehistórico derribar un árbol de forma que, al caer, enlazara las dos riberas de una corriente

<sup>8</sup> Fuente: Geocities.com. Tipos de Puentes.

sobre la que deseaba establecer un vado (Ver Fig. 2.1). La genial ocurrencia le eximía de esperar a que la caída casual de un árbol le proporcionara un puente fortuito.

Luego vinieron los puentes colgantes (pasarelas colgantes), es aquí donde el hombre empieza a poner a prueba su ingenio, para poder construir una obra en donde no podía usar más material que el que la naturaleza le brindaba. Constituidos principalmente por lianas o bambú, trenzado, las pasarelas colgantes se fijaban en ambos lados de la brecha a salvar, bien a rocas, o a troncos de árboles.

Durante el paso del tiempo los puentes fueron teniendo mejoras y es así como surgen los *puentes en voladizo*. Estos puentes eran usados cuando los claros a salvar superaban la longitud de los troncos disponibles. Se construían empotrando troncos en las paredes de los márgenes de la brecha, de esta manera era posible salvar la distancia entre los extremos de los voladizos con un sólo tronco.

Al igual que ocurre en la mayoría de los casos, la construcción de puentes ha evolucionado paralelamente a la necesidad que de ellos se sentía. Recibió su primer gran impulso en los tiempos en que Roma dominaba la mayor parte del mundo conocido. A medida que sus legiones conquistaban nuevos países, iban levantando en su camino puentes de madera más o menos permanentes; cuando construyeron sus calzadas pavimentadas, alzaron puentes de piedra labrada. La red de comunicaciones del Imperio Romano llegó a sumar 90,000 Km., de excelentes carreteras.

A la caída del Imperio sufrió el arte de construir puentes un grave retroceso, que duró más de seis siglos. Si los romanos tendieron puentes para salvar

obstáculos a su expansión, el hombre medieval veía en los ríos una defensa natural contra las invasiones. El puente era, por tanto, un punto débil en el sistema defensivo feudal. Por tal motivo muchos puentes fueron desmantelados y los pocos construidos estaban defendidos por fortificaciones. A fines de la baja Edad Media renació la actividad constructiva, principalmente merced a la labor de los Hermanos del Puente, rama benedictina. El progreso continuó ininterrumpidamente hasta comienzos del siglo XIX.

A partir de 1840 se presencia un desarrollo muy rápido y amplio de la construcción de puentes ligada esencialmente a la realización de nuevas líneas de ferrocarril. Otra causa que produjo la construcción de muchos puentes fue la intensa actividad económica generada por la revolución industrial, la cual produjo un aumento del tráfico por carretera. La construcción de puentes en esta época se vio beneficiada por las mejoras en las pastas de mortero con la invención del cemento Pórtland.

### **2.1.2. Puentes de Madera.**

La madera es el material que utilizó el hombre para hacer sus primeras construcciones; el tronco de árbol sobre un río fue seguramente el primer puente artificial.

Los puentes de madera son más fáciles y más rápidos de construir que los de piedra, y han resultado siempre más económicos; por ello, los primeros que construyó el hombre fueron de madera, y a lo largo de la Historia se han construido innumerables puentes de este material, muchos más que de piedra.

Los puentes de madera han planteado siempre problemas de durabilidad, por ésta razón se han considerado siempre de una categoría inferior que los de piedra; generalmente se les ha dado carácter de obra provisional; la cuál se aspiraba a sustituirlos por uno de piedra en cuanto hubiera dinero. Pero a pesar de esto, hasta muy entrado el siglo XIX cuando se impusieron los puentes metálicos, había más puentes de madera que de piedra.

A pesar de la poca durabilidad que presentaban los puentes de madera se construyeron grandes obras con éste material (Fig. 2.2), desde el tronco simple sobre el río hasta bellos puentes de arco, que daban un atractivo especial a los lugares donde estaban construidos.



Fig. 2.2. Puente de Madera<sup>9</sup>.

### 2.1.3. Puentes de Mampostería.

Al igual que la madera, la piedra es un material natural que se obtiene directamente de la naturaleza y se utiliza sin ninguna transformación, únicamente es necesario darles forma. Aparte de la piedra, se ha utilizado también materiales como el ladrillo o el concreto en masa. El ladrillo, para el constructor de puentes, es un pequeño sillar con el que se pueden hacer arcos

---

<sup>9</sup> Fuente: Geocities.com. Tipos de Puentes.

de dovelas yuxtapuestas; por tanto la morfología de los puentes de ladrillo es la misma que la de los puentes de piedra.

El puente de piedra es el puente histórico por excelencia. Actualmente el arco de piedra como técnica para hacer puentes es solamente historia (Ver Fig. 2.3); ya no se construyen puentes de este tipo porque resultan excesivamente costosos, salvo casos excepcionales en parques o lugares naturales protegidos, con una intención puramente paisajística, y muchos de ellos son de concreto enchapados de piedra.

La construcción de los puentes de piedra es bastante simple, y en términos generales no plantea problemas distintos a los de cualquier obra contemporánea; solamente la cimentación plantea problemas singulares, pero su dificultad es debida al río, y no a su estructura.

Todas estas cualidades hacen del arco el sistema estructural más perfecto, y casi podríamos decir que único, para construir puentes con los materiales de construcción durables que se conocían hasta la aparición del hierro: la piedra y el ladrillo. Por ello, mientras sólo existieron estos materiales, no hubo ningún cambio sustancial en los puentes de arco.

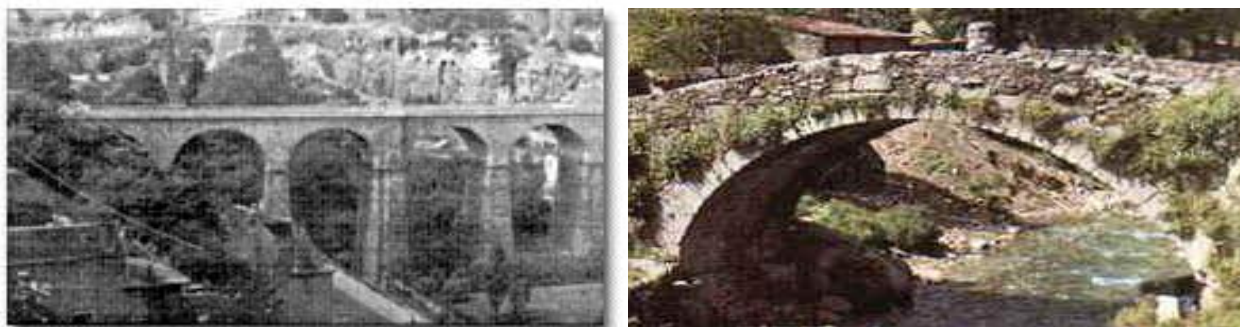


Fig. 2.3. Puentes de Mampostería antiguos<sup>9</sup>.



## 2.1.4. Puentes Metálicos.

### 2.1.4.1. *Puentes de Fundición.*

Los puentes de fundición aparecen por primera vez a fines de siglo XVIII en Inglaterra y luego en Francia. Las disposiciones de estos puentes de fundición se inspiran directamente en los puentes de madera. Lastimosamente la mayoría de estos puentes tuvieron una vida relativamente corta (Ver Fig. 2.4). En efecto, la fundición es un material frágil con una débil resistencia a tracción, el cual bajo el efecto de esfuerzos complejos ofrecía una resistencia mínima al colapso. La mayoría de estos puentes tuvieron que ser demolidos y reemplazados, debido a que ninguna de las tentativas de reparación de este tipo de puente había dado resultados satisfactorios, entonces el único remedio era la reconstrucción del puente. Pero a pesar de todo todavía quedan muestras de estos puentes, tal es el caso del puente de La Pasarela de Las Artes en Paris, la cual fue terminada en 1803 y ofrece tráfico solamente a peatones.



Fig. 2.4. Puente de Fundición<sup>9</sup>.

### 2.1.4.2. *Puentes de Hierro.*

Los puentes de hierro fueron iniciados a principios del siglo XIX paralelamente a la fundición, el empleo del hierro se desarrolló rápidamente. El hierro era más

caro que la fundición, al exigir más trabajo de elaboración, pero poseía una resistencia a la tracción muy superior al de fundición. De este modo, los constructores disponían por primera vez de un material que permitía realizar los tres grandes tipos de puentes: puentes suspendidos, puentes de vigas y los puentes de arco.

Los primeros puentes construidos gracias al hierro fueron los puentes colgantes, fue la invención de las cadenas articuladas formadas por barras de hierro articuladas, patentadas en 1817 por Brown en Inglaterra, la que permitió pasar de un golpe a luces mucho mayores.

Mediante transcurrió el tiempo y se fueron mejorando las técnicas se empezó a utilizar el cable formado por hilos de hierro, el cuál dio las propiedades necesarias para la construcción de puentes con luces considerablemente largas. Ejemplos de grandes puentes colgantes con cables de hierro son: el puente Berwick, construido en 1820 con una luz de 137mts. y el puente de Cincinnati con una luz de 335mts., y otros.

Hacia 1830, la producción industrial del hierro se desarrolló para la fabricación de calderas, el nuevo material fue utilizado en Europa, en forma de vigas de alma llena, para la construcción de alguno de los puentes de ferrocarril.

El hierro también se prestaba para la construcción de puentes de arco. A pesar de su mayor precio, fue sustituyendo progresivamente a la fundición a causa de sus mejores características. Los grandes arcos de hierro aportaron una solución económica y muy espectacular para salvar a gran altura valles profundos y ríos anchos en los que las cimbras resultaban muy difíciles y costosas.

### **2.1.4.3. Puentes de Acero.**

Fue hasta 1867 cuando empezó la fabricación comercial del acero, que permitió su empleo en los puentes. Gracias a sus características y, sobre todo su resistencia, iba a sustituir totalmente a la fundición y al hierro. Sin embargo, tal evolución no se produjo más que de un modo progresivo, a medida que las posibilidades del acero eran mejor apreciadas. El primer gran puente en el que el acero fue muy ampliamente usado es el de Saint-Louis sobre el Mississipi, al cual le siguió el puente de Brooklyn (Fig. 2.5). El primero un puente de 3 arcos de 153, 159 y 153mts., de luz, y el segundo un puente colgante de Acero con 487mts., de luz central.

No hay duda que la llegada del acero vino a reemplazar de manera satisfactoria los alcances ya logrados por el hierro, dándole un gran impulso al desarrollo de los puentes, haciéndolos más resistentes, económicos y seguros.



Fig. 2.5. Imagen del puente de Brooklyn una de las más grandes obras construidas con acero. Ubicado en New York EE.UU. Puente colgante con 487m de luz central.

### **2.1.5. Puentes de Concreto Reforzado.**

Los primeros pasos del concreto se remontan al siglo III A. de C. Los romanos utilizaban ya conglomerantes hidráulicos: morteros de cal e incluso, para ciertas

construcciones, cal hidráulica. Pero fue hasta que se dispuso de cemento y hierro, y varios inventores tuvieron la idea de sumergir elementos metálicos en mortero plástico, con esto, se inventó el concreto reforzado. A partir de 1906, la construcción de los puentes de concreto reforzado se desarrolló ampliamente, siguiendo básicamente los tres grandes tipos empleados desde las primeras realizaciones: la losa, la viga y el arco (Ver Fig. 2.6).

Durante muchos años las barras de acero eran lisas, pero gracias a una serie de ensayos, se comprobó que la adherencia entre el acero y el concreto, uno de los mecanismos básicos para que el concreto reforzado funcione, mejoraba significativamente haciendo las barras corrugadas, es decir, con resaltes transversales, y así son las barras actuales.

Mientras se desarrollaba la tecnología del concreto reforzado, empezaron a construirse estructuras complejas con este material. Al principio, únicamente losas planas de 10mts., de claro máximo y, posteriormente, losas sobre varias nervaduras hasta de 15mts., de claro. Para claros mayores se seguía recurriendo al acero estructural. Sin embargo, pronto se observó que el concreto era un material mucho más económico que el acero, porque se fabricaba al pie de la obra con elementos locales. Pero no sólo ésta característica ha hecho del concreto un material sobresaliente en la construcción de puentes, sino también, se le añaden las estupendas propiedades mecánicas y la gran durabilidad que tiene, con un mantenimiento mucho menor al de un puente de acero.



Fig. 2.6. Puentes de concreto reforzado.

### **2.1.6. Puentes de Concreto Preesforzado.**

Aunque la idea del concreto preesforzado es muy antigua, no pudo materializarse en las obras de ingeniería civil mientras no se desarrollaron los concretos y aceros de alta resistencia que, por una parte, permitían la aplicación de grandes fuerzas externas y, por la otra, reducían las pérdidas que esas fuerzas experimentaban, como consecuencia de las deformaciones diferidas.

El concreto preesforzado se puede considerar un nuevo material; su diferencia con el concreto reforzado es que en éste la armadura es pasiva, es decir, entra en carga cuando las acciones exteriores actúan sobre la estructura; en el preesforzado, en cambio, la armadura es activa, es decir se tesa previamente a la actuación de las cargas que va a recibir la estructura (peso propio, carga muerta y cargas de tráfico), comprimiendo el concreto, de forma que nunca tenga tracciones o que éstas tengan un valor reducido. La estructura se pone en tensión previamente a la actuación de las cargas que van a gravitar sobre ella, y de ahí su nombre de concreto preesforzado.

La aplicación del concreto preesforzado a los puentes se da, por primera vez, en Europa, al término de la segunda guerra mundial y se ve impulsada en ese continente, por la necesidad de reconstruir numerosos puentes destruidos por la guerra.

En los años 60, el concreto pretensado se desarrolló rápidamente en el campo de los puentes. El incremento de la industria del preesfuerzo y la prefabricación permitió el empleo cada vez más frecuente de vigas preesforzadas y prefabricadas en los puentes. Con estos elementos se evitaban las obras falsas y se reducían los tiempos de construcción.

Con el concreto preesforzado se evita la fisuración que se produce en el concreto reforzado y por ello, se pueden utilizar aceros de mayor resistencia, inadmisibles en el concreto reforzado porque se produciría una fisuración excesiva.

El concreto preesforzado no ha hecho desaparecer el concreto reforzado; cada uno tiene su campo de aplicación. Al iniciarse el concreto preesforzado se trató de sustituir toda la armadura pasiva por activa; por ello los primeros puentes se preesforzaban longitudinal y transversalmente. Pero pronto cada material encontró su sitio; la armadura activa se debe emplear para resistir los esfuerzos principales y la pasiva los secundarios. Incluso puentes de losa con luces de hasta 20 m se pueden hacer exclusivamente con armadura pasiva, aunque hay que tener en cuenta la fisuración, porque muchas veces, aun siendo admisible, es excesivamente visible.



Fig. 2.7. Paso a desnivel de vigas de concreto preesforzado, Hermano Lejano.

## 2.2. RESEÑA HISTÓRICA DE PUENTES EN EL SALVADOR.

La historia de los puentes en El Salvador es muy antigua, no puede predecirse con certeza la fecha exacta en que se construyó el primer puente en nuestro país. Sin embargo, el desarrollo de la construcción de puentes en nuestro país está ligado a varios factores: la modernización de la infraestructura de transporte que comenzó con los ferrocarriles y se pudo apreciar en las principales ciudades del país. La empresa inglesa, Salvador Railway Company, construyó el ferrocarril que une a San Salvador con las ciudades de Santa Ana, Sonsonate, Ahuachapán y Acajutla. Posteriormente, la empresa norteamericana Internacional Railways of Central América (IRCA) completó en 1920 la línea férrea que une al oriente del país con San Salvador y sigue después hasta Metapán para conectarse con los ferrocarriles guatemaltecos.

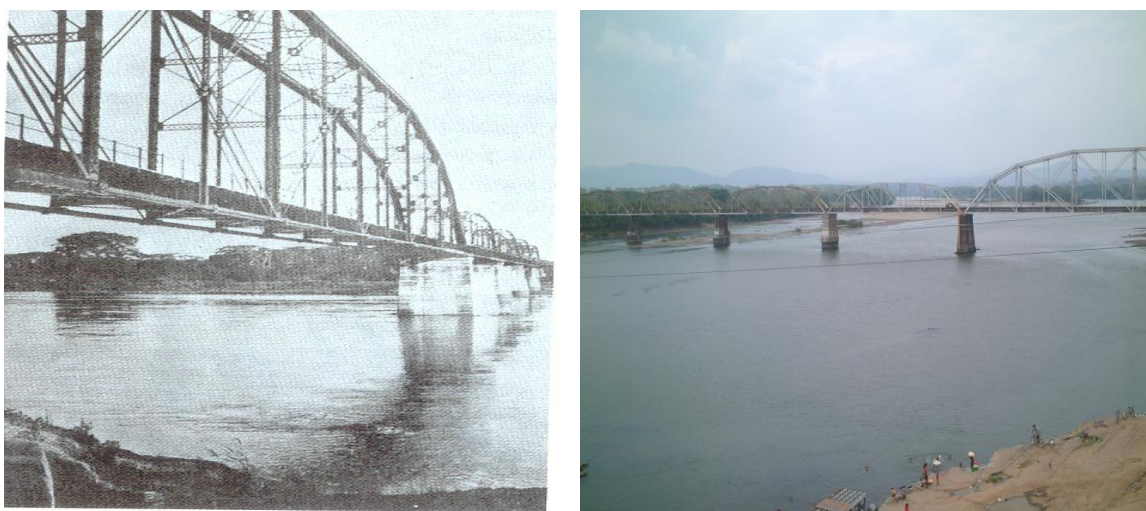


Fig. 2.8. Esquema y Fotografía del puente ferroviario sobre el río Lempa, fue el primero en unir al oriente salvadoreño con el resto de país<sup>10</sup>.

Las carretas y los carruajes que llevaban a las personas de un punto de la ciudad a otro fueron reemplazados primero por tranvías de tracción animal y después por tranvías eléctricos.

Ya en la década de 1920 fueron asfaltadas las principales calles de San Salvador. De esa manera y en la medida de lo posible, las autoridades buscaban transplantar las formas de urbanismo europea a las ciudades salvadoreñas (Ver Fig. 2.10).

La preocupación por la mejoría y construcción de carreteras y puentes obedeció también a otra consideración fundamental: la llegada del automóvil allá por 1915 y, pocos años más tarde, del camión y del autobús. Después de siglos de utilizar carretas y carruajes haladas por bestias, un vehículo que se movía por sus propios medios y a gran velocidad era una absoluta novedad (Fig. 2.9).

<sup>10</sup> Fuente: Historia de El Salvador. Ministerio de Educación. El Salvador – Centroamérica. Tomo II. 1994.



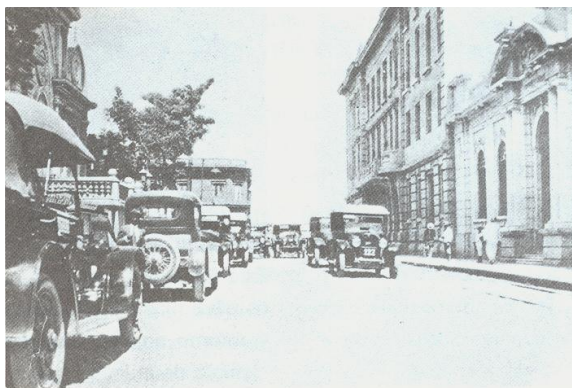


Fig. 2.9. A mediados de la década de 1920, la 2da. Avenida de San Salvador ya estaba atestada de carros<sup>10</sup>.

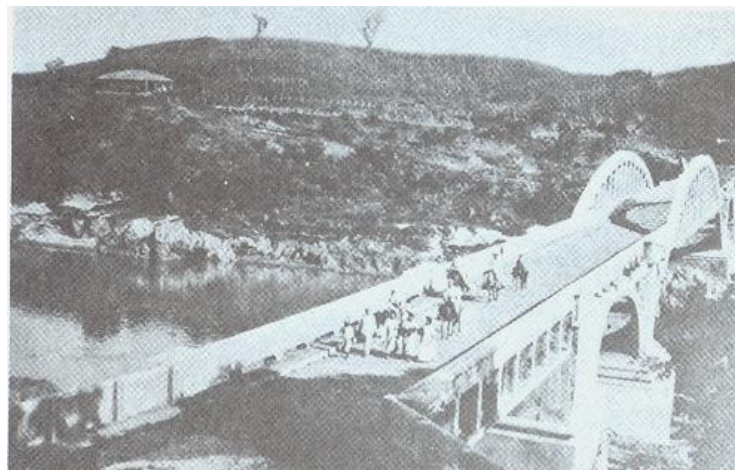


Fig. 2.10. El auge del transporte automotriz requirió el mejoramiento de las vías de comunicación hacia el interior: el puente vehicular sobre el río Lempa en Colima a mediados de la década de 1920<sup>10</sup>.

Los puentes en nuestro país han venido evolucionando siguiendo los patrones de la historia de los puentes en general, la cual se divide en dos grandes períodos: el período de los puentes de piedra y madera; y el período de los puentes metálicos y de concreto (reforzado y preesforzado).

Con piedra y madera se construyeron muchos puentes; de piedra se conservan muchos porque es un material durable, pero en cambio de madera se conservan muy pocos, porque es un material que se degrada con facilidad sino se brinda un mantenimiento adecuado, y es muy vulnerable al fuego y a las avenidas de los ríos.

El puente sobre el río San José, ubicado en la ciudad de Metapán data de la época colonial, éste era del tipo bóveda<sup>11</sup>, arco de fachaleta de barro, con una longitud de 7.5mts. En 1996 se montó un puente Bailey doble simple de 27.47mts., debido que la antigua bóveda quedó fuera de uso cuando el agua del río se desbordó sobre ella, erosionando los laterales, haciendo mayor el claro y dificultando el paso sobre ella.

Sobre el mismo río aún se encuentra en uso un puente tipo bóveda que también data de la época colonial, éste se encuentra ubicado en el departamento de Santa Ana, sobre el tramo de la carretera CA12 - Metapán - El Ronco<sup>12</sup> (Ver Fig. 2.11).

Puentes de madera se observaban aún a principios de los años 1900 (1920 - 1930), ejemplo de ello son los puentes ubicados sobre la carretera San Salvador - Zacatecoluca: Puente de Comalapa, Las Flores, Tilapa y Huiscoyolapa. Así como en la carretera que conduce al balneario de Los Negros y Vía Santa Cruz: Puente El Cajón de los Lagartos y La Puertecita.

Actualmente está en uso un puente de madera, ubicado sobre el río Agua Caliente, en el departamento de La Libertad, sobre el tramo CA01 Km. 33.900 - Hacienda Zapotitán - Ciudad Arce<sup>12</sup> (Ver Fig. 2.11).

---

<sup>11</sup> Fuente: Tesis "Guía para el Diseño de Puentes de Concreto Reforzado en Caminos Rurales y Vecinales". Autor: Jean Corie Kattan Rodríguez, 1998.

<sup>12</sup> Fuente: Ministerio de Obras Públicas: Listado General de Puentes, versión preliminar (SAP).



Fotografía: Puente de Mampostería



Fotografía: Puente de Madera.

Fig. 2.11. Puentes antiguos de Mampostería y de Madera.

En la década de 1920 a 1930, se construyen muchos puentes tanto de Acero como de Concreto, sobresaliendo entre los de acero los del tipo Cercha. En el cuadro 2.1<sup>13</sup> se muestran algunos de los puentes construidos durante éste período.

---

<sup>13</sup> Fuente: Memoria de Labores realizadas por el poder ejecutivo en el ramo de Obras Públicas en el año: 1928 – 1929. Ministerio de Obras Públicas.

**CUADRO No. 2.1. PUENTES CONSTRUIDOS DURANTE EL PERIODO  
1920 - 1930**

<b>Construcción de Puentes.</b>	<b>Tipo</b>
<b>Año 1928:</b>	
En Carretera a Moncagua se construyeron tres puentes de concreto.	Vicon
Un Puente de acero en carretera Santa Tecla - El Guarumal.	Cercha
Zona Occidental, Candelaria La Frontera, se terminaron dos puentes de concreto.	Vicon
Carretera San Salvador - Zacatecoluca fue reparado los puentes de madera de Comalapa, Las flores, Tilapa y Huiscoyolapa.	Madera
Sobre Quebrada Consuquiapa se construyó puente con estribos de piedra y cemento.	Bóveda
En la carretera que conduce al balneario de Los Negros, vía Santa Cruz, se repararon puentes de madera provisionales en los lugares denominados "El Cajón de Los Lagartos" y "La Puertecita".	Madera
Chalatenango: Construcción de Puentes en sectores: Lempa - Citalá, a San Ignacio y La Reina	Bóvedas

<b>Construcción de Puentes.</b>	<b>Tipo</b>
<b>Año 1929:</b>	
Construcción de un puente metálico colgante de 60 metros de luz sobre el Río Las Cañas. También sobre el Río "Guaza" se instaló otro puente metálico.	Cercha
Construcción de los puentes sobre los ríos Santa Rosa, Chapeltique y Río Seco. Los dos últimos de acero.	Cercha
Construcción de puente sobre el río "Talnique" y otro sobre quebrada "El Zope" (La Libertad).	Cercha y Mixto
Carretera Usulután - Jucuapa, puente al sur oeste de Santa Elena, (de mampostería).	Bóveda

En la década de 1940 a 1950 el Gobierno de El Salvador, a través de la Dirección General de Carreteras, de la Subsecretaría de Fomento (Cartera de

Fomento), da un empuje vigoroso a los trabajos de infraestructura vial en toda la República, en función de mantener en buen estado las carreteras existentes y dotar cada día más al país de otras nuevas.

Se construyen en ésta década puentes importantes, entre los que destaca el puente colgante en el Paso de San Lorenzo, del Río Lempa, uno de los más largos de los emplazados sobre la Carretera Interamericana. El Puente Cuscatlán como se le denominó, se inició en el mes de Marzo del año 1940, y es inaugurado el día 6 de Junio de 1942. Todo su tramo colgante era de acero estructural, y con un largo total de 411mts., la calzada en la longitud del puente, tenía una anchura de seis metros, con una corona en el centro para drenaje y provisto de aceras de un metro cincuenta centímetros a ambos lados, las cuales tenían declive hacia la calzada para el debido drenaje.

El puente fue diseñado para resistir la carga viva H-15 y la reacción sobre las torres principales proveniente de los cables cargados era de 127,000 libras aproximadamente.

Otro puente de importancia construido en esta década, es el puente emplazado sobre el río Jiboa en la Carretera Troncal San Salvador - Zacatecoluca, éste fue inaugurado en el año de 1942. Tenía una longitud de 146.64 metros y estaba hecho de hierro y concreto. Originalmente era de 11 pilas, 7 vigas metálicas tipo I y con una losa de 20cms de espesor. Estaba compuesto de 12 claros de 12.5mts cada uno. Con el tiempo éste puente comenzó a fallar por asentamientos y desviaciones en las pilas.

El puente Internacional sobre el río Paz (El Jobo), se inició durante el mes de agosto de 1946, pero debido a la escasez de materiales que se confrontaba en aquella época, el trabajo fue lento y dificultoso. En el año 1947, contándose ya

con material y equipo suficiente y personal adecuado, se dio vigoroso impulso a estos trabajos. Fue inaugurado el 12 de Febrero de 1950. El puente es del tipo colgante, de 3 claros: de 29.27mts., 64.02mts., y 28.35mts., respectivamente, en total 121.64mts.

La Bóveda los Talpetates en San Vicente, se construyó a finales de los años cuarenta y principios de los años cincuenta, ubicada sobre la carretera CA02 del litoral Km.47, sobre el río los Talpetates. Fue hecho de mampostería, arco de concreto armado y como bóveda simple de 4.60mts., de diámetro mayor.

Debe también mencionarse de manera especial el puente emplazado sobre el río Cenizas en la Carretera Troncal San Salvador - Sonsonate - Acajutla, que tiene una longitud de 36.63 metros y consta de tres luces: dos de 12.205 cada una y una central de 12.220 metros. Su estructura está formada por vigas de hierro, losa, cordones y parapetos de concreto reforzado, muros y pilastras de mampostería de piedra.

El cuadro 2.2<sup>14</sup> muestra algunos de los puentes importantes emplazados en ésta década.

---

<sup>14</sup> Fuente: Memoria de Labores realizadas por el poder ejecutivo en el ramo de Obras Públicas en el año: 1940 – 1950.  
Ministerio de Obras Públicas.

**CUADRO No. 2.2. PUENTES CONSTRUIDOS DURANTE EL PERIODO  
1940 – 1950**

<b>Zona Oriental</b>	
Carretera San Miguel - Santa Rosa - Río Goascorán	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puente provisional sobre el Río “Agua Caliente”, de 44 mts. de largo, de construcción liviana, de vigas de celosía, para una carga de H-15</li> <li>- Puente Urbina, 2 de Enero 1945 - 1947</li> <li>- Caja de 14x2x2</li> </ul>
Carretera Interamericana, tramo San Miguel - La Unión - Valle Siramá - Río Goascorán	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bóveda de 15'</li> <li>- Una caja de 2.5x2</li> <li>- Puente río “Pasaquina”</li> <li>- Puente río “Goascorán”</li> <li>- Puente El Lagartero, 15 de Abril 1946 - 10 de Enero de 1947</li> </ul>
Carretera San Miguel - Chirilagua - El Cuco	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Puentes (1947), Tipo Super Span</li> </ul>
Tramo La Unión - Pasaquina - Goascorán	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bóveda de 15' y 5' (1942)</li> </ul>
<b>Zona Central</b>	
Carretera Troncal del Norte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puente en el Paso de Colima del río Lempa</li> <li>- Bóveda de 6'</li> <li>- 2 Bóvedas de 15'</li> </ul>
Carretera Troncal San Salvador-Zacatecoluca	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puente “Sepaquiapa”, de 100' de luz (1940)</li> <li>- Puente “Guaxala”, de 75' de luz (1940)</li> <li>- Puente “Guiscoyolapa” (1940-1941)</li> <li>- Puente “Tilapa” (1940-1941)</li> <li>- Puente “Jalponga” (30.49 mts.), 1942</li> <li>- Puente “Jiboa” (1941-1942)</li> <li>- Puente “Amayo” (18 mts.) (1941-1942)</li> <li>- Bóveda en río “Ulapa”, 1942</li> <li>- Bóveda en quebrada “Huacachala”, 1942</li> <li>- Bóveda en quebrada “Quitapereza”, 1942</li> <li>- Bóveda de 5', 1 de 12', y 4 de 15'</li> </ul>
San Salvador - Santa Tecla	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Doble Bóveda de 20' (1947)</li> </ul>
San Salvador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se construyó, en el sitio donde estaba el “Puente de los Suspiros”, una bóveda de mampostería y arco de concreto, de 3.66mts. de luz y 26.82mts. de longitud.</li> </ul>

Carretera Interamericana	- Puente en el Paso de San Lorenzo sobre río Lempa. Inaugurado el 6 de Junio de 1942. Período de construcción: Marzo 1940 - Junio 1942
Troncal del Norte: Apopa - Guazapa	- Puente, lugar llamado El Gramal
Carretera San Salvador - Sonsonate - Acajutla	- Puente sobre el río "Las Cenizas", (36.63mts.) 1942 - Bóveda de 6' (1942)
<b>Zona Occidental</b>	
Tramo Santa Ana - Metapán	- Puente de mampostería y hierro sobre el río "Amayito"
	- Prolongación de la bóveda de 12' de La puerta de La Laguna
Carretera a Santa Ana	- Se sustituye un paso a nivel con el ferrocarril de El Salvador por un paso inferior, a la altura de El Congo. Hubo necesidad de construir un puente de mampostería y concreto.
Carretera Santa Ana - Metapán	- Puente "Guajoyo"

### **Carretera del Litoral No. 1 (año 1947).**

Esta carretera es la continuación hacia el Oriente de la República de la que une San Salvador con Zacatecoluca. Su importancia es indiscutible, pues por ella llegarían los artículos de consumo cosechados al Oriente del Departamento de La Paz y al Sur del Departamento de San Vicente, que es una de las zonas más ricas en productos agrícolas. La Dirección General de Carreteras concretó sus esfuerzos en la construcción de varios puentes, ya que por tratarse de una zona costera, abundan los ríos y las quebradas, que durante el invierno son un grave peligro para los viajeros. Entre ellos, en el año 1947 se terminó la subestructura de los puentes "Apanta" y "San Antonio"; se reforzaron las pilas del puente "El Espino" y se inició la construcción de los denominados "San Pedro" y "El Jute".

En la década de 1950-1960, en la política de caminos se dio mayor prioridad a las vías de significado inmediato en el desarrollo económico del país, que abren



al intercambio comercial de la región, y fomentan la actividad productora de las zonas planas de la costa que eran susceptibles a un mayor desarrollo por medio del cultivo agrícola intensivo. En este orden de ideas, se dio preferencia a la construcción de caminos que abrían al cultivo en áreas subdesarrolladas o que conectaban núcleos importantes de población cuyo comercio dependía del camino como vía de transporte primordial.

La Carretera del Litoral, es el máximo proyecto en materia vial que mantuvo la atención y los esfuerzos del gobierno en el Ramo de Obras Públicas en éste período, ya que vendría a fomentar la economía nacional como también a dar una contribución a la Comunidad Continental Americana. Esta carretera, junto con un mejor sistema de caminos secundarios vendría a solucionar el problema de conexión de las poblaciones urbanas y rurales y los terrenos agrícolas real o potencialmente valiosos que se encuentran en su esfera de influencia para estímulo económico y social de la extensa zona del Litoral del Pacífico. Además, la Carretera del Litoral sería una comunicación más entre los hermanos países situados al Norte y al Sur.

La carretera tendría una longitud de 315.7Km., desde la Hachadura en la frontera con Guatemala hasta un punto en las cercanías del puerto de La Unión. Como complemento de esta gran obra se construyen en esta década un número significativo de puentes, siendo uno de los más importantes el puente colgante emplazado sobre el río Lempa (el "Puente de Oro"), ver figura 2.12. El cuadro 2.3<sup>15</sup>, muestra otros puentes importantes construidos sobre ésta carretera.

---

<sup>15</sup> Fuente: Memoria de Labores realizadas por el poder ejecutivo en el ramo de Obras Públicas en el año: 1940 – 1950.  
Ministerio de Obras Públicas.

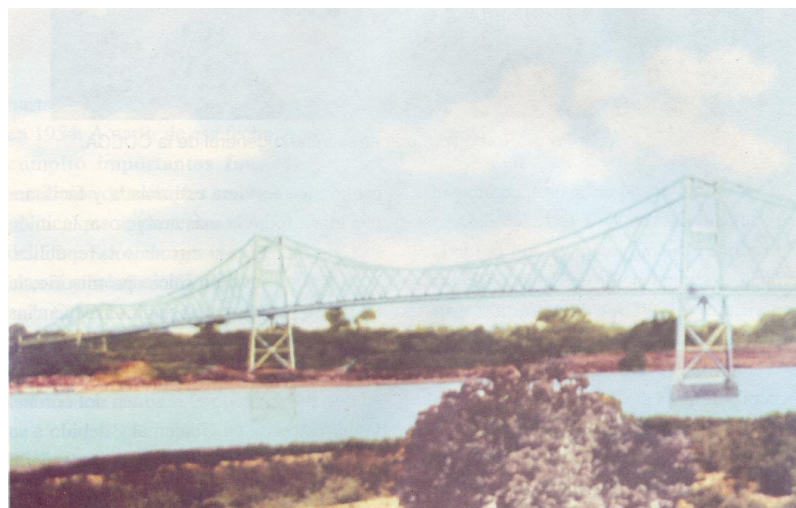


Fig. 2.12. Puente de Oro sobre el Río Lempa<sup>16</sup>.

**CUADRO No. 2.3. PUENTES CONSTRUIDOS SOBRE CARRETERA DEL LITORAL DURANTE EL PERIODO 1940 - 1950**

<b>Tramo</b>	<b>Puente</b>
Acajutla - La Libertad	- Bóveda de Chimalapa
Ramal a Jiquilisco	- Puente Jiquilisco
Ramal Colón - El Cobanal	- Puente La Huesera
La Libertad - Comalapa	- Construidas 13 Bóveda de 5', 9', y 15' - Construidos 7 puentes: Sobre ríos Amayo Puente San Diego Puente sobre río Huiza Puente sobre río Tihuapa, Puente El Jute y Puente San Antonio
Hachadura - Acajutla	- Puente sobre río San Pedro
Usulután - La Unión	- Puente sobre el río "Batres"
San Vicente - Tecoluca - La Libertad	- Bóveda de 18'. Est. 0+800 - Bóveda de 18'. Est. 0+877.5
Ramal a El Sunzal	- Puente sobre el río "Chilama"

<sup>16</sup> Historia de El Salvador. Ministerio de Educación. El Salvador – Centroamérica. Tomo II. 1994.

La Carretera Troncal del Norte, es otra de las obras de infraestructura vial que el Ramo de Obras Públicas da mayor atención en esta década, habiéndose convertido en una vía internacional de gran importancia tanto en lo comercial como en lo político, por ser una vía de contacto con el atlántico, por la República de Honduras, o sea San Pedro Sula - Puerto Cortés.

Como parte de la mejora de la Carretera Troncal del Norte, se dio gran impulso al mejoramiento y construcción de puentes y obras de arte. Los ríos habían constituido durante mucho tiempo el obstáculo natural insuperable que detenía la corriente de viajeros y mercancías durante los seis meses de la estación lluviosa. La construcción de nuevos puentes se hacía de imperiosa necesidad, ya que contando con una buena carretera eran frecuente los accidentes ocasionados por las intempestivas crecidas de los ríos que cruzan el camino. Destacan por su importancia los del desvío a Chalatenango que parten de la Carretera Troncal del Norte al otro lado del Lempa. Los puentes mencionados son: Puente Chacahuaca y Potrero, construidos sobre los ríos del mismo nombre; y los correspondientes a los ríos Santa Bárbara, Río Grande, Las Minas, Motochico, Cujuiniquil y Azambio.

Otros de los puentes construidos sobre la mencionada carretera en ésta década se presenta en el cuadro 2.4<sup>17</sup>.

---

<sup>17</sup>

Fuente: Memoria de Labores realizadas por el poder ejecutivo en el ramo de Obras Públicas en el período: 1950 – 1960.  
Ministerio de Obras Públicas.

**CUADRO No. 2.4. PUENTES CONSTRUIDOS SOBRE CARRETERA  
TRONCAL DEL NORTE DURANTE EL PERIODO 1950 - 1960**

<b>Tramo</b>	<b>Puente</b>
La Palma - Citalá	- Puentes: La Palma, San Ignacio y Jupula
C. Troncal del Norte - Tejuela	- PuenteTiguascán
Apopa - Aguijares	- Puente sobre río Acelhuate
San Salvador - Potrero Grande, jurisdicción de Aguijares	- Puente sobre río Las Cañas
C.T.N - Colima - Tejuela - La palma	- Bóveda de 10', Est. 15+20 - Bóveda de 9' y 15', Est. 70+380 - Bóveda de 12', Est. 67+950
Ramal a Nueva Concepción	- Puente Metayate
La Libertad	- Puente sobre río Chilama
Camino a Zaragoza - La Libertad	- Puente sobre el río Banderas
Ateos - Tepecollo	- Puente El Zope
Camino a Jayaque	- Puente sobre el río Shutia

El puente “Don Luis de Moscoso” en la ruta San Miguel - La Unión, ubicado sobre la carretera CA01E y sobre el río Grande de San Miguel, fue construido en la década de los años 50, originalmente era de tipo metálico de Cerchas tipo Pratt. En la actualidad hay un puente tipo Vicajon de 139.8mts., de longitud.

La Bóveda Titihuapa ubicada en San Vicente - Cabañas, de 6 arcos se realizó alrededor de esta época.

Así mismo se construyen otros puentes en ésta década, los cuales son mostrados en el cuadro No.2.5<sup>17</sup>.

**CUADRO No. 2.5. PUENTES CONSTRUIDOS DURANTE EL PERIODO  
1950 - 1960**

<b>Tramo de Carretera</b>	<b>Puente</b>
Santa Lucía - Boulevard San Salvador - Ilopango	- Bóveda de 15'
Tramo río Sucio - río Palios (La Libertad)	- Puente río Sucio
Tramo Gotera - Osicala - Jocoatique	- Puente sobre el río Torola
	- Puente Sensunapán
Desvío Ateos	- Puente El Zope
Camino El Bebedero - San Julián	- Puente "Los Lagartos" - Puente "Pepesquera" - Puente Chiquihuat"
Ramal Colón - El Cobanal	- Puente "La Huesera"
San Rafael Cedros - Ilobasco - Sensuntepeque	- Construidas 23 bóvedas de 5', 9', y 15'
Colima - Chorrera El Guayabo	- Construidas 2 bóvedas de 15'
Río Grande de San Miguel	- Puente El Delirio
Tejuela - El Playón	- Puente "La Zorra", sobre el río Agua Caliente
Camino que une El Porvenir (Dpto. Santa Ana) con Carretera Santa Ana - Chalchuapa	- Puente "Dos Ríos"
Camino Suchitoto - Pozo del Silencio	- Puente colgante sobre río "Quesalapa"
Camino Sonsonate - Santa Catarina Masahuat	- Puente "Cuyuapa"
Camino Aguijares - Suchitoto	- Puentes "Los Amates", "La Asunción", "El Agua azul" y "La Flor"
Carretera Interamericana - San Idelfonso	- Puente "San Felipe"
Carretera San Miguel - Santa Rosa de Lima	- Puente "La Castellana"
Carretera Santa Ana - Metapán	- Puente sobre río Guajoyo
Carretera Ruta Militar(San Miguel) - Gotera	- Puente sobre el río Seco
Camino Usulután - Jucuarán - El Espino	- Puente "Vado María"
	- Puente "Goascorán"
	- Puente "Desagüe de Guija"
Sitio El Niño - Opico	- Puente de 42 mts. sobre el río Sucio
	- Reconstrucción de puente de Mejicanos (San Salvador)

Importante destacar de ésta década es el hecho de la aparición en nuestro país del concreto preesforzado, una forma de colaboración más perfecta entre el acero y el concreto, que amplió extraordinariamente las posibilidades del concreto reforzado.

También en ésta década se destaca la construcción de puentes del tipo mixto, otra forma de colaboración del acero y el concreto, pero en éste caso los dos materiales no se mezclan tan íntimamente, sino que se yuxtaponen.

Como culminación de los trabajos de la Carretera del Litoral, se tiene la terminación del Puente sobre el Río Paz, paso fronterizo de La Hachadura, construido con los aportes de los gobiernos de Guatemala y El Salvador, por partes iguales y que une la Carretera del Pacífico del vecino país. El puente tiene una longitud de 80mts., es de estructura metálica apoyada. Este nuevo puente ha sido un lazo de unión con Guatemala, y ha propiciado un mayor intercambio comercial que ha fortalecido las relaciones entre ambos países. Este puente fue terminado en Noviembre de 1961.

Los puentes que más se destacan de ésta época se resumen en el cuadro No.2.6<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup>

Fuente: Memoria de Labores realizadas por el poder ejecutivo en el ramo de Obras Públicas en el período: 1960 – 1970.  
Ministerio de Obras Públicas.

**CUADRO No. 2.6. PUENTES CONSTRUIDOS DURANTE EL PERIODO  
1960 - 1970**

<b>Puentes Construidos en el año 1960</b>	
<b>Tramo de Carretera</b>	<b>Puente</b>
La Unión	- Puente El Coyolar
San Salvador	- Puente Metizate
Ahuachapán	- Puente San Antonio - Puente Aguas Caliente
Nejapa	- Bóveda
C. Troncal del Norte - Nva. Concepción	- Bóveda en río Metayate
Aguilares - El Paisnal	- Bóveda de 18' y 15'
Mercedes Umaña - Berlín	- Bóveda de 5'
Litoral - Jalponga - La Costa	- Bóveda de 15'
Ciudad Barrios - Chapelrique	- Bóveda de 15'
<b>Construcción de Puentes Período 1969-1970</b>	
<b>Carreteras por Administración</b>	<b>Estructura</b>
San Julián - Ishuatán - Litoral	- Bóveda de 15', de 2 luces
Ramal a Cuisnahuat	- Puente Los Apantes
Suchitoto - Cinquera	- Bóveda de 14', Las Animas
Sensuntepeque - Villa Dolores - San Idelfonso	- Bóveda Titihuapa
<b>Desarrollo Turístico</b>	<b>Estructura</b>
Ramal a las playas de San Marcelino	- Puente Las Micas
Ruta Motorola - El Espino	- Puente Las Lajas
<b>Caminos Rurales</b>	<b>Estructura</b>
San Pedro Puxtla - San Antonio del Monte	- Bóveda de 18', San Pedro - Bóveda de 14', Haragán - Bóveda de 10', Shalhuaza - Bóveda de 10', Taxipulco - Bóveda de 10', Frío
Los Planes de Renderos - Rosario de Mora - Litoral	- Bóveda de 10' - Bóveda de 18', La Zacatera - Bóveda de 10'
<b>Mejoramiento de Caminos Rurales</b>	<b>Estructura</b>
Atiquizaya - San Lorenzo (Ahuachapán)	- Puente La Barranca
Candelaria - Santiago de la Frontera (Santa Ana)	- Bóveda Los Mangos
Interamericana, Km 27+800 (Cuscatlán)	- Ampliación bóveda Santa Cruz Michapa

Interamericana, Km 38+220 (Cuscatlán)	- Ampliación Bóveda El Carmen
Tierra Blanca del Monte (Usulután)	- Construcción Puente Potrero
Ramal a San Buenaventura (Usulután)	- Construcción Puente Jalapa
El Carmen - Olomega (La Unión)	- Construcción Puente El Carmen
<b>Carreteras Centroamericanas</b>	<b>Estructura</b>
La Cuchilla - Km 35+300 (CA-1)	- Puente sobre río Sucio - Puente sobre río Agua Caliente

Hasta la presente década, El Salvador ha realizado una política vial de trascendentes resultados. Las actividades agrícolas, comerciales e industriales, con la apertura y mantenimiento de carreteras y construcción de puentes, recibieron un poderoso estímulo.

Primeramente fue la construcción de la Carretera Panamericana, con una longitud de 310km., seguidamente la Carretera del Litoral, de 334km., después el Programa de Caminos de Acceso a la Carretera del Litoral, que comprende 20 caminos, también se impulsó el Programa de Carreteras Nacionales.

En la década de 1970, en El Salvador ya se contaba con diversos tipos de puentes. El desarrollo de las tecnologías de los distintos materiales hizo que las estructuras de los puentes tuvieran cada vez más posibilidades, lo que permitió una mayor diversidad de formas y hacer puentes de concreto y acero; hasta llegar a construir puentes con vigas continuas de grandes luces y de sección en cajón de alma llena, metálicas o de concreto. En el cuadro No.2.7<sup>19</sup> se destacan los puentes que surgieron en el transcurso de ésta década.

<sup>19</sup>

Fuente: Memoria de Labores realizadas por el poder ejecutivo en el ramo de Obras Públicas en el Período: 1972 – 1979.  
Ministerio de Obras Públicas.



**CUADRO No. 2.7. CONSTRUCCIÓN DE PUENTES  
PERIODO 1973 - 1979**

<b>Construcción de Puentes Período 1973 - 1974</b>	
<b>Construcción y Mejoramiento de Carreteras y Caminos</b>	<b>Estructura</b>
Acceso a Caluco (Sonsonate)	- Boveda de 24' sobre río Susula
Metayate - Agua Caliente (Chalatenango)	- Bóveda de 18' El Hervidero - Bóveda de 30' Agua Zarca
(Cabañas)	- Bóveda sobre el río San Francisco
San Vicente - San Cayetano Istepeque (San Vicente)	- Bóveda de 15'
(San Vicente)	- Bóveda sobre Quebrada Piedra Pacha
Estanzuelas - San Gerardo (Usulután)	- Puente sobre río Jiotique (Inicio) - Bóveda de 30' sobre Río Gaspar
Anamorós - Lislique (La Unión)	- Bóveda Triple sobre río Chiquito
<b>Construcción de Puentes Período 1974 - 1975</b>	
<b>Construcción y Mejoramiento de Carreteras y Caminos</b>	<b>Estructura</b>
Acceso a Cancasque (Chalatenango)	- Bóveda de 24' sobre río Tetelquín
Interamericana - San Idelfonso (San Vicente)	- Bóveda de 30' sobre paso Las Lajas
<b>Construcción de Puentes Período 1975 - 1976</b>	
<b>Construcción y Mejoramiento de Carreteras y Caminos</b>	<b>Estructura</b>
<b>San Salvador</b>	
Carretera Troncal del Norte - Suchitoto	- Construcción Puente sobre río Acelhuate
<b>Cuscatlán</b>	
Suchitoto – Cinquera	- Bóveda sobre río Quezalapa - Bóveda doble 24' sobre río Putumayo - Bóveda de 15' sobre Quebrada El Jute - Bóveda 30' sobre río Hondo
Tenancingo - Intersección Suchitoto - Cinquera	- Bóveda sobre río Tepechapa

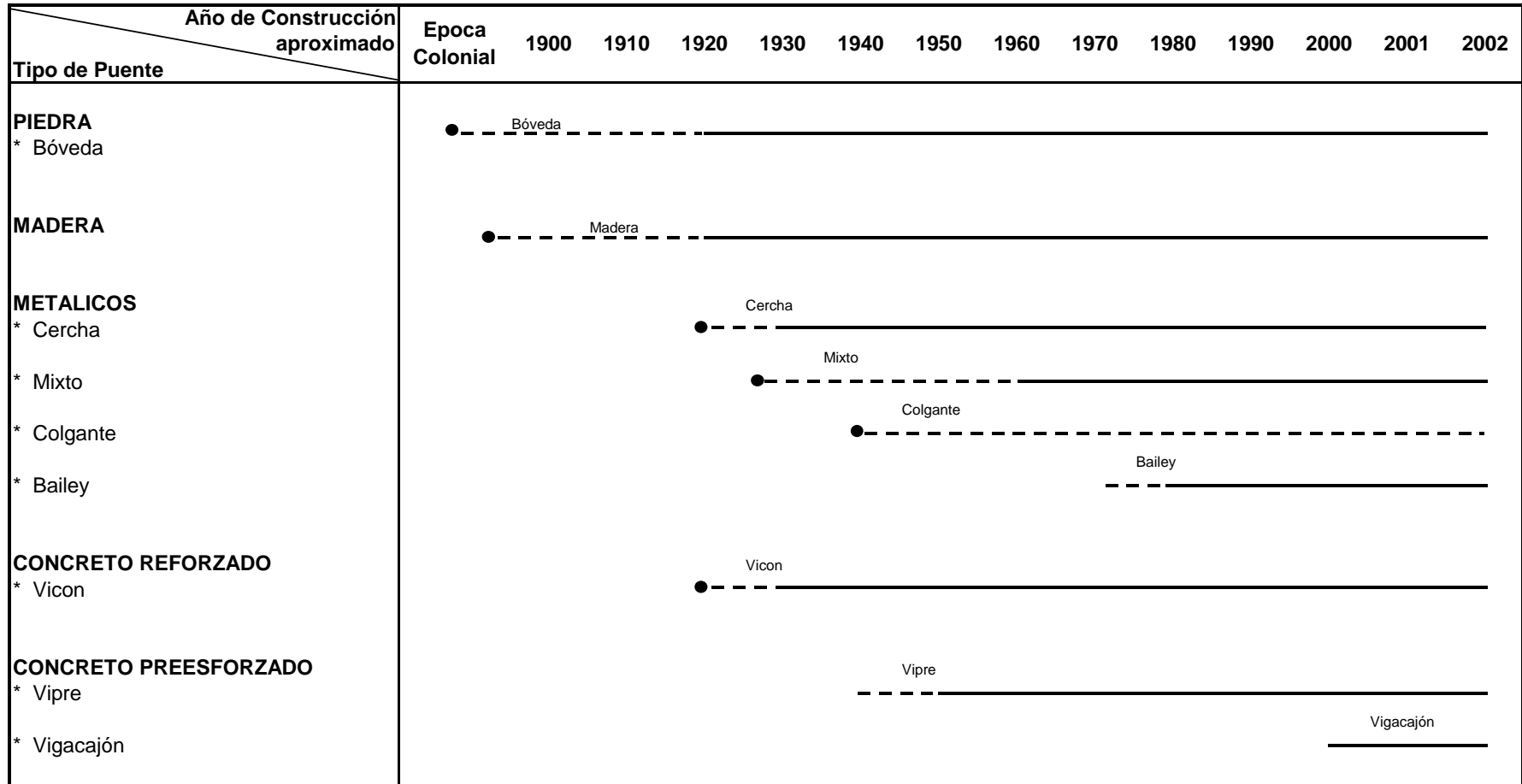
<b>San Vicente</b>	
Interamericana - San Idelfonso	- Bóveda de 30' sobre el río Las Lajas (Final)
<b>Usulután</b>	
Estanzuela - San Gerardo	- Puente sobre río Jiotique
<b>San Miguel</b>	
Comacarán - Hato Nuevo	- Puente sobre río Taisihuat
Sesori - Los Limones - Villa El Triunfo	- Bóveda Triple 24' sobre río Parcas
Interamericana - Chapeltique - Ciudad Barrios	- Bóveda sobre Quebrada El Guayabo - Bóveda sobre río Santo Tomás - Bóveda 18' sobre río Agua Fría

<b>Construcción de Puentes Período 1977 - 1978</b>	
<b>Construcción y Mejoramiento de Carreteras y Caminos</b>	<b>Estructura</b>
<b>Ahuachapán</b>	
Guaymango - San Pedro Tuxtla	- Bóveda río Sunzacapa - Bóveda río Copinula
Ahuachapán - Tacuba	- Bóveda río Tacuba
<b>Santa Ana</b>	
Izalco - Tunalmites	- Bóveda río Suncita
<b>Chalatenango</b>	
Citalá - El Poy	- Bóveda río Shushula
El Carmen - Potochito	- Bóveda río Gualenza
<b>Cuscatlán</b>	
Tenancingo - Suchitoto - Cinquera	- Bóveda río Quezalapa - Bóveda río Tepechapa
Suchitoto - Cinquera	- Bóveda río Quezalapa
<b>San Miguel</b>	
Sesori - Los Limones	- Cajas Quebrada El Queserito - Bóveda 30' Quebrada La Chilillera
Sesori - San Luis de La Reina	- Bóveda río Amalapa - Bóveda Est. 12+654 - Bóveda 30' río El Tamarindo
San Antonio - Ciudad Barrios	- Bóveda río El Llano - Bóveda río El Llano No. 3 - Bóveda río La Golondrina
<b>La Unión</b>	
Santa Rosa de Lima - Anamorós	- Puente río Tulipa

<b>Construcción de Puentes Período 1978 - 1979</b>	
<b>Construcción y Mejoramiento de Carreteras y Caminos</b>	<b>Estructura</b>
<b>Ahuachapán</b>	
Guaymango - San Pedro Puxtla	- Bóveda río Copinula
<b>Santa Ana</b>	
Metapán - Citalá	- Bóveda sobre Quebrada El Toro
<b>Chalatenango</b>	
San Francisco Morazán - San Fernando	- Bóveda sobre río Las Aradas
<b>Cuscatlán</b>	
Aguilares - Suchitoto	- Bóveda sobre río Sinacanapa
<b>San Miguel</b>	
San Antonio - Ciudad Barrios	- Bóveda El Potrero - Bóveda No. 1 El Llano - Bóveda No. 2 EL Llano - Bóveda No. 3 El Llano
Sesori - San Luis de La Reina	- Bóveda sobre Quebrada Amalapa - Bóveda sobre Quebrada El Tamarindo - Bóveda sobre Quebrada Los Gatos
<b>Morazán</b>	
Arambala - Joateca	- Puente sobre río Sapo - Bóveda Cuádruple sobre río Mazala - Caja río Las Ranas

La siguiente tabla “Cuadro No. 2.8”, nos ejemplifica resumidamente como han evolucionado en el espacio y el tiempo los puentes en el país.

**CUADRO No. 2.8. TABLA RESUMEN “EVOLUCIÓN DE LOS PUENTES EN EL SALVADOR”**



- Surgimiento de puente
- Empuje a la construcción de puentes
- Se dio más auge a la construcción de puentes

### 2.3. CLASIFICACION GENERAL DE LOS PUENTES.

Los puentes se clasifican de acuerdo a su característica predominante, es decir, atendiendo a su tamaño, materiales predominantes en su construcción, uso, duración y operación. En el cuadro No.2.9<sup>20</sup> se resume la clasificación convencional de los puentes, esta clasificación es universalmente utilizada; básicamente por el Ingeniero diseñador de puentes.

**CUADRO No. 2.9. CLASIFICACION DE LOS PUENTES.**

Por su tamaño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasos elevados</li> <li>• Alcantarillas</li> <li>• Puentes propiamente dichos</li> <li>• Viaductos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ de madera</li> <li>○ de mampostería</li> <li>○ de concreto armado</li> <li>○ de hierro estructural</li> </ul> </li> <li>• Acueductos</li> </ul>
Según el material empleado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mampostería</li> <li>• Madera</li> <li>• Concreto Armado</li> <li>• Acero</li> <li>• Compuestos</li> <li>• Hierro Forjado</li> </ul>
Según su uso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peatonal</li> <li>• Carretero</li> <li>• Ferrocarrilero</li> </ul>
Por su duración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puentes Provisionales:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ de Madera</li> <li>○ Metálicos</li> </ul> </li> <li>• Puentes Definitivos</li> </ul>
Por su condición operación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puentes Fijos               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ provisionales</li> <li>○ definitivos</li> </ul> </li> </ul>

<sup>20</sup>

Fuente: Proyecto y Diseño de Puentes. Ing. Raúl Salas Rico.  
Curso de Puentes y Viaductos. Msc. Ing. Marcelo Romo P. Escuela Politécnica del Ejército.

Por su condición operación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puentes Móviles <ul style="list-style-type: none"> <li>○ giratorios</li> <li>○ levadizos</li> <li>○ puentes basculantes</li> <li>○ sumergidos</li> <li>○ deslizantes</li> </ul> </li> <li>• Desmontables <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Pontones (madera o hule)</li> <li>○ caballetes metálicos</li> </ul> </li> </ul>
----------------------------	--

## 2.4. TIPOS DE PUENTES.

A lo largo de la historia y evolución de los puentes en El Salvador se han empleado cuatro materiales básicos para su construcción, entre éstos tenemos: *la madera, la piedra, el hierro y el concreto*. A estos cuatro materiales hay que añadir otros dos que se han empleado con menor frecuencia: *el ladrillo*, hecho de arcilla cocida; y *el aluminio*, que se ha utilizado para construir partes de los puentes, ejemplo de ello se tienen los puentes tipo super span.



Dentro de éstos materiales básicos se han llevado a cabo diversas combinaciones, de los cuales surgen los diferentes tipos de puentes.




El Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través del Sistema de Administración de Puentes (SAP), ha determinado que en nuestro país existen 13 tipos de puentes, esta clasificación se ha llevado a cabo de acuerdo al elemento principal de la superestructura y al material predominante del mismo.

En el cuadro No.2.10<sup>21</sup> se detalla de una manera breve los diferentes tipos de puentes que existen en El Salvador y su característica predominante.

<sup>21</sup> Fuente: Unidad de Planificación Vial (UPV).  
Ministerio de Obras Públicas (MOP).

**CUADRO No. 2.10.**  
**TIPOS DE PUENTES EN EL SALVADOR<sup>21</sup>**


Elemento Principal	Tipo de Puente	Descripción: Puentes cuyo principal elemento es	Ilustración Fotográfica
Losa	LOSA	La losa de concreto y sirve de tablero al mismo tiempo.	
	CAJA	Tipo caja o cajón cuya estructura es básicamente una figura geométrica rectangular cerrada y hecha en la mayoría de casos de concreto	
Viga	VICON	La viga de concreto armado	

Elemento Principal	Tipo de Puente	Descripción: Puentes cuyo principal elemento es	Ilustración Fotográfica
Viga	VIPRES	La viga de concreto pre – esforzado	
	VICAJON	Una viga cajón	
	MADERA	La viga de madera	



Elemento Principal	Tipo de Puente	Descripción: Puentes cuyo principal elemento es	Ilustración Fotográfica
	MIXTO	La viga metálica de alma llena y tablero de concreto.	
Estructura Metálica	CERCHA	Una estructura metálica reticular.	
	BAILEY	Denominado así por ser los más comunes en el medio pero en general son puentes modulares prefabricados	

Elemento Principal	Tipo de Puente	Descripción: Puentes cuyo principal elemento es	Ilustración Fotográfica
Super-Span	SUPER-SPAN	Tipo bóveda cuya estructura es una lámina metálica y sobre la cual se construye un relleno	
Bóveda	BOVEDA	Construido en forma de bóveda, pueden ser de concreto o mampostería: como ladrillos, piedra u otro material	
Cable	COLGA	De cables a los cuales se sujetan otros elementos.	

Elemento Principal	Tipo de Puente	Descripción: Puentes cuyo principal elemento es	Ilustración Fotográfica
OTROS	MADERA u otro tipo no especificado	Cualquier combinación de todos los anteriores	

Generalmente la estructura de un puente no está constituida por un solo tipo de material.

Los puentes de arcos hechos con mampostería de ladrillos, preferiblemente tendrán las bases construidas con mampostería de piedra, con el objeto de darles mayor consistencia y hacerlas más resistentes al embate de las aguas del río.

Así mismo, un puente cuyo tablero sea de madera podría tener las fundaciones de mampostería de piedra ó de concreto. Los puentes con tableros metálicos, cuando son de cierta envergadura o cuando el suelo es agresivo al metal, tendrán sus bases construidas con otro material.

En puentes cuyo tablero es de concreto reforzado o preesforzado (pretensado y postensado); las columnas de las pilas y sus fundaciones, los estribos y los muros, serán de concreto reforzado. Las anteriores descripciones solo son un ejemplo de las combinaciones que pueden lograrse.

### **2.4.1. Puentes de Losas o Placas (Caja y Losa).**

La estructura de éste tipo de puente, consiste en una plancha de concreto reforzado o preesforzado. Si sus apoyos son de mampostería se denomina *Puente Tipo Losa*, si en el caso que estos apoyos son revestidos de concreto se conoce como *Puente Tipo Caja*.

### **2.4.2. Puentes de Vigas (Vicon, Vipre, Vicajón, Mixto y Madera).**

El elemento principal de éste tipo de puente es la viga, las cuales soportan el tablero generalmente de concreto reforzado. Este tipo de puente consiste en varias vigas, las cuales van separadas paralelamente de 1, 1.5 a 2 metros de distancia; estas vigas aparte de soportar el tablero, salvan la distancia entre estribos y pilas. Los puentes de vigas destinadas a servir el tráfico de vehículos son de acero (Puentes Mixtos), concreto reforzado y en algunos casos secciones en cajón para grandes luces (Puentes tipo Vicon y Vicajón) o preesforzado (Puentes tipo Vipre) o de madera (Puentes de Madera).

**Los puentes de vigas metálicas** (Puentes Mixtos) pueden ser de sección en “I” o de ala ancha. Básicamente su estructura se compone de vigas cabezal o cabeza inferior metálica, vigas del mismo material y en la parte superior una losa de concreto reforzado. La ventaja de éste tipo de puente es que su construcción es muy ligera igual que la de un puente metálico. Debido a ésta ventaja se dice que los puentes mixtos sustituyen a los de concreto preesforzado, incluso en luces pequeñas. Actualmente se construyen puentes mixtos por todo el mundo, generalmente de luces pequeñas.

**Los puentes de vigas de concreto reforzado** (Puentes tipo Vicon y Vicajon) pueden ser: de alma llena y ser vigas de sección en “T” unidas por la losa superior las cuales pueden salvar tramos de 20 a 25 metros; o pueden ser vigas de cajón que generalmente se utilizan para distancias superiores. Y de arcos, ya que el concreto es un material adecuado para resistir compresiones.

**Los puentes de vigas de concreto preesforzado** (Puentes tipo Vipre) generalmente tienen sección en “I”. Una ventaja que se obtiene con las vigas de concreto preesforzado es que se evita que el concreto se fisure así como sucede con las vigas de concreto reforzado.

La diferencia entre concreto reforzado y preesforzado, consiste en que el primero la armadura entra en carga cuando las acciones exteriores actúan sobre la estructura; y el segundo, la armadura se tensa previamente antes de que actúen las cargas a la estructura.

**Los puentes de vigas de madera** o puentes de madera, generalmente son de carácter provisional; debido a que siempre presentan problemas de durabilidad, ya que son muy vulnerables a los incendios, a la degradación por los agentes externos y a las crecidas de los ríos. La ventaja de éste tipo de puente es que son muy fáciles y rápido de construir.

#### **2.4.3. Puentes Metálicos (Bailey y Cercha).**

Dentro de la categoría de puentes metálicos tenemos los puentes tipo Bailey y Cercha, los cuales su estructura está compuesta en su totalidad de acero, la ventaja de éste material, es que permite crear puentes con grandes luces y son de rápida construcción; también se pueden realizar ampliaciones o

sustituciones. El inconveniente o desventaja de éste material, es su alto costo de materia prima y que son muy vulnerables a los agentes atmosféricos, a su excesiva deformación elástica y a los gases corrosivos. Debido a la manejabilidad del material se pueden crear diversas formas: en arco, viga, tirantes, etc. La diferencia entre estos dos tipos de puentes, es que el tipo Bailey es de carácter provisional; en cambio el tipo Cercha es permanente.

#### **2.4.4. Puente Super Span.**

La estructura de éste tipo de puente está conformada por una lámina metálica en forma de bóveda, sobre la cual se construye un relleno. Su comportamiento es similar a una bóveda.

#### **2.4.5. Puentes de Mampostería (Bóvedas).**

Su elemento principal es la piedra, ladrillo y concreto en masa. Generalmente con éstos materiales se construyen puentes en arco, ya que sólo resisten esfuerzos de compresión y su duración es ilimitada.

Los puentes de piedra están formados por bóvedas cilíndricas, sirven para salvar luces de cierta importancia (debido a que no pueden alcanzar grandes luces). Generalmente se utiliza la bóveda como estructura resistente para salvar los ríos, su construcción es bastante simple.

El sistema estructural de la bóveda o de cúpula se deriva del arco formado por dovelas yuxtapuestas, ya sea de piedra o de ladrillos, generalmente apoyados en estribos de mampostería.

#### **2.4.6. Puentes Sustentados por Cables (Puentes Colgantes).**

Los elementos principales de estos puentes son sus cables, los cuales poseen forma de catenaria y se encuentran apoyados o suspendidos de torres altas y ancladas por sus extremos a macizos de anclaje. Generalmente la fundación de éste tipo de puente se compone de dos elementos los cuales son: las pilas en forma de torres y macizos o anclajes a tensión en los extremos. Aunque existe un elemento esencial para la estabilidad de la estructura que consiste en una viga longitudinal rigidizadora, la cual se conforma de una cercha larga, continua y esbelta, la cual puede ir por encima o por debajo de la calzada.

## **CAPITULO III**

### **MARCO TEORICO CONCEPTUAL**



## CAPITULO III

### MARCO TEORICO CONCEPTUAL

#### 3.1. DEFINICIÓN DE PUENTE.

Un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos o brazos de mar; y obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, con el fin de unir caminos y poder trasladarse de una zona a otra.

El objeto de cruzar una vía de comunicación con un puente, es el de evitar accidentes y facilitar el tránsito de viajeros, animales y mercancías.



Fig. 3.1. Puente Colima sobre río Lempa, Límite Departamental San Salvador – Citalá (CA04N)  
Chalatenango.

Los elementos principales que se pueden distinguir en los puentes son los siguientes:

- Superestructura: parte del puente que se construye sobre apoyos como son la losa, las vigas, bóveda, estructura metálica, etc.
- Infraestructura: está conformada por los estribos, pilas centrales, etc.

## **3.2. ELEMENTOS DE SUPERESTRUCTURA.**

### **3.2.1. Superestructura.**

Es la parte superior de un puente, que une y salva la distancia entre uno o más claros. La superestructura consiste en el tablero o parte que soporta directamente las cargas y las armaduras. De acuerdo al Inventario Estado de Condición del Puente (IECP) del Sistema de Administración de Puentes (SAP), propiedad del Ministerio de Obras Públicas; la superestructura está formada por dos partes:

- Elementos Principales.
- Elementos Secundarios.

#### **3.2.1.1. Elemento Principal.**

Es el elemento que transmite las cargas vivas (transito) y muertas (peso propio de la superestructura) a los apoyos extremos e intermedios de la infraestructura (estribos y pilas). Los elementos principales de la superestructura son de acuerdo al tipo de puente, entre éstos tenemos:

**TABLA 3.1. ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA SUPERESTRUCTURA.**

<b>ELEMENTO PRINCIPAL</b>	<b>TIPO DE PUENTE</b>
Losa	- Losa
	- Caja
Viga	- Vicon
	- Vipres
	- Vicajon
	- Madera
	- Mixto
Estructura Metálica	- Cercha
	- Bailey
Arco	- Super – Span
	- Bóveda
Cable	- Colgante
Otros	- MADERA u otro tipo no especificado

**3.2.1.1.1. Losa.**

La estructura de éste tipo de puente, consiste en una plancha de concreto reforzado o preesforzado, madera o metal, y sirve de tablero al mismo tiempo.

Los puentes del tipo losa sólo alcanzan a salvar luces pequeñas, generalmente hasta 10mts., esto se debe a que el costo se incrementa para luces mayores y por el peso propio de la misma estructura.

**3.2.1.1.2. Vigas.**

Los puentes de vigas utilizan como elemento estructural vigas paralelas a la carretera, que soportan esfuerzos de componente vertical y transmiten las cargas recibidas a las pilas y estribos del puente. Sobre las vigas se dispone

una losa de concreto reforzado que sirve de base a la calzada. Las vigas más simples están formadas por tablonos de madera, perfiles de acero laminado o secciones rectangulares de concreto reforzado.

Las vigas son perfiles en L, U, T, O, H o I. Generalmente en nuestro medio solo se utilizan perfiles en “T”, “H” e “I”. En los puentes de vigas de concreto reforzado estos perfiles forman vigas simples, paralelas a la carretera y equidistantes entre sí, apoyadas en sus extremos sobre los estribos del puente. Casi todos los puentes situados transversalmente a las vías y autopistas son de este tipo, pudiendo salvar distancias desde los veinte a los cuarenta metros.

### VIGA “T”.

- **Vigas de Concreto Reforzado.**

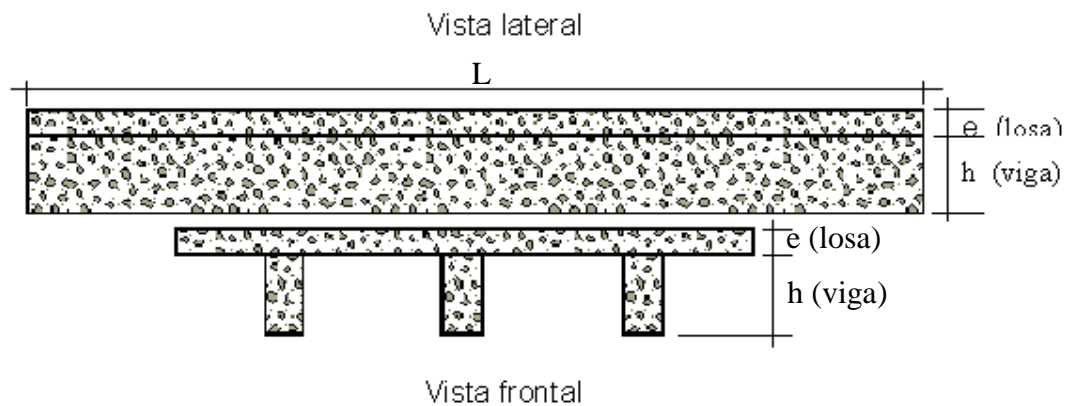


Fig. 3.2. Puente con Vigas Longitudinales de Concreto Reforzado.

Nomenclatura para las figuras 3.2, 3.3 y 3.4.

$e$  = espesor de la losa

$h$  = altura de la viga

$L$  = longitud de la losa

Se le llama así por su semejanza con la letra “T”, y porque su colado es monolítico. La parte superior forma la losa o piso del puente y la parte inferior el cuerpo de la viga. En la mayoría de las construcciones se utiliza el concreto reforzado, debido a la resistencia que presenta a la flexión, ya que lleva unas armaduras metálicas, generalmente de acero que proporciona la resistencia necesaria para soportar fuerzas longitudinales o de flexión.

Las vigas de concreto reforzado pueden ser prefabricadas o elaboradas «in situ» mediante encofrados, y son las más usuales en la construcción convencional de pequeña y media envergadura. Los puentes de vigas de concreto reforzado alcanzan luces de hasta 25mts. Luces superiores son inconvenientes para éste tipo de puente por el incremento desmedido de su peso y de su costo.

El principal problema constructivo constituyen los encofrados que, en su configuración tradicional, solamente pueden ser utilizados en cauces de ríos poco profundos y poco caudalosos.

En ríos de cauces profundos o sumamente caudalosos, se suele construir un encofrado tipo arco para no provocar un incremento excesivo de costos de construcción (se construye algo similar a un puente provisional de madera o de acero que sirve de encofrado para el puente definitivo de concreto).

### **VIGA “I”.**

- **Vigas de Acero y de Concreto Preesforzado.**

Es una viga de acero o de concreto preesforzado en forma de la letra I. Las vigas de acero están compuestas de placas y angulares fundidos, soldados, remachados o empernados. Este tipo de viga tiene la siguiente característica: la

placa vertical (alma) es muy grande en comparación con las placas superior e inferior (patín). Los puentes sobre vigas de acero pueden vencer luces de hasta 45mts, similar a los de concreto preesforzado.

La ventaja en los puentes de concreto preesforzado es la reducción en el peso de la estructura, comparado con los de concreto reforzado. Generalmente se han utilizado dos variantes constructivas de esta tecnología, una consiste en el tensado in situ y la otra el tensado previo.

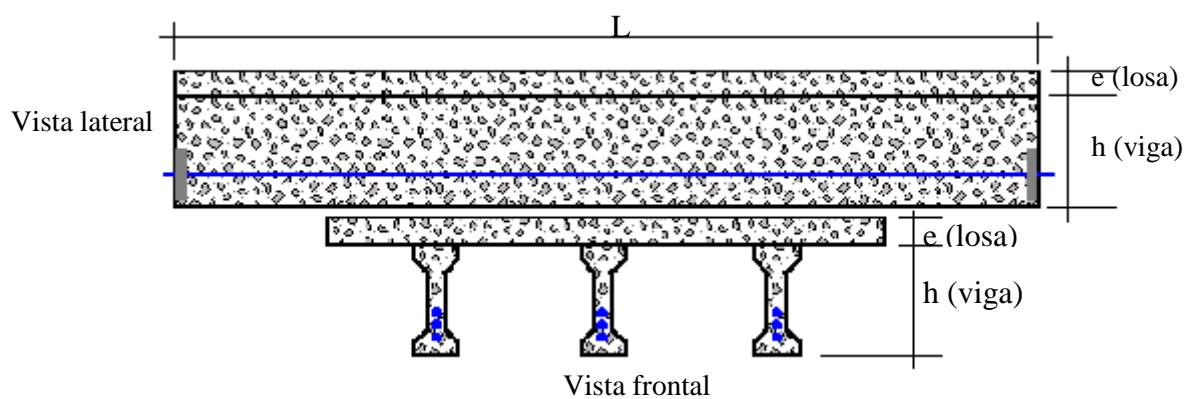


Fig. 3.3. Puente con Vigas de Concreto Pretensado.

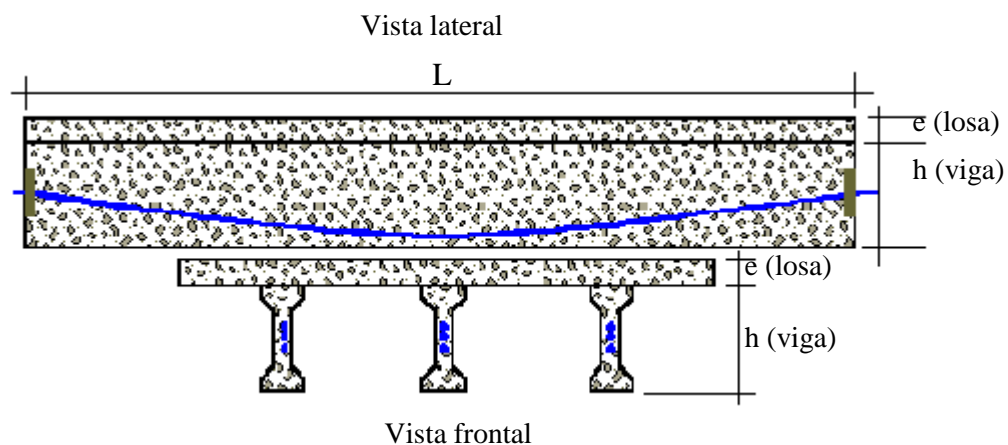


Fig. 3.4. Puente con Vigas de Concreto Postensado.

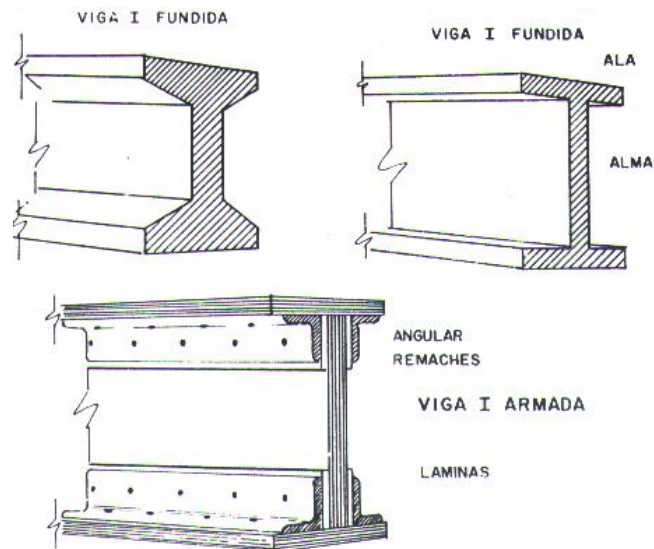


Fig. 3.5. Secciones Transversales Típicas de Vigas I.

### **VIGA “H”.**

Este tipo de viga tiene la siguiente característica: Cuando la relación alma-patín es pequeña la viga I se convierte en viga H. Tanto la viga I como la H, pueden ser de concreto preesforzado.

#### **3.2.1.1.3. Estructura Metálica.**

El acero es un material que soporta muy bien los esfuerzos de flexión, compresión y tracción, y esta propiedad se emplea en la construcción de puentes metálicos en arco o de vigas de acero.

La armadura es una viga compuesta por elementos relativamente cortos y esbeltos conectados por sus extremos. La carga fija del peso del pavimento y la carga móvil que atraviesa el puente se transmiten por medio de las vigas transversales del tablero directamente a las conexiones de los elementos de la

armadura. En las diversas configuraciones triangulares creadas por el ingeniero diseñador, cada elemento queda o en tensión o en compresión, según el patrón de cargas, pero nunca están sometidos a cargas que tiendan a flexionarlos.

Este sistema permite realizar a un costo razonable y con un gasto mínimo de material estructuras de metal que salvan desde treinta hasta más de cien metros, distancias que resultan económicamente imposibles para estructuras que funcionen a base de flexión, como las vigas simples descritas anteriormente.

La armadura funciona de forma análoga a la viga. La hilera superior de elementos, llamado *cordón superior*, queda en compresión, al igual que el patín superior de la viga. Los elementos que forman el cordón inferior, como el patín inferior de la viga, quedan en tensión. Los elementos verticales y diagonales que van de uno a otro cordón quedan en tensión o en compresión según la configuración y según cambia la posición de la carga móvil. Los elementos sujetos sólo a tensión bajo cualquier patrón de carga posible son esbeltos. Los demás elementos son más masivos.

De lo anterior expuesto, se puede denominar *armadura* a un puente de tablero inferior cuyas vigas armadas están unidas por encima del nivel del tablero por elementos de arriostamiento, y *armazón lateral* a un puente que no tiene arriostamiento uniendo a sus cordones superiores.



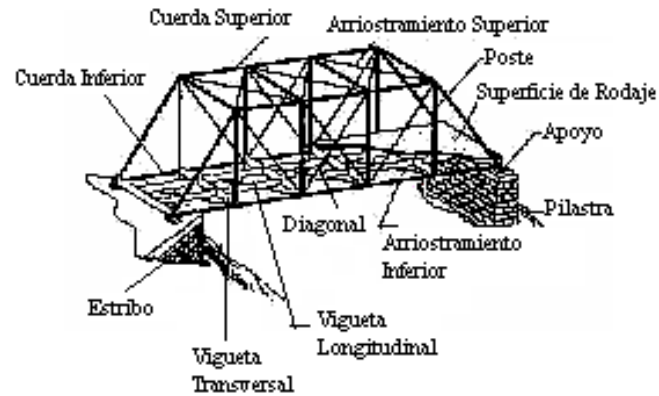


Fig. 3.6. Elementos de un puente de armadura de tablero inferior.



Fig. 3.7. Puente de arazón lateral ubicado sobre el río Comalapa, departamento de La Paz.

#### 3.2.1.1.4. Arco (Bóveda).

Las bóvedas, son puentes que generalmente se construyen con mampostería de piedra, aunque en época pasada también se empleó el ladrillo de obra. Las técnicas de construcción son muy sencillas y tienen la característica de ser resistentes y durables.

Debido al material que se utiliza para su construcción, es que se adopta como elemento estructural principal el arco.

El arco o bóveda es una forma que le permite a una estructura sostenerse sobre dos apoyos relativamente distantes utilizando materiales que sólo resisten compresión: una fuerza que tiende a contraer la estructura, empujando a un elemento contra el otro.

Los puentes en arco o abovedados aprovechan las características beneficiosas de la geometría estructural en arco, ya que ésta forma trabaja fundamentalmente a compresión y limitan o eliminan totalmente el efecto de la flexión. Generalmente se utilizan para vencer luces de hasta 10mts.

Los arcos presentan problemas en la construcción de los apoyos, puesto que tienden a empujar a éstos hacia afuera además de hacia abajo. Mientras menos profundo sea el arco, mayor será la carga que ejerza sobre sus apoyos. Las formas de arco más comunes en puentes son el semicircular o de medio punto, el de más fácil construcción y menos empuje, y el rebajado, que permite mayor espacio bajo el puente. Se recurre a un arco rebajado o elíptico, cuando la carretera no va a cruzar a suficiente altura sobre el cauce del río, con lo cual se facilita el paso de las crecientes y minimiza el empuje de la corriente contra su subestructura.



Arco de medio punto o semicircular



Arco elíptico



Arco rebajado



Arco parabólico

Fig. 3.8. Típicas formas de arcos (Bóvedas)<sup>22</sup>.

### 3.2.1.1.5. Cable.

Los puentes colgantes están formados por dos cables tensores de acero que sostienen a través de cables o tirantes verticales la superficie de rodamiento. Los cables tensores se apoyan en torres y se anclan a grandes bloques de concreto situados, a modo de estribo, en los extremos del puente.

<sup>22</sup>

Fuente: Unidad de Planificación Vial (UPV).  
Ministerio de Obras Públicas. A través del Sistema de Administración de Puentes (SAP).

La tensión que se produce por el peso del puente suspendido se convierte en una fuerza vertical hacia abajo en las torres y en una tensión angular hacia arriba en los macizos de anclaje.

Los cables de los puentes colgantes, están compuestos por miles de alambres paralelos de acero galvanizado, generalmente de 5mm de diámetro, agrupados para formar una sección circular, llevan un arrollamiento en espiral de alambre que mantiene su forma cilíndrica al tiempo que las impermeabiliza. En nuestro país se han construido puentes de éste tipo, el más grande tiene una longitud de 123mts., y está ubicado entre Ahuachapán – El Jobo (Frontera con Guatemala) sobre el Río Paz.



Fig. 3.9. Puente Colgante “El Jobo” sobre el río paz, ubicado entre Ahuachapán – Frontera Las Chinamas; departamento de Chalatenango.

#### **3.2.1.1.6. Tipo Bailey.**

Este tipo de puente entra en la categoría de puentes metálicos y cabe dentro del contexto de armazón lateral.

Los puentes tipo Bailey, constituyen un tipo muy importante de puentes metálicos, ya que se los utilizan por su rapidez de construcción (los más pequeños pueden ser armados en 24 horas). Además, éste tipo de puente como el Mabey son muy utilizados en nuestro medio porque son constructivamente modulares. Aunque de estos dos tipos el que más se construye o se utiliza es el Bailey; ya que generalmente son los más adquiridos por donaciones extranjeras.

Es de aclarar que los puente tipo Bailey y Mabey, son marcas reconocidas de puentes en nuestro país.

Los puentes metálicos tienen dos tipos de limitantes: su costo por utilizar materiales importados, y la necesidad de un mantenimiento considerable.



Fig. 3.10. Puente Tipo Bailey, sobre río Lempa; departamento de Chalatenango.

#### **3.2.1.1.7. Súper Span.**

Estos puentes son similares a las bóvedas; al momento de su construcción se han utilizado láminas de acero para formar el encofrado del arco, éstas láminas

son empernadas para darle más seguridad al encofrado. Al terminar de construir el puente, las láminas que se utilizaron para el encofrado en muchas ocasiones no son retiradas, es por ésta razón que se les ha dado el nombre de super span y la diferencia entre éste tipo de puente y la bóveda es que en la parte abovedada (arco) la compone una cubierta de lámina y su similitud es que en la parte superior es un relleno.



Fig. 3.11. Puente Tipo Super Span.

### 3.2.1.2. Elemento Secundario.

Son elementos complementarios de la superestructura siendo necesarios para la estabilidad de la estructura y posibilitan el tránsito por el puente. Entre los elementos secundarios tenemos:

- Losa tablero.
- Diafragmas transversales.
- Arriostramientos.
- Barandales.
- Calzada.
- Aparatos de Apoyo.

- Aceras.
- Drenajes; y
- Juntas.

#### **3.2.1.2.1. Losa Tablero.**

Es el tablero o losa del puente que soporta directamente el tráfico de vehículos o peatones. Cuando es de madera se le llama “tablero” y cuando es de concreto y metal se le llama “losa”. La losa tablero proporciona la capacidad portante de carga del sistema de cubierta.

La losa tablero forma parte de los elementos secundarios para puentes del tipo viga, colgantes, puentes modulares y cercha.

#### **3.2.1.2.2. Diafragmas Transversales.**

Los diafragmas son considerados como elementos simplemente apoyados, que sirven como rigidizadores entre vigas, y que a su vez transmiten fuerzas a las vigas longitudinales a través del cortante vertical, el cual es transmitido por el apoyo directo de la losa sobre la viga y por medio de varillas de acero que traspasan la viga longitudinal.

Por lo general el tablero de la superestructura de un puente debe construirse conjuntamente; por lo que primero se construyen las vigas y luego el diafragma y losa en un colado monolítico.

Según el artículo 8.12.2 de las especificaciones de la AASHTO, establecen que los diafragmas se coloquen uno en cada extremo del puente, a una distancia más o menos de 50cms del borde del tablero y en puntos intermedios donde no

se rompa la continuidad de la losa y sea necesario apoyar los bordes de ésta sobre el diafragma. Por lo general, los diafragmas transversales, tienen entre 15 a 20cms de espesor.



Fig. 3.12. Diafragmas transversales en vigas de acero.

#### **3.2.1.2.3. Arriostramiento.**

Permiten mantener los elementos estructurales en posición correcta, se usan generalmente en las estructuras metálicas, y según su ubicación en la estructura puede clasificarse como:

- *Arriostramiento del portal:* El arriostramiento del portal se encuentra en la parte superior en los extremos de una armadura de paso a través y proporciona estabilidad lateral y transferencia de cortante entre armaduras.
- *Arriostramiento transversal:* Los puntales transversales son miembros estructurales secundarios que se atraviesan de lado a lado entre



armaduras en nudos interiores y al igual que el arriostamiento del portal proporcionan estabilidad lateral y transferencia de cortante entre armaduras.

- *Arriostamiento lateral superior:* Los puntales laterales superiores están situados en el plano de la cuerda superior y proporciona estabilidad lateral entre las dos armaduras y resistencia contra los esfuerzos provocados por el viento.
- *Arriostamiento lateral inferior:* Los puntales laterales inferiores están situados en el plano de la cuerda inferior y proporcionan estabilidad lateral y resistencia a los esfuerzos por viento.

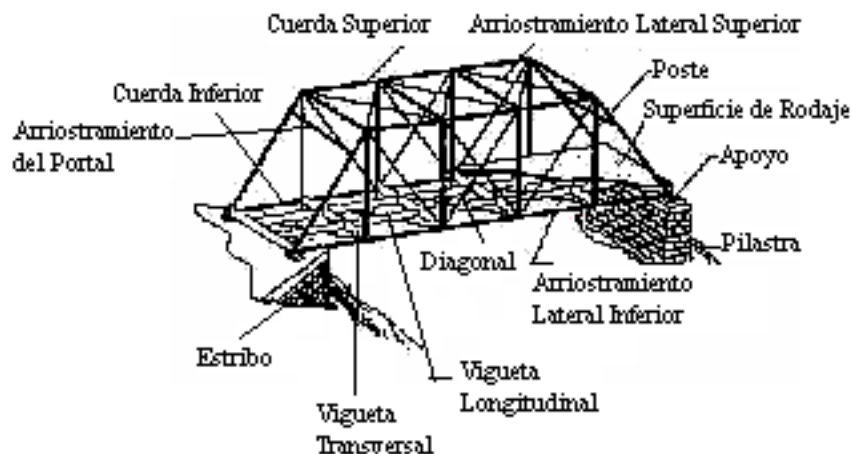


Fig. 3.13. Ejemplo de una armadura donde se distinguen diferentes tipos de arriostamiento.

#### 3.2.1.2.4. Barandas.

Son elementos de seguridad que se encuentran a los costados del puente, su función es la de canalizar el tránsito y eventualmente evitan la caída de vehículos y personas.

Las barandas consisten en postes y pasamanos de concreto reforzado, postes de concreto reforzado y pasamanos metálicos o postes y pasamanos metálicos. En El Salvador generalmente se opta por los barandales de concreto reforzado, ya que tienen la ventaja de tener un mantenimiento más económico al de un barandal metálico, aunque el aspecto estético no sea muy atractivo.

Las normas AASHTO definen 3 tipos de barandales: peatonales, para bicicletas y para tráfico. Estos tipos de barandales también pueden combinarse entre si, para convertirse en tráfico – bicicleta, trafico – peatonal, peatonal – bicicleta.



Barandales y pasamanos de concreto



Barandales y pasamanos metálicos



Barandal metálico con bordillos de concreto reforzado (Barandal tipo ASSHTO)

Fig. 3.14. Ejemplo de tipos de barandales.

### 3.2.1.2.5. Calzadas.

La calzada o superficie de rodamiento proporciona el piso para el tránsito de los vehículos y se coloca sobre la cara superior de la losa estructural. En el caso de ser un puente tipo bóveda o super span, la calzada va sobre el relleno de ésta estructura, si fuese un puente modular iría sobre los tablones de madera o puede ser la misma madera la calzada. Generalmente la calzada es colocada después de colada la losa, aunque existen también calzadas coladas integralmente con la losa estructural. Cuando se utiliza esta técnica se le designa como piso monolítico

Las calzadas en nuestro país generalmente son de concreto asfáltico o de concreto hidráulico, aunque pueden encontrarse de balaste, metálicas o madera, y se considera que no proporciona capacidad de carga a la estructura.



Concreto



Asfalto



Grava



Madera



Metal (Lámina Troquelada)

Fig. 3.15. Tipos de Calzadas.

#### **3.2.1.2.6. Aparatos de apoyo.**

Son elementos que se colocan entre las vigas principales y la superficie sobre la que se apoya, su función es la de transmitir la carga de la superestructura a la infraestructura y controlar las variaciones longitudinales provocados por cambios de temperatura, movimientos sísmicos, etc. Además para claros largos se debe permitir la rotación en los apoyos que acompañan la deflexión de la estructura cargada.

La mayoría de los apoyos se construyen de acero, neopreno, bronce, o una combinación de estos materiales. Las partes metálicas expuestas de estos apoyos son generalmente protegidas de los efectos del deterioro de los elementos por una pintura o un sistema de galvanizado. Además, los otros elementos de puentes son generalmente diseñados para minimizar la acumulación de materiales extraños y la acumulación de agua en o cerca de los apoyos.

En general, en los puentes son colocados dos apoyos en los extremos de la viga, uno permanecerá fijo (apoyo fijo), mientras que el otro debe permitir todos los movimientos antes descritos (apoyo móvil o de dilatación).

Los apoyos móviles o de dilatación más utilizados en nuestro medio, son los apoyos elastomecánicos (el material más utilizado para este fin es el neopreno), los cuales constan de hojas de material elastomecánico adheridos a capas de láminas de acero. Todos los materiales se moldean en conjunto para formar una unidad integral y los extremos de las platinas de acero se cubren con material elastomecánico para impedir la corrosión. Estas unidades absorben los movimientos horizontales mediante deformaciones de cortante de las diferentes capas del material elastomecánico<sup>23</sup>.

Entre los diferentes tipos de apoyos fijos y móviles, tenemos los siguientes:

➤ **Placas para Mampostería.**

Muchos sistemas de apoyo incorporan el uso de placas de mampostería para distribuir las cargas verticales a la subestructura del puente. Las placas para mampostería son generalmente construidas de acero y son usualmente fijadas a la subestructura utilizando pernos de anclaje de acero. Algunas veces, las placas retenedoras de acero se fijan a las placas para mampostería para conservar otras partes del sistema de apoyo en su alineamiento horizontal.

➤ **Apoyos de Dilatación con Rodillos.**

Los apoyos de dilatación con rodillos son utilizados para transferir las cargas verticales y para permitir los movimientos de rotación y traslación de la

---

<sup>23</sup>

Fuente: Tesis "Guía para el Diseño de Puentes de Concreto Reforzado en Caminos Rurales y Vecinales". Autor: Jean Corie Kattan Rodríguez. 1998. UES.

superestructura, en longitudes de claros de puentes moderadas. Este tipo de apoyo generalmente incorpora el uso de placas para mampostería y usualmente se construye de acero estructural.

Con los apoyos de dilatación con rodillos, se permite la traslación de la superestructura por la acción de rodamiento de un rodillo o una combinación de rodillos. Dependiendo de la forma del apoyo, puede permitirse la rotación de la superestructura por la acción de rodamiento del rodillo(s) o por la rotación alrededor de un pasador de apoyo. El rodillo de estos apoyos no puede ser fácilmente visible sin desarmar parte del apoyo.

➤ **Apoyos Fijos de Acero.**

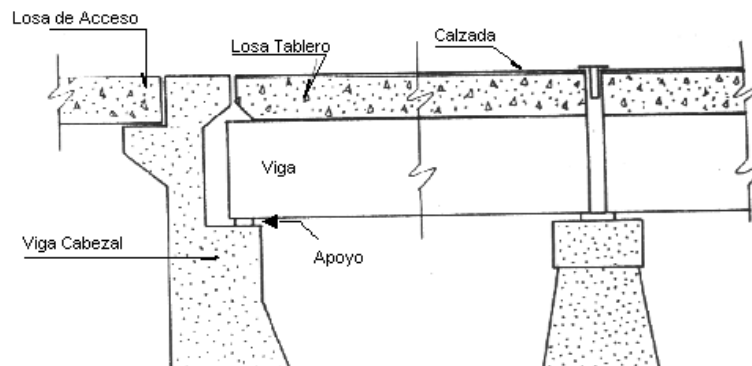
Los apoyos fijos de acero se utilizan para transferir cargas verticales a la subestructura y restringir a la superestructura de traslación longitudinal. Excepto en tramos de muy corta longitud, el apoyo fijo es generalmente proyectado para permitir la rotación de la superestructura. Esta rotación puede ser tomada en cuenta por el uso de rodillo(s), pasadores de apoyo, placas curvas, etc. Los apoyos fijos de acero generalmente incorporan el uso de placas para mampostería las cuales son frecuentemente soldadas a un componente principal del apoyo. El tipo específico de apoyo fijo de acero, utilizado para un puente específico, se determina por la magnitud de carga vertical que va a ser transferida y la cantidad de rotación prevista.

➤ **Apoyos Elastoméricos.**

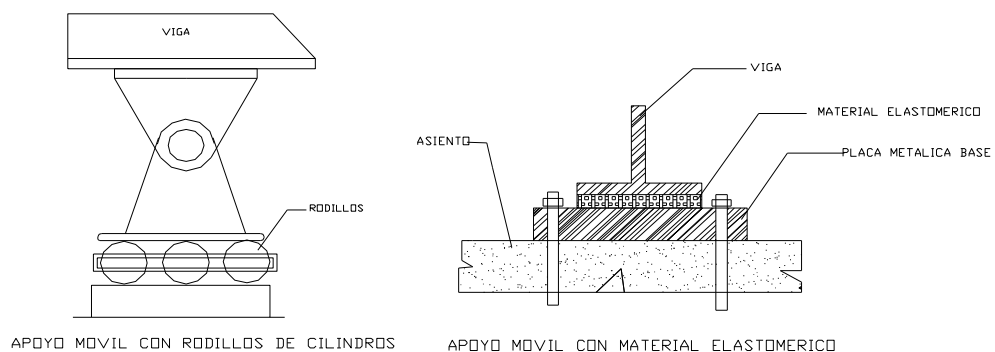
Los apoyos elastoméricos son generalmente utilizados en concreto preesforzado o vigas de acero curvas, de longitudes de claro cortas y moderadas. Estos apoyos están contruidos de neopreno y acero al carbono moldeado en una masa sólida libre de vacíos. Los apoyos de dilatación

elastoméricos son diseñados para adaptarse a los movimientos horizontales y verticales por deformación del mismo apoyo. El apoyo elastomérico fijo está generalmente restringido contra el movimiento horizontal por el uso de barras de anclaje que se prolongan desde la superestructura a través del apoyo dentro de la subestructura. Los apoyos elastoméricos pueden incluir el uso de placas de carga en las caras superior e inferior del apoyo para fijarlo en su posición y ayudarlo en la distribución de las cargas.

Los apoyos del puente son de vital importancia para el funcionamiento de la estructura. Si ellos no conservan una buena disposición de trabajo, puede inducirse esfuerzos a la estructura que pueden acortar la vida útil del puente.

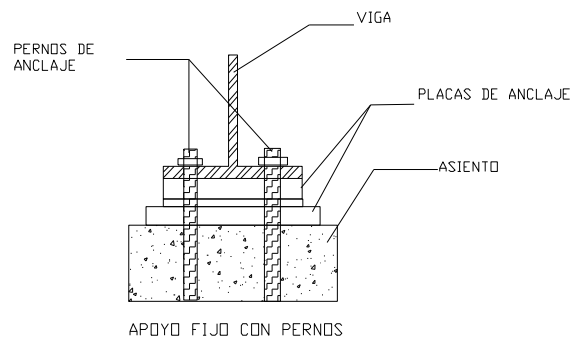


a) Ilustración de la ubicación de apoyos en un puente.



Apoyos móviles típicos.

b) Ejemplo de los diferentes aparatos de apoyo.



Apoyo fijo.

b) Ejemplo de los diferentes aparatos de apoyo.

Fig. 3.16. En la Figura a) se esquematiza la ubicación de los aparatos de apoyo en un puente; y en b) los diferentes aparatos de apoyo típicos.

### 3.2.1.2.7. Aceras.

Las aceras son aquellos elementos que forman parte del puente con la finalidad de dar paso a los peatones con seguridad.

Las aceras se construyen monóticamente con la losa, éstas están separadas de la losa por un cordón a un nivel superior.



Fig. 3.17. Ejemplo de una acera.



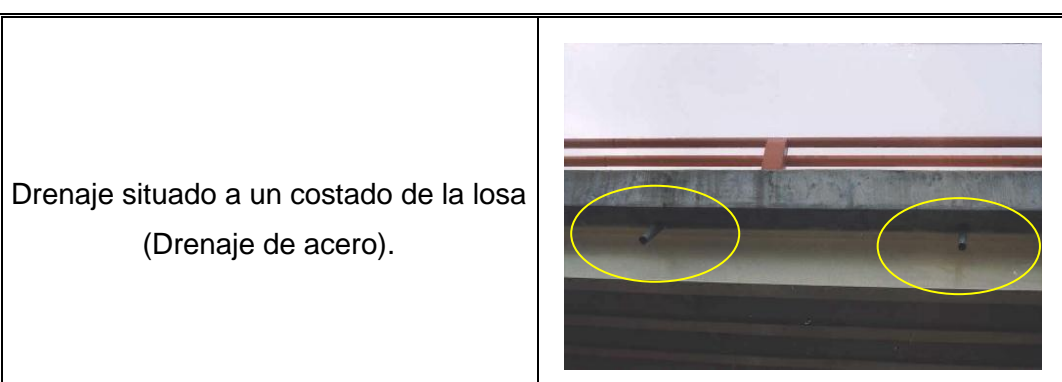
### 3.2.1.2.8. Drenajes.

La función de los drenajes es la de evacuar el agua de la superficie de la superestructura de los puentes lo más rápido posible.

En puentes construidos con pendientes, generalmente no se requieren disposiciones para el drenaje longitudinal, ya que el agua es transportada por el bombeo transversal hasta las cunetas y luego hasta el extremo más bajo del puente desde donde son evacuadas hacia la calzada.

Si el puente no tiene pendiente en el sentido longitudinal, para evacuar el agua superficial, generalmente se utilizan tubos de PVC con diámetro aproximado de 3 pulgadas colocados aproximadamente al punto medio entre los postes del barandal; en nuestro medio se utiliza ésta clase de dispositivos.

En la parte inferior de las losas se recomienda la colocación de cortagotas con la función de evitar que por adherencia el agua escurra hasta las vigas, y pueda ocasionar problemas de corrosión.



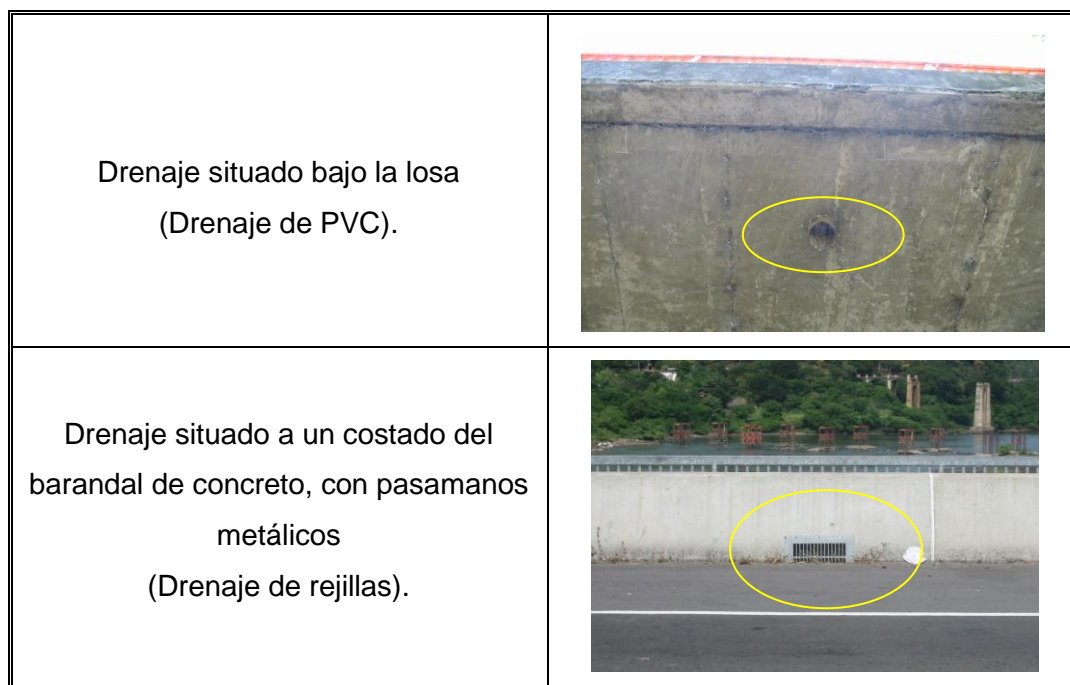


Fig. 3.18. Ilustración de drenajes en puentes.

### 3.2.1.2.9. Juntas.

Son dispositivos que permiten el libre movimiento causado por eventos sísmicos, cambios de temperatura y vibraciones excesivas causadas por tráfico pesado sobre la estructura; en un puente se pueden distinguir los siguientes tipos de junta: de dilatación y contracción; de construcción y de conexión de elementos de variada naturaleza. Al no sellar las juntas como corresponde, se pierde la continuidad del material, y se produce el paso de los elementos que pueden ser líquidos, sólidos o partículas en suspensión que pasan a través de las juntas impulsadas por las diferencias de presión. De más está decir que tales fluidos que pueden encontrarse a diferentes temperaturas, afectan la funcionalidad de las estructuras o bien, perjudican el aislamiento térmico.

Las juntas son dispositivos que dependen de los movimientos de la estructura, y sus funciones se pueden cumplir solo cuando las longitudes de apoyo de las vigas ó losas sean suficientes para suplir los movimientos que se sucedan por eventos sísmicos.

**a) Juntas de Contracción en concreto.**

Las juntas de contracción son aquellas confecciones en el concreto con el objeto de controlar el agrietamiento producido por fenómenos de contracción. Debido a éste efecto, una vez efectuadas las juntas, las unidades siempre tendrán una longitud inferior a la longitud del concreto cuando fue vaciado. Este tipo de juntas, se utilizan en pavimentos, canales, muros, etc. Y normalmente dividen la estructura de concreto en varias unidades, pudiendo mantenerse la continuidad con barras de anclaje u otro sistema.

**b) Juntas de Expansión o Dilatación en concreto.**

Estas son diseñadas para prevenir el deterioro o la distorsión de las unidades de concreto que pueden ocurrir debido a la transmisión de fuerzas de compresión que pueden ser desarrolladas por expansión. Las juntas de expansión en concreto se utilizan para aislar muros de pisos o cielos, en la calzada del puente (superficie de rodamiento), y en el piso mismo, para permitir el movimiento longitudinal de los miembros estructurales debidos a cambios de temperatura y otras aplicaciones donde la transmisión de fuerzas secundarias sea indeseable. Ellas previenen el agrietamiento sobre la calzada y en la losa.

Donde hay cambio de dirección en las estructuras frecuentemente se diseña una junta de expansión la cual funciona a la vez como junta de contracción.

De acuerdo con su conformación y tomando en cuenta el procedimiento constructivo, las Juntas de expansión se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **Juntas Abiertas**, cuando no tiene conexión en la ranura y permiten el paso directo del agua.
- **Rellenas Moldeadas** cuando se vacían en sitio.
- **Rellenas Pre-moldeadas** cuando se ensamblan con elementos externos.
- **Mixtas** si reúnen 2 o más elementos ya descritos.

- **Juntas Abiertas.**

Por ser la primera junta conocida, se encuentran en puentes viejos de corta luz, con un ancho que varía entre  $\frac{1}{2}$  y 2 pulgadas. Da paso al agua y a elementos que traban el funcionamiento de la junta, lo que ocasiona la necesidad de reparaciones costosas en los elementos circundantes.

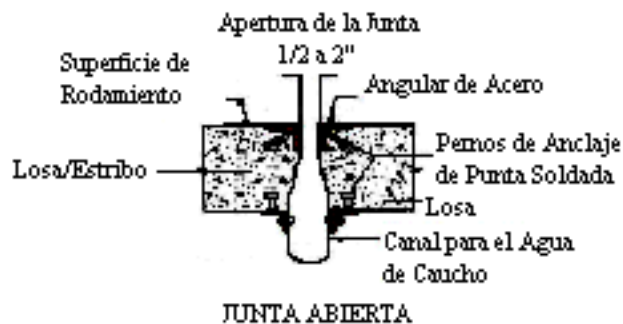


Fig. 3.19. Componentes de una Junta Abierta.

- **Juntas Rellenas Moldeadas: (Vaciadas en Sitio).**

- *Rellenas con Sello Plástico:* Soportan movimientos hasta de 1½ pulgadas. Son fáciles de construir al colocar en el fondo de la ranura un tope o manguera de soporte, luego poliestireno expandido y después un sello plástico o masilla negra de consistencia semi-dura, (Fig. 3.20) combinación de asfaltos refinados, resinas plastificantes y fibra de asbesto. No son costosas. El problema se presenta por la fricción del tope y elementos químicos y mecánicos ajenos a la junta que despegan el tope, lo que permite la entrada del agua, ocasionando un deterioro acelerado de la misma. También el sello sufre desgaste por cargas cíclicas de tráfico y cambios de temperatura que la endurecen.



Fig. 3.20. Componentes de una Junta Rellena con Sello Plástico.

- *De Mortero Epóxico:* Están conformadas por 2 guardacantos hechos con un mortero epóxico a ambos lados de la ranura, rellenas con una manguera y un elastómero vaciado en sitio, adherido solo a las paredes laterales de los guardacantos (Fig. 3.21). Los movimientos permitidos están en el orden de 2.5 veces el ancho de la ranura o 2 pulgadas. Son impermeables, con gran resistencia a los impactos de la carga viva sobre la superficie. El elastómero se desgasta con la aplicación de cargas

cíclicas, se endurece y se despegan. Los guarda-cantos se separan en capas después de los 10 años, por falta de adherencia entre ellas.



Fig. 3.21. Componentes de una Junta Rellena con Mortero Epóxico.

- *De Polímero Asfáltico:* Son llamadas genéricamente juntas elásticas, se han utilizado mucho como juntas de reposición hasta en grandes puentes y en obras nuevas resultan excelentes para movimientos de hasta 6cms, pero no aceptan movimientos verticales. Son de rápida instalación y puesta en servicio de la vía, completamente impermeable, dan confort, seguridad y comodidad para el usuario del puente. La junta no debe tener un espesor menor a 8cms. La junta combina el uso de pletinas de refuerzo ó distribuidor que soporta la carga viva, y sobre ella un Polímero Asfáltico Modificado con un agregado dosificado, mezclado y vaciado en sitio (Fig.3.22).

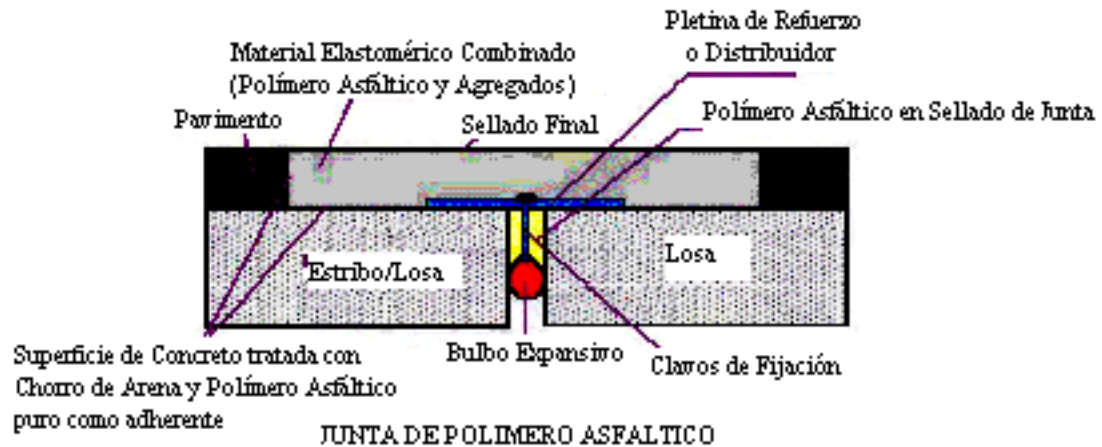


Fig. 3.22. Componentes de una Junta Rellena con Polímero Asfáltico.

- **Juntas Rellenas Premoldeadas (Preensambladas):**

- *De Sello de Compresión:* Son juntas populares donde el sello es de neopreno, y soporta movimientos que van de 1 hasta 4 pulgadas (Fig.3.23). Entre sus ventajas se cuentan la variedad de opciones, su impermeabilidad relativa, la facilidad de instalación y su costo. El éxito depende de la calidad de la instalación, de la correcta escogencia del tamaño del sello ya que es sensible al ozono.

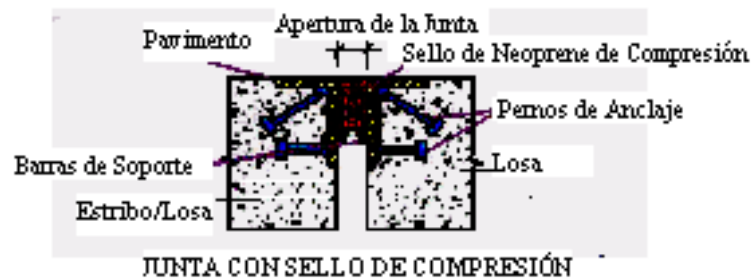


Fig. 3.23. Componentes de una Junta Rellena con Sello de Compresión.

- *De Placa Dentada:* Se ha utilizado en puentes de tramos medianos y largos (Fig.3.24). Se adaptan a movimientos totales desde 4 hasta 24 pulgadas, ésta es su mayor ventaja y sus desventajas se refieren a la posible acumulación de desechos y tierra, que obstruyen el canal de movimiento de abertura y cierre de la junta.



Fig. 3.24. Componentes de una Junta de Placa Dentada.

- *De Placa de Diente de Sierra:* Se aplica en puentes de tramo mediano, con movimientos totales de 3 pulgadas (Fig.3.25). Su ventaja es la facilidad para cambiarla en mantenimiento, soldando fácilmente las placas de acero de cada diente. Su desventaja es que no posee un sistema de canal para recoger el agua y los desechos.

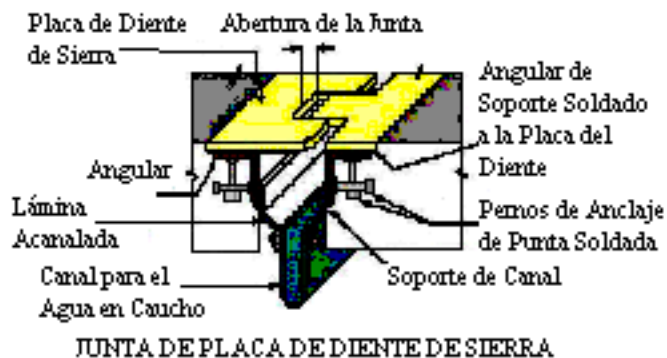


Fig. 3.25. Componentes de una Junta de Placa de Diente de Sierra.



- *Con Placas Deslizantes:* Se utilizan frecuentemente en puentes medianos, ajustándose a movimientos totales de 4 pulgadas (Fig.3.26). Su gran ventaja es que restringe al mínimo el paso del agua, pero con el tiempo la placa deslizante tiende a zafarse ocasionando deterioros de todos los elementos circundantes de la junta.



Fig. 3.26. Componentes de una Junta con Placa Deslizante.

**c) Juntas de Construcción en concreto.**

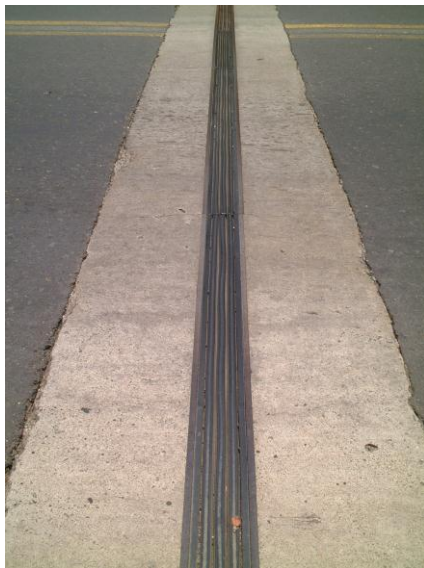
Estas juntas corresponden a la interrupción de la etapa del vaciado de concreto. Pueden ser coincidentes con las juntas de contracción o expansión, o puede requerirse su continuidad para obtener la integridad de la estructura debiendo adherirse apropiadamente la segunda capa de concreto. Una junta de construcción que queda intencionalmente no adherida, puede funcionar a su vez como junta de contracción.

Las juntas de construcción son colocadas con un propósito similar a las de expansión: Permitir movimientos a la estructura en caso de fenómenos sísmicos o vibraciones excesivas causadas por tráfico pesado sobre la estructura.

**d) Otros Tipos de juntas.**

En determinadas estructuras se producen movimientos en distintas direcciones de la junta, como es el caso de los pavimentos donde, debido al tránsito de los vehículos y variaciones climáticas, las juntas transversales y longitudinales tienen movimientos articulados y de cizalle. En algunas estructuras se requiere de juntas que permitan el deslizamiento en un plano, como el caso de los apoyos de grandes vigas.

Las juntas en un tablero y la estructura son una de las causas principales de mantenimiento de puentes, como resultado de la corrosión de las juntas y la degradación del concreto adyacente.



Junta Cerrada.



Junta Cerrada, Tipo Rellenas Moldeadas.



Junta Cerrada, Tipo Placa Deslizante.



Junta Abierta.

Fig. 3.27. Fotografías: Ejemplos de juntas en puentes.

### **3.3. ELEMENTOS DE INFRAESTRUCTURA.**

#### **3.3.1. Infraestructura.**

La infraestructura: son elementos de apoyo de un puente cuya función principal es transmitir las cargas de la superestructura al suelo. Entre los apoyos podemos distinguir los estribos que son los apoyos extremos, y las pilas que son los apoyos intermedios.

### **3.3.1.1. Estribos.**

Un estribo puede definirse como una combinación de muro de retención y cimentación que soporta un extremo de la superestructura de un puente y que a la vez transmite las cargas al suelo de cimentación, sostiene el relleno de tierra situado junto al muro y también ofrece protección contra la erosión.

Los estribos son construidos a base de concreto reforzado, mampostería reforzada y mampostería de piedra (tipo muro de gravedad).

Las diferencias que se pueden mencionar entre los estribos y los muros convencionales son:

- a) Los estribos soportan las reacciones extremas del claro del puente.
- b) Los estribos están restringidos en la parte superior por el tablero del puente.

Generalmente un estribo consta de seis partes: caisson/pilote, el asiento del puente o viga cabezal, columna del estribo, muros de ala, base de estribo y pantalla de estribo.

#### **3.3.1.1.1. Pilotes.**

Los pilotes o cimentaciones profundas se emplean cuando los estratos de suelo o de roca situados inmediatamente debajo de la estructura no son capaces de soportar la carga, con la adecuada seguridad o con un asentamiento tolerable.

Hay dos formas de cimentaciones profundas generalmente aceptadas: pilotes y pilares. Los pilotes son fustes relativamente largos y esbeltos que se introducen en el terreno. Aunque algunas veces se hinca en el terreno pilotes hasta de 1.50m de diámetro, por lo general sus diámetros son inferiores a 60 cms. Los

pilares son de mayor diámetro y se construyen excavando y, por lo general, permiten una inspección ocular del suelo o roca donde se apoyarán. Los pilares son en realidad cimentaciones por superficie o sobre placa a gran profundidad. No se puede hacer una distinción precisa entre pilotes y pilares, porque hay cimentaciones que combinan las características de ambas.

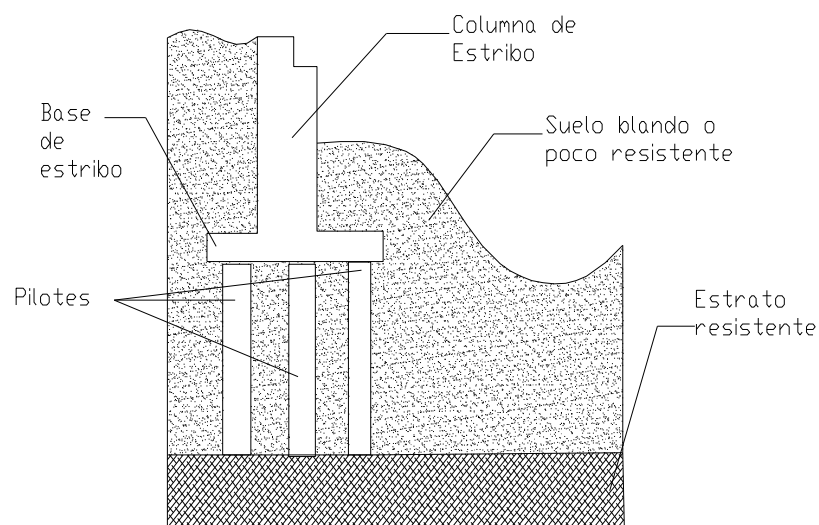


Fig. 3.28. Ejemplo de uso de pilotes en puentes.

### 3.3.1.1.2. Base de Estribo.

Es la parte inferior del estribo, conocido comúnmente como base o cimiento, éste puede ser de ladrillo, mampostería o de concreto.

La base del estribo está diseñada y construida con la finalidad de recibir, transmitir y distribuir el peso y la carga de la estructura a través de los estribos, pilas, aletones o muros de gravedad al suelo o a los pilotes.

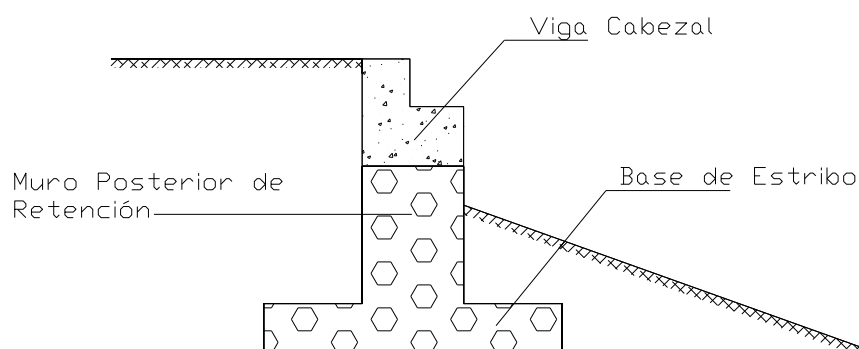


Fig. 3.29. Esquema de la base de un estribo en puentes.

#### 3.3.1.1.3. Columna de Estribo.

Conocido también como cuerpo. Es el muro o columna de un estribo o pila que soporta la superestructura y transmite las cargas a las fundaciones. El cuerpo es también el que sostiene el asiento del puente y soporta el ancho del terraplén que se encuentra directamente en el extremo de la superestructura. Generalmente la columna de un estribo se le utiliza en apoyos abiertos.

#### 3.3.1.1.4. Pantalla de Estribo.

Hacen la misma función que la columna de estribo, con la diferencia que la pantalla de estribo es la cara que está expuesta al cauce y es longitudinalmente más grande comparada con una columna de estribo; y ésta soporta una cantidad mayor de terraplén. (Ver Fotografía 3.30)



Fig. 3.30. Ilustración de una pantalla de estribo.

#### **3.3.1.1.5. Muros de Ala.**

También son conocidos como aletones. Los muros de ala son construidos a ambos lados de los estribos, éstos son diseñados con la finalidad de contener y proteger el relleno del terraplén, contrarrestar la erosión y para encausar el agua. Los muros de ala son construidos generalmente a base de concreto reforzado o de mampostería de piedra.

La columna de estribo y los muros de ala pueden o no ser monolíticos, tener fundaciones separadas o estar los muros de ala unidos en voladizo a la columna de estribo.

Los muros de ala tienden a flexionarse diferentemente a la columna del estribo, tanto en magnitud como en dirección. Por ello, cuando la columna del estribo es construido monolíticamente con los muros de ala, los esfuerzos en las juntas indicarán refuerzos especiales. Estos esfuerzos son producto de una combinación de momentos verticales y horizontales, cortantes más torsión. Si

los muros de ala están separados de la columna del estribo, juntas especiales son necesarias para prevenir grietas y desalineamiento.

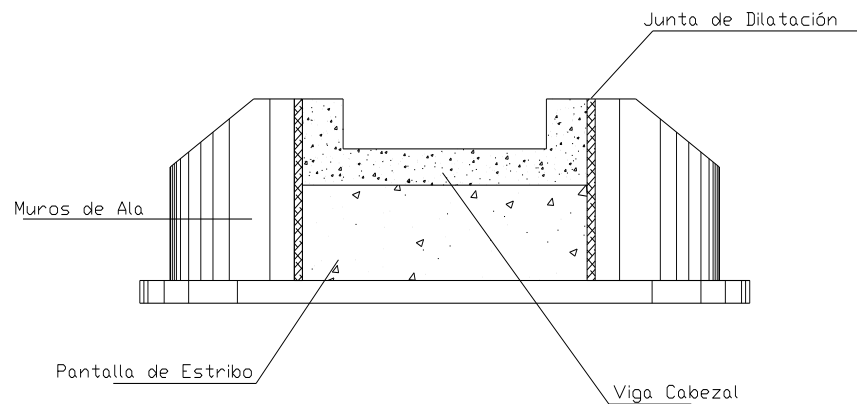


Fig. 3.31. Ejemplo de Muros de Ala.

### 3.3.1.1.6. Vigas de Cabezal.

La viga de cabezal es la parte superior de un estribo y pilas, sobre la que se apoya la superestructura; y es la que transmite las cargas a las columnas o pantallas de pilas y estribos.





Fig. 3.32. Ilustración de una Viga de Cabezal.

En base a las características específicas de los estribos se puede establecer la siguiente clasificación:

#### **3.3.1.1.1. Estribos de Silla.**

Son construidos después que el terraplén del camino está por llegar a su nivel final. Este tipo de estribo ayuda a evitar la mayoría de los problemas causados por la vibración de los vehículos en el pavimento de acceso al puente y elimina la dificultad de obtener una adecuada compactación en los rellenos adyacentes de los relativamente altos muros de los estribos cerrados.

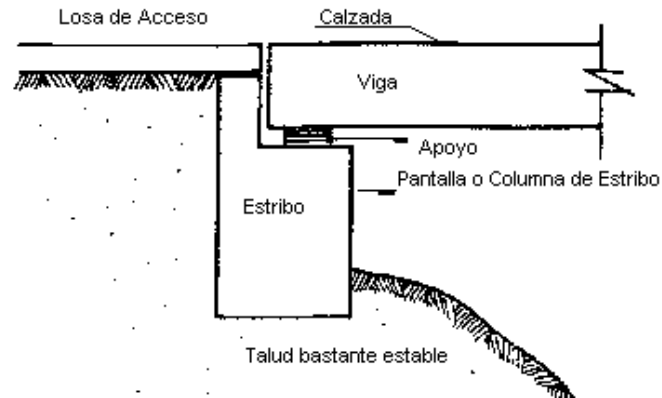


Fig. 3.33. Estribo tipo silla.

#### **3.3.1.1.1.2. Estribos completamente cerrados.**

Son construidos cerca del camino o de la corriente a cruzar. Retienen la elevación total de los terraplenes de acceso al puente. Este tipo de estribo es el más caro, pero reduce el costo total del puente al disminuir el largo de los claros, y son indicados donde el derecho de vía es crítico. Los estribos completamente cerrados pueden ser colados monolíticamente con la superestructura o estar unidos a ella a través de apoyos móviles o fijos, caso en el cual los muros de ala estarán unidos al estribo por medio de juntas de expansión con llaves (Figs. 3.34 y 3.35). Para estribos no oblicuos, esto posibilita que la pared del estribo rote sobre su base y permita la contracción y expansión de la superestructura, asumiendo que la rotación es posible. También permiten asentamientos diferenciales entre la fundación del estribo y de los muros de ala.

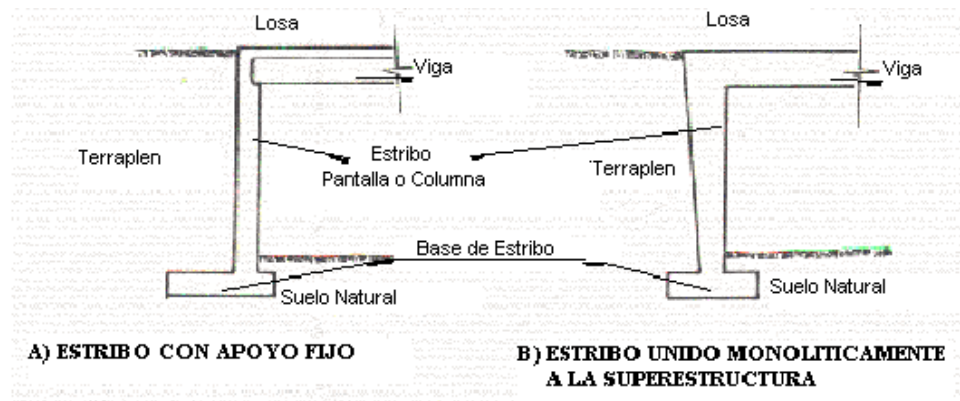


Fig. 3.34. Estribos completamente cerrados.

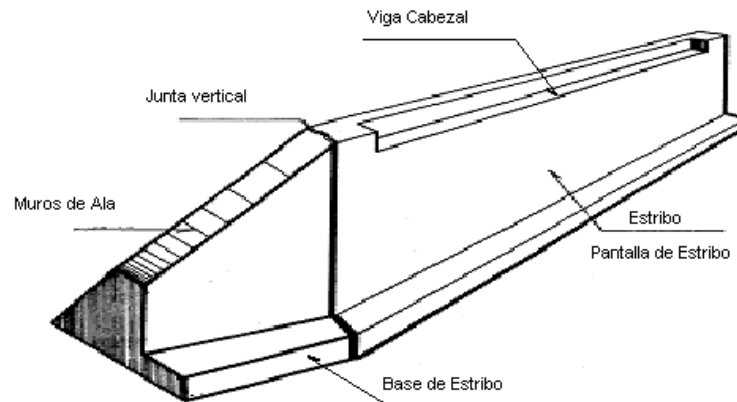


Fig. 3.35. Junta vertical entre estribo y muros de ala.

Una característica objetable de éste tipo de estribos es la dificultad asociada con la colocación y compactación del terraplén de acceso. Para no provocar un desalineamiento vertical en el proceso de colocación y compactación del material del terraplén de acceso, el estribo se comienza a construir hasta que el terraplén está casi a su nivel.

Otras desventajas de éste tipo de estribo es que por su baja amplitud horizontal reducen la visibilidad, aumentando el peligro de colisión y comúnmente se observan asentamientos diferenciales.

### 3.3.1.1.3. *Estribos celulares cerrados.*

Estos estribos son también llamados estribos tipo bóveda.

Generalmente éstos estribos son una combinación de pilas (muro frontal) y estribos tipo sillas, unidos entre si a través de vigas. Los muros laterales actúan como cortinas que ocultan lo que en realidad es un claro corto terminal.

Los estribos celulares son frecuentemente usados donde el claro principal de la superestructura requiere un estribo tipo silla muy alto, o donde se necesite acortar el claro principal.

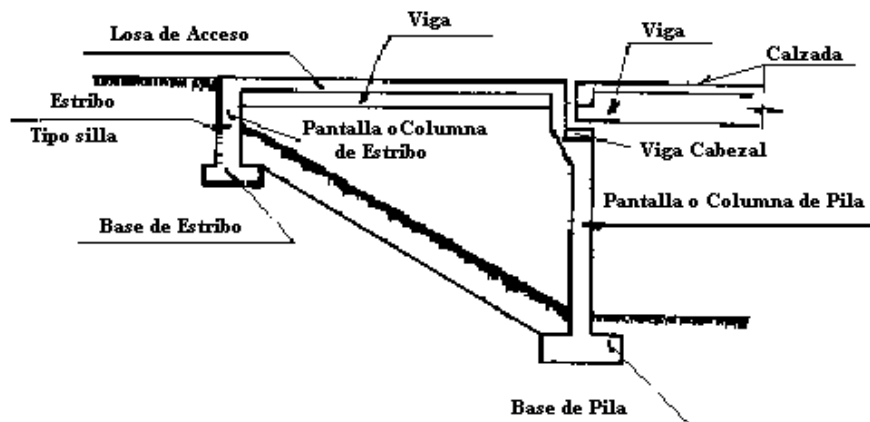


Fig. 3.36. Estribo celular cerrado.

### 3.3.1.1.4. *Estribos tipo muro de gravedad.*

Son construidos generalmente a base de mampostería de piedra aunque se les proporciona en la parte superior una pieza de concreto reforzado, con el objeto de soportar a la superestructura del puente y diluir las cargas concentradas en cargas uniformemente distribuidas, logrando así eliminar esfuerzos concentrados que puedan ser perjudiciales para la mampostería de piedra (Ver Fig.3.37).

Los estribos tipo muro de gravedad presentan la siguiente ventaja:

1. El costo de los materiales es relativamente bajo, especialmente cuando hay canteras cerca del emplazamiento del puente.

Y las desventajas:

1. La piedra colocada en bruto y unida con mortero no es un material homogéneo, aunque así se considere para efectos de análisis.
2. Su proceso constructivo es lento y fácilmente se incurre en fallas constructivas (piedra sucia, vacíos, dispersos en todo el volumen, mortero mal proporcionado o mal mezclado, etc.).
3. Comparativamente, los volúmenes de materiales utilizados para retener una cuña de terreno específica, son mucho mayores que los utilizados en otro tipo de estribo.

Esto se debe a que el tipo de muro en mención trabaja básicamente por pesos, lo que es perjudicial en caso de tener suelos de cimentación con baja capacidad de carga.

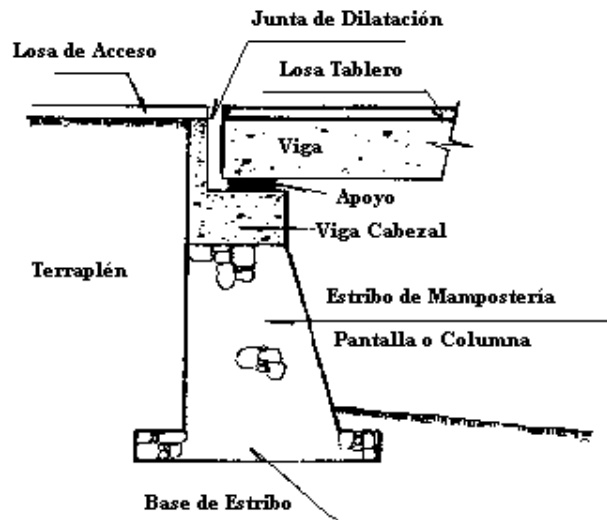


Fig. 3.37. Estribos tipo muro de gravedad.

### **3.3.1.2. Pilas (Soportes Intermedios).**

#### *Generalidades.*

Los soportes intermedios (pilas) tienen como función primordial la transmisión de las cargas horizontales y verticales provenientes de la superestructura hacia las cimentaciones.

La gran variedad de tipos de soportes intermedios, para puentes, obedecen a su forma y el material utilizado para su construcción. También el tipo de superestructura influye en la clase de pila que debe ser ocupada en un puente.

Los elementos que conforman la o las pilas de un puente son los siguientes: Pilotes, Base de Pila, Columna de Pila, Pantalla de Pila y Viga de cabezal.

Los conceptos y comportamientos de cada uno de estos elementos, son similares a los elementos de los estribos descritos anteriormente.

A continuación se presentan los tipos más comunes de soportes intermedios usados en el diseño de infraestructuras.

Los tipos de soportes intermedios más usuales son los siguientes:

#### **3.3.1.2.1. Tipo marco.**

Este consiste en dos o más columnas, generalmente ubicadas en un mismo plano transversal al eje longitudinal del puente, o en un mismo plano que forma un ángulo menor de 30° con el eje longitudinal del mismo, éstas se encuentran unidas en sus extremos superiores por una viga, convirtiéndose todo el conjunto en un marco estructural. La altura de estas pilas depende: de las cargas a soportar, de la topografía del terreno y de la altura de la pila sobre el nivel del terreno. Un ejemplo de este soporte intermedio se ilustra en la Figura 3.38.

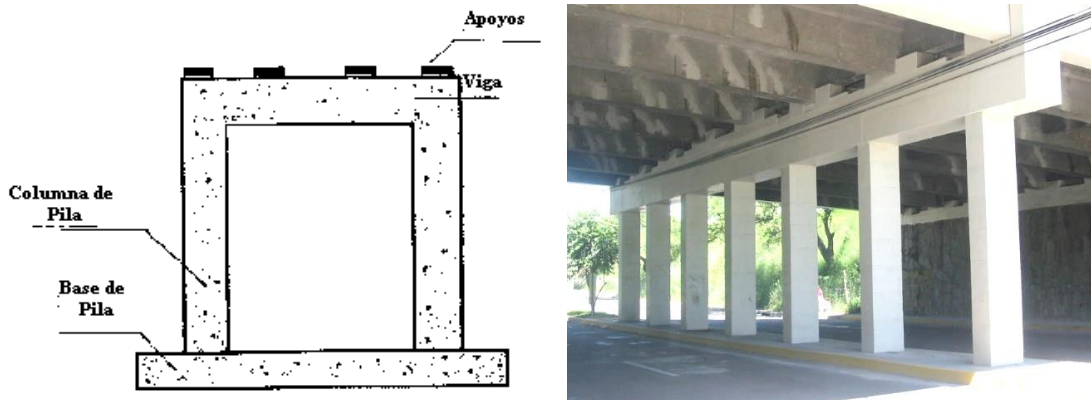


Fig. 3.38. Esquema y Fotografía de Pila tipo marco, ubicada en el Blvd. Tutunichapa (sobre Prol. Universitaria)

### 3.3.1.2.2. *Tipo pared.*

La forma de este tipo de pila es sencilla, consiste únicamente de una pared cuyo largo esta orientado transversalmente al eje longitudinal de la superestructura y su espesor es relativamente pequeño en comparación a su largo.



Fig. 3.39. Fotografía de Pila tipo pared, Blvd. Los Héroes (Int. Alameda Juan Pablo II).

Tales paredes pueden diseñarse como un péndulo, con juntas en los dos extremos, o también diseñarlas como paredes en voladizo. Las partes principales de esta pila son: el cuerpo y la cimentación (Fig. 3.39). Estas paredes son construidas usualmente de concreto reforzado y son utilizadas generalmente en casos de paso a desnivel sobre más de dos carriles.

#### **3.3.1.2.3. Tipo Cabeza de Martillo.**

Este tipo de soporte es apropiado para apoyar una superestructura consistente en un par de vigas, ubicando cada una de las vigas en cada extremo del patín de la pila. La construcción de tales soportes pueden ser a base de concreto reforzado o una combinación de éste con acero estructural. Las partes que componen éste tipo de soporte intermedio son: viga cabezal, columna de pila y base de pila (Fig. 3.40).



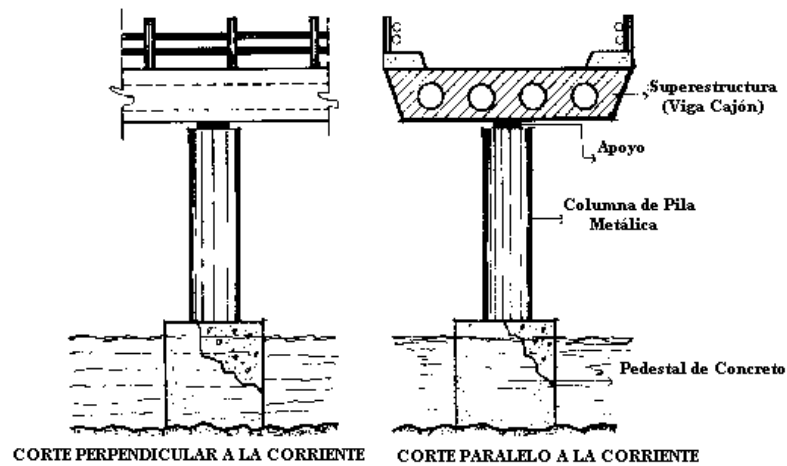
Fig. 3.40. Fotografía de Pila tipo cabeza de martillo, sobre Paso 3º nivel Blvd. Venezuela (Int. 49º Av. Sur)

#### **3.3.1.2.4. Tipo columna aislada.**

Esta es la forma más sencilla de soporte intermedio; éste es utilizado generalmente para apoyar una superestructura consistente de vigas cajón. La



sección transversal de la columna (pila) puede ser rectangular, circular u otra forma regular apropiada a las necesidades (Ver Figura 3.41). La construcción de dichas pilas puede ser de concreto reforzado o de acero estructural con pedestal de concreto reforzado.



a) Paso a desnivel 1º C. Pte.

b) Paso a desnivel Árbol de la Paz.

Fig. 3.41. Fotografía de Pila tipo columna aislada.

### **3.4. ACCESOS.**

Se encuentran ubicados inmediatamente antes y después del puente. Los elementos que componen los accesos son los siguientes:

- Terraplén.
- Losa de Acceso o Rampa, y
- Viga de Apoyo para la losa de acceso o rampa.

Los accesos están ubicados en el margen izquierdo y derecho del río (El margen se define viendo de aguas arriba hacia aguas abajo). Siendo los elementos que conforman el acceso de un puente dependiendo de su estructuración:

- **Terraplén.**

Es el área de relleno de la losa de acceso ó área de aproximación inmediatamente antes o después del puente.

- **Losa de Acceso.**

Se les llama a la losa de entrada y salida de los puentes y es la estructura que sirve de transición entre la vía y el puente.

- **Viga de apoyo para la losa de acceso.**

Esta viga está localizada en un extremo y bajo la losa o rampa, cuya función es la de transmitir las cargas hacia el terraplén.

### **3.5. HIDRÁULICA (CAUCE).**

Se denomina como cauce, al lecho de una corriente de un río o cauce aluvial que circula por debajo de la estructura de un puente. Generalmente los cauces tienen tendencia a cambiar su localización (divagar), lo cual siempre resulta en efectos adversos de socavación sobre las cimentaciones de los puentes. En los casos en los que el agua arrastra escombros en abundancia, frecuentemente se tiene como resultado el bloqueo del cauce, ocasionando daños a las superestructuras de los puentes, así como a sus cimentaciones, especialmente cuando se presentan corrientes extraordinarias o no comunes. Aun cuando otros tipos de daños estructurales son más aparentes y espectaculares, ésta fase del mantenimiento estructural concerniente al cauce es igualmente importante.

### 3.6. TABLA RESUMEN.

#### ELEMENTOS - MATERIALES QUE CONFORMAN LOS PUENTES.

ELEMENTOS	MATERIALES	CONCRETO REFORZADO	ACERO ESTRUCTURAL	MAMPOSTERIA	MADERA	CONCRETO ASFALTICO	BALASTE O TIERRA	NEOPRENO	PVC	LAMINA
<b>SUPERESTRUCTURA</b>										
<b>* Elemento Principal.</b>										
Losa		X								
Viga		X	X		X					
Estructura Metálica			X							
Bóveda		X		X						
Cable			X							
Bailey			X							
Super Span										X
<b>* Elementos Secundarios.</b>										
Diafragmas		X	X		X					
Arriostamientos			X		X					
Barandas		X	X	X	X					X
Calzada		X	X		X	X	X			X
Aparato de Apoyos		X	X					X		
Aceras		X		X						
Drenajes		X	X						X	
Juntas		X	X			X		X		
<b>INFRAESTRUCTURA</b>										
<b>* Estribos y Pilas.</b>										
Pilotes		X	X							
Base de Estribo o Pila		X		X						
Columna de Estribo o Pila		X	X	X						
Pantalla de Estribo o Pila		X		X						
Muros de Ala (solo estribos)		X		X						
Viga Cabezal		X	X	X						
<b>ACCESOS</b>										
Losa de Acceso o Rampa		X								
Viga de Apoyo para losa de acceso		X		X						

## **CAPITULO IV**

# **MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO DE PUENTES**

## **CAPITULO IV**

### **MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO DE PUENTES.**

Antes de proceder con las metodologías de reparación de mantenimiento rutinario y preventivo, se describirán éstos conceptos y se detallará a través de una matriz los diferentes materiales que integran un puente y los daños que contempla cada uno de ellos a tratar en éste capítulo, así como las actividades que caen dentro de mantenimiento rutinario y preventivo. Cada una de estas actividades se describirán y se detallarán ampliamente en éste capítulo; en anexos se presenta un resumen de cada una de estas actividades en formatos de campo, los cuales serán de más utilidad a las personas que se encarguen de darle mantenimiento a los puentes.

#### **MANTENIMIENTO RUTINARIO.**

Son actividades que se realizan en períodos no mayores de dos años, con el propósito de preservar la estructura en condiciones óptimas.

#### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

Son actividades que se realizan al menos cada seis meses, cuando los materiales de los elementos estructurales comienzan a presentar algún tipo de deterioro.

**MATRIZ: DAÑOS EN MATERIALES VS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DONDE APLICAN.**

MATERIAL	DAÑO	ELEMENTOS ESTRUCTURALES DONDE SE PUEDEN PRESENTAR ESTOS DAÑOS																	CATEGORIA DE MANTENIMIENTO							
		SUPERESTRUCTURA													INFRA - ESTRUCTURA		ACCESO									
		Elemento Principal						Elemento Secundario																		
		Losa	Viga	Estructura Metálica	Bóveda	Cable	Bailey	Super Span	Diafragmas	Arriostamientos	Barandales	Calzada	Aparato de Apoyos	Aceras	Drenajes	Juntas	Pilotes *	Base de Estribo *		Columna de Estribo	Pantalla de Estribo	Muros de Ala	Viga Cabezal	Losa de Acceso	Viga de Apoyo (L. Acc)	Terraplén
Concreto Reforzado	Fisuras	X	X		X			X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		Preventivo	
	Degradación del Concreto										X		X		X								X			Preventivo
	Acero Expuesto	X	X	X				X		X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X			Preventivo
	Pérdida de Material	X	X	X				X		X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X			Preventivo
	Filtración o Humedad	X	X	X				X		X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X			Preventivo
Acero Estructural	Corrosión		X	X		X		X	X	X	X	X		X	X		X			X						Preventivo
	Degradación de la Pintura		X	X		X		X	X	X	X	X		X	X			X			X					Rutinario
	Pérdida de Pernos o Remaches		X	X		X		X	X	X	X	X		X							X					Rutinario
Cables de Acero	Corrosión				X																X					Preventivo
	Degradación de la Pintura				X																					Rutinario
Madera	Degradación		X					X	X	X	X															Preventivo
	Pérdida de Clavos y/o Pernos		X					X	X	X	X															Rutinario
	Astillamiento		X					X	X	X	X															Preventivo
Mampostería	Fisuras			X						X								X	X	X	X	X				Preventivo
	Desprendimiento			X						X								X	X	X	X	X				Preventivo
	Filtración o Humedad			X						X								X	X	X	X	X				Preventivo
	Degradación del Mortero			X						X								X	X	X	X	X				Preventivo
	Pérdida de Mortero			X						X								X	X	X	X	X				Preventivo
Concreto Asfáltico	Piel de Cocodrilo										X															Preventivo
	Ondulaciones										X															Preventivo
	Fisuras										X															Preventivo
	Depresiones o Baches											X														Preventivo
Balaste o Tierra	Erosión										X															Preventivo
	Depresiones o Baches										X															Preventivo
Lámina	Corrosión					X			X	X																Preventivo
	Degradación de la Pintura					X			X	X																Rutinario
	Pérdida de Pernos o Remaches					X			X	X																Rutinario
Suelo Natural	Erosión																							X		Preventivo
	Deslizamientos																							X		Preventivo
	Hundimientos																							X		Preventivo

\* Elementos Estructurales no contemplados

## MATRIZ: LISTADO DE ACTIVIDADES VS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DONDE APLICAN.

LISTADO DE ACTIVIDADES	ELEMENTOS ESTRUCTURALES DONDE SE PUEDEN APLICAR ESTAS ACTIVIDADES																							
	SUPERESTRUCTURA													INFRA - ESTRUCTURA		ACCESO								
	Elemento Principal						Elemento Secundario																	
	Losa	Viga	Estructura Metálica	Bóveda	Cable	Bailey	Super Span	Diafragmas	Arriostramientos	Barandales	Calzada	Aparato de Apoyos	Aceras	Drenajes	Juntas	Pilotes *	Base de Estribo *	Columna de Estribo	Pantalla de Estribo	Muros de Ala	Viga Cabezal	Losa de Acceso	Viga de Apoyo (L.Acc)	Terraplén
Sobrecapas y Tratamiento de la Superficie de Calzada de Concreto Reforzado.										X														
Inyección de Grietas y Fisuras en Concreto Reforzado.	X	X						X		X	X	X					X	X	X	X	X	X	X	
Rebajamiento y Sellamiento de Grietas en Concreto Reforzado.										X	X	X									X	X		
Reparación de Pérdida de Concreto Reforzado.	X	X						X		X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	
Reparación de Acero Expuesto en Concreto Reforzado.	X	X						X		X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	
Reparación de Degradación de Concreto Reforzado.										X	X	X												
Remoción de la Corrosión en Acero Estructural.		X	X			X		X	X	X	X	X	X	X			X				X			
Remoción de la Corrosión en Cables de Acero.					X																			
Inyección de Grietas y Fisuras en Madera.		X						X	X	X	X													
Inyección de Grietas y Fisuras en Mampostería.				X			X			X			X				X	X	X					X
Reparación de Degradación y Pérdida de Mortero.				X			X			X			X				X	X	X					X
Reposición de Piedras en Estructuras de Mampostería.				X			X			X			X				X	X	X					X
Reparación de Baches en Calzadas de Concreto Asfáltico.										X														
Reparación de Corrimiento en Calzadas de Concreto Asfáltico.										X														
Reparación de Corrugación en Calzadas de Concreto Asfáltico.										X														
Reparación de Fisuras en Calzadas de Concreto Asfáltico.										X														
Reparación de Hundimientos en Calzadas de Concreto Asfáltico.										X														
Reparación de Piel de Cocodrilo en Calzadas de Concreto Asfáltico.										X														
Reparación de Baches en Calzadas de Balaste o Tierra.										X														
Reparación de Sellos en Juntas Rellenas Moldeadas.															X									
Reparación y Mantenimiento de Taludes.																								X
Remoción de la Corrosión en Lámina Troquelada.							X			X														
Limpieza de Calzada.										X														
Limpieza del Sistema de Drenaje.													X											
Limpieza de Aparatos de Apoyo.												X												
Limpieza y Degradación de la Pintura en Acero Estructural.	X	X				X		X	X	X		X	X	X			X				X			
Limpieza y Degradación de la Pintura en Cables de Acero.					X																			
Limpieza y Protección de la Madera.		X						X	X	X	X													
Limpieza y Degradación de la Pintura en Lámina Troquelada.							X			X														
Pérdida de Pernos y Remaches.	X	X				X	X	X	X	X	X										X			
Conformación de Superficies de Calzadas de Balaste o Tierra.										X														
Alisado Superficial de Calzadas de Balaste o Tierra.										X														
Limpieza de Juntas.														X										

\* Elementos Estructurales no contemplados



## **ACTIVIDADES A REALIZAR EN LAS CATEGORIAS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PREVENTIVO.**

### **❖ MANTENIMIENTO RUTINARIO.**

- Limpieza de Puentes.
- Limpieza del Sistema de Drenaje.
- Limpieza del Cauce o Lecho del Río.
- Limpieza de Aparatos de Apoyo.
- Limpieza y Degradación de la Pintura en Acero Estructural.
- Pérdida de Pernos y Remaches.
- Limpieza y Lubricación de Cables de Acero.
- Limpieza y Protección de la Madera.
- Limpieza y Degradación de la Pintura en Lámina Troquelada.
- Conformación de Superficies No Pavimentadas.
- Alisado Superficial de Calzadas de Balaste o Tierra.
- Limpieza de Juntas.
- Chapeo en Taludes.

### **❖ MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

- Sobrecapas y Tratamiento de la Superficie de Calzada de Concreto Reforzado.
- Inyección de Grietas y Fisuras en Concreto Reforzado.
- Rebajamiento y Sellamiento de Grietas en Concreto Reforzado.
- Reparación de Pérdida de Concreto Reforzado.
- Reparación de Acero Expuesto en Concreto Reforzado.
- Reparación de Degradación de Concreto Reforzado.

- Remoción de la Corrosión en Acero Estructural.
- Remoción de la Corrosión en Cables de Acero.
- Remoción de la Corrosión en Lámina Troquelada.
- Inyección de Grietas y Fisuras en Madera.
- Inyección de Grietas y Fisuras en Mampostería.
- Reparación de Degradación y Pérdida de Mortero en Mampostería.
- Reposición de Piedras en Estructuras de Mampostería.
- Reparación de Baches en Calzadas de Concreto Asfáltico.
- Reparación de Corrimiento, Corrugación, Fisuras, Hundimientos y Piel de Cocodrilo en Calzadas de Concreto Asfáltico.
- Reparación de Baches en Calzadas de Balaste o Tierra.
- Reparación de bordes de Concreto Degradado en Juntas Abiertas y Cerradas.
- Remoción de la corrosión en placas de acero de Juntas Abiertas y Cerradas.
- Reparación de Sellos en Juntas Rellenas Moldeadas.
- Reparación y Mantenimiento de Taludes.
- Nivelación de la Losa de Acceso o Rampa.

## 4.0. PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DAÑOS.

### 4.1. CONCRETO REFORZADO.

#### 4.1.1. DAÑO: FISURAS EN EL CONCRETO REFORZADO.



Fisuras en apovo de barandales



Grieta por cortante bajo la losa



Fisuras bajo la losa

Fig. 4.1. Fotografías de fisuras y grietas en diferentes elementos de un puente.

#### 4.1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:

Las fisuras aparecen en el concreto como consecuencia de tensiones superiores a la capacidad resistente, debidas a contracciones del concreto o por cargas.

La aparición de una fisura visible no significa necesariamente que algo ande mal, sin embargo, es importante conocer la causa que la produce para que se pueda reparar.

Las fisuras atendiendo a su espesor, se pueden clasificar de la siguiente manera:

**TABLA 4.1. CLASIFICACIÓN DE GRIETAS POR SU ANCHO<sup>24</sup>.**

NIVELES DE SEVERIDAD	ANCHO DE LA GRIETA (mm)
Fisuras	ancho < 0.4
Grietas	$0.4 \leq \text{ancho} < 1.0$
Fractura	$1.0 \leq \text{ancho} < 5.0$
Dislocamiento	ancho > 5.0

Los niveles de severidad considerados en éste estudio, son Fisuras y Grietas. Las siguientes descripciones de los tipos y causas están enmarcadas con éstos dos niveles de severidad, así como sus métodos de reparación y procedimiento.

<sup>24</sup> Fuente: Evaluación Preliminar de Daños, Autor: Ing. Ricardo Castellanos Araujo. Módulo I. San Salvador, El Salvador, 20 de Enero de 2001.

## ❖ TIPOS Y CAUSAS.

### Tipos de Fisuras.

El concreto puede agrietarse en cualquiera o en cada una de las siguientes tres fases de su vida:

- En su fase-plástica mientras aún no se ha asentado (recién ha sido colocado).
- En su fase de endurecimiento cuando aún está fresco (primeras tres a cuatro semanas).
- En su fase endurecida y en servicio (después de los primeros 28 días).

En su condición-plástica (es decir cuando aún no se ha asentado), el concreto puede agrietarse debido a:

- (i) Contracción Plástica.
- (ii) Asentamiento Plástico.
- (iii) Asentamientos Diferenciales de los Apoyos.

En su fase de endurecimiento (es decir durante las primeras tres a cuatro semanas después de colocarse), el concreto puede agrietarse debido a:

- (iv) Contracción y Dilatación Térmica.
- (v) Restricción a Contracciones por Evaporación Temprana.
- (vi) Asentamientos Diferenciales de los Apoyos.

En su fase endurecida y en servicio, el concreto pueda agrietarse debido a:

- (vii) Carga Excesiva.
- (viii) Deficiencia en el Diseño.
- (ix) Construcción Inadecuada.

- (x) Detallado Inadecuado.
- (xi) Asentamiento Diferencial de Fundaciones.
- (xii) Ataque de Sulfatos en Cemento del Concreto.
- (xiii) Oxidación del refuerzo debido a:
  - (a) El Ataque del Cloruros.
  - (b) Efecto de Carbonatación en Concreto.
  - (c) Simple oxidación del refuerzo debido a exposición a la humedad.
- (xiv) Reacción Álcali – Agregado.
- (xv) Fabricación, transporte y manejo de miembros de concreto pretensado, reforzado o postensado.
- (xvi) Fisuras por Intemperismo.
- (xvii) Fisuras por Contracción Hidráulica después del Fraguado.

Las fisuras debido a los efectos (i), (ii) (iv), (v) y (xii)-(xvii), son algunas veces referidas como fisuras “No Estructurales” y las restantes como fisuras “Estructurales” aunque las anteriores también pueden llevar a una deficiencia estructural.

### BREVES DETALLES DE VARIOS TIPOS DE FISURAS.

Formas de diferentes tipos de fisuras, junto con sus detalles pertinentes en forma de resumen se indican en las figuras 4.2 a 4.9 y la tabla 4.2 respectivamente.

**TABLA 4.2. TIPOS DE FISURAS.**

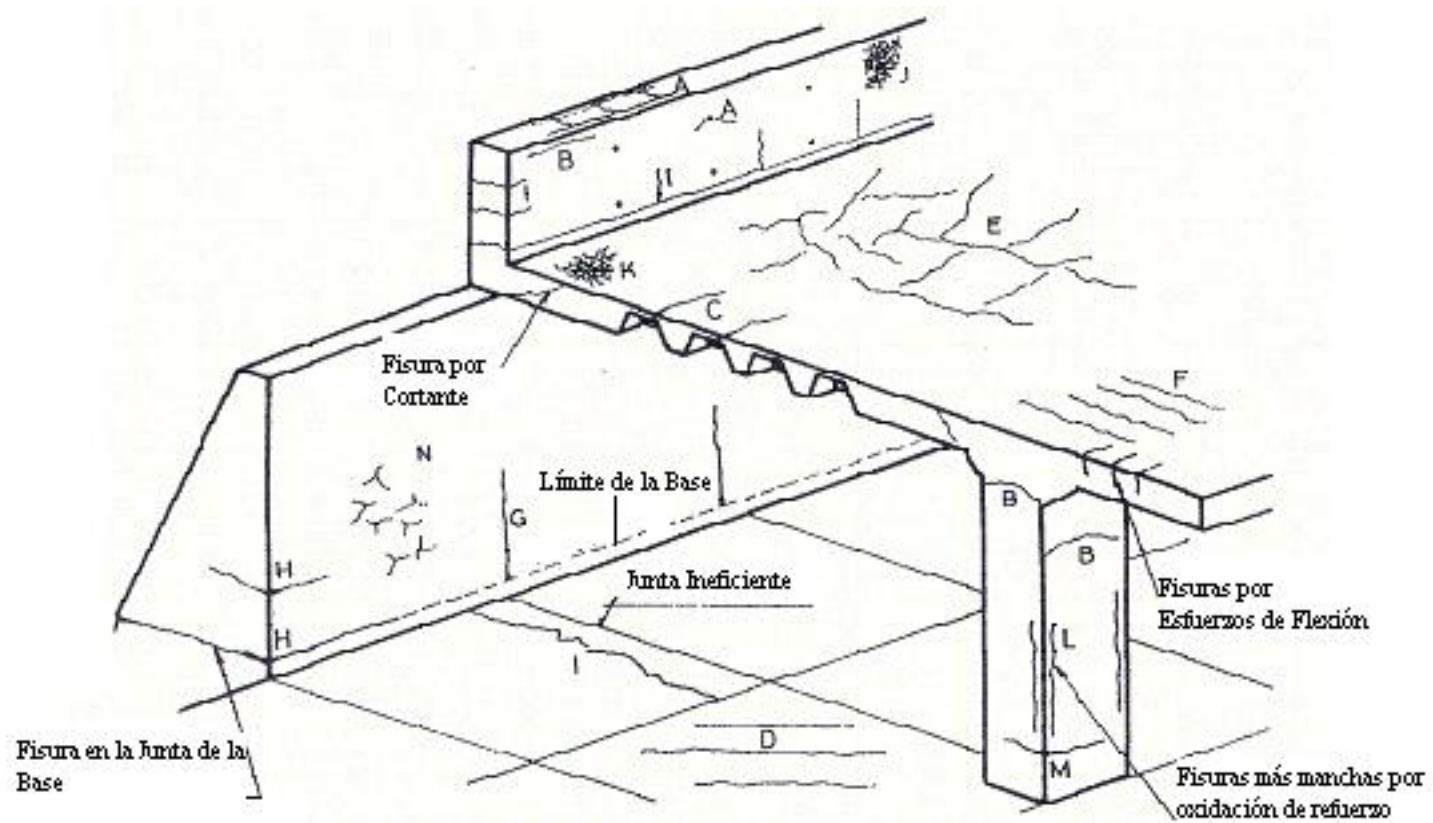
Tipos de Fisuras (No causadas por cargas estructurales)	Literal (Ver Fig. 4.2)	Subdivisión.	Localización Típica	Causa Principal	Causas Secundarias o Factores	Tiempo de Aparición
Fisuras por Asentamiento Plástico.	A	Sobre el refuerzo.	Secciones de gran peralte.	Exceso de sangrado.	Condiciones de secado temprano y rápido.	Diez Minutos a tres Horas.
	B	En los cruces.	Extremo superior de columnas.			
	C	Cambio de peralte.	Losa reticular celular.			
Fisuras por Contracción Plástica.	D	Diagonales (pueden ser normales a la dirección del viento).	Carreteras y Losas de piso.	Secado temprano y rápido.	Bajo Porcentaje de sangrado y rápida evaporación del agua de la superficie.	30 Minutos a 6 Horas.
	E	Aleatorias.	Losas de concreto reforzado.			
	F	Sobre el refuerzo (incluso en forma de malla).	Losas de concreto reforzado.			
Fisuras por Contracción Térmica Temprana.	G	Refrenamiento externo.	Paredes de gran espesor.	Exceso de generación de calor.	Enfriado rápido, curado con agua demasiado fría.	Un día a dos o tres semanas.
	H	Refrenamiento interno.	Losas de gran espesor.	Exceso de gradientes de temperatura.		
Fisuras por Contracción por Secado.	I		Losas delgadas (y paredes).	Ausencia de juntas de expansión, o juntas ineficientes.	Contracción excesivo y curado ineficiente.	Algunas semanas o meses.
Cuarreado Superficial (Crazing Cracks).	J	Sobre la formaleta.	Concreto superficial agrietado.	Moldes impermeables.	Mezclas ricas, curado pobre.	Uno a siete días, algunas veces más

	K	Concreto flotante.	Losas.	Exceso de mezclado.		tardadas.
Fisuras por Corrosión del Refuerzo (la reacción expansiva puede llevar al desconchado del concreto).	L	Natural.	Columnas y vigas.	Falta de recubrimiento y presencia de humedad.	Concreto de pobre calidad.	Dos años o más.
	M	Presencia de calcio clorhídrico.	Concreto prefabricado.	Exceso de cloruro de calcio y humedad.		
Fisuras debido a reacciones agregado-álcali.	N		Presas.	Reacciones de los agregados con cemento altamente alcalino.		Más de 5 años.



Fig. 4.2. Ejemplos de Fisuras en una Estructura de Concreto Hipotética, se muestra esencialmente como cada Tipo de Fisura puede aparecer.

Ver detalles de A, B, C etc., en la Tabla 4.2



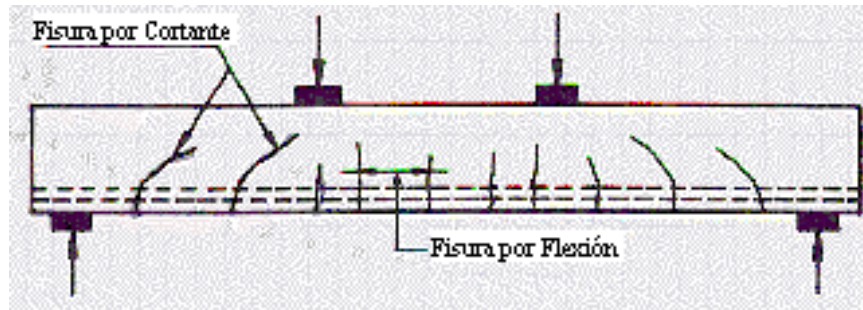


Fig. 4.3. Típicas fisuras por flexión y por cortante en una viga simple (Inducidas por cargas).

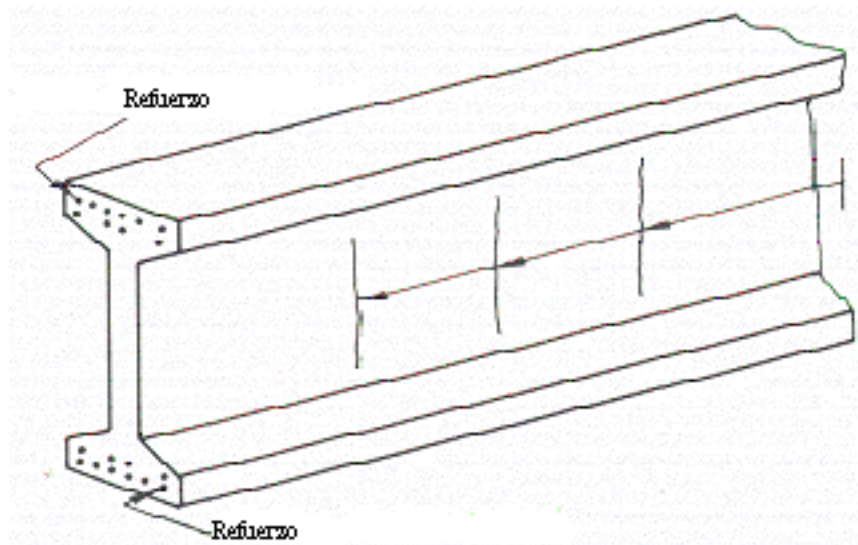


Fig. 4.4. Fisuras por Contracciones Plásticas.

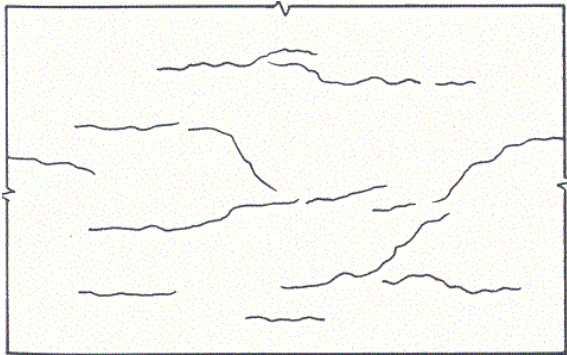


Fig 4.5. Fisuras Típicas por Contracción Plástica en una Superficie Plana.

Fig 4.6. Típica Fisura por Asentamiento Plástico.

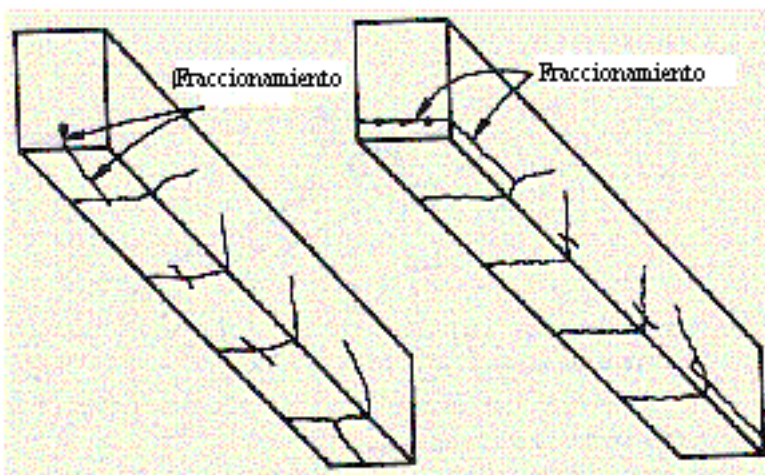
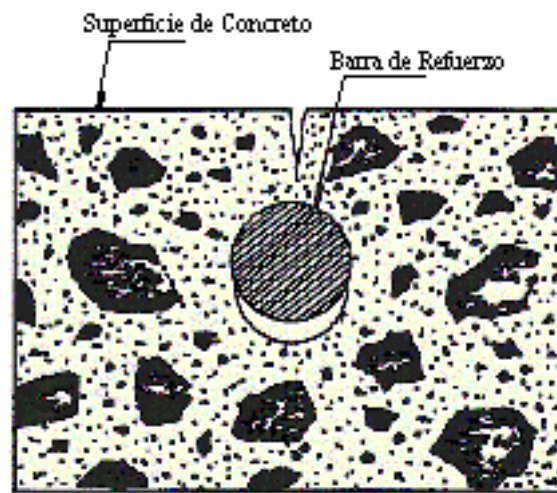
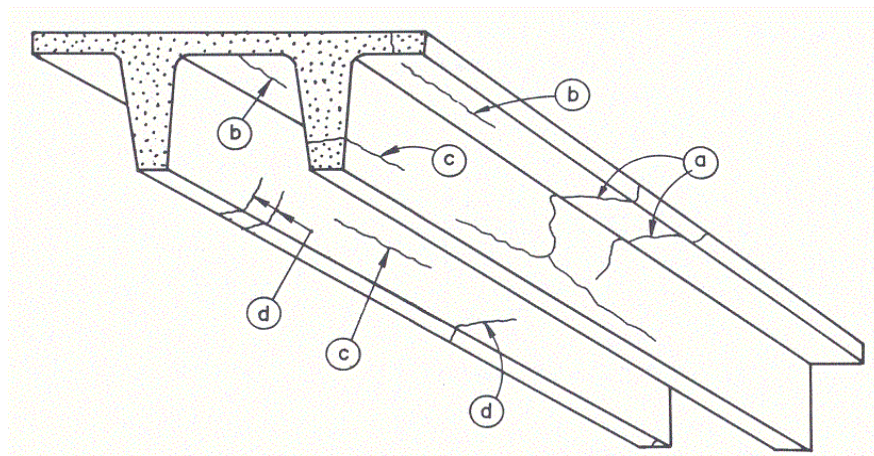


Fig. 4.7. Patrón de Fisuras Causadas por la corrosión del acero de refuerzo en una viga.



- a) Fisuras Transversales
- b) Fisuras Longitudinales
- c) Fisuras Horizontales
- d) Fisuras Verticales y Diagonales
- e) Fisuras de Esquina
- f) Fisuras de Borde

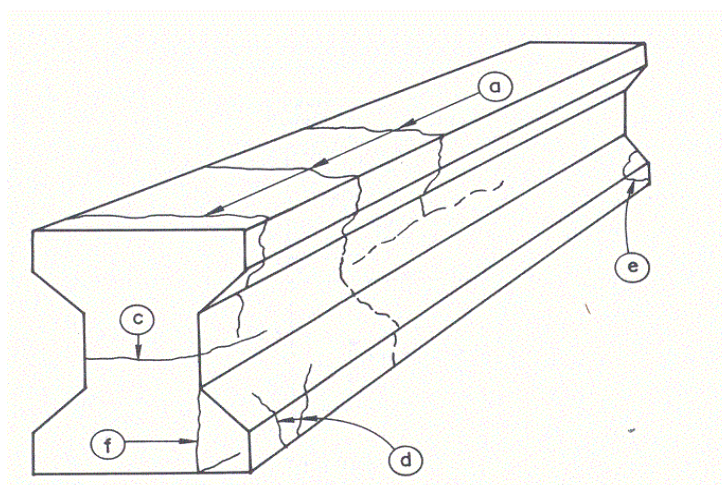


Fig. 4.8. Fisuras en la fabricación, transporte y manejo de miembros de concreto reforzado o preesforzado.

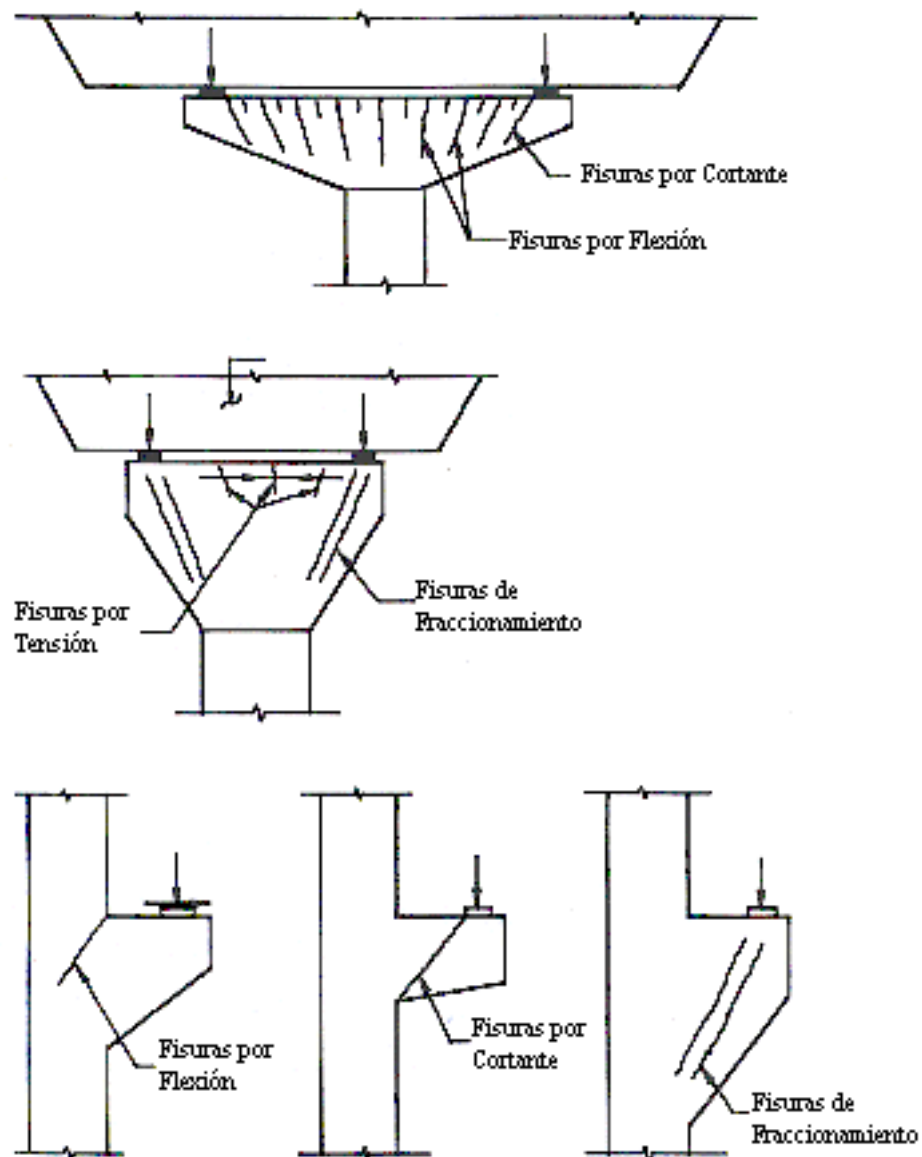


Fig. 4.9. Diferentes Tipos de Fisuras en elementos de infraestructura.

- **Fisuras por Contracción Hidráulica (Plástica) antes del Fraguado.**

Las fisuras por contracción plástica ocurren dentro de aproximadamente una hora (o más, si se usan retardantes), aunque a menudo éstas no suelen notarse

sino hasta mucho tiempo después. Ellas comienzan a partir de la superficie expuesta donde la evaporación de la superficie tiene lugar causando contracción de esa capa. El concreto en estado plástico, teniendo apenas alguna capacidad de resistirse a la tensión consecuente, se libera a si mismo fisurandose a través de la pasta, y alrededor de los agregados y refuerzos y viajando hacia la cara opuesta.

Puede decirse entonces, que la causa de las fisuras por contracción plástica es la evaporación rápida del agua de la superficie de concreto. Inmediatamente después que el concreto es colocado, los ingredientes sólidos comienzan a asentarse. Este proceso produce una película de agua en la superficie debido a que el agua se mueve hacia arriba al ser desplazada por los sólidos que se asientan. Este proceso continúa hasta que el concreto se acomoda. Bajo la mayoría de condiciones climáticas una parte del agua sobre la superficie se evapora. Mientras el ritmo de sangrado exceda el ritmo de evaporación, continuará la capa de agua, evidenciada por la apariencia de una película de agua en la superficie. Si la evaporación en la superficie excede el sangrado, la película de agua desaparece y la superficie superior de la losa es puesta en tensión. Como el concreto a edades tempranas posee capacidad de resistir esfuerzos de tensión, se forman fisuras para liberar esta tensión. Estas son las fisuras por contracción hidráulica antes del fraguado.

Estas fisuras no deben ser confundidas con las fisuras por la contracción debido a la evaporación del agua remanente en las capilaridades una vez el concreto ha endurecido. Las fisuras por Contracción Hidráulica antes del Fraguado son comunes en losas, a menos que se tenga el cuidado adecuado.

Las losas de concreto que son debidamente vibradas no debieran mostrar fisuras por contracción plástica, pues la acción del vibrado es una forma de recompactación que tiende a cerrarlas cuando ellas se forman. (Este vibrado sin embargo, podría incrementar la sedimentación de los sólidos en la mezcla y causar fisuras por asentamiento plástico).

Las fisuras por contracción plástica normalmente ocurren en la forma siguiente:

- Fisuras diagonales a aproximadamente 45 grados a los bordes de la losa, estando las fisuras entre 0.2 a 2 m. de separación. Estas también ocurren normal a la dirección del viento ya que la contracción se manifestaría en la dirección de viento.
- Un modelo de mapa de azar.
- Fisuras que siguen el modelo del refuerzo el cual podría ser un enmallado tipo reja (enmallado formado por barras de refuerzo ortogonal, colocadas en forma de malla).

Aunque las fisuras pueden ser muy anchas al inicio (hasta de 2 o 3 mm), la anchura disminuye rápidamente con la profundidad. No obstante, en todos menos en casos menores, estas fisuras normalmente atravesarán toda la profundidad de una losa delgada, en contraste, con la mayoría de fisuras por asentamiento plástico las cuales no se propagan tanto.

Un método muy utilizado para conocer si la fisura atraviesa toda la profundidad de la losa, consiste en mojar completamente la losa. Así mismo, la extracción de núcleos puede revelar la existencia de éste tipo de fisuras (Fig. 4.10).



Fig. 4.10. Extracción de núcleos en una losa delgada.

Las fisuras por contracción hidráulica antes del fraguado raramente alcanzan los extremos libres de las losas (los bordes de una losa de camino) porque éstos bordes son libres de moverse bajo contracción plástica. Esto es una manera muy importante de diferenciarlas de las fisuras por contracción hidráulica después del fraguado si el tiempo de formación es desconocido. Sin embargo, las fisuras por contracción hidráulica antes del fraguado se formarán al borde de una losa que ha sido colada luego de un colado previo, sobre todo si hay continuidad de acero, porque esto actúa como un refrenamiento.

Si las fisuras siguen el modelo del refuerzo superior, puede ser difícil al principio determinar si ellas son debido a contracción plástica o ha asentamiento plástico. Si puede demostrarse que las fisuras atraviesan la losa siguiendo el patrón del acero entonces éstas fisuras son casi ciertamente fisuras por contracción plástica las cuales han sido orientadas por el acero de refuerzo.

Entre los factores que determinan el ritmo de evaporación tenemos la temperatura del concreto, la temperatura del aire, humedad relativa y la



velocidad del aire adyacente al concreto. La evaporación se incrementa cuando la humedad decrece y al incrementarse la temperatura del concreto. La evaporación rápida es un problema de igual magnitud en clima frío como lo es en climas calurosos. Incluso cuando la humedad relativa es 100 por ciento en clima frío, existirá una gran cantidad de evaporación si el concreto está caliente. De todos los factores listados, sólo la temperatura del concreto está sujeta a control. Hay una ventaja definitiva al enfriar el concreto, por lo que debe ser colado lo más frío posible en climas calientes y debe aumentársele la temperatura en climas fríos.

Ya que las condiciones climáticas no pueden ser controladas al antojo, y el personal de construcción tiene sólo un limitado control de la temperatura del concreto, deberá confiarse la prevención de fisuras por contracción plástica primariamente a las técnicas de construcción. En climas calientes el ritmo de evaporación es mayor en magnitud a medida que la velocidad del viento aumenta. Consecuentemente las fisuras por contracción plástica pueden ser mayores y severas bajo climas calientes y condiciones atmosféricas con mucho viento.

- **Fisuras por Asentamiento Plástico.**

Las fisuras por asentamiento plástico (ver Fig. 4.6) ocurren cuando hay una cantidad relativamente alta de sangrado y hay alguna forma de obstrucción (barras de refuerzo) a la sedimentación de los sólidos. Estas obstrucciones producen que el concreto que se encuentra sobre ellas se fisure y fomenta la formación de vacíos bajo las barras de refuerzo. De manera que podemos tener:

- Fisuras sobre las barras de refuerzo cerca de la superficie de la sección.

- Fisuras en columnas esbeltas donde la sedimentación es prevenida por el arqueado del concreto producto del espacio reducido para el paso del concreto que puede ser agravado por la presencia de barras horizontales.
- Fisuras en cambio de altura de la sección.

- **Fisuras por Asentamiento de los Soportes.**

En condiciones estructurales indeterminadas, los asentamientos diferenciales significativos debido al inadecuado diseño de los soportes y fundaciones, introducen esfuerzos flectores y cortantes en la estructura para los cuales pudieron o no haber sido diseñadas. En el último caso, estos esfuerzos adicionales podrían llevar a la formación de fisuras por flexión y por cortante. Debe notarse que los asentamientos diferenciales en los apoyos del puente cuando el concreto colado aún no desempeña su función estructural, puede causar deformaciones, ondulaciones y fisuras en el concreto fresco (ver Fig. 4.9).

- **Fisuras por Contracción y Dilatación Térmica.**

La reacción del cemento con el agua, conocido como hidratación, es una reacción química que produce calor. Si un elemento de concreto es de tamaño apreciable y es aislado por los materiales adyacentes incluyendo el encofrado, entonces el ritmo de producción de calor en las primeras 24 horas es probable que exceda el ritmo al cual se libera calor a la atmósfera, y la temperatura del concreto se incrementará.

Después de unos días el ritmo de producción de calor decrece hasta estar por debajo de la proporción a la cual se pierde calor, y el concreto se enfriará.

Como con casi todos los materiales, éste enfriamiento causará contracción del elemento.

Hipotéticamente no se formarán fisuras si ésta contracción no está restringida. En la práctica, sin embargo, estas contracciones si están restringidas debido principalmente a dos factores:

**Refrenamiento Externo:** Si el concreto es colado sobre una base que ya ha endurecido, o si es colado adyacente o entre dos elementos, sin proveer juntas de expansión, entonces existirá refrenamiento externo.

**Refrenamiento Interno:** La superficie de un elemento de concreto, es seguro que se enfriará con mayor rapidez que la parte interna de dicho elemento. También responderá más a las variaciones de temperatura que la parte interna. Habrá por consiguiente, esfuerzos diferenciales de temperatura a través de la sección, y donde el gradiente de esfuerzos termales es mayor, como en secciones de gran espesor, pueden formarse fisuras en la superficie, por lo menos.

- **Fisuras por Restricción a Contracciones por Evaporación Temprana y por Contracción Hidráulica después del Fraguado.**

Los cambios de volumen inducidos por la pérdida de humedad, son característicos del concreto. Cuando el proceso de contracción es restringido por otra parte de la estructura, se desarrollan esfuerzos de tensión. Cuando el esfuerzo de tensión del concreto se excede, se producen fisuras. En elementos de concreto de grandes dimensiones, los esfuerzos de tensión son causados por un diferencial de contracción entre la superficie y el concreto en el interior del elemento. La mayor contracción en la superficie causa que se desarrollen

fisuras, que pueden con el tiempo, penetrar a una mayor profundidad dentro del elemento del concreto.

La contracción por secado puede definirse como la reducción de agua en el volumen del concreto, causado por la pérdida química o mecánica de agua durante el proceso de endurecimiento y por la exposición del concreto al aire no-saturado. La contracción ocurre cuando la pasta de agua-cemento pierde agua, ésta parte a través de la evaporación (pérdida física) y parte por la hidratación del cemento (pérdida química). La reducción resultante en el volumen del concreto causa fisuras solo si el concreto es restringido de alguna manera, y su esfuerzo de tensión es excedido.

Las Fisuras por Contracción y Dilatación Térmica son muchos mayores que las causadas por las contracciones ocurridas en el concreto una vez éste ya ha endurecido. Estas contracciones en el concreto no endurecido son las principales responsables por el agrietamiento temprano en paredes de retención y estructuras similares de concreto reforzado en puentes. Mediciones hechas en algunas estructuras de concreto reforzado han mostrado que los esfuerzos debido a contracciones por secado después de 5 años fueron aproximadamente  $30 \times 10^{-6}$ . Mientras que la capacidad para esfuerzos de tensión del concreto endurecido está en el rango de 80 a  $150 \times 10^{-6}$ , es claro que la contracción por secado en concreto endurecido por sí sólo no podría iniciar un fisuramiento inducido por causas ajenas a las cargas que puedan ser sometidas las estructuras de los puentes.

Si se provee la estructura de adecuado refuerzo y suficientes juntas de expansión contra otros tipos de movimientos, la contribución de los movimientos

debido a contracciones por secado a la formación de fisuras será muy pequeña para tener consecuencias.

Cuando ocurren fisuras inaceptables por contracción hidráulica después del fraguado, éstas pueden ser usualmente atribuidas al diseño del concreto, propiedades y proporciones de los componentes, y la práctica constructiva seguida. El encogimiento de una mezcla de concreto es también afectada por factores adicionales como la temperatura, métodos de curado, humedad relativa y la proporción del volumen de superficie expuesta. Mientras mayor cantidad de agua esté propensa a evaporarse, mayor será la tendencia a que exista encogimiento por secado.

El tipo y la fineza del cemento tienen poco efecto en la formación de fisuras causadas por contracción hidráulica después del fraguado. Esto puede deberse a que la tendencia del concreto a encogerse aún más cuando ya ha endurecido es contrarrestado por la resistencia ya ganada y también por la mayor capacidad a resistir esfuerzos tensores.

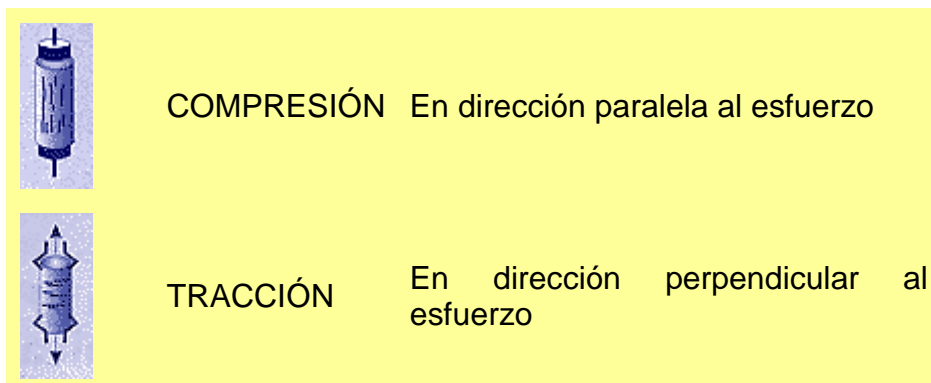
La arena y los agregados de peso normal del concreto tienen bajos valores de encogimiento comparados con los de la pasta. Aparte de las obvias ventajas de usar agregados, mientras mayor sea la cantidad incluida en el concreto, mayor será la reducción en el efecto del alto valor de encogimiento que tiene la pasta de cemento en el concreto; ya que por unidad de volumen, la cantidad de finos se reducirán (son los finos los que más se contraen).

La pérdida de agua por evaporación es la causa principal de la contracción por secado y por consiguiente la humedad relativa del aire que rodea el concreto

juega un papel importante en éste proceso. A medida que la humedad relativa decrece, la cantidad de agua que se pierde de la superficie del concreto es mayor. La condición climática de mucho viento incrementa el ritmo de evaporación aún más. Si la humedad relativa se incrementa, el mecanismo es revertido, al alcanzar aproximadamente un 95% de la humedad relativa, la pérdida de humedad cesa. Si la humedad relativa es mantenida por encima del 95%, el concreto pudiera de hecho absorber agua y expandirse, no contraerse. El curado significa prevenir o al menos retardar el secado de la humedad intrínseca dentro de las capilaridades del concreto, la cual es necesaria tanto para la hidratación del cemento (y por consiguiente ganar resistencia tanto en compresión como en tensión), como para retardar la contracción.

- **Fisuras por Cargas.**

Las fisuras producidas por cargas difieren de las de contracción porque tienen mayor profundidad y aparecen con forma típica, razón por la cual es necesario comprobar las dimensiones de la fisura para establecer si son originadas por cargas y constituyen un problema estructural. La reparación de éste tipo de fisuras involucra tratamientos con morteros especiales, productos asfálticos y resinas epóxicas, entre otros.



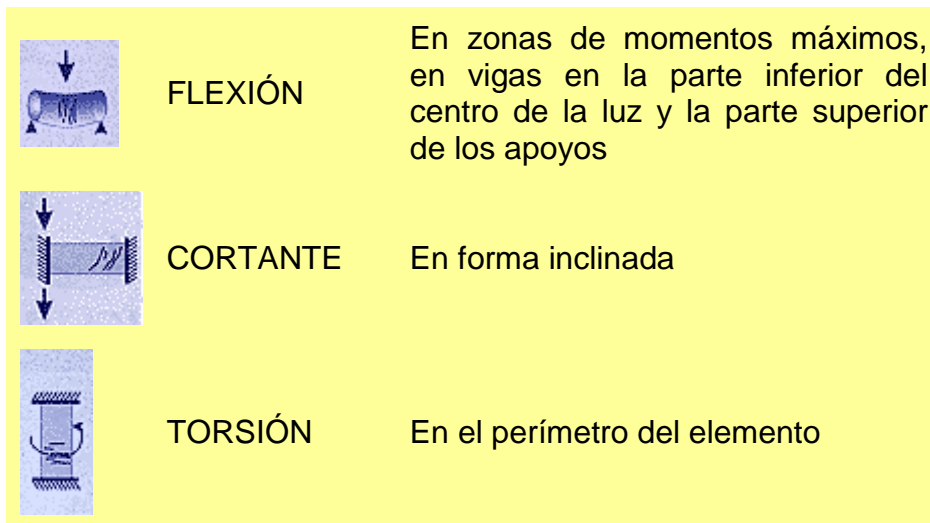


Fig. 4.11. Esquema de diferentes fisuras que se dan por carga.

Otras fuentes de fisuración son:

- Mala distribución de cables y esfuerzos.
- Reflejo o inducción por elementos, tales como varillas de refuerzo y tuberías con poco recubrimiento dentro del concreto.
- Desplazamiento de Cimbras.
- Exceso de vibrado.
- Exceso de llana.
- Segregación por mala utilización del sistema de colocación.

#### 4.1.1.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.

Los Métodos de Reparación dependen de la naturaleza de las grietas; los métodos utilizados a continuación son aplicados donde los esfuerzos se han eliminado y existen condiciones estables.

## **Reparación de “Fisuras y Grietas Inactivas”.**

### **□ Fisuras Inactivas Finas.**

Las fisuras inactivas finas son normalmente reparadas inyectando con una formación de resina epóxica. Si la fisura es estructuralmente significativa, siempre debe repararse de ésta manera. Las fisuras que se extienden a través de una estructura, son tratadas arreglando puntos de inyección en intervalos a lo largo de la fisura sobre la superficie. La distancia entre los puntos de inyección generalmente es 1.5 veces la profundidad de penetración requerida. Entre estos puntos, la superficie de la fisura se sella eficazmente (en ambos lados de la estructura si la fisura la atraviesa en todo su espesor) con un compuesto tixotrópico (el epóxico y resinas de poliéster y termoplásticos de fusión caliente han sido utilizados para éste tipo de sellado). Debe tenerse cuidado al colocar lo puntos de inyección para asegurarse que ellos interceptan la fisura y no sean bloqueados por detritus.

Una variedad amplia de dispositivos se usa para inyectar formaciones de resina en fisuras. Estos incluyen pistolas inyectoras o pistolas sellantes, compresor del tipo usado para pintar con spray y bombas de inyección (twin-meetering-pump) para propósitos especiales. Las pistolas y los compresores tienen la limitación que la resina empezará a acomodarse poco después de ser mezclada y en tiempo relativamente corto se endurecerá y no podrá inyectarse y puede bloquear y dañar el equipo.

Las bombas de inyección (twin-metering-pump) conducen la resina y los endurecedores en proporciones correctas, a través de líneas de conducción separadas, a un punto cercano al punto de inyección. Los materiales son mezclados completamente de manera continua en una cabeza mezcladora, y bombeada directamente dentro de la fisura. Sólo una cantidad pequeña de



resina se retiene en la cabeza mezcladora y, cuando la inyección se detiene, ésta se vacía con solvente de un tanque que es parte del equipo.

Las resinas epóxicas comienzan a ganar viscosidad en cuanto se combinan la resina y el endurecedor. Cuando los componentes son primero mezclados y luego aplicados con una pistola de inyección o un compresor, el ritmo de inyección caerá rápidamente a medida la viscosidad aumenta. Alternamente, la presión debe mantenerse para mantener la proporción.

Una limitación del proceso es que, mientras es aconsejable sellar la cara inversa de la estructura resquebrajada para prevenir que la resina se salga; esto no siempre puede ser posible. En algunos casos, por ejemplo en una losa de piso o en una pared de retención, esto es impráctico.

Es importante, cuando se inyecta a presión, usar la presión óptima necesaria para hacer la resina fluir en la fisura. Es probable que la presión excesiva fuerce la resina a sitios de menor resistencia y dejar vacíos. Además, donde el área de la superficie de la fisura es relativamente grande, la presión de inyección debe supervisarse para evitar la formación de fuerzas transversales significantes que puedan abrir más la fisura.

La mayoría de las resinas epóxicas que se comercializan actualmente para la inyección, desplazan el agua dentro de la fisura y se adhieren bien a superficies húmedas, pero debe asegurarse primero si el tipo de resina a utilizar funciona satisfactoriamente en condiciones de humedad, o si necesita una superficie seca para poder operar, y seguir el procedimiento adecuado.

□ **Fisuras Inactivas Anchas.**

La reparación de fisuras inactivas anchas en una superficie vertical será a menudo más práctica por el método de inyección.

Las fisuras en superficies horizontales pueden ser reparadas por inyección pero los métodos más simples también pueden usarse. La fisura puede ser tratada sellando la parte inferior donde ésta es accesible y abrir la fisura en la superficie superior y verter el material de reparación dentro de la fisura, ya sea comenzando en el medio y seguir hacia los extremos o comenzando por un extremo. Esta técnica asegurará que el aire sea totalmente desplazado de la fisura. Los materiales usados pueden ser resinas epóxicas o lechadas de cemento, el último con o sin un látex sintético agregado a la mezcla. Las fisuras con una anchura en la parte superior de aproximadamente 1mm serán más fáciles de llenar con un material epóxico debido a la menor viscosidad. Las lechadas de cemento tomarán aproximadamente de dos a tres semanas para desarrollar fuerzas de compresión cercanas a las que poseen las estructuras de concreto mientras que los epóxicos curarán en aproximadamente dos a siete días.

□ **Grietas Inactivas Muy Anchas.**

Los factores económicos normalmente determinarán que opción de materiales se utilizarán para reparar una grieta inactiva. Si es relativamente poco profunda, un mortero de resina epóxica o lechada pueden ser el material conveniente; el único requisito de preparación será limpiar la parte exterior de la grieta. Cuando el volumen de material de relleno involucrado es significativo, puede ser más barato abrir convenientemente la grieta y usar una mezcla fina de concreto. Con el objeto de minimizar el encogimiento, el concreto fino debe contener tan poca agua como sea posible, consistente con la trabajabilidad, y deben tomarse

precauciones para prevenir secados prematuros y asegurar un curado apropiado. El uso de agentes expansores de compuestos de aluminio pueden ser considerados como ventajosos.

□ **Fisuras Latentes Múltiples.**

Donde exista fisuramiento inactivo múltiple, particularmente donde las fisuras no tienen un patrón definido, es decir se encuentran distribuidas al azar, la reparación puede demostrar ser lenta y costosa. El método es lo contrario del inyectado de resina. En lugar de desplazar el aire con resina aplicando presión, el aire se retira primero con bombas aspiradoras y luego una resina, u otro material, se introduce para llenar los vacíos y fisuras.

Para evacuar las fallas en la estructura, es necesario ser capaz de sellar el área a ser tratada. Esto impone limitaciones en el sistema, pero tiene obvias ventajas donde existen múltiples fisuras y donde la estructura puede sellarse eficazmente.

**RESUMEN DE TÉCNICAS DE REPARACIÓN PARA FISURAS Y GRIETAS INACTIVAS.**

• **Por Inyección Epóxica.**

Las fisuras en el concreto se pueden ligar mediante inyección de compuestos de ligamentos epóxicos bajo presión.

La técnica más común consiste en taladrar en la fisura, desde la cara del concreto, en diversos sitios. Luego se lava la fisura con agua y se permite que seque completamente. Enseguida se sella la cara de la fisura entre los puntos de inyección y el compuesto epóxico se inyecta en la fisura hasta que corra por

las secciones adyacentes de la fisura o el sello de la superficie comienza a bombearse.

Esta es definitivamente la mejor solución al problema de fisuras inactivas finas y anchas del concreto. Sin embargo, se debe considerar que si la causa del cuarteo no es eliminada, haciendo que las fisuras se transformen en fisuras latentes, habrá sin duda un desarrollo adicional del cuarteo en alguna otra parte de la estructura.

El sistema de inyección epóxica debe cumplir con la norma ASTM C881. La calidad y clase deben escogerse para satisfacer las condiciones de trabajo y requerimientos. El sistema debe ser capaz de adherirse a superficies húmedas a menos que puede asegurarse que la fisura está seca.

Las fisuras con anchuras de 0.003 a 0.25 in. (0.08 a 6mm) puede llenarse eficazmente. Las fisuras con anchuras mayores a 0.25 in. (6mm) generalmente requieren un sistema que incorpore un sellador mineral. Algunas fisuras que se extienden verticalmente en superficies horizontales pueden ser rellenadas por medio de gravedad. La anchura mínima de fisura que puede ser llenada por gravedad estará en función de la viscosidad del material. Generalmente la anchura deberá ser por lo menos 0.02 in. (0.5mm) y la profundidad menor que 12in. (305mm).

Los puntos de inyección deben ser propiamente distribuidos a lo largo de la fisura. Mientras que pueden darse guías para la apropiada distribución de los puntos de inyección, el buen juicio de la persona encargada de la inyección será el criterio final.

A continuación se presenta una guía para distribuir los puntos de inyección en fisuras que no atraviesan toda la profundidad del elemento:

1. Espaciar los puntos de inyección a la profundidad requerida. Si no existe continuidad entre los puntos a esta separación, deberán establecerse puntos intermedios.
2. Si las fisuras tiene una anchura menor de 0.005 in. (0.13 mm), los puntos de inyección nunca debieran tener más de 6in. (150mm) de separación.
3. Si las fisuras tienen más de 2 ft. (0.6m) de profundidad, una penetración completa puede ser difícil de obtener debido a las limitaciones del equipo. Deberán establecerse puntos intermedios de inyección para monitorear el flujo del epóxico.

A continuación se presenta una guía para distribuir los puntos de inyección en fisuras que se extienden en toda la profundidad del elemento:

1. Para los miembros de 1 ft (0.3 m) o menos de anchura, pueden ponerse puntos de inyección en uno sólo lado de la fisura y espaciarse en lo ancho del elemento.
2. Para los miembros con espesor mayor de 1 y menor de 2 ft (0.3 y 0.6 m), deben ponerse puntos de inyección en todos los lados disponibles de la fisura, y espaciados a distancias no mayores del espesor del elemento.
3. Para los miembros mayores de 2ft (0.6 m) en espesor, deben colocarse puntos de inyección en todos los lados disponibles y espaciados de acuerdo a la guía dada para distribuir los puntos de inyección en fisuras que no atraviesan toda la profundidad del elemento.

El primer y último punto de inyección debe establecerse en o cerca de la parte inferior y superior, respectivamente, de cualquier fisura vertical; o a los extremos de cualquier fisura horizontal.

- **Rebajamiento y Sellamientos.**

Este método requiere el agrandamiento de la grieta a lo largo de su superficie expuesta y su consecuente llenado y sellamiento con un material adecuado. La técnica de rebajamiento y sellamiento solamente se recomienda para grietas inactivas muy anchas, ubicadas en superficies horizontales. Si las grietas están activas, se debe determinar la causa del cuarteo y se debe eliminar ésta causa.

- **Por Sobrecapas y Tratamiento de la Superficie.**

Las fisuras en estructuras y losas de pavimentos pueden ser reparadas con la utilización de sobrecapas si las losas no están sujetas a movimientos. Las losas con numerosas fisuras finas causadas por encogimiento plástico u otro tipo de fisuras que tienen la característica de ocurrir una sola vez, pueden ser reparadas eficazmente con el uso de sobrecapas, a menos que las fisuras sean muy extensas y profundas que la monoliticidad no pueda lograrse por medio de una reparación.

Las losas de puentes pueden ser eficazmente revestidas usando una gruesa capa de resina epóxica.

Las losas y muros que presentan fisuras inactivas finas puede ser reparadas aplicando una cubierta de concreto o mortero modificado con polímeros. En puentes, se recomienda un espesor mínimo de 38 mm para que la aplicación pueda ser exitosa.

**COMO PREVENIR LAS FISURAS.**

Durante la colocación del concreto hay que evitar el tráfico y las operaciones sobre las superficies recién acabadas.

Una vez realizadas las operaciones de colocación del concreto y tan pronto desaparezca el agua de exudación (lo cual es fácilmente detectable puesto que la superficie cambia de brillante a mate), deberá proporcionarse un curado adecuado, ya sea mediante cubiertas protectoras o por tratamientos húmedos, tales como el riego directo y la arena constantemente humedecida.

El curado debe prolongarse hasta que la resistencia sea del 70% de la resistencia de diseño, lo cual en concretos normales ocurre alrededor de los 7 días.

Un buen curado además de prevenir fisuras, favorece el desarrollo de la resistencia y demás propiedades del concreto.

Deberá protegerse la superficie del concreto de las elevadas temperaturas, los rayos de sol, el viento especialmente los cambios bruscos de temperatura.

Hay que verificar que las formaletas no se van a mover con la presión del concreto fresco. Se deben asegurar y ajustar los encofrados.

No se debe alterar el concreto para facilitar las operaciones de acabado, ya que esto hace que el concreto sea más propenso a presentar fisuras debidas a contracción hidráulica.

Deberá humedecerse el suelo o los encofrados que van a estar en contacto con el concreto para evitar que absorban el agua de la mezcla.

No se debe exceder en la vibración del concreto puesto que la pasta se concentra en la superficie aumentando la exudación y por tanto fomentando la contracción hidráulica que se traduce en fisuras superficiales.

Hay que tener previsto las juntas constructivas, de dilatación (expansión) o de contracción, garantizando que no queden en zonas sometidas a fuertes tracciones debido a que pueden originar fisuras.

Además hay que verificar el recubrimiento de las varillas de refuerzo y de las instalaciones embebidas en el concreto para evitar la aparición de fisuras por reflejo.

Y por último, deberá evitarse esfuerzos sobre concretos que no han alcanzado suficiente resistencia, verificando la resistencia antes de desencofrar y/o cargar la estructura.

#### **4.1.1.3. PROCEDIMIENTO.**

- **Sello de Fisuras y Colocación de Carpeta Epóxica en Puentes con Calzada de Concreto (Por Sobrecapas y Tratamiento de la Superficie).**

Este es un procedimiento para sellar fisuras en calzadas de concreto reforzado; y brindar una capa de rodadura resistente e impermeable con una resina epóxica de bajo módulo. Es importante recordar que los puentes son reparados estando éstos en uso, y la gran mayoría de veces el tráfico no puede ser interrumpido. Deben colocarse letreros en ambas direcciones y debe contarse con personal coordinando el tráfico en la vía que quede disponible en el puente.



La planificación del trabajo es crítica y debe prepararse el área que pueda ser limpiada y aplicada en el día. Se delimita el área a trabajar utilizando señales y cinta.

Entre los dispositivos de seguridad que generalmente se utilizan son señales preventivas, reglamentarias e informativas, así como vallas y conos; los cuales se disponen de la siguiente manera:

- Las señales de “Obras” se deben colocar 300mts antes de la zona de trabajo.
- La señal de “Estrechamiento de calzada” se debe colocar a 100mts antes de la zona de trabajo.
- La señal de “Velocidad máxima” se debe colocar al comienzo de la zona de trabajo.
- Deben colocarse vallas en cada extremo de la zona de trabajo.
- Deben colocarse conos en la embocadura de llegada a la zona de obras y luego a lo largo del eje de la calzada con un espaciado máximo de 10mts limitando la zona de obras.
- La señal de “Fin de prohibición” se debe colocar a 50mts más allá de la zona de trabajo.

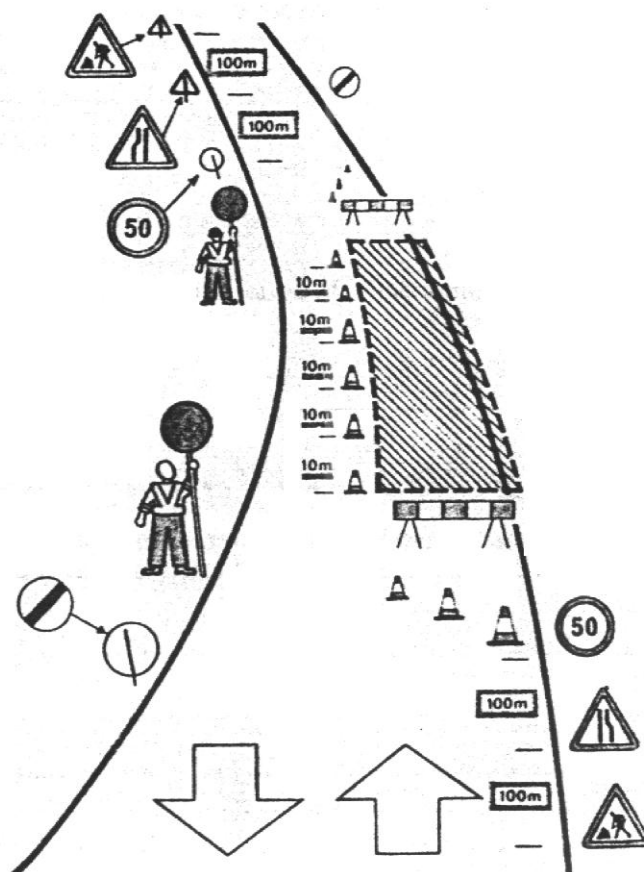


Fig. 4.12. Disposición de Señales Temporales en la reparación de calzadas de concreto.

Este tipo de control se utiliza con el objeto de poder regular el rendimiento de las resinas y garantizar el espesor adecuado (Ver Figura 4.13).



Fig. 4.13. Delimitación del área a trabajar en un puente.

1. Se inicia el proceso de limpieza de la superficie por medios mecánicos utilizando chorro de arena o agua ó aire a presión. Debe removerse de la superficie a reparar la suciedad acumulada en la losa como manchas de aceite y lubricantes, lodo, polvo y otros tipos de contaminantes que se encuentren sobre la superficie.

Las ventajas de utilizar el método de chorro de arena, es que éste mecanismo deja un concreto libre de suciedades, hace más visibles las grietas y fisuras que están cubiertas superficialmente por la suciedad acumulada, además que deja una superficie con un buen anclaje mecánico para la resina epóxica a colocar como capa de rodadura (Ver Fig. 4.14).



a) Aplicando Chorro de Arena a superficie de concreto.

b) Superficie terminada al utilizar chorro de arena.

Fig. 4.14. Método del Chorro de Arena.

2. Antes de iniciar la aplicación de las resinas, es necesario tomar mediciones específicas de las condiciones del sitio y de la calzada como: temperatura ambiental, temperatura de la calzada, humedad ambiental, humedad de la calzada, entre otras. Estas mediciones son críticas para determinar las condiciones de aplicación de las resinas epóxicas y para tener en cuenta los tiempos de curado y vida de servicio que disminuyen cuando las temperaturas son muy elevadas (Fig. 4.15).



Fig. 4.15. Equipo utilizado para medir la condición del sitio y calzada.

3. Se inicia la aplicación de la resina de muy baja viscosidad esparciéndola sobre la superficie con escobillones. Se deja la resina reposar sobre las grietas y fisuras para que por gravedad la resina penetre en ellas lo más profundo posible. Luego se esparce la resina a las áreas adyacentes evitando dejar una película demasiado gruesa. Esta resina cumple un doble propósito: sellador de micro fisuras e imprimante para la carpeta epóxica (4.16).



Fig. 4.16. Aplicación de la resina de baja viscosidad en calzada de concreto, por medio de escobillones.

4. Una vez aplicada la resina de muy baja viscosidad en la losa de concreto se procede a colocar la resina epóxica para la carpeta. En éste caso la resina epóxica se coloca con la ayuda de un rastrillo de caucho con dientes de 3/16". La aplicación se hace con movimientos suaves para controlar el espesor y la cobertura de toda el área (Fig. 4.17).



Fig. 4.17. Colocación de resina epóxica de alta viscosidad en calzada de concreto.

5. Inmediatamente después viene otra persona con un rodillo de púas pasándolo sobre toda la resina recién colocada. El objeto de ésta operación es el de sacar todas las burbujas de aire atrapadas en la resina producto del proceso de mezclado o de poros en el soporte. Estas burbujas pueden comprometer la durabilidad del sistema ya que son espacios vacíos por donde puede fallar el epóxico (Fig. 4.18).



Fig. 4.18. Método de desairación de la resina epóxica en calzada de concreto.

6. Casi detrás del hombre con el rodillo de púas se inicia el proceso de arrojar arena de cuarzo sobre la resina aún fresca y recién colocada. La arena de cuarzo especial y con una dureza de 8 Mohs se arroja en exceso en forma de lluvia sobre la resina húmeda para cubrirla por completo evitando dejar espacios de resina sin cubrir. Los operarios en todas las fases deberán utilizar zapatos especiales con clavos para caminar sobre la resina fresca (Fig. 4.19).



Fig. 4.19. Curado de resina epóxica.

7. Una vez la resina haya curado se remueve aspirando o recogiendo cuidadosamente la arena de cuarzo libre que no ha sido absorbida por la resina, quedando el sistema listo para el tránsito.

□ **Inyección de Fisuras y Grietas.**

Antes de proceder al inyectado de fisuras y grietas, deberán de colocarse todas las señales y dispositivos de seguridad necesarias para realizar la reparación.

Pasos a seguir para la inyección de Fisuras y Grietas:

1. Descubrir y marcar la grieta o fisura en el concreto reforzado para poder fácilmente distinguirlas en todo su largo. Marque los puntos de perforación en distancias entre 10-30 cm., según forma y carácter de la grieta. Se Perfora con taladro eléctrico, en los puntos marcados, un orificio de 5/16 pulgadas o hasta una profundidad de 2-3 cm., abra ahora las grietas en forma de “U” y límpielas cuidadosamente de partículas sueltas u otras suciedades. También los orificios de 5/16 pulgadas se dejan completamente limpios y abiertos (Fig. 4.20).

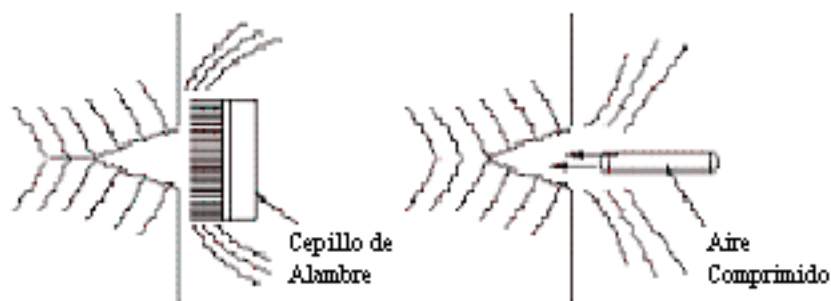


Fig. 4.20. Proceso de limpieza de fisuras.

2. Se preparan niples de inyección, utilizando tubo de cobre de 5/16 pulgadas cortando en secciones de 10 cm. Estos niples se introducen en los orificios de inyección.
3. Se prepara una mezcla epóxica y se aplica una capa de ésta mezcla con brocha en el fondo de la grieta y alrededor de los niples. Inmediatamente después se prepara otra mezcla epóxica y se agrega a los componentes mezclados suficiente cuarzo hasta formar una pasta espesa que fácilmente se puede moldear. Rellene con ésta pasta toda la grieta o fisura y esfuere los puntos de inyección alrededor de los tubos. Deje fraguar el relleno por un tiempo mínimo de 24 horas.



4. Después de que el mortero epóxico haya fraguado, se prepara una mezcla epóxica de bajo módulo, la cual se pasa a la pistola de inyección. La boquilla de la misma se une con el niple más bajo. Se tapa cuidadosamente la unión entre pistola y niple.
5. Se comienza a bombear la resina dentro de la grieta o fisura. Cuando salga fluyendo del niple próximo superior, la resina ha penetrado toda la grieta hasta la altura del próximo niple. Se tapa el niple primero y se cambia la boquilla de la pistola para el niple siguiente. Continúe la operación (Fig. 4.21).

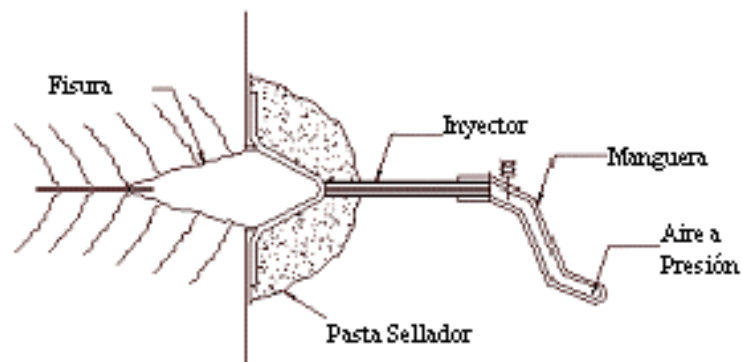


Fig. 4.21. Proceso de Inyección en fisuras y grietas.

6. Si se tratara de una viga, la grieta tiene que sellarse en la forma descrita, por todos los lados de la viga donde aparezca.
7. Limpie las herramientas con frecuencia, especialmente la pistola, para evitar que la resina fragüe estando las mismas en uso.
8. Retirar las señales y dispositivos de seguridad.

□ **Rebajamiento y Sellamiento de Grietas.**

1. Colocar señales preventivas, con el objeto de regular la reparación de grietas.
2. Debe de limpiarse la superficie de la grieta, para determinar la profundidad y el material de sellado.
3. Determinada la profundidad de sello, se deberá realizar lo siguiente:
  - a) Para grietas poco profundas, se puede sellar por medio de inyección; utilizando un mortero de resina epóxica o una lechada.
  - b) Para grietas considerablemente profundas, deberá de abrirse y rebajarse convenientemente la grieta por medio de puntas biseladas. Este proceso debe de realizarse cuidadosamente para evitar profundizar más la grieta.

El objeto de abrir y rebajar la grieta, es el de preparar la superficie para adherir el concreto viejo con el nuevo, así como de sellar adecuadamente la grieta.
  - c) Una vez se ha rebajado los bordes de la grieta y se ha abierto lo suficiente para colocar el material de sello; se procede a limpiar la superficie expuesta por medio de cepillos de alambre, compresor de aire y agua a presión.

La superficie debe de quedar limpia y libre de polvo o partículas que impidan la adherencia del concreto con el material de sello.

- d) Se debe de dosificar y mezclar adecuadamente el concreto. Este concreto deberá ser tan fino para evitar o minimizar el encogimiento de la mezcla.
- e) Colocar adecuadamente el concreto, con cualquiera de los métodos descritos en el numeral 4.1.3.2.; éste método debe seleccionarse convenientemente según las necesidades del caso.
- f) Una vez se ha llenado y sellado la grieta, viene la etapa de curado. Deberá de utilizarse el método más aplicable y conveniente (Ver literal 4.1.3.2.).
- g) Sellada y curada la grieta, se procede a retirar los equipos de señales preventivas.

#### **4.1.1.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- **Sobrecapas de la Superficie.  
(Colocación de Carpeta Epóxica).**
  - Equipos de señales de seguridad.
  - Cinta Métrica.
  - Unidad de Chorro de Arena (según se necesite)
  - Aspiradora.
  - Compresor de Aire.
  - Unidad de Chorro de Agua.
  - Equipo utilizado para medir las condiciones del sitio a reparar (si se posee y según se necesite).
  - Escobillones.

- Rastrillo de caucho con dientes 3/16" (recomendable).
- Rodillo de Púas.
- Zapatos especiales (recomendable con clavos en la suela)
- Resina Epóxica de alta y baja viscosidad.
- Arena de cuarzo ó arena natural limpia.

□ **Inyección de Fisuras y Grietas.**

- Equipos de señales de seguridad.
- Compresor de aire.
- Cepillo de alambre.
- Espátula.
- Equipo de inyección (inyectores).
- Clavos.
- Hilo de alambre.
- Manómetro (para medir la presión de inyección).
- Resina Epóxica de baja viscosidad.
- Pasta de Poliéster (sellador).

□ **Rebajamiento y Sellamiento de Grietas.**

- Equipos de señales de seguridad.
- Cepillo de alambre.
- Martillo y Cincel biselado.
- Compresor de aire.
- Unidad de chorro de agua.
- Concreto fino y de alta resistencia.
- Mortero Epóxico (según se necesite)

#### 4.1.2. DAÑO: DEGRADACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO (DESCAMADO).



Fig. 4.22. Esquema: Degradación de concreto medio-severo en superficie de rodamiento.

##### 4.1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:

La degradación del concreto conocido comúnmente como descamado es la pérdida gradual y continúa de mortero y agregado sobre una zona. Según el estado de deterioro el escamado puede dividirse en 3 niveles:

***Descamado ligero (Light Scaling):*** se refiere a la pérdida de la superficie de mortero sin que se llegue a exponer el agregado grueso que compone el concreto. Se clasifica como escamado ligero si la profundidad de la degradación no sobrepasa los 6.4 mm (1/4”).

***Descamado Medio: (Medium Scaling):*** Se refiere a la pérdida gradual y continua del mortero de la superficie, aumentando la exposición del agregado grueso del concreto. El escamado es clasificado como medio si su rango de profundidades de degradación varia entre 6.4 a 12.7 mm. (1/4” a 1/2”).

**Descamado Severo (Severe Scaling):** se refiere a una pérdida severa no solo del mortero sino también el agregado grueso que conforma el concreto. Se considera escamado severo si su profundidad varía entre 12.7 a 25.4 mm. (1/2" a 1").

**TABLA 4.3. ESCALA DE DEGRADACIÓN DEL CONCRETO  
(DESCAMADO)<sup>25</sup>.**

NIVELES DE SEVERIDAD	PROFUNDIDAD DE DEGRADACION
Escamado Ligero	≤ 6.4mm (1pulg)
Escamado Medio	≥ 6.4mm ≤ 12.7mm (1/4 a 1/2pulg)
Escamado Severo	≥ 12.7mm ≤ 25.4mm (1/2 a 1pulg)

La degradación en el concreto se hace evidente por si mismo por una descomposición gradual de la pasta de cemento, comenzando en la superficie y progresando hacia abajo.

El descamado puede ser el resultado de las fuerzas expansivas producto de cambios bruscos en la temperatura, mal drenaje, por el efecto abrasivo del tránsito sobre concretos de calidad pobre, ya sea por el empleo de dosificaciones inadecuadas (bajo contenido de cemento, exceso de agua, agregados de inapropiada granulometría), o bien por deficiencias durante su ejecución (segregación de la mezcla, insuficiente densificación, curado defectuoso, etc.).

<sup>25</sup> Fuente: Catálogo de Daños en Pavimentos de Concreto Hidráulico. SIECA 2000.

#### 4.1.2.2. METODOS DE REPARACIÓN.

##### □ **En pisos de Concreto.**

Desde que se utiliza el aire incluido en el concreto la incidencia del descamado ha sido reducida a proporciones mínimas. El descamado severo, donde ocurra, puede ser corregido por el uso de un resane con mortero epóxico delgado para impermeabilizar la zona y prevenir la penetración del agua al acero de refuerzo.

Otras soluciones aplicables son los cementos de fraguado rápido, (ya sean estos de fábrica o mediante la inclusión de aditivos acelerantes de fraguado), cementos de baja relación agua cemento (mediante la inclusión de aditivos fluidificantes) o concretos con contenidos altos de cemento.

##### *Prevención.*

Además del uso de concreto con aire incluido, el descamado puede evitarse con el uso de materiales no defectuosos, métodos de construcción apropiados y la conservación de un buen drenaje, especialmente en las zonas de desagüe. La adopción de un programa regular de limpieza con chorro de agua puede reducir el escamado. Las investigaciones indican que las aplicaciones de aceite de linaza pueden reducir la posibilidad de escamado.

##### □ **En superficies de rodamiento.**

En casos de descamado ligero, sellar el área con un compuesto de aceite de linaza (una proporción de 50% de aceite de linaza y 50% de esencia mineral, colocada en dos aplicaciones, de la siguiente manera: la primera capa en una proporción de 0.11 Lt/m<sup>2</sup>, y la segunda en una proporción de 0.07 Lt/m<sup>2</sup>).

En caso de descamado medio a severo debe sustituirse la zona dañada con un parche de concreto que tenga características similares al concreto viejo, tal es el caso de la resistencia.

El cemento a utilizar en la reparación debe ser Pórtland tipo I, II o III, bajo norma ASTM C150. Los agregados tienen que estar conforme a la norma ASTM C33. El agregado fino debe tener un contenido de sustancia sílica si el concreto es para proveer la superficie de tráfico. El tamaño máximo nominal del agregado grueso debe ser menor que  $1/3$  de la profundidad del área escareada. La inclusión de aire en la mezcla tiene que estar conforme a la norma ASTM C260 y la presencia de químicos bajo norma ASTM C494.

La zona dañada debe removerse con un corte de sierra aproximadamente 19mm (3/4 pulg) exterior al perímetro del área dañada (para descamado medio se requiere una menor profundidad) y quitar todo el concreto flojo con rebabeadoras y herramientas de mano, teniendo en cuenta en no dañar el acero de refuerzo.

Después de la remoción del material dañado, el área debe limpiarse con chorro de agua a alta presión o con una aspiradora para quitar los residuos de polvo de la superficie. Esto también se puede lograr con un compresor de aire, teniendo en cuenta que el compresor debe tener una trampa de aceite para evitar posibles contaminaciones.

El concreto tiene que ser dosificado de tal manera que la resistencia del concreto endurecido nuevo sea similar a la resistencia del concreto viejo.

El revenimiento tiene que ser suficiente para brindarle al concreto la trabajabilidad necesaria mientras dura el proceso de reparación. Debe tenerse en cuenta que debe utilizarse el mismo revenimiento en caso de que se hagan



varias mezclas, esto garantizará la uniformidad de la reparación, y evitará defectos de vistosidad en el concreto seco.

El concreto debe ser depositado sobre el área dañada con palas y luego debe ser compactado mediante el uso de vibrador. Mezclas con bajo revenimiento son difíciles de compactar pero el resultado final es una reparación de más alta calidad que la de concretos con alto revenimiento. Además del método convencional para colocar concreto (utilizando palas) existen otros métodos que se aplican a distintas superficies; la descripción de éstos métodos se detallan más adelante. El acabado final se hará de acuerdo al uso que tendrá el área reparada, ya sea lisa para áreas que no brindaran servicio al tráfico, o rugosa para éste. Esto se logra con pulidora para superficies lisas, o mediante escobillado para acabado rugoso (pueden usarse otros métodos siempre y cuando no afecten la integridad de la reparación).

Una vez se haya terminado la reparación, viene la etapa de curado del concreto. En concretos con baja relación agua-cemento un curado continuo con agua es el método más apropiado para obtener mayores resistencias. Pero uno de los métodos más utilizado y más práctico es la aplicación de selladores o curadores químicos. El curado con curadores se realiza con bombas aspersoras, colocando sobre el concreto tantas capas de curador como fuere requerido. Otros métodos de curado aplicables se describen más adelante.

#### *Prevención.*

El compuesto de aceite de linaza ha probado ser útil para prevenir el descamado. Si es posible, el piso será tratado antes de ser abierto al tránsito y repetido cada dos años. También han demostrado su utilidad los compuestos para curado de hule clorinado para la prevención de problemas de las

superficies de rodamiento de concreto. Ellos pueden aplicarse como una membrana de curado para pisos nuevos o para superficies antiguas, después de una limpieza total, en la proporción de 3.78 litros por cada 60 m<sup>2</sup>. En algunas áreas los epóxicos penetrantes han comprobado ser benéficos.

Las superficies de rodamiento que presenten señales de peligro de descamado severo, pueden ser protegidas por la colocación de una membrana para impermeabilización protegida por un recubrimiento de concreto asfáltico.

### **PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE.**

La preparación de la superficie es definida como el proceso de dejar lista la superficie del concreto existente para la reparación del área dañada.

Los requerimientos básicos para tener éxito en cualquier reparación es una propia preparación de la superficie de concreto existente. Sin tener en cuenta el tipo o posición del miembro del puente, o el tipo de reparación a ser hecho, todo el concreto dañado debe quitarse.

Se debe localizar primeramente el área a ser reparada, para esto se puede utilizar un martillo o una cadena. Las áreas de concreto sano producirán un ruido agudo y vibrante, en cambio las áreas con concreto dañado producirán un ruido sordo y hueco.

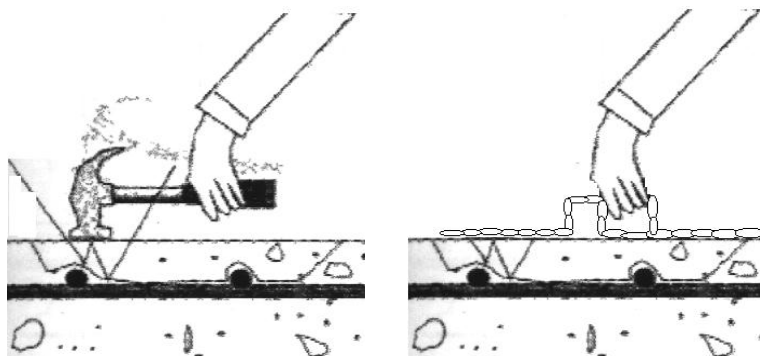


Fig.4.23. Control del Concreto deteriorado<sup>26</sup>.

Determinada la superficie deteriorada se procede a remover el concreto malo. Se recomienda que antes de cualquier movimiento de concreto se deba instalar un sistema de soporte temporal.

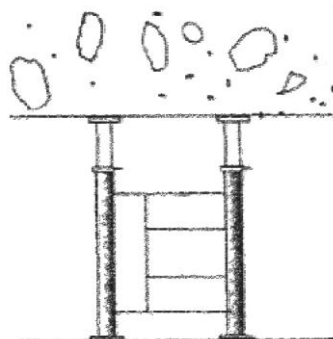
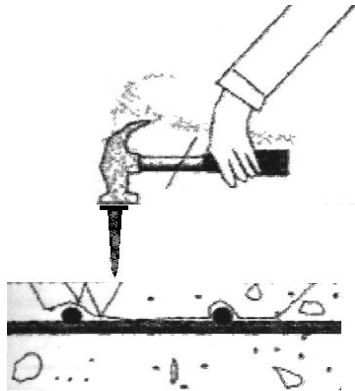


Fig. 4.24. Sistema de Soporte Temporal<sup>26</sup>.

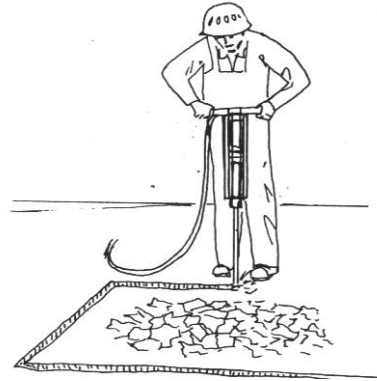
El concreto deteriorado puede removerse con herramientas mecánicas y manuales; dependiendo de la magnitud del daño así serán las herramientas que se utilicen. Si el trabajo es pequeño, la operación de remoción puede hacerse con martillos y cinceles biselados; y si el trabajo es grande deberá de hacerse

<sup>26</sup> Fuente: Esquema de Trabajo de Graduación: "Inspección, Evaluación y Diagnóstico en Puentes de Concreto Reforzado". Autor: Raymundo Giovanni García, Salvador Osorio y Sergio Henríquez. Universidad Politécnica de El Salvador. Junio 2000.

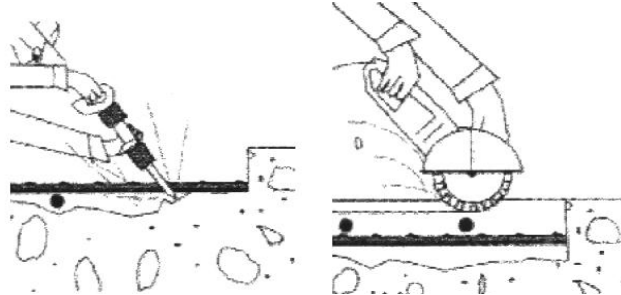
con sierras mecánicas para cortar concreto, martillos cinceladores (martillo perforador liviano,) etc. (La escala o magnitud de los trabajos grandes o pequeños, dependen de la tabla definida anteriormente para descamado y posteriormente para pérdida de material (concreto)).



a) Equipo manual: Martillo y Cincel



b) Equipo mecánico: martillo



b) Equipo mecánico: martillo cincelador biselado y sierra para concreto

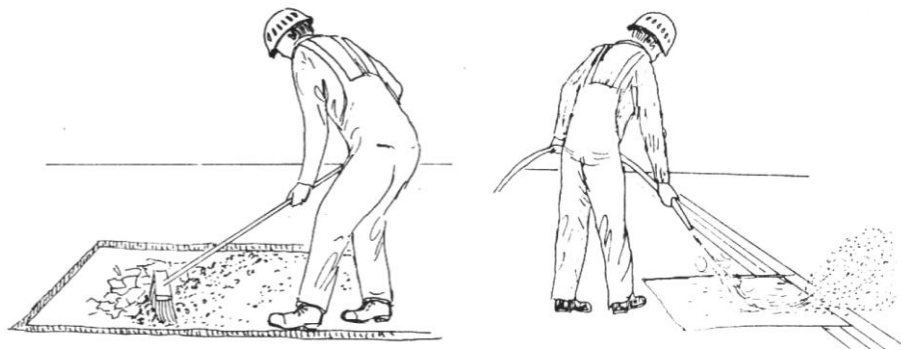
Fig. 4.25. Equipo utilizado en la escarificación de concreto deteriorado.

Una vez se ha escarificado y retirado todo el concreto malo, el siguiente paso es la limpieza de la superficie, debe de eliminarse todo el polvo y partículas sueltas de concreto que han quedado en la superficie recortada.

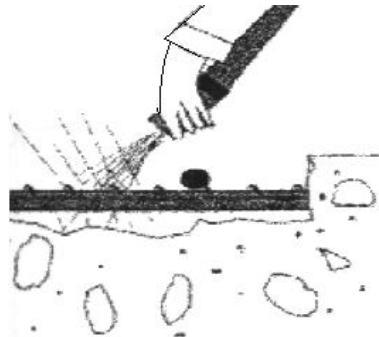
Una buena limpieza se logra barriendo las partículas sueltas y retirándolas fuera de la calzada, éste barrido puede hacerse con escobas de cerdas blandas y

cepillos de cerdas de alambre. Seguido con el sopleteo con aire a presión para eliminar polvo y mini partículas que puedan haber quedado.

Por último se lava con agua a presión y se deja secar para aplicar el agente adherente.



a) Barrido y Sopleteo de la superficie a reparar



b) Lavado de la superficie recortada

Fig. 4.26. Limpieza de la superficie a reparar.

#### 4.1.2.3. PROCEDIMIENTO.

1. Colocación de las señales y equipo de seguridad.
2. Localización del área dañada.

3. Si la degradación es leve, colocar una capa de emulsión epóxica para impermeabilizar el área.
4. Si el área esta muy degradada cortar y extraer el material defectuoso.
5. Limpiar la superficie con escobas, cepillos, aire y cortadora de concreto.
6. Aplicar una capa nueva de mortero o concreto sobre el área dañada.
7. Realizar el curado adecuado.
8. Retirar todo el equipo.

#### **4.1.2.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- Cortadora de concreto.
- Concreto.
- Manguera, Aspiradora o Compresor de aire.
- Vibrador.
- Picos, cinceles, palas, cepillos, pulidora y martillos.
- Cono para medir revenimientos.
- Cinta métrica.
- Equipo de señales preventivas.

#### 4.1.3. DAÑO: PÉRDIDA DE MATERIAL (DESCONCHADO).



Fig. 4.27. Fotografía Pérdida de Concreto.

##### 4.1.3.1. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:

La pérdida de material en un concreto, está relacionada con las diferentes acciones ambientales a las que está sometido el concreto. Generalmente la mayoría de éstas acciones, tales como: presencia de carbonatación en el concreto, ataque por cloruros en el mismo, filtración de agua en la losa y/o juntas, etc., originan que el acero de refuerzo adquiera corrosión y éste pierda adherencia con el concreto. Puede decirse entonces, que la causa principal de pérdida de concreto pudiera indicar corrosión del acero.

Aunque también se atribuye que la pérdida de material se deba a la generación de presiones internas en el concreto, problemas en el agregado inferior (reventones), por presión o por expansión dentro de la masa del concreto, por utilizar concretos pobres en la construcción, deficiencias en su ejecución, por

circular cargas mayores que provoquen compresión excesiva en el concreto, etc.

Se clasifica como **pérdida de material pequeña** cuando su tamaño no sobrepasa más 2.5cm (1 pulg.) de profundidad o aproximadamente 15cm (6 pulg.) de ancho; **grande** cuando su tamaño excede más 2.5cm en profundidad ó 15cm en cualquier dimensión.

**TABLA 4.4. ESCALA DE PERDIDA DE MATERIAL DEL CONCRETO (DESCONCHADO)<sup>27</sup>.**

NIVEL DE SEVERIDAD	PROFUNDIDAD DEL DAÑO
Pérdida de material pequeña	$\leq 2.5\text{cm}$ (1Pulg)
Pérdida de material grande	$\geq 2.5\text{cm}$ (1Pulg)

Un caso especial de pérdida de material que ocurre en las juntas puede ser causado por la corrosión del acero, por el impacto del tráfico, o por la intrusión de material dentro de una junta desprotegida. Al llenarse temporalmente una junta, los movimientos debidos a las fluctuaciones de temperatura pueden permitir a éstos rellenos penetrar aún más dentro de la junta, dando como resultado fuerzas que frecuentemente causan daños mayores.

Normalmente el área del acero corroído activo y del concreto contaminado por cloruro es considerablemente mayor que el área que presenta pérdida de material. Si sólo el área que presenta pérdida de material es removida y reparada, probablemente se requerirá de un programa de reparación posterior.

<sup>27</sup> Fuente: Manual para Inspección y Conservación de Puentes.  
Publicado por la Dirección General de Servicios Técnicos.  
México, DF, 1988.



Sin embargo, si el concreto que está soportando corrosión activa o está propenso a soportar corrosión, y la parte reparada es protegida adecuadamente por una membrana impermeable o una sobrecapa, puede obtenerse una reparación mucho más durable.

#### **4.1.3.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

El primer paso en la reparación del deterioro superficial, o de cualquier otro tipo de deterioro en concreto, consiste en remover completamente todo el concreto dañado (desintegrado o que tenga evidencia de corrosión). No se puede realizar ninguna reparación satisfactoria hasta que haya un concreto limpio, sano, al cual se pueda adherir el nuevo concreto o mortero.

Deberá determinarse el concreto sano del dañado (Ver literal 4.1.2.2 “Preparación de la Superficie”).

Deberá tenerse cuidado especial, al remover el concreto dañado en los alrededores del acero de refuerzo, para prevenir la pérdida de adherencia entre el concreto existente y el acero de refuerzo. Si se ha destruido la unión entre el concreto existente y el acero de refuerzo, deberá removerse el concreto adyacente del acero hasta una profundidad mínima de 3/4 de pulgada (19mm); con el objeto de brindar el espacio suficiente para adherir el concreto nuevo con el acero de refuerzo.

El concreto malo puede retirarse o removerse utilizando martillo, martillos cinceladores (martillo perforador liviano), sierras para concreto u otros medios mecánicos, éstos deben seleccionarse de tal manera que no dañen áreas circundantes de la superficie a reparar. Además, deberán proporcionar o dejar

una superficie que garantice una buena adherencia entre el concreto viejo y el material de sello.

Si se utiliza una sierra para efectuar el corte de la superficie a reparar, éste deberá ser vertical y no debe de exceder el área a reparar, ni debe ser tan profundo. Un borde satisfactorio puede obtenerse con un martillo y un cincel (rebabeadores) o con un martillo perforador liviano. Se recomienda que el peso máximo del martillo sea de 30lbs (14Kgr) y el del perforador liviano 45lbs (20.4Kgr). Al efectuar el corte con un martillo o un martillo cincelador, éste deberá realizarse a un ángulo menor de 45 grados con respecto a la superficie, con el objeto de evitar la fractura del concreto bueno.

La profundidad de corte que deberá efectuarse al utilizar cualquier equipo removedor de concreto, es por lo menos de 3/4 de pulgadas (19mm), aunque para el uso de martillos se puede dejar una profundidad hasta de 3 ½ pulgadas (90mm).

Antes de colocar el concreto nuevo, debe limpiarse el área expuesta, teniendo cuidado que no exista polvo o partículas sueltas. Estas partículas pueden removerse utilizando una aspiradora, un compresor de aire, el cual debe equiparse con una trampa de aceite para prevenir cualquier contaminación; ésta limpieza debe seguirse con un lavado y cepillado (Ver referencia 4.1.2.2 "Preparación de la Superficie").

Después de limpiar la superficie y antes de colocar el concreto nuevo, hay que cubrir el área recortada con un adhesivo, para permitir adherir el concreto nuevo con el viejo. Esta adherencia se puede lograr utilizando cualquier agente epóxico aceptable ó utilizando una lechada de pasta de cemento puro.

La lechada consiste en una mezcla con proporciones iguales de arena y cemento, adicionando a ésta mezcla agua suficiente para formar una pasta espesa. La lechada no debe de estar demasiado húmeda ni demasiado delgada y deberá aplicarse sobre una superficie seca, teniendo el cuidado de que cada parte de la superficie esté completamente cubierta y libre de charcos.

No se debe permitir que la lechada se seque antes de colocar el nuevo concreto.

Una vez colocada la lechada o el agente epóxico, se procede a llenar el área a reparar. El hueco o la depresión se llenan con concreto clase "A", con agregado cuyo tamaño debe estar de acuerdo a la reparación a realizar; si es necesario vibrar el concreto deberá de realizarse<sup>28</sup>.

Terminada la fase de reparación, viene la etapa de curado. El método a utilizar dependerá de la mezcla que se ha utilizado en la reparación, así como del lugar del puente que se ha reparado. Teniendo que para concretos de baja relación agua-cemento en superficies horizontales, los métodos más apropiados son el de estancamiento o inmersión, el de cubiertas húmedas, papel impermeable, etc. Para superficies verticales puede emplearse el método de rociado o aspersión.

### **GUÍA DE MÉTODOS PARA COLOCAR CONCRETO.**

La reparación del concreto requiere con frecuencia técnicas especiales para la colocación del material. Debido a que el área de reparación puede ser solamente una pequeña porción de un elemento existente, a menudo no puede utilizarse la misma técnica que se empleó para el material original.

---

<sup>28</sup> Fuente: Especificaciones y Técnicas aplicadas a operaciones de mantenimiento y reparación de carreteras, alcantarillas y puentes. SIECA. Edición 1984.

Al seleccionar un método, considere aquél que permita el relleno más completo del vacío y el empleo de materiales de reparación con contracción mínima, además de ser el más económico. Aunque muchas obras de reparación son únicas, los siguientes son métodos de colocación de material que se utilizan con mayor frecuencia.

- **Aplicación neumática (Concreto Lanzado, Torcreto).**

El concreto lanzado se emplea en superficies verticales y horizontales elevadas sin refuerzo congestionado.

Entre sus principales características puede mencionarse su excelente adherencia a diferentes materiales tales como concretos, roca, madera, acero y otros. Además, se puede obtener un concreto denso, con relaciones agua/cemento bajas, de alta resistencia, baja absorción, buena resistencia al intemperismo, buena adherencia al sustrato, etcétera.

Al aplicar el concreto lanzado, el material de reparación es soplado al lugar indicado por medio de aire comprimido. Existen dos tipos de concreto lanzado: de mezcla húmeda y de mezcla seca. En el proceso de mezcla húmeda, el agua se mezcla con los materiales secos antes de ser lanzados a la superficie. En el proceso de mezcla seca, el agua se agrega a los materiales secos en la boquilla. Cada uno de estos métodos tiene ventajas y desventajas muy marcadas, haciendo que un proceso sea más apropiado para una reparación determinada que el otro.

Entre las ventajas y desventajas que ofrece el método proyectado neumáticamente tenemos:

- *Ventajas.* El concreto lanzado tiene generalmente una baja relación agua-cemento y está bien compactado, lo que con frecuencia produce un material de reparación con altas resistencias a la compresión y a la flexión. El material de reparación debe aplicarse rápidamente y se puede crear casi cualquier forma o configuración. El concreto lanzado se aplica generalmente sin moldes y resulta frecuentemente más barato que otros métodos que requieren gran utilización de moldes.
  
- *Desventajas.* La calidad del producto final depende en gran medida de la habilidad del operador de boquilla, y el material de rebote atrapado puede formar bolsas de arena dentro de la masa. Debido a que el concreto lanzado no contiene por lo regular agregados gruesos, necesita más pasta de cemento que el concreto convencional para formar una capa adecuada sobre los agregados. Esto puede dar como resultado una contracción excesiva si el concreto lanzado contiene demasiado cemento o demasiada agua.

***Recomendaciones para la aplicación del sistema.***

La naturaleza del soporte tiene una importancia primordial para la adherencia del concreto lanzado, la cual se garantiza únicamente por un fenómeno mecánico. Durante las primeras fracciones de segundo del impacto del chorro sobre la superficie de aplicación, se forma una delgada capa compuesta por los elementos más finos de la mezcla, es decir, de la pasta de cemento y arena fina. Esta capa no sólo sirve para incorporar los agregados más gruesos, sino que penetra también por la fuerza del impacto en las pequeñas irregularidades, los poros y las fisuras de la superficie de aplicación, logrando una excelente

adherencia entre el concreto lanzado y su soporte una vez que ha fraguado el cemento.

Es importante que el sustrato no vibre, que soporte el impacto del chorro de concreto y el peso del material. Si se emplean cimbras, éstas se deben diseñar para facilitar la salida del aire comprimido y el rebote durante la colocación.

El empleo del concreto lanzado con fibras es una variante de este método de reparación. El concreto lanzado sin refuerzo, al igual que el concreto tradicional, no resiste los esfuerzos de tensión y se agrieta. Al adicionar fibra metálica a la mezcla de concreto lanzado, obtenemos cuando endurece un incremento en la ductilidad, en la capacidad de absorción de energía y en las resistencias al impacto y a la flexión, entre otras propiedades.

Al emplear fibra metálica, no debemos causar ningún problema adicional. Tiene que mantenerse exacta la dosificación de fibra y reducirse al mínimo su pérdida por rebote. La calidad de las fibras debe garantizar el uso óptimo y el mejoramiento de la calidad final del concreto.

El concreto lanzado necesita, al igual que el tradicional, un curado adecuado para desarrollar todas sus propiedades, situación que se vuelve más crítica cuando se emplean aditivos acelerantes.

Es muy importante proporcionar un ambiente húmedo con temperaturas apropiadas para prevenir la pérdida de agua, durante un periodo definido, a fin de lograr la hidratación adecuada del cemento y obtener las características deseadas.

Existen diversos procedimientos de curado del concreto; el ACI 318 nos proporciona mayor información. Si se emplean compuestos o membranas de curado, éstos deben removerse en su totalidad antes de la aplicación de la siguiente capa ya que pueden afectar la adherencia entre las mismas.

Una excelente opción es el uso de aditivos de curado interno de concreto ya que no implican ningún trabajo adicional para la aplicación de la siguiente capa y no afectan negativamente la resistencia ni la adherencia, además de empezar a trabajar desde el primer minuto, garantizando un curado adecuado.

En la elección del concreto lanzado para una reparación, es necesario tomar en cuenta el conocimiento y la experiencia existentes así como efectuar un análisis de los materiales, de las necesidades y de las especificaciones del proyecto. Para obtener un buen resultado, es preciso una adecuada planeación, una buena supervisión y un aplicador con mucha experiencia y habilidad.

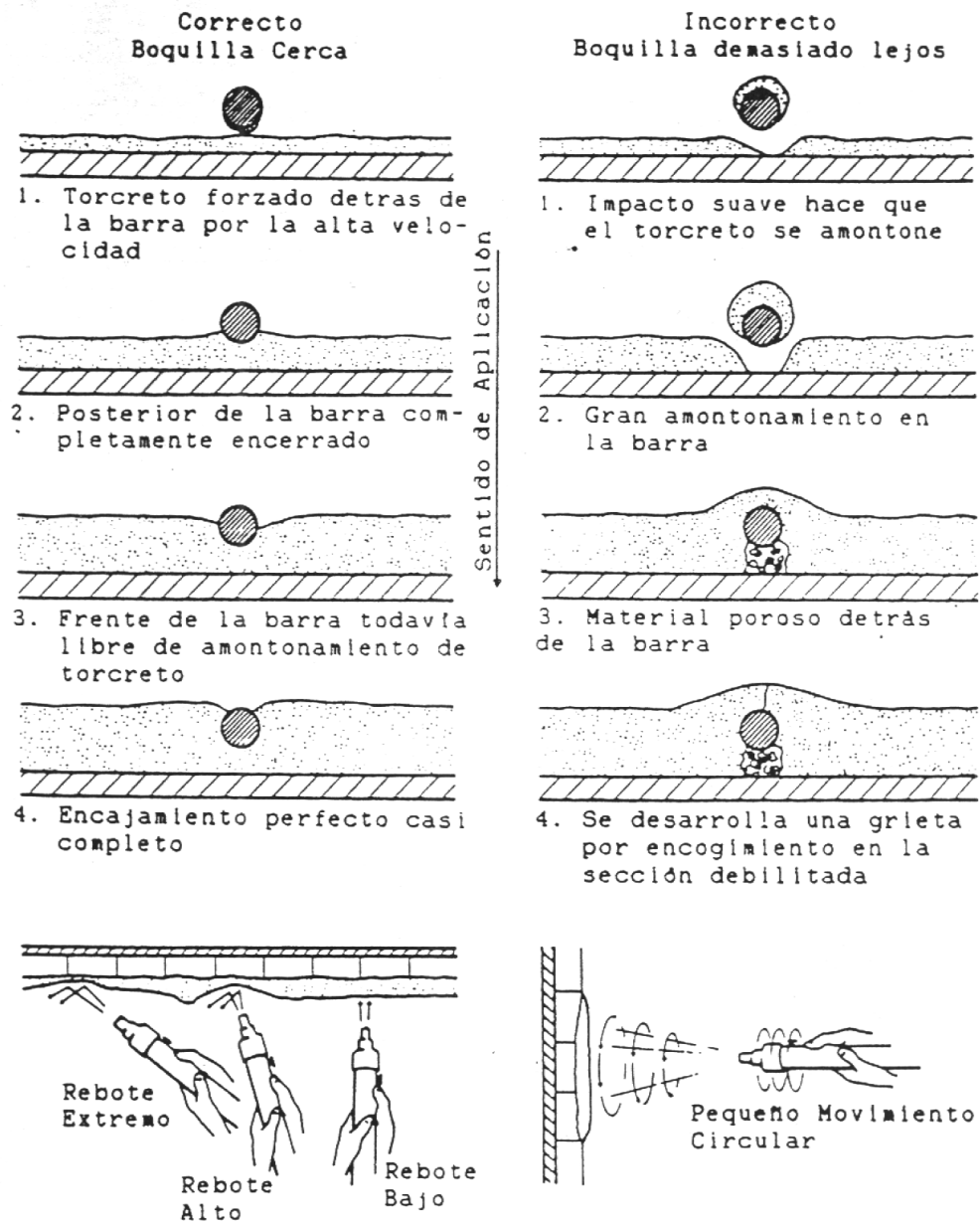


Fig. 4.28. Esquema de los métodos correctos e incorrectos para colocar concreto lanzado<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> Fuente: Esquema de la publicación Mantenimiento de Puentes de la Federal Highway Administrations. Tomo III. Agosto 1985.



- **Abertura en la parte superior.**

Se emplea para reparaciones parciales o a toda profundidad en superficies horizontales.

El material de reparación se cuela directamente en la parte superior de la cavidad o molde preparado. Debe vibrarse muy bien y después enrasarse, de modo que el nuevo material esté parejo y a nivel con el concreto circundante. Este es el método de colocación más fácil y menos costosa.

- **Empaquetado seco.**

Esté método se utiliza en reparaciones de áreas pequeñas y confinadas como son las nervaduras de una losa con refuerzo limitado u otras obstrucciones.

El empaquetado seco emplea un mortero seco con suficiente humedad para formar bolas cohesivas al ser apretado en las manos, pero no tan húmedo como para hacerlas plásticas. Se utiliza un mazo y una varilla compactadora para empaquetar el material en su lugar, de modo que forme una masa uniforme y altamente compactada. En las nervaduras, se emplea un molde de respaldo y un molde inferior para proporcionar confinamiento.

Después de colocar el material y dar un acabado a la superficie expuesta para igualar con el concreto existente, debe curarse apropiadamente. El método preferido de curado es el rociado de agua sobre una manta de yute mojada.

Entre las ventajas y desventajas que ofrece este método tenemos:

- *Ventajas.* No se requiere equipo especializado y los materiales de reparación –arena y cemento– no son caros. El empaquetado seco produce un material de reparación de alta calidad con contracción mínima, alta resistencia temprana y buena adherencia al material de base.

- *Desventajas.* El empaquetado seco necesita cierto grado de trabajo intensivo y también requiere habilidad al mezclar el material para obtener el contenido de humedad adecuado. Con sólo agregar unas pocas gotas de agua de más, la mezcla se volverá plástica y, al aplicar la presión, no podrá empaquetarse apretadamente sino que solamente se obtendrá un pandeo y se moverá de un lado a otro. El empaquetado seco no es aplicable a grandes superficies o en áreas profundas, y no es una buena técnica cuando hay una gran cantidad de acero de refuerzo muy apretadamente espaciado que evita la consolidación apropiada del material en la cavidad. El empaquetado seco requiere un técnico con mucha habilidad para colocarlo.

- **Aplicación con llana.**

Se utiliza en áreas de reparación horizontales o elevadas de menos de dos y medio centímetros de espesor, con poco o ningún acero de refuerzo.

Después de preparar la superficie, los materiales se mezclan hasta una consistencia apropiada y entonces el trabajador utiliza una llana para presionar el material en la cavidad o aplicarlo en la superficie. En superficies horizontales tales como pisos y aceras, se emplea un material delgado para nivelar la superficie, repararla si ésta presenta pérdida de material, o cambiar su textura. En superficies elevadas, se debe usar un material que no se asiente, y puede ser necesario colocarlo en varias capas para evitar que se asiente o contraiga.

Entre las ventajas y desventajas que ofrece este método tenemos:

- *Ventajas.* Los costos del equipo son mínimos, y los trabajadores pueden lograr diferentes texturas de superficie. Este método se utiliza con frecuencia para pequeñas áreas de reparación.

- *Desventajas.* El acabado y la compactación del material de reparación dependen de la habilidad del trabajador que lo coloca. Puesto que las reparaciones son delgadas y pueden necesitar hacerse en superficies elevadas, tal vez hagan falta materiales especiales patentados. Si hay que colocar varias capas, es habitual que se requiera preparación entre las mismas. Debido a que no se emplean moldes, se debe dar énfasis especial al curado.

- **Método Convencional.**

Denominando método convencional a la colocación del concreto por medio de palas. El concreto se coloca en el área recortada por medio de una pala, y se trabaja el concreto dentro de él para eliminar los vacíos y extender el concreto alrededor del área recortada y debajo del acero de refuerzo si éste está expuesto.

### **METODOS Y MATERIALES DE CURADO.**

1. Métodos que mantengan la presencia de agua mezclado en el concreto durante el período inicial de endurecimiento. Entre esos se incluyen al estancamiento o inmersión, al rociado y a las cubiertas húmedas saturadas. Estos métodos proporcionan un cierto enfriamiento a través de la evaporación, lo cual es benéfico en climas cálidos.
2. Métodos que evitan la pérdida del agua de mezclado del concreto sellando la superficie. Esto se puede lograr cubriendo al concreto con papel impermeable o con hojas de plástico, o aplicando compuestos de curado que formen membranas.
3. Métodos que aceleren la ganancia de resistencia suministrando calor y humedad adicional al concreto. Esto se logra normalmente con vapor

directo, serpentines de calentamiento, o cimbras o almohadillas calentadas eléctricamente.

De acuerdo a la naturaleza del mantenimiento enfocado en éste trabajo, los métodos de curado más efectivos y aplicables son los basados en mantener la presencia de agua en el concreto durante el período de endurecimiento. Los cuales se describen a continuación.

- **Estancamiento o Inmersión.**

En las superficies planas tales como pavimentos y pisos, el concreto se puede curar por estancamiento. Se puede retener un tirante de agua por medio de bordos de arena o de tierra en el perímetro de la superficie de concreto. El agua de curado no deberá estar a 11°C más fría que el concreto, para evitar esfuerzos por temperatura que pudieran ser causa de agrietamientos, el método solamente es empleado en los trabajos pequeños.

- **Rociado o Aspersión.**

Se debe aplicar una llovizna muy fina de manera continua a través de un sistema de boquillas o rociadores. Los rociadores ordinarios para césped resultan ser efectivos si se logra una buena cobertura y si el volumen de descarga de agua no tiene demasiada importancia. Las mangueras para regar el suelo son útiles para superficies que son verticales o casi verticales.

Si el rociado o aspersión se hace a intervalos, se debe evitar que el concreto se seque entre las aplicaciones de agua, porque los ciclos

alternos de saturación y secado pueden ser causa de agrietamientos irregulares en la superficie.

- **Cubiertas Húmedas.**

Las cubiertas de tela saturadas, capaces de retener la humedad, deberán enfocarse tan pronto como el concreto haya endurecido lo suficiente para evitarle daños en su superficie. Las cubiertas deberán mantenerse húmedas de manera continua, de tal suerte que una película de agua permanezca sobre la superficie del concreto durante el período de curado. Los ciclos alternos de saturación y secado durante el curado a edades tempranas pueden provocar agrietamientos irregulares en la superficie.

- **Papel Impermeable.**

Una ventaja de importancia de éste método es que no se necesitan adiciones periódicas de agua. El curado con papel impermeable asegura una hidratación adecuada del cemento evitando la pérdida de humedad en el concreto.

En cuanto el concreto haya endurecido lo suficiente para evitar daños en su superficie, deberá ser saturado completamente y se le deberá colocar el papel con el mayor ancho con que se pueda contar. Los bordes de la hojas adyacentes deberán quedar traslapadas aproximadamente unos 15cms y estar selladas firmemente con arena, tabloncillos de madera, cinta adhesiva sensible a la presión, mastique o cola. Las hojas deberán ser ancladas con pesos para mantener un contacto estrecho con la superficie del concreto durante todo el período de curado.

El curado por medio de rollos de polietileno (o con papel impermeable), puede provocar decoloraciones en ciertas zonas, especialmente si el concreto contiene cloruro de calcio y si se le ha dado el acabado con llana metálica.

#### **4.1.3.3. PROCEDIMIENTO.**

1. Colocar señales y dispositivos de seguridad necesarios.
2. Todo concreto alterado se removerá hasta una profundidad de 3/4 de pulgadas (19mm); si aún a ésta profundidad el concreto presenta deterioro más allá de los límites previamente designados, puede ser necesario agrandar el área de remoción.
3. Debe limpiarse la superficie expuesta, deberá dejarse libre de partículas sueltas y polvo; éste trabajo puede llevarse a cabo mediante chorro de agua a alta presión, con un compresor de aire, chorro de arena, etc.
4. Después de limpiar la superficie, se deberá aplicar una lechada pura de cemento o algún agente epóxico reconocido para adherir el concreto nuevo con el ya existente.
5. Proporcionar, mezclar y colocar adecuadamente el concreto con cualquiera de los métodos descritos anteriormente., éste método debe seleccionarse convenientemente según las necesidades del caso.
6. Proporcionar una superficie adecuada al área reparada; ésta va a depender del uso que tendrá ésta área en el puente.

7. Curar adecuadamente la superficie tratada, éste método dependerá del lugar del puente que ha sido reparado.
8. Retiro de señales y equipo de seguridad.

#### **4.1.3.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- Martillo (30lbs).
- Cincel biselado.
- Martillo Perforador Liviano (45lbs).
- Sierra para concreto (según se necesite).
- Cepillo de alambre.
- Compresor de aire.
- Concreto (Cemento Pórtland de alta resistencia).
- Agentes epóxicos adherentes o lechada.
- Unidad de chorro de agua.
- Unidad de chorro de arena (según se necesite).
- Equipo de señales preventivas.

#### 4.1.4. DAÑO: ACERO EXPUESTO.



Fig. 4.29. Fotografía: Acero Expuesto bajo la losa.

##### 4.1.4.1. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:

Las áreas de pérdida de material a veces se extienden más allá del acero de refuerzo, ésta pérdida de material provoca que el acero quede expuesto a la intemperie y adquiera corrosión. Debe corregirse a tiempo éste daño, ya que si se deja expuesto demasiado tiempo el acero puede fisurarse y perder sección.

##### 4.1.4.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.

Debe removerse todo concreto dañado de la periferia del acero de refuerzo. Debe ejercerse cuidado en el uso de sierras y otras herramientas al momento de quitar el concreto malo, para así evitar dañar el acero.

La profundidad de corte es de 3/4 de pulgadas (19mm) de espacio libre entre el acero y concreto.

Después de retirar el concreto malo, debe de limpiarse el acero de refuerzo, así como la superficie del área de concreto removido. El acero debe de quedar



limpio, libre de óxido, pedazos de concreto, etc. Esto puede llevarse a cabo mediante el cepillado de las barras de acero. Antes de colocar el nuevo concreto, se tiene que proteger el acero de refuerzo, deberá de aplicarse una capa de pintura anticorrosiva a las barras de acero.

Una vez limpio el acero así como el área de concreto a reparar, y protegido adecuadamente el acero de refuerzo, se procede a aplicar a la superficie un epóxico u otro agente adherente aceptable para adherir el concreto viejo y el acero con el nuevo concreto; para proseguir con la colocación del nuevo concreto y curado del mismo (Ver referencia 4.1.3.2).

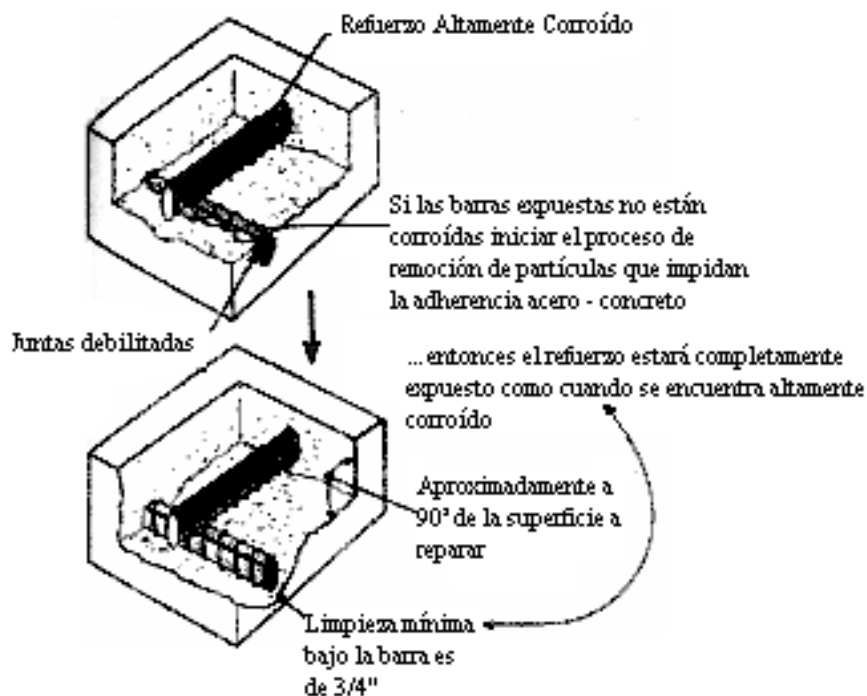


Fig. 4.30. Ilustración de cómo se prepara la superficie de acero expuesto<sup>30</sup>.

<sup>30</sup>

Fuente: Esquema de Trabajo de Graduación: "Inspección, Evaluación y Diagnóstico en Puentes de Concreto Reforzado". Autor: Raymundo Giovanni García, Salvador Osorio y Sergio Henríquez. Universidad Politécnica de El Salvador. Junio 2000.

**4.1.4.3. PROCEDIMIENTO.**

1. Colocar señales y dispositivos de seguridad necesarios.
2. Remover todo concreto dañado y descubrir el acero, picando el concreto que pueda cubrir las barras de acero.
3. Eliminar el óxido no adherido a las barras de acero, esto se llevará a cabo con un cepillo de alambre.
4. Limpiar el área de la superficie de concreto que ha sido expuesta, mediante el uso de un compresor de aire, cepillo metálico, etc.
5. Aplicar una capa de pintura anticorrosiva al acero de refuerzo expuesto.
6. Colocar el adhesivo tanto en el acero como en el concreto.
7. Proporcionar, mezclar y colocar adecuadamente el concreto con cualquiera de los métodos que se utilizan para reparar concreto degradado (Ver referencia 4.1.3.2 “Guía de Métodos para colocar Concreto”).
8. Proporcionar una superficie adecuada al área reparada; la cuál va a depender del uso que tendrá ésta área en el puente.
9. Una vez se deja la superficie adecuada, se procede a curar adecuadamente el área reparada. Éste método dependerá del lugar

donde se ha llevado la reparación en el puente (Ver referencia 4.1.3.2 “Métodos y Materiales de Curado”).

10. Retiro de señales y dispositivos de seguridad.

#### **4.1.4.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- Martillo (30lbs).
- Cincel.
- Sierra de concreto (según se necesite).
- Cepillo de alambre.
- Unidad de chorro de agua.
- Compresor de aire.
- Concreto (Cemento Pórtland de alta resistencia).
- Agentes epóxicos o lechada (según se necesite).
- Pintura anticorrosiva.
- Equipo de señales preventivas.

## 4.2. ACERO ESTRUCTURAL.

### 4.2.1. DAÑO: CORROSIÓN DEL ACERO.



a) Barandales de acero



b) Viga de acero

Fig. 4.31. Fotografías a y b: Elementos de puentes en evidente estado de corrosión.

#### 4.2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:

Se define como una acción química, electromecánica, mecano química, o biológica, lenta o acelerada de la naturaleza o el medio ambiente, que degrada y destruye los materiales. Este fenómeno, al que se da el nombre de corrosión se manifiesta más evidentemente en los cuerpos sólidos como son los metales. Existen varios tipos de corrosión en metales. Cuando la superficie del metal se corroe en una forma casi uniforme se dice que la corrosión es *superficial*. Se puede decir que es la forma más benigna o menos peligrosa pues el material se va gastando gradualmente extendiéndose en forma homogénea por toda la superficie metálica y su penetración es igual en todos los puntos. Un ataque de éste tipo permite evaluar fácilmente y con bastante exactitud la vida de servicio de materiales expuestos a él. A veces el ataque se profundiza más en algunas partes pero sin dejar de presentar el carácter de ataque general constituyendo un caso intermedio de corrosión uniforme y corrosión localizada, en éste caso se dice que se trata de corrosión en *placas*.

La corrosión puede presentar varias formas que difieren en apariencia:

**Corrosión general:** La corrosión general es la forma más común que se puede encontrar y la más importante en términos de pérdidas económicas. Se caracteriza por un ataque más o menos uniforme en toda la superficie expuesta con solamente variaciones mínimas en la profundidad del daño. En las estructuras se pueden usar recubrimientos especiales para minimizar el ataque de la corrosión.

**Corrosión Galvánica:** Se puede producir un daño severo por corrosión cuando dos o más metales distintos se acoplan eléctricamente. Esto se conoce como corrosión galvánica y resulta por la existencia de una diferencia de potencial

entre los metales acoplados que causa un flujo de corriente entre ellos. El metal más activo padece una corrosión más acelerada, mientras que la corrosión en los miembros menos activos se retarda o se elimina.

**Corrosión por hendiduras:** La corrosión por hendiduras es un tipo que se presenta en espacios confinados o hendiduras que se forman cuando los componentes están en contacto estrecho. Para que se presente la corrosión por hendidura, la hendidura debe ser muy cerrada, con dimensiones menores a un milímetro. Aunque no se han definido los límites de la brecha, es conocido que este tipo de corrosión no se presenta en espacios más grandes.

**Picaduras:** Las picaduras son una parte localizada de corrosión en la que el ataque está confinado a muchas cavidades pequeñas en la superficie del metal. Las cavidades que se forman pueden variar en cantidad, tamaño y forma. Las picaduras pueden contribuir de manera importante a una falla general, en componentes sujetos a esfuerzos muy altos, dando como consecuencia la falla por corrosión bajo tensión.

**Agrietamiento por corrosión y esfuerzos:** El agrietamiento por corrosión y esfuerzos es una falla corrosiva en la que se forman las grietas de un componente bajo la acción combinada de esfuerzos mecánicos y un medio ambiente agresivo. Los esfuerzos y el medio ambiente agresivo se unen para ocasionar una falla súbita.

#### **4.2.1.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

La corrosión del acero se acelera considerablemente si la suciedad y los desechos detienen la lluvia o agua de lavado y mantiene humedad en contacto

con la superficie del acero. Las áreas afectadas por la corrosión deberán limpiarse hasta que queden libres de suciedad y óxido. Esta labor se llevará a cabo cepillando las barras con cepillos de cerdas de alambre, con arena o agua a presión, etc.

El proceso de limpieza se debe efectuar mediante lavado con chorros de agua. Las áreas con considerable acumulación de suciedad y desechos deben limpiarse a fondo con cepillos y/o raspadores. El agua se aplicara a presión usando una bomba y una manguera. Cuando la estructura que se esta limpiando esta en un cruce de agua, se puede bombear directamente el agua desde la corriente (si un análisis indica que el agua no será un contaminante más, que a futuro corroa más la estructura), si no fuera así la fuente de agua puede ser un tanque de agua potable.

Una vez realizada la limpieza total de los miembros corroídos se prosigue con la colocación de las capas de pintura (debe hacerse hincapié en revisar las indicaciones de aplicación de los fabricantes de la pintura). La mayoría de las capas de revestimiento de puentes se pueden aplicar con brocha, rodillo o aspersor, pero la gran mayoría de ellas son aplicadas por el método convencional de aspersor de aire atomizado.

Aunque es responsabilidad del contratista asegurarse que la aplicación de las capas de pintura está acorde a las especificaciones técnicas, puede haber una verificación independiente de que dichas capas se ha aplicado adecuadamente.

#### **4.2.1.3. PROCEDIMIENTO.**

1. Colocación de las señales y equipo de seguridad necesarias.

2. Realizar la limpieza de la zona oxidada mediante el uso de cepillos de cerdas metálicas y/o chorro de agua a presión.
3. Colocación de las capas de pintura de manera que cubran completamente la zona dañada, esto se puede hacer mediante el uso de rodillos, brochas o aspersor de aire atomizado.
4. Revisar la correcta aplicación de la pintura.
5. Retirar todo el equipo.

#### **4.2.1.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- Cepillos de hebras metálicas.
- Raspadores.
- Bomba.
- Manguera.
- Aplicadores de pintura (brochas, compresores, etc.)
- Lija.
- Agua potable (Si fuere necesario).
- Pintura.
- Solventes.



#### 4.2.2. DAÑO: DEGRADACIÓN DE LA PINTURA.



Fig. 4.32. Fotografía: Viga de acero con presencia de degradación de la pintura.

##### 4.2.2.1. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:

La degradación de la pintura consiste en la desintegración gradual y continua de la capa protectora de pintura que se encuentra sobre el miembro de acero.

La pintura del acero cumple dos propósitos importantes. El primer es preservar la integridad estructural del acero evitando el ataque de los elementos corrosivos, y el segundo es proporcionar al público que viaja una apariencia agradable.

El problema de la degradación de la pintura esta íntimamente relacionada con la corrosión, ya que en los puntos donde la pintura presente fallas de degradación, ahí comenzara el miembro de acero a corroerse, y si no se descubre y trata a tiempo la corrosión empezara a extenderse por alzamiento o

socavación y progresivamente destruirá el sistema de pintura. Esto significa que la inspección regular y la reparación de áreas individuales son esenciales para prolongar la vida de la capa de protección.

Los sistemas de pintura se desmoronan gradualmente a causa de la exposición prolongada a la luz solar, al calor y al frío.

#### **4.2.2.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

El método para atacar el problema es evitar que la degradación se extienda a todo el miembro de acero. Para eso deben realizarse inspecciones regulares, para detectar los problemas de degradación antes que se conviertan en graves.

En las áreas donde el elemento presente problemas de desintegración de la pintura debe sustituirse el material dañado con nuevas capas de pintura, si fuere posible de mejor calidad y mejores características que la pintura anterior.

Si la degradación ha alcanzado cubrir la mayor parte del elemento, la sustitución total del sistema de pintura del elemento sería lo más recomendable, esto con el fin de dejar el acabado final con un espesor uniforme.

#### **4.2.2.3. PROCEDIMIENTO.**

El proceso de limpieza del elemento y aplicación de las capas de pintura puede hacerse tal y como se describió en el apartado 4.2.1 “Corrosión del Acero Estructural”, ya que éstos dos problemas están íntimamente relacionados.

#### **4.2.2.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- Cepillos de hebras metálicas.
- Raspadores.
- Bomba.

- Manguera.
- Aplicadores de pintura (brochas, compresores, etc.)
- Lija.
- Agua potable (si fuere necesario).
- Pintura.
- Solventes.

#### **4.2.3. DAÑO: PERDIDA DE PERNOS Y/O REMACHES**

##### **4.2.3.1. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:**

Las superestructuras de puentes que incorporan uniones remachadas o con pernos como parte del sistema estructural están sometidas al aflojamiento de las conexiones. Este aflojamiento de las conexiones induce deslizamientos en las uniones, causa distorsión y aumenta la vulnerabilidad de la estructura a la falla por fatiga.

Generalmente los remaches defectuosos o flojos se deben a una colocación inadecuada o a defectos de fabricación. Nunca se debe tratar de apretarlos, la única manera de corregir ésta falla es cambiándolos. La operación debe realizarse con remachadores neumáticos, se calientan uniformemente hasta que adquiera un ligero color cereza y se colocan inmediatamente. Todos los remaches cuyas cabezas resulten más rojas que el cuerpo, que presenten escorias, escamas o cualquier otra materia adherida, o defectuosas, serán desechados.

#### **4.2.3.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

Se deben hacer inspecciones periódicas de las conexiones remachadas o con pernos para asegurarse de que todos los remaches y pernos se mantienen en una condición de buen ajuste y que las uniones no se pueden deslizar.

Las conexiones remachadas se tienen que inspeccionar golpeando las cabezas individuales de los remaches con un martillo de bola con mango de acero.

Los remaches que han mantenido el ajuste adecuado producirán un sonido agudo, distintivo y vibrante. Los remaches con ajuste dudoso producirán un sonido seco.

Los remaches que están destinados a aflojarse deben ser reemplazados. El reemplazo de los remaches defectuosos se debe efectuar cortando las cabezas de los remaches y quitando el cabo. Se deberá tener cuidado de no dañar el metal adyacente y, si es necesario, deberán quitarse los cabos de los remaches mediante taladro.

Después de quitar los remaches defectuosos y antes de colocar los nuevos pernos, deberá limpiarse el orificio del perno y el metal adyacente con cepillos de alambre o preferiblemente con sopletes inyectoros de arena a presión, hasta obtener superficies libres de todo vestigio de corrosión y libres de cualquier mancha; después de la limpieza se deben instalar pernos de alto poder.

Deben examinarse las conexiones con pernos para determinar si hay pernos flojos, para lo cual se inspeccionarán las roscas. Si se encuentra que las roscas están flojas, se les deberá reemplazar en lugar de ajustarlas.

**4.2.3.3. PROCEDIMIENTO.**

1. Colocar señales y dispositivos de seguridad necesarios.
2. Quitar todos los remaches y/o pernos flojos y defectuosos.
3. Limpiar la superficie expuesta con cepillos de alambre o arena a presión.
4. Reemplazar los pernos y/o remaches defectuosos.
5. Retiro de señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.

**4.2.3.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- Cepillo de alambre.
- Pernos.
- Arandelas.
- Roscas.
- Llave para pernos.
- Martillo de bola con mango de acero.
- Unidad de chorro de arena (según se necesite).
- Destornilladores o Desarmadores (según se necesite).

### 4.3. CABLES DE ACERO.

#### 4.3.1. DAÑOS: CORROSIÓN DE CABLES Y FALLAS DE LUBRICACIÓN.

##### 4.3.1.1. DESCRIPCIÓN DE DAÑOS:

Ya en operación se proporcionará al cable de acero una vigilancia de mantenimiento constante y programado para observar corrosión, deformaciones, aplastamientos, desgastes, reducción de diámetro, roturas de alambre, fallas de lubricación, etc., y de esa manera decidir el momento oportuno de su reposición.

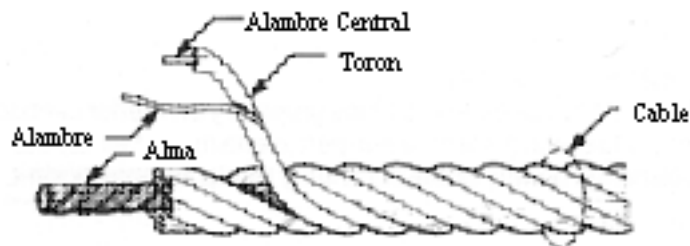


Fig. 4.33. Estructura de un Cable de Acero.

##### 4.3.1.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.

El cable de acero como cualquier otro equipo requiere mantenimiento y éste básicamente consiste en lubricación e inspección. Es importante que como resultado de la inspección se tomen las medidas necesarias para hacer cortes con el objeto de eliminar las zonas de desgaste o concentración de esfuerzos para de esta manera poder seguir operando los cables con máximas condiciones de seguridad.

La lubricación deberá hacerse en forma periódica de acuerdo con las condiciones ambientales y se usará un lubricante que tenga propiedades

anticorrosivas y antifriccionantes, que sea estable en un amplio rango de temperatura, que posea cualidades de alta compresión, que tenga residual y que pueda penetrar fácilmente entre los alambres y entre los torones con el objeto de lubricar la parte interior de los mismos y preservar el alma en caso de cables con alma de fibra o evitar el desgaste en caso de cables con alma de acero.

Por último, a los cables se les pone durante el proceso de fabricación un lubricante que los preserve durante su transporte, almacenamiento, y para iniciar su operación; sin embargo cuando un cable permanezca bastante tiempo en almacenamiento es conveniente relubricarlo al ponerlo en servicio.

#### **Prevención.**

Es necesario que después de cada revisión se restablezca el engrasado en aquellas partes que lo ameriten.

Recordar que un cable fuera de operación está sujeto a mayor deterioro por falta de vigilancia comparado con uno en uso.

En estos casos se requiere la misma vigilancia que cualquier cable en uso. Como precaución, un cable que sea retirado de servicio deberá desecharse por completo para evitar aplicaciones de emergencia que generalmente traen como consecuencia el riesgo de un accidente.

#### **4.3.1.3. PROCEDIMIENTO.**

1. Colocar señales y equipo de seguridad necesarios, antes de iniciar el proceso de mantenimiento y reparación.

2. Realizar la limpieza de la zona oxidada mediante el uso de cepillos de cerdas metálicas, raspadores, lija y/o chorro de agua a presión.
3. Colocar un lubricante a los cables de acero, que tenga propiedades anticorrosivas y antifriccionantes, éste trabajo puede hacerse por medio de engrasadoras.
4. Verificar el correcto engrasado en aquellas partes que lo ameriten.
5. Retiro de señales y equipo de seguridad.

#### **4.3.1.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- Cepillo de alambre.
- Raspadores.
- Lijas.
- Unidad de chorro de agua (según se necesite).
- Engrasadora.
- Lubricante.

#### **4.4. LAMINA TROQUELADA.**

##### **4.4.1. DAÑOS: CORROSIÓN Y PÉRDIDA DE LA CAPA PINTURA.**

###### **4.4.1.1. DESCRIPCIÓN DE DAÑOS:**

Generalmente los daños que se presentan en éste tipo de material, son similares a los que presenta una estructura de acero.



Algunos ejemplos de los daños que se presentan en láminas troqueladas, pueden apreciarse en las siguientes fotografías.



Presencia de corrosión y pérdida de la capa de pintura



Presencia de pérdida de sección



Presencia de corrosión, pérdida de la capa de pintura y de sección



Fig. 4.34. Ejemplos de diferentes daños que se dan en láminas troqueladas.

#### 4.4.1.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.

Además del proceso de retirar todo vestigio de corrosión y aplicar nuevas capas de pintura a las láminas troqueladas, se puede aplicar también el proceso de

anodizado<sup>31</sup>, el cual consiste en crear sobre el aluminio crudo una capa de óxido tremendamente dura por medio de un proceso electroquímico. Esta capa debido a su especial constitución puede ser coloreada generando todos los tonos de bronces y oros conocidos por el público. El anodizado natural, llamado así por que se le realiza un proceso de coloreado, ofreciendo un acabado mate con el color natural del aluminio. Dependiendo del espesor de la capa de anodizado dependerá la resistencia a la abrasión y su durabilidad ante ambientes corrosivos.

Entre los usos que tiene el anodizado natural son los siguientes:

- Resistente a la corrosión y a la abrasión.
- Aislamiento eléctrico por la elevada resistencia de la película anódica.

Generalmente éste proceso, es un acabado que se le da a la superficie de la lámina troquelada, como tratamientos que incrementan la durabilidad del aluminio creando una barrera contra el ataque del medio ambiente.

Además de éste acabado, también existe la aplicación de pintura alucolor<sup>31</sup> ésta pintura es líquida y electrostática con excelente durabilidad. Este tipo de recubrimiento brinda una mayor protección a ambientes especialmente agresivos como el marino y a sustancias ácidas.

El proceso de aplicación de la pintura comienza por el pretratamiento, donde se aplica una capa de cromo-fosfato amorfo que pasiva al aluminio haciéndolo menos proclive a la oxidación y generando una capa intermedia donde la pintura se ancla más fácilmente, incrementando la adherencia. Luego de esto

---

<sup>31</sup> Fuente: Página web.: Alumina. Catálogo Acabados y Pintura.

se procede a la aplicación de la pintura en equipos automáticos de muy alto rendimiento donde se garantiza una estabilidad en la aplicación de la capa de pintura y, por ende, del color.

Finalmente, la pintura se hornea para lograr una polimerización de la resina que en nuestros casos puede ser: acrílica o poliéster, para llenar finalmente las más altas exigencias internacionales de aplicación.

Entre los usos que tiene la pintura alucolor son las siguientes:

- Ideal para ambientes húmedos y regiones marinas.
- Resistente a reactivos químicos, a la corrosión y al impacto.

#### **4.4.1.3. PROCEDIMIENTO.**

1. Colocar señales y equipo de seguridad necesarios, antes de iniciar el proceso de mantenimiento y reparación.
2. Realizar la limpieza de la zona oxidada mediante el uso de cepillos de cerdas metálicas, raspadores, lija y/o chorro de agua a presión.
3. Si se utiliza el método de anodizado natural, se realiza un proceso de coloreado, brindando un acabado mate a la superficie con el color natural del aluminio.
4. Si el proceso es con pintura alucolor, u otro tipo de pintura que brinde impermeabilización, deberán aplicarse las capas necesarias para la protección de la superficie de la lámina. Este trabajo, puede llevarse a cabo mediante brochas, rodillos o aspersor de aire atomizado.

5. Verificar la correcta aplicación de las capas de pintura.
6. Retiro de señales y equipo de seguridad.

#### **4.4.1.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- Cepillo de alambre.
- Raspadores.
- Lijas.
- Unidad de chorro de agua (según se necesite).
- Brochas.
- Aspersores.
- Pintura anticorrosiva e impermeabilizante.
- Pintura alucolor (según se disponga).

### **4.5. MADERA.**

#### **4.5.1. DAÑOS: DEGRADACIÓN DE LA MADERA, ASTILLAMIENTO, PÉRDIDA DE CLAVOS Y/O PERNOS Y CORROSIÓN.**

##### **4.5.1.1. DESCRIPCIÓN DE DAÑOS:**

La durabilidad natural de una madera es la resistencia natural que presenta frente al ataque de hongos e insectos. La mayor o menor durabilidad de una madera depende del mayor o menor contenido de resinas, taninos, aceites, etc., que impregnan sus tejidos.

Existen dos tipos de **agentes de degradación** de la madera:

1. **Los agentes abióticos.** Son la humedad, la luz del sol, los cambios bruscos de temperatura y el fuego.

2. **Los agentes bióticos.** Son los insectos xilófagos, los hongos xilófagos, los xilófagos marinos y las bacterias.

**Xilófagos:** Se denominan así a organismos que se alimentan de la madera, básicamente de la celulosa y la lignina. Xilófagos: XILO = madera y FAGOS = comer.

### **SÍNTOMAS DE ATAQUES A LA MADERA.**

La sintomatología de la madera puede ser muy diversa y se clasifica en función del agente causante.

Podrá observarse lo siguiente:

#### Humedad:

- Provoca hinchazón y aumenta la probabilidad de ataques de insectos y hongos. También puede provocar la aparición de grietas al volverse a secar.



Fig. 4.35. Evidencia de Pudrición en Tablones de Rodadura y Vigas a causa de la Humedad.

### El Sol:

- Provoca una degradación superficial que vuelve la madera grisácea (fotodegradación). Y los cambios bruscos climáticos son los causantes principales de la aparición de grietas.
- La radiación solar actúa principalmente a través de los rayos ultravioletas e infrarrojos. Los rayos ultravioletas degradan progresivamente las resinas de los productos de acabado, sobre todo aquellos que no están protegidos por pigmentos, es decir, los transparentes.
- Los rayos infrarrojos tienen una acción indirecta al producir un recalentamiento de la superficie de la madera que la va degradando. Este calentamiento es mayor si se utilizan protectores con mucho pigmento, es decir, los oscuros. Por tanto, no es aconsejable usar para maderas muy expuestas al sol protectores transparentes ni oscuros, debiéndose utilizar protectores medianamente pigmentados.

### Hongos:

- Presencia de micelios o de cuerpos fructíferos, en forma de pequeñas setas.
- Pérdida de resistencia mecánica, ablandamientos o desintegración de la madera. Al utilizar un punzón observaremos que saltan astillas con facilidad y que son pequeñas.
- Olor característico a moho.
- Al golpear la madera podremos oír un sonido hueco.
- Cambio de color en la madera (decoloración), generalmente aparecen rayas y manchas.
- Podemos encontrar algunos insectos xilófagos que atacan a la madera infestada por hongos.



Fig. 4.36. Presencia de Hongos en Tablones de Rodadura.

#### Insectos:

- Agujeros de salida producidos por los insectos en la superficie de la madera.
- Presencia de aserrín en los agujeros de salida.
- Galerías o túneles en la superficie o próxima a ésta.
- Presencia de larvas o de pulpas en el interior de la madera.
- Ruidos característicos producidos por las larvas cuando roen.
- Hundimientos o irregularidades en la superficie exterior de la madera (que se les conoce como "sopladuras").

La aparición de grietas es más difícil de evitar, ya que se deben al tráfico y a los cambios de temperatura.

#### **4.5.1.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

Siempre es conveniente proteger la madera contra agentes como la humedad, el sol o los cambios de temperatura con un protector adecuado. Los protectores

pueden ser FUNGICIDAS (protegen contra los hongos), INSECTICIDAS (contra los insectos), HIDRÓFUGOS (contra la humedad), PIGMENTADOS o LASURES (contra la acción de los rayos solares).

Para evitar la acción de los agentes de degradación de la madera se utilizan **protectores químicos** que pueden dividirse en dos clases:

1. **Protectores hidrosolubles.** Son soluciones acuosas de materias insecticidas, fungicidas o retardantes del fuego. Se emplean generalmente para madera en contacto directo con el suelo y para protección contra el fuego.
2. **Protectores orgánicos.** Son los que más se emplean en madera de construcción, pues no son solubles en agua y su poder de penetración es mayor. Están formados por productos químicos con propiedades insecticidas, fungicidas y repelentes al agua, disueltos en productos derivados del petróleo.

Es importante proteger la madera antes de que sea expuesta a los agentes atmosféricos. Aunque si ya está siendo atacada, puede protegerse, para eliminar el problema y prevenir problemas futuros.

Los tratamientos son divididos según el tipo de xilófago que se va a combatir:

- a) Hongos xilófagos.
- b) Termes.
- c) Otros xilófagos (Carcoma, Capricornio, etc.)



**a) Hongos Xilófagos.**

Lo más importante y fundamental en el control de hongos xilófagos es eliminar las fuentes de humedad que han provocado su aparición, ya que de lo contrario la aplicación de productos químicos (fungicidas) no impedirá que la madera siga infectada.

En general se usará un producto Fungicida e Insecticida ya que esta doble función permitirá el control y prevención de hongos y de insectos, sobre todo teniendo en cuenta que la presencia de hongos antecede a la de insectos xilófagos en la mayoría de las ocasiones.

Las técnicas de aplicación utilizadas son:

- **Pulverización** (impregnación) de las superficies externas de la madera.
- **Inyección** de producto químico en el interior de la madera.

Según el tipo de hongos al que nos estamos enfrentando, se procederá:

**□ *Pulverización Exterior.***

Dos o tres pulverizaciones con equipos de presión previa o con bombas de inyección, con la boquilla adecuada, de forma que la madera absorba un mínimo de 250 gr/m<sup>2</sup> del producto utilizado.

**□ *Inyección.***

Con un taladro se perforan orificios en la madera con una profundidad máxima de 2/3 del grosor de ésta y separados unos de otros 20 cm., colocados éstos orificios en filas paralelas a 30 cm de separación entre filas y estando los agujeros de una fila con respecto a la otra al tresbolillo. Se introducen inyectores con válvulas unidireccionales (sin retorno) en dichos orificios, para que una bomba de inyección (máquina que permite inyectar a presión un

líquido) introduzca producto elegido hasta que la madera se ha saturado del producto.

En resumen, lo que se persigue es que el producto se absorba por toda la madera debilitándola lo menos posible. Por último se puede tapar los agujeros con masilla o con mortero epoxi.

De esta forma se ha conseguido una barrera tóxica en la madera que logrará impedir el paso de los hongos xilófagos por su interior.

#### **b) Termes.**

Se precederá al tratamiento químico tanto del terreno y muros como de la madera.

El inicio del tratamiento será el cerramiento de grietas y hendiduras con cemento para impedir el paso de los termes y continuará con la destrucción de los túneles de paso (chimeneas) construidas por los termes.

En el caso de termitas subterráneas, al no conocer si el termitero se encuentra bajo el suelo de la edificación o en el exterior de ésta, se deberá realizar tratamientos químicos de forma tal que impidan el acceso de los termes a la madera, deben crearse barreras protectoras de insecticida en el suelo y en la madera.

#### **□ *Tratamiento del Suelo.***

El objetivo es el aislamiento del puente mediante barrera química que impida el acceso de los termes.

Para ello se elige áreas próximas a los cimientos del puente (cerramiento, muros de carga y pilares). Se realizan orificios en el suelo con una separación del muro de unos 15 cm., la distancia de un orificio a otro y la profundidad va a estar en función de la de los cimientos.

Se utilizan inyectores a través de los cuales el producto, en dosis de 5 - 8 litros por inyector, se solape por capilaridad, creando bolsas insecticidas sin que queden espacios abiertos por donde puedan penetrar las termitas.

Si el terreno no presenta suficiente consistencia, o si se pueden producir filtraciones por arrastres subterráneos, o si el terreno cuenta con arbolado, plantas ornamentales, etc., que puedan resultar dañados; el sistema ha utilizar es el de abrir una zanja de 50 - 100 cm de profundidad y de 40 - 50 cm de anchura (ya que los termiteros suelen estar de 70 a 100 cm de profundidad) y pulverizarlas, así como la tierra con la que posteriormente se rellenarán éstas zanjas.

#### □ ***Tratamiento de la Madera.***

El objetivo buscado es el de crear barreras tóxicas que actuaran como curativas en el caso de que haya larvas de insectos xilófagos en el interior de la madera y como preventivas de futuros ataques.

Es imprescindible realizar tratamientos con inyección para impedir que ataquen el interior de la madera, y aconsejable la pulverización exterior, ya que protegerá la madera no solo de los termes sino de cualquier otro insecto xilófago.

Se tratarán todos los elementos de maderas estructurales y decorativas, o cualquier otro elemento susceptible de ataque por las termitas.

Es preciso proceder a la saturación de la madera con un producto insecticida formando de esta forma una cámara que facilita la penetración en el interior.

El producto insecticida tendrá una base oleosa e incorpora el insecticida y un fungicida para la eliminación de los hongos xilófagos precursores de los ataques de los insectos xilófagos.

Es necesario en el caso de las termitas subterráneas pensar en tratar toda la madera de la estructura.

**c) Otros Xilófagos.**

Los tratamientos contra Carcoma y Capricornio, que atacan sobre todo a la madera de coníferas utilizada en las estructuras de los puentes, se realizarán por pulverización exterior e inyección o la fumigación.

Los agrietamientos pueden evitarse en parte con los protectores de fondo, ya que protegen de la humedad evitando bruscos cambios dimensionales. Si una madera tiene grietas, siempre se pueden rellenar con una buena masilla epoxi para madera.

Las propiedades que debe reunir un buen protector para madera son las siguientes:

1. Poder ser aplicado sobre todo tipo de maderas.
2. Ser efectivo contra los insectos y hongos xilófagos (comen madera).
3. No ser perjudicial para el medio ambiente.
4. Ser compatible con la aplicación posterior de pinturas y barnices.
5. No afectar las propiedades de la madera.
6. No dejar olores residuales
7. Mantener su acción protectora a lo largo del tiempo.

**4.5.1.3. PROCEDIMIENTO.**

Antes de comenzar éstas actividades se deben colocar todas las señales preventivas e implementos de seguridad necesarios.

□ **Protección de la Madera.**

La protección de la madera como elemento estructural solo puede hacerse a fondo y fiablemente por impregnación bajo presión, donde el líquido protector se inyecta profundamente dentro de la madera. Cuando no se puede emplear el tratamiento de presión en los elementos que se reemplazan, se aplicará tratamiento superficial. Este método es sólo de valor limitado y no se puede considerar como permanente, especialmente si la madera entra en contacto con el suelo o en climas húmedos.

**Saneamiento:**

1. Hay que dejar la viga u otro elemento estructural con su aspecto original quitando los barnices y/o pinturas que pueda tener. Se pueden quitar con decapantes y/o procedimientos mecánicos (lijado). Una vez limpia la superficie de la madera hay que quitar posibles partes muertas frotando con un cepillo de púas de acero.
2. Aplicar el protector con brocha de pintor.
3. Comprobar que el elemento protector cubre completamente la superficie de la madera y los extremos, y que cada grieta se llena de aceite. Repartir el material con la brocha. No se debe quedar ninguna parte sin tratar porque los hongos pueden entrar fácilmente por ellas.
4. Dejar secar la primera capa.
5. Repetir una segunda aplicación de igual forma.

6. Cuando se ha dañado la superficie de la madera tratada por manejo, transporte, perforaciones o serrado, hay que aplicar tratamiento según el método anterior a las partes afectadas, antes de instalarlas en el puente.
7. Después de emplear las brochas, se deben limpiar con disolvente todas ellas, así como los recipientes usados.
8. Retirar todas las señales y dispositivos de seguridad.

#### **Tratamiento por Inyección.**

1. Hay que dejar la viga con su aspecto original quitando los barnices y/o pinturas que pueda tener. Se pueden quitar con decapantes y/o procedimientos mecánicos (lijado). Una vez limpia hay que quitar posibles partes muertas frotando con un cepillo de púas de acero.
2. Hacer agujeros profundos con taladro y una broca de 10 mm cada 30 cm. Inyectar el producto varias veces con 2 horas de espera entre cada inyección. Volver a tapar los agujeros con tacos de madera, masilla, cera o resina epóxica.
3. Retirar todas las señales y dispositivos de seguridad.

#### **□ Protección contra Termitas.**

1. Quitar los conductos de las termitas u “hormigas blancas” en las inmediaciones de los puentes de madera, por medio de palas, azadones u otras herramientas apropiadas. Al mismo tiempo empapar el suelo con

una solución química apropiada contra los insectos destructores de la madera.

2. Encontrar los nidos de termitas si es posible. Excavar el terreno y empapararlo con una solución química. El veneno en el suelo puede ser efectivo, pero puede ser necesario volver a aplicarlo en áreas con intensa actividad de termitas.

Es difícil exterminar por completo las termitas de la madera. Una vez atacan un puente de madera o una parte de él, la mayor parte de las medidas son eficaces temporalmente. Sólo puede resistir efectivamente el ataque de los insectos, la madera tratada a presión, manejada con cuidado después del tratamiento.

Donde no hay tratamiento de la madera a presión, el empapado del suelo local con un líquido protector aprobado y la sustitución de la madera infestada, se cuentan como medidas limitadas disponibles.

La madera infestada retirada de un puente se debe quemar totalmente.

Donde las termitas sean un fenómeno común es esencial hacer inspecciones frecuentes.

3. Retiro de señales y dispositivos de seguridad.

□ **Reparaciones Menores (Estructurales).**

**Reparación de Conectores y Elementos de Unión, Suelos o Perdidos.**

Los elementos de unión más frecuentes en la madera son clavos y pernos. Se aflojan con el tráfico y deben ser comprobados con frecuencia. Cuando se oxidan o se pierden se deben sustituir.

a) *Juntas Atornilladas.*

El tornillo pasante se debe ajustar al orificio taladrado. Las arandelas deben ser lo suficientemente gruesas y de diámetro grande como para que la madera no se aplaste cuando se apriete la tuerca.

b) *Juntas Clavadas.*

Los clavos son fuente frecuente de preocupaciones, en particular cuando se usa de longitud o tipos inadecuados. Si están sueltos en tableros de puentes de madera o en planchas de superficie, pueden salir por succión de las cubiertas y dañarlas. Hay que examinar si se mueven las planchas de la superficie al paso de los vehículos. Hay que extraer todos los clavos sueltos. Volver a colocar los clavos (no en los agujeros anteriores), usando clavos de longitud igual al triple del espesor de la madera. Agujerear previamente la madera si el clavo tiende a desgarrar al introducirse directamente. El diámetro del agujero previo debe ser ligeramente inferior al del clavo a colocar. Para mejorar la resistencia a la extracción se pueden usar clavos que no sean lisos:

- Clavos con estrías circulares,
- Clavos con estrías en espiral.

**Sustitución de planchas deterioradas.**

*Planchas para rodadura.*

1. Extraer todos los clavos.
2. Retirar los tablones defectuosos y limpiar la zona cubierta por el contacto de superficies.
3. Emplear nuevos tablones de las mismas dimensiones que los sustituidos.



4. Las nuevas planchas deben estar curadas y tratadas con protectores de madera.
5. Usar unos tres clavos para cada extremo de la plancha y dos clavos para cada 25cms del borde largo de la plancha. No introducir clavos cerca del borde sino al menos a 3cms del borde.
6. Todas las cabezas de los clavos deben quedar a ras de la superficie.  
Es muy importante no emplear madera con defectos, por ejemplo tablones con:
  - Arqueos.
  - Alabeos.
  - Combas.
  - Huecos.
  - Demasiados nudos.
7. Retirar todas las señales y dispositivos de seguridad.

*Tablones en Superficie.*

1. Sacar los clavos y levantar las planchas y tablones de rodadura para evitar daños a los largueros de madera.
2. Examinar si la cara superior de los largueros tiene daños o está envejecida. (Los largueros envejecidos deberán sustituirse).
3. Cubrir la cara superior de los largueros con una capa de fieltro bituminoso.

4. Colocar los nuevos tablones de madera suficientemente seca y tratada con protectores.
5. Colocar los clavos en su lugar.
6. Mantener las separaciones para drenaje y ventilación entre tablones.
7. Dejar los demás tablones antiguos si están en buenas condiciones. Sino, han de sustituirse por tablones nuevos, suficientemente secos y tratados.
8. Clavar los tablones dejando espacio en las juntas.
9. Retirar todas las señales y dispositivos de seguridad.

#### **4.5.1.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- **Protección de la Madera.**
  - Lija.
  - Decapantes.
  - Cepillo de púas de acero.
  - Brocha.
  - Producto Anticarcoma (protector).
  - Solvente (Gas).
  - Taladro.
  - Broca 10 mm.
  - Inyectores.
  - Masilla, Cera o Resina Epóxica.

- **Protección contra Termitas.**
  - Palas.
  - Azadón.
  - Picos.
  - Solución Química.
  
- **Reparaciones Menores.**
  - ***Reparación de Conectores y Elementos de Unión, Suelos o Perdidos.***
    - Clavos.
    - Pernos o Tornillos.
    - Arandelas.
    - Desarmador.
    - Llaves para tornillos.
    - Martillo.
  
  - ***Sustitución de Planchas Deterioradas.***
    - Martillo.
    - Clavos.
    - Tablas de Madera.
    - Filtro bituminoso.
    - Escobas de cerdas blandas.

## 4.6. MAMPOSTERÍA.

### 4.6.1. DAÑOS: FISURAS EN EL MORTERO, FILTRACIÓN, DEGRADACIÓN DEL MORTERO Y PIEZAS FLOJAS Y DETERIORADAS.



Muro de alas con presencia de humedad y fisuras en el mortero



Muro de alas con presencia de degradación y fisuras en el mortero



Muro de mampostería con presencia de degradación en el mortero y severa filtración



Muro de mampostería con presencia de grietas

Fig. 4.37. Fotografía de diferentes daños que se presentan en la mampostería de piedra.

#### **4.6.1.1. DESCRIPCIÓN DE DAÑOS:**

Generalmente la superestructura e infraestructura de mampostería presentan daños en el mortero similar al concreto, pero de diferente grado.

Estos daños pueden ser fisuras, pérdida de mortero, filtración o humedad y degradación del mortero. Esto se debe a que el mortero tiene menos resistencia a la tensión que el concreto.

Además de los problemas que se puedan presentar en el mortero, la piedra también sufre daños, como lo son desprendimiento y fisuras; aunque, cuando una piedra se fisura lo más recomendable es cambiar la pieza.

Los desprendimientos o piezas flojas se deben a varias razones, teniendo primeramente la pérdida de adherencia con el mortero, miembros o piezas que tiendan a trabajar a flexión, desmejoramiento de la calidad de la piedra y desgaste de la misma.

Los daños que puedan incurrir en la mampostería de piedra, básicamente se debe a la falta de mantenimiento adecuado.

#### **4.6.1.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

Los métodos de reparación para grietas o fisuras en el mortero, pérdida y degradación del mortero, así como la filtración; se tratan de igual forma que el concreto<sup>32</sup>.

Las juntas de mortero deben de mantenerse totalmente selladas, con el objeto de evitar la filtración de agua a través de las mismas. Una junta de mortero con presencia de humedad deberá de impermeabilizarse adecuadamente para

---

<sup>32</sup> Fuente: Manual para Inspección y Conservación de Puentes.  
México 1988.  
Publicado por la Dirección General de Servicios Técnicos.

incurrir en daños mayores. Cuando una junta de mortero presenta filtración, posiblemente los drenajes no estén funcionando correctamente; deberán de inspeccionarse y retirar toda materia que obstruya el flujo libre de agua (ver literal 4.11).

Una vez se hayan corregido los sistemas de drenaje, deberá permitirse secar el mortero para efectuar la reparación respectiva.

Si en el mortero se aprecian fisuras o grietas, éstas pueden repararse inyectando materiales epóxicos.

La superficie de la fisura o grieta deberá limpiarse con cepillo de alambre; debe removerse el mortero deteriorado, quedando una superficie libre de polvo y vegetación. Si existen indicios de humedad en la fisura, ésta puede retirarse a base de aire a presión de tal manera que la fisura o grieta quede totalmente seca. Cuando se ha preparado adecuadamente la superficie de la fisura o grieta, el siguiente paso es el de sellar inyectando resina epóxica (Ver literal 4.1.1.3).

En caso, que la junta de mortero presente pérdida o degradación de material, ésta se limpiará de la misma forma que se prepara un concreto; debe removerse todo mortero deteriorado, utilizando cepillo de alambre, chorro de agua a presión o aire comprimido. No se puede realizar ninguna reparación satisfactoria, hasta que haya un mortero limpio, sano, al cual se pueda adherir el nuevo mortero.

Una vez preparada la superficie de mortero, se procede a colocar la nueva mezcla. Esta mezcla consiste de una parte de cemento de mampostería o

cemento Pórtland con aire incorporado, con dos partes de agregado fino, por volumen<sup>33</sup>. Se podrá agregar cal hidratada o ceniza en una cantidad que no exceda el 10% del cemento, por peso.

El cemento Pórtland por lo general debe ser del Tipo I o de Tipo II de acuerdo con los requisitos de AASHTO M85<sup>33</sup>.

Para la colocación del nuevo mortero se recomienda utilizar el método de aplicación con llana, debido a que éste método se utiliza con frecuencia para pequeñas áreas de reparación. Así mismo deberá utilizarse el método de rociado o aspersión para el curado. Aunque éstas últimas dos, dependerán del contratista.

Además de los daños que puedan incurrir en las juntas de mortero, la piedra también está propensa a deteriorarse. Entre los daños que se puedan dar en estas piezas tenemos: fisuras y desprendimientos. Aunque lo más recomendable para piedras fisuradas o agrietadas, es cambiarlas por piedras sanas. “Estas piedras podrán ser de canto rodado o roca labrada de cantera, debe ser dura, sana, libre de grietas u otros defectos que tiendan a reducir su resistencia a las solicitaciones que estará sometida y a los efectos de intemperismo. Las superficies de las piedras deben estar exentas de tierra, arcilla o cualquier materia extraña, que pueda obstaculizar la perfecta adherencia de ésta con el mortero. Las piedras pueden ser de forma cualquiera y sus dimensiones pueden variar entre 10 a 30cm. Las piedras deben ser de materiales que tengan un peso mínimo de 1400(Kg/m<sup>3</sup>)”<sup>33</sup>.

---

<sup>33</sup> Fuente: SIECA 2000.

Tanto para piedras flojas o agrietadas, se deberá remover la piedra y el mortero circundante. Además, las superficies de las piedras existentes y de las que se repondrán, deberán de humedecerse antes de colocarlas, con el objeto de quitar la tierra, arcilla o cualquier materia extraña que impida la adherencia de éstas piezas con el mortero.

Una vez se han preparado las piedras, se procede a colocarlas en las estructuras. Las piezas nuevas deberán de colocarse de tal manera que se obtenga una buena trabazón. Los intersticios entre las piedras deben ser mínimos y éstos deben de quedar totalmente llenos de mortero.

Cuando son piedras existentes, éstas deberán quedar casi similares a la posición original que tenían en la estructura. Si éstas no llegasen a adherirse al nuevo material, debe de construirse un encajonamiento de concreto reforzado<sup>34</sup>.

Inmediatamente después de la colocación de la mampostería, toda la superficie visible de la(s) piedra(s) se deben limpiar de las manchas de mortero y mantenerse limpias hasta que la reparación esté terminada.

Seguidamente se procederá a curar adecuadamente la superficie (Ver referencia 4.1.3.2 “Métodos y Materiales de Curado”).

---

<sup>34</sup> Fuente: Manual para Inspección y Conservación de Puentes.  
México 1988.  
Publicación: Dirección General de Servicios Técnicos.



#### **4.6.1.3. PROCEDIMIENTO.**

Antes de comenzar éstas actividades se deben colocar todas las señales de tránsito e implementos de seguridad necesarios.

##### **□ Fisuras en el Mortero.**

1. Limpiar la superficie con presencia de fisuras o grietas.
2. Secar la fisura o grieta con aire a presión.
3. Inyectar la fisura o grieta con resina epóxica.
4. Retiro de señales.

##### **□ Pérdida y Degradación del Mortero.**

1. Retirar todo mortero deteriorado.
2. Proporcionar y mezclar adecuadamente el mortero.
3. Colocar el nuevo mortero en las superficies preparadas y limpias.
4. Curar adecuadamente el nuevo mortero.
5. Retiro de señales.

##### **□ Piedras Agrietadas y Flojas.**

1. Retirar todo el mortero no adherido y piedras agrietadas o flojas.
2. Limpieza de piedras existentes y nuevas.
3. Colocar las piedras a la estructura, procurando dejar buena trabazón entre ellas.
4. Si no se adhieren las piezas nuevas a la estructura, deberá de construirse un encajonamiento de concreto reforzado.
5. Limpieza de la mampostería.
6. Curar adecuadamente la mampostería.

## 7. Retiro de señales.

### **4.6.1.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- Equipo de señales preventivas.
- Cepillo de alambre.
- Compresor de aire.
- Chorro de agua (según se necesite).
- Cemento.
- Arena.
- Grava.
- Agua.
- Llanas Metálicas.
- Resina Epóxica.
- Inyectores.
- Cal Hidratada (según se necesite).
- Ceniza (según se necesite).
- Aditivo inclusor de aire (según se necesite).
- Tenaza.
- Alicates.

## **4.7. CONCRETO ASFÁLTICO.**

### **4.7.1. DAÑOS: PIEL DE COCODRILO, ONDULACIONES, FISURAS Y DEPRESIONES O BACHES.**

Los concretos asfálticos constituyen la clase superior de los pavimentos bituminosos.

El concreto asfáltico mezclado en vía, consiste en una o varias capas compactadas de una mezcla de agregados minerales, asfalto líquido, producido en la vía por medio de plantas viajeras, moto niveladora, arados agrícolas o cualquier otro tipo capaz de mezclar agregados y asfalto sobre la superficie de la vía. Este tipo de concreto asfáltico se puede emplear como capa de rodamiento para tráfico liviano y mediano, como base de pavimentos flexibles para tráficos mediano y pesado o como capa intermedia.

❖ **USO.**

El concreto asfáltico mezclado en planta y colocado en frío se usa por lo general para reparaciones y obras pequeñas, en las cuales no se justifica la operación de una planta de mezcla en caliente, consiste en una combinación de áridos y materiales asfálticos producida en una planta sin calentamiento previo de los materiales y cuya colocación en la vía y la consiguiente compactación se hacen a la temperatura ambiente.

El concreto asfáltico mezclado en planta y compactado en caliente es el pavimento asfáltico de mejor calidad y se compone de una mezcla de agregados gradados y asfalto, realizada a una temperatura aproximada de 150°C colocada y compactada en caliente. Las plantas para la producción de mezclas en caliente se construyen de tal manera que, después de calentar y secar los agregados, los separa en diferentes grupos de tamaños, los recombina en las proporciones adecuadas, los mezcla con la cantidad debida de asfalto caliente y finalmente los entrega a los vehículos transportados, que a su vez la colocan en la máquina pavimentadora para que ésta la deposite sobre la vía con un espesor uniforme, después de lo cual se compacta mediante rodillos mientras la temperatura se conserva alta.

#### **4.7.1.1. DESCRIPCIÓN DE DAÑOS:**

Los daños en las superficies asfálticas pueden presentar diversas apariencias según el grado de deterioro de éstas. Entre los diversos daños o problemas que pueden presentar las calzadas asfálticas tenemos:

- **Piel de Cocodrilo.**

Se caracteriza por una serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio menor a 30 cm. El fisuramiento empieza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo, cuando el pavimento es solicitado por una carga. Las fisuras se propagan a la superficie, inicialmente, como una serie de fisuras longitudinales paralelas; luego por efecto de la repetición, evolucionan interconectándose y formando una malla cerrada, que asemeja el cuero de un cocodrilo. Ocurren necesariamente en áreas sometidas al tránsito, como las huellas de canalización del tránsito. Si la base y la sub-base son débiles, el fisuramiento será acompañado por ahuellamientos. Cuando el drenaje es inadecuado, el fisuramiento se presentará en primera estancia, en las huellas de canalización exteriores. En su etapa final, el agrietamiento se transforma en bache. La misma sección del pavimento presentara fisuras y grietas de cocodrilo, ahuellamiento y baches.

Son causadas por la fatiga que sufren las capas asfálticas al ser sometidas a las cargas repetidas del tránsito. Por lo general, el fisuramiento indica que el pavimento ya no tiene capacidad estructural de sostener las cargas de tránsito y ha llegado al fin de su vida útil. El ligante por lo general ha envejecido y por ende ha perdido la flexibilidad de sostener cargas repetidas al tránsito sin agrietarse.

Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo).** Fisuras muy finas, menores de 2 mm de ancho, paralelas con escasa interconexión, dando origen a polígonos de cierta longitud; los bordes de las fisuras no presentan despostillamiento.

**M (Mediano).** Fisuras finas a moderadas, de ancho menor a 5 mm, interconectadas formando polígonos pequeños y angulosos, que pueden presentar un moderado despostillamiento en correspondencia con las intersecciones.

**A (Alto).** La red de fisuras ha progresado de manera de constituir una malla cerrada de pequeños polígonos bien definidos, con despostillamientos de severidad moderada a alta, a lo largo de sus bordes; algunas de estas piezas pueden tener movimientos al ser sometidas al tránsito y/o pueden haber sido removidas por el mismo formando baches.

Las fisuras Piel de Cocodrilo se miden en metros cuadrados de superficie afectada. La mayor dificultad en la medición radica en que dos o hasta tres niveles de severidad pueden existir dentro de una misma área fallada. Si estas porciones pueden ser distinguidas fácilmente, una de otra, se miden y registran separadamente. Si los distintos niveles de severidad no pueden ser divididos fácilmente, la totalidad del área se califica con la mayor severidad observada.



Fig. 4.38. Fotografía de calzada con problemas de piel de cocodrilo.

- **Fisuras en bloque.**

Serie de fisuras interconectadas formando piezas aproximadamente rectangulares, de diámetro promedio mayor de 30 cm, con un área variable de 0.10 a 9.0 m<sup>2</sup>. La fisura en bloque se presenta normalmente en una gran área del pavimento y algunas veces ocurren solamente en las áreas no afectadas por el tráfico.

Son causadas principalmente por la contracción de las mezclas asfálticas debido a las variaciones diarias de temperatura. La ausencia de tráfico tiende a acelerar la formación de éstas grietas de contracción. También se debe a cambios de volumen del agregado fino de las mezclas asfálticas con un ligante de penetración baja. Por lo general, el origen de éstas fisuras no está asociado a las cargas de tráfico; sin embargo, dichas cargas incrementan la severidad de las fisuras. La presencia de fisuras en bloques generalmente es indicativa de que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo).** Existen algunas de las siguientes condiciones: Fisuras sin sellar, de ancho promedio a 2 mm con presencia de despostillamiento menor. Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condiciones satisfactorias que no permiten la filtración de agua.

**M (Mediano).** Existen algunas de las siguientes condiciones: Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 2 y 5 mm. Fisuras sin sellar de ancho promedio menor de 5 mm con presencia de despostillamiento menor. Fisura sellada de cualquier ancho, sin despostillamiento o cuando éste es breve, pero el material de sello esta en condiciones insatisfactorias.

**A (Alto).** Existen algunas de las siguientes condiciones: Fisuras sin sellar, de ancho promedio a 5 mm. Fisuras con presencia de despostillamientos severos.

Las fisuras en bloque se miden en metros cuadrados de superficie afectada. Normalmente ocurre a un nivel de severidad en una sección del pavimento, pero cuando se observe diferentes niveles de severidad se miden y registran separadamente, en caso que no se puedan diferenciar, la totalidad del área se califica con la mayor severidad observada.



Fig. 4.39. Fotografía de calzada con problemas de fisuras en bloque.

- **Fisuras en arco.**

Son fisuras en forma de media luna (o más precisamente de cuarto creciente) que apuntan en la dirección de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento. Las fisuras en arco no necesariamente apuntan en el sentido del tránsito. Por ejemplo, si se frena el vehículo cuesta abajo, la dirección de las fisuras está cuesta arriba.

Se producen cuando los efectos de frenado o giro de las ruedas de los vehículos provocan un resbalamiento y deformación de la superficie de pavimento. Esto ocurre generalmente cuando se combinan una mezcla asfáltica de baja estabilidad y una deficiente adherencia entre la superficie y la siguiente capa de la estructura del pavimento. La falta de riego de liga, un exceso de ligante o la presencia de polvo durante la ejecución de los riegos, son factores que con frecuencia conducen a tales fallas. Asimismo, espesores de carpeta muy reducidos sobre superficies pulidas, especialmente sobre pavimentos de concreto, suelen ser causas primarias en muchos casos. La causa también puede ser un contenido alto de arena en la mezcla, sea arena de río o finos triturados.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) según las características de la fisura y el estado del pavimento que las rodea, de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo).** Las fisuras son de ancho promedio inferior a 3 mm.

**M (Mediano).** Existen algunas de las condiciones siguientes: Las fisuras son de ancho promedio entre 3 y 6 mm. El área alrededor de las fisuras se encuentra fracturada por las piezas que se encuentran bien ligadas y firmes aún.

**A (Alto).** Existen algunas de las condiciones siguientes: Fisuras de ancho promedio mayor de 6 mm. El área alrededor de las fisuras se encuentra



fracturadas en trozos fácilmente removibles o que han desaparecido casi completamente.

El área asociada con una determinada "fisura de arco" se mide en metros cuadrados, calificándolo de acuerdo con el máximo nivel de severidad observado en dicha área. Se totalizan los metros cuadrados afectados en la sección o muestra, separadamente según el nivel de severidad.



Fig. 4.40. Fotografía de Calzada con fisuras en arco.

- **Fisuras transversales.**

Fracturación de longitud variable que se extiende a través de la superficie del pavimento, formando un ángulo aproximadamente recto con el eje de la carretera. Puede afectar todo el ancho del carril como limitarse a los 0.60 m próximos al borde del pavimento.

Las posibles causas incluyen

1. Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, debido a un exceso de filler, envejecimiento asfáltico, etc. Particularmente ante la baja temperatura y gradientes térmicos importantes.

2. Reflexión de grietas en la capa subyacente, incluyendo pavimentos de concreto, con excepción de la reflexión de sus juntas.
3. Defectuosa ejecución de las juntas transversales de construcción de las capas asfálticas de superficie.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo).** Existen algunas de las condiciones siguientes: Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 3 mm sin ramificaciones. Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria.

**M (Mediano).** Existen algunas de las condiciones siguientes: Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6 mm. Fisuras selladas, de cualquier tipo, rodeadas de fisuras erráticas.

**A (Alto).** Existen algunas de las condiciones siguientes: Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor de 6 mm. Cualquier fisura, sellada o no, con ramificaciones constituidas por fisuras erráticas, moderadas a severas, próximas a la misma, con tendencia a formar una malla, o bien, que evidencien un despostillamiento severo.

Las fisuras transversales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su extensión, cada porción evidenciando un diferente nivel de severidad, debe ser registrada separadamente. Se totaliza el número de metros lineales observados en la sección o muestra.

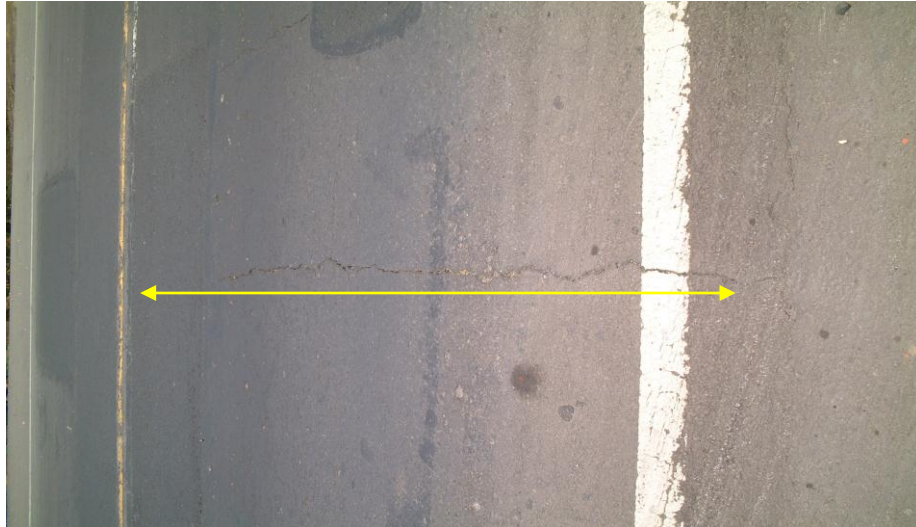


Fig. 4.41. Fotografía de calzada con presencia de fisura transversal.

- **Fisura longitudinal.**

Consiste en una fracturación que se extiende a través de la superficie del pavimento, paralelamente al eje de la carretera, pudiendo localizarse en las huellas de canalización de tránsito, en el eje o en los bordes del pavimento. La ubicación de la fisura es indicativa de la causa más probable.

Las posibles causas incluyen

1. Instancias iniciales del fenómeno de fatiga por debilidad estructural, ocurren en las huellas de canalización del tránsito.
2. Defectuosa ejecución de las juntas longitudinales de construcción, al distribuir las mezclas asfálticas durante la construcción; ocurren en el eje y coinciden con los carriles de distribución y ensanches.

3. Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, particularmente ante gradientes térmicos importantes.
4. Reflexión de fisuras causadas por grietas existentes por debajo de la superficie de rodamiento; incluyendo fisuras en pavimentos conformadas por capas estabilizadas químicamente o de concreto, usualmente se presentan combinadas con fisuras transversales.
5. Deficiente confinamiento lateral, por falta de hombros y cordones o bordillos, que provocan un debilitamiento del pavimento en correspondencia con el borde. Estas, asociadas a las cargas del tránsito, ocurren a una distancia de 0.30 a 0.60 m del borde.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a las características de las fisuras, según la siguiente guía:

**B (Bajo).** Existen algunas de las condiciones siguientes: Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 3 mm sin ramificaciones. Fisuras selladas de cualquier ancho, con material de sello en condición satisfactoria.

**M (Mediano).** Existen algunas de las condiciones siguientes: Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6 mm. Fisuras sin sellar, de ancho promedio menor de 6 mm que evidencian ramificaciones, es decir rodeadas de fisuras finas erráticas. Fisuras selladas, de cualquier tipo, rodeadas de fisuras erráticas.

**A (Alto).** Existen algunas de las condiciones siguientes: Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor de 6 mm. Cualquier fisura, sellada o no, con ramificaciones constituidas por fisuras erráticas, moderadas a severas, próximas a la misma, con tendencia a formar una malla, o bien, que evidencien un despostillamiento severo.

Las fisuras longitudinales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su extensión, cada porción evidenciando un diferente nivel de severidad, debe ser observada en la sección o muestra.



Fig. 4.42. Fotografía de Fisura Longitudinal en calzada.

- **Fisura por reflexión de junta.**

Se presentan sólo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre una losa de concreto reforzado. Consiste en la propagación ascendente hacia la superficie asfáltica, de las juntas de la calzada de concreto reforzado. Como consecuencia, por efecto de la reflexión, se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales que tienden a reproducir las juntas longitudinales y transversales de las losas inferiores.

Son causadas principalmente por el movimiento de las losas de concreto, como resultado de cambios de temperaturas o cambios en los contenidos de humedad. Las grietas por reflexión se propagan dentro de la capa asfáltica, como consecuencia directa de una concentración de tensiones; asimismo, si

por la aplicación de las cargas de tránsito las losas experimentan deflexiones verticales importantes en las juntas, la reflexión se produce con mayor rapidez. El tránsito puede producir la rotura de la capa asfáltica en la proximidad de las fisuras reflejadas, resultando en peladuras y eventualmente baches.

Se definen tres niveles de severidad (bajo, mediano, alto) de acuerdo a las características de las fisuras, según la siguiente guía:

**B (Bajo).** Existen algunas de las condiciones siguientes: Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 5 mm sin descascaramiento o despostillamiento de sus bordes. Fisuras selladas de cualquier ancho, con el material de sello en condición satisfactoria; no provocan golpeteo cuando se circula en vehículo sobre el pavimento.

**M (Mediano).** Existen algunas de las condiciones siguientes: Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 5 y 15 mm. Fisuras sin sellar, hasta 5 mm de ancho y/o selladas de cualquier ancho, que evidencien leve despostillamiento de sus bordes y/o están rodeadas por fisuras erráticas leves muy próximas. La fisura provoca un significativo golpeteo al vehículo cuando se circula sobre el pavimento.

**A (Alto).** Existen algunas de las condiciones siguientes: Cualquier fisura, sellada o no, rodeada por un moderado o severo agrietamiento de la superficie, o que evidencie rotura y desprendimiento de parte del material asfáltico en la proximidad de la misma. Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor a 15 mm. La fisura provoca un severo golpeteo en el vehículo cuando se circula sobre el pavimento.



Fig. 4.43. Fotografía de Fisura por reflexión de junta en calzada.

- **Corrimiento.**

Distorsiones de la superficie del pavimento por desplazamiento de la mezcla asfáltica, a veces acompañados por levantamientos de material formando "cordones", principalmente laterales, o bien por desplazamiento de la capa asfáltica sobre la superficie subyacente, generalmente acompañada de un levantamiento hacia el eje de la carretera. Típicamente puede identificarse a través de la señalización horizontal del pavimento, observando demarcación de los carriles, por efecto de corrimiento.

Los desplazamientos son ocasionados por las cargas del tránsito, actuando sobre mezclas asfálticas poco estables, ya sea por exceso de asfalto, falta de vacíos, o bien, por falta de confinamiento lateral. La inadecuada ejecución del riego de liga o imprimación no permite una adecuada adherencia entre la capa asfáltica de rodadura y la subyacente, originando mayor posibilidad de corrimiento.

Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) según la siguiente guía:

**B (Bajo).** El corrimiento es perceptible, causa cierta vibración o balanceo en el vehículo, sin generar incomodidad.

**M (Mediano).** El corrimiento causa una significativa vibración o balanceo al vehículo, que genera cierta incomodidad.

**A (Alto).** El corrimiento causa a los vehículos un excesivo balanceo que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la seguridad de circulación, siendo necesaria una sustancial reducción de la velocidad.

Los corrimientos se miden en metros cuadrados, registrando separadamente, de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.



Fig. 4.44. Fotografía de Corrimiento en calzada.

- **Bache.**

Consisten en una desintegración total de la superficie de rodadura que puede extenderse a otras capas del pavimento, formando una cavidad de bordes y profundidades irregulares. Los baches se producen por conjunción de varias



causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento y/o fundación, o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras tipo cuero de cocodrilo, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de una parte de la superficie del pavimento, originando un bache.

Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) en función del área afectada y de la profundidad del bache, de acuerdo a la siguiente tabla<sup>35</sup>.

Profundidad Máxima (cm)	Diámetro promedio del bache (cm)		
	70	70-80	Mayor a 100
Menor de 2.5	B	B	M
De 2.5 a 5.0	B	M	A
Mayor de 5.0	M	M	A

Nomenclatura:

A = alto, B = bajo y M = mediano.

Los baches descubiertos pueden medirse alternativamente: a) Contando el número de baches con niveles de severidad baja, moderada y alta, registrando estos separadamente, y b) Computando éstos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.

<sup>35</sup> Fuente: Catálogo de Daños en Pavimentos de Concreto Asfáltico. SIECA 2000.

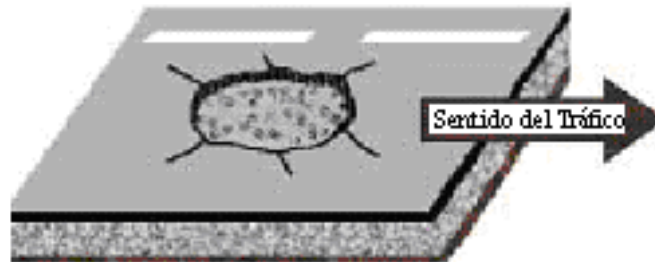


Fig. 4.45. Esquema de Bache en calzada.

- **Corrugación.**

Son una serie de ondulaciones, constituidas por crestas y depresiones, perpendiculares a la dirección del tránsito, las cuales se suceden muy próximas unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menor de 1m entre ellas, a lo largo del pavimento.

Este tipo de falla es ocasionado por la acción del tránsito sobre las capas superficiales (carpeta o base del pavimento).

Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) según la siguiente guía:

**B (Bajo).** La corrugación causa cierta vibración en el vehículo, sin llegar a generar incomodidad.

**M (Mediano).** La corrugación causa una significativa vibración en el vehículo, que genera cierta incomodidad.

**A (Alto).** La corrugación causa una vibración excesiva y continua en el vehículo, que genera una sustancial incomodidad y/o riesgo para la circulación de vehículos, siendo necesaria una reducción en la velocidad por seguridad.

La corrugación se mide en metros cuadrados, registrando, de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección.

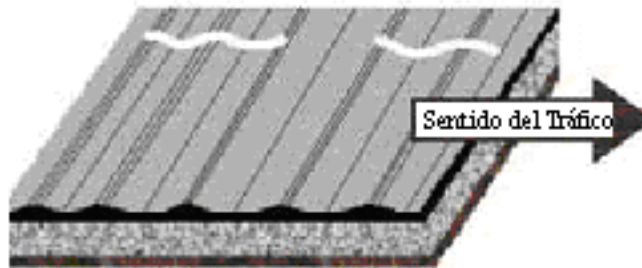


Fig. 4.46. Esquema de Corrugación en calzada.

- **Hundimiento.**

Consiste en una depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo.

Los hundimientos son causados por asentamientos de la fundación, deficiencias durante la construcción o falta de un continuo mantenimiento a los drenes. La heterogeneidad constructiva puede provocar, desde simples descensos de nivel, hasta insuficiencia de espesor o estabilidad de los materiales.

Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) de acuerdo a la siguiente guía:

**B (Bajo).** Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio.

**M (Mediano).** Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir la velocidad de circulación.

**A (Alto).** Alta incidencia en la comodidad de manejo, produce una severa incomodidad requiriéndose reducir la velocidad por razones de seguridad.

El hundimiento se mide en metros cuadrados, registrando separadamente, según su severidad, el área afectada en la muestra o sección.

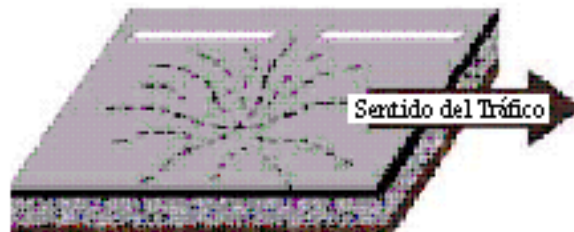


Fig. 4.47. Esquema de Hundimiento en calzada.

- **Peladura.**

Desintegración superficial de la carpeta asfáltica como consecuencia de la pérdida de ligante bituminoso y del desprendimiento del agregado pétreo, aumentando la textura del pavimento y exponiendo cada vez más los agregados a la acción del tránsito y clima.

Esta anomalía es indicativa que el ligante se ha endurecido apreciablemente, perdiendo sus propiedades ligantes, o bien que la mezcla asfáltica existente es de deficiente calidad, ya sea por un contenido de ligante insuficiente, empleo de agregados sucios o muy absorbentes, como también por deficiencias durante la construcción, especialmente en tratamientos superficiales bituminosos; frecuentemente se presenta como un desprendimiento de agregados en forma de estrías longitudinales, paralelas a la dirección del riego.

El desprendimiento puede ser originado también en un proceso de descubrimiento por pérdida de adherencia entre el agregado y el asfalto, cuando actúan agentes agresivos tales como solventes y otros derivados del petróleo, e inclusive, la acción del agua (pluvial).

Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo).** Pequeñas peladuras u oquedades superficiales, distribuidas erráticamente en la superficie del pavimento. El agregado y/o el ligante han comenzado a desprenderse en algunos sectores. En el caso de ataque por aceites, la superficie se ha ablandado y no puede penetrarse con una moneda.

**M (Mediano).** Extensivos desprendimientos de agregados pétreos finos y/o de ligante, confieren a la superficie una textura abierta y rugosa.

En el caso de ataque por aceites, la superficie se ha ablandado y puede penetrarse con una moneda.

**A (Alto).** Extensivo desprendimiento de agregados pétreos gruesos y finos, confiere a la superficie una textura muy rugosa, con presencia de oquedades máximas de 10 y 15 mm de diámetro y profundidad respectivamente. En el caso de ataque por aceites, el asfalto ha perdido sus propiedades ligantes y el agregado ha quedado suelto.

Las peladuras se miden en metros cuadrados de superficie afectada, registrando éstas separadamente según el nivel de severidad identificado para cada caso.

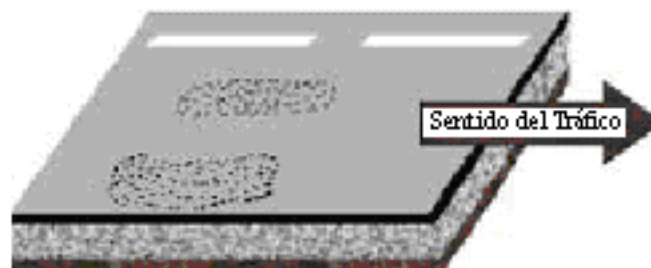


Fig. 4.48. Esquema de Peladura en calzada.

- **Parchados y Reparaciones de Servicios Públicos.**

Un parche es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con material similar o diferente, para reparar el pavimento existente. También un parchado por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo.

Los parchados disminuyen el nivel de servicio de la carretera, al tiempo que puede constituir un indicador tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por una carretera, como de la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En general las áreas parchadas tienen un comportamiento inferior al pavimento original y en muchos casos son el origen de una mayor rugosidad del pavimento o de nuevas fallas en el mismo o en el área adyacente, particularmente cuando su ejecución es defectuosa.

Si bien los parches por reparaciones de servicios públicos se deben a causas diferentes, los niveles de severidad se definen en forma idéntica.

Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano y Alto) de acuerdo con la siguiente guía:

**B (Bajo).** El parche se comporta satisfactoriamente, con muy poco o ningún deterioro.

**M (Mediano).** El parche se encuentra moderadamente deteriorado; se evidencia un moderado deterioro alrededor de sus bordes.

**A (Alto).** El parche está severamente dañado. La extensión o severidad de estos daños indican una condición de falla, siendo necesario el reemplazo del parche.

Los parchados se miden en metros cuadrados de área afectada, registrando separadamente éstas de acuerdo con su nivel de severidad. En un mismo parche (particularmente cuando éste alcanza cierta extensión) pueden diferenciarse áreas con distinto nivel de severidad. Si una gran extensión del pavimento ha sido reemplazada en forma continua (por ejemplo reconstruyendo toda una intersección), esta área no debe registrarse como parchado.

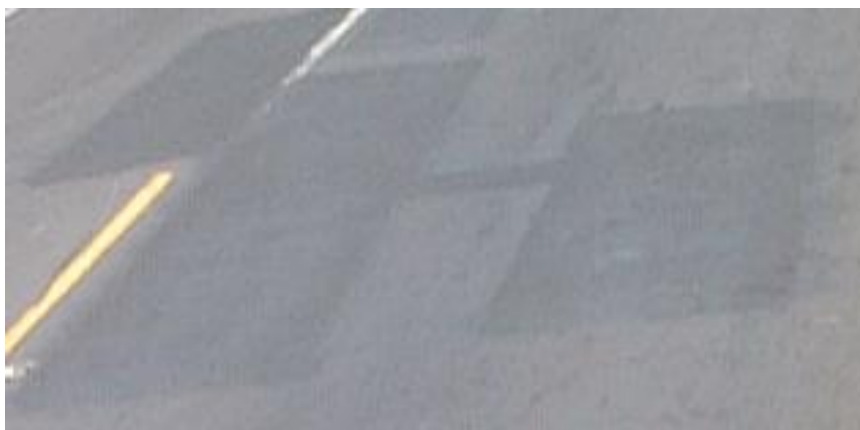


Fig. 4.49. Fotografía: Parchados sobre calzada.

#### **4.7.1.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

- **Piel de cocodrilo, grietas en bloque, corrimiento, fisuras en arco, bache, hundimientos y corrugación.**

La reparación de estos problemas se logra quitando la capa superficial hacia abajo hasta el piso y extendiendo lateralmente hacia el interior de la capa superficial sana. El corte se hace cuadrado o rectangular con caras rectas y verticales. Se debe retirar toda el área dañada hasta dejar limpio el piso y las paredes de la capa sana. Luego aplique un riego de liga al piso y a las caras verticales. Se debe resanar con un asfalto en caliente mezclado en planta de grado denso y compactarse a la misma elevación de la superficie vecina.

Para el caso de los hundimientos, se debe mejorar la base con material selecto para evitar futuras deformaciones en estos sitios.

□ **Fisuras longitudinales, transversales y por reflexión de junta.**

Estos problemas se reparan limpiando hacia fuera las basuras u otro material que presenten, mediante el uso de cepillos de cerda dura y aire comprimido. Luego se llena la fisura con emulsión de lechada o asfalto líquido con o sin arena (dependiendo del ancho de la fisura o grieta). Una vez que se haya curado, se debe sellar con una capa de asfalto líquido (en caso de que se haya utilizado una mezcla con arena), y regarse con arena seca o aserrín, esto con el objeto de evitar que el tráfico separe hacia arriba el asfalto.

Si las fisuras son de ancho más pequeño se repararan rellenándose con una lechada de emulsión asfáltica, seguida por un tratamiento superficial o sello sobre la superficie total.

□ **Peladura.**

Para corregir éste problema, primero se debe barrer la superficie afectada hasta dejarla libre de toda materia extraña y/o material suelto. Luego aplicar una capa muy fluida de emulsión asfáltica. Seguidamente se debe colocar el sello, y dar el tratamiento superficial adecuado.

**4.7.1.3. PROCEDIMIENTO.**

□ **Piel de cocodrilo, grietas en bloque, corrimiento, fisuras en arco, bache, hundimientos y corrugación.**

1. Colocar las señales preventivas necesarias.



2. Identificar el perímetro del área dañada.
  3. Marcar el perímetro de corte.
  4. Cortar la capa de forma vertical y hasta alcanzar el piso.
  5. Extraer el material dañado mediante el uso de picos y palas u otra herramienta mecánica.
  6. Limpiar el piso y las paredes verticales de manera que queden libres de polvo u otro contaminante.
  7. Aplicar un riego de liga asfáltica al piso y a las paredes verticales.
  8. Colocar la mezcla asfáltica suplente.
  9. Compactar hasta la elevación de la superficie vecina.
  10. Retiro de señales, equipo y toda la basura.
- **Fisuras longitudinales, fisuras transversales y fisuras por reflexión de junta.**
1. Se colocan señales y elementos de seguridad.
  2. Se limpian las grietas con un cepillo de cerdas duras, y luego con aire comprimido se liberan las superficies del polvo restante.

3. Usando una maestra de mano y un cepillo, se rellenan (sin aplicar en exceso) con lechada de emulsión o asfalto líquido mezclado con arena. Después de curado se sella con asfalto líquido utilizando un recipiente y una maestra de mano.
4. Se recubre con arena seca la superficie de la grieta rellena, para evitar que el tráfico la levante.
5. Verificar la horizontalidad de la superficie.
6. Retirar las señales y elementos de seguridad

□ **Peladura**

1. Colocar las señales y elementos de seguridad.
2. Limpiar la zona dañada.
3. Aplicar la capa de emulsión asfáltica.
4. Después de curado el sello, aplicar una capa de arena seca.
5. Retirar las señales y elementos de seguridad.

**4.7.1.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- **Piel de cocodrilo, grietas en bloque, corrimiento, fisuras en arco, bache, hundimientos y corrugación.**
- Señales preventivas.

- Marcadores.
  - Cortadora.
  - Picos, palas, barras, etc.
  - Escobas y brochas.
  - Maquina Compactadora (rodillo).
  - Carretillas.
  - Mezcla asfáltica.
  - Emulsión asfáltica (Liga asfáltica).
- **Fisuras longitudinales, fisuras transversales y fisuras por reflexión de junta.**
- Señales y elementos de seguridad.
  - Compresor de Aire.
  - Cepillo de cerdas duras o metálicas.
  - Maestra de mano.
  - Recipientes metálicos.
  - Asfalto líquido.
  - Arena fina.
- **Peladura.**
- Escobas.
  - Cubetas metálicas.
  - Emulsión asfáltica.
  - Arena fina seca.

#### 4.8. BALASTE O TIERRA.

##### 4.8.1. DAÑOS: EROSIÓN, DEPRESIONES O BACHES, AHUELLAMIENTO Y PÉRDIDA DE MATERIAL.



Presencia de Baches o Depresiones



Presencia de Erosión, Pérdida de Material y sección de la calzada



Presencia de Erosión y Pérdida de Material



Presencia de Ahuellamiento y Pérdida de Material

Fig. 4.50. Fotografías de diferentes daños que se presentan en Calzadas de Balaste o Tierra.

#### **4.8.1.1. DESCRIPCIÓN DE DAÑOS:**

Normalmente éste tipo de calzada presenta inconvenientes en cuanto a su superficie de rodamiento, ya que es muy irregular por la misma naturaleza del material. Este tiende a desintegrarse con facilidad debido a los efectos de intemperismo y el paso constante de vehículos. Entre los daños más comunes que presenta éste tipo de calzada es: la erosión, depresiones o baches, ahuellamiento o roderas y pérdida de material.

Generalmente la erosión, depresiones o baches se forman comúnmente en invierno, debido al arrastre del agua en la calzada, lo que provoca los surcos y las depresiones.

El ahuellamiento o roderas y la pérdida o desprendimiento de material, generalmente se forman por el paso constante de vehículos.

#### **4.8.1.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

Los métodos de reparación para bacheo se usan para corregir o reparar zonas desgastadas (ahuellamiento o roderas, surcos por erosión y los baches) o se puede usar para restaurar zonas que se ponen blandas con la humedad (reblandecimientos). El método de bacheo es, normalmente, una tarea de conservación preventiva.

Básicamente el trabajo consiste en homogeneizar, humedecer, conformar, compactar y afinar la superficie de rodadura; con el objeto de mantener el perfil de la calzada en condiciones de transitabilidad. Esta actividad de conservación consiste en sustituir o añadir grava nueva como material de superficie en áreas relativamente pequeñas.

La grava será de tan buena calidad, o mejor, que el materia que está empleado en la superficie de la carretera. Esta debe de depositarse en el lateral de la carretera cerca del lugar de empleo, sin invadir la carretera ni atascar el drenaje.

Deberán limpiarse los baches a reparar o cualquier zona desgastada, se debe eliminar todo material suelto y agua estancada; ésta labor puede realizarse con escobas de cerdas blandas o cepillos, y con palas o azadón. Los baches grandes y profundos se deben recortar para que tengan sus paredes verticales, y éstas deben llegar a material sano. Si es necesario, se debe compactar primero el fondo del bache.

Si el material está seco, se debe remojar el área a bachear y se debe también añadir agua al material que ha de llenar el bache. Una vez se ha preparado el área a bachear, se rellena con grava y se compacta; si el bache es muy profundo se compacta por capas de espesor de acuerdo al equipo a utilizar en la compactación.

Cuando el compactado se realiza con pizones manuales, se colocan capas de 15cms de suelo suelto para que quede compactado 10cms de espesor, ó de 10cms para que quede de 5cms de compactación. Con las bailarinas se colocan capas sueltas de 20cms para que se compacten 15cms, si se utilizan rodos lisos se colocan capas de 20cms, 30cms ó más dependiendo del peso de éste y quedan capas compactadas de 15cms, 25cms respectivamente a la capa de suelo suelto.

Finalmente, el área bacheada se llena por igual con la grava hasta un nivel de unos 3cms por encima del nivel de la superficie y se reparte y rastrilla hasta dejarlo en la forma correcta.

Generalmente se recomienda que después de reparar los baches se debe de conformar o reconformar la superficie, con el objeto de eliminar todas las ondulaciones que puedan haber quedado después del bacheado. La tarea consiste en restablecer la forma de las carreteras (en éste caso la calzada del puente) de tierra y grava, ésta tarea puede llevarse a cabo empleando niveladora o por métodos de mano de obra. La superficie terminada estará libre de baches, erosiones y otras irregularidades. Su superficie será pareja, con un bombeo para calzadas de tierra entre el 2% y 6%; para calzadas de grava entre el 3% y 6%.

Para que el trabajo dé los mejores resultados es muy importante destacar, que la operación de conformación o reconformación de la superficie por medio de niveladora, se recomienda efectuarla para tramos grandes, es decir, que la longitud de cada tramo a reparar tiene que ser como máximo de 300mts.; ya que la niveladora sólo trabaja en un lado de la carretera cada vez, y actúa por pasadas de unos 200mts de longitud.

La conformación por medio de mano de obra es más recomendable para tramos cortos, el operario o camionero debe llevar al lugar de trabajo las herramientas y elementos de seguridad usando carretillas de mano. Debe escarificar el material de la superficie con el pico, azada o zapapico y rastrillarlo al lugar adecuado para formar la pendiente transversal y caída adecuada del agua; por último el material suelto se compacta con el pisón de mano.

La conformación de calzadas de tierra y balastadas es similar; generalmente el trabajo consiste en escarificar, mezclar, regar con agua para alcanzar la humedad óptima, conformar para obtener el bombeo especificado, afinar y compactar hasta obtener una densidad mínima del 90% – 95%, medida mediante el ensayo AASHTO T-180 y T-99 respectivamente (Proctor Modificado y Proctor Estándar).

La compactación deberá comenzar en los bordes, avanzando hacia el centro de la carretera y deberá continuar hasta que toda la capa quede compactada en todo su ancho y espesor, con la densidad señalada anteriormente.

La tarea de conformación de calzadas de tierra y grava es, normalmente, una tarea de conservación rutinaria.

#### **4.8.1.3. PROCEDIMIENTO.**

Antes de comenzar el trabajo se deben colocar las señales, vallas y conos alrededor del área de trabajo. Cuando sea necesario se dispondrán los trabajos en un lado de la calzada de modo que el tráfico pase por el otro.

Se colocarán señales en el orden siguiente:

- Las señales de “Obras” se deben colocar 300mts antes de la zona de trabajo.
- La señal de “Estrechamiento de calzada” se debe colocar a 100mts antes de la zona de trabajo.
- La señal de “Velocidad máxima” se debe colocar al comienzo de la zona de trabajo.
- Deben colocarse vallas en cada extremo de la zona de trabajo.



- Deben colocarse conos en la embocadura de llegada a la zona de obras y luego a lo largo del eje de la calzada con un espaciado máximo de 10mts limitando la zona de obras.
- La señal de “Fin de prohibición” se debe colocar a 50mts más allá de la zona de trabajo.

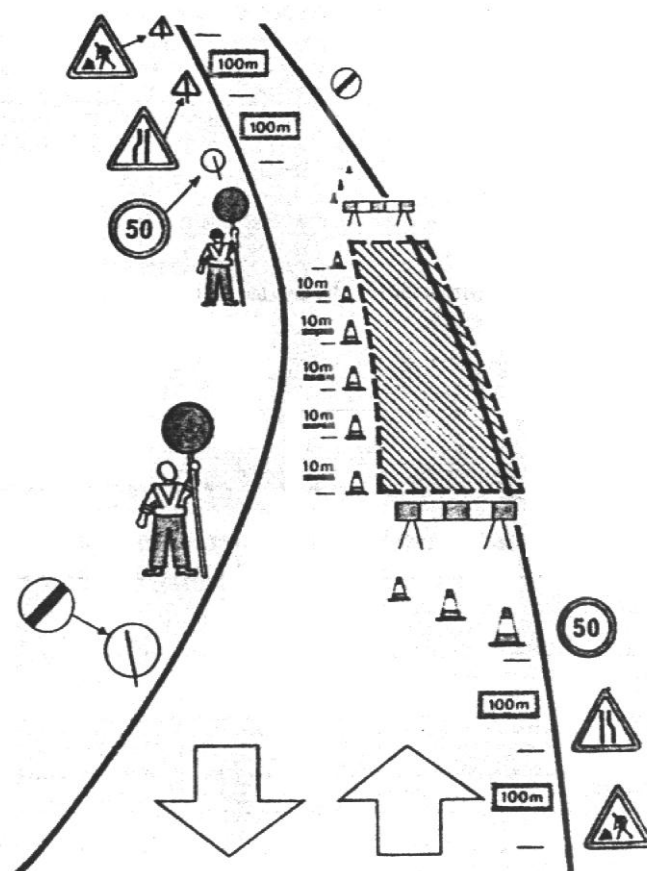


Fig. 4.51. Disposición de Señales Temporales en la reparación de calzadas no pavimentadas.

- **Relleno de Baches en Superficies No Pavimentadas.**
  1. Descargar el material (grava), ya sea a mano, o bien, se vuelca en el arcén adyacente al lugar donde es necesario el bacheo.



Fig. 4.52. Descarga de material en reparación de bacheo.

2. Extraer el material suelto, lodoso, orgánico y el agua estancada, que se encuentren en el bache o en la rodera.



Fig. 4.53. Limpieza de baches.

Si es necesario, se debe compactar primero el fondo del bache.

3. Cuadrar el bache si es grande y profundo, hasta llegar a material sano.
4. Llenar el área o bache con grava con un espesor de unos 10cms si la profundidad a reponer es mayor de 15cms para compactación manual, y para compactación con equipo en capas no mayores de 15cms.
5. Si el material está seco, se debe remojar con agua para facilitar la compactación.
6. Verificar que el área quede bien nivelada con relación a la superficie circundante, por medio de regla o cordel.

7. Verificar que el lugar de la obra se deje limpia y ordenada sin que queden montones de material en la carretera.
  8. Retirar señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.
- **Conformación o Reconformación de Superficies No Pavimentadas.**
1. Deberán de repararse los baches o depresiones profundas y estancamientos de agua, antes de comenzar los trabajos de conformación.
  2. El operario o camionero debe escarificar la superficie de rodadura hasta una profundidad de 15cms cuando el espesor existente sea de ese espesor o mayor. Cuando el espesor sea menor, la profundidad de la escarificación debe limitarse al espesor de la capa del material.
  3. El material escarificado se mezcla, se humedece y se extiende la mezcla en toda la superficie de la calzada.
  4. El material suelto se compacta con cualquiera de los equipos utilizados en la compactación (pisón de mano, bailarinas, rodillos, etc).
  5. Se comprueba la forma o bombeo de la superficie, con la plantilla de pendiente transversal.
  6. Se lleva a cabo la última compactación.

7. Se Retiran las señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.

#### **4.8.1.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

- **Relleno de Baches en Superficies No Pavimentadas.**
  - Señales y Equipo de Seguridad.
  - Cepillo o Escoba de cerdas blandas.
  - Pala.
  - Azadón.
  - Carretilla.
  - Pisón de mano con pié de metal.
  - Bailarinas o rodillo vibrante (según se necesite).
  - Cubo o regadera.
  - Grava.
  - Agua.
  
- **Conformación o Reconformación de Superficies No Pavimentadas.**
  - Señales y Equipo de Seguridad.
  - Pico.
  - Rastrillo.
  - Camión pequeño o Tractor y remolque.
  - Plantilla de pendiente transversal con nivel de burbuja.
  - Pisón de mano con pié de metal.
  - Bailarinas o rodillo vibrante (según se necesite).
  - Cubo o regadera.
  - Agua.

## **4.9. JUNTAS.**

### **4.9.1. JUNTAS ABIERTAS.**

#### **4.9.1.1. DAÑOS: INTRUSIÓN DE MATERIAL, BORDES DE CONCRETO DEGRADADO Y CORROSIÓN DEL ACERO.**



Fig. 4.54. Intrusión de Material en Junta Abierta.

##### **4.9.1.1.1. DESCRIPCIÓN DE DAÑOS:**

Generalmente éste tipo de juntas está sujeta a degradarse más rápidamente que otras; debido a su conformación dan paso al agua y a elementos que traban el funcionamiento de la junta, lo que ocasiona la necesidad de reparaciones en los elementos circundantes.

Cuando las juntas abiertas no tienen algún material para sellar la abertura; la filtración y la intrusión de rocas y otras materias extrañas son inevitables.

La filtración provoca que los elementos estructurales del puente que se encuentren bajo la junta, se deterioren, así como corroer los ángulos de acero

de la junta. La intrusión de arena y otras partículas extrañas en la junta, impedirán la operación apropiada de la misma en época de calor.

Los esfuerzos localizados incrementados en los períodos de extrema dilatación, producen degradación y aplastamiento de los bordes de la junta.

La acumulación de escombros, arena, materiales para bacheo del camino, etc., en la junta; unido con la degradación y aplastamiento de los bordes de la misma, provoca que los ángulos de acero se desprendan y se levanten; y con el paso constante de vehículos causa un daño mayor como es la rotura de los ángulos de acero.

#### **4.9.1.1.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

##### **□ Intrusión de Material.**

Deberá limpiarse la abertura de la junta así como el área adyacente de la misma. La operación de limpieza puede realizarse a mano, utilizando escobas de fibras duras o de cerdas de acero; si el material está demasiado compacto se puede emplear barras con puntas biseladas que penetren en la abertura, cortadoras o sierras mecánicas y compresores de aire.

Luego deberá limpiarse el área adyacente a la junta con una escoba de mano de cerdas blandas o aire a presión para quitar el material suelto. Este material deberá depositarse fuera de la calzada del puente, para evitar que penetre en los drenajes.

El método de limpieza en juntas es, normalmente, una tarea de conservación rutinaria.

□ **Bordes de Concreto Degradado.**

En el caso que los bordes de concreto de una junta abierta se degraden, es necesario remover el material flojo o degradado y repararlo.

Primeramente deberá limpiarse la abertura de la junta, quitando todo material ajeno a la misma. Esta actividad de limpieza es la misma que se describió en el apartado de Intrusión de Material en Junta.

Seguidamente se removerá el concreto degradado, utilizando martillo, martillos cinceladores u otros medios mecánicos. El equipo dependerá de la magnitud del daño.

Toda superficie de concreto removida o extraída debe limpiarse, ésta tarea puede realizarse utilizando chorro de agua a alta presión, también puede realizarse con un compresor de aire, el cual debe equiparse con una trampa de aceite para prevenir cualquier contaminación.

Una vez preparada la superficie de concreto a reparar, deberá reemplazarse el concreto dañado, ya sea, con una mezcla de concreto de bajo revenimiento, un concreto con aditivo expansor o un concreto de fraguado rápido y un aditivo para adherencia.

Cualquiera que sea la mezcla que se utilice para la reparación de los bordes de concreto de una junta abierta, es recomendable que para la colocación del concreto nuevo se utilice el método de Empaquetado en Seco o el de Aplicación con Llana; debido a las ventajas que ofrecen éstos métodos (ver numeral 4.1.3.2 “Guías de Métodos para Colocar Concreto”).

Terminada la fase de reparación, viene la etapa de curado del concreto. Para concretos de baja relación agua-cemento, el método de estancamiento o inmersión es el más recomendable (ver numeral 4.1.3.2).

La tarea de reparación de bordes de concreto degradado es, normalmente, una tarea de conservación preventiva.

□ **Corrosión del Acero.**

El método para reparar la corrosión en el acero en juntas es el mismo para tratar la corrosión en los demás elementos estructurales del puente (ver apartado de Corrosión del Acero Estructural en el numeral 4.2).

**4.9.1.1.3. PROCEDIMIENTO.**

Antes de comenzar cualquier actividad de reparación se deben poner todas las señales de tránsito necesarias y los implementos de seguridad.

□ **Intrusión de Material.**

1. Limpiar la abertura de la junta, retirando toda arena, grava, polvo o cualquier otro material extraño que impida su correcto funcionamiento.
2. Limpiar el área circundante a la junta, éste material de desecho debe depositarse fuera del derecho de vía, para evitar que se deposite sobre cualquier otro elemento del puente.



□ **Bordes de Concreto Degradado.**

1. Limpiar la abertura de la junta.
2. Remover el concreto degradado.
3. Limpiar la superficie de concreto expuesta, así como el área circundante a la junta.
4. Proporcionar, mezclar y colocar adecuadamente el concreto en los bordes de la junta.
5. Curar adecuadamente el concreto.

□ **Corrosión del Acero.**

El proceso es el mismo descrito en el numeral 4.2.

**4.9.1.1.4. MATERIAL Y EQUIPO.**

□ **Intrusión de Material.**

- Escoba de Fibras duras o de cerdas de acero.
- Martillo y Cincel biselado.
- Sierra Mecánica (según se necesite).
- Compresor de aire.
- Escoba de cerdas blandas.
- Unidad de Chorro de agua (agua a presión).
- Cepillos de alambre.

□ **Bordes de Concreto Degradado.**

- Concreto de alta resistencia.
- Unidad de chorro de agua.
- Llana Metálicas.
- Cincel biselado.
- Martillo.
- Compresor de aire.
- Sierra para concreto.

□ **Corrosión del Acero.**

- Pintura Anticorrosiva.
- Brocha.
- Solvente.
- Cepillo de alambre.
- Unidad de chorro de arena (según se necesite).
- Unidad de chorro de agua (según se necesite).

#### 4.9.2. JUNTAS RELLENAS PREMOLDEADAS (JUNTAS CERRADAS “TIPO: PLACA DESLIZANTE”).

##### 4.9.2.1. DAÑOS: INTRUSIÓN DE MATERIAL, BORDES DE CONCRETO DEGRADADO Y CORROSIÓN DEL ACERO.



Fig. 4.55. Intrusión de Material y Corrosión de Placa Deslizante en Junta.

##### 4.9.2.1.1. DESCRIPCIÓN DE DAÑOS:

Las juntas cerradas del tipo *Placa Deslizante* generalmente presentan los mismos daños que las juntas abiertas; aunque éstas tienen mayores ventajas.

Entre estas ventajas tenemos: permite menor cantidad de acumulación de escombros, también restringe al máximo el paso del agua. Aunque siempre se filtra agua en menor cantidad a la junta, ésta provoca deterioros a los elementos estructurales situados bajo la misma; así mismo provoca que el acero de la junta se corra.

La acumulación y la compactación de la arenilla, polvo, material para bacheo, grava u otra materia extraña a lo largo del ángulo del asiento de la junta, producirá que se incremente la resistencia a la dilatación de la placa deslizante cuando ésta se deslice sobre los escombros.

Esta resistencia propiciará que la placa se deforme y degrade el concreto adyacente a la misma.

#### **4.9.2.1.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

Los métodos de limpieza y reparación son los mismos que se utilizan para juntas abiertas.

#### **4.9.3. JUNTAS RELLENAS MOLDEADAS.**

##### **4.9.3.1. DAÑO: SELLO ASFÁLTICO DEGRADADO.**



Fig. 4.56 Esquema de sello asfáltico en junta rellena moldeada.

**4.9.3.1.1. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:**

Todas las juntas deben mantenerse selladas con algún material adhesivo, para evitar daños en el pavimento o en el piso del puente; debido a que materias extrañas o el agua pueden penetrar por la misma. El asfalto, con o sin un aditivo tal como el caucho, es utilizado casi universalmente como un sellador de junta.

El sello de las juntas puede requerir reemplazo por diversas razones, entre éstas tenemos: material de sello viejo y endurecido, por haberse utilizado un material inadecuado, por haberse sobrecalentado el materia de sello, por no haberse limpiado adecuadamente la junta antes del sellado (construcción deficiente), o por exceso de sello en la junta. Corrientemente sucede que en el material de sello de la junta se alojen arena y guijarros, ocupando un espacio necesitado por el propio material de sellado, entonces cuando la placa se expande el sello aflora y forma una protuberancia. Algunas veces hay tal cantidad de materia extraña en la junta que ocasiona pérdida de material de la placa; cuando esto ocurre, el sello debe ser removido.

Los daños en el sello de la junta pueden apreciarse por el cuarteado que presentan, por la pérdida de material del mismo, hundimiento y afloramiento del sello, etc.



Afloramiento y Degradación del Sello



Pérdida de Sello Asfáltico



Hundimiento y Pérdida de Sello

Fig. 4.57. Diferentes daños en juntas rellenas moldeadas.

#### 4.9.3.1.2. MÉTODOS DE REPARACIÓN.

Cuando la junta está sellada con un producto asfáltico y se deteriora, se debe reparar quitando primero los restos de dicho material, limpiando, sopleteando y eliminando los pequeños residuos rocosos, pues éstos en lugar de permitir la libre dilatación, facilitan el astillamiento de la estructura.

Los métodos empleados para sellar juntas consisten en limpiar la parte superior de la hendidura y rellenarla con un material sellador. Para ser efectivo, el

material sellador debe adherirse a los lados de la abertura; por ésta razón, cualquier material que impida la buena adherencia debe ser eliminado. Si en la abertura se ha acumulado arena, grava, polvo o cualquier otro material extraño, deben ser removidos, pues ellos pueden ocasionar el desprendimiento de los bordes cuando la junta se cierra en época calurosa debido a la expansión de la placa. Cualquier material sellador viejo que se haya endurecido también tiene que ser removido.

Si el trabajo es pequeño la operación de limpieza puede realizarse a mano, utilizando escobas de fibras duras o de cerdas de acero y barras con puntas biseladas que penetren en la abertura. Para trabajos grandes, la limpieza puede hacerse más rápidamente con cortadoras rotatorias mecánicas, sierras mecánicas para cortar pavimentos, compresores de aire o equipos similares.

En los lugares donde las juntas son muy estrechas o tengan los bordes astillados será necesario hacer trabajos especiales; al presentarse éstas condiciones las juntas deben ensancharse con una sierra mecánica o una cortadora rotatoria antes de aplicar el material sellador.

Las juntas que necesitan un resellado deben limpiarse hasta unos dos o tres centímetros de profundidad. Antes de aplicar el nuevo sello todas las superficies interiores y alrededor de las juntas deben ser limpiadas y secadas, eliminando residuos del relleno o del sello viejo en los bordes. Para proporcionar una cara interior no adhesiva para el sello, se deben insertar dentro de la hendidura esponjas de goma o plástico, o de cinta de papel.

#### 4.9.3.1.3. PROCEDIMIENTO.

Antes de iniciar el proceso de limpieza, resellado o reemplazo del sello de las juntas, es necesario colocar todas las señales y equipos de seguridad.

El siguiente método para la limpieza y resellado de juntas ha sido encontrado satisfactorio.

1. Se extrae el material del sello viejo hasta una profundidad de dos o tres centímetros.

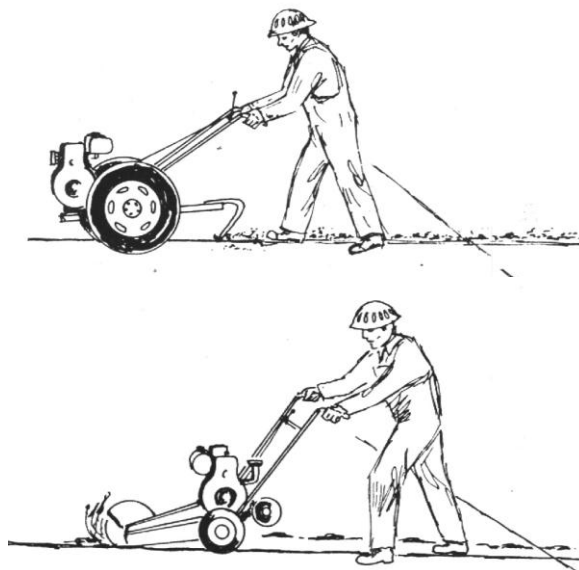


Fig. 4.58. Extracción de material de sello viejo y deteriorado en juntas rellenas.

2. Se aplica un chorro de aire o de arena a las caras verticales de la junta y a la superficie del pavimento abarcando varios centímetros a cada lado de la junta. Para remover los residuos del sello viejo que puedan haber quedado se emplean herramientas manuales.



3. Se aplica un chorro de aire comprimido a la junta, a una presión no menor de 6.5 kilogramos por centímetro cuadrado (90lb/pulg<sup>2</sup>), con un chorro de aire de 4.2 metros cúbicos por minuto (150pies<sup>3</sup>/min) en la boquilla.



Fig. 4.59. Limpieza de juntas.

4. Cuando es un sello nuevo o reemplazo de la junta, se inserta en el fondo de la hendidura una esponja de goma o plástico, o cinta de papel, para proporcionarle un colchón o tapadera a la junta y evitar que se derrame en los apoyos del puente.
5. Se coloca primeramente una liga asfáltica en el hueco y caras verticales de la junta (Fig. 4.60).

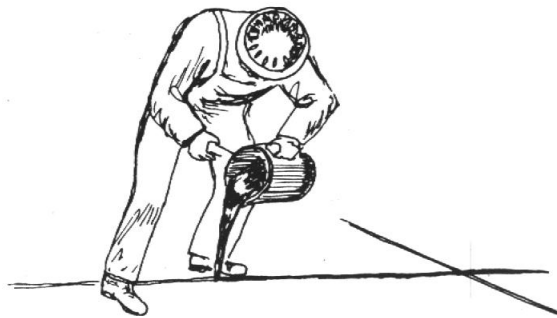


Fig. 4.60. Colocación de liga asfáltica en junta.

6. Seguidamente se coloca la mezcla asfáltica suplente.



Fig. 4.61. Sellado de juntas.

7. Una vez llena de mezcla la junta se compacta hasta lograr el mismo nivel de la superficie de rodamiento adyacente.



Fig. 4.62. Compactado de juntas asfálticas.

8. Se aplica una membrana delgada (riego de liga) a la superficie de la mezcla asfáltica.
9. Por último se aplica el riego final de sello y corrugación con arena. Con esto se evita que el tráfico levante el sello asfáltico.

#### 4.9.3.1.4. MATERIAL Y EQUIPO.

- Escoba de Fibras duras o de cerdas de acero.
- Cincel.
- Martillo.
- Sierra Mecánica (según se necesite).
- Cortadora Rotatoria (según se necesite).
- Compresor de aire.
- Escoba de cerdas blandas.
- Agua a presión.
- Mezcla Asfáltica.
- Liga Asfáltica.
- Arena.

#### 4.10. SISTEMA DE APOYOS.



Fotografía que muestra la necesidad de limpieza en aparatos de apoyo.



Aparato de Apoyo con daño en el concreto y desprendimiento de acero corroído.



Aparato de Apoyo con presencia de acero deformado y con detritus en su contorno.



Aparato de Apoyo con presencia de acero corroído.

Fig. 4.63. Fotografías de diferentes daños que se presentan en Aparatos de Apoyo.

#### **4.10.1. PLACAS PARA MAMPOSTERÍA.**

##### **4.10.1.1. DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS:**

- a. Acumulación de materias extrañas.
- b. Pérdida del Sistema de Protección, tal como la pintura o el galvanizado.
- c. Corrosión y delaminación del acero debido a la acción corrosiva.
- d. Corte y/o corrosión de los pernos de anclaje, placas retenedoras, etc.
- e. Desintegración y/o deterioro del material, bajo o inmediatamente adyacente al apoyo.
- f. Placa para mampostería movida de su posición original o inclinada.

##### **4.10.1.1.1. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

###### **Corrección.**

- a1. Limpieza frecuente de polvo y materia extraña.

- b1. Limpieza y reparación o reposición del sistema de protección de acuerdo con procedimientos aceptados de pintura o galvanizado.
- c1. Limpieza y reparación o reposición del sistema de protección de acuerdo con procedimientos aceptados de pintura o galvanizado.
- c2. Si la corrosión es lo suficientemente severa que impide el funcionamiento apropiado del apoyo, las placas para mampostería deben ser reemplazadas.
- d1. Reemplace los elementos cortados y/o fuertemente corroídos como pernos de anclaje, placas retenedoras, etc. Si estos elementos han sido cortados, se deberá notificar para que se pueda investigar la causa de las fuerzas cortantes.
- e1. Elimine el material defectuoso bajo y alrededor del apoyo y reemplácelo con un material nuevo. Este procedimiento requerirá un sistema de apoyo provisional adecuadamente diseñado.
- f1. No se iniciará el trabajo de corrección, a menos que exista el peligro de un colapso inminente.

Los métodos de corrección c2-e1 están fuera del alcance de éste manual.

### **Prevención.**

- a1. Tener un programa para limpiar del polvo y materias extrañas los asientos del puente y los apoyos, a intervalos frecuentes y regulares.
- a2. Tener un programa adecuado para la conservación de las juntas del piso que se diseñaron para ser impermeables, pero que no funcionan adecuadamente y permiten que la humedad y las materias extrañas penetren a las áreas de apoyo. Será también considerado en éste programa el mantenimiento de los canales de drenaje bajo las juntas

abiertas y otros elementos del puente, proyectados para prevenir que la humedad y las materias extrañas se depositen en las áreas de apoyo.

- a3. A las superficies se les dará una pendiente de 1:12 (1" por pie) para permitir un drenaje apropiado de las superficies cercanas a los apoyos.
- b1. Se tendrá un programa de limpieza como se describe en a1.
- b2. Se tendrá un sistema de conservación de juntas de piso como se describe en a2.
- b3. Se tendrá un programa para limpieza y reparación o reemplazo de los elementos de protección a intervalos regulares, de acuerdo con los procedimientos aceptados de pintura o galvanizado.
- b4. Proyecte los lavados adecuados como se describe en a2.
- c1. Tenga un programa de limpieza como se describe en a1.
- c2. Tenga un programa para mantenimiento de juntas de piso como se describió en a2.
- c3. Tenga un programa para mantenimiento del sistema de protección como se describió en b3.
- c4. Proyecte los lavados adecuados como se describió en a2.
- d1. Tenga un programa de limpieza como se describe en a1.
- d2. Tenga un programa para mantenimiento de juntas de piso como se describió en a2.
- d3. Tenga un programa para mantenimiento del sistema de protección como se describió en b3.
- d4. A la superficie se le dará una inclinación como se describió en a3.
- d5. Construya un pavimento de acceso que libere la presión a las juntas, si se considera apropiado.
- e1. Tenga un programa de limpieza como se describe en a1.

- e2. Tenga un programa para mantenimiento de juntas de piso como se describió en a2.
- e3. A la superficie se le dará una inclinación como se describió en a3.
- f1. Construya juntas liberadas de presión, si son apropiadas.

#### **4.10.2. APOYOS DE DILATACIÓN CON RODILLOS.**

##### **4.10.2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS DAÑOS:**

- a. Acumulación de materias extrañas.
- b. Pérdida del sistema de protección, tal como pintura o galvanizado.
- c. Corrosión o delaminación del acero debido a la acción corrosiva.
- d. Corte y/o corrosión de pernos de anclaje, placas de retención, etc.
- e. Desintegración y/o deterioro del material, bajo o inmediatamente adyacente al apoyo.
- f. Mala posición del apoyo en forma de una sobre extensión hacia el borde de afuera de la placa para mampostería, inclinación del apoyo, desalineado transversal, etc.
- g. Agrietamiento por esfuerzo en el acero estructural.
- h. Apoyo inutilizado para el movimiento adecuado, debido a la corrosión, acumulación de materias extrañas, etc.

##### **4.10.2.1.1. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

###### **Corrección.**

- a1. Limpie las materias extrañas.
- b1. Limpie y repare o reemplace el sistema de protección de acuerdo con procedimientos aceptados de pintura o galvanizado.

- c1. Limpie y repare o reemplace el sistema de protección de acuerdo con procedimientos aceptados de pintura o galvanizado.
- c2. Si la corrosión es lo suficientemente severa que impida el funcionamiento adecuado del apoyo, puede ser necesario el reemplazo de éste.
- d1. Reemplace los pernos de anclaje, placas de retención, etc., cortados y/o fuertemente corroídos. Si los pernos y las placas, etc., han sido cortados, se notificará a las personas idóneas y ellos realizarán una investigación sobre la causa de las fuerzas cortantes. Dependiendo de que haya causado la acción de corte y si la condición es progresiva, se tomará la decisión de otra acción correctiva.
- e1. Elimine el material defectuoso bajo y alrededor del apoyo y reemplace con material nuevo. Este procedimiento requerirá de un sistema de apoyo provisional adecuadamente diseñado.
- g1. No se procederá a una acción correctiva inmediata a menos que haya peligro de un colapso inmediato. Se notificará al personal adecuado y ellos realizarán un estudio de la condición, el cual pudiera incluir la causa probable de la situación. Estas personas recomendarán entonces un procedimiento de reparación dependiendo de sus investigaciones. Si existe peligro de un colapso inmediato del elemento, el cual podría resultar en un daño serio de la estructura, o la condición se considera como peligrosa para la seguridad, la parte del puente que está siendo soportada por el apoyo será apuntalada inmediatamente para tomar la carga en caso que el apoyo fallara.
- h1. Despeje el apoyo y el área de su alrededor. Reemplace o repare el sistema de protección como se describió en b1. Lubrique el apoyo, si es adecuado. Para la lubricación de éste puede requerirse un sistema de apoyo provisional diseñado apropiadamente.



Los literales c2-h1 quedan fuera del alcance de éste manual.

### **Prevención.**

- a1. Tenga un programa para la limpieza de escombros en los asientos del puente y los apoyos, a intervalos regulares.
- a2. Tenga un programa para una conservación adecuada de las juntas del piso que fueron proyectadas para ser selladas, pero que no están funcionando apropiadamente y permiten que la humedad y las materias extrañas caigan a las áreas de apoyo. En éste programa también se incluirá la conservación de los canales debajo de las juntas abiertas y de otros elementos del puente, diseñados para prevenir que la humedad y las materias extrañas se depositen en las áreas de apoyo.
- a3. A la superficie se le dará una inclinación aproximada de 1:12 (1" por pie), para permitir el drenaje apropiado de las superficies cercanas a los apoyos.
- b1. Tener un programa de limpieza como se describe en a1.
- b2. Tener un programa de mantenimiento de juntas, como se describe en a2.
- b3. Se tendrá un programa para limpieza y reparación o reemplazo de los elementos de protección a intervalos regulares, de acuerdo con los procedimientos aceptados de pintura o galvanizado.
- b4. A la superficie se le dará una inclinación como se describe en a3.
- c1. Tenga un programa de limpieza como se describe en a1.
- c2. Tener un programa de mantenimiento de juntas, como se describe en a2.
- c3. Tenga un programa de conservación del sistema de protección como se describió en b3.
- c4. A la superficie se le dará una inclinación como se describió en a3.
- d1. Tener un programa de limpieza como se describe en a1.

- d2. Tener un programa de mantenimiento de juntas, como se describe en a2.
- d3. Tenga un programa de conservación del sistema de protección como se describió en b3.
- d4. A la superficie se le dará una inclinación como se describió en a3.
- d5. Construya un pavimento de acceso con juntas libres de presión, si se considera apropiado.
- e1. Tenga un programa de limpieza como se describió en a1.
- e2. Tenga un programa de conservación de juntas como se describió en a2.
- e3. A la superficie se le dará una inclinación como se describió en a3.
- f1. Construya un pavimento de acceso con juntas libres de presión, si se considera apropiado.
- g1. Construya un pavimento de acceso con juntas libres de presión, si se considera apropiado.
- h1. Tenga un programa de limpieza como se describió en a1.
- h2. Tenga un programa de conservación de juntas como se describió en a2.
- h3. Tenga un programa de conservación del sistema de protección como se describió en b3.
- h4. Tenga un programa para la lubricación rutinaria de las áreas apropiadas de los apoyos.

#### **4.10.3. APOYOS FIJOS DE ACERO.**

##### **4.10.3.1. DESCRIPCIÓN DE DAÑOS:**

Los mismos que para Apoyos de Dilatación con Rodillos, excepto que “f” se cambia a “Mala colocación del apoyo en forma de movimiento transversal o longitudinal, inclinación del apoyo, etc.”

#### **4.10.3.1.1. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

##### **Corrección, Prevención.**

Véase Apoyo de Dilatación con Rodillos.

#### **4.10.4. APOYOS ELASTOMÉRICOS.**

##### **4.10.4.1. DESCRIPCIÓN DE DAÑOS:**

- a. Acumulación de materias extrañas.
- b. Desintegración y/o deterioro del material bajo, o inmediatamente adyacente al apoyo.
- c. Corte excesivo (deslizamiento), el cual generalmente puede ser considerado como un desplazamiento longitudinal cuando sobrepasa el 25% de la altura del apoyo.
- d. Compresión no uniforme en las cuatro esquinas del apoyo o torcimiento del apoyo.
- e. Agrietamiento por ozono o cortes en el apoyo.
- f. Falla de la adherencia entre el elemento elastomérico y las placas de acero superior e inferior.
- g. Redondeado de las aristas del elemento elastomérico debido al desgaste (generalmente si no se utilizan las placas de carga).

##### **4.10.4.1.1. MÉTODOS DE REPARACIÓN.**

###### **Corrección.**

- a1. Elimine el material defectuoso abajo y alrededor del apoyo y sustitúyala con material nuevo. Este procedimiento pudiera

requerir el uso de un sistema de apoyo provisional, adecuadamente diseñado.

b1 a g1. Acuda a g1 en Corrección (Apoyos de Dilatación con Rodillos).

### **Prevención.**

a1. a a3. Acuda a a1 hasta a3 en Prevención (Apoyos de Dilatación con Rodillos)

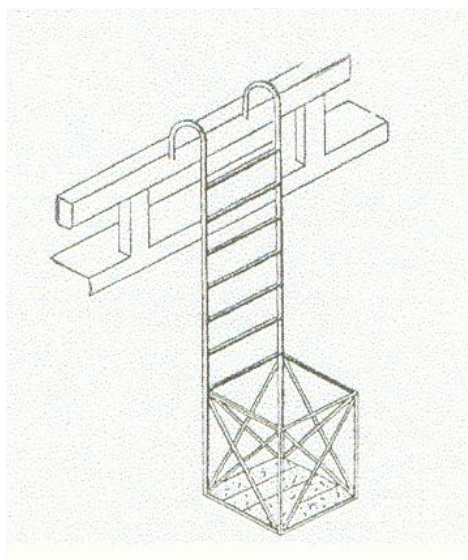
c1-g1. No existen otros programas adecuados de mantenimiento preventivo para éstos problemas, que conservar los apoyos generalmente secos y limpios y si es necesario, la construcción de juntas libres de presión.

### **4.10.5. PROCEDIMIENTO.**

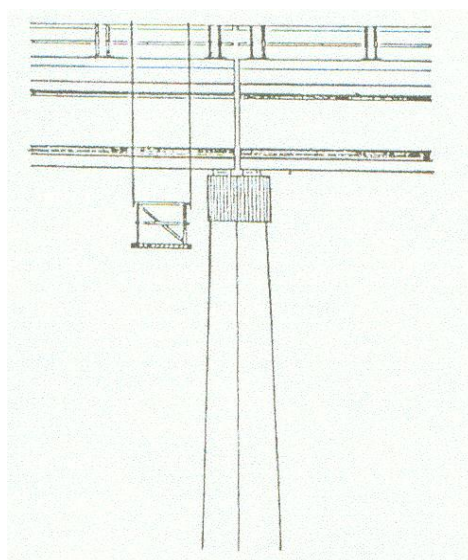
Este procedimiento es aplicable a todos los tipos de apoyo.

#### **□ Limpieza y despeje de los aparatos de apoyo.**

1. Colocar señales y dispositivos de seguridad.
2. Seleccionar un medio auxiliar seguro que facilite la aproximación a los apoyos del puente. Se incluyen desde los métodos más rudimentarios y básicos (cuerdas, cinturones de seguridad, escaleras, etc.) o sistemas muy complejos como las pasarelas y canastillas desarrolladas para trabajos de inspección y mantenimiento de puentes, pasando por sistemas integrados en la propia estructura.



Canastillas Tipo.



Pasarelas.

Fig. 4.64. Equipo utilizado en la inspección y mantenimiento de aparatos de apoyo.

3. Retirar toda la suciedad y detritus de las juntas entre vigas y estribos, así como alrededor de apoyos de vigas y de pilas. Se incluyen para éste propósito diferentes métodos, desde la limpieza con cepillos de púas de acero, limpieza por presión de aire, etc., según sea más apropiado.
4. Retirar las señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.
5. Informar a la unidad de mantenimiento de cualquier daño en los apoyos del puente que requiera de una inspección más afondo.

□ **Limpieza de Juntas.**

Ver procedimiento para limpieza de juntas en el literal 4.8.

□ **Pintura de Elementos de Apoyo.**

Ver procedimiento para pintura de elementos de puentes en el literal 4.2.

**4.10.6. MATERIAL Y EQUIPO.**

Aplicable para las reparaciones de todos los tipos de apoyos.

- Escaleras.
- Cuerdas y Cinturones de Seguridad.
- Compresor de Aire con manguera larga.
- Cepillo de Púas de Acero.
- Escobas.
- Palas.
- Toneles y Bolsas Plásticas.

**4.11. SISTEMA DE DRENAJE DE PISOS.**

La operación y el mantenimiento de los sistemas de drenaje de piso son de máxima importancia en un buen programa de mantenimiento preventivo.

Se requiere un buen drenaje para el mantenimiento adecuado de los puentes; un drenaje deficiente será motivo para que el agua quede encharcada o atrapada sobre el puente, lo cual constituye un riesgo para el tránsito y puede contribuir a un deterioro amplio. Un drenaje inadecuado se debe generalmente a la acumulación de materias extrañas y escombros con obstrucción y bloqueo del sistema.

El agua estancada puede contener químicos corrosivos, los cuales atacan los elementos estructurales del puente.

#### 4.11.1. EMBORNALES – CAÍDA LIBRE Y ENTUBADOS.

##### 4.11.1.1. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:

Son causas de obstrucciones los tubos de descarga de diámetro pequeño, los canalones largos hacia abajo, los desagües horizontales con pendientes inadecuadas y los cambios de dirección bruscos. Las caídas cortas a través de tubos que drena directamente bajo el puente pueden causar corrosión del acero estructural y las pilas de concreto, o la erosión de los taludes de tierra del estribo.



Fig. 4.65. Fotografía: Corrosión del Acero Estructural y Losa de Acera a causa de caídas cortas que drenan directamente bajo el puente.

##### 4.11.1.1.1. MÉTODOS DE REPARACIÓN.

###### Corrección.

Quite las materias extrañas y el escombros de los embornales y canalones de bajada por presión de agua y/o sondas metálicas. Debe tenerse cuidado con las sondas para prevenir la perforación del tubo.

**Prevención.**

Se debe hacer una inspección y limpieza frecuente para prevenir la acumulación de materias extrañas y escombros. Deben aplicarse revestimientos de protección a las pilas y al acero estructural para prevenir la corrosión. Los taludes del estribo deben protegerse por pavimentación o por cunetas revestidas.

**4.11.2. REJILLAS.****4.11.2.1. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:**

Las rejillas de acero abiertas, generalmente proporcionan un buen drenaje del piso, pero pueden acumularse materiales extraños y elementos corrosivos sobre los miembros estructurales abajo del piso.



Fig. 4.66. Fotografía: Rejillas con Obstrucciones.

**4.11.2.1.1. MÉTODOS DE REPARACION.****Corrección.**

Quite las materias extrañas y escombros de las vigas, piezas de puente y cabezales de pilas.



### Prevención.

Una inspección y limpieza frecuente son necesarias para prevenir la acumulación de materias extrañas y escombros. Aplicar recubrimientos protectores, cubiertas o placas a los miembros estructurales bajo la rejilla.

#### 4.11.3. JUNTAS ABIERTAS CON CANALONES.



Fig. 4.67. Esquema de canales bajo juntas abiertas.

##### 4.11.3.1. DESCRIPCIÓN DEL DAÑO:

Los canales bajo las juntas abiertas están también sujetos a obstrucción y a la acumulación de materias extrañas, con el subsecuente retroceso del drenaje que contribuye a la corrosión del acero y a la erosión del concreto y la tierra.

##### 4.11.3.1.1. MÉTODOS DE REPARACIÓN.

###### Corrección.

Quite las materias extrañas y los escombros de los canales y tubos de descarga.

**Prevención.**

Son esenciales una inspección y limpieza frecuente de los canalones bajo las junta abiertas. Deberán aplicarse recubrimientos protectores a las pilas y los estribos. Los taludes de tierra bajo los tubos de descarga deben ser pavimentados.

**4.11.4. PROCEDIMIENTO.**

Este procedimiento aplica para los diferentes tipos de sistemas de drenaje.

**□ Limpieza del sistema de Drenaje de Pisos.**

1. Colocar señales y elementos de seguridad.
2. Retirar el material acumulado en las zonas de entrada y salida de los elementos de drenaje.
3. Pueden utilizarse varillas de hierro para desalojar las obstrucciones en los tubos de descarga. Retirar manualmente o utilizando varillas punzantes, toda la basura o materiales extraños acumulados sobre los drenajes de rejilla. El material acumulado bajo los canales de juntas abiertas pueden ser retiradas utilizando agua a presión. Las obstrucciones en los drenajes de rejilla también pueden ser retirados con agua a presión.
4. El material excepto la basura, se eliminará en forma manual a media ladera siempre que no afecte terrenos de cultivo, canales, quebradas, etc. En caso contrario la eliminación se efectuará en un botadero apropiado.

5. Al concluir la limpieza se verificará que todos los Sistemas de Drenaje estén libres de obstrucciones y materiales extraños.
6. Retirar las señales o elementos de seguridad.

#### **4.11.5. MATERIAL Y EQUIPO.**

Aplicable para todos los tipos sistemas de drenajes de pisos.

- Camión.
- Pipa de Agua con Manguera de Presión.
- Carretillas.
- Palas.
- Varillas Punzantes.
- Varillas de Hierro.
- Bolsas Plásticas.
- Guantes.

#### **4.12. ACCESOS (REPARACIÓN DE LA CALZADA DE APROXIMACIÓN A LA ENTRADA DEL PUENTE “LOSA DE ACCESO”).**

##### **4.12.1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A EJECUTAR:**

Esta actividad consiste en la reparación, mediante el relleno con mezcla asfáltica, de los hundimientos o asentamientos de la calzada que con cierta regularidad suelen ocurrir en la zona de transición entre el relleno de los bastiones y la losa del puente, así como la nivelación de la losa de acceso.

Sino se mantiene nivelada la losa de acceso, ésta puede ocasionar daños al tablero u otros elementos de la superestructura, ocasionados por el impacto de las sobrecargas al ingreso del puente.

#### **4.12.1.1. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO.**

##### **□ Relleno con Mezcla Asfáltica.**

El ingeniero procederá a indicar el área de trabajo que será necesaria para la ejecución de ésta actividad. Para tal efecto, utilizará una cuerda con la cual definirá los límites transversales y longitudinales en los que deberá ejecutarse la reparación.

El Contratista deberá realizar una limpieza de la zona por trabajar, y en ésta labor eliminará todo material suelto que impida la correcta adherencia entre la superficie asfáltica existente y la nueva mezcla asfáltica.

Posteriormente, deberá aplicarse un riego de liga de emulsión asfáltica, con una razón de aplicación o punto de riego comprendida entre uno (1) y uno y medio (1 ½) litros por metro cuadrado.

Después de haber aplicado el riego de liga o cuando se estime que la emulsión ha roto, se deberá comenzar a colocar la mezcla asfáltica extendiéndola con rastrillos manuales, hasta los niveles y límites definidos previamente, en capas uniformes de un espesor proporcional a la capacidad del equipo de compactación disponible.

La mezcla asfáltica extendida se deberá compactar en el sentido del eje del camino, con compactadores vibratorios manuales, la operación que se iniciará en los extremos y avanzará en traslajos continuos hasta llegar a la línea

central. La compactación se ejecutará hasta obtener una densificación del concreto que asegure su estabilidad requerida. Debido a que los volúmenes de trabajo son muy pequeños como para justificar la realización de ensayos de control de laboratorio, en el caso de que durante el plazo de la ejecución del proyecto la mezcla asfáltica presente desplazamientos provocados por las cargas del tránsito, el Contratista por su cuenta procederá a efectuar las reparaciones necesarias.

Completada ésta operación, se deberán revisar nuevamente los niveles utilizando la cuerda y verificando que el nivel del camino mantenga su continuidad hasta el acceso al puente, y se corregirá cualquier depresión o abultamiento que pudiera haber quedado y que constituya una fuente de incomodidad para los usuarios.

Finalizadas las labores de reparación, el Contratista deberá realizar la limpieza necesaria a fin de eliminar todo material sobrante o desechos que hayan quedado en el área de trabajo, resultante de la ejecución de las operaciones propias de la actividad.

□ **Nivelación de la Losa de Acceso o Rampa.**

La reparación consiste en levantar la losa de acceso mediante gatos hidráulicos y rellenar su parte inferior con un material correctamente compactado y estable, generalmente suele usarse suelo cemento.

#### **4.12.1.2. MATERIALES NECESARIOS PARA REALIZAR LA OBRA.**

- **Relleno con Mezcla Asfáltica.**
  - Mezcla Asfáltica.
  - Liga de Emulsión Asfáltica.
  - Escobas.
  - Compresor de aire.
  - Rastrillos Manuales.
  
- **Nivelación de la Losa de Acceso o Rampa.**
  - Gatos Hidráulicos.
  - Suelo Cemento.
  - Equipo de Compactación (Pizones Manuales, Bailarinas, etc.)

#### **4.13. TERRAPLÉN (REPARACIÓN DE LOS TALUDES DE APROXIMACIÓN A LA ENTRADA DEL PUENTE).**

##### **4.13.1. DESCRIPCIÓN DE DAÑOS:**

Para que los taludes puedan conservarse correctamente, deben cumplirse las especificaciones tanto de construcción, como de mantenimiento y/o reparación.

Cuando los taludes o terraplén de acceso se han estabilizado después de construidos, es conveniente protegerlos de tal manera que se conserven en la forma en que fueron diseñados.

Si los taludes tienen sus caras lisas, es conveniente cubrirlos con gramas rastreras, como quiquiyú en climas fríos, y estrella africana en climas cálidos;

también pueden emplearse otras gramíneas similares que estén más aclimatadas a la zona.

Los taludes están constantemente expuestos a la erosión por la acción de los agentes atmosféricos, tales como el viento, la evaporación, la temperatura, la lluvia, etc., que generalmente operan combinados. Por ejemplo: el viento ayuda a la evaporación de la humedad de los suelos, que cuando están secos y son poco cohesivos fácilmente son arrastrados, cambiando las pendientes de construcción de los taludes y facilitando derrumbes y asentamientos; en épocas secas y de altas temperaturas, la evaporación alcanza tal grado que resquebraja los suelos y con las lluvias el agua se filtra, provocando derrumbes y deslaves; en algunos suelos, su aumento o disminución de volumen provocado por cambios de temperatura y/o humedad, también son causantes de derrumbes o deslizamientos.

Se conoce con el nombre de Deslizamientos, a los desplazamientos de los materiales en relleno. Los deslizamientos pueden tener varios orígenes tales como:

- a) Taludes no construidos con las especificaciones de inclinación o estructura de los suelos empleados.
- b) No haber realizado en el terreno donde se asientan los rellenos, - durante su construcción – una adecuada limpia y chapeo con su correspondiente rampeo, para darle adherencia entre el terreno original y el nuevo.
- c) No construir subdrenajes apropiados en terrenos húmedos.
- d) Rellenos que durante su construcción no fueron compactados con humedad óptima y densidad máxima.

- e) Aguas que provenientes de cunetas o subdrenajes descargan sobre los taludes, o aguas superficiales que no se encauzan apropiadamente a terreno firme.

Generalmente el hombrillo comienza a deteriorarse a causa de las lluvias, paso de ganado, etc., y de no repararse rápidamente se corre el riesgo que el deterioro avance, hasta llegar al punto de no tener suficiente apoyo lateral, aún cuando la cuneta sea revestida, rompiéndose u obligando al agua a precipitarse sobre el relleno destruyéndolo rápidamente (Ver Fig. 4.68).

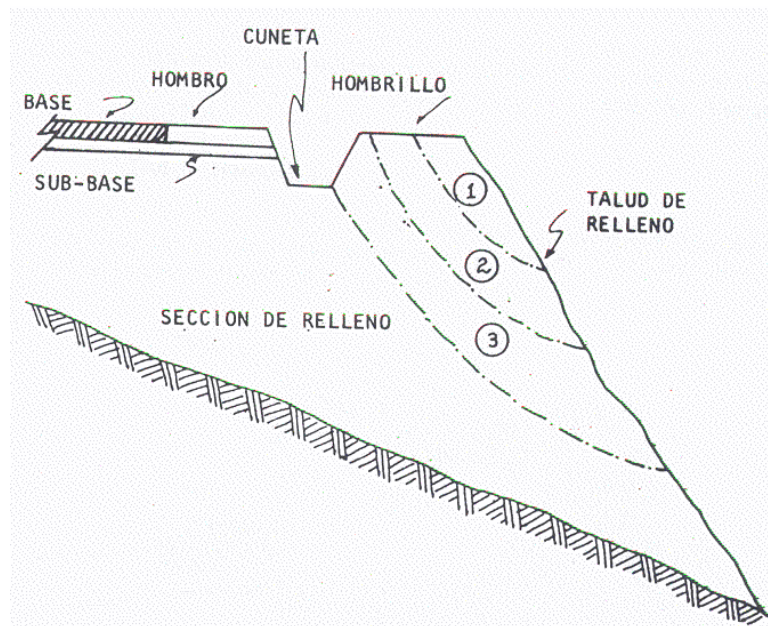


Fig. 4.68. Esquema de una sección de talud con evidencia de deslizamiento.

Los hundimientos son depresiones que se forman en la superficie de las calzadas de los puentes y en las carreteras; generalmente su origen es similar al de los deslizamientos.



#### **4.13.1.1. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO.**

Para el control de la erosión lo más recomendable será protegerlos con gramas de la zona, especialmente las rastreras. Lo más conveniente es sembrar la grama entre la contracuneta y el corte, a una distancia de treinta centímetros entre guías como máximo, y con la dirección hacia la salud.

Este tipo de grama es muy agresivo y en poco tiempo se tendrán los taludes totalmente cubiertos. Es más, las raíces son profundas y expansivas, formando un colchón bastante impermeable y protector, dando además un aspecto muy agradable. Cuando se necesita un recubrimiento más rápido se puede acelerar, sembrando en la cara del talud matas de gramas.

En cuanto al tipo de grama, se recomienda las rastreras pues tienen la ventaja que además de dar excelente protección, no crecen demasiado y su mantenimiento es económico.

Los deslizamientos excepto casos muy especiales, pueden controlarse si se mantiene una estricta vigilancia sobre los rellenos, pues generalmente comienzan por pequeños asentamientos o grietas en la corona, que paulatinamente facilitan las filtraciones hasta formar los planos de deslizamiento.

Al notar que han aparecido grietas en los rellenos, es importante estudiar la causa para eliminar el efecto, procediendo a sellarlas inmediatamente para evitar filtraciones de agua que posteriormente provoquen deslizamientos. Si esto llegara a ocurrir debe procederse a reparar el daño siguiendo los mismos métodos recomendados anteriormente.

Los hundimientos deben tratarse de acuerdo a lo especificado en la sección 4.8 “Baches”.

#### **4.13.1.2. MATERIALES NECESARIOS PARA REALIZAR LA OBRA.**

- **Control de la Erosión y Deslizamientos.**
  - Señales y Equipo de Seguridad.
  - Gramas Rastreras.
  - Suelo Natural.
  
- **Control de Hundimientos.**
  - Señales y Equipo de Seguridad.
  - Suelo Natural.
  - Pala.
  - Azadón.
  - Pisón de mano con pié de metal.
  - Bailarinas o rodillo vibrante (según se necesite).
  - Agua.

#### **4.14. LIMPIEZA DE PUENTES.**

Esta actividad consiste en la limpieza periódica de los puentes usando agua, aire comprimido y barrido manual. Los elementos del puente incluidos en el proceso de limpieza son los tableros, uniones móviles, drenajes de tuberías y asientos de estribos. El propósito es mantener éstos elementos relativamente libres de arena y desechos, y en consecuencia, reducir el deterioro de la estructura, aumentar la seguridad de los motoristas y permitir que los elementos del puente funcionen de la manera en que fueron diseñados.

Antes de comenzar la actividad de limpieza, deben colocarse todas las señales de tránsito e implemento de seguridad necesarios. Las áreas del tablero del puente que puedan tener arena o acumulaciones de desechos se deben limpiar por barrido. Esto se puede realizar en un carril con escobas manuales o barredores mecánicos. El material se debe barrer formando montículos, se debe cargar en un camión o camiones y se debe transportar a un área de eliminación apropiada.

Después de limpiar la superficie del tablero se debe quitar todo el material alojado en las uniones o instalaciones de drenaje, para lo cual se utilizará aire comprimido y/o herramientas de mano. Todas las uniones deben ser reselladas, cuando esto sea necesario, unos pocos días después de la operación de limpieza.

Es muy importante limpiar todas las áreas de soporte de los estribos y pilares. Esto se hace para impedir el deterioro del concreto o la corrosión del acero. Esta limpieza se efectúa aflojando la suciedad del asiento del puente o de la viga con raspadores y sacando el material por aire comprimido o agua a alta presión. Se usan escaleras y andamios cuando es necesario obtener acceso al asiento de la estructura.



Fig. 4.69. Maleza en elementos de puentes.

## **4.15. LIMPIEZA DEL CAUCE.**

### **4.15.1.DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A EJECUTAR:**

Esta actividad consistirá en el retiro de todos los materiales, ya sean arenas, rocas, o cualquier tipo de suelo, que se hayan depositado por efecto de la sedimentación en la zona adyacente a las pilastras y estribos del puente, así como la remoción de troncos, maleza y cualquier basura que retenida en la sección aguas arriba de las pilas no permita el libre flujo del agua a través de la estructura. Incluirá además la redefinición del cauce tanto en lo referido a su sección hidráulica como al alineamiento del corredero original.

#### **4.15.1.1. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO.**

Cuando el alineamiento del cauce del río no haya sido cambiado por efecto de la sedimentación resultante de avenidas extraordinarias que hayan modificado el curso del mismo, el Contratista con todos los recursos adecuados y suficientes procederá a la redefinición del cauce del mismo con el objeto de

devolver el flujo original de la corriente, apartando hacia las orillas de la sección los materiales que no permiten el flujo del agua a través del canal original.

La redefinición del cauce deberá ejecutarse haciendo uso de tractores o dragas o cualquier otro tipo de maquinaria adecuada para el trabajo específico del proyecto, debiéndose ejecutar en una longitud de por lo menos tres veces la distancia medida entre los estribos del puente en el lado aguas arriba y uno y medio veces en el lado aguas abajo.

En la zona de la subestructura y sus proximidades, la sección del canal deberá redefinirse a su condición original, removiendo todo material (arenas, rocas, troncos, etc.) que pudiera haberse depositado o remansado y que de alguna manera obstruya el libre flujo del agua o que pueda crear condiciones de turbulencia que pueda causar socavación en las pilastras o los estribos de la estructura.

Los materiales removidos en esta zona deberán extraerse y transportarse a sitios autorizados por el Supervisor donde no constituyan peligro de depósito en el cruce limpiado.

El dimensionamiento relacionado con el ancho y la profundidad del canal y de la sección típica en la zona de la subestructura y sus proximidades a la que el Contratista tenga que excavar será definida previamente con los planos a él proporcionados o por las instrucciones que para ello emita el Supervisor, considerando en todo momento la protección y el buen funcionamiento de los elementos de la subestructura del puente.

#### **4.15.1.2. MATERIALES NECESARIOS PARA REALIZAR LA OBRA.**

- Palas.
- Machetes.
- Barras y Piochas.

- Carretillas.
- Varillas punzantes.
- Bolsas para basura.
- Guantes.
- Botas de goma.



Fig. 4.70. Fotografía: Cauce del río con poca presencia de obstrucciones.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **5.1. CONCLUSIONES.**

La Red Vial de un país permite movilidad de bienes y servicios; en consecuencia contribuye al desarrollo nacional, al hacer posible el desplazamiento de su población a lo largo del territorio nacional y al poner en contacto a productores, distribuidores y consumidores para hacer realidad la actividad económica.

De los elementos que constituyen la infraestructura de la red vial, los puentes son puntos medulares ya que:

- Físicamente un puente es una estructura destinada a salvar obstáculos naturales, como ríos, valles, lagos; y obstáculos artificiales, como vías férreas o carreteras, con el fin de unir caminos de viajeros, animales y mercancías.
- Deben responder a la demanda de carga circulante para poder garantizar la seguridad de los usuarios.
- La inversión o valor particular de cada puente, en relación a todos los elementos de una infraestructura vial, es un elemento de mayor costo.

Por lo antes expuesto, la Administración de la Red Vial de el País debe tener presente y en ejecución siempre un mecanismo que permita preservar los puentes en condiciones que garanticen: la continuidad de la vía, la seguridad de los usuarios y minimizar las inversiones para su conservación.



Desde el inicio de los 90's, El Ministerio de Obras Públicas (MOP) a través del Viceministerio de Obras Públicas (VMOP) con miras de tener una respuesta eficaz y eficiente en el área de Puentes; ha venido desarrollando una serie de acciones:

- Realización de un inventario total sobre la Red Vial Prioritaria del País; relevando Información Básica e Inspección Visual del estado de condición de los puentes.
- Actualmente cuenta con un Sistema de Administración de Puentes (SAP); siendo éste una herramienta que le permite dictaminar el estado de condición de los Puentes y su inversión requerida desde el punto de vista de planificación.
- En los programas de mantenimiento tanto del VMOP como del FOVIAL, se ha incorporado la atención de los puentes; realizando obras para su conservación.

Hay que destacar los logros alcanzados hasta la fecha dentro del área de Puentes en nuestro país; a través de los esfuerzos desarrollados por el MOPVMDU – VMOP.

El presente Trabajo de Graduación viene a contribuir como un primer eslabón para iniciar la realización de normas y procedimientos institucionalizados de los procedimientos constructivos en la Conservación de Puentes a los niveles de Mantenimiento Rutinario y Preventivo.

## **5.2. RECOMENDACIONES.**

- Mantener actualizado el Inventario de Puentes; con el fin de tener conocimientos actualizados del estado de condición de éstos, y facilitar el empleo óptimo y eficaz de los recursos disponibles.
- Elaborar normativas institucionalizadas de Inspección, Evaluación y Procedimientos de Ejecución para la Conservación de Puentes.
- Llevar un registro de las Inspecciones realizadas. Esto con el objeto de dar seguimiento al estado de deterioro de los puentes o poder detectar fallas de carácter estructural.
- Impulsar la Ejecución de la Conservación de Puentes a través de los programas de mantenimiento de carreteras.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- Manual for Maintenance Inspection of Bridges.  
American Association of State Highway and Transportation Officials  
(AASHTO) 1974.
- Manual para Inspección y Conservación de Puentes.  
Secretaría de Comunicaciones y Transporte. Subsecretaría de  
Infraestructura. Tomo I y II.  
Dirección General de Servicios Técnicos.  
México, DF. 1988.
- Tesis “Guía para el Diseño de Puentes de Concreto Reforzado en  
Caminos Rurales y Vecinales”.  
Jean Corie Kattan Rodríguez.  
UES, El Salvador. 1998.
- Tesis “Conservación de Puentes Carreteros”.  
Jesús Flores Sánchez.  
México. 1999.
- Tesis “Banco de Datos Actualizado y un Estudio Preliminar de  
Vulnerabilidad de Puentes Carreteros Comprendidos en el Tramo desde  
el río Lempa hasta La Unión en la Carretera el Litoral”.  
Nelson Osmín Vásquez.  
UES, El Salvador. 2000.

- Bridges Inspection and Rehabilitation. A Practical Guide.  
Parsons Brinckerhoff.  
Editorial: Wiley Interscience. 1993
- Guide for Repair of Concrete Bridge Superstructures.  
American Concrete Institute (ACI) 1991.
- Separata Inspección y Rehabilitación de Puentes.  
Dr.-Ing. Edwin Portillo García  
Segundo Congreso Nacional de Vías Terrestres.  
El Salvador. 1998
- Concepción de Puentes – Tratado General.  
G. Grattesat. Editores Técnicos Asociados S.A.  
Maignón 26 – Barcelona – 24 – España. 1981.
- Proyecto y Diseño de Puentes.  
Ing. Raul Salas Rico.
- Memoria de las Labores realizadas por el poder Ejecutivo en el ramo de Obras Públicas en el año de: 1928, 1929, 1933, 1940, 1947.  
Y en los períodos de: 1950 – 1956, 1956 – 1957, 1957 – 1958, 1959 – 1960, 1960 – 1961, 1962 – 1963, 1964 – 1965, 1965 – 1966, 1966 – 1967, 1969 – 1970, 1972 – 1973, 1973 – 1974, 1974 – 1975, 1975 – 1976, 1977 – 1978, 1978 – 1979.  
Ministerio de Obras Públicas.

- SAP. Listado General de Puentes.  
Versión Preliminar, Mayo 2002.  
Ministerio de Obras Públicas.
- Sistema de Administración de Puentes (S.A.P).  
Unidad de Planificación Vial.  
Ministerio de Obras Públicas.  
2001.
- Historia de El Salvador.  
Tomo II. 1994.  
Ministerio de Educación. El Salvador – Centroamérica.
- Los Puentes: Tipos de Puentes.  
[www.geocities.com](http://www.geocities.com)
- Curso de Puentes y Viaductos.  
Msc. Ing. Marcelo Romo P.  
Escuela Politécnica del Ejército.
- Análisis Estructural de Subestructura de Puentes según Normas AASHTO.  
Pedro Roberto Castro Sánchez.  
1992.

- Separata de Pilotes.  
Autor: Anónimo.  
Página Web [construaprende.com](http://construaprende.com)
- “Manual para Mantenimiento de Puentes”.  
Publicado por American Public Works Association.  
Financiado por la Federal Highway Administration  
Tomo III. Agosto 1985.
- Tesis “Inspección, Evaluación y Diagnóstico en Puentes de Concreto Reforzado”.  
Raymundo Giovanni García Hernández, Salvador de Jesús Osorio Cruz y Sergio Leonardo Henríquez Angulo.  
Universidad Politécnica de El salvador.  
Junio 2002.
- Separata “Técnicas para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes”.  
Unidad de Planificación Vial. Ministerio de Obras Públicas.  
Anexo 4.
- Especificaciones y Técnicas Aplicadas en Operaciones de Mantenimiento y reparación de Carreteras, Alcantarillas y Puentes.  
SIECA 1984.  
Quinta Parte.

- Manual de Normas y Procedimientos y Especificaciones para la Construcción.  
SIECA 2000.
- “Manual de Especificaciones para la Reconstrucción de Caminos y Puentes Rurales”.  
Fondo Hondureño de Inversión Social Agencia Interamericana de Desarrollo del Gobierno de los Estados Unidos (FHIS – USAID).  
Elaborado por CICSA Ingenieros Consultores. Tegucigalpa, Honduras.  
1999.
- “Especificaciones Generales para la Conservación de Carreteras, Caminos y Puentes de Costa Rica (CRM – 2002)”.  
Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Consejo Nacional de Vialidad.  
IMNSA Ingenieros Consultores.  
Mayo 2002.
- “Manual Técnico para la Conservación Vial con Microempresas”.  
Programa para la Conservación de la Red Vial Fundamental con Microempresas y Administradores Viales. Provia Bolivia.  
República de Bolivia. Ministerio de Desarrollo Económico, Viceministerio de Transporte, Comunicación y Aeronáutica Civil.  
Servicio Nacional de Caminos.  
La Paz, Febrero 2002.

- Manual Internacional de Conservación de Carreteras.  
Directrices Prácticas para la Conservación de Carreteras Rurales.  
Volumen II de IV.  
Carreteras sin Pavimento.  
Versión Española realizada por el Comité Nacional Español de la AIPCR,  
con el apoyo financiero de la Dirección general de Carreteras del  
MOPTMA.
- Evaluación Preliminar de Daños.  
Ing. Ricardo Castellanos Araujo.  
Módulo I. San Salvador, El Salvador, 20 de Enero de 2001.
- Catálogo de Daños en Pavimentos de Concreto Hidráulico.  
SIECA 2000.
- Publicación: Mantenimiento de Puentes de la Federal Highway  
Administrations.  
Tomo III. Agosto 1985.



**ANEXOS.**

# **MANTENIMIENTO RUTINARIO**

## **ACTIVIDADES A REALIZAR DENTRO DE ESTA CATEGORÍA:**

- Limpieza de Puentes.
- Limpieza del Sistema de Drenaje.
- Limpieza del Cauce o Lecho del Río.
- Limpieza de Aparatos de Apoyo.
- Limpieza y Degradación de la Pintura en Acero Estructural.
- Pérdida de Pernos y Remaches.
- Limpieza y Lubricación de Cables de Acero.
- Limpieza y Protección de la Madera.
- Limpieza y Degradación de la Pintura en Lámina Troquelada.
- Conformación de Superficies No Pavimentadas.
- Alisado Superficial de Calzadas de Balaste o Tierra.
- Limpieza de Juntas.
- Chapeo en Taludes.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### **ACTIVIDAD 1: LIMPIEZA DE PUENTES.**

#### **DESCRIPCION Y OBJETIVO**

Esta actividad consiste en la limpieza periódica de los puentes. Los elementos del puente incluidos en el proceso de limpieza son los tableros, uniones móviles, drenajes de tuberías y asientos de estribos. El propósito es mantener éstos elementos relativ

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales de seguridad.</li> <li>2. Retirar el material acumulado en el tablero, instalaciones de drenaje, soporte de los estribos y pilares.</li> <li>3. Pueden utilizarse escobas de cerdas blandas para el barrido de la calzada del puente, aire comprimido y varillas punzantes para eliminar la suciedad acumulada en los sistemas de drenaje, estribos y pilares del puente, raspadores para eli</li> <li>4. El material excepto la basura, se eliminará en forma manual en los terrenos circundantes, siempre y cuando no afecten propiedades ajenas. En caso contrario la eliminación se efectuará en un botadero apropiado.</li> <li>5. Retirar las señales o elementos de seguridad.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
Camión cisterna con manguera a presión.	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carretillas.</li> <li>- Palas.</li> <li>- Aire Comprimido.</li> <li>- Escobas de cerdas blandas.</li> <li>- Raspadores.</li> <li>- Agua a Presión.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
Ninguno.	Sistemas Estructurales del puente libres de obstrucciones y materiales extraños.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 2: LIMPIEZA DEL SISTEMA DE DRENAJE DE PISOS.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta labor se ejecuta para mantener los Sistemas de Drenaje libres de todo tipo de obstáculos que dificulten o impidan el paso del agua.

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales de seguridad.</li> <li>2. Retirar el material acumulado en las zonas de entrada y salida de los elementos de drenaje.</li> <li>3. Pueden utilizarse varillas de hierro para desalojar las obstrucciones en los tubos de descarga. Retirar manualmente o utilizando varillas punzantes, toda la basura o materiales extraños acumulados sobre los drenajes de rejilla. El materi</li> <li>4. El material excepto la basura, se eliminará en forma manual a media ladera siempre que no afecte terrenos de cultivo, canales, quebradas, etc. En caso contrario la eliminación se efectuará en un botadero apropiado.</li> <li>5. Retirar las señales o elementos de seguridad.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
Camión cisterna con manguera a presión.	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carretillas.</li> <li>- Palas.</li> <li>- Varilla punzante.</li> <li>- Varillas de Hierro.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
Ninguno.	Sistemas de Drenaje libres de obstrucciones y materiales extraños.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 3: LIMPIEZA DE LOS CAUCES O LECHOS DE LOS RÍOS.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta actividad consiste en limpiar con herramientas manuales los obstáculos que impidan el libre paso del agua y que en caso de represamiento puedan afectar la estructura del puente. Se trata de quitar basura, árboles, ramas, piedras o material sedimentado.

PERSONAL	PROCEDIMIENTO
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Retirar todo el material extraño que se encuentre en los lechos y cauces del río (piedras que obstruyan, escombros, ramas, basura, etc.</li> <li>2. El material, excepto la basura, se eliminará en forma manual a media ladera siempre que no afecte terrenos de cultivo, viviendas, canales, etc.,. En caso contrario la eliminación se efectuará en un botadero apropiado.</li> <li>3. El tratamiento de la basura se la realizará según la actividad correspondiente.</li> </ol>
EQUIPO	
HERRAMIENTAS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carretillas.</li> <li>- Pala.</li> <li>- Varilla punzante.</li> <li>- Pico.</li> <li>- Barras.</li> </ul>	
MATERIAL	INDICADOR DE COMPROBACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bolsas de basura.</li> <li>- Guantes.</li> <li>- Botas de goma para agua.</li> </ul>	Cauce del río limpio y descontaminado físicamente.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 4: LIMPIEZA DE APARATOS DE APOYO.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta labor se ejecuta para mantener los aparatos de apoyo libres de acumulación de materiales extraños y de la acumulación de agua en o cerca de estos elementos.

PERSONAL	PROCEDIMIENTO
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales y dispositivos de seguridad.</li> <li>2. Seleccionar un medio auxiliar seguro que facilite la aproximación a los apoyos del puente, del personal encargado del trabajo.</li> <li>3. Retirar toda la suciedad y detritus de las juntas entre vigas y estribos, así como alrededor de apoyos de vigas y de pilas. Se incluyen para este propósito diferentes métodos desde la limpieza con cepillos de púas de acero, limpieza por</li> <li>4. Retirar las señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.</li> <li>5. Informar a la unidad de mantenimiento de cualquier daño en los apoyos del puente que requiere de una inspección más a fondo.</li> </ol>
EQUIPO	
- Compresor de Aire con manguera larga.	
HERRAMIENTAS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escaleras.</li> <li>- Cuerdas y Cinturones de Seguridad.</li> <li>- Cepillo de Púas de Acero.</li> <li>- Escobas, Palas, Toneles y Bolsas Plásticas, etc.</li> </ul>	
MATERIAL	INDICADOR DE COMPROBACIÓN
Ninguno.	Aparatos de Apoyo libres de obstrucciones y materiales extraños.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 5: LIMPIEZA Y DEGRADACIÓN DE LA PINTURA EN ACERO ESTRUCTURAL.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta actividad consiste en la sustitución de la capa de pintura degradada. Con el propósito de evitar que se siga degradando la pintura y se corroan los elementos de acero estructural, además preservar y mantener la estructura debidamente protegida.

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales y equipo de seguridad.</li> <li>2. Preparar los elementos del acero estructural a pintarse, limpiando y cepillando la zona oxidada y la pintura existente que se encuentra descascarada.</li> <li>3. Colocar las capas de pintura de manera que cubran completamente la zona dañada.</li> <li>4. Revisar la correcta aplicación de la pintura.</li> <li>5. Retirar todo el equipo.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
- Compresor de aire con atomizador.	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillos de hebras metálicas.</li> <li>- Raspadores.</li> <li>- Manguera</li> <li>- Lija.</li> <li>- Brochas y/o rodillos.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pintura anticorrosiva.</li> <li>- Agua.</li> <li>- Solventes.</li> </ul>	Superficie del acero estructural libre de óxido no adherido y materia orgánica, y con la debida protección de la capa de pintura anticorrosiva.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 6: PÉRDIDA DE PERNOS Y REMACHES.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta actividad consiste en el reemplazo de pernos y remaches defectuosos, con el propósito de evitar la pérdida de miembros o elementos de un puente y preservar la estructura en condiciones óptimas con las que fueron diseñadas.

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales y equipo de seguridad.</li> <li>2. Quitar todos los remaches y/o pernos flojos y defectuosos.</li> <li>3. Limpiar la superficie expuesta con cepillos de alambre o arena a presión.</li> <li>4. Reemplazar los pernos y/o remaches defectuosos.</li> <li>5. Retiro de señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
- Unidad de chorro de arena.	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
- Cepillos de hebras metálicas. - Pernos. - Arandelas. - Roscas. - Llave para pernos. - Martillo de bola con mango de acero. - Destornilladores o Desarmadores.	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
- Arena.	Elemento Estructural con pernos y remaches en condiciones óptimas.





Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 7: LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE CABLES DE ACERO.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta actividad consiste en limpiar y lubricar los cables de acero. Con el objeto de evitar que adquieran corrosión, deformaciones, aplastamientos, desgastes, reducción de diámetro, roturas de alambre, fallas de lubricación y preservar y mantener la estru

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales y equipo de seguridad necesarios, antes de iniciar el proceso de mantenimiento y reparación.</li> <li>2. Realizar la limpieza de la zona oxidada mediante el uso de cepillos de cerdas metálicas, raspadores, lija y/o chorro de agua a presión.</li> <li>3. Colocar un lubricante a los cables de acero, que tenga propiedades anticorrosivas y antifriccionantes, éste trabajo puede hacerse por medio de engrasadoras.</li> <li>4. Verificar el correcto engrasado en aquellas partes que lo ameriten.</li> <li>5. Retiro de señales y equipo de seguridad.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
- Unidad de chorro de agua.	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillos de hebras metálicas.</li> <li>- Raspadores.</li> <li>- Manguera.</li> <li>- Lija.</li> <li>- Engrasadoras.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lubricante.</li> <li>- Agua.</li> </ul>	Superficie de cables de acero libre de óxido no adherido y materia orgánica, y con la debida protección de la capa de lubricante anticorrosivo y antifriccionante.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 8: LIMPIEZA Y PROTECCIÓN DE LA MADERA.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Es importante proteger la madera del ataque de agentes como la humedad, el sol, cambios de temperatura, insectos, etcétera.

Se pretende con ésta labor, preservar la estructura y evitar el ataque de insectos y hongos y la aparición de grietas.

PERSONAL	PROCEDIMIENTO
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales y dispositivos de seguridad.</li> <li>2. Quitar los barnices y/o pinturas que la madera pueda tener, usando decapantes y/o procedimientos mecánicos ( lijado).</li> <li>3. Una vez limpia la madera hay que quitar posibles partes muertas frotando con un cepillo de púas de acero.</li> <li>4. Aplicar el producto anticarcoma con una brocha por toda la superficie de la madera 2 o 3 veces esperando 2 horas entre cada aplicación.</li> <li>5. Retirar señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.</li> </ol>
EQUIPO	
HERRAMIENTAS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Martillos.</li> <li>- Tonel para agua.</li> <li>- Cubetas.</li> <li>- Cepillos de Púas de Acero.</li> <li>- Lijas Manuales.</li> <li>- Brochas.</li> </ul>	
MATERIAL	INDICADOR DE COMPROBACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto anticarcoma.</li> </ul>	Todos los Elementos de Madera debidamente protegidos contra los agentes de degradación de la madera.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 9: LIMPIEZA Y PROTECCIÓN DE LÁMINA TROQUELADA.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta actividad consiste en la limpieza y protección de la lámina troquelada, ésta labor puede llevarse a cabo por medio de atomizado natural o aplicando pinturas anticorrosivas e impermeabilizantes (alucolor); con el propósito de proteger la lámina y evit

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales y dispositivos de seguridad.</li> <li>2. Realizar la limpieza de la zona oxidada mediante el uso de cepillos de cerdas metálicas, raspadores, lija y/o chorro de agua a presión.</li> <li>3. Si se utiliza el método de anodizado natural, se realiza un proceso de coloreado, brindando un acabado mate a la superficie con el color natural del aluminio.</li> <li>4. Si el proceso es con pintura alucolor u otro tipo de pintura que brinde impermeabilización, deberán aplicarse las capas necesarias para la protección de la superficie de la lámina. Este trabajo, puede llevarse a cabo mediante brochas, rodil</li> <li>5. Verificar la correcta aplicación de las capas de pintura.</li> <li>6. Retirar señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unidad de chorro de agua.</li> <li>- Compresor de aire con atomizador.</li> </ul>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillo de alambre.</li> <li>- Raspadores.</li> <li>- Lijas Manuales.</li> <li>- Brochas.</li> <li>- Rodillo.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua.</li> <li>- Pintura alucolor.</li> <li>- Pintura anticorrosiva e impermeabilizante.</li> </ul>	Lámina Troquelada libre de todo vestigio de corrosión y protegida adecuadamente con las capas de pintura necesarias.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 10: CONFORMACIÓN DE SUPERFICIES NO PAVIMENTADAS.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta labor consiste en mejorar las calzadas de tierra y grava, quitando todo deterioro menor con el mismo material que provee la superficie, redistribuir la arena arrastrada por el tráfico y retirar el material suelto. Con el objeto de reestablecer la pen

PERSONAL	PROCEDIMIENTO
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales preventivas necesarias.</li> <li>2. Reparación previa de baches, depresiones profundas y estancamientos de agua.</li> <li>3. Escarificación de la superficie existente.</li> <li>4. Mezclado, humedecido y extendido de la mezcla.</li> <li>5. Compactación previa.</li> <li>6. Comprobación del bombeo.</li> <li>7. Compactación final.</li> <li>8. Recoger excesos de material.</li> <li>9. Retiro de los elementos de seguridad.</li> </ol>
EQUIPO	
- 1 Camión.	
HERRAMIENTAS	
- Picos, palas, azadón, rastrillo, etc. - Carretillas. - Pizones manuales. - Regadera. - Plantilla de pendiente transversal con nivel de burbuja.	
MATERIAL	INDICADOR DE COMPROBACIÓN
- Agua.	No deberán existir huecos en la calzada. Pendiente transversal reestablecida. No deberán formarse pequeños charcos de agua en tiempos de lluvia.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 11: ALISADO SUPERFICIAL DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

La tarea consiste en mejorar las calzadas de grava y tierra por alisado superficial del material que ofrece la superficie. El alisado superficial frecuente se usa para redistribuir la arena arrastrada por el tráfico. El objeto del alisado superficial es r

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales preventivas necesarias.</li> <li>2. Retirar el material inconveniente del camino.</li> <li>3. Efectuar el alisado superficial en la misma dirección en que circula el tráfico.</li> <li>4. Retirar piezas con espigas de maleza o trozos de cable de la rastra.</li> <li>5. Retiro de los elementos de seguridad.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
- 1 Camión o Tractor Agrícola.	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carretillas.</li> <li>- Regadera.</li> <li>- Rastra de ramas de arbusto o Rastra de cubiertas de llantas.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ramas de árboles, preferentemente con espigas.</li> <li>- Llantas de tractor o de camión usadas.</li> </ul>	No deberán existir deformaciones superficiales de orden menor.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### **ACTIVIDAD 12: LIMPIEZA DE JUNTAS.**

#### **DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO**

Esta tarea consiste en limpiar la abertura de la junta así como el área adyacente de la misma. Con el objeto que trabajen adecuadamente y no dañen los bordes de concreto o acero.

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales de seguridad y preventivas necesarias.</li> <li>2. Limpiar la abertura de la junta, retirando toda arena, grava, polvo o cualquier otro material extraño que impida su correcto funcionamiento.</li> <li>3. Limpiar el área circundante a la junta.</li> <li>4. Recoger excesos de material y depositarlo fuera del derecho de vía, para evitar que se deposite sobre cualquier otro elemento del puente.</li> <li>5. Retiro de los elementos de seguridad.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compresor de aire.</li> <li>- Unidad de chorro de agua.</li> </ul>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escobas o cepillos de cerdas metálicas.</li> <li>- Escobas de cerdas blandas.</li> <li>- Carretillas.</li> <li>- Palas.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua.</li> </ul>	<p>Juntas libres de polvo, arena o cualquier materia extraña que impida su funcionamiento.</p>



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Rutinaria.**

## CONSERVACIÓN RUTINARIA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 13: CHAPEO Y LIMPIEZA DE TALUDES.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta tarea consiste en el chapeo de la vegetación que crece en los taludes y limpieza del mismo fuera de la colindancia del puente. Con el objeto de evitar interrumpir la visibilidad de los transeúntes y facilitar el drenaje superficial.

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales de seguridad y preventivas necesarias.</li> <li>2. Cortar la vegetación que se encuentra en los taludes de entrada y salida del puente.</li> <li>3. Recoger el material (vegetación) que ha sido cortado.</li> <li>4. Retirar éste material fuera de la colindancia del puente, transportándolo a lugares adecuados.</li> <li>5. Retiro de los elementos de seguridad.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Machetes.</li> <li>- Carretillas.</li> <li>- Palas.</li> <li>- Azadón.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
	Taludes libres de vegetación.

# MANTENIMIENTO PREVENTIVO

## ACTIVIDADES A REALIZAR DENTRO DE ESTA CATEGORÍA:

- Sobrecapas y Tratamiento de la Superficie de Calzada de Concreto Reforzado.
- Inyección de Grietas y Fisuras en Concreto Reforzado.
- Rebajamiento y Sellamiento de Grietas en Concreto Reforzado.
- Reparación de Pérdida de Concreto Reforzado.
- Reparación de Acero Expuesto en Concreto Reforzado.
- Reparación de Degradación de Concreto Reforzado.
- Remoción de la Corrosión en Acero Estructural.
- Remoción de la Corrosión en Cables de Acero.
- Remoción de la Corrosión en Lámina Troquelada.
- Inyección de Grietas y Fisuras en Madera.
- Inyección de Grietas y Fisuras en Mampostería.
- Reparación de Degradación y Pérdida de Mortero en Mampostería.
- Reposición de Piedras en Estructuras de Mampostería.
- Reparación de Baches en Calzadas de Concreto Asfáltico.
- Reparación de Corrimiento, Corrugación, Fisuras, Hundimientos y Piel de Cocodrilo en Calzadas de Concreto Asfáltico.
- Reparación de Baches en Calzadas de Balaste o Tierra.
- Reparación de bordes de Concreto Degradado en Juntas Abiertas y Cerradas.
- Remoción de la corrosión en placas de acero de Juntas Abiertas y Cerradas.
- Reparación de Sellos en Juntas Rellenas Moldeadas.
- Reparación y Mantenimiento de Taludes.
- Nivelación de la Losa de Acceso o Rampa.





Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 1: REPARACIÓN DE FISURAS EN CONCRETO REFORZADO.

#### Método por Sobrecapas y Tratamiento de la Superficie de Calzada de Concreto Reforzado.

##### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Este es un procedimiento para sellar las fisuras y grietas en las calzadas de los puentes de concreto reforzado y proporcionarles una capa de rodadura resistente e impermeable con una resina epóxica de bajo módulo.

PERSONAL	PROCEDIMIENTO
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales y dispositivos de seguridad.</li> <li>2. Limpiar la superficie o calzada de concreto reforzando, removiendo toda suciedad acumulada por medios mecánicos.</li> <li>3. Tomar mediciones específicas de las condiciones del sitio y de la superficie de la calzada como: temperatura ambiental, temperatura de la superficie, humedad ambiental, humedad de la superficie, entre otras.</li> <li>4. Aplicar y estender la resina de muy baja viscosidad sobre la calzada, y dejarla reposar por unos minutos.</li> <li>5. Una vez aplicada la resina de muy baja viscosidad en la losa de concreto se procede a colocar la resina epóxica para la carpeta.</li> <li>6. Barrer la superficie para desaparecer cualquier burbuja de aire que haya quedado atrapada.</li> <li>7. Rociar arena de cuarzo sobre la resina aún fresca y recién colocada.</li> <li>8. Una vez la resina haya curado se remueve aspirando o recogiendo cuidadosamente la arena de cuarzo libre que no haya sido absorbida por la resina quedando el sistema listo para el tránsito.</li> <li>9. Retirar señales y dispositivos de seguridad.</li> </ol>
EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Unidad de Chorro de Arena.</li> <li>- Compresor de Aire.</li> <li>- 1 Pick - Up.</li> <li>- Unidad de Chorro de Agua.</li> <li>- Equipo utilizado para medir las condiciones del sitio a reparar.</li> </ul>	
HERRAMIENTAS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escobillones</li> <li>- Cinta Métrica.</li> <li>- Rastrillo.</li> <li>- Rodillo</li> </ul>	
MATERIAL	INDICADOR DE COMPROBACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resina Epóxica de alta y baja viscosidad.</li> <li>- Arena de cuarzo o arena natural limpia.</li> </ul>	Superficie de concreto sin presencia de fisuras.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 2: REPARACIÓN DE FISURAS EN CONCRETO REFORZADO.

#### Método de Inyección de Grietas y Fisuras.

##### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Este es un procedimiento para sellar las fisuras y grietas en cualquier superficie de concreto reforzado, con el propósito de evitar que éstas se incrementen y dañen más la estructura.

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales y dispositivos de seguridad.</li> <li>2. Limpiar el área de la fisura o grieta removiendo el concreto deteriorado, quedando una superficie libre de grasas y polvo.</li> <li>3. Marcar puntos de perforación en distancias entre 10-30 cm., según forma y carácter de la grieta.</li> <li>4. Perforar con taladro eléctrico, en los puntos marcados, un orificio de 5/16 pulgadas o hasta una profundidad de 2-3 cm., después abrir las grietas en forma de “U” y limpiarlas cuidadosamente de partículas sueltas u otras suciedades. Tam</li> <li>5. Preparar niples de inyección, utilizando tubos de cobre de 5/16 pulgadas cortando en secciones de 10 cm. Estos niples se introducen en los orificios de inyección.</li> <li>6. Preparar una mezcla epóxica y aplicar una capa de ésta mezcla con brocha en el fondo de la grieta y alrededor de los niples. Después preparar otra mezcla epóxica y agregar a éstos componentes mezclados suficiente cuarzo hasta formar una</li> <li>7. Rellene con ésta pasta toda la grieta o fisura y esfuere los puntos de inyección alrededor de los tubos. Deje fraguar el relleno por un tiempo mínimo de 24 horas.</li> <li>8. Preparar una mezcla epóxica de bajo módulo y colocarlas en los inyectoros.</li> <li>9. Se procede a inyectar la fisura o grieta.</li> <li>10. Limpiar las herramientas con frecuencia, especialmente la pistola, para evitar que la resina fragüe estando la mismas en uso.</li> <li>11. Retirar las señales y dispositivos de seguridad.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compresor de Aire.</li> <li>- Unidad de Chorro de Agua.</li> <li>- Pistolas Inyectoras.</li> <li>- Taladro Eléctrico.</li> </ul>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillo de alambre.</li> <li>- Plumones.</li> <li>- Niples.</li> <li>- Brocha.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resina Epóxica de alto y bajo módulo.</li> <li>- Cuarzo.</li> </ul>	Superficie de concreto sin presencia de fisuras.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 3: REPARACIÓN DE GRIETAS EN CONCRETO REFORZADO.

#### Método por Rebajamiento y Sellamiento de Grietas.

##### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Consiste en un método para sellar las grietas en superficies horizontales de concreto reforzado, con el propósito de evitar que éstas incrementen su tamaño, provoquen filtraciones y que a futuro cause daños más severos.

PERSONAL	PROCEDIMIENTO
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales y dispositivos de seguridad.</li> <li>2. Limpiar el área de la grieta removiendo el concreto deteriorado, quedando una superficie libre de grasas y polvo.</li> <li>3. Cuando exista humedad en la grieta es preciso retirarla a base de aire comprimido de tal manera que la grieta quede totalmente seca</li> <li>4. Deberá de abrirse y rebajarse convenientemente la grieta. Este proceso debe de realizarse cuidadosamente para evitar profundizar más la grieta.</li> <li>5. Limpiar la superficie expuesta por medios mecánicos.</li> <li>6. Colocar adecuadamente la mezcla fina de concreto nuevo en la grieta.</li> <li>7. Curar adecuadamente la superficie de la grieta reparada.</li> <li>8. Retirar señales y dispositivos de seguridad.</li> </ol>
EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compresor de Aire.</li> <li>- Unidad de Chorro de Agua.</li> </ul>	
HERRAMIENTAS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillo de alambre.</li> <li>- Martillo.</li> <li>- Cíncel biselados.</li> </ul>	
MATERIAL	INDICADOR DE COMPROBACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concreto Fino y de alta resistencia.</li> </ul>	<p>Superficie de concreto sin presencia de grietas.</p>



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 4: REPARACIÓN DE PÉRDIDA DE CONCRETO REFORZADO.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Consiste en el retiro de todo concreto degradado y reparación de la superficie expuesta mediante la colocación de nuevo material. En general el propósito de ésta labor es evitar filtraciones en el concreto y que se siga perdiendo concreto hasta exponer el

PERSONAL	PROCEDIMIENTO
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales de seguridad.</li> <li>2. Remover el concreto deteriorado hasta una profundidad de <math>\frac{3}{4}</math> pulgada.</li> <li>3. Limpiar la superficie del área recortada.</li> <li>4. Aplicar el agente adherente en la superficie limpia.</li> <li>5. Colocar la mezcla de concreto nuevo y proporcionar una superficie adecuada.</li> <li>6. Curar la superficie.</li> <li>7. Retiro de señales de seguridad.</li> </ol>
EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Martillo Perforador Liviano (45lbs).</li> <li>- Sierra de concreto.</li> <li>- Compresor de aire.</li> <li>- Unidad de chorro de agua.</li> <li>- 1 Pick - Up.</li> </ul>	
HERRAMIENTAS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Martillo (30lbs).</li> <li>- Cíncel.</li> <li>- Cepillo de alambre.</li> </ul>	
MATERIAL	INDICADOR DE COMPROBACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concreto (Cemento Pórtland de alta resistencia)</li> <li>- Agentes epóxicos adherentes o lechada.</li> </ul>	<p>Superficie de concreto sin presencia de deterioro.</p>





Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 5: REPARACIÓN DE ACERO EXPUESTO EN CONCRETO REFORZADO.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Este procedimiento consiste en la remoción y reparación del concreto degradado y la protección adecuada del acero de refuerzo. Esta labor se realiza con el propósito de evitar que el acero de refuerzo se corroa o siga corroyéndose y que la pérdida de conc

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales de seguridad.</li> <li>2. Remover todo concreto deteriorado de los costados del acero, hasta una profundidad de <math>\frac{3}{4}</math> pulgada.</li> <li>3. Limpiar el acero, removiendo óxido no adherido y residuos de concreto.</li> <li>4. Limpiar la superficie de concreto recortada.</li> <li>5. Colocar capa de pintura anticorrosiva al acero.</li> <li>6. Aplicar el agente adherente en la superficie de concreto preparada.</li> <li>7. Llenar el hueco con la mezcla de concreto nuevo y proporcionar una superficie adecuada.</li> <li>8. Curar la superficie</li> <li>9. Retiro de señales de seguridad en orden inverso a como fueron colocadas.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Martillo Perforador Liviano (45lbs).</li> <li>- Sierra de concreto .</li> <li>- Compresor de aire.</li> <li>- Unidad de chorro de agua.</li> </ul>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Martillo (30lbs).</li> <li>- Cíncel.</li> <li>- Cepillo de alambre.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concreto (Cemento Pórtland de alta resistencia).</li> <li>- Pintura Anticorrosiva</li> <li>- Agentes epóxicos adherentes o lechada.</li> </ul>	Superficie de concreto sin presencia de acero expuesto.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 6: REPARACIÓN DE DEGRADACIÓN DEL CONCRETO REFORZADO.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta actividad consiste en la remoción y reparación del área de concreto dañado, mediante la colocación de un sello epóxico impermeabilizador o la aplicación de nuevas capas de concreto y/o mortero. El propósito de ésta labor es evitar filtraciones y que

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocación de las señales y equipo de seguridad.</li> <li>2. Localización del área dañada.</li> <li>3. Si la degradación es leve, colocar una capa de emulsión epóxica para impermeabilizar el área.</li> <li>4. Si el área esta muy degradada cortar y extraer el material defectuoso.</li> <li>5. Limpiar la superficie con escobas, cepillos, aire y cortadora de concreto.</li> <li>6. Aplicar una capa nueva de mortero o concreto sobre el área dañada.</li> <li>7. Realizar el curado adecuado.</li> <li>8. Retirar todo el equipo.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortadora de concreto.</li> <li>- Manguera, Aspiradora o Compresor de aire.</li> <li>- Vibrador.</li> </ul>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Picos, cinceles, palas, cepillos, pulidora y martillos.</li> <li>- Cono para medir revenimientos.</li> <li>- Cinta métrica.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concreto o mortero.</li> <li>- Agua.</li> <li>- Emulsión Epóxica.</li> </ul>	Sustitución del material dañado por otro con características similares a las del concreto original, o la aplicación de una lechada epóxica en caso de que solo se necesite impermeabilizar la zona dañada.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 7: REMOCIÓN DE LA CORROSIÓN EN CABLES DE ACERO, LÁMINAS TROQUELADAS Y ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta actividad consiste en limpiar cables acero, láminas troqueladas y acero estructural de cualquier materia orgánica u óxido no adherido y la colocación de nuevas capas de pintura de protección. El objeto de ésta actividad radica en mantener protegidos

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales y equipo de seguridad.</li> <li>2. Realizar la limpieza de la zona oxidada.</li> <li>3. Colocar las capas de pintura de manera que cubran completamente la zona dañada.</li> <li>4. Revisar la correcta aplicación de la pintura.</li> <li>5. Retirar todo el equipo.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
- Compresor de aire con atomizador.	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillos de hebras metálicas.</li> <li>- Raspadores.</li> <li>- Manguera</li> <li>- Lija.</li> <li>- Brochas.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pintura anticorrosiva.</li> <li>- Agua</li> <li>- Solventes.</li> </ul>	Superficie de cables de acero, lámina troquelada y acero estructural libre de óxido no adherido y materia orgánica.





Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 8: REPARACIÓN DE LA MADERA.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta labor se ejecuta en caso que existan elementos de madera que presenten o que hayan sido atacados por termitas mediante la inyección epóxica. El objeto de ésta actividad consiste en reponer las partes muertas y resanar las fisuras. Debe evitarse en el

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales y dispositivos de seguridad.</li> <li>2. Quitar los barnices y/o pinturas que la madera pueda tener, usando decapantes y/o procedimientos mecánicos ( lijado).</li> <li>3. Una vez limpia la superficie de la madera, hay que quitar posibles partes muertas frotando con un cepillo de púas de acero.</li> <li>4. Hacer agujeros profundos con taladro y una broca de 10 mm cada 30 cm. Inyectar el producto varias veces con 2 horas de espera entre cada inyección. Volver a tapar los agujeros con tacos de madera, masilla, cera o resina epóxica.</li> <li>5. Retirar señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taladro.</li> <li>- Pistolas Inyectoras.</li> </ul>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Martillos.</li> <li>- Tonel para agua.</li> <li>- Cubetas.</li> <li>- Cepillos de Púas de Acero.</li> <li>- Lijas Manuales</li> <li>- Brochas.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto Anticarcoma.</li> </ul>	<p>Todos los Elementos de Madera libres de daños causados por los insectos o el intemperismo.</p>



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 9: REPARACIÓN DE MAMPOSTERÍA.

#### Fisuras en el Mortero.

##### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta tarea consiste en reparar el mortero con presencia de filtración y fisuras. Esta labor se lleva a cabo con el propósito de conservar las estructuras de mampostería en buena condición y evitar que se evidencie degradación del mortero y pérdida del mis

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales y dispositivos de seguridad.</li> <li>2. Limpiar la superficie con presencia de fisuras o grietas.</li> <li>3. Secar la fisura o grieta con aire a presión (si en caso de que la resina no se aplique en húmedo).</li> <li>4. Inyectar la fisura o grieta con resina epóxica.</li> <li>5. Retiro de señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compresor de aire.</li> <li>- Pistolas Inyectoras.</li> <li>- Unidad de chorro de agua.</li> </ul>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillos de Alambre.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resina Epóxica.</li> </ul>	Mampostería sin presencia de fisuras y filtración en el mortero



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 10: REPARACIÓN DE MAMPOSTERÍA.

#### Degradación y Pérdida de Mortero.

##### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta tarea consiste en reparar el mortero con presencia de filtración, degradación y pérdida del mismo. Esta labor se lleva a cabo con el propósito de conservar las estructuras de mampostería en buena condición y evitar que se aflojen piezas de mampostería.

PERSONAL	PROCEDIMIENTO
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales y dispositivos de seguridad.</li> <li>2. Retirar todo mortero deteriorado.</li> <li>3. Proporcionar y mezclar adecuadamente el mortero.</li> <li>4. Colocar el nuevo mortero en las superficies preparadas y limpias.</li> <li>5. Curar adecuadamente el nuevo mortero.</li> <li>6. Retiro de señales y dispositivos de seguridad.</li> </ol>
EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compresor de aire.</li> <li>- Unidad de chorro de agua.</li> </ul>	
HERRAMIENTAS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillos de Alambre.</li> <li>- Llanas Metálicas.</li> </ul>	
MATERIAL	INDICADOR DE COMPROBACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cemento.</li> <li>- Arena.</li> <li>- Agua.</li> <li>- Aditivo inclusor de aire.</li> <li>- Cal Hidratada.</li> </ul>	Mampostería sin presencia de filtración, degradación y pérdida de mortero.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 11: REPARACIÓN DE MAMPOSTERÍA.

#### Piedras Agrietadas y Flojas.

##### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta tarea consiste en reparar o sustituir piedras con presencia de fisuras o piezas flojas. Esta labor se lleva a cabo con el propósito de conservar las estructuras de mampostería en buena condición y evitar daños posteriores a la misma.

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar señales y dispositivos de seguridad.</li> <li>2. Retirar todo el mortero no adherido y piedras agrietadas o flojas.</li> <li>3. Limpiar las piedras existentes y nuevas.</li> <li>4. Colocar las piedras a la estructura, procurando dejar buena trabazón entre ellas.</li> <li>5. Si no se adhieren las piezas nuevas a la estructura, deberá de construirse un encajonamiento de concreto reforzado.</li> <li>6. Limpieza de la mampostería.</li> <li>7. Curar adecuadamente la mampostería.</li> <li>8. Retiro de señales y dispositivos de seguridad.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compresor de aire.</li> <li>- Unidad de chorro de agua.</li> </ul>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillos de Alambre.</li> <li>- Llanas Metálicas.</li> <li>- Palas.</li> <li>- Tenazas.</li> <li>- Alicata</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cemento.</li> <li>- Arena.</li> <li>- Grava.</li> <li>- Agua.</li> <li>- Aditivo inclusor de aire.</li> <li>- Acero.</li> </ul>	Mampostería sin presencia de daños.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 12: REPARACIÓN DE CALZADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO.

#### Bacheo de la Calzada y de Bermas.

##### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta actividad consiste en la reparación de las zonas dañadas de la calzada o de las bermas, reemplazando el material deteriorado por uno nuevo. En general, lo que se espera es que no haya presencia de huecos ni en la calzada de circulación, ni en las be

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales preventivas necesarias.</li> <li>2. Identificar el perímetro del área dañada.</li> <li>3. Marcar el perímetro de corte.</li> <li>4. Cortar la capa de forma vertical y hasta alcanzar el piso.</li> <li>5. Extraer el material dañado mediante el uso de picos y palas u otra herramienta mecánica.</li> <li>6. Limpiar el piso y las paredes verticales de manera que queden libres de polvo u otro contaminante.</li> <li>7. Aplicar un riego de liga asfáltica al piso y a las paredes verticales.</li> <li>8. Colocar la mezcla asfáltica suplente.</li> <li>9. Compactar hasta la elevación de la superficie vecina.</li> <li>10. Retiro de señales, equipo y toda la basura.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 Camión.</li> <li>- Máquina Compactadora (rodillo)</li> </ul>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marcadores.</li> <li>- Cortadora.</li> <li>- Escobas y brochas.</li> <li>- Carretillas.</li> <li>- Picos, palas, barras, etc.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mezcla asfáltica.</li> <li>- Emulsión asfáltica (Liga asfáltica).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No deberán existir huecos en la calzada.</li> <li>- No deberán formarse pequeños charcos de agua en tiempos de lluvia.</li> </ul>



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 13: REPARACIÓN DE CALZADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO.

#### Sello de Fisuras y Grietas en Calzadas Asfálticas.

##### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta labor comprende la limpieza y posterior relleno de las grietas (mayores de 3 mm) con lechada de emulsión asfáltica o con asfalto líquido mezclado con arena fina y, finalmente el recubrimiento con arena fina seca. En caso de fisuras (menores de 3 mm)

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se colocan señales y elementos de seguridad.</li> <li>2. Se limpian las grietas con un cepillo de cerdas duras, y luego con aire comprimido se liberan las superficies del polvo restante.</li> <li>3. Usando una maestra de mano y un cepillo, se rellenan (sin aplicar en exceso) con lechada de emulsión o asfalto líquido mezclado con arena. Después de curado se sella con asfalto líquido utilizando un recipiente y una maestra de mano.</li> <li>4. Se recubre con arena seca la superficie de la grieta rellena, para evitar que el tráfico la levante.</li> <li>5. Verificar la horizontalidad de la superficie.</li> <li>6. Retirar las señales y elementos de seguridad.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 Camión.</li> <li>- Manguera,</li> <li>Aspiradora</li> <li>o Compresor de aire.</li> </ul>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillo de cerdas duras o metálicas.</li> <li>- Maestra de mano.</li> <li>- Recipientes metálicos</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asfalto líquido.</li> <li>- Arena fina.</li> </ul>	<p>No deberán existir fisuras en la plataforma de la calzada, no deberán presentarse exudaciones a lo largo del sello. No deberán formarse desniveles a causa de los trabajos de sello de grietas.</p>



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 14: REPARACIÓN DE CALZADAS DE BALASTE O TIERRA.

#### Bacheo de Superficies No Pavimentadas.

##### DESCRIPCION Y OBJETIVO

Los métodos de reparación para bacheo se usan para corregir o reparar zonas desgastadas (ahuellamiento o roderas, surcos por erosión y los baches) o se puede usar para restaurar zonas que se ponen blandas con la humedad (reblandecimientos). El propósito d

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales preventivas necesarias.</li> <li>2. Descargar el material en lugares adecuados.</li> <li>3. Limpiar el fondo del bache de agua o material suelto.</li> <li>4. Encuadrar el bache si es profundo.</li> <li>5. Rellenar el bache y compactar con capas de espesor de acuerdo al equipo a utilizar en la compactación.</li> <li>6. Humedecer el material si éste está seco (el material debe tener una humedad cercana a la óptima).</li> <li>7. Nivelar el área bacheada por medio de regla o cordel.</li> <li>8. Recoger excesos de material.</li> <li>9. Retiro de los elementos de seguridad.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
- 1 Camión o Tractor Remolque.	
- Maquina Compactadora (rodillo).	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
- Picos, palas, azadón, rastrillo, etc.	
- Escobas o Cepillos.	
- Carretillas.	
- Pizones manuales.	
- Regadera.	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
- Grava.	No deberán existir huecos en la calzada. No deberán formarse pequeños charcos de agua en tiempos de lluvia.
- Agua.	



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 15: REPARACIÓN DE JUNTAS ABIERTAS Y CERRADAS.

#### Bordes de Concreto Degradado.

##### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Consiste en el retiro de todo concreto degradado y reparación de la superficie expuesta. En general lo que se pretende con ésta labor es lograr que la junta cumpla con sus funciones originales.

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales preventivas necesarias.</li> <li>2. Limpiar la abertura de la junta.</li> <li>3. Remover el concreto degradado.</li> <li>4. Limpiar la superficie de concreto expuesta, así como el área circundante a la junta.</li> <li>5. Proporcionar, mezclar y colocar adecuadamente el concreto en los bordes de la junta.</li> <li>6. Curar adecuadamente el concreto.</li> <li>7. Retiro de toda basura, fuera de la calzada del puente.</li> <li>8. Retiro de los elementos de seguridad.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compresor de aire.</li> <li>- Unidad de chorro de agua.</li> <li>- Sierra Mecánica.</li> </ul>	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillo de alambre.</li> <li>- Martillo y Cincel.</li> <li>- Escobas de cerdas blandas y duras.</li> <li>- Llana metálica.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua.</li> <li>- Concreto de alta resistencia.</li> </ul>	Juntas abiertas y cerradas sin presencia de concreto degradado.





Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 16: REPARACIÓN DE JUNTAS ABIERTAS Y CERRADAS.

#### Corrosión de Placas de Acero.

##### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Retiro de todo óxido no adherido y materias extrañas en placas de juntas abiertas y cerradas, con el propósito de evitar que estas placas se rompan.

PERSONAL	PROCEDIMIENTO	
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales preventivas necesarias.</li> <li>2. Limpiar la abertura de la junta.</li> <li>3. Realizar la limpieza de la zona oxidada.</li> <li>4. Colocar las capas de pintura de manera que cubran completamente la zona dañada.</li> <li>5. Revisar la correcta aplicación de la pintura.</li> <li>6. Retiro de toda basura, fuera de la calzada del puente.</li> <li>7. Retiro de los elementos de seguridad.</li> </ol>	
EQUIPO		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compresor de aire.</li> <li>- Unidad de chorro de agua.</li> <li>- Sierra Mecánica.</li> </ul>		
HERRAMIENTAS		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepillo de alambre.</li> <li>- Martillo y Cincel.</li> <li>- Escobas de cerdas blandas y duras.</li> <li>- Brochas.</li> <li>- Lijas.</li> </ul>		
MATERIAL		INDICADOR DE COMPROBACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua.</li> <li>- Pintura anticorrosiva.</li> </ul>		<p>Juntas abiertas y cerradas sin presencia de óxido no adherido y materias extrañas.</p>



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 17: REPARACIÓN DE SELLO EN JUNTAS RELLENAS MOLDEADAS.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta actividad consiste en limpiar, remover, rellenar o reemplazar el material de sello viejo y endurecido de la junta. Con el objeto de evitar que ésta se siga deteriorando y no cumpla su funcionamiento para la cual fueron diseñadas.

PERSONAL	PROCEDIMIENTO
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales preventivas necesarias.</li> <li>2. Limpiar la abertura de la junta.</li> <li>3. Se extrae el material del sello viejo hasta una profundidad de dos o tres centímetros.</li> <li>4. Limpiar con chorro de aire o de arena las caras verticales de la junta y la superficie del pavimento abarcando varios centímetros a cada lado de la junta.</li> <li>5. Aplicar liga asfáltica en el hueco y caras verticales de la junta.</li> <li>6. Colocar la mezcla asfáltica y compactar hasta lograr el mismo nivel de la superficie de rodamiento adyacente.</li> <li>7. Aplicar nuevamente liga asfáltica y esparcir arena en la superficie de la junta, para evitar que el tráfico levante la mezcla asfáltica.</li> <li>8. Quitar toda basura fuera de la calzada del puente y retirar los elementos de seguridad.</li> </ol>
EQUIPO	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compresor de aire.</li> <li>- Unidad de chorro de agua.</li> <li>- Sierra Mecánica.</li> </ul>	
HERRAMIENTAS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Martillo y Cincel.</li> <li>- Escobas de cerdas blandas y duras.</li> </ul>	
MATERIAL	INDICADOR DE COMPROBACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mezcla Asfáltica.</li> <li>- Liga Asfáltica.</li> <li>- Agua.</li> <li>- Arena</li> </ul>	<p>Juntas rellenas moldeadas sin presencia de sello viejo y degradado.</p>





Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 18: REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TALUDES.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta actividad consiste en la protección de los taludes de entrada y salida del puente, contra la erosión, deslizamientos y hundimientos. Con el propósito de preservar la estabilidad, evitar que el agua los erosione con la consiguiente falla del terraplén

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales preventivas necesarias.</li> <li>2. Delimitar las áreas erosionadas sacando el material suelto y conformando en forma de terrazas, con el fondo horizontal.</li> <li>3. Cargar, transportar y descargar el material apropiado en los lugares previamente preparados de los taludes de relleno erosionados.</li> <li>4. Sembrar Grama u otra planta apropiada en todo el talud.</li> <li>5. Retirar señales y dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
- 1 Pick - Up.	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Varillas punzantes.</li> <li>- Palas.</li> <li>- Azadón.</li> <li>- Carretilla.</li> <li>- Piochas.</li> <li>- Regaderas.</li> </ul>	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grama.</li> <li>- Balasto.</li> </ul>	Terraplén debidamente protegido.



Tesis: Manual para el Mantenimiento Rutinario y Preventivo de Puentes de El Salvador.

Universidad de El Salvador.

**Manual de Procedimientos para la Conservación Preventiva.**

## CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE PUENTES

### ACTIVIDAD 19: NIVELACIÓN DE LA LOSA DE ACCESO O RAMPA.

#### DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO

Esta actividad consiste en la nivelación de la losa de acceso. Con el objeto de evitar accidentes y evitar ocasionar daños al tablero u otros elementos de la superestructura, ocasionados por el impacto de las sobrecargas al ingreso del puente.

<b>PERSONAL</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
Según se necesite.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Colocar las señales preventivas necesarias.</li> <li>2. Proceder a nivelar la losa de acceso o rampa por medio de gatos hidráulicos.</li> <li>3. Rellenar el hundimiento que se encuentra bajo la losa de acceso, por medio de suelo cemento.</li> <li>4. Compactar adecuadamente el relleno.</li> <li>5. Retirar las señales y equipo de seguridad, en orden inverso a como fueron colocados.</li> </ol>
<b>EQUIPO</b>	
- Gato Hidráulico.	
<b>HERRAMIENTAS</b>	
- Equipo de compactación (bailarinas, pizones manuales, rodillos lisos, etc.) - Palas.	
<b>MATERIAL</b>	<b>INDICADOR DE COMPROBACIÓN</b>
- Suelo Cemento.	Losa de acceso o rampa nivelada.