



Un aporte al Bicentenario

Análisis del Impacto y Viabilidad del **Proyecto Hidroeléctrico El Carrizal** en favor del Desarrollo local y Nacional

M.A.F. Mirko Gardilic Calvo
Sucre, 2024

Ing. Walter Arízaga Cervantes
RECTOR UMRPSFXCH

PhD. Erick Mita Arancibia
VICERRECTOR UMRPSFXCH

Lic. Max Ferreira Reyes
Ing. Co. Andres Gutierrez Matienzo
RRPP VICERRECTORADO

Ing. Co. Víctor Manuel López Chumacero
DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Presentación

La investigación científica es el elemento sustantivo y transversal a todas las actividades y programas de la Universidad de San Francisco Xavier; dicho de otro modo, es como una bisagra que dinamiza la actividad institucional porque solo por medio de ella se logra responder con objetividad científica a los problemas sociales, económicos, culturales y tecnológicos que confluyen en la gran problemática de la nación que merece respuestas sólidas y oportunas.

A diferencia de otros actores públicos, la respuesta de la Universidad está alejada de intereses corporativos y sectoriales, lo que garantiza la transparencia de la metodología utilizada y la construcción de propuestas; en otras palabras, únicamente con el uso de metodologías científicas se logra construir el conocimiento y el desarrollo de investigaciones aplicadas. Desde esa óptica, los planteamientos que provengan del campo científico, merecen ser difundidas a fin de motivar el debate, la reflexión y la toma de decisiones.

Desde esa mística, la Universidad de San Francisco Xavier de Chuquisaca, estimula a los docentes y estudiantes a la investigación y, simultáneamente, a la materialización del pensamiento universitario puesta en un libro académico que, amén de ser un objeto de estudio, sea el testimonio físico de la respuesta científica a problemas concretos que enfrenta la sociedad y sus instituciones.

Desde esa visión, la Universidad publica el ensayo elaborado por el docente universitario Lic. Mirko Gardilic Calvo *“Análisis del impacto y viabilidad del proyecto hidroeléctrico el Carrizal en favor del desarrollo local y nacional”*, que constituye un valioso documento de respaldo a la propuesta hidroeléctrica departamental *“El Carrizal”*, donde el autor condensa estudios técnicos y estrategias que generen beneficios directos a Chuquisaca.

El estudio en cuestión, parte de la fundamentación teórica y la justificación técnica que aglutina información precisa y actualizada que refuerza la exposición de la propuesta en sí, que, dicho sea de paso, merece la atención de las entidades del Estado para definirla como una de las prioridades estratégicas de desarrollo que tiene Chuquisaca.

Al ser la Universidad una entidad ligada al departamento no solo por móviles históricos, sino sustancialmente porque es el eje que dinamiza la economía regional; estamos convencidos que de la mano de la investigación y la ciencia la casa de estudios superiores tiene que continuar allanando con responsabilidad los derroteros que se planteen los chuquisaqueños y con la incansable labor de procurar el bienestar integral de la población boliviana.

Ph.D. Erick Mita Arancibia
Vicerrector
Universidad Mayor, Real y Pontificia de
San Francisco Xavier de Chuquisaca

Ing. Walter Arizaga Cervantes
Rector
Universidad Mayor, Real y Pontificia de
San Francisco Xavier de Chuquisaca

“ANÁLISIS DE IMPACTO Y VIABILIDAD DEL PROYECTO HIDROELECTRICO CARRIZAL EN FAVOR DEL DESARROLLO LOCAL Y NACIONAL”

Mirko Ivo Gardilic Calvo
mirkoivo55@gmail.com

Resumen.

El presente artículo de investigación, es de tipo básico y por ende responde a un diseño descriptivo, orientado a proponer alternativas que respalden y viabilicen la implementación del proyecto hidroeléctrico denominado “El Carrizal” en base a los estudios técnicos existentes, para así incorporar una estrategia que genere beneficios directos en favor del departamento de Chuquisaca, que fue el lugar seleccionado para su localización. Debido a que, el proyecto en su diseño original se enfoca a los objetivos de la generación de energía eléctrica, a través de la sustitución de gas natural por la utilización de la fuerza hidráulica, con el consiguiente ahorro de recursos en beneficio del Erario Nacional, y adicionalmente, a la regulación del uso de agua para riego que favorecerá en su integridad al departamento de Tarija, sin crear ningún tipo de beneficio compensatorio para Chuquisaca. En tal sentido, se propone fundar, considerar y hacer aprobar una ley transitoria que, disponga la otorgación de mecanismos de compensación a objeto de favorecer el crecimiento y desarrollo económico de empresas chuquisaqueñas, generando de esa manera, una importante cantidad de recursos financieros, con efectos redistributivos en la economía regional.

Palabras claves.

Impacto, económico, hidroeléctrica, desarrollo.

Abstract.

This research article is of a basic type and therefore responds to a descriptive design, aimed at proposing alternatives that support and make viable the implementation of the hydroelectric project called “El Carrizal” based on the existing technical studies, in order to incorporate a strategy that generates direct benefits in favor of the department of Chuquisaca, which was the place selected for its location. Because the project in its original design focuses on the objectives of generating electrical energy, through the replacement of natural gas with the use of hydraulic power, with the consequent saving of resources for the benefit of the National Treasury, and additionally, the regulation of the use of water for irrigation that will entirely benefit the department of Tarija, without creating any type of compensatory benefit for Chuquisaca. In this sense, it is proposed to found, consider and have a transitional law approved that provides for the granting of compensation mechanisms in order to promote the growth and economic development of Chuquisaca companies, thus generating a significant amount of financial resources, with redistributive effects in the regional economy.

Keywords.

Impact, economic, hydroelectric, development.

Introducción.

El proyecto “El Carrizal”, consiste en la construcción de una presa, para el aprovechamiento de las aguas del río “Camblaya”, con el objeto de generar energía eléctrica, control de las crecidas y erosión de los ríos, y así disponer de agua regulada para abastecimiento humano, riego, uso industrial, piscicultura, turismo y recreación.

En base al resumen técnico del documento denominado “El faro que ilumina con la energía del Sur, el desarrollo y la integración de Bolivia”, elaborado por Fernando Rodríguez Calvo y Arturo Liebers Baldivieso, oriundos de



Chuquisaca y de Tarija respectivamente, en el que se aborda la factibilidad técnica del proyecto, se desarrolla y estructura el estudio.



Actualmente, la energía que aportan las centrales hidroeléctricas comprende el 20,2% de la energía del parque de generación que, suman entre ocho plantas de generación una capacidad efectiva total de 734,85 MW. Están en ejecución los proyectos de las centrales hidroeléctricas de Ivirizu, con una potencia instalada nominal prevista de 290,20 MW, con una inversión de Bs 3.859.922.353, previendo su conclusión para julio de 2024; y Miguillas, con una potencia prevista de 204,88 MW, con una inversión de más de Bs 3,1 millones, previendo su conclusión para agosto de 2025. Adicionalmente, hay proyectos de energías renovables que se encuentran en etapa de estudios como Chepete – El Bala y la binacional Madera y otros, que en total presentan un potencial aproximado de 5.500 MW incluido el proyecto objeto de estudio.

Desde un punto de vista geopolítico, cabe hacer mención y destacar que, de acuerdo al “Plan de Desarrollo Económico y Social 2016 – 2020”, el proyecto Carrizal fue el único ubicado en el departamento de Chuquisaca, al igual que Potosí y Tarija, de un total de 15 proyectos de energía hidroeléctrica identificados a nivel nacional.

Mapa 6: Plantas de Energía Hidroeléctrica



La promesa del Gobierno es que, este proyecto hidroeléctrico llamado El Carrizal, se constituirá en una importante fuente de ingresos para el Estado. También, es presentado como una solución al problema de la sequía, ya que el agua del río Camblaya, que corre en el fondo del cañón y que se acumulará en el embalse de 1.334 hectómetros cúbicos (Hm³), se utilizaría para regar aproximadamente 90.000 hectáreas. En el Cañón de Pilaya que, con sus 3.030 metros de altura es el sexto más profundo del mundo. Se pretende instalar dicho



megaproyecto hidroeléctrico que generará 1.842,8 gigavatios por hora (GWh), cantidad equivale a la cuarta parte de energía que consume actualmente Bolivia, aunque originalmente la totalidad de ella pretendía ser exportada.

Sin embargo, son diversas las controversias que rodean a este proyecto. En primer lugar, expertos aseguran que su construcción implicaría inundar ciertas comunidades y los terrenos agrícolas que son el sustento de sus habitantes (al igual que en los demás proyectos). También algunos escépticos señalan que, en la práctica, no sería factible convertir el proyecto en una fuente para el riego, pero además la información sobre los impactos ambientales no ha sido socializada. Nadie sabe con certeza, ni siquiera los habitantes afectados, qué será de sus pueblos, ni del Cañón del Pilaya, ni de la biodiversidad que existe en él a futuro, por lo que amerita socializar los estudios de impacto medioambiental ya desarrollados a nivel de diseño final.

El presente trabajo de investigación se traza como objetivos generales el demostrar la viabilidad del proyecto “El Carrizal” frente a sus similares, con el objeto de justificar y priorizar su ejecución inmediata, así mismo, pretende a través de la cuantificación del posible impacto económico para el departamento de Chuquisaca, generar una estrategia administrativa-legal, orientada a compensar económica y financieramente a esta región en la cuál se implementará la presa.

Fundamentación teórica.

Como indica la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), la energía hidroeléctrica, nacida en el siglo XIX, es la más antigua de las fuentes de energía renovables y sigue siendo, con diferencia, la más importante cuantitativamente. Es una fuente que, contribuye de forma importante a la lucha contra el cambio climático, porque evita el uso de combustibles fósiles y reduce las emisiones de dióxido de carbono, gases que alteran el clima, contrarrestando así la contaminación y el efecto invernadero. Posee muchas ventajas, a continuación se exponen algunas ventajas que explican por qué la energía hidroeléctrica, desempeña un papel fundamental en el equilibrio energético mundial: es limpia y sostenible, es un recurso muy flexible, estabiliza la red eléctrica evitando la intermitencia, reduce el riesgo de inundaciones, recuperación de zonas pantanosas, protege la biodiversidad y potencia las zonas turísticas y los deportes náuticos.

Según un informe de la AFD (Agence Française de Développement), para afrontar el crecimiento de la demanda nacional y las ambiciones de exportación de electricidad hacia los países vecinos, Bolivia se ha embarcado en una estrategia de transición energética y ha desarrollado un plan ambicioso de expansión del sector, para: aumentar su capacidad instalada en más de 4.000 MW hasta el 2025; y diversificar el mix energético relacionado con la electricidad, desarrollando energías renovables, particularmente provenientes de fuentes hidroeléctricas, pero también eólicas, solares y geotérmicas. Con el fin de apoyar esta política de transición energética, es necesario actualizar el marco reglamentario e institucional boliviano, desarrollar herramientas sólidas para la planificación de las inversiones, el análisis del sector y establecer mecanismos de financiamiento viables e innovadores, mientras se refuerzan las capacidades de los actores de este sector.

Desde el punto de vista del director general de Itaipú, Marcos Stamm. “El cambio climático desafía a gobiernos, empresas y otras organizaciones a trabajar juntos para construir un futuro sostenible para todos. Se entiende que, no solo debe generar energía limpia y renovable, sino que tiene que fomentar la seguridad del agua, la conservación de la biodiversidad y el desarrollo social”.

Según la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA, S.A.), las pocas desventajas de la energía eléctrica son: Coste inicial elevado: los costes asociados a la construcción de las centrales o de los embalses que las alimentan son altos en relación a otros proyectos alternativos. Dependencia climatológica: en los momentos de sequía o de grandes crecidas de los ríos puede verse enormemente afectada la producción de electricidad. Cambios en el entorno: aunque cada vez se intenta afectar menos al entorno, los embalses que son muy necesarios para el abastecimiento, alteran de alguna manera el entorno, pero en menor proporción.

Como afirma el periodista experto en economía y tecnología, Sergio Delgado, “Si algo ha hecho cambiar al planeta han sido las energías renovables. El ser humano anda inmerso en la ardua tarea de conseguir la sostenibilidad del planeta y luchar contra el cambio climático, un hecho fijado dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.



El ODS propulsado en 2015 por parte de los líderes mundiales, estableció que dentro de los objetivos fijados en la Agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible, se encuentran la lucha contra la pobreza y la construcción de un planeta más sostenible, para las próximas generaciones. En todo esto, juegan un papel primordial las energías renovables, esas que se obtienen de fuentes naturales que, son inagotables por su capacidad de renovación y que no generan residuo alguno.

En la opinión de Totalenergies.es, la generación hidráulica es una energía renovable, cuya fuente es prácticamente inagotable. Es segura, no genera residuos tóxicos, lo que la hace una energía limpia y respetuosa con el medio ambiente. Produce energía en función de las necesidades, es decir, su producción es flexible en función de los requerimientos e insuficiencias.

Mónica Castro Delgadillo, en el estudio Impactos Ambientales Sociales y Culturales de Hidroeléctricas en Bolivia, manifiesta que: “Bolivia enfrenta otro de sus grandes retos: armonizar las políticas de desarrollo con el potencial sociocultural y natural que tiene. Entre estos retos se encuentra el desarrollo de la política energética basada en las megarepresas que impactarán a territorios indígenas y áreas protegidas. De no encaminar los proyectos energéticos en el marco del Desarrollo Sostenible, formarán parte de los pasivos socioambientales del país”.

La prospectiva realizada hacia el año 2040 (Modelamiento del Sistema Energético Boliviano al 2040 según metas del IPCC, ENERGETICA, WWF, 2020) muestra que, el sector eléctrico podría tener una dimensión de 28 GW, de los cuales casi un tercio sería hidroeléctrica de embalse (aproximadamente 8 GW). Bajo ese entendido, es necesario desarrollar la hidroenergía, pero de una manera tal que el impacto ambiental sea el menor posible. Asimismo, es crucial la utilización de herramientas estandarizadas para la toma de decisiones técnicas y no políticas. Al momento, ENDE tiene una cartera de proyectos hidroeléctricos profusa, de los cuales algunos de ellos como: Rositas, Chepete y El Bala han generado polémica por el tamaño, pero también por los impactos ambientales que podrían generar, debido sobre todo a su ubicación o cercanía con áreas protegidas.

Según los datos del Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas, en la investigación realizada por la Organización Plataforma Energética el año 2011, se menciona que Bolivia sólo usa el 1,19% de su potencial hidroeléctrico. Esto quiere decir que el país utiliza sólo 475,6 Megavatios (MW) de un total aproximado de 40 Gigavatios (GW) potenciales (Plataforma Energética, 2011).

El Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE), establece que en Bolivia existen doce empresas con 106 unidades de generación eléctrica, entre hidroeléctricas y termoeléctricas, distribuidas en siete de los nueve departamentos del país, según los datos oficiales registrados hasta 2012. La potencia instalada por tipo de generación en el Sistema Interconectado Nacional (SIN) correspondió en 69,84% a las unidades termoeléctricas y 30,16% a las hidroeléctricas, como señala el Anuario Estadístico 2012 de la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Electricidad (AE).

Las centrales eléctricas que conecta el SIN en Bolivia, están en La Paz, Cochabamba, Santa Cruz, Chuquisaca, Potosí, Oruro y Beni. En este marco, la empresa Cobee opera con 30 unidades hidroeléctricas y dos termoeléctricas ubicadas en El Alto, en la zona El Kenko. La empresa Corani, cuenta con nueve unidades en el departamento de Cochabamba. La Empresa Eléctrica Guaracachi opera 24 unidades termoeléctricas distribuidas en cinco centrales, las cuales están instaladas en Santa Cruz, Sucre y Potosí.

Asimismo, la Empresa Eléctrica Valle Hermoso tiene 12 unidades termoeléctricas, 3 en la central Carrasco, 8 en Valle Hermoso y una en El Alto. Por su parte, la empresa Río Eléctrico SA (Eresa) opera 7 unidades hidroeléctricas, todas ubicadas en los márgenes del río Yura, Potosí. La Sociedad Industrial Energética y Comercial Andina SA (Synergia) opera la Central Kanata con una unidad hidroeléctrica, ubicada en Cochabamba, en la vertiente sur de la cordillera del Tunari. La Compañía Eléctrica Central Bulu Bulu (CECBB) tiene dos unidades termoeléctricas también en Cochabamba. Según el informe, desde 2007, la firma Guabirá Energía SA (GBE) cuenta con una unidad de generación termoeléctrica, siendo la primera empresa en el SIN que utiliza bagazo (residuos de caña de azúcar) como combustible. La empresa Servicios de Desarrollo de Bolivia SA (SDB) opera la Central Hidroeléctrica Quehata, con dos unidades de generación en Cochabamba. Por su parte, la Empresa Nacional de Electricidad (ENDE) tiene 8 unidades, y ENDE Andina 4 unidades de generación termoeléctrica. La Hidroeléctrica Boliviana (HB) posee 4 unidades, dos de las cuales son las hidroeléctricas más grandes del país, una de 38,4 megavatios (MW) y la otra de 51,1 MW. En total 475 MW es la potencia efectiva de las unidades generadoras del sector hidroeléctrico versus 980,6 MW que es la potencia efectiva de las plantas termoeléctricas, con un aporte del 69,8% al Sistema Nacional.



Gráfica N° 1



Según se puede advertir en el gráfico anterior, actualmente existen únicamente tres centrales construidas, otros cuatro proyectos hidroeléctricos en construcción: Ivirizú (290,2 MW) ubicado en Cochabamba, Miguillas (203 MW) en La Paz, y El Cóndor (1,47 MW) en Potosí y el proyecto Rositas en Santa Cruz que fue paralizado. Además, se cuentan con diecinueve proyectos en distintos niveles de estudio, de entre los cuales se puede destacar el proyecto Carrizal que, cuenta con estudios completos inclusive medioambientales, a diferencia del resto de proyectos que, algunos de ellos, se encuentran a nivel de perfil y prefactibilidad.

Las características técnicas (potencia, energía y embalse) de cada uno de los proyectos que, conforman el portafolio nacional, se pasan a describir en siguiente cuadro (N°1), constituyendo la información básica para desarrollar los análisis, ponderaciones y evaluaciones posteriores, a objeto de alcanzar la finalidad propuesta en la presente investigación.

Cuadro N°1
Proyectos hidroeléctricos con embalses (ejecución, estudio y en operación)

Proyecto	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Embalse (km ²)
Chepete	3251,0	15470,0	667
Cachuela	990,0	5465,0	690
Rositas	600,0	3000,0	449
El Bala	425,0	2195,0	94
Ivirizú	290,0	1119,0	1
Complejo Corani - Santa Isabel - San José	271,0	1677,0	18
Misicuni	120,0	217,0	4,6
Icona	102,0	447,0	4,23
Molineros	101,0	442,0	90

Carrizal	346,0	1515,0	20
Huacata	10,7	16,4	1,54
Cambarí	93,0	407,0	22,5

Fuente: “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética”, ENERGETICA, 2020.

En cuanto a la normativa, el nuevo Decreto Supremo No. 3856 del 3 de abril del 2019, establece las categorías de los proyectos según su naturaleza. En el caso de los proyectos hidroeléctricos los mismos corresponden a tres categorías:

- Categoría 1 Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental EEIA Analítico e Integral.
- Categoría 2 Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental Analítico Específico.
- Categoría 3 Programa de Prevención y Mitigación.

El procedimiento para la obtención de la Licencia Ambiental (Declaratoria de Impacto Ambiental) tiene dos pasos: Categorización del proyecto mediante el Formulario de Nivel de Categorización y Elaboración de los documentos que correspondan según categoría asignada.

Bolivia tiene gran abundancia del recurso agua que, es la base para la generación hidroeléctrica. Lamentablemente, dicho recurso presenta problemas críticos de contaminación por actividades como la minería, agricultura con pesticidas, efluentes de centros urbanos, turismo desordenado, etc., además de la incidencia de fenómenos naturales extremos, como inundaciones y sequías, que agravan su acceso y uso, a lo que se suma la incipiente política nacional de desarrollo de los recursos hídricos, que ahonda los conflictos por el uso del agua a nivel regional y nacional.

El departamento de Chuquisaca constituye uno de los nueve departamentos, en que se divide Bolivia. Su capital es la ciudad de Sucre, que además es la capital de Bolivia y sede del poder judicial. Está ubicado en el centro sur del país, limitando al norte con el departamento de Cochabamba, al este con el departamento de Santa Cruz y Paraguay, al sur con el departamento de Tarija y al oeste con el departamento de Potosí. Con 51 524 km² es el segundo departamento menos extenso, por delante del departamento de Tarija.

El departamento cuenta con una población de 581.347 habitantes (según el Censo INE 2012). En cuanto a su posición demográfica a nivel nacional, la población del departamento representa al 5.48 % de Bolivia. Administrativamente el departamento de Chuquisaca se encuentra conformado por 10 provincias que, a la vez, estos se encuentran divididos en 29 municipios. El municipio de Sucre es el más poblado con una población de 261.201 habitantes, concentrando al 44.93 % del total de la población departamental.

Cuadro N°2
Departamentos de Bolivia según el tamaño de su economía PIB en 2022

Posición	Departamento	Producto Interno Bruto (M.M.US\$)	Participación en el PIB nacional (%)
1°	Santa Cruz	16.955	30,66
2°	La Paz	12.279	27,71
3°	Cochabamba	7.764	14,57
4°	Tarija	3.112	6,88
5°	Potosí	2.880	6,36
6°	Chuquisaca	2.407	5,12
7°	Oruro	2.196	4,95



8°	Beni	1.768	2,80
9°	Pando	424	0,94
Total	Bolivia	49.356	100,00

Fuente: Extractado del Instituto Nacional de Estadística INE – 2023

Cuadro N°3
PIB per cápita de los departamentos de Bolivia en 2022

Puesto	Departamento	PIB per cápita (US\$)	País comparable
1°	Tarija	5.072	El Salvador
2°	La Paz	4.023	Vietnam
3°	Oruro	3.970	Cabo Verde
4°	Santa Cruz	3.966	Cabo Verde
Promedio	Bolivia	3.691	Bolivia
5°	Chuquisaca	3.433	Filipinas
6°	Potosí	3.076	Honduras
7°	Cochabamba	3.049	Honduras
8°	Pando	2.555	Costa de Marfil
9°	Beni	2.406	República del Congo

Fuente: Extractado del Instituto Nacional de Estadística INE - 2023

Según datos oficiales del Instituto Nacional de Estadística de Bolivia en el 2022, la economía de todo el departamento de Chuquisaca (producto interno bruto), alcanzó los US\$ 2.407 millones de dólares, con lo cual llega a ocupar el 7° lugar y representa un apenas 5.12 % del total de la economía de Bolivia (US\$ 49.356 millones). En cuanto al ingreso por habitante (PIB per cápita) que es más representativo respecto a la distribución del ingreso, el departamento cerró el mismo año con US\$ 3.433 en promedio por cada chuquisaqueño, que se encuentra por debajo del promedio nacional (3.691 US\$/habitante) y es comparable con la economía de las Filipinas.

Al presente, se estima que su situación de desarrollo ha involucionado en vez de crecer, debido al trato discriminatorio del poder nacional, los elevados índices de migración, y la incipiente actividad propia de las regiones marginadas del eje central. Ocupando los penúltimos niveles (7° y 8° lugares) en cuanto a economía y empresas, índices de desarrollo humano y demás factores sociopolíticos en desmedro de bienestar de la población.

Metodología.

Como se hizo referencia en el acápite del “Resumen”, al constituir un artículo de investigación de tipo básico y por ende responder a un diseño descriptivo. El método aplicado implica atenta observación y un registro fiel de lo observado, respecto a las características y datos técnicos de los proyectos existentes en portafolio, utilizando distintos instrumentos para la recolección de datos técnicos y estadísticos, extraídos de la documentación citada como fuentes principales, y la observación participante.

Se adopta el método deductivo en las etapas de discusión y conclusiones, que como es conocido, consiste en un procedimiento que utiliza el razonamiento más general y lógico, hasta llegar al hecho concreto, referido a la ponderación de los factores para calificar y evaluar los mejores proyectos. Es decir, que se empleó la



simple lógica para extraer conclusiones a partir de la serie de información sistematizada, a objeto de probar y demostrar racionalmente, un nuevo discernimiento con fundamento en los conocimientos anteriores (Urrutia, 1988, p. 317).

Simultáneamente se aplicó el Método Analítico: (Gutiérrez- Sánchez 1990, p.133) definido como “aquel que distingue las partes de un todo y procede a la revisión ordenada de cada uno de los elementos por separado”, útil para trabajos de investigación documental como el presente que, consiste en revisar en forma separada todo el acopio del material necesario para la investigación. Para realizar este análisis, se ha seguido la siguiente metodología:

- Identificación de proyectos en base a información disponible de ENDE.
- Recopilación de datos de los proyectos (ubicación, características, áreas protegidas, altura de represas y ubicación, área de inundación y área de afectación, etc.) y adopción de la metodología diseñada para la ponderación, en base a clasificación de criterios técnicos, del estudio elaborado por ENERGÍA -WWF (2020).
- Utilización de estadísticas socioeconómicas publicadas por el INE.
- Recopilación de antecedentes, características y datos técnicos del estudio “El faro que ilumina con la energía del Sur, el desarrollo y la integración de Bolivia” Rodríguez & Baldivieso.
- Revisión de información (parámetros y estándares técnicos, cotizaciones, etc.) de diversas fuentes oficiales obtenidas del Google.
- Construcción de tablas que integren y sintetizen la información lograda.
- Ponderación de los impactos directos de la ejecución del proyecto Carrizal en la economía nacional y regional.
- Aplicación del método del Flujo de Caja Descontado, para el cálculo de coeficientes de evaluación financiera.
- Análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Resultados.

En primera instancia, a efectos de instaurar parámetros de comparación entre los 12 proyectos hidroeléctricos que se encuentra agendados a nivel nacional, con el cometido de lograr una metodología que posibilite su priorización, se recurrió al mencionado estudio titulado “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética”, elaborado por una institución especializada denominada ENERGETICA (Energía para el desarrollo), que es una organización no gubernamental que trabaja en el campo de la energía, el desarrollo sostenible y el cambio climático, respaldada por el WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza) que es otra de las organizaciones independientes de conservación más grandes del mundo, cuenta con el apoyo de más de 5 millones de personas y una red mundial activa en más de 100 países, su misión es detener la degradación del ambiente natural del Planeta y construir un futuro en el que los seres humanos vivan en armonía con la naturaleza, al conservar la diversidad biológica del mundo, garantizar que sea sostenible el uso de los recursos naturales renovables y promover la reducción de la contaminación y el consumo excesivo. Motivos por los cuales se dispone de una adecuada base de datos e información fidedigna, confiable y actualizada.

Cuadro N°4
Densidad de potencia y energía generada por km² de embalse

Proyecto	Potencia (MW)	Embalse (Km ²)	Densidad 1 (MW/Km ²)	Energía (GWh)	Densidad 2 (GWh/Km ²)
Chepete	3.251,0	677	4,8	15.470,0	22,9
Cachuela	990,0	690	1,4	5.465,0	7,9
Rositas	600,0	449	1,3	3.000,0	6,7



El Bala	425,0	94	4,5	2195,0	23,3
Ivirizu	290,0	1	290,0	1.119,0	1.119,0
Complejo Corani - Santa Isabel - San José	271,0	18	15,1	1.677,0	93,2
Misicuni	120,0	4,6	26,1	217,0	47,2
Icona	102,0	4,23	24,1	447,0	106,0
Molineros	101,0	90	1,1	442,0	4,9
Carrizal	346,0	20	17,3	1.515,0	76,0
Huacata	10,7	1,54	6,9	16,4	10,6
Cambarí	93,0	22,5	4,1	407,0	18,0

Fuente: extractado de "Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética", ENERGETICA, 2020.

Tal como se abordó en el acápite de la fundamentación teórica (Cuadro N°1), se puede apreciar en el cuadro precedente (Cuadro N°4), que el proyecto más grande en cartera resulta ser el Chepete, el cual generaría 3.251 MW y su embalse sería de 677 km², con una densidad de 4,8 MW y 22,9 GWh/año por cada km² de embalse. Descartando el proyecto Ivirizú por su reducido embalse (1 Km), que distorsiona el análisis comparativo. Respecto al parámetro de densidad de potencia/ km² los mejores 3 proyectos resultan ser: Misicuni, Icona y Carrizal, muy por encima de los demás.

Considerando la densidad de energía/ km², sucede que se categoriza como mejores proyectos a: El Complejo Corani, Icona y el Carrizal. De manera tal que el proyecto Carrizal objeto de estudio, contaría con una potencia de 346 MW y una potencia de 1.515 GWh/km², que lo sitúan entre los 3 primeros lugares, en cuanto Densidad 1 (potencia/embalse) representa un interesante 3° lugar y coincidentemente en Densidad 2 (Energía/embalse) también ocupa el 3° lugar, aspecto que de por sí solo, lo ubica en un sitio preferente en relación al resto de los otros 9 proyectos que conforman el portafolio. Según el Panel Internacional de Cambio Climático-IPCC, (CDM UNFCCC, 2006), se indica que centrales hidroeléctricas con una densidad mayor a 10 W/m², son proyectos elegibles, en los cuales las emisiones del embalse pueden ser omitidas. Parámetro por el cuál dejarían de ser elegibles 7 de los 12 proyectos del portafolio: Molineros, Rositas, Cachuela Esperanza, El Bala, Chepete, Cambarí y Huacata, en ese orden. Cabe aclarar que, en los casos del complejo Corani – Santa Isabel – San José, tres hidroeléctricas en cascada que aprovechan el embalse de la laguna de Corani de 18 km², conjuntamente el proyecto Misicuni con su embalse de 4,6 km², actualmente ya están en operación.

Cuadro N°5
Características técnicas de los proyectos hidroeléctricos objeto de estudio

Proyecto	Alto de la presa (mtrs.)	Cota de coronación (m.s.n.m)	Parte de la cuenca	Impactos
Ivirizu Cochabamba	105	2180	Se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Mamoré. El gradiente altitudinal va desde los 4700 hasta los 300 msnm	Una de las regiones más biodiversas del país (jaguar, jucumari, especies endémicas, amenazadas) (SERNAP, Maravillas Naturales de Bolivia), no investigada en su totalidad, Habrá desplazamiento de fauna, como parte de un proceso de sobrevivencia debido a la destrucción de su hábitat.

Molineros Potosí Cochabamba	67	2030	El proyecto se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Grande, en la primera subcuenca del río Caine	En esta Subcuenca se encuentran los valles de Cochabamba, caracterizados por una gran producción agrícola que, combinados con los riesgos geológicos clasificación de riesgo moderado alto y alto.
Rositas Santa Cruz	162	595	Se ubica en la parte baja de cuenca, en la última estribación de la cordillera antes de entra a la llanura chaqueña	Afectará 10 comunidades que serán afectadas y otras 23 que serán reubicadas. Además del área protegida del parque Ñao y otros.
Carrizal Chuquisaca Tarija	160	2206	El proyecto se encuentra en el río Pila-ya que es un nacimiento del río Pilcomayu.	Podría generar retención de una cantidad de sedimentos que son necesarios aguas abajo para el desarrollo normal del ecosistema.
Huacata Tarija	-	-	Se encuentra en el río del mismo nombre que es afluente del Pilcomayu.	Al existir la presa, puede que los ecosistemas ya se hayan adaptado y no tengan problemas.
Cambarí Tarija	120	635	Se encuentra dentro de la cuenca de los ríos Pilcomayu y Bermejo.	Esta reserva del Tariquia, es importante porque constituye área de transición de biodiversidad que vincula los ecosistemas de Bolivia y Argentina.
Madera Pando	-	-	Se encuentra en la llanura de inundación del río Madera y Beni.	Al ser parte del complejo en una misma cuenca, la magnitud de los impactos es mayor por retención de sedientos y emisión de gases.
Cachuela Esperanza Pando	117	690	Se ubica en la confluencia de los ríos Madera y Beni.	La construcción de una represa tendría efectos adicionales, debido a los niveles de saturación de suelos que se registran antes de la llegada de extremos pluviales y la disminución de escorrentía o drenaje. Se prevé al menos 50 comunidades afectadas en algún grado y serios impactos a los ecosistemas involucrados.
Chepete La Paz Beni	183	400	Parte baja de la cuenca andina del río Beni, justo donde el río cruza las últimas estribaciones de la cordillera de los Andes antes de ingresar a la llanura amazónica, antes de la población de Rurrenabaque y San Buenaventura.	El río Beni es el que mayor cantidad de sedimento arrastra en la cuenca del río Madera, lo que técnicamente ocasionaría una gran acumulación en el embalse, que representa costos millonarios para el dragado. se toman en cuenta los altos costos ambientales y los impactos en temas de biodiversidad, emisión de GEI, ruido, entre otros.
El Bala La Paz Beni	216	635	Parte baja de la cuenca andina del río Beni, justo donde el río cruza las últimas estribaciones de la cordillera.	Impactos negativos, provocados por la construcción de caminos nuevos, extracción de áridos para la construcción, desmonte y llenado de embalses, impactos asociados al tendido de la línea de transmisión.



Camata La Paz Beni	-	-	Se encuentra entre los ríos Chayanta y Tamanpaya, cercanos a la población de Coroico.	Al ser parte de un complejo hidroeléctrico en una misma cuenca, la magnitud de los impactos con retención de sedimentos, emisión de gases por las características de la vegetación.
Icoma Cochabamba	120	-	Se encuentra aproximadamente en la parte media de la cuenca del río Espíritu Santo, en la subcuenca del río Paracti.	Es otra de las regiones más biodiversas del país (jaguar, jucumari, especies endémicas, amenazadas) (SERNAP, Maravillas Naturales de Bolivia), no investigada en su totalidad.

Fuente: extractado de “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética”, ENERGETICA, 2020 y otras diversas fuentes

En base a un somero análisis cualitativo de las características técnicas descritas en cuadro N°5, es posible arribar a la conclusión de que el Proyecto Carrizal, nuevamente se sitúa entre los más convenientes por cuanto sus particularidades físicas (altura de la presa) están por debajo del promedio, su situación geográfica resulta muy adecuada frente al resto de los proyectos, y principalmente su mínimo impacto al medio ambiente, además del tema de la distribución geopolítica a nivel regional.

Cuadro N°6
Proyectos Hidroeléctricos en Bolivia y Áreas Protegidas

Proyecto	Fuera de área protegida	Dentro de área protegida	Ubicación geográfica
Chepete		X	Madidi
Cachuela Esperanza	X		
Rositas		X	Ñao
El Bala		X	Pilón Lajas
Ivirizu		X	Carrasco
Complejo Corani - Santa Isabel - San José	X		
Misicuni		X	Tunari
Icona	X		
Molineros	X		
Carrizal	X		
Huacata	X		
Cambarí		X	Tariquí

Fuente: extractado de “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética”, ENERGETICA, 2020 y otras diversas fuentes.

En el cuadro precedente (Cuadro N°6) concerniente a la localización en áreas protegidas o restringidas, es posible apreciar que 6 proyectos, entre los que se encuentra el Carrizal, se localizan fuera de áreas protegidas, por el contrario, los otros 6 proyectos se localizaron en áreas protegidas: Chepete, Rositas, El Bala, Ivirizú, Misicuni y Cambarí. Siendo así que, dentro el territorio boliviano actualmente, existen categorías que en la legislación son: Parque nacional, Monumento Natural, Reservas de Vida Silvestre, Santuario Nacional, Área



Natural de Manejo Integrado y Reserva Natural de Inmovilización, motivos por los cuales, en rigor legal, ni siquiera debieran haber dado curso a la realización de sus estudios de pre inversión.

Según se explica, en casos donde hay áreas inundadas se debe complementar estos indicadores físicos con otros como, por ejemplo, la estimación de las emisiones de GEI (Mitigación de Gases Efecto Invernadero) en los embalses. Así, si una central hidroeléctrica de embalse emite más CO2 (dióxido de carbono) que el permitido, resultaría descartada, pues generaría otros impactos negativos en el medio ambiente.

En Bolivia, no existe una normativa especializada que permita evaluar los impactos socioambientales del sector energía, ni de los proyectos hidroeléctricos; por tanto, este tipo de proyectos se regulan únicamente en el marco de la Ley N° 1333 y sus reglamentos.

Discusión.

En este acápite, siguiendo la metodología de la fuente primordial adoptada, en el cuadro N°4 se exponen los resultados cuantificados, en función a las consideraciones adoptadas para la definición de criterios. En tal sentido, las densidades de potencia y energía, permiten establecer una conclusión técnica precedente en razón de que, los proyectos hidroeléctricos más efectivos por unidad de área de embalse, son los que se encuentran en las faldas de las cordilleras (Ivirizu, Misicuni, Corani-Santa Isabel- San José) junto a el proyecto ubicado en la cuenca del Pilaya (Carrizal) ya que, presentan una densidad de potencia mayor a 10 MW/km². Con estos criterios, se podría decir que, desde el punto de vista de la densidad energética de embalse: Molineros resulta ser el proyecto con el rendimiento más bajo por cada km² de terreno que se inunde para el embalse, seguido de los proyectos Rositas, Cachuela Esperanza, El Bala y Chepete, situándose en un nivel intermedio a los demás proyectos que, tampoco llegan al límite establecido para ser elegibles.

En base a la información recopilada de la misma fuente, referente a la ubicación de los proyectos tanto respecto a las características técnicas de cada proyecto (Cuadro N°5) y zonas biogeográficas, como a áreas protegidas (Cuadro N°6), se definieron algunos criterios que, podrían coadyuvar en la identificación de proyectos hidroeléctricos y su posterior evaluación de factibilidad. Estos criterios, fueron definidos principalmente en función a información disponible de manera pública, y que permite con un análisis rápido, dar un indicio sobre la factibilidad (aspectos energéticos y económicos) del proyecto y la sensibilidad ambiental, en función de las diferentes zonas en las cuales se planifica implementar las centrales hidroeléctricas.

Para la ponderación de la relación económica Costo/potencia, se recurrió a información extractada recientemente de ENDE Corporación, donde se establecen la cuantía de las inversiones en US\$ (Costos), de aquellos proyectos que cuentan con estudios completos, según la siguiente relación: Rositas 26.000 MM, El Bala 7.000 MM, Chepete 3.000 MM, Cachuela Esperanza 2.465 MM, Carrizal 900 MM, Ivirizu 550 MM, Molineros 330 MM, Huacata 300 MM, Cambarí 274 MM, Icona 260 MM. Del resto de los proyectos, no se dispone de información debido a que sus estudios a diseño final, o aún no fueron concluidos.

Cuadro N°7
Relación de Costos de Inversión por potencia generada

Proyecto	Costo de inversión (MM de USD)	Potencia (KW)	Relación Costo/potencia USD/KW
Chepete	3.000	3.251.000	922,79
Cachuela Esperanza	2.465	990.000	2.489,89
Rositas	26.000	600.000	26.262,62
El Bala	7.000	425.000	16.470,59
Ivirizu	550	290.000	1.896,55
Complejo Corani - Santa Isabel - San José	n/d	271.000	-
Misicuni	n/d	120.000	-



Icona	260	102.000	2.549,02
Molineros	330	101.000	3.267,33
Carrizal	900	346.000	2.601,16
Huacata	300	10.700	28.037,38
Cambarí	274	93.000	2.946,24

Fuente: Elaboración propia en base a información de ENDE Corporación, y datos del cuadro N°4.

Del cuadro precedente (N°7), se deduce que los proyectos que presentan mayor costo de inversión por KW a ser generado, son Huacata y Rositas, al contrario, el proyecto más eficiente aparentemente sería Chepete, seguido muy de cerca por los proyectos: Cachuela Esperanza, Icona y Carrizal con mínimas diferencias a favor. Recalcando que, generalmente este factor económico, resulta ser el primordial a la hora de adoptar decisiones de inversión.

A efectos de disponer de una valoración de cada criterio, la fuente técnica consultada plantea una valoración entre -1 y 1, donde, -1 es una situación de muy alto riesgo, 0 significa sujeto a estudios y +1 situación razonable con impactos controlados.

Cuadro N°8
Criterios de Análisis de Viabilidad asumidos para Proyectos Hidroeléctricos

Simbología	Criterio	Condición	Ponderación	Situación previsible o acciones a realizar
CR1	Ubicación respecto a un área protegida	Centro del área protegida	-1	Mayor intervención del área (apertura de caminos, campamentos, maquinaria, etc.)
		Límite del área protegida	0	Elaboración de estudios específicos para definir la sensibilidad del área (zonas endémicas, lugares de reproducción, etc.)
		Fuera del área protegida	1	No afecta ningún área protegida
CR2	Zonas biogeográficas	Bosques amazónicos (elevada cantidad de vegetación, especies acuáticas, dependientes)	-1	Debido a las condiciones climáticas y la gran cantidad de biomasa que queda sumergida, la generación de GEI es muy elevada incluso comparando con otros problemas.
		Bosques secos interandinos.	0	Evaluación del aporte de sedimentos y escenarios de endemismo.
		Puna	1	Posiblemente uno de los escenarios más proclives para la creación de embalses debido a la escasa cantidad de materia orgánica.



CR3	Costo/potencia	Menor a USD3000/KW.	1	Puede ser económicamente competitivo contra otras tecnologías.
		Mayor a USD 3000/KW.	-1	La viabilidad económica es dudosa, exige un mayor tiempo de recuperación
CR4	Tasa de generación kW/km2	< 10 MW/km2	1	Mayor impacto ambiental.
		> 10 MW/km2	-1	Menor impacto ambiental

Fuente: extractado de “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética”, ENERGETICA, 2020 y actualizado con costos de Inversión de Oil y Gas Magazine.

Además de los impactos socioambientales, las hidroeléctricas afectan con la emisión de gases de efecto invernadero, dado que la descomposición de la materia orgánica al interior de las represas, produce gases como dióxido de carbono y metano, que tienen influencia directa en el calentamiento global.

Con base a la evaluación de los criterios mencionados anteriormente, se establecen las siguientes tres posibles conclusiones:

Recomendable: Significa que, el proyecto no presenta un índice negativo en ninguno de los criterios aplicados, está claro que como todo proyecto hidroeléctrico tiene impactos, sin embargo, puede que los mismos puedan ser mitigados con diferentes medidas.

Evaluación complementaria: Indica que, el proyecto presenta un índice negativo a alguno de los criterios y que requerirá una evaluación complementaria que, tenga que ver con la ubicación, diseño o concepción del proyecto.

No recomendable: Indica que, el proyecto tiene al menos dos indicadores negativos y que uno de ellos corresponde a la ubicación del mismo respecto a un área protegida, en este sentido no se recomienda ejecutar el proyecto de la manera planificada, pues lo mejor sería reubicar el mismo, en busca de alternativas que impliquen menor impacto.

En base a la aplicación de los criterios mencionados, se tiene los siguientes resultados en cuanto a qué proyectos no debería ser ejecutados y cuáles podrían ser opciones atractivas para generación eléctrica.

Cuadro N°9
Ponderación en función a la aplicación de los Criterios por Proyecto

Proyecto hidroeléctrico	CR1. Ubicación geográfica	CR2. Zona biogeográfica	CR3. Relación Costo /potencia	CR4. Relación Generación/ Embalse	Conclusión
Ivirizu	0	0	-1	1	Recomendable, pero sería necesario contar con estudios sobre el área protegida y la zona biogeográfica



Icona	1	0	1	1	Recomendable.
Molineros	1	0	-1	-1	Evaluación Complementaria
Rositas	0	-1	-1	-1	No Recomendable
Carrizal	1	0	1	1	Recomendable.
Huacata	1	0	-1	-1	Evaluación Complementaria
Cambarí	-1	0	1	-1	No Recomendable
Madera	0	-1	-	-1	Evaluación Complementaria
Cachuela Esperanza	1	-1	1	-1	No Recomendable
Chepete	-1	0	1	-1	No Recomendable
El Bala	0	-1	-1	-1	No Recomendable
Camata	0	-1	-	-1	Evaluación Complementaria

Fuente: Elaboración propia en base a información de ENDE corporación, complementada con datos de “Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética, ENERGETICA”, 2020.

La normativa ambiental vigente, en el caso de proyectos hidroeléctricos, exige la consulta pública en el marco del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA), que simplemente se ha convertido en un procedimiento burocrático para el licenciamiento, donde se expone de forma sucinta a la comunidad los potenciales impactos del proyecto y se suscribe un acta como resultado del proceso de consulta.

Entre los “Proyectos Recomendables”, estuviesen el proyecto Icona y Carrizal acompañados de Ivirizú, que aún requiere estudios complementarios. Cuatro son los “Proyectos con Evaluación Complementaria”, Molineros, Huacata, Madera y Camata. Por último, estarían como “Proyectos No Recomendables” Rositas, Cambarí, Cachuela Esperanza, Chepete y El Bala.

A efectos de medir la factibilidad financiera del proyecto, se utilizó la metodología del flujo de caja descontado, considerándose como costos de inversión 900 millones de U\$S extractados del presupuesto establecido en el estudio a nivel de diseño final, complementado de reinversiones quinquenales por un monto del 10% destinadas a mantenimiento de los activos fijos. Se estimó un valor de 235 millones de U\$S/año de beneficios operativos provenientes del ahorro por la sustitución de uso de gas natural a precios de mercado. Se asumió un horizonte de evaluación de escasamente 25 años (se estima 40 años para represas de este tipo), y una tasa de descuento del 7 % (WACC) que representa el costo de capital y el riesgo país. Admitiendo que los costos anuales de operación, serán cubiertos por los ingresos tradicionales resultantes de la venta energía eléctrica. Adicionalmente se contemplan los pagos a intereses por el posible financiamiento externo de 720 millones de U\$S (80 % de la inversión) a un plazo de 12 años, incluido el período de gracia de 5 años, y una tasa de interés de fomento del 4 % anual sobre saldos deudores (que es la habitual para estos proyectos).



Cuadro N°10

Proyección de flujos financieros para el horizonte de evaluación y el cálculo de coeficientes financieros para el proyecto “El Carrizal”

Concepto /año	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Inversiones	-225	-225	-225	-225	-	-	-	-	-
Reinversiones	-	-	-	-	-100	-	-	-	-
Beneficios operativos	-	-	-	-	235	235	235	235	235
Valor residual activos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Intereses	-9	-18	-27	-36	-36	-36	-25	-21	-17
Flujo de Caja	-234	-243	-252	-261	99	199	210	214	218
Amortización a la deuda	-	-	-	-	-	-100	-100	-100	-100
Saldo anual	-234	-243	-252	-261	99	99	110	114	118

10	11	12	13	14	15	16-19	20	19-24	25
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-100	-	-	-	-	-100	-	-100	-	-100
235	235	235	235	235	235	235	235	235	235
-13	-9	-5	-	-	-	-	-	-	338
122	226	230	235	235	135	235	135	235	473
-100	-100	-120	-	-	-	-	-	-	-
22	116	110	235	235	135	235	135	235	473

Fuente: Elaboración propia, en base a datos técnicos extraídos de los estudios del proyecto “Carrizal” y presupuestaciones elaboradas a través de parámetros financieros y cotizaciones de mercado.

De donde se calcula una TIR del 15% (muy superior al 7% de WACC) y un VAN (7%) de 866,67 millones de U\$S, que reflejan un elevado nivel de rentabilidad y una cuantiosa ganancia actualizada al presente. Por lo que, queda generosamente demostrada la factibilidad financiera del proyecto en beneficio del Erario Nacional. Además de la capacidad de pago del proyecto que, al generar liquidez financiera durante todo el periodo de funcionamiento, garantiza el apalancamiento externo para su financiamiento.

Como se explicitó en el acápite de la introducción, si bien la viabilidad, factibilidad y, por ende, la prioridad para la ejecución del proyecto Carrizal, se encuentra pródigamente demostrada, ahora corresponde analizar los impactos directos en beneficio del País y de las regiones.

De acuerdo a los postulados definidos en estudio a nivel de diseño final del proyecto hidroeléctrico El Carrizal, su finalidad directa se orienta a la generación de energía hidroeléctrica, el control de crecidas y erosión de los ríos, y la disponibilidad de agua regulada para abastecimiento humano, riego, uso industrial, piscicultura, y recreación. Beneficiando la primera al ámbito nacional y la segunda exclusivamente a ciertas regiones del departamento de Tarija que serían favorecidas con el riego de 90.000 hectáreas. Siendo que, el área de implantación del proyecto, se encuentra prácticamente en el departamento de Chuquisaca cercano al límite departamental con Tarija. En tal sentido, se hace necesario examinar y estructurar una estrategia que posibilite desarrollar beneficios directos para Chuquisaca, como mecanismos de compensación por la utilización de sus recursos naturales y la afectación a su medio ambiente.

Al respecto, revisada la normativa vigente en este campo, se pudo concluir en sentido de no existir disposición alguna que defina algún resarcimiento legal por este concepto, a diferencia del sector minero, forestal e



y, Sin embargo, se conoció que la ICAM Cochabamba (Cámara de Industria y Comercio), propuso en el 2021 el pago de regalías por generación de energía eléctrica, porque considera que dicho pago es legal, dado que creen que las regalías son un derecho del departamento. La ley señala que tienen derecho a regalías todos los recursos no renovables. Considerando al agua, como un patrimonio no cambiante, resultase ser un producto finito, por lo que están promoviendo que exista justicia económica para Cochabamba. La discusión estará en torno de cómo se califique al agua como recurso, porque si se lo considera un recurso natural renovable no correspondería el pago de regalías, dado que el beneficio se aplica cuando hay explotación de productos no renovables.

De manera tal que, al comprobar que no existiría coherencia en el ámbito legal para obtener un beneficio económico por este concepto, es que se decide proponer como estrategia administrativa-legal, el conseguir que se dicte una normativa transitoria, por el tiempo de ejecución del proyecto (4 años), que defina un porcentaje añadido (10/100 puntos) en favor de todas las propuestas de ventas de origen regional provenientes de ofertas de empresas chuquisaqueñas, otorgando una ventaja comparativa que pueda en su caso, beneficiar a la economía departamental con una parte de las compras de insumos y servicios nacionales que, se estiman en alrededor de unos 400 MM de U\$\$, dado que el resto sería componente extranjero (500 MM de U\$). Aceptando la posibilidad de la existencia de un otro mecanismo que, pueda cumplir con el mismo objetivo.

En resumen, la estrategia de compensación para Chuquisaca, consistiría en priorizar la adjudicación de las compras nacionales mediante una ley temporal que otorgue un 10% adicional de puntuación en favor de las ofertas regionales, que cumplan los demás requisitos establecidos en los DBCs (documentos base de contratación), u otro dispositivo similar que cumpla con el objetivo trazado. Estableciendo de esta forma, un mecanismo de compensación coyuntural por la utilización de los recursos naturales que en justicia corresponde.

En base a los postulados explicitados, se procede a la estimación de los impactos (beneficios) directos del proyecto en la economía nacional y departamental respectivamente.

Cuadro N°11
Cuantificación de los posibles impactos económicos directos por la implementación del proyecto “El Carrizal”

Impacto económico	Concepto	Valoración (U\$\$)
A nivel País	Por la sustitución del consumo de gas natural mediante el empleo del agua a ser represada que, se podrá disponer para la exportación. (235 MM U\$\$ /año por 25 años = 5.875 MM U\$\$)	Al dejar de consumir por día más de 50 millones de pies cúbicos de gas natural (52.8 MMPC/Día) a un costo subvencionado de 1,20 U\$\$/MPC, que se podría comercializar a un precio internacional promedio de 13,4 U\$\$/MPC durante cada año, se tiene un beneficio de 235 MM U\$\$ /año. (12,2 U\$\$/MPC x 52.8 MMPC/Día x 365 días/año).
Para Tarija	Por la dotación de riego a zonas del departamento de Tarija (Villamontes, Sachapera, Ivibobo, Crevaux) que podría duplicar su productividad en un cultivo agrícola típico de la zona. (54 MM U\$\$ /año x 25 años = 1.350 MM U\$\$)	Se pretende regar 90.000 hectáreas, si se cultiva soja que tiene un rendimiento promedio de 3 toneladas por hectárea y se considera un precio racional de 350 U\$\$/tonelada, es posible generar alrededor de 54 MM U\$\$/año de ingresos adicionales. (90.000 hectáreas x 2 toneladas/hectárea x 300 U\$\$/tonelada)



<p>Para Chuquisaca</p>	<p>Gracias a la aprobación de un incentivo compensatorio (10%) en la adjudicación de compras nacionales en beneficio de las ofertas provenientes de la región. (cemento 132 MM U\$S + áridos 24 MM U\$S + transporte 24 MM U\$S + sueldos y salarios 28 MM U\$S + gastronomía 9 MM U\$S + otros varios 30 MM U\$S = 247 MM U\$S)</p>	<p>La construcción de la presa requerirá 2 millones de M³ de hormigón H60, más otras obras significa el uso 1,2 millones de toneladas de cemento, a un precio de 110 U\$S/tonelada, es posible un ingreso de 132 MM U\$S durante toda la obra (1,2 millones de toneladas x 110 U\$S/tonelada) De forma directamente proporcional, se beneficiaría al sector transporte con el flete de cemento, con un monto total de 24 MM U\$S (1,2 millones de toneladas x 20 U\$S/tonelada), Se requerirá alrededor de 1.000 empleos directos durante 4 años, con un salario mensual de 500 U\$S, se podrá generar en promedio 28 MM U\$S (1.000 empleados x 500 U\$S/mes x 14 sueldo/año x 4 años) En gastronomía, considerando un gasto promedio 7 U\$S/ empleado/ día, significaría un valor de 9 MM U\$S/año (7 U\$S/ empleado/día x 1.000 empleados x 320 días laborables/año x 4 años) Por la compra de otros materiales de construcción, ropa de trabajo, hotelería, insumos varios, etc., en forma global se puede estimar en alrededor 32 MM U\$S (8 MM U\$S/año x 4 años)</p>
------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia, en base a datos técnicos extraídos de “El faro que ilumina con la energía del Sur, el desarrollo y la integración de Bolivia” y cotizaciones de mercado.

Como se aprecia en el cuadro N°10, de antemano existen beneficios importantes para el País por la sustitución del consumo de gas natural pronosticado en alrededor de 5.875 MM U\$S para los próximos 25 años, por el empleo del agua represada para el riego en favor de Tarija aproximadamente de 1.350 MM U\$S durante el mismo periodo. A diferencia de Chuquisaca, que hacerse realidad la estrategia propuesta, podría llegar a percibir ingresos de cerca de 247 MM U\$S distribuidos durante la etapa de implementación del proyecto (4 años).

Conclusiones.

De forma concreta, se presentan las conclusiones arribadas respecto al cumplimiento de los objetivos trazados para el presente trabajo de investigación.

En cuanto a la viabilidad técnica de la ejecución de los proyectos, es procedente manifestar contundentemente la amplia ventaja comparativa del CARRIZAL, frente a todos los demás proyectos agendados, por cuanto como resultado de la evaluación de los aspectos técnicos, mereció la calificación de “Recomendable” conjuntamente el proyecto ICONA (Cuadro N° 9), con la importante diferencia a favor respecto a la dimensión de su capacidad en la generación de potencia 346,0 MW que representa 3,4 veces más, y en energía 1.515 GWh que, coincidentemente, también supone 3,4 veces más que el proyecto ICONA. Ambos proyectos, en función a sus superficies de inundación permiten un rendimiento de generación que excede el mínimo establecido, a diferencia del resto de proyectos analizados. Entre los Proyectos con “Evaluación Complementaria”, están CAMATA que también está en una zona montañosa y, dependiendo del tipo de central podría no causar impactos fuertes en el ecosistema. HUACATA que, si bien no llega al rendimiento mínimo para ser elegible, ya cuenta con la presa y el embalse construidos desde hace años, por lo que de alguna manera se espera que ya se ha adaptado. El proyecto MOLINEROS, generará 1,1 MW/Km², motivo por el cuál tampoco es justificable. En referencia los proyectos calificados como “No Recomendables”, poco o nada se puede hacer, siendo así que los proyectos más problemáticos resultan ser aquellos que se ubican en áreas protegidas de gran importancia ecológica, como CHEPETE y EL BALA (Parque Nacional y el Área Natural de Manejo Integrado - ANMI Madidi), y por otro lado, aquellos que se encuentran en áreas tropicales como ser CACHUELA ESPERANZA y MADERA, donde generan mayor impacto por tratarse de topografías casi planas con bastante biomasa, que generarían elevadas emisiones de GEI. El proyecto ROSITAS, a pesar de que no se encuentra en zona protegida, su área de inundación afectaría tres áreas protegidas (Parque Nacional y ANMI Serranía del Iñao, el Área Protegida Municipal Parabanó y el Área de Manejo Integrado Río Grande Valles), además que no logra cumplir el parámetro

mínimo de generación/área inundada, con el consiguiente rendimiento más bajo de todos. Motivos por los cuales, para las posteriores conclusiones, sólo se justificará hacer especial remembranza a los dos proyectos calificados como “Recomendables”, ICONA y CARRIZAL.

- » Desde la óptica de la factibilidad económica, medida por el grado de eficiencia del uso de recursos respecto a los rendimientos esperados de cada proyecto, es posible hablar de un “empate técnico” por cuanto, las relaciones Costo de Inversión/potencia generada, prácticamente resultan ser muy similares. Para el proyecto CARRIZAL se evaluó en 2.601 U\$S/KW y para ICONA en 2.549 U\$S/KW (Cuadro N°7), cuya interpretación expresaría que, el costo de inversión para generar un KW es ligeramente más alto en 52 U\$S (1,9%), lo que permite indicar que ambos proyectos serían igualmente eficientes, frente al resto de los proyectos que registran diferencias transcendentales, superando en muchos casos más del 100% del costo definido. Al respecto, la política energética del país está en construcción y tiene consecuencias en la planificación y la inversión pública, frente a la falta de una visión estratégica y la eficiencia en el uso de los recursos, esta política puede decantar en un efecto nocivo para Bolivia.
- » Concerniente a la factibilidad financiera del proyecto, está por demás ratificar su inmenso beneficio para el País, debido a que fuera de los ingresos ordinarios por la venta de energía eléctrica, la sustitución del uso de gas subvencionado para su generación, permitirá obtener un ahorro que se estima a precios de exportación, en alrededor de 235 MM U\$S /año durante la vida útil del proyecto (como mínimo 25 años). De forma tal que, el beneficio a nivel nacional es indiscutible, provocando un incremento en el valor del gas destinando a la exportación de entre 10 y 12 veces más en favor de: YPFB, Regalías e IDH para las Gobernaciones, Municipios, Universidades, Fondo Indígena (FONDIOC) y Fuerzas Armadas (FFAA), además de la generación de divisas (U\$S) en esa dimensión que hoy mucha falta nos hace. El PRC (período de recuperación de la inversión), se estima en aproximadamente 3,8 años, parámetro de liquidez financiera que garantizaría cuantiosas ganancias y solventes fuentes de repago, para cubrir las obligaciones emergentes de su financiamiento. Los coeficientes de evaluación financiera (TIR VAN) calculados en el cuadro N° 10, reflejan contundentemente la rentabilidad y la cuantiosa utilidad a ser generada en beneficio del Estado, para que en este caso, la industrialización efectivamente posibilite generar excedentes para ser utilizados en beneficios de la sociedad.
- » En referencia los impactos directos en la economía departamental, queda claro que Tarija se beneficiaría con la totalidad del riego, para una superficie de 90.000 hectáreas, que asumiendo índices agrícolas conservadores le permitiría obtener aproximadamente 54 MM U\$S /año por un término de 25 años, frente a 247 MM U\$S correspondientes a la etapa de implementación del proyecto, que Chuquisaca lograría obtener de manera transversal, de ser posible la aprobación de la estrategia administrativa diseñada, para que se establezca como mecanismo de compensación económica por la explotación de los recursos naturales para la construcción y funcionamiento de este proyecto (Cuadro N° 10). Motivos que, debieran unir a ambos departamentos a objeto de lograr la concientización, apoyo y respaldo de todas las instituciones representativas ante el Gobierno nacional.
- » Respecto al tema medioambiental que, en la actualidad resulta ser crucial, el CARRIZAL sin temor a equivocación, representa el proyecto con el menor impacto y daño ecológico, porque se encuentra “fuera de áreas protegidas” (Cuadro N° 6), pero además cabe puntualizar que, gracias a su ubicación geográfica resulta ser muy adecuado, por cuanto se localiza en la zona alta de la cuenca del Pilaya, a una altura de 2.206 m.s.n.m, donde por los terrenos áridos existe escasa flora y fauna, frente a su inmediato seguidor el proyecto ICONA, que se sitúa en la parte media del río Espíritu Santo que, es una de las regiones con mayor biodiversidad de fauna y flora endémicas amenazadas, haciendo notar que para este proyecto, recién se desarrollan los estudios de pre inversión, por lo que no se cuenta con altura de su ubicación exacta (Cuadro N° 5).
- » En referencia a la virtud y validez de los estudios a diseño final del proyecto multipropósito CARRIZAL, elaborado por la empresa accidental conformada por TYPASA de España, Engecorps Engenharia S.A. de Brasil, y Consultoría Internacional Multidisciplinaria Aguilar & Asociados S.R.L., resulta posible afirmar que se dispone de la garantía técnica y el respaldo necesarios, para apalancar el financiamiento externo y llevar inmediatamente a



- fase ejecución este importante proyecto que, podría constituir una excelente alternativa para formar parte del programa de conmemoración del Bicentenario.
- » En cuanto a los aspectos legales, respecto al proyecto CARRIZAL, se hace referencia a la promulgación y existencia de la Ley Nro. 462 de 19 de diciembre de 2013, que modifica la Ley Nro. 83 y establece en su Artículo Primero: “Se declara de prioridad nacional y departamental la construcción del proyecto múltiple el “Carrizal” - Sistema de riego Ivibobo en los Departamentos de Tarija y Chuquisaca, el cual generará recursos económicos que mejorarán las condiciones de vida e integración de ambos Departamentos”. A diferencia, de los otros proyectos que, aparentemente carecen de normas de esta naturaleza, que respalden su ejecución.
 - » Desde el punto de vista geopolítico, resulta lógico admitir el interés de ejecutar el proyecto CARRIZAL, por cuanto representaría la primera central hidroeléctrica ubicada en el departamento de Chuquisaca, ya que de acuerdo al “Plan de Desarrollo Económico y Social 2016 – 2020”, el proyecto Carrizal fue el único ubicado en el departamento de Chuquisaca, de un total de 15 plantas de energía hidroeléctrica a nivel nacional. Recordando que Bolivia, con su explotación de gas en declive, se enfrenta a una transición energética obligada e involuntaria. En 2014, el gobierno boliviano lanzó planes para producir el 75% de la energía con fuentes no fósiles para el 2025 a medida que las reservas de gas disminuyen, no tiene más remedio que desplegar las energías renovables, constituyendo la fuerza hidráulica la mas significativa en el mediano plazo. Sin embargo, lo que más se ha desarrollado del Plan Eléctrico del Estado Plurinacional de Bolivia 2025, son los proyectos termoeléctricos, los cuales requieren combustibles fósiles para funcionar, pero no así los de energías alternativas, lo que va en desmedro de los cumplimientos del Acuerdo de París de 2015 y el propio futuro de nuestro País.
 - » Durante la primera semana del presente año (2024), se conoció por declaraciones del presidente de ENDE Corp. (Empresa Nacional de Electricidad) que en la gestión 2023 se alcanzó una utilidad neta de 1.037 millones de bolivianos, lo que demuestra la rentabilidad de esta empresa. Así mismo, sin mayores detalles, anunció que se invertirán más de 1.000 millones de Bs en las hidroeléctricas Ivirizu (Cochabamba) y Miguillas (La Paz), para mejorar la eficiencia económica. Al respecto, cabe aclarar que, de hacerse realidad dichos proyectos la demanda de sustitución de generación hidráulica seguirá inalterable, por lo que se mantendrá la necesidad y justificación de la ejecución de otros proyectos adicionales, como el Carrizal.

Por todo lo expuesto, se llega a la conclusión final de que, en definitiva, queda demostrada la necesidad y conveniencia de ejecutar a la brevedad posible el proyecto CARRIZAL, para inclusive sopesar la incoherencia respecto a la prelación que algunos gobernantes, por presiones regionales y/o compromisos políticos, otorgaron inmerecidamente a otros proyectos de inversión. Reiterando, la necesidad de concientizar y considerar en forma previa, los análisis de impactos socioeconómicos y culturales, sobre las comunidades a ser afectadas.

Referencias.

- Castro. M. Mayén G. Ospina. J. (2019), “Impactos ambientales sociales y culturales de hidroeléctricas en Bolivia, Guatemala y Panamá”, Bolivia, Konrad Adenauer Stiftung e.V., 2019.
- ENDE, (2020), Proyectos Hidroeléctricos en Ejecución y en Estudio a junio 2019. Bolivia.
- ENERGETICA, Fernández. M. Martínez. A. (2020), Análisis preliminar de proyectos hidroeléctricos en Bolivia, sus impactos ambientales y la complementariedad energética, Bolivia, WWF.
- Gardilic. M. (2012), Diseño, Análisis y Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión Productiva. Bolivia. Consejo editorial USFXCH.
- HSAP. (2018), El Protocolo de Evaluación de la Sustentabilidad de la Hidroelectricidad, España, IHA.
- IPCC, (2011), Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. Estados Unidos, Universidad Cambridge.
- IPCC, (2006). “Panel Internacional de Cambio Climático”.
- McLellan et., World Wildlife Fund (2020), El poder de los ríos. Bolivia. Edición digital: WWF.



- Ministerio de Hidrocarburos y Energía, (2022), Plan para el Desarrollo de Energías Alternativas en Bolivia 2025, Bolivia, Estado Plurinacional de Bolivia.
- LIHI, (2016), Estándares del Instituto de Hidroelectricidad de Bajo Impacto. Bolivia. Biblioteca Digital CIREN.
- Rodríguez, F. Liebers A. (2021) El faro que ilumina con la energía del Sur, el desarrollo y la integración de Bolivia. Bolivia.
- TYPESA, “Engecorps Engenharia S.A, Consultoría Internacional Multidisciplinaria Aguilar & Asociados S.R.L. (2019), Estudio a diseño final del proyecto multipropósito “Carrizal”. Bolivia.
- WCD, (2000), “Criterios y Guías de Buenas Prácticas de la Comisión Mundial de Represas”. México, Comisión Federal de Electricidad.
- WDC/CMR (2000), “Represas y desarrollo. Un nuevo marco para la toma de decisiones”. World Comission on Dams (www.dams.org).

Anexos.



Sitio en el que se pretende emplazar el proyecto hidroeléctrico de El Carrizal. Foto: Jesús Vargas



