

# Sistema de alerta/monitoreo de Infraestructura resiliente para la adaptación al cambio climático.

**Hernán Pinto Arancet**

[hernan.pinto@pucv.cl](mailto:hernan.pinto@pucv.cl)



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE  
CONSTRUCCIÓN Y TRANSPORTE**



Izquierda - Mike McMillan/USFS, centro - Tomas Castelazo / Wikimedia Commons / CC BY-SA 4.0, derecha - NASA.

# Contexto



	1980 -1999	2000-2019
Numero de Eventos Extremos	4212	7348
Muertes asociadas a estos eventos	1,19 millones	1,23 millones
Costos asociados a estos eventos	\$1,69 trillones de USD	\$2,97 trillones de USD
Numero de Eventos Extremos atribuidos a eventos climáticos	3656 (87%)	6681 (91%) (83% aumento de eventos)

FUENTE: United Nations Office for Disaster Risk Reduction

# Contexto



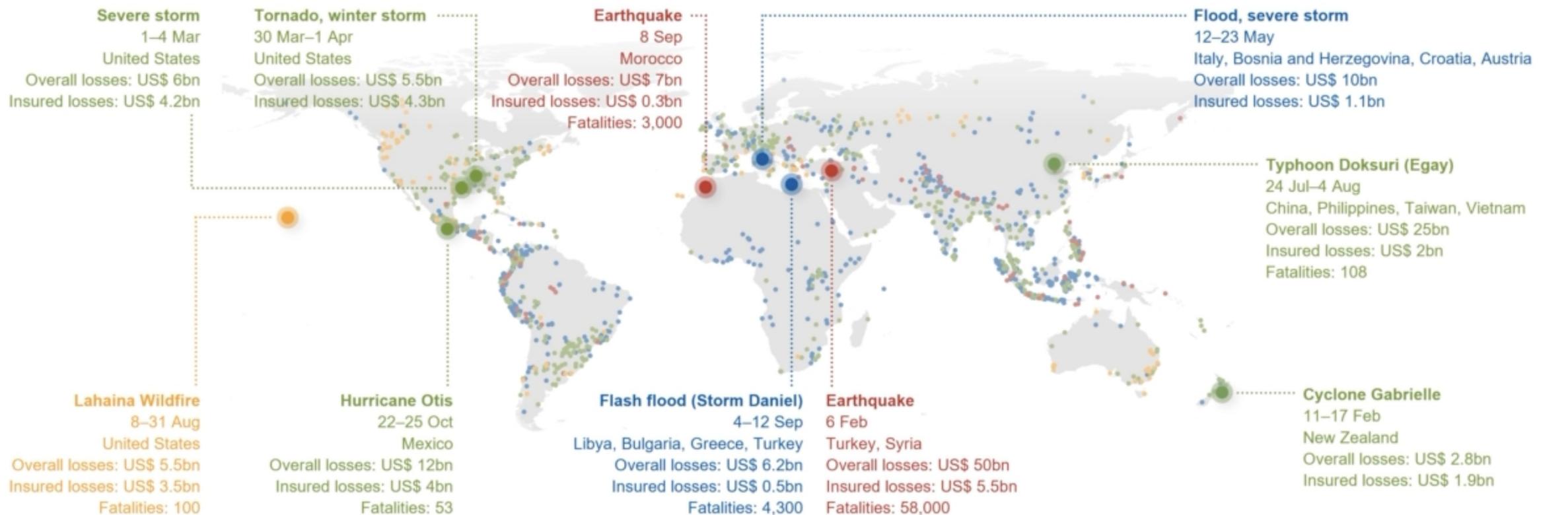
**Inundaciones se han duplicado.**

Tormentas han aumentado en un 40%

Sequías, incendios forestales y olas de calor han experimentado grandes aumentos

# Nat cat loss events 2023

Natural catastrophes caused overall losses of US\$ 250bn worldwide



**Geophysical events**  
Earthquake, tsunami, volcanic activity

**Meteorological events**  
Tropical storm, extratropical storm, convective storm, local storm

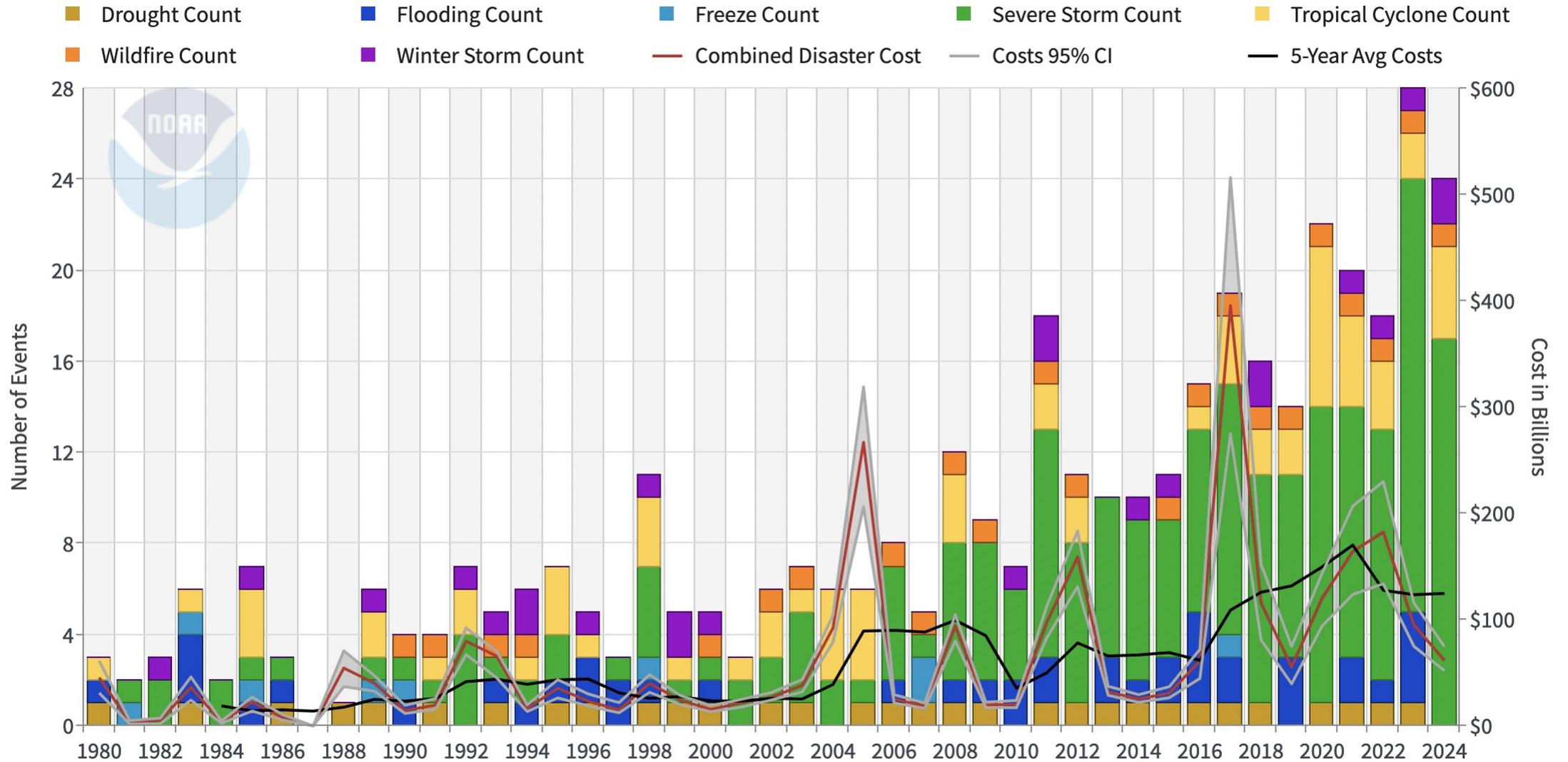
**Hydrological events**  
Flood, mass movement

**Climatological events**  
Extreme temperature, drought, wildfire

**Significant catastrophes**  
(based on the number of fatalities, overall and insured losses)

**All loss events**  
(based on property damage and/or fatalities)

## United States Billion-Dollar Disaster Events 1980-2024 (CPI-Adjusted)



Updated: November 1, 2024

Powered by ZingChart

- NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI) U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters (2024). <https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/>, DOI: [10.25921/stkw-7w73](https://doi.org/10.25921/stkw-7w73)

# CONTEXTO

PAIS	CHILE
Lugar	Atacama
Año	2015
Causa	Altas precipitaciones
Principales Consecuencias	Destrucción infraestructuras Muertes contaminación




PAIS	CHILE
Lugar	Los Ríos Y Araucanía
año	2015
Causa	Erupción volcánica
Principales Consecuencias	Destrucción infraestructuras Muertes contaminación




# CONTEXTO



# CONTEXTO

PAIS	CHILE
Lugar	Viña del Mar
Año	2023
Causa	Lluvias intensas Saturación sistema de aguas lluvias.
Principales Consecuencias	Destrucción infraestructuras Inhabitabilidad Devaluación



# CONTEXTO

PAIS	CHILE
Lugar	Viña del Mar
Año	2024
Causa	Incendio
Principales Consecuencias	Destrucción infraestructuras Muertes



# CONTEXTO

PAIS	CHILE
Lugar	Porto Alegre
Año	2024
Causa	Lluvias intensas
Principales Consecuencias	Dstrucción infraestructuras Muertes



# CONTEXTO



# INTRODUCCION



El impacto del cambio climático será considerable para los países lo que se traduce en que se necesitarán acciones planificadas de adaptación para enfrentar el cambio del clima y los eventos climáticos extremos.

En este Proyecto nos hemos enfocado en un modelo de gestión de daño de estructuras que relaciona la vulnerabilidad de la infraestructura y la amenazas existentes y potenciales como consecuencia de los efectos del cambio climático.

# Methodology



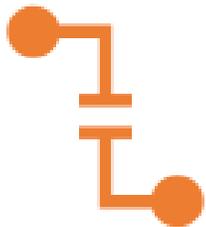
## Regional Disaster Risk Management GRDR

Phase 1: Risk Assessments

Phase 2: Mitigation Measures

# Metodología

Micro-inspection  
Vulnerability



Vulnerability (Sheets)



Macro-inspection  
Threats



Threats (Sheets)



RISK assesment



# Metodología



- Heterogeneidad de formas de adquisición de datos (protocolos de inspección).
- Variabilidad en la evaluación del daño o los procedimientos para abordar las amenazas.
- Dispar desarrollo del estudio de vulnerabilidad y amenaza para las estructuras de la red vial resiliente.

# Vulnerability (Micro Inspection)

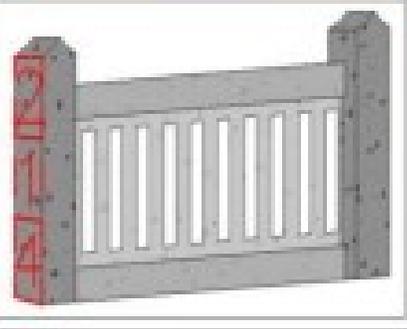
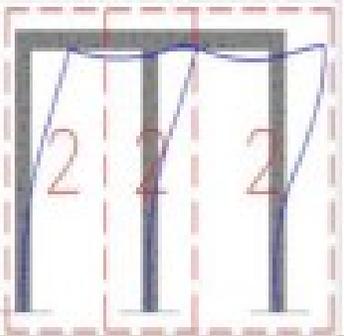
Standardization of  
the pathologies.  
(TU COST 1406)

PUENTE	
Subelemento	Patologías: Tipos de Deterioros
Viga Longitudinal de Hormigón	Armadura a la vista
	Ataque por álcali - ácido
	Ataque químico por sulfatos
	Contaminación por Grasas y Aceites
	Contaminación por Material Orgánico
	Corrosión de anclaje
	Corrosión de armadura
	Descascaramiento
	Deformación
	Desgaste
	Desplazamiento
	Eflorescencias
	Falta de alineación
	Fisuras Longitudinales
	Fisuras Transversales
	Filtración de agua
	Fisuras
Fisuras en red	
...	

# Vulnerability (Micro Inspection)

Standardization of  
the severity level.

Eflorescencias			
Severidad o Nivel de Deterioro		Descripción del estado de la patología	Imagen Referencial
0	Sin presencia	No se presenta esta patología en el subelemento	-
1	Leve	Las zonas con eflorescencias no supera un 10% del área del subelemento.	
2	Moderado	Las zonas con eflorescencias se encuentran entre un 10% a 20% del área del subelemento.	
3	Severo	Las zonas con eflorescencias se encuentran entre un 20% al 50% del subelemento.	
4	Critico	Las zonas con eflorescencias superan el 50% del área del subelemento.	

Severidad e Nivel de Evaluación			Severidad e Nivel de Evaluación			Semi-severidad	
Calle			Piso-Tracción/Piso-Compresión				
Transversal	Longitudinal		Transversal	Longitudinal		Transversal	Longitudinal
	Severidad para un Tramo	Severidad para varios Tramos		Severidad para un Tramo	Severidad para varios Tramos		
		NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA		

## Vulnerability (Micro Inspection)

Standardization of  
the severity  
regarding location  
of the pathology.

# THREATS (Macro Inspection)

For each threat,  
a different sheet  
is created.

FORMULARIO DE AMENAZA TSUNAMI PARA CAMINOS PUENTES Y TUNELES					
CARACTERISTICAS DE LA ZONA ESTUDIADA					
ACONTECIMIENTO HISTORICO					
ACONTECIMIENTO		FECHA DE HALLAZGO		DESCRIPCION DE HALLAZGO	
EVALUACIÓN DE LA AMENAZA					
CATEGORÍA	PARÁMETRO	CRITERIO DE MEDICIÓN	ÍNDICE ASOCIADO	DESCRIPCIÓN	ÍNDICE OBTENIDO
Grado de exposición según emplazamiento de la estructura (zonificación)	Zonificación sísmica	No aplica	0	Nula exposición	3
		Zona 1	1	Baja exposición	
		Zona 2	2	Media exposición	
		Zona 3	3	Alta exposición	
	Cercanía a fallas geológicas	A más de 5 km de la falla	0	Nula exposición	3
		A menos de 5 km y a más de 1 km de la falla	1	Baja exposición	
		A menos de 1 km y a más de 100 m de la falla	2	Media exposición	
		A menos de 100 m de la falla	3	Alta exposición	
PROMEDIO PONDERACION CATEGORIA 1					3,00
GEOMETRIA DEL TERRENO	TOPOGRAFIA SUBMARINA	Menor de 15°	0	Nula exposición	3
		entre 15° y 25°	1	Baja exposición	
		Entre 25° y 45°	2	Media exposición	
		superior a 45°	3	Alta exposición	
	ORIENTACION DEL EJE DE LA BAHIA RESPECTO AL EPICENTRO	HORIZONTAL 0 GRADO	0	Nula exposición	3
		MENOS DE 45 GRADOS	1	Baja exposición	
		MAS DE 45 GRADOS	2	Media exposición	
		PERPENDICULAR 90 GRADOS	3	Alta exposición	
	Tipo de inclinación del terreno entre el mar y la superficie	Menor de 15°	0	Nula exposición	3
		entre 15° y 25°	1	Baja exposición	
		Entre 25° y 45°	2	Media exposición	
		superior a 45°	3	Alta exposición	
PROMEDIO PONDERACION CATEGORIA 2					3,00

# APPLICATION

Vulnerability

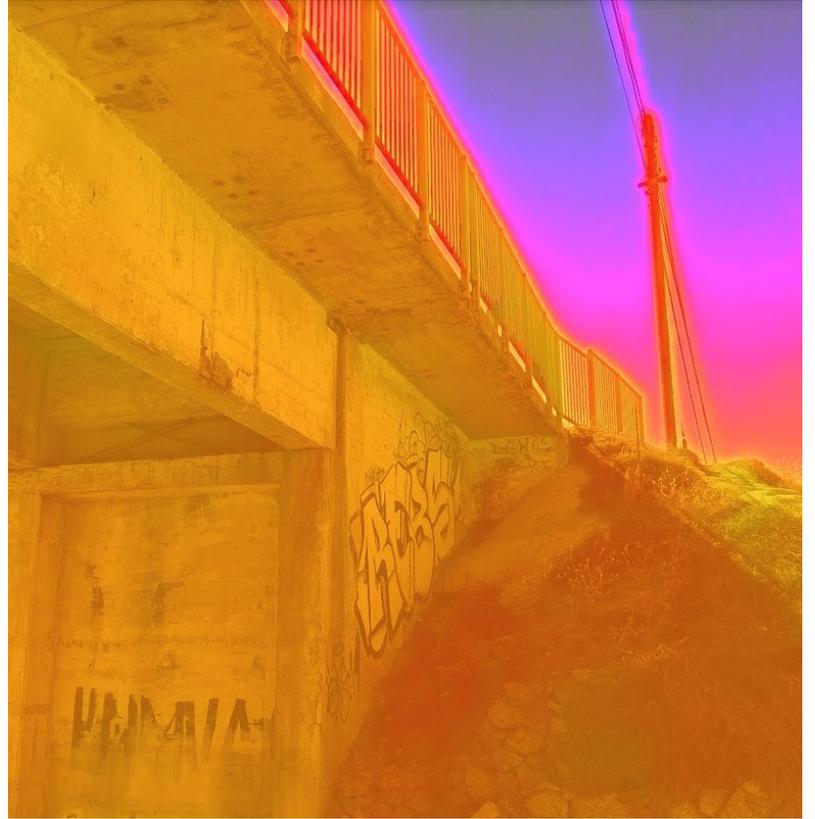
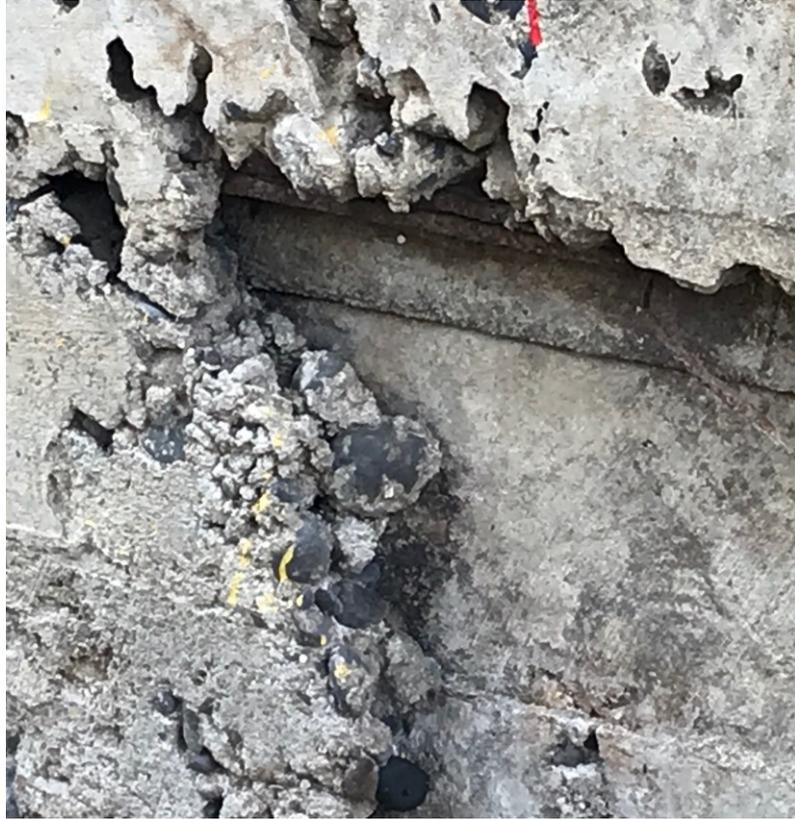
Threats

PHASE 1

## RISK ASSESSMENT

MITIGATION MEASURES

PHASE 2



APPLICATION: Vulnerability



# APPLICATION: THREATS

# Result(s)

- **Río Colorado Bridge**

The Colorado River bridge corresponds to an arch bridge of reinforced concrete, without beams (slab bridge)



# Result(s)

## Phase 2 Colorado Bridge

Vulnerability Phase 2				
Colorado Bridge	Bending moment	Shear	Flexural compression	Flexural tension
	0,65	0.42	0.9	0.4

	Threat				
	Alluvium	Fire	Flood	Earthquake	Tsunami
Bending moment	2.11	1.51	0.99	1.83	0.33
Shear	1.99	1.40	0.88	1.71	0.21
Flexural Compression	2.23	1.64	1.12	1.95	0.45
Flexural Tension	1.98	1.39	0.87	1.70	0.20
Serviceability	2.13	1.54	1.02	1.85	0.35

# Result(s)

- Sheds.



# Result(s)

	Vulnerability Phase 2			
Shed	Bending moment	Shear	Flexural compression	Flexural tension
	0.70	0.33	0.4	0.4

Phase 2 Shed

	Threat				
	Alluvium	Fire	Flood	Earthquake	Tsunami
Bending moment	2.80	1.15	1.22	1.85	0.35
Shear	2.61	0.97	1.03	1.67	0.17
Flexural Compression	2.65	1.00	1.07	1.70	0.20
Flexural tension	2.65	1.00	1.07	1.70	0.20
Serviceability	2.85	1.20	1.27	1.90	0.40

# Conclusiones



- Metodología GRDR para la evaluación del riesgo de la infraestructura.
- Homogenización de los procedimientos de registro de datos.
- Gestión de infraestructura
- Valorización de la infraestructura.
- Permite gestionar y priorizar las inversiones de mantenimiento de la infraestructura a los propietarios de ésta.

# Sistema de alerta/monitoreo de Infraestructura resiliente para la adaptación al cambio climático.

**Hernán Pinto Arancet**

[hernan.pinto@pucv.cl](mailto:hernan.pinto@pucv.cl)



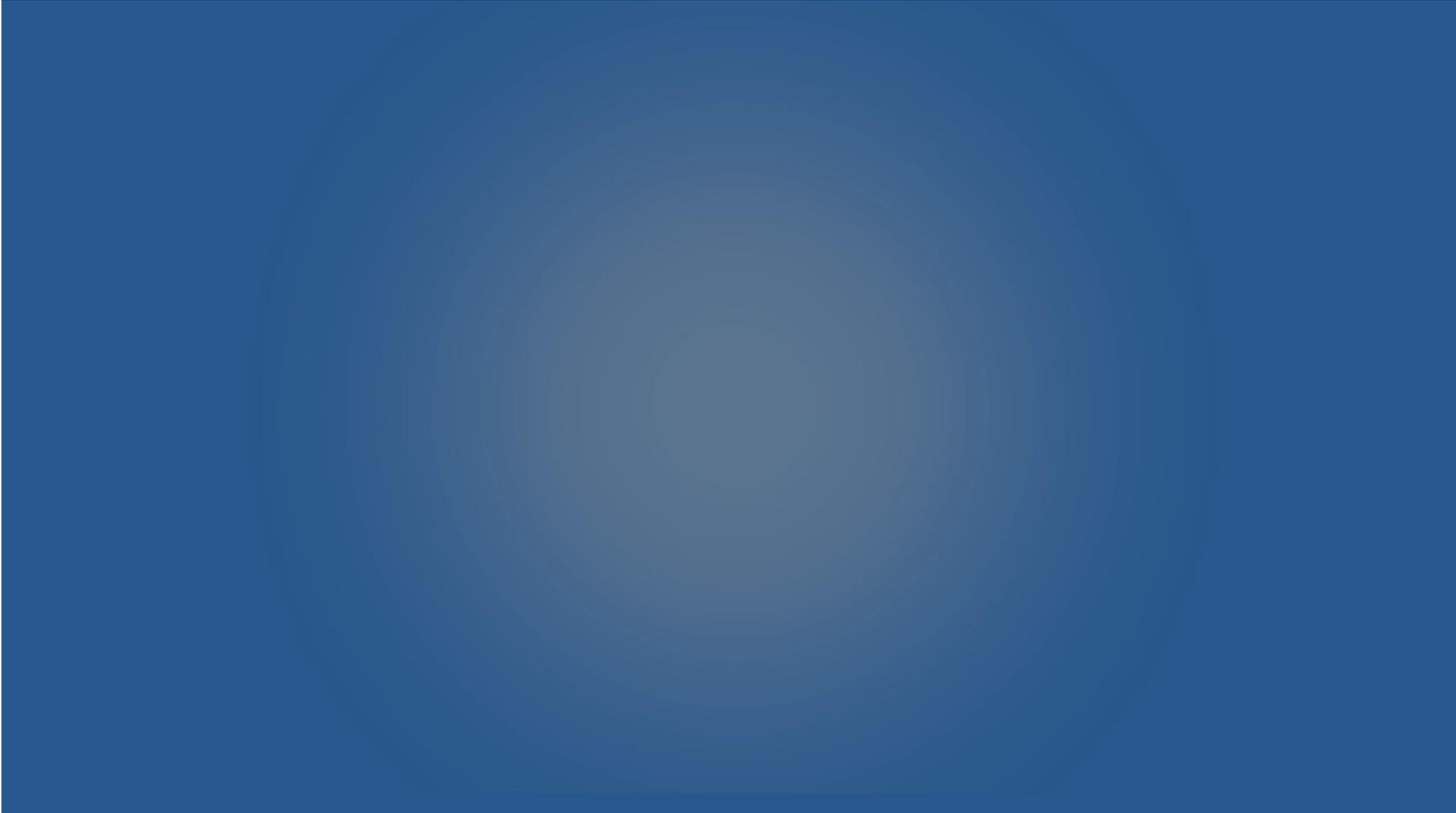
PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE  
VALPARAÍSO

ESCUELA DE INGENIERÍA DE  
CONSTRUCCIÓN Y TRANSPORTE

Comité Desarrollo Productivo

**VALPARAÍSO**

por **CORFO**



Descripción del producto