

MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL SOSTENIBLE PARA EL PUENTE CHACAO, CHILE

Estudiante:

Nicolás Felipe González Contreras

Profesor Guía:

José Francisco Benavides Núñez



CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DE LA IDEA DEL PROYECTO

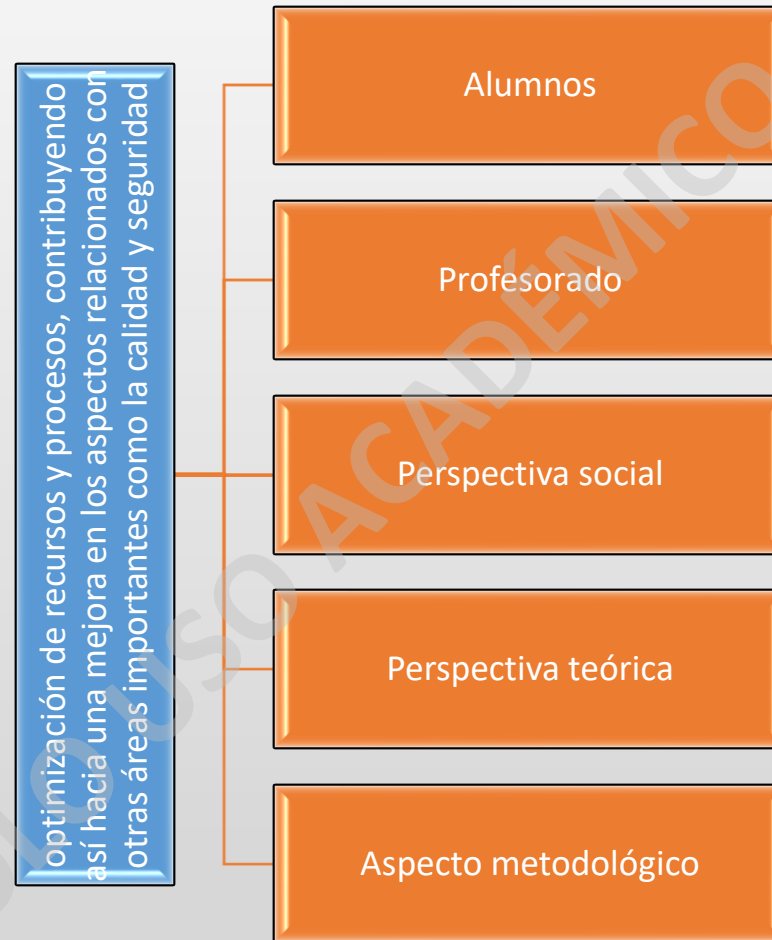
- PRESENTACIÓN DEL TEMA

- Puente Chacao “mayor estructura colgante de América del Sur” (R&Q, 2018)
- Orellana (2018) “dentro del territorio nacional no se ha desarrollado en profundidad ni se cuenta con experiencia en esta clase de estructuras, por lo que su emplazamiento presenta una gran oportunidad de aprendizaje y crecimiento para la ingeniería chilena”
- El desarrollo de un modelo de conservación vial sostenible



CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DE LA IDEA DEL PROYECTO

- JUSTIFICACIÓN



CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DE LA IDEA DEL PROYECTO

- OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo general

- Desarrollar un modelo de gestión de conservación vial sostenible para el Puente Chacao, Chile.

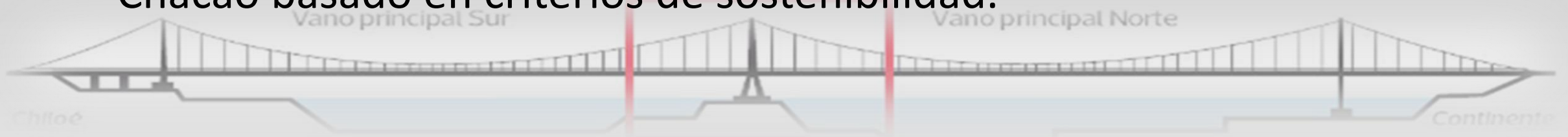


CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DE LA IDEA DEL PROYECTO

- OBJETIVOS DEL PROYECTO

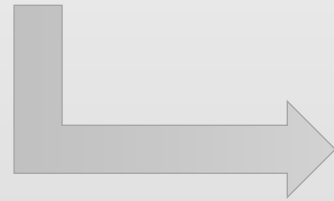
Objetivos específicos

- Indagar sobre las proyecciones para la conservación vial sostenible del puente Chacao.
- Examinar los modelos de mantenimiento de puentes como parte de la gestión vial.
- Proponer un modelo de gestión de conservación vial del Puente Chacao basado en criterios de sostenibilidad.



CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DE LA IDEA DEL PROYECTO

- METODOLOGÍA DE TRABAJO



Positivismo
Racionalismo
Objetividad
(Hurtado, 2012)
(Sampieri, 2010)
(Arias, 2006)

Epistemología

Proyectiva
(Acuña, 2016)
(Hurtado, 2012)

Tipo de Investigación

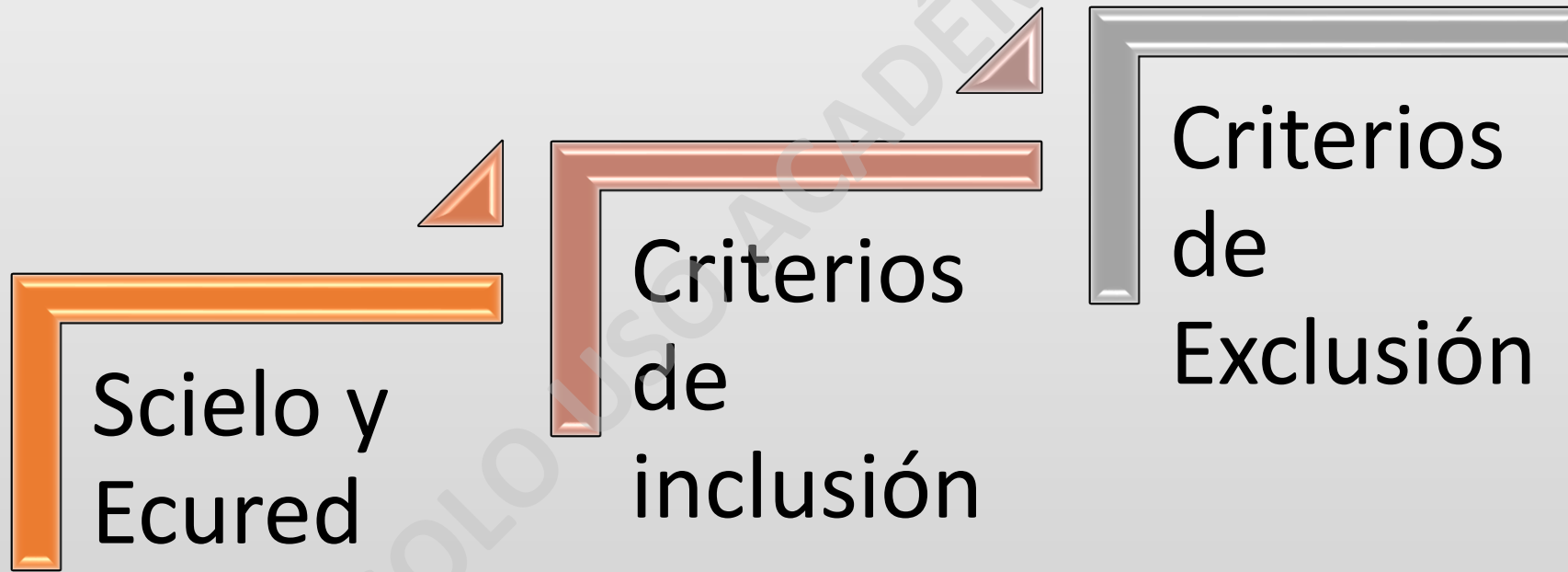
Documental
No experimental
Transeccional
(Hernández *et al.*, 2015)
(Navarro, 2014)

Diseño de la Investigación



CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DE LA IDEA DEL PROYECTO

- Recolección de la información



CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DE LA IDEA DEL PROYECTO

- Análisis de los Datos
 - Habilidad lectora en los procesos investigativos, en la misma se aplica las técnicas tanto de lectura rápida como la lectura reflexiva y crítica de los hechos o las opiniones de los expertos

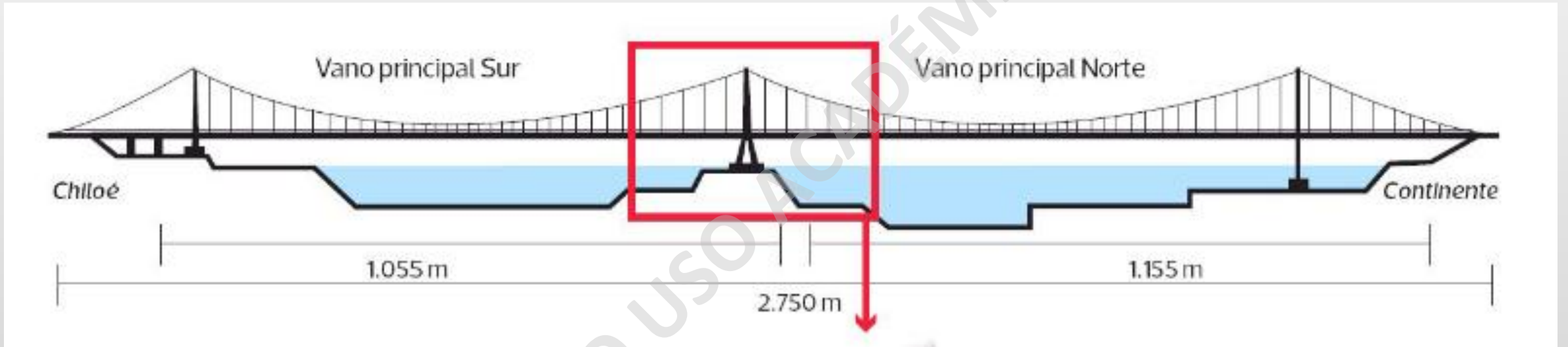


CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

- Componentes de un sistema de gestión de puentes. Molina (2012)
- Desarrollo Sostenible (Organización de las Naciones Unidas, 2012)
- Sostenibilidad de los puentes (Yepes, 2020)
- Conservación de puentes (Fuentes y Salazar, 2015)

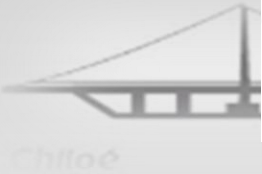


CAPÍTULO III. PUENTE CHACAO



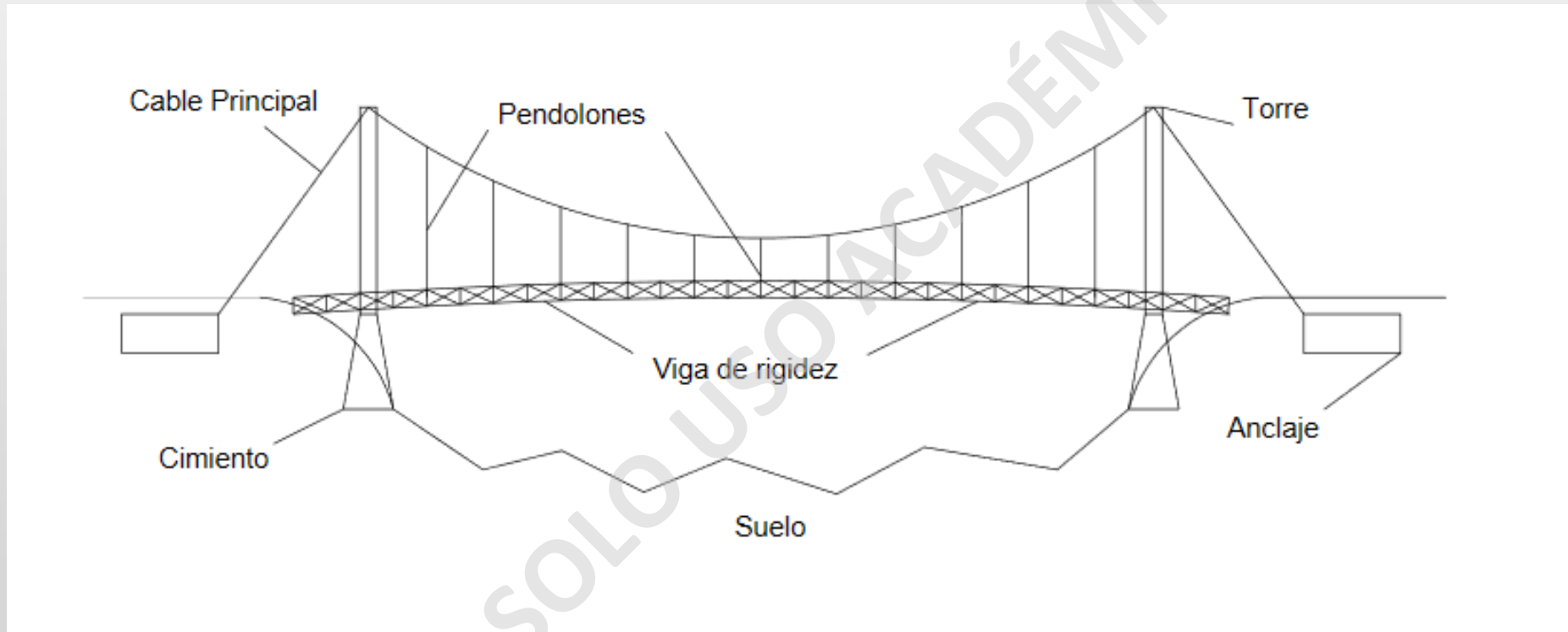
Fuente: La Tercera (2018). Puente Chacao. Recuperado de: <https://www.puentechacao.cl/backend/app/webroot/files/edicionespecial.pdf>





CAPÍTULO III. PUENTE CHACAO

Componentes básicos de un puente colgante



Fuente: Zaldumbide, H. (2006). Mantenimiento de puentes colgantes con estructura de acero. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/150280/64/1/CD-12035.pdf>



CAPÍTULO IV: MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

- Modelo de Gestión (Sapag, 2006).
- Gestión de mantenimiento (Prando, 2006)
- Requerimientos para la gestión de mantenimiento (García, 2003)
- Fases del modelo de gestión para el mantenimiento (Arata, 2009),



CAPÍTULO IV. PROYECCIONES PARA LA CONSERVACIÓN VIAL SOSTENIBLE DEL PUENTE CHACAO

TDMA:

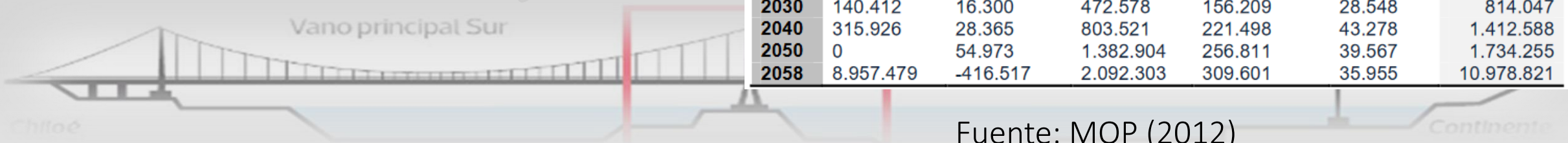
TDMA	2011	2013	2019	2040	2058
Vehículos livianos	1.124	1.260	1.633	3.720	5.515
Buses	118	132	172	392	581
Camiones	566	634	822	1.874	2.778
Total	1.808	2.026	2.627	5.986	8.874

Flujo de caja

Fuente: MOP (2012)

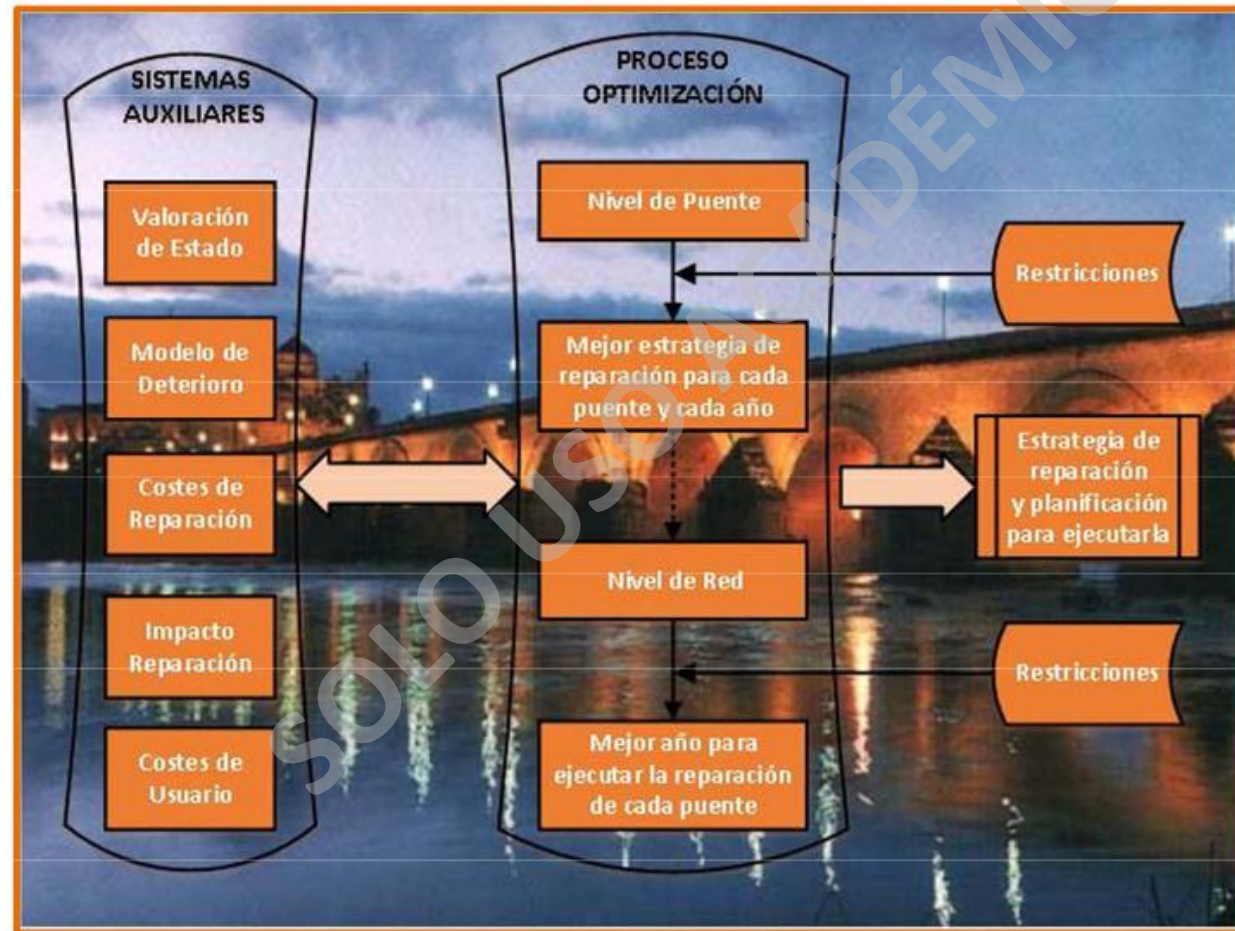
Año	Inversión [UF]	Mantenión [UF]	Tiempo [UF]	Combustible [UF]	Operación [UF]	Flujo [UF]
2012	-71.426	0	0	0	0	-71.426
2013	-491.945	0	0	0	0	-491.945
2014	-3.195.209	0	0	0	0	-3.195.209
2015	-3.274.476	0	0	0	0	-3.274.476
2016	-2.705.002	0	0	0	0	-2.705.002
2017	-3.843.950	0	0	0	0	-3.843.950
2018	-1.708.422	0	0	0	0	-1.708.422
2019	631.853	4.187	231.943	106.147	13.428	987.558
2020	0	4.111	253.607	104.932	13.133	375.783
2030	140.412	16.300	472.578	156.209	28.548	814.047
2040	315.926	28.365	803.521	221.498	43.278	1.412.588
2050	0	54.973	1.382.904	256.811	39.567	1.734.255
2058	8.957.479	-416.517	2.092.303	309.601	35.955	10.978.821

Fuente: MOP (2012)



CAPÍTULO VI. MODELOS DE MANTENIMIENTO DE PUENTES COMO PARTE DE LA GESTIÓN VIAL

Estructura del modelo de gestión del mantenimiento de puentes

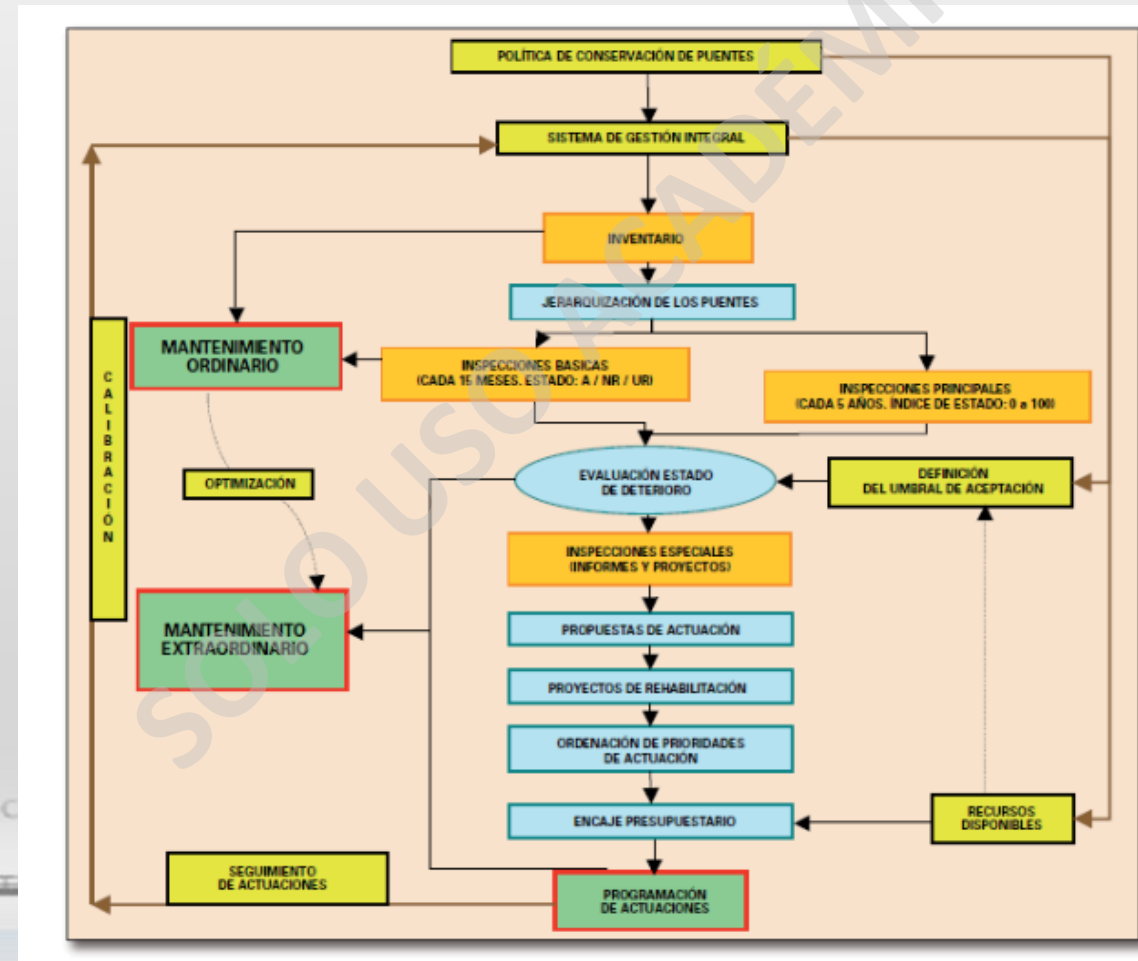


Fuente: Martínez, J (2016). Sistemas de Gestión de Puentes Optimización de estrategias de mantenimiento Implementación en redes locales de carreteras. Recuperado de

http://oa.upm.es/39436/1/Javier_Martinez_Canamares.pdf

CAPÍTULO VI. MODELOS DE MANTENIMIENTO DE PUENTES COMO PARTE DE LA GESTIÓN VIAL

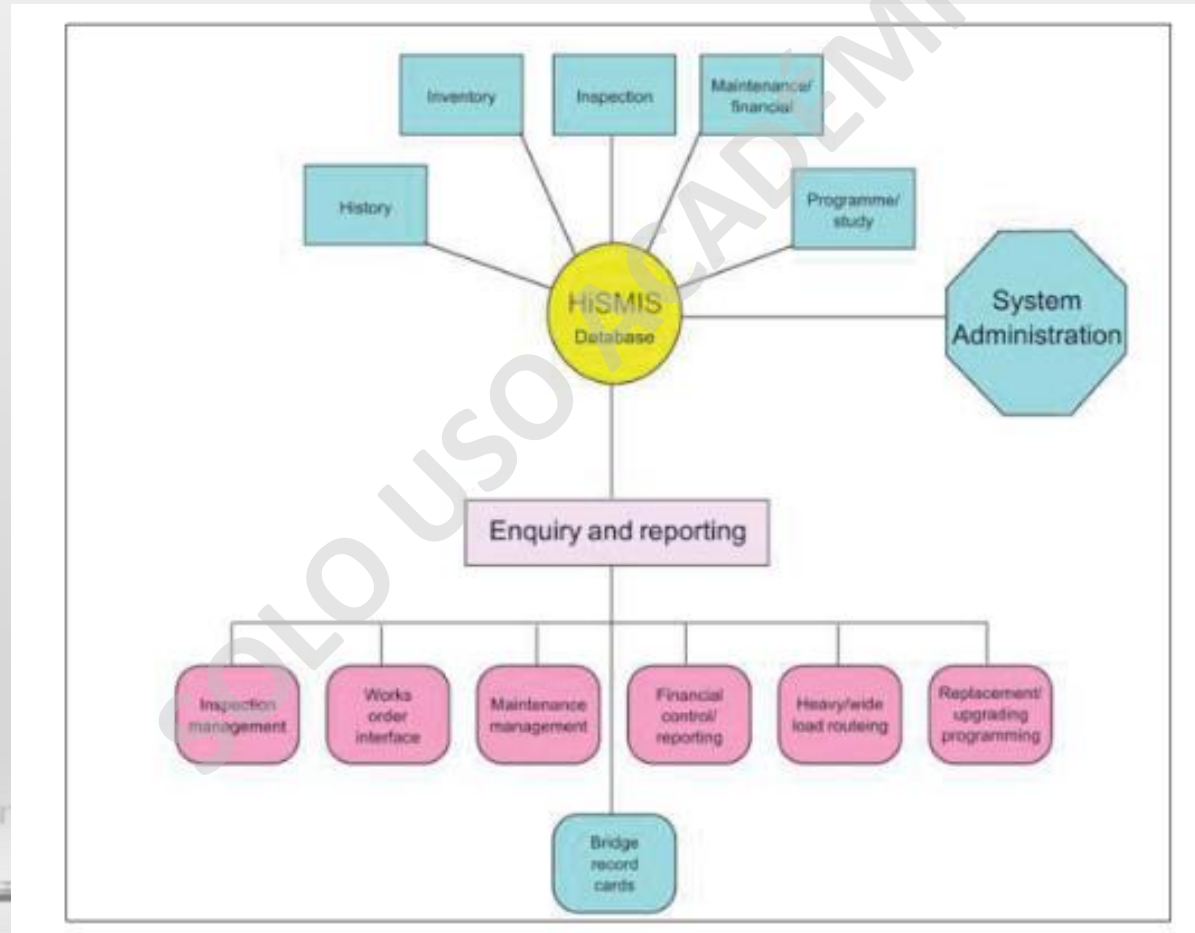
Funcionamiento de sistema de gestión de puentes en España



Fuente: Ministerio de Fomento de España (2009).

CAPÍTULO VI. MODELOS DE MANTENIMIENTO DE PUENTES COMO PARTE DE LA GESTIÓN VIAL

Sistema del Reino Unido HiSMIS



Fuente: Navarro (2014).

CAPÍTULO VII. MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL DEL PUENTE CHACAO BASADO EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Conceptualización del modelo de gestión.

- Conservación del puente Chacao (inicio, planificación, ejecución, seguimiento y finalización), orientadas para disponer de las actividades que permiten prolongar el funcionamiento del puente tomando en cuenta el tiempo, costo, esfuerzo a través de los recursos necesarios.



CAPÍTULO VII. MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL DEL PUENTE CHACAO BASADO EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

• **Objetivos del modelo de gestión**

- Proveer lineamientos a seguir para el desarrollo efectivo de las actividades de mantenimiento para el puente Chacao, ...
- Garantizar planes y respuestas ante cualquier situación o eventualidad, mediante mecanismo de seguimiento y control...
- Establecer criterios de decisión ante evaluaciones que manifiesten la condición de deterioro del puente Chacao, mediante la utilización de medios estadísticos de predicción.



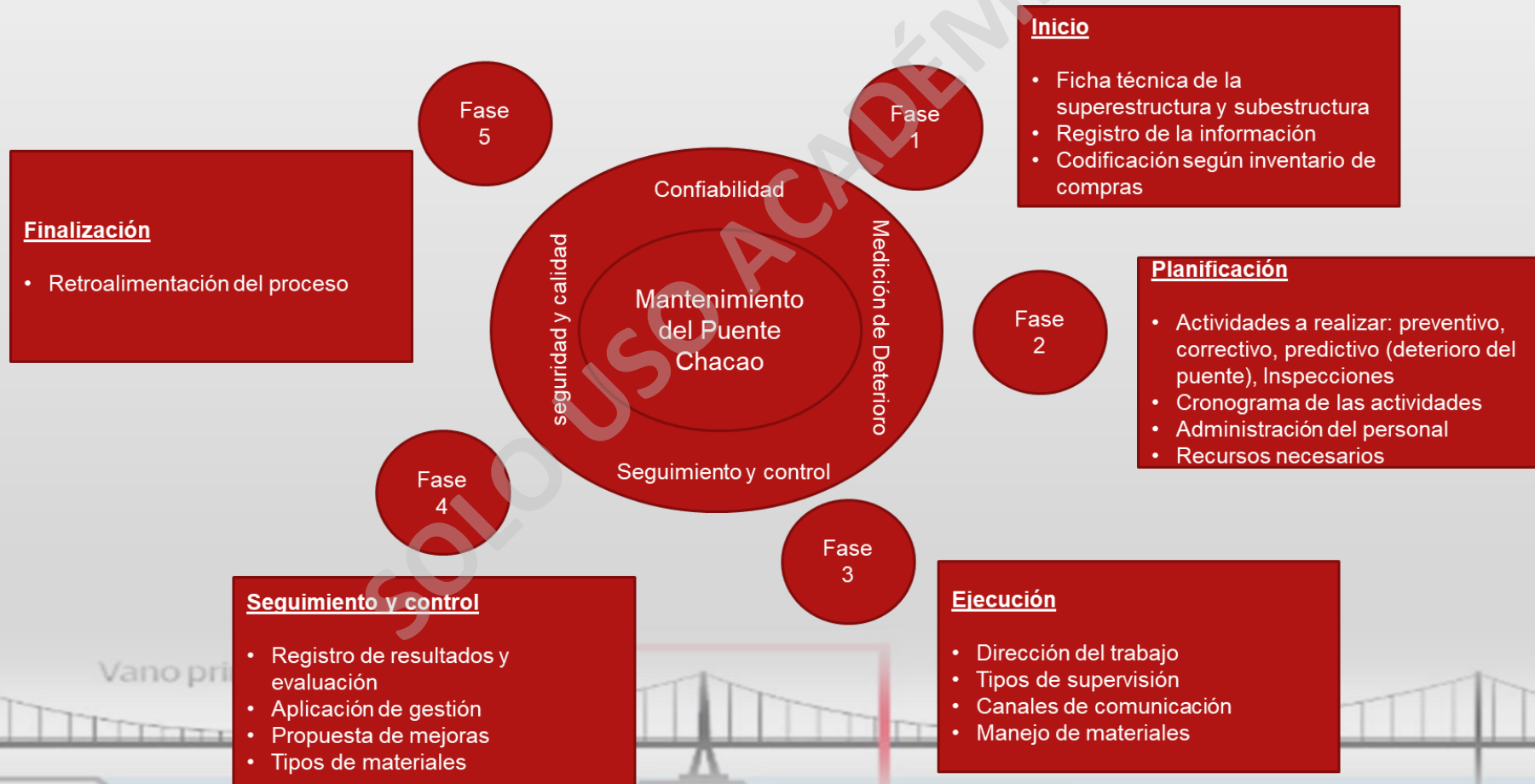
CAPÍTULO VII. MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL DEL PUENTE CHACAO BASADO EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

- **Alcance del modelo de gestión de mantenimiento**
 - El modelo está direccionado para cubrir las necesidades de mantenimiento del puente, considerando su superestructura y subestructura. Sin embargo, es un modelo general de factible aplicación que se puede adaptar a las condiciones de mantenimiento de cualquier puente colgante.



CAPÍTULO VII. MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL DEL PUENTE CHACAO BASADO EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Modelo de gestión de conservación vial sostenible para el Puente Chacao, Chile.

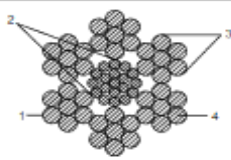


Fuente: Elaboración propia

Vano principal Norte

CAPÍTULO VII. MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL DEL PUENTE CHACAO BASADO EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

MANTENIMIENTO DE CABLES DE ACERO Y SILLETAS DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

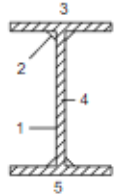
TIPOS DE CABLES DE ACERO (SECCIÓN TRANSVERSAL)						
DESCUBIERTO				CUBIERTO		
Nº	NOMBRE	FUNCIÓN		Nº	NOMBRE	FUNCIÓN
1	Galvanizado	Protección anticorrosiva		5	Membrana sintética	Protección anticorrosiva
2	Núcleo de acero	Resistencia estructural		6	Relleno sintético	Protección anticorrosiva
3	Torón estructural	Resistencia estructural		7	Torón estructural, alambres o barras	Resistencia estructural
4	Alambre o barra	Resistencia estructural		8	Cubierta sintética	Protección anticorrosiva

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DEL CABLE DE ACERO Y SILLETA										
SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN										
Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			RESPONSABLE	OBSERVACIONES
			BU	RE	MA	AM	SO	EN		
1	Galvanizado	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
2	Alambres o barras	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
3	Torones estructurales	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
4	Núcleo de acero	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
5	Cubierta sintética	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
6	Membrana sintética	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
7	Relleno sintético	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
8	Torones estructurales, alambres o barras	Libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
9	Sistemas de anclaje	Libres de corrosión, desgaste, grietas y fisuras							Ingeniero	
10	Silletas	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
11	Conexiones con las péndolas	Bien atornilladas, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	



CAPÍTULO VII. MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL DEL PUENTE CHACAO BASADO EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

MANTENIMIENTO DE VIGAS DE RIGIDEZ DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

TIPOS DE VIGAS DE RIGIDEZ							
VIGA DE RIGIDEZ				ARMADURA DE RIGIDEZ			
	Nº	NOMBRE	FUNCIÓN		Nº	NOMBRE	FUNCIÓN
	1	Recubrimiento	Protección anticorrosiva		6	Recubrimiento	Protección anticorrosiva
	2	Soldaduras	Uniones estructurales		7	Miembros de alma	Resistencia estructural
	3	Patín superior	Resistencia estructural		8	Nudos	Uniones estructurales
	4	Alma	Resistencia estructural		9	Elementos longitudinales	Resistencia estructural
	5	Patín inferior	Resistencia estructural		10	Arriostramientos	Resistencia estructural
					11	Elementos transversales	Resistencia estructural

PUNTOS DE INSPECCIÓN VISUAL DE LA VIGA DE RIGIDEZ										
SIMBOLOGÍA: BUENO = BU, REGULAR = RE, MALO = MA, AMBIENTAL = AM, SOBRECARGA = SO, ENVEJECIMIENTO = EN										
Nº	NOMBRE	CONDICIÓN ESTANDAR	ESTADO ACTUAL			FUENTE DEL DAÑO			RESPONSABLE	OBSERVACIONES
			BU	RE	MA	AM	SO	EN		
1	Recubrimiento (viga o armadura)	Libre de grietas y fisuras							Ingeniero	
2	Soldaduras	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
3	Perfil estructural	Espesor normal, libre de corrosión y desgaste							Ingeniero	
4	Miembros de alma	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
5	Nudos	Bien ajustados, libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
6	Elementos longitudinales	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
7	Arriostramientos	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
8	Elementos transversales	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	
9	Apoyos en las torres	Libres de corrosión y desgaste							Ingeniero	



CAPÍTULO VII. MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL DEL PUENTE CHACAO BASADO EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

MANTENIMIENTO DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO		
ELABORADO POR: GARCÉS – ZALDUMBIDE	FECHA: Marzo / 2006	ETAPA: Primera

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE Puentes COLGANTES CON ESTRUCTURA DE ACERO
SIMBOLOGÍA: VISUAL = VI, TINTAS PENETRANTES = TP, ULTRASÓNICO = UL, RADIOGRÁFICO = RA, EQUIPO ESPECÍFICO = EE, HERRAMIENTAS ESPECÍFICAS = HE, MATERIALES ESPECÍFICOS = ME, EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL = EPP

PRUEBAS: MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA ESTRUCTURA											
ACTIVIDADES	MÉTODO				EQUIPO	HERRAMIENTAS	MATERIALES	SEGURIDAD	FRECUENCIA	RESPONSABLE	OBSERVAC.
	VI	TP	UL	RA							
Evaluar cubierta cable de acero								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar cable de acero					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar viga de rigidez					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar pendolones					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar torre de acero					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar torre de hormigón								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar sistema de anclaje								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar cimientos								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar silletas					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar tablero de acero					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar tablero mixto					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar tablero de hormigón								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar neoprenos								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar conexiones con pernos					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar conexiones remachadas					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar conexiones soldadas					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar conexiones combinadas					EE	HE	ME	EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar apoyos								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	
Evaluar seguridades								EPP, arnés y cuerda	Cada 5 años	Ingeniero	



CAPÍTULO VII. MODELO DE GESTIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL DEL PUENTE CHACAO BASADO EN CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

Indicadores de gestión:

Fuente: Valenzuela, S. (2008)

Nombre del indicador	Formulación
Eficiencia de la Planificación	$(\text{Trabajos programados} / \text{Programaciones recibidas}) * 100$
Eficiencia en la Ejecución	$(\text{Trabajos terminados} / \text{Trabajo programados}) * 100$
Disponibilidad	$(\text{Horas totales de servicio} / \text{Horas del periodo}) * 100$
Tasa de Fallas	$\text{Cantidad de fallas} / \text{Horas totales de servicio}$
Tasa de Reparación	$\text{Cantidad de fallas} / \text{Horas de mantenimiento}$
Tiempo medio de Reparación	$\text{Horas de mantenimiento} / \text{Cantidad de fallas}$
Tasa Costo de Mantenimiento	$(\text{Costo total de mantenimiento} / \text{Costo total del sistema productivo}) * 100$
Costo promedio de las ordenes de Trabajo	$\text{Costo total de las órdenes de trabajo} / \text{Cantidad de órdenes de trabajo}$
Eficiencia de la Organización	$(\text{Trabajo planificado} / \text{Trabajo terminado}) * 100$
Porcentaje de horas de atraso en el Trabajo	$(\text{Horas Trabajo incompleto} / \text{Horas Programación recibidas}) * 100$
Porcentaje de Tiempo para atender Averías	$\text{Horas hombres utilizadas en la reparación} / \text{Horas del periodo}$
Promedio de solicitud de Recursos por día	$\text{Total de solicitudes de recursos del periodo} / \text{Números de días del periodo}$



CONCLUSIONES

- Con respecto al objetivo, Indagar sobre las proyecciones para la conservación vial sostenible del puente Chacao, desde la perspectiva técnica se constató que los aspectos de diseño consideran las facilidades para el mantenimiento y durabilidad de la superestructura y subestructura. Aspectos que cuentan con alta tecnología de instrumentación para el monitoreo, además es compatible con la sostenibilidad ya que el mantenimiento busca el costo óptimo de los recursos; garantizando calidad y seguridad al disminuir accidentes que pueden influir tanto en el ambiente como en la comunidad.
- Sobre los costos de mantenimiento del puente y su relación con el beneficio social, se pudo analizar el informe del MOP (2012) donde se especifica que la construcción y mantenimiento del puente no representa un beneficio en términos económico para los integrantes de las comunidades que acostumbran atravesar el canal de Chacao, en embarcaciones, ya que el TIR social calculado supera el 6% que maneja dicho ministerio, valor empleado como criterio de decisión.
- En el mismo informe, se detalla sobre el uso del puente en cuanto al Tránsito Medio Anual que manejará el puente durante 40 años, considerándose leve, por tanto, se entiende que el deterioro del puente será menor a los promedios estándares de los primeros 5 años, para la elaboración de las primeras actividades de mantenimiento.
- El puente Chacao no muestra una condición sostenible de acuerdo con los parámetros abordados, partiendo todo ello de la inversión que estima el estado de US\$ 864 millones, sin embargo, considerando las recomendaciones del propio MOP pueden tomarse medidas a nivel de diseño para mejorar la rentabilidad social del puente.



CONCLUSIONES

- Para el segundo objetivo, Examinar los modelos de mantenimiento de puentes como parte de la gestión vial, se encontró que el elemento central de los sistemas de gestión vial es el mantenimiento, el cual se muestra en tres formas, inspecciones, mantenimiento preventivo y correctivo, aunado al predictivo en el cálculo del estado de deterioro, sirviendo sus resultados como insumo para la toma de decisiones en cuanto a las actuaciones futuras.
- El modelo de gestión vial hacia la conservación del puente Chacao se consideran dichos tipos de mantenimiento como elementos claves para su formulación, inmerso en los principios de un modelo de gestión de mantenimiento donde los aspectos de cuidado del ambiente, social y económico son importantes.
- Por tanto, se pretende que, con la aplicación de este modelo, el mantenimiento del Puente Chacao, esté a la altura de los sistemas de puentes a nivel internacional al haber servido éstos como ejemplo de buenas prácticas, donde el elemento computacional es determinante para la obtención de información actualizada



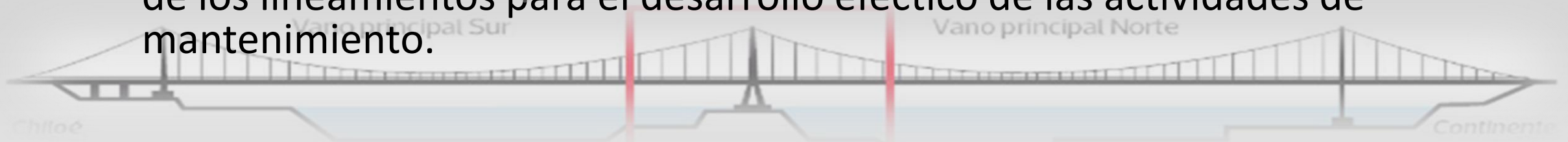
CONCLUSIONES

- Para el segundo objetivo, Examinar los modelos de mantenimiento de puentes como parte de la gestión vial, se encontró que el elemento central de los sistemas de gestión vial es el mantenimiento, el cual se muestra en tres formas, inspecciones, mantenimiento preventivo y correctivo, aunado al predictivo en el cálculo del estado de deterioro, sirviendo sus resultados como insumo para la toma de decisiones en cuanto a las actuaciones futuras.
- El modelo de gestión vial hacia la conservación del puente Chacao se consideran dichos tipos de mantenimiento como elementos claves para su formulación, inmerso en los principios de un modelo de gestión de mantenimiento donde los aspectos de cuidado del ambiente, social y económico son importantes.
- Por tanto, se pretende que, con la aplicación de este modelo, el mantenimiento del Puente Chacao, esté a la altura de los sistemas de puentes a nivel internacional al haber servido éstos como ejemplo de buenas prácticas, donde el elemento computacional es determinante para la obtención de información actualizada



CONCLUSIONES

- Sobre el objetivo, proponer un modelo de gestión de conservación vial del Puente Chacao, basado en criterios de sostenibilidad, se obtuvo un modelo que responde a las necesidades de un puente colgante, con las características del puente Chacao, que aborda el manejo a nivel técnico, económico, recursos humano y calidad del mantenimiento del puente, garantizando la conservación sostenible, ya que en su aplicación convergen armónicamente sociedad, ambiente y economía.
- Considerando que el puente es una construcción nueva que hasta ahora no está finalizada, se proponen una serie de actividades de mantenimiento, basadas en la literatura, las cuales pueden ser modificadas a futuro en función de las características definitivas del puente. De igual forma, se integraron una serie de indicadores que permitirán el seguimiento y control de los lineamientos para el desarrollo efectivo de las actividades de mantenimiento.



CONCLUSIONES

- De todo lo anterior, los resultados de esta investigación se consideran una recomendación a las instancias del Ministerio de Obras públicas como insumo para el modelo de gestión del Puente Chacao, el cual representa un recurso para la sostenibilidad del puente en sí
- Cabe señalar, que como el puente Chacao es una obra reciente en construcción, no existe información detallada sobre el mismo, lo cual se consideró una limitación para la profundización en algunos aspectos de orden técnico. De manera que, en muchos caso de tuvo que generalizar aspectos, partiendo de los principios de construcción de un puente colgante.
- Otra limitación que presentó el estudio fue el acceso a costos actualizados de los componentes del puente ya que ese tipo de información se maneja a nivel empresarial, dejando sin acceso a particulares como el presente investigador.
- Por otra parte, el estudio arrojó un documento que permite en una fase de implementación la elaboración del mantenimiento al puente Chacao, sin embargo, se sugiere a futuros investigadores o mantenedores del puente, realizar una continuación a este estudio, basándose en las condiciones definitivas del puente, mediante un estudio de campo.
- En este orden de ideas, se recomienda la creación de un sistema de gestión computarizado que permita el control y gestión del mantenimiento del puente basado en los resultados de este estudio, de manera que den continuidad al mismo en cuanto al manejo de la información recolectada para garantizar la vida útil del puente.

