PR-L1174

Anexo

**Blue spot Análisis**

Paraguay se posiciona entre los países más vulnerables de la región a eventos climáticos extremos (como inundaciones, actualmente tres veces superiores a la media habitual), con pérdidas que pueden representar más de 5% del PIB agropecuario[[1]](#footnote-1). En este sentido, el Chaco presenta una vulnerabilidad alta para las próximas tres décadas, en las cuales se prevé el aumento de la intensidad de las precipitaciones[[2]](#footnote-2), sumado a la llanura característica de la zona se traducen en inundaciones con el consecuente aislamiento de poblaciones vulnerables[[3]](#footnote-3). Estos eventos climaticos afectan la red vial, restringeando la conectividad nacional, la integración regional, y el acceso a servicios esenciales, limitando las posibilidades del fortalecimiento de la competitividad.

Esta situación de riesgo de desastres naturales y climáticos no se limita a la región del Chaco. Adicionalmente, en términos de vulnerabilidad socioeconómica por amenaza de inundación, se tiene que en Paraguay los distritos con mayor grado de vulnerabilidad se encuentran en la parte centro y norte de la Región Occidental y en los distritos centro sur de la Región Oriental. Sin embargo, se resaltan distritos como Itanará, Ypehjú, Azote y San Pablo, hacia el norte de la región. En total, un 19.6% de los distritos del país presentan vulnerabilidad Muy Alta y un 37.6%, presentan vulnerabilidad Alta[[4]](#footnote-4). Ahora bien, en términos de vulnerabilidad física por amenaza de inundación, los distritos con mayor índice se encuentran principalmente en la parte central de la Región Oriental, aunque también destacan algunos próximos al río Paraguay, en la misma región del país. En total, un 35.2% de distritos presentan un índice de vulnerabilidad física Muy Alta, mientras que el 27.6% de distritos presentan una calificación Alta.

Particularmente, en el [sector de transporte](https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/22365/Disaster0risk00ational0case0studies.pdf?sequence=1&isAllowed=y), se reconoce que las amenazas naturales generan impactos negativos en la disponibilidad y el desempeño del sistema y en la habilidad de proveer servicio de transporte confiables, seguros y accesibles. Adicionalmente, dichos eventos pueden generar desconexión en el tejido social y económico de una región, afectando principalmente el acceso a oportunidades económicas, la educación, la salud y la interacción social.

En este contexto, el Gobierno de Paraguay, a través del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC), solicitó apoyo al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con el fin de fortalecer sus sistemas de planificación, buscando mejorar tanto la eficiencia del gasto público en infraestructura de transporte, como la resiliencia en el sector.

El **Blue Spot Análisis** es una metodología de toma de decisiones robusta que toma en cuenta las incertidumbres profundas (incertidumbres aleatorias y espaciales propias de la naturaleza del fenómeno climático, incertidumbres asociadas a la calidad de los datos disponibles para la planificación, el ingreso de nuevas tecnologías de transporte, el crecimiento económico y demográfico, etc.). Por tanto, es una metodología de Toma de Decisiones Bajo Incertidumbre Profunda (DMDU, por sus siglas en inglés) que es útil para identificar y priorizar las intervenciones dentro de la red de transporte para proveer resiliencia frente a riesgos naturales y climáticos: i.e. analizar de manera sistemática puntos críticos en una red de transporte sujetos a riesgos naturales en escenarios de cambio climático, e identificar y priorizar las intervenciones para brindar resiliencia bajo un conjunto de futuros alternativos.

#### Proyecciones de Cambio Climático para Paraguay

A partir del documento titulado “La economía del cambio climático en el Paraguay” (CEPAL, 2014), se obtienen proyecciones generales de cambio climático para Paraguay. El objetivo de este documento consiste en identificar, cuantificar y valorar los costos económicos del cambio climático y proponer medidas de adaptación y mitigación, así como las políticas públicas correspondientes.

Describe los escenarios posibles del efecto económico del cambio climático en el Paraguay en los próximos 100 años. Se evalúan los impactos potenciales en el sector agrícola, el sector pecuario, la salud, los recursos hídricos y la biodiversidad. Por último, se evalúa la modificación de la frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos y sus posibles consecuencias económicas, así como las proyecciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

En este documento se presentan proyecciones de precipitación para tres períodos entre 2010 y 2100, considerando escenarios climáticos del CMIP[[5]](#footnote-5)3 A2 y B2. El escenario A2 representa una economía mundial creciente basada en el uso intensivo de fuentes de energía fósiles, cuyas emisiones generan concentraciones de GEI muy superiores a las actuales, que a su vez provocan el aumento de la temperatura media y variaciones en los patrones de lluvias y de fenómenos meteorológicos extremos. En el escenario B2 se parte del supuesto de una economía mundial con organización y fuentes de energía que impliquen una menor emisión de GEI que el escenario A2 y, por lo tanto, un menor impacto en las variables climáticas y fenómenos extremos (CEPAL, 2014).

La construcción de los escenarios de cambio climático fue realizada por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales del Brasil (INPE) mediante la aplicación del modelo climático regional Providing Regional Climate for Impact Studies (PRECIS) del Centro Hadley de Investigaciones del Reino Unido. Mediante un proceso de *downscaling*, el INPE logró establecer las proyecciones de temperatura y precipitación correspondientes a los escenarios A2 y B2 durante el período 2010-2100, con una resolución espacial de 50km (CEPAL, 2014).

La siguiente figura presenta las proyecciones de precipitación según los escenarios A2 y B2 disponibles para el Paraguay y que se utilizan para el modelo cualitativo de riesgo por inundación con influencia de cambio climático.

|  |
| --- |
|  |
|  |

Figura. Proyecciones de precipitación en el Paraguay según los escenarios de cambio climático A2 y B2. Fuente: (CEPAL, 2014)

#### Objetivo del Blue Spot Análisis

El objetivo de este estudio es proveer una herramienta que le permita al Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC) de Paraguay construir resiliencia frente eventos climáticos en el sistema vial de Paraguay, en el marco del programa de apoyo al Proyecto de Pavimentación de la Ruta PY12 - Tramo “Chaco´i – Triángulo – General Bruguez”. Dentro de este objetivo principal se incluyen los siguientes objetivos específicos:

* 1. Evaluar el estado actual de la red vial de Paraguay, identificando puntos críticos y más vulnerables. Entre ellos, tramos de la red vial que podrán ocasionar altas pérdidas económicas porque no se pueden transportar productos, mercancías, o pasajeros, porque se generan mayores tiempos en el transporte, o porque se producen daños irreversibles en la infraestructura o pérdidas humanas.
  2. Priorizar las inversiones en el sistema vial del Paraguay; priorizar qué tramos (actualmente) necesitan atención inmediata para evitar pérdidas de vida, económicas y de competitividad. Esta priorización se constituye en una toma de decisiones informadas a pesar de la existencia de una incertidumbre (los efectos del cambio climático).
  3. Dejar al MOPC una plataforma de gestión del sistema vial, que incluye tanto la metodología como el modelo y el software, para actualizar el modelo y correrlo a futuro a medida que se tengan cambios en el sistema (modificación de la red vial) o que exista más información disponible (en términos de proyecciones de cambio climático o mapas de amenaza).

#### Descripción de Blue Spot Análisis

Un análisis *Blue Spot* es una metodología de análisis de vulnerabilidad frente al clima extremo embebida en un marco de toma de decisiones bajo incertidumbre profunda (*Decision Making Under Deep Uncertainty*-DMDU, o *Robust Decision Making*-RDM). Este enfoque es utilizado en sistemas viales a nivel nacional ya que precisamente al tener un campo de análisis tan amplio, existen demasiadas variables, parámetros, e incertidumbres que no pueden ser completamente determinadas (incertidumbres aleatorias y espaciales propias de la naturaleza del fenómeno climático, incertidumbres asociadas a la calidad de los datos disponibles para la planificación, el ingreso de nuevas tecnologías de transporte, el crecimiento económico y demográfico, etc.). Por lo tanto, es necesario tener una metodología que maneje estas variabilidades e incertidumbres de una manera adecuada y que aun así permitan tomar decisiones acertadas de inversión.

La metodología se compone de tres etapas principales: (i) construcción de una base de datos de los activos expuestos e identificación de los más críticos, (ii) análisis de criticidad, (iii) evaluación de las condiciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de los activos críticos, y (iv) análisis de priorización de inversiones.

1. Base de datos de los activos: Se construye una base de datos geo-referenciada del sistema vial completo, incluyendo los tramos lineales de carretera, así como puntos específicos como puentes, puertos y túneles, entre otros, representados por líneas y nodos. Se debe asegurar que (i) esté apropiadamente geo-referenciada, (ii) topológicamente incluya características del tipo de elemento, su capacidad y costos al usuario, e (iii) incluya características de condiciones de rugosidad y condiciones generales de la vía.

Si no existe información lista para adecuar o ensamblar, se debe recorrer el sistema completo y recolectar esta información utilizando aplicaciones gratis (como por ejemplo RoadLab) las cuales registran la rugosidad de la vía y su localización geo-referenciada.

Adicional a esta base de datos, también debe realizarse un análisis de tráfico para obtener matrices de origen-destino tanto de pasajeros como de bienes.

1. Análisis de criticidad: se realiza un primer análisis, sin incorporar todavía las amenazas naturales, que busca identificar los elementos más críticos al ser evaluados por una serie de medidas de desempeño (multi objetivo) de los viajes dentro de la red; esto se logra a través de un análisis de disrupción por tramos individuales (*single-segment disruption*) donde sucesivamente el modelo retira un segmento a la vez y recalcula las medidas de desempeño (por ejemplo, tiempo de viaje o costo al usuario) sin ese tramo. Este análisis de disrupción se realiza para un set de múltiples configuraciones del diseño experimental (variando los parámetros donde se tenga alta incertidumbre).
2. Análisis de riesgo por amenazas naturales: el riesgo por amenazas naturales es la integración de la existencia de una amenaza natural, la presencia o exposición de algún activo que se quiere analizar, y la vulnerabilidad de este a ser dañado por la amenaza.
3. Análisis de priorización de inversiones: se realizan múltiples corridas del modelo (es decir, ambos análisis de criticidad y de riesgo) con varias alternativas de intervenciones propuestas, por ejemplo, rehabilitación de tramos, puentes, drenajes, sistemas de gestión de riesgo, etc., adicionalmente se hacen variar también las posibilidades del diseño experimental, por ejemplo se consideran proyecciones de cambio climático de todos los modelos del IPCC, para de esta manera identificar las intervenciones que sean robustas, es decir, que se comporten bien para todo un rango amplio de incertidumbre. Para la priorización final se utilizan métodos de beneficio-costo en conjunto con métodos multicriterio, por ejemplo, superficies de Pareto.

## Blue Spot Anáisis (BSA)

La metodología que se debe seguir para realizar las actividades para implementar un Análisis Blue Spot (BSA) se detallan a continuación.

**Taller para determinar el alcance del estudio (Actividad 1)**

Para las medidas de desempeño de debe pensar en qué se quiere lograr y cómo se puede cuantificar el éxito, donde se pueden incluir métricas de confiabilidad del sistema o del costo. Las posibles acciones a usar se refieren a qué se puede hacer para alcanzar los resultados esperados, por ejemplo, reforzar tramos críticos, establecer redundancia en el sistema o definir planes de expansión. Las fuentes de incertidumbre pueden venir de factores externos a considerar, como amenazas naturales, el cambio climático, demandas futuras de transporte, disponibilidad de fondos, y capacidades técnicas. Por último, se debe considerar la posible existencia de otros estudios o información de relevancia para el proyecto que se puedan utilizar.

**Blue Spot Análisis (Actividades 2, 3, 4 y 5)**

Un análisis *Blue Spot* es una metodología de análisis de vulnerabilidad frente al clima extremo embebida en un marco de toma de decisiones bajo incertidumbre (*Decision Making Under Deep Uncertainty*-DMDU, o *Robust Decision Making*-RDM). Este enfoque es utilizado en sistemas viales a nivel nacional ya que precisamente al tener un campo de análisis tan amplio, existen demasiadas variables, parámetros, e incertidumbres que no pueden ser completamente determinadas. Por lo tanto, es necesario tener una metodología que maneje estas variabilidades e incertidumbres de una manera adecuada y que aun así permitan tomar decisiones acertadas de inversión.

La metodología se compone de tres etapas principales: (i) construcción de una base de datos de los activos expuestos e identificación de los más críticos, (ii) evaluación de las condiciones de amenaza y vulnerabilidad de los activos críticos, y (iii) propuesta y comparación de medidas de adaptación bajo un set de múltiples escenarios futuros.

* **Base de datos de los activos expuestos:** Se construye una base de datos geo-referenciada del sistema completo vial, incluyendo los tramos lineales de carretera, así como puntos específicos como puentes, puertos y túneles, entre otros, representados por líneas y nodos. Se debe asegurar que (i) esté apropiadamente geo-referenciada, (ii) topológicamente incluya características del tipo de elemento, su capacidad y costos al usuario, e (iii) incluya características de condiciones de rugosidad y condiciones generales de la vía.

Si no existe información lista para adecuar o ensamblar, se debe recorrer el sistema completo y recolectar esta información utilizando aplicaciones gratis (como por ejemplo RoadLab) las cuales registran la rugosidad de la vía y su localización geo-referenciada.

Adicional a esta base de datos, también debe realizarse un análisis de tráfico para obtener matrices de origen-destino tanto de pasajeros como de bienes.

* **Análisis de criticidad:** se realiza un análisis todavía sin incorporar las amenazas naturales, que busca identificar los elementos más críticos al ser evaluados por una serie de medidas de desempeño (multi objetivo) de los viajes dentro de la red; esto se logra a través de un análisis de disrupción por tramos individuales (*single-segment disruption*) donde sucesivamente el modelo retira un segmento a la vez y recalcula las medidas de desempeño (por ejemplo, tiempo de viaje o costo al usuario) sin ese tramo. Este análisis de disrupción se realiza para un set de múltiples configuraciones del diseño experimental (variando los parámetros donde se tenga alta incertidumbre).
* **Análisis de riesgo por amenazas naturales:** el riesgo por amenazas naturales es la integración de la existencia de una amenaza natural, la presencia o exposición de algún activo que se quiere analizar, y la vulnerabilidad de este a ser dañado por la amenaza.

El primer módulo para calcular el riesgo es el de amenaza. Para construirlo se debe recopilar mapas correspondientes a varios escenarios de amenaza, para todas las amenazas que apliquen (por ejemplo, mapas de distintos eventos de inundación); un escenario corresponde a un único evento que tiene asociado una tasa de recurrencia (o periodos de retorno) y una extensión y distribución de intensidades específica. Se deben usar **múltiples escenarios**, para así intentar cubrir todas las posibilidades de eventos, desde pequeños y muy recurrentes, hasta grandes, pero menos frecuentes. Complementario a esto, también se debe incorporar en estos escenarios el efecto del cambio climático, nuevamente utilizando **múltiples proyecciones** o modelos.

El módulo de exposición se refiere a determinar si el activo de interés, en este caso el sistema vial de Paraguay, se interseca con las amenazas identificadas.

El módulo de vulnerabilidad se refiere a determinar la vulnerabilidad del sistema frente a las amenazas naturales a estudiar, a través de la definición de unos umbrales (en términos de cada una de las amenazas) que indican daños o incluso la disrupción completa de un elemento del sistema. Esto quiere decir, definir qué altura de lámina de agua, u ola marítima, o velocidad de flujo (como ejemplos) son capaces de dañar o dejar fuera de funcionamiento un tramo o elemento del sistema.

Una vez se tienen los tres módulos anteriores se procede a realizar el análisis de riesgo por desastres naturales. Este análisis hace algo similar al de criticidad, donde al análisis de disrupción por tramos individuales se le suma un efecto de daño (donde se modifica el tiempo o costo de viaje) o destrucción (donde se elimina el elemento del sistema) de los elementos por amenazas naturales.

* **Análisis de priorización de inversiones:** se realizan múltiples corridas del modelo (es decir, ambos análisis de criticidad y de riesgo) con varias alternativas de intervenciones propuestas, por ejemplo, rehabilitación de tramos, puentes, drenajes, sistemas de gestión de riesgo, etc., adicionalmente variar también las posibilidades del diseño experimental, por ejemplo considerar proyecciones de cambio climático de todos los modelos del IPCC, para de esta manera identificar las intervenciones que sean robustas, es decir, que se comporten bien para todo un rango amplio de incertidumbre. Para la priorización final se utilizan métodos de beneficio-costo en conjunto con métodos multicriterio, por ejemplo, superficies de Pareto.

**Capacitación (Actividad 6)**

Se debe crear un plan de capacitación para personal de la entidad correspondiente con el objetivo de enseñar a utilizar el software y modelos utilizados en el estudio, así como interpretar y analizar resultados, para que en el futuro este estudio pueda ser actualizado y mejorado a medida que se vea necesario. La capacitación debe hacerse sobre los conceptos teóricos de riesgo por amenazas naturales, los efectos de cambio climático, el análisis bajo incertidumbre, y la toma de decisiones, así como de manejo de herramientas y modelos.

1. Paraguay: Rutas para el desarrollo, 2018. [↑](#footnote-ref-1)
2. Estudio de vulnerabilidad e impacto del cambio climático en el Gran Chaco Americano, 2017. [↑](#footnote-ref-2)
3. Un 28,5% de la población en el departamento de Presidente Hayes en estado de pobreza, superior a la medida nacional, quienes no gozan de acceso ininterrumpido a servicios esenciales. Encuesta Permanente de Hogares, Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos, 2016. [↑](#footnote-ref-3)
4. Atlas de Riesgos de Desastres de la República de Paraguay - [↑](#footnote-ref-4)
5. Coupled Model Intercomparison Project: <https://esgf-node.llnl.gov/projects/cmip5/> [↑](#footnote-ref-5)