
CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.

El recurso hídrico constituye uno de los elementos más valiosos para el desarrollo social y económico de cualquier región. En Bolivia, y particularmente en el departamento de Tarija, la gestión adecuada del agua representa un desafío crucial frente a las condiciones climáticas variables y las crecientes necesidades de la población y la agricultura. El municipio de El Puente, ubicado en la provincia Eustaquio Méndez del departamento de Tarija, se caracteriza por una economía predominantemente agrícola y ganadera, donde el acceso y la administración eficiente del agua determinan en gran medida la productividad y sostenibilidad de estas actividades.

Las presas, como infraestructuras hidráulicas diseñadas para el almacenamiento y regulación de caudales, juegan un papel fundamental en este contexto. Estos sistemas permiten captar y almacenar agua durante las épocas de abundancia para su posterior uso en períodos de escasez, mitigando así los efectos de la variabilidad pluvial característica de la región. Sin embargo, pese a su importancia estratégica, hasta la fecha no se cuenta con un inventario técnico sistemático y actualizado de las presas existentes en el municipio de El Puente.

En la antigüedad, las presas se construían con el único fin de suministrar agua o irrigar. A medida que las civilizaciones se desarrollaron, hubo una mayor necesidad de suministro de agua, riego, control de inundaciones, navegación, calidad del agua, control de sedimentos y energía. Por lo tanto, las represas se construyen para un propósito específico, como suministro de agua, control de inundaciones, riego, navegación, control de sedimentación y energía hidroeléctrica. Una presa es la piedra angular en el desarrollo y gestión de los recursos hídricos de una cuenca fluvial. La presa multipropósito es un proyecto muy importante para los países en desarrollo, porque la población recibe beneficios internos y económicos de una sola inversión. (Comisión Internacional de Grandes Represas, 2023)

La demanda de agua aumenta constantemente en todo el mundo. No hay vida en la Tierra sin agua, nuestro recurso más importante aparte del aire y la tierra. Durante los últimos tres siglos, la cantidad de agua extraída de los recursos de agua dulce se ha multiplicado por 35

y la población mundial por 8. Con la población mundial actual de 5.600 millones de habitantes que sigue creciendo a un ritmo de unos 90 millones por año, y con sus expectativas legítimas de niveles de vida más elevados, se espera que la demanda mundial de agua aumente entre un 2 y un 3 por ciento adicional anualmente en las próximas décadas. (Comisión Internacional de Grandes Represas, 2023)

El Estado Plurinacional de Bolivia considera el acceso al agua como un derecho humano fundamental, debiendo, precautelar su calidad y uso, tanto para el consumo de la población como para la producción agrícola, la generación de energía eléctrica y las actividades industriales mineras (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 5).

El Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego considera una prioridad el conocimiento, control y reglamentación de este tipo de infraestructura de aprovechamiento de agua, especialmente de la resultante de la inversión pública. Por ello, se plantea - en un futuro - el establecimiento de una instancia técnica que controle los diseños, la calidad de construcción y sobre todo el funcionamiento de las presas insertas en la Gestión Integral de los Recursos Hídricos. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 5)

Las presas son de gran interés público por dos razones: la primera hace referencia a la función de almacenar y regular el agua para el bienestar de la sociedad, con sus múltiples usos; la segunda razón se refiere a los factores de riesgo de este tipo de infraestructura. Por ambos motivos, estas infraestructuras son consideradas como “estratégicas” (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 7).

La importancia es aún mayor en un país como Bolivia, donde la topografía accidentada montañosa, la alta demanda social de acceso al agua, y las necesidades de adaptación al cambio climático presentan grandes desafíos. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 7).

A través de este trabajo, se espera contribuir significativamente al conocimiento y gestión de las infraestructuras hídricas del municipio de El Puente, aportando información técnica

relevante para la toma de decisiones y la planificación estratégica orientada al desarrollo sostenible de la región.

1.2. ANTECEDENTES.

1.2.1. Inventario a nivel mundial.

La Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, por sus siglas en inglés) y (CIGB, por sus siglas en francés). Fue creada el 6 de julio de 1928 en París, Francia, como Comisión Internacional de Grandes Presas y cuenta con Comités Nacionales de más de 100 países con aproximadamente 10.000 miembros individuales.



Figura 1.1: Logotipo de la ICOLD.

Fuente: (Comisión Internacional de Grandes Represas, 2023)

La presente edición del registro, actualizada en diciembre de 2024, tiene en cuenta 62.339 presas. Se establecen estadísticas para 62.339 presas inscritas en el registro, siendo el “Rol” significativo para 42.825 presas.

Las aguas de esorrentía son un recurso natural para las naciones. Para los países en desarrollo, almacenar agua suele ser vital y, en cualquier caso, la única forma de desarrollar económicamente este recurso natural.

Los embalses dan principalmente garantía de suministro de agua para riego, uso doméstico e industrial durante las sequías y reducen los impactos negativos de las inundaciones.

El Registro Mundial es ampliamente reconocido como la mejor base de datos sobre represas en todo el mundo. Pero a pesar de todos los esfuerzos de ICOLD, faltan algunos datos. Al utilizar la base de datos para los cálculos, debe tener en cuenta que esos cálculos se realizan

sobre la base de los datos disponibles. Por lo tanto, se ignoran las presas para las que faltan datos.

Tabla N° 1.1: *Número y finalidades de las represas registradas.*

Código	Descripción	Presas con este único fin	Presas de usos múltiples con este fin
do	Control de inundaciones	2.512	5.195
F	Piscicultura	63	1.864
h	Energía hidroeléctrica	6.154	4.413
I	Riego	14.743	6.894
norte	Navegación	79	601
R	Recreación	1.521	3.288
S	Suministro de agua	3.462	5.254
t	Relaves	1.877	83
x	Otros	1.062	1.616

Fuente: *(Comisión Internacional de Grandes Represas, 2024)*

La demanda de agua aumenta constantemente y alcanzaría entre un 2 % y un 3 % anual en las próximas décadas.

Con su capacidad actual de almacenamiento total de aproximadamente 8.989 km³, las presas contribuyen significativamente a la gestión eficiente de recursos hídricos finitos, con una distribución desigual y sujetos a grandes fluctuaciones estacionales. Es necesario construir muchas más presas para garantizar el uso adecuado de este recurso, de acuerdo con la política de ICOLD establecida en el "Documento de posición sobre presas y medio ambiente".

Categorías principales de las presas.

Las presas referenciadas se pueden dividir en dos categorías principales:

- presas de un solo propósito (31.473) que representan el 50,5 %.
- presas multiuso (11.352) que representan el 18,2 %

a) presas de un solo propósito:

La distribución para cada propósito conduce a los siguientes resultados:

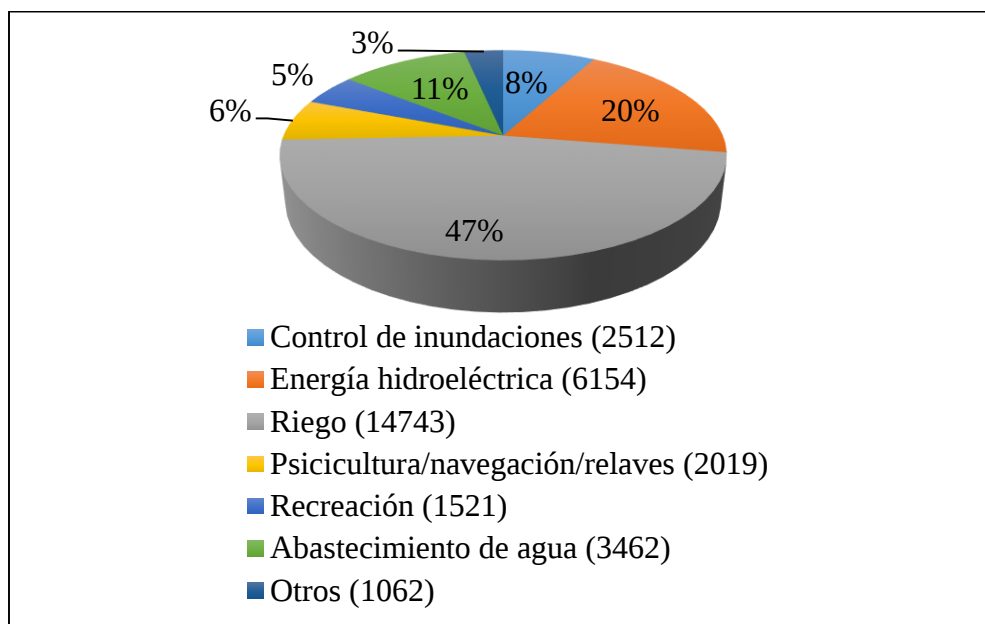


Figura 1.2: Porcentaje de presas de un solo propósito.
Fuente: (Comisión Internacional de Grandes Represas, 2024)

b) presas de usos múltiples:

La distribución por finalidades conduce a los siguientes resultados:

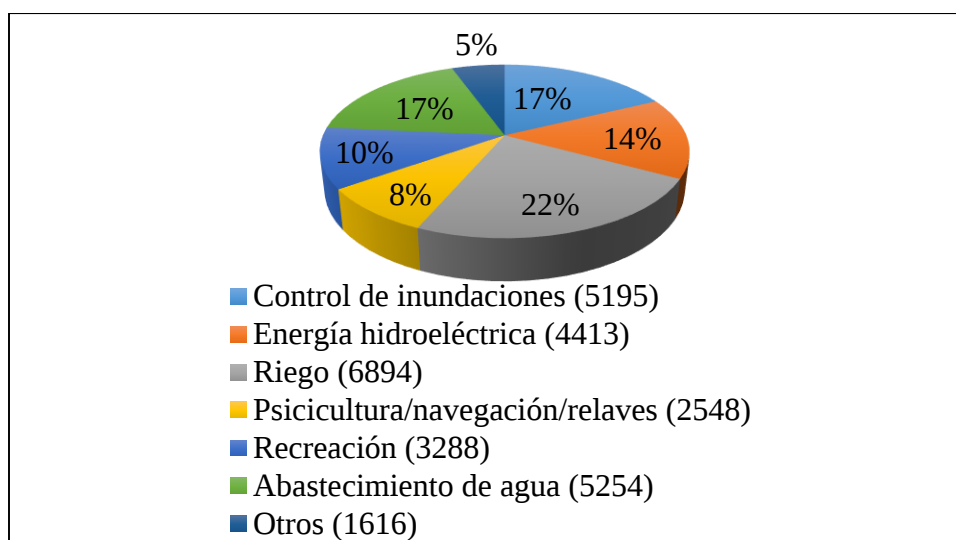


Figura 1.3: Porcentaje de presas de usos múltiples.
Fuente: (Comisión Internacional de Grandes Represas, 2024)

1.2.1.1. Tipos de presas según su material.

Las presas de tierra predominan en alrededor del 67 % de todas las presas declaradas. Este es, por supuesto, el tipo más antiguo y hay rastros de presas de tierra en los restos de las civilizaciones más antiguas. Además, este tipo de presa puede adaptarse a una amplia gama de cimentaciones diferentes. La segunda presa más alta del mundo es la presa de Nurek en Tayikistán (300 m de altura).

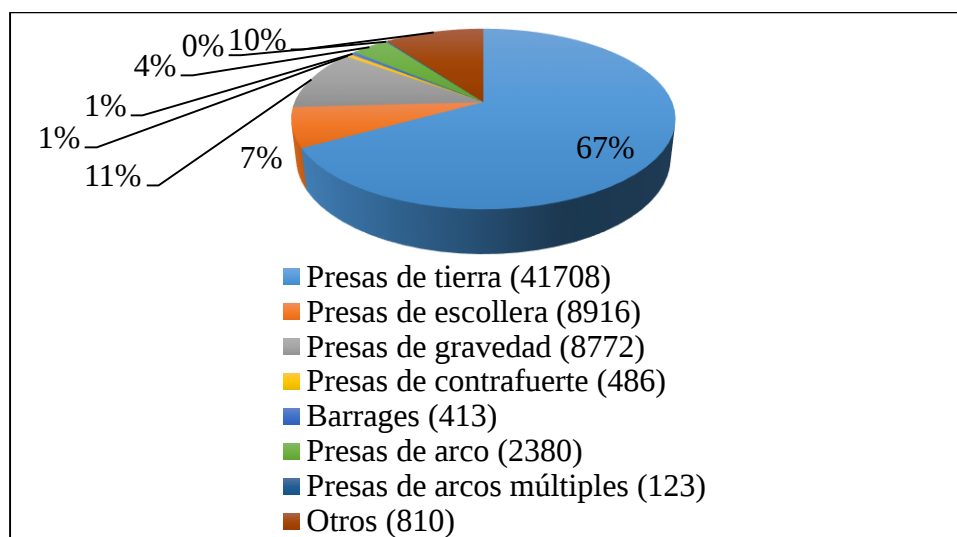


Figura 1.4: Tipos de presas.

Fuente: (Comisión Internacional de Grandes Represas, 2024)

1.2.1.2. Número de presas por país.

El Comité responsable del Registro coordina la centralización de los datos proporcionados por los Comités Nacionales de ICOLD. También incorpora datos sobre represas en países que no son miembros de ICOLD. A partir del año 2023, el registro incluía represas en 166 países. Toda la información recopilada se integra a la base de datos, previo formateo por parte del Comité del Registro. Las nuevas versiones se publican periódicamente, aproximadamente una vez al año.

Los datos se refieren a características específicas de las presas (año de puesta en funcionamiento, altura, longitud, tipo, etc.).

Se presenta un cuadro con los 10 países con mayor cantidad de presas en el mundo y también el número de presas de Bolivia que se encuentra en el puesto 50 según la ICOLD.

Tabla N° 1.2: *Número de presas por país.*

Posición	País	Número
1	Porcelana (China)	24.207
2	Estados Unidos de América	10.126
3	India	4.488
4	Japón	3.178
5	Turquía	1.903
6	Corea (Rep. De)	1.502
7	Canadá	1.428
8	Sudáfrica	1.409
9	Brasil	1.196
10	México	1.106
50	Bolivia	76

Fuente: (Comisión Internacional de Grandes Represas, 2024)

1.2.2. Contexto histórico de la gestión hídrica e inventario a nivel nacional.

1.2.2.1. Contexto histórico de la gestión hídrica en Bolivia

Bolivia ha enfrentado históricamente desafíos significativos en la gestión de sus recursos hídricos, particularmente en regiones semiáridas como el departamento de Tarija. Desde la época precolombina, las civilizaciones andinas desarrollaron sistemas ingenieros para el manejo del agua, tradición que continuó durante la colonia y la república con la construcción de obras hidráulicas destinadas principalmente al abastecimiento poblacional y riego agrícola. A partir de la segunda mitad del siglo XX, el Estado boliviano comenzó a implementar políticas más estructuradas para la gestión del agua, incluyendo la construcción de presas y embalses de mayor envergadura como parte de estrategias de desarrollo rural y seguridad alimentaria.

1.2.2.2. Inventario a nivel nacional.

Se tiene como antecedente en el Estado Plurinacional de Bolivia el Inventario Nacional de presas en Bolivia 2010.

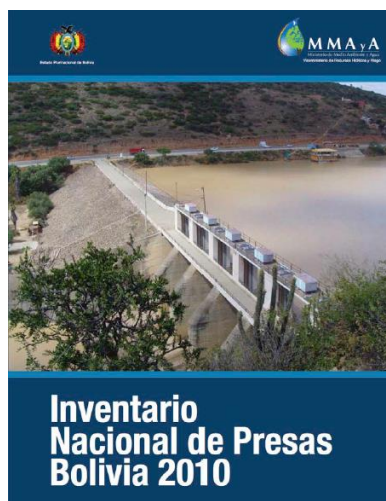


Figura 1.5: Portada del Inventario Nacional de Presas Bolivia 2010.
Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010)

Con la finalidad de establecer las bases para conceptualizar una estructura institucional encargada de contribuir a ordenar y mejorar la construcción y la gestión de presas para el almacenamiento y regulación del agua en Bolivia, el Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego, consideró necesario contar en principio con un inventario de éste tipo de obras, para conocer las características de las mismas, el tipo de gestión y el sector al cual se relacionaban, la cantidad de agua que almacenaban o regulaban y otros aspectos inherentes a la gestión del agua . (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 9)

En el país se tiene más de dos centenares de presas de diversa magnitud y tipos de materiales, que han sido construidas en muchos casos desde el siglo XIX; y aunque teóricamente ya habrían cumplido su vida útil, siguen funcionando con distintos usos como generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable e industria, además de colas y desmontes para el control de residuos mineros y sobre todo, para el riego y contribución a la agricultura; de allí su gran importancia económica y social. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 9)

En ese sentido, es necesario resaltar que la falla de una presa o su colapso puede producir daños de gran magnitud como: inundaciones, desabastecimiento de agua y/o energía eléctrica; daños ambientales en el sector minero; y por tanto deben evitarse con medidas de prevención de riesgos. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 9)

Resumen nacional.

En total se han registrado 287 presas en siete de los departamentos del país, posiblemente se pueden añadir algunos casos en proceso de construcción y otros que no han sido reportados a la fecha del presente informe. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 16).

El departamento que concentra la mayoría de las presas es Cochabamba; debido a las condiciones favorables que ofrece la cordillera oriental y los valles interandinos y su uso es destinado principalmente a la agricultura; le sigue en importancia Potosí cuyas construcciones datan de la época colonial para abastecimiento de agua de consumo humano para las poblaciones urbanas y mineras. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 16)

En el siguiente cuadro se detallan los números de presa por departamento y en la figura su distribución porcentual.

1.2.2.3. Distribución de presas por departamento.

Tabla N° 1.3: *Número de presas por Departamento.*

Departamento	Pequeña	Mediana	Grande	Total
Chuquisaca	10	13	7	30
Cochabamba	82	9	24	115
La Paz	15	0	15	30
Oruro	8	0	1	9
Potosí	64	15	6	85
Santa Cruz	5	0	4	9
Tarija	0	1	8	9*
Total	184	38	65	287

Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 16)

* Error en el número de presas del dpto. de Tarija

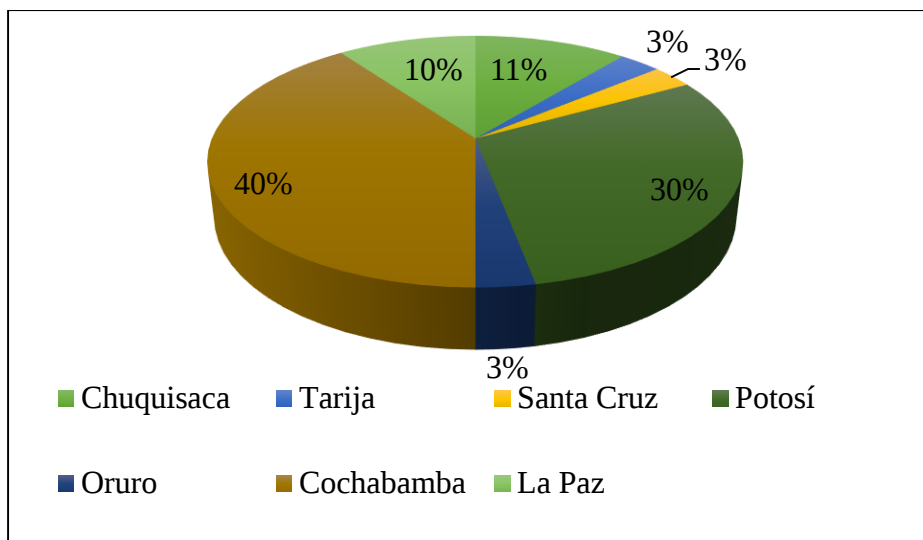


Figura 1.6: distribución de presas por departamento.

Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 16)

1.2.2.4. Distribución de presas según el tamaño.

Se observa que la mayoría de las presas (64%) corresponden a la categoría de pequeño tamaño; seguidas de las grandes en 23% y finalmente un grupo de presas de mediano tamaño (13%), como se indica en la figura

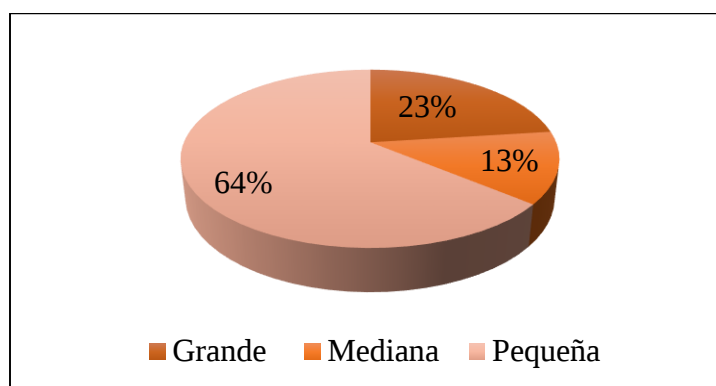


Figura 1.7: distribución de presas según el tamaño.

Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 17)

1.2.2.5. Distribución según el uso.

El uso que se otorga al agua embalsada de las presas, es mayoritariamente para riego (74%) para agua de consumo humano (15%); para generar energía hidroeléctrica se utiliza el 3%

Tabla N° 1.4: Número de presas según su uso.

Departamento	Riego	Agua potable	Energía	Riego / Agua P.	Energía / Riego	Industrial / Riego	Minería	Ambiental
Chuquisaca	29	0	0	0	0	0	0	1
Cochabamba	110	3	1	0	0	1	0	0
La Paz	14	6	7	3	0	0	0	0
Oruro	8	0	0	0	1	0	0	0
Potosí	45	28	1	1	1	0	9	0
Santa Cruz	3	6	0	0	0	0	0	0
Tarija	3	0	0	0	1	0	0	5
Total	212	43	9	9	3	1	9	6

Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 17)

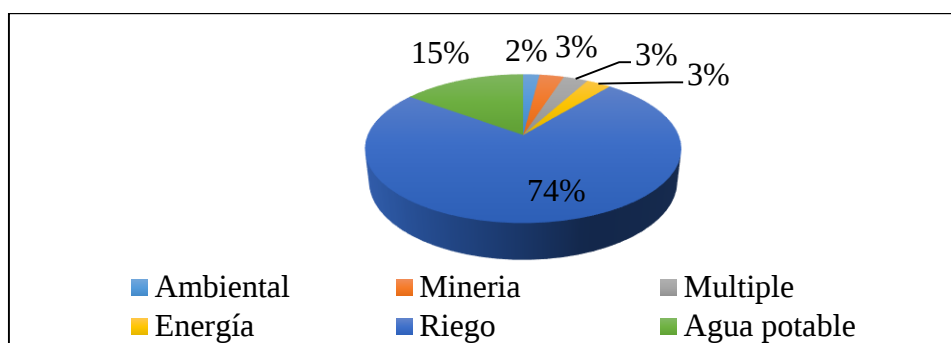


Figura 1.8: distribución de presas según el uso.

Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 17)

1.2.2.6. Tipos de presas.

Según el diseño y el material de construcción las presas en Bolivia son mayormente de tierra, (56%). Siguen en importancia las presas de gravedad 33% (hormigón) y luego las de arco con 9%. En pequeño porcentaje existen algunas de enrocado y otras rústicas.

Tabla N° 1.5: Número de presas según el tipo de presa.

Departamento	Tierra	Enrocado	Arco	Gravedad	Contrafuertes	Rústica
Chuquisaca	5	2	18	5	0	0
Cochabamba	86	2	1	23	0	3

La Paz	17	0	1	12	0	0
Oruro	2	1	1	4	1	0
Potosí	38	4	4	39	0	0
Santa Cruz	7	0	0	2	0	0
Tarija	7	1	1	0	0	0
Total	162	10	26	85	1	3

Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 18)

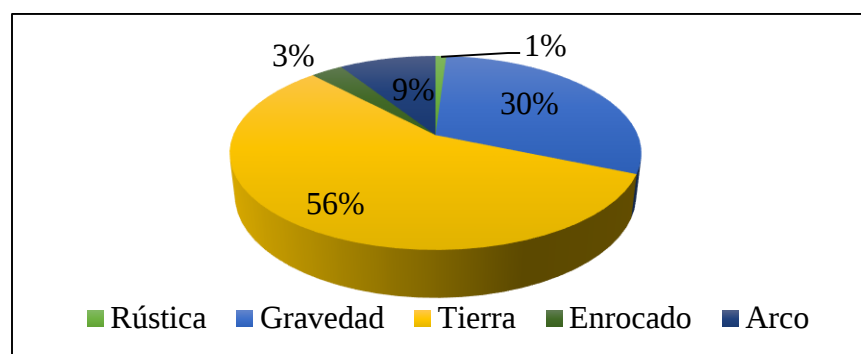


Figura 1.9: distribución de presas según el tipo.

Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 18)

1.2.2.7. Estado de situación.

Según la situación de las presas se observa que el 67% funciona normalmente; 36% funciona con problemas en estado regular y un 3% no funciona por limitaciones técnicas o humanas (por ejemplo, abandono de las actividades agrícolas). Se encontraron presas en construcción que al momento de la visita todavía no entraron en funcionamiento (2%).

Tabla N° 1.6: Número de presas según su el estado de situación.

Departamento	Funciona	Regular	Construcción	No Funciona
Chuquisaca	8	20	0	2
Cochabamba	65	48	2	0
La Paz	24	5	1	0
Oruro	3	5	0	1
Potosí	77	1	0	7
Santa Cruz	8	1	0	0

Tarija	7	0	2	0
Total	192	80	5	10

Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 19)

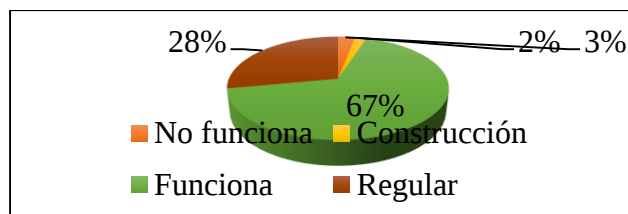


Figura 1.10: distribución de presas según el estado de situación.

Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 19).

1.2.2.8. Volumen de embalse y áreas de las cuencas.

Tabla N° 1.7: Volumen de embalse y áreas de las cuencas.

Departamento	Volumen de Embalse m ³	Área cuenca km ²
Chuquisaca	17.410.500	770,16
Cochabamba	323.584.300	2.636,75
La Paz	78.371.500	582,15
Oruro	34.669.000	2.188,80
Potosí	54.211.500	1.211,58
Santa Cruz	27.844.000	615,46
Tarija	60.032.500**	27,5***
Total	596.123.300	8.032,40

Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 19)

** Error en el volumen de los embalses

*** Error en el área de las cuencas

1.2.2.8. Datos generales de las presas en el departamento de Tarija

Tabla N° 1.8: Características de las presas en el departamento de Tarija

Municipio	Código	Nombre Presa	Material	Capacidad de embalse m ³	Área Cuenca Km ²	Uso	Estado
Cercado	TJ-G-001	Calderas****	Enrocado	4.400.000	30,46	Riego	Construcción

	TJ-G-002	Chiguaypolla	Tierra	711.500	8,69	Ambiental	Funciona
	TJ-M-003	Peña Colorada	Tierra	103.500	1,76	Ambiental	Funciona
	TJ-G-004	San Jacinto	Arco	50.000.000	420,00	Energía /Riego	Funciona
	TJ-G-005	La Tipa	Tierra	410.000	3,31	Ambiental	Funciona
San	TJ-G-006	Huacata****	Tierra	10.868.800	13,00	Riego	Construcción
Lorenzo	TJ-G-007	La Hondura	Tierra	1.710.000	7,73	Ambiental	Funciona
Padcaya	TJ-G-008	Trinchera	Tierra	301.500	3,18	Ambiental	Funciona
Villa	TJ-G-009	Caigua	Tierra	2.336.000	27,50	Riego	Funciona
Montes							
TOTAL				60.032.500*			

Fuente: (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 390)

**** Error en las presas Calderas y Huacata (no se tomó en cuenta el área de cuenca indirecta).

1.2.2.9. Errores del inventario Nacional de presas en Bolivia 2010 referentes al dpto. de Tarija

*** Error en el número de presas**

El número de presas identificadas el año 2010 en el departamento de Tarija son **9**, lo cual no concuerda con la realidad considerándose una información muy errónea, ya que hasta esa fecha existían más de 9 presas en el departamento de Tarija, construidas por el PERTT y otras instituciones.

**** Error en el volumen de embalse**

El inventario presenta **60 hm³*** de las 9 presas inventariadas en el dpto. de Tarija, es un error de consideración ya que solo la presa San Jacinto tiene un volumen de **61,7 hm³** según el estudio batimétrico realizado en 2019 por el Centro de Investigación del Agua (CIAGUA).

***** Error en el área de las cuencas**

En la tabla volumen de embalse y áreas de las cuencas presentado por el inventario es de **27,5 km²**** es un error aritmético, posiblemente solo tomaron el área de la presa Caigua que tiene 27,5 km².

****** Error en el área de las cuencas indirectas (no se tomaron en cuenta)**

Asimismo, se deberá tomar en cuenta el área de aporte indirecto de las presas con trasvase, la presa Calderas, en el inventario figura solo con el área de aporte directo 30,46 km², pero también recibe un aporte indirecto de agua de la cuenca del Río Yesera, cuya superficie es de 107,33 km², a través de un canal de trasvase. La presa Huacata en el inventario figura solo con el área de aporte directo 13 km², también cuenta con un aporte indirecto de la cuenca del Río Huacata con un área de 48,80 km².

1.2.3. Evolución de las políticas hídricas en Tarija

El departamento de Tarija, caracterizado por su vocación agrícola y sus condiciones climáticas variables, ha sido escenario de importantes iniciativas para el aprovechamiento hídrico. Durante las décadas de 1980 y 1990, el entonces denominado Programa Ejecutivo de Rehabilitación de Tierras de Tarija (PERTT) impulsó la construcción de varias presas medianas y pequeñas en diferentes provincias del departamento. Posteriormente, con la implementación de la Ley de Participación Popular (1994) y la Ley de Descentralización Administrativa (1995), la responsabilidad sobre las infraestructuras hídricas comenzó a descentralizarse hacia los gobiernos locales. En 2009, la nueva Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia impulsó el agua como un derecho humano fundamental, promoviendo un enfoque integral de gestión hídrica.

1.2.4. Estudios previos sobre presas en el departamento de Tarija

Las investigaciones específicas sobre presas en Tarija han sido relativamente limitadas y dispersas. Entre los trabajos más relevantes se encuentran:

El "Diagnóstico de recursos hídricos y adecuación de redes de medición en la cuenca del río Bermejo - Alta Cuenca" (2010), realizado por la Comisión Trinacional para el Desarrollo de la Cuenca del Río Pilcomayo, que proporcionó un primer relevamiento general de algunas infraestructuras hídricas en la región.

El "Inventario de sistemas de riego en el departamento de Tarija" (2012), elaborado por el Gobierno Autónomo Departamental, que, si bien se enfocó principalmente en los sistemas

de distribución, incluyó información referencial sobre algunas presas asociadas a estos sistemas.

El estudio "Evaluación del estado estructural de presas prioritarias en la provincia Cercado" (2015), realizado por la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, que, aunque limitado geográficamente, desarrolló una metodología de evaluación técnica aplicable a otras regiones.

1.2.5. Situación específica del municipio de El Puente

El municipio de El Puente, creado en 1994 a partir de la sección municipal de la provincia Eustaquio Méndez (antes Méndez), ha experimentado un desarrollo gradual de su infraestructura hídrica. Las primeras obras significativas datan de finales de la década de 1970, cuando se construyeron pequeñas represas de tierra compactada para satisfacer necesidades locales de riego. Durante los años 1990-2005, se implementaron varios proyectos de presas pequeñas y medianas en el marco de programas de desarrollo rural financiados por la cooperación internacional, particularmente de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ) y la Cooperación Española (AECID).

A partir de 2009, con la implementación del programa nacional "Mi Agua", se intensificó la construcción de infraestructuras hídricas en el municipio, incluyendo varias presas de mediana capacidad. Sin embargo, estas iniciativas carecieron de un enfoque sistemático de documentación técnica, resultando en información fragmentada sobre las características y estado de las obras realizadas.

1.3. PROBLEMA.

1.3.1. Descripción del problema

El agua es un recurso vital para el desarrollo sostenible, y las presas juegan un papel fundamental en su almacenamiento y distribución, especialmente en regiones con regímenes hídricos variables. En el municipio de El Puente, departamento de Tarija, se presume la existencia de diversas estructuras de almacenamiento de agua, construidas con diferentes propósitos, pero más destinados a la agricultura a lo largo del tiempo. Sin embargo, se

observa una aparente carencia de un inventario exhaustivo y actualizado que compile información detallada sobre la ubicación, características técnicas, estado de conservación, usos actuales y potenciales de estas presas. Esta falta de información sistemática dificulta la planificación integral de los recursos hídricos a nivel municipal, impidiendo una gestión eficiente, y la toma de decisiones informadas para el beneficio de la población y el medio ambiente.

1.3.2. Planteamiento del problema.

La ausencia de un inventario exhaustivo y detallado de las presas en el municipio de El Puente representa una limitación significativa para la planificación y gestión eficiente de los recursos hídricos. Por lo tanto, la presente investigación se plantea la siguiente pregunta central: **¿Cuáles es el inventario detallado de las presas existentes en el municipio de El Puente, incluyendo su ubicación, características técnicas, estado de conservación, usos actuales y potenciales?** Responder a esta pregunta permitirá establecer una base de información fundamental para la toma de decisiones informadas en la gestión integral del agua en la región.

Actualmente hay varias presas en el municipio de El Puente, que no cuentan con un registro adecuado, la información que se tiene de dichas presas se encuentra desactualizada, incompleta y hasta errónea en algunos casos.

Por la importancia del agua en el desarrollo y bienestar de la población y los factores de riesgo relacionados a este tipo de infraestructura y sus implicaciones en cuanto a la gestión del agua, las presas son obras de interés público y por su naturaleza consideradas como obras estratégicas, lo cual reafirma la decisión de llevar a cabo un registro individual de cada una de las obras de este tipo.

1.3.3. Justificación

La realización de un inventario exhaustivo detallado de las presas en el municipio de El Puente se justifica por su significativa relevancia práctica, teórica, social y ambiental. Desde una perspectiva práctica, este estudio proporcionará información crucial para el Gobierno Municipal en la planificación del desarrollo, la gestión de los recursos hídricos y la toma de

decisiones informadas sobre la asignación y el uso eficiente del agua. Para las comunidades locales, el inventario permitirá un mejor conocimiento de las fuentes de agua disponibles y la identificación de oportunidades para su aprovechamiento sostenible. Teóricamente, esta investigación puede contribuir al desarrollo de la realización de inventarios de infraestructuras hidráulicas en contextos similares. Social y ambientalmente, una gestión mejorada de los recursos hídricos, basada en la información del inventario, puede traducirse en una mayor seguridad hídrica, el apoyo a actividades productivas sostenibles y la protección de los ecosistemas acuáticos, contribuyendo así al bienestar de la población y la preservación del medio ambiente en el municipio de El Puente.

1.4. ALCANCE.

El alcance de este trabajo fin de grado se centra en el desarrollo de un inventario de todas las presas ubicadas dentro de los límites del municipio de El Puente, Tarija, Bolivia. Con una altura superior a 5 metros hasta una altura menor o igual a 10 metros para una presa pequeña (PP), con una altura superior a 10 metros hasta una altura menor o igual a 15 metros para una presa mediana (PM) y con una altura superior de 15 metros para una presa grande (PG), en la clasificación de presas grandes se subdividirá en tres grupos, presas grandes de tipo A con una altura mayor a 15 metros hasta una altura menor o igual a 25 metros (PG-A), presas de tipo B con una altura mayor a 25 metros hasta una altura menor o igual a 35 metros (PG-B), presas de tipo C con una altura superior a los 35 metros (PG-C). El inventario recopilará información detallada sobre su ubicación geográfica (coordenadas UTM y coordenadas geográficas), año de construcción, propósito principal (riego, hidroeléctrica y/o abastecimiento de agua), capacidad actual del embalse (estimada a partir de datos disponibles y estimación con el programa ArcGIS), tipo de material de construcción y el nombre de la entidad operadora. La información se obtendrá principalmente a través de las instituciones como el SEDEGIA (Servicio Departamental de Gestión Integral del Agua), PERTT (Programa Ejecutivo de Rehabilitación de Tierras Tarija), Sub Gobernación y estudios técnicos existentes y la digitalización de información geográfica utilizando software SIG, así como también las mediciones en campo. El resultado esperado es un conjunto de datos georreferenciada y un informe técnico que presente un panorama general de las presas inventariadas en el municipio."

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1. Objetivo General.

Elaborar un inventario de presas en el municipio de El puente del departamento de Tarija, a través de recopilación de información en instituciones y verificación de la información en campo, para facilitar la planificación y gestión del recurso hídrico, la seguridad, el control y el mantenimiento de las presas.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- 1) Recopilar información básica necesaria en instituciones como el PERTT, SEDAG, SEDEGIA, gobernación de Tarija y alcaldía de El Puente, relacionada con las presas existentes en el municipio para disponer de una base técnica inicial del inventario.
- 2) Recabar y documentar la información en el sitio de emplazamiento de las presas del municipio de El Puente mediante visitas técnicas y mediciones para obtener sus características técnicas actualizadas.
- 3) Elaborar fichas técnicas individuales para cada presa identificada en el municipio de El Puente, siguiendo un formato estandarizado, con el propósito de facilitar su consulta, análisis y gestión.
- 4) Procesar y analizar la información mediante categorización gráfica y analítica para generar una base de datos que sirva como fundamento en futuras investigaciones sobre el tema.

1.6. HIPÓTESIS DE TRABAJO (H1) / IMPLÍCITA.

Es posible copilar un inventario detallado y exhaustivo de todas las presas existentes en el municipio de El Puente, que incluya su ubicación geográfica, características técnicas (capacidad, altura, tipo de estructura), la funcionalidad actual y sus usos actuales.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL

2.1. MARCO TEÓRICO.

2.1.1. Contexto del municipio de El Puente (Tarija, Bolivia)

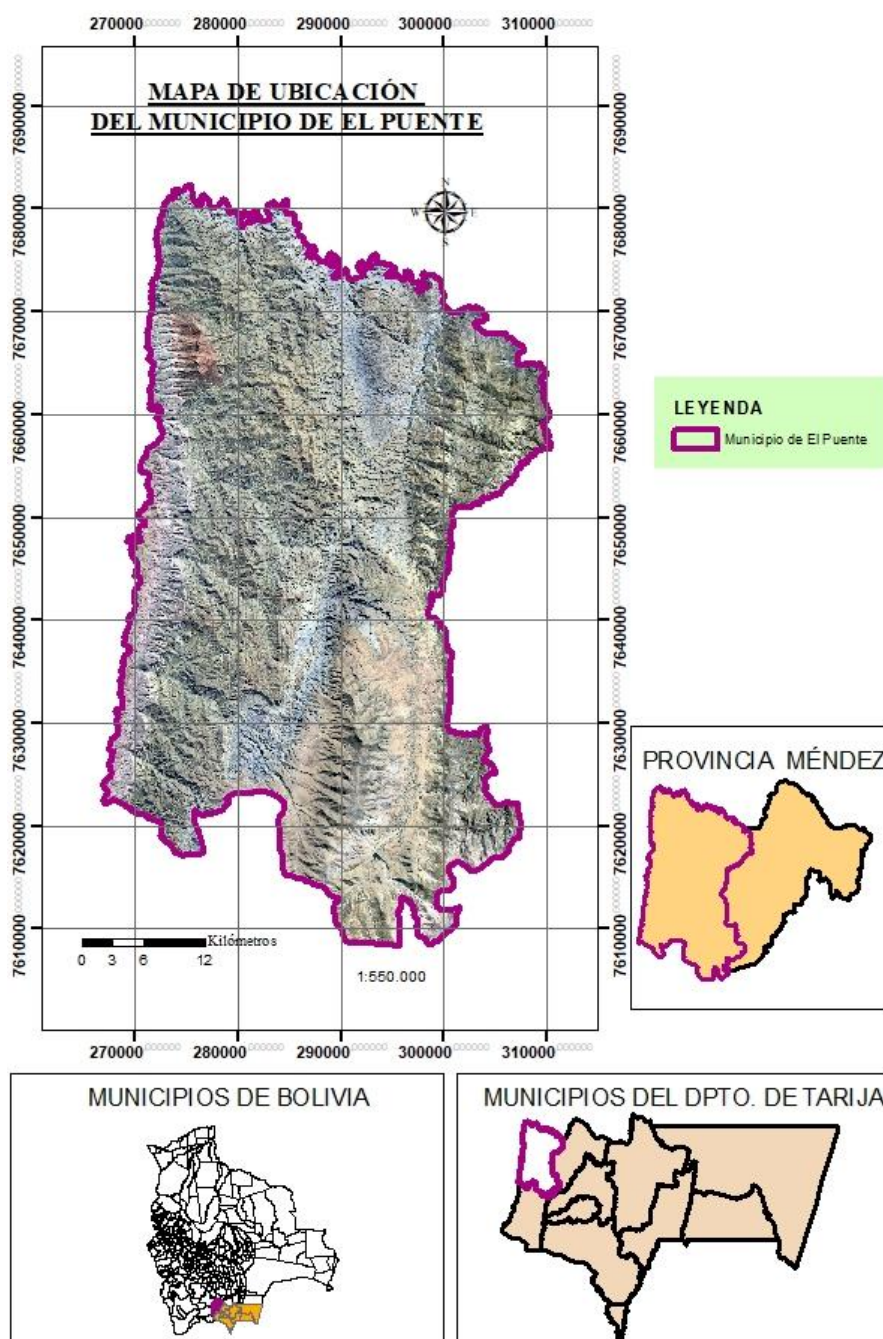


Figura 2.1: Mapa de ubicación del municipio de El Puente.

Fuente: Elaboración propia con ayuda de ArcGIS.

Límites territoriales.

El territorio municipal de El Puente Segunda sección de la provincia Méndez, se encuentra ubicado estratégicamente al noroeste del departamento de Tarija, limita al Norte con el departamento de Chuquisaca la provincia Sud Cinti municipio Las Carreras; al Sud con la primera sección de la provincia Cercado municipio de Cercado y segunda sección de la provincia Avilés municipio de Yunchará; al Este con la primera sección de la provincia Méndez municipio de San Lorenzo, y al Oeste con el departamento de Chuquisaca la provincia Sud Cinti con el municipio de Las Carreras, en el cual el límite natural es el río San Juan del Oro.

Ubicación geográfica.

El municipio de El Puente está ubicado al Nor Este del departamento de Tarija y en la zona Oeste del territorio de la provincia Méndez. Según la lectura de las cartas geográficas del I.G.M. el municipio se ubica entre las coordenadas 20° 56´ y 21° 37´ 45´´ de latitud Sur, y 64° 49´ 30´´ y 65° 15´ de longitud Oeste, respecto del meridiano de Greenwich.

Extensión.

La jurisdicción territorial de El Puente, tiene una superficie de 2.106,25 km² o su equivalente de 210.625 ha; representando el 5,6% del territorio tarijeño y el 0,13% del territorio nacional.

División política administrativa.

La segunda sección de la provincia Méndez, está conformada por seis distritos: El puente (5 comunidades), distrito San Juan del Oro (10 comunidades), distrito de Paicho (12 comunidades), distrito de Tomayapo (9 comunidades) distrito de Curqui (7 comunidades) distrito de Iscayachi (20 comunidades)

Clima.

Ubicado a 2.235 m.s.n.m. es clasificado como clima estepario templado o semiárido, la temperatura media en el verano es de 19.9 °C en meses más calurosos y las temperaturas medias más bajas es de 10.8 °C se producen entre junio y julio.

Su territorio comprende tres ecorregiones con climas y humedad distintas: zona alta, quebradas y cabeceras de valles. Los ríos que cruzan por el municipio son el río Paicho, el río Tomayapo y el río San Juan del Oro.

Demografía.

La población del municipio de El puente según el INE es:

- 11.354 habitantes censo 2012
- 9.504 habitantes censo 2024

2.1.2. Importancia de los inventarios de presas.

Los inventarios de presas son cruciales para la gestión eficaz de los recursos hídricos y la seguridad de la infraestructura. El Inventario Nacional de Presas de México proporciona información valiosa sobre obras de almacenamiento, control de inundaciones y desvíos, incluyendo las condiciones estructurales y la funcionalidad.(Arreguín-Cortés et al., 2013)

Los inventarios de presas son cruciales para comprender los riesgos y la gestión de inundaciones, ya que ayudan a evaluar la efectividad de las defensas contra inundaciones, identificar posibles eventos de inundación en áreas no calibradas e informar futuras proyecciones de inundaciones bajo condiciones climáticas cambiantes.(Zhijun Huang et al., 2021)

2.1.3. El papel de las presas en la gestión del agua.

Las cuestiones sobre los recursos hídricos están adquiriendo cada vez mayor importancia en todas las escalas, desde los consejos de cuencas hidrográficas y los estudios de procesos a nivel local, pasando por las preocupaciones sobre la coordinación de políticas hídricas nacionales y la investigación de procesos ambientales a escala nacional, hasta cuestiones de inminente escasez de agua, seguridad alimentaria y monitoreo hidrológico a escala global. Varios movimientos en la ciencia de los recursos hídricos y la gestión, como la gestión integrada de cuencas hidrográficas, recursos hídricos y llanuras aluviales, siguen ganando impulso y aceptación.(William L Graf, 2003, p. 1)

Históricamente, las presas han permitido a las poblaciones recoger y almacenar el agua y utilizarla en periodos de sequía. Así pues, han sido siempre esenciales para el asentamiento y abastecimiento de las poblaciones, las granjas y también para proporcionar el alimento gracias al regadío de los campos de cultivo.(Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 18)

Recientes descubrimientos arqueológicos nos muestran que las simples presas de tierra y las redes de canales se remontan a 2000 años antes de Cristo. Proporcionaban a la población la fuente fiable de agua que necesitaban para poder vivir. La construcción de la presa de Marib en el Yémen comenzó a construirse en el año 750 antes de JC. y duró 100 años. Esta presa se componía de un terraplén de tierra de 4 metros de alto y de orificios en piedra para regular la salida para el riego y para las necesidades domésticas. En 1986, esta presa ha sido recrecida a una altura de 38 metros, permitiendo así crear un embalse de 398 millones de metros cúbicos de agua.(Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 17)

Las presas se construyen para almacenar y controlar el agua para el abastecimiento doméstico, el riego, la navegación, el ocio, el control de la sedimentación, el control de las avenidas y la energía hidroeléctrica. Algunas presas no tienen más que una sola función y entonces se las conoce bajo el nombre de “presas de objetivo único”. Hoy se construyen las presas para que respondan a múltiples funciones; éstas son las “presas de usos múltiples”. Una presa de este tipo es una obra capital y rentable para el desarrollo de las naciones puesto que aporta a la población múltiples ventajas domésticas y económicas a partir de una única inversión. Es la piedra angular del desarrollo de los recursos hídricos de una cuenca hidrográfica.(Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 17)

2.1.4. Finalidad de las presas.

Una presa puede definirse como una barrera o una estructura colocada cruzando un curso de agua o de un río para retener el agua y así controlar el caudal. Las presas varían de tamaño, pudiendo ser un pequeño terraplén de tierra, a menudo para el uso de una granja, y otras pueden llegar a ser altas estructuras macizas de hormigón que sirven generalmente para el

abastecimiento de agua, la energía hidroeléctrica y el riego.(Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 17)

Es una estructura hidráulica, que se construye en la sección transversal del cauce de un curso de agua con dos fines: el primero, elevar su nivel de forma permanente o variable para hacerla pasar por una conducción; y el segundo es almacenar el agua para suministrarla en los períodos de escasez. En general, los usos más importantes son: la generación de energía eléctrica, el abastecimiento de agua para riego, la regulación de caudales, control de crecientes, y usos derivados como la recreación, el deporte, y la piscicultura. (Santaella Valencia & Morales, 2001, p. 28)

Las presas son estructuras diseñadas y construidas para cumplir una doble exigencia:

- 1) producir una estructura impermeable para almacenar y regular el agua, y
- 2) resistir el empuje del agua y evacuarla cuando sea preciso.

En cada caso, las características del terreno, la disponibilidad de los materiales y los usos que se le quiera dar al agua, condicionan la elección del tipo de presa más adecuado. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 10)

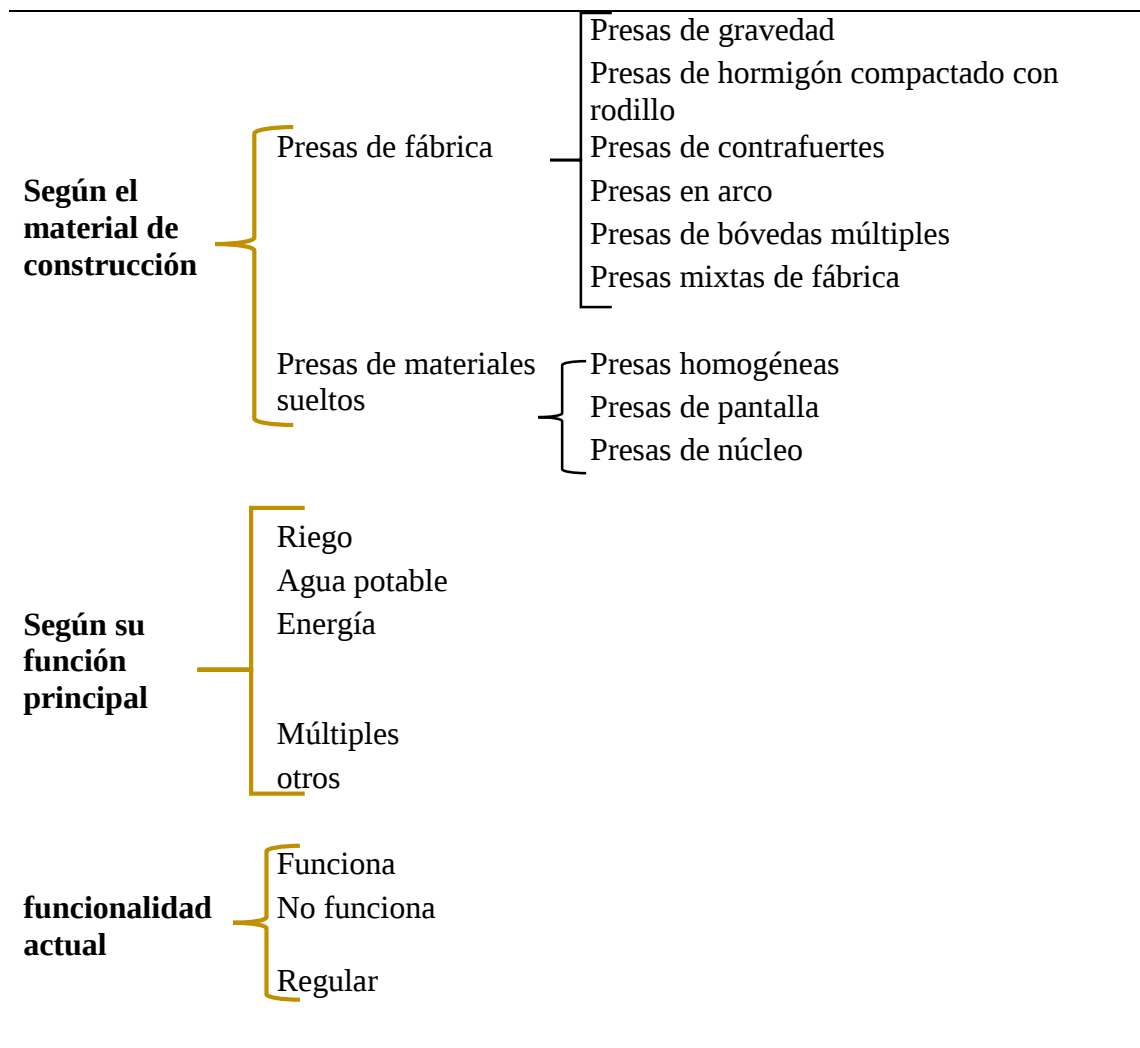
2.1.5. Clasificación de las presas.

Tomando en cuenta el Inventario Nacional de presas en Bolivia 2010, se procedió a elaborar el siguiente cuadro, clasificando en 4 categorías

- Magnitud o tamaño
- Según el material de construcción
- Según su función principal
- y funcionalidad de las presas.

Tabla N° 2.1: *Categorización de las presas*

Categorías	Divisiones
Magnitud o tamaño	Grandes
	Medianas
	Pequeñas



Fuente: *Elaboración propia.*

2.1.3.1 Clasificación por su magnitud o tamaño.

Gran presa es una presa con una altura de 15 metros o más desde la base más baja hasta la cresta o una presa de entre 5 metros y 15 metros que contenga más de 3 millones de metros cúbicos.(Comisión Internacional de Grandes Represas, 2011, p. 3)

Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses (SPANCOLD)

Artículo 3.- Clasificación de las presas

Las presas se clasificarán, de acuerdo con los criterios que se señalan, en las siguientes categorías:

a). - **Grandes presas.** - Tendrán esta consideración las presas que cumplan al menos una de las siguientes condiciones:

- Altura superior a 15 metros, medida desde la parte más baja de la superficie general de cimentación hasta la coronación.

- Altura comprendida entre 10 y 15 metros, siempre que tengan algunas de las siguientes características.

 - longitud de coronación superior a 500 metros

 - capacidad de embalse superior a 1.000.000 de metros cúbicos

 - capacidad de desagüe superior a 2.000 metros cúbicos por segundo

Podrán clasificarse igualmente como “grandes presas” aquellas que, aun no cumpliendo ninguna de las condiciones anteriores, presentan dificultades especiales en su cimentación o sean de características no habituales.

b) **Pequeñas presas.** - Serán todas aquellas que no cumplan ninguna de las condiciones señaladas en el punto anterior.

Tabla N° 2.2: *Clasificación de las presas por su magnitud.*

	Pequeña	Mediana	Grande
Altura de cortina	< 10 m	10-15m	> 15 m
Longitud de corona	< 1000 m	< 500 m	> 500 m
Capacidad de embalse	< 0.5 Millón m ³	< 1 Millón m ³	> 1 Millón m ³

Fuente: *En base a la ICOLD*

Para este inventario de presas se toma en cuenta la altura de la presa, adaptado al municipio de El Puente.

Considerando los criterios mencionados anteriormente y ajustados a nuestra realidad, se propone una clasificación de las presas en función de su altura en 3 categorías, introduciendo una sub división en las presas consideradas grandes, de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla N° 2.3: *Clasificación de las presas por su altura.*

	Pequeña	Mediana	Grande
Altura	5m < PP =< 10m	10m < PM =< 15m	15m < PG
Subdivisiones de las presas grandes			
	15m < PG-A =< 25m	25m < PG-A =< 35m	35 < PG-C

Fuente: Elaboración propia.

Para definir si es presa o atajado se define que los atajados serán todos aquellos que tengan una altura menor o igual a 5 metros.

2.1.3.2. Clasificación según el material de construcción.

Las presas se clasifican según el material con el que se construyen. Las presas de hormigón o de mampostería son las denominadas presas de gravedad, presas bóveda o presas de contrafuertes. Las presas hechas a partir de tierra o de rocas son las llamadas presas de materiales sueltos. (Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 19)

Considerando la estructura y los materiales empleados en su construcción las presas pueden ser de dos tipos: terraplén (de tierras compactadas), u hormigón (cemento) y las combinaciones entre ambas además de varias subdivisiones.

Según la tipología se clasifican en 2 grandes grupos.

2.1.3.2.1. Presas de fábrica.

Se consideran como tales las construidas con hormigón o mampostería, pudiendo agruparse atendiendo a su tipología en presas de gravedad, contrafuertes, bóveda, bóvedas múltiples, mixtas y móviles. Por sus particularidades derivadas de la tecnología de construcción se hacen también algunos comentarios a las presas de hormigón compactado con rodillo (HCR).(Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 80)

➤ **Presas de gravedad.**

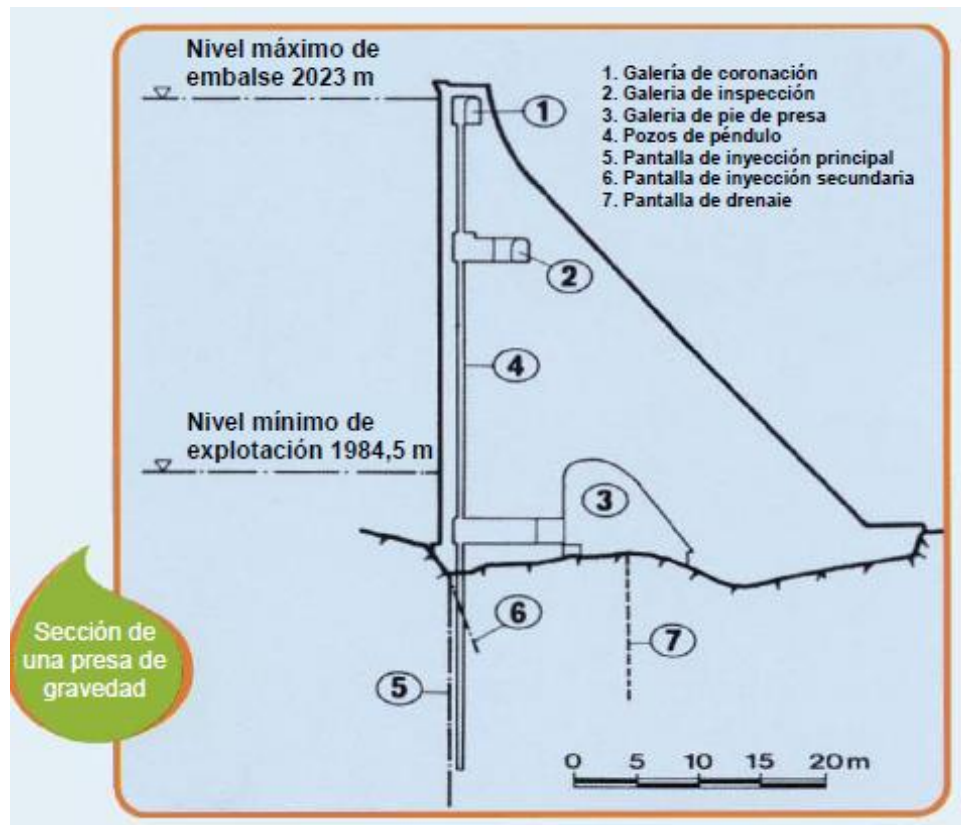


Figura 2.2: Presas de gravedad.

Fuente: (Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 20)

Las presas de gravedad, puesto que son bastante robustas, resisten a la fuerte presión del agua. En el origen, las presas de gravedad estaban construidas en mampostería de piedras y mortero. En la actualidad las presas de gravedad se hacen en hormigón macizo o compactado (se trata de capas de hormigón compactadas con rodillo) y se las denomina presas de gravedad en hormigón. (Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 21)

Para su estabilidad al peso propio se deben diseñar sus secciones tipo (taludes y vértices del triángulo básico) para conseguir el mejor comportamiento frente a las condiciones más limitativas (deslizamiento, tracciones aguas arriba y limitaciones de compresiones) combinando las distintas opciones para que resulte una solución lo más simple posible, constructiva y económica. (Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 80)

➤ **Presas de hormigón compactado con rodillo.**

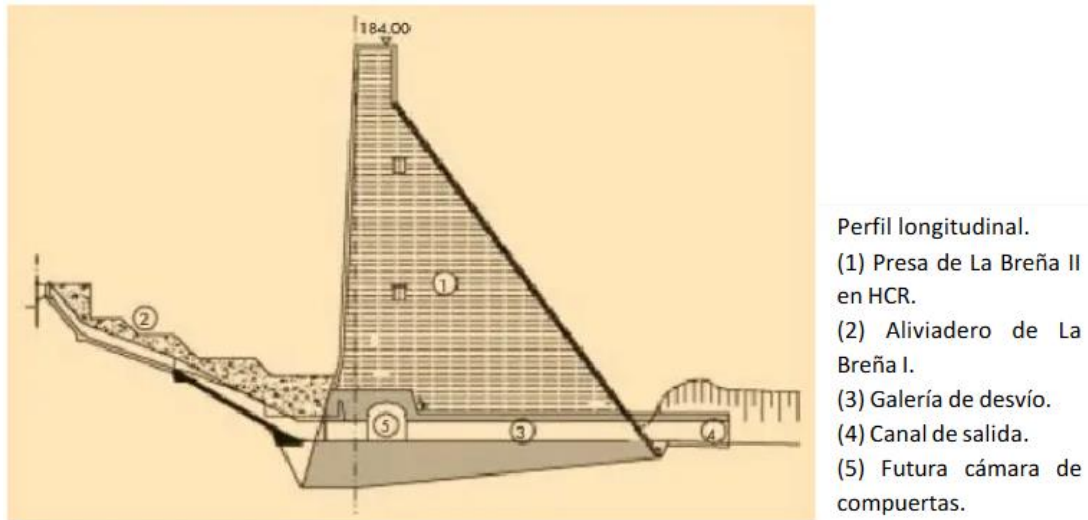


Figura 2.3: Presas de HCR.
Fuente: (Pacho Rodriguez, 2015, p. 13)

En las presas de gravedad de hormigón compactado con rodillo la puesta en obra implica unos condicionantes de diseño específicos que es muy importante tener en cuenta.

El empleo de la maquinaria de compactación exige hormigones secos, superficies suficientemente grandes y ausencia, dentro de lo posible, de galerías u obstáculos que entorpezcan el desarrollo de unos trabajos planteados, mayoritariamente, de forma ininterrumpida. En consecuencia es aconsejable la concepción de los desagües profundos y de las tomas fuera del tajo principal de hormigonado o realizados en una fase previa e independiente (Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 81)

El HCR es un hormigón muy seco, sin asentamiento de cono, transportado y colocado con equipos comúnmente utilizados para el movimiento de tierra, que finalmente es compactado mediante el uso de rodillos vibratorios. (Pacho Rodriguez, 2015, p. 3)

Las presas de HCR son ideales para proyectos de gran escala, ofreciendo alta resistencia, durabilidad y una excelente impermeabilidad, lo que las convierte en una opción cada vez más popular para la generación de energía hidroeléctrica, el control de inundaciones y el suministro de agua.

➤ **Presas de contrafuerte.**

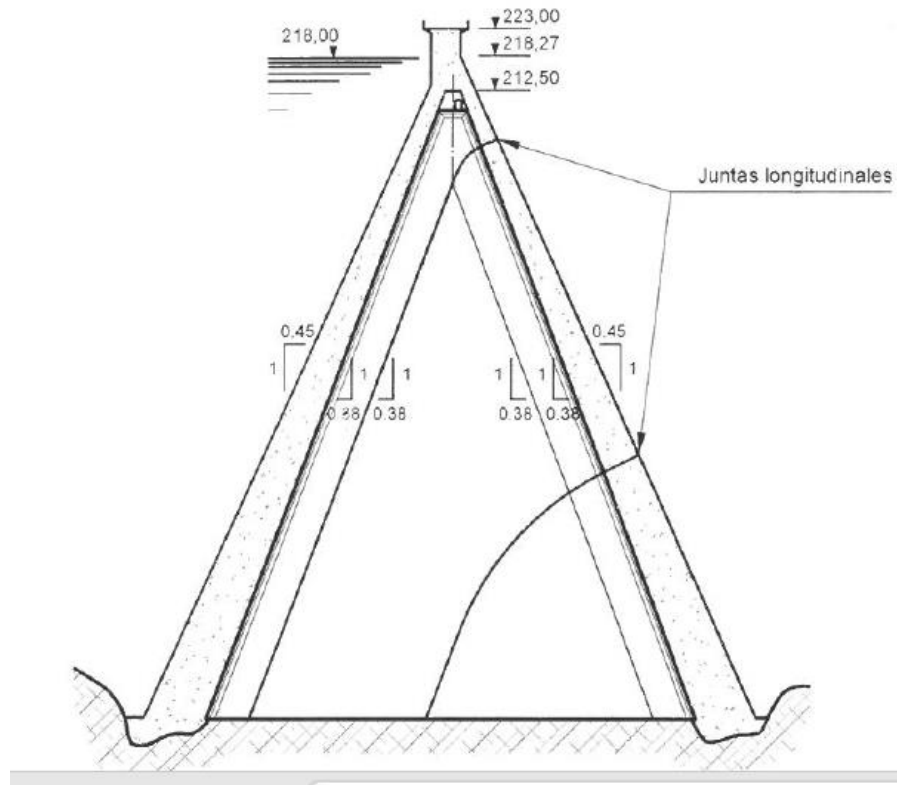


Figura 2.4: Sección de la presa de Alcántara, presa de contrafuertes.

Fuente: (Comisión Internacional de Grandes Represas, s. f., p. 106)

Las presas de contrafuertes tienen una sucesión de soportes verticales que se les llama contrafuertes. Estos contrafuertes se sitúan en el lado de aguas abajo de la presa. La cara de aguas arriba de una presa de contrafuertes está inclinada generalmente en un ángulo de unos 45 grados. Esta cara inclinada y los contrafuertes sirven para transferir el empuje del agua hacia abajo, en dirección de los cimientos de la presa. (Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 21)

Este tipo de presas, cuya estabilidad se basa también en su peso propio, requieren menos volumen de hormigón que las de gravedad, en contraste con una mayor dificultad constructiva derivada de sus formas (encofrados y armaduras) que contrarresta de forma importante las ventajas económicas, por lo que su construcción ha perdido actualidad en los últimos años. (Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 83)

➤ **Presas de arco.**

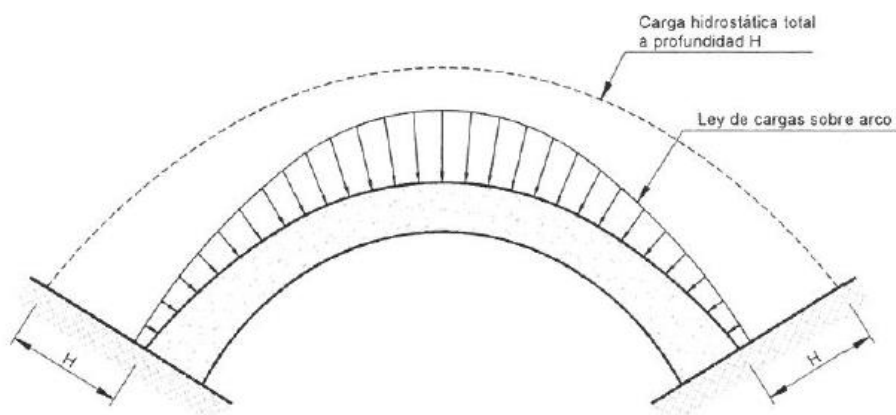


Figura 2.5: Reparto de cargas hidrostáticas en una presa de arco.

Fuente: (Comisión Internacional de Grandes Represas, s. f., p. 107)

Se pueden considerar como tales aquellas en que las secciones horizontales están construidas por arcos en los que la compresión predomina sobre la flexión a efectos tensionales. Aunque los métodos de cálculo basados en considerar la presa como un entramado de arcos y ménsulas quedaron obsoletos frente al método de los elementos finitos no deben olvidarse los criterios conceptuales del reparto de la carga hidrostática, con ménsulas en las que se revela un fuerte apoyo en los arcos superiores, y consiguientes empujes negativos por encima de un determinado nivel, y arcos con cargas decrecientes de clave a arranques y simétricas siempre que la presa y las características geotécnicas del cimiento lo sean. (Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 84)

son maravillas de la ingeniería que aprovechan la forma curva para resistir la enorme presión del agua, distribuye la fuerza de empuje de manera eficiente hacia sus puntos de apoyo. De manera similar, la forma curvada de estas presas transfiere la fuerza del agua horizontalmente hacia las laderas del valle. Esta característica las hace increíblemente eficientes en el uso de materiales, ya que pueden ser mucho más delgadas que otros tipos de presas, como las de gravedad, lo que se traduce en menores costos y tiempos de construcción. Son perfectas para valles estrechos con paredes rocosas sólidas, donde la roca puede soportar las cargas concentradas. Las presas de arco son un testimonio de cómo el diseño inteligente puede superar grandes desafíos, siendo clave en proyectos de embalses y generación de energía hidroeléctrica.

➤ **Presas de bóveda múltiples.**

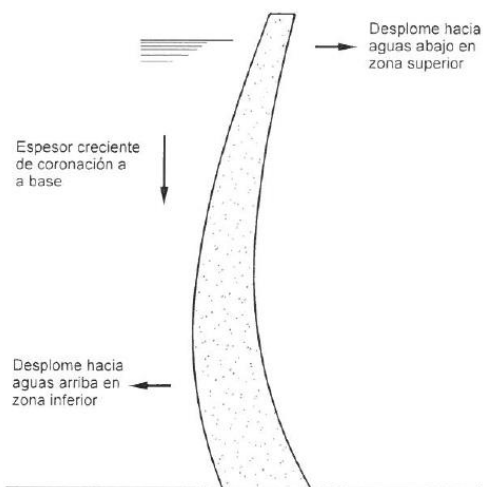


Figura 2.6: Ménsula central de la presa de Valdecañas, presa de bóveda

Fuente: (Comisión Internacional de Grandes Represas, s. f., p. 109)

Las presas bóveda son presas de hormigón curvadas hacia aguas arriba. La mayor parte de ellas se encuentran enclavadas en valles estrechos o cañones. La forma abovedada de la presa le permite transmitir la presión del agua contra la presa sobre las laderas. Las presas bóveda necesitan mucho menos hormigón que las presas de gravedad de la misma anchura. Las cimentaciones rocosas deben ser mucho más sólidas para soportar el empuje de la presa. (Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 21)

Formadas por contrafuertes y arcos presentan semejanzas y diferencias con cada uno de los tipos descritos. La transmisión de los empujes se realiza a través de las bóvedas, por efecto arco, en tanto que los contrafuertes transmiten las tensiones al terreno por gravedad. La reducción del volumen de hormigón es posible por las mismas razones expuestas para las presas de contrafuertes: reducción de las supresiones y talud de aguas arriba que proporciona la componente vertical del empuje hidrostático, siendo habituales ángulos de 45° a 60° con la horizontal. (Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 85)

➤ **Presas mixtas de fábrica.**

Se denominan así a las que combinan, en una sola realización, las tipologías descritas. Entre ellas merecen un breve comentario las asociaciones de presas en arco con estribos de

gravedad en la parte superior de la cerrada, cuando éstas carece de la altura suficiente. Estos estribos han de estar proyectados para resistir los empujes de los arcos a la vez que el hidrostático por lo que es usual una disposición en planta en forma de V con el brazo situado aguas arriba para completar el cierre del embalse y el de aguas abajo en prolongación del primer estribo citado mediante diques de collado, que completen el cierre del embalse en las depresiones continuas. Si existiera.(Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, pp. 85-86)

2.1.3.2.2. Presas de materiales sueltos.

Las presas de materiales sueltos se construyen con tierra o bien con una mezcla de tierra y rocas. Los ingenieros eligen generalmente construir este tipo de presas en los emplazamientos dotados de una gran calidad de tierra y de rocas fácilmente disponibles. Estas presas representan alrededor del 75% de la totalidad de las presas en el mundo. Algunas presas no se componen más que de tierra y se las llama simplemente presas de tierra; otras, se construyen con rocas, son las llamadas presas de escollera. Numerosas presas de materiales sueltos se construyen mezclando conjuntamente tierra y escollera y son las llamadas presas mixtas.(Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 20)

❖ Presas homogéneas.

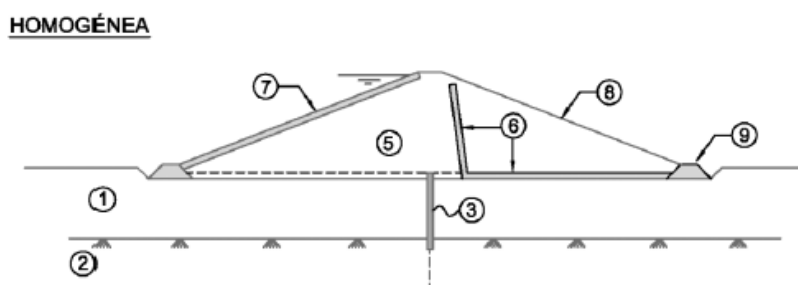


Figura 2.7: Gráfico de una presa homogénea.

Fuente: (Comisión Internacional de Grandes Represas, 2003, p. 2)

A este tipo pertenecen aquellas cuyo material de constitución es el mismo en todo el cuerpo de la presa, salvo zonas específicas. Por esta razón el material ha de cumplir la doble finalidad

de mantener la estabilidad y la impermeabilidad de la estructura.(Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 92)

El primer cometido se consigue dimensionando un cuerpo de presa con taludes estables, en función de las características del material y sus condiciones de trabajo, en especial su red de filtración, y teniendo en cuenta también que entre las presas de materiales sueltos son las más vulnerables frente a movimientos sísmicos. El control de calidad de los materiales precisa de un análisis de las características de los préstamos, teniendo en consideración, además de las razones económicas (distancia, facilidad de explotación), la posible exigencia de suelos orgánicos, materiales solubles, el estado de humedad y la homogeneidad general o la posibilidad de conseguirla en el yacimiento mediante el procedimiento de explotación. En general se recomienda realizar un terraplén de ensayos con objeto de definir los parámetros de control en la ejecución de la obra, como densidad, humedad, granulometrías, permeabilidad, módulo de compresibilidad, espesor de tongadas y comportamiento ante distintos procedimientos de compactación.(Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 93)

❖ **Presas de núcleo.**

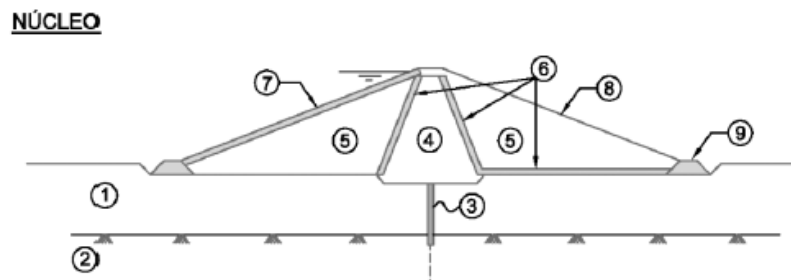


Figura 2.8: Grafico de una presa de núcleo.

Fuente: (Comisión Internacional de Grandes Represas, 2003, p. 2)

A este tipo de presas, la estabilidad está confiada a los espaldones y la impermeabilidad al núcleo; de esta forma las condiciones de seguridad han de ser diferentes para cada elemento.(Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 93)

El núcleo, ha de tener una permeabilidad pequeña, y su espesor ha de estar condicionado no sólo por ella sino también por las características resistentes frente a una posible fisuración; en este sentido se recomienda, en caso de ser factibles, núcleos gruesos, entendiendo por tales

los que tienen un espesor superior al estrictamente necesario para cumplir su misión de impermeabilidad de forma segura.(Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, pp. 93-94)

❖ **Presas de pantalla.**

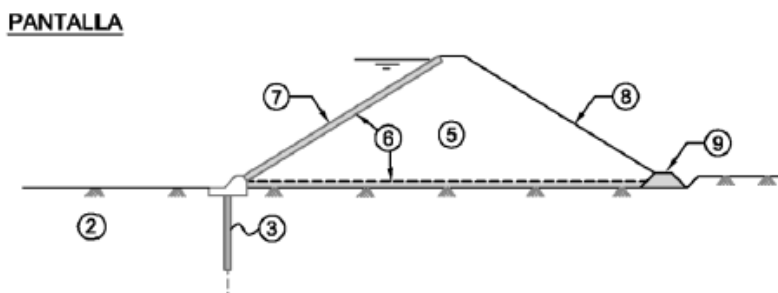


Figura 2.9: Gráfico de una presa de pantalla.

Fuente: (Comisión Internacional de Grandes Represas, 2003, p. 2)

Se denomina así a las que tienen el elemento impermeabilizador adosado al paramento de aguas arriba, usualmente unidos a la cimentación mediante el plinto.(Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 96)

Las pantallas más usadas son las asfálticas y las de hormigón, y sólo en presas de menor altura se utiliza las láminas de polímeros.(Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 96)

La seguridad de una presa de pantalla está condicionada al comportamiento de la misma, en íntima relación con las deformaciones del espaldón sobre el que se apoya y muy especialmente con las uniones con la cimentación u otras estructuras adyacentes, de forma que se impidan las filtraciones.(Comisión Internacional de Grandes Represas, 1996, p. 96)

2.1.3.3. Clasificación por el uso del agua.

Según el destino del agua embalsada las presas se clasifican en:

- ✓ Riego, destinada a la provisión de agua para la producción agrícola.
- ✓ Agua potable, destinada a la provisión de agua para consumo humano.
- ✓ Energía, cuando el agua está destinada generar energía eléctrica.
- ✓ Otros usos, como industrial, minero, preservación ambiental, turístico y recreación.

- ✓ Múltiple, cuando se combinan varios propósitos (Ejemplo: energía y agua potable).

2.1.3.4. Clasificación por el estado actual.

La situación actual de las presas se refiere tanto al funcionamiento, operación y mantenimiento, se establecieron 3 categorías:

- Funciona normalmente, cuando se operan y cumplen su función como ha sido prevista.
- No funciona, cuando la presa no está embalsando el agua, o cuando el agua embalsada no está siendo utilizada. Puede haber casos de colapso total de la estructura (rotura, sedimentación) que no permite su uso. También casos donde la estructura ha sido abandonada por los usuarios.
- Regular estado, cuando la estructura es operada con dificultades o deficiencias presentando filtraciones en la obra de toma; sedimentación debido a procesos erosivos en la cuenca de aporte; daños en la infraestructura, o conflictos sociales que impiden su normal aprovechamiento.

2.1.6. Atajados en el municipio de El Puente.

Los atajados, como sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia y escorrentía, representan una estrategia crucial para la gestión hídrica en regiones semiáridas y con marcadas variaciones estacionales de precipitación, como el municipio de El Puente en Tarija, Bolivia. Su relevancia radica en su capacidad para mitigar la escasez de agua, apoyar la agricultura de pequeña escala, y contribuir a la resiliencia de las comunidades frente a la variabilidad climática y el cambio climático. (Agarwal & Narain, 1997)

Tipología, diseño y funcionalidad de los atajados (sistemas de cosecha de agua)

Según Oweis et al. (1998), los sistemas locales de cosecha de agua, denominados atajados, se pueden clasificar en tres tipos principales según cómo capturan y utilizan el agua: microcuencas, mini captaciones y macro captaciones (p. 7). Las microcuencas se enfocan en el riego de árboles, las mini captaciones en cultivos en hileras, y las macro captaciones en cultivos extensivos o que aprovechan la escorrentía canalizada. Esta categorización se basa

en la extensión del área de captación, el tipo de cultivo y las características topográficas del terreno. (Oweis et al., 1998, p. 7)

Oweis et al. (1998) explican que las microcuencas recolectan la escorrentía directa en un área pequeña alrededor de la planta, siendo útiles en suelos con buena retención de humedad (p. 7). Las mini captaciones, por otro lado, funcionan como franjas alargadas que dirigen el agua hacia las filas de cultivo (p. 8). Las macro captaciones pueden involucrar la desviación de cursos de agua naturales mediante estructuras como derivaciones, muros o zanjas (Oweis et al., 1998, pp. 7-8).

En cuanto al diseño, Oweis et al. (1998) señalan que se deben considerar la topografía, que influye en la pendiente de escurrimiento y la selección del sistema; el tipo de suelo, que afecta la infiltración y la retención de humedad; y la capacidad de almacenamiento, calculada según la demanda del cultivo y la disponibilidad de escorrentía (pp. 10-11).

Un diseño eficiente, según Oweis et al. (1998), debe maximizar el volumen almacenado y minimizar la superficie expuesta para reducir la evaporación (p. 16). Además, debe incluir un vertedero de seguridad para prevenir la erosión durante lluvias intensas. Se recomienda estabilidad en las pendientes internas, compactación de los taludes y, si es necesario, revestimiento del fondo para disminuir las pérdidas por infiltración (Oweis et al., 1998, p. 16).

La funcionalidad de estos sistemas, tal como describen Oweis et al. (1998), abarca la captación directa de agua de lluvia o escorrentía, su almacenamiento temporal y su liberación controlada para riego suplementario en etapas cruciales del cultivo, lo que ha demostrado mejorar significativamente los rendimientos en zonas semiáridas (p. 19).

Adicionalmente, Oweis et al. (1998) indican que los atajados contribuyen a la reducción de la erosión y a la mejora de la infiltración controlada del agua, protegiendo así el suelo agrícola. También facilitan el uso eficiente de insumos como fertilizantes al asegurar la humedad en momentos clave del desarrollo de las plantas (pp. 27-28).

Finalmente, Oweis et al. (1998) resaltan la relevancia del uso de atajados en el contexto de la adaptación al cambio climático, especialmente en áreas con alta variabilidad de

precipitaciones como el municipio de El Puente. Estos sistemas representan una estrategia viable, económica y replicable para fortalecer la resiliencia de las comunidades rurales y asegurar la seguridad hídrica a nivel local (p. 30).

Estimación del volumen de atajados.

Para estimar la capacidad de almacenamiento de los atajados o pequeños reservorios de tierra, se utiliza una fórmula empírica ampliamente aceptada por organismos internacionales como la FAO. Esta fórmula permite obtener el volumen de agua almacenado considerando las dimensiones principales del reservorio y su forma aproximada.

$$V = L * A * P * K \quad (2.1)$$

Donde:

- **V** es el volumen en metros cúbicos (m³),
- **L** la longitud,
- **A** el ancho,
- **P** la profundidad promedio,
- y **k** un coeficiente de corrección que varía entre 0.6 y 0.85, dependiendo de la forma del reservorio. El valor de 0.7 es comúnmente utilizado como promedio cuando no se dispone de un levantamiento topográfico detallado. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 1998, p. 139)

Esta fórmula es especialmente útil en zonas rurales, donde los atajados presentan formas irregulares y la medición precisa de su volumen resulta compleja. Su aplicación práctica permite una estimación rápida para fines de planificación, gestión del recurso hídrico y diseño de nuevos reservorios.

Fórmula para el tamaño de la muestra finita (n).

$$n = \frac{N * Z^2 * P * (1 - P)}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * P * (1 - P)} \quad (2.2)$$

Donde:

- ✓ (N) Población total
- ✓ (Z) Nivel de confianza
- ✓ (E) Margen de error
- ✓ (p) Desviación estándar estimada

2.2. MARCO CONCEPTUAL.

2.2.1. Marco conceptual de presas.



Figura 2.10: Partes de una presa más el embalse y su cuenca.

Fuente: Fotografía Carlos Lima.

Cuenca hidrográfica.

Se define cuenca el área del terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua, cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de su recorrido. (Chereque Morán, 1989, p. 28)

Existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas. En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las

segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar (Aparicio Mijares, 1992, p. 19)

Cuenca Área tributaria de un curso de agua hasta un punto determinado, que puede ser el sitio de presa, separada de las cuencas adyacentes por la divisoria de aguas o línea que une los puntos de mayor altura que separan cuencas vecinas. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 11)

Presa.

Es la estructura que está sometida al empuje del agua, presión intersticial y supresión, empuje de sedimentos y oleaje, peso propio, sismos y efectos térmicos; por esto, debe ser estable y segura. (Santaella Valencia & Morales, 2001, p. 29)

Una presa puede definirse como una barrera o una estructura colocada cruzando un curso de agua o de un río para retener el agua y así controlar el caudal. (Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 16)

Embalse.

Embalse es un lago artificial construido para almacenar agua. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 11)

Es tan importante que la geología del emplazamiento del embalse sea adecuada, como la del emplazamiento de la presa. Los estudios del emplazamiento del embalse deben de ser planificados con gran cuidado, lo mejor es un estudio conjunto de la presa y el embalse. (Martínez Marín et al., 2001, p. 92)

Talud.

En presas, inclinación de los paramentos de aguas arriba o de aguas abajo, con respecto a la vertical. En otras palabras, relación entre la proyección horizontal y la proyección vertical del plano inclinado de una presa, cuando la proyección vertical vale 1. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 11)

Inclinación en relación con un plano horizontal; pendiente mide la inclinación respecto a la vertical. (Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 63)

Estribo.

Apoyo lateral que debe proporcionar estabilidad para el terraplén en todas las condiciones de saturación y de carga. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 11)

Rip-rap.

Es una capa o superficie de roca, colocada manualmente para prevenir la erosión, socavación o desgaste de una estructura o terraplén. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 11)

Corona.

Es la superficie superior de la presa que es parte de la protección contra oleaje y sirve de acceso a otras estructuras. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 11)

Longitud de la coronación de la presa. Longitud de la cima de la presa de una orilla a otra. (Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 62)

Vertedor de excedencias.

Estructura de desfogue de agua de un embalse cuando la misma supera el nivel máximo de almacenamiento de agua. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 11)

En las presas de embalse los aliviaderos permiten evacuar el agua sobrante o el agua de las avenidas que no cabe en el volumen de almacenamiento disponible. (Martínez Marín et al., 2001, p. 407)

Pie de presa.

Apoyo entre el cuerpo de la presa y el suelo de fundación que debe proporcionar estabilidad para el terraplén en todas las condiciones de saturación y de carga, debiendo tener al mismo tiempo una resistencia elevada a la filtración, para evitar una pérdida de agua excesiva. (Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable (PROAGRO), 2010, p. 11)

Pie de la presa Intersección del paramento aguas abajo con el terreno; se llama también “pie de aguas abajo”. La intersección con el paramento aguas arriba se llama talón o pie de aguas arriba. (Comité de Información y Educación Pública presidido por el Sr. Art Walz (Vicepresidente de ICOLD) et al., 2007, p. 62)

2.2.2. Marco conceptual de atajados.

Atajado.

Un atajado es un estanque excavado en tierra, diseñado para almacenar agua de lluvia, escurrimiento superficial u otras fuentes, destinado principalmente para uso agropecuario y doméstico. Se emplea principalmente en zonas áridas y semiáridas donde las lluvias son irregulares o insuficientes, permitiendo así la captación temporal del recurso hídrico. (Tammes et al., 2000, p. 17)

Canales de captación o aducción.

Los canales de captación o aducción se implementan para captar el agua y transportarla desde las fuentes hasta el atajado. Normalmente son canales en tierra. En circunstancias extraordinarias, como suelos arenosos, se recomienda revestir los canales con hormigón o mampostería seca para disminuir las pérdidas durante el transporte del agua y mejorar la conducción. (Tammes et al., 2000, p. 43)

Sedimentador.

El sedimentador es un pequeño estanque donde se hace disminuir la velocidad del agua antes de ingresar al atajado para que pueda descartar las partículas mayores, así se evita la sedimentación en el atajado. (Tammes et al., 2000, p. 48)

Canal de ingreso.

Es el conducto por el cual el agua ingresa directamente al cuerpo del atajado desde el canal de captación o el sedimentador. Su diseño considera el control del caudal y la prevención de erosión interna. (Tammes et al., 2000, p. 50)

Sistema de desfogue.

Se implementa para descargar el agua del atajado en forma eficiente y sin causar erosión. Existen diferentes formas de hacerlo. Lo más común es colocando un sifón por encima del talud. Otra es poner una tubería al fondo del terraplén del atajado. Por razones de sostenibilidad del sistema y la facilidad del uso, se recomienda implementar un tubo de PVC o fierro galvanizado (F.G.) preferentemente ubicado a pocos centímetros del fondo del atajado, permitiendo así la evacuación del agua almacenada. (Tammes et al., 2000, p. 50)

Cámara disipadora de energía.

Es una pequeña obra que se construye para disipar la energía del agua, que sale del tubo de desfogue. Además, es una obra que puede servir como abrevadero para el ganado, como lavadero de ropa y para el aseo personal. (Tammes et al., 2000, p. 55)

Aliviadero.

Es un canal de desvío del agua que se construye para controlar el nivel del espejo del agua en el atajado. El aliviadero se construye preferentemente en un suelo estable no en terraplenes recién formados. Desde el aliviadero se conduce el agua a una quebrada alledaña u otro sistema de drenaje controlado. (Tammes et al., 2000, pp. 55-56)

Canales de conducción.

Transportan el agua del atajado hacia las parcelas de cultivo u otro lugar de uso. El diseño de estos canales se realiza de la misma forma que los canales de captación o aducción. (Tammes et al., 2000, p. 56)

Cerco de protección perimetral.

Se coloca para proteger el atajado de daños físicos como el deterioro de los terraplenes causado por animales, para prevenir accidentes personales y para evitar la contaminación del agua. Se recomienda ubicar el cerco perimetral mínimamente a 5 metros de distancia del pie del terraplén exterior en toda la periferia del atajado. (Tammes et al., 2000, p. 56)

Volumen muerto.

Es el volumen ubicado en la parte inferior del atajado, debajo del nivel del tubo de desfogue. Sirve como espacio para sedimentación y reserva no utilizable del agua. (Tammes et al., 2000, p. 39)

Bordo libre.

Es la distancia entre el nivel máximo de agua y el borde superior del atajado. Su propósito es evitar que el agua se derrame por encima del terraplén en caso de lluvias intensas o errores de cálculo. (Tammes et al., 2000, p. 40)

2.3. MARCO LEGAL.

2.3.1. Marco constitucional y legislativo nacional

Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia (2009)

Artículo 373: Establece el agua como derecho fundamentalísimo para la vida.

Artículo 374: Determina la obligación del Estado de gestionar, regular y planificar el uso adecuado y sustentable de los recursos hídricos.

Artículo 375: Establece el deber del Estado de desarrollar planes para el manejo sustentable de cuencas. (Asamblea Legislativa Plurinacional de Bolivia, 2009, p. 144)

Ley N° 2878 - Ley de Promoción y Apoyo al Sector Riego (2004)

- Principal instrumento normativo para infraestructura hídrica de riego.
- Establece el registro de sistemas de riego y derechos de uso del agua.

- Crea el marco institucional para la gestión del riego (SENARI y SEDERI).
- Regula la inversión pública en infraestructura hídrica.(Congreso Nacional de Bolivia, 2004)

Ley N° 031 - Ley Marco de Autonomías y Descentralización (2010)

Artículo 83: Define competencias municipales para elaborar y ejecutar proyectos de riego.

Artículo 87: Establece competencias en servicios básicos y aprovechamiento de aguas.(Asamblea Legislativa Plurinacional de Bolivia, 2010)

Ley N° 745 - Ley de la Década del Riego (2015)

- Declara prioridad nacional la implementación de proyectos de riego.
- Establece metas de incremento de superficie bajo riego.(Asamblea Legislativa Plurinacional de Bolivia, 2015)

2.3.2. Normativa reglamentaria

D.S. N° 28817 - Reglamento de la Ley 2878 (2006)

- Establece el Registro Nacional de Sistemas de Riego.
- Define procedimientos para autorización de obras de captación y almacenamiento.
- (Poder Ejecutivo de Bolivia, 2006) Reglamenta los derechos de uso y aprovechamiento para riego.(Poder Ejecutivo de Bolivia, 2006)

D.S. N° 24176 - Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (1996)

- Establece normas para la protección de calidad del agua en embalses.
- Define criterios de clasificación de cuerpos de agua.(Poder Ejecutivo de Bolivia, 1996)

2.3.3. Normativa departamental y municipal

Plan Departamental de Tarija para la Gestión Integral de Recursos Hídricos (2018-2022)

- Establece la necesidad de inventariar y evaluar la infraestructura hídrica existente.
- Prioriza inversiones en mantenimiento y construcción de presas.(Gobierno Autónomo Departamental de Tarija, 2018)

Plan de Desarrollo Municipal de El Puente (2021-2025)

- Define prioridades locales para gestión sostenible de cuencas hidrográficas.
- Establece metas para ampliación de sistemas de micro riego.(Gobierno Autónomo Municipal de El Puente, 2021)

2.4. MARCO ESPACIAL.

El presente trabajo se desarrolla en el municipio de El Puente, perteneciente a la provincia Méndez del departamento de Tarija, Bolivia. Este municipio se encuentra ubicado en la región sur del país, en una zona predominantemente rural, caracterizada por una topografía accidentada, presencia de quebradas, ríos y valles, que conforman un entorno propicio para la construcción de presas y sistemas de almacenamiento de agua.

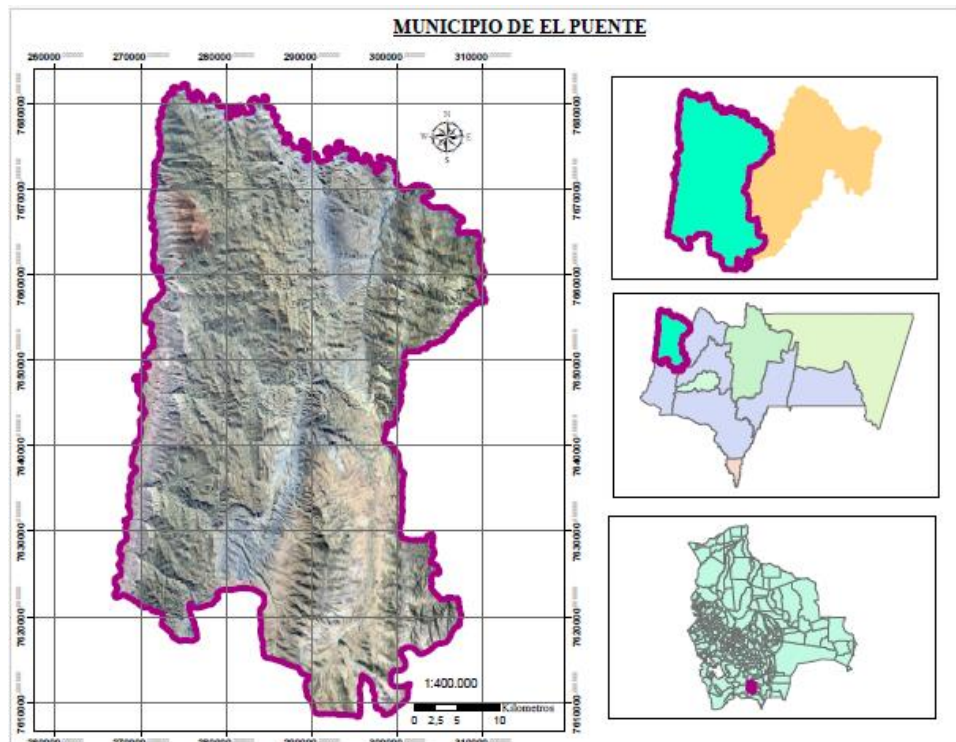


Figura 2.11: Municipio de El Puente
Fuente: Creación propia con ayuda de ArcGIS.

2.5.MARCO TEMPORAL.

La presente investigación se desarrolla en el periodo comprendido entre enero de 2024 y mayo de 2025, etapa en la cual se ha llevado a cabo la recopilación, sistematización y análisis de la información correspondiente al inventario de presas ubicadas en el municipio de El Puente, departamento de Tarija.

Durante este tiempo se realizaron trabajos de campo, entrevistas a usuarios del agua, revisión de documentación técnica y consulta de fuentes cartográficas y satelitales. Asimismo, se utilizaron registros históricos disponibles en instituciones municipales y departamentales, lo que permitió identificar obras de infraestructura hídrica construidas en las últimas décadas.

El estudio toma como referencia los datos de presas existentes hasta mayo del 2025, incluyendo aquellas en funcionamiento, en estado de deterioro o abandonadas. Esta delimitación temporal permite ofrecer una radiografía actualizada del estado de las presas en el municipio y establecer una base para futuras evaluaciones y planes de gestión de los recursos hídricos.

CAPÍTULO 3

MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Enfoque cuantitativo

En una investigación cuantitativa se intenta generalizar los resultados encontrados en un grupo o segmento (muestra) a una colectividad mayor (universo o población).

En el enfoque cuantitativo primero se va recolectando, sistematizado y analizado la información del municipio de El Puente, para describir las características físicas y estado de las presas, para generar información actual que sirva para la futura planificación y gestión del agua, este enfoque utiliza la recolección de datos para comprobar hipótesis.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Investigación descriptiva.

Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y eventos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren. (Henández Sampieri et al., 2010, p. 80)

Se busca detallar y caracterizar las presas existentes en el municipio de El Puente, identificando sus características, ubicación, usos principales, estado actual y otros aspectos relevantes.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1. Investigación no experimental, de corte transversal.

No experimental: No se manipularán variables; la información se recolectará tal como se encuentra en la realidad.

Transversal: Los datos se recopilarán en un período de tiempo específico.

El diseño de la investigación se refiere al plan o estrategia concebida, para dar respuesta a las preguntas de la investigación implica seleccionar o desarrollar uno o más diseños de investigación y aplicarlo al contexto particular de estudio. (Henández Sampieri et al., 2010)

3.4. POBLACIÓN

Teniendo en cuenta lo expresado por Sampieri, que la población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. Es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las entidades de la población poseen una característica común con la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación.

Población estará constituida por el total de las presas existentes dentro de los límites del municipio de El Puente.

3.5. UNIDAD DE ANÁLISIS.

Para seleccionar una muestra, lo primero que hay que hacer es definir la unidad de análisis (individuos, organizaciones, periódicos, comunidades, situaciones, eventos, etc.). Una vez definida la unidad de análisis se delimita la población. (Henández Sampieri et al., 2010, p. 173)

La unidad de análisis está dada por los límites del municipio de El Puente.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizarán diversas técnicas para recopilar la información necesaria:

3.6.1. Revisión documental.

Búsqueda y análisis de documentos existentes en instituciones locales, regionales o nacionales (gobierno municipal, gobernación, ministerios, organizaciones de usuarios de agua, etc.). Esto puede incluir planos, registros de construcción, permisos, estudios previos (si existen), etc.

Es la exploración exhaustiva de textos y documentos sobre un tema en particular. Se usa esta técnica para seleccionar y extraer información sobre la variable, desde diferentes ópticas abordadas, permitiendo profundizar sus conocimientos sobre el tema y la variable en términos de integración, corroboración y crítica. (Useche et al., 2019, p. 48)

Revisión de cartografía existente (mapas topográficos, imágenes satelitales) para la identificación preliminar de posibles ubicaciones de presas.

3.6.2. Observación directa

- Visitas de campo a las zonas donde se presume o se ha identificado la existencia de presas.
- Registro visual de las características de las presas (tipo de material, dimensiones aproximadas, estado de conservación, presencia de estructuras anexas, etc.).
- Se utilizarán fichas de observación estructuradas para asegurar la recopilación sistemática de la información. Estas fichas incluirán variables predefinidas.

La observación es fundamental en todos los campos de la ciencia. Consiste en el uso sistemático de nuestros sentidos orientados a la captación de la realidad que se estudia. Es por ello una técnica tradicional, cuyos primeros aportes sería imposible rastrear. A través de los sentidos, el hombre capta la realidad que lo rodea y luego la organiza intelectualmente. (Palella Stracuzzi & Martins Pestana, 2006, p. 126)

Consiste en la observación indirecta y directa de las presas de ambos municipios mediante Google Earth y las visitas de campo a cada presa identificada.

3.6.3. Medición.

Se puede decir que la medición es la atribución de valores numéricos a las propiedades de los objetos. En la medición es necesario tener en cuenta el objeto y la propiedad que se va a medir, altura y volumen, la unidad y el instrumento de medición aplicados o empleados fueron una cinta métrica flexible, un nivel de mano y una escuadra, el sujeto que realiza la misma y los resultados que se pueden alcanzar

Tiene como objetivo obtener información numérica acerca de las características físicas de las presas como la altura y volumen, se compara y clasifica.

3.6.4. Entrevista.

Se realizarán entrevistas semi-estructuradas a actores clave como líderes comunitarios, usuarios de agua (agricultores), y pobladores locales con conocimiento sobre las presas.

3.6.5. Uso de tecnologías de la información geográfica (SIG):

Se utilizará un Sistema de Información Geográfica (SIG) para la georreferenciación de las presas identificadas, la creación de mapas de distribución y el análisis espacial de su ubicación en relación con otros elementos geográficos (ríos, comunidades, etc.).

Se pueden utilizar **GPS** o aplicaciones móviles con capacidad de geolocalización para registrar las coordenadas exactas de cada presa durante las visitas de campo.

3.6.6. Recolección fotográfica

Las figuras fotográficas son sin duda una herramienta de gran valor para la representación e interpretación del estado de cada presa mostrada en las fichas correspondientes. Con la fotografía documental se pretende registrar e informar acerca de las formas y las condiciones de la estructura. Se registran los acontecimientos que afectan a la vida útil y el estado actual, lo que en resumen nos dice que la fotografía documental se limita a la naturaleza observada.

El método implica el uso de un dispositivo de entrada de imágenes, como una cámara, para tomar fotografías de un objeto. Este es el primer paso en el proceso de presentación de información. (Shibasaki et al., 2004)

3.6.7. Variables de estudio

Se definirán claramente las variables que serán inventariadas para cada presa. Estas podrían incluir, pero no se limitan a:

- **Ubicación:** Coordenadas geográficas (latitud, longitud), coordenadas UTM, comunidad.

- **Identificación:** Nombre
- **Características físicas:**
 - Tipo de presa (tierra, hormigón, mampostería, etc.).
 - Dimensiones aproximadas (altura, longitud de la cresta).
 - Presencia y tipo de aliviadero.
 - Presencia y tipo de desagüe de fondo.
 - Capacidad de embalse estimada (si es posible).
- **Usos:** Riego, agua potable, generación de energía, control de inundaciones, recreación, piscicultura, uso múltiple, etc.
- **Estado actual:** Operativo, parcialmente operativo, no operativo, en construcción, abandonada, con daños visibles, etc.
- **Administración y gestión:** Quién es el responsable de su administración y mantenimiento (comunidad, municipio, asociación, etc.).
- **Antigüedad estimada:** Año de construcción (si se conoce).
- **Infraestructura asociada:** Canales de riego, tuberías de distribución, etc.

3.7. METODOLOGÍA.

3.7.1. Metodología para presas.

Esta sección se dividirá en las siguientes fases.

Fase 1: Recopilación y revisión de información existente

Revisión de registros y bases de datos de instituciones públicas como el SEDEGIA, PERTT, SEDAG, gobernación del departamento de Tarija, alcaldía del municipal de El Puente, etc.

Revisión de imágenes satelitales y fotografías aéreas históricas y actuales del Google Earth para identificar posibles estructuras. Así como también Mapas del I.G.M. (Instituto Geográfico Militar de Bolivia) y otras fuentes secundarias.

Fase 2: Trabajo de campo (Inventario primario)

Planificación de las rutas de prospección: Diseño de recorridos eficientes para cubrir la

mayor parte del territorio municipal, priorizando áreas con mayor probabilidad de presencia de presas según la información recopilada.

Identificación y localización de las presas:

Utilización de equipo o aplicación móvil de posicionamiento global (GPS) para encontrar las presas y registrar las coordenadas geográficas como también coordenadas UTM de cada estructura identificada.

Implementación de un formulario estandarizado para la recopilación de información básica de cada presa, que incluya campos como:

- Nombre
- Tipo de estructura (tierra, hormigón, mampostería, etc.).
- Dimensiones aproximadas (altura, longitud de la cresta, ancho de la base).
- Estado aparente de la estructura (bueno, regular, malo, con signos de deterioro).
- Uso actual (riego, consumo humano, abrevadero, recreación, hidroeléctrico, abandono, etc.).
- Presencia de elementos asociados (aliviadero, toma de agua, tuberías, etc.).
- Observaciones generales (vegetación circundante, accesibilidad, riesgos aparentes, etc.).
- Registro fotográfico detallado de la estructura y su entorno.

Verificación y validación in situ: En la medida de lo posible, se buscará corroborar la información con la georreferenciación, medición y los usuarios de las presas identificadas.

Fase 3: Fase de procesamiento y análisis de la información.

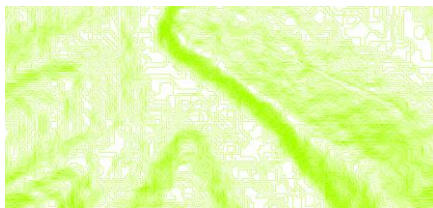
Georreferenciación precisa: Vinculación de los datos alfanuméricos con las coordenadas geográficas para generar una capa de información espacial de las presas.

Estimación del volumen con los programas Google Earth y ArcGIS 10.6

1) Delimitación del espejo de agua en Google Earth



2) Generación de curvas de nivel en ArcGIS con un DEM de 12,5*12,5 metros de resolución.



3) Importar el espejo de agua a ArcGIS y elección de la curva más cercana al espejo de agua para generar el embalse.



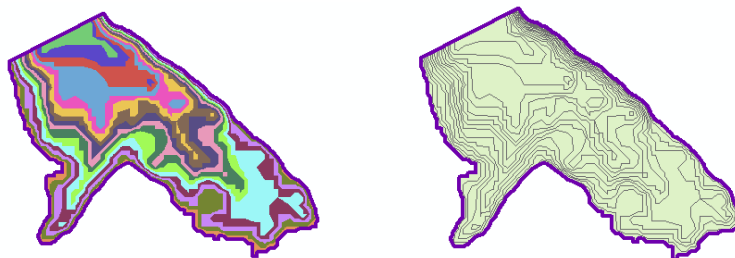
4) Generar un TIN (Triangulate Irregular Network).



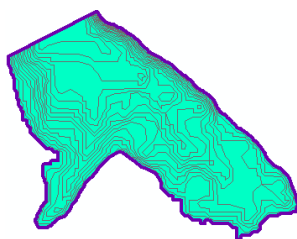
5) Convertir el TIN a Raster y recortar.



6) Reclasificar y convertir a polígono.



7) Dissolve para los valores repetidos.



8) Áreas extraídas de ArcGIS.

Table					
RasterT16_Dissolve					
	OBJECTID *	Shape *	gridcode	Shape Length	Shape Area
	1	Polygon	1	595,17785	8688,768183
	2	Polygon	2	1049,210101	11461,536672
	3	Polygon	3	1363,331133	15160,789682
	4	Polygon	4	1887,606141	24426,74162
	5	Polygon	5	2321,936975	15918,153133
	6	Polygon	6	2837,649292	16560,574111
	7	Polygon	7	3335,876516	20660,285391
	8	Polygon	8	3379,791847	18303,627664
	9	Polygon	9	3542,068675	17947,271243
	10	Polygon	10	3786,094719	21626,54608
	11	Polygon	11	4020,125279	21827,230711
	12	Polygon	12	4941,320943	37893,15157
	13	Polygon	13	5721,583239	32245,685352
	14	Polygon	14	5766,387796	26689,736764
	15	Polygon	15	5562,035963	24971,173167
	16	Polygon	16	5442,627238	18956,784935

gridcode	Shape_Area	Área Acumulada (m ²)	volumen m3	volumen acumulado (m ³)	Volumen (hm ³)
1	8688,77	8688,77	0,00	0,00	0,00
2	11461,54	20150,30	14419,54	14419,54	0,01
3	15160,79	35311,09	27730,70	42150,24	0,04
4	24426,74	59737,84	47524,47	89674,70	0,09
5	15918,15	75655,99	67696,91	157371,61	0,16
6	16560,57	92216,56	83936,28	241307,89	0,24
7	20660,29	112876,85	102546,71	343854,60	0,34
8	18303,63	131180,48	122028,66	465883,26	0,47
9	17947,27	149127,75	140154,11	606037,37	0,61
10	21626,55	170754,29	159941,02	765978,39	0,77
11	21827,23	192581,52	181667,91	947646,30	0,95
12	37893,15	230474,68	211528,10	1159174,40	1,16
13	32245,69	262720,36	246597,52	1405771,92	1,41
14	26689,74	289410,10	276065,23	1681837,15	1,68
15	24971,17	314381,27	301895,68	1983732,83	1,98
16	18956,78	333338,06	323859,66	2307592,50	2,31

9) Comparación del volumen de almacenamiento.

- ❖ Reporte presa El Molino, 2023 (SEDEGIA) = $2,8 \text{ hm}^3$
- ❖ Diseño final de la presa El Molino, 2004 = $2,4 \text{ hm}^3$
- ❖ Volumen topobatimetría, 2019 (CIAGUA) = $2,24 \text{ hm}^3$
- ❖ Volumen estimado con el programa ArcGIS = $2,31$

Control de calidad de los datos: Revisión y corrección de posibles errores u omisiones en la información recopilada.

Análisis descriptivo de los datos: Generación de estadísticas básicas sobre el número de presas, tipos, usos predominantes, estado general, distribución espacial, etc.

Elaboración de mapas temáticos: Representación cartográfica de la ubicación de las presas, clasificadas por diferentes criterios (tipo, uso, estado, etc.)

3.7.2. Metodología para atajados.

Identificación de atajados mediante imágenes satelitales

La primera fase consistió en la localización de los atajados existentes en el municipio de El Puente utilizando la plataforma Google Earth Pro, que permite visualizar imágenes satelitales de alta resolución y georreferenciar elementos.

Diseño del muestreo

Para estimar el volumen promedio de los atajados existentes en el municipio de El Puente, se aplicó un muestreo aleatorio simple, seleccionando una muestra representativa de atajados usando la fórmula para muestreo finito véase la ecuación (2.2)

Cálculo del volumen

Se aplicó la fórmula del volumen de un prisma trapezoidal invertido (modelo simplificado) o de un paralelepípedo irregular para aproximar el volumen de los atajados véase la ecuación (2.1)

CAPÍTULO 4

INVENTARIO DE PRESAS EN EL

MUNICIPIO DEL PUENTE

CAPÍTULO 4: INVENTARIO DE PRESAS EN EL MUNICIPIO DE EL PUENTE

4.1. INVENTARIO DE PRESAS

El presente capítulo tiene como objetivo presentar un inventario detallado de las presas ubicadas en el municipio de El Puente, perteneciente al departamento de Tarija, Bolivia. Esta información es fundamental para la evaluación del aprovechamiento hídrico, la gestión del recurso agua y la planificación de proyectos de desarrollo rural y agrícola en la región. El inventario permite identificar la capacidad de almacenamiento, el estado actual de las infraestructuras y su uso principal, lo cual constituye una herramienta clave para la toma de decisiones a nivel municipal y departamental.

4.1.1. Determinación del código de cada presa

El código de cada presa se estableció considerando 3 elementos:

Lugar de ubicación de las estructuras, todas las presas tendrán el mismo código municipal, por tratarse de un estudio en el municipio de El Puente,

Según la cuenca en que se encuentre de la unidad hidrográfica a nivel 5 según la codificación Pfafstetter.

Y según el tamaño de la presa.

Tabla N° 4.1: *Códigos de acuerdo al municipio, cuencas a nivel 5 y tamaño de las presas.*

Municipio El Puente	
Código = EP	
Cuencas U.H. 5	
Impora-Código = I	Las Carreras-Código = LC
Monte Sandoval-Código = MS	Naciente del río Camblaya-Código = NRC
Parte alta del río Camblaya-Código = PARC	Quebrada Palca-Código = QP
Parte media del río Camblaya-Código = PMRC	Rio Guadalquivir-Código = RG
Río Huacata-Código = RH	Rio Paicho-Código = RP
Río Tomayapo-Código = RT	Villa Pacheco-Código = VP

Tamaño de la presa

Presa pequeña Código = PP

Presa mediana Código = PM

presa grande Código = PG (A, B, C)

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo:

Presa El Molino de HCR. Tiene una altura de 18,16 metros, esta presa se encuentra en la cuenca del Río Tomayapo en el municipio de El Puente.

Ubicación municipal = EP, ubicación cuencas U.H.5 = RT, y tamaño de la presa = PG-A

4.1.2. Elaboración de la ficha descriptiva.

FICHA N°

NOMBRE

1). UBICACIÓN

Departamento			
Provincia			
Municipio			
Comunidad			
Población cercana			
Hoja de carta IGM 1:50000			
Coordenadas UTM:	E:	N:	
Coordenadas Geográficas	Lat:	Long:	
Río o Qda. Donde se emplaza la presa			
Cuenca principal UH5			
Ruta de acceso a la presa			

2). CROQUIS DE ACCESO A LA PRESA

3). MAPA DE LA CUENCA EL MOLINO

4) DATOS TÉCNICOS DE LA CUENCA

Área de la cuenca	
Perímetro de la cuenca	
Precipitación media anual de la cuenca	
Aporte medio anual de la cuenca directa	

5). DATOS TÉCNICOS DEL EMBALSE

Uso del embalse	
Área del espejo de agua	
Volumen de almacenamiento	
Volumen útil	

6) DATOS TÉCNICOS DE LA PRESA

Tipología de presa	
Material de construcción	
Longitud de coronación	
Ancho de coronación	
Altura desde el nivel del lecho de río	
Talud aguas arriba (V:H)	
Talud aguas abajo (V:H)	

7) DATOS TÉCNICOS DEL VERTEDERO DE EXCEDENCIA

Tipo de Aliviadero	
Posición respecto al cuerpo de la presa	
Caudal de diseño	
Periodo de retorno	
Longitud de la cresta	
Estructura de disipación	
Tipo de estructura de disipación	

8). DATOS TÉCNICOS DE LA OBRA DE TOMA

Nº de tomas	
Estructura de entrada	
Conducto de salida	
Aducción principal para riego	
Número de beneficiarios	
Obras Adicionales:	

9). MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN DE LA PRESA

Entidad responsable	
Seguimiento a la operación	
Frecuencia de la inspección de la presa	
Mantenimiento	

10) DATOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Fase	nombre/institución	año
Elaboración del diseño		

Periodo de construcción	
Empresa constructora	
Costo de la obra	

11). ESTADO ACTUAL

4.1.3. Número de presas en el municipio.

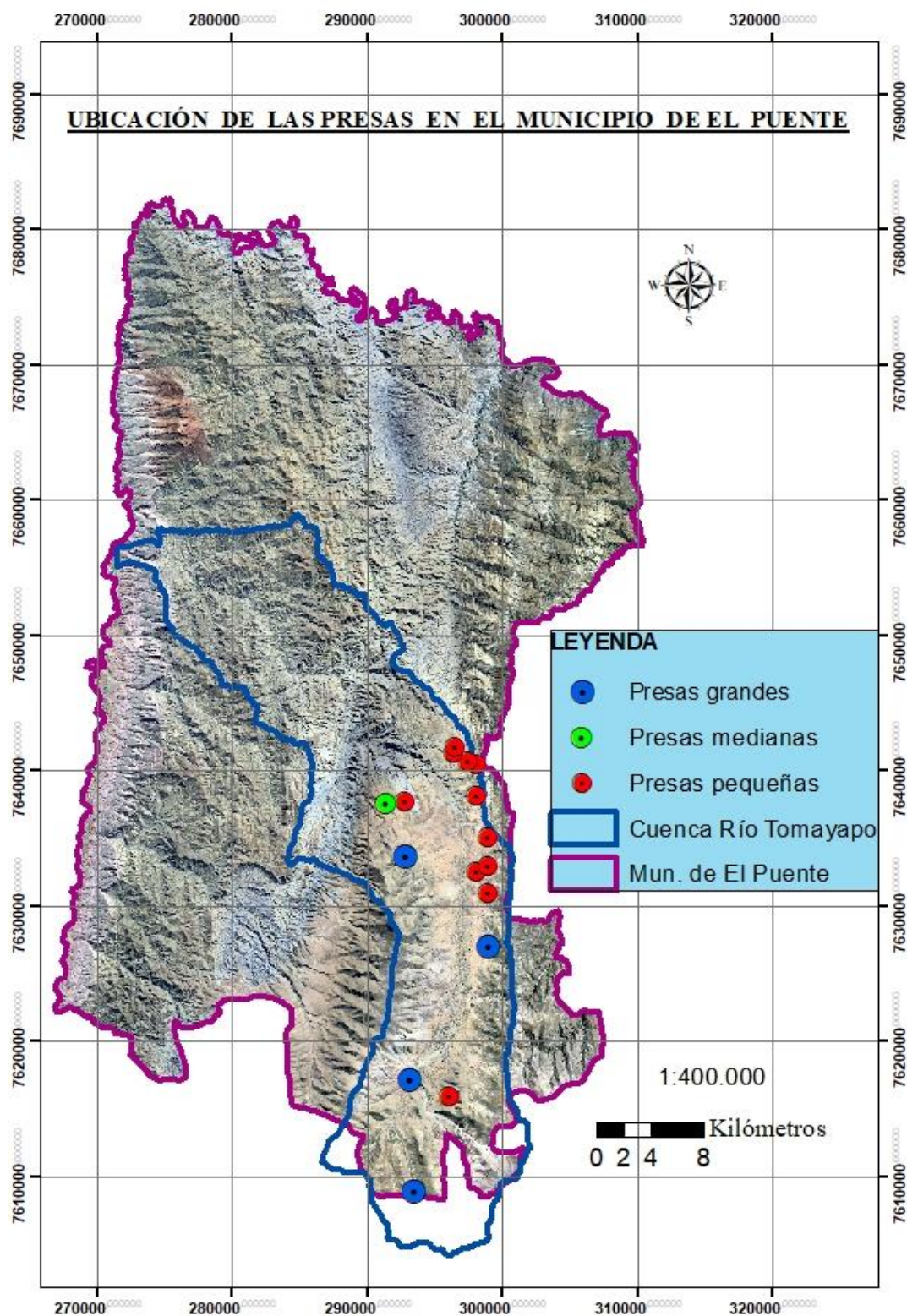


Figura 4.1: Mapa de ubicación de las presas.
Fuente: Elaboración propia con ayuda de ArcGIS.

Las presas del municipio de El Puente, ubicado en el departamento de Tarija (Bolivia), son infraestructuras hidráulicas destinadas principalmente al riego agrícola. En total, se identifican 16 presas distribuidas en distintas comunidades del municipio. Estas obras varían en tamaño, capacidad y estado de funcionamiento, y han sido construidas entre los años 1986 y 2022, destacándose tanto estructuras de hormigón como de tierra (materiales sueltos)

La mayoría de las presas utilizan sistemas de aducción por bombeo o canalización, y están ubicadas en quebradas de la cuenca del río Tomayapo. Si bien algunas presas están operativas y mantenidas por comunarios o instituciones como SEDEGIA, otras presentan deterioro y falta de mantenimiento, lo que limita su funcionalidad.

En conjunto, estas presas representan un esfuerzo importante por mejorar la disponibilidad de agua para la producción agrícola en zonas rurales del municipio, aunque requieren intervenciones técnicas y organizativas para asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

A continuación, en una tabla se presenta las 16 presas del municipio de El Puente más su ubicación y su año de construcción.

Tabla N° 4.2: *Número de presas en el municipio de El Puente.*

N°	NOMBRE DE LA PRESA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (LAT, LONG)	COORDENADAS UTM (E, N)	AÑO DE CONSTRUCCIÓN
1	El Molino	21°32'11.32"S, 64°59'48.16"O	293204.00 m E, 7617154.00 m N	2007 - 2014
2	Chorcoya Méndez	21°36'38.83"S, 64°59'40.99"O	293515.61 m E, 7608928.47 m N	2016
3	La Estancia	21°23'11.43"S, 64°59'53.13"O	292849.00 m E, 7633758.00 m N	2013
4	Chilcayito	21°26'52.06"S, 64°56'22.97"O	298987.00 m E, 7627048.00 m N	2009
5	El Cardonal	21°21'5.37"S, 65°00'39.94"O	291451.00 m E, 7637618.00 m N	2022

6	Presa Comunidad El Molino	21°23'40.75"S, 64°56'20.06"O	298998.00 m E, 7632933.00 m N	1986
7	Pueblo Nuevo	21°32'51.09"S, 64°58'6.43"O	296147.00 m E, 7615968.00 m N	2007
8	Rincón de las Rositas	21°24'46.12"S, 64°56'18.80"O	299059.00 m E, 7630923.00 m N	2005
9	Buen Día	21°23'53.02"S, 64°56'50.42"O	298128.00 m E, 7632545.00 m N	2007
10	Vizcachayu	21°22'29.80"S, 64°56'20.41"O	298960.93 m E, 7635115.14 m N	2008
11	Villa Nueva	21°20'49.85"S, 64°56'46.75"O	298164.00 m E, 7638180.00 m N	2007
12	Huanacuno 1	21°19'35.53"S, 64°56'46.12"O	298153.00 m E, 7640466.00 m N	2007
13	Huanacuno 2	21°19'27.36"S, 64°57'6.10"O	297575.04 m E, 7640710.14 m N	2007
14	Huanacuno 3	21°19'7.49"S, 64°57'45.95"O	296419.00 m E, 7641307.00 m N	2007
15	Huanacuno 4	21°18'51.71"S, 64°57'41.30"O	296547.00 m E, 7641794.00 m N	2007
16	Tres Cruces	21°21'2.46"S, 64°59'49.68"O	292898.00 m E, 7637726.00 m N	2011

Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.4. Clasificación de presas

En el municipio de El Puente, se tomó la siguiente clasificación por su tamaño, por el tipo de material de construcción, uso del agua y estado operativo. Predominan las presas de pequeña magnitud, construidas mayormente con materiales sueltos (tierra), aunque también existe una presa de fábrica, la de hormigón compactado con rodillo. Su uso principal es el riego agrícola, beneficiando a diversas comunidades rurales. En cuanto a su estado, algunas presas se encuentran operativas, otras presentan funcionamiento regular o están fuera de uso debido a

problemas estructurales o falta de mantenimiento, lo que refleja una necesidad de evaluación y mejora en su gestión y conservación

4.1.4.1. Clasificación según su magnitud.

La clasificación de las presas del municipio de El Puente por su magnitud o altura permite diferenciarlas según su impacto y complejidad estructural. De acuerdo con esta clasificación, las presas se dividen en grandes (PG) cuando superan los 15 metros de altura, medianas (PM) si tienen entre 10 y 15 metros, y pequeñas (PP) cuando su altura es inferior a 10 metros, pero superior a los 5 m La mayoría de las presas en el municipio son de tipo PP, lo que refleja una predominancia de infraestructuras de menor escala adaptadas a las necesidades locales de riego en zonas rurales, con algunas excepciones de presas mayores que destacan por su capacidad y nivel de inversión.

Tabla N° 4.3: Presas y su altura.

N°	Código	Nombre de la Presa	Altura (m)
1	EP-RT-(PG-A)	El Molino	18,50
2	EP-RT-(PG-A)	Chorcoya Méndez	24,00
3	EP-RT-(PG-A)	La Estancia	16,00
4	EP-RT-(PG-A)	Chilcayito	17,00
5	EP-RT-PM	El Cardonal	10,20
6	EP-RT-PP	Presa Comunidad El Molino	8,00
7	EP-RT-PP	Pueblo Nuevo	6,00
8	EP-RT-PP	Rincón de las Rositas	8,60
9	EP-RT-PP	Buen Día	6,10
10	EP-RT-PP	Vizcachayu	8,80
11	EP-RT-PP	Villa Nueva	6,00
12	EP-RT-PP	Huanacuno 1	6,00
13	EP-RT-PP	Huanacuno 2	8,00
14	EP-RT-PP	Huanacuno 3	7,30
15	EP-RT-PP	Huanacuno 4	8,80
16	EP-RT-PP	Tres Cruces	9,50

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.2. Clasificación según el material de construcción.

Según su material de construcción se clasifican en dos tipos principales: presas de fábrica y presas de materiales sueltos. Las presas de fábrica, aunque menos numerosas, están construidas con materiales como el hormigón compactado, lo que les otorga mayor durabilidad y capacidad para soportar mayores presiones de agua, siendo utilizadas generalmente en proyectos de mayor envergadura como la presa El Molino. Por otro lado, predominan las presas de materiales sueltos, principalmente de tierra, que son más económicas y adecuadas para las condiciones geográficas del municipio. Estas últimas son comunes en zonas rurales, donde se construyen con recursos locales y se utilizan principalmente para el riego agrícola.

Tabla N° 4.4: *Presas según el material de construcción.*

N°	Código	Nombre de la Presa	Presas de Fábrica	Presas de materiales Suelos
1	EP-RT-(PG-A)	El Molino	Hormigón compactado con rodillo	
2	EP-RT-(PG-A)	Chorcuya Méndez		De pantalla de hormigón
3	EP-RT-(PG-A)	La Estancia		Presa homogénea
4	EP-RT-(PG-A)	Chilcayito		Presa homogénea
5	EP-RT-PM	El Cardonal		Presa homogénea
6	EP-RT-PP	Presa Comunidad El Molino		Presa homogénea
7	EP-RT-PP	Pueblo Nuevo		Presa homogénea
8	EP-RT-PP	Rincón de las Rositas		Presa homogénea
9	EP-RT-PP	Buen Día		Presa homogénea
10	EP-RT-PP	Vizcachayu		Presa homogénea
11	EP-RT-PP	Villa Nueva		Presa homogénea
12	EP-RT-PP	Huanacuno 1		Presa homogénea
13	EP-RT-PP	Huanacuno 2		Presa homogénea
14	EP-RT-PP	Huanacuno 3		Presa homogénea

15	EP-RT-PP	Huanacuno 4	Presa homogénea
16	EP-RT-PP	Tres Cruces	Presa homogénea

Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.4.3. Clasificación según el uso.

En el municipio de El Puente, el uso del agua almacenada en las presas está destinado exclusivamente al riego agrícola. Todas las presas construidas en esta región tienen como principal objetivo asegurar el abastecimiento de agua para la producción de cultivos, es la principal actividad económica. Esta orientación refleja una estrategia local enfocada en fortalecer la seguridad hídrica y mejorar la productividad del sector agropecuario, haciendo un uso eficiente y dirigido del recurso hídrico en un contexto de creciente variabilidad climática

Tabla N° 4.5: *Uso del agua de las presas.*

N°	Código	Nombre de la Presa	Uso del agua
1	EP-RT-(PG-A)	El Molino	riego
2	EP-RT-(PG-A)	Chorcoya Méndez	riego
3	EP-RT-(PG-A)	La Estancia	riego
4	EP-RT-(PG-A)	Chilcayito	riego
5	EP-RT-PM	El Cardonal	riego
6	EP-RT-PP	Presa Comunidad El Molino	riego
7	EP-RT-PP	Pueblo Nuevo	riego
8	EP-RT-PP	Rincón de las Rositas	riego
9	EP-RT-PP	Buen Día	riego
10	EP-RT-PP	Vizcachayu	riego
11	EP-RT-PP	Villa Nueva	riego
12	EP-RT-PP	Huanacuno 1	riego
13	EP-RT-PP	Huanacuno 2	riego
14	EP-RT-PP	Huanacuno 3	riego
15	EP-RT-PP	Huanacuno 4	riego
16	EP-RT-PP	Tres Cruces	riego

Fuente: *Elaboración propia.*

4.1.4.3 Clasificación según el estado actual.

En el municipio de El Puente, las presas presentan diferentes estados de funcionamiento. Algunas están operativas y cumplen eficazmente su función de abastecimiento de agua para riego, gracias al mantenimiento realizado por los propios beneficiarios. Otras presas funcionan de manera regular, presentando limitaciones como filtraciones, deterioro en las obras de toma o capacidad reducida de almacenamiento. También existen presas que no funcionan, ya sea por fallas estructurales, por falta de mantenimiento o porque no logran retener agua adecuadamente. Esta diversidad de condiciones refleja la necesidad de una evaluación técnica integral y acciones de rehabilitación para garantizar la sostenibilidad del sistema de almacenamiento de agua en el municipio.

Tabla N° 4.6: *Estado actual de las presas.*

N°	Código	Nombre de la Presa	Funcionalidad de la presa
1	EP-RT-(PG-A)	El Molino	funciona
2	EP-RT-(PG-A)	Chorcoya Méndez	no funciona
3	EP-RT-(PG-A)	La Estancia	funciona
4	EP-RT-(PG-A)	Chilcayito	funciona
5	EP-RT-PM	El Cardonal	regular
6	EP-RT-PP	Presa Com. El Molino	funciona
7	EP-RT-PP	Pueblo Nuevo	no funciona
8	EP-RT-PP	Rincón de las Rositas	funciona
9	EP-RT-PP	Buen Día	funciona
10	EP-RT-PP	Vizcachayu	funciona
11	EP-RT-PP	Villa Nueva	regular
12	EP-RT-PP	Huanacuno 1	no funciona
13	EP-RT-PP	Huanacuno 2	regular
14	EP-RT-PP	Huanacuno 3	regular
15	EP-RT-PP	Huanacuno 4	no funciona
16	EP-RT-PP	Tres Cruces	funciona

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla N° 4.7: Detalles de la Funcionalidad.

N°	Nombre de la Presa	abastecimiento	Posibles problemas
1	El Molino	Más de 12 com. Beneficiadas del agua embalsada	
2	Chorcoya Méndez	ningún beneficiado	-Filtración excesiva -Obra de toma taponada con lodo -Obra en abandono
3	La Estancia	Aproximadamente 20 beneficiarios del agua embalsada	
4	Chilcayito	Aproximadamente 30 beneficiarios del agua embalsada	
5	El Cardonal	Aproximadamente 40 beneficiarios del agua embalsada	-Paramento aguas abajo erosionado -Obra de toma destruida
6	Presa Com. El Molino	Aproximadamente 5 beneficiarios del agua embalsada	
7	Pueblo Nuevo	Ningún beneficiado	-Filtraciones -Paramento aguas abajo erosionado margen derecho -El embalse no se llena -La geomembrana no cubre todo el paramento aguas arriba
8	Rincón de las Rositas	Aproximadamente 30 beneficiarios del agua embalsada	
9	Buen Día	Aproximadamente 35 beneficiarios del agua embalsada	
10	Vizcachayu	Aproximadamente 10 beneficiarios del agua embalsada	
11	Villa Nueva	Aproximadamente 12 beneficiarios del agua embalsada	-Erosión de consideración en el margen derecho, -Vertedero pequeño para evacuar el agua excedente
12	Huanacuno 1	Ningún beneficiado	-El embalse no se llena -Mala ubicación de la presa -Obra de toma deteriorada
13	Huanacuno 2	Aproximadamente 5 beneficiarios del agua embalsada	-Obra de toma deteriorada -El embalse no se llena

14	Huanacuno 3	Aproximadamente 5 beneficiarios del agua embalsada	-Obra de toma deteriorada -El embalse no se llena -la obra de toma esta taponado en el paramento aguas arriba -El embalse no se llena
15	Huanacuno 4	Ningún beneficiado	-Filtraciones -Mala ubicación de la presa
16	Tres Cruces	Aproximadamente 40 beneficiarios del agua embalsada	

Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Número de atajados y estimación del volumen de agua.

▪ Número de atajados en el municipio de El Puente.

En el municipio de El Puente se identificaron 1.675 atajados distribuidos en 8 cuencas hidrográficas a nivel 5 según la clasificación Pfafstetter, el área de estudio revela una distribución heterogénea de atajados hídricos a lo largo del territorio. Esta variabilidad en la densidad de infraestructura hídrica refleja tanto las características geomorfológicas particulares de cada unidad como las diferentes estrategias de manejo del recurso hídrico implementadas en el territorio. La cuantificación y distribución espacial de estos elementos constituye un insumo fundamental para comprender los patrones de gestión del agua y su relación con las dinámicas territoriales presentes en cada unidad hidrográfica.

Tabla N° 4.8: Número de atajados en el municipio de El Puente.

N°	Unidades hidrográficas a nivel 5	N° de atajados
1	Impora	1
2	Las Carreras	5
3	Monte Sandoval	3
4	Quebrada Palca	3
5	Rio Huacata	3
6	Rio Paicho	17
7	Rio Tomayapo	1.641
8	Rio Guadalquivir	2
	Total	1.675

Fuente: Elaboración propia.

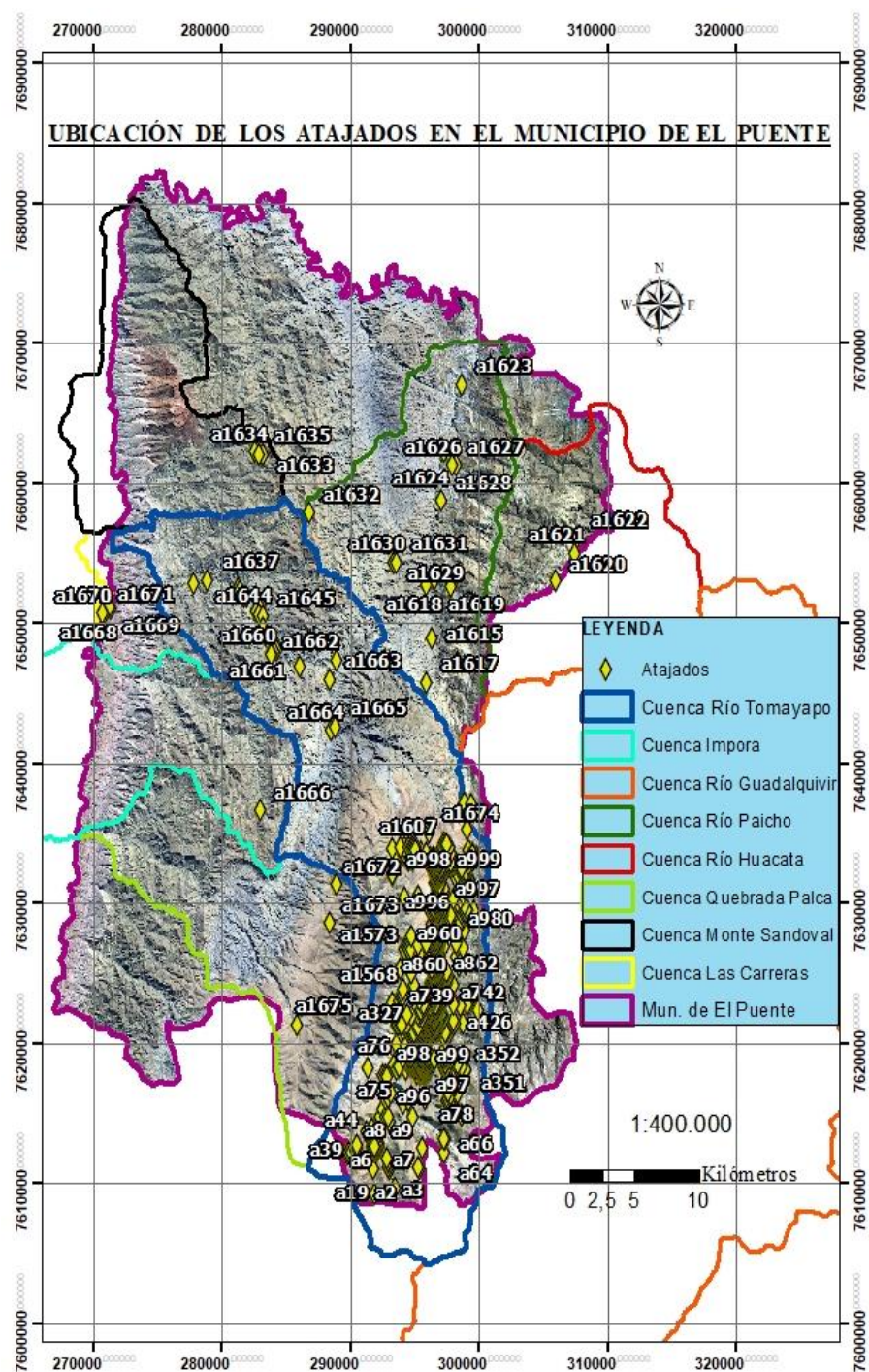


Figura 4.2: Mapa de ubicación de los atajados.

Fuente: Elaboración propia con ayuda de ArcGIS.

- **Estimación del volumen de agua de los atajados.**

Para tomar la muestra de atajados se utilizó la ecuación (2.2) fórmula para muestreo finito, reemplazando la ecuación queda:

$$n = \frac{N * Z^2 * P * (1 - P)}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * P * (1 - P)}$$

$$n = \frac{1675 * 1,96^2 * 0,5(1 - 0,5)}{0,1^2(1675 - 1) + 1,96^2 * 0,5(1 - 0,5)} = 90,88 \approx 91$$

- ✓ **Población total (N):** Total de atajados registrados.
- ✓ **Nivel de confianza (Z):** Comúnmente se usa 95%, lo que implica $Z \approx 1.96$.
- ✓ **Margen de error (E):** 10% (0.1) es común para estudios preliminares.
- ✓ **Desviación estándar estimada (p):** Como no se conoce, se usa el valor más conservador, $p = 0.5$.
- ✓ Teniendo 91 atajados como la muestra, se procedió a sacar de cada cuenca a nivel 5 los atajados correspondientes, dividiendo el número de atajados de la cuenca entre el total de los atajados y multiplicando por 91.

Tabla N° 4.9: Muestras de las 8 cuencas UH 5.

UH5	N° DE ATAJADOS	MUESTRAS	MUESTRAS ADAPTADAS
Impora	1	0,05	1
Las Carreras	5	0,27	1
Monte Sandoval	3	0,16	1
Quebrada Palca	3	0,16	1
Rio Huacata	3	0,16	1
Rio Paicho	17	0,92	1
Rio Tomayapo	1.641	89,15	84
Rio Guadalquivir	2	0,11	1
	1.675	91,00	91

Fuente: Elaboración propia.

Para tomar los atajados se procedió a un sorteo aleatorio simple de cada cuenca. Luego se procedió a medir el ancho y el largo en Google Earth Pro y con la formula (2.1) se calculó el volumen de cada atajado tomando una profundidad de 2 metros y un coeficiente de corrección K de 0,7.

Tabla N° 4.10: *Estimación del volumen de los atajados.*

N°	UH5	N° ATAJADOS	LARGO (m)	ANCHO (m)	VOLUMEN (m3)
1	Impora	a1666	24,50	12,00	411,60
2	Las Carreras	a1668	14,10	7,30	144,10
3	Monte Sandoval	a1635	14,30	6,40	128,13
4	Quebrada Palca	a1672	13,70	9,80	187,96
5	Río Huacata	a1620	16,00	9,80	219,52
6	Rio Paicho	a1627	8,90	5,00	62,30
7	Río Tomayapo	a123	10,20	3,60	51,41
8	Río Tomayapo	a876	6,30	2,50	22,05
9	Río Tomayapo	a1556	16,21	4,50	102,12
10	Río Tomayapo	a34	7,65	4,30	46,05
11	Río Tomayapo	a1122	9,90	5,80	80,39
12	Río Tomayapo	a567	7,70	6,10	65,76
13	Río Tomayapo	a1644	77,00	40,00	4312,00
14	Rio Tomayapo	a901	25,42	6,90	245,56
15	Río Tomayapo	a234	11,10	5,00	77,70
16	Río Tomayapo	a1456	10,50	4,70	69,09
17	Río Tomayapo	a1637	93,20	15,10	1970,25
18	Río Tomayapo	a789	22,00	6,20	190,96
19	Río Tomayapo	a65	18,13	7,96	202,04
20	Río Tomayapo	a1665	40,25	17,80	1003,03
21	Río Tomayapo	a1300	6,40	6,10	54,66
22	Río Tomayapo	a432	8,90	2,39	29,78
23	Río Tomayapo	a15	13,00	9,18	167,08
24	Río Tomayapo	a987	13,76	8,50	163,74
25	Río Tomayapo	a210	5,02	2,57	18,06
26	Río Tomayapo	a1345	7,70	6,60	71,15
27	Río Tomayapo	a1311	12,75	6,32	112,81
28	Río Tomayapo	a6	10,17	6,90	98,24

29	Río Tomayapo	a1430	9,83	4,20	57,80
30	Río Tomayapo	a26	13,45	7,44	140,10
31	Río Tomayapo	a1189	7,10	3,24	32,21
32	Río Tomayapo	a702	14,74	6,47	133,51
33	Río Tomayapo	a456	7,25	3,56	36,13
34	Río Tomayapo	a1234	8,85	6,90	85,49
35	Río Tomayapo	a890	9,20	7,03	90,55
36	Río Tomayapo	a17	8,43	5,42	63,97
37	Río Tomayapo	a1401	17,82	5,50	137,21
38	Río Tomayapo	a587	28,61	5,83	233,51
39	Río Tomayapo	a345	9,03	5,91	74,71
40	Río Tomayapo	a1111	12,68	5,90	104,74
41	Río Tomayapo	a923	9,91	3,85	53,41
42	Río Tomayapo	a48	8,51	4,25	50,63
43	Río Tomayapo	a1256	11,49	4,66	74,96
44	Río Tomayapo	a765	20,20	6,67	188,63
45	Río Tomayapo	a290	8,41	6,43	75,71
46	Río Tomayapo	a1050	16,08	5,40	121,56
47	Río Tomayapo	a599	12,00	10,99	184,63
48	Río Tomayapo	a188	10,67	2,82	42,13
49	Río Tomayapo	a1321	8,90	6,20	77,25
50	Río Tomayapo	a845	8,22	4,15	47,76
51	Río Tomayapo	a76	6,82	2,62	25,02
52	Río Tomayapo	a1489	22,24	5,26	163,78
53	Río Tomayapo	a201	2,24	1,50	4,70
54	Río Tomayapo	a956	9,50	3,50	46,55
55	Río Tomayapo	a412	9,64	3,15	42,51
56	Río Tomayapo	a1167	11,11	4,00	62,22
57	Río Tomayapo	a634	12,20	7,47	127,59
58	Río Tomayapo	a9	4,35	3,30	20,10
59	Río Tomayapo	a1278	14,16	7,90	156,61

60	Río Tomayapo	a731	10,75	5,47	82,32
61	Río Tomayapo	a302	13,82	7,41	143,37
62	Río Tomayapo	a19	26,03	4,94	180,02
63	Río Tomayapo	a1089	28,05	8,20	322,01
64	Río Tomayapo	a478	7,17	3,93	39,45
65	Río Tomayapo	a1367	15,96	5,48	122,45
66	Río Tomayapo	a690	15,65	5,76	126,20
67	Río Tomayapo	a223	6,65	3,49	32,49
68	Río Tomayapo	a1500	43,75	7,74	474,08
69	Río Tomayapo	a1541	34,16	17,60	841,70
70	Río Tomayapo	a834	10,71	7,71	115,60
71	Río Tomayapo	a840	7,80	3,48	38,00
72	Río Tomayapo	a51	11,78	2,84	46,84
73	Río Tomayapo	a1212	12,28	7,94	136,50
74	Río Tomayapo	a799	15,24	5,73	122,26
75	Río Tomayapo	a356	9,74	5,84	79,63
76	Río Tomayapo	a1003	12,40	4,36	75,69
77	Río Tomayapo	a1021	16,73	6,52	152,71
78	Río Tomayapo	a578	8,53	3,36	40,13
79	Río Tomayapo	a143	10,96	5,07	77,79
80	Río Tomayapo	a1390	10,93	7,76	118,74
81	Río Tomayapo	a421	5,12	4,71	33,76
82	Río Tomayapo	a1145	30,08	6,46	272,04
83	Río Tomayapo	a712	12,50	8,12	142,10
84	Río Tomayapo	a399	7,09	3,28	32,56
85	Río Tomayapo	a1290	12,73	5,31	94,63
86	Río Tomayapo	a856	8,00	5,92	66,30
87	Río Tomayapo	a67	31,78	5,73	254,94
88	Río Tomayapo	a1478	8,48	3,93	46,66
89	Río Tomayapo	a531	5,43	2,71	20,60
90	Río Tomayapo	a251	4,03	2,76	15,57

91	Río Tomayapo	a1612	8,80	6,70	82,54
Sumatoria=					17.492,93

Fuente: *Elaboración propia.*

Volumen promedio

$$\frac{17.492,93 \text{ m}^3}{91} = 192,23 \text{ m}^3$$

Volumen estimado de todos los atajados

$$192,23 \text{ m}^3 * 1.675 \text{ atajados} = 321.985,25 \text{ m}^3$$

4.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. Presas según su altura.

El análisis de la distribución por tamaño o altura de las presas en el municipio de El Puente muestra una clara predominancia de presas pequeñas con una altura mayor a 5 metros hasta una altura de 10 metros, que representan el 69% del total inventariado. Las presas medianas con una altura mayor a 10 metros hasta los 15 metros son significativamente menos numerosas constituyen el 6% del inventario, mientras que las presas grandes con una altura mayor a 15 metros, alcanzan el 25% del total. Esta distribución refleja la estrategia hídrica del municipio, que ha priorizado la construcción de estructuras de menor envergadura probablemente debido a factores topográficos, necesidades localizadas de almacenamiento de agua, y limitaciones técnicas o presupuestarias. La prevalencia de presas pequeñas sugiere un enfoque descentralizado en la gestión del recurso hídrico, permitiendo atender múltiples zonas del territorio municipal con infraestructuras de menor impacto ambiental, costo de construcción más accesible y materiales utilizados de la zona.

Tabla N° 4.11: *Número de presas en función de la altura.*

Altura de presas	5m < h =< 10m	10m < h =< 15m	15m < PG-A
Numero de presas	11	1	4

Fuente: *Elaboración propia.*

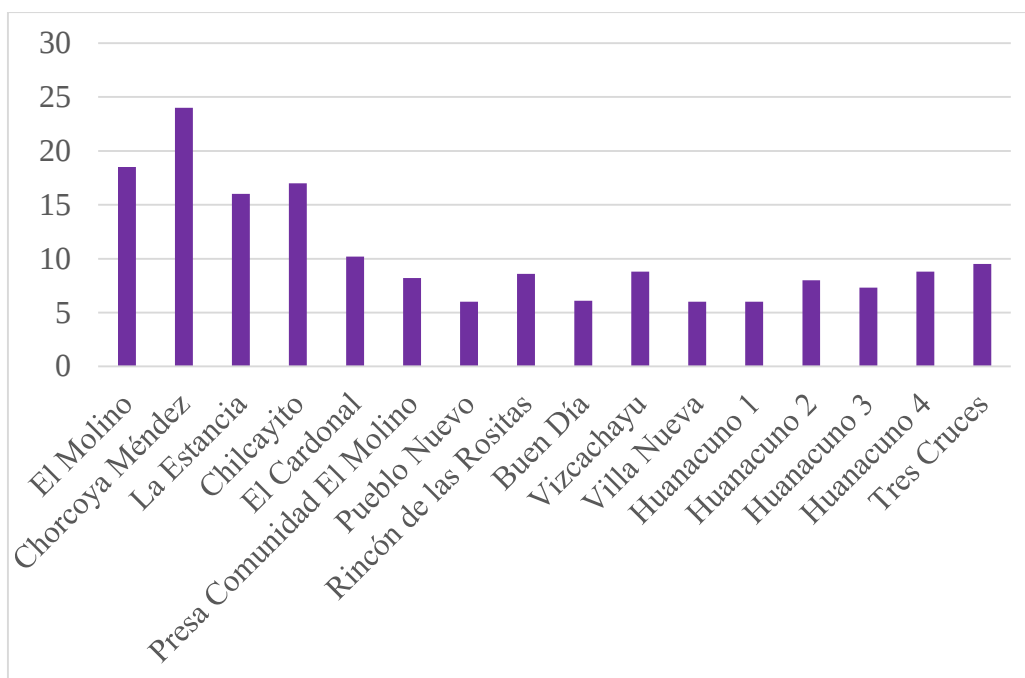


Figura 4.3: Altura de presas en metros.
Fuente: Elaboración propia con ayuda de Excel.

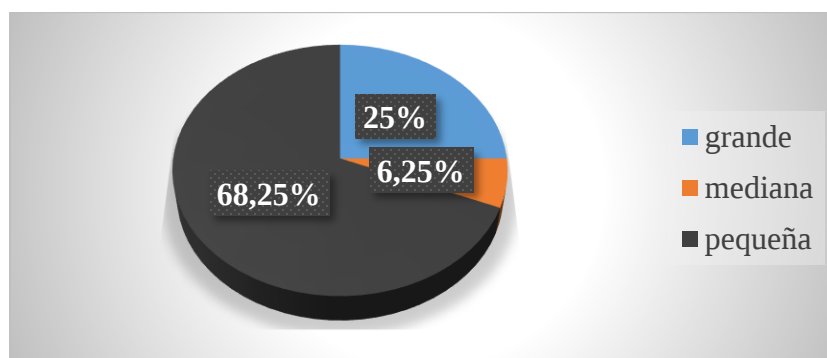


Figura 4.4: Porcentaje de presas según el tamaño.
Fuente: Elaboración propia con ayuda de Excel.

4.2.2. Presas según el material de construcción.

En cuanto a los materiales de construcción utilizados en las presas del municipio de El Puente, se evidencia una abrumadora preferencia por las presas de materiales sueltos, que constituyen el 94% del total inventariado. En contraste, las presas de fábrica representan únicamente el 6% de las estructuras. Está marcada tendencia hacia el uso de materiales sueltos probablemente responde a la disponibilidad local de materiales adecuados como tierra y rocas, así como a consideraciones económicas, ya que este tipo de construcciones suele

requerir menor inversión y tecnificación. Adicionalmente, las presas de materiales sueltos pueden resultar más adaptables a las condiciones geotécnicas particulares de la zona y permiten construirse con maquinaria y mano de obra local, factores que explicarían su predominio en este inventario municipal.

Tabla N° 4.12: *Número de presas de acuerdo al material de construcción.*

Clasificación de presas según el material de construcción	Presas de Fabrica	Presas de materiales Suelos
Numero de presas	1	15

Fuente: *Elaboración propia.*

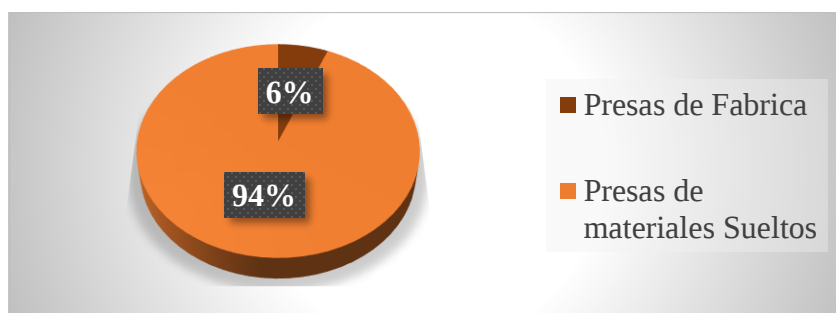


Figura 4.5: *Porcentaje de presas según el material de construcción.*

Fuente: *Elaboración propia con ayuda de Excel.*

4.2.3. Presas según el uso.

El inventario de presas del municipio de El Puente revela que el 100% de estas infraestructuras están destinadas al riego agrícola. Este dato es sumamente significativo pues demuestra la orientación exclusivamente agrícola de la política hídrica municipal, reflejando la importancia fundamental del sector primario en la economía local. La ausencia de presas destinadas a otros usos como abastecimiento poblacional, generación hidroeléctrica o contención de avenidas indica que la seguridad alimentaria y la productividad agrícola han sido las prioridades en la planificación hídrica del municipio. Este enfoque monofuncional de las infraestructuras de almacenamiento de agua sugiere la necesidad de considerar la diversificación de usos en futuros proyectos para adaptarse a demandas emergentes como el crecimiento poblacional o la diversificación económica.

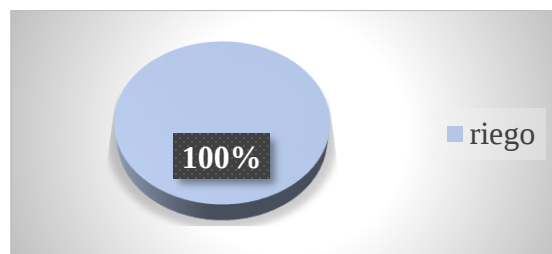


Figura 4.6: Porcentaje de presas según el uso.
Fuente: Elaboración propia con ayuda de Excel.

4.2.4. presas según el estado actual.

El estado operativo de las presas en el municipio de El Puente presenta un panorama preocupante, con un 50% de las estructuras en estado funcional, un 25% en estado regular y el otro 25% en condición no funcional. Esta situación evidencia problemas significativos en el mantenimiento y sostenibilidad de la infraestructura hídrica municipal. El alto porcentaje de presas no funcionales representa una pérdida considerable de capacidad de almacenamiento y sugiere deficiencias en los procesos de gestión, mantenimiento preventivo y asignación presupuestaria para conservación de infraestructuras. El estado regular del 25% de las presas indica que, si bien estas estructuras continúan operativas, presentan problemas que podrían comprometer su funcionamiento futuro si no se implementan acciones correctivas oportunas. Esta situación requiere atención prioritaria para recuperar la capacidad instalada y garantizar la sostenibilidad del sistema de almacenamiento hídrico municipal.

Tabla N° 4.13: Estado actual de las presas.

Estado de la presa	funciona	regular	no funciona
Numero de presas	8	4	4

Fuente: Elaboración propia.

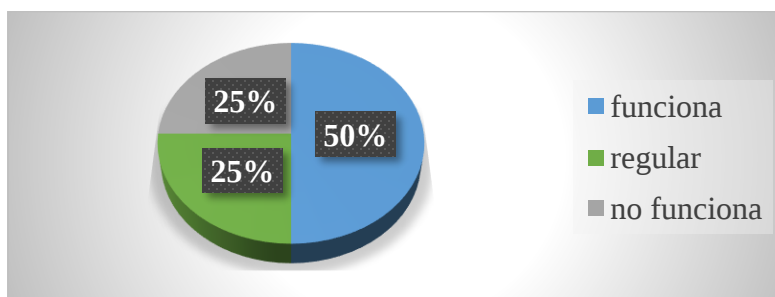


Figura 4.7: Porcentaje de las presas según el estado actual.
Fuente: Elaboración propia con ayuda de Excel.

4.2.5. Año de construcción de las presas

La evolución cronológica de la construcción de presas en el municipio de El Puente muestra una tendencia fluctuante pero generalmente creciente. El periodo 1985-1995 registró la construcción de una presa, cifra que se mantuvo en el siguiente periodo 1996-2005. Sin embargo, se observa un incremento notable en el periodo 2006-2015, cuando se construyeron 12 nuevas presas, representando el pico histórico constructivo. Sorprendentemente, para el periodo más reciente (2016-2025) se observa un descenso significativo, registrándose únicamente 2 nuevas presas. Este patrón temporal refleja posibles cambios en las políticas públicas hídricas, variaciones en la disponibilidad de financiamiento para infraestructura, o quizás un punto de saturación en términos de sitios apropiados para nuevas construcciones. El notable incremento durante 2006-2015 podría corresponder con programas específicos de desarrollo rural o políticas nacionales de impulso a infraestructuras hídricas implementadas durante ese periodo.

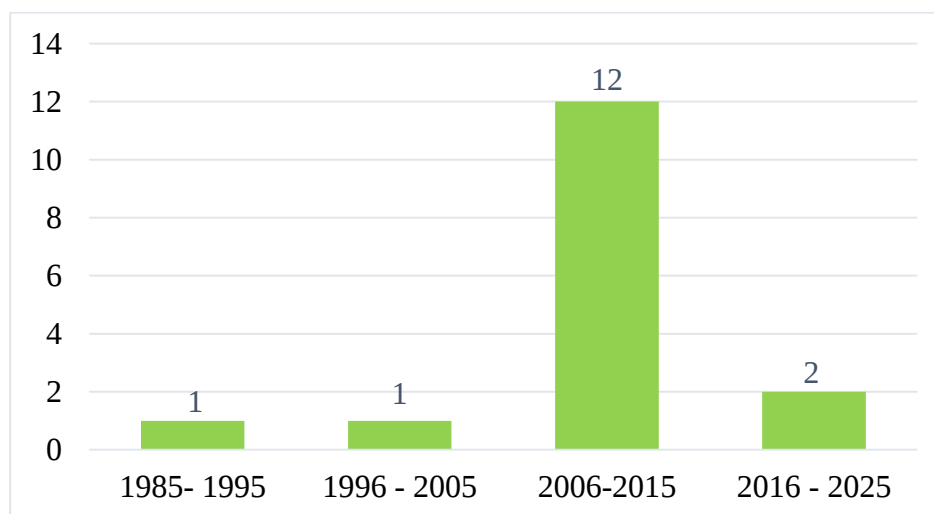


Figura 4.8: Número de presas por año de construcción.

Fuente: Elaboración propia con ayuda de Excel.

4.2.6. Cantidad de agua embalsada entre presas y atajados.

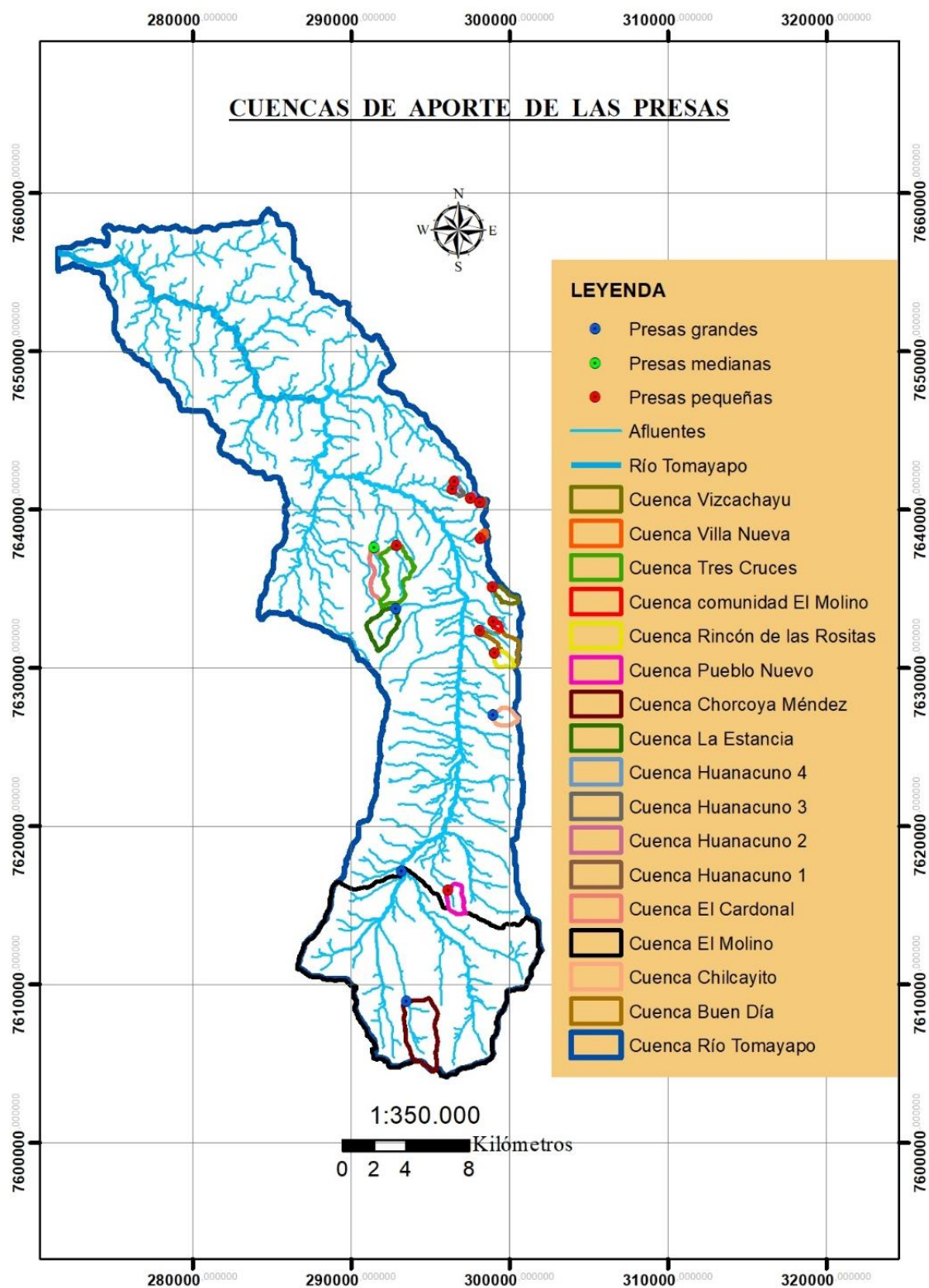


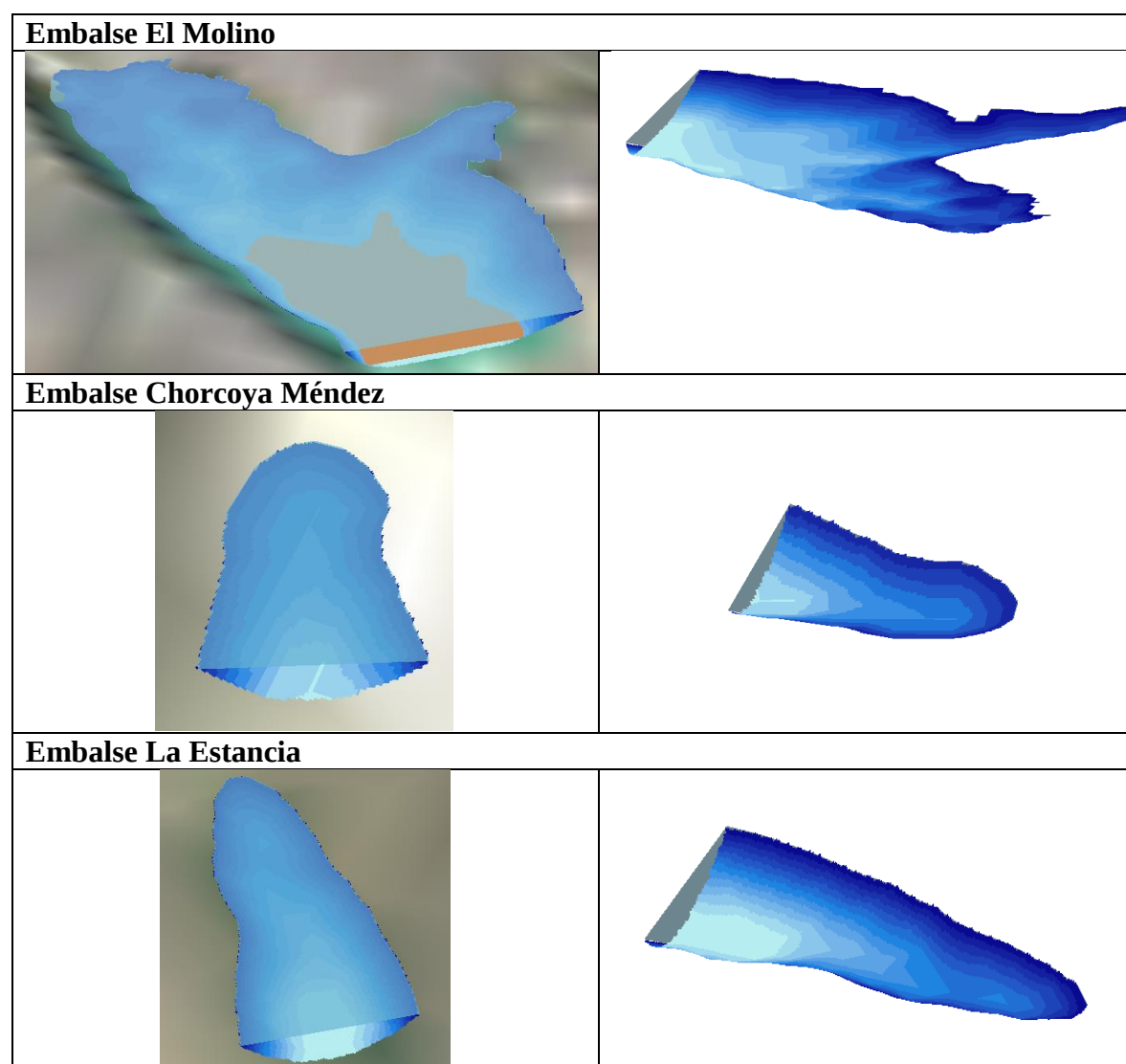
Figura 4.9: Cuencas de aporte de las presas.

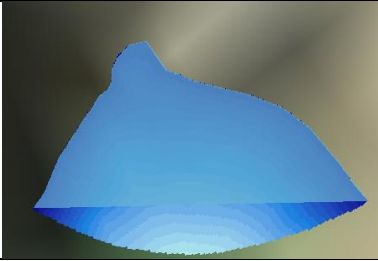
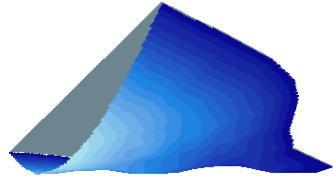
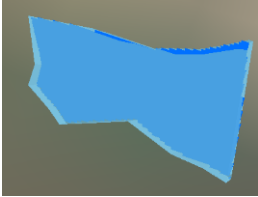
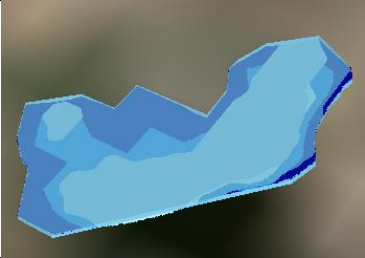
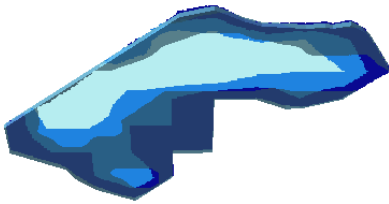
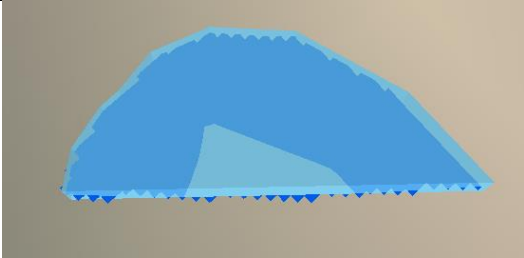
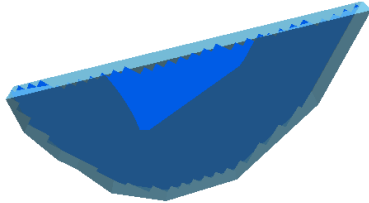
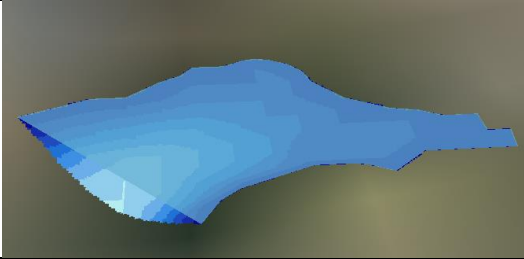
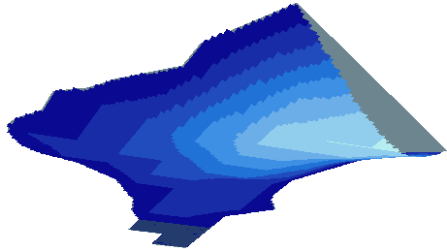
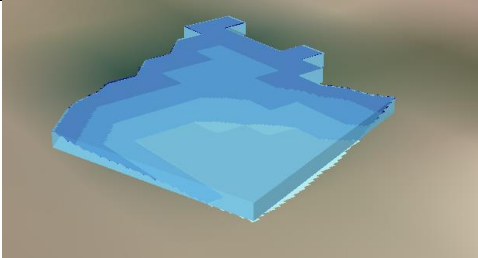
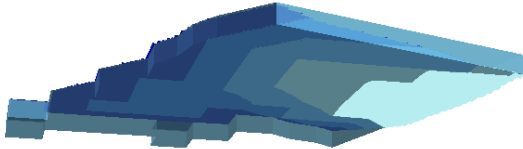
Fuente: Elaboración propia con ayuda de ArcGIS.

El análisis de la capacidad de almacenamiento según el tamaño de las presas muestra diferencias significativas en el volumen embalsado. Las presas grandes, a pesar de representar solo el 25% del número total, concentran la mayor capacidad, las presas medianas con el 6,25% presentan una capacidad extremadamente reducida, mientras que las presas pequeñas, a pesar de ser las más numerosas 68,75% del total, alcanzan una capacidad reducida

Gráficos de los embalses en 3 dimensiones

Los siguientes gráficos son elaborados con el programa ArcGIS (Arcscene) utilizando un DEM con una resolución de 12,5*12,5 metros para una mayor precisión.



Embalse Chilcayito	
	
Embalse El Cardonal	
	
Embalse Comunidad El Molino	
	
Embalse Pueblo Nuevo	
	
Embalse Rincón de las Rositas	
	
Embalse Buen Día	
	

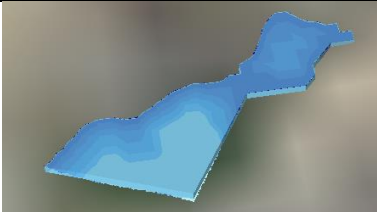
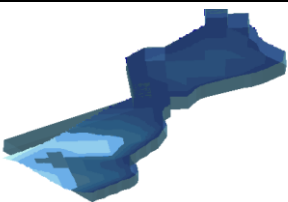
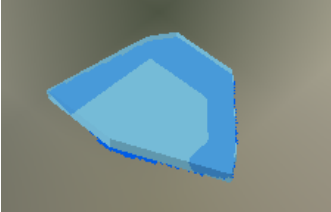
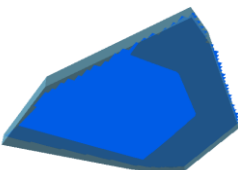
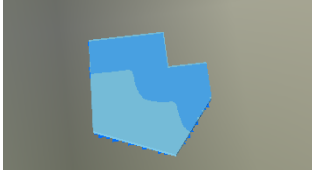
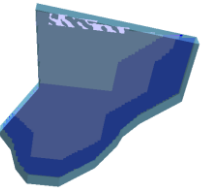
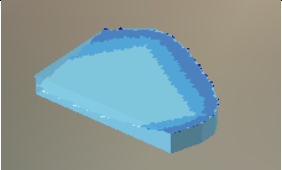
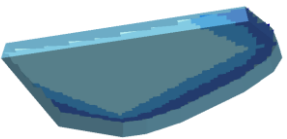
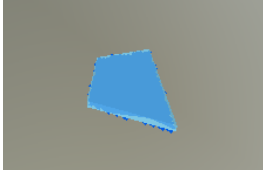
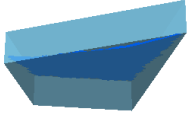
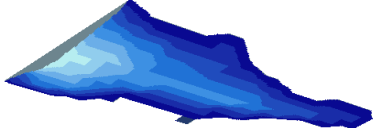
Embalse Vizcachayu		
		
Embalse Villa Nueva		
		
Embalse Huanacuno 1		
		
Embalse Huanacuno 2		
		
Embalse Huanacuno 3		
		
Embalse Huanacuno 4		
		
Embalse Tres Cruces		
		

Figura 4.10: Embalses en 3 dimensiones.
Fuente: Elaboración propia con ayuda de ArcGIS.

La siguiente tabla contiene los volúmenes embalsados de datos recopilados y datos estimados con el programa ArcGIS.

Tabla N° 4.14: Volúmenes recopilados y estimados.

Nombre	volumen recopilado en hm³	volumen estimado con ArcGIS en hm³
El Molino (PG-A)	2,237	2,31
Chorcoya Méndez (PG-A)	0,12	0,027
La Estancia (PG-A)	0,09	0,097
Chilcayito (PG-A)	0,054	0,092
Pueblo Nuevo (PP)	0,009	0,0006
Rincón de las Rositas (PP)	0,036	0,023
Buen Día (PP)	0,032	0,02
Vizcachayu (PP)	0,058	0,066
Villa nueva (PP)	0,006	0,004
Huanacuno 1 (PP)	0,005	0,0005
Huanacuno 2 (PP)	0,012	0,002
Huanacuno 3 (PP)	0,032	0,001
Huanacuno 4 (PP)	0,003	0,0007
Tres Cruces (PP)	0,108	0,11
Total parcial	2,802	2,754
El Cardonal (PM)	-	0,008
Presa comunidad El Molino (PP)	-	0,035
Total	2,845*	2,797

Fuente: Elaboración propia.

* volumen completado con el volumen estimado (El Cardonal y Presa Comunidad El Molino)

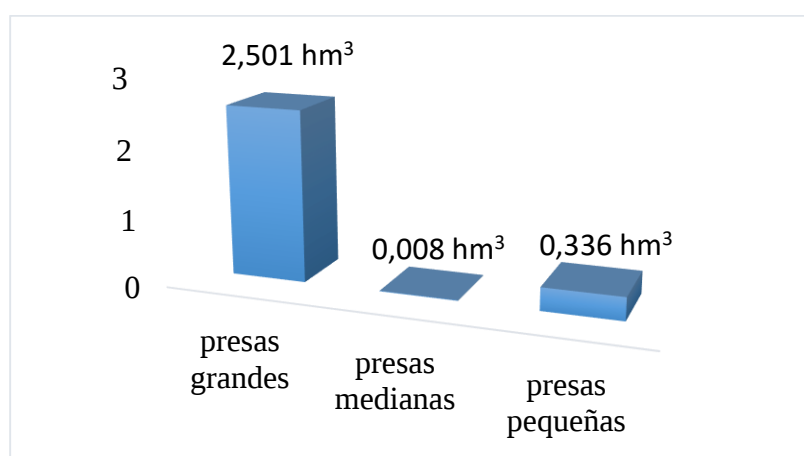


Figura 4.11: Agua embalsada según el tamaño de presas (datos recopilados).

Fuente: Elaboración propia con ayuda de Excel.

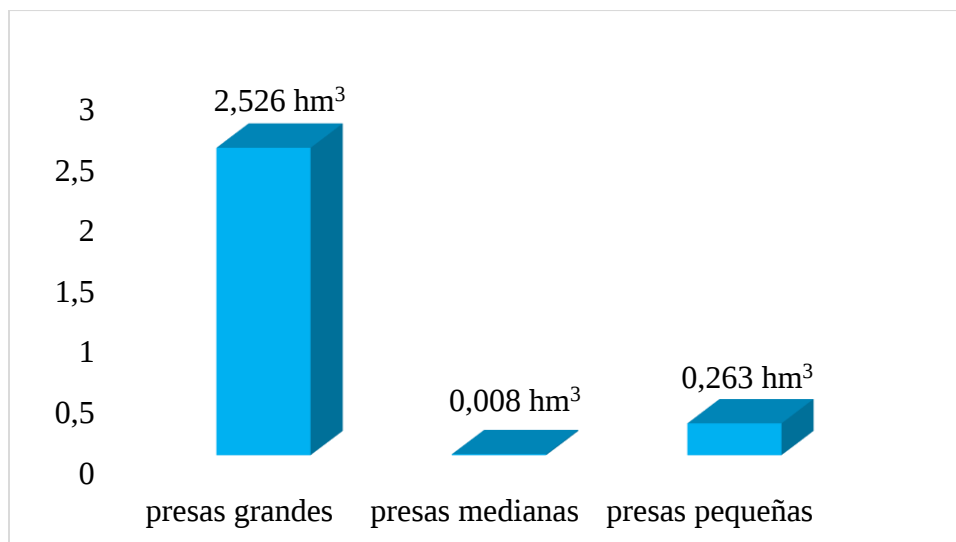


Figura 4.12: Agua embalsada según el tamaño de presas (volumen estimado).
Fuente: Elaboración propia con ayuda de Excel.

Los gráficos de barras muestran los volúmenes de las presas en función de su tamaño, el primer grafico es de datos recopilados y el segundo grafico es de volúmenes estimados.

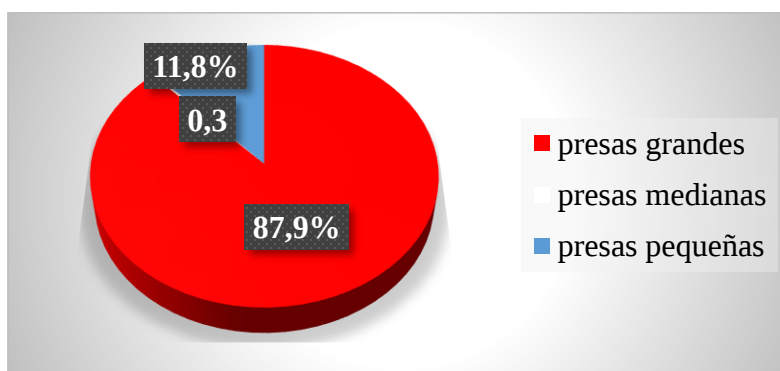


Figura 4.13: Porcentaje de agua embalsada en función al tamaño de las presas (datos recopilados).
Fuente: Elaboración propia con ayuda de Excel.

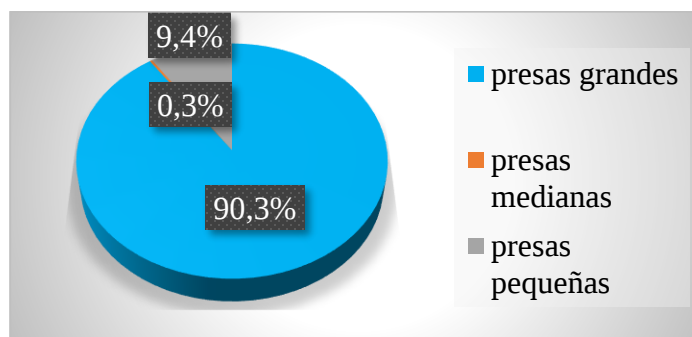


Figura 4.14: Porcentaje de agua embalsada en función al tamaño de las presas (volumen estimado).
Fuente: Elaboración propia con ayuda de Excel.

El análisis comparativo entre el volumen de agua almacenada en presas y atajados en el municipio de El Puente muestra una clara predominancia de las presas como infraestructuras de almacenamiento principal. Las presas concentran alrededor del 90% del volumen total embalsado, con 2,845 hm³ de volumen almacenado según datos recopilados y 2,797 hm³ con volúmenes estimados, mientras que los atajados representan apenas el 10% con 0,32 hm³. Esta marcada diferencia subraya el rol estratégico de las presas como infraestructuras fundamentales para la seguridad hídrica municipal, especialmente para el sector agrícola. No obstante, la presencia de atajados, aunque con menor capacidad volumétrica total, sugiere la existencia de una red complementaria de pequeñas estructuras que probablemente atienden necesidades localizadas en zonas donde la construcción de presas resulta inviable por razones técnicas, económicas o topográficas. Esta configuración dual de almacenamiento refleja un enfoque que combina infraestructuras mayores con sistemas menores complementarios para optimizar la cobertura territorial.

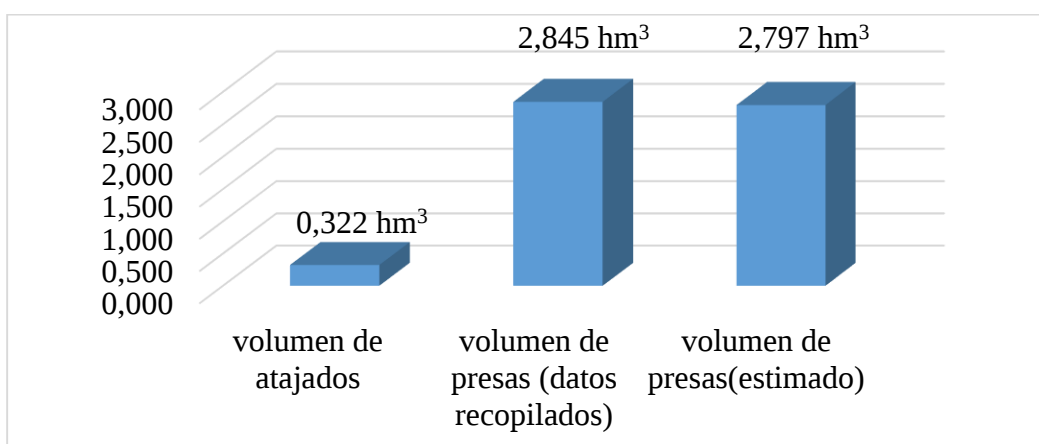


Figura 4.15: Volumen en hm³ de presas y atajados.

Fuente: Elaboración propia con ayuda de Excel.



Figura 4.16: Porcentaje de agua de presas y atajados.

Fuente: Elaboración propia con ayuda de Excel.

4.2.7. Validación de la hipótesis (h1) implícita.

Es totalmente posible compilar un inventario detallado y exhaustivo de todas las presas existentes en el municipio de El Puente. Es crucial para entender el recurso hídrico del municipio.

¿Por qué es posible?

La posibilidad de crear este inventario se basa en varios factores clave:

Disponibilidad de tecnología: Herramientas como los **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**, GPS que facilitan la ubicación, programas como ArcGIS y Google Earth pro.

Fuentes de información existentes: En instituciones como el, SEDEGIA, PERTT, SEDAG, Gobernación y Alcaldía.

Metrología de 3 fases:

Fase 1: Recopilación y revisión de información existente

Fase 2: Trabajo de campo (Inventario primario)

Planificación de las rutas de prospección:

Identificación y localización de las presas:

Verificación y validación in situ:

Fase 3: Fase de procesamiento y análisis de la información

Georreferenciación precisa:

Estimación de volúmenes de almacenamiento:

Control de calidad de los datos:

Análisis descriptivo de los datos:

Elaboración de mapas temáticos:

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1). Concentración total de las presas en la cuenca del río Tomayapo: Las 16 presas existentes en el municipio de El Puente están ubicadas en su totalidad en los afluentes de la cuenca del río Tomayapo (unidad hidrográfica a nivel 5 según la codificación Pfafstetter)

2) Predominio de pequeñas infraestructuras con limitada capacidad de almacenamiento: El municipio de El Puente presenta un sistema hídrico caracterizado por una mayoría de presas pequeñas (68,75%), mientras que las presas medianas representan el (6,25%), y las grandes estructuras representan el (25 %). Sin embargo, existe una distribución inversamente proporcional respecto al volumen embalsado, donde las escasas presas grandes concentran el 87,9% según datos recopilado y un 90,3% según la estimación de volúmenes. Esta configuración representa la alta dependencia de pocas infraestructuras estratégicas.

3). Especialización agrícola de las infraestructuras hídricas: El inventario evidencia que el 100% de las presas están destinadas exclusivamente al riego agrícola, reflejando la fuerte orientación productiva del municipio hacia este sector. Esta mono funcionalidad limita la resiliencia del sistema hídrico ante demandas emergentes como el crecimiento poblacional o la diversificación económica.

4). Vulnerabilidad por estado deficiente de conservación: La situación operativa de las presas es alarmante, con el 25% en estado regular y el 25% no funcionales y el 50% funcionales. Esta realidad compromete severamente la seguridad hídrica del municipio y representa una pérdida considerable de inversión pública, evidenciando deficiencias críticas en los sistemas de mantenimiento y gestión de infraestructuras.

5). Preferencia constructiva por materiales sueltos: El 94% de las presas están construidas con materiales sueltos, frente a solo un 6% de presas de fábrica. Esta tendencia responde probablemente a consideraciones económicas y disponibilidad de materiales locales, pero podría tener implicaciones en términos de durabilidad y resistencia ante eventos climáticos extremos como también en la eficiencia de las estructuras y la capacidad de retención del agua.

6). Patrón temporal fluctuante en la construcción de infraestructuras: El análisis cronológico muestra un notable incremento constructivo durante 2006-2015 (12 presas), seguido por una pronunciada disminución en el período 2016-2025 (2 presas). Este comportamiento sugiere posibles cambios en las políticas hídricas o restricciones presupuestarias que han afectado el desarrollo de nuevas infraestructuras.

7). Sistema dual de almacenamiento complementario: El inventario revela una estructura de almacenamiento donde las presas (90% del volumen entre presa y atajados) se complementan con atajados de menor capacidad (10% del volumen entre presas y atajados), configurando un sistema de dos niveles que intenta equilibrar las necesidades de almacenamiento masivo con requerimientos localizados.

8). Distribución de los atajados en las cuencas a nivel 5: Los atajados del municipio de El Puente se distribuyen en 8 cuencas a nivel 5 según Pfafstetter. Siendo la cuenca más relevante la del río Tomayapo que tiene el 98% de los atajados, seguida por la cuenca del río Paicho con tan solo el 1% de los atajados, cuenca del río Guadalquivir con el 0,1%, cuenca del río Huacata con el 0,2%, cuenca Quebrada Palca con el 0,2%, cuenca Monte Sandoval con el 0,2%, cuenca Las Carreras con el 0,3% y la cuenca Impora con el 0,1%.

5.2. RECOMENDACIONES.

Implementar un programa urgente de rehabilitación de infraestructuras no funcionales: Desarrollar un plan prioritario de intervención para recuperar el 25% de presas no funcionales y el 25% de las presas en estado regular, priorizando aquellas con mayor capacidad de almacenamiento y beneficio potencial. Se sugiere establecer convenios con entidades nacionales e internacionales para el financiamiento de estas rehabilitaciones.

Crear un sistema municipal de mantenimiento preventivo: Establecer un protocolo sistemático de inspección, mantenimiento y conservación de presas que incluya asignación presupuestaria anual, capacitación de personal técnico local y participación comunitaria en el monitoreo básico de las infraestructuras.

Desarrollar un plan de gestión de riesgos para presas estratégicas: Implementar medidas específicas de gestión de riesgos para las grandes presas que concentran el 90,3% del

volumen almacenado (según el volumen estimado), incluyendo sistemas de monitoreo automatizado, protocolos de emergencia.

Evaluar la sostenibilidad del modelo constructivo: Realizar un estudio comparativo de durabilidad, costo-beneficio y resistencia climática entre las presas de materiales sueltos y las de fábrica, para orientar futuras decisiones constructivas considerando escenarios de cambio climático.

Fortalecer capacidades locales para gestión comunitaria: Implementar programas de formación técnica para comités de riego y asociaciones de usuarios que les permitan gestionar adecuadamente las infraestructuras hídricas, con énfasis en mantenimiento preventivo y distribución equitativa.

Establecer un sistema de monitoreo de sedimentación: Implementar mediciones periódicas de sedimentación en las principales presas, especialmente en las grandes estructuras, para anticipar problemas de colmatación y reducción de capacidad de almacenamiento.