

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SERVICIO DE PUENTES EN VIAS
SECUNDARIAS DE SANTANDER**

OSCAR LEONARDO GUERRERO RAMÍREZ



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2009

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SERVICIO DE PUENTES EN VIAS
SECUNDARIAS DE SANTANDER.**

Proyectista:

OSCAR LEONARDO GUERRERO RAMÍREZ

**Trabajo de Grado Modalidad Práctica Empresarial para optar al título de
Ingeniero Civil**

Director:

GUSTAVO CHIO CHO

Ingeniero Civil. Ph.D.

Tutor de Práctica:

SANDY JAIR YANEZ SÁNCHEZ

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2008

*A Dios por darme la vida, la salud y la paz,
Mis padres por su amor, apoyo y esfuerzo,
Mis hermanos por sus buenos deseos,
Mi bisabuela Rosita por su amor,
Mis abuelitos por su amor, sus consejos y apoyo,
Mis tíos por su apoyo y aliento,
Y mis compañeros por su cariño.*

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
PRIMERA PARTE: DESARROLLO Y DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA.....	3
1. EMPRESA CONVENIO: Grupo de investigación GEOMÁTICA. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander.	3
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	3
2. CONVENIO: MINISTERIO DE TRANSPORTES – UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	5
2.1 ANTECEDENTES	5
2.2 OBJETIVOS	6
2.3 ALCANCES	7
2.4 ENTREGABLES.....	9
3. PROPUESTA TÉCNICA Y METODOLÓGICA POR PARTE DE GEOMÁTICA.....	11
3.1 FASE DE APRESTAMIENTO.....	13
3.2 FASE DE INVENTARIO Y CAPTURA DE DATOS.....	14
3.2.1 Geo-referenciación.	15
3.2.2 Equipos y Ensayos	16
3.3 FASE DE PROCESAMIENTO DE DATOS DE INVENTARIO EN OFICINA.....	20
3.4 FASE DE DIAGNÓSTICO Y ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INTERVENCIÓN	21
4. ¿QUÉ HACÍA EN GEOMÁTICA?.....	23
4.1 SOPORTE TÉCNICO Y LOGÍSTICO EN OFICINA.	24
4.2 TRABAJO EN COMISIONES DE CAMPO.....	25
4.3 ACOMPAÑAMIENTO EN VISITAS DE LA INTERVENTORÍA.....	30
4.4 PROCESAMIENTO Y DIAGNÓSTICO.	31
SEGUNDA PARTE: PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SERVICIO DE PUENTES A PARTIR DE UNA INSPECCIÓN VISUAL.	32

1. MANUAL INTERNO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES.....	32
2. TRABAJO DE CAMPO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.	53
3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS PUENTES.....	56
3.1 DEFINICIÓN DE INTERVENCIONES	58
3.2 DETERMINACIÓN DEL PUENTE PROMEDIO.....	69
3.3 DEFICIÓN DE PORCENTAJES DE DAÑO Y CANTIDADES DE OBRA. 82	
3.4 AJUSTE DE LAN CANTIDADES DE OBRA A CUALQUIER PUENTE. 84	
3.5 ASIGNACIÓN AUTOMÁTICA DE INTERVENCIONES Y CANTIDADES DE OBRA.	95
3.6 EVALUACIÓN ESPECIAL DE PUENTES	100
3.7 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE COSTOS DE INTERVENCIÓN	103
4. RESULTADOS ESTADÍSTICOS.....	105
CONCLUSIONES	115
REFLEXIONES A PARTIR DE LA EXPERIENCIA PRÁCTICA	117
BIBLIOGRAFÍA.....	119

LISTADO DE TABLAS

TABLA 1. ELEMENTOS DE UN PUENTE Y SUS TIPOLOGÍAS.....	34
TABLA 2. DAÑOS GENERALES EN LOS PUENTES.....	37
TABLA 3. CALIFICACIÓN DE DAÑOS EN SUPERESTRUCTURA Y SUBESTRUCTURA.SIPUCOL.....	38
TABLA 4. CALIFICACIÓN DE DAÑOS EN LA SUPERFICIE DEL PUENTE.....	38
TABLA 5. DAÑOS EN LA JUNTAS DE LOS PUENTES.....	39
TABLA 6. CALIFICACIÓN DE DAÑOS EN LAS JUNTAS.....	39
TABLA 7. DAÑOS EN LAS BARANDAS.....	40
TABLA 8. CALIFICACIÓN DE LOS DAÑOS EN LAS BARANDAS.....	40
TABLA 9. DAÑOS EN LOS ESTRIBOS.....	41
TABLA 10. CALIFICACIÓN DE LOS DAÑOS EN LOS ESTRIBOS.....	41
TABLA 11. DAÑOS EN LAS PILAS.....	42
TABLA 12. CALIFICACIÓN DE DAÑOS EN LAS PILAS.....	43
TABLA 13. DAÑOS EN LOS ANDENES Y BORDILLOS.....	43
TABLA 14. CALIFICACIÓN DE DAÑOS EN LOS APOYOS.....	44
TABLA 15. DAÑOS EN LAS VIGAS.....	44
TABLA 16. CALIFICACIÓN DE DAÑOS EN EL CENTRO DE LA LUZ DE LAS VIGAS.....	45
TABLA 17. CALIFICACIÓN DE DAÑOS EN EL EXTREMO DE LAS VIGAS.....	46
TABLA 18. DAÑOS EN ELEMENTOS METÁLICOS.....	47
TABLA 19. CALIFICACIÓN DE LOS DAÑOS DE OXIDACIÓN, CORROSIÓN Y HERRUMBRE.....	48
TABLA 20. CALIFICACIÓN DE DAÑOS POR DEFORMACIÓN Y PANDEOS.....	49
TABLA 21. CALIFICACIÓN DE DAÑOS POR DESPRENDIMIENTO DE REMACHES Y PERNOS.....	49
TABLA 22. CALIFICACIÓN DE DAÑOS POR FRACTURAS DE SOLDADURA.....	50
TABLA 23. CALIFICACIÓN DE DAÑOS POR COLISIONES Y CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS.....	50
TABLA 24. CALIFICACIÓN DE DAÑOS POR FATIGA.....	51
TABLA 25. GRUPOS DE OBRAS DE ACUERDO A LOS DAÑOS Y SUS SEVERIDADES.....	68
TABLA 26. DETERMINACIÓN DEL PUENTE PROMEDIO.....	70
TABLA 27. PORCENTAJE DE DAÑO PARA CADA UNA DE LAS SEVERIDADES.	82
TABLA 28. FACTORES DE FORMA PARA EL CÁLCULO DE CANTIDADES DE OBRA A PARTIR DEL PUENTE PROMEDIO.....	84

TABLA 29. CANTIDADES DE OBRA DE CADA UNA DE LAS FALLAS EN CADA UNO DE LOS ELEMENTOS.	94
TABLA 30. NIVELES DE VULNERABILIDAD EN LOS PUENTES.	101
TABLA 31. VÍAS QUE PERTENECEN AL LOTE ESTUDIADO. GRUPOS DE IMPORTANCIA.	102
TABLA 32. INFORMACIÓN GENERAL DE PUENTES EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.	107
TABLA 33. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS PUENTES DEL LOTE ESTUDIADO.	107
TABLA 34. NÚMERO DE PUENTES DE ACUERDO A SU TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL.	107
TABLA 35. NÚMERO DE PUENTES DE ACUERDO A SU MATERIAL ESTRUCTURAL.	108
TABLA 36. NÚMERO DE PUENTES DE ACUERDO A SU LONGITUD.	110
TABLA 37. NÚMERO DE PUENTES DE ACUERDO A SU NÚMERO LUCES.	110
TABLA 38. CANTIDAD DE DAÑOS EN CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DE LOS PUENTES.	111
TABLA 39. CANTIDAD DE DAÑOS EN CADA UNA DE LAS ZONAS DE LOS PUENTES.	112
TABLA 40. NÚMERO DE PUENTES VINCULADOS EN CADA UNO DE LOS GRUPOS DE OBRAS.	113

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. EQUIPO GPS TRIMBLE GEOXH	15
ILUSTRACIÓN 2. ODÓMETRO PEATONAL. EXTRAÍDA DE: WWW.MERCADOLIBRE.COM.AR	16
ILUSTRACIÓN 3. ODÓMETRO VEHICULAR. <i>EXTRAÍDA DE:</i> <i>WWW.ACTIWEB.ES</i>	16
ILUSTRACIÓN 4. ENSAYO DE VIGA BENKELMAN. <i>EXTRAÍDO DE</i> <i>CTAICO.BLOGCINDARIO.COM</i>	17
ILUSTRACIÓN 5. ENSAYO DE PENETRÓMETRO DE CONO. <i>INFORMACIÓN</i> <i>GEOMÁTICA</i>	18
ILUSTRACIÓN 6. APIQUES PARA DETERMINACIÓN DE ESPESORES DE LAS CAPAS Y CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO. EXTRACCIÓN DE MUESTRAS DE SUBRASANTE. <i>INFORMACIÓN GEOMÁTICA</i>	19
ILUSTRACIÓN 7. SOFTWARE PATHFINDER OFFICE. CORRECCIÓN DIFERENCIAL.....	20
ILUSTRACIÓN 8. DIFERENTES TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES. <i>MANUAL DE</i> <i>INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES INVIAS</i>	35
ILUSTRACIÓN 9. TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES DE ARCO. <i>MANUAL DE</i> <i>INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES INVIAS</i>	36
ILUSTRACIÓN 10 TIPOS DE JUNTAS DE DILATACIÓN. <i>MANUAL DE</i> <i>INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES INVIAS</i>	36
ILUSTRACIÓN 11. FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES. INFORMACIÓN GENERAL. MINISTERIO DE TRANSPORTE.....	54
ILUSTRACIÓN 12. FORMATO PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES. DAÑOS REGISTRADOS. MINISTERIO DE TRANSPORTE.	55
ILUSTRACIÓN 13. CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE OBRAS.	59
ILUSTRACIÓN 14. UTILIDAD DEL PUENTE PROMEDIO EN EL DIAGNÓSTICO DE PUENTES.	69
ILUSTRACIÓN 15. ESTRIBO Y ALETAS PROMEDIO.....	71
ILUSTRACIÓN 16. PILAS PROMEDIO, EN ACERO Y CONCRETO.....	72
ILUSTRACIÓN 17. SUPERESTRUCTURA VIGA Y LOSA PROMEDIO EN CONCRETO.....	73
ILUSTRACIÓN 18. SUPERESTRUCTURA VIGA Y LOSA CON VIGA METÁLICA.	74
ILUSTRACIÓN 19. SUPERESTRUCTURA LOSA SIMPLEMENTE APOYADA EN CONCRETO.....	75

ILUSTRACIÓN 20. ARCO INFERIOR EN CONCRETO.	76
ILUSTRACIÓN 21. ARMADURA PROMEDIO DE PASO INFERIOR.	77
ILUSTRACIÓN 22. ARMADURA PROMEDIO DE PASO INFERIOR. VIGAS METÁLICAS.	78
ILUSTRACIÓN 23. BARANDAS PROMEDIO EN CONCRETO.	79
ILUSTRACIÓN 24. BARANDA EN CONCRETO.	80
ILUSTRACIÓN 25. BARANDA PROMEDIO CON PASAMANOS METÁLICOS Y POSTES EN CONCRETO.	81
ILUSTRACIÓN 26. EJEMPLO DE LA CODIFICACIÓN EMPLEADA EN LENGUAJE VISUAL BASIC.	96
ILUSTRACIÓN 27. RELACIÓN ENTRE LAS FALLAS, LAS SEVERIDADES Y LAS CANTIDADES DE OBRA.	97
ILUSTRACIÓN 28. RELACIÓN ENTRE LAS OBRAS DE INTERVENCIÓN Y LOS GRUPOS DE OBRAS.	97
ILUSTRACIÓN 29. DIAGNÓSTICO DE PUENTES.	98
ILUSTRACIÓN 30. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE EVALUACIÓN DE PUENTES.	99
ILUSTRACIÓN 31. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DETERMINACIÓN DE COSTOS EN LOS PUENTES.	104
ILUSTRACIÓN 32. PUENTES EN VÍAS SECUNDARIAS DEL DEPARTAMENTO DE SANTANDER.	106
ILUSTRACIÓN 33. CANTIDAD DE PUENTES PERTENECIENTE A CADA TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL.	108
ILUSTRACIÓN 34. CANTIDAD DE PUENTES HECHOS DE CADA TIPO DE MATERIAL.	108
ILUSTRACIÓN 35. NÚMERO DE PUENTES DE ACUERDO A SU LONGITUD.	110
ILUSTRACIÓN 36. NÚMERO DE PUENTES DE ACUERDO A SU NÚMERO DE LUCES.	111
ILUSTRACIÓN 37. NÚMERO DE DAÑOS REGISTRADOS EN CADA ELEMENTO DE LOS PUENTES.	112
ILUSTRACIÓN 38. NÚMERO DE PUENTES REGISTRADOS EN CADA ZONA DE LOS PUENTES.	112
ILUSTRACIÓN 39. NÚMERO DE PUENTES PERTENECIENTES A CADA UNO DE LOS GRUPOS DE REPARACIONES.	114

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Cuadro resumen del inventario del lote de puentes pertenecientes al departamento de Santander.	119

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SERVICIO DE PUENTES EN VÍAS SECUNDARIAS DE SANTANDER*

AUTOR: GUERRERO RAMÍREZ, Oscar Leonardo**

PALABRAS CLAVES: Estado de servicio, nivel de vulnerabilidad, daños en puentes, obras de intervención.

CONTENIDO:

Actualmente el Ministerio de transporte se encuentra desarrollando el programa *Plan Vial Regional* que tiene la finalidad de facilitar la competitividad e integración de los departamentos, para lo cual encarga desarrollar un inventario de la red vial secundaria del departamento de Santander para principalmente crear un sistema de información geográfica que permita gestionar las obras de intervención en los diferentes componentes de las vías. Las actividades de inventario e inspección hacen parte de las funciones desempeñadas durante la práctica empresarial. Así mismo, el Ministerio requiere la definición de una estrategia de mantenimiento y mejoramiento de las vías de transporte; es por esto que se debe definir un procedimiento para el diagnóstico de puentes que permita determinar las obras de intervención necesarias para conservar dichas estructuras en condiciones actuales de tráfico y en condiciones de pavimentación y aumento de tráfico.

El proceso de evaluación de puentes parte de una inspección visual de los daños e identificación de las características geométricas que posteriormente permitirán sistematizar la asignación de reparaciones y cantidades de obra a partir de un puente estándar para cada una de las tipologías estructurales. El punto cumbre de la evaluación del estado de puentes es la definición de la estrategia para la determinación de costos de intervención; para ello se definieron grupos de obras enmarcados en tareas enfocadas a la intervención de las diferentes partes de los puentes y los diferentes materiales de los que están hechos los elementos. Finalmente se puede llegar a algunas conclusiones de tipo estadístico y técnico a partir de la información recopilada en campo y de la aplicación del procedimiento de evaluación de puentes a un lote de dichas estructuras pertenecientes al departamento de Santander.

*Proyecto de Grado

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Gustavo Chio Cho. Tutor: Sandy Jair Yáñez Sánchez.

ABSTRACT

TITLE: Bridges Service State Evaluation in secondary roads of Santander*

AUTHOR: GUERRERO RAMÍREZ, Oscar Leonardo**

KEY WORDS: Service state, vulnerability level, damages in bridges, intervention works.

CONTENT:

At the moment the Transport Ministry is developing the program called *Regional Road Plan* that have the purpose of making possible the competitiveness and integration of the departments. Therefore, it is necessary to build the secondary road network inventory of Santander department which has the chief aim of making a geographic information system that permits to manage the intervention works in the different road components. The inventory and inspection activities are part of the functions in the enterprise practice. Likewise, the Ministry requires the definition of a strategy of the maintenance and improvement of the transport routes; this is the reason why it is necessary to define a bridges diagnostic procedure that permits to determine the required intervention works to preserve these structures in the current traffic conditions, in the pavement conditions and in the traffic increase.

The bridges evaluation process starts from a visual inspection of the damage and an identification of the geometric characteristics which subsequently will permit to systematize the assignation of reparations and work quantities from a standard bridge for each of the structural typologies. The summit point of the bridges state evaluation is the strategy definition in order to determine the intervention costs; hence, work groups were defined. These groups form part of focused tasks to the intervention of different parts of the bridges and the different materials which the elements are composed. Finally, it can be reached some statistical and technical conclusions from the collected information in the camp and from the procedure application of bridges evaluation to a lot with these structures from the Santander department.

*Thesis

** Faculty of Physical-Mechanical Engineerings. Civil Engineering School. Director: Gustavo Chio Cho. Tutor: Sandy Jair Yáñez Sánchez.

INTRODUCCIÓN

El ejercicio de la práctica en un ambiente tan complejo como es el sistema de redes viales secundarias del departamento de Santander y las actividades desarrolladas en torno al inventario que se encargó realizar en las mismas; fue una oportunidad de conocer primordialmente el impacto social y económico que genera la existencia, inexistencia o mal estado de una vía que comunica una población con cierto lugar de interés. Así mismo la práctica reforzó y aclaró algunos conceptos relacionados con los componentes estructurales de una vía, mostrándose estos de manera clara y con los problemas a los que están expuestos generalmente. De la misma manera se reforzó el tema de los Sistemas de Información Geográfica el cual cada vez toma más importancia en el mundo actual.

El trabajo de inventario de las redes viales secundarias del departamento de Santander y Norte de Santander requirió de gran número de personal encargado de desempeñar tareas tanto de inspección, logística y procesamiento de información por lo cual conformé el equipo de trabajo realizando toda esta serie de actividades y enfocándome principalmente al diagnóstico de los puentes.

El contenido de este libro se dividirá en dos partes, la primera de ellas describirá las funciones y responsabilidades que hicieron parte del desarrollo del inventario de las redes viales de los departamentos de Santander, este tema cubre las actividades desarrolladas tanto en oficina como en campo, de soporte técnico y logístico de los que hice parte.

La segunda parte del libro tratará el tema de la evaluación del estado de los puentes inventariados, en donde principalmente se definió una metodología

para el procesamiento masivo de la información obtenida en campo en cuanto a características geométricas y patologías encontradas en cada uno de los puentes y que como finalidad persigue la obtención de niveles de inversión en mantenimiento de las redes viales en cuanto al tema de puentes.

Debido a que durante el proceso académico se me fundamentó básicamente en conceptos de diseño de puentes y de vías, el abordar el tema de mantenimiento y patologías requirió de esfuerzo en materia de estudio e investigación. El correcto reconocimiento de las patologías y las metodologías de intervención son primordiales a la hora de dar un diagnóstico y una cuantía de inversión.

PRIMERA PARTE: DESARROLLO Y DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

1. EMPRESA CONVENIO: Grupo de investigación GEOMÁTICA. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander.

Geomática es un grupo de investigación asociado a las Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, a esta empresa se le fue encargado por el Ministerio de Transportes Nacional el realizar un inventario de las redes viales de los departamentos de Santander y Norte de Santander.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.

Geomática, Gestión y optimización de sistemas fue creado en Mayo de 1998 y soporta su plan de trabajo en las siguientes bases estratégicas:

- a) Proyección del Grupo en el Sistema Nacional de Investigación Aplicada o Innovación Tecnológica. El objetivo fundamental de esta estrategia es lograr la inserción del Grupo y de sus investigadores adscritos a las comunidades científicas nacionales e internacionales.
- Participar en la Convocatoria para Grupo y Centros de Colciencias.
 - Realizar eventos académicos, científicos y tecnológicos nacionales e internacionales con el propósito de difundir el conocimiento y el desarrollo en las líneas de investigación del Grupo.

- Divulgar los conocimientos y productos generados dentro del Grupo a través de la publicación de artículos, libros, ponencias, etc.
- b) Desarrollo del talento humano. El objetivo de esta estrategia es lograr la sensibilización y formación de investigadores, estudiantes de pregrado y posgrado, empresarios, funcionarios públicos y privados, y a la sociedad en general, en las áreas relacionadas con el transporte urbano y rural, conservación y preservación de recursos naturales, optimización de sistemas y en el uso de nuevas tecnologías aplicadas a la geociencia.
- Apoyar los programas académicos de pregrado de la UIS.
 - Diseñar y ofertar posgrados a nivel de especialización, diplomados y cursos en las áreas del conocimiento apropiados por el Grupo.
 - Creación de líneas de especialización en la Maestría en Ingeniería de la UIS.
 - Consolidar y ofrecer permanentemente el Diplomado Uso de Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Investigación en Ingenierías.
- c) Propender por una cultura de investigación que proponga soluciones concretas a problemas específicos de los diferentes sectores de la sociedad del área de influencia del Grupo. (1)

(1) <http://www.uis.edu.co/portal/investigacion/centros/geomatica.html>

2. CONVENIO: MINISTERIO DE TRANSPORTES – UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

2.1 ANTECEDENTES

El Ministerio de Transporte a través de la Dirección de Infraestructura se encuentra ejecutando el Programa Plan vial Regional, para lo cual tramitó ante el Banco Interamericano de Desarrollo un préstamo para financiar mencionado programa. Este, está orientado a facilitar dentro de un marco regional y nacional la competitividad e integración de los departamentos, a través de la implementación de procesos y herramientas de gestión vial que incluyen, principalmente, el inventario para determinar la estrategia de mejoramiento y mantenimiento de vías de transporte departamental y el fortalecimiento institucional de los gobiernos departamentales para ejercer sus competencias en materia vial y de los procesos de descentralización.

El Ministerio de Transporte, está desarrollando los inventarios viales departamentales en cada uno de los departamentos, ya que algunos no cuentan con estos inventarios y otros los poseen pero a la fecha se encuentran desactualizados. Para poder realizar una buena planificación y gestión vial se vuelve indispensable contar con una herramienta de este tipo la cual se implementará en un sistema de información geográfica con el objeto de que sea perdurable en el tiempo y de fácil actualización. Los inventarios viales son el punto de partida que permitirá en el futuro realizar una buena planificación y gestión vial.

2.2 OBJETIVOS

Determinar el estado, características y kilometraje de vías que conforman la red vial departamental. En el desarrollo del inventario, se espera obtener el kilometraje real y complementar los datos que posee el departamento.

Se debe realizar en cada uno de los departamentos una inspección de la información de inventarios que exista evaluarla y actualizarla de acuerdo a los lineamientos establecidos en las especificaciones técnicas.

Se deben inventariar, como mínimo, cada uno de los eventos que se describen en las especificaciones técnicas para cada una de las vías e identificar su estado estructural y de funcionamiento. Si en el desarrollo del estudio el consultor encuentra atributos que no estén incluidos dentro de lo señalado en las presentes especificaciones técnicas para cada uno de los eventos a levantar, este los deberá incluir dentro del inventario y realizar los ajustes necesarios a las fichas suministradas por el Ministerio de Transporte de acuerdo con los lineamientos indicados por el Grupo de Trabajo del Programa Plan Vial Regional.

Para cada vía, se deberá identificar el estado en que se encuentra y determinar el tráfico promedio diario. Para la totalidad de vías que se encuentran pavimentadas y para aquellas que se encuentran en afirmado pero que tengan un tráfico promedio diario superior a 150 vehículos / día o para aquellas que serán intervenidas a través del programa Plan Vial Regional, el consultor deberá realizar una recomendación del tipo de intervención (mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento rutinario o periódico) y dar un orden de valor por kilometro de la misma.

2.3 ALCANCES

- Establecer el estado actual de la red vial departamental a partir de los lineamientos establecidos en las especificaciones técnicas. Para la totalidad de vías que se encuentran pavimentadas y aquellas en afirmado que tengan un tráfico promedio diario superior a 150 vehículos / día o para aquellas vías que serán intervenidas a través del programa Plan Vial Regional, el consultor deberá realizar una recomendación del tipo de intervención (mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento rutinario o periódico) y establecer un orden de valor por kilómetro del costo de la misma, el cual servirá de base para realizar estudios de pre – inversión.
- Determinar la longitud de la red vial departamental y así conocer el número de kilómetros que tiene a cargo cada Departamento objeto de la presente consultoría.
- Inventariar la cantidad de estructuras que contiene la red vial departamental, determinando sus dimensiones, estado estructural y de funcionamiento; el tipo de superficie de acuerdo con lo estipulado en las especificaciones técnicas.
- Para la totalidad de vías que se encuentren pavimentadas y para aquellas en afirmado que tengan un tráfico promedio diario superior a 150 vehículos / día o para aquellas vías que serán intervenidas a través del programa Plan Vial Regional, se deberán realizar los ensayos necesarios que permitan conocer el estado de funcionamiento de dicha estructura. Estos ensayos no se realizarán en tramos de vías que hayan sido intervenidas recientemente (en los últimos 5 años).

- Calcular el tráfico promedio diario (TPD) actual que existe en cada una de las vías que conforman la red vial departamental, para lo cual se deberán realizar los conteos correspondientes.
- Producir un mapa digital del departamento, que permitirá la conformación del sistema de información geográfica de la red vial departamental. Sobre este mapa se deberán ubicar todos los eventos inventariados solicitados en las especificaciones técnicas.
- El levantamiento del inventario y sus estructuras se realizará para todas las vías (pavimentadas y afirmadas) incluyendo la determinación del tráfico promedio diario.

2.4 ENTREGABLES

Al finalizar el estudio, se debería entregar para cada una de las vías, en medio digital e impreso la siguiente información. Los archivos SHAPE serían suministrados por el MINISTERIO DE TRANSPORTE:

- Diagnóstico y recomendaciones de intervención (mejoramiento, rehabilitación, mantenimiento rutinario ó periódico) incluyendo costos aproximados.
- Archivo shape tipo punto de los puntos inicial y final de las vías levantadas.
- Archivo shape tipo línea del eje de la vía.
- Archivo shape tipo punto de los puntos de referencia.
- Archivo shape tipo línea carriles y ancho de calzada.
- Archivo shape tipo línea tipo de superficie
- Archivo shape tipo línea bermas.
- Archivo shape tipo línea tipo de terreno
- Archivo shape tipo punto daños asfalto
- Archivo shape tipo punto daños en pavimento rígido
- Archivo shape tipo punto daños en afirmado
- Archivo shape tipo punto alcantarillas
- Archivo shape tipo línea cunetas
- Archivo shape tipo punto filtros y drenes
- Archivo shape tipo punto muros de contención.
- Archivo shape tipo punto puentes y pontones.
- Archivo shape tipo punto sitios críticos.
- Archivo shape tipo punto ubicación de canteras y fuentes de material.
- Archivo shape tipo línea túneles.

Adicionalmente, se deberían suministrar los siguientes documentos que serían soporte del inventario:

- Datos crudos del levantamiento del eje vial.
- Datos crudos del levantamiento de los puntos inicial y final de la vía.
- Datos crudos de la ubicación de los puntos de referencia.
- Datos crudos de la georeferenciación de cada una de las estructuras levantadas de la vía.
- Resultados de los ensayos que permitan conocer el estado de funcionamiento de la estructura de pavimento de la red departamental y de las vías en afirmado con TPD mayor a 150 vehículos / día o para aquellas vías que serán intervenidas a través del programa Plan Vial Regional.
- Metodología para la determinación del índice de costo por kilómetro de acuerdo al tipo de intervención recomendado para cada una de las vías pavimentadas y de las vías en afirmado que posean un TPD superior a 150 vehículos / día o para aquellas vías que serán intervenidas a través del programa Plan Vial Regional. (1)

(1) Información basada en las especificaciones técnicas suministradas por el Ministerio de Transporte para la elaboración del inventario.

3. PROPUESTA TÉCNICA Y METODOLÓGICA POR PARTE DE GEOMÁTICA.

Basados en los lineamientos técnicos presentados por el Ministerio de Transporte y de las expectativas que se tienen por el desarrollo de este proyecto, el de investigación hizo una propuesta técnica y metodológica basada principalmente en que las herramientas de gestión vial a nivel mundial se están soportando sobre la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica.

Los Sistemas de Información Geográfica surgen con la necesidad de optimizar y racionalizar el mantenimiento y mejoramiento de los componentes de una red vial. El Sistema de Información Geográfica se convierte de distintas maneras en un sistema de Gestión del Mantenimiento de vías, el cual puede brindar beneficios como los presentados a continuación:

- Contar con una Base Central de Datos con información relativa a las vías.
- Definir Planes específicos para acciones de Mantenimiento, Rehabilitación y Reconstrucción (MRR).
- Definir requerimientos presupuestales.
- Contar con un respaldo para la solicitud de fondos tanto nacionales como internacionales.
- Contar con un sistema para la racionalización de los recursos económicos (de maquinaria, mano de obra y materiales) necesarios para desarrollar las actividades de mantenimiento.
- Posibilitar responder preguntas como “qué pasaría si”; por ejemplo, si el presupuesto es reducido, si nuevas acciones de MRR son utilizadas y otras.
- Definir la colocación de los fondos disponibles sobre la base de prioridades y procedimientos normatizados.
- Identificar zonas con riesgos potenciales y de interrupción de la circulación vehicular tales como derrumbes y hundimientos.

- Contar con la capacidad para determinar rutas alternas en casos de emergencias debidos a fenómenos naturales o accidentes.
- Facilitar la determinación rutas ideales para el transporte de carga a centros poblados lejanos en función de las longitudes más cortas y de la condición de las vías.
- Proveer de mapas georeferenciados de la red vial secundaria.
- Posibilitar el conocimiento de la malla vial desde la oficina sin necesidad de trasladarse al campo y verificar si los trabajos de mantenimiento se han ejecutado oportunamente.
- Contar con un registro histórico de las actividades de mantenimiento ejecutadas en la red.

EL equipo técnico de Geomática interpretó que así mismo se pretende desarrollar un sistema de información para la gestión del mantenimiento de puentes. El Sistema de Gestión de Mantenimiento de Puentes debe pretender clasificar a los puentes según el valor de un indicador de Índice de Prioridad. Este Índice de Prioridad deberá contemplar, en forma ponderada, todos los parámetros que llevan a considerar la condición en que se encuentra el puente, lo cual ayudará a determinar las necesidades de mantenimiento preventivo y rutinario, un módulo para la integración de costos de mantenimiento, y los módulos de priorización y planificación de las actividades de mantenimiento con sus respectivos cuadros de necesidades de recursos.

Las herramientas de gestión vial no deben estar exclusivamente enfocadas al manejo de la información sino que deben soportarse en un cimiento conceptual y metodológico conciso.

Geomática propuso el desarrollo del proyecto de inventarios viales en 4 fases, las cuales se muestran a continuación.

3.1 FASE DE APRESTAMIENTO.

El equipo técnico propuso que en esta fase se ajustaría la Metodología de acuerdo a los lineamientos dados por el Ministerio de Transporte Nacional y también basados en la información suministrada por la Gobernación departamental.

En la fase de aprestamiento se realizaron las siguientes actividades:

- Conformación del equipo de trabajo para oficina y campo.
- Solicitud y recolección de información existente en el Ministerio y Departamentos.
- Revisión y afinamiento de la propuesta metodológica para el inventario, por el equipo de especialistas, coordinadores y supervisores con base en la información recopilada.
- Consecución de equipos GPS, aparatos de laboratorio e instrumentación para las comisiones de inventario.
- Selección y contratación de vehículos para el inventario.
- Construcción de guías, formatos, procedimientos, diccionarios de datos.
- Zonificación del área de influencia del inventario, identificación núcleos de operación para las comisiones y definición de una estrategia logística para el trabajo de campo.
- Presentación y aprobación del plan de trabajo y guías de campo ajustados a interventoría.
- Instalación de diccionarios y pruebas a equipos GPS.
- Prefabricación de mojones de referencia.
- Capacitación al personal de inventario en campo por parte de supervisores y especialistas.
- Prueba piloto para inventario vial, ensayos de laboratorio y conteos vehiculares.
- Pruebas de corrección diferencial de los datos GPS, construcción de archivos “shapes”.

3.2 FASE DE INVENTARIO Y CAPTURA DE DATOS.

En esta fase se llevaría a cabo los recorridos viales con el objeto de registrar, georeferenciar, inspeccionar, y dejar soporte multimedia de cada evento o elemento identificado sobre las vías pavimentadas y en afirmado previamente acordado con el Ministerio y ajustado con el Departamento y Municipios.

Este procedimiento se llevaría a cabo mediante la implementación de dos comisiones de campo las cuales tenían tareas específicas y las cuales se muestran a continuación:

Comisión tipo 1: Instalación de puntos de referencia, apiques para determinar espesores de capas, ensayos de cono, inspección visual de puentes, trazado de eje de sección homogénea: taludes, superficie de rodadura, cunetas y tipo de terreno.

Comisión tipo 2: Inspección de superficie de rodadura (auscultación), inspección visual de obras de drenaje y muros de contención, identificación y caracterización de sitios críticos y puntos de interés.

La información recopilada en campo debía ser enviada a oficina para su posterior organización y procesamiento.

3.2.1 Georeferenciación.

La georeferenciación es el principal componente del inventario ya que en ella radica la calidad del trabajo. Esta actividad sería desarrollada con equipos de GPS marca Trimble tipo GeoXT o GeoXH. Estos equipos serían empleados como “rover”.



Ilustración 1. Equipo GPS Trimble GExH

Los GPS tendrían incorporado el software TerraSync el cual pertenece también a la marca Trimble. El software permitía la creación de diccionarios de datos que facilitaban el ingreso y posterior organización de la información.

3.2.2 Equipos y Ensayos

Para el cumplimiento de los requerimientos del inventario vial se hacía necesario el uso de algunos equipos y la realización de algunos ensayos, a continuación se muestra una breve descripción de estos equipos y ensayos:

- Odómetros peatonales: Este aparato de uso manual serviría para realizar la medida rápida de elementos de gran longitud como calzadas, muros de contención, tableros de puentes y demás elementos que lo requirieran.



Ilustración 2. Odómetro peatonal. Extraída de: www.mercadolibre.com.ar

- Odómetro digital vehicular: Este es uno de los aparatos más importantes en el inventario ya que es el indicador del abscisado de la vía. El odómetro tiene precisión al metro lo cual sería suficiente a la hora de determinar la abscisa correspondiente a cada uno de los elemento de la vía.



Ilustración 3. Odómetro vehicular. Extraída de: www.actiweb.es

- Ensayo de viga Benkelman: La viga Benkelman es un instrumento para medición deflectométrica muy utilizado en nuestro medio, este permite determinar el espesor de sobrecarpetas asfálticas requeridas utilizando curvas deflectométricas. El ensayo de viga Benkelman se realizó cada 200m en vías previamente estipuladas.



Ilustración 4. Ensayo de viga Benkelman. *Extraído de ctaico.blogcindario.com*

- Ensayo de penetrómetro de cono dinámico: El penetrómetro de cono dinámico (DCP por sus siglas en idioma inglés), es un ensayo no destructivo mediante el cual por conteo de golpes se puede determinar la capacidad de soporte de un suelo in situ.

Este ensayo se realizaría cada 2.5 Km en la vías con TPD<150, priorizadas por el plan vial regional o aquellas con pavimento algo deteriorado.



Ilustración 5. Ensayo de penetrómetro de cono. *Información Geomática.*

- Apique para determinación de espesores: Cada 2.5 Km se realizarían apiques hasta la subrasante para determinar los espesores y estados de las capas de pavimento o de afirmado. Los valores y características serían almacenados en un diccionario de datos incorporado al aparato de GPS.



Ilustración 6. Apiques para determinación de espesores de las capas y características del pavimento. Extracción de muestras de subrasante. *Información Geomática.*

- Ensayos de granulometría y límites líquido y plástico: Para las muestras de subrasante obtenidas en los apiques cada 2.5 Km se realizarían ensayos de laboratorio de granulometría y límites líquido y plástico. Estos datos serán de utilidad en la determinación de las propiedades del suelo de soporte para diferentes tramos de las vías.

3.3 FASE DE PROCESAMIENTO DE DATOS DE INVENTARIO EN OFICINA.

Luego de recopilada la información de campo se procede a la fase de procesamiento en la cual se corrigen los archivos capturados mediante el GPS. La corrección realizada se denomina diferencial y consiste en ajustar las coordenadas de los elementos recopiladas en campo y que son perturbadas por la SA (Selective Availability o Disponibilidad selectiva). Mediante la obtención de datos de una estación base la cual tiene su coordenada ya determinada se puede hacer el ajuste instante a instante de los datos recopilados por la estación móvil o rover. La corrección diferencial se realizaría con el software PathFinder Office de la casa Trimble, del cual la Universidad cuenta con la licencia.

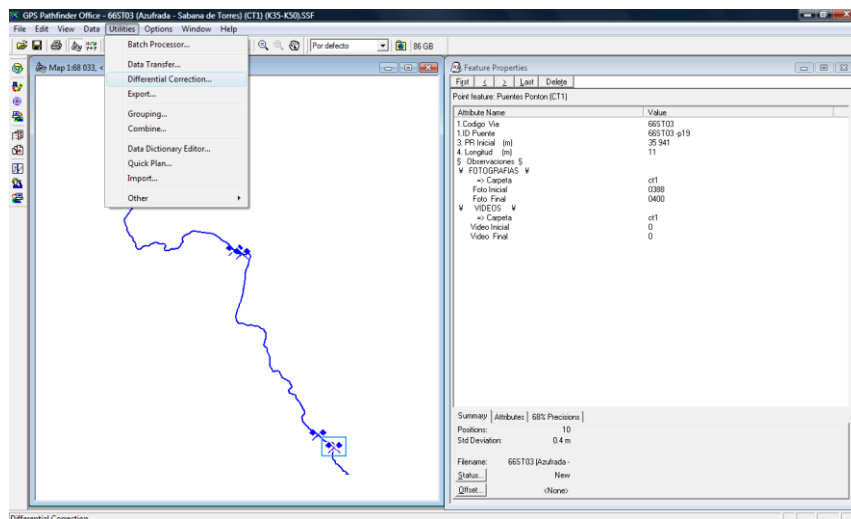


Ilustración 7. Software PathFinder Office. Corrección diferencial.

Además del procesamiento de datos de GPS, se hacía necesaria la organización de información, digitación de formatos y demás.

3.4 FASE DE DIAGNÓSTICO Y ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INTERVENCIÓN

Luego de tener la información organizada y corregida se procede a realizar el diagnóstico y la estimación de costos. Esta etapa del proyecto consiste en desarrollar una metodología que esté dentro de los alcances del contrato y que permita determinar las acciones a tomar basados en los datos recopilados en campo acerca de las condiciones de la red vial.

Para esta etapa es indispensable el apoyo de los expertos en las diferentes ramas de la ingeniería civil como lo son estructuras, pavimentos y geotecnia. Los especialistas serán los que brinden el asesoramiento durante el desarrollo de cuadros de decisiones automatizados que permitan obtener resultados de forma rápida.

El diagnóstico debe ser realizado a componentes de la vía tales como pavimentos, obras de drenaje, muros de contención, sitios críticos y puentes. La finalidad del diagnóstico es determinar cuántos de estos elementos se encuentran en buenas condiciones, cuantos requieren de mantenimiento o reparaciones, y finalmente que cantidad necesitan ser reemplazados. Es importante anotar que se deben manejar dos escenarios en la etapa del diagnóstico, un escenario consiste en hacer diagnóstico suponiendo que las condiciones de tráfico de superficie de rodadura se van a conservar y otro suponiendo que se va a reformar la calzada, se va a pavimentar y por su puesto el tráfico va a aumentar. Este criterio es adoptado debido a que los proyectos de inversión en vías son a largo plazo y tal vez no se cuente con los recursos suficientes para optimizar todas las vías, por ello el Ministerio podría requerir de información orientada a obras de mantenimiento y conservación del estado actual de las vías.

La estimación de costos es la etapa final del proyecto; en esta etapa se procede a cuantificar la inversión para cada uno de los escenarios anteriormente mencionados. Cabe anotar que la estimación de costos es un proceso muy largo y

complicado ya que es mucha la información que se debe recopilar y los APU's por desarrollar.

Una parte fundamental de la estimación de costos es el desarrollo de una metodología para el cálculo de estos la cual se acomode a las condiciones reales en cuanto a fuentes de materiales, distancias de acarreo y mano de obra. Es importante determinar precios muy aproximados a la realidad de cada municipio ya que esto se va a ver reflejado en los presupuestos de obra. (1)

(1) Información basada en la propuesta metodológica realizada por Geomática para la elaboración del proyecto de inventario vial de Santander y Norte de Santander.

4. ¿QUÉ HACÍA EN GEOMÁTICA?

Para la fecha de iniciación de la práctica, en Geomática se estaban desarrollando varios proyectos muy importantes de orden regional y nacional; fue así como hice parte del equipo encargado de realizar el inventario vial de la red secundaria de los departamentos de Santander y Norte de Santander para desempeñarme en actividades de orden técnico y logístico que fuera necesaria en búsqueda de alcanzar de la mejor manera los objetivos planteados en el proyecto.

Como se mencionó anteriormente, el proyecto comprendía actividades en la oficina principal del campus universitario y también en recorridos de campo por los municipios de Santander, es así como mi trabajo se desarrollo en estos dos ambientes representativos del quehacer del ingeniero civil.

El ingreso a Geomática fue mi primera experiencia laboral como ingeniero civil, por primera vez me involucré en un proyecto real y de gran importancia para la región, fue muy grato comenzar la vida profesional realizando actividades en pro del desarrollo del departamento.

Muchas de las actividades que se desarrollaron durante el proyecto fueron completamente nuevas e interesantes. A continuación se presenta de manera detallada cada una de las actividades y funciones que se realizaron durante la permanencia en Geomática durante el desarrollo del proyecto de inventario vial.

4.1 SOPORTE TÉCNICO Y LOGÍSTICO EN OFICINA.

Debido a que el trabajo en campo era constante y así mismo la información proveniente y enviada a este, se hacía necesario el acompañamiento de dichas actividades desde oficina. Los comités de campo requerían constantemente de insumos tales como papelería, bolsas para recolección de muestras, mapas de las zonas en estudio, mojoneros y demás útiles; una de mis labores era colaborar en el suministro de dichos materiales a los campamentos.

Así mismo constantemente había que hacer la recepción de lotes de muestras de subrasante que debían ser almacenadas en laboratorio para su posterior análisis. Los formatos en papel que eran diligenciados en campo debían ser organizados y posteriormente digitados y almacenados.

Constantemente era necesario desarrollar aplicativos en ArcView, MS Project y demás, que mostraran diferentes datos necesarios en la planeación y el control de las actividades de campo, la elaboración de este tipo de documentos también hacía parte de mis deberes en el proyecto.

Debido a que constantemente se presentaban reuniones con funcionarios del Ministerio de Transportes Nacional era necesaria la elaboración de documentos e informes que permitieran el correcto desarrollo de dichas reuniones.

En términos generales el trabajo de oficina se resumía en colaborar en lo que fuera necesario para hacer posibles las actividades de campo y facilitar la organización de información para el procesamiento.

4.2 TRABAJO EN COMISIONES DE CAMPO.

El trabajo de campo consistía en la realización de recorridos por las vías previamente establecidas realizando una serie de actividades en cada una de ellas y empleando una serie de herramientas, equipos y personal. El objetivo del trabajo de campo era la recolección de información acerca del número, dimensiones y estado de los componentes de la vía.

Los equipos, herramientas e implementos utilizados en campo fueron en siguientes:

- Aparatos de GPS: Los aparatos de GPS eran quizás los elementos más importantes del inventario. Estos elementos eran utilizados para registrar la posición geográfica de cada uno de los elementos de la vía con sus características las cuales eran ingresadas mediante diccionarios de datos previamente desarrollados e incorporados por el equipo de trabajo en la oficina. Los aparatos utilizados eran de la marca Trimble en sus referencias GeoXH y GeoXT.
- Manuales y mapas: Estos implementos servían como soporte en el desarrollo de las actividades ya que la información manejada constantemente era muy grande.
- Camionetas con odómetro vehicular incorporado: Las camionetas permitían el fácil desplazamiento de un lugar a otro sobre la vía, estas tenían incorporados odómetros vehiculares los cuales informaban durante el recorrido la abscisa de cada uno de los elementos a inventariar. El odómetro vehicular es un aparato de similar funcionamiento a un taxímetro y requería de constante calibración para evitar errores de abscisado.
- Herramienta menor: Para la realización de las actividades era necesario contar con herramienta tal como machete, pica, pala y barra. Estos implementos eran utilizados por el obrero que acompañaba la comisión.

- Mojones de referencia: Los mojoneros de referencia eran tubos de PVC rellenos de concreto con una longitud de 70cm; estos mojoneros eran instalados al principio y final de la vía, y en los puntos de control cada 5 Km. Para la instalación de los mojoneros se requería la colaboración de un obrero.
- Cámara fotográfica: La cámara era utilizada constantemente ya que se requería tener registro visual de cada uno de los elementos y los ensayos realizados. Era importante registrar el código de cada una de las fotos tomadas y relacionarlas con el componente inventariado ya que posteriormente el material multimedia iba a ser vinculado a un aplicativo SIG.
- Regla: Este instrumento era utilizado para ser colocado sobre la superficie de rodadura durante la auscultación, la regla permitía observar más detalladamente los hundimientos de la superficie.
- Flexómetro y cinta métrica: Estos dos elementos eran empleados constantemente en la medición de cada uno de los elementos de la vía. El empleo de uno o de otro dependía del tamaño del elemento y la facilidad de manejo durante la operación.
- Chalecos y conos reflectivos: Estos implementos eran utilizados como para garantizar seguridad durante el trabajo en la vía ya que la amenaza del tráfico era constante.
- Formatos y material de papelería: Debido a que no toda la información era llenada en los diccionarios incorporados en el aparato de GPS se requería de formatos en papel y demás utensilios que permitieran el fácil llenado de información.

El trabajo de campo involucraba una serie de procedimientos que se debían realizar a lo largo de toda la vía y que constituían el material de inventario e información necesaria para la posterior realización del diagnóstico de la vía. Los procedimientos eran los siguientes:

- Instalación y georeferenciación de mojones: Al inicio, final de la vía y cada 5Km debían ser instalados los mojones; este trabajo era realizado por el obrero. El mojón debía tener escrito el código de la vía y la abscisa del punto; así como también debía ser georeferenciado mediante el aparato de GPS. La definición de puntos iniciales y finales de las vías requería en ocasiones la visita de las alcaldías de los municipios relacionados y también el soporte de funcionarios de la gobernación.
- Registro de la sección de la vía: Durante todo el recorrido se debía ir registrando las condiciones geométricas de la sección de la vía o sea la ubicación y pendiente de los taludes, el tipo de superficie de rodadura, el ancho de la calzada y la existencia o no de cunetas y su geometría. El GPS capturaba información a lo largo de toda la vía y generaba una línea que simulaba el eje de la vía.
- Auscultación: Cada kilómetro se debía hacer la inspección de 50m de pavimento, identificando y midiendo cada una de las fallas encontradas en él, así como también el tipo de rodadura. Para la realización de la auscultación se requirió de aprendizaje de las patologías de los pavimentos tanto rígido como flexible y también de las superficies en afirmado. Cada daño contaba con información tal como dimensiones, severidades, ubicación y registro fotográfico. Cada punto de auscultación debía ser georeferenciado y la información debía ser almacenada en el GPS y en los correspondientes formatos.
- Inspección de obras de drenaje: A lo largo del recorrido se debían identificar y georeferenciar cada una de las obras de drenaje existentes en la vía, y a cada una de ellas se les debía definir su tipología, dimensiones y daños. Para poder realizar este procedimiento se debió aprender los tipos de entradas y salidas en las alcantarillas, así como también sus daños con sus respectivas severidades.
- Inspección de muros de contención: Para cada uno de los muros de contención se debía identificar sus tipologías estructurales, sus

dimensiones y daños con sus respectivas severidades. Estos elementos debían ser georeferenciados mediante el aparato de GPS.

- Inspección de sitios críticos: Se debía identificar y georeferenciar la existencia de sitios críticos como derrumbes o hundimientos de banca y también definir sus tipologías, dimensiones y severidades. El aprendizaje de la academia fue suficiente para la realización de esta actividad.
- Inspección de puentes: A lo largo de la vía se debía identificar y georeferenciar los puentes, dando sus características estructurales y geométricas, así como también identificando las fallas en cada uno de los elementos tanto en superestructura como en subestructura. Cada una de las fallas identificadas requerían de definición de severidad y captura de material fotográfico. La información del puente era almacenada en el GPS y en formatos del Ministerio de Transporte.
- Apiques y ensayos de penetrómetro de cono dinámico: Cada 2,5 Km se debían realizar apiques para determinar espesores de las capas de pavimento y determinar también las características granulométricas, constructivas y de humedad. Se debía tomar una muestra de la subrasante para ser enviada al laboratorio. Finalmente se debía hacer el ensayo de penetrómetro de cono en el suelo natural y la información de golpes y profundidad debía ser almacenada en el correspondiente diccionario de datos en el aparato de GPS.
- Identificación de puntos de interés: Durante el recorrido se debía identificar todos los sitios críticos que intervinieran en la vía, así como sus tipologías, severidades y dimensiones. Se debía tomar registro fotográfico de cada uno de ellos y georeferenciarlos mediante el aparato de GPS. La información debía ser almacenada en el diccionario de datos incorporado al GPS.
- Identificación de fuentes de materiales: Se debían identificar las fuentes de materiales que se encontraran sobre la vía y que tuvieran licencia de funcionamiento. La información de la vía debía ser llenada en el respectivo

formato que contenía información relacionada a los materiales de los que disponía la fuente y sus precios. El punto debía ser ge referenciado.

- Programación de conteos vehiculares: Se debía determinar los TPD de todas las vías y para ellos se debía coordinar la realización de aforos en puntos definidos previamente en oficina. Se requería la contratación y capacitación de jóvenes de la zona para la realización de dicha actividad.

Toda la información recogida en campo bien sea en formato de papel, en los diccionarios de datos del GPS o los archivos tipo mapa capturados en el GPS, debía ser corregida, organizada y posteriormente ser enviada a la oficina principal en el campus universitario para que fuera procesada.

4.3 ACOMPAÑAMIENTO EN VISITAS DE LA INTERVENTORÍA.

La interventoría correspondía a un grupo de ingenieros provenientes de la ciudad de Bogotá los cuales programaban visitas de campo con la finalidad de revisar que el proceso de inventario se estuviera realizando de manera adecuada.

Estas visitas se programaban con algunos días de anterioridad y se indicaban las vías que iban a ser objeto de revisión. En Geomática se debía organizar el operativo lo cual consistía en la consecución de camionetas, equipos GPS, herramientas, obreros y los documentos que contenían la información del inventario.

Mi papel en las visitas de interventoría consistió en brindar información a los ingenieros interventores acerca de los procedimientos desarrollados en campo durante el inventario de dichas vías, así como también manejar el GPS para el control de coordenadas en los puntos de referencia y también toma de medidas de las diferentes estructuras y elementos de las vías.

Las visitas de interventoría tenían una duración de 2 días en los cuales se visitaban algunas vías definidas por el interventor. El procedimiento de interventoría consistía en la confrontación de la información recopilada en campo con la observación y medición directa de los elementos en campo. Los interventores revisaban que las medidas estuvieran correctamente tomadas, que no faltaran elementos en el inventario y que la georeferenciación y el abscisado estuvieran correctos.

4.4 PROCESAMIENTO Y DIAGNÓSTICO.

Debido a que el contrato requería hacer el diagnóstico y costo de intervención aproximado de superficies de rodaduras, obras de drenaje, sitios críticos, muros de contención y puentes, se debió realizar la metodología para el diagnóstico de dichos elementos de la vía. Aunque principalmente se concentraron los esfuerzos en el diagnóstico de puentes, se realizó el diagnóstico de los Box Culvert debido a que las patologías e intervenciones en estas dos estructuras son muy similares. De igual manera se brindó apoyo en el diagnóstico de los demás componentes de las vías.

Para realizar el diagnóstico se debía primero recibir la información de campo y organizarla de manera adecuada. La información de puentes era la única que provenía de campo de manera física (papel) ya que el GPS no tenía incorporado un diccionario de datos que almacenará toda esta información; por ello esta información debía ser digitada en los correspondientes formatos suministrados por el Ministerio de Transportes Nacional para posteriormente ser procesada.

El diagnóstico de puentes tenía como finalidad determinar el estado de los puentes y las medidas a tomar de acuerdo a dichos estados; para ello se debía tener en cuenta parámetros tales como las patologías estructurales, las capacidades de carga y el nivel de vulnerabilidad.

Debido a que el número de puentes era muy grande se hizo necesario establecer una metodología para hacer un diagnóstico masivo de los puentes; para ello se realizó una programación en Visual Basic la cual de acuerdo a las fallas que se encontraban en campo para cada puente automáticamente se la asignaba la correspondiente reparación y sus cantidades de obra. Una parte fundamental en el desarrollo del diagnóstico de puentes fue la definición de las obras de intervención de acuerdo a la severidad de cada uno de los daños que se presentan en los puentes.

SEGUNDA PARTE: PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE SERVICIO DE PUENTES A PARTIR DE UNA INSPECCIÓN VISUAL.

1. MANUAL INTERNO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES.

Para poder hacer un correcto inventario fue necesario crear un manual interno de inspección de puentes el cual nos serviría para unificar conceptos y permitir que la información recolectada por cualquier inspector de campo fuera coherente y clara. Este manual fue desarrollado durante la fase de aprestamiento del proyecto por alguno de nuestros compañeros al cual se le fue encargado este fin.

El manual de inspección visual de puentes se divide en dos partes, la primera de ellas nos muestra los elementos que conforman un puente y sus diferentes tipologías, la segunda parte muestra las fallas que se pueden presentar en cada uno de los elementos de los puentes.

El manual interno para inspección visual de puentes es una herramienta muy importante en el desarrollo del proyecto en cuanto al tema de puentes ya que este permite obtener información concreta y sencilla para ser utilizada en cualquier momento y por cualquier inspector de campo con la finalidad de identificar los daños y la caracterización de las severidades para cada uno de los elementos del puente.

El conocimiento del manual es el punto de partida para el diagnóstico de puentes ya que este contiene los términos y códigos adecuados para la correcta caracterización de la información.

Cabe anotar que el contenido del manual interno de puentes se baso en el manual SIPUCOL (Sistemas de puentes de Colombia) desarrollado por el INVIAS. [2]

ELEMENTOS DE UN PUENTE Y SUS TIPOLOGÍAS

<u>ELEMETO</u>	<u>TIPOLOGÍAS</u>
Losa	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prefabricada ▪ Fundida in situ ▪ Celulares ▪ Macizas
Superestructura	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Losa sobre vigas ▪ Losa simplemente apoyada ▪ Losa cajón ▪ Armadura de paso superior ▪ Armadura de paso inferior ▪ Arco de paso superior ▪ Arco de paso inferior ▪ Colgante ▪ Atirantado ▪ Pórtico
Estribos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Con aletas integrales ▪ Con aletas independientes ▪ Enterrado sólido ▪ Enterrados, columnas y pilotes
Pilas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Formada por una columna ▪ Formada por dos o más columnas ▪ Torre metálica ▪ Mástil
Apoyos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balancín ▪ Rodillo ▪ Placa de neopreno ▪ Fijo
Barandas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mampostería ▪ Concreto

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Metálica ▪ Poste en concreto y pasamanos metálico
Juntas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abierta ▪ Cerrada ▪ De placa dentada ▪ De placa deslizante ▪ Otras

Tabla 1 Elementos de un puente y sus tipologías.

Figura 1 Sección Transversal del puente Tipo 01, Losa sobre vigas

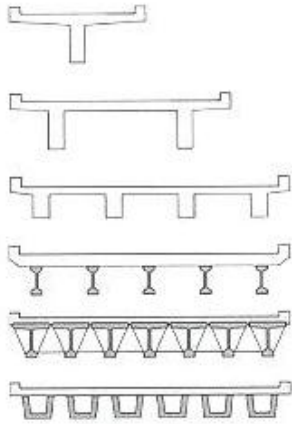


Figura 2 Sección Transversal del puente Tipo 02, Losa simplemente apoyada

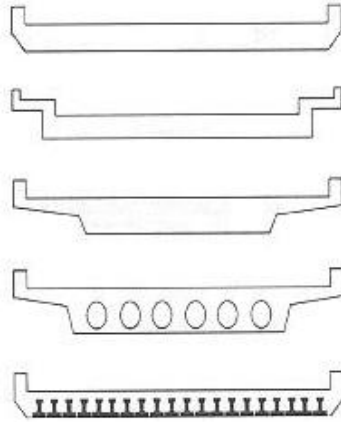


Figura 3 Sección Transversal del puente Tipo 03, Viga Cajón

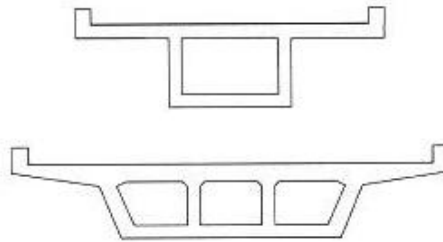
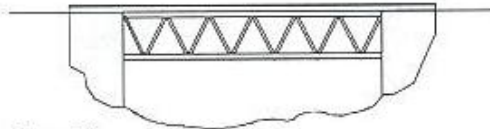


Figura 4 Puente Tipo 04, Armadura de paso superior

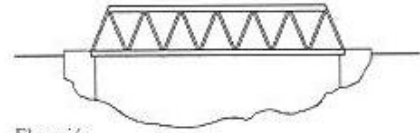


Elevación

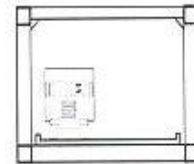


Corte transversal

Figura 5 Puente Tipo 05 Armadura de paso inferior



Elevación



Corte transversal

Ilustración 8. Diferentes tipologías estructurales. *Manual de inspección visual de puentes INVIAS.*

Figura 6 Puente Tipo 07, Arco inferior

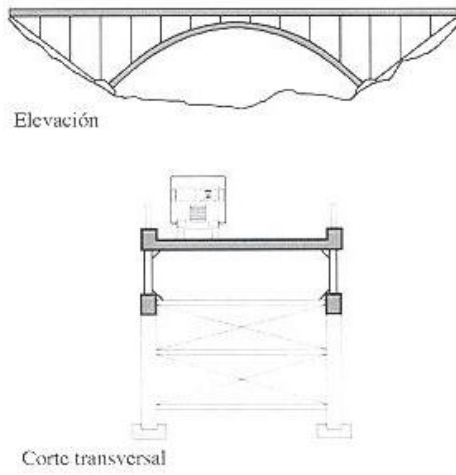


Figura 7 Puente Tipo 06, Arco superior

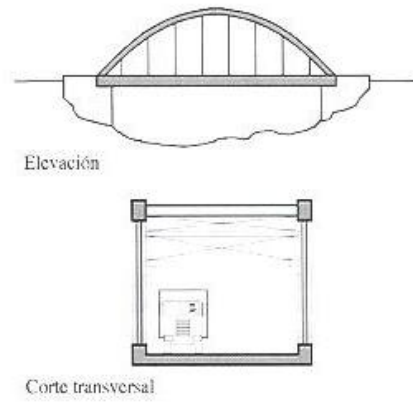


Ilustración 9. Tipologías estructurales de arco. *Manual de inspección visual de puentes INVIAS.*

Figura 9 Juntas abiertas, con perfiles verticales

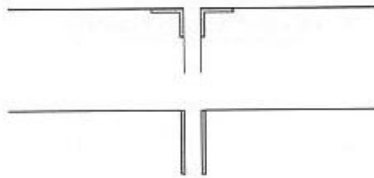


Figura 10 Juntas de placa dentada



Figura 11 Juntas selladas

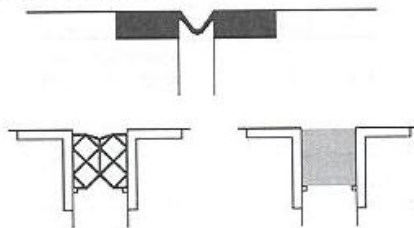


Figura 12 Juntas de placa deslizante



Ilustración 10 Tipos de juntas de dilatación. *Manual de inspección visual de puentes INVIAS.*

EVALUACION DE DAÑOS Y CALIFICACION DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS DE PUENTES O PONTONES:

- Daños generales:

A continuación se señalan los daños generales comunes de las estructuras tipo puente

Daño	Código	Descripción
Hormigoneo	HO	Zonas vacías en la superficie de los elementos
Segregación	SE	Separación de la pasta de cemento y el agregado se ven como agrupaciones de gravas sin cemento.
Fisuración por retracción	FIR	Fisuras muy finas de poca profundidad
Construcción inadecuada de junta frías	JF	Falta de continuidad en la estructura se ven uniones entre placas de concreto
Exposición de acero de refuerzo	EXA	Se ve el acero de refuerzo.
Eflorescencias	EF	Cúmulo de sales en la sección de concreto se identifican como manchas en la sección de concreto
Corrosión de armadura	COA	Se identifican como fisuras paralelas con algo de óxido en la sección del elemento
Contaminación del concreto	CTC	Presencia de materia orgánica en el concreto como plantas pequeñas, etc.
Fallas de impacto	IMP	Desprendimientos de partes de la sección a causa de impacto.
Socavación	SOC	Erosión en el elemento por agua

Tabla 2. Daños generales en los puentes.

- Índice De severidad para superestructura y subestructura

Según la inspección visual a los diferentes elementos del puente y teniendo en cuenta las siguientes tablas, se determina su calificación:

Descripción	Calificación
Sin daño o con daño insignificante	5
Daño pequeño, pero no se requiere reparación	4
Existe daño, el componente funciona como se diseño	3
Daño significativo, se requiere pronta reparación	2
Daño grave, se necesita inmediata reparación	1
Daño extremo, falla total o riesgo de falla total del componente	0

Tabla 3. Calificación de daños en superestructura y subestructura.SIPUCOL

- Superficie del puente

Descripción	Calificación
No hay evidencia de daño.	5
Imperceptible al transitar en vehículo. Grietas o pequeños desniveles en la losa.	4
Asentamientos de terraplén superiores a 5 cm. Perceptible al transitar en un vehículo sin disminución importante de velocidad.	3
Al transitar en vehículo se debe bajar la velocidad para superar el hundimiento. Asentamiento del terraplén superior a 10 cm.	2
Al transitar se debe detener el vehículo para poder superar el hundimiento	1

Tabla 4. Calificación de daños en la superficie del puente.

- Juntas

TIPO DE JUNTA	Descripción del daño	Código
ABIERTA Y SELLADA	Obstrucción del sello	OB
	Ruptura del sello	RU
	Ausencia del sello	AUS
PLACA DENTADA	Agrietamiento o ruptura soldadura	SOL
	Ausencia de anclajes	AUA
	Perfiles defectuosos	PD
	Perfiles sueltos	PS

Tabla 5. Daños en la juntas de los puentes.

Evaluación de los daños:

Descripción	Calificación
No hay evidencia de daño.	5
Anclajes sueltos, agrietamientos o ruptura de soldadura, detalles defectuosos, presencia de escombros que impiden el movimiento.	4
Presencia de daños importantes en las juntas. Pérdidas de material. Tramos del puente con elementos de las juntas sueltos. Descascaramiento en el concreto. Emisión de ruido al paso de vehículos. Saltos e impactos al paso de las juntas.	3
Junta de dilatación sin protección. Elementos de la junta sueltos. Grietas y pérdidas de material. Separación superior a 10 cm. Emisión de altos niveles de ruidos, saltos e impactos al paso de los vehículos.	2
Junta parcial o totalmente destruida.	1

Tabla 6. Calificación de daños en las juntas.

- Barandas

Daños a encontrar:

TIPO	Descripción	Código
PINTURA	Delaminación de la pintura	DE
	Ausencia de pintura	AUPIN
	Deterioro de pintura	DT
PASAMANOS	Corrosión	COP
	Ausencia de elementos	AUE
	Golpes por impacto	GIVPAS
POSTE	Fracturamiento del poste	FRP
	Ausencia del poste	AUP
	Golpes por impacto	GIVPOS

Tabla 7. Daños en las barandas.

Evaluación de la severidad de los daños:

Descripción	Calificación
No hay evidencia de daño	5
Barandas desgastadas, con presencia de pequeñas Grietas o cambios de color.	4
Barandas con Grietas superiores a 2 cm y/o pérdida de material o elementos de la baranda.	3
Barandas colapsadas parcialmente.	2
Barandas colapsadas totalmente.	1

Tabla 8. Calificación de los daños en las barandas.

- Estribos

Daños a encontrar:

TIPO	Descripción	Cód.
FISURAS POR TORSIÓN	FIT	Se presentan en las zonas cercanas a los apoyos de los elementos.
APLASTAMIENTO LOCAL	AL	Se presenta como fracturación directa de la sección de concreto que recibe directamente el elemento.
ASENTAMIENTOS	AS	Se presenta por lo general como fisuras en la parte superior del elemento son verticales
VOLCAMIENTO	VO	Inclinación del elemento.
VIBRACIÓN	VI	Se define como movimiento perceptible del elemento.

Tabla 9. Daños en los estribos.

Evaluación de la severidad en los daños:

Descripción	Calificación
Sin daño o daño insignificante	5
Se presenta inicios de socavación, debe realizarse un mantenimiento rutinario o una reparación necesaria cuando se presente la ocasión	4
Se observan daños significativos, la protección o reparación es necesaria muy pronto.	3-2
Se observa inclinación o pérdida de pilas o estribos	1

Tabla 10. Calificación de los daños en los estribos.

- Pilas y columnas

Daños a encontrar:

TIPO	Descripción	Cód.
FISURAS POR TORSIÓN	FIT	Se presentan en las zonas cercanas a los apoyos de los elementos.
APLASTAMIENTO LOCAL	AL	Se presenta como fracturación directa de la sección de concreto que recibe directamente el elemento.
ASENTAMIENTOS	AS	Se presenta por lo general como fisuras en la parte superior del elemento son verticales
VOLCAMIENTO	VO	Inclinación del elemento.
VIBRACIÓN	VI	Se define como movimiento perceptible del elemento.

Tabla 11. Daños en las pilas.

Evaluación de la severidad de los daños encontrados:

Descripción	Calificación
No hay evidencia de daño.	5
Grietas verticales u horizontales menores a 1 mm y de longitud menor a 20 cm	4
Grietas entre 1 mm y 5 mm de espesor y longitud mayor a 20 cm	3
Grietas con espesores mayores a 5 mm y largos mayores a 1 m. Zonas generalizadas de agrietamientos	2
Grietas gruesas e inclinadas que cruzan la sección transversal de la pila o columna, pérdida parcial de material.	1

Tabla 12. Calificación de daños en las pilas.

- Andenes y bordillos

Daños posibles a encontrar:

TIPO	CÓD.
Desportillamiento	DESP
Agrietamiento	AGRIE
Acero expuesto corroído	AEC
Dimensión del andén insuficiente	DAI

Tabla 13. Daños en los andenes y bordillos.

- Apoyos

Descripción	Calificación
No hay evidencia de daño.	5
Hundimientos generados por asentamiento del apoyo inferiores a 1 cm. Grietas inferiores a 1 mm en los elementos de apoyo.	4
Hundimientos que generan diferencias de nivel en la losa superior de 2 cm. Descascaramiento en los elementos de apoyo. Pérdida de material.	3
Apoyo totalmente destruido o en mal estado. Diferencias de nivel de más de 5 cm o losas desencajadas.	2
Agrietamientos generalizados o fallas parciales o totales de los apoyos.	1

Tabla 14. Calificación de daños en los apoyos.

- Vigas

Daños posibles a encontrar:

TIPO	Código	Descripción
Fisuras por flexión	FIF	Son las fisuras que se encuentran en la luz media del elemento crecen de la parte inferior al eje medio y por lo general son diagonales.
Fisuras por cortante	FIC	Son las fisuras que se encuentran en las zonas cercanas al apoyo del elemento.
Fisuras por torsión	FIT	Se presentan en las zonas cercanas a los apoyos de los elementos.

Tabla 15. Daños en las vigas.

Evaluación de la severidad de los daños encontrados:

- Grietas localizadas en el centro de luz de las vigas

DESCRIPCIÓN	CALIFICACION
No hay evidencia de daño.	5
Si todas las grietas tienen anchos menores de 0.3 mm se puede suponer que los esfuerzos no son muy altos y no deberá tomarse acción.	4
Si el ancho de la fisura está entre 0.3 mm y 6 mm el esfuerzo puede ser alto pero se supone no es peligroso.	3
Un ancho de fisura mayor a 0.6 mm indica que los esfuerzos son altos y que allí puede haber problema con respecto a la capacidad de carga.	2
Se presentan agrietamientos en los diafragmas, entallamientos en las juntas de las vigas.	1

Tabla 16. Calificación de daños en el centro de la luz de las vigas.

- Grietas localizadas en los extremos de las vigas y en la mensuras de apoyo:

DESCRIPCIÓN	CALIFICACION
No hay evidencia de daño.	5
Grietas verticales u horizontales menores a 1 mm y de longitud menor a 20 cm	4
Grietas entre 1 mm y 5 mm de espesor y longitud mayor a 20 cm	3
Grietas con espesores mayores a 5 mm y largos mayores a 1 m. Zonas Generalizadas de agrietamientos	2

Grietas gruesas e inclinadas que cruzan la sección transversal de la pila o Columna, pérdida parcial de material.	1
---	---

Tabla 17. Calificación de daños en el extremo de las vigas.

- Elementos metálicos

Daños posibles a encontrar en los puentes metálicos:

DAÑO	DESCRIPCIÓN	
Corrosión leve	No se pierde parte de la sección y se puede recuperar con pintura.	COL
Corrosión media	Requiere remplazo total para su reparación pero puede esperar.	COM
Corrosión severa	Requiere remplazo total para su reparación pero no puede esperar: Pintura dañada	COS
Perdida del recubrimiento de los cables	No hay recubrimiento de concreto en los cables	PRC
Perdida de tensión de cables y pendorones	Presenta perdida de tensión o deterioro del amarre	TEC
Fisuras de alambres	Se ve como la fisura en los alambres que componen el cable	FIA
Fisuras en los muertos	Se ve como fisura en el elemento que amarra el cable a las estructura de concreto.	FIM
Fisura en Vigas Longitudinales o transversales	Fisuras en los elementos	FIV
Aplastamiento de la platina	Aplastamiento de la platina a causa de otros elementos	AP

Pandeo General Lateral	Se manifiesta como una curvatura transversal lateral en el eje.	PGL
Pandeo Local	Se manifiesta como un arrugamiento en la sección.	PL
Deflexion excesiva	Deflexiones demasiado grandes.	DX
Ausencia o mal estado de los conectores	Si falta o no algún perno remache arandela.	AUS
Fallas por tensión en la platina	Se presentan como fisuras en los elementos.	TP
Falla por impacto	Deformación en la sección debido al impacto automotriz.	IMP
Falla por desgarramiento	Deformación de los conectores de la platina.	DG
Falla por corte de conector	Se presenta por lo general como aplastamiento de la platina.	CT
Falla por bloque cortante	Falla en la platina de conexión	BQ
Rotura de soldadura	Fisura a lo largo del cordón de soldadura	SOL

Tabla 18. Daños en elementos metálicos.

Evaluación de la severidad de los daños:

- Oxidación - corrosión y herrumbre

Descripción	Calificación
No hay evidencia de daño.	5
La superficie del metal se oxida en una forma casi uniforme sin presentar herrumbre. Es la corrosión más benigna o menos peligrosa pues el material se va gastando gradualmente extendiéndose en forma homogénea sobre toda la superficie metálica y su penetración media es igual en todos los puntos.	4
Presencia de herrumbre y zonas con cambio de color concentrado con carácter de ataque general, constituyendo un caso intermedio entre corrosión uniforme y corrosión localizada. Este caso se conoce como corrosión de placas.	3
Se presenta corrosión generalizada y resulta muy frecuente la aparición de corrosión con picadura. Durante el picado, el ataque se localiza en puntos aislados de superficies metálicas pasivas y se propaga hacia el interior del metal formando en ocasiones túneles microscópicos.	2
Se observan agujeros de material, al igual que desprendimiento de partes de la sección.	1

Tabla 19. Calificación de los daños de oxidación, corrosión y herrumbre.

- Deformación y pandeos en vigas y columnas

Descripción	Calificación
No hay evidencia de daño.	5
Dobleces que no son reconocibles a simple vista. Se requiere medir con regla para poder identificar las deformaciones.	4
Deformaciones que se pueden observar con facilidad, pero no tienen magnitudes que perjudican la estabilidad de la estructura.	3
Deformaciones que perjudican la estabilidad de la estructura (cambian de forma original). Generalmente asociados a zonas de pandeos características para vigas y columnas.	2
Falla del miembro.	1

Tabla 20. Calificación de daños por deformación y pandeos.

- Desprendimiento de remaches y pernos

Descripción	Calificación
No hay evidencia de daño.	5
Remaches o pernos con posibilidades mínimas de movimiento, pero en buen estado, todavía generan resistencia y unión entre secciones metálicas.	4
Los remaches están sueltos. Aunque generan resistencia son propensos a caer, pueden presentar Grietas.	3
Varios pernos sueltos o perdidos. Desgaste importante de pernos. Contactos con platinas con aplastamiento.	2
Los remaches están completamente averiados y en algunos casos han desaparecido. Los elementos restantes no tienen la capacidad para resistir las máximas demandas.	1

Tabla 21. Calificación de daños por desprendimiento de remaches y pernos.

- Fracturas por soldadura insuficiente

Descripción	Calificación
No hay evidencia de daño.	5
No existe fractura pero se ve soldadura insuficiente para seguir uniendo las secciones.	4
Se ven fracturas de longitud inferior a 1/10 de la longitud del cordón, las secciones no están separadas.	3
Se ven fracturas de longitud superiores a 1/10 de la longitud del cordón, existe paso de luz a través de la soldadura.	2
La soldadura está completamente fracturada y las secciones están separadas.	1

Tabla 22. Calificación de daños por fracturas de soldadura.

- Daños por colisiones o concentración de esfuerzos

Descripción	Calificación
No hay evidencia de daño.	5
Cambios de color por el impacto, desprendimiento de pintura o del recubrimiento, no se perciben a simple vista las deformaciones.	4
Cambios de color por el impacto, desprendimiento de la pintura o del recubrimiento, se perciben las deformaciones, pero no tienen magnitudes que perjudican la estabilidad de la estructura.	3
Cambios de color por el impacto, desprendimiento de pintura o del recubrimiento, se perciben las deformaciones con desviación del alineamiento superior a 1 cm en 2 m.	2
Impactos que generan deformaciones que perjudican la estabilidad de la estructura. (Cambian de forma original).	1

Tabla 23. Calificación de daños por colisiones y concentración de esfuerzos.

- Fatiga

Descripción	Calificación
No hay evidencia de daño.	5
Grietas o rompimiento en parte de la soldadura y cambio de color o presencia de corrosión.	4
Levantamiento de pintura en forma de ramificaciones y cambios de color en la zona afectada, contactos con platinas con indicios de aplastamiento.	3
Levantamiento de pintura y cambio de color en varios puntos del elemento, desprendimiento parcial de elementos, doblamientos o deformaciones visibles, desprendimiento total de la soldadura en varios elementos del miembro.	2
Desprendimiento total de la soldadura, pérdida de pernos, doblamientos o deformaciones visibles, Grietas en varios elementos del miembro.	1

Tabla 24. Calificación de daños por fatiga.

(1)

(1) *Ministerio de Transporte, Manual del usuario, Sistemas de puentes de Colombia (SIPUCOL).*

2. TRABAJO DE CAMPO Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

La recolección de información en campo es el punto de partida para la evaluación del estado de puentes y es por esto que este procedimiento requiere de especial atención.

El levantamiento de un puente estaba conformado por la georeferenciación del punto mediante el aparato de GPS, la toma de registro fotográfico, toma de medidas, identificación de tipologías e identificación de daños.

El procedimiento de levantamiento de un puentes comienza con el enlace en el aparato de GPS del registro de un elemento tipo línea correspondiente al eje de la vía, con un elemento tipo punto correspondiente al puente; en el diccionario de datos incorporado al GPS se ingresa el código de la vía en levantamiento, el código del puente, el PR (Punto de referencia) leído del odómetro del vehículo y posterior al levantamiento la longitud del puente y el código de las fotografías tomadas.

Además de la información que se almacena en el aparato de GPS, se debía llenar un formato suministrado por el Ministerio de Transportes Nacional, el cual requiere del ingreso de información correspondiente a datos del levantamiento, identificación del puente, datos administrativos, datos técnicos como geometría, tipología estructural, detalles de superestructura y subestructura, y algunas otras características de localización del puente. En la página adicional del formato se encuentra una tabla para el registro de daños en cada uno de los elementos de los puentes, además de la identificación de la falla se debe asignar un a severidad de acuerdo al manual interno de inspección y también el código de la foto que muestra la imagen de dicha falla.

El formato suministrado por el Ministerio de Transportes Nacional empleado en el inventario de puentes se muestra a continuación:



**MINISTERIO DE TRANSPORTE
PROGRAMA PLAN VIAL REGIONAL
INVENTARIO DE PUENTES**

P V R - 1 4A

Realizado por _____
 Nombre vía _____
 Nombre Puente _____
 ID_PUENTE _____
 HOJA [] DE []

FECHA: [] - [] - []
dd mm año

PR INICIAL [] + []
 PR FINAL [] + []

PASOS							
No.	Tipo Paso	Primero (S/N)	Sup/Inf (S/I)	Galibo			
				I	IM	DM	D
1							
2							

DATOS ADMINISTRATIVOS

Año de construcción : _____
 Año de reconstrucción : _____
 Dirección de abs. de la carret. (N/S/E/O) : _____
 Requisitos de inspección : _____
 Número de secciones de inspección : _____
 Estación de conteo : _____
 Fecha de recolección de datos : _____
 Obstáculo que salva : _____

DATOS TECNICOS

Geometría

Número de luces : _____
 Número de carriles : _____
 Longitud luz menor (m) : _____
 Longitud luz mayor (m) : _____
 Longitud total (m) : _____
 Ancho del tablero (m) : _____
 Ancho del separador (m) : _____
 Ancho del andén izquierdo (m) : _____
 Ancho del andén derecho (m) : _____
 Ancho de calzada (m) : _____
 Ancho entre bordillos (m) : _____
 Ancho del acceso (m) : _____
 Altura de pilas (m) : _____
 Altura de estribos (m) : _____
 Longitud de apoyo en pilas (m) : _____
 Longitud de apoyo en estribos (m) : _____
 Puente en terraplén (S/N) : _____
 Puente en Curva / Tangente (C/T) : _____
 Esviajamiento (gra) : _____

SUPERESTRUCTURA, Tipo principal

Tipo de estructuración transversal : _____
 Tipo de estructuración longitudinal : _____
 Material : _____

SUPERESTRUCTURA, Tipo secundario

Tipo de estructuración transversal : _____
 Tipo de estructuración longitudinal : _____
 Material : _____

SUBESTRUCTURA

ESTRIBOS	PILAS
Tipo : _____	Tipo : _____
Material : _____	Material : _____
Tipo de cimentación : _____	Tipo de cimentación : _____

LOSA

Tipo : _____
 Material : _____
 Tipo de cimentación : _____

DETALLES

Tipo de baranda : _____
 Superf. de rodadura : _____
 Junta de expansión : _____

SEÑALES

Carga máxima : _____
 Velocidad máxima : _____
 Otra : _____

APOYOS

Tipo de apoyos fijos sobre estribos : _____
 Tipo de apoyos móviles sobre estribos : _____
 Tipo de apoyos fijos en pilas : _____
 Tipo de apoyos móviles en pilas : _____
 Tipo de apoyos fijos en vigas : _____
 Tipo de apoyos móviles en vigas : _____

Vehículo de diseño : _____
 Clase de distribución de carga : _____

MIEMBROS INTERESADOS

Propietario : _____
 Departamento : _____
 Municipio : _____

POSICION GEOGRAFICA

	Grados	Minutos	Altitud (m)
Latitud (N)			
Longitud (O)			

Paso por el cauce (S/N) : _____ Long. Variante : _____
 Existe variante (S/N) : _____ Estado (B/R/M) : _____

OBSERVACIONES

Ilustración 11. Formato para la inspección visual de puentes. Información general.
 Ministerio de Transporte.



**MINISTERIO DE TRANSPORTE
PROGRAMA PLAN VIAL REGIONAL
INSPECCIÓN DE PUENTES**

P | V | R | - | 1 | 4B

Realizado por _____
 Nombre vía _____
 Nombre puente _____
 HOJA [] [] [] DE [] [] []

FECHA: [] [] [] - [] [] [] - [] [] []
dd mm año
 PR INICIAL K [] [] [] + [] [] []
 PR FINAL K [] [] [] + [] [] []

Componente	Tipo de daño	Calificación	Mantenimiento	No. de fotos	Reparaciones				Descripción Daño
					Tipo	Cantidad	Año	Costo Aproximado	
1. Superficie del Punte									
2. Juntas									
3. Andenes/ Bordillos									
4. Barandas									
5. Conos / Taludes									
6. Aletas									
7. Estribos									
8. Pilas									
9. Apoyos									
10. Losa									
11. Vigas / Largueros / Diafragmas									
12. Elementos de arco									
13. Cables / Pendolones / Torres / Macizos									
14. Elementos de armadura									
15. Cauce									
16. Otros elementos									
17. Punte en general									

Observaciones Generales : _____

Ilustración 12. Formato para la inspección visual de puentes. Daños registrados.
Ministerio de Transporte.

3. PROCEDIMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS PUNTES.

Son muchas las causas que pueden llevar a la falla de un puente, entre ellas se encuentran los problemas constructivos, errores en el diseño, deterioro natural de los materiales y componentes, sobre carga, sismos, entre otras.

El trabajo de campo ha servido para identificar cada uno de estos problemas pero es necesario hacer una evaluación global del puente, la cual se resume en sugerir que actividades se deben realizar en cada uno de los puentes, bien sean estas actividades de mantenimiento, reparación, reforzamiento o de reconstrucción.

El tomar una decisión no es trabajo fácil, se requiere de un análisis muy detallado, pero para nuestro caso el alcance de nuestro proyecto nos limita a hacer análisis más detallados.

Cabe anotar que el trabajo de conservación de puentes no es muy común en nuestro país; las actividades de mantenimiento son casi nulas y el dinero invertido en reparaciones y reconstrucciones es bastante reducido. El hacer el inventario de puentes puede facilitar la implementación de estos trabajos, y el diagnóstico puede ayudar a cuantificarlos.

Debido a que las actividades de conservación de puentes son muy escasas la documentación acerca de esto también lo es, así que el trabajo de indagación sobre este tema es bastante arduo y requiere del concepto de muchos profesionales de la ingeniería.

A continuación se presentan los procedimientos que se siguieron para la evaluación de los puentes de algunas de las vías secundarias de Santander.

Debido a que los procedimientos para el diagnóstico de puentes están enfocados a aplicarse a una gran cantidad de puentes y ya que la disponibilidad de tiempo no permitiría el análisis uno a uno, y además la inspección de los puentes se realizó de manera visual y se limitó a la identificación de fallas; se requiere que el diagnóstico se pueda realizar de manera masiva, para ello se implementa la

estrategia de definir puentes promedio para cada una de las tipologías estructurales y a estos puentes calcularles las cantidades de obra basados en porcentajes de daño asignados de acuerdo a los grados de severidad de la falla.

3.1 DEFINICIÓN DE INTERVENCIONES

El punto de partida para definir un costo de intervención para la conservación de puentes es la definición de las acciones a tomar para cada uno de los problemas que se hayan encontrado.

Como ya se mencionó anteriormente durante el trabajo de campo se identificaron las fallas presentes en cada puente asignando a cada una de estas fallas un grado de severidad dándole de manera general el número 4 a una falla leve sin necesidad de reparación y 1 a una falla grave y que requiere inmediata intervención.

Basados en una serie de patologías, cada una con sus grados de severidad, se procede a indagar y definir la intervención correspondiente a cada una de las severidades para cada falla.

Cabe anotar que actualmente no se cuenta con un manual o unas especificaciones técnicas que traten el tema de la conservación de los puentes lo cual hace este trabajo más complicado. Una muy buena fuente de información acerca de las técnicas de conservación de puentes son los informes públicos de empresas como Sika, los cuales muestran algunos procedimientos, materiales, y herramientas que se emplean en la labor de conservación de puentes (1). También es importante saber que algunas de las reparaciones que se presentan en los puentes son comunes en otros tipos de estructuras ya que son propias de la degradación natural de los materiales y del uso mismo de las estructuras (2).

Debido a que el proceso de contratación de reparaciones no se realiza para cada una de las fallas y para cada uno de los puentes, si no que se licita la realización de un grupo de reparaciones para un número determinado de puentes, se hace necesaria la definición de grupos de obras, las cuales están asociadas de acuerdo al tipo elemento a reparar la tipología estructural, los materiales, el grado de inversión, entre otros.

Se debe tener en cuenta que la forma de ejecutar una reparación depende de la tipología estructural y de los materiales que conforman el puente, es decir que para un mismo elemento, de diferentes materiales, a la misma reparación se ejecutará de diferente manera lo cual hace variar su costo unitario.

En la siguiente figura se presenta un esquema explicativo de la forma como se conformaron los grupos de obras; en general, el color verde indica que la obra corresponde a un mantenimiento, el color amarillo indica que la obra es de reparación, el color naranja indica que la obra es de reforzamiento, el color rojo indica que la obra es de reconstrucción y el color azul indica que la obra es especial.

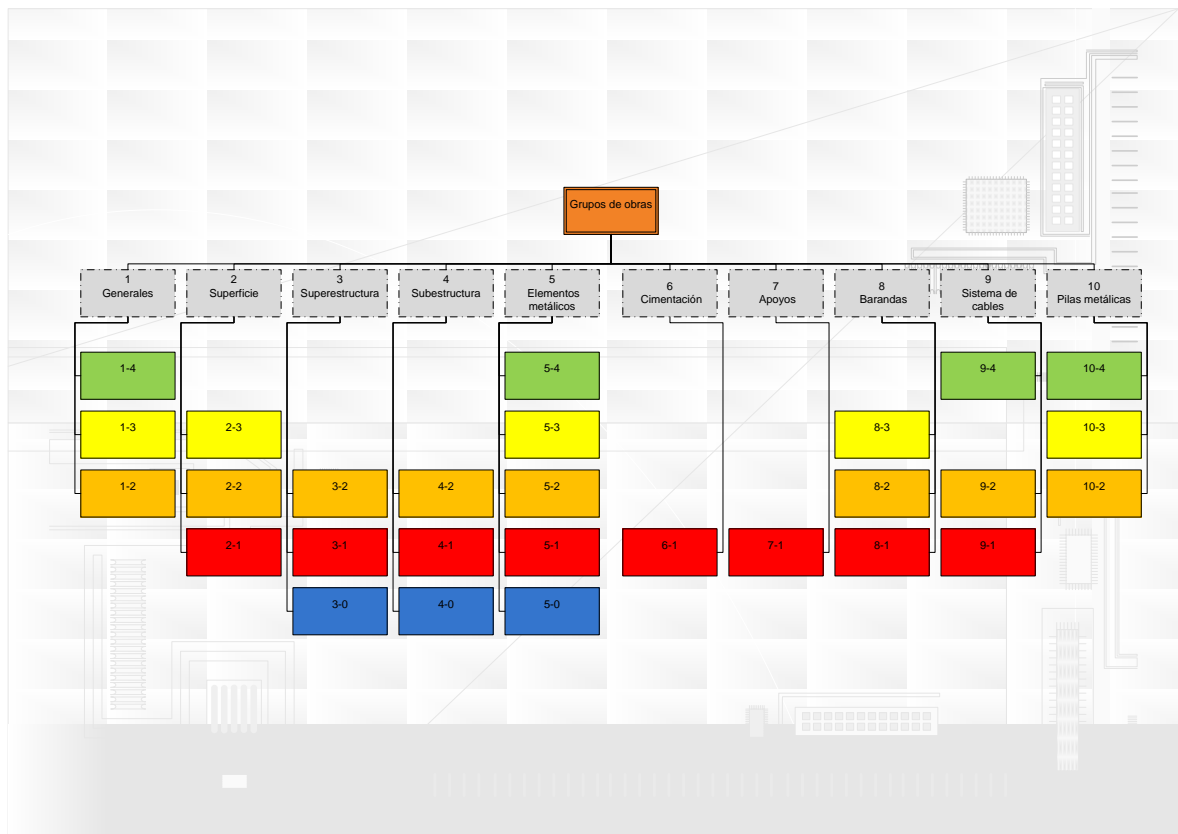


Ilustración 13. Clasificación de los grupos de obras.

- (1) Información encontrada en manuales de empresas como Sika y BASF.
- (2) LAGO HELENE, PAULO ROBERTO. Manual para reparación refuerzo y protección de las estructuras de concreto.

GRUPO		1-4 Mantenimiento General				
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Fisuras por retracción	FIR	Losa, estribos, aletas	3,2,1	Sellado de fisuras de retracción	Sellado de fisuras muy finas de poca profundidad	mL
Construcción inadecuada de juntas frías	JF	Cualquiera	3	Sellado de juntas frías	Falta de continuidad en la estructura se ven uniones entre placas de concreto, sellado de dichas uniones.	mL
Obstrucción del sello de la junta	OB	Juntas de dilatación	3,2,1	Limpieza de junta obstruida	Retiro de material que obstruye el sello de la junta	mL
Perfiles de la junta defectuosos	PD	Juntas de dilatación	3	Rehabilitación del perfil de junta	Acomodamiento del perfil defectuoso a su estado original. (Martillado)	mL
Perfiles de la junta sueltos	PS		3			
Desportillamiento del bordillo	DESP	Bordillos	3,2,1	Reposición de concreto desportillado	Reemplazo de concreto perdido en los bordes del bordillo	mL
Agrietamiento del bordillo	AGRIE	Bordillos	3	Sellado de fisuras	Sellado simple de fisuras en los bordillos.	mL
Delaminación de pintura de baranda	DE	Barandas	2,1	Aplicación de pintura	Preparación de superficie y aplicación de pintura	mL
Deterioro de la pintura en la baranda	DT		2,1			
Ausencia de pintura en baranda	AUPIN	Barandas	4,3,2,1			
Corrosión del pasamanos	COP	Barandas	4	Limpieza de corrosión y ap. Pintura	Lijado de superficie y aplicación de pintura.	mL

GRUPO		1-3 Reparaciones menores generales				
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Hormigoneo	HO	Cualquiera	3,2,1	Reposición de concreto	Preparación de superficie, aplicación de adhesivo y reposición de concreto perdido.	m2
Segregación	SE		3,2,1			
Falla por impacto	IMP		3			
Construcción inadecuada de juntas frías	JF	Cualquiera	2,1	Reposición de concreto en junta fría	Preparación de superficie y aplicación de mortero.	mL
Exposición de acero	EXA	Cualquiera	4,3	Protección de acero expuesto	Recubrimiento de aceros y sustitución de concreto	m2
Contaminación de concreto	CTC	Cualquiera	3	Saneamiento de concreto degradado	Limpieza y aplicación de sustancias sobre la superficie de concreto	m2
Eflorescencia	EF	Cualquiera	3	Saneamiento de concreto degradado		
Acero expuesto corroído	AEC	Bordillos	4,3	Protección de acero expuesto		m2
Fisuras por torsión	FIT	Cualquiera	3	Sellado de fisuras	Preparación de superficie y aplicación de sellante de fisuras.	mL
Asentamientos	AS		4,3			m2
Fisuras por flexión	FIF	Vigas o losa	4,3	Sellado de fisuras	Construcción de andamios. Preparación de superficie y aplicación de sellante de fisuras.	mL
Fisuras por cortante	FIC		4,3			mL
Fisuras por torsión	FIT		4,3			mL

GRUPO 1-2 Reparaciones mayores generales						
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Exposición de acero de refuerzo	EXA	Cualquiera	2,1	Sustitución y recubrimiento de aceros	Sustitución de acero corroído y sustitución de concreto.	m2
Falla de impacto	IMP	Cualquiera	2			
Contaminación de concreto	CTC	Cualquiera	2,1	Reposición de concreto	Demolición, protección de aceros y sustitución del concreto degradado.	m2
Eflorescencia	EF	Cualquiera	2,1			
GRUPO 2-3 Reparaciones menores en superficie						
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Fallas en la superficie		Superficie de rodadura	4	Sellado de fisuras	Grietas o pequeños desniveles en la losa. Aplicación de sellante asfáltico o para concreto.	mL
Ruptura del sello de la junta de dilatación	RU	Juntas de dilatación	3,2,1	Reemplazo del sello de la junta	Retiro de pedazos de sello y colocación de uno nuevo.	mL
Ausencia del sello de la junta de dilatación	AUS	Juntas de dilatación	3,2,1			
Agrietamiento o ruptura de soldadura	SOL	Juntas de dilatación	4,3	Reforzamiento de la soldadura	Reaplicación de soldadura en los pegues del perfil de junta que así lo requieran.	mL
Ausencia de anclajes	AUA	Juntas de dilatación	3,2,1	Reemplazo de anclajes	Demolición parcial de corona, instalación de acclajes y sustitución de concreto.	mL
Perfiles sueltos	PS	Juntas de dilatación	2	Reposición de concreto y perfil en junta	Sustitución del concreto en la junta y reajuste del perfil.	mL
GRUPO 2-2 Reparaciones mayores en superficie						
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Fallas en la superficie del puente		Superficie de rodadura	3	Reparación de superficie de rodadura	Asentamientos de terraplén superiores a 5 cm. Reforzamiento o reemplazo de la carpeta de rodadura.	m2
Agrietamiento o ruptura de soldadura	SOL	Junta de dilatación	2,1	Reaplicación de soldadura	Aplicación total de la soldadura en el perfil de la junta.	mL
Perfiles defectuosos	PD	Junta de dilatación	2,1	Cambio del perfil de junta	Reemplazo del perfil.	mL
Perfiles sueltos	PS	Junta de dilatación	1	Protección de acero expuesto y reemplazo de perfil	Protección de aceros de refuerzo, sustitución de concreto y reemplazo del perfil.	mL
Agrietamiento del bordillo	AGRIE	Bordillos	2,1	Reemplazo del bordillo	Demolición y reconstrucción total del bordillo.	mL
Acero del bordillo expuesto y corroído	AEC		2,1			
Falla de impacto	IMP		1			
Dimensión del andén insuficiente	DAI	Andenes	2,1	Aumento del ancho del andén	Aumentar el ancho del andén en lo que sea posible.	mL

GRUPO 2-1 Reconstrucción de la superficie de rodadura						
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Fallas en la superficie		Superficie de rodadura	2,1	Reconstrucción de la estructura de pavimento	Reemplazo total de la estructura de pavimento.	m2
GRUPO 3-2 Reparación del tablero						
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Fisuras por flexión	FIF	Viga o losa	2	Refuerzo del elemento fisurado	Un ancho de fisura mayor a 0.6 mm indica que los esfuerzos son altos y que allí puede haber problema con respecto a la capacidad de carga. Colocación de platinas en la mitad de la luz.	mL
Fisuras por cortante	FIC	Viga o losa	2	Refuerzo del elemento fisurado	Grietas con espesores mayores a 5 mm y largos mayores a 1 m. Zonas Generalizadas de agrietamientos. Colocación platinas alrededor del elemento en las zonas cercanas al apoyo.	mL
Fisuras por torsión	FIT	Viga o losa	2			
GRUPO 3-1 Reconstrucción de la losa						
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Falla de impacto	IMP	Losa	1	Reemplazo de la viga o de la losa	Sustitución de la viga y/o la losa.	m2
Fisuras por flexión	FIF	Losa	1	Reemplazo de la viga o de la losa	Se presentan agrietamientos en los diafragmas, entallamientos en las juntas de las vigas.	m2
Fisuras por cortante	FIC	Losa	1	Reemplazo de la viga o de la losa	Grietas gruesas e inclinadas que cruzan la sección transversal de la viga o losa, pérdida parcial de material.	m2
Fisuras por torsión	FIT	Losa	1	Reemplazo de la viga o de la losa	Grietas gruesas e inclinadas que cruzan la sección transversal de la viga o losa, pérdida parcial de material.	m2
GRUPO 3-0 Reconstrucción del tablero						
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Falla de impacto	IMP	Vigas	1	Reemplazo de la viga o de la losa	Sustitución de la viga y/o la losa.	m2
Fisuras por flexión	FIF	Vigas	1	Reemplazo de la viga o de la losa	Se presentan agrietamientos en los diafragmas, entallamientos en las juntas de las vigas.	m2
Fisuras por cortante	FIC	Vigas	1	Reemplazo de la viga o de la losa	Grietas gruesas e inclinadas que cruzan la sección transversal de la viga o losa, pérdida parcial de material.	m2
Fisuras por torsión	FIT	Vigas	1	Reemplazo de la viga o de la losa	Grietas gruesas e inclinadas que cruzan la sección transversal de la viga o losa, pérdida parcial de material.	m2

GRUPO		4-2		Reparaciones en superficies verticales				
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	COSTO UNITARIO	
Fisuras por torsión	FIT	Estribos y pilas	2	Encamizado del elemento	Se presenta una serie de fisuras en la base del estribo. Se debe encamizar el elemento.	m2		
Aplastamiento local	AL	Estribo y pilas	3,2,1	Colocación de apoyos y reparación de corona	Se presenta como fracturación directa de la sección de concreto que recibe directamente el elemento. Se debe colocar apoyo bajo la viga y sustituir el concreto perdido.	mL		
GRUPO 4-1 Reconstrucción del puente								
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	COSTO UNITARIO	
Fallas por impacto	IMP	Estribos y pilas	1	Reconstrucción del puente	Reconstrucción del puente por destrucción parcial o total del estribo.	mL		
Fisuras por torsión	FIT	Estribos y pilas	1	Reconstrucción del puente	Reconstrucción del puente por falla de torsión en los estribos o las pilas	mL		
Asentamientos	AS	Estribos y pilas	1	Reconstrucción del puente	Reconstrucción del puente por asentamientos en los estribos o las pilas	mL		
Volcamiento	VO	Estribos y pilas	3,2,1	Reconstrucción del puente	Reconstrucción del puente por volcamiento de los estribos o las pilas	mL		
Corrosión severa	COS	Pilas	2,1	Reconstrucción del puente	Reconstrucción del puente por corrosión severa en las pilas	mL		
Pandeo General Lateral	PGL	Pilas	2,1	Reconstrucción del puente	Reconstrucción del puente por pandeo de las pilas	mL		
Falla por impacto	IMP	Pilas	2,1	Reconstrucción del puente	Reconstrucción del puente por impacto en las pilas	mL		
GRUPO 4-0 Reemplazo de las aletas								
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	COSTO UNITARIO	
Falla por impacto	IMP	Aletas	1	Reemplazo de las aletas	Sustitución de la aleta.	m3		
Fisuras por torsión	FIT	Aletas	1					
Asentamientos	AS	Aletas	1					
Volcamiento	VO	Aletas	3,2,1					
GRUPO 5-4 Mantenimiento de elementos metálicos								
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	COSTO UNITARIO	
Corrosión de armadura	COA	Elemento metálico	4	Limpeza de corrosión y pintura	Cepillado de la superficie y aplicación de pintura.	mL		
Corrosión leve	COL	Elemento metálico	4,3,2,1					
Corrosión media	COM	Elemento metálico	4					

GRUPO		5-3		Reparación de elementos metálicos			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Corrosión de armadura	COA	Elemento metálico	3,2,1 4,3	3 Recuperación elemento corroído	Aplicación de sustancias para recuperar el elemento corroído.	mL	
Corrosión media	COM	Elemento metálico				mL	
Corrosión severa	COS	Elemento metálico				mL	
Fisura en Vigas Longitudinales o transversales	FIV	Elemento metálico	4,3	Recuperación de la viga fisurada	Aplicación de cordones de soldadura para el sellado de la fisura.	mL	
Deflexion excesiva	DX	Elemento metálico	3	Recuperación y reforzamiento del elemento	Enderesamiento del elemento y colocación de platinas de refuerzo en zonas a flexión.	mL	
Falla por impacto	IMP	Elemento metálico				mL	
Rotura de soldadura	SOL	Elemento metálico				4,3	Reforzamiento de la soldadura
GRUPO		5-2		Reforzamiento de elementos metálicos			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Fisura en Vigas Longitudinales o transversales	FIV	Elemento metálico	4,3 4,3	2 Reforzar la viga fisurada	Colocación de platinas de refuerzo en las zonas de fisuras.	mL	
Pandeo General Lateral	PGL	Elemento metálico		4,3	Reforzamiento del elemento pandeado	Enderesamiento del elemento y colocación platinas de refuerzo en las zonas a tracción.	mL
Pandeo Local	PL	Elemento metálico	4,3	2 Recrecimiento del elemento metálico			Enderesamiento del elemento y colocación de platinas por los lados del elemento en las zonas a compresión y tracción.
Deflexion excesiva	DX	Elemento metálico	2	Reaplicación de soldadura	Preparación de la unión y aplicación de la soldadura a lo largo de la conexión.	mL	
Rotura de soldadura	SOL	Elemento metálico				2	mL

GRUPO		5-1		Reemplazo de elementos metálicos			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Corrosión de armadura	COA	Elemento metálico	2,1	Reemplazo del elemento	Sustitución total del elemento. Retiro del viejo y ensamble del nuevo.	Kg	
Corrosión severa	COS	Elemento metálico	2,1				
Fisura en Vigas Longitudinales o transversales	FIV	Elemento metálico	1	Reemplazo de la viga fisurada	Reemplazo total de la viga. Retiro y ensamble.	Kg	
Pandeo General Lateral	PGL	Elemento metálico	2,1	Reemplazo del elemento pandeado	Sustitución total del elemento. Retiro del viejo y ensamble del nuevo.	Kg	
Pandeo Local	PL	Elemento metálico	2,1	Reemplazo del elemento pandeado	Sustitución total del elemento. Retiro del viejo y ensamble del nuevo.	Kg	
Deflexión excesiva	DX	Elemento metálico	1	Reemplazo del elemento metálico	Sustitución total del elemento. Retiro del viejo y ensamble del nuevo.	Kg	
Falla por impacto	IMP	Elemento metálico	2,1	Reemplazo del elemento metálico	Sustitución total del elemento. Retiro del viejo y ensamble del nuevo.	Kg	
Rotura de soldadura	SOL	Elemento metálico	1	Rehabilitación de la unión soldada	Sustitución total del elemento. Retiro del viejo y ensamble del nuevo.	mL	
GRUPO		5-0		Reparación de conexiones metálicas			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Ausencia o mal estado de los Conectores	AUC	Nodo metálico	4,3,2,1	Reemplazo de los conectores	Retiro del conector viejo y ensamble del nuevo.	UN	
Falla por corte de conector	CT	Nodo metálico	4,3,2,1				
Aplastamiento de la platina	AP	Nodo metálico	2,1	Reemplazo de la platina	Retiro de la platina vieja y ensamble de la nueva.	m2	
Fallas por tensión en la platina	TP	Nodo metálico	4,3,2,1				
Falla por desgarramiento	DG	Nodo metálico	4,3,2,1				
Falla por bloque cortante	BQ	Nodo metálico	4,3,2,1				
GRUPO		6-1		Reconstrucción de la cimentación			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Socavación	SOC	Estribos y pilas	2,1	Recalce y reforzamiento de zapatas	Aislamiento de la zona de trabajo, demolición de la zona dañada, reemplazo de concreto perdido y reforzamiento de la zapata.	mL	
Asentamiento	AS						

GRUPO		7-1		Reparación de apoyos			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Fallas en apoyos		Apoyos	4,3,2,1	Reconstrucción de apoyos	Elevación del tablero, retiro de apoyos viejos, colocación de apoyos nuevos y colocación del tablero en su estado original.	UN	
GRUPO		8-3		Recuperación de barandas			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Golpes por impacto en pasamanos	GIVPAS	Barandas	3	Recuperación del pasamanos golpeado	Enderesamiento del pasamanos y aplicación de pintura.	mL	
Corrosión pasamanos	COP	Barandas	3	Recuperación del pasamanos corroído	Cepillado del pasamanos y aplicación de pintura.	mL	
Fracturamiento del poste	FRP	Barandas	3	Recuperación del poste	Sustitución de concreto en el poste y aplicación de pintura.	UN	
Golpes por impacto	GIVPOS	Barandas	3				
GRUPO		8-2		Reconstrucción de elementos de barandas			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Corrosión pasamanos	COP	Barandas	2,1	Reemplazo del pasamanos	Retiro del pasamanos viejo y colocación del pasamanos nuevo.	mL	
Ausencia de elementos pasamano	AUE	Barandas	4,3,2,1				
Golpes por impacto en pasamanos	GIVPAS	Barandas	2,1				
Fracturamiento del poste	FRP	Barandas	2,1	Reemplazo del poste	Demolición del pasamanos viejo y construcción de uno nuevo.	UN	
Ausencia del poste	AUP	Barandas	4,3,2,1				
Golpes por impacto	GIVPOS	Barandas	2,1				
GRUPO		8-1		Construcción de barandas			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Ausencia de Baranda	AUB	Barandas	4,3,2,1	Poner baranda	Construcción de barandas a ambos lados del puente.	mL	

GRUPO 9-4 Mantenimiento de Cables						
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Perdida del recubrimiento de los cables	PRC	Cables	2,1	Reposición del recubrimiento de cables	Preparación de la superficie y reposición de concreto	mL
GRUPO 9-2 Reparación de sistema de cables						
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Perdida de tensión de cables y pendedones	TEC	Cables	2,1	Retensionamiento de cables	Atesamiento de cables mediante gatos.	UN
Fisuras en los muertos	FIM	Muertos	2	Refuerzo del muerto	Realizar un encamisado en la superficie del muerto.	m2
GRUPO 9-1 Reemplazo de sistema de cables						
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN
Fisuras de alambres	FIA	Cables	2,1	Reemplazo del cable	Desmante del cable viejo e instalación del nuevo cable.	mL
Fisuras en los muertos	FIM	Muertos	1	Reemplazo de los muertos	Demolición y reconstrucción del nuevo muerto. Se requiere maquinaria para sostener los cables temporalmente.	m3

GRUPO		10-4		Mantenimiento de pilas metálicas			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Fisuras por torsión Asentamientos	FIT AS	Pila metálica	4, 3	3 Sellado de fisuras	Sellado de fisuras en el elemento mediante cordones de soldadura o platinas.	mL	
Corrosión leve Corrosión media	COL COM	Pila metálica	4,3,2,1 4	Limpieza de corrosión y pintura	Preparación de superficie y aplicación de pintura especial.	mL	
Falla de impacto	IMP	Pila metálica		3 Recuperación de la pila	Enderezamiento del elemento mediante martillos y uso de medio mecánico.	mL	
Rotura de la soldadura	SOL	Pila metálica	4,3	Reforzamiento de la soldadura	Reaplicación de soldadura a lo largo de las conexiones.	mL	
GRUPO		10-3		Reparaciones menores en pilas metálicas			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Corrosión media Corrosión severa	COM COS	Pila metálica	3,2,1 4,3	Recuperación elemento corroído	Aplicación de sustancias para recuperar el elemento corroído.	mL	
Ausencia o mal estado de los Conectores Falla por corte de conector	AUC CT	Pila metálica	4,3,2,1 4,3,2,1	Reemplazo de los conectores	Retiro del conector viejo y ensamble del nuevo.	UN	
Rotura de la soldadura	SOL	Pila metálica		2 Reaplicación de soldadura	Preparación de la unión y aplicación de la soldadura a lo largo de la conexión.	mL	
GRUPO		10-2		Reparaciones mayores en pilas metálicas			
FALLA	COD	ELEMENTO	SEVERIDAD	REPARACIÓN	DESCRIPCIÓN	UN	
Pandeo General Lateral	PGL	Pila metálica	4,3	Reforzamiento del elemento pandeado	Enderezamiento del elemento y colocación de platinas de refuerzo en las zonas a tracción.	mL	
Rotura de la soldadura	SOL	Pila metálica	1	Rehabilitación de la unión soldada	Reforzamiento de la conexión mediante cordones de soldadura y platinas.	mL	

Tabla 25. Grupos de obras de acuerdo a los daños y sus severidades.

3.2 DETERMINACIÓN DEL PUENTE PROMEDIO

Como ya se ha mencionado, es importante realizar un diagnóstico para los puentes inspeccionados definiendo las cantidades de obra; debido a que la inspección fue netamente visual no se cuenta con las dimensiones exactas de los daños registrados, por ello es necesario definir un procedimiento que permita determinar dichas cantidades de daño.

La alternativa seleccionada consiste en definir las dimensiones principales promedio para los puentes inventariados para posteriormente realizar un bosquejo de cada tipología estructural ajustándola a estas dimensiones. A cada uno de los puentes dibujados se le debe hallar las cantidades de daño a partir de unos porcentajes que varían de acuerdo a la severidad de dicho daño.

Para determinar las dimensiones del puente promedio se tomo un lote de 67 puentes y se les calculo el promedio a las medidas más representativas como son la longitud, el ancho del tablero y la altura de estribos.

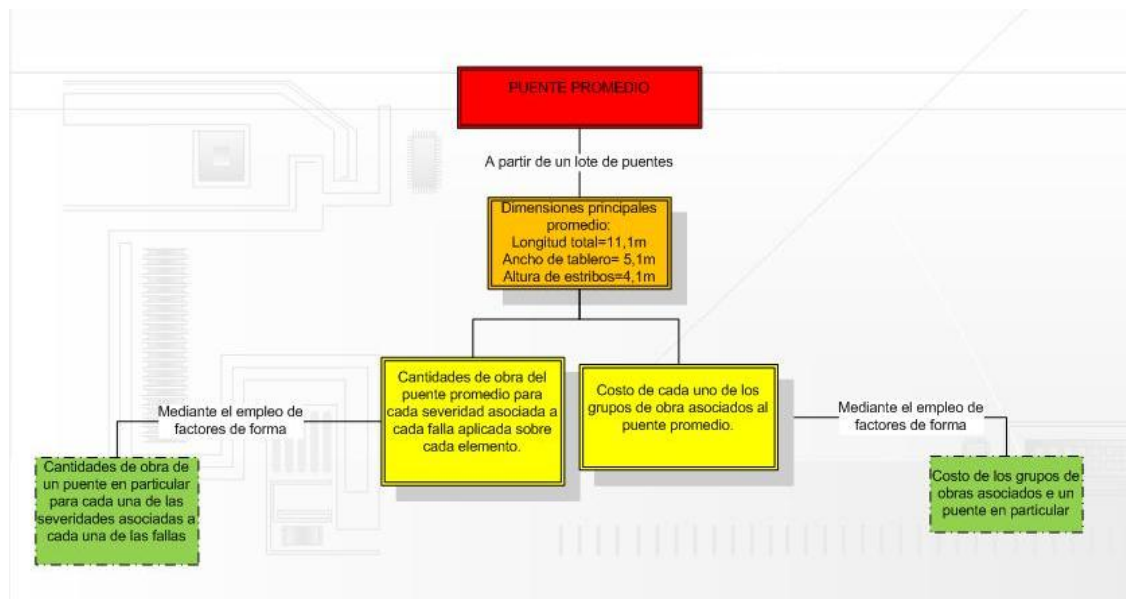


Ilustración 14. Utilidad del puente promedio en el diagnóstico de puentes.

Resultados:

Código Via	Nombre	Ancho del tablero (m)	Altura del estribo (m)	Longitud total (m)
45AST12	Puente Nacional-Jesus María - La venta - Florián	5.19	4.34	9.34
45AST12-1	Jesús María - Casino - Sucre - Bolivar	4.87	4.36	9.42
45AST12-3	Florián - Albania	4.60	3.30	12.84
45AST15-1	Gámbita - Arcabuco	4.78	4.07	9.28
45AST15	Vado Real - Gámbita - El Fical	4.53	3.36	9.69
	Vado Real - Suaita - Aguada - La Paz - Mirabueno -			
4704	Santa Helena del Opón	4.50	5.42	22.88
60BY06	Piedra Blanca - Albania - Diamante - La Venta	5.99	2.67	7.13
62ST02	Velez - Chipatá - La Paz	5.99	5.22	8.29
TOTAL		5.06	4.09	11.11

Tabla 26. Determinación del puente promedio.

Entonces el puente promedio tendrá un ancho de tablero de 5.1m, altura de estribos de 4.1m y una longitud de 11.1m; estas dimensiones se deben ajustar a cualquier tipología estructural.

A continuación se presenta el bosquejo de cada uno de las tipologías estructurales ajustadas a las dimensiones del puente promedio. (1)

(1) TRUJILLO OROZCO, JOSE EUSEBIO. *Diseño de puentes de concreto.*

Estribo promedio

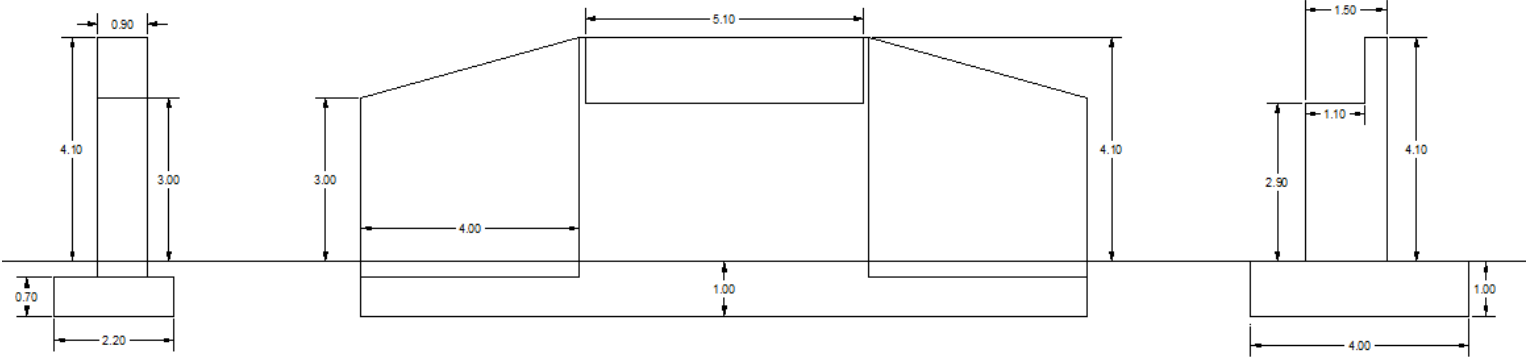
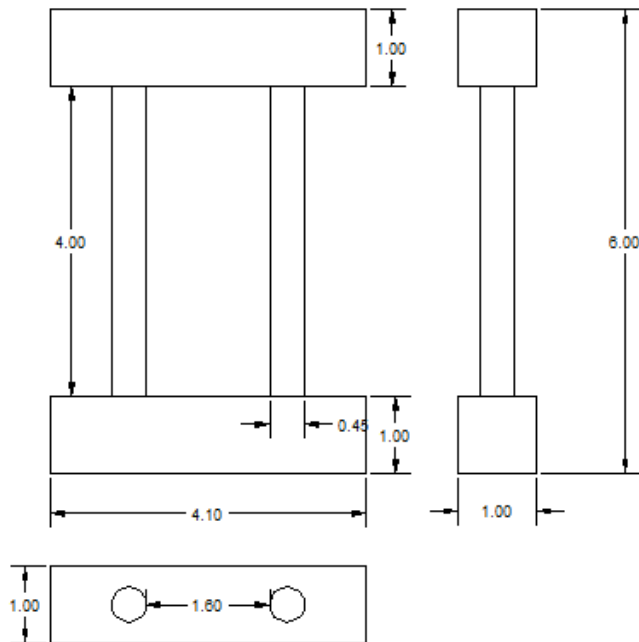


Ilustración 15. Estribo y aletas promedio.

Pilas en concreto



Pilas en acero

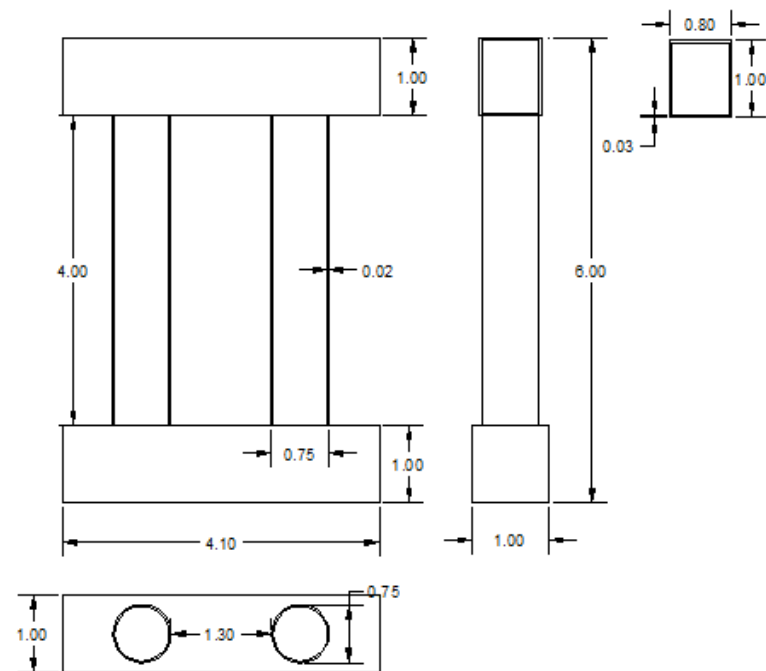


Ilustración 16. Pilas promedio, en acero y concreto.

Viga y losa

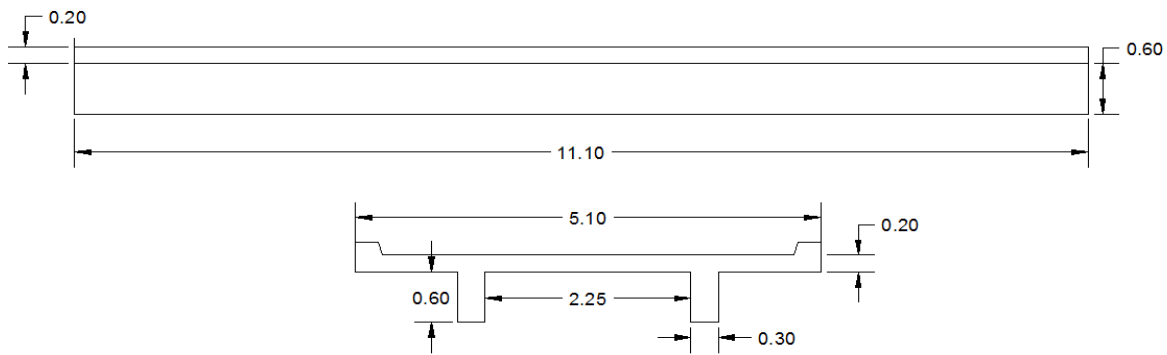


Ilustración 17. Superestructura viga y losa promedio en concreto.

Viga-Losa (Viga metálica)

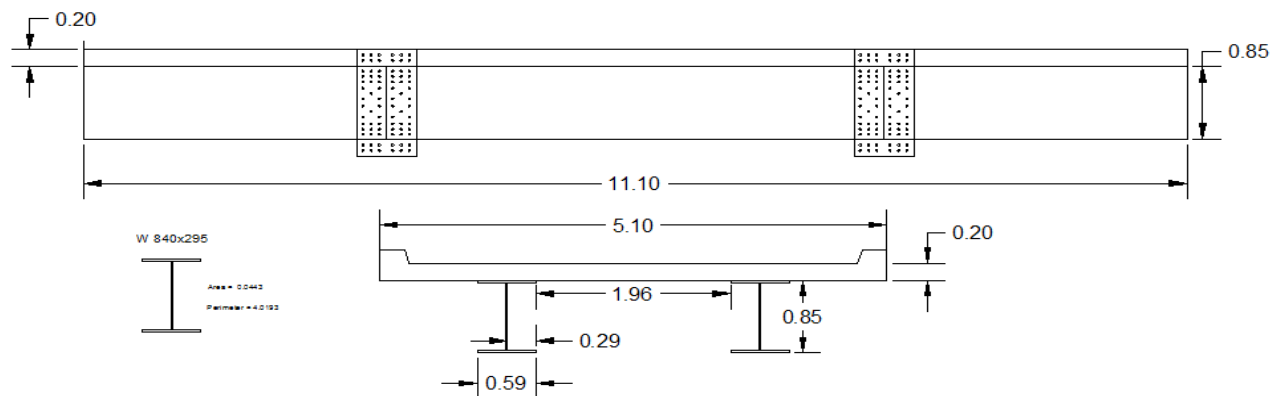


Ilustración 18. Superestructura viga y losa con viga metálica.

Losa simplemente apoyada

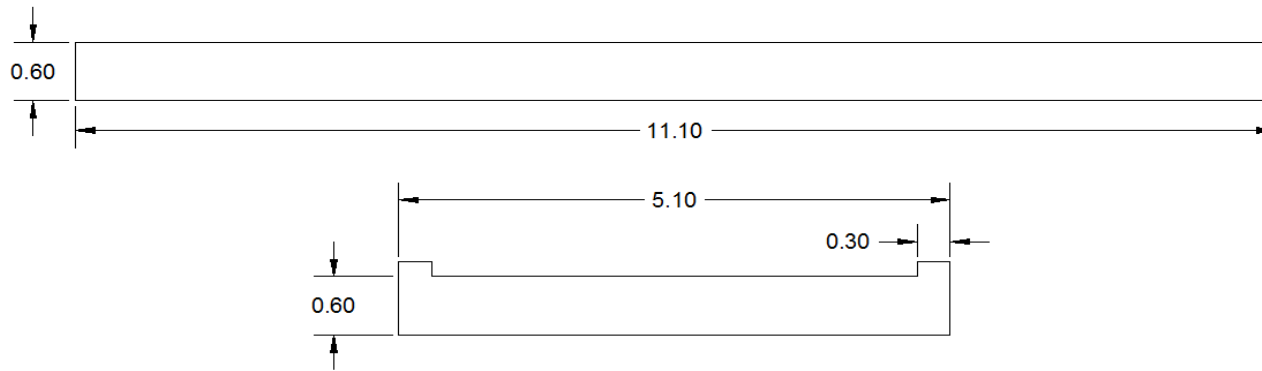


Ilustración 19. Superestructura losa simplemente apoyada en concreto.

Arco inferior

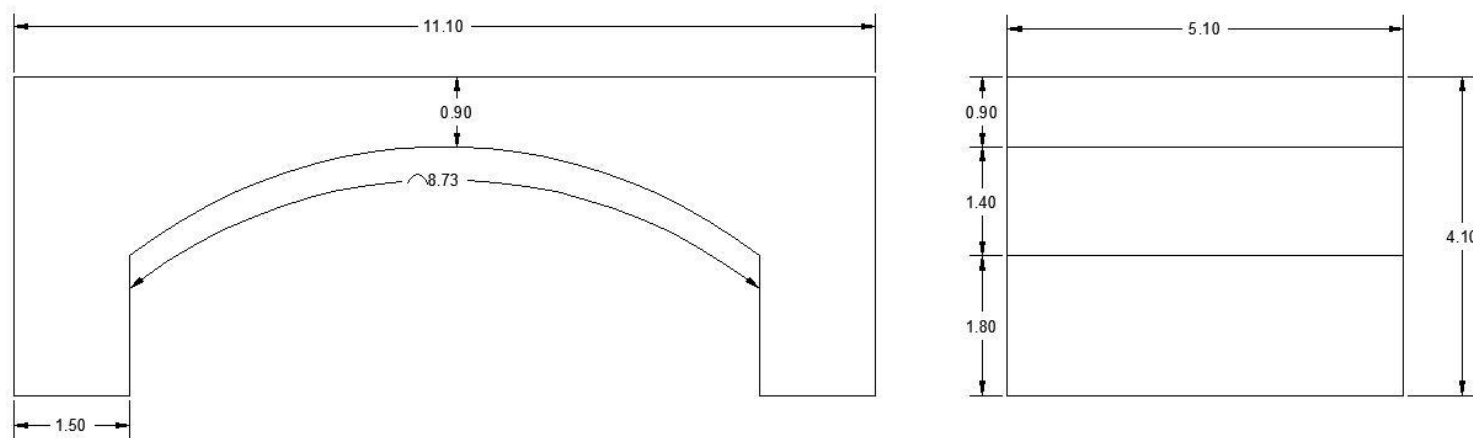


Ilustración 20. Arco inferior en concreto.

Armadura

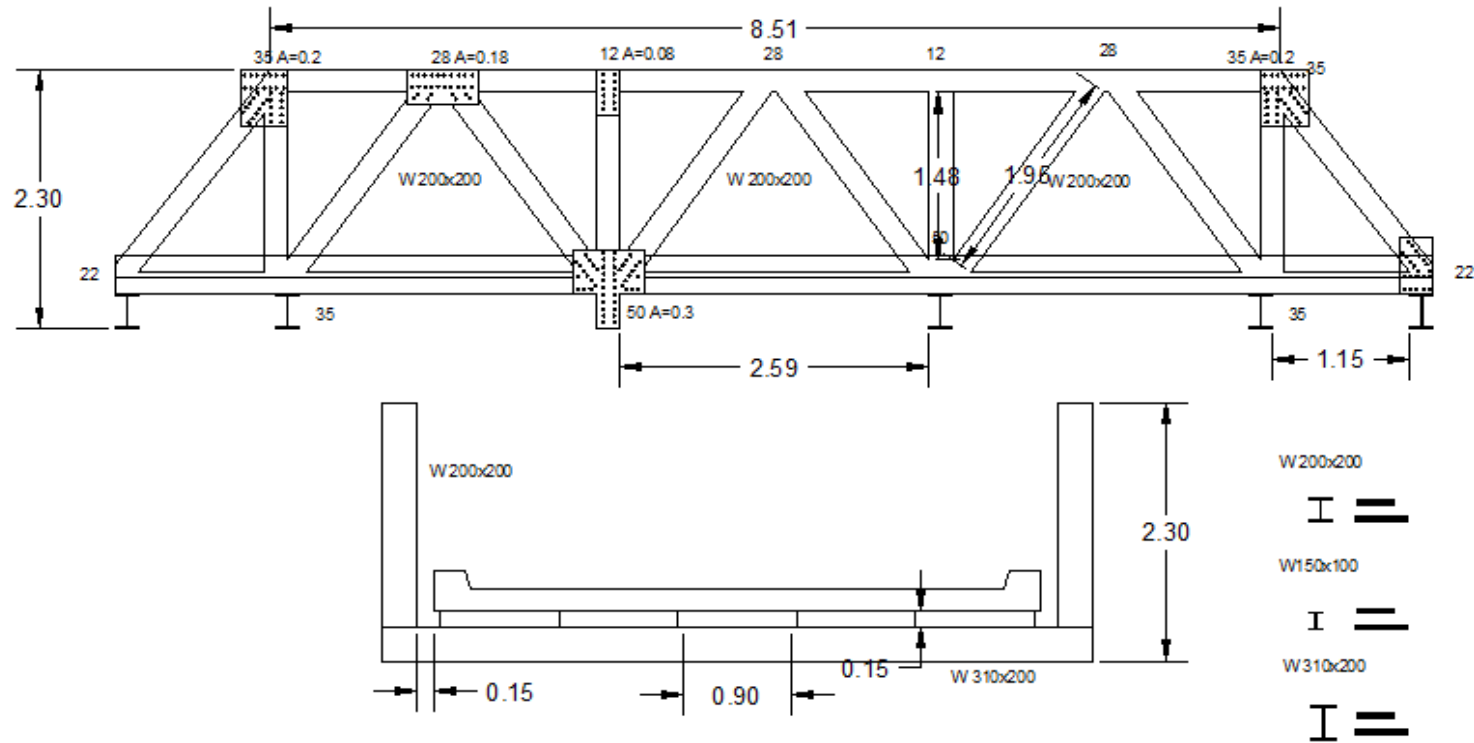


Ilustración 21. Armadura promedio de paso inferior.

Armadura

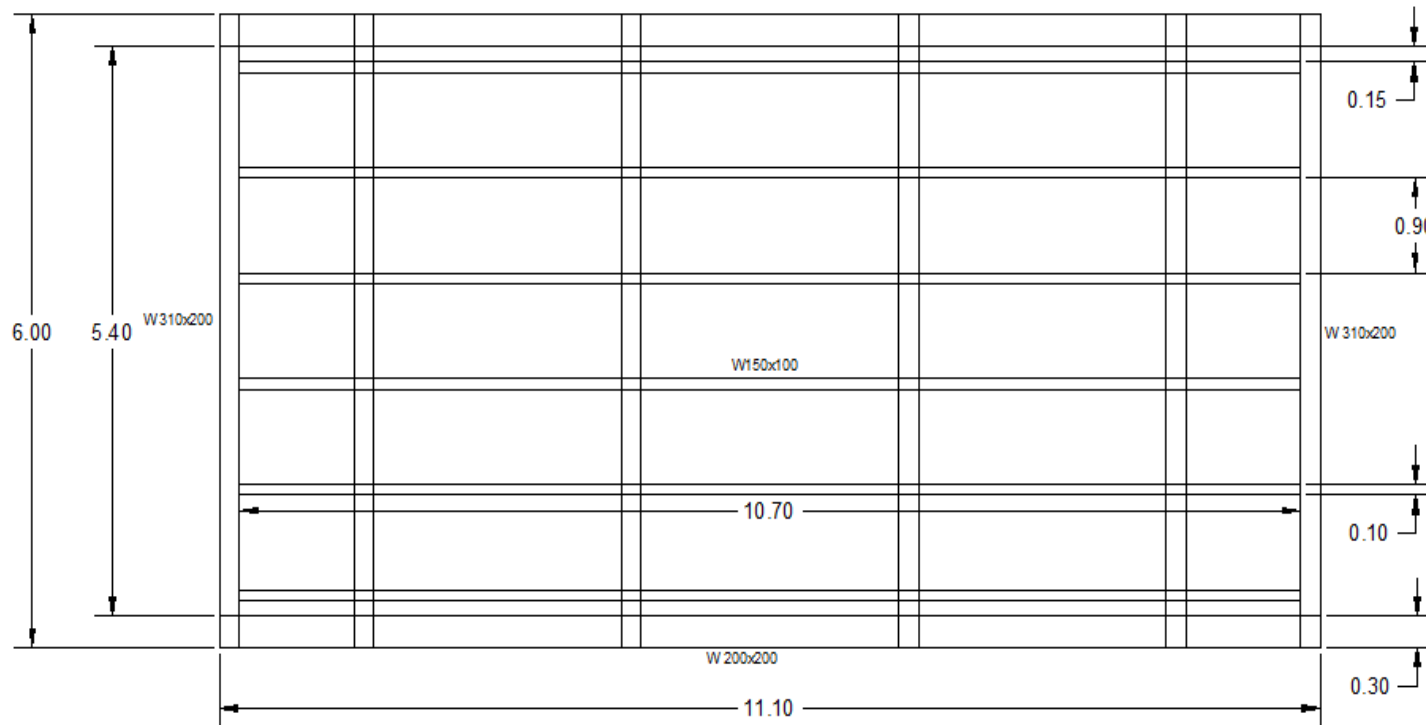


Ilustración 22. Armadura promedio de paso inferior. Vigas metálicas.

Baranda metálica

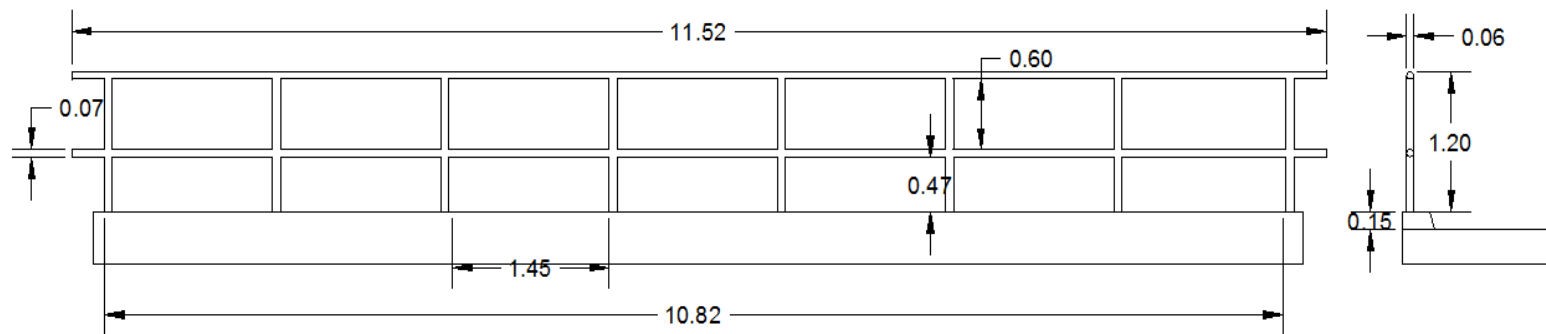


Ilustración 23. Barandas promedio en concreto.

Baranda en concreto

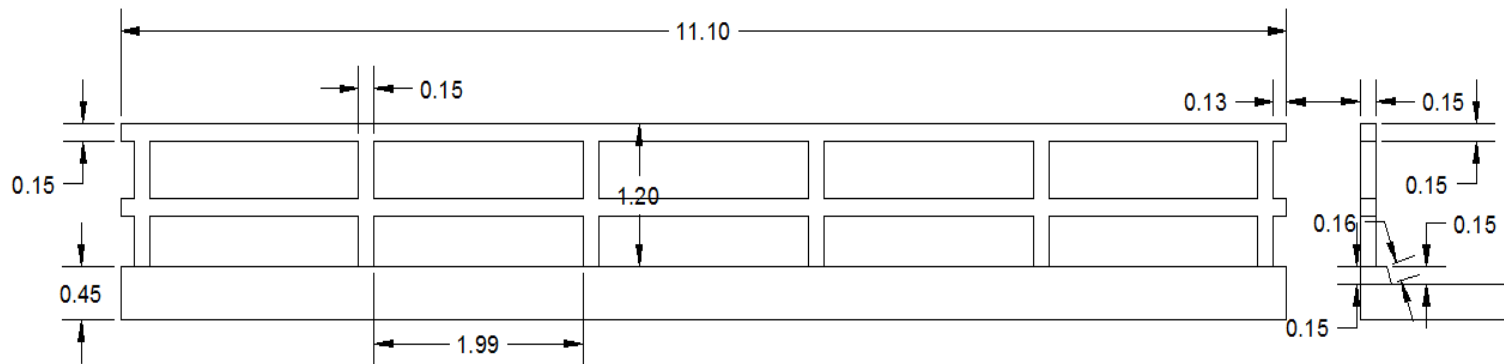


Ilustración 24. Baranda en concreto.

Baranda con postes en concreto y pasamanos metálicos

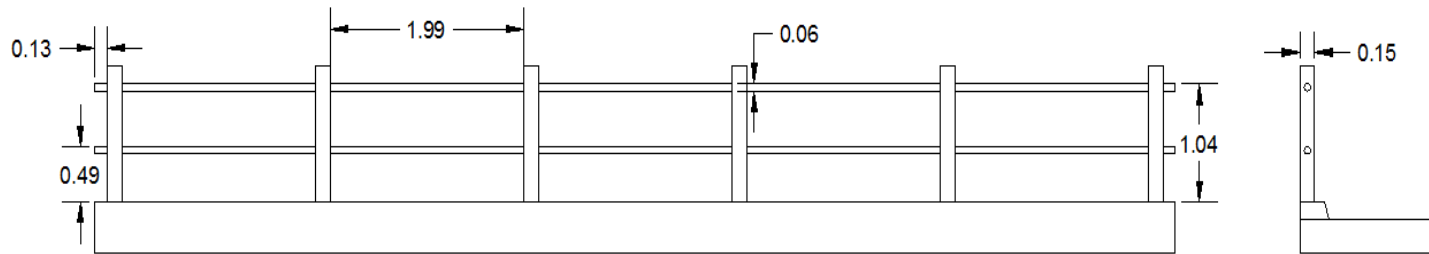


Ilustración 25. Baranda promedio con pasamanos metálicos y postes en concreto.

3.3 DEFICIÓN DE PORCENTAJES DE DAÑO Y CANTIDADES DE OBRA.

Ya teniendo definida la geometría del puente promedio para cada una de las tipologías estructurales más representativas, se procede a determinar las cantidades de obra de cada una de las reparaciones; debido a que la inspección fue simplemente visual no se tienen la dimensiones de las fallas si no solamente sus severidades, las cuales se refieren a si las reparaciones deben ser inmediatas o pueden esperar.

Basados en la información obtenida en campo se decide en conjunto con el especialista en puentes la asignación de factores de daño asociados a cada una de las severidades y que afectaran a todos los elementos con respecto a las fallas encontradas en cada uno de ellos. Dichos factores de daño son los siguientes:

SEVERIDAD	DESCRIPCIÓN	% DE AFECTACIÓN (m ³ , m ² ,mL,Kg)
5	Sin daño o con daño insignificante.	0-5
4	Daño pequeño, pero no se requiere reparación	5-10
3	Existe daño, el componente funciona como se diseñó.	10-40
2	Daño significativo, se requiere pronta reparación.	40-70
1	Daño grave, se necesita inmediata reparación.	70-100

Tabla 27. Porcentaje de daño para cada una de las severidades.

Cabe anotar que para fines prácticos se tomarán los valores superiores de los rangos de afectación anteriormente mostrados ya que se sabe que el tomar

valores superiores brinda mayor seguridad en la evaluación de costos y se acerca más a la realidad del proceso de reparación o de reconstrucción de un determinado elemento.

Teniendo los factores de daño se procede a calcular las cantidades de obra para los cuatro niveles de severidad para cada una de las fallas y en cada uno de los elementos, de acuerdo a las fallas que se pueden presentar en ellos y calculándolas de acuerdo a las unidades de pago correspondientes a la reparación.

El proceso de determinación de cantidades de obra consiste en determinar las dimensiones del elemento al cual afecta una determinado patología y posteriormente multiplicar dicha dimensión por los factores de daño. Cabe anotar que la cantidad de obra depende del tipo de reparación, es decir que para un mismo elemento se pueden obtener de diferentes maneras y en distintas unidades sus cantidades de obra si es el caso de que la obra de intervención difiere de una severidad a otra.

3.4 AJUSTE DE LAS CANTIDADES DE OBRA A CUALQUIER PUENTE.

Ya teniendo las cantidades de obra de cada tipo de falla con su respectiva severidad se debe ahora ajustar estos valores a cualquier puente; para esto se definieron algunos factores que permiten ajustar la escala de dichos daños. Debido a que la geometría de un puente es muy compleja y a que las fallas se pueden presentar en cualquiera de sus elementos, estos factores dependerán de la dimensión principal del puente a la que se refieren y que por lo tanto afectaran unos determinados elementos y sus daños correspondientes.

Estos factores son los siguientes:

NOMBRE	CÁLCULO	ELEMENTOS QUE MODIFICA
Factor de planta	$f_{pl} = \frac{A_i * L_i}{A_o * L_o}$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Losa ▪ Vigas
Factor de borde	$f_{bo} = \frac{L_i}{L_o}$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Barandas ▪ Bordillos ▪ Andenes
Factor de sección	$f_{se} = \frac{A_i * H_i}{A_o * H_o}$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estribos ▪ Aletas ▪ Pilas
Factor de ancho	$f_{an} = \frac{A_i}{A_o}$	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Juntas de dilatación ▪ Cimentación











Tabla 28. Factores de forma para el cálculo de cantidades de obra a partir del puente promedio.

Los valores con subíndice 0 indican que corresponden al puente promedio y los valores con subíndice i indican que pertenecen al puente a evaluar o el puente particular.

Estos valores serán multiplicados por la cantidad de obra del puente promedio para ser ajustada a la cantidad de obra del puente particular.

A continuación se presentan las cantidades de obra en el puente promedio para cada una de los daños y sus severidades de acuerdo a las obras asignadas:

CANTIDADES DE OBRA DEL PUENTE PROMEDIO:

	PAGO POR UNIDAD
	PAGO POR METRO LINEAL
	PAGO POR METRO CUBICO
	PAGO POR METRO CUADRADO
	PAGO POR KILOGRAMO DE ACERO
	NO REQUIERE REPARACIÓN
	REEMPLAZO TOTAL DEL ELEMENTO
	Daños generales
	Daños propios del elemento
	Daños en elementos metálicos

		Superficie del puente				
		4	3	2	1	
Fallas en superficie		5,106	20,424	35,742	51,06	Area transitible del puente
		0,1	0,4	0,7	1	
		Juntas				
		4	3	2	1	
Fallas de impacto	IMP		3,68	6,44	9,2	Longitud de la junta
Obstrucción del sello	OB		3,68	6,44	9,2	Longitud de la junta
Ruptura del sello	RU		3,68	6,44	9,2	Longitud de la junta
Ausencia del sello	AUS		3,68	6,44	9,2	Longitud de la junta
Agrietamiento o ruptura soldadura	SOL	1,84	7,36	12,88	18,4	Longitud de perfiles
Ausencia de anclajes	AUA		7,36	12,88	18,4	Ausencia de anclajes por metro lineal de perfil aprox. 4 por metro.
Perfiles defectuosos	PD		7,36	12,88	18,4	Longitud de perfiles
Perfiles sueltos	PS		7,36	12,88	18,4	Longitud de perfiles
Corrosión leve	COL	1,84	7,36	12,88	18,4	Longitud de perfiles.
Corrosión media	COM	1,84	7,36	12,88	18,4	Longitud de perfiles.
Corrosión severa	COS	1,84	7,36	194,12736	277,3248	Longitud de perfiles y peso de perfiles.
		0,1	0,4	0,7	1	
		Andenes/Bordillos				
		4	3	2	1	
Hormigoneo	HO		9,95	17,40	24,86	Area superficial de los bordillos
Segregación	SE		9,95	17,40	24,86	Area superficial de los bordillos
Exposición de acero de refuerzo	EXA	2,49	9,95	17,40	24,86	Area superficial de los bordillos
Eflorescencias	EF		9,95	17,40	24,86	Area superficial de los bordillos
Contaminación del concreto	CTC		9,95	17,40	24,86	Area superficial de los bordillos
Fallas de impacto	IMP		9,95	17,40	11,10	Area superficial de los bordillos y longitud de un bordillo
Desportillamiento	Desp		8,88	15,54	22,20	Longitud de ambos bordillos
Agrietamiento	Agrie		8,96	15,54	22,20	8 grietas transversales y longitud de los bordillos
Acero expuesto corroído	AEC	2,49	9,95	15,54	22,20	Area superficial y longitud de los bordillos
Dimensión del andén insuficiente	DAI			11,10	22,20	Longitud de uno o dos andenes

		Barandas metálica				
		4	3	2	1	
Delaminación de la pintura	DE			15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Ausencia de pintura	AUPIN	2,22	8,88	15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Deterioro de pintura	DT			15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Corrosión pasamanos	COP	44,40	17,76	31,08	44,40	Longitud de pasamanos a ambos lados
Ausencia de elementos pasamano	AUE	4,44	17,76	31,08	44,40	Longitud de pasamanos a ambos lados
Golpes por impacto en pasamanos	GIVPAS		17,76	31,08	44,40	Longitud de pasamanos a ambos lados
Fracturamiento del poste	FRP		3,00	4,00	5,00	Número de postes probables
Ausencia del poste	AUP	2,00	3,00	4,00	5,00	Número de postes probables
Golpes por impacto	GIVPOS		3,00	4,00	5,00	Número de postes probables
Ausencia de Baranda	AUB	2,22	8,88	15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Corrosión leve	COL	2,22	8,88	15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Corrosión media	COM	11,10	8,88	15,54	22,20	Longitud de 1 y 2 barandas
Corrosión severa	COS	2,22	8,88	1024,49	1463,55	Longitud y peso de las dos barandas
Falla de impacto	IMP		8,88	1024,49	1463,55	Longitud y peso de las dos barandas
Rotura de soldadura	SOL	0,75	3,02	5,28	7,54	Cordones totales de soldadura
		0,1	0,4	0,7	1	
		Barandas en concreto				
		4	3	2	1	
Exposición de acero de refuerzo	EXA	2,69	10,75	18,82	26,88	Area superficial de las dos barandas
Eflorescencias	EF		10,75	18,82	26,88	Area superficial de las dos barandas
Contaminación del concreto	CTC		10,75	18,82	26,88	Area superficial de las dos barandas
Fallas de impacto	IMP		10,75	18,82	11,10	Area superficial y longitud de una baranda.
Delaminación de la pintura	DE			15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Ausencia de pintura	AUPIN	2,22	8,88	15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Deterioro de pintura	DT			15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Corrosión pasamanos	COP	44,40	17,76	31,08	44,40	Longitud de pasamanos a ambos lados
Ausencia de elementos pasamano	AUE	4,44	17,76	31,08	44,40	Longitud de pasamanos a ambos lados
Golpes por impacto en pasamanos	GIVPAS		17,76	31,08	44,40	Longitud de pasamanos a ambos lados
Fracturamiento del poste	FRP		2,00	3,00	4,00	Número de postes probables
Ausencia del poste	AUP	1,00	2,00	3,00	4,00	Número de postes probables
Golpes por impacto	GIVPOS		2,00	3,00	4,00	Número de postes probables
Ausencia de Baranda	AUB	2,22	8,88	15,54	22,20	Longitud de las dos barandas

		Barandas pasamanos metálica y postes en concreto				
		4	3	2	1	
Delaminación de la pintura	DE			15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Ausencia de pintura	AUPIN	2,22	8,88	15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Deterioro de pintura	DT			15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Corrosión pasamanos	COP	44,40	17,76	31,08	44,40	Longitud de pasamanos a ambos lados
Ausencia de elementos pasamano	AUE	4,44	17,76	31,08	44,40	Longitud de pasamanos a ambos lados
Golpes por impacto en pasamanos	GVPAS		17,76	31,08	44,40	Longitud de pasamanos a ambos lados
Fracturamiento del poste	FRP		2,00	3,00	4,00	Número de postes probables
Ausencia del poste	AUP	1,00	2,00	3,00	4,00	Número de postes probables
Golpes por impacto	GVPPOS		2,00	3,00	4,00	Número de postes probables
Ausencia de Baranda	AUB	2,22	8,88	15,54	22,20	Longitud de las dos barandas
Exposición de acero de refuerzo	EXA	0,45	1,78	3,12	4,46	Area superficial de las dos barandas
Eflorescencias	EF		1,78	3,12	4,46	Area superficial de las dos barandas
Contaminación del concreto	CTC		1,78	3,12	4,46	Area superficial de las dos barandas
Fallas de impacto	IMP		1,78	3,12	11,10	Area superficial y longitud de una baranda.
		0,1	0,4	0,7	1	
		Aletas				
		4	3	2	1	
Hormigoneo	HO		11,36	19,88	28,4	Area superficial de 2 aletas
Segregación	SE		11,36	19,88	28,4	Area superficial de 2 aletas
Fisuración por retracción	FIR		4,71	8,2425	11,775	Una fisura longitudinal y una transversal
Construcción inadecuada de junta frías	JF		12,8	22,4	32	4 juntas longitudinales en cada aleta
Exposición de acero de refuerzo	EXA	2,84	11,36	19,88	28,4	Area superficial de 2 aletas
Eflorescencias	EF		11,36	19,88	28,4	Area superficial de 2 aletas
Contaminación del concreto	CTC		11,36	19,88	28,4	Area superficial de 2 aletas
Fallas de impacto	IMP		5,68	9,94	38,34	Area superficial de 1 aleta y volumen de una aleta
Socavación	SOC			11,2	16	Longitud de las 4 aletas
FISURAS POR TORSIÓN	FIT		3,2	19,88	38,34	Longitud de 2 aletas, area de 2 aletas y volumen de 2 aletas
ASENTAMIENTOS	AS	0,56	8,96	16	38,34	Area probable, longitud y volumen de las 4 aletas
VOLCAMIENTO	VO		12,78	25,56	38,34	Volumen de 1, 2 y 3 aletas

		Aletas				
		4	3	2	1	
Hormigoneo	HO		11,36	19,88	28,4	Area superficial de 2 aletas
Segregación	SE		11,36	19,88	28,4	Area superficial de 2 aletas
Fisuración por retracción	FIR		4,71	8,2425	11,775	Una fisura longitudinal y una transversal
Construcción inadecuada de junta frías	JF		12,8	22,4	32	4 juntas longitudinales en cada aleta
Exposición de acero de refuerzo	EXA	2,84	11,36	19,88	28,4	Area superficial de 2 aletas
Eflorescencias	EF		11,36	19,88	28,4	Area superficial de 2 aletas
Contaminación del concreto	CTC		11,36	19,88	28,4	Area superficial de 2 aletas
Fallas de impacto	IMP		5,68	9,94	38,34	Area superficial de 1 aleta y volumen de una aleta
Socavación	SOC			11,2	16	Longitud de las 4 aletas
FISURAS POR TORSIÓN	FIT		3,2	19,88	38,34	Longitud de 2 aletas, area de 2 aletas y volumen de 2 aletas
ASENTAMIENTOS	AS	0,56	8,96	16	38,34	Area probable, longitud y volumen de las 4 aletas
VOLCAMIENTO	VO		12,78	25,56	38,34	Volumen de 1, 2 y 3 aletas
		0,1	0,4	0,7	1	
		Estribos				
		4	3	2	1	
Hormigoneo	HO		12,296	21,518	30,74	Area superficial de los 2 estribos
Segregación	SE		12,296	21,518	30,74	Area superficial de los 2 estribos
Fisuración por retracción	FIR		6,56	11,48	16,4	Una fisura longitudinal y una transversal en cada estribo
Construcción inadecuada de junta frías	JF		8,48	14,84	21,2	4 juntas longitudinales en cada aleta
Exposición de acero de refuerzo	EXA	3,074	12,296	21,518	30,74	Area superficial de los 2 estribos
Eflorescencias	EF		12,296	21,518	30,74	Area superficial de los 2 estribos
Contaminación del concreto	CTC		12,296	21,518	30,74	Area superficial de los 2 estribos
Fallas de impacto	IMP		6,148	10,759	11,1	Area superficial de 1 estribo y longitud del puente
Socavación	SOC			7,42	10,6	Longitud de los 2 estribos
FISURAS POR TORSIÓN	FIT		4,24	21,518	11,1	Longitud de los 2 estribos, area de los 2 estribos y long. Del puente
APLASTAMIENTO LOCAL	AL		4,24	7,42	10,6	Longitud de los 2 estribos
ASENTAMIENTOS	AS	0,4346	6,9536	10,6	11,1	Area probable, longitud de los 2 estribos y longitud del puente
VOLCAMIENTO	VO		11,10	11,10	11,10	Longitud del puente

c		Pilas en concreto				
		4	3	2	1	
Hormigoneo	HO		10,95	19,15	27,36	Area superficial de la pila
Segregación	SE		10,95	19,15	27,36	Area superficial de la pila
Construcción inadecuada de junta frías	JF		4,53	7,92	11,32	4 juntas horizontales en cada columna
Exposición de acero de refuerzo	EXA	2,74	10,95	19,15	27,36	Area superficial de la pila
Eflorescencias	EF		10,95	19,15	27,36	Area superficial de la pila
Contaminación del concreto	CTC		10,95	19,15	27,36	Area superficial de la pila
Fallas de impacto	IMP		4,53	7,92	11,10	Area superficial de las columnas y longitud del puente
Socavación	SOC			2,87	4,10	Longitud de la zapata de la pila
FISURAS POR TORSIÓN	FIT		1,13	7,92	11,10	Perimetro de las columnas, area de las 2 columnas y long. Del puente
APLASTAMIENTO LOCAL	AL		1,64	2,87	4,10	Longitud de la viga cabezal
ASENTAMIENTOS	AS	2,80	4,00	4,10	11,10	Fisuras alrededor de la viga cabezal, longitud de la viga cabezal y longitud del puente
VOLCAMIENTO	VO		11,10	11,10	11,10	Longitud del puente
		0,1	0,4	0,7	1	
		Pilas en acero				
		4	3	2	1	
Socavación	SOC			2,87	4,10	Longitud de la zapata de la pila
FISURAS POR TORSIÓN	FIT		0,94	33,17	11,10	Perimetro de las columnas, area de las 2 columnas y long. del puente
APLASTAMIENTO LOCAL	AL		1,64	2,87	4,10	Longitud de la viga cabezal
ASENTAMIENTOS	AS	2,80	4,00	4,10	11,10	Fisuras alrededor de la viga cabezal, longitud de la viga cabezal y longitud del puente
VOLCAMIENTO	VO		11,10	11,10	11,10	Longitud del puente
Corrosión leve	COL	0,80	3,20	5,60	8,00	Altura de columnas
Corrosión media	COM	0,80	3,20	5,60	8,00	Altura de columnas
Corrosión severa	COS	0,80	3,20	11,10	11,10	Altura de columnas y peso de 1 y 2 columnas
Pandeo General Lateral	PGL	8,00	8,00	11,10	11,10	Altura de columnas y peso de 1 y 2 columnas
Ausencia o mal estado de los conectores	AUC	1,00	2,00	3,00	4,00	Número probable de conectores
Falla por impacto	IMP		1,60	11,10	11,10	Altura de 1 columna y peso de 1 y 2 columnas
Falla por corte de conector	CT	1,00	2,00	3,00	4,00	Número probable de conectores
Rotura de soldadura	SOL		3,52	6,17	8,81	Cordones de soldadura probables

		Losa Concreto				
		4	3	2	1	
Hormigoneo	HO		20,424	35,742	51,06	Area superficial de una cara de la losa
Segregación	SE		20,424	35,742	51,06	Area superficial de una cara de la losa
Fisuración por retracción	FIR		6,28	10,99	15,7	Una fisura longitudinal y una transversal en una cara de la losa
Construcción inadecuada de junta frías	JF		62,8	109,9	157	10 juntas longitudinales y 10 transversales en una cara de la losa
Exposición de acero de refuerzo	EXA	5,106	20,424	35,742	51,06	Area superficial de una cara de la losa
Eflorescencias	EF		20,424	35,742	51,06	Area superficial de una cara de la losa
Contaminación del concreto	CTC		20,424	35,742	51,06	Area superficial de una cara de la losa
Fallas de impacto	IMP		20,424	35,742	51,06	Area superficial de una cara de la losa
FISURAS POR FLEXIÓN	FIF	17,02	17,02	17,02	51,06	Tercio central de area y area de toda la losa
FISURAS POR CORTANTE	FIC	34,04	34,04	34,04	51,06	2 tercios extremos y area de toda la losa
FISURAS POR TORSIÓN	FIT	34,04	34,04	34,04	51,06	2 tercios extremos y area de toda la losa
		0,1	0,4	0,7	1	
		Arco concreto				
		4	3	2	1	
Hormigoneo	HO		17,81	31,17	44,52	Area superficial de la cara del arco
Segregación	SE		17,81	31,17	44,52	Area superficial de la cara del arco
Fisuración por retracción	FIR		5,53	9,68	13,83	Una fisura longitudinal y una transversal en la cara del arco
Construcción inadecuada de junta frías	JF		55,32	96,81	138,30	10 juntas longitudinales y 10 transversales en la cara del arco
Exposición de acero de refuerzo	EXA	4,45	17,81	31,17	44,52	Area superficial de la cara del arco
Eflorescencias	EF		17,81	31,17	44,52	Area superficial de la cara del arco
Contaminación del concreto	CTC		17,81	31,17	44,52	Area superficial de la cara del arco
Fallas de impacto	IMP		17,81	31,17	44,52	Area superficial de la cara del arco
		0,1	0,4	0,7	1	
		Vigas concreto				
		4	3	2	1	
Hormigoneo	HO		13,32	23,31	33,3	Area superficial de las 2 vigas
Segregación	SE		13,32	23,31	33,3	Area superficial de las 2 vigas
Construcción inadecuada de junta frías	JF		6	10,5	15	10 transversales en cada viga
Exposición de acero de refuerzo	EXA	3,33	13,32	23,31	33,3	Area superficial de las 2 vigas
Eflorescencias	EF		13,32	23,31	33,3	Area superficial de las 2 vigas
Contaminación del concreto	CTC		13,32	23,31	33,3	Area superficial de las 2 vigas
FISURAS POR FLEXIÓN	FIF	7,4	7,4	7,4	51,06	Tercio central de la longitud y área del tablero
FISURAS POR CORTANTE	FIC	14,8	14,8	14,8	51,06	2 tercios extremos de la longitud y área del tablero
FISURAS POR TORSIÓN	FIT	14,8	14,8	14,8	51,06	2 tercios extremos de la longitud y área del tablero

		Vigas metálicas				
		4	3	2	1	
FISURAS POR FLEXIÓN	FIF	7,4	7,4	7,4	51,06	Tercio central de la longitud y área del tablero
FISURAS POR CORTANTE	FIC	14,8	14,8	14,8	51,06	2 tercios extremos de la longitud y área del tablero
FISURAS POR TORSIÓN	FIT	14,8	14,8	14,8	51,06	2 tercios extremos de la longitud y área del tablero
Corrosión leve	COL	2,22	8,88	15,54	22,2	Longitud de las dos columnas
Corrosión media	COM	11,1	8,88	15,54	22,2	Longitud de 1 y 2 columnas
Corrosión severa	COS	2,22	8,88	7720,161	7720,161	Longitud y peso de las dos columnas
Fisura en Vigas Longitudinales o	FIV	2,22	8,88	15,54	7720,161	Longitud y peso de las 2 vigas
Aplastamiento de la platina	AP			3,15	4,5	Area total de platinas para todas las conexiones
Pandeo General Lateral	PGL	11,1	22,2	3860,0805	7720,161	Longitud y peso de 1 y 2 vigas
Pandeo Local	PL	11,1	22,2	3860,0805	7720,161	Longitud y peso de 1 y 2 vigas
Deflexión excesiva	DX		22,2	22,2	7720,161	Longitud y peso de las 2 vigas
Ausencia o mal estado de los conectores	AUC	27,2	108,8	190,4	272	Pernos totales
Fallas por tensión en la platina	TP	0,75	1,8	3,15	4,5	Area total de platinas para todas las conexiones
Falla por impacto	IMP		22,2	7720,161	7720,161	Longitud y peso de las dos barandas
Falla por desgarramiento	DG	0,75	1,8	3,15	4,5	Area total de platinas para todas las conexiones
Falla por corte de conector	CT	27	109	190	272	Pernos totales
Falla por bloque cortante	BQ	0,75	1,8	3,15	4,5	Area total de platinas para todas las conexiones
Rotura de soldadura	SOL	8,88	35,52	62,16	88,8	Cordones totales de soldadura

		Elementos de armadura				
		4	3	2	1	
FISURAS POR FLEXIÓN	FIF	3,22	12,88	22,54	51,06	Tercio central de la longitud y área del tablero
FISURAS POR CORTANTE	FIC	6,44	25,76	45,08	51,06	2 tercios extremos de la longitud y área del tablero
FISURAS POR TORSIÓN	FIT	6,44	25,76	45,08	51,06	2 tercios extremos de la longitud y área del tablero
Corrosión leve	COL	17,886	71,544	125,202	178,86	Longitud de los elementos
Corrosión media	COM	17,886	71,544	125,202	178,86	Longitud de los elementos
Corrosión severa	COS	17,886	71,544	886,41823	1266,3118	Longitud de los elementos y peso del 20% de los elementos
Fisura en Vigas Longitudinales o transversales	FIV	9,66	38,64	67,62	517,2522	Longitud de las vigas y peso del 20% de las vigas
Aplastamiento de la platina	AP			6,9888	9,984	Area total de platinas para todas las conexiones
Pandeo General Lateral	PGL	9,66	38,64	362,07654	517,2522	Longitud de las vigas y peso del 20% de las vigas
Pandeo Local	PL	17,886	71,544	524,34169	749,05956	Longitud de elementos de armadura y peso del 20% de ellos
Deflexion excesiva	DX		38,64	67,62	517,2522	Longitud de vigas y peso del 20% de ellas
Ausencia o mal estado de los conectores	AUC	83,6	334,4	585,2	836	Pernos totales
Fallas por tensión en la platina	TP	0,9984	3,9936	6,9888	9,984	Area total de platinas para todas las conexiones
Falla por impacto	IMP		14,3088	25,0404	749,05956	Longitud y peso del 20% de los elementos de armadura
Falla por desgarramiento	DG	0,9984	3,9936	6,9888	9,984	Area total de platinas para todas las conexiones
Falla por corte de conector	CT	84	334	585	836	Pernos totales
Falla por bloque cortante	BQ	0,9984	3,9936	6,9888	9,984	Area total de platinas para todas las conexiones
Rotura de soldadura	SOL	71,544	286,176	500,808	715,44	Cordones totales de soldadura
		0,1	0,4	0,7	1	
		Apoyos				
		4	3	2	1	
Deterioro de apoyos en puente de armadura			2	4	4	2 o 4 apoyos del puente
Deterioro de apoyos en puente de viga y losa			2	4	4	2 o 4 apoyos del puente

Tabla 29. Cantidades de obra de cada una de las fallas en cada uno de los elementos.

3.5 ASIGNACIÓN AUTOMÁTICA DE INTERVENCIONES Y CANTIDADES DE OBRA.

Debido a la gran cantidad de puentes que se deberán evaluar a lo largo del proyecto de inventario de la red vial de los departamentos de Santander y Norte de Santander, es necesario establecer una herramienta que permita la asignación automática de las reparaciones, las cantidades de obra y que incluya al puente dentro de un grupo de intervención de los previamente mostrados.

Para obtener este resultado se realizó una programación sencilla mediante Macros de Microsoft Excel con lenguaje de Visual Basic; se decidió utilizar esta herramienta computacional debido a que es la que mejor se acomoda al tipo de información de la que disponemos.

El programa que se ejecuta es muy sencillo, primero que todo este se debe alimentar de la base de datos en donde se encuentran las reparaciones para cada una de las severidades pertenecientes a cada una de las fallas y así mismo de otra base de datos que contiene elemento a elemento con sus posibles daños y sus cantidades de obra de acuerdo a la severidad de la falla. El programa rastrea las fallas y la severidades que se encuentran en cada elemento y posteriormente asigna de manera ordenada la reparación correspondiente y su cantidad de obra la cual es previamente ajustada a la geometría del puente en evaluación mediante los factores de forma que modifican la escala de las fallas a partir de las del puente promedio.

Así mismo a partir de las fallas encontradas y sus severidades, el libro de Excel en el cual se está almacenando la información, muestra los grupos de intervención a los cuales pertenece el puente para que posteriormente se le sea asignado un costo.

A continuación se muestra como ejemplo un fragmento de la codificación empleada en el cual se evalúa la falla de hormigoneo en la losa de concreto:

```

Sub Diagnóstico()

'Diagnóstico Macro'

n = Sheets("Listado de puentes").Range("C3")
b = Sheets("Listado de puentes").Range("C2")
For r = 0 To n
  For i = 0 To 4
    fp = ""
    fb = ""
    fs = ""
    fa = ""
    fp = Sheets("Listado de puentes").Cells(b + r, 21)
    fb = Sheets("Listado de puentes").Cells(b + r, 22)
    fs = Sheets("Listado de puentes").Cells(b + r, 23)
    fa = Sheets("Listado de puentes").Cells(b + r, 24)

'Losa en concreto'

Reparación = ""
cantidad = ""

falla = Sheets("Listado de puentes").Cells(b + r, 105 + (2 * i))
severidad = Sheets("Listado de puentes").Cells(b + r, 106 + (2 * i))

If falla = "HO" Then

  If severidad = "4" Then
    Reparación = Sheets("Obras").Range("E5")
    cantidad1 = Sheets("Cantidades de obra").Range("E220")
    cantidad = cantidad1 * fp
  Else
    If severidad = "3" Then
      Reparación = Sheets("Obras").Range("E6")
      cantidad1 = Sheets("Cantidades de obra").Range("F220")
      cantidad = cantidad1 * fp
    Else
      If severidad = "2" Then
        Reparación = Sheets("Obras").Range("E7")
        cantidad1 = Sheets("Cantidades de obra").Range("G220")
        cantidad = cantidad1 * fp
      Else
        If severidad = "1" Then
          Reparación = Sheets("Obras").Range("E8")
          cantidad1 = Sheets("Cantidades de obra").Range("H220")
          cantidad = cantidad1 * fp
        Else
          If severidad = "0" Then
            Reparación = " "
            cantidad = " "
          End If
        End If
      End If
    End If
  End If
End If

Sheets("Listado de puentes").Cells(b + r, 236 + (2 * i)) = Reparación
Sheets("Listado de puentes").Cells(b + r, 237 + (2 * i)) = cantidad
End If
Next i
Next r

End Sub

```

Ilustración 26. Ejemplo de la codificación empleada en lenguaje Visual Basic.

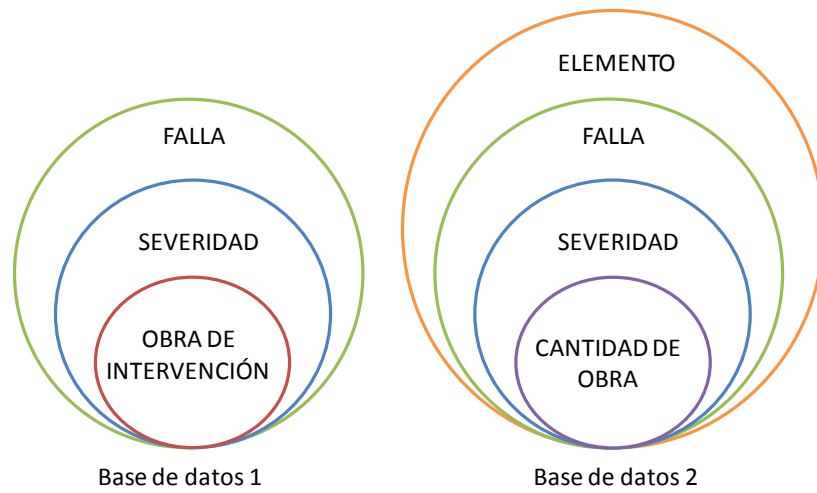
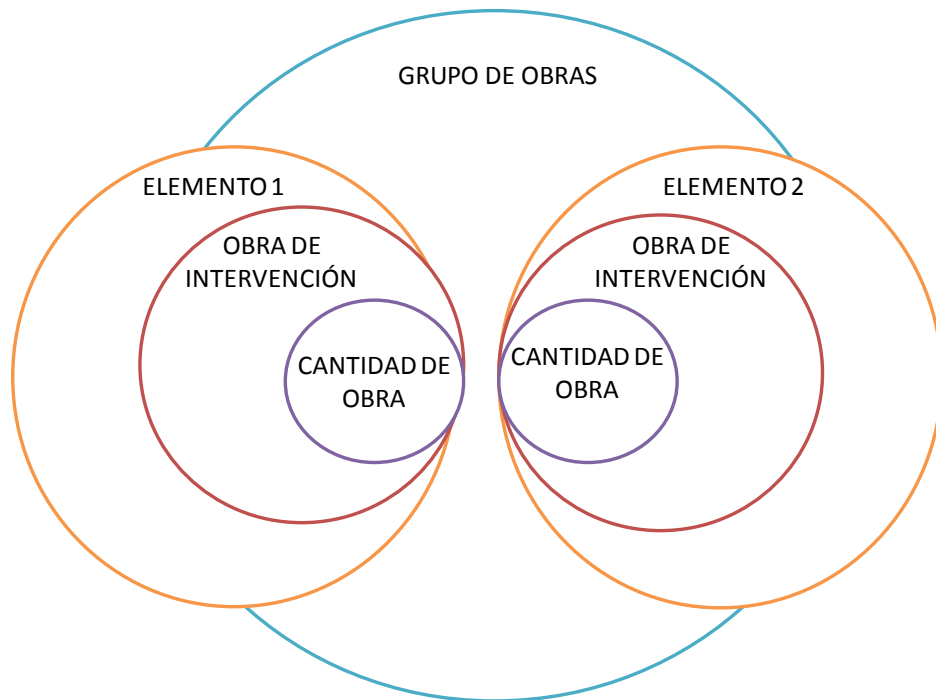
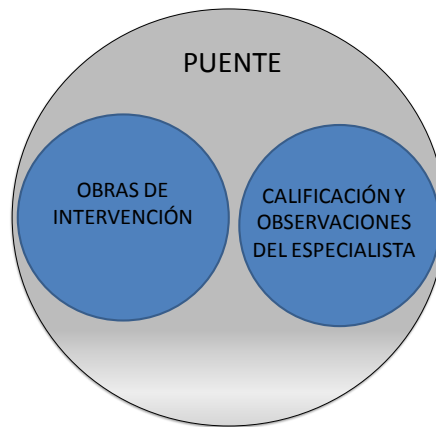


Ilustración 27. Relación entre las fallas, las severidades y las cantidades de obra.



Resultado del procesamiento: Obras de intervención

Ilustración 28. Relación entre las obras de intervención y los grupos de obras.



Resultado final: diagnóstico de puentes.

Ilustración 29. Diagnóstico de puentes.

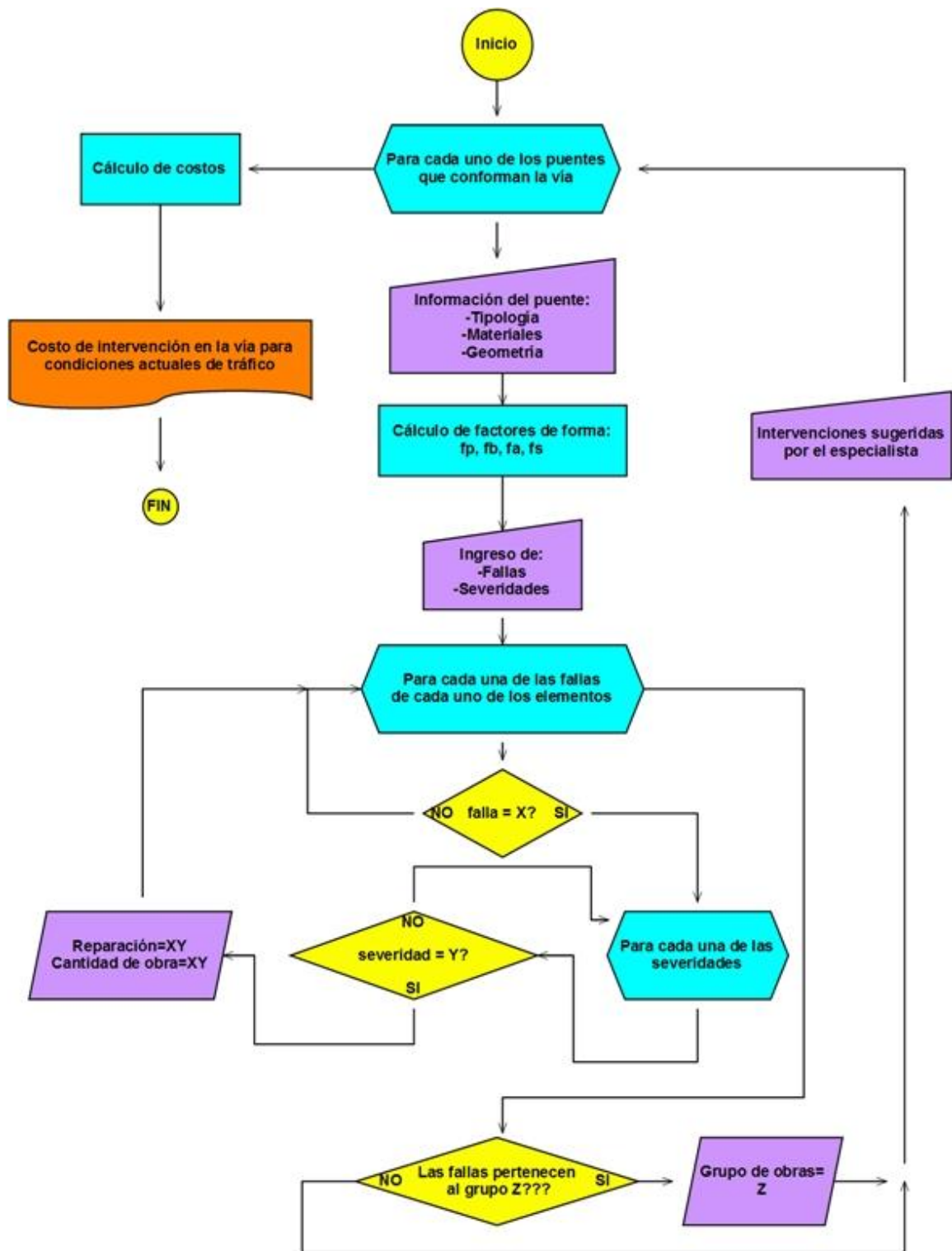


Ilustración 30. Diagrama de flujo del proceso de evaluación de puentes.

3.6 EVALUACIÓN ESPECIAL DE PUENTES

Debido a que la conclusión del diagnóstico no es suficiente con la asignación de reparaciones enfocadas a la conservación de los puentes para las condiciones actuales de servicio y el cálculo del costo de las mismas, se plantea la necesidad de que el especialista en puentes haga algunas observaciones que puedan dar información más detallada del estado de los puentes y posibles intervenciones adicionales. Por ello como complemento para el diagnóstico se incluyen el análisis del posible escenario en el cual los puentes existentes en vías sin pavimentar y con bajo nivel de tráfico, reciban un incremento de carga debido a la pavimentación y el aumento de las solicitudes que esto genera. Debido a que la mayoría de los puentes parecen tener gran tiempo en servicio lo más probable es que su diseño se haya basado en la norma AASHTO de 1983 y por lo tanto el camión de diseño tiene carga de rueda mucho menor a la que considera actualmente en la norma colombiana para diseño sísmico de puentes de 1995. Adicionalmente, debido a que el diseño de una vía contempla que todos los elementos en conjunto prestarán un cierto nivel de servicio, y teniendo en cuenta las bajas capacidades portantes de la mayoría de las subrasantes y las malas condiciones de las capas de afirmado, se puede llegar a la conclusión de que los puentes tampoco fueron construidos para prestar un nivel de servicio superior al que están prestando actualmente; por lo tanto dado el caso en el que se requiera aumentar el nivel de servicio de cualquiera de las vías no pavimentadas se debe considerar que los puentes no están en la capacidad de soportar las cargas propias de una vía con gran presencia de tráfico pesado.

Adicionalmente, con la finalidad de catalogar los puentes en diferentes niveles de importancia, el especialista define el nivel de vulnerabilidad del puente de la siguiente manera:

NIVEL DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN
A	Vulnerabilidad alta, indica que el puente requiere reconstrucción o sustitución del puente o tiene daños que en un tiempo corto comprometen la seguridad del puente.
M	Vulnerabilidad media, indica que el puente tiene daños (por ejemplo, daños en las aletas, corrosión, alta exposición de los aceros) que en un tiempo medio y bajo incremento del tráfico producirá daños mayores que comprometerán la seguridad estructural del puente.
B	Vulnerabilidad baja, indica que el puente tiene daños menores (por ejemplo, daños en las barandas, en la superficie, fisuras superficiales, caída del concreto, contaminación vegetal, corrosión leve) que requiere un tiempo largo para que comprometa la seguridad estructural del puente.

Tabla 30. Niveles de vulnerabilidad en los puentes.

Para las condiciones planteadas anteriormente se puede indicar que los puentes con nivel de vulnerabilidad alta deberán ser reemplazados y que los puentes con severidad media serán catalogados como puentes de especial cuidado y que posiblemente requerirán de una gran intervención o sustitución en un tiempo medio, pero que por ahora pueden ser intervenidos mediante obras de reparación.

CODIGO VIA	NOMBRE DE LA VIA	PRIORIAZADAS	TPD>150	PAVIMENTADAS	PAVIMENTACIÓN (S/N)
4704	VADO REAL -SUAITA- AGUADA - LA PAZ - MIRABUENO-SANTA HELENA DEL OPÓN	PR	TPD		N
6402	ZAPATOCA-GALAN -BARICHARA(CRUCE GUANE)	PR			N
45A06B	PASO POR GUAPOTA Y PALMAS DEL SOCORRO	PR	TPD		N
45ABY01	SABOYA - EL DIAMANTE		TPD		N
45AST04	SOCORRO-SIMACOTA-CHIMA - CONTRATACIÓN	PR	TPD		S
45AST04-2	CHIMA-GUAPOTA	PR			N
45AST12	PUENTE NACIONAL-JESUS MARIA-LA VENTA-FLORIAN	PR			S
45AST15	VADOREAL-GAMBITA-PAIPA(LIM BOY)	PR			S
45AST16	SOCORRO-PARAMO		TPD		N
45ASTC	PASO POR PINCHOTE		TPD	PAV	N
55ST01	PEÑA COLORADA-ENCISO-CARCASI	PR			N
55ST03-1	SAN MIGUEL-CARCASI	PR			N
55ST05	CONCEPCION-ENCISO	PR			N
57ST02	CHARALÁ- COROMORO		TPD		N
57ST04	RUTA 57(PUENTE PALENQUE) - OCAMONTE			PAV	N
57ST05	RUTA 57-PARAMO		TPD		N
57ST06	CRUCE RUTA 57 - VALLE DE SAN JOSE - PUENTE PALENQUE		TPD		N
60BY06	PIEDRA GORDA-ALBANIA-DIAMANTE-LA VENTA (SECTOR LA VENTA-LIMITES BOY)	PR			N
62ST02	VELEZ - CHIPATA - LA PAZ	PR	TPD		S
62ST05	VELEZ - GUAVATÁ - SUCRE		TPD		N
64ST03	RAMAL A VILLANUEVA			PAV	
64ST05	TRANSVERSAL 64 (SAN GIL) - CABRERA	PR			N

Tabla 31. Vías que pertenecen al lote estudiado. Grupos de importancia.

3.7 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE COSTOS DE INTERVENCIÓN

Para determinar el costo de inversión para cada una de las vías debemos analizar la cantidad de inversión de cada uno de los puentes, los cuales previamente fueron incluidos en los diferentes grupos de obras que contienen así mismo una serie de procesos que serán aplicados al puente sin importar que el puente no requiera de todas las actividades que incluye el grupo de obras.

Para el cálculo de inversión en cada uno de los puentes se debe contar con el precio de cada uno de los grupos de obras aplicados al puente promedio; pero debido a que este precio fue determinado a partir de costos unitarios calculados en la ciudad de Bucaramanga deben ser modificados de acuerdo a la localización de la vía en intervención. Para ello se debe contar con un factor de distancia el cual modifica los costos de la obra debidos principalmente al costo de transporte de materiales y maquinaria desde el lugar de origen hasta el sitio de la obra. El factor de distancia se calcula para cada una de las vía determinando el centroide de la vía y la distancia de este a la fuente de materiales más cercana y así determinar la influencia del transporte en los costos de intervención; este procedimiento puede ser realizado empleando el software ArcGis. Entonces teniendo el factor de distancia de cada vía y los factores de forma de cada puente se procede a modificar el precio de cada grupo de obras aplicado en el puente promedio a las condiciones de cada puente particular. Así mismo ya teniendo el costo de intervención de cada uno de los puentes se puede determinar el costo total de la vía sumando los puentes que conforman la vía.

A continuación se presentan el diagrama de flujo del cálculo de costos de intervención de puentes:

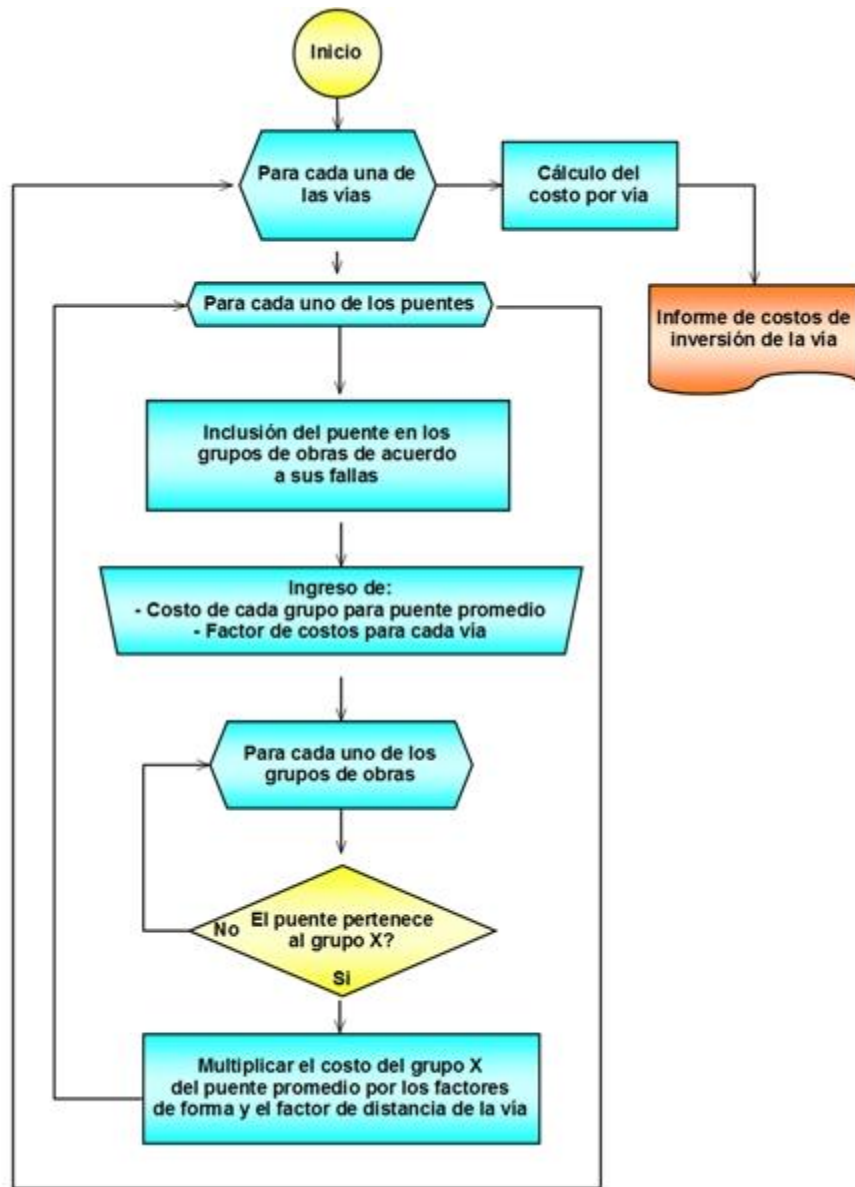


Ilustración 31. Diagrama de flujo para la determinación de costos en los puentes.

4. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

A partir de la recolección y del procesamiento de la información se han identificado algunos datos estadísticos que pueden ser de gran utilidad en la caracterización de la geometría, tipología y del estado actual de los puentes en las vías secundarias de Santander, también pueden ser útiles para tener una idea de la magnitud de las obras de intervención requeridas para garantizar la buena funcionalidad de la red.

Aunque estos datos corresponden a una muestra de los puentes de Santander pueden dar valores muy aproximados a los referentes a la totalidad del departamento debido a que las inversiones municipales en materia de conservación de la infraestructura son muy similares; así como lo son los métodos constructivos, de diseño y las condiciones naturales a las que están expuestos los puentes.

Así mismo esta información estadística permite tener una idea de los problemas que se presentan en los puentes y cuáles son los elementos de estos que mas presentan daños. La información puede ser utilidad a la hora de programar obras de mantenimiento y reparación.

A continuación se presentan algunos resultados estadísticos acerca del estado actual de los puentes y de las obras de intervención en ellos.

INFORMACIÓN GENERAL DEL DEPARTAMENTO	
Puentes	637
Vías departamentales	93
Kilómetros totales de vías	2 333,25
Promedio de puentes por kilómetro	Aproximadamente 1 puente cada 4 kilómetros

Tabla 32. Información general de puentes en el departamento de Santander.

INFORMACIÓN GENERAL DEL LOTE ESTUDIADO	
Puentes	142
Porcentaje con respecto al total	22,29 %
Kilómetros lote 1	1094,126
Porcentaje con respecto al total	46,89%
Kilómetros vías diagnóstico	688,38
Porcentaje de km con respecto al lote 1	62,92%

Tabla 33. Información general de los puentes del lote estudiado.

TIPOLOGIA ESTRUCTURAL	Cantidad	
Pórtico	23	16.20%
Losa simplemente apoyada	28	19.72%
Viga y losa	76	53.52%
Armadura de paso superior	0	0.00%
Armadura de paso inferior	6	4.23%
Arco de paso superior	1	0.70%
Arco de paso inferior	7	4.93%
Colgante	1	0.70%
Atirantado	0	0.00%
Viga Cajón	0	0.00%

Tabla 34. Número de puentes de acuerdo a su tipología estructural.

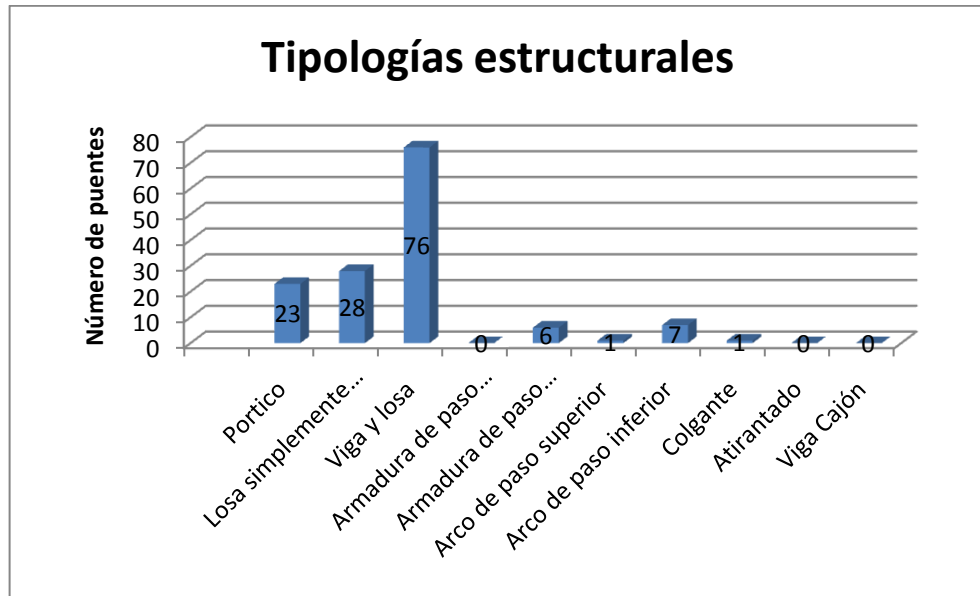


Ilustración 33. Cantidad de puentes perteneciente a cada tipología estructural.

Material principal	Cantidad	Porcentaje
Concreto	129	90.85%
Acero	10	7.04%
Madera	1	0.70%
Mampostería	1	0.70%
Roca	1	0.70%

Tabla 35. Número de puentes de acuerdo a su material estructural.

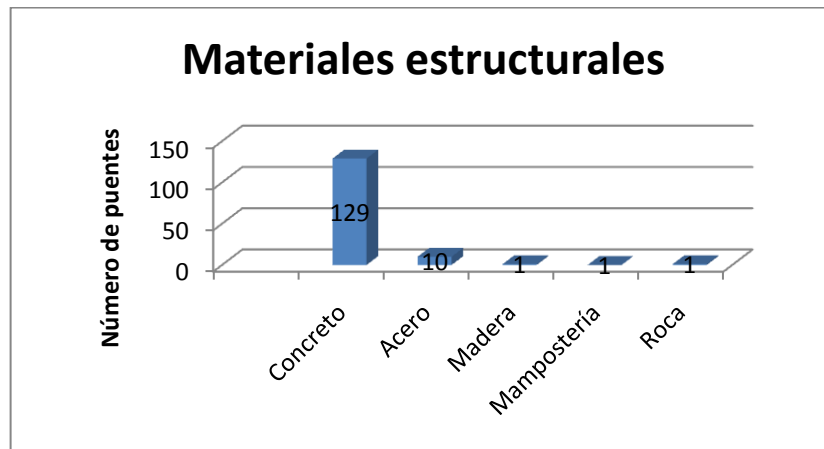


Ilustración 34. Cantidad de puentes hechos de cada tipo de material.

Longitud del puente (m)	Cantidad	
<=5	47	33.10%
5_10	37	26.06%
10_15	24	16.90%
15_20	13	9.15%
>20	21	14.79%

Tabla 36. Número de puentes de acuerdo a su longitud.

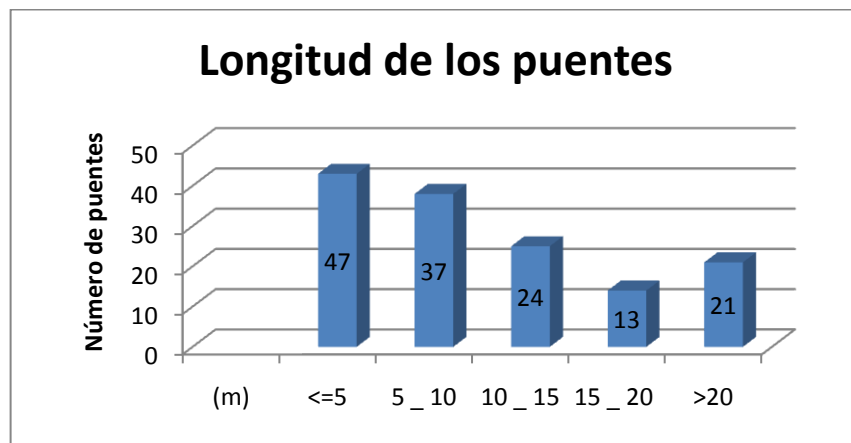


Ilustración 35. Número de puentes de acuerdo a su longitud.

Luces	Cantidad	
Una luz	135	95.07%
Dos luces	5	3.52%
Más de dos luces	2	1.41%

Tabla 37. Número de puentes de acuerdo a su número luces.

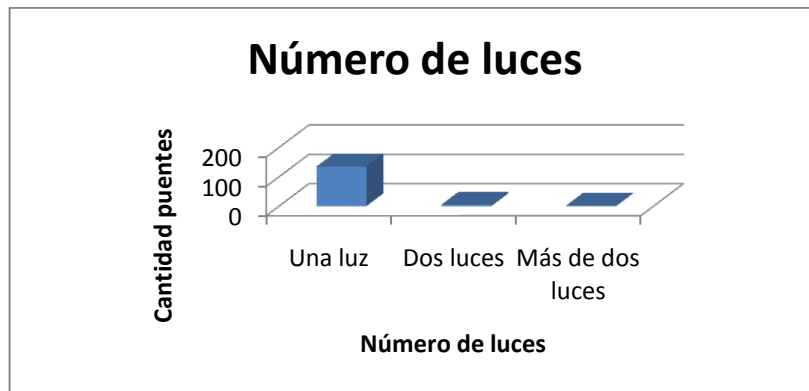


Ilustración 36. Número de puentes de acuerdo a su número de luces.

Elemento	Daños	
Superficie rodadura	43	4.41%
Juntas	73	7.48%
Bordillos	140	14.34%
Barandas	166	17.01%
Apoyos	2	0.20%
Aletas	132	13.52%
Estribos	202	20.70%
Pilas	9	0.92%
Losa	115	11.78%
Vigas	83	8.50%
Elementos de arco	2	0.20%
Cables-Pendolones-		
Torres	2	0.20%
Armaduras	7	0.72%

Tabla 38. Cantidad de daños en cada uno de los elementos de los puentes.

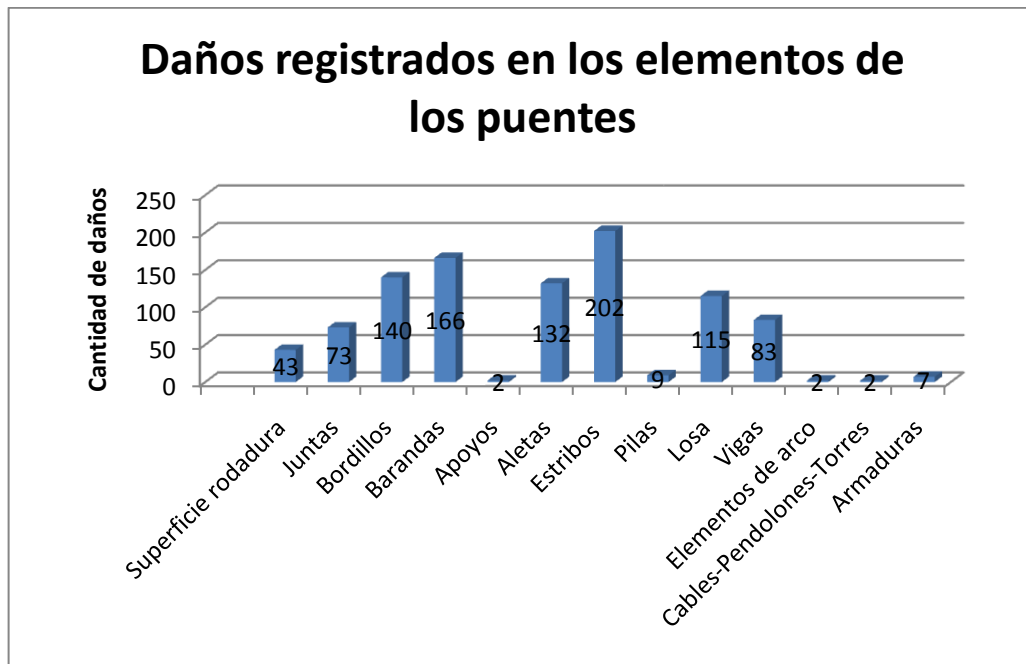


Ilustración 37. Número de daños registrados en cada elemento de los puentes.

Zonas Puente	Daños	Porcentaje
Superficie	422	43.24%
Superestructura	211	21.62%
Subestructura	343	35.14%

Tabla 39. Cantidad de daños en cada una de las zonas de los puentes.

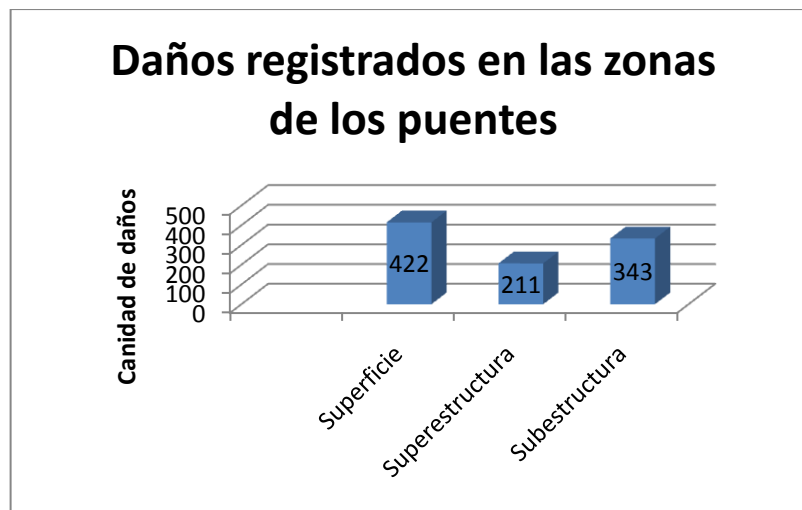


Ilustración 38. Número de puentes registrados en cada zona de los puentes.

GRUPO DE OBRAS		CANTIDAD PUNTES	
1-4	Mantenimiento General	42	13.64%
1-3	Reparaciones menores generales	73	23.70%
1-2	Reparaciones mayores generales	12	3.90%
2-3	Reparaciones menores en superficie	23	7.47%
2-2	Reparaciones mayores en superficie	19	6.17%
2-1	Reconstrucción de la superficie de rodadura	3	0.97%
3-2	Reparación del tablero	0	0.00%
3-1	Reconstrucción de la losa	0	0.00%
3-0	Reconstrucción del tablero	0	0.00%
4-2	Reparaciones en superficies verticales	7	2.27%
4-1	Reconstrucción del puente	20	6.49%
4-0	Reemplazo de las aletas	1	0.32%
5-4	Mantenimiento de elementos metálicos	3	0.97%
5-3	Reparación de elementos metálicos	3	0.97%
5-2	Reforzamiento de elementos metálicos	2	0.65%
5-1	Reemplazo de elementos metálicos	2	0.65%
5-0	Reparación de conexiones metálicas	0	0.00%
6-1	Reconstrucción de la cimentación	0	0.00%
7-1	Reparación de apoyos	0	0.00%
8-3	Recuperación de barandas	4	1.30%
8-2	Reconstrucción de elementos de barandas	7	2.27%
8-1	Construcción de barandas	85	27.60%
9-4	Mantenimiento de Cables	0	0.00%
9-2	Reparación de sistema de cables	2	0.65%
9-1	Reemplazo de sistema de cables	0	0.00%
10-4	Mantenimiento de pilas metálicas	0	0.00%
10-3	Reparaciones menores en pilas metálicas	0	0.00%
10-2	Reparaciones mayores en pilas metálicas	0	0.00%

Tabla 40. Número de puentes vinculados en cada uno de los grupos de obras.

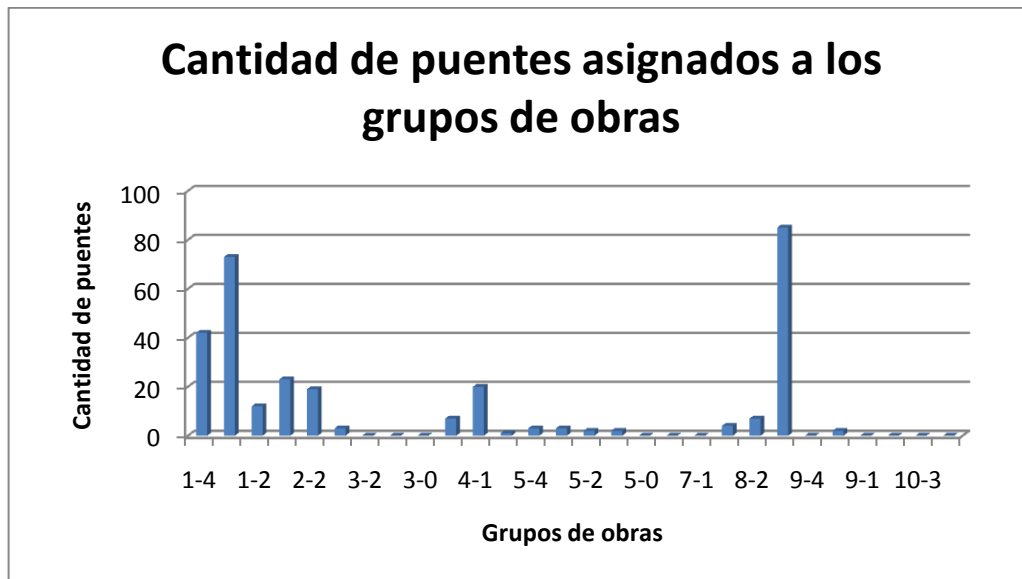


Ilustración 39. Número de puentes pertenecientes a cada uno de los grupos de reparaciones.

CONCLUSIONES

La red vial del departamento de Santander es sin lugar a duda un elemento de infraestructura muy importante en el desarrollo de la región y muy especialmente de cada uno de los municipios vinculados a esta red. El bienestar económico y social de un municipio depende en gran medida de la posibilidad de movilidad y acceso de productos y servicios a la población.

En la actualidad la red vial del departamento se encuentra bastante desarrollada en zonas bien definidas en las que el turismo y la producción petrolera son una gran fuente de recursos económicos pero en otras zonas la red vial secundaria es bastante deficiente. Sin embargo en estos momentos se está ejecutando el plan vial regional el cual permitirá el mejoramiento de las vías en aquellas regiones del departamento en donde la actividad económica no es muy fuerte pero que de alguna manera mejorará con la ejecución de obras de pavimentación y ampliación de las vías departamentales.

Además del mal estado de gran cantidad de vías en cuanto a superficie de rodadura, se presenta una gran deficiencia en materia de obras de drenaje y de contención ya que durante los recorridos de campo se identificó que la gran mayoría de los problemas se presentan por la insuficiencia de dichas estructuras.

En general en las vías no se cuentan con obras periódicas de mantenimiento lo cual se ve reflejado en el deterioro de superficies de rodadura tanto pavimentadas como en afirmado y es también evidente el deterioro de estructuras como muros de contención, puentes, alcantarillas y cunetas, ya que es muy notable el deterioro de los materiales, la presencia de materia vegetal y residuos.

Hablando específicamente del tema de puentes se puede decir que la principal causa de los problemas en estas estructuras se debe a errores constructivos tales como hormigoneo, segregación, juntas frías, apoyos de vigas sin placas de neopreno y deficiencia del recubrimiento de los aceros en los elementos de concreto. También se presentan problemas de diseño como espesores de losa

insuficientes y anchos de tablero por debajo de la norma nacional. La falta de mantenimiento es muy notoria en los puentes ya que se evidencia el deterioro de pintura en las barandas, obstrucción y deterioro de las juntas de dilatación, contaminación de concreto y crecimiento excesivo de plantas junto y sobre la estructura. La mayoría de los puentes no cuentan con señalización y barandas. Unos daños muy significativos y generalizados en los puentes es el deterioro por agentes naturales lo cual se evidencia en la socavación de la cimentación, la corrosión en los elementos metálicos y la contaminación generalizada en los elementos de concreto. Las medidas que se deben tomar son de tipo preventivo y correctivo implementadas en comités de mantenimiento periódico y de reparaciones, los cuales se pueden planificar y controlar mediante el actual desarrollo de sistemas de información geográfica ya que estos facilitan la localización y manejo de información de aquellas estructuras que requieren de intervención.

En general se puede decir que la necesidad de inversión en materia de vías secundarias es inminente bien sea para conservación en condiciones actuales o en condiciones de pavimentación y aumento de tráfico. Para esta última cabe anotar que prácticamente todas las estructuras como obras de drenaje, de contención y puentes deben ser reforzados o quizás reemplazados. La mayoría de los puentes no están en condiciones de soportar tráfico superiores a los actuales ya que fueron diseñados para cargas de diseño menores referenciadas en antiguas normas; además los anchos de calzada no cumplen con el mínimo requerido por la norma del INVIAS.

REFLEXIONES A PARTIR DE LA EXPERIENCIA PRÁCTICA

Es muy interesante y enriquecedor el conocer la realidad actual y palpable de las condiciones en materia de infraestructura vial en las cuales se encuentra nuestro país y más específicamente el departamento de Santander.

Es muy difícil no notar lo importante que es una vía de comunicación terrestre en la vida de una población, para un pueblo la carretera lo es todo ya que esta influye drásticamente en su calidad de vida. Durante los recorridos era muy frecuente escuchar preguntas de las personas, estas deseaban saber si la carretera iba a ser pavimentada o no y se les podía ver en el rostro la gran esperanza de escuchar un sí.

La idea que queda en la mente luego de recorrer todas aquellas vías secundarias del departamento, es la de querer hacer algo para mejorar el estado de dichas vías para hacer nuestro país y la región mucho más pujante y emprendedora.

Son muchos los escenarios que se pueden apreciar al recorrer la red secundaria del departamento de Santander, hay vías casi imposibles de transitar, otras en regiones completamente olvidadas, algunas no muy buenas pero bastante útiles y unas muy pocas en excelente estado.

En cierta forma es un orgullo pertenecer al gremio de ingenieros civiles ya que en el campo se siente con mucha fuerza el impacto positivo que nuestras obras ejercen en la comunidad, pero por otro lado es triste pensar que algunas veces los recursos económicos no son muy bien administrados y que algunas veces los diseños y construcciones no se hacen de la mejor manera. La redes viales de Santander además de requerir mucho dinero para ser invertido en ellas, requieren de ingenieros emprendedores y honestos que destinen los dineros a obras bien hechas y de vital importancia.

La práctica deja muchos conocimientos, no solo acerca de las circunstancias en la que se encuentra el departamento en materia de vías si no que también brinda mucha información técnica que sin lugar a duda va a ser de gran utilidad en el

futuro como profesional. Hay conceptos técnicos que en campo se aprenden mucho mejor y otros que se refuerzan a partir de las enseñanzas en la academia; el trabajar en un proyecto real hace fuerte el carácter como profesional y aterriza muchas ideas que la universidad en ocasiones omite.

Un inventario vial y el desarrollo de sistemas de información geográfica son el punto de partida para programar obras de inversión y fue muy grato el poder participar en este primer paso que dio el Ministerio de Transportes.

La experiencia deja fundamentalmente el deseo de trabajar por la región y por el país, haciendo buena ingeniería y aplicando adecuadamente los buenos consejos y grandes conocimientos que deja el alma mater.

BIBLIOGRAFÍA

TRUJILLO OROZCO, JOSE EUSEBIO. Diseño de puentes de concreto.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual del usuario, SIPUCOL, Sistema de puentes de Colombia.

MINISTERIO DE TRANSPORTE. Código Colombiano de diseño sísmico de puentes.

SANJUAN BARBUDO, MIGUEL ÁNGEL; CASTRO BORGES, PEDRO. Acción de los agentes físicos y químicos sobre el concreto.

LAGO HELENE, PAULO ROBERTO. Manual para reparación refuerzo y protección de las estructuras de concreto

SIKA COLOMBIA S.A. Adhesivos en la construcción y reparación de estructuras de concreto.

SIKA COLOMBIA S.A. Juntas en la construcción y su correcto sellado.

SIKA COLOMBIA S.A. Manual de recubrimientos para metal.

BASF, THE CHEMICAL COMPANY. Sistemas de impermeabilización y sellado de juntas.

ANEXO 1.

El anexo muestra un cuadro resumen de la evaluación de los puentes del lote perteneciente al departamento de Santander, lo cual comprende información referente a tipología, geometría y grupos de obras a los cuales fueron vinculados cada uno de los puentes.

ID PUENTE	PI INICIAL	TIPOLOGIA ESTRUCTURAL			MATERIAL	LONGITUD	LUCES	ANCHO TABLERO	ENTRE BORDILLOS	MATERIAL TABLERO	SUPERFICIE RODADURA	ACTURA ESTRIBOS	TIPO PILAS	MATERIAL PILAS	GÁLIBO MEDIO	TIPO CIMENTACIÓN	TIPO BARANDAS	FACTOR DE PLANTA	FACTOR DE BORDE	FACTOR DE SECCIÓN	FACTOR DE ANCHO
		LONGITUDINAL	TRANSVERSAL																		
	(m)				(m)	UN	(m)	(m)		(m)				(m)	SS						
45A312-P1	7299	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	14.5	1	4	3.7	Concreto	Concreto	6	NA	NA	6.77	Profunda	Metálica		1.02	1.31	1.15	0.78
45A312-P2	8285	Particó	NA	Concreto	5	1	5	5	Concreto	Afirmado	3	NA	NA	5.5	Superficial	NA		0.44	0.45	0.72	0.98
45A312-P3	8285	Armadura de piso inferior	Losas sobre vigas	Metálico	20	1	5	4.8	Concreto	Concreto	7	NA	NA	4.1	Profunda	Metálica		1.77	1.80	1.67	0.98
45A312-P4	13174	Arco inferior	NA	Concreto	16.2	1	6.2	5.4	Concreto	Afirmado	7	NA	NA	7.8	NA	Concreto		1.77	1.46	2.08	1.22
45A312-P5	18675	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	5	1	5.4	5.4	Concreto	Concreto ref	5	NA	NA	5.05	Superficial	NA		0.48	0.45	1.29	1.06
45A312-P6	18859	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	5	1	4.8	4	Concreto	Afirmado	3	NA	NA	2.8	Superficial	NA		0.42	0.45	0.69	0.94
45A312-P7	19000	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	13	1	6	6	Concreto	Concreto	6	NA	NA	5.55	Superficial	Metálica		1.45	1.17	1.81	1.24
45A312-P8	34230	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	6.8	1	5.6	4.68	Concreto	Concreto	3	NA	NA	2.67	Superficial	NA		0.67	0.61	0.80	1.10
45A312-P9	35381	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	12	1	4	3.96	Concreto	Concreto	4.5	NA	NA	4.45	Superficial	NA		0.85	1.08	0.86	0.78
45A312-P20	37944	Particó	NA	Concreto	4.6	1	5.4	5	Concreto	Concreto	5.3	NA	NA	3.425	NA	NA		0.44	0.41	1.17	1.06
45A312-P21	38500	Losas apoyada	NA	Concreto	5.5	1	5	4.6	Concreto	Concreto	4	NA	NA	3.65	NA	NA		0.49	0.50	0.96	0.98
45A312-P22	40000	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	17	1	4.48	4	Concreto	Concreto	4.5	NA	NA	3.35	Superficial	NA		1.34	1.53	0.96	0.87
45A312-P23	40213	Losas apoyada	NA	Concreto	3	1	7.3	6.7	Concreto	Concreto	3.5	NA	NA	3.3	Superficial	NA		0.39	0.27	1.22	1.43
45A312-P24	40932	Particó	NA	Concreto	4.2	1	5	4.5	Concreto	Concreto	3	NA	NA	3.3	NA	NA		0.37	0.38	0.72	0.98
4704-P1	7	Armadura de piso inferior	Losas sobre vigas	Metálico	32.2	1	4.6	0.2	Concreto	Concreto	3	NA	NA	2.98	NA	Metálica		2.62	2.90	0.66	0.90
4704-P2	19685	Puente colgante	Losas sobre vigas	Metálico	70	1	4.4	4.4	Acero	Metálico	11	NA	NA	10.95	NA	Metálica		5.44	6.31	2.31	0.86
4704-P3	23649	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	22	1	4.8	4.3	Concreto	Concreto	6.2	NA	NA	6.5	Superficial	NA		1.87	1.98	1.42	0.94
4704-P4	43359	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	11.4	2	3.86	3.2	Concreto	Concreto	3	Formada por 1 columna	Mampostería	3.15	Superficial	NA		0.74	1.03	0.53	0.72
4704-P5	54306	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	20.48	1	4.12	3.6	Concreto	Afirmado	6.9	NA	NA	6.45	Superficial	Concreto		1.49	1.85	1.36	0.81
4704-P6	56302	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	20	1	4.5	3.9	Concreto	Afirmado	4.7	NA	NA	6.2	NA	Concreto		1.59	1.80	1.01	0.88
4704-P7	57896	Particó	NA	Concreto	11.06	1	4.5	3.8	Concreto	Concreto	4.4	NA	NA	5.8	NA	Concreto		0.88	1.00	0.95	0.88
4704-P8	58496	Particó	NA	Concreto	16	1	4.2	3.7	Concreto	Afirmado	4.6	NA	NA	7.05	NA	Concreto		1.19	1.44	0.92	0.82
4704-P9	57896	Particó	NA	Concreto	13	1	4	3.7	Concreto	Afirmado	3.25	NA	NA	3.6	NA	NA		0.92	1.17	0.62	0.78
4704-P10	63035	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	21	1	5.4	4	Concreto	Concreto	7.2	NA	NA	5.1	NA	Concreto		2.80	1.89	1.86	1.06
4704-P11	63641	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	16	1	4.6	3.9	Concreto	Concreto	3.2	NA	NA	4.8	NA	Concreto		1.30	1.44	0.70	0.90
4704-P12	64262	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	20	1	4.7	4	Concreto	Afirmado	4.9	NA	NA	5.7	Superficial	Concreto		1.66	1.80	1.10	0.92
4704-P13	64993	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	27	1	4.9	4.1	Concreto	Afirmado	2.8	NA	NA	7.4	Superficial	Concreto		2.34	2.43	0.66	0.96
4704-P14	66506	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	23	1	4.4	3.9	Concreto	Concreto	7.2	NA	NA	7.5	Superficial	Concreto		1.79	2.07	1.52	0.86
4704-P15	68850	Losas apoyada	NA	Concreto	6.3	1	4.4	3.8	Concreto	Afirmado	2.8	NA	NA	3.1	Superficial	NA		0.49	0.57	0.59	0.86
4704-P16	69026	Particó	NA	Concreto	7	1	5.7	5.1	Concreto	Concreto	1.9	NA	NA	1.55	Superficial	NA		0.70	0.63	0.52	1.12
4704-P17	69099	Vigas simplemente apoyadas	Viga simplemente	Concreto	10.5	1	4	3.5	Concreto	Concreto	1.7	NA	NA	3.4	Superficial	NA		0.74	0.95	0.33	0.78
4704-P18	69204	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	15.5	1	4.6	4.1	Concreto	Afirmado	18	NA	NA	18.9	NA	NA		1.26	1.40	3.96	0.90
4704-P19	69447	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	12	1	4.1	3.6	Concreto	Concreto	4	NA	NA	3.95	Superficial	NA		0.87	1.08	0.78	0.80
4704-P20	70070	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	9	1	4.1	3.6	Concreto	Concreto	4.1	NA	NA	4.39	Superficial	NA		0.65	0.81	0.80	0.80
4704-P21	70070	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	6.15	1	4.7	4.2	Concreto	Concreto	4	NA	NA	4.69	Superficial	NA		0.51	0.55	0.90	0.92
4704-P22	73675	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	10.7	1	4	3.5	Concreto	Concreto	4.6	NA	NA	4.3	Superficial	NA		0.76	0.96	0.88	0.78
4704-P23	79758	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	30.8	1	5.4	4.3	Concreto	Concreto	7.05	NA	NA	8	Superficial	Concreto		2.94	2.77	1.82	1.06
4704-P26	82180	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	31	1	4	3.5	Concreto	Concreto	7.1	NA	NA	8.06	Superficial	Concreto		2.19	2.79	1.36	0.78
60B106-P1	2032	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	10.6	1	6.1	7.5	Concreto	Concreto	4	NA	NA	2.6	NA	NA		1.52	0.95	1.55	1.59
60B106-P2	2500	Losas apoyada	NA	Concreto	4	1	6.2	5.4	Concreto	Concreto	3.5	NA	NA	2.685	NA	NA		0.44	0.36	1.04	1.22
60B106-P3	10620	Losas apoyada	NA	Concreto	3	1	5.6	4.9	Concreto	Concreto	2	NA	NA	2.575	NA	NA		0.30	0.27	0.54	1.10
60B106-P4	11515	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	11.3	1	5.6	5.12	Concreto	Concreto	2	NA	NA	1.9	NA	Metálica		1.12	1.02	0.54	1.10
60B106-P5	11855	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	10.8	1	4.68	4.2	Concreto	Concreto	3	NA	NA	2.15	NA	Concreto		0.89	0.97	0.67	0.91
60B106-P6	12611	Particó	NA	Concreto	3.1	1	5.8	NA	Concreto	Concreto	1.5	NA	NA	1.725	NA	NA		0.32	0.28	0.42	1.14
625T02-P1	5015	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	12	1	6.02	5.6	Concreto	Concreto	4.1	NA	NA	6.03	Superficial	Concreto		1.28	1.08	1.18	1.18
625T02-P2	5087	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	7	1	6.7	6.3	Concreto	Concreto	3.1	NA	NA	5.3	Superficial	Concreto		0.83	0.63	1.00	1.31
625T02-P3	7756	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	9.5	1	5.88	5.4	Concreto	Concreto	7	NA	NA	5.8	Superficial	NA		0.99	0.86	1.97	1.15
625T02-P4	13136	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	7.6	1	4.52	4	Concreto	Concreto	5.2	NA	NA	4.3	Superficial	NA		0.61	0.68	1.12	0.89
625T02-P5	13755	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	12.2	1	5.1	4.6	Concreto	Concreto	3.2	NA	NA	3.7	NA	NA		1.10	1.10	0.78	1.00
625T02-P6	13600	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	6.8	1	6.1	5.7	Concreto	Concreto	6.9	NA	NA	NA	Superficial	NA		0.73	0.61	2.01	1.20
625T02-P7	23200	Vigas simplemente apoyadas	Losas sobre vigas	Concreto	6.7	1	6.4	6	Concreto	Afalto	7	NA	NA	7	NA	NA		0.76	0.60	2.14	1.25
625T02-P8	24300	Particó	NA	Concreto	4.5	1	7.2	6.8	Concreto	Afalto	2.6	NA	NA	2.9	NA	NA		0.57	0.41	0.90	1.41

ID FUENTE	PR BICAL (m)	TIPOLOGIA ESTRUCTURAL			LONGITUD (m)	LUCES UN	ANCHO TABLERO (m)	ENTRE BORDILLOS (m)	MATERIAL TABLERO	SUPERFICIE RODADURA	ALTURA ESTIBOS (m)	TIPO PILAS	MATERIAL PILAS	GÁLIBO MEDIO (m)	TIPO CIMENTACIÓN	TIPO BARANDAS BS	FACTOR DE PLANTA	FACTOR DE BORDE	FACTOR DE SECCIÓN	FACTOR DE ANCHO
		LONGITUDINAL	TRANSVERSAL	MATERIAL																
45A0715-P1	2338	Portico	NA	Concreto	4.5	1	6	NA	Concreto	Asfalto	2.3	NA	NA	3.725	Superficial	NA	0.48	0.41	0.72	1.18
45A0715-P2	3196	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	9	1	3.5	3.16	Concreto	Asfalto	5	NA	NA	5.055	NA	NA	0.56	0.81	0.84	0.69
45A0715-P3	15530	Portico	NA	Concreto	3	1	5	4.6	Concreto	Afirmado	2.2	NA	NA	2.13	NA	NA	0.26	0.27	0.53	0.98
45A0715-P4	16330	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	14.1	1	3.5	3.1	Concreto	Concreto	4.3	NA	NA	4.6	NA	Metálica	0.87	1.27	0.72	0.69
45A0715-P5	34060	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	16	1	4.64	4.2	Concreto	Concreto	2.5	NA	NA	2.9	Superficial	NA	1.31	1.44	0.55	0.91
45A0715-P6	36375	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	9.8	1	4.65	4.24	Concreto	Concreto	4	NA	NA	2.85	NA	NA	0.80	0.88	0.89	0.91
45A0715-P7	40650	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	13.4	1	4.4	4.2	Concreto	Concreto	3	NA	NA	2.8	NA	NA	0.89	1.03	0.63	0.88
45A068_P1	8078	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	5.35	1	4.33	3.83	Concreto	Afirmado	4	NA	NA	3.92	Superficial	Metálica	0.41	0.48	0.83	0.85
45A068_P2	9034	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	8.5	1	4.07	3.66	Concreto	Afirmado	7.55	NA	NA	6.5	Superficial	Metálica	0.61	0.77	1.17	0.80
45A068_P3	15105	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	10.6	1	4.57	3.93	Concreto	Concreto	3	NA	NA	2.4	Superficial	NA	0.86	0.96	0.66	0.90
45A068_P4	21331	Arco inferior	NA	Acero	15.7	3	4.1	3.7	Concreto	Afirmado	3.5	NA	NA	2.825	Superficial	Concreto	1.14	1.41	0.69	0.80
45A068_P5	21887	Vigas simplemente apoyadas	Viga simplemente	Concreto	2.4	1	3.73	3.42	Concreto	Afirmado	1	NA	NA	1.2	Superficial	NA	0.16	0.22	0.18	0.73
45A068_P6	22746	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	7.1	1	3.8	3.4	Concreto	Afirmado	4.2	NA	NA	5.025	Superficial	Pasamanos	0.48	0.64	0.76	0.75
45A068_P7	25683	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	10.4	1	6.6	6	Concreto	Asfalto	3.9	NA	NA	3.98	Superficial	Concreto	1.21	0.94	1.23	1.29
45A068_P8	270372	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	7.4	1	6.9	6.6	Concreto	Asfalto	1	NA	NA	2.025	Superficial	NA	0.90	0.67	0.33	1.35
550701_P1	2320	Portico	NA	Concreto	3.6	1	7.15	6.55	Concreto	Asfalto	1.3	NA	NA	1.45	Superficial	NA	0.45	0.32	0.44	1.40
550701_P2	15444	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	6.1	1	4	3.55	Concreto	Concreto	2.4	NA	NA	2.925	Superficial	NA	0.43	0.55	0.46	0.78
45A0704_P1	1664	Loa apoyada	NA	Concreto	2.8	1	9.4	8.8	Concreto	Asfalto	4.7	NA	NA	14.36	Superficial	NA	0.46	0.25	2.11	1.84
45A0704_P2	5675	Loa apoyada	NA	Concreto	4.5	1	8.25	6.7	Concreto	Asfalto	3.65	NA	NA	12.6	Superficial	NA	0.66	0.41	1.44	1.62
45A0704_P3	5649	Loa apoyada	NA	Concreto	6.18	1	9.33	8.8	Concreto	Asfalto	2.35	NA	NA	1.56	Superficial	NA	1.02	0.56	1.05	1.83
45A0704_P4	6980	Loa apoyada	NA	Concreto	6.52	1	8.44	7.91	Concreto	Asfalto	2.22	NA	NA	12.655	Superficial	NA	0.97	0.59	0.90	1.65
45A0704_P5	6980	Armadura de paso inferior	Loa sobre vigas	Metálica	44.76	1	5.33	5.01	Concreto	Asfalto	5.3	NA	NA	9.07	Superficial	Metálica	4.21	4.09	1.35	1.05
45A0704_P6	7980	Loa apoyada	NA	Concreto	3.57	1	7.81	7.11	Concreto	Asfalto	2.29	NA	NA	2.145	Superficial	NA	0.48	0.32	0.83	1.49
45A0704_P7	8305	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	5.55	1	9.34	8.89	Concreto	Asfalto	4	NA	NA	12.92	Superficial	NA	0.92	0.50	1.79	1.83
45A0704_P8	9405	Portico	NA	Concreto	2.84	1	8.12	7.58	Concreto	Asfalto	3.85	NA	NA	13.806	Superficial	NA	0.41	0.26	1.50	1.59
45A0704_P9	10615	Portico	NA	Concreto	3.77	1	8.08	7.58	Concreto	Asfalto	2.15	NA	NA	1.8	Superficial	NA	0.34	0.34	0.83	1.58
45A0704_P10	9730	Portico	NA	Concreto	2.85	1	7.58	7.1	Concreto	Asfalto	2.93	NA	NA	2.53	Superficial	NA	0.58	0.26	1.06	1.49
45A0704_P11	17200	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	25.55	2	3.98	3.59	Concreto	Afirmado	3.95	Formada por 1 columna	Concreto	3.15	Superficial	Metálica	1.80	2.30	0.75	0.78
45A0704_P12	18190	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	15	4	3.6	3.6	Concreto	Afirmado	3.62	NA	NA	2.27	Superficial	NA	1.06	1.35	0.69	0.78
45A0704_P13	18190	Loa apoyada	NA	Concreto	3.4	1	4	3.58	Concreto	Afirmado	2.1	NA	NA	1.9	Superficial	NA	0.24	0.31	0.40	0.78
45A0704_P14	21906	Loa apoyada	NA	Concreto	3.78	1	3.96	3.57	Concreto	Afirmado	4.8	NA	NA	4.275	Superficial	Metálica	0.26	0.34	0.91	0.78
45A0704_P15	22100	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	6.32	1	4	3.6	Concreto	Afirmado	4.6	NA	NA	5.425	Superficial	Metálica	0.45	0.57	0.88	0.78
45A0704_P16	22540	Loa apoyada	NA	Concreto	3.6	1	4	3.64	Concreto	Afirmado	3.27	NA	NA	2.71	Superficial	NA	0.25	0.32	0.63	0.78
45A0704_P17	25090	Loa apoyada	NA	Concreto	2.75	1	8.15	7.55	Concreto	Afirmado	2.33	NA	NA	2.125	Superficial	NA	0.40	0.25	0.91	1.60
45A0704_P18	29170	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	6.25	1	4	3.57	Concreto	Afirmado	6.1	NA	NA	5.425	Superficial	Metálica	0.44	0.56	1.17	0.78
45A0704_P19	29630	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	2.95	1	4	3.62	Concreto	Afirmado	4.6	NA	NA	4.3	Superficial	NA	0.21	0.27	0.88	0.78
45A0704_P20	30590	Arco inferior	NA	Concreto	2.1	1	5	4.2	Concreto	Afirmado	5.1	NA	NA	3.65	Superficial	NA	0.19	0.19	1.22	0.98
45A0704_P22	32025	Arco inferior	NA	Concreto	4	1	10	10	Concreto	Afirmado	8	NA	NA	3.75	Superficial	NA	0.71	0.36	3.83	1.96
45A0704_P23	39880	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	17.2	1	4.4	3.97	Concreto	Afirmado	5.35	NA	NA	3.885	Superficial	NA	1.34	1.55	1.13	0.86
45A0704_P24	41980	Portico	NA	Concreto	2.6	1	5	4.6	Concreto	Concreto	2.25	NA	NA	1.85	Superficial	NA	0.23	0.23	0.54	0.98
45A0704_P25	43110	Loa apoyada	NA	Concreto	2.5	1	8.35	7.9	Concreto	Afirmado	2.45	NA	NA	1.675	Superficial	NA	0.37	0.23	0.98	1.64
45A0704_P26	46880	Portico	NA	Concreto	4.75	1	8.1	7.6	Concreto	Afirmado	2.9	NA	NA	2.38	Superficial	NA	0.68	0.43	1.12	1.39
45A0704_P27	51140	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	16.35	1	6.96	6.42	Concreto	Concreto	6.35	NA	NA	7.325	Superficial	NA	2.01	1.47	2.11	1.36
45A0704_P28	51140	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	15.75	2	6.9	6.43	Concreto	Concreto	5.45	NA	NA	7.325	Superficial	NA	1.92	1.42	1.80	1.35
550705_P1	392	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Metálica	29.7	3	3.96	3.4	Concreto	Concreto	5.6	Formada por 1 columna	Concreto	5.25	Superficial	NA	2.08	2.68	1.06	0.78
550705_P2	960	Portico	NA	Concreto	8.1	1	4	3.5	Concreto	Concreto	1.45	NA	NA	1.44	Superficial	NA	0.57	0.73	0.28	0.78
550705_P3	1610	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	13.7	1	4.64	4.23	Concreto	Concreto	3.8	NA	NA	4.1	Superficial	NA	1.12	1.23	0.84	0.91
550705_P4	4670	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	6.48	1	4.56	4.08	Concreto	Concreto	2.6	NA	NA	1.4	Superficial	NA	0.52	0.58	0.57	0.89
550705_P5	11540	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	37.3	1	4.56	4.1	Concreto	Concreto	4.95	NA	NA	2.7	Superficial	Concreto	3.00	3.36	1.08	0.89
550705_P6	12970	Vigas simplemente apoyadas	Loa sobre vigas	Concreto	5.1	1	4.35	3.8	Concreto	Concreto	2.5	NA	NA	2.275	Superficial	NA	0.39	0.46	0.52	0.85

ID PUENTE	PR. RIQUAL	TIPOLOGIA ESTRUCTURAL			MATERIAL	LONGITUD	LUCES	ANCHO TABLERO	ENTRE BORDILLOS	MATERIAL TABLERO	SUPERFICIE RODADURA	ALTURA ESTREBOS	TIPO PILAS	MATERIAL PILAS	GÁLIBO MEDIO	TIPO CIMENTACIÓN	TIPO BARANDAS	FACTOR DE PLANTA	FACTOR DE BOWDE	FACTOR DE SECCIÓN	FACTOR DE ANCHO
		LONGITUDINAL	TRANSVERSAL																		
	(m)				(m)	UN	(m)	(m)			(m)			(m)		RS					
6402_P1	4000	Portico	NA	Concreto	4.8	1	6.5	6.15	Concreto	Afirmado	3.25	NA	NA	NA	3.4	Superficial	NA	0.55	0.43	1.01	1.27
6402_P2	8940	Losa apoyada	NA	Concreto	3.8	1	8.15	7.5	Concreto	Afirmado	2.8	NA	NA	NA	2.15	Superficial	NA	0.55	0.34	1.09	1.60
6402_P3	9995	Losa apoyada	NA	Concreto	3	1	7.5	6.9	Concreto	Afirmado	2.1	NA	NA	NA	2.25	Superficial	NA	0.40	0.27	0.75	1.47
6402_P4	12310	Losa apoyada	NA	Concreto	2.9	1	7.5	6.85	Concreto	Concreto	2.3	NA	NA	NA	1.9	Superficial	NA	0.38	0.26	0.82	1.47
6402_P5	8050	Losa apoyada	NA	Concreto	2.3	1	6.65	6.05	Concreto	Afirmado	3.3	NA	NA	NA	3.8	Superficial	NA	0.27	0.21	1.05	1.30
6402_P6	11070	Arco inferior	NA	Concreto	7	1	7.45	NA	Concreto	Afirmado	1.7	NA	NA	NA	2.8	Superficial	NA	0.92	0.63	0.61	1.46
6402_P7	24700	Armadura de paso inferior	NA	Metálico	49.2	1	6	NA	Concreto	Concreto	9	NA	NA	NA	11.95	Superficial	Metálica	5.21	4.43	2.58	1.18
6402_P8	29032	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Metálico	81	2	9	7.3	Concreto	Concreto	3.6	Formada por 1 columna	Concreto	NA	4.1	Superficial	Metálica	12.88	7.30	1.55	1.76
6402_P9	42110	Losa apoyada	NA	Concreto	3.8	1	4	3.4	Concreto	Concreto	3.5	NA	NA	NA	3.35	Superficial	NA	0.27	0.34	0.67	0.78
6402_P10	43400	Arco superior	Losa sobre vigas	Metálico	133	1	6.65	6.2	Concreto	Concreto	12.5	NA	NA	NA	9.95	Superficial	Metálica	15.62	11.98	3.98	1.30
6402_P11	51340	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	6.6	1	8.05	7.45	Concreto	Concreto	3.2	NA	NA	NA	3.25	Superficial	NA	0.94	0.59	1.23	1.58
550703-1_P1	700	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	22.55	1	4.95	4.35	Concreto	Concreto	3.7	NA	NA	NA	8.9	Superficial	Metálica	1.97	2.08	0.88	0.97
550703-1_P2	1520	Losa sobre vigas	Concreto	6.5	1	4.65	4.25	Concreto	Afirmado	3.4	NA	NA	NA	3.25	Superficial	NA	0.53	0.59	0.76	0.91	
550703-1_P3	17500	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	29	1	4.6	4.1	Concreto	Concreto	5.3	NA	NA	NA	5.7	Superficial	Concreto	2.36	2.61	1.17	0.90
45A3704-2_P1	785	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	5.9	1	5.39	5.08	Concreto	Afirmado	2.8	NA	NA	NA	1.825	Superficial	NA	0.56	0.53	0.72	1.05
45A3704-2_P2	14300	Arco inferior	NA	Concreto	7.9	2	3.8	3.35	Concreto	Concreto	3.4	Formada por 1 columna	Roca	2.2025	Superficial	NA	0.53	0.71	0.62	0.75	
575703-1	2071	Losa apoyada	NA	Concreto	1.9	1	9	NA	Concreto	Afirmado	1.3	NA	NA	NA	1.04	Superficial	NA	0.30	0.17	0.56	1.76
575706_P1	7	Armadura de paso inferior	Losa sobre vigas	Metálico	36.8	1	4.15	4	Concreto	NA	6.9	NA	NA	NA	5.55	Superficial	Metálica	2.70	3.32	1.37	0.81
575706_P2	7021	Portico	NA	Concreto	5.5	1	6.45	6.05	Concreto	Afirmado	2.7	NA	NA	NA	2.45	Superficial	NA	0.63	0.50	0.83	1.26
575706_P3	8098	Losa apoyada	NA	Concreto	5	1	4.5	4.15	Concreto	Concreto	2.25	NA	NA	NA	2.1	Superficial	NA	0.40	0.45	0.48	0.88
575706_P4	11070	Portico	NA	Concreto	3.85	1	4.4	4	Concreto	Concreto	3.65	NA	NA	NA	3.875	Superficial	NA	0.30	0.35	0.77	0.86
45A8701_P1	6481	Losa apoyada	NA	Madera	7.1	1	4.57	4.07	Madera	Afirmado	2.5	NA	NA	NA	2.5	Superficial	NA	0.57	0.64	0.55	0.90
45A377C_P1	29	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	7.1	1	7.25	6.85	Concreto	Asfalto	1.5	NA	NA	NA	1.9	Superficial	Metálica	0.91	0.64	0.52	1.42
45A5716_P1	2061	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	6.3	1	3.86	3.24	Concreto	Afirmado	2.15	NA	NA	NA	1.55	Superficial	Metálica	0.43	0.57	0.40	0.76
45A5716_P2	3045	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	5.1	1	3.6	3.25	Concreto	Afirmado	2.4	NA	NA	NA	2.45	Superficial	NA	0.32	0.46	0.41	0.71
575702_P1	2754	Armadura de paso inferior	Losa sobre vigas	Metálico	30.4	1	5.18	4.78	Concreto	Concreto	2.7	NA	NA	NA	3.1	Superficial	Metálica	2.78	2.74	0.67	1.02
575702_P2	7000	Losa apoyada	NA	Concreto	6.6	1	6	5.4	Concreto	Concreto	1.8	NA	NA	NA	2.08	Superficial	NA	0.70	0.59	0.52	1.18
575702_P3	7800	Losa apoyada	NA	Concreto	4	1	6	5.48	Concreto	Concreto	3.2	NA	NA	NA	3.1	Superficial	NA	0.42	0.56	0.92	1.18
575702_P4	14273	Losa apoyada	NA	Concreto	4.8	1	4.07	36.6	Concreto	Concreto	3.35	NA	NA	NA	NA	Superficial	NA	0.35	0.43	0.65	0.80
575704_P1	0	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	56	1	4.65	4.14	Concreto	Concreto	4.04	Formada por 2 o más	Concreto	NA	8.66	Superficial	Concreto	4.60	5.05	0.90	0.91
575704_P2	5745	Losa apoyada	NA	Concreto	2.72	1	6	5.58	Concreto	Asfalto	1.3	NA	NA	NA	1.59	Superficial	NA	0.29	0.25	0.37	1.18
575704_P3	9590	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	13.4	1	6.47	6.03	Concreto	Asfalto	4.4	NA	NA	NA	6.5	Superficial	Metálica	1.53	1.21	1.36	1.27
625705_P1	1989	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	4.5	1	8.1	7.2	Concreto	Concreto	1.4	NA	NA	NA	2.3	Superficial	NA	0.64	0.41	0.54	1.59
625705_P2	3184	Arco inferior	NA	Mampostería	3	1	3	NA	Concreto	Concreto	1.06	NA	NA	NA	5.95	Superficial	NA	0.16	0.27	0.15	0.59
625705_P3	14379	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	3	1	4.8	3.7	Concreto	Concreto	1.87	NA	NA	NA	10.5	Superficial	NA	0.25	0.27	0.43	0.94
625705_P4	17173	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	15	1	3.3	NA	Concreto	Concreto	1.25	NA	NA	NA	7	Profunda	Metálica	1.40	1.35	0.32	1.04
645705_P1	1200	Vigas simplemente apoyadas	Losa sobre vigas	Concreto	12.3	1	4.1	NA	Concreto	Concreto	6.4	NA	NA	NA	7.11	Superficial	Metálica	0.89	1.11	1.25	0.80
645705_P2	12200	Losa apoyada	NA	Concreto	2.8	1	6.2	5.7	Concreto	Afirmado	1.8	NA	NA	NA	2	Superficial	NA	0.31	0.25	0.53	1.22
645705_P3	15740	Portico	NA	Concreto	5.2	1	4.75	4.25	Concreto	Afirmado	1.3	NA	NA	NA	1.44	Superficial	NA	0.44	0.47	0.30	0.93
645703_P1	4016	Portico	NA	Concreto	4.4	1	8.7	8.5	Concreto	Concreto	3.4	NA	NA	NA	3.025	Superficial	Concreto	0.68	0.40	1.41	1.71