

---

**COMUNIDAD ANDINA (CAN)**



**ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA**



**Proyecto de "Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de los Glaciares en los Andes tropicales", PRAA**

**Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto**

**Contrato de Servicios de Consultoría**

**(Financiados por el Banco Mundial)**

**N°127-2011-SGCA**

---

**PRODUCTOS 3 y 4**

---

**IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE OPCIONES / ACCIONES DE ADAPTACION**

---

***Consultor: Dr. Ing. Carlos A. A. Olmos García Ágreda***

***La Paz - Bolivia***

---

# Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

## PRODUCTOS 3 y 4

### IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE OPCIONES / ACCIONES DE ADAPTACION

#### Tabla de Contenido

TABLA DE CONTENIDO .....	1
ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1 MARCO INSTITUCIONAL Y CONTRACTUAL DEL SERVICIO.....	7
1.2 FINALIZACIÓN DE LA CONSULTORÍA.....	8
1.3 DOCUMENTO: PRODUCTOS 3 Y 4.....	8
<b>2 AGUA SUBTERRANEA.....</b>	<b>9</b>
2.1 INTRODUCCIÓN .....	9
2.2 DISPONIBILIDAD DE DATOS .....	9
2.3 ASPECTOS PRINCIPALES SOBRE EL DESARROLLO DE LA EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO.....	9
2.4 ZONAS DE RECARGA DEL ACUÍFERO Y ESTIMACIÓN DE LA POTENCIAL RECARGA DEL ACUÍFERO.....	13
2.4.1 <i>Análisis de Niveles Estáticos y Caudales Suministrados</i> .....	13
Inventario de Pozos Explotados 1987 .....	13
Pozos Tilata .....	16
Reducción de Niveles Estáticos en el Tiempo .....	17
2.4.2 <i>Zonas de Recarga del Acuífero</i> .....	20
2.4.3 <i>Estimación de Potenciales tasas de Recargas del Acuífero, Zona Tilata</i> .....	22
Inferencia de la Tasa de Infiltración .....	22
Determinación del Potencial de Infiltración .....	22
Potencial de Recarga por Infiltración Anual y Velocidad de llegada al acuífero.....	23
2.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL CAPÍTULO.....	25
Estudios para la Estimación de la Recarga del Acuífero y su Uso Sostenible .....	26
Análisis de la operación.....	26
<b>3 ANALISIS DE LA DEMANDA.....</b>	<b>27</b>
3.1 COMPONENTES DE LA DEMANDA Y ENFOQUE DEL ANÁLISIS .....	27
3.2 ANÁLISIS DE PROYECCIONES DE POBLACIÓN ANTERIORES Y LA APLICACIÓN DE LOS MODELOS SUGERIDOS EN LA NORMA.....	27
3.2.1 <i>Plan Maestro</i> .....	27
3.2.1.1 Generalidades .....	27
3.2.1.2 Índices de Crecimiento .....	28

3.2.1.3	Proyección Poblacional .....	29
3.2.2	<i>Proyecciones de CIESS – Econométrica y Otras posteriores basadas en éstas</i> .....	32
3.2.2.1	Proyecciones de la Revisión del Plan Maestro de Agua Potable .....	32
3.2.2.2	Proyecciones de la Determinación de las Coberturas de Servicio en Base al Censo 2001. (Marzo 2005).....	34
	Aspectos Generales.....	34
	Tasa de Crecimiento .....	35
	Proyección Poblacional .....	35
3.2.3	<i>Proyecciones SISAB</i> .....	36
3.2.4	<i>Análisis de Aplicación de Modelos de la Norma</i> .....	37
3.2.5	<i>Aspectos a ser remarcados del análisis de proyecciones de anteriores publicaciones</i> .....	38
3.2.5.1	Análisis del Plan Maestro 1994 .....	39
3.2.5.2	Proyecciones Aguas del Illimani .....	39
	Revisión del Plan Maestro .....	39
	Análisis de Coberturas en Base al Censo 2001 .....	39
3.2.5.3	Verificación Proyección de Coberturas SISAB 2006 .....	40
3.2.5.4	Análisis de Métodos de la Norma Boliviana Vs. Datos Intercensales y Tasas de Crecimiento del INE.....	40
3.3	PROYECCIONES POBLACIONALES PROPIAS .....	42
3.3.1	<i>Datos disponibles de Censos</i> .....	42
3.3.2	<i>Escenarios de Proyección Poblacional propios</i> .....	46
	Escenarios propuestos.....	46
	Ajuste de las proyecciones.....	47
	Escenario 1: Proyección Logística.....	48
	Escenario 2: Proyección de Tasa decreciente y de Saturación.....	49
3.4	ESTIMACIÓN DE LA DOTACIÓN Y SU ANÁLISIS .....	52
3.4.1	<i>Análisis del consumo, tipología y sus tendencias</i> .....	52
	Tendencia del Incremento del No de Conexiones.....	54
3.4.2	<i>Composición del Consumo</i> .....	54
3.4.3	<i>Dotación</i> .....	55
3.5	CONCLUSIONES Y ESTIMACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE DEMANDA EN RED .....	57
<b>4</b>	<b>MODELACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA POTABLE .....</b>	<b>68</b>
4.1	CONCEPTO DEL MODELO EMPLEADO .....	68
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MODELACIÓN .....	70
4.2.1	<i>Sistema El Alto</i> .....	71
4.2.2	<i>Sistema Achachicala</i> .....	73
4.2.3	<i>Sistema Pampahasi</i> .....	75
<b>5</b>	<b>IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE OPCIONES DE ADAPTACION.....</b>	<b>77</b>
5.1	CONCEPTUALIZACIÓN DE LA RESILIENCIA COMO META DE PROGRAMA.....	77
5.2	ESTADO DEL ARTE DE LA GESTIÓN DEL AGUA POTABLE .....	78
	Marco Legal.....	78
	Marco Institucional del Operador .....	78
	Gestión actual del Agua.....	78
	Relación de la gestión del agua en las dos ciudades .....	78
	Jurisdicciones del agua y uso de fuentes.....	79
	Redes .....	79
	Conocimiento de los recursos disponibles .....	79
	Balances Oferta y Demanda .....	79
	Aguas subterránea.....	79
	Optimización del uso actual de fuentes y sistemas en explotación y potencial uso de nuevas fuentes .....	80

Proyectos en marcha, con diseño o por ejecutar el diseño o su construcción.....	80
Relación tiempos de proyecto y necesidades.....	80
Gestión social y construcción de consensos.....	81
<b>5.3    MARCO TEÓRICO DE LA GIRH Y SU APLICACIÓN PARA LOS FINES DE PROYECTO .....</b>	<b>81</b>
<b>5.3.1    Ambiente Propicio.....</b>	<b>82</b>
5.3.1.1    Políticas .....	82
5.3.1.2    Marco Legal .....	82
Derechos del agua:.....	82
Legislación para la calidad del agua .....	83
Reforma de la legislación existente .....	83
5.3.1.3    Estructuras de financiamiento y de Incentivos .....	84
Políticas de inversión.....	84
Opciones de financiamiento I: donaciones y fuentes internas; II: préstamos y capital propio .....	84
<b>5.3.2    Roles Institucionales .....</b>	<b>85</b>
5.3.2.1    Creación de un marco organizacional.....	85
Reformando instituciones para una mejor gobernabilidad del agua.....	85
Organizaciones de cuencas hidrográficas .....	85
Organizaciones reguladoras y agencias de control .....	86
Fortalecimiento de los servicios hídricos en el sector público - Proveedores de servicios y la GIRH .....	86
Instituciones de la sociedad civil y organizaciones de base – Autoridades Locales.....	86
5.3.2.2    Construcción de capacidad Institucional .....	88
Capacidad para participar y empoderamiento en la sociedad civil .....	88
Entrenamiento para construir capacidad en los profesionales del sector hídrico .....	88
<b>5.3.3    Instrumentos de la Gestión.....</b>	<b>88</b>
5.3.3.1    Evaluación de los Recursos Hídricos.....	88
Conocimiento base de los recursos hídricos .....	88
Evaluación de los recursos hídricos - Modelación en la GIRH (Sistema de apoyo a las decisiones).....	88
Desarrollando indicadores para la gestión de los recursos hídricos .....	89
Evaluación de ecosistemas.....	89
5.3.3.2    Planes para la GIRH .....	90
Planes nacionales integrados de recursos hídricos.....	90
Las políticas y decisiones relativas a la gestión de caudales de los recursos hídricos están determinadas a nivel nacional (GWP). .....	90
Los planes nacionales deben ser coherentes respecto a las prioridades nacionales, que deben primar sobre intereses de pequeños grupos pero sin olvidarlos (como se mencionaba al inicio del apartado 5.3).....	90
Planes para las cuencas hidrográficas integrados - Planes para la gestión de las aguas subterráneas .....	90
Evaluación y gestión del riesgo .....	91
Evaluación ambiental (EA), Evaluación social (ES), Evaluación económica (EE) .....	92
5.3.3.3    Gestión de la Demanda.....	92
Mejora en la eficiencia del uso del agua.....	92
Reciclaje y reutilización .....	92
Mejora en la eficiencia del suministro .....	92
5.3.3.4    Instrumentos de cambio social.....	93
Currículo educativo sobre la gestión de los recursos hídricos - Campañas de concientización sobre los recursos hídricos -	
Comunicación con las partes interesadas .....	93
5.3.3.5    Resolución de conflictos.....	94
Gestión de conflictos - Planificación de una visión compartida - construcción de consenso.....	94
<b>5.4    IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE OPCIONES DE ADAPTACIÓN .....</b>	<b>94</b>
<b>5.5    CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>6    IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE ACCIONES DE ADAPTACION .....</b>	<b>99</b>
<b>6.1    ACCIONES DE ADAPTACIÓN.....</b>	<b>99</b>

6.2	PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LAS OPCIONES DE ADAPTACIÓN .....	101
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>102</b>

## Índice de Figuras

Figura 2.1:	Perfil Geológico A'A, Zona Estudiada por JICA, 1988.....	10
Figura 2.2:	Perfil Geológico A'A, Zona Estudiada por JICA, 1988.....	10
Figura 2.3:	Perfiles Estratigráficos en pozos de Exploración, JICA 1988 .....	11
Figura 2.4:	Inventario de Pozos 1987, Nivel Terreno y Nivel Estático .....	13
Figura 2.5:	Inventario de Pozos 1987, Nivel Terreno y Nivel Estático por Áreas .....	15
Figura 2.6:	Pozos Tilata Inicio funcionamiento .....	16
Figura 2.7:	Líneas de producción Tilata, en el contexto de los pozos explotados hasta 1987 ..	17
Figura 2.8:	Evolución de los Niveles Estáticos de las líneas de Explotación Tilata en el tiempo 1990, 2009, 2010, 2011 .....	18
Figura 2.9:	Afectación local del acuífero por explotación.....	19
Figura 2.10:	Hipótesis de Zonas de Recarga.....	21
Figura 2.11:	Hipótesis de Zona de Aporte de Tilata por Precipitación.....	23
Figura 3.1:	Comparación de proyecciones anteriores, Achachicala .....	40
Figura 3.2:	Comparación de proyecciones anteriores, Pampahasi .....	41
Figura 3.3:	Comparación de proyecciones anteriores, El Alto Ladera .....	41
Figura 3.4:	Comparación de proyecciones anteriores, El Alto Meseta.....	41
Figura 3.5:	Resumen de valores de proyección poblacional, a) Escenario 1; b) Escenario 2 ...	51
Figura 3.6:	Consumo de Agua Potable mensual, La Paz.....	53
Figura 3.7:	Consumo de Agua Potable mensual, El Alto.....	53
Figura 3.8:	Valores medios de estratificación de Consumo (Histórico 2002 – 2009) .....	55
Figura 3.9:	Estimación de Dotaciones y su Evolución en el Tiempo, Ciudad La Paz .....	56
Figura 3.10:	Estimación de Dotaciones y su Evolución en el Tiempo, Sistema El Alto.....	56
Figura 3.11:	Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema El Alto [hm <sup>3</sup> ] .....	59
Figura 3.12:	Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema Achachicala [Proporción respecto a 2009].....	60
Figura 3.13:	Escenarios de Incremento en el Consumo, Ladera [hm <sup>3</sup> ] .....	61
Figura 3.14:	Escenarios de Incremento en el Consumo, Ladera [Proporción respecto a 2009]	62

Figura 3.15: Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema Pampahasi [hm <sup>3</sup> ] .....	63
Figura 3.16: Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema Pampahasi [Proporción respecto a 2009].....	64
Figura 3.17: Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema Achachicala [hm <sup>3</sup> ] .....	65
Figura 3.18: Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema Achachicala [Proporción respecto a 2009].....	66
Figura 4.1: Nodo de la Oferta del Recurso Agua.....	69
Figura 4.2: Nodo de la Demanda de Agua Potable.....	69
Figura 4.3: Esquema conceptual del Modelo de Gestión empleado por el Consultor .....	70
Figura 4.4: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema El Alto .....	72
Figura 4.5: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema Achachicala, fuente Milluni.....	74
Figura 4.6: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema Achachicala, fuente Choqueyapu .....	74
Figura 4.7: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema Pampahasi, fuente Hampaturi.....	75
Figura 4.8: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema Pampahasi, fuente Incachaca.....	76
Figura 4.9: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema Pampahasi, Ambas fuentes.....	76

## Índice de Tablas

Tabla 2.1: Inventario JICA, Pozos explotados hasta 1987.....	14
Tabla 2.2: Pozos Tilata Inicio funcionamiento .....	16
Tabla 2.3: Consideración de Escenarios de explotación del acuífero 1990-1999 .....	19
Tabla 2.4: Estimación de radios de influencia de explotación .....	20
Tabla 2.5: Estimación del valor de permeabilidad k, pozo Vascal 1987 .....	22
Tabla 2.6: Estimación del Potencial de Infiltración, Método de Schosinsky .....	23
Tabla 2.7: Estimación Aproximada del Potencial de Recarga y Tasa de recarga anuales (Zona Tilata) .....	24
Tabla 3.1: Evolución de la Población según PM94, actualización PM71 y Censos.....	28
Tabla 3.2: Tasas de Crecimiento La Paz PM94.....	28
Tabla 3.3: Ciudad de El Alto: Tasas de crecimiento poblacional 1992 - 2020 .....	29
Tabla 3.4: Proyección Poblacional Plan Maestro 94, Ciudad de La Paz.....	30

Tabla 3.5: Proyección Poblacional PM94, Ciudad de El Alto .....	31
Tabla 3.6: Resumen Proyecciones Plan Maestro .....	31
Tabla 3.7: Comparación de Tasas de Crecimiento CIESS y Tasas Calculadas con Modelos Exponencial y Lineal .....	33
Tabla 3.8: Resumen de Proyección Poblacional CIESS por Ciudad y Sistema .....	34
Tabla 3.9: Tasas de Crecimiento Poblacional Intercensal (INE).....	35
Tabla 3.10: Proyección Poblacional AISA 2005.....	35
Tabla 3.11: Análisis de Aplicabilidad de Modelos de la Norma a Datos Intercensales y Tasas de Crecimiento INE.....	38
Tabla 3.12: Zonas censales y población 1992, Achachicala y Pampahasi.....	43
Tabla 3.13: Zonas censales y población 1992, El Alto Ladera y El Alto Meseta .....	44
Tabla 3.14: Relación de crecimiento Intercensal, La Paz y El Alto .....	45
Tabla 3.15: Parámetros de la Proyección logística estimados y asumidos .....	48
Tabla 3.16: Ajuste del Escenario 1, respecto al indicador de No Hab/conexión.....	48
Tabla 3.17: Ajuste Proyección Logística, Variaciones de ajuste respecto a los datos de Censos .....	49
Tabla 3.18: Ajustes del Escenario 2 con el parámetro No Hab/Conexión, Estimación de este parámetro .....	50
Tabla 3.19: Ajuste del Escenario 2, valores de Kd y L, respecto al indicador de No Hab/conexión .....	50
Tabla 3.20: Resumen de valores de proyección poblacional, escenarios 1 y 2.....	51
Tabla 3.21: Valor Incremental de Conexiones (Periodo 2002 – 2009).....	54
Tabla 4.1: Escenarios de Balance y resultados, Sistema El Alto .....	71
Tabla 4.2: Escenarios de Balance y resultados, Sistema Achachicala.....	73
Tabla 4.3: Escenarios de Balance y resultados, Sistema Pampahasi .....	75
Tabla 5.1: Matriz de Identificación de Plazos, Actores, Opciones de resiliencia y su priorización .....	95
Tabla 6.1: Acciones de adaptación propuesta .....	100

# Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

---

## PRODUCTOS 3 y 4

---

### IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE OPCIONES / ACCIONES DE ADAPTACION

## 1 INTRODUCCIÓN

---

### 1.1 Marco Institucional y Contractual del Servicio

El servicio de consultoría "Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto, se desarrolla en el marco del Proyecto de "Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de los Glaciares en los Andes tropicales", PRAA<sup>1</sup> financiado mediante Acuerdos de Donación GEF-SCCF TF 091712 y PHRD Grant TF 090328 (Banco Mundial).

Como marco del mismo se tiene los antecedentes, especificaciones y condiciones estipulados en el contrato N°127-2011-SGCA, teniendo como signatarios a la Secretaría General de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) y al consultor Dr. Ing. Carlos Alberto Antonio Olmos García Ágreda. Se consigna una duración de servicio de siete meses, comprendidos entre el 28 de julio de 2011 y el 28 de febrero de 2012.

Entre otros antecedentes y documentos de esta contratación, se cuentan los Términos de Referencia que acompañan el Proceso de Convocatoria de Consultoría Individual CI-008-PRAA-SGCA y la nota de adjudicación del contrato de consultoría de fecha 22 de julio de 2011 (Mail recibido por el consultor en fecha 27 de julio de 2011, firmado por la Sra. Itala Puccio, [ipuccio@comunidadandina.org](mailto:ipuccio@comunidadandina.org)).

Previa a la fecha de conclusión de servicios, fijada en contrato, el consultor solicitó una ampliación extraordinaria de plazo, sin incremento de costo de consultoría, debido a retrasos no atribuibles al consultor en la recepción de insumos de datos y escenarios, producto de otras consultorías paralelas del PRAA (escenarios climáticos y Modelos Digitales de Terreno, MDT de las superficies de los glaciares de la zona en estudio). Dicha adenda fue emitida y firmada con una extensión de plazo hasta fines del mes de abril de 2012.

---

<sup>1</sup> PRAA: Las siglas tienen su origen en la denominación original del proyecto: Proyecto Regional Andino de Adaptación al Cambio Climático.

Habiéndose recibido la base de datos SIG de la Consultoría ALOS, sin procesar y habiéndose determinado la posibilidad de obtener a partir de ella los datos X, Y, Z, de contornos glaciares (inicios de mayo de 2012), que se precisan para la entrega de este proyecto, se informó a la coordinación de proyecto, la posibilidad de esta situación. Coordinación de proyecto solicitó se realice dicho proceso de datos para fines de este producto y la consideración de ampliar plazos para la entrega de estos, debido a la labor adicional que implica este proceso y la inclusión de los nuevos datos en los modelos empleados.

En este marco se solicitó a coordinación de proyecto la extensión del plazo de entrega de productos hasta el 30 de junio de 2012. Esta solicitud está en curso

## **1.2 Finalización de la Consultoría**

El presente informe constituye la finalización de la consultoría. EPSAS en su calidad de contraparte seguirá el proceso de revisión de documentos, en tiempos que se coordinarán con el PRAA, para fines de cierre de la consultoría.

## **1.3 Documento: Productos 3 y 4**

El presente documento engloba los productos 3 y 4, representando los informes 6 y 7 de consultoría, los cuales consignan la Identificación y Priorización de Opciones de Adaptación y la Identificación y Priorización de Acciones de Adaptación respectivamente. Debido a su encadenación lógica y para fines prácticos, se convino con la coordinación de Proyecto, editar ambos documentos en uno solo.

## 2 AGUA SUBTERRANEA

---

### 2.1 Introducción

El análisis de la explotación del agua subterránea en la Ciudad de El Alto y la Delimitación aproximada de la Zona de Recarga del Acuífero, fue realizado en base a información secundaria (Estudio de JICA para el Desarrollo del Agua Subterránea de la Ciudad de El Alto) y datos de explotación históricos del acuífero de EPSAS desde inicios de la operación del sistema Tilata (1990).

Cabe señalar que el alcance del servicio no incluía prospecciones de campo, ni análisis detallados del origen de las aguas subterráneas, aspecto primordial para realizar una delimitación precisa de las zonas de recarga del acuífero, razón por la cual, el análisis, resultados y delimitación presentados en este capítulo deben considerarse como referenciales e iniciales para un estudio mayor sobre el tema.

### 2.2 Disponibilidad de Datos

Como se indicó en el anterior subtítulo el análisis presentado en este apartado se basa en una revisión bibliográfica y compilación de datos de producción según el siguiente detalle:

- ✚ Reporte Final para Estudio del Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas en el Distrito del Alto de La Paz (*JICA 1987*).
- ✚ Informe del Estudio para el Diseño Básico del Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas en la Ciudad de El Alto. (*JICA 1988*)
- ✚ Informes periódicos del Operador EPSAS a la AAPS.
- ✚ Bases de datos de Operación de Pozos (Producción EPSAS 2000 – 2011, Quisbert 2012)<sup>2</sup>
- ✚ Estudio Geoeléctrico "Tilata - El Alto (La Paz)" (*HIDRO-DRILL 2010*)
- ✚ Proyecto: "Renovación y Mejoramiento de Pozos en el Sistema Tilata" (*HIDRO-DRILL 2011*)

### 2.3 Aspectos principales sobre el Desarrollo de la explotación del Acuífero

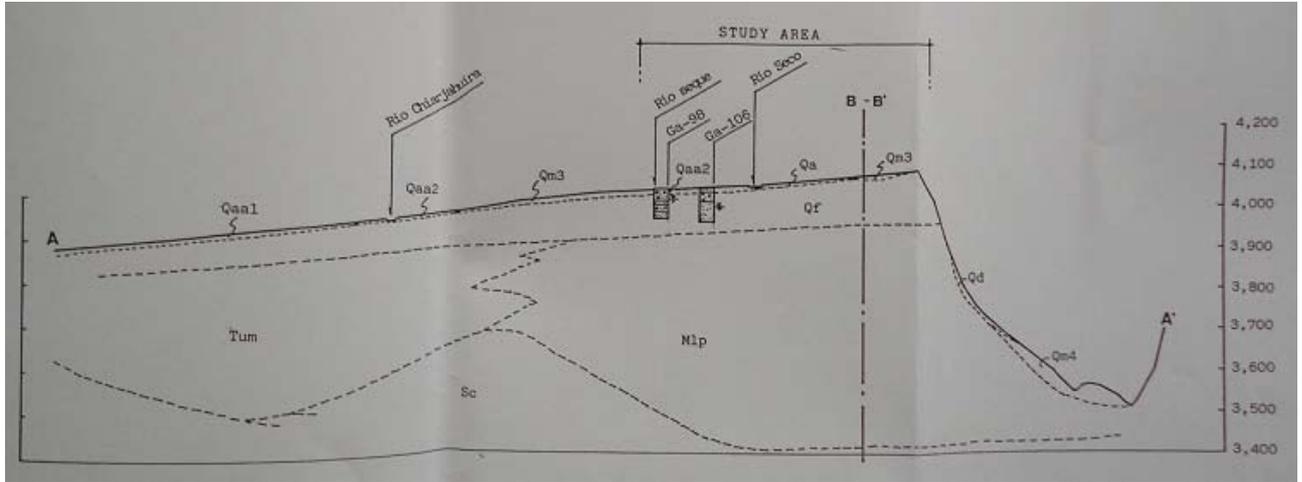
Los estudios de JICA 1987-88, presentan una descripción detallada del Acuífero de El Alto que sin embargo no cubre la totalidad de su extensión (Cuenca Katari), quedando (el análisis de JICA) limitado a la zona de Explotación actual de Tilata, y los alrededores de la ciudad de El Alto, incluyendo el área que corresponde al inicio de las estribaciones de la Cordillera, al norte de la delimitación referida, la cual es considerada la zona de recarga del acuífero.

---

<sup>2</sup> Los datos de Producción EPSAS, incluyen los caudales extraídos de entre 2000 a 2011, los niveles estáticos medios de operación de los años 2009 y 2010.

Según JICA existen dos acuíferos, la Formación La Paz (Formación Terciaria, [MLP]), Ver figuras siguientes) y la formación de Morrenas (Formación Cuaternaria, [Q]), observando que el desarrollo de la explotación de las aguas se deberá realizar, solamente en esta última Formación, puesto que la Formación La Paz, tiene baja permeabilidad y que la calidad del agua contenida no es adecuada (JICA 1988).

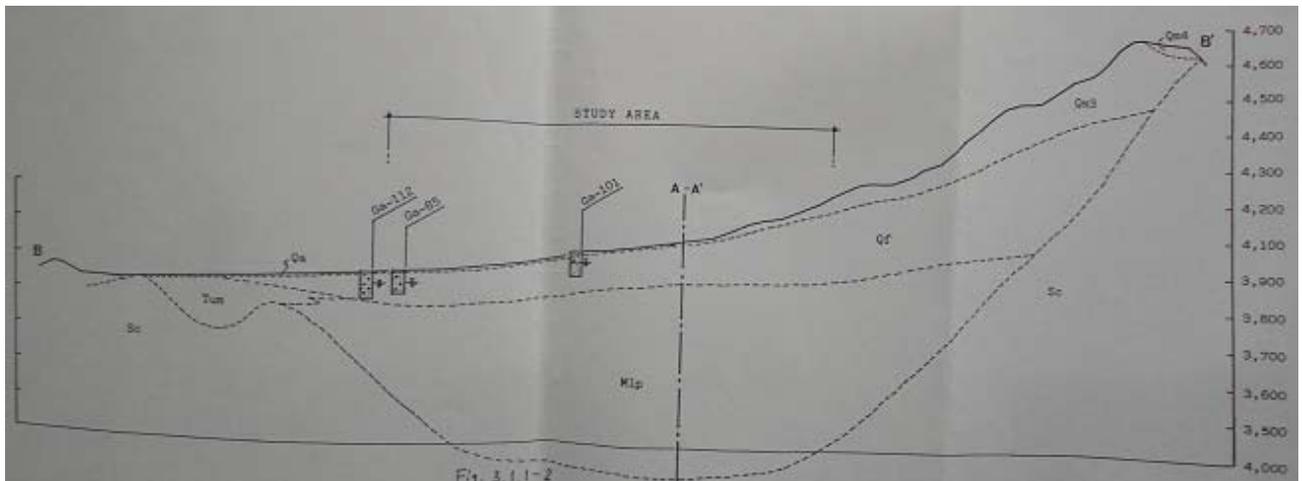
**Figura 2.1: Perfil Geológico A'A, Zona Estudiada por JICA, 1988**



**Referencias: CUATERNARIO.-** Qa:Depósitos aluviales; Qd: Deslizamiento de Terreno; Qaa2: Abanicos aluviales modernos 2; Qaa1: Abanicos aluviales modernos 1; Qm4: Morrenas de la Glaciación 4; Qm3: Morrenas de la Glaciación 3; Qf: Glacial y no fluvial no diferenciado. **TERCIARIO.-** Tum: Formación Umala; MLP: Formación La Paz. **SILÚRICO.-** Sc: formación Catavi

Fuente: (JICA 1988)

**Figura 2.2: Perfil Geológico A'A, Zona Estudiada por JICA, 1988**



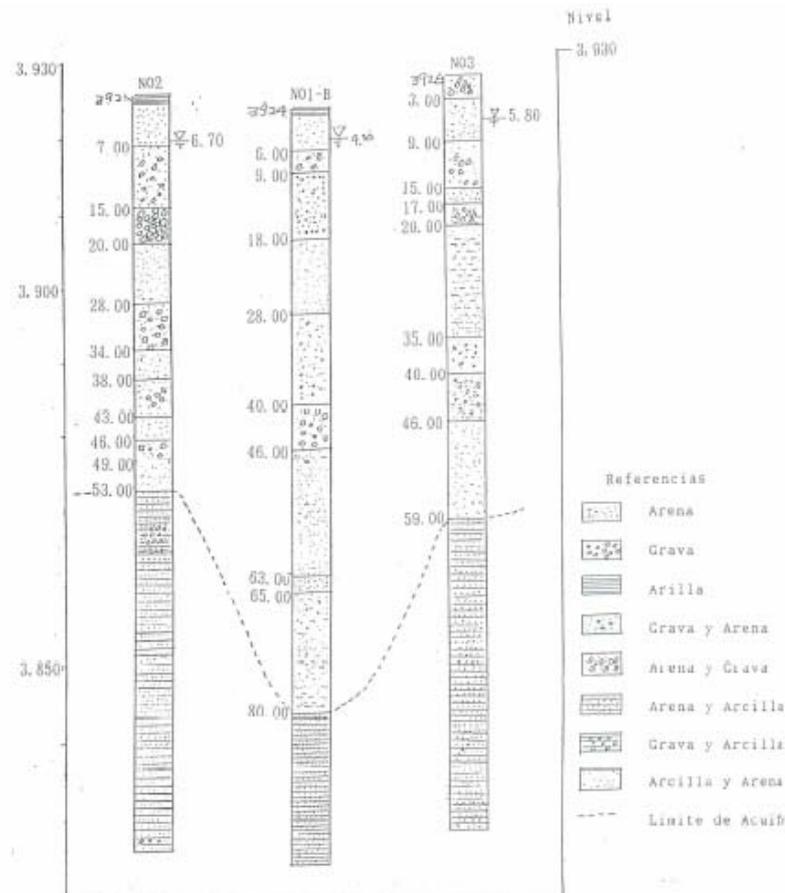
**Referencias: CUATERNARIO.-** Qa:Depósitos aluviales; Qd: Deslizamiento de Terreno; Qaa2: Abanicos aluviales modernos 2; Qaa1: Abanicos aluviales modernos 1; Qm4: Morrenas de la Glaciación 4; Qm3: Morrenas de la Glaciación 3; Qf: Glacial y no fluvial no diferenciado. **TERCIARIO.-** Tum: Formación Umala; MLP: Formación La Paz. **SILÚRICO.-** Sc: formación Catavi

Fuente: (JICA 1988)

El depósito de aguas subterráneas está cercado por el esquisto de barro Paleozóico Silúrico al Este y en su parte inferior consta de Fundación Catavi del Paleozóico Devoniano (JICA 1988). Refiriendo lo anteriormente transcrito del Reporte de JICA 1988, en las figuras anteriores, se observa que los límites del acuífero son las formaciones Terciarias designadas como TUM y Sc.

La geología que compone el acuífero de las aguas subterráneas es la formación de morrenas cuya matriz consta de grava y arcilla. JICA (1988), establece que el límite superior del acuífero está situada a profundidades de entre 10 a 30 metros y su límite inferior a profundidades de entre 40 a 90 metros (Ver Figura 2.3).

**Figura 2.3: Perfiles Estratigráficos en pozos de Exploración, JICA 1988**



Fuente: (JICA 1988)

Igualmente JICA (1988), indica que el flujo de las aguas subterráneas tiene dirección NE-SO y se manifiesta en forma de manantiales en la cuenca del Río Katari situado hacia el Sur.

Un aspecto particular a ser resaltado del análisis de los Japoneses, es el hecho de que los niveles medidos en el momento del estudio 1987 a 1988, no diferían de los niveles que había registrado la UNDP (1973)<sup>3</sup>. Igualmente se resalta la afirmación sobre la prácticamente NO

<sup>3</sup> La referencia no es citada en el documento (JICA 1988), sin embargo fue encontrada en (JICA 1987)

variación de niveles medidos en la estación de lluvias, respecto a los medidos en época seca (exceptuando en áreas específicas)<sup>4</sup>.

El reporte exploratorio (JICA 1987), los autores refieren al hecho de que antes del Estudio se esperaba que las aguas subterráneas fueran paralelas a la superficie de la tierra, sin embargo a partir de sus resultados definieron que el nivel del agua subterránea no se relaciona con el nivel del terreno y su perfil, estando cerca al plano horizontal, proponiendo la hipótesis de que la zona de explotación (por entonces zona de estudio), se halla dentro de la cadena de aguas subterráneas que tienen como centro de gravedad al Lago Titicaca.

Los estudios isotópicos (Tritium) realizados observan que las aguas de manantial de Chochocoro (Meseta Altiplánica, hacia la zona de Viacha) y de Achocalla (Vertiente amazónica y ladera Paceña) provienen de aguas pluviales y aguas superficiales relativamente recientes que fluyeron bajo la influencia de la presión de las aguas subterráneas más antiguas. En cambio las aguas de VASCAL (Pozo situado en la zona de la Carretera a Copacabana, Norte de la Zona en estudio), se produjeron por las aguas de montaña que llegaron después de muchos años a esa zona del acuífero. (JICA 1987).

---

<sup>4</sup> Los niveles refieren a los niveles estáticos medidos en los pozos exploratorios.

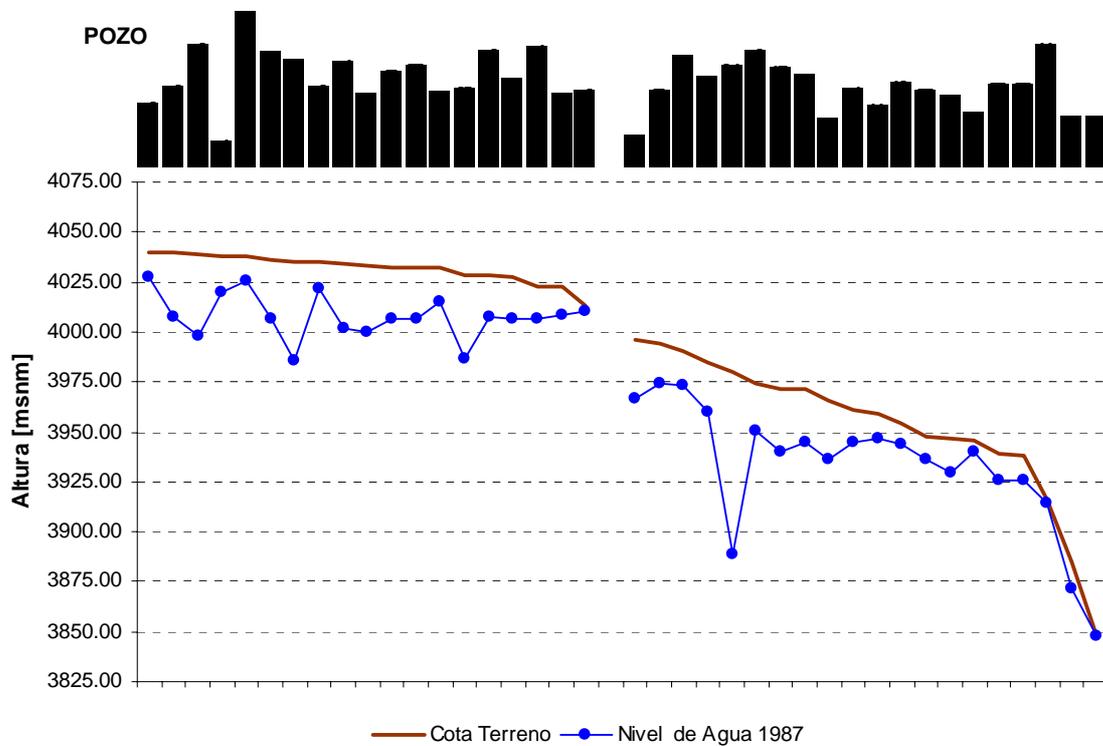
## 2.4 Zonas de recarga del Acuífero y Estimación de la Potencial Recarga del Acuífero

### 2.4.1 Análisis de Niveles Estáticos y Caudales Suministrados

#### *Inventario de Pozos Explotados 1987*

Nuestro análisis se inicia en la revisión de los niveles y datos de los pozos explotados en la zona de El Alto, inventariados por JICA en 1987 (*JICA 1987*), a partir de los cuales se transcriben los datos incluidos en la Tabla 2.1. Nótese que para fines de análisis los datos fueron ordenados en forma descendente respecto a la Cota Terreno, aspecto que se grafica en la siguientes figura.

**Figura 2.4: Inventario de Pozos 1987, Nivel Terreno y Nivel Estático**



Fuente: Elaboración propia a partir de (*JICA 1987*)

**Tabla 2.1: Inventario JICA, Pozos explotados hasta 1987**

Carretera Copacabana				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
35	FANDA	4039.79	4027.59	-12.20
6	BERA BOLIVIA	4038.78	3997.72	-41.06
1	PIL	4037.67	4019.65	-18.02
5	LIQUID CARBONIC	4037.64	4025.67	-11.97
7	VASCAL S.A.	4035.52	3986.01	-49.51
39	SAMAPA	4035.00	4021.66	-13.34
2	FANVIPLAN	4032.01	4006.98	-25.03
40	VASCAL	4032.00	4015.07	-16.93
3	LABOFARMA	4028.04	4007.51	-20.53
4	MORALES	4027.20	4006.90	-20.30
8	HORMITABOL	4022.70	4006.86	-15.84
9	GEOBOL	4022.48	4008.16	-14.32

Villa Adela - Cercanías Aeropuerto				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
36	AASANA	4012.76	4010.40	-2.36
41	VILLA ADELA	3990.00	3973.5	-16.50

Sur Aeropuerto (Cercano a Talud La Paz)				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
14	INDUVAR	4028.47	3986.47	-42.00
15	TEXPUNTO	4032.23	4006.20	-26.03

Sur Aeropuerto (Vecinos)				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
25	LA CIMA	4032.78	3999.78	-33.00
26	TEXTURBOL	4034.37	4001.66	-32.71
27	IMBOLSA	4039.51	4007.16	-32.35
28	ARANDO S.A.	4035.63	4006.64	-28.99

Carretera Viacha, Tramo I (Nor Este, Cercanías El Alto)				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
24	INTI	3996.32	3966.32	-30.00
29	CENACO	3993.78	3974.35	-19.43

Pampas Norte oeste Carretera Viacha (Entre Tramos I y II)				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
19	FATRAVI	3947.82	3935.82	-12.00
18	BANVI	3946.03	3940.14	-5.89

Carretera Viacha, Tramo II (Nor Este)				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
23	LA CASCADA	3974.41	3950.91	-23.50
16	ACRIBOL	3960.97	3944.82	-16.15
17	ELMEC	3958.75	3947.07	-11.68
20	JABONES PATRIA	3954.40	3943.94	-10.46

Pampas cercanas a Talud La Paz, Sud Este Carretera Viacha Tramo II				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
42	CONVIPET	3985.00	3959.93	-25.07
11	COMANING	3971.15	3939.70	-31.45
13	CONVIFAG	3971.04	3944.51	-26.53
10	YPFB	3965.80	3936.04	-29.76

Carretera Viacha, Tramo III (Cercanías Chochocoro)				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
12	COVIMA	3947.02	3930.03	-16.99
31	INSA PP-1	3938.65	3925.57	-13.08
30	INSA PO-1	3938.12	3925.29	-12.83

Camino Viacha Tramo (Chonchocoro)				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
22	INFOL	3884.65	3871.70	-12.95

Viacha				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
21	POZO SUPERFICIAL	3848.00	3847.70	-0.30

Pampas de Puchukollo				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
37	MARISCAL SC	3916.00	3914.00	-2.00

Pampas entre Carretera a Copacabana y Carretera a Achocalla (Cuenca Paceña)				
No Pozo (JICA 1987)	Nombre	Cota Terreno	Nivel de Agua 1987	DIF
38	CORDEPAZ	3980.00	3888.26	-91.74
43	ACHOCALLA	3665.00	3662.00	-3.00

Fuente: Elaboración propia a partir de (JICA 1987)

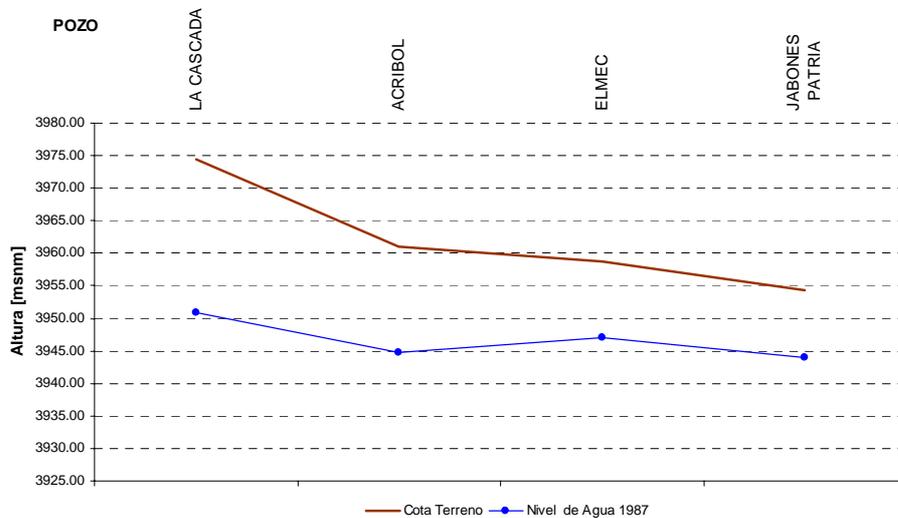
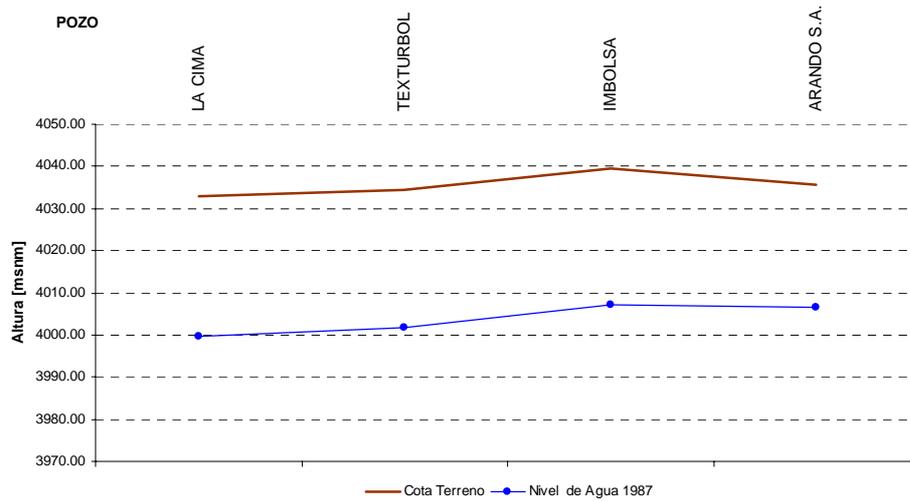
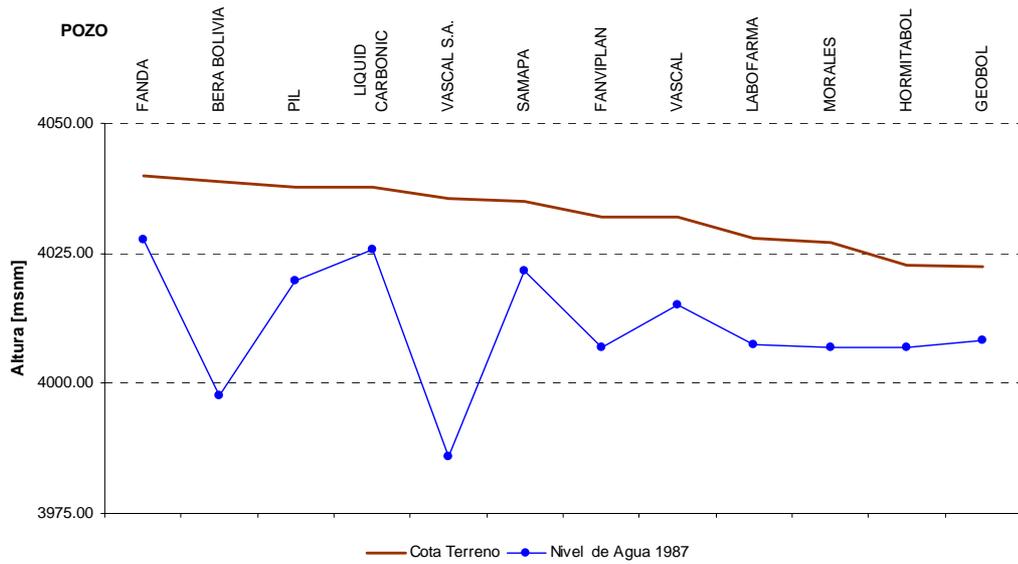
La Figura 2.4 nos muestra que el perfil del nivel estático, sigue el perfil del terreno a excepción de pozos que se asume tenían a esa fecha una mayor explotación que sus similares.

Igualmente se observa que el nivel estático del acuífero o manto explotado, en algunos casos superaba el nivel de terreno de otros pozos localizados en cotas menores. Para fines de una mejor visualización de este perfil y mejorar la objetividad del análisis por sectores, se analizó los pozos explotados por zonas, en función a los mapas de localización de pozos incluidos en el estudio de JICA<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> La calidad de algunos de los mapas y láminas de las copias del Estudio de JICA a las que se tuvo acceso, no eran las óptimas para realizar una transcripción de datos o para su copia, razón por la cual se solicita al lector que revise la bibliografía de referencia. (JICA 1987)

Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

**Figura 2.5: Inventario de Pozos 1987, Nivel Terreno y Nivel Estático por Áreas**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de JICA 1987

Las figuras anteriores confirman las aseveraciones realizadas al inicio de este apartado sobre la relación directa del nivel estático de aguas y el nivel de terreno, además de resaltar algunos pozos que se asume tenían una explotación mayor que sus similares de la misma zona, este el caso por ejemplo del pozo de VASCAL S.A. (Bebidas), que por la naturaleza de su actividad se puede presumir una mayor necesidad de agua, traducida en una mayor explotación del pozo.

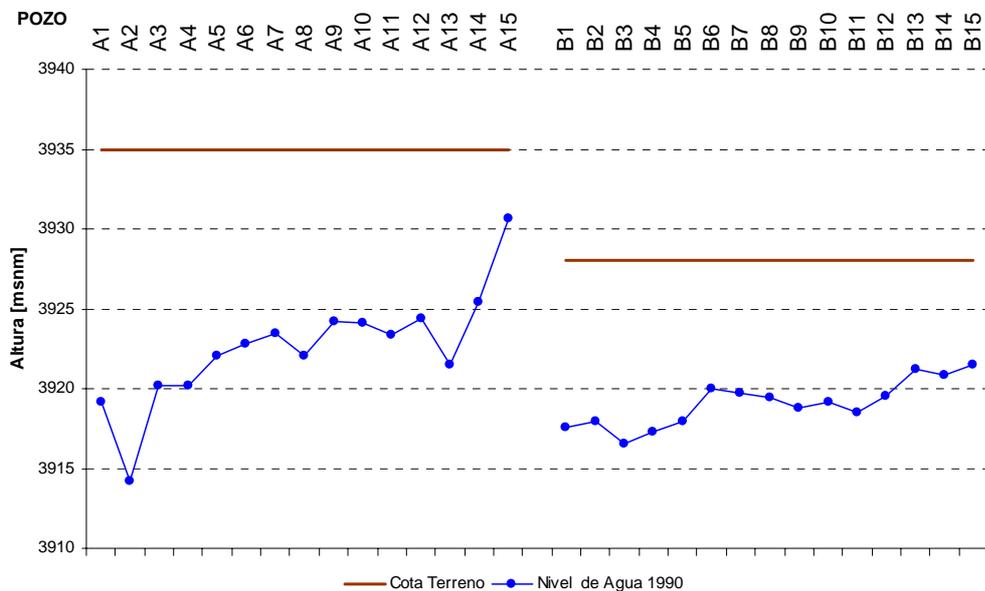
**Pozos Tilata**

De forma similar se realizó un análisis similar de los Pozos Tilata al momento del inicio de su funcionamiento, tomando como referencia la cota terreno y los niveles estáticos iniciales de 1990.(EPSAS 2011).

**Tabla 2.2: Pozos Tilata Inicio funcionamiento**

Pozo	Cota Terreno	Nivel de Agua 1990	DIF	Pozo	Cota Terreno	Nivel de Agua 1990	DIF
A1	3935	3919.2	-15.80	B1	3928	3917.6	-10.40
A2	3935	3914.2	-20.80	B2	3928	3917.9	-10.10
A3	3935	3920.2	-14.80	B3	3928	3916.5	-11.50
A4	3935	3920.2	-14.80	B4	3928	3917.3	-10.70
A5	3935	3922.1	-12.90	B5	3928	3917.9	-10.10
A6	3935	3922.8	-12.20	B6	3928	3920	-8.00
A7	3935	3923.5	-11.50	B7	3928	3919.7	-8.30
A8	3935	3922.1	-12.90	B8	3928	3919.4	-8.60
A9	3935	3924.2	-10.80	B9	3928	3918.8	-9.20
A10	3935	3924.1	-10.90	B10	3928	3919.2	-8.80
A11	3935	3923.4	-11.60	B11	3928	3918.5	-9.50
A12	3935	3924.4	-10.60	B12	3928	3919.5	-8.50
A13	3935	3921.5	-13.50	B13	3928	3921.2	-6.80
A14	3935	3925.4	-9.60	B14	3928	3920.8	-7.20
A15	3935	3930.7	-4.30	B15	3928	3921.5	-6.50

**Figura 2.6: Pozos Tilata Inicio funcionamiento**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos (EPSAS 2011)

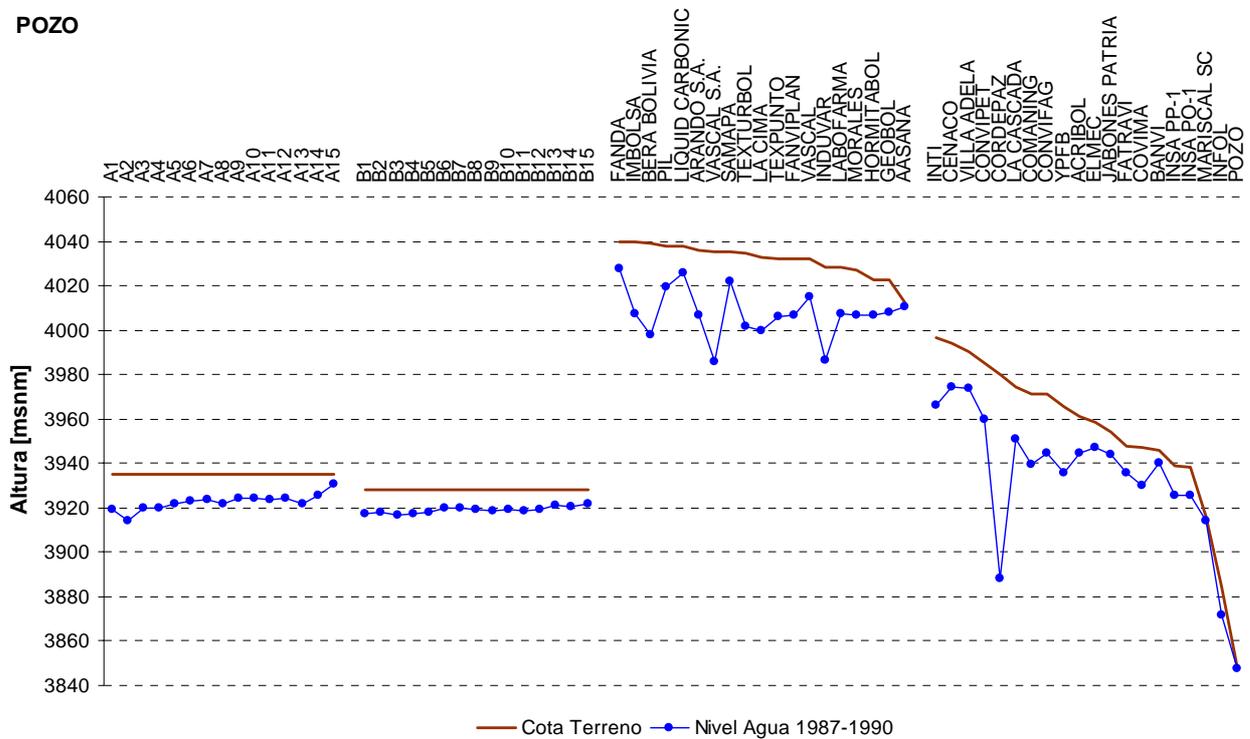
La figura anterior presenta una configuración similar a la de los pozos ya explotados hasta 1997 de dependencia del nivel de terreno y su pendiente respecto al nivel estático del agua subterránea, lo cual denota la importancia de la pendiente regional en el funcionamiento del

acuífero, al ser una zona Altiplánica, pero principalmente de pie de montaña (en el contexto general de la Zona de la cordillera).

Llama la atención también el hecho de que dos líneas de explotación de pozos (A y B), separadas entre 800 a 1300 metros se verifique que el nivel estático de uno de los pozos de la línea A (A15) sea mayor a la cota terreno de la línea de pozos B, con un desnivel de terreno de 7 metros entre líneas de producción.

Sin embargo al colocar las líneas de pozos dentro del contexto regional y más precisamente de los pozos en explotación hasta 1987, observamos lo reflejado en la siguiente figura.

**Figura 2.7: Líneas de producción Tilata, en el contexto de los pozos explotados hasta 1987**



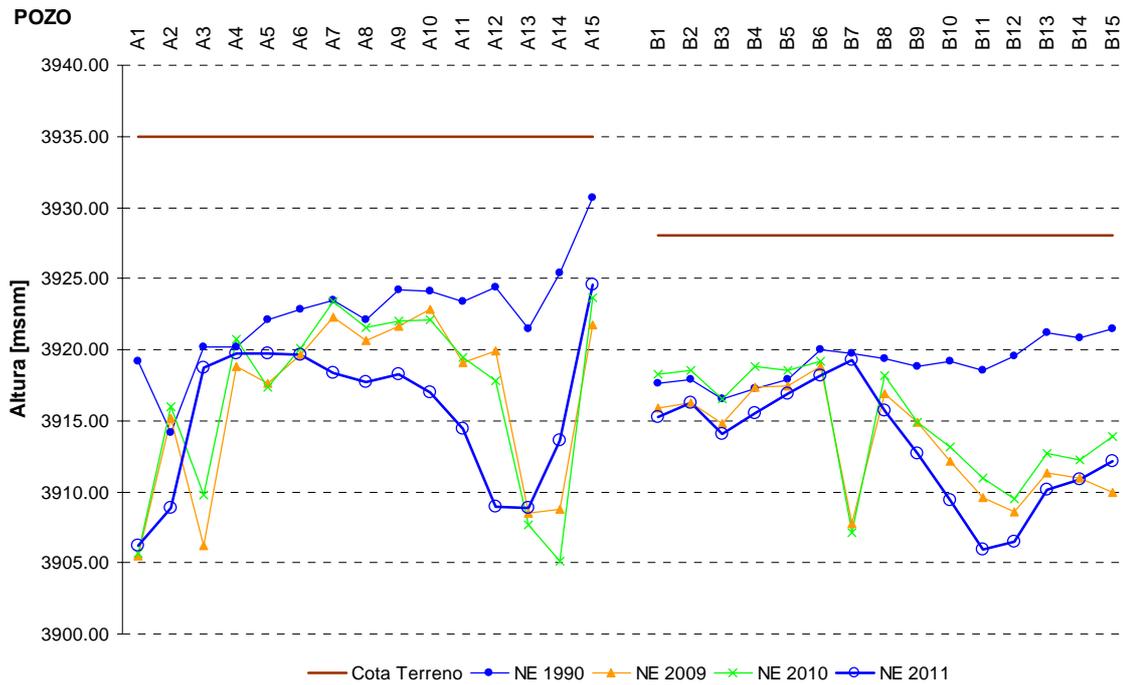
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (EPSAS 2011; JICA 1987)

La figura anterior y los análisis realizados, llevan a la formulación de la hipótesis de que la conformación de la parte superior del acuífero era en el momento de los estudios de JICA, conforme a la pendiente de la superficie, dando a pensar que una explotación de esta porción superior tendría un efecto localizado y no regional.

### Reducción de Niveles Estáticos en el Tiempo

La explotación de las aguas subterráneas durante el periodo 1990-2011, ocasionó una disminución de los niveles estáticos del acuífero, verificándose los cambios que se muestran en la figura siguiente.

**Figura 2.8: Evolución de los Niveles Estáticos de las líneas de Explotación Tilata en el tiempo 1990, 2009, 2010, 2011**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Producción EPSAS, 2011, (JICA 1987) y (EPSAS 2011)

Para fines de análisis de la hipótesis del efecto localizado de la explotación, se hizo un análisis del radio de influencia de cada pozo, en función de los caudales extraídos y la disminución del nivel estático histórico.

Producción de EPSAS, facilitó al consultor datos de la explotación de Tilata entre los años 2000 y 2011, observando la inexistencia de datos entre 1990 a 1999. Por esta razón y para fines de la estimación referida en el anterior párrafo se asumieron 3 escenarios hipotéticos de explotación entre las fechas que no se tenían datos<sup>6</sup>.

- ✚ **Escenario 1:** Se asume el volumen anual explotado entre 1990 – 1999, como el valor mínimo anual entre 2000 y 2011.
- ✚ **Escenario 2:** Se asume el volumen anual explotado entre 1990 – 1999, como el valor medio anual explotado entre 2000 y 2005.
- ✚ **Escenario 3:** Se asume el volumen anual explotado entre 1990 – 1999, como el valor medio anual explotado entre 2000 y 2009.

<sup>6</sup> Se parte de la hipótesis que los volúmenes anuales de agua subterránea, explotados durante el periodo 1990-1999 no serán mayores a los explotados en el periodo 2000-2011. Igualmente se asume que estos valores reflejarán algunos de los valores referenciales del periodo en el que se tiene datos y que la consideración de varios escenarios que reflejen dichos valores, dará un margen dentro del cual, se tendrá el valor cercano a la realidad.

**Tabla 2.3: Consideración de Escenarios de explotación del acuífero 1990-1999**

Escenario 1 (Mínimo 2000-2011)				Escenario 2 (Media 2000 - 2005)			
Año	Vol Explotado [m <sup>3</sup> ]	Año	Vol Explotado [m <sup>3</sup> ]	Año	Vol Explotado [m <sup>3</sup> ]	Año	Vol Explotado [m <sup>3</sup> ]
1990	1,101,218	2000	2,376,903	1990	1,836,666	2000	2,376,903
1991	1,101,218	2001	1,322,120	1991	1,836,666	2001	1,322,120
1992	1,101,218	2002	1,260,351	1992	1,836,666	2002	1,260,351
1993	1,101,218	2003	1,101,218	1993	1,836,666	2003	1,101,218
1994	1,101,218	2004	1,977,342	1994	1,836,666	2004	1,977,342
1995	1,101,218	2005	2,982,064	1995	1,836,666	2005	2,982,064
1996	1,101,218	2006	3,444,469	1996	1,836,666	2006	3,444,469
1997	1,101,218	2007	3,229,857	1997	1,836,666	2007	3,229,857
1998	1,101,218	2008	3,219,022	1998	1,836,666	2008	3,219,022
1999	1,101,218	2009	3,073,413	1999	1,836,666	2009	3,073,413
		2010	3,945,860			2010	3,945,860
		2011	5,541,375			2011	5,541,375
		<b>TOTAL [m<sup>3</sup>]</b>	<b>44,486,174</b>			<b>TOTAL [m<sup>3</sup>]</b>	<b>51,840,657</b>

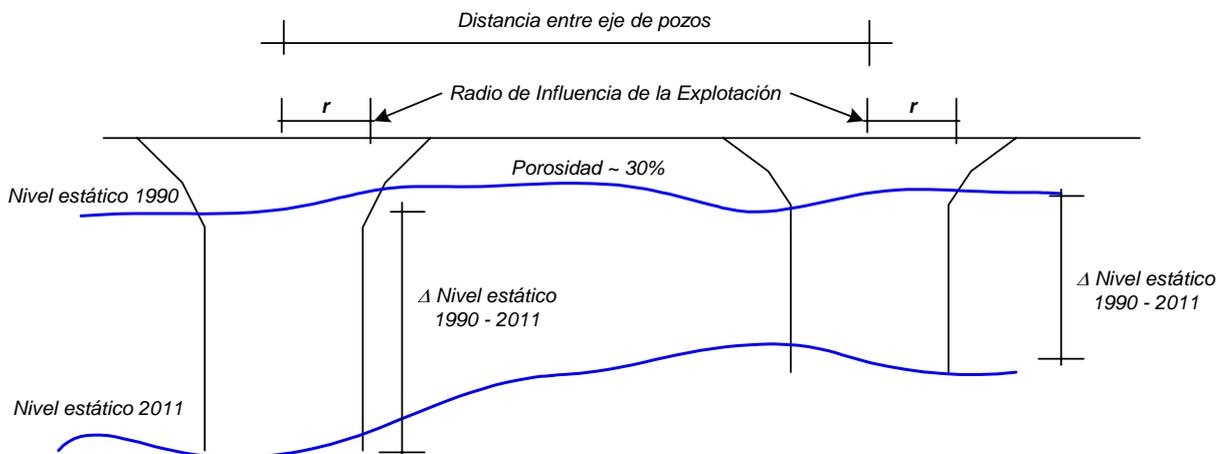
**Escenario 3 (Media 2000 - 2009)**

Año	Vol Explotado [m <sup>3</sup> ]	Año	Vol Explotado [m <sup>3</sup> ]
1990	2,398,676	2000	2,376,903
1991	2,398,676	2001	1,322,120
1992	2,398,676	2002	1,260,351
1993	2,398,676	2003	1,101,218
1994	2,398,676	2004	1,977,342
1995	2,398,676	2005	2,982,064
1996	2,398,676	2006	3,444,469
1997	2,398,676	2007	3,229,857
1998	2,398,676	2008	3,219,022
1999	2,398,676	2009	3,073,413
		2010	3,945,860
		2011	5,541,375
		<b>TOTAL [m<sup>3</sup>]</b>	<b>57,460,753</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Producción EPSAS 2000-2011

Se asume la hipótesis de explotación de cada pozo, proporcional a la altura pérdida durante el periodo de análisis, donde el volumen explotado en cada pozo será igual al volumen del cilindro conformado por el radio de influencia, la altura perdida, afectado por la porosidad del terreno (30% según JICA 1987)<sup>7</sup>.

**Figura 2.9: Afectación local del acuífero por explotación**



<sup>7</sup> No se empleó la ecuación de equilibrio de Pozos y bombeo de agua subterránea al no contarse entre los datos los niveles dinámicos de operación.

Fuente: Elaboración propia

El cálculo iterativo da como resultado la estimación de radios de influencia de entre 497 a 566 m (Ver Anexo 1 y Tabla 2.4) y siendo la distancia entre pozos de aproximadamente 800 m., se daría el cruce de áreas de influencia de los pozos tanto entre unidades de la misma línea, como entre líneas de producción en alguno de los casos.

De ser cierta la hipótesis, ésta serviría para explicar en parte la heterogeneidad de los niveles estáticos actuales, una posible interferencia entre pozos en su funcionamiento<sup>8</sup> y la posible necesidad de replantear la gestión de funcionamiento de estos.

**Tabla 2.4: Estimación de radios de influencia de explotación**

Escenario	R explotación [m]
1	497.76
2	537.33
3	565.71

Fuente: Elaboración propia

Las diferencia de niveles estáticos tanto a nivel local, como regional (ver Figura 2.7 y Figura 2.8) impiden la estimación de tasas de recarga, con un balance simple de operación y de abatimiento de niveles estáticos, ya que para este fin se precisa asumir la horizontalidad de la línea estática y homogeneidad de la explotación sin interferencias entre pozos y conocer a detalle tanto la operación de cada pozo (Caudales, cambios en niveles estáticos y dinámicos por periodo). Sin embargo se puede definir preliminarmente que los radios de influencia de explotación de los pozos podrían estarse solapando, aspecto que se recomienda sea analizado a mayor detalle.

#### 2.4.2 Zonas de Recarga del Acuífero

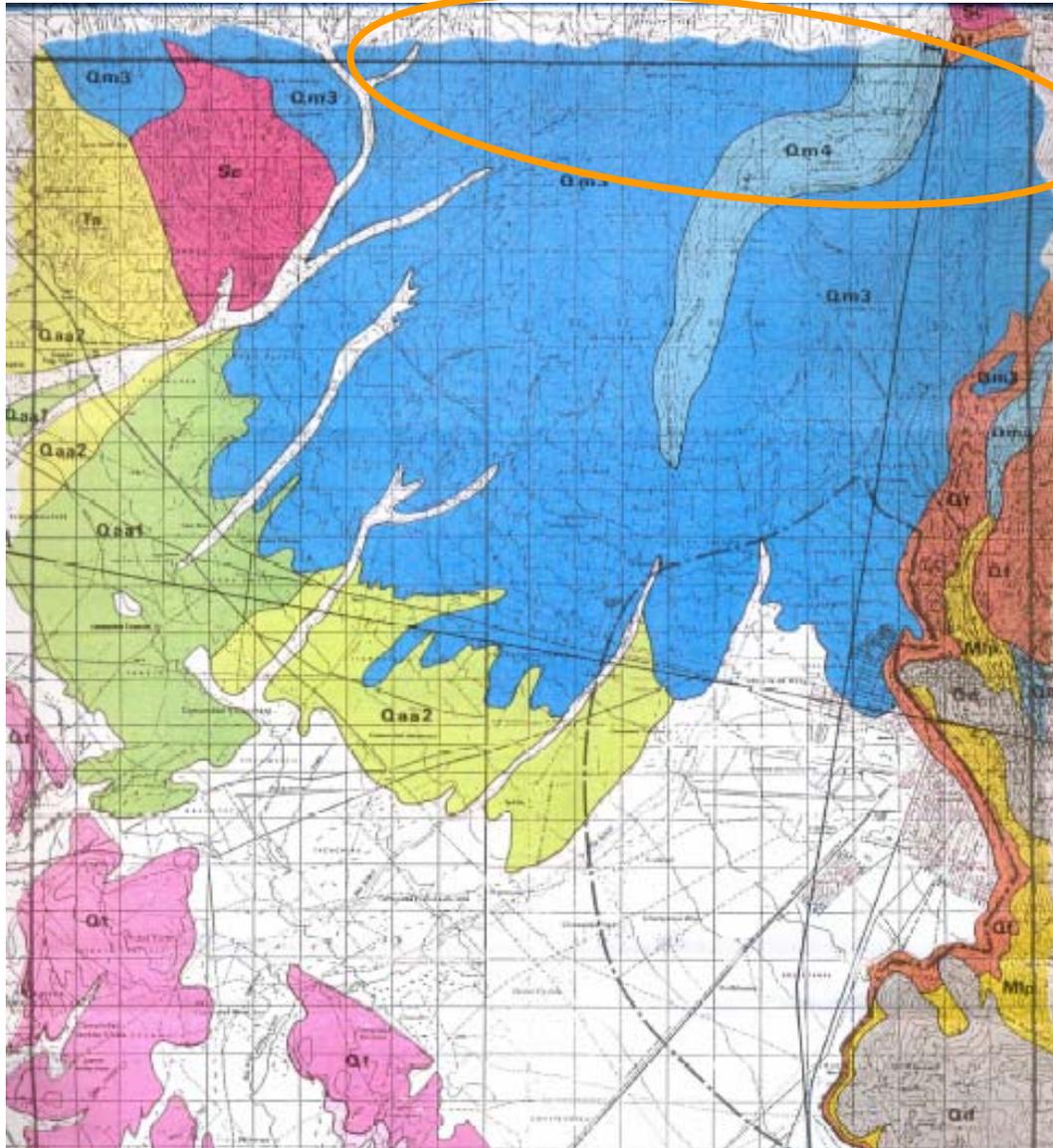
De acuerdo a los límites del acuífero determinados por JICA en 1987 (límite superior de 10 a 30 metros y límite inferior entre 40 a 90 metros, ver Figura 2.3), se puede asumir la hipótesis de una recarga tanto profunda, como somera (superficial), sin embargo las zonas de recarga de los acuíferos determinadas por JICA están alejadas de la zona de explotación, razón por la cual podría asumirse una carga lenta y profunda.

JICA 1997, en su estudio de Isótopos de Tritium indica que pozos como el de Vascal (Profundos), presentan agua de recarga de data antigua (más de 40 años), observando además que el proceso de precipitación no influye en el cambio de los niveles estáticos respecto a su posición en época de lluvias o seca. Igualmente JICA en sus balances asume la precipitación y la evaporación con valores similares (500 mm/año), lo cual refleja la no influencia de la precipitación antes dicha. Igualmente se indica que la zona de recarga se da por medio del estrato morrénico cuaternario.

<sup>8</sup> Succión en vacío

Los aspectos antes mencionado no permiten un análisis profundo para fines de la delimitación de las zonas de recarga del acuífero, sin embargo dan luces para indicar aproximadamente esta zona (ver figura siguiente).

**Figura 2.10: Hipótesis de Zonas de Recarga**



**Referencias: CUATERNARIO.-** Qa:Depósitos aluviales; Qd: Deslizamiento de Terreno; Qaa2: Abanicos aluviales modernos 2; Qaa1: Abanicos aluviales modernos 1; Qm4: Morrenas de la Glaciación 4; Qm3: Morrenas de la Glaciación 3; Qf: Glacial y no fluvial no diferenciado. **TERCIARIO.-** Tum: Formación Umala; Mlp: Formación La Paz. **SILÚRICO.-** Sc: formación Catavi

Fuente: Trazo propio sobre mapa de (JICA 1988)

La hipótesis de zona de recarga que se presenta en este análisis se basa en las referencias de JICA 97 y 98 de un escurrimiento NE-SO, observando que las formaciones morrénicas son las de mejor permeabilidad y propicias para la infiltración y por ende recarga de un acuífero. En la figura anterior encierra en un óvalo las zonas que cumplirían estos aspectos, observando

además que las formaciones de vaguadas encajonas y de conos de deyección entre divisorias, son las más propicias para la infiltración de la precipitación.

Nótese que la formación de Cuaternario de glaciación 4 (**Qm4**), forma un recodo debido a que una pequeña loma impide su flujo en línea recta. Esta formación por ejemplo también es adecuada para la infiltración tomando en cuenta que se tiene por debajo material morrénico altamente permeable.

### 2.4.3 Estimación de Potenciales tasas de Recargas del Acuífero, Zona Tilata

Tal como se indicó en los anteriores apartados, la estimación de la tasa de recarga por balance y con los datos disponible, responde a una labor de detalle, de muestreo de campo (muestras, uso de trazadores, determinación de firmas isotópicas etc), de recopilación de información de operación de los pozos, de seguimiento y otras que están fuera del alcance de este servicio.

Sin embargo a partir de los datos disponibles y la formulación de las hipótesis que abajo se mencionan se presenta la siguiente propuesta de estimación “en grueso” de la potencial recarga de acuíferos, con un enfoque top-down que luego permita al operador mejorarlo según se amplíe la base de datos y relevamientos en campo, además de nuevos estudios sobre el tema.

#### **Inferencia de la Tasa de Infiltración**

Los estudios de datación de aguas con Tritium de 1987 (*JICA 1987*) indican que las aguas de Vasçal en esa época, provenían de aguas pluviales de aproximadamente 40 años de antigüedad. A partir de esta afirmación y con las posiciones del pozo y de la hipotética zona de recarga (Qm4, ver Figura 2.10), además de la distancia entre éstas y los niveles estáticos del tiempo, se estima de forma inversa el valor de permeabilidad k.

**Tabla 2.5: Estimación del valor de permeabilidad k, pozo Vasçal 1987**

C. Terre [m]	h2 [m]	h1 [m]	Pendiente	L [m]	K [cm/s]	V [cm/s]	V [cm/hra]	V [m/día]	tviaje [años]
4360	4330	3990	0.0327	10400	2.52E-02	8.24E-04	2.97	0.71232744	40.00

Fuente: Elaboración propia

El valor de k estimado corresponde a una clasificación de terreno SL (fino) a SL gradado, aspecto que es coincidente con las formaciones morrénicas y de depósito de glaciar. Este valor de k, se asumiría como el representativo del valor de permeabilidad del flujo en medio saturado, a partir de la hipótesis de homogeneidad a lo largo del acuífero y de que el valor estimado para Vasçal de 1987 es representativo de esta homogeneidad y que es válido en la actualidad.

#### **Determinación del Potencial de Infiltración**

El potencial de infiltración es calculado por la metodología de balance de Schosinsky (2007), que se basa en la capacidad de retención de la vegetación, parámetros de infiltración en un suelo saturado y condiciones de humedad. La precipitación referencial para esta estimación es la media mensual histórica de la Estación El Alto.

**Tabla 2.6: Estimación del Potencial de Infiltración, Método de Schosinsky**

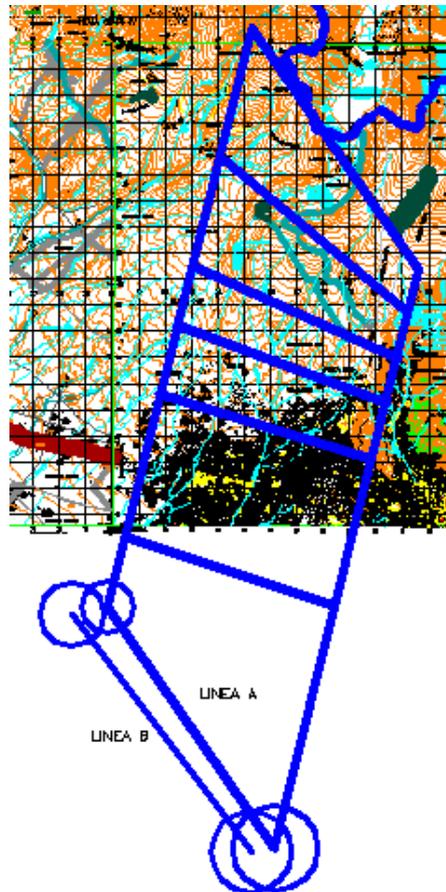
<i>KSat [cm/s]</i>	1.00E-07						
<i>fc [mm/día]</i>	<i>kfc</i>	<i>kp</i>	<i>kv</i>	<i>Cfo:Follaje (Denso o poco)</i>		<i>Ci prel</i>	<i>Ci Fin</i>
0.09	0.00007992	0.15	0.18	Poco		0.12	0.33
	<i>P [mm]</i>	<i>P*Cfo</i>	<i>P&lt;5 ?</i>	<i>P*Cfo&gt;5 ?</i>	<i>RET Prel</i>	<i>P-Ret</i>	<i>I=Ci* (P-Ret) [mm]</i>
<b>Septiembre</b>	33.30	3.996	FAUX	FAUX	5.00	28.30	9.34
<b>Octubre</b>	41.46	4.976	FAUX	FAUX	5.00	36.46	12.04
<b>Noviembre</b>	50.72	6.086	FAUX	VRAI	6.09	44.63	14.73
<b>Diciembre</b>	93.56	11.227	FAUX	VRAI	11.23	82.33	27.18
<b>Enero</b>	135.08	16.209	FAUX	VRAI	16.21	118.87	39.24
<b>Febrero</b>	99.78	11.974	FAUX	VRAI	11.97	87.81	28.98
<b>Marzo</b>	75.98	9.117	FAUX	VRAI	9.12	66.86	22.07
<b>Abril</b>	30.99	3.719	FAUX	FAUX	5.00	25.99	8.58
<b>Mayo</b>	12.35	1.483	FAUX	FAUX	5.00	7.35	2.43
<b>Junio</b>	5.84	0.701	FAUX	FAUX	5.00	0.84	0.28
<b>Julio</b>	7.13	0.856	FAUX	FAUX	5.00	2.13	0.70
<b>Agosto</b>	15.83	1.899	FAUX	FAUX	5.00	10.83	3.57
	602.03						169.14
							28.09%

Fuente: Elaboración propia

**Potencial de Recarga por Infiltración Anual y Velocidad de Llegada al acuífero**

Para fines de una estimación que podríamos denominar “gruesa”, delimitamos un área de aporte por infiltración que parte desde la línea A de los pozos Tilata, hasta una paralela emplazada en la zona de recarga.

**Figura 2.11: Hipótesis de Zona de Aporte de Tilata por Precipitación**



Fuente: Elaboración propia

La zona es dividida en área de aporte, que son función de la altitud, la distancia a la línea de pozos y a la cobertura o permeabilidad superficial (Ej. El área de ciudad se asume una aptitud de permeabilidad del 5%, la del campo 90%).

Se asume las hipótesis de un potencial de infiltración homogéneo y de transmisión similar al de VASCAL 1987, para fines de estimación de los tiempos de viaje de una gota de agua desde el punto de infiltración a la zona del acuífero.

Respecto a las hipótesis y simplificaciones antes referidas se presenta la siguiente estimación de potencial de recarga y de tiempos de transmisión del agua del punto o área de infiltración hasta la línea Tilata.

Se estima un potencial de recarga del acuífero de aproximadamente 14 hm<sup>3</sup> al año, con los que sin embargo deben ser considerados también sus tiempos de transmisión de agua o de viaje dentro del acuífero, con lo cual se tendría un tasa de recarga de aproximadamente 0.50 Hm<sup>3</sup>/año, en la zona del acuífero de Tilata (ver tabla siguiente).

**Tabla 2.7: Estimación Aproximada del Potencial de Recarga y Tasa de recarga anuales (Zona Tilata)**

<b>Potencial de Infiltración:</b>	169.14 mm
<b>Hipótesis de Area</b>	
<b>Total de Recarga:</b>	189.94 Km <sup>2</sup>
<b>Potencial:</b>	44%
<b>Potencial recarga total:</b>	14.22 Hm <sup>3</sup>

**Tiempos de transmisión del Acuífero**

Zona	C. Terreno [msnm]	h2 [m]	h1 [m]	Pendiente	L [m]	K [cm/s]
1	4700	4670	3910	0.0380	20000	2.52E-02
2	4560	4530	3910	0.0354	17500	2.52E-02
3	4300	4270	3910	0.0243	14800	2.52E-02
4	4160	4130	3910	0.0176	12500	2.52E-02
5	4120	4090	3910	0.0212	8500	2.52E-02
6	3960	3930	3910	0.0200	1000	2.52E-02

Zona	V [m/día]	tviaje [años]	% del Area aporte	Aptitud de permeabilidad	Aporte General [hm <sup>3</sup> ]	Tasa de recarga anual [hm <sup>3</sup> /año]
1	0.828	66.2	14.00%	90.00%	4.05	0.06
2	0.772	62.1	14.00%	90.00%	4.05	0.07
3	0.530	76.5	10.00%	80.00%	2.57	0.03
4	0.383	89.3	12.00%	40.00%	1.54	0.02
5	0.461	50.5	25.00%	5.00%	0.40	0.01
6	0.436	6.3	25.00%	20.00%	1.61	0.26
			100.00%		14.22	0.44

Fuente: Elaboración propia

## 2.5 Conclusiones y Recomendaciones del Capítulo

A partir de la disponibilidad de datos y estudios existentes, la determinación estricta tanto de la tasa de recarga del acuífero como la delimitación de las zonas de recarga, no es posible. Sin embargo en el anterior inciso se hace una estimación denominada “gruesa” del potencial de esta recarga, asumiendo muchas hipótesis de simplificación, las cuales reflejan la necesidad de datos para poder realizar un estudio de recargas riguroso y de precisión. Estos resultados pueden ser considerados referenciales y deben nombrarse para su uso las hipótesis de simplificación realizadas.

Igualmente, en el presente estudio se hace algunos análisis importantes que puedan contribuir a un estudio de mayor detalle y tiempo que incluya la generación de sus propios datos en campo.

Se puntualizan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- ✚ Los niveles estáticos del acuífero o del manto explotado siguen y reflejan en cierta manera la topografía y el cambio de pendientes, aspecto que es lógico para una zona de pie de montaña y con grandes cambios de pendiente como la nuestra.
- ✚ La variabilidad de los niveles estáticos del acuífero, es decir la no horizontalidad del mismo, precisan que las metodologías de análisis de recarga deban tomar en cuenta mayores trabajos de campo y de uso de trazadores.
- ✚ Los efectos de la explotación de pozos tienen características locales, más que de tipo regional, ya que se denota el abatimiento local de la napa y no así regional (Ver inventarios de pozos 1987 y niveles de operación históricos Tilata).
- ✚ Lo anteriormente analizado conduce a pensar que existe aún una explotación de la capa superficial del acuífero y no aún del grueso de éste. (JICA indica que la profundidad del acuífero ronda los 10 a los 90 m, localizándose su reserva principal se da a entre los 30 y 60 m.
- ✚ La estimación realizada de niveles de operación, su variación para fines de determinar el radio de influencia, indicarían que podría existir un solapamiento de los radios de trabajo entre pozo y pozo.
- ✚ Se delimita un área de recarga referencial, dando criterios que puedan servir para posteriores estudios y análisis de determinación de mayor precisión y exhaustividad. Tanto el alcance del servicio, como los tiempos y montos no incluyen este tipo de trabajos, por lo tanto los análisis realizados al respecto son de tipo indicativo, que de precisión.
- ✚ Para fines de la gestión del agua del acuífero no solo es necesario determinar la capacidad de infiltración, sino también los tiempos de viaje dentro del acuífero, aspecto que precisa numerosos análisis y seguimiento de campo.

### **Estudios para la Estimación de la Recarga del Acuífero y su Uso Sostenible**

El aspecto remarcado en los resultados de los análisis de la firma isotópica de Tritium de 1987, muestra la heterogeneidad de las aguas presentes en el acuífero y la necesidad de establecer firmas isotópicas para la realización de un estudio de determinación de zonas de recarga y de tasas de estas.

Se recomienda la realización de un estudio de trazadores isotópicos extensivo, en el cual se recolecten las firmas isotópicas de diversos puntos en las potenciales zonas de recarga y en la cabecera de la cuenca, para contrastarlas con las firmas isotópicas de diversos pozos representativos del flujo y de la explotación del acuífero, a diversas profundidades. Estas campañas idealmente deberían cubrir un periodo de 5 años (o que sea representativo y que incluya años secos, húmedos o de mayor aporte glaciar), sin embargo se podrían tener una idea de los trazos en un primer año de muestreo exhaustivo (mensual).

### **Análisis de la operación**

Este análisis se considera de gran importancia, ya que la interferencia de radios de influencia puede llevar a una mala gestión de la explotación del acuífero, causando desbalances en él, provocar fatiga innecesaria en las bombas e introducir arena, detritos y sedimentos en las camisas de bombeo mayores a las esperadas en diseño.

En efecto, un bombeo “al vacío”, puede disminuir el tiempo de vida de las bombas y de la infraestructura, esforzándola innecesariamente. Si bien el bombeo permite una mayor capacidad de caudal es posible que se este sobre esforzando el acuífero y la maquinaria, con la posibilidad de sobre explotar zonas específicas e influir en el funcionamiento de los pozos vecinos. Por esta razón se recomienda fuertemente el análisis de los radios de influencia del bombeo, más aún con el incremento de caudales que se ha dado en la explotación en los últimos años, con la implementación y mejora de los pozos existentes (nuevos pozos). El fin de este análisis es establecer una estrategia de Gestión de Bombeo que haga sostenible y homogénea la explotación del acuífero.

Para este fin se precisa reconstruir mínimamente a nivel mensual datos sobre:

- ✚ Cotas reales de superficie de pozos (Las cotas incluidas en los reportes a la AAPS indican que los pozos de una misma línea se encuentran en una misma cota, aspecto que es dudoso, según la topografía de la zona).
- ✚ Historial de la producción de pozos histórica al mayor detalle posible, mínimamente a escala mensual (Deseable: Caudales bombeados, Niveles estáticos y dinámicos). En el caso de no tener alguna de esta información es posible establecer hipótesis de funcionamiento basándose sin embargo en datos completos de algunos años, sobre todo de los iniciales, medios y actuales de explotación.

## 3 ANALISIS DE LA DEMANDA

---

### 3.1 Componentes de la Demanda y Enfoque del Análisis

Para fines del presente análisis se establece como punto de partida, la definición de que la demanda está compuesta por la población y la dotación.

Al ser ambas variables que pueden ser tipificadas como sociales, tienen bastantes grados de libertad y son dependientes de muchas otras numerosas subvariables.

Se parte de la hipótesis de simplificación del estudio de las subvariables de las cuales dependen la dotación y el crecimiento de población, por el análisis de sensibilidad de sus valores respecto a diversos escenarios de tipo estadístico y matemático.

El aspecto antes señalado es aplicado principalmente para el caso de la población, la cual en términos generales, en nuestro país, basa su estimación en Censos Nacionales, observando que ya transcurrieron más de 10 años después del último evento de este tipo (Censo 2001). Para sostener el enfoque de cálculo de la población de este estudio, se aplica un análisis de valores históricos, tendencias de crecimiento, uso de diversos modelos globales y de modelos propuestos por el operador basados en consultorías anteriores (*CIESS 2006*), para crear los escenarios de crecimiento de población. El presente estudio retoma también los criterios del análisis realizado sobre poblaciones hecho para fines del Proyecto de análisis de Deshielo del Tuní Condoriri de autoría del consultor (*Ramírez E. & C. Olmos 2007*), ampliándolos y adaptándolos a las necesidades del presente estudio.

La primera parte de este apartado se presenta un análisis crítico de proyecciones realizadas en anteriores publicaciones y la segunda presenta las proyecciones propias

### 3.2 Análisis de proyecciones de población anteriores y la aplicación de los modelos sugeridos en la Norma

#### 3.2.1 Plan Maestro

##### 3.2.1.1 Generalidades

Dentro del marco del análisis de las proyecciones poblacionales del Plan Maestro 1994 (PM 94) (*Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO 1994*), es posible hacer referencia a que el mismo contenía entre sus alcances el siguiente enunciado: ...“Verificación de la población presente y realización de la proyección futura hasta el año horizonte del Plan Maestro, el año 2020, en las diferentes zonas de los sistema existentes proyectados”

Igualmente, el mismo documento observa que la determinación de los requerimientos poblacionales fue obtenida a partir del análisis del desarrollo demográfico considerando las características socio-económicas y urbanísticas de las zonas comprendidas en los sistemas.

Ya más precisamente dentro de los datos presentados y cálculos desarrollados en el Plan Maestro, se observa que los autores del mismo, efectuaron a su vez una revisión del Plan Maestro de 1971 (PM 71), donde es posible rescatar en el subtítulo 2.3.2 Evaluación del Plan Maestro actualizado, aspectos tales como la Evolución demográfica, la Dotación Inicial y Proyectada además de la Demanda final para cada uno de los horizontes del proyecto. Dentro del análisis del primer punto se observan las previsiones que se hizo en el documento de 1971 y su correspondiente comparación con los datos de los Censos de 1976 y 1992.

**Tabla 3.1: Evolución de la Población según PM94, actualización PM71 y Censos**

Sistema	Proyección de la Población según la Actualización del Plan Maestro				Datos de Censos del INE	
	Año de Proyección				Año del Censo	
	1969	1975	1985	2000	1976	1992
El Alto Meseta	49,300	67,000	101,000	210,000	95,435	405,492
El Alto Ladera	120,090	141,355	167,595	202,355	204,608	239,665
Achachicala	265,790	288,380	388,910	452,485	185,687	213,358
Pampahasi (+ Ovejuyo)	84,820	139,265	217,495	345,160	149,553	260,355
Total	520,000	636,000	875,000	1,210,000	635,283	1,118,870

Fuente: (Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO 1994), Verificaciones propias

### 3.2.1.2 Índices de Crecimiento

En el PM94, la determinación de los índices de crecimiento de la ciudades de La Paz y El Alto fue hecha de forma diferenciada, pero observando el mismo principio: El cálculo de la tasa de crecimiento en un periodo dado, a partir de la diferencia entre la Natalidad y Mortalidad bruta por mil; sin embargo en el caso de la ciudad de La Paz se consideró despreciable la tasa de crecimiento debido a la migración, aspecto que en el caso de la ciudad de El Alto, no solamente fue considerado, sino que significó la mayor influencia en la determinación de la tasa de crecimiento total de la población.

En el cálculo de la tasa de crecimiento de la ciudad de La Paz, se observan tres escenarios, en los cuales, en el período 1992 - 2020, se varía la natalidad (en los tres casos se mantiene constante la mortalidad en 7 por mil), variando así la tasa de crecimiento calculada.

**Tabla 3.2: Tasas de Crecimiento La Paz PM94**

Período	Tasa bruta de natalidad (‰)	Tasa bruta de mortalidad (‰)	Crecimiento Total (%)	
Estimación 1	1950 - 1976	33.50	18.00	1.45 (*)
	1976 - 1992	30.00	12.20	1.78
	1992 - 2020	24.15	7.00	1.72
Estimación 2	1950 - 1976	33.50	18.00	1.55
	1976 - 1992	30.00	12.20	1.78
	1992 - 2020	21.80	7.00	1.48
Estimación 3	1950 - 1976	33.50	18.00	1.55
	1976 - 1992	30.00	12.20	1.78
	1992 - 2020	20.00	7.00	1.30

(\*): Transcripción literal de la fuente (Verificación de cálculo: 1.55)

Fuente: (Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO 1994), Verificaciones propias

En el caso de la ciudad de El Alto, para los mismos fines se tiene el PM94 contempla tres escenarios de simulación de crecimiento para el cálculo de esta tasa, en los cuales para el período 1992 - 2020, al contrario que La Paz, se mantiene constantes la natalidad y la mortalidad, variando la tasa de migración, obteniendo así una tasa diferente para cada escenario.

**Tabla 3.3: Ciudad de El Alto: Tasas de crecimiento poblacional 1992 - 2020**

Período	Tasa Bruta		Crecimiento		Crecimiento Total (%)
	Natalidad (‰)	Mortalidad (‰)	Vegetativo (%)	Migratorio (%)	
Estimación 1					
1950 - 1976	44.46	21.46	2.30		
1976 - 1992	42.82	13.82	2.82 (*)	6.41	9.23 (**)
1992 - 2020	28.00	10.00	1.80	3.05	4.85
Estimación 2					
1950 - 1976	44.46	21.46	2.30		
1976 - 1992	42.82	13.82	2.82 (*)	6.41	9.23 (**)
1992 - 2020	28.00	10.00	1.80	2.62	4.42
Estimación 3					
1950 - 1976	44.46	21.46	2.30		
1976 - 1992	42.82	13.82	2.82 (*)	6.41	9.23 (**)
1992 - 2020	24.00 (***)	10.00	1.80	2.14	3.94

(\*): Transcripción literal de la fuente (Verificación de cálculo: 2.90)

(\*\*): Transcripción literal de la fuente (Verificación de cálculo: 9.31)

(\*\*\*): Transcripción literal de la fuente (Debería escribirse 28.00)

Fuente: (Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO 1994), Verificaciones propias

### 3.2.1.3 Proyección Poblacional

El PM94, para fines de proyección de la población en la ciudad de La Paz planteó los tres escenarios antes descritos (Ver Cuadro 2.6-14 PM94), empleándose para este fin las tasas que se especifican en la misma tabla (Ver columna de crecimiento) y la fórmula:

$$P_f = P_i * e^{r*t} \quad (1)$$

Donde:

P<sub>f</sub>: Población final

P<sub>i</sub>: Población inicial

e: Número de Nepper

r: Tasa de crecimiento

t: Tiempo

Se desconoce como fueron determinadas las tasas de crecimiento para cada año, ya que solamente se tiene las tasas de crecimiento por periodos, las mismas que se incluyen en la tabla 2.6-13 del Plan Maestro (ver Tabla 3.2 de este documento).

**Tabla 3.4: Proyección Poblacional Plan Maestro 94, Ciudad de La Paz**

Año	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3	
	Crecimiento	Proyección	Crecimiento	Proyección	Crecimiento	Proyección
1992	1.78%	713,378	1.78%	713,378	1.78%	713,378
1993	1.78%	726,163	1.76%	726,019	1.74%	725,897
1994	1.77%	739,150	1.73%	738,711	1.70%	738,346
1995	1.77%	752,342	1.71%	751,453	1.66%	750,719
1996	1.77%	765,742	1.69%	764,241	1.62%	763,012
1997	1.76%	779,351	1.67%	777,073	1.59%	775,222
1998	1.76%	793,174	1.64%	789,947	1.55%	787,344
1999	1.75%	807,212	1.62%	802,859	1.52%	799,375
2000	1.75%	821,470	1.60%	815,806	1.48%	811,312
2001	1.75%	835,946	1.58%	828,767	1.45%	823,151
2002	1.74%	850,662	1.56%	841,796	1.42%	834,888
2003	1.74%	865,582	1.54%	854,838	1.38%	846,522
2004	1.74%	880,744	1.52%	867,900	1.35%	858,050
2005	1.73%	896,138	1.50%	880,967	1.32%	869,468
2006	1.73%	911,769	1.48%	894,093	1.29%	880,774
2007	1.73%	927,640	1.46%	907,217	1.26%	891,967
2008	1.72%	943,753	1.44%	920,356	1.23%	903,044
2009	1.72%	960,112	1.42%	933,507	1.21%	914,004
2010	1.72%	976,720	1.40%	946,668	1.18%	924,844
2011	1.71%	993,580	1.38%	959,836	1.15%	935,562
2012	1.71%	1,010,698	1.36%	973,010	1.13%	946,159
2013	1.70%	1,028,070	1.35%	986,186	1.10%	956,631
2014	1.70%	1,045,705	1.33%	999,362	1.08%	966,979
2015	1.70%	1,063,606	1.31%	1,012,538	1.05%	977,201
2016	1.69%	1,081,776	1.29%	1,025,706	1.03%	987,295
2017	1.69%	1,100,217	1.28%	1,038,870	1.00%	997,262
2018	1.69%	1,118,934	1.26%	1,052,024	0.98%	1,007,101
2019	1.68%	1,137,930	1.24%	1,065,168	0.96%	1,016,811
2020	1.68%	1,157,207	1.23%	1,078,298	0.94%	1,026,392

Nota: Cálculos verificados con pequeñas diferencias atribuibles al redondeo de cifras

Fuente: (Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO 1994), Verificaciones propias

Para fines de proyección de la población de El Alto, también se plantearon los tres escenarios antes descritos, empleándose para este fin las tasas que se especifican en la misma tabla (Ver columna tasa).

El PM94 refiere que para el cálculo de la población se empleó una fórmula de “interpolación logística”, cuya aplicación se desconoce, ya que no se especifica a detalle el significado de sus términos:

$$P_f = K_1 + \frac{K_2}{e^{f(t)}} \quad (2)$$

Donde:

- P<sub>f</sub>: Población final
- K: Valor de las asíntotas
- e: Número de Nepper
- f(t): Función de Tiempo

De igual forma que para la ciudad de La Paz, se desconoce como fueron determinadas las tasas de crecimiento para cada año, ya que solamente se tiene las tasas de crecimiento por periodos.

Es necesario observar que en el proceso de verificación realizado para el presente análisis, se determinó que para la el cálculo del crecimiento de la población de la ciudad de El Alto, se empleó una fórmula de proyección lineal:

$$P_f = P_i * (1 + r) * t \quad (3)$$

Donde:

P<sub>f</sub>: Población final

P<sub>i</sub>: Población Inicial

r: Tasa de crecimiento

t: Tiempo

**Tabla 3.5: Proyección Poblacional PM94, Ciudad de El Alto**

Año	Proyección					
	Alta Tasa med 4.85 %		Media Tasa med 4.20 %		Baja Tasa me 3.95 %	
	Tasa	Población	Tasa	Población	Tasa	Población
1992		405,492		405,492		405,492
1993	8.00%	438,246	7.85%	437,304	7.52%	435,999
1994	7.84%	472,600	7.58%	470,431	7.21%	467,451
1995	7.59%	508,467	7.30%	504,752	6.90%	499,687
1996	7.33%	545,740	7.01%	540,122	6.52%	532,531
1997	7.06%	584,282	6.71%	576,375	6.25%	565,789
1998	6.79%	623,935	6.41%	613,325	5.92%	599,260
1999	6.50%	664,518	6.11%	650,773	5.59%	632,735
2000	6.22%	705,833	5.80%	688,506	5.26%	666,007
2001	5.93%	747,663	5.49%	726,306	4.93%	698,873
2002	5.63%	789,762	5.18%	763,953	4.62%	731,141
2003	5.34%	831,915	4.88%	801,231	4.31%	762,631
2004	5.05%	873,958	4.58%	837,931	4.01%	793,183
2005	4.76%	915,549	4.29%	873,859	3.72%	822,656
2006	4.47%	956,513	4.00%	908,836	3.44%	850,934
2007	4.20%	996,640	3.73%	942,705	3.17%	877,922
2008	3.92%	1,035,742	3.46%	975,330	2.92%	903,551
2009	3.66%	1,073,547	3.21%	1,006,598	2.68%	927,773
2010	3.41%	1,110,211	2.96%	1,036,423	2.46%	950,562
2011	3.56%	1,149,756	3.05%	1,067,987	2.53%	974,626
2012	3.56%	1,190,710	3.05%	1,100,512	2.53%	999,298
2013	3.56%	1,233,123	3.05%	1,134,027	2.53%	1,024,596
2014	3.56%	1,277,047	3.05%	1,168,564	2.53%	1,050,533
2015	3.56%	1,322,535	3.05%	1,204,152	2.53%	1,077,128
2016	3.56%	1,369,643	3.05%	1,240,824	2.53%	1,104,395
2017	3.56%	1,418,429	3.05%	1,278,612	2.53%	1,132,353
2018	3.56%	1,468,953	3.05%	1,317,552	2.53%	1,161,019
2019	3.56%	1,521,277	3.05%	1,357,677	2.53%	1,190,410
2020	3.56%	1,575,464	3.05%	1,399,025	2.53%	1,220,546

Fuente: (Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO 1994)

**Tabla 3.6: Resumen Proyecciones Plan Maestro**

Sistema	1992	2000	2010	2020
Achachicala	213,358	237,000	265,100	290,500
Pampahasi - Chuquiaguillo	240,967	282,200	337,200	391,500
El Alto - Ladera	259,053	295,931	345,433	394,303
<b>Total La Paz</b>	<b>713,378</b>	<b>815,131</b>	<b>947,733</b>	<b>1,076,303</b>
El Alto Meseta	331,799	562,500	840,200	1,134,500
Tilata	73,693	126,600	196,900	265,500
<b>Total El Alto</b>	<b>405,492</b>	<b>689,100</b>	<b>1,037,100</b>	<b>1,400,000</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del PM94

La tabla antes presentada presenta la distribución de los valores proyectados por el PM94, disgregadas en los sistemas de distribución de agua potable de La Paz (Achachicala, Pampahasi, Ladera El Alto) y del El Alto (Meseta El Alto y Tilata).

### **3.2.2 Proyecciones de CIESS – Econométrica y Otras posteriores basadas en éstas**

En el presente inciso se analizan dos proyecciones poblacionales, una realizada por CIESS Econométrica (*CIESS 1999*) incluida en la Revisión del Plan Maestro de Agua Potable de La Paz y El Alto (*AISA 2000*) y otra incluida en el Reporte de trabajo de AISA: Determinación de Coberturas de Servicio en Base al Censo 2001 (*AISA 2005*), la cual se basa igualmente en las proyecciones de CIESS 1999 y las modifica.

#### **3.2.2.1 Proyecciones de la Revisión del Plan Maestro de Agua Potable**

Este documento refleja el trabajo de análisis y ajuste del PM94, efectuado por Aguas del Illimani S.A., en relación a otros proyectos de iniciativa de la empresa desde el inicio de la Concesión.

Específicamente este documento contiene un análisis de las demandas y dotaciones a ser requeridas en las ciudades de La Paz y El Alto, cuyo cálculo está basado en las proyecciones poblacionales que la empresa CIESS- ECONOMETRICA SRL., realizó para AISA.

Las proyecciones de población tienen su base de partida en los datos del INE de 1999 de la Encuesta continua de Hogares realizada por esta Institución en enero de 1999. El cálculo de las proyecciones poblacionales fue realizado mediante la adaptación de un modelo de distribución normal o Gaussiano (*CIESS 1999*)

Para los fines del presente análisis y basados en el cálculo de proyección poblacional contenida en el PM94, se ensayó de hallar una similitud con los modelos exponencial y lineal empleados tanto en los cálculos presentados como en los análisis realizados del documento antes referido. Para cumplir con este objetivo se hizo el cálculo de la tasa de crecimiento interanual, empleando de forma inversa los modelos mencionados, utilizando los datos de población ya calculados por CIESS.

En la tabla siguiente se presenta la comparación de las tasas de crecimiento empleadas por CIESS y las tasas calculadas de forma inversa para los modelos exponencial y lineal.

Es posible observar en esta tabla, la mayor similitud que existe entre las tasas empleadas por CIESS, con las calculadas con el modelo lineal; sin embargo esta similitud se presenta también con las calculadas con la fórmula exponencial.

Este análisis dese remarcar las similitudes de los modelos empleados por CIESS, con los modelos exponencial y lineal utilizados en el PM94.

**Tabla 3.7: Comparación de Tasas de Crecimiento CIESS y Tasas Calculadas con Modelos Exponencial y Lineal**

**Tasas de Crecimiento empleadas por CIESS**

Año	Sistema		
	Pampahasi	Achachicala	Ladera El Alto
1,999			
2,000	2.70%	1.00%	1.80%
2,001	2.68%	1.00%	1.78%
2,002	2.69%	0.99%	1.76%
2,003	2.67%	0.99%	1.74%
2,004	2.66%	0.98%	1.71%
2,005	2.64%	0.98%	1.69%
2,006	2.62%	0.97%	1.66%
2,007	2.59%	0.96%	1.63%
2,008	2.57%	0.95%	1.59%
2,009	2.53%	0.94%	1.56%
2,010	2.50%	0.93%	1.53%
2,011	2.46%	0.91%	1.49%
2,012	2.43%	0.90%	1.45%
2,013	2.38%	0.88%	1.42%
2,014	2.34%	0.87%	1.38%
2,015	2.29%	0.85%	1.34%
2,016	2.25%	0.83%	1.30%
2,017	2.20%	0.81%	1.26%
2,018	2.15%	0.79%	1.22%
2,019	2.09%	0.78%	1.18%
2,020	2.04%	0.76%	1.14%
2,021	1.98%	0.73%	1.10%
2,022	1.93%	0.71%	1.06%
2,023	1.87%	0.69%	1.02%
2,024	1.81%	0.67%	0.98%
2,025	1.76%	0.65%	0.94%
2,026	1.70%	0.63%	0.90%
<b>Media</b>	<b>2.32%</b>	<b>0.86%</b>	<b>1.39%</b>

**Determinación de Tasas de Crecimiento empleadas  
 Uso de Fórmula de Proyección Exponencial**

Año	Sistema		
	Pampahasi	Achachicala	Ladera El Alto
1,999			
2,000	2.66%	1.00%	1.78%
2,001	2.66%	0.99%	1.77%
2,002	2.65%	0.99%	1.75%
2,003	2.64%	0.99%	1.72%
2,004	2.62%	0.98%	1.70%
2,005	2.61%	0.97%	1.67%
2,006	2.58%	0.96%	1.64%
2,007	2.56%	0.96%	1.61%
2,008	2.53%	0.95%	1.58%
2,009	2.50%	0.93%	1.55%
2,010	2.47%	0.92%	1.51%
2,011	2.43%	0.91%	1.48%
2,012	2.40%	0.89%	1.44%
2,013	2.36%	0.88%	1.41%
2,014	2.31%	0.86%	1.37%
2,015	2.27%	0.85%	1.33%
2,016	2.22%	0.83%	1.29%
2,017	2.17%	0.81%	1.25%
2,018	2.12%	0.79%	1.21%
2,019	2.07%	0.77%	1.17%
2,020	2.02%	0.75%	1.13%
2,021	1.96%	0.73%	1.09%
2,022	1.91%	0.71%	1.05%
2,023	1.85%	0.69%	1.01%
2,024	1.80%	0.67%	0.97%
2,025	1.74%	0.65%	0.93%
2,026	1.68%	0.63%	0.90%
<b>Media</b>	<b>2.29%</b>	<b>0.85%</b>	<b>1.38%</b>

**Determinación de Tasas de Crecimiento empleadas  
 Uso de Fórmula de Proyección Lineal**

Año	Sistema		
	Pampahasi	Achachicala	Ladera El Alto
1,999			
2,000	2.70%	1.00%	1.80%
2,001	2.69%	1.00%	1.78%
2,002	2.69%	0.99%	1.76%
2,003	2.67%	0.99%	1.74%
2,004	2.66%	0.98%	1.71%
2,005	2.64%	0.98%	1.69%
2,006	2.62%	0.97%	1.66%
2,007	2.59%	0.96%	1.63%
2,008	2.57%	0.95%	1.59%
2,009	2.53%	0.94%	1.56%
2,010	2.50%	0.93%	1.53%
2,011	2.46%	0.91%	1.49%
2,012	2.43%	0.90%	1.45%
2,013	2.38%	0.88%	1.42%
2,014	2.34%	0.87%	1.38%
2,015	2.29%	0.85%	1.34%
2,016	2.25%	0.83%	1.30%
2,017	2.20%	0.81%	1.26%
2,018	2.15%	0.80%	1.22%
2,019	2.09%	0.78%	1.18%
2,020	2.04%	0.76%	1.14%
2,021	1.98%	0.73%	1.10%
2,022	1.93%	0.71%	1.06%
2,023	1.87%	0.69%	1.02%
2,024	1.81%	0.67%	0.98%
2,025	1.76%	0.65%	0.94%
2,026	1.70%	0.63%	0.90%
<b>Media</b>	<b>2.32%</b>	<b>0.86%</b>	<b>1.39%</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de Datos proyección CIESS y Uso de Modelos Exponencial y Lineal de proyección poblacional

En la siguiente tabla se presenta un resumen de la proyección poblacional realizada por CIESS discriminada por ciudad y por sistema:

**Tabla 3.8: Resumen de Proyección Poblacional CIESS por Ciudad y Sistema**

Año	Sistema				Año	Ciudad	
	Pampahasi	Achachicala	Ladera El Alto	Meseta El Alto		La Paz	El Alto
1,999	261,346	294,258	253,704	500,002	1,999	809,308	500,002
2,000	268,403	297,201	258,273	515,752	2,000	823,877	515,752
2,001	275,636	300,167	262,875	531,962	2,001	838,678	531,962
2,002	283,040	303,153	267,504	548,620	2,002	853,697	548,620
2,003	290,609	306,156	272,152	565,711	2,003	868,917	565,711
2,004	298,336	309,171	276,812	583,217	2,004	884,319	583,217
2,005	306,214	312,195	281,478	601,119	2,005	899,887	601,119
2,006	314,232	315,222	286,141	619,394	2,006	915,595	619,394
2,007	322,382	318,250	290,795	638,017	2,007	931,427	638,017
2,008	330,654	321,275	295,431	656,960	2,008	947,360	656,960
2,009	339,035	324,291	300,043	676,193	2,009	963,369	676,193
2,010	347,515	327,295	304,622	695,684	2,010	979,432	695,684
2,011	356,080	330,282	309,162	715,398	2,011	995,524	715,398
2,012	364,717	333,250	313,657	735,300	2,012	1,011,624	735,300
2,013	373,413	336,192	318,098	755,351	2,013	1,027,703	755,351
2,014	382,153	339,107	322,480	775,512	2,014	1,043,740	775,512
2,015	390,922	341,989	326,796	795,741	2,015	1,059,707	795,741
2,016	399,706	344,835	331,040	815,998	2,016	1,075,581	815,998
2,017	408,489	347,641	335,207	836,240	2,017	1,091,337	836,240
2,018	417,256	350,405	339,291	856,423	2,018	1,106,952	856,423
2,019	425,991	353,121	343,288	876,506	2,019	1,122,400	876,506
2,020	434,678	355,789	347,193	896,446	2,020	1,137,660	896,446
2,021	443,303	358,403	351,003	916,202	2,021	1,152,709	916,202
2,022	451,850	360,963	354,713	935,731	2,022	1,167,526	935,731
2,023	460,305	363,464	358,320	954,996	2,023	1,182,089	954,996
2,024	468,653	365,906	361,823	973,957	2,024	1,196,382	973,957
2,025	476,880	368,285	365,219	992,579	2,025	1,210,384	992,579
2,026	484,974	370,600	368,505	1,010,828	2,026	1,224,079	1,010,828

Fuente: (CIESS 1999)

### 3.2.2.2 Proyecciones de la Determinación de las Coberturas de Servicio en Base al Censo 2001. (Marzo 2005)

#### Aspectos Generales

El año 2005 Aguas del Illimani S.A. presentó un documento titulado "Determinación de Coberturas de Servicio en Base al Censo 2001", el mismo que indica respecto al estudio anterior (CIESS): "...Los factores poblacionales identificados en el presente informe, determinan una variación importante respecto a los que resultan del Estudio de CIESS Econométrica"...

La anterior observación denota la diferencia que se presente entre ambos estudios la misma que radica principalmente en el aspecto que se cita a continuación y que está contenido en el mismo documento: "...El dato de habitantes servidos fue extraído del Censo 2001 a nivel de manzano, que permite determinar el número de habitantes que se abastecen por red y el número de conexiones fue extraído de la base comercial de Aguas del Illimani S.A."...

Los detalles antes referidos muestran las principales diferencias entre ambos estudios, las cuales se traducen en las diferencias que serán presentadas más adelante.

### Tasa de Crecimiento

La tasa de crecimiento empleada en esta proyección poblacional fue obtenida a partir de datos del INE, más específicamente de la publicación “El Proceso Urbanístico en Bolivia 1992 – 2001” (INE 2002), documento en el cual la Institución presenta las tasas intercensales 1976 – 1992 y 1992 – 2001 para diferentes ciudades del país, incluyendo a La Paz y El Alto. Cabe señalar que estos datos reflejan los resultados del Censo Nacional de Población y viviendas de 2001 (INE 2001)

**Tabla 3.9: Tasas de Crecimiento Poblacional Intercensal (INE)**

CIUDAD	TASA INTERCENSAL	
	(76 - 92)	(91 - 01)
La Paz	1.8	1.1
El Alto	9.2	5.1

### Proyección Poblacional

Para ambas ciudades, La Paz y El Alto, la entonces concesionaria de agua, para fines de proyección de la población (Crecimiento Vegetativo), empleó las tasas crecimiento presentadas en la anterior tabla y el modelo de crecimiento geométrico, el cual es uno de los que se recomienda en la “Norma Técnica de Diseño para Sistemas de Agua Potable”, vigente en nuestro País.

$$Pf = Po * (1 + \frac{i}{100})^t \quad (4)$$

Donde:

P<sub>f</sub>: Población futura [hab]

P<sub>o</sub>: Población Inicial de referencia [hab]

i: Índice de Crecimiento anual

t: Tiempo

Cabe señalar que AISA (AISA 2005) en esta proyección aplica este modelo a ambas ciudades por igual, además de emplear las mismas tasas de crecimiento para los distintos sistemas (1.1 % para Achachicala, Pampahasi, Ladera El Alto y 5.1 para la meseta El Alto).

**Tabla 3.10: Proyección Poblacional AISA 2005**

Sistema Año / Tasa	Achachicala 1.10%	Pampahasi 1.10%	Lad. El Alto 1.10%	C. La Paz	C. El Alto 5.10%	Area El Alto
2001	191,530	279,580	309,612	780,722	601,403	911,015
2002	193,637	282,655	313,018	789,310	632,075	945,092
2003	195,767	285,765	316,461	797,992	664,310	980,771
2004	197,920	288,908	319,942	806,770	698,190	1,018,132
2005	200,097	292,086	323,461	815,645	733,798	1,057,259
2006	202,298	295,299	327,019	824,617	771,222	1,098,241
2007	204,524	298,547	330,617	833,688	810,554	1,141,171
2008	206,774	301,831	334,253	842,858	851,892	1,186,146
2009	209,048	305,151	337,930	852,130	895,339	1,233,269
2010	211,348	308,508	341,647	861,503	941,001	1,282,648

Fuente: (AISA 2005)

### 3.2.3 Proyecciones SISAB

La antigua Superintendencia de Saneamiento Básico (SISAB), ente regulatorio de estas actividades en Bolivia, hoy la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS)<sup>9</sup>, durante su existencia redactó diversos documentos de trabajo internos para fines de fiscalizar a los operadores de agua, entre ellos se contaba con un documento titulado: Proyecciones Poblacionales La Paz y El Alto, 2006 (*SISAB 2006*), mismo que fue revisado en la tesis doctoral (*Olmos C. 2011*), de la cual se extraen y rescatan los valores presentados a continuación.

Dentro del marco institucional antes referido, la SISAB, en un trabajo interno no publicado, realizó un cálculo de proyecciones poblacionales, que tomó como punto de partida datos del CENSO 2001, a fin de fiscalizar las labores del operador de aguas de La Paz y El Alto, que por entonces era Aguas del Illimani S.A. (AISA)<sup>10</sup>.

Cabe hacer notar que la SISAB hizo su proyección de población discriminando su cálculo por sistemas, redes y zonas censales que estas cubren, considerando las diferencias las zonas censales demarcadas para el año 2001 respecto a las de 1992<sup>11</sup>.

Respecto a las tasas de crecimiento, la SISAB empleó los valores resumidos en la tabla presentada a continuación, los cuales fueron extraídos, según el documento interno, de un análisis de las tasa de crecimiento del INE:

**Tabla 3-1: Tasas de Crecimiento Empleadas en la Proyección**

<b>CIUDAD</b>	<b>TASA</b>	<b>PERIODO DE APLICACIÓN</b>
La Paz	0.26 %	2002 – 2015
El Alto	4.30 %	2002 – 2006
	3.96 %	2006 – 2015

Para los fines del presente estudio, se verificó que el cálculo de esta proyección fue efectuado para la Ciudad de La Paz, mediante el modelo Exponencial (1) y en el caso de la ciudad de El Alto con el modelo lineal (3).

<sup>9</sup> La AAPS fiscaliza, controla, supervisa y regula las actividades de Agua Potable y Saneamiento Básico considerando la Ley No. 2066, de 11 de abril de 2000 de Prestación y Utilización de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario; la Ley 2878, de 8 de octubre de 2004 de Promoción y Apoyo al Sector Riego; y sus reglamentos, en tanto no contradigan lo dispuesto en la Constitución Política del Estado.

<sup>10</sup> Actualmente el operador es EPSAS.

<sup>11</sup> El INE cambió de los Distritos censales de 1992 en nombre y extensión. En 2001 los distritos censales eran diferentes a los del anterior censo.

**Tabla 3-2: Resumen Proyección Poblacional SISAB (2001 – 2015)**

Año	Sistema				
	Pampahasi (1)	Achachicala (2)	Talud El Alto (3)	Total La Paz	Meseta El Alto (4)
2001	274,470	179,031	316,832	770,333	631,919
2002	275,184	179,496	317,656	772,336	659,092
2003	275,899	179,963	318,482	774,344	687,432
2004	276,617	180,431	319,310	776,358	716,992
2005	277,336	180,900	320,140	778,376	747,823
2006	278,057	181,370	320,973	780,400	779,979
2007	278,780	181,842	321,807	782,429	810,866
2008	279,505	182,314	322,644	784,463	842,977
2009	280,231	182,789	323,483	786,503	876,358
2010	280,960	183,264	324,324	788,548	911,062
2011	281,690	183,740	325,167	790,597	947,140
2012	282,423	184,218	326,012	792,653	984,647
2013	283,157	184,697	326,860	794,714	1,023,639
2014	283,893	185,177	327,710	796,780	1,064,175
2015	284,631	185,659	328,562	798,852	1,106,317
Tasa de Crecimiento 2002 - 2015 LP:			0.26%		
Tasa de Crecimiento 2002 - 2006 EA:			4.30%		
Tasa de Crecimiento 2007 - 2015 EA:			3.96%		

Fuente: Resumen elaborado a partir de (SISAB 2005 in Olmos C. 2011)

### 3.2.4 Análisis de Aplicación de Modelos de la Norma

Para fines del presente documento y con el objetivo de encontrar y validar un método o modelo de proyección poblacional, se observó la aplicabilidad de los modelos sugeridos en la Norma Boliviana de Agua Potable, tomando como referencia las poblaciones de los CENSOS 1976, 1992 y 2001, además de las tasas de crecimiento poblacional calculadas por INE, de su publicación: "El Proceso de Urbanización en Bolivia 1992 – 2001".

Los modelos explorados fueron los sugeridos en la Norma Boliviana:

$$\text{Crecimiento Aritmético: } Pf = Po * \left(1 + \frac{i * t}{100}\right) \quad (5)$$

$$\text{Método Wappaus: } Pf = Po * \frac{(200 + i * t)}{(200 - i * t)} \quad (6)$$

Donde:

P<sub>f</sub>: Población futura [hab]

P<sub>o</sub>: Población Inicial de referencia [hab]

i: Índice de Crecimiento anual

t: Tiempo

Junto a estos modelos, se incluyeron en el análisis los modelos exponencial (1) y geométrico (2) que también se incluyen en la Norma.

Los resultados del análisis son presentados en el siguiente resumen:

**Tabla 3.11: Análisis de Aplicabilidad de Modelos de la Norma a Datos Intercensales y Tasas de Crecimiento INE.**

**Análisis de Método de Proyección Poblacional**

**El Alto**

<b>Año</b>	1976	1992	2001
<b>Periodo [Años]</b>		16	9
<b>Población [Hab]</b>	95,455	405,492	647,350
<b>Tasa INE</b>		9.20%	5.10%

**Cálculo en base al dato del Censo**

Método	Pob 1992	Dif. INE	Pob 2001	Dif. INE
Aritmético	235,965	169,527	591,613	55,737
Geométrico	390,266	15,226	634,464	12,886
Wappaus	96,871	308,621	407,357	239,993
Exponencial	415,987	-10,495	641,687	5,663

**Cálculo en base al dato anterior**

Método	Pob 1992	Dif. INE	Pob 2001	Dif. INE
Aritmético	235,965	169,527	344,273	303,077
Geométrico	390,266	15,226	610,640	36,710
Wappaus	96,871	308,621	97,316	550,034
Exponencial	415,987	-10,495	658,296	-10,946

**Análisis de Método de Proyección Poblacional**

**La Paz**

<b>Año</b>	1976	1992	2001
<b>Periodo [Años]</b>		16	9
<b>Población [Hab]</b>	539,828	713,378	789,585
<b>Tasa INE</b>		1.80%	1.10%

**Cálculo en base al dato del Censo**

Método	Pob 1992	Dif. INE	Pob 2001	Dif. INE
Aritmético	695,298	18,080	784,002	5,583
Geométrico	718,158	-4,780	787,191	2,394
Wappaus	541,385	171,993	714,085	75,500
Exponencial	720,000	-6,622	787,617	1,968

**Cálculo en base al dato anterior calculado**

Método	Pob 1992	Dif. INE	Pob 2001	Dif. INE
Aritmético	695,298	18,080	764,133	25,452
Geométrico	718,158	-4,780	792,465	-2,880
Wappaus	541,385	171,993	541,921	247,664
Exponencial	720,000	-6,622	794,927	-5,342

Los resultados arriba presentados se observa que los métodos de mejor aplicabilidad para las ciudades de La Paz y El Alto, serían el Geométrico y el exponencial respectivamente, bajo la hipótesis de un crecimiento homogéneo y sostenido.

### 3.2.5 Aspectos a ser remarcados del análisis de proyecciones de anteriores publicaciones

El objeto del análisis de proyecciones anteriormente publicadas, es el determinar modelos que podrían ser aplicados para la estimación de la población para el programa de resiliencia. Por esta razón, a lo largo de este inciso se puntualizan los aspectos positivos a ser aprovechados para los fines referidos.

### **3.2.5.1 Análisis del Plan Maestro 1994**

Para fines del cálculo de la proyección poblacional de la Ciudad de La Paz y de sus sistemas componentes, fue empleado un modelo de tipo exponencial (1).

Para la ciudad de El Alto, a pesar de que se informa que la proyección fue calculada con un método de interpolación logístico (2), se verificó que es posible asimilar este método con el empleo de una fórmula de proyección lineal (3), obteniendo resultados muy similares a los presentados en el PM94.

El Plan Maestro recomienda el uso de la proyección poblacional efectuado con su segundo escenario. Para la ciudad de La Paz, se observa que las previsiones presentadas en este documento para el año 2001, son superiores a las registradas en el CENSO 2001: 770,333 Hab. vs 828,767 Hab. en la proyección (7.6 % adicional).

En el caso de la ciudad de El Alto se presente una situación similar: CENSO 2001: 631,919 Hab. vs. 726,306 Hab. (15% adicional) en la proyección.

### **3.2.5.2 Proyecciones Aguas del Illimani**

#### **Revisión del Plan Maestro**

Si bien las proyecciones presentadas en este documento están elaboradas mediante un modelo Gaussiano, las mismas pueden ser reproducidas con el modelo exponencial empleado en el Plan Maestro y con el modelo lineal que utilizado para obtener similitudes con las proyecciones de la Ciudad de El Alto del mismo documento.

Las tasas de crecimiento empleadas en la proyección de la población de La Paz, son las más altas en comparación a los demás documento analizados. Por el contrario en el caso de la ciudad de El Alto, son las más bajas dentro del mismo contexto.

Es posible observar, que en el caso de la ciudad de La Paz, si se compara el valor obtenido para el año 2001: 838,678 Hab. con el valor del CENSO 2001: 770,333 Hab. se tiene una sobre estimación de la población; sin embargo este aspecto puede ser atribuido a que los datos de partida de 1999 (Datos INE), ya presentaban un valor superior al real comprobado en 2001.

En la ciudad de El Alto tenemos que para el año del CENSO 2001 se tiene una población de 631,919 Hab, respecto a los 531,962 proyectados, situación que es inversa a la reportada en la ciudad de La Paz.

#### **Análisis de Coberturas en Base al Censo 2001**

Se observa que se emplea un método que se sugiere en la Norma Boliviana (Geométrico), para la proyección poblacional de ambas ciudades.

El punto de partida para la proyección poblacional, son datos que provienen del Censo 2001, además que se emplean tasas de crecimiento del INE, entidad que es la autoridad en temas de proyección y censo en el territorio nacional.

Si bien las proyecciones realizadas se basan en datos sólidos como los referidos en el anterior párrafo, no se cuenta con tasas de crecimiento diferenciado por sistema, por lo tanto las proyecciones realizadas para cada sistema emplean una misma tasa de crecimiento para los sistemas paceños y otra para los alteños.

### 3.2.5.3 Verificación Proyección de Coberturas SISAB 2006

Se verificó que para las proyecciones de la población de la ciudad de La Paz se empleó la fórmula exponencial y para la ciudad de El Alto la fórmula lineal.

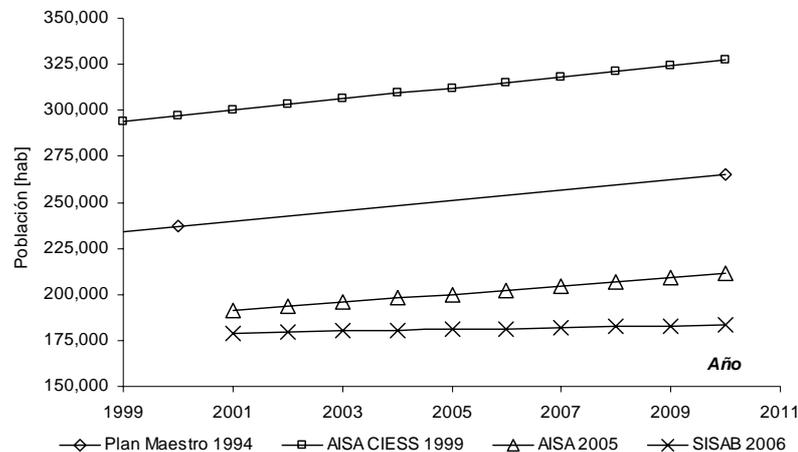
Este cálculo trabajó por separado la proyección poblacional de los diferentes sistemas de la ciudad de La Paz, sin embargo empleó para cada uno de ellos la misma tasa de crecimiento, asumiendo un crecimiento homogéneo en todos los barrios de La Paz.

### 3.2.5.4 Análisis de Métodos de la Norma Boliviana Vs. Datos Intercensales y Tasas de Crecimiento del INE

Existe una compatibilidad mayor entre las tasas de crecimiento y los datos intercensales con el método geométrico de la norma boliviana para la ciudad de La Paz y el exponencial para la ciudad de El Alto.

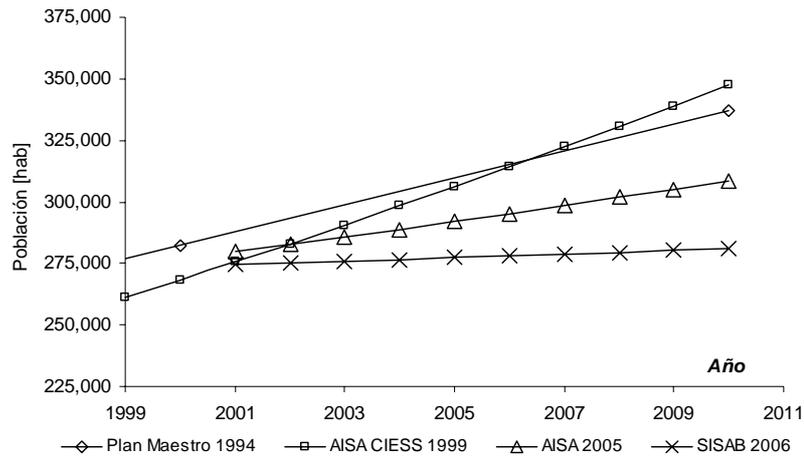
A continuación se presentan gráficos comparativos de las proyecciones analizadas comprendidas entre el periodo 2001 – 2010.

**Figura 3.1: Comparación de proyecciones anteriores, Achachicala**



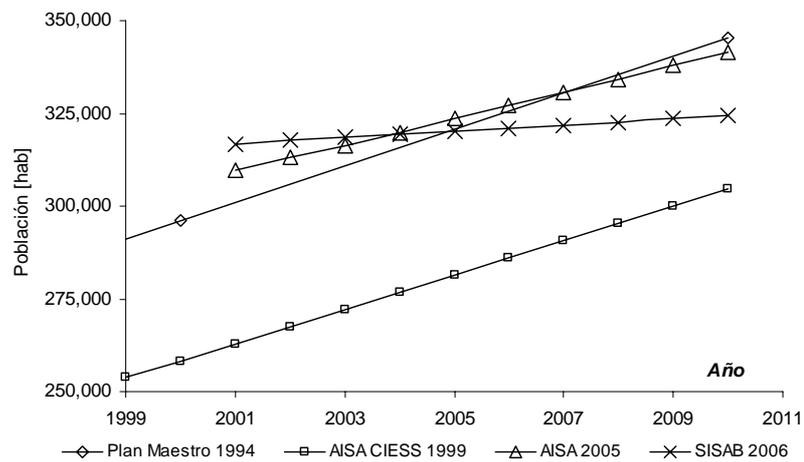
Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.2: Comparación de proyecciones anteriores, Pampahasi**



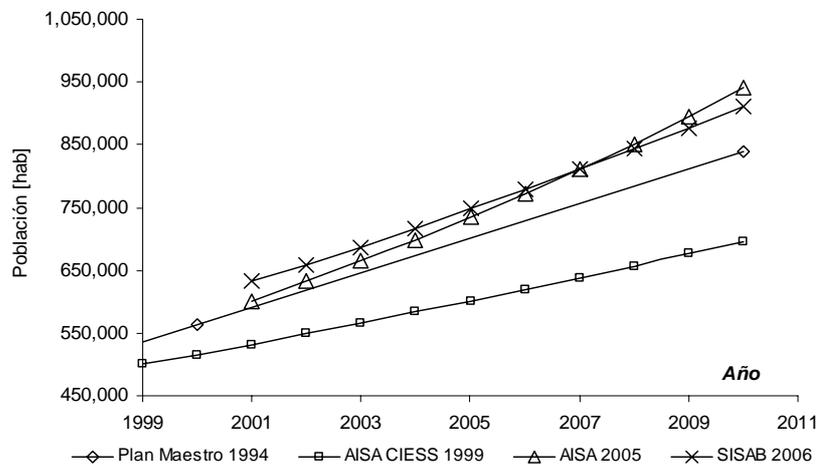
Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.3: Comparación de proyecciones anteriores, El Alto Ladera**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.4: Comparación de proyecciones anteriores, El Alto Meseta**



Fuente: Elaboración propia

El aspecto que se desde reflejar a través del presente análisis es la incertidumbre que se tiene en la estimación del crecimiento poblacional de 2 ciudades dinámicas como lo son La Paz y El Alto. Vemos en los anteriores gráficos, que proyecciones de otros autores que abarcan solamente un decenio y que incluyen además un año de CENSO 2001; no son convergentes, aspectos que demuestra la incertidumbre antes reflejada.

Respecto al hecho de incertidumbre presentado, la propuesta del consultor es el trabajo con distintos escenarios de posible crecimiento de ambas ciudades, discriminadas por sus sistemas y áreas de cobertura, los cuales darán valores o como márgenes dentro de los cuales se plantea la hipótesis de que enceran el valor real futuro de crecimiento poblacional.

### **3.3 Proyecciones Poblacionales propias**

#### **3.3.1 Datos disponibles de Censos**

Se disponen de datos de tres Censos Nacionales para las ciudades de La Paz y El Alto, mismos que se diferencian por sistema de distribución de agua potable<sup>12</sup>.

En el caso del año 1976 se tiene el dato diferenciado por sistema obtenido del PM94, debido a que no se tiene datos precisos por zonas y se considera totalmente válido el dato de esta fuente, ya que se asume se hizo un análisis detallado de las zonas servidas en ese tiempo.

En el caso de los datos de 1992, se realizó un análisis propio de la población que se tenía en cada distrito censal de ese año, discriminando las zonas censales que eran compartidas por dos sistemas (ver Tabla 3.12 y Tabla 3.13).

Para el caso del Censo 2001, se tienen los datos verificados por SISAB diferenciados por sistema, observando que las zonas censales para este año fueron cambiadas por el INE respecto a las que se tenía en 1992.

Para los fines del presente proyecto se realiza un análisis rápido de los datos Intercensales, respecto a incremento de la población, crecimiento intercensal y porcentaje de población del sistema de distribución de agua potable que pertenece a La Paz o a El Alto (Tabla 3.14)

---

<sup>12</sup> En el caso de El Alto, se distinguen dos área de servicio, Ladera que cubre parte de la ciudad de La Paz y Meseta (en la misma ciudad de El Alto).

Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

**Tabla 3.12: Zonas censales y población 1992, Achachicala y Pampahasi**

Achachicala					Pampahasi				
Zona Censal	Pob.	Pob. Ajustada	Sistemas		Zona Censal	Pob.	Pob. Ajustada	Sistemas	
200	6,517	6,517			261	6,216	3,108	P	EA
210	6,061	3,031	P	EA	270	7,295	3,648	P	EA
250	5,719	2,860	P	EA	272	6,112	3,056	P	EA
251	6,175	3,088	P	EA	273	4,352	4,352		
310	4,650	4,650			280	7,135	7,135		
311	3,996	3,996			281	6,136	6,136		
320	3,765	3,765			290	5,631	5,631		
321	2,932	2,932			291	6,092	6,092		
330	6,759	6,759			300	5,531	5,531		
420	5,594	2,797	P	P	301	4,074	4,074		
421	4,849	4,849			340	5,182	5,182		
430	5,452	5,452			341	4,318	4,318		
440	6,351	3,176	P	EA	350	4,396	4,396		
450	4,530	4,530			351	5,707	5,707		
451	4,842	2,421	P	EA	360	5,637	5,637		
460	3,603	3,603			361	5,789	5,789		
470	4,423	2,212			362	5,856	5,856		
480	7,098	7,098	P	EA	363	5,180	5,180		
490	5,858	5,858			370	7,182	7,182		
500	5,061	5,061			380	6,064	6,064		
581	3,967	3,967			381	5,746	5,746		
591	4,155	4,155			390	4,869	4,869		
600	4,141	2,071	P	EA	391	5,203	5,203		
610	4,818	4,818			400	3,885	3,885		
620	5,487	5,487			401	4,875	4,875		
630	3,687	3,687			410	4,549	4,549		
631	3,437	3,437			411	3,977	3,977		
640	3,427	3,427			412	7,051	7,051		
650	3,934	3,934			420	5,594	2,797	P	A
660	6,082	6,082			860	4,174	4,174		
670	4,983	4,983			861	4,149	4,149		
720	3,898	3,898			862	4,068	4,068		
730	4,647	4,647			863	4,941	4,941		
740	3,616	3,616			870	6,320	6,320		
741	3,597	3,597			871	6,932	6,932		
750	4,139	4,139			873	7,639	7,639		
760	5,457	5,457			880	8,178	8,178		
770	6,973	6,973			881	3,945	3,945		
780	4,989	4,989			882	4,674	4,674		
781	4,251	4,251			883	5,992	5,992		
790	4,246	2,123	P	EA	890	5,658	5,658		
793	4,298	2,149	P	EA	891	4,669	4,669		
810	5,338	5,338			900	4,535	4,535		
812	5,095	5,095			901	3,437	3,437		
820	4,358	4,358			902	4,505	4,505		
821	3,745	3,745			903	4,073	4,073		
830	3,274	3,274			904	3,692	3,692		
840	3,135	3,135			905	4,282	4,282		
841	2,836	2,836			<b>TOTALES</b>	<b>255,497</b>	<b>242,889</b>		
850	3,139	3,139							
851	4,251	4,251							
<b>TOTALES</b>	<b>237,635</b>	<b>211,710</b>							

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INE 2001)

Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

**Tabla 3.13: Zonas censales y población 1992, El Alto Ladera y El Alto Meseta**

El Alto Ladera				El Alto Meseta			
Zona Censal	Pob.	Pob. Ajustada	Sistemas	Zona Censal	Pob.	Zona Censal	Pob.
150	5,464	5,464		10	4,809	301	3,934
151	3,674	3,674		11	4,766	310	4,655
152	3,629	3,629		20	6,019	311	4,867
160	5,710	5,710		21	6,105	320	5,964
161	6,752	6,752		30	3,417	321	4,670
170	5,531	5,531		31	4,054	322	5,132
171	4,875	4,875		40	4,847	330	4,723
180	5,105	5,105		41	4,468	331	6,771
190	6,176	6,176		50	5,298	340	2,953
200	6,517	6,517		51	5,726	341	2,663
210	6,061	3,031	A	60	3,796	350	2,253
212	2,502	2,502		61	3,978	350	5,553
220	7,748	7,748		70	4,305	351	6,613
230	4,222	4,222		71	3,657	360	1,862
231	4,830	4,830		80	4,367	361	4,329
240	7,335	7,335		81	4,037	362	4,413
250	5,719	2,860	A	90	5,831	370	4,189
251	6,175	3,088	A	91	5,668	371	4,619
260	4,749	4,749		100	4,440	372	2,807
261	6,216	3,108	P	101	5,520	380	2,061
262	3,238	3,238		110	5,088	381	1,781
263	4,645	4,645		111	5,916	382	1,570
270	7,295	3,648	P	120	7,596	390	2,486
271	3,354	3,354		130	4,742	391	2,632
272	6,112	3,056	P	131	4,994	<b>TOTALES</b>	<b>374,841</b>
440	6,351	3,176	A	132	5,022		
451	4,842	2,421	A	140	8,424		
480	7,098	3,549	A	150	4,187		
510	5,643	5,643		151	4,614		
520	3,985	3,985		152	4,150		
521	4,256	4,256		160	6,490		
530	5,460	5,460		161	6,053		
531	4,130	4,130		170	4,806		
540	5,007	5,007		171	5,043		
541	4,238	4,238		172	3,472		
550	5,302	5,302		180	4,464		
551	6,074	6,074		181	3,681		
560	5,527	5,527		190	2,899		
561	4,873	4,873		200	4,640		
570	5,240	5,240		210	6,494		
571	4,873	4,873		220	4,377		
580	4,315	4,315		221	3,892		
590	4,484	4,484		222	3,538		
600	4,141	2,071	A	230	5,046		
680	4,819	4,819		240	2,993		
690	7,311	7,311		241	5,347		
700	6,009	6,009		242	1,942		
710	4,327	4,327		250	5,206		
711	3,916	3,916		251	4,501		
790	4,246	2,123	A	252	4,937		
791	3,818	3,818		260	3,682		
792	5,225	5,225		261	5,562		
793	4,298	4,298		270	4,244		
800	4,519	4,519		271	4,650		
801	4,533	4,533		280	5,644		
802	5,669	5,669		281	5,519		
811	3,640	3,640		290	8,286		
<b>TOTALES</b>	<b>291,803</b>	<b>259,675</b>		300	4,092		

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INE 2001)

**Tabla 3.14: Relación de crecimiento Intercensal, La Paz y El Alto**

<b>Comparación de Poblaciones Según Sistema y CENSO</b>			
<b>Sistema</b>	<b>Año de Proyección Según Censos</b>		
	<b>1976</b>	<b>1992</b>	<b>2001</b>
<b>Ciudad de La Paz</b>			
El Alto Ladera	204,608	259,675	316,832
Achachicala	185,687	211,710	179,031
Pampahasi (+ Ovejuyo)	149,553	242,889	274,470
<b>Totales</b>	<b>539,848</b>	<b>714,274</b>	<b>770,333</b>
<b>Ciudad de El Alto</b>			
El Alto Meseta	95,435	374,841	631,919

<b>Recálculo de Tasas de Crecimiento</b>			
<b>Sistema</b>	<b>Año de Proyección Según Censos</b>		
	<b>1976</b>	<b>1992</b>	<b>2001</b>
<b>Ciudad de La Paz</b>			
El Alto Ladera		1.50%	2.24%
Achachicala		0.82%	-1.85%
Pampahasi (+ Ovejuyo)		3.08%	1.37%
<b>Ciudad de El Alto</b>			
El Alto Meseta		8.55%	5.80%

<b>Proporciones Poblacionales</b>			
<b>Sistema</b>	<b>Año de Proyección Según Censos</b>		
	<b>1976</b>	<b>1992</b>	<b>2001</b>
<b>Ciudad de La Paz</b>			
El Alto Ladera	37.90%	36.36%	41.13%
Achachicala	34.40%	29.64%	23.24%
Pampahasi (+ Ovejuyo)	27.70%	34.00%	35.63%
<b>Totales</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>
<b>Ciudad de El Alto</b>			
El Alto Meseta	100.00%	100.00%	100.00%

<b>Progresión de las Proporciones Poblacionales Anual</b>				
<b>Sistema</b>	<b>Año de Proyección Según Censos</b>			
	<b>1976</b>	<b>1992</b>	<b>2001</b>	<b>Promedio</b>
<b>Ciudad de La Paz</b>				
El Alto Ladera		-0.10%	0.53%	0.530%
Achachicala		-0.30%	-0.71%	-0.504%
Pampahasi (+ Ovejuyo)		0.39%	0.18%	-0.026%
<b>Totales</b>		<b>0.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>0.000%</b>
<b>Ciudad de El Alto</b>				
El Alto Meseta		100.00%	100.00%	100.00%

En las tablas anteriores es posible percibir y confirmar que el crecimiento de las ciudades internamente no es homogéneo, observando diferentes tasas de crecimiento intercensales entre sistemas. El caso más llamativo es el del Sistema Achachicala que presenta una tasa de crecimiento poblacional negativa.

Si bien no existen fenómenos migratorios, la justificación y análisis de este aspecto (tasa negativa de Achachicala) es bastante complicado, lo cual escapa de los alcances del presente trabajo; sin embargo el mismo debe ser tomado también en cuenta para los fines de cálculo de la proyección. Es posible hacer notar que este aspecto también es referido en (AISA 2005).

De igual forma el crecimiento intercensal anual de la población en cada sistema es diferente, observando a su vez que la importancia en cuanto a la cantidad de población de cada sistema en relación al total de habitantes de la ciudad también varía.

Al final de la tabla se presenta un análisis los valores estimados de crecimiento interanual de cada sistema, la proporción poblacional subió o declinó respecto al total de la población.

### 3.3.2 Escenarios de Proyección Poblacional propios

#### Escenarios propuestos

La propuesta del consultor, es el explorar el empleo de modelos de proyección que se basan, en la estimación del crecimiento de la población, enmarcada en un criterio de saturación que limita su crecimiento, es decir, se establecen límites del crecimiento de la población basados en el análisis de la disponibilidad de espacio para la expansión de la ciudad o de su densificación o de la limitación de la actividad económica (entre otros criterios).

Se realiza esta propuesta, ya que como se puede observar en el análisis presentado en los anteriores incisos, existe mucha incertidumbre en la realización de la proyección poblacional y que criterios varios que son válidos en su hipótesis de cálculo, presentan resultados diferentes y divergentes unos de otros.

Dentro del marco establecido y tomando en cuenta las experiencias de proyecciones poblacionales realizadas en el área de trabajo, se proponen 2 escenarios apoyados respectivamente en el uso de 2 modelos de proyección poblacional (entre los muchos que podrían plantearse)

Escenario 1: *Proyección logística*, basada en los datos intercensales de 1976, 1992 y 2001. El primer dato fue consultado del Plan maestro; en el caso de 1992 y 2001, se verificaron las zonas censales incluidas en el área de servicio. En el caso del último CENSO se cotejó los valores estimados con los reconstruidos en (SISAB 2006). Este tipo de proyección se basa en el hecho en el concepto de que la proyección no puede darse más allá del tiempo en el que se cuentan con datos, por esta razón y vistas las exigencias de año frontera del servicio (2040), se el datos calculado para el año 2026, para realizar el recalcu hasta el año 2040. Método basado en iteraciones.

El parámetro L, determina la población de saturación y es estimado en una primera instancia por el modelo abajo presentado.

Proyección Logística: (7)

$$P_t = \frac{L}{1 + m * e^{n*t}}$$

$$L = \frac{2 * P_0 * P_1 * P_2 - P_1^2 * (P_0 + P_2)}{P_0 * P_2 - P_1^2}$$

$$m = \frac{L - P_0}{P_0}$$

$$n = \frac{1}{t_1} * \ln \left( \frac{P_0 * (L - P_1)}{P_1 * (L - P_0)} \right)$$

Donde:

- Pt: Población tiempo t
- P0: Población tiempo 0
- P1: Población tiempo t1
- P2: Población tiempo (t1+t1)
- t: Tiempo desde 0
- L: Población de saturación
- m: Coeficiente
- n: Coeficiente
- t1: Tiempo equidistante (P0 -> P1 -> P2)

Escenario 2: *Método de la tasa decreciente del crecimiento o de saturación:* Basa su proyección en dos criterios principales, establecer un valor de población de saturación (L) y una tasa de decrecimiento que se atenúa en función de la población inicial, del tiempo y de L.

Proyección Decreciente o de Saturación: (7)

$$P_2 - P_1 = (L - P_1) * [1 - e^{-Kd(T1-T2)}]$$

Donde:

- P2: Población tiempo T2
- P1: Población tiempo T1
- Kd: Constante de crecimiento
- L: Población de saturación o límite de la comunidad
- T2 - T1: Paso de tiempo entre los momentos de cálculo de la población

### ***Ajuste de las proyecciones***

Los dos métodos propuestos se basan en la determinación preliminar de una población de saturación la cual debería ser establecida a partir de un análisis de las limitaciones de crecimiento de las ciudades, económico, de límites de densificación o de saturación de la actividad económica. Las estimaciones que se realiza para los fines del presente servicio, no realizan el análisis referido ya que el mismo escapa de los alcances del proyecto, sin embargo, a partir de la información disponible de EPSAS, se valida las estimaciones realizadas sobre la tasa de decrecimiento Kd (Escenario 2) y de la población de saturación, L (Escenarios 1 y 2) en cálculos iterativos.

Específicamente se emplea el número de conexiones registrados por EPSAS y una tasa de Hab por conexión de entre 5 a 7 para determinar la coherencia de las proyecciones y de las variables Kd y L en el periodo donde se tienen datos (2002 – 2009), para su uso en el cálculo de las proyecciones 2010 – 2040. La proyección logística, propone una expresión para la estimación de L, la cual se emplea también para determinar el primer valor de L que se introduce en las iteraciones del escenarios 2.

### Escenario 1: Proyección Logística

A partir de los datos disponibles y procesados de los censos 1976, 1992 y 2001, se realiza el cálculo de los parámetros del modelo (L, m y n), de los cuales se analiza la factibilidad de su uso para la proyección.

**Tabla 3.15: Parámetros de la Proyección logística estimados y asumidos**

Parámetros logísticos (1era Iteración)	t1=				9 años		
	1,983	1,976	1,992	2,001	L	m	n
Ladera	228,700	204,608	259,675	316,832	168,244	-0.264343589	0.031850445
Sist. El Alto	217,675	95,435	374,841	631,919	5,504,008	24.2854236	-0.063742195
Achachicala	197,072	185,687	211,710	179,031	201,093	0.020405857	Nulo
Pampahasi	190,387	149,553	242,889	274,470	302,647	0.589638289	-0.09711628
Total La Paz	616,159	539,848	714,274	770,333	824,819	0.338646509	-0.08700417

Parámetros logísticos asumidos	1,983	1,976	1,992	2,001	L	m	n
Ladera	228,700	204,608	259,675	316,832	450,000	0.967644814	-0.030867503
Sist. El Alto	217,675	95,435	374,841	631,919	3,000,000	12.78200656	-0.066849293
Achachicala	197,072	185,687	211,710	179,031	215,000	0.090971482	-0.196346738
Pampahasi	190,387	149,553	242,889	274,470	450,000	1.363603267	-0.052163984
Total La Paz	616,159	539,848	714,274	770,333	1,115,000	0.809597388	-0.040752065

Fuente: Elaboración propia

Se analiza el valor de L (saturación), observando la coherencia del valor encontrado y se establecen valores a ser asumidos en el cálculo (ver segunda parte Tabla anterior y nótese el cambio en los valores asumidos de L).

A partir de la población calculada, el porcentaje de cobertura de servicio medio del periodo y el número de conexiones por sistema, se establece la coherencia de los valores de población proyectados. Los valores que son presentados en las siguientes tablas (segunda tabla), es el mejor ajuste respecto al indicador de ajuste empleado (No Hab/conexión), luego de la realización de numerosas iteraciones.

**Tabla 3.16: Ajuste del Escenario 1, respecto al indicador de No Hab/conexión**

No conexiones	Porcentaje de Cobertura						
	Meseta	Tilata	EA	Talud	Pampahasi	Achachicala	LP
2002	89,676	18,310	107,986	31,047	41,511	26,909	99,467
2003	97,491	23,678	121,169	31,250	42,541	27,862	101,653
2004	100,921	26,962	127,883	31,914	43,589	27,892	103,395
2005	104,387	31,118	135,505	33,211	44,576	27,912	105,699
2006	108,949	37,824	146,773	34,097	46,135	28,186	108,418
2007	112,311	41,099	153,410	34,964	48,140	28,999	112,103
2008	116,260	43,985	160,245	35,807	49,589	29,270	114,666
2009	122,342	47,935	170,277	36,707	50,925	29,418	117,050

No de Habitantes por conexión	EA Total				
	EA Total	Talud	Pampahasi	Achachicala	LP
2002	5.27	8.67	7.13	7.91	8.08
2003	4.94	8.70	7.07	7.64	7.99
2004	4.93	8.61	7.02	7.63	7.94
2005	4.89	8.36	6.98	7.63	7.85
2006	4.75	8.23	6.84	7.55	7.73
2007	4.77	8.10	6.66	7.34	7.55
2008	4.79	7.99	6.56	7.27	7.45
2009	4.72	7.87	6.47	7.24	7.36
<b>Promedio</b>	<b>4.88</b>	<b>8.32</b>	<b>6.84</b>	<b>7.53</b>	<b>7.75</b>

Fuente: Elaboración propia

Observamos que el valor de N°hab/conex, fluctúa entre los 5 a 8, remarcando el hecho de que para el sector talud o ladera, se estima la mayor tasa. En este caso los indicadores observan la llegada de la saturación para esta zona.

Es preciso hacer notar que para el caso de la proyección logística, el ajuste realizado, modifica los valores de población para años que son datos (2001), la tabla siguiente presenta esta variación. El método acepta una variación de hasta el 10%, lo cual se observa que se cumple. Para el caso de ladera se observa un variación mayor, ya que sus valores como se dijo anteriormente tenderían a la saturación. En el caso de Achachicala, no se admite una tasa negativa de crecimiento (como se ha dado entre el CENSO 1992 y el 2001), por lo cual se asume valores poco mayores al máximo histórico, lo cual producen esta variación.

**Tabla 3.17: Ajuste Proyección Logística, Variaciones de ajuste respecto a los datos de Censos**

Desviaciones de los datos					
Año	S. El Alto	Ladera-Talud	Pampahasi	Achachicala	La Paz
1,992	0.00%	0.00%	0.00%	1.55%	0.00%
2,001	-1.86%	-8.67%	6.93%	20.09%	4.22%

Fuente: Elaboración propia

Los valores estimados para este escenario son presentados en extenso en el Anexo 2, en el resumen de la Tabla 3.20 y en la Figura 3.5.

### **Escenario 2: Proyección de Tasa decreciente y de Saturación**

Al igual que el escenario anterior, este método parte de la estimación de la población de saturación, la cual para una primera iteración referencial, asume los valores de L, del anterior método.

En una segunda etapa del cálculo de este escenario, se ajusta los valores de Kd y de L, en función a los datos de No de conexiones que se tiene y de la coherencia de la estimación del indicador No Hab / Conex. Cabe hacer notar que este método presenta más versatilidad para realizar este ajuste por su simplicidad y robustesa.

La Tabla 3.19 presenta los valores asumidos de Kd y L, los resultados del indicador No Hab/conex y su cambio con los valores asumidos para fines de la iteración final. Es posible notar en los valores de ajuste que el indicador de referencia oscila entre valores de 6 a 8, margen que se puede considerar como apropiado. Cabe remarcar el hecho de que nuevamente la estimación de la población de ladera o talud, arroja valores mayores, indicador de su cercanía a la saturación.

Los resultados de este escenario son presentados en el Anexo 2, y en los resúmenes de la Tabla 3.20 y la Figura 3.5.

Al igual que en el escenario 1, el ajuste de esta proyección se la realiza con el indicador No Hab/conexión, obteniendo los valores presentados en la siguiente tabla.

**Tabla 3.18: Ajustes del Escenario 2 con el parámetro No Hab/Conexión, Estimación de este parámetro**

Escenario 2 (Primera corrida)					
Hipótesis Saturación [hab]	3,000,000	450,000	450,000	215,000	1,115,000
Tasa de variación [%]	5.80%	2.24%	1.37%	1.37%	1.37%
No de Habitantes por conexión (Proyección sin corrección)					
	<b>EA Total</b>	<b>Talud</b>	<b>Pampahasi</b>	<b>Achachicala</b>	<b>LP</b>
2002	6.17	9.48	6.60	6.60	7.71
2003	6.40	9.50	6.50	6.40	7.59
2004	6.87	9.38	6.39	6.41	7.51
2005	7.21	9.09	6.30	6.42	7.39
2006	7.28	8.93	6.14	6.37	7.24
2007	7.53	8.78	5.93	6.21	7.04
2008	7.72	8.64	5.80	6.17	6.92
2009	7.72	8.49	5.69	6.15	6.82
<b>Promedio</b>	<b>7.11</b>	<b>9.03</b>	<b>6.17</b>	<b>6.34</b>	<b>7.28</b>

Escenario 2 (Corrección con No de Conexiones)					
Hipótesis Saturación [hab]	3,000,000	350,000	450,000	215,000	1,015,000
Tasa de variación [%]	3.52%	2.24%	1.37%	1.37%	1.37%
No de Habitantes por conexión (Proyección corregida)					
	<b>EA Total</b>	<b>Talud</b>	<b>Pampahasi</b>	<b>Achachicala</b>	<b>LP</b>
2002	5.75	9.41	6.60	6.60	7.70
2003	5.69	9.37	6.50	6.40	7.57
2004	5.91	9.20	6.39	6.41	7.47
2005	6.05	8.86	6.30	6.42	7.34
2006	6.01	8.64	6.14	6.37	7.18
2007	6.14	8.45	5.93	6.21	6.97
2008	6.24	8.26	5.80	6.17	6.84
2009	6.20	8.08	5.69	6.15	6.73
<b>Promedio</b>	<b>6.00</b>	<b>8.78</b>	<b>6.17</b>	<b>6.34</b>	<b>7.23</b>

**Tabla 3.19: Ajuste del Escenario 2, valores de Kd y L, respecto al indicador de No Hab/conexión**

Escenario 2 (Primera corrida)					
Hipótesis Saturación [hab]	3,000,000	450,000	450,000	215,000	1,115,000
Tasa de variación [%]	5.80%	2.24%	1.37%	1.37%	1.37%
No de Habitantes por conexión (Proyección sin corrección)					
	<b>EA Total</b>	<b>Talud</b>	<b>Pampahasi</b>	<b>Achachicala</b>	<b>LP</b>
2002	6.17	9.48	6.60	6.60	7.71
2003	6.40	9.50	6.50	6.40	7.59
2004	6.87	9.38	6.39	6.41	7.51
2005	7.21	9.09	6.30	6.42	7.39
2006	7.28	8.93	6.14	6.37	7.24
2007	7.53	8.78	5.93	6.21	7.04
2008	7.72	8.64	5.80	6.17	6.92
2009	7.72	8.49	5.69	6.15	6.82
<b>Promedio</b>	<b>7.11</b>	<b>9.03</b>	<b>6.17</b>	<b>6.34</b>	<b>7.28</b>

Escenario 2 (Corrección con No de Conexiones)					
Hipótesis Saturación [hab]	3,000,000	350,000	450,000	215,000	1,015,000
Tasa de variación [%]	3.52%	2.24%	1.37%	1.37%	1.37%
No de Habitantes por conexión (Proyección corregida)					
	<b>EA Total</b>	<b>Talud</b>	<b>Pampahasi</b>	<b>Achachicala</b>	<b>LP</b>
2002	5.75	9.41	6.60	6.60	7.70
2003	5.69	9.37	6.50	6.40	7.57
2004	5.91	9.20	6.39	6.41	7.47
2005	6.05	8.86	6.30	6.42	7.34
2006	6.01	8.64	6.14	6.37	7.18
2007	6.14	8.45	5.93	6.21	6.97
2008	6.24	8.26	5.80	6.17	6.84
2009	6.20	8.08	5.69	6.15	6.73
<b>Promedio</b>	<b>6.00</b>	<b>8.78</b>	<b>6.17</b>	<b>6.34</b>	<b>7.23</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3.20: Resumen de valores de proyección poblacional, escenarios 1 y 2**

**Resumen Población (Escenario 1)**

Años	S. El Alto	Ladera-Talud	Pampahasi	Achachicala	La Paz
2001	620,189	289,360	293,500	215,000	802,866
2010	966,975	316,790	337,473	215,000	878,361
2015	1,197,556	330,795	358,027	215,000	914,125
2020	1,444,065	343,820	375,654	215,000	945,526
2025	1,693,637	355,828	390,464	215,000	972,783
2030	1,932,764	366,806	402,696	215,000	996,206
2035	2,150,084	376,768	412,654	215,000	1,016,164
2040	2,338,302	385,746	420,669	215,000	1,033,044

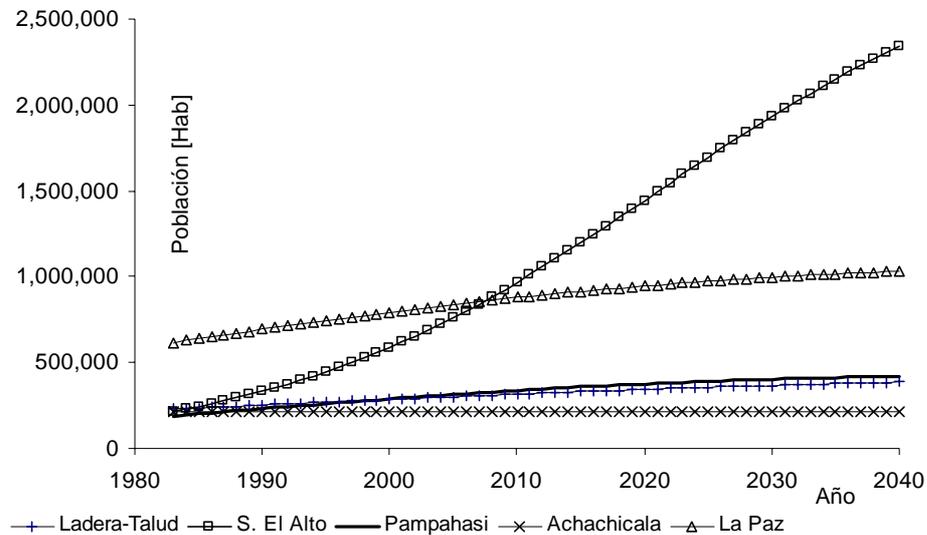
**Resumen Población (Escenario 2)**

Años	S. El Alto	Ladera-Talud	Pampahasi	Achachicala	La Paz
2001	631,919	316,832	274,470	179,031	770,333
2010	1,274,903	322,876	294,797	183,196	798,666
2015	1,553,300	325,744	305,054	185,298	812,963
2020	1,786,769	328,308	314,633	187,261	826,315
2025	1,982,561	330,602	323,579	189,094	838,785
2030	2,146,756	332,653	331,934	190,806	850,431
2035	2,284,453	334,487	339,737	192,405	861,307
2040	2,399,928	336,127	347,024	193,899	871,465

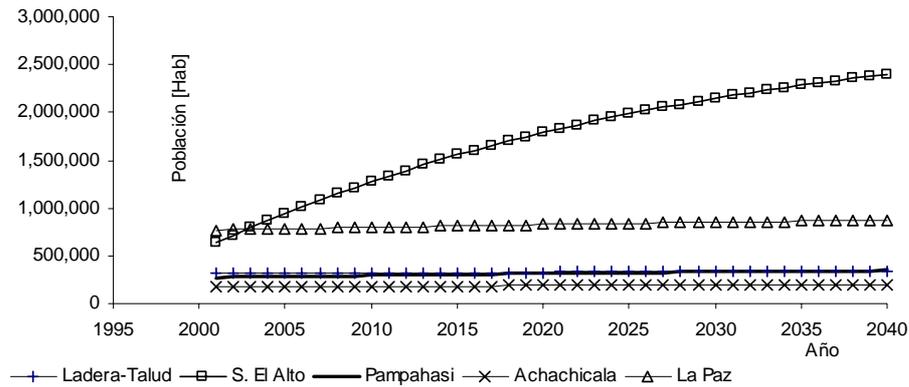
Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.5: Resumen de valores de proyección poblacional, a) Escenario 1; b) Escenario 2**

Escenario 1



## Escenario 2



Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Estimación de la Dotación y su análisis

#### 3.4.1 Análisis del consumo, tipología y sus tendencias

A partir de los datos históricos de consumo de la población<sup>13</sup>, se hace inicialmente un análisis de las tendencias de estos por sistemas, más precisamente de su potencial variación durante el tiempo con disponibilidad de datos (Ver Anexo 3).

Las figuras siguientes presentan el análisis referido para las ciudades de La Paz y El Alto<sup>14</sup>, pudiéndose remarcar los siguientes aspectos:

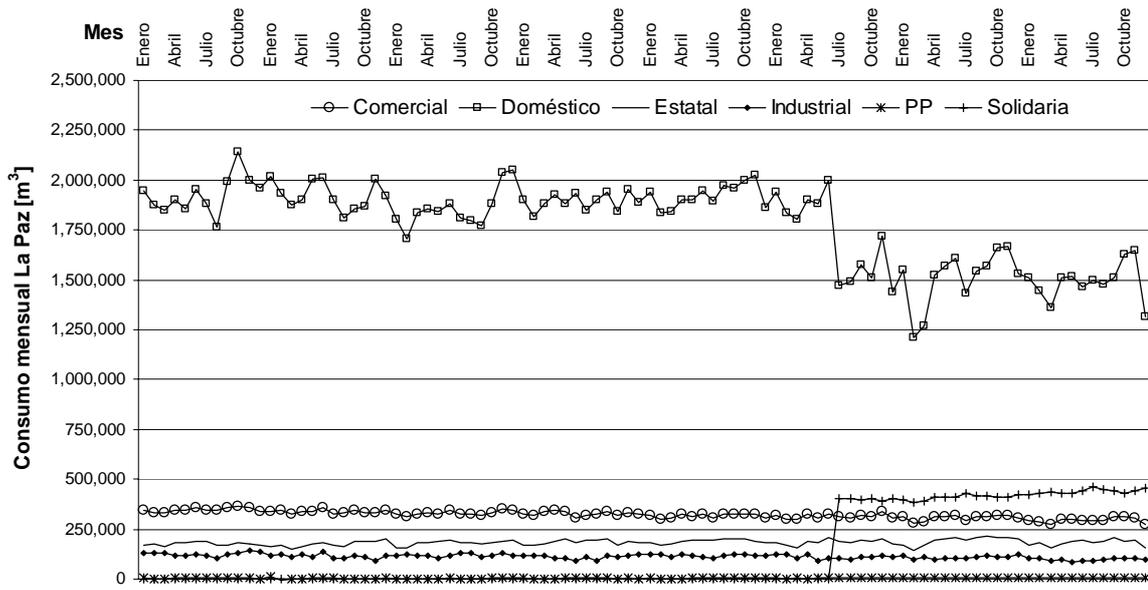
- ✚ El crecimiento del consumo de la ciudad de La Paz se ha mantenido estable creciendo mínimamente en el tiempo.
- ✚ Esta aparente tendencia a la estabilidad en del consumo durante el tiempo en la ciudad de La Paz, observa el balance entre el crecimiento del consumo en las laderas de la ciudad, respecto al decrecimiento del consumo en el Sistema Achachicala, que si bien son servidos por distintos sistemas (El Alto y Achachicala respectivamente), forman parte de la misma ciudad de La Paz.
- ✚ El Alto y sus Zonas de servicio componentes (incluyendo ladera o talud), presenta crecimiento en el consumo.
- ✚ El consumo presenta picos estacionales que se concentran en los meses de septiembre y octubre, aspecto que coincide con el tiempo primaveral, donde la sensación térmica es mayor.
- ✚ El crecimiento referido en las zonas servidas por el sistema El Alto refieren principalmente a un crecimiento vegetativo de la población más que a un crecimiento de la dotación, como se verá más adelante.

<sup>13</sup> Disponibilidad de datos de Consumo y de Conexiones : Período 2002 - 2009

<sup>14</sup> Los mismos gráficos son presentados por Sistema en el Anexo 3

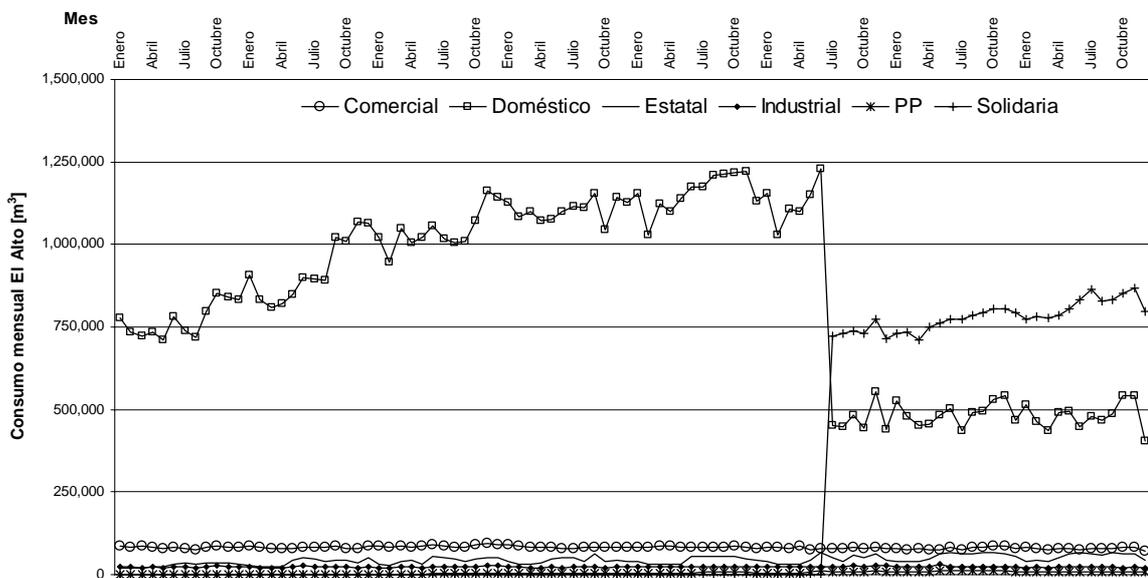
- + Acompañando la aseveración anterior se observa que la inclusión de la tarifa solidaria, atenúa mínimamente este crecimiento del consumo, observando la hipótesis de que ésta, tendría un impacto en la disminución de la dotación y no así en el crecimiento vegetativo.
- + Al respecto nótese que en El Alto, una vez implementada la tarifa doméstica, las pendientes de la curva de crecimiento que tenía la tarifa doméstica es similar a la pendiente de crecimiento de la curva del consumo solidario. La curva del consumo doméstico posterior a la implementación de la tarifa solidaria se mantiene estable. Aspecto que apoya la hipótesis antes referida.

**Figura 3.6: Consumo de Agua Potable mensual, La Paz**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EPSAS

**Figura 3.7: Consumo de Agua Potable mensual, El Alto**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EPSAS

### Tendencia del Incremento del No de Conexiones

A fines de complementar el análisis reportado en el anterior inciso, se incluye la siguiente tabla, la cual presenta los valores incrementales relativos del No de Conexiones respecto al periodo anterior.

**Tabla 3.21: Valor Incremental de Conexiones (Periodo 2002 – 2009)**

	Meseta	Tilata	EA	Talud	Pampahasi	Achachicala	LP
2002	8.71%	29.32%	12.21%	0.65%	2.48%	3.54%	2.20%
2003	3.52%	13.87%	5.54%	2.12%	2.46%	0.11%	1.71%
2004	3.43%	15.41%	5.96%	4.06%	2.26%	0.07%	2.23%
2005	4.37%	21.55%	8.32%	2.67%	3.50%	0.98%	2.57%
2006	3.09%	8.66%	4.52%	2.54%	4.35%	2.88%	3.40%
2007	3.52%	7.02%	4.46%	2.41%	3.01%	0.93%	2.29%
2008	5.23%	8.98%	6.26%	2.51%	2.69%	0.51%	2.08%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de EPSAS

Los datos reflejados en la tabla anterior denotan un crecimiento heterogéneo en el incremento del servicio que presenta dos extremos a ser remarcados:

- ✚ El caso de Achachicala cuyo crecimiento es mínimo y que denota por las características del área de servicio, la saturación existente, la cobertura de nuevas conexiones que obedecerían a una dispersión de la población a través de nuevas construcciones en la poca área aún disponible, cubriendo los escasos márgenes de falta de cobertura. Recordemos que en esta área presenta según los censos un valor incremental negativo.
- ✚ Tilata contrasta el anterior caso, ya que en la zona de servicio se presentan las mayores tasas incrementales de conexiones, aspecto que refleja dos dimensiones: La cobertura de zonas aun sin servicio con población ya asentada y el crecimiento vegetativo de esta área que recibe nuevos pobladores año con año. Según (Poupeau F. 2009) esta migración ya no se da solamente del campo sino que responde a procesos de migración intra-urbana de la población de El Alto.

Apoyando lo anteriormente referido, se contrasta estos aspectos con la falta de crecimiento de la dotación como se verá más adelante.

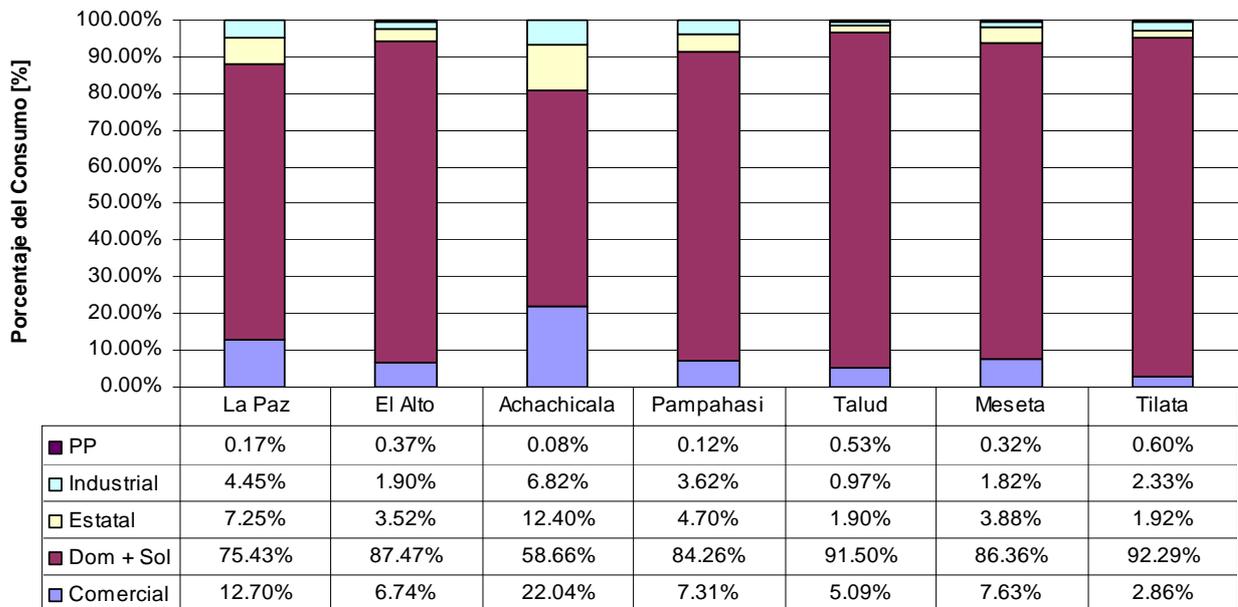
### 3.4.2 Composición del Consumo

El análisis de la composición del consumo nos presenta dos ciudades fusionadas y confundidas en una sola mancha urbana cuyo funcionamiento está íntimamente ligado, pero con particularidades en su comportamiento que salen a luz cuando se observa de cerca la composición de su consumo de agua potable:

- ✚ Se tiene los sectores “dormitorio” (Ladera y Tilata), donde el consumo es principalmente de tipo doméstico (proporciones mayores al 90%). Se asume una actividad principalmente residencial.
- ✚ Sectores donde se verifica la transición de la actividad neta residencial a otras funciones tales como el sector meseta o el servido por el Sistema Pampahasi.
- ✚ Un sector donde se concentra la actividad comercial y estatal representado por el sector servido por el Sistema Achachicala, donde, en la actualidad la presencia residencial se está viendo reducida o desplazada por las actividades mencionadas.

Si bien el resumen de esta situación no es una novedad y se la puede intuir en la actividad diaria de ambas ciudades se destaca lo bien que se refleja en la estratificación de los consumos, lo cual también no da la pauta de potenciales formas de crecimiento y evolución de ambas ciudades y de su actividad conjunta, la cual como se ve, está íntimamente ligada (Ver figura siguiente y Anexo 4).

**Figura 3.8: Valores medios de estratificación de Consumo (Histórico 2002 – 2009)**



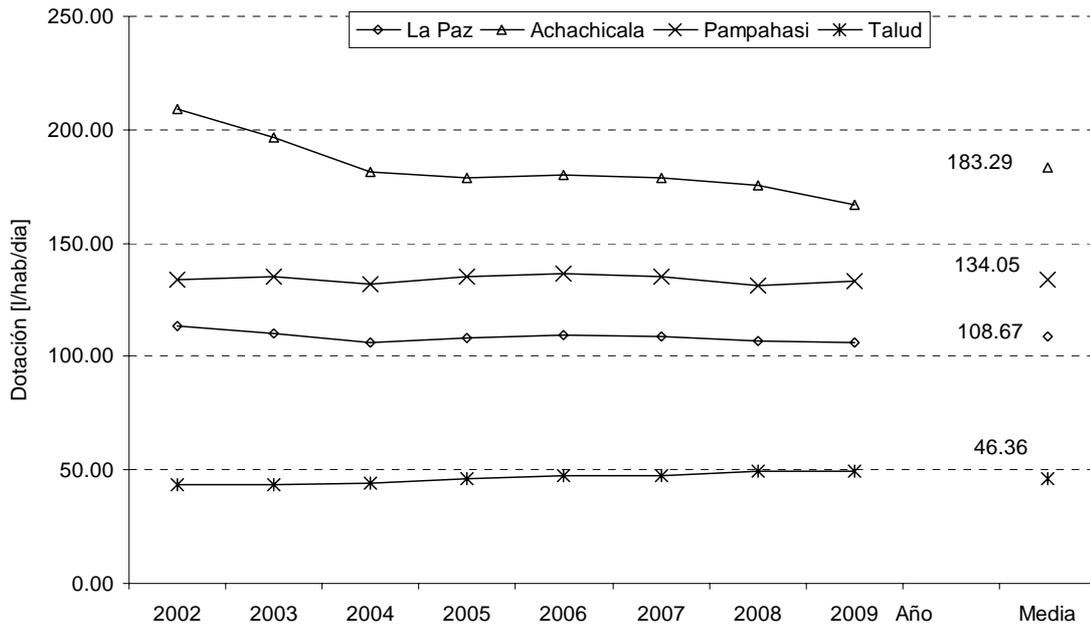
Fuente: Elaboración propia a partir de datos históricos de EPSAS

### 3.4.3 Dotación

Los valores de número de conexiones y su evolución, el consumo y su estratificación, los valores estimados de No de Hab / conexión, la población y su crecimiento, de forma iterativa, permiten la estimación aproximada la dotación de los distintos sistemas y de sus sectores servidos.

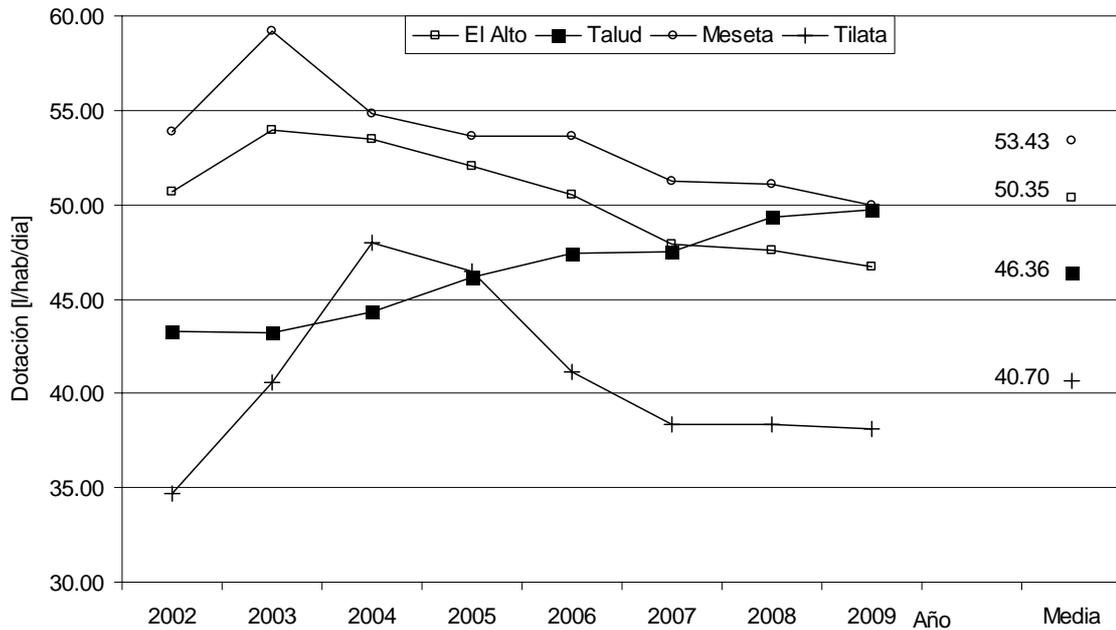
Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

**Figura 3.9: Estimación de Dotaciones y su Evolución en el Tiempo, Ciudad La Paz**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos brutos y procesados de EPSAS y modelación iterativa

**Figura 3.10: Estimación de Dotaciones y su Evolución en el Tiempo, Sistema El Alto**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos brutos y procesados de EPSAS y modelación iterativa

Los valores estimados denotan una cierta estabilidad en sus valores por sistema y por sector analizado, sin embargo también presentan una gran heterogeneidad en los valores absolutos de estos.

- ✚ Los sectores servidos por El Alto, no sobrepasan independiente el margen de los 60 l/hab/día, en contraste a los sectores de La Paz.
- ✚ Los sectores residenciales definidos como Tilata y Ladera presentan estos valores observando que en ladera o talud existe una ligera tendencia al aumento en la dotación. Este aspecto impulsaría la hipótesis de una mejora en la calidad de vida en la zona o de la mejora de servicios de una población fuertemente densificada (No Hab/conexión teórico, mayor a 8 según lo estimado en este informe).
- ✚ Los sectores residenciales pero con actividad comercial y estatal representados por Pampahasi (134 l/hab/día) y meseta (54 l/hab/día) muestran en sus valores la heterogeneidad referida respecto al comportamiento de consumo de la población y probablemente ligado a sus costumbres principalmente las particularidades que presentan los pobladores de El Alto. (Albo X. 2008; Indaburu R. 2004; Poupeau F. 2009).
- ✚ El sector donde se centra la actividad comercial representado por las áreas servidas por el Sistema Achachicala presenta los valores mayores de dotación que si bien tienen como componente mayor el consumo doméstico observan un decrecimiento en el valor de la dotación debido a un posible desplazamiento que ejercen las actividades comerciales y estatales sobre el componente de población hacia otras áreas de expansión de la ciudad. Por ejemplo el pensar El Alto como un área de expansión, de establecimiento residencial con propiedad y no solamente de recepción de la población de migración del Campo es ahora válida según Poupeau (Poupeau F. 2009), aspecto que cambia su perspectiva de desarrollo de ciudad y centro urbano de gran importancia política para Bolivia, desde el fenómeno de la Guerra del Agua y la consolidación de derechos de los movimientos sociales. (Laruta C. 2006; Poupeau F. 2002)

### 3.5 Conclusiones y Estimación de los Escenarios de Demanda en red

A partir de los dos componentes de la demanda antes analizados es posible establecer los siguientes puntos de referencia para realizar una estimación de potenciales escenarios de demanda. En entonces que a partir de las conclusiones de capítulo se establecen las hipótesis para determinar los probables escenarios de la demanda a futuro.

- ✚ Existe heterogeneidad en el potencial incremento de población en ambas ciudades y al interior de sus áreas de servicio.
- ✚ La evolución de este crecimiento es también incierto respecto a sus tasas anuales y a la atenuación de estas en el tiempo. Un factor que juega en esta incertidumbre es la falta de datos actuales de un nuevo Censo, el cual dará nuevas luces para este análisis cuando se lo realice.
- ✚ La saturación de la ciudad y de los espacios de crecimiento, es un factor que se sugiere se introduzca en posteriores análisis urbanísticos para fines de estimación de crecimiento de la población.
- ✚ El crecimiento y desarrollo de alguno de los sectores de la mancha urbana compuesta por las ciudades de La Paz y El Alto, afecta al crecimiento, hábitos de consumo y en otros aspectos, en los otros sectores de ésta.

- ✚ Se verifica que ciertos sectores de la mancha urbana están más densificados que otros, como es el caso de Ladera, que representa un punto de transición de ambas ciudades no solo en el sentido geográfico sino sobre los comportamientos y tipos de consumo de éstas.
- ✚ Existe una dotación que también se diferencia por estos sectores, con variaciones históricas (periodo con datos) desde 45 hasta 200 l/hab/día.
- ✚ Los bajos valores de la dotación en sectores de mayor población y crecimiento como los de El Alto, atenúan los valores totales de consumo aspecto que es positivo desde el punto de vista del NO incremento insostenible del consumo. Sin embargo existe la duda sobre el crecimiento del consumo per cápita de agua, lo cual sería un factor importante a ser analizado por los planificadores.

Respecto a las anteriores conclusiones se dan las siguientes hipótesis de trabajo para la estimación de escenarios de crecimiento del consumo.

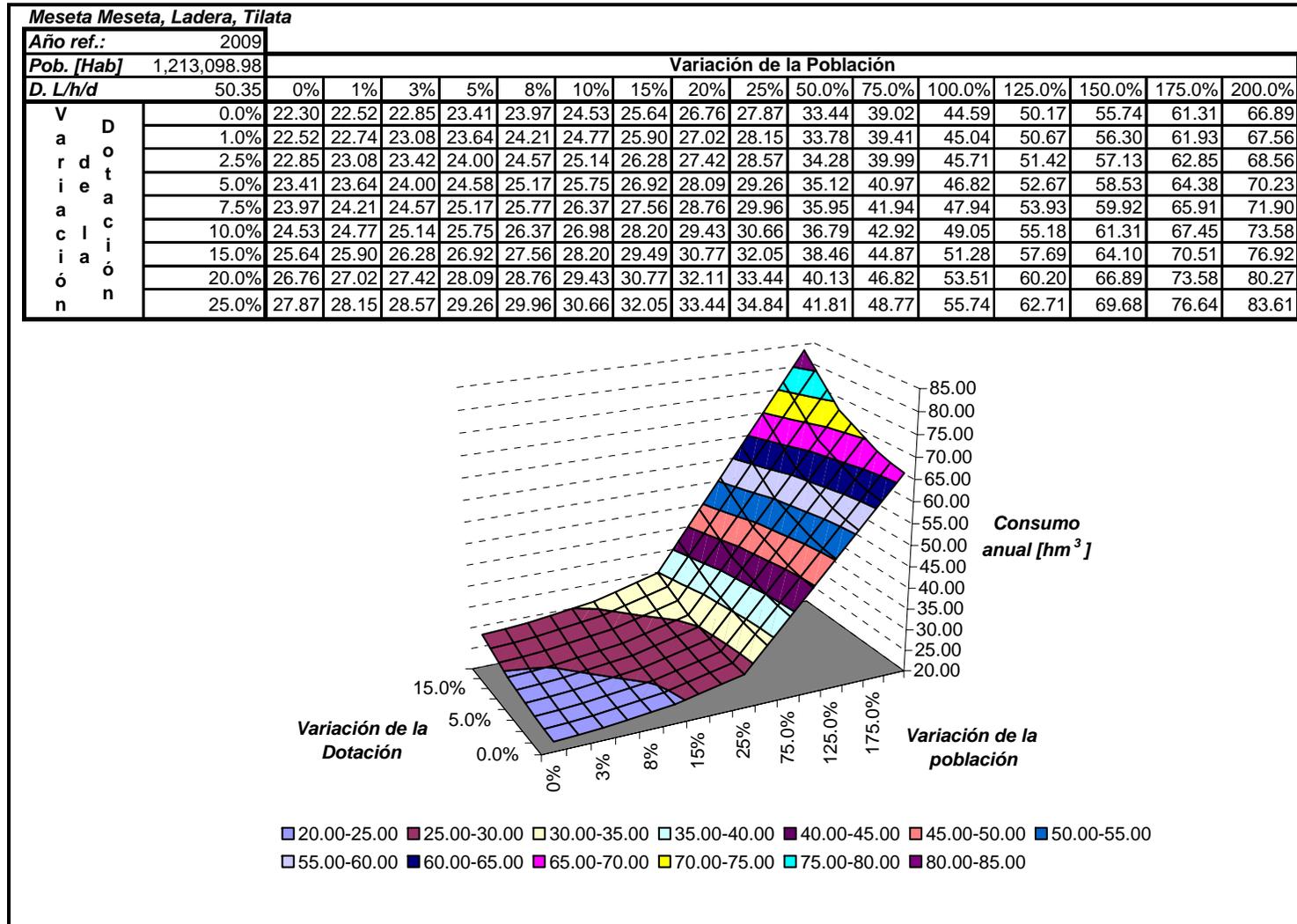
La evolución de la dotación no está claramente definida en el periodo con datos analizado (2002 – 2009), sin embargo se percibiría una tendencia a que su valor no crezca sustancialmente en el tiempo. A partir de los márgenes de variación se establece una hipótesis de potencial crecimiento (considerada pesimista) de hasta el 25% durante los próximos años (año frontera análisis: 2040) de la dotación, que sin embargo no se sabe como se podrá dar éste en el tiempo.

La hipótesis de variación de la población se da, en cuanto a las hipótesis de saturación de los dos escenarios propuestos.

Los valores tabulados y gráficos abajo presentados reflejan los escenarios de consumo futuros propuestos por el consultor.

Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

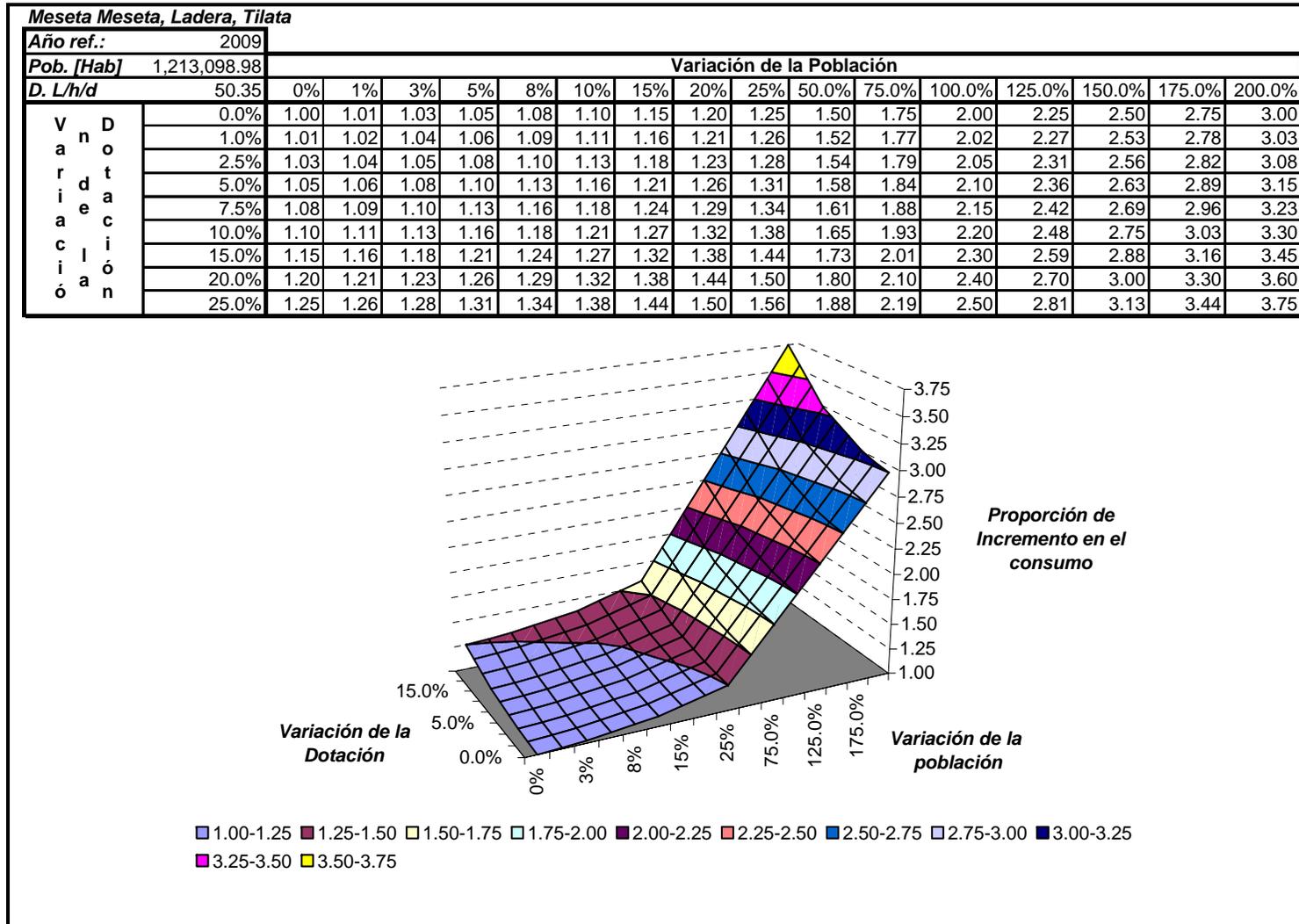
Figura 3.11: Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema El Alto [hm<sup>3</sup>]



Fuente: Elaboración propia

Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

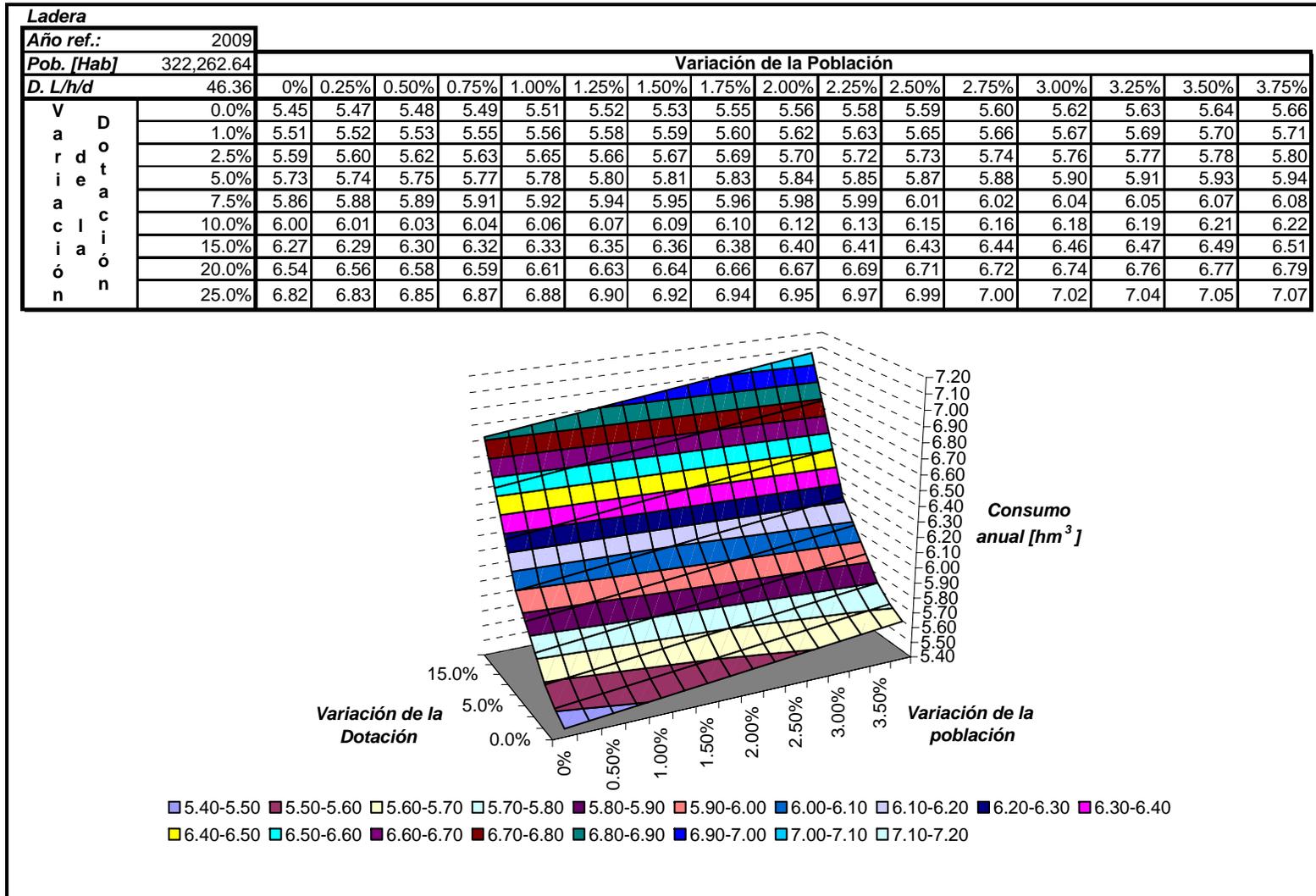
**Figura 3.12: Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema Achachicala [Proporción respecto a 2009]**



Fuente: Elaboración propia

Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

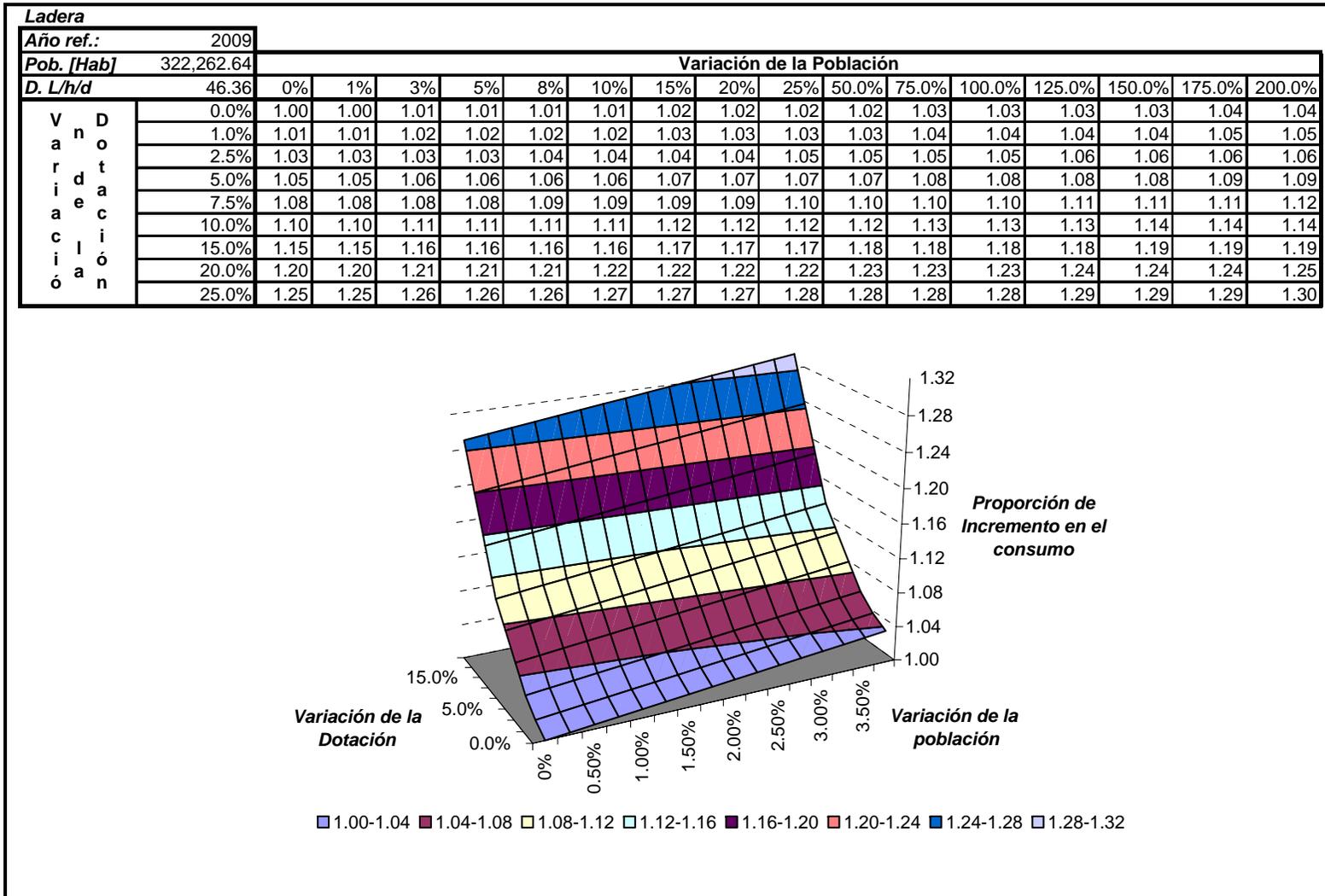
Figura 3.13: Escenarios de Incremento en el Consumo, Ladera [hm<sup>3</sup>]



Fuente: Elaboración propia

Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

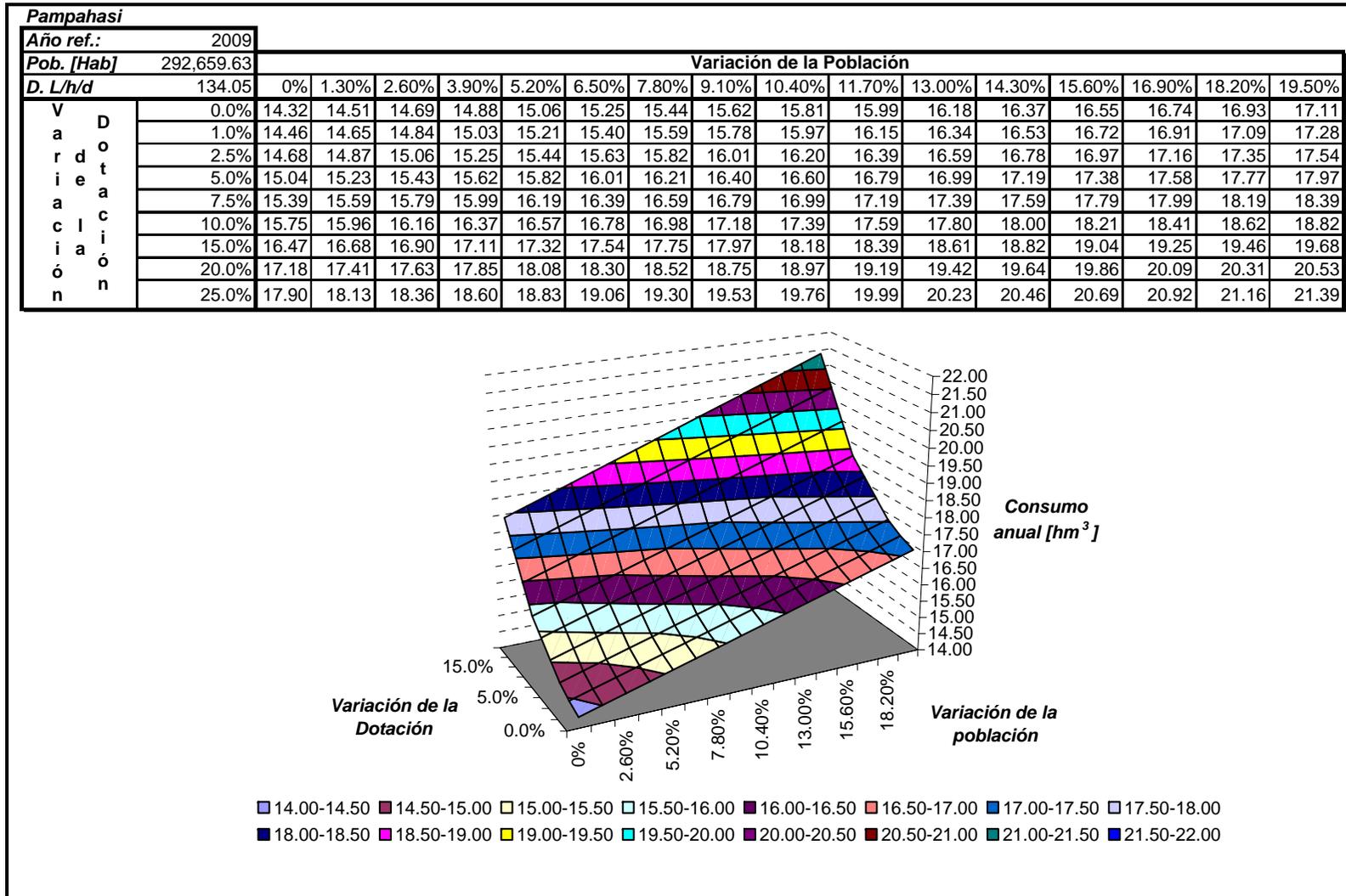
**Figura 3.14: Escenarios de Incremento en el Consumo, Ladera [Proporción respecto a 2009]**



Fuente: Elaboración propia

Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

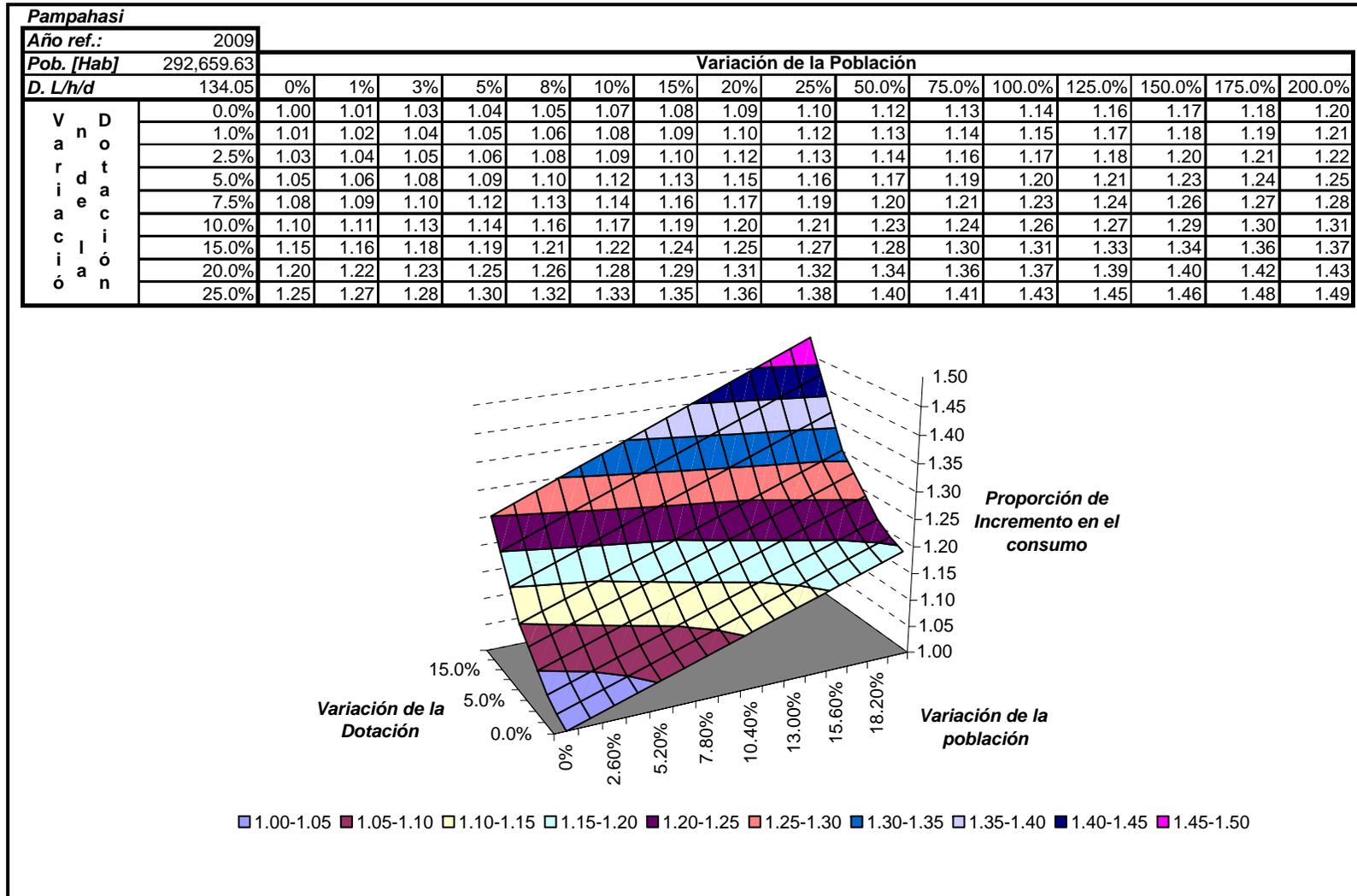
Figura 3.15: Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema Pampahasi [hm<sup>3</sup>]



Fuente: Elaboración propia

Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

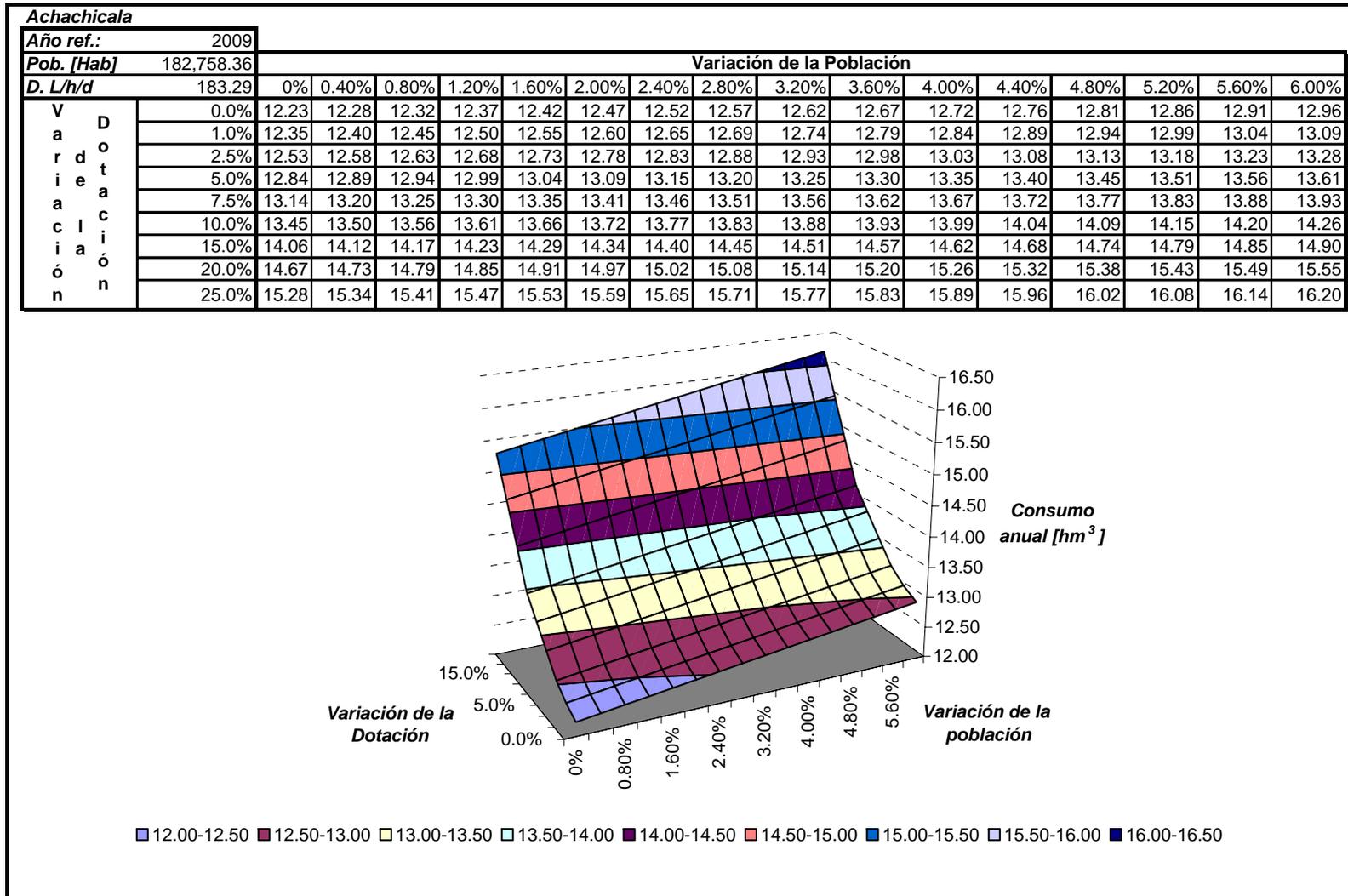
**Figura 3.16: Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema Pampahasi [Proporción respecto a 2009]**



Fuente: Elaboración propia

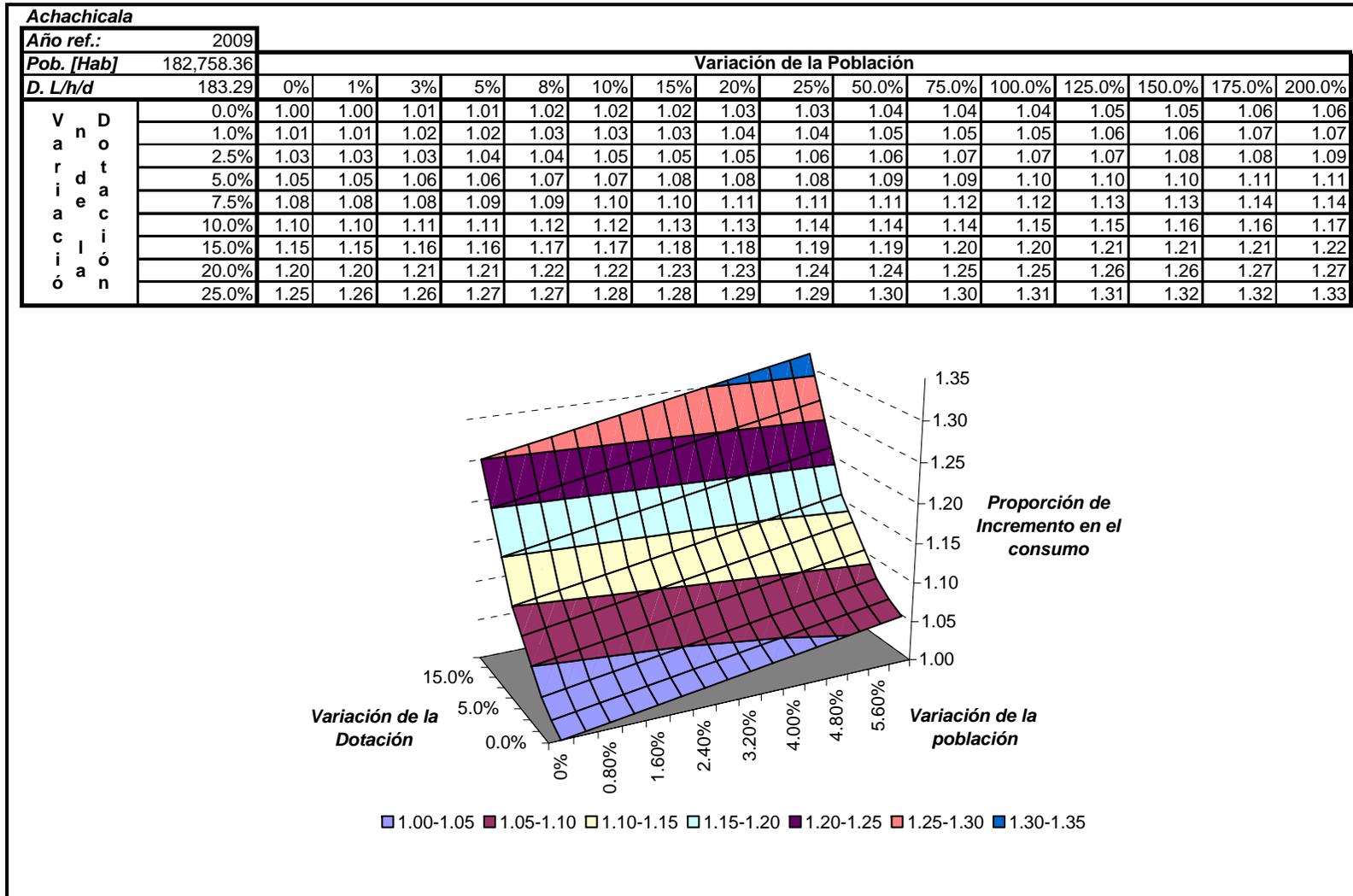
Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

Figura 3.17: Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema Achachicala [hm<sup>3</sup>]



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.18: Escenarios de Incremento en el Consumo, Sistema Achachicala [Proporción respecto a 2009]



Fuente: Elaboración propia

Las pendientes de curvas de las figuras presentadas anteriormente, denotan la importancia de una variable respecto a la otra (Población y dotación). En el caso de El Alto, respecto al valor porcentual incremental, la variable población es la de mayor sensibilidad, en contraste con los otros sectores de la mancha urbana.

Se han presentado dos tipos de gráfico, el que refleja el incremento en volumen de agua consumida y el que refleja la proporción de este incremento respecto al valor de 2009. En este último caso vemos que el incremento potencial máximo que podría darse en el consumo de agua potable en red es varía desde un 30 a un 50% para el caso de Achachicala, Pampahasi y sector Ladera (Ciudad de La Paz) hasta un 375% para el caso extremo de las áreas servidas por El Alto (incluye ladera).

Estos valores dejan un gran margen de especulaciones, las cuales no son el objetivo de este servicio, razón por la cual se deja al lector la formulación de sus propias opiniones solicitando sin embargo se enmarquen en las hipótesis de cálculo y comportamiento que se tomaron para su estimación (presentadas en este capítulo).

## 4 MODELACIÓN DE LA GESTIÓN DEL AGUA POTABLE

---

### 4.1 Concepto del Modelo empleado

A lo largo del presente servicio se ha hecho un análisis de la gestión del Agua Potable de las ciudades de La Paz y El Alto y principalmente se han determinado escenarios de oferta de recursos hídricos y de demanda de agua potable.

En ambos casos se introdujo el análisis de los potenciales impactos del Cambio y de la Variabilidad Climática, proponiendo a su vez nuevos escenarios, principalmente de la oferta de agua.

Ahora bien teniendo en mente el objetivo del presente servicio que es el “Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto”, se propone el uso de un modelo de gestión diseñado por el Consultor para ayudar a identificar los aspectos que podían ser impactados por el cambio y la variabilidad climática<sup>15</sup>.

El modelo de gestión se convierte en la principal herramienta para identificar dichos impactos potenciales, lo cual junto con el conocimiento e investigación realizados sobre la gestión actual del Agua Potable de las ciudades de La Paz y El Alto, sirven de insumo para el diseño de la propuesta del Consultor de Resiliencia de la Gestión del Recurso Agua, frente a los potenciales impactos del cambio climático.

El modelo empleado fue originalmente escrito en Matlab (*Olmos C. 2011*) y para fines del presente servicio se transcribe en una plataforma de Excell para su uso como una herramienta más accesible a los potenciales usuarios del mismo (EPSAS).

El modelo se basa en la descripción de la gestión de los 3 Sistemas que sirven a las Ciudades de La Paz y El Alto (El Alto, que incluye el sub sistema Tilata, Achachicala y Pampahasi), interrelacionando su funcionamiento, tanto a nivel de fuentes, como de intercambio de agua potable entre ellos.

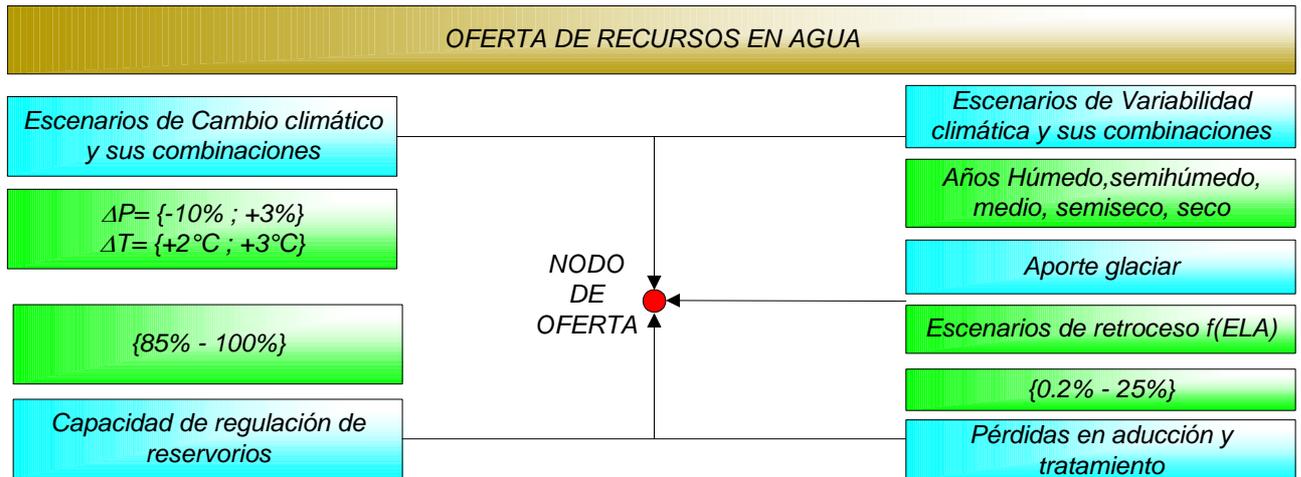
El concepto de trabajo del modelo es el balance de oferta y demanda (Ver figuras siguientes), las cuales a su vez dependen de diferentes variables, sobre las cuales se preparó diversos escenarios de ocurrencia a lo largo del presente servicio.

Se destaca entre los escenarios estimados la realización del inventario glaciar de la zona en estudio, la cuantificación del stock glaciar existente, con la modelación de retroceso de cada uno de los glaciares identificados, aspecto que era central dentro de los objetivos del servicio.

---

<sup>15</sup> Nótese que se extiende el concepto de trabajo más allá del Impacto del retroceso de los glaciares, hacia a eventuales cambios en el clima y en la variabilidad climática y sus impactos en la gestión del agua.

**Figura 4.1: Nodo de la Oferta del Recurso Agua**



Fuente: Elaboración propia

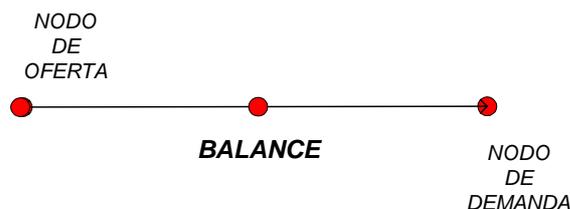
**Figura 4.2: Nodo de la Demanda de Agua Potable**



Las figuras anteriores describen los componentes de los nodos considerados para la modelación tanto para oferta como demanda, observando las variables consideradas (color celeste) y sus respectivos escenarios (cajas en color verde)

Fuente: Elaboración propia

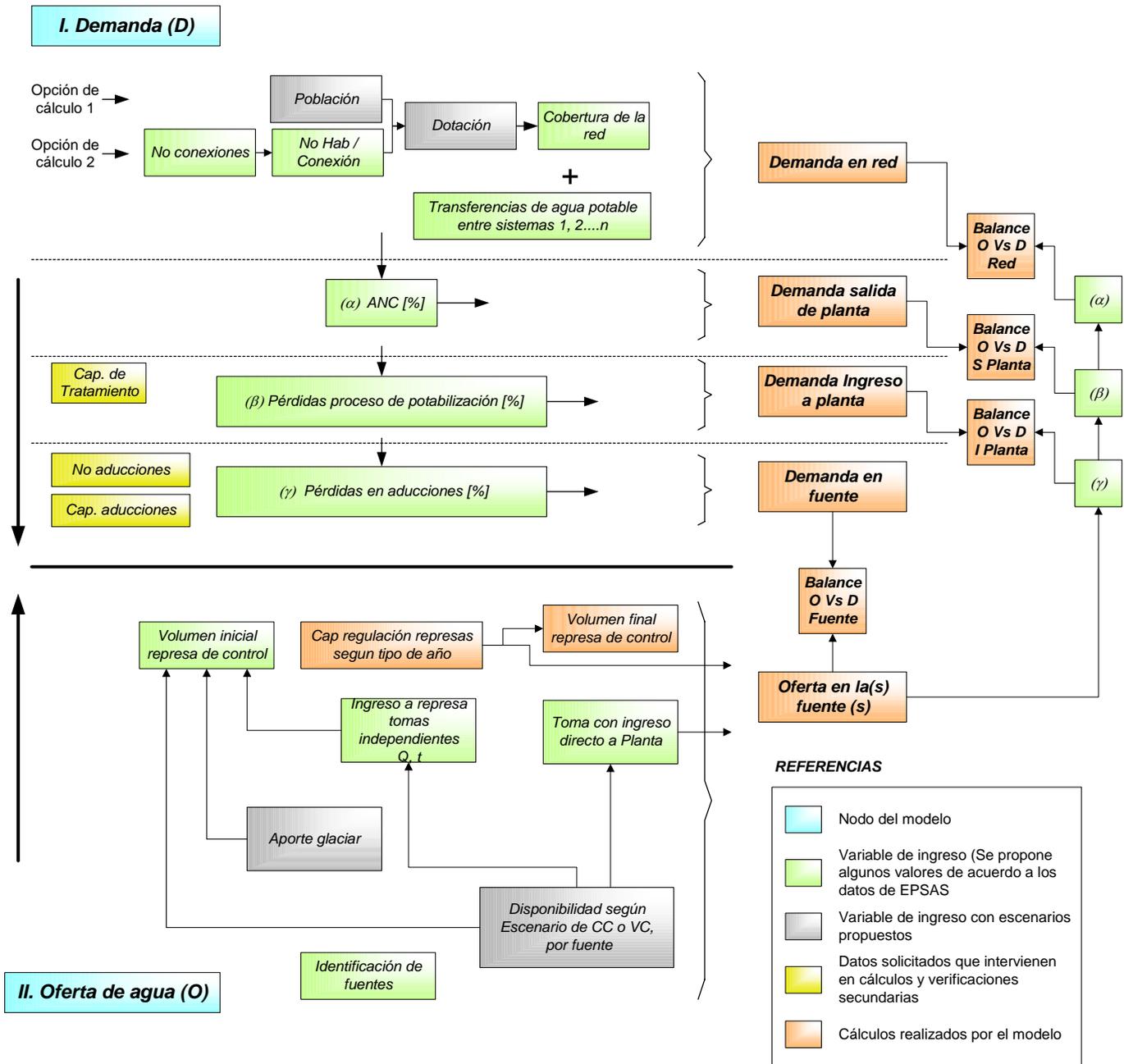
La determinación de la capacidad de la gestión está determinada sobre la eficacia en el balance de oferta y demanda, respecto a la potencial variación de cada una de las variables que se considera.



Un balance positivo respecto a la oferta observa tanto la disponibilidad de recursos en exceso, como la buena gestión de estos, mientras el valor calculado es mayor respecto al valor base de balance en situaciones actuales.

La figura siguiente presenta el diseño conceptual del modelo de gestión diseñado y empleado por el consultor.

**Figura 4.3: Esquema conceptual del Modelo de Gestión empleado por el Consultor**



Fuente: Elaboración propia

## 4.2 Análisis de resultados de la Modelación

Como se pudo observar en la introducción de esta sección correspondiente a la modelación de la gestión, es posible plantear una gran cantidad de escenarios que surgen a partir de la combinación de los sub escenarios de cada variable.

El análisis de todos estos entraría del campo de la investigación de la operación de los Sistemas, ya que existen escenarios con poca probabilidad de ocurrencia (Ej. Deshielo

inmediato de los glaciares, incremento súbito de temperaturas o un crecimiento de la población sin atenuación de su tasa).

Igualmente un análisis exhaustivo de los escenarios probables llevaría a plantear líneas de planificación del operador, lo cual tampoco es el fin del presente proyecto. Para este fin se entrega al operador el modelo preparado, a fin de que pueda emplearlo con estos objetivos.

En este documento se analiza escenarios sencillos o con pocas combinaciones tanto para a fines de introducción en la herramienta al operador, como para el diseño del Programa motivo del servicio. Se observa que cuando se indica que son escenarios sencillos, no se quiere decir que son superfluos o despreciables, ya que se parte del principio que mientras exista mayor sencillez en los análisis y estos sean comprensibles y plausibles, es más robusto el análisis que se puede realizar y las conclusiones que se pueden obtener, ya que al introducir más variables en el análisis se puede dar lugar a mayores conjeturas en la interpretación de resultados.

Para el diseño del Programa de Resiliencia propuesto en este documento, se analizan ciertos escenarios de interés y de probable ocurrencia, así como otros extremos, de forma de establecer tanto posibles escenarios de trabajo futuros del operador, como límites extremos a los cuales no se cree que llegue la gestión.

Se toma como base el año 2009, como partida por razones de disponibilidad de datos y se hace una proyección de balance hacia el año 2025. Los escenarios explorados no son homogéneos para cada sistema, razón por la cual se los tratará de forma independiente. Los gráficos de balance de estos escenarios de gestión son presentados en el Anexo 5 de este documento.

#### 4.2.1 Sistema El Alto

Los escenarios explorados así como el valor de balance de disponibilidad de agua y de demanda acumulados son presentados en la siguiente tabla.

**Tabla 4.1: Escenarios de Balance y resultados, Sistema El Alto**

Sistema El Alto (Incluye Tilata 2009)		Balance 2025 [hm <sup>3</sup> ]
A	Tendencia actual (Incluye aporte 2009 Tilata)	-14.24
B1	Disminución -1%P	-14.63
B2	Disminución -5%P	-15.48
C1	Incremento +1%P	-12.82
C2	Incremento +5%P	-11.61
D	Disminución media aporte glaciar	-20.94
E	Demanda con Población y dotación moderados	-41.64
F	Demanda con Población escenario 2	-25.70
G	Demanda con Población medio y con dotación máxima	-68.53
H	Diminución de Pérdidas al 30%	-5.32

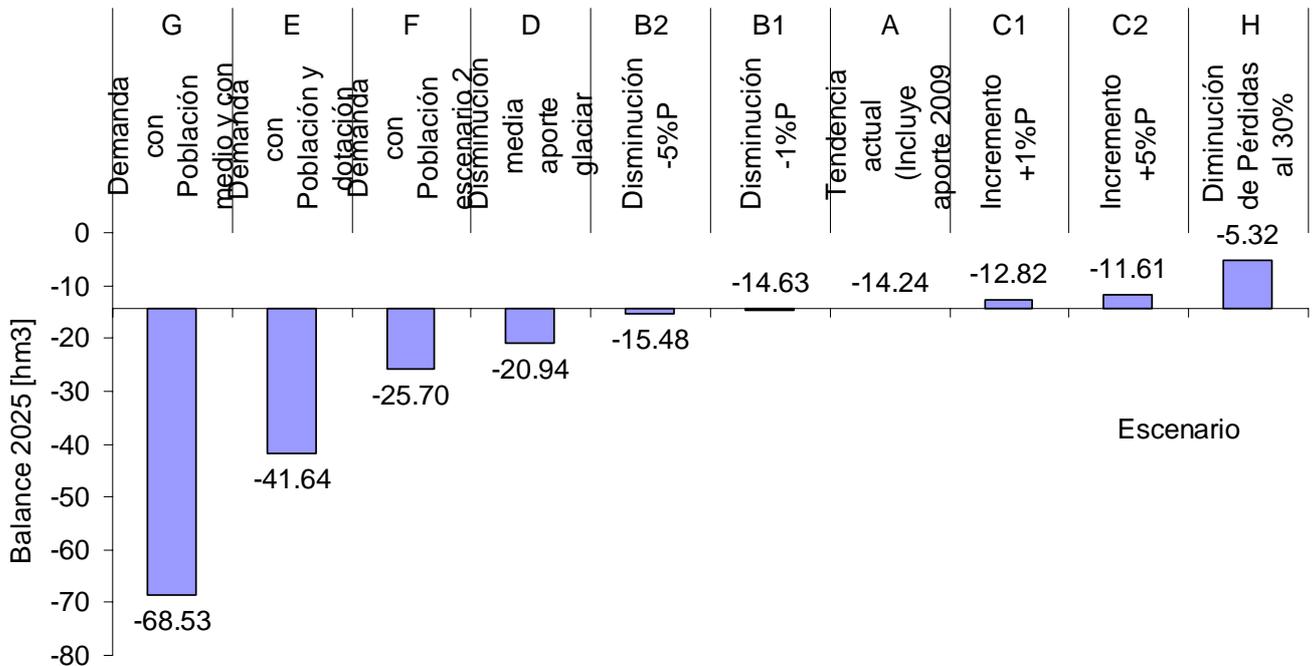
Fuente: Elaboración propia

Para los fines de este análisis, el sistema El Alto cubre las áreas de Meseta, Tilata y Ladera, incluyendo los aportes de Tilata establecidos al 2009. Los escenarios escogidos contemplan una gama de posibilidades, incluyendo entre ellos, el seguir la tendencia actual, analizar potenciales impactos de cambio climático traducidos en disminución de la precipitación o del aporte glaciar, así como la inclusión de potenciales cambios en la demanda, representados en

variaciones en la población y la dotación del sistema. Este marco también es empleado para el análisis de los otros sistemas.

El sistema El Alto con sus fuentes actuales (excluyendo la inclusión de Milluni como fuente activa), ya tiene déficit en su oferta de agua en fuentes.

**Figura 4.4: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema El Alto**



Fuente: Elaboración propia

La figura anterior desplaza el eje de abscisas al valor de balance de la tendencia actual, ilustrando de forma más clara las opciones positivas y negativas respecto a esta situación. Igualmente se ordena los escenarios desde los más negativos a los más positivos de izquierda a derecha.

Al igual que en la investigación de (Olmos C. 2011), se observa que las variables de mayor impacto en el sistema El Alto son las de tipo social, más precisamente las de consumo (dotación) y las demográficas.

Paralelamente se explora escenarios potencialmente positivos, los cuales disminuyen el déficit que tendría el Sistema El Alto el año 2025. Un posible incremento en la precipitación y la disminución de las actuales pérdidas a un nivel de 30%, serían positivos para esta situación.

Respecto a la temática de pérdidas se observa que si se hace un balance de los datos de operación, salida de red y volúmenes facturados, el valor de Agua No Contabilizada supera el 40%, sin embargo este valor no puede ser considerado como una pérdidas ya que se conoce que existen aparte de las pérdidas y conexiones clandestinas, problemas en la medición, contabilización de agua transferida y otros que aparentemente estarían sobre estimando este valor este valor.

Por estas razones el PRAA y EPSAS impulsaron el Programa de ANC de El Alto, que se encarga de hacer una evaluación más precisa de estos aspectos para el operador. Es en este sentido que se sugiere cautela al manejar estas cifras y principalmente, al tomarlas como una posible medida de mitigación para el potencial déficit de agua de El Alto.

Ciertamente las fuentes de Milluni, Tilata y eventualmente el aprovechamiento de la cuenca Kaluyo son y podrían ser opciones para gestionar la demanda de agua de este sistema en constante crecimiento.

La cobertura de barrios servidos por este sistema con agua de otros sistemas es una opción, el nuevo sistema Chuquiaguillo, proyecto impulsado por EPSAS es una opción de reducción de la demanda de El Alto.

Opciones de transferencia de agua potable también son posibles opciones de mitigación principalmente de Achachicala, con el mismo principio que el mencionado en el anterior párrafo.

#### 4.2.2 Sistema Achachicala

Los escenarios de modelación de gestión priorizados para fines de análisis de este Sistema son tres (ver Tabla 4.2), respecto a los cuales se discrimina el Balance por fuente. En el caso de la fuente Choqueyapu, se toma como valores referenciales los que actualmente EPSAS explota.

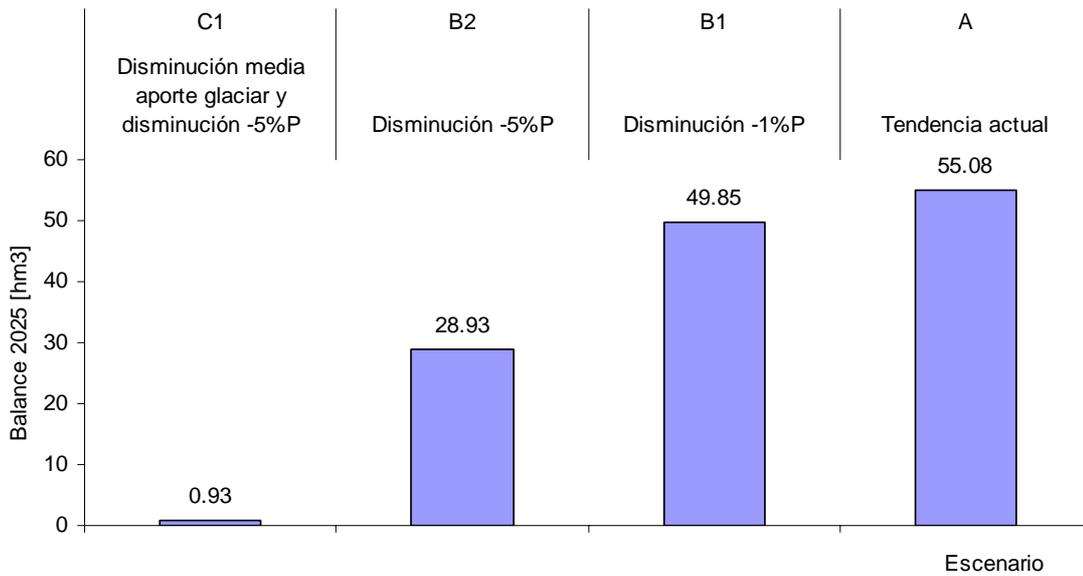
**Tabla 4.2: Escenarios de Balance y resultados, Sistema Achachicala**

<b>Sistema Achachicala</b>		<b>Balance 2025 [hm<sup>3</sup>]</b>	
		<b>Milluni</b>	<b>Choqueyapu</b>
A	Tendencia actual	55.08	-117.72
B1	Disminución -1%P	49.85	-121.22
B2	Disminución -5%P	28.93	-135.23
C1	Disminución media aporte glaciar y disminución -5%P	0.93	
C2	Disminución media aporte glaciar		-118.00

Es posible observar en los resultados presentados que la fuente Milluni es por demás suficiente para los requerimientos de gestión actuales del Sistema, el cual en nuestros días no tiene al crecimiento, observando que, más al contrario, la demanda y la cantidad de población servida por éste estaría disminuyendo por migración interurbana y siendo desplazada por actividades de tipo estatal y comercial.

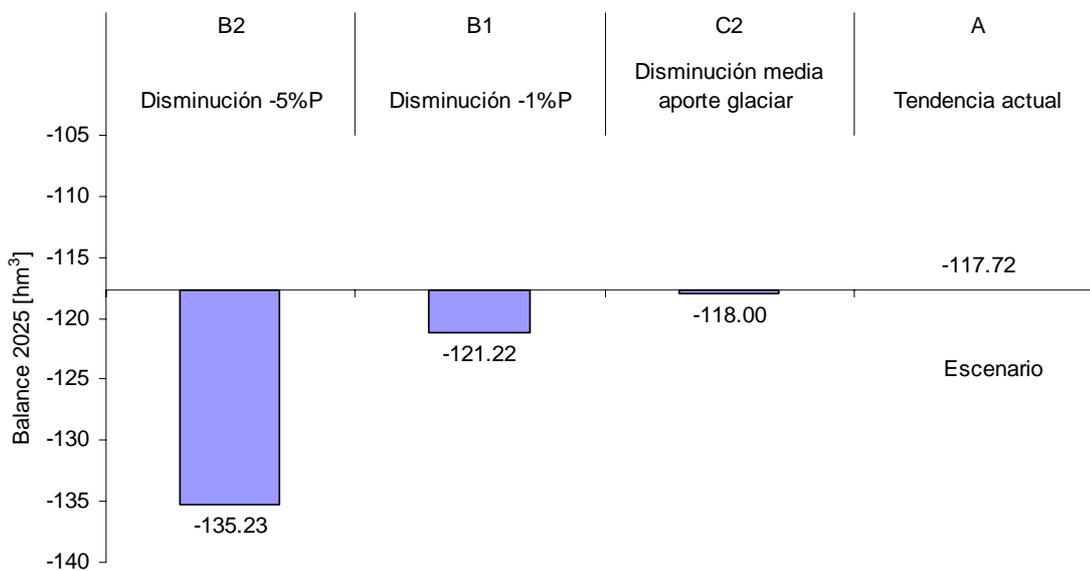
En el caso de la fuente Choqueyapu se introducen datos relativos a los niveles de explotación actuales sin regulación, lo cual cambiaría sustancialmente de existir una represa en la zona de Kaluyo y aumentaría sustancialmente la posibilidad de aprovechamiento de los recursos cuantificados en esta cuenca. Por si sola no abastecería a los requerimientos de la red servida por el Sistema, pero aumentaría la disponibilidad de agua a ser empleada o transferida a otros sistemas o el agua que podría ser tratada por Achachicala podría mejorar tanto en calidad como en cantidad, con la visión de posibles transferencias de agua potable entre sistemas para mejora de la resiliencia entre estos (Concepto de sistemas solidarios para la resiliencia respecto al Cambio y la Variabilidad Climática).

**Figura 4.5: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema Achachicala, fuente Milluni**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.6: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema Achachicala, fuente Choqueyapu**



Fuente: Elaboración propia

Se identifica un potencial escenario crítico el cual podría sobrevenir a causa de una combinación de disminución de la precipitación en un 5%, deshielo acelerado de los glaciares y solo uso de la fuente Milluni, lo cual dejaría el balance oferta demanda, con valores muy cercanos al equilibrio, observando que esto provocaría una potencial vulnerabilidad del sistema a eventuales mayores impactos. Claro está que la fuente Choqueyapu a pesar de su mala calidad, estaría a disposición para mitigar este impacto.

### 4.2.3 Sistema Pampahasi

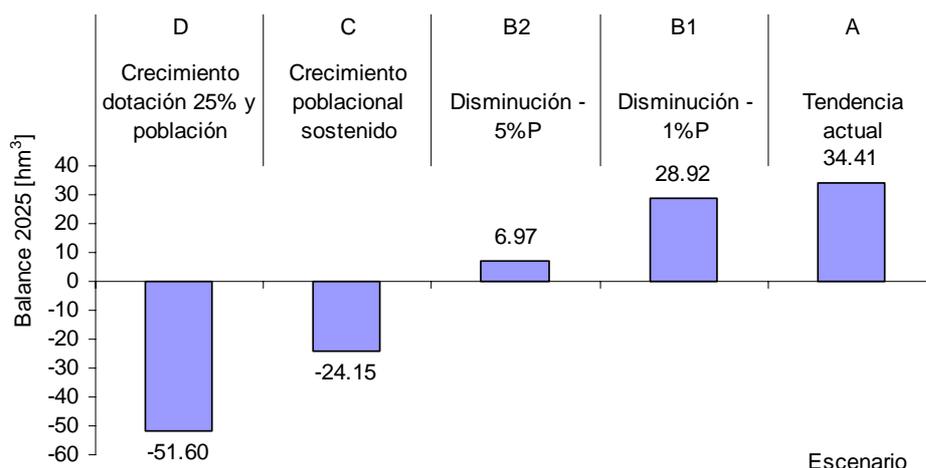
Para el sistema Pampahasi se consideraron los escenarios incluidos en la siguiente tabla, realizando los balances por fuente (Incachaca y Hampaturi) y en conjunto. La principal razón de este enfoque de análisis es el observar el comportamiento a futuro del Sistema Pampahasi, teniendo como única fuente a Hampaturi, haciendo notar que Incachaca pasaría a servir al nuevo sistema Chuquiaguillo.

**Tabla 4.3: Escenarios de Balance y resultados, Sistema Pampahasi**

Sistema Pampahasi		Balance 2025 [hm <sup>3</sup> ]		
		Hampaturi	Incachaca	Ambas
A	Tendencia actual	34.41	-310.56	244.13
B1	Disminución -1%P	28.92	-312.60	238.17
B2	Disminución -5%P	6.97	-320.75	200.55
C	Crecimiento poblacional sostenido	-24.15	-351.02	179.62
D	Crecimiento dotación 25% y población	-51.60	-396.57	152.17

Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.7: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema Pampahasi, fuente Hampaturi**

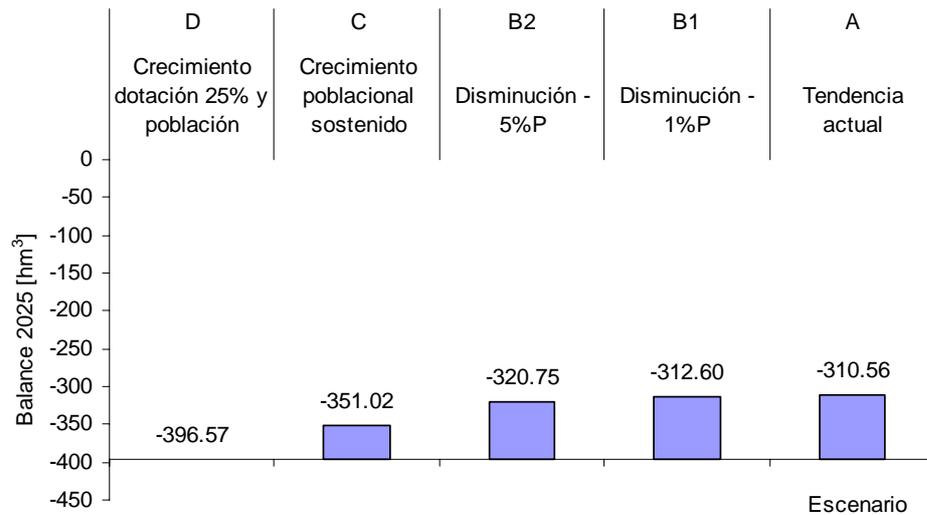


Los casos considerados en el análisis observan dos posibles situaciones de déficit en el caso de que Hampaturi actúe solo como fuente de Pampahasi y ambas se relacionan al potencial crecimiento poblacional sostenido o combinando un incremento moderado de la dotación, con un crecimiento medio de la población.

Igualmente la potencial disminución de un 5% en la precipitación implicaría que los márgenes de disponibilidad de la cuenca bajen considerablemente, lo cual si bien son suficientes para cubrir la demanda actual proyectada, no soportarían una combinación de eventos de densificación poblacional o crecimiento de esta variable de forma inesperada

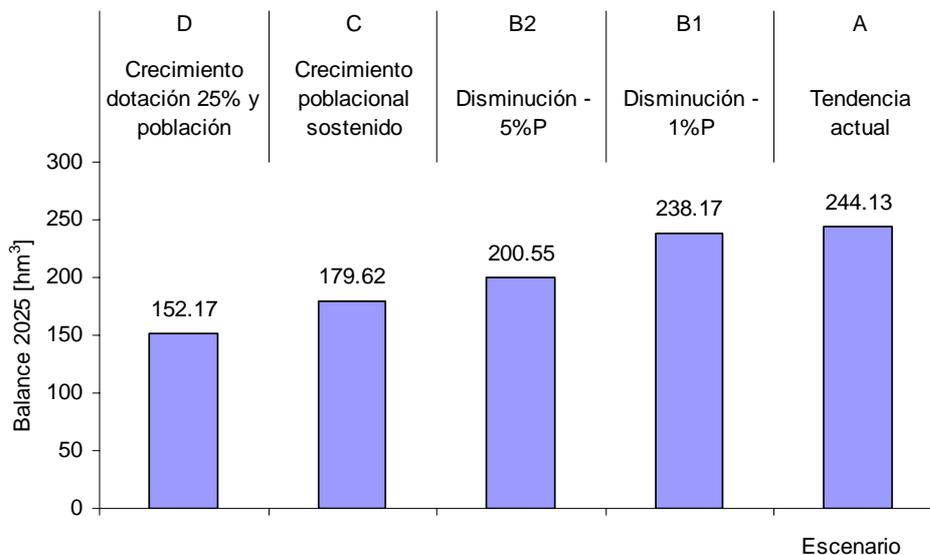
Se observa que se introduce los datos de la fuente Hampaturi asumiendo un 100% de regulación de sus recursos, es decir, tomando en cuenta la construcción de la nueva presa Hampaturi Alto.

**Figura 4.8: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema Pampahasi, fuente Incachaca**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4.9: Escenarios de Balance de Oferta y Demanda y resultados, Sistema Pampahasi, Ambas fuentes**



Fuente: Elaboración propia

Se confirma el hecho de que Incachaca por si solo sería incapaz de soportar la demanda de Pampahasi, aunque la combinación de fuentes, lo cual se da en el funcionamiento actual dan un amplio margen para cubrir las demandas del sistema referido.

Este gran margen puede ser engañoso el momento de disponer las fuentes para distintos sistemas, ya que podrían crear dos sistemas vulnerables si la gestión de estos no se la planifica de buena forma, observando las potenciales vulnerabilidad que se crearían en los escenarios analizados para Hampaturi como sola fuente de Pampahasi;

Igualmente se observa que los diseños de la Planta Chuquiaguillo están realizados para la entrega a red de aproximadamente 300 l/s, haciendo notar que la disponibilidad media de la fuente Incachaca, calculada en este estudio es de 7.99 mh<sup>3</sup>/año, equivalente a aproximadamente 250 l/s, considerando la regulación total y óptima del total de esta disponibilidad (No se admiten rebalses de la represa).

La idea de llevar adelante estos proyectos no es mala, ya que libera y alivia la gestión del agua actual, principalmente de áreas servidas por el Sistema El Alto que pasarían a depender de Chuquiaguillo. Sin embargo es necesario tener en cuenta los conceptos arriba mencionados sobre la creación de posibles vulnerabilidades a la hora de planificar su gestión.

Igualmente se recomienda fuertemente no anular la interconexión de la fuente Incachaca con Pampahasi, ya que esta aducción serviría para aumentar la resiliencia de Pampahasi y del nuevo Chuquiaguillo no solo frente a potenciales impactos del cambio climático, sino a emergencias en la operación de los sistemas.

## 5 IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE OPCIONES DE ADAPTACION

---

### 5.1 Conceptualización de la Resiliencia como meta de Programa

Desde el enfoque de ecosistemas se consigna la definición de resiliencia, similar a la que asume el campo de la física, es decir: ***“El grado con el cual un sistema se recupera o retorna a su estado anterior ante la acción de un estímulo”.***

La definición alude a la capacidad de respuesta que los ecosistemas naturales pueden tener frente a determinados cambios producidos por factores o agentes externos. Es decir, se refiere a los complejos procesos físicos y ciclos biogeoquímicos regenerativos que los componentes bióticos y abióticos de un ecosistema operan -en un tiempo determinado- como respuesta para recuperar su estado anterior al efecto producido por el factor externo, y en esa medida tender al equilibrio (siempre en constante cambio). *(Chamochumbi W. 2005)*

Para el caso del presente proyecto se asume el mismo concepto del Término resiliencia, respecto a los potenciales impactos del Cambio Climático (principalmente del retroceso glaciar) y de la variabilidad climática, sobre la gestión del Agua de las ciudades de La Paz y EL Alto.

Ahora bien, la gestión del agua está representada en la gestión que hace el operador EPSAS y los aspectos concernientes a ésta, mismos que son relativos incluso a las actividades cotidianas del operador, su relación con la población servida, sus procesos internos, labores y otros que son inherentes a sus quehaceres sobre la gestión de fuentes, infraestructura, proyectos, toma de decisiones, gestión de demandas, estos últimos más ligados al contacto y trabajo directo con el recurso agua. En este marco podemos entonces decir que trabajar en la resiliencia de la gestión del agua, también entonces implica trabajar en el aumento de la resiliencia del operador y de su gestión.

El enfoque presentado por el consultor basa entonces en el anterior supuesto, observando necesario realizar primero un diagnóstico rápido no solo de los recursos y de la gestión del agua (que ya es presentada a través de la modelación de la gestión, ver Capítulo 4 de este documento), sino del operador mismo. Este aspecto se presenta rápidamente en el inciso 5.2.

Paralelamente, a fin de ordenar criterios, Identificar y Priorizar Opciones de adaptación, el consultor propone a la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) y su teoría, como un marco ideal al cual se desea llegar, aplicándolo a la Gestión de los Sistemas de distribución representados en los aspectos de la gestión identificados a través de la modelación de la Gestión (Capítulo 4) y en los aspectos ligados al marco de trabajo del operador rápidamente resumidos en el inciso 5.2) de este documento.

Esta propuesta es presentada en el inciso 5.3, en el cual se habla sobre los criterios y conceptos de la GIRH y se los relaciona a los aspectos antes referidos, a fin de llegar a identificar y priorizar las opciones de adaptación y de incremento de la resiliencia de la Gestión del Agua de La Paz y El Alto, aspecto que es motivo del presente capítulo y del Producto No 6 del Consultor.

## **5.2 Estado del Arte de la Gestión del Agua Potable**

La presentación del estado del Arte de la Gestión Actual del Agua potable de las ciudades de La Paz y El Ato es realizada de forma sintética a fin de que sea introductoria y accesoria al análisis realizado en le punto 5.3.

### ***Marco Legal***

No existe una ley de aguas consolidada, ni políticas de distribución y de uso estratégico del agua a nivel país.

### ***Marco Institucional del Operador***

El operador aún funciona bajo el modelo de gestión administrativa que es herencia de la capitalizada Aguas del Illimani S.A. (AISA), que fue cesada del contrato de Concesión como operador de aguas de La Paz y El Alto entre los años 2006 y 2007.

Se considera una empresa social sin embargo aún se rige por un modelo de sociedad anónima. La calidad de Empresa Social se denota principalmente en la presencia hacia las necesidades del consumidor en cuanto a extensión de red, sin embargo este aspecto hace descuidar la gestión de fuentes, donde hay menos inversión que en redes.

### ***Gestión actual del Agua***

#### ***Relación de la gestión del agua en las dos ciudades***

El funcionamiento de las dos ciudades está íntimamente ligado y no se puede separar administrativamente... separarlo sería negar el origen y la simbiosis natural que ambas regiones han desarrollado entre sí. Esta situación es aplicable a la gestión del agua igualmente.

La mancha urbana compuesta de las ciudades de La Paz y de El Alto tiene una dinámica que relaciona los sectores que las componen, aspecto que se refleja en la diferenciación de sus consumos. Cualquier cambio que suceda en uno de estos sectores, afecta también en el desarrollo de los otros sectores, es decir la separación administrativa de ambas ciudades no es válida para el concepto de gestión del agua.

### ***Jurisdicciones del agua y uso de fuentes***

La fuente Tuni del Sistema El Alto se encuentra en el municipio de Pucarani y el acuífero Tilata se extiende a través de los municipios de El Alto, Viacha y Laja. Este sistema sirve tanto a la ciudad de El Alto en toda su extensión, como a la ladera oeste de la ciudad de La Paz.

Las fuentes de La Paz se hallan en su territorio, sin embargo en un área rural que reclama el derecho de uso de este recurso. La fuente Milluni se encuentra en el municipio de El Alto, pero con reclamos de jurisdicción de La Paz.

Las áreas de expansión potencial cubren áreas de otros municipios: Viacha, Laja, Mecapaca, Palca.

### ***Redes***

Las redes de los tres sistemas tienen fronteras muy cercanas, que no son tampoco claras para el operador, en entonces que la diferenciación de agua transferida entre sistemas no está bien definida para fines de contabilidad de aprovechamiento del recurso.

### ***Conocimiento de los recursos disponibles***

El presente cuantifica por primera vez de forma extensiva, luego del Plan Maestro 1994 la disponibilidad del recurso agua en las fuentes de explotación actual de EPSAS y las cercanas a estas consideradas como de potencial uso en un futuro cercano.

### ***Balances Oferta y Demanda***

Igualmente el presente trabajo presente este balance dejando en claro el balance frágil de agua en El Alto, la posible vulnerabilidad del Sistema Pampahasi respecto a ciertos escenarios y la potencial disponibilidad de la capacidad de tratamiento de Achachicala el cual a nivel de área servida presenta ya una saturación en población, cambio de uso o de actividades en su interior, que dejan su capacidad sub utilizada, observando que el mismo podría servir como un sistema de enlace y apoyo a los otros dos para fines de resiliencia no solo climática, sino de la gestión global del agua de La Paz y El Alto.

### ***Aguas subterránea***

El sistema Tilata apoya en gran medida al Sistema El Alto, las condiciones de su acuífero no son conocidas del todo y están en investigación. El presente estudio observa un potencial cruce de radios de influencia de pozos lo cual denota una potencial sobre explotación del acuífero en su parte superior, no por el agotamiento de volúmenes sino de limitación de caudales, igualmente por los tiempos de viaje del agua subterránea, se observa un recarga limitada y mínima (cálculo preliminar 0.5 hm<sup>3</sup>/año)

## **Optimización del uso actual de fuentes y sistemas en explotación y potencial uso de nuevas fuentes**

### **Proyectos en marcha, con diseño o por ejecutar el diseño o su construcción**

A continuación se enumeran los proyectos impulsados por EPSAS e instituciones o proyectos cooperantes, para la mejora de la gestión del agua y la ampliación de recursos en agua para la gestión de la demanda.

- ✚ Estudio de Diseño Presa Huayna Potosi y MIC (Incluye opción de interconexión de lagunas de Tuni)
- ✚ Estudio de Diseño ampliación Canal Huayna Potosí y Obra de Toma
- ✚ Ampliación Planta El Alto. (Uso de aguas Milluni)
- ✚ Cambio de material de Canal de conducción Huayna Potosí tramo interno en represa conducción a segundo vaso.
- ✚ Proyectos sobre la rehabilitación de la toma Condoriri.
- ✚ Estudios de ampliación y reparación de pozos Tilata; Proyecto de ampliación del número de pozos, diseño y planos de ejecución (de los pozos ya rehabilitados y nuevos construidos).
- ✚ Estudio de Diseño Presa Hampaturi Alto y MIC
- ✚ Estudio de Diseño Planta Chuquiaguillo, aducción y conducción
- ✚ Estudio de Análisis Alternativas Kaluyo, CAF.
- ✚ Estudio de gestión de lodos de Achachicala y El Alto
- ✚ Alternativa o estudio sobre nueva obra de Toma Choqueyapu
- ✚ Estudio Alternativa uso fuente Jancko Khota (Diseño de la presa)
- ✚ Proyectos de mejora del canal existente
- ✚ Proyectos de mejora del canal By Pass
- ✚ Proyectos de manejos Integrales de Cuenca disponibles en las cuencas fuente, Tuni y Hampaturi.
- ✚ Análisis de Agua No contabilizada
- ✚ Equipamiento de sistemas de control en tiempo real (SCADA)
- ✚ Equipamiento de medidores.
- ✚ Proyectos de rápida implementación para la gestión del agua de La Paz y El Alto (PRAA en proceso de licitación)

### **Relación tiempos de proyecto y necesidades.**

La experiencia ha demostrado que los tiempos de gestión de proyectos y de compromisos de hacerlos realidad no son compatibles.

### **Gestión social y construcción de consensos**

La gestión y uso tanto de cuencas en explotación y de fuentes futuras está ligada estrechamente a la gestión social del uso de éstas. Actualmente esta es la mayor problemática a ser superada y más que todo a ser llevada a consensos. Los profesionales de producción de EPSAS, actúan como gestores sociales y viabilizan acuerdos para fines de que la explotación de las fuentes siga dándose en el marco actual.

Ahora bien la gestión de las nuevas fuentes deberá igualmente pasar por esta gestión con la diferencia que las exigencias de uso y compensación serán mayores y principalmente pasarán por un uso compartido del recurso que permita el desarrollo de las comunidades aguas abajo de las fuentes, incluyendo entre los usuarios de estas a regantes, ganaderos de camélidos, usuarios para agua de consumo humano con perspectivas de desarrollo.

Esta situación crea la necesidad de construir consensos y de conceptualizar un uso compartido de agua en un área que abarca potencialmente 7 municipios: La Paz, El Alto, Mecapaca, Palca, Viacha, Laja, Achocalla.

### **5.3 Marco Teórico de la GIRH y su Aplicación para los fines de Proyecto**

A través del marco de GIRH se observan las necesidades de la Gestión del agua y a partir de ellas a su vez, se identifican y priorizan las que corresponden a la adaptación en el marco de la Resiliencia de los Sistemas respecto a los potenciales impactos del Cambio Climático

El marco teórico de la GIRH en el cual se basa la presente propuesta de análisis está basado en los criterios de la Global Water Partnership (GWP) sobre la GIRH, su implementación y su uso como marco de trabajo principalmente en sus publicaciones aplicación marco de la GIRH y de su implementación por cuenca de aporte. (GWP 2007; GWP 2009). Las referencias teóricas que se hacen en este capítulo pertenecen principalmente a estas referencias.

Si bien el concepto marco de la GIRH tiene como enfoque mayor la mejor gobernanza del agua para una mejor gestión del recurso, creando acuerdos y dando herramientas para la mejora de esta, aspecto que es compatible totalmente con el concepto de resiliencia, es necesario absolutamente distinguir lo que es posible a corto a plazo, de necesidad inmediata y de posible aplicación.

El marco teórico presentado tiene tres ejes principales de referencia, los cuales son resumidos en la siguiente figura y son desarrollados en referencia a la Gestión del Agua de La Paz y El Alto a lo largo del presente capítulo, llegando finalmente a una matriz de identificación de actores, priorización, potencial de plazo de ejecución, por línea de acción y por temática particular de dichas líneas. Esta matriz es la herramienta principal de priorización del consultor y la propuesta de Identificación y priorización de opciones, parte de ella (ver Tabla 5.1).

### **5.3.1 Ambiente Propicio**

#### **5.3.1.1 Políticas**

Consiste en la fijación de objetivos para el uso, protección y conservación del agua mismas que deben ser claras ya que son las reglas del juego que fijan las instancias superiores, es decir el gobierno central, las gobernaciones y los municipios en ese orden.

La formulación de políticas es un rol gubernamental medular. A través de sus políticas, el gobierno puede delimitar las actividades directas e indirectas de todos los grupos de interesados, incluyéndose a sí mismo. (GWP).

En la actualidad, la Nueva Constitución Política de Estado (CPE), precisa que estas políticas sean consultadas a los beneficiarios, lo cual es un proceso largo, que sin embargo debe tener como norte y prioridad tanto las políticas nacionales respecto al uso estratégico del agua por región, dando luego paso a las prioridades regionales, departamentales, municipales y de desarrollo de la población.

Esta clara la prioridad y necesidad de desarrollo de la población, sin embargo no se debe dar de lado las políticas de uso de agua regionales y nacionales, observando de que en caso de existir conflicto con los intereses de la población en ciertas regiones, existan los mecanismos de compensación en opciones de desarrollo de los afectados. El principio de estas políticas parte del bien común y de muchos respecto al de pocos, sin embargo, sin relegarlos y dándoles las compensaciones justas, principalmente en opciones reales de desarrollo, más que en infraestructura o económicamente o de opciones que podrían calificarse como clientelistas.

#### **5.3.1.2 Marco Legal**

El agua es un recurso efímero y escaso para múltiples usos, lo que puede ser causante de conflictos, influencias negativas externas y conflictos encontrados. Es también renovable y su uso sostenible requiere una gestión integrada. La legislación hídrica puede crear un marco para la gestión integrada y determina la forma como los factores económicos se relacionan con los recursos del agua, proporcionando el contexto para las actividades hídricas individuales, comunales, públicas y privadas (GWP).

#### **Derechos del agua:**

El derecho hídrico es el derecho al uso del agua – no a adueñarse de ella. Una buena ley hídrica reconoce y admite los derechos y usos existentes, incluyendo los usos acostumbrados y los derechos de las poblaciones indígenas (GWP), de origen y comunitarias que habitan las fuentes. (Olmos C. 2011)

Actualmente la Nueva Constitución Política de Estado otorga prioridad en los derechos de uso a quienes son propietarios de los terrenos o comunarios del territorio en el cual se tiene el recurso agua.

La Gestión del agua debe ser realizada bajo este marco, observando que la casi totalidad de las fuentes en explotación o de potencial uso se encuentran en zonas periurbanas o rurales.

Estos derechos deben ser velados por el operador en el proceso de su gestión y la legislación vigente, con la observancia de las organizaciones territoriales.

Antiguamente este derecho no era respecto, ni figuraba en la legislación, por lo cual se cometieron muchos atropellos de uso de fuentes beneficiando zonas urbanas en desmedro del uso aguas abajo de la cuenca, lugares empobrecidos donde generalmente se precisan opciones de desarrollo.

Este aspecto no es olvidado por las comunidades y pesa actualmente en el hecho de tratar de explotar nuevas fuentes o de cambiar las reglas de uso de las fuentes en explotación para la optimización de estas. Dichas iniciativas ahora cuentan con una fuerte oposición de las comunidades de aguas abajo de fuentes y su aprovechamiento implica un proceso arduo de negociación y de compensaciones.

El operador de aguas de La Paz y El Alto (SAMAPA, AISA en su momento y EPSAS actualmente), en el proceso de Gestión ha pactado el uso del recurso con las comunidades aguas abajo de sus fuentes, con la compensación con infraestructura, uso compartido del agua. Estos convenios son los que asignan actualmente en las fuentes en explotación los derechos del agua que pueden ser consignados como **Usos y Costumbres**.

Sin embargo en las nuevas fuentes este proceso tiene nuevas reglas de negociación bajo la premisa de la propiedad del agua y prioridad de uso según la nueva CPE.

### **Legislación para la calidad del agua**

Las medidas para proteger la calidad del agua deben estar codificadas en la legislación y pueden ser preventivas o correctivas. (GWP).

Actualmente la ley del Medio Ambiente 1333, consigna límites de calidad de efluentes y afluentes, los cuales sin embargo no han sido aplicados del todo por falta de un reglamento específico, aspecto que es tarea pendiente de los legisladores, la cual debe ser coherente con los intereses de uso aguas abajo del vertido o del usuario y que debe ser acatado por el operador y los privados que se sirven del recurso agua.

### **Reforma de la legislación existente**

El papel de las leyes hídricas es implementar, hacer cumplir las políticas, y proporcionar efectivos mecanismos administrativos y regulatorios en los niveles apropiados. Por lo tanto, las leyes hídricas son herramientas poderosas para apoyar la GIRH. Según la modernidad, la legislación hídrica apoyada por la GIRH debe salir del desarrollo de políticas hídricas integradas y lógicas. (GWP).

En Bolivia no se tiene una Ley de Aguas, actualmente se tiene más de 10 versiones preliminares de ésta sin haber sido promulgada debido a falta de acuerdos entre sectores. Es entonces el primer paso la formulación de esta legislación que puede incluir los criterios necesarios para la GIRH, sin embargo no se puede esperar esta promulgación a corto plazo visto los antecedentes sobre la formulación y puesta de acuerdo sobre esta ley.

Se observa que esta ley sería la principal herramienta de trabajo y marco de la Gestión del Agua, que sin embargo por ahora y probablemente por mucho tiempo se deba prescindir, incluso en el caso de su promulgación se deberá esperar reglamentos específicos que normen la gestión y den prioridades de usos, derechos y políticas a seguir.

### **5.3.1.3 Estructuras de financiamiento y de Incentivos**

#### **Políticas de inversión**

Utilizando políticas económicas e inversión pública, los gobiernos pueden hacer, conscientemente o inconscientemente, que esto tenga un efecto significativo en el sector hídrico. Los gobiernos son responsables de las políticas de inversión que afectan al sector hídrico en tres niveles: Políticas macroeconómicas, Inversión pública e Inversión pública y privada en el sector hídrico (GWP).

En el caso nacional es necesario recordar que estas políticas se dan de forma anual o a corto y no a largo plazo; Igualmente las instancias territoriales administrativas tales como la Gobernación y los Municipios también tienen a su cargo estas inversiones, sin embargo la Unidad Geográfica de la gestión del Agua es la cuenca, la cual no distingue y trasciende estos límites, lo cual hace dificultoso en algunos casos la puesta de acuerdo para dichas inversiones “trans-municipales” y “trans-departamentales”.

Existen los Planes de Manejo Integral de Cuencas dependientes de instancias del Gobierno Central, que sin embargo en su aplicación chocan con las competencias administrativas de Gobernaciones, municipios y de Tierras comunitarias.

En el caso de la Gestión del Agua de La Paz y El Alto no se debe olvidar que las fuentes que sirven a El Alto y parte de La Paz (sector laderas), se encuentran en el municipio de Pucarani y que las potenciales fuentes de aguas subterráneas pertenecen a un acuífero compartido entre los municipios de Laja, Viacha y de El Alto, aspecto que cae en la problemática de legislación referida e interfiere en las políticas de inversión macroeconómicas y regionales.

Actualmente las inversiones están siendo canalizadas y gestionadas principalmente por el operador aspecto que se refiere en el siguiente inciso.

#### **Opciones de financiamiento I: donaciones y fuentes internas; II: préstamos y capital propio**

EPSAS actualmente es el sujeto de crédito o gestor principal o de diversas fuentes de financiamiento, aspecto que es positivo, demostrando la fortaleza del operador respecto a generar propias inversiones que hacen posible una autogestión con recursos propios y la atracción de donantes, prestamistas e inversiones.

Las políticas macroeconómicas de inversión deberían tender a apoyar los esfuerzos del operador en esta autogestión, aspectos que en los últimos tiempos se ha estado dando con el apoyo del MMAYa y otros gestores relacionados a la Inversión Hídrica y al Cambio Climático.

## 5.3.2 Roles Institucionales

### 5.3.2.1 Creación de un marco organizacional

Concepto de Formas y Funciones. Sin políticas apropiadas las instituciones no pueden funcionar—sin instituciones apropiadas las políticas no funcionarán—y sin un conjunto de políticas e instituciones que funcionen, el manejo de las herramientas es irrelevante (GWP).

#### ***Reformando instituciones para una mejor gobernabilidad del agua***

La gobernabilidad del agua se refiere a los sistemas políticos, administrativos, económicos y sociales que existen para administrar los recursos y servicios hídricos y es fundamental para administrar los recursos hídricos de manera sostenible y para proveer un acceso a los servicios hídricos para propósitos domésticos o productivos (GWP).

Los modelos de gobernabilidad deben ajustarse a las particularidades sociales, económicas y culturales prevalecientes en un país, pero ciertos principios o atributos básicos son esenciales. El enfoque empleado para la gobernabilidad del agua debe ser transparente, inclusivo, coherente y equitativo (GWP).

Del mismo modo, el sistema de gobernabilidad debe ser responsable, eficiente y sensible. Una mejor gobernabilidad requiere de la participación del gobierno, de la sociedad civil y del sector privado, pues todos son útiles de distinta manera para la implementación exitosa de las reformas institucionales. (GWP).

Al respecto es preciso observar lo referido en el inciso 5.3.2.1 sobre la ausencia de políticas y la imposibilidad de que las instituciones funcionen.

Actualmente EPSAS es conceptualizada como una empresa Social del Agua, que sin embargo se encuentra aún en transición del modelo capitalizado que terminó en 2006-2007 al modelo social que desea el gobierno central. El funcionamiento de EPSAS se da aún como una empresa de Sociedad Anónima y privada.

La indefinición de su marco institucional hace que no se defina una meta estratégica de empresa, temiendo en algunos casos de que ésta desaparezca y de lugar a empresas municipales que atomicen la administración del servicio, para un servicio que precisa ser más bien compartido y coordinado no solo entre las ciudades de La Paz y El Alto, sino que incluya además como actores a los territorios de las fuentes y a las áreas de expansión que se encuentran en otros municipios.

#### ***Organizaciones de cuencas hidrográficas***

Las Organizaciones de Cuencas Hidrográficas (OCH) son organizaciones especializadas establecidas por autoridades políticas, o como respuesta a las demandas de los grupos interesados. Las OCH tratan asuntos relacionados con la gestión de los recursos hídricos en las cuencas hidrográficas, en las cuencas en lagos, o a lo largo de acuíferos importantes. Este apartado se enfoca en las organizaciones de cuencas nacionales, que no trascienden límites estatales (GWP).

La organización de estas autoridades sería deseable para el tipo de gestión del agua que se debe hacer, ya que como se indicó anteriormente, ésta trasciende los límites administrativos municipales.

### **Organizaciones reguladoras y agencias de control**

Las organizaciones que velan por la regulación y el cumplimiento tienen un papel muy importante para establecer y asegurar la aplicación efectiva de las herramientas para construir la GIRH. Sus funciones varían desde la asignación de las tarifas, la gestión medioambiental relacionada a su uso y la calidad del agua, el planeamiento del uso de la tierra y el manejo financiero de la gestión de los recursos hídricos por parte del estado. (GWP)

Actualmente la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico (AAPS), tiene esta labor, sin todas las características ideales del marco de la GIRH, esta institución no regula la planificación del Uso de Suelo ya que este aspecto corresponde al sector de planificación del Gobierno.

Se observa que una vez que se promulguen las nuevas leyes y reglamentos del agua y que se dicten las políticas a seguir, además de las prioridades del uso del agua, derechos, límites de uso en concordancia con el desarrollo territorial, el rol de la AAPS debería ser reformulado.

Una intervención o reformulación a corto plazo sin el Ambiente propicio, no tendría razón de ser.

### **Fortalecimiento de los servicios hídricos en el sector público - Proveedores de servicios y la GIRH**

Los servicios públicos proveen la mayor parte de las necesidades hídricas – incluyendo la regulación y la protección de ecosistemas, así como el abastecimiento del agua, el saneamiento y la infraestructura para la irrigación. (GWP).

En el caso boliviano los principales proveedores de servicios son entidades públicas sociales como lo es EPSAS, por lo tanto el concepto de proveedor de servicios y servicios hídricos del sector público se fusionan para el caso de La Paz y El Alto.

El sector privado tuvo su oportunidad como dador de servicios en el tiempo de la capitalización de los operadores del agua en Bolivia con finales trágicos en Cochabamba (Guerra del agua) (Poupeau F. 2002) y expulsiones del operador privado (AISA 2006-2007), por estas razones no se incluye en el presente análisis el concepto de introducción de privados en la Gestión.

A pesar de las experiencias de Cochabamba y La Paz, es rescatable el modelo organizacional que heredó AISA a EPSAS con el cual aún trabaja el operador.

El fortalecimiento es una tarea constante.

### **Instituciones de la sociedad civil y organizaciones de base – Autoridades Locales**

Las Instituciones de la Sociedad Civil (ISC), las Organizaciones No Gubernamentales (ONGs) y las Organizaciones Comunitarias de Base (OCB) pueden jugar un rol importante en el desarrollo y comunicación de las políticas de GIRH. (GWP).

Existe una gran variedad de entidades bajo esta etiqueta – desde organizaciones comunitarias de base y ONGs locales informales hasta más formales. Estas organizaciones complementan las actividades gubernamentales y están involucradas en el desarrollo a nivel local, la defensa, la búsqueda de acción y la movilidad social. Son entidades importantes y, aparte de su trabajo de desarrollo, frecuentemente se encargan de atender a grupos pobres y marginales (GWP).

Sin embargo, ha habido una proliferación de organizaciones civiles y no gubernamentales, que a pesar de ser bien intencionadas, son frecuentemente irresponsables y pueden operar por un estrecho interés particular sin responsabilidad por las consecuencias de sus actos. Ellas no son, ni deben ser, consideradas como un sustituto del gobierno, y este no debe abdicar su responsabilidad (GWP).

Los aspectos que refiere la GWP son casi cabales para la descripción de la situación actual.

Se considera que es necesaria la promoción de las organizaciones sociales, dentro de un marco de concertación y conciencia sobre el uso del agua para un beneficio común y no aislado.

Los acuerdos de uso de fuentes en los que basa su explotación EPSAS, reflejan este concepto de trabajo, sin embargo se prevé que un cambio en la disponibilidad del agua, podría llevar a un desbalance y ruptura de estos acuerdos.

De allí nace la importancia de la consolidación de estos en un marco equitativo de uso del agua tanto para la ciudad como para el desarrollo de las comunidades aguas abajo de las fuentes principalmente.

La aceptación de mediadores no sería aceptable si se dan en los malos términos que describe la GWP, por lo cual la creación de unidades de interacción social constante en el mismo operador y que tenga aval del Gobierno Central y de los gobiernos municipales sería una tarea prioritaria.

La gestión de las fuentes, de su uso, sería la principal tarea, además de la interacción con nuevos usuarios que plantean demandas sociales al operador.

La formación e información de autoridades locales es una tarea principal dentro del nuevo modelo de inclusión en la gestión del agua a los pobladores de aguas abajo de las fuentes. Esta formación debe obedecer a una conciencia social y bien común, sin olvidar sin embargo las necesidades de defensa de su derecho al uso del agua como motor de su desarrollo.

Esta actividad es responsabilidad del gobierno local y central, que sin embargo debe establecer coherencia respecto a los fines de la gestión del agua, del uso compartido, de la oportunidad al desarrollo y de las políticas de desarrollo regionales. El gobierno debe responder a esta capacitación de defensa de derechos con oportunidades reales para su desarrollo y para ejercer dichas conquistas.

### **5.3.2.2 Construcción de capacidad Institucional**

#### **Capacidad para participar y empoderamiento en la sociedad civil**

El público (la sociedad civil) debidamente organizado, puede convertirse en un aliado central en la Gestión del Agua. Por lo tanto, pueden ser totalmente responsables de algunos elementos relacionados con la gestión del agua. (GWP).

Este concepto es complementario al emitido en el inciso anterior. En la práctica actualmente no existe esta formación de líderes ni de información de no solo derechos respecto al agua, sino también deberes.

La responsabilidad de esta formación equitativa y concientización de una gestión sostenible y compartida del agua debería recaer en las autoridades locales e institucionales que orienten a la sociedad civil en los planes estratégicos de uso común del agua a niveles regionales y no locales.

#### **Entrenamiento para construir capacidad en los profesionales del sector hídrico**

El entrenamiento para los profesionales del sector hídrico es una herramienta necesaria para construir capacidad y es necesaria a través del espectro completo de organizaciones del sector (GWP).

Actualmente se hace necesario un entrenamiento que conjugue el componente técnico con la gestión social, ya que la definición de uso de fuentes se da en la factibilidad de llegar a acuerdos con los actores sociales de aguas abajo de las fuentes o con los usuarios en el caso de la gestión de la demanda.

### **5.3.3 Instrumentos de la Gestión**

#### **5.3.3.1 Evaluación de los Recursos Hídricos**

##### **Conocimiento base de los recursos hídricos**

Una evaluación de los recursos hídricos involucra tener un panorama holístico de los recursos hídricos en el país o región determinado, relacionándolo con el uso que la sociedad le da. La evaluación mira tanto a la cantidad como a la calidad del agua superficial y subterránea. Identifica los parámetros pertinentes del ciclo hidrológico, y evalúa los requisitos del agua para diferentes desarrollos alternativos. (GWP).

El presente servicio contribuye con este aspecto, sin embargo es labor del operador la gestión de nueva información, modelación de nuevos escenarios, para mejorar cada vez este conocimiento.

##### **Evaluación de los recursos hídricos - Modelación en la GIRH (Sistema de apoyo a las decisiones)**

La Evaluación de Recursos Hídricos (ERH) es una herramienta para evaluar los recursos del agua en relación a un marco de referencia, o evaluar la dinámica de los recursos hídricos con relación a los impactos humanos o a la demanda. (GWP)

Los Sistemas de Apoyo para las Decisiones y el Modelaje (SAD) son herramientas complementarias. Un modelo es una descripción simplificada de un sistema para ayudar a hacer predicciones y cálculos. (GWP)

El presente servicio contribuye con este aspecto, sin embargo es labor del operador la gestión de nueva información, modelación de nuevos escenarios, para mejorar cada vez este conocimiento.

### ***Desarrollando indicadores para la gestión de los recursos hídricos***

Los indicadores para la gestión del agua son una herramienta importante en el desarrollo de las políticas hídricas, en el establecimiento de metas y objetivos y en el monitoreo de la gestión del funcionamiento (GWP).

Las variaciones temporales y espaciales en los elementos del ciclo del agua, tales como disponibilidad de los recursos hídricos (m<sup>3</sup>/persona/año), uso del agua (litros/persona/día) o Eficiencia en el uso del agua (asegurando a la sociedad el mayor valor por m<sup>3</sup> del uso del agua) o La efectividad y eficiencia de la distribución (p.ej. costos del agua (\$/m<sup>3</sup>), cantidad de hogares servidos, áreas servidas por diferentes tipos de sistemas de irrigación) o Calidad del agua y biodiversidad/ecología (p.ej. número de especies/km<sup>2</sup> o extensión del río, calidad del agua superficial) o Cumplimiento en el servicio de abastecimiento de agua (GWP).

Esta es una labor que ya la realiza EPSAS, los indicadores sin embargo deben ser consolidados en función a los fines de la Gestión del Agua según la particularidad de la situación actual y potencial de cada sistema que :

- ✚ En el caso actual de El Alto, determinen la emergencia de cubrir la demanda y garantizar su cobertura a futuro,
- ✚ En el caso de Pampahasi determinen que el uso del agua sea el adecuado para la implementación del sistema Chuquiaguillo y la sostenibilidad propia de cara a los potenciales cambios previstos en la disponibilidad hídrica o en las variables demográficas.
- ✚ En el caso de Achachicala concebirlo como eje de la resiliencia entre sistemas y que su sub explotación sirva para incrementar ésta a fin de apoyar a los otros sistemas de la ciudad.

### ***Evaluación de ecosistemas***

Esta herramienta incluye la gestión del agua fundamentalmente de los ríos y en las reservas de aguas subterráneas, con el fin de minimizar el impacto que tiene el uso del agua sobre las funciones ecológicas de los sistemas acuáticos. El principio consiste en que la biota acuática natural pueda sobrevivir y reproducirse si los regímenes de flujo naturales son mantenidos o simulados (GWP).

En el caso nuestro, observamos que es un aspecto que se lo toma en cuenta en el seguimiento ambiental y que debe ser reforzado sin embargo a futuro, lo cual debe ir de la mano con el establecimiento y consolidación de las líneas estratégicas de gestión.

No se toma en cuenta en la priorización de esta evaluación de forma aislada, ya que se considera que la misma debe incorporarse paralelamente y en coherencia con la gestión del agua y la planificación del Manejo Integral de la Cuenca o cuencas hidrográficas, aspecto que es referido más adelante en la planificación.

### **5.3.3.2 Planes para la GIRH**

#### **Planes nacionales integrados de recursos hídricos**

Las políticas y decisiones relativas a la gestión de caudales de los recursos hídricos están determinadas a nivel nacional (GWP).

Los planes nacionales deben ser coherentes respecto a las prioridades nacionales, que deben primar sobre intereses de pequeños grupos pero sin olvidarlos (como se mencionaba al inicio del apartado 5.3)

La política Nacional no es clara respecto a la prioridad de las ciudades importantes respecto al campo u otros competidores del agua y tampoco lo es claro de cómo esta competencia por el uso del agua pueda ser justa y equitativa.

El gobierno central deja la resolución de conflictos de uso de agua a los gestores locales, interviniendo cuando el conflicto es grande e irresoluble. La determinación de políticas claras sobre prioridades de uso, de uso de interés nacional, uso de ciudades importantes para su desarrollo, de equidad en el uso del agua y de oportunidad de desarrollo deben ser claramente definidos por sectores por el Gobierno Central de forma que se minimicen los problemas a nivel local.

Ahora bien, por ejemplo en el caso de competencia por el agua y de una potencial disminución del recurso es el gobierno quien debe decidir respecto a la asignación de derechos de uso particulares, respecto al interés nacional y regional.

Los planes regionales no son específicos sino generales y no son coherentes con los planes de uso de suelo y de su ocupación, a partir de los cuales debe partir esta decisión de asignación a alto nivel.

Se pediría una mayor especificidad en estos temas, sin embargo se prevé que no sea una situación que se de a corto plazo, lo cual traslada la gestión de conflictos y de competencia del agua a un nivel más local.

#### **Planes para las cuencas hidrográficas integrados - Planes para la gestión de las aguas subterráneas**

El agua fluye según características naturales y no respeta las fronteras administrativas - entonces, desde el punto de vista de los recursos de agua pura podría tener mucha lógica gestionar el agua según los límites de la cuenca fluvial. El plan para las cuencas hidrográficas es un plan de acción, una herramienta que describe el marco para la gestión hídrica y los recursos terrestres relacionados en la cuenca (GWP).

En el caso especial de la gestión del Agua de La Paz y El Alto, la planificación debe comprender no solo una o dos, sino numerosas cuencas que cubren a su vez numerosos municipios. El

acuerdo entre estos no solo es tarea del operador o del planificador contratado, sino debe involucrar al gobierno central y regional en sus diversos estamentos como mediador y gestor de conflictos.

Un Plan que cubra las regiones de fuentes y de servicio, además de los potenciales puntos de explotación es absolutamente necesario, en el marco de un acuerdo y compromiso de uso equitativo del agua, para los diferentes fines que se requiera en estos municipios que son escenario de la Gestión de La Paz y El Alto (Incluye a municipios como Laja, Viacha, Pucarani, Batallas, Mecapaca, Achocalla)

En este caso la planificación del agua ya no solo se enmarca en el agua potable para las ciudades, sino para las zonas periurbanas, además de riego en estas, su transición hacia otras necesidades según el cambio de uso del suelo, incluyendo a zonas rurales, donde el riego es la mayor necesidad.

La construcción de acuerdos sin embargo es el punto álgido de este cometido, a la vez que es la ruta principal para la realización de la planificación.

Se prioriza esta tarea, si bien es un proceso que se necesita a corto plazo, su gestión y factibilidad podría tomar más largo tiempo del que se precise para tomar las decisiones correctas y necesarias para una gestión integral del agua, que precisamos todos en esta región.

### ***Evaluación y gestión del riesgo***

La evaluación del riesgo es necesaria para:

- ✚ Informar las decisiones tomadas a niveles adecuados de respuesta y las estrategias de mitigación para enfrentar los riesgos relacionados con el agua, naturales o inducidos por las actividades humanas (escasez de recursos, calidad del agua, eventos climáticos poco comunes, salud pública y cambio de ecosistemas).
- ✚ Evaluar los riesgos a los que se enfrentan las agencias proveedoras de servicios de agua y agencias reguladoras en la realización de sus labores (diseño y construcción; fracaso de operaciones; riesgos del mercado, políticas financieras, y legales; riesgos de conformidad).
- ✚ Analizar la naturaleza y distribución de los riesgos potenciales en las acciones de gestión del recurso hídrico (p.ej., la construcción de represas), de las políticas y las prácticas. Los riesgos potenciales incluyen no sólo los efectos físicos sobre los recursos hídricos interdependientes, los ecosistemas relacionados y otros medios de recepción de desechos, pero también incluyen cualquier impacto socioeconómico perjudicial. Esta evaluación más holística de los riesgos es vital para la GIRH. (GWP).

La construcción de esta evaluación se está dando a partir por ejemplo de casos reales de falta de agua para cubrir la demanda, como es el caso de El Alto. La gestión del riesgo debe darse como un complemento de las tareas del operador respecto a la planificación de la gestión del agua, como un componente adicional de la resiliencia.

El abandono de antigua infraestructura no debe ser una opción, ya que ésta colabora con la mitigación del riesgo de desastres, falta de agua y también en la resiliencia de sistemas.

En el caso de la ruptura de la aducción Hampaturi, las antiguas estructuras en desuso, tales como el canal Hampaturi, el Estanque Alto Obrajes entraron en funcionamiento mitigando la problemática. Este es un ejemplo práctico de la necesidad de mantención de esta infraestructura y de otra que se juzgue necesaria para la incrementar esta solidaridad entre sistemas que como se dijo antes no solo contribuyen a la gestión del riesgo, sino que incrementan la resiliencia del sistema a diferentes factores externos, entre ellos el cambio climático.

### ***Evaluación ambiental (EA), Evaluación social (ES), Evaluación económica (EE)***

Este tipo de evaluaciones son tareas constantes del operador, por lo tanto no se entra en detalles de gestión.

Sin embargo se consideran fundamentales para realizar una lectura correcta de indicadores ambientales, sociales y económicos que permitan la planificación. Estos aspectos se los considera por ende como parte de la planificación de la Gestión y como herramientas que pueden guiar ésta y los potenciales cambios y ajustes que se deban dar en ella.

#### ***5.3.3.3 Gestión de la Demanda***

Refiere a la utilización eficiente de los recursos hídricos.

#### ***Mejora en la eficiencia del uso del agua***

La clave para mejorar la eficiencia está en la definición de mecanismos para el cambio de actitudes y de conducta de las personas hacia el uso del agua. Tales mecanismos incluyen: Educación y comunicación, incluyendo programas para trabajar con los usuarios a nivel de la escuela, la comunidad y a nivel institucional. Incentivos económicos, incluyendo tarifas y cobros por el uso del agua y por la provisión de los servicios ambientales. Subsidios o descuentos pueden ser útiles para el uso eficiente del agua. (GWP).

Actualmente son mecanismos que el operador ya ha aplicado principalmente en el impacto de tarifas (Tarifa social), la cual aparentemente tiene un impacto en la mantención de los niveles de uso de agua en El Alto principalmente.

Por otro lado, es posible observar que el consumo de agua en La Paz y El Alto, no son apreciables respecto a otros medios similares, lo cual no quiere decir que no se trabaje en programas de concientización de uso racional del recurso agua.

#### ***Reciclaje y reutilización***

Este aspecto es importante sin embargo la factibilidad de su implementación a corto plazo es dudoso.

#### ***Mejora en la eficiencia del suministro***

La eficiencia en el abastecimiento y suministro del agua incluye el uso eficiente del recurso, así como la eficiencia de las redes de distribución por medio de canales y tuberías (GWP).

Al nivel de la utilidad del agua, la gestión adecuada del abastecimiento puede requerir el mejoramiento de: la extracción, tratamiento, transferencia de volumen, distribución local, medidores del consumo, colección de tarifas, análisis económico adecuado y procedimientos contables. Para una eficiencia mejorada del abastecimiento en los servicios del agua hay que incluir las siguientes herramientas: o Medición universal o Medición por zona de distribución o Reducción de derrames y presión (GWP).

Este aspecto engloba los esfuerzos de EPSAS por mejorar su gestión, a través de la optimización del aprovechamiento de los sistemas en explotación, de la mejora y mantención de estos, de la mantención y creación de bases de datos para su gestión, de la proyección de nueva infraestructura entre otras actividades del operador.

Se incluyen los nuevos proyectos impulsados por el Operador.

En este punto también se engloban los esfuerzos del PRAA por el equipamiento de medición del operador y de su control en tiempo real.

Igualmente se incluyen las propuestas sobre el cambio de enfoque del uso de los sistemas que surgen a través de las conclusiones de modelación de la gestión del presente trabajo y de las que podrían surgir cuando el operador se apropie del uso de esta herramienta de gestión.

#### **5.3.3.4 Instrumentos de cambio social**

##### ***Currículo educativo sobre la gestión de los recursos hídricos - Campañas de concientización sobre los recursos hídricos - Comunicación con las partes interesadas***

Esta herramienta incorpora en la educación preescolar, primaria, media y secundaria, los temas relevantes a nivel local de la gestión sostenible de recursos hídricos (GWP).

Debido a que muchos asuntos relacionados con el agua necesitan amplio respaldo y entendimiento por parte del público, la creación de una conciencia pública es cada vez más importante. La información es una herramienta poderosa para elevar el nivel de conciencia y para otorgar poder. (GWP).

Estos aspectos están relacionados a la comunicación de la importancia del uso racional del agua y a su formación en los más pequeños y su comunicación y transmisión a los mayores.

En el primer caso se considera una tuición del gobierno central, ya que en él recaen la responsabilidad del contenido de las currículas de educación escolar y secundaria. En el segundo caso es una responsabilidad compartida, la cual parte sobre campañas del gobierno desde el punto de vista de la concientización del uso del agua visto de una forma general y se refuerza con campañas específicas del operador respecto al uso racional del agua hacia sus usuarios.

La definición de esta tarea es importante pero depende también de la definición institucional del operador y de su relación con los gobiernos municipales, departamental y central. Si bien es deseable su priorización para fines de resiliencia, la factibilidad de su puesta en marcha a corto plazo es dudosa por el proceso que se menciona.

### **5.3.3.5 Resolución de conflictos**

#### **Gestión de conflictos - Planificación de una visión compartida - construcción de consenso**

Construyendo el consenso es una estrategia o enfoque que se usa para el diálogo intersectorial de la política hídrica. Es utilizado preferiblemente en situaciones de bajo a mediana tensión y conflicto. Sin embargo, a veces es útil cuando las partes están en un conflicto mayor y han intentado resolverlo, sin éxito, por medios legales u otros enfoques costosos. (GWP).

Este aspecto redundante en el empleo de personal específico que se dedique al tema, ya que actualmente son los técnicos que gestionan las fuentes, los que se ocupan de la gestión social del agua.

Como se dijo anteriormente este personal debe tener el aval y acuerdo de las autoridades políticas o en su defecto trabajar lado a lado, de forma que exista una presencia de autoridad central.

La Planificación con fines de uso del agua para beneficio común es fundamental, pero debe enmarcarse como antes se indicó en una planificación que trascienda límites administrativos y cubra la totalidad de las cuencas (actuales fuentes y potenciales), con la identificación de todos los usuarios y actores del tema.

## **5.4 Identificación y Priorización de Opciones de Adaptación**

Como resultado del análisis realizado en los dos anteriores incisos se plantea la siguiente matriz como una herramienta de identificación de opciones de adaptación para su inclusión en el Programa de Resiliencia.

Las conclusiones que de ella se obtienen, también surgen del análisis referido y se constituyen en la propuesta del consultor como opciones de adaptación

Elaboración del Diseño del Programa de Resiliencia al Retroceso de Glaciares a través del Estudio de Gestión de Agua Potable de las Ciudades de La Paz, El Alto

**Tabla 5.1: Matriz de Identificación de Plazos, Actores, Opciones de resiliencia y su priorización**

MARCO GENERAL DE LA GIRH	PREV. EJECUCIÓN IDEAL			ACTORES Y NIVELES DE ACCIÓN						Opción Resiliencia	Prioriz.	
	C	M	L	Priv.	OT	Oper.	Munic.	Gobern	G Central			
<b>AMBIENTE PROPICIO</b>	✓	✓										
<b>POLÍTICAS</b>	✓	✓		E	D	F	C	B	A		✓	3
<b>MARCO LEGAL</b>	✓	✓										
Derechos del agua		✓			B	A	C	C	A		✓	4
Legislación para la calidad del agua		✓		C	B	C	B	B	A			
Reforma de la legislación existente		✓			A	A	A	A	A			
<b>ESTRUCTURAS DE FINANCIAMIENTO Y DE INCENTIVOS</b>	✓	✓										
Políticas de inversión	✓	✓			B	C	A	A	A			
Opciones de financiamiento I: donaciones y fuentes internas	✓	✓		A			A	A	A		✓	2
Opciones de financiamiento II: préstamos y capital propio	✓	✓		A		A	B	B	C		✓	1
<b>ROLES INSTITUCIONALES</b>	✓	✓	✓									
<b>CREACIÓN DE UN MARCO ORGANIZACIONAL – Formas y funciones</b>	✓	✓	✓									
Reformando instituciones para una mejor gobernabilidad	✓	✓	✓			A	A	A	A		✓	1
Organizaciones de cuencas hidrográficas		✓					A	A			✓	2
Organizaciones reguladoras y agencias de control		✓							A		✓	4
Fortalecimiento de los servicios hídricos en el sector público	✓	✓	✓				Transversal				✓	2
Proveedores de servicios y la GIRH	✓	✓	✓			A	B	B	B			
Instituciones de la sociedad civil y organizaciones de base - Autoridades Locales	✓	✓	✓		B	C	A	A	A		✓	2
<b>CONSTRUCCIÓN DE CAPACIDAD INSTITUCIONAL</b>	✓	✓	✓									
Capacidad para participar y empoderamiento en la sociedad civil		✓	✓		A		A	A	A		✓	2
Entrenamiento para construir capacidad en los profesionales del sector hídrico	✓	✓	✓			A	A		A		✓	2
<b>INSTRUMENTOS DE GESTIÓN</b>	✓	✓	✓									
<b>EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS</b>	✓	✓										
Conocimiento base de los recursos hídricos	✓					A	Transversal				✓	1
Evaluación de los recursos hídricos	✓					A	Transversal				✓	1
Modelación en la GIRH (Sistema de apoyo a las decisiones)	✓	✓				A	Transversal				✓	1
Desarrollando indicadores para la gestión de los recursos hídricos	✓					A	Transversal				✓	2
Evaluación de ecosistemas	✓	✓				A	Transversal					
<b>PLANES PARA LA GIRH – Combinación de opciones de desarrollo, uso del recurso e interacción humana</b>	✓	✓	✓									
<b>Fusión entre la rigidez del Plan Maestro y la flexibilidad y dinamismo</b>									A		✓	4
Planes nacionales integrados de recursos hídricos	✓	✓					Transversal				✓	1
Planes para las cuencas hidrográficas integrados - Planes para la gestión de las aguas subterráneas	✓						Transversal				✓	2
Evaluación y gestión del riesgo	✓				B	A	B					
Evaluación ambiental (EA)	✓	✓				A						
Evaluación social (ES)	✓	✓				A						
Evaluación económica (EE)	✓	✓	✓			A						
<b>GESTIÓN DE LA DEMANDA</b>	✓	✓										
Mejora en la eficiencia del uso del agua	✓					A	Transversal				✓	3
Reciclaje y reutilización	✓	✓	✓	A	A	A	A				✓	1
Mejora en la eficiencia del suministro	✓					A						
<b>INSTRUMENTOS DE CAMBIO SOCIAL – Fomentando una Sociedad Civil orientada hacia el buen uso de los</b>	✓	✓										
Curriculo educativo sobre la gestión de los recursos hídricos - Campañas de concientización sobre los recursos hídricos - Comunicación con las partes interesadas	✓	✓					B	A		A	✓	3
<b>RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS - Manejando disputas, asegurando el uso compartido de los recursos hídricos</b>	✓	✓										
Gestión de conflictos - Construcción de consenso - Planificación de una visión compartida	✓	✓			A	A	A	B	B		✓	1

Fuente: Elaboración propia

## 5.5 Conclusiones y Recomendaciones

A partir de la matriz anterior se identifican y priorizan entonces las opciones de adaptación necesarias para incrementar la resiliencia de la gestión del agua, no solo al cambio climático, sino a la gestión de riesgos y de la demanda en si misma.

Se eligen las opciones priorizadas con los valores 1 y 2 por su factibilidad de realización a corto plazo o la necesidad de su implementación.

### Definición de la institucionalidad del operador

- Si bien esta es una tarea pendiente y controversial sobre EPSAS es totalmente necesaria para definir el norte y objetivos de la Gestión.
- Una atomización de la administración sería contraria a la promoción de la resiliencia, más aún si se presume que las empresas municipales no serán homogéneas en sus fines y su funcionamiento, ya que buscarán una autosostenibilidad que podría no ser factible de forma separada, visto a la solidaridad que se da actualmente entre los sistemas de servicio de agua potable, que trascienden dichas fronteras administrativas en cuanto a fuentes y redes de servicio.
- La definición de las metas e institucionalidad de EPSAS es primordial para fijar las políticas y formas de trabajo en cuanto a la gestión del agua y al soporte que esta debe tener desde la institución.
- Si bien no existe una legislación marco existen pautas y compromisos sociales que guían la gestión actual, lo cual puede ser el marco de partida, con meta hacia una gestión institucional que apoye la Gestión del Agua bajo las condiciones actuales y los potenciales cambios e impactos atribuibles al Cambio Climático que se podrían dar a futuro.

### Opciones de financiamiento

- El operador actúa como sujeto de crédito, aspecto ser reforzado por el Gobierno Central visto que el área potencial de servicio se extenderá a 6 o 7 municipios. Una mayor área precisará un estructuración mejor del financiamiento conseguido y de la gestión de nuevos fondos para nuevas obras y para labores de mantenimiento si es necesario.
- El carácter social del operador tiene el potencial de que la gestión del agua no sea económicamente autosostenible y que su factibilidad se base en este servicio social. Por esta razón también la gestión del financiamiento debe incluir también estos criterios.

- ✚ Fortalecimiento de los servicios hídricos en el sector público
  - El fortalecimiento debe partir teóricamente de las instancias gubernamentales que correspondan (municipios), sin embargo se observa como principal actor de este fortalecimiento al mismo operador.
  - Se considera que este aspecto debe ser tomado en cuenta en la planificación institucional, como herramienta aspecto que es coherente con el concepto de la creación de capacidades en los profesionales hídricos que se trata más adelante.
- ✚ Organizaciones de cuencas hidrográficas
  - La implementación de estas organizaciones y autoridades sería deseable para el tipo de gestión del agua que se precisa hacer en la zona de proyecto, ya que como se indicó anteriormente, ésta trasciende los límites administrativos municipales.
- ✚ Planes para las cuencas hidrográficas integrados - Planes para la gestión de las aguas subterráneas
- ✚ Gestión integral y territorial del agua
  - En el caso especial de la gestión del Agua de La Paz y El Alto, la planificación debe comprender no solo una o dos, sino numerosas cuencas que cubren a su vez numerosos municipios. El acuerdo entre estos no solo es tarea del operador o del planificador contratado, sino debe involucrar al gobierno central y regional en sus diversos estamentos como mediador y gestor de conflictos y conciliador de intereses.
  - Surge la necesidad de un Plan que cubra las regiones de fuentes y de servicio, además de los potenciales puntos de explotación es absolutamente necesario, en el marco de un acuerdo y compromiso de uso equitativo del agua, para los diferentes fines que se requiera en estos municipios que son escenario de la Gestión de La Paz y El Alto (Incluye a municipios como Laja, Viacha, Pucarani, Batallas, Mecapaca, Achocalla y sus necesidades particulares).
  - Igualmente dentro de la Planificación se incluyen los aspectos de buen uso de las Herramientas de planificación vigentes tales como los Planes de Desarrollo Municipales, Los Planes de Ordenamiento Territorial, los planes de Manejo Integral de Cuencas. Este aspecto incluye la construcción de consensos alrededor de la Gestión del Agua y la coordinación de no solapamiento entre los objetivos de dichos planes municipales.
- ✚ Entrenamiento para construir capacidad en los profesionales del sector hídrico
  - Actualmente se hace necesario un entrenamiento que conjugue el componente técnico con la gestión social. La labor de capacitación es constante.

- ✚ Instituciones de la sociedad civil y organizaciones de base - Autoridades Locales
- ✚ Capacidad para participar y empoderamiento en la sociedad civil
- ✚ Gestión de conflictos - Construcción de consenso - Planificación de una visión compartida
  - La gestión social de las fuentes, de su uso, su consolidación además de la interacción con nuevos usuarios que plantean demandas sociales al operador, es el principal objetivo de estos tres puntos.
  - Igualmente se observa una nueva tarea centrada en la gestión de las nuevas fuentes, la construcción de consensos para la planificación integral del agua en un marco equitativo y real que genere a su vez compromisos entre partes reales y vinculantes.
  - Se podría definir estos puntos como parte de la construcción de la Gobernanza del agua en la cual también se incluirían a técnicos y científicos para que asesoren esta construcción de acuerdos y la gestión óptima del agua.
- ✚ Conocimiento base de los recursos hídricos
- ✚ Evaluación de los recursos hídricos
- ✚ Modelación en la GIRH (Sistema de apoyo a las decisiones)
- ✚ Desarrollando indicadores para la gestión de los recursos hídricos
  - Para estos fines, se plantea como punto de partida la visión holística de gestión aportada, los resultados, evaluaciones y análisis realizados a lo largo del presente servicio, para una mejora continua de estos, una apropiación del modelo de gestión y de los criterios empleados para su construcción.
  - Una mejora sustancial de corto plazo sería la construcción de indicadores a partir de los que emplea EPSAS actualmente.
- ✚ Gestión de la Demanda - Mejora en la eficiencia del suministro
  - Las iniciativas llevadas a cabo e impulsadas por EPSAS (Proyectos en desarrollo y/o diseño) denotan una gestión de la demanda encaminada a hacer un uso eficiente de la infraestructura existente en los diferentes sistemas, mejorando eficiencias de trabajo Estos proyectos están listados en la página 80.
  - A los proyectos referidos se sugeriría incluir:
    - Empleo del Sistema Achachicala y la nueva fuente Kaluyo como integradores de la Gestión y mejora de la resiliencia.
    - Interconexión de los sistemas para fines de un trabajo solidario entre estos.

- En el primer caso se tiene un potencial de producción de agua potable de Achachicala que puede ser empleado para transferir agua potable a sus dos sistemas vecinos observando como medios por ejemplo la creación de estanques de bombeo y traspaso de aguas.
- En el caso de Kaluyo se observa su potencial uso como fuente vinculadora de los sistemas El Alto y Achachicala, dando lugar también a que la fuente Milluni (o Jankho Khota) pueda ser empleada por estos dos sistemas.
- La interconexión estratégica de sistemas o la mejora de la existente, darían mayores opciones de gestión de la demanda al operador y por ende opciones de resiliencia respecto a contingencias naturales, climáticas, desastres y otros.
- Estos tres proyectos mejorarían la resiliencia de la gestión del agua de cara a los potenciales impactos del cambio climático y a la gestión de la demanda de La Paz, El Alto y de los nuevos municipios que entrarían en el juego de la gestión.

#### ✚ Evaluación y gestión del riesgo

- Se propone la recuperación de la infraestructura abandonada por el operador ya que su uso finalizó debido a la implementación de otra infraestructura más eficiente o de mayor capacidad (entre otras razones). Igualmente se propone dar continuidad a la infraestructura que se desea abandonar por la implementación del Sistema Chuquiaguillo.
- Esta infraestructura puede servir como líneas de emergencia de operación para la gestión de riegos y de la demanda, ya que el tenerla operativa implicaría que se tiene opciones de trabajo en situaciones de contingencias, de ocurrencia de desastres o de cambios en la disponibilidad de agua (Ej. Sequías o años consecutivos secos).

## 6 IDENTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE ACCIONES DE ADAPTACION

---

### 6.1 Acciones de adaptación

Las acciones propuestas siguen la línea directora del marco propuesto en el anterior capítulo, respondiendo a cada una de las opciones priorizadas con acciones que se estructuran en el programa de resiliencia propuesto en la conclusión de este documento.

**Tabla 6.1: Acciones de adaptación propuesta**

<b>Opciones priorizadas</b> <b>Acciones propuestas</b>
Institucionalidad Definición del Marco Institucional del operador
Opciones de financiamiento Identificación estratégica de nuevas fuentes de financiamiento que incluyan el financiamiento de proyectos que tengan factibilidad social y no solamente económica
Fortalecimiento de los servicios hídricos en el sector público Diseño de un Plan de Fortalecimiento estratégico de cara a los nuevos retos y áreas de cobertura del servicio, observando la interrelación y coordinación con otros operadores del área de servicio.
Organizaciones de cuencas hidrográficas Creación de una autoridad de Gestión del Agua de la nueva zona de servicio
Planes para las cuencas hidrográficas integrados - Planes para la gestión de las aguas subterráneas Diseño del Plan Maestro dentro de los marcos de consenso del uso compartido del recurso agua y de gestión autosostenible de este.
Gestión integral y territorial del agua Análisis de la integración de las herramientas de planificación PDM, POT, MIC para fines de integrarlos, incorporar la gestión del agua en ellos y coordinar que no se solape la planificación del recurso agua entre los municipios que serán parte de la nueva área de servicio.
Entrenamiento para construir capacidad en los profesionales del sector hídrico Diseño de un programa de capacitación, que incluya criterios de Gestión social
Capacidad para participar y empoderamiento en la sociedad civil, gestión de conflictos Gestión social y construcción de consensos Creación de mesas de diálogo entre actores de los distintos municipios Creación de mesas de diálogo coordinación inter institucional Creación de unidades específicas de trabajo de gestión social y de conflictos en el operador Solicitud de acompañamiento y coordinación de estas actividades con la autoridad del agua MMAyA y el regulador AAPS, para que avalen y se involucren en el proceso de construcción de consensos y consolidación de compromisos actuales de uso del agua.
Conocimiento base de los recursos hídricos Evaluación de los recursos hídricos Modelación en la GIRH (Sistema de apoyo a las decisiones) Desarrollando indicadores para la gestión de los recursos hídricos Creación de una unidad en el operador de cuantificación, seguimiento de la evolución y evaluación de la disponibilidad del recurso, de modelación de la gestión (hidráulica incluida) y de desarrollo de indicadores
Gestión de la Demanda - Mejora en la eficiencia del suministro - Gestión de proyectos Interconexión de lagunas de Tuni Ampliación Canal Huayna Potosí y Obra de Toma Ampliación Planta El Alto. (Uso de aguas Milluni) Recubrimiento del canal Huayna Potosí interno Rehabilitación de la Toma Condoriri (cumplimiento de acuerdos con las comunidades aguas abajo) Ampliación explotación Acuífero Katari - Zona Tilata Ampliación explotación Acuífero Katari - Otras zonas Construcción presa Hampaturi Construcción nuevo sistema Chuquiaguillo Construcción nueva toma Choqueyapu Construcción presa Jancko Khota Mejora de la aducción Milluni (Disminución de pérdidas) Aplicación de medidas de rápida implementación Gestión de ANC Equipamiento de sistemas de control en tiempo real (SCADA) Equipamiento de medidores. Identificación de puntos de contacto de sistemas y su modelación Proyecto de la Presa Kaluyo y su construcción Proyecto Achachicala Resiliente: Reconcepción del mismo como integrador de los sistemas y fuente de transferencia de agua potable a estos
Evaluación y gestión del riesgo y la resiliencia Diseño de un programa de evaluación de la utilidad de la infraestructura abandonada y por abandonarse, observando su empleo para situaciones de emergencia, contingencias, mantenimiento e incremento de la resiliencia hacia estos factores y potenciales impactos de CC y VC

Fuente: Elaboración propia a partir de iniciativas impulsada por EPSAS, análisis propios del servicio e ideas de colegas de EPSAS y PRAA

## 6.2 Propuesta de aplicación de las opciones de adaptación

El cronograma siguiente presente un cronograma tentativo propuesta para la aplicación de estas acciones.

Acciones propuestas	Tiempo [años]					
	1	2	3	4	5	6
Definición del Marco Institucional del operador	■					
Identificación estratégica de nuevas fuentes de financiamiento	■					
Diseño de un Plan de Fortalecimiento estratégico		■	■			
Creación de una autoridad de Gestión del Agua de la nueva zona de servicio			■	■		
Elaboración del Plan Maestro	■	■				
Análisis de Integración de las herramientas de planificación PDM, POT, MIC y su aplicación al área de gestión			■	■		
Diseño de un programa de capacitación, que incluya criterios de Gestión social, Incluye su aplicación	■					
Creación de mesas de diálogo entre actores de los distintos municipios	■					
Creación de mesas de diálogo coordinación inter institucional	■					
Creación de unidades específicas de trabajo de gestión social y de conflictos en el operador	■					
Acompañamiento y coordinación de la gestión social	■	■	■	■		
Creación de la unidad de modelación de gestión y de recursos hídricos	■					
Interconexión de lagunas de Tuni		■				
Ampliación Canal Huayna Potosí y Obra de Toma		■				
Ampliación Planta El Alto. (Uso de aguas Milluni)		■				
Recubrimiento del canal Huayna Potosí interno		■				
Rehabilitación de la Toma Condoriri (cumplimiento de acuerdos con las comunidades aguas abajo)		■				
Ampliación explotación Acuífero Katari - Zona Tilata		■	■	■		
Ampliación explotación Acuífero Katari - Otras zonas		■	■	■		
Construcción presa Hampaturi		■	■	■		
Construcción nuevo sistema Chuquiaguillo		■	■	■		
Construcción nueva toma Choqueyapu		■	■	■		
Construcción presa Jancko Khota		■	■	■		
Mejora de la aducción Milluni (Disminución de pérdidas)		■	■	■		
Diseño y aplicación de medidas de rápida implementación		■	■	■		
Gestión de ANC		■	■	■		
Equipamiento de sistemas de control en tiempo real (SCADA)		■	■	■		
Equipamiento de medidores.		■	■	■		
Identificación de puntos de contacto de sistemas y su modelación		■	■	■		
Proyecto de la Presa Kaluyo y su construcción		■	■	■		
Proyecto Achachicala Resiliente: Reconcepción del mismo como integrador de los sistemas y fuente de transferencia de agua potable a estos		■	■	■		
Evaluación de la utilidad de la infraestructura abandonada para fines de gestión del riesgo e incremento de la		■	■	■		

Fuente: Elaboración propia

## 7 BIBLIOGRAFÍA

---

(AISA 2000) AISA (2000). Revisión del Plan Maestro de Agua Potable de La Paz y El Alto, Aguas del Illimani S.A., Audiovisual Material.

(AISA 2005) AISA (2005). Determinación de Coberturas de Servicio en Base al Censo 2001, Aguas del Illimani S.A., Report.

(Albo X. 2008) Albo X. (2008). "El Alto, La Vorágine de Una Ciudad Única." Journal of Latin American Anthropology **11**(2): 329-350, Journal Article.

(CIESS 1999) CIESS (1999). Proyección poblacional La Paz y El Alto.El Centro de Estudios Económicos y Sociales, (CIESS) La Paz, CIESS-Aguas del Illimani S.A, Report.

(CIESS 2006) CIESS (2006). Modelo de proyección de la demanda de agua en las ciudades de La Paz y El Alto.El Centro de Estudios Económicos y Sociales, (CIESS) La Paz, CIESS-Aguas del Illimani S.A, Report.

(Chamochumbi W. 2005) Chamochumbi W. (2005). "La Resiliencia en el Desarrollo Sostenible." ECOPORTAL NET. Retrieved. Access in, 2012, from [http://www.ecoport.net/EcoPortal/Que\\_es\\_EcoPortal.net](http://www.ecoport.net/EcoPortal/Que_es_EcoPortal.net), Web Page.

(EPSAS 2011) EPSAS (2011). Reporte Semestral a AAPS, Julio - Septiembre 2011La Paz, Report.

(GWP 2007) GWP. (2007). "Toolbox for IWRM." Global Water Partnership (GWP). from [www.gwptoolbox.org/](http://www.gwptoolbox.org/), Electronic Book.

(GWP 2009) GWP (2009). Manuel de Gestion Intégrée des Ressources en Eau par Bassin, Global Water Partnership (GWP) et Réseau International des Organismes de Bassin: 112, 978-91-85321-73-5, Book.

(HIDRO-DRILL 2010) HIDRO-DRILL (2010). Estudio Geoeléctrico "Tilata - El Alto (La Paz)"La Paz, El Alto, EPSAS, Report.

(HIDRO-DRILL 2011) HIDRO-DRILL (2011). Proyecto: "Renovación y Mejoramiento de Pozos en el Sistema Tilata"La Paz, El Alto, EPSAS, Report.

(Indaburu R. 2004) Indaburu R. (2004). Evaluacion de la Ciudad de El Alto, USAID, United States Agency for International Development (Contrato 511-O-00-04-00047-00). 92, Report.

(INE 2001) INE (2001). Bolivia: Censo de Población y Vivienda 2001. INE, Planificación y Desarrollo,. Población boliviana en su totalidad, Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Planificación y Desarrollo, Government Document.

(INE 2002) INE (2002). El Proceso Urbanístico en Bolivia 1992 – 2001, Insituto Nacional de Estadísticas, Report.

(JICA 1987) JICA (1987). Reporte Final para Estudio del Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas en el Distrito del Alto de La PazLa Paz. 107, Report.

(JICA 1988) JICA (1988). Informe del Estudio para el Diseño Básico del Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas en la Ciudad de El Alto La Paz - El Alto. 125, Report.

(Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO 1994) Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO (1994). Plan Maestro del Sistema de Agua Potable, Ciudad de La Paz.

Ministerio de Hacienda y Desarrollo Económico. La Paz y El Alto, Varios, Government Document.

(Laruta C. 2006) Laruta C. (2006). La conquista de la ciudadanía. CIPCA Regional La Paz, Centro de Investigaciones y Promoción del Campesinado. 20, [http://cipca.org.bo/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=111&Itemid=33](http://cipca.org.bo/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=111&Itemid=33) Generic.

(Olmos C. 2011) Olmos C. (2011). Gestion des Ressources Hydriques des villes de La Paz et El Alto (Bolivie): Modélisation des apports glaciaires et analyse des variables. Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement (Glaciologie). Bruxelles, Thèse de doctorat - Tesis doctoral, Université Libre de Bruxelles, Thesis.

(Poupeau F. 2002) Poupeau F. (2002). La guerre de l'eau. Agone, 26/27, AGONE, BP 2326, F-13213 Marseille cedex 02. 133-140, Magazine Article.

(Poupeau F. 2009) Poupeau F. (2009). De la Migración Rural a la Movilidad Intraurbana. Propuesta de Artículo (In revision), Magazine Article.

(Ramírez E. & C. Olmos 2007) Ramírez E. and C. Olmos (2007). Deshielo de la Cuenca del Tuni Condoriri y su Impacto sobre los Recursos Hídricos de las Ciudades de La Paz y El Alto. La Paz y El Alto, IHH, UMSA - IRD - ULB - IAI (Proyecto auspiciado por: Embajada de los Países Bajos en Bolivia - PNCC): 120+70, Book.

(Schosinsky G. 2007) Schosinsky G. (2007). "Cálculo de la Recarga Potencial de Acuíferos mediante un Balance Hídrico de Suelos." Revista Geológica de América Central **34-35**: 13-30, Journal Article.

(SISAB 2006) SISAB (2006). Proyecciones Poblacionales La Paz y El Alto La Paz, Super Intendencia de Saneamiento Básico, Report.

(UNDP 1973) UNDP (1973). Los Recursos del Altiplano Norte y del Área de Oruro, Plan de Desarrollo de las Naciones Unidas, Report.

## ***ANEXO 1: ANALISIS POZOS***

---

Escenario 1

Nombre	Cota Terreno	NE 1990	NE 2009	NE 2010	NE 2011	DIF 2011-1990	Radio Influencia A	Radio Influencia B	Porosidad
							497.76	497.76	30%
							Porcentaje del Total explotado	Explotado Teórico	Explotado Iteración (c/radio inf. y porosidad)
A1	3935.00	3919.20	3905.50	3905.68	3906.20	-13	6.82%	3,035,642.5	3,035,642.51
A2	3935.00	3914.20	3915.18	3915.99	3908.86	-5.34	2.80%	1,246,948.5	1,246,948.54
A3	3935.00	3920.20	3906.21	3909.73	3918.69	-1.51	0.79%	352,601.6	352,601.55
A4	3935.00	3920.20	3918.83	3920.71	3919.73	-0.47	0.25%	109,750.2	109,750.15
A5	3935.00	3922.10	3917.63	3917.33	3919.72	-2.38	1.25%	555,756.1	555,756.09
A6	3935.00	3922.80	3919.67	3920.06	3919.61	-3.19	1.67%	744,900.0	744,899.97
A7	3935.00	3923.50	3922.25	3923.38	3918.39	-5.11	2.68%	1,193,241.0	1,193,241.02
A8	3935.00	3922.10	3920.65	3921.54	3917.75	-4.35	2.28%	1,015,772.7	1,015,772.69
A9	3935.00	3924.20	3921.67	3922.00	3918.28	-5.92	3.11%	1,382,384.9	1,382,384.90
A10	3935.00	3924.10	3922.86	3922.10	3916.97	-7.13	3.74%	1,664,933.2	1,664,933.16
A11	3935.00	3923.40	3919.07	3919.43	3914.42	-8.98	4.71%	2,096,928.4	2,096,928.44
A12	3935.00	3924.40	3919.87	3917.85	3908.91	-15.49	8.13%	3,617,084.8	3,617,084.81
A13	3935.00	3921.50	3908.51	3907.65	3908.87	-12.63	6.63%	2,949,243.5	2,949,243.46
A14	3935.00	3925.40	3908.78	3905.13	3913.59	-11.81	6.20%	2,757,764.5	2,757,764.47
A15	3935.00	3930.70	3921.74	3923.63	3924.59	-6.11	3.21%	1,426,752.0	1,426,751.98
								<b>DELTA</b>	0.00
B1	3928.00	3917.60	3915.85	3918.25	3915.27	-2.33	1.22%	544,080.5	544,080.54
B2	3928.00	3917.90	3916.28	3918.56	3916.27	-1.63	0.86%	380,622.9	380,622.87
B3	3928.00	3916.50	3914.82	3916.54	3914.05	-2.45	1.29%	572,101.9	572,101.86
B4	3928.00	3917.30	3917.33	3918.82	3915.51	-1.79	0.94%	417,984.6	417,984.62
B5	3928.00	3917.90	3917.43	3918.55	3916.87	-1.03	0.54%	240,516.3	240,516.29
B6	3928.00	3920.00	3918.84	3919.15	3918.15	-1.85	0.97%	431,995.3	431,995.28
B7	3928.00	3919.70	3907.81	3907.16	3919.23	-0.47	0.25%	109,750.2	109,750.15
B8	3928.00	3919.40	3916.92	3918.19	3915.73	-3.67	1.93%	856,985.2	856,985.23
B9	3928.00	3918.80	3914.85	3914.88	3912.70	-6.1	3.20%	1,424,416.9	1,424,416.87
B10	3928.00	3919.20	3912.14	3913.19	3909.45	-9.75	5.12%	2,276,731.9	2,276,731.89
B11	3928.00	3918.50	3909.56	3910.99	3905.94	-12.56	6.59%	2,932,897.7	2,932,897.69
B12	3928.00	3919.50	3908.61	3909.53	3906.46	-13.04	6.84%	3,044,983.0	3,044,982.95
B13	3928.00	3921.20	3911.34	3912.68	3910.11	-11.09	5.82%	2,589,636.6	2,589,636.58
B14	3928.00	3920.80	3910.94	3912.22	3910.84	-9.96	5.23%	2,325,769.2	2,325,769.19
B15	3928.00	3921.50	3909.98	3913.88	3912.13	-9.37	4.92%	2,187,997.7	2,187,997.72
						-190.51	100.00%	<b>DELTA</b>	0.00
<b>Vol explotado Asumido 1990-2011</b>						44,486,173.50			

Escenario 2

Nombre	Cota Terreno	NE 1990	NE 2009	NE 2010	NE 2011	DIF 2011-1990	Radio Influencia A	Radio Influencia B	Porosidad
							537.33	537.33	30%
							Porcentaje del Total explotado	Explotado Teórico	Explotado Iteración (c/radio inf. y porosidad)
A1	3935.00	3919.20	3905.50	3905.68	3906.20	-13	6.82%	3,537,496.9	3,537,496.92
A2	3935.00	3914.20	3915.18	3915.99	3908.86	-5.34	2.80%	1,453,094.9	1,453,094.89
A3	3935.00	3920.20	3906.21	3909.73	3918.69	-1.51	0.79%	410,893.9	410,893.87
A4	3935.00	3920.20	3918.83	3920.71	3919.73	-0.47	0.25%	127,894.1	127,894.12
A5	3935.00	3922.10	3917.63	3917.33	3919.72	-2.38	1.25%	647,634.1	647,634.05
A6	3935.00	3922.80	3919.67	3920.06	3919.61	-3.19	1.67%	868,047.3	868,047.32
A7	3935.00	3923.50	3922.25	3923.38	3918.39	-5.11	2.68%	1,390,508.4	1,390,508.41
A8	3935.00	3922.10	3920.65	3921.54	3917.75	-4.35	2.28%	1,183,700.9	1,183,700.89
A9	3935.00	3924.20	3921.67	3922.00	3918.28	-5.92	3.11%	1,610,921.7	1,610,921.68
A10	3935.00	3924.10	3922.86	3922.10	3916.97	-7.13	3.74%	1,940,181.0	1,940,181.00
A11	3935.00	3923.40	3919.07	3919.43	3914.42	-8.98	4.71%	2,443,594.0	2,443,594.03
A12	3935.00	3924.40	3919.87	3917.85	3908.91	-15.49	8.13%	4,215,063.6	4,215,063.64
A13	3935.00	3921.50	3908.51	3907.65	3908.87	-12.63	6.63%	3,436,814.3	3,436,814.32
A14	3935.00	3925.40	3908.78	3905.13	3913.59	-11.81	6.20%	3,213,679.9	3,213,679.90
A15	3935.00	3930.70	3921.74	3923.63	3924.59	-6.11	3.21%	1,662,623.6	1,662,623.55
								<b>DELTA</b>	0.00
B1	3928.00	3917.60	3915.85	3918.25	3915.27	-2.33	1.22%	634,028.3	634,028.29
B2	3928.00	3917.90	3916.28	3918.56	3916.27	-1.63	0.86%	443,547.7	443,547.69
B3	3928.00	3916.50	3914.82	3916.54	3914.05	-2.45	1.29%	666,682.1	666,682.11
B4	3928.00	3917.30	3917.33	3918.82	3915.51	-1.79	0.94%	487,086.1	487,086.11
B5	3928.00	3917.90	3917.43	3918.55	3916.87	-1.03	0.54%	280,278.6	280,278.60
B6	3928.00	3920.00	3918.84	3919.15	3918.15	-1.85	0.97%	503,413.0	503,413.02
B7	3928.00	3919.70	3907.81	3907.16	3919.23	-0.47	0.25%	127,894.1	127,894.12
B8	3928.00	3919.40	3916.92	3918.19	3915.73	-3.67	1.93%	998,662.6	998,662.59
B9	3928.00	3918.80	3914.85	3914.88	3912.70	-6.1	3.20%	1,659,902.4	1,659,902.40
B10	3928.00	3919.20	3912.14	3913.19	3909.45	-9.75	5.12%	2,653,122.7	2,653,122.69
B11	3928.00	3918.50	3909.56	3910.99	3905.94	-12.56	6.59%	3,417,766.3	3,417,766.26
B12	3928.00	3919.50	3908.61	3909.53	3906.46	-13.04	6.84%	3,548,381.5	3,548,381.53
B13	3928.00	3921.20	3911.34	3912.68	3910.11	-11.09	5.82%	3,017,757.0	3,017,756.99
B14	3928.00	3920.80	3910.94	3912.22	3910.84	-9.96	5.23%	2,710,266.9	2,710,266.87
B15	3928.00	3921.50	3909.98	3913.88	3912.13	-9.37	4.92%	2,549,718.9	2,549,718.94
						-190.51	100.00%	<b>DELTA</b>	0.00
<b>Vol explotado Asumido 1990-2011</b>						51,840,656.83			

Escenario 3

Nombre	Cota Terreno	NE 1990	NE 2009	NE 2010	NE 2011	DIF 2011-1990	Radio Influencia A	Radio Influencia B	Porosidad
							565.71	565.71	30%
							Porcentaje del Total explotado	Explotado Teórico	Explotado Iteración (c/radio inf. y porosidad)
A1	3935.00	3919.20	3905.50	3905.68	3906.20	-13	6.82%	3,921,000.4	3,921,000.38
A2	3935.00	3914.20	3915.18	3915.99	3908.86	-5.34	2.80%	1,610,626.3	1,610,626.31
A3	3935.00	3920.20	3906.21	3909.73	3918.69	-1.51	0.79%	455,439.3	455,439.27
A4	3935.00	3920.20	3918.83	3920.71	3919.73	-0.47	0.25%	141,759.2	141,759.24
A5	3935.00	3922.10	3917.63	3917.33	3919.72	-2.38	1.25%	717,844.7	717,844.69
A6	3935.00	3922.80	3919.67	3920.06	3919.61	-3.19	1.67%	962,153.2	962,153.17
A7	3935.00	3923.50	3922.25	3923.38	3918.39	-5.11	2.68%	1,541,254.8	1,541,254.76
A8	3935.00	3922.10	3920.65	3921.54	3917.75	-4.35	2.28%	1,312,027.1	1,312,027.05
A9	3935.00	3924.20	3921.67	3922.00	3918.28	-5.92	3.11%	1,785,563.3	1,785,563.25
A10	3935.00	3924.10	3922.86	3922.10	3916.97	-7.13	3.74%	2,150,517.9	2,150,517.90
A11	3935.00	3923.40	3919.07	3919.43	3914.42	-8.98	4.71%	2,708,506.4	2,708,506.42
A12	3935.00	3924.40	3919.87	3917.85	3908.91	-15.49	8.13%	4,672,022.8	4,672,022.76
A13	3935.00	3921.50	3908.51	3907.65	3908.87	-12.63	6.63%	3,809,402.7	3,809,402.68
A14	3935.00	3925.40	3908.78	3905.13	3913.59	-11.81	6.20%	3,562,078.0	3,562,078.04
A15	3935.00	3930.70	3921.74	3923.63	3924.59	-6.11	3.21%	1,842,870.2	1,842,870.18
								<b>DELTA</b>	0.00
B1	3928.00	3917.60	3915.85	3918.25	3915.27	-2.33	1.22%	702,763.9	702,763.91
B2	3928.00	3917.90	3916.28	3918.56	3916.27	-1.63	0.86%	491,633.1	491,633.12
B3	3928.00	3916.50	3914.82	3916.54	3914.05	-2.45	1.29%	738,957.8	738,957.76
B4	3928.00	3917.30	3917.33	3918.82	3915.51	-1.79	0.94%	539,891.6	539,891.59
B5	3928.00	3917.90	3917.43	3918.55	3916.87	-1.03	0.54%	310,663.9	310,663.88
B6	3928.00	3920.00	3918.84	3919.15	3918.15	-1.85	0.97%	557,988.5	557,988.52
B7	3928.00	3919.70	3907.81	3907.16	3919.23	-0.47	0.25%	141,759.2	141,759.24
B8	3928.00	3919.40	3916.92	3918.19	3915.73	-3.67	1.93%	1,106,928.6	1,106,928.57
B9	3928.00	3918.80	3914.85	3914.88	3912.70	-6.1	3.20%	1,839,854.0	1,839,854.02
B10	3928.00	3919.20	3912.14	3913.19	3909.45	-9.75	5.12%	2,940,750.3	2,940,750.29
B11	3928.00	3918.50	3909.56	3910.99	3905.94	-12.56	6.59%	3,788,289.6	3,788,289.60
B12	3928.00	3919.50	3908.61	3909.53	3906.46	-13.04	6.84%	3,933,065.0	3,933,065.00
B13	3928.00	3921.20	3911.34	3912.68	3910.11	-11.09	5.82%	3,344,914.9	3,344,914.94
B14	3928.00	3920.80	3910.94	3912.22	3910.84	-9.96	5.23%	3,004,089.5	3,004,089.52
B15	3928.00	3921.50	3909.98	3913.88	3912.13	-9.37	4.92%	2,826,136.4	2,826,136.43
						-190.51	100.00%	<b>DELTA</b>	0.00
<b>Vol explotado Asumido 1990-2011</b>						57,460,752.50			

***ANEXO 2: PROYECCIONES  
POBLACIONALES***

---

**Escenario 1: Proyección Logística**

	t (años)	S. El Alto	Ladera-Talud	Pampahasi	Achachicala	La Paz
<b>1983</b>	<b>0</b>	<b>217,675</b>	<b>228,700</b>	<b>190,387</b>	<b>215,000</b>	<b>616,159</b>
1984	1	231,562	232,170	196,139	215,000	627,367
1985	2	246,257	235,637	201,929	215,000	638,519
1986	3	261,796	239,099	207,750	215,000	649,604
1987	4	278,217	242,555	213,594	215,000	660,615
1988	5	295,556	246,002	219,454	215,000	671,543
1989	6	313,852	249,439	225,321	215,000	682,381
1990	7	333,140	252,865	231,188	215,000	693,120
1991	8	353,458	256,277	237,046	215,000	703,753
<b>1992</b>	<b>9</b>	<b>374,841</b>	<b>259,675</b>	<b>242,889</b>	<b>215,000</b>	<b>714,274</b>
1993	10	397,323	263,057	248,706	215,000	724,674
1994	11	420,938	266,421	254,493	215,000	734,948
1995	12	445,715	269,766	260,239	215,000	745,089
1996	13	471,685	273,091	265,939	215,000	755,093
1997	14	498,872	276,394	271,585	215,000	764,953
1998	15	527,299	279,673	277,171	215,000	774,665
1999	16	556,985	282,928	282,689	215,000	784,224
2000	17	587,945	286,158	288,134	215,000	793,625
<b>2001</b>	<b>18</b>	<b>620,189</b>	<b>289,360</b>	<b>293,500</b>	<b>215,000</b>	<b>802,866</b>
2002	19	653,723	292,534	298,781	215,000	811,943
2003	20	688,545	295,679	303,973	215,000	820,852
2004	21	724,648	298,794	309,071	215,000	829,591
2005	22	762,021	301,877	314,070	215,000	838,159
2006	23	800,643	304,928	318,967	215,000	846,552
2007	24	840,488	307,945	323,759	215,000	854,770
2008	25	881,520	310,929	328,442	215,000	862,812
2009	26	923,699	313,877	333,014	215,000	870,675
2010	27	966,975	316,790	337,473	215,000	878,361
2011	28	1,011,291	319,666	341,818	215,000	885,869
2012	29	1,056,582	322,506	346,046	215,000	893,199
2013	30	1,102,777	325,307	350,157	215,000	900,351
2014	31	1,149,797	328,070	354,151	215,000	907,326
2015	32	1,197,556	330,795	358,027	215,000	914,125
2016	33	1,245,963	333,480	361,786	215,000	920,749
2017	34	1,294,920	336,125	365,427	215,000	927,199
2018	35	1,344,328	338,731	368,951	215,000	933,478
2019	36	1,394,079	341,296	372,360	215,000	939,586
2020	37	1,444,065	343,820	375,654	215,000	945,526
2021	38	1,494,176	346,304	378,835	215,000	951,300
2022	39	1,544,300	348,747	381,905	215,000	956,911
2023	40	1,594,325	351,148	384,865	215,000	962,359
2024	41	1,644,141	353,509	387,717	215,000	967,649
2025	42	1,693,637	355,828	390,464	215,000	972,783
2026	43	1,742,709	358,106	393,108	215,000	977,763
2027	44	1,791,253	360,343	395,650	215,000	982,592
2028	45	1,839,170	362,538	398,094	215,000	987,274
2029	46	1,886,370	364,693	400,441	215,000	991,811
2030	47	1,932,764	366,806	402,696	215,000	996,206
2031	48	1,978,271	368,879	404,859	215,000	1,000,463
2032	49	2,022,820	370,912	406,934	215,000	1,004,584
2033	50	2,066,343	372,904	408,923	215,000	1,008,572
2034	51	2,108,781	374,856	410,829	215,000	1,012,431
2035	52	2,150,084	376,768	412,654	215,000	1,016,164
2036	53	2,190,208	378,641	414,402	215,000	1,019,774
2037	54	2,229,117	380,475	416,075	215,000	1,023,263
2038	55	2,266,782	382,270	417,676	215,000	1,026,636
2039	56	2,303,182	384,027	419,206	215,000	1,029,896
2040	57	2,338,302	385,746	420,669	215,000	1,033,044

**Escenario 2 (Primera corrida)**

		3,000,000	450,000	450,000	215,000	1,115,000
Hipótesis Saturación [hab]						
Tasa de variación [%]		5.80%	2.24%	1.37%	1.37%	1.37%
	t (años)	S. El Alto	Ladera-Talud	Pampahasi	Achachicala	La Paz
2001	0	631,919	316,832	274,470	179,031	770,333
2002	1	765,425	319,775	276,854	179,520	775,014
2003	2	891,404	322,654	279,206	180,001	779,632
2004	3	1,010,281	325,468	281,525	180,477	784,187
2005	4	1,122,456	328,221	283,813	180,946	788,680
2006	5	1,228,306	330,913	286,071	181,408	793,112
2007	6	1,328,190	333,545	288,297	181,864	797,483
2008	7	1,422,442	336,119	290,493	182,314	801,796
2009	8	1,511,380	338,636	292,660	182,758	806,050
2010	9	1,595,304	341,097	294,797	183,196	810,246
2011	10	1,674,497	343,504	296,905	183,628	814,385
2012	11	1,749,225	345,858	298,984	184,054	818,468
2013	12	1,819,741	348,160	301,035	184,475	822,495
2014	13	1,886,280	350,411	303,058	184,889	826,468
2015	14	1,949,069	352,612	305,054	185,298	830,387
2016	15	2,008,317	354,765	307,022	185,702	834,252
2017	16	2,064,226	356,870	308,964	186,099	838,065
2018	17	2,116,982	358,928	310,880	186,492	841,827
2019	18	2,166,764	360,941	312,769	186,879	845,537
2020	19	2,213,740	362,909	314,633	187,261	849,197
2021	20	2,258,067	364,834	316,472	187,638	852,807
2022	21	2,299,895	366,717	318,285	188,009	856,368
2023	22	2,339,365	368,558	320,074	188,376	859,880
2024	23	2,376,610	370,358	321,839	188,738	863,345
2025	24	2,411,755	372,118	323,579	189,094	866,763
2026	25	2,444,918	373,839	325,296	189,446	870,135
2027	26	2,476,212	375,523	326,990	189,793	873,460
2028	27	2,505,742	377,169	328,661	190,136	876,741
2029	28	2,533,607	378,779	330,309	190,473	879,977
2030	29	2,559,901	380,353	331,934	190,806	883,169
2031	30	2,584,713	381,892	333,538	191,135	886,318
2032	31	2,608,125	383,398	335,120	191,459	889,424
2033	32	2,630,218	384,870	336,680	191,779	892,487
2034	33	2,651,065	386,309	338,219	192,094	895,509
2035	34	2,670,737	387,717	339,737	192,405	898,490
2036	35	2,689,300	389,094	341,235	192,712	901,431
2037	36	2,706,817	390,440	342,712	193,015	904,332
2038	37	2,723,346	391,756	344,169	193,314	907,193
2039	38	2,738,943	393,044	345,607	193,608	910,015
2040	39	2,753,660	394,302	347,024	193,899	912,799

**Escenario 2 (Corrección con No de Conexiones)**

**Hipótesis Saturación [hab]**

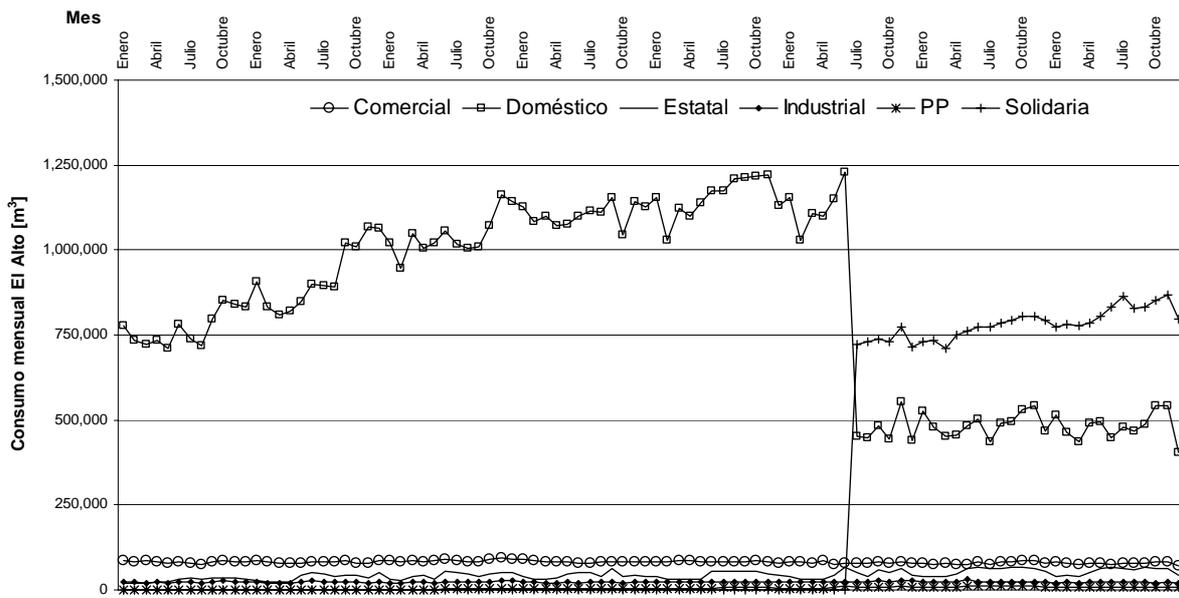
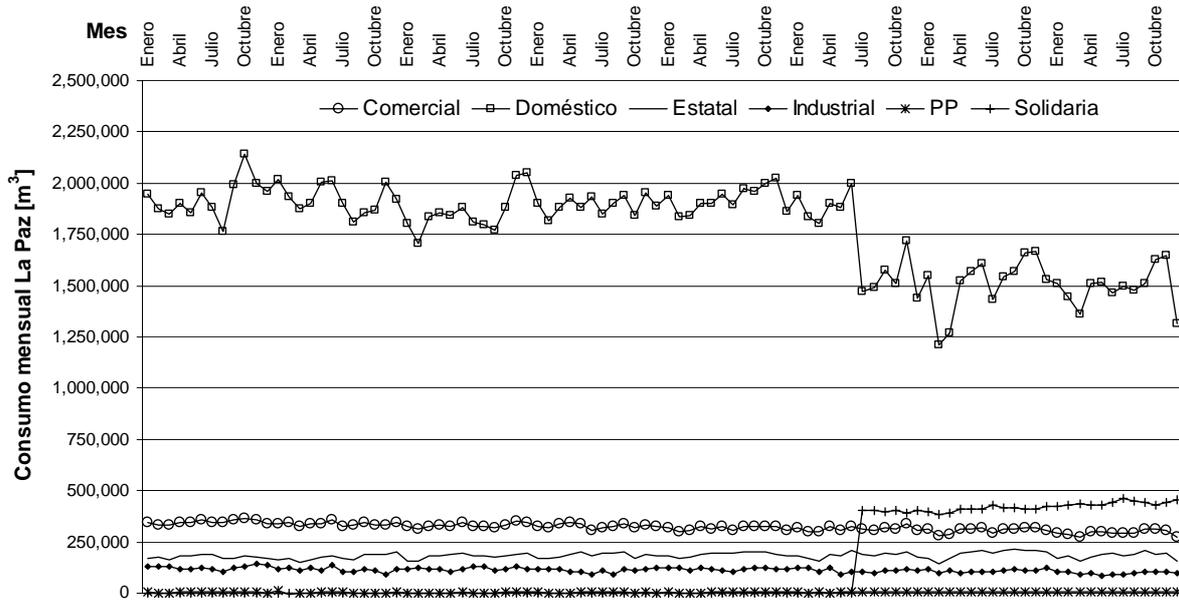
**Tasa de variación [%]**

		3,000,000	350,000	450,000	215,000	1,015,000
		3.52%	2.24%	1.37%	1.37%	1.37%
	t (años)	S. El Alto	Ladera-Talud	Pampahasi	Achachicala	La Paz
<b>2001</b>	<b>0</b>	<b>631,919</b>	<b>316,832</b>	<b>274,470</b>	<b>179,031</b>	<b>770,333</b>
2002	1	713,825	317,565	276,854	179,520	773,656
2003	2	792,897	318,282	279,206	180,001	776,934
2004	3	869,235	318,983	281,525	180,477	780,167
2005	4	942,933	319,669	283,813	180,946	783,357
2006	5	1,014,081	320,339	286,071	181,408	786,503
2007	6	1,082,769	320,995	288,297	181,864	789,606
2008	7	1,149,081	321,636	290,493	182,314	792,667
2009	8	1,213,099	322,263	292,660	182,758	795,687
2010	9	1,274,903	322,876	294,797	183,196	798,666
2011	10	1,334,570	323,475	296,905	183,628	801,604
2012	11	1,392,172	324,061	298,984	184,054	804,502
2013	12	1,447,783	324,635	301,035	184,475	807,361
2014	13	1,501,470	325,195	303,058	184,889	810,181
2015	14	1,553,300	325,744	305,054	185,298	812,963
2016	15	1,603,338	326,280	307,022	185,702	815,707
2017	16	1,651,644	326,804	308,964	186,099	818,414
2018	17	1,698,280	327,317	310,880	186,492	821,084
2019	18	1,743,303	327,818	312,769	186,879	823,718
2020	19	1,786,769	328,308	314,633	187,261	826,315
2021	20	1,828,732	328,788	316,472	187,638	828,878
2022	21	1,869,243	329,257	318,285	188,009	831,406
2023	22	1,908,353	329,715	320,074	188,376	833,900
2024	23	1,946,110	330,164	321,839	188,738	836,359
2025	24	1,982,561	330,602	323,579	189,094	838,785
2026	25	2,017,752	331,031	325,296	189,446	841,179
2027	26	2,051,725	331,450	326,990	189,793	843,540
2028	27	2,084,523	331,860	328,661	190,136	845,868
2029	28	2,116,187	332,261	330,309	190,473	848,165
2030	29	2,146,756	332,653	331,934	190,806	850,431
2031	30	2,176,267	333,036	333,538	191,135	852,666
2032	31	2,204,758	333,411	335,120	191,459	854,871
2033	32	2,232,263	333,778	336,680	191,779	857,046
2034	33	2,258,817	334,137	338,219	192,094	859,191
2035	34	2,284,453	334,487	339,737	192,405	861,307
2036	35	2,309,202	334,830	341,235	192,712	863,395
2037	36	2,333,095	335,165	342,712	193,015	865,454
2038	37	2,356,161	335,493	344,169	193,314	867,485
2039	38	2,378,430	335,814	345,607	193,608	869,489
2040	39	2,399,928	336,127	347,024	193,899	871,465

***ANEXO 3: DISTRIBUCIÓN DEL  
CONSUMO MENSUAL Y SUS  
TENDENCIAS***

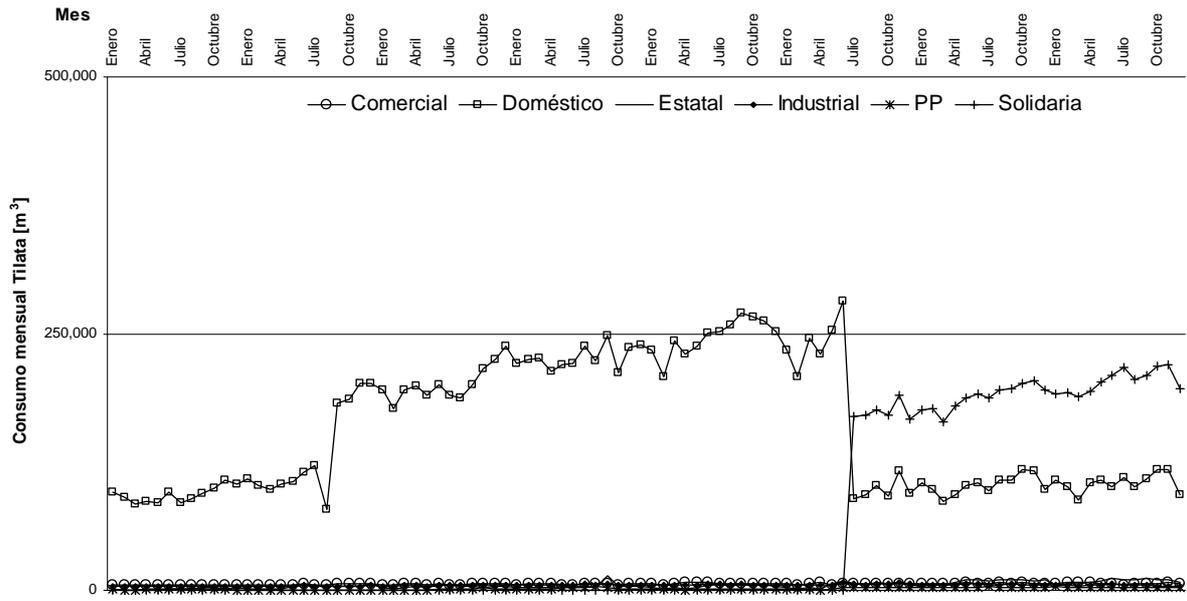
---

## Distribución del Consumo mensual y sus Tendencias





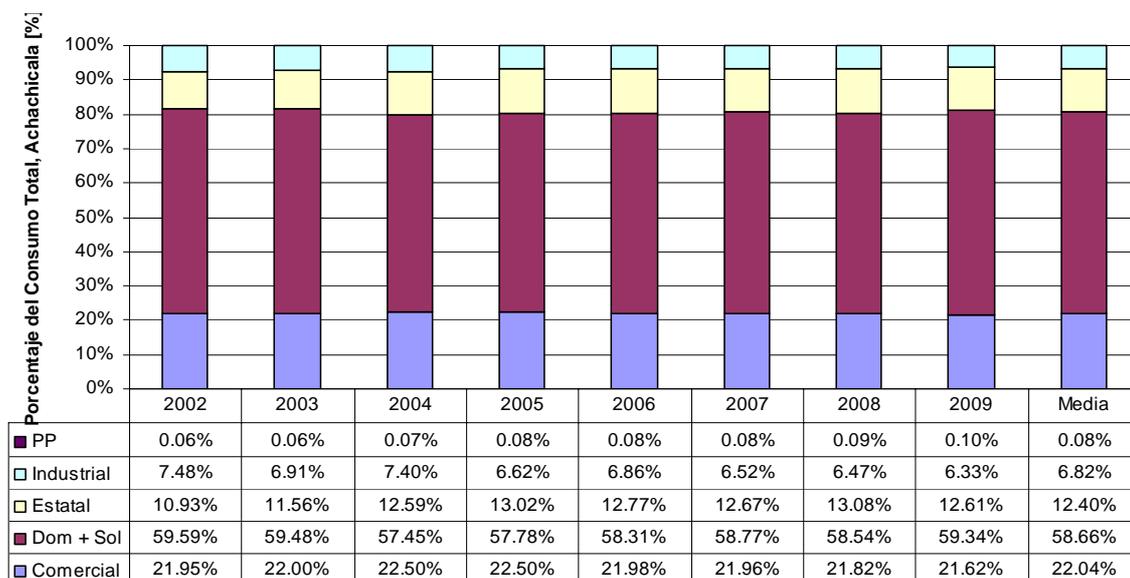
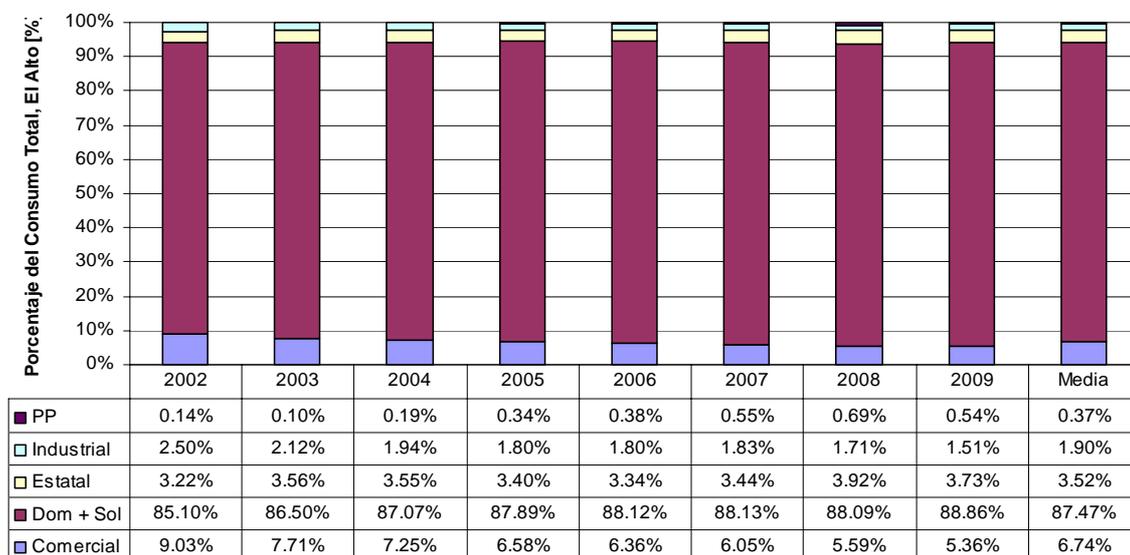
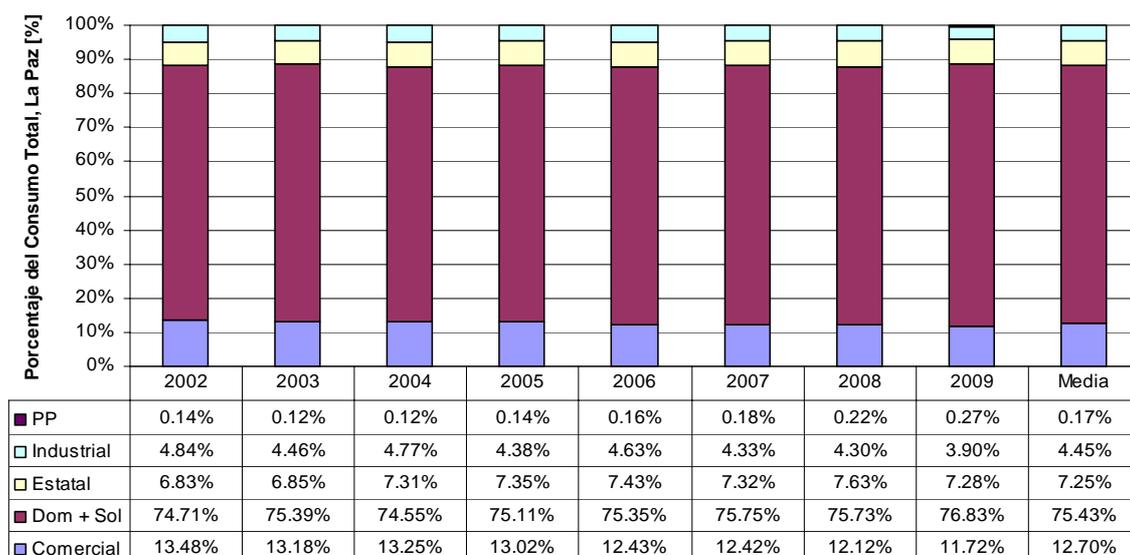


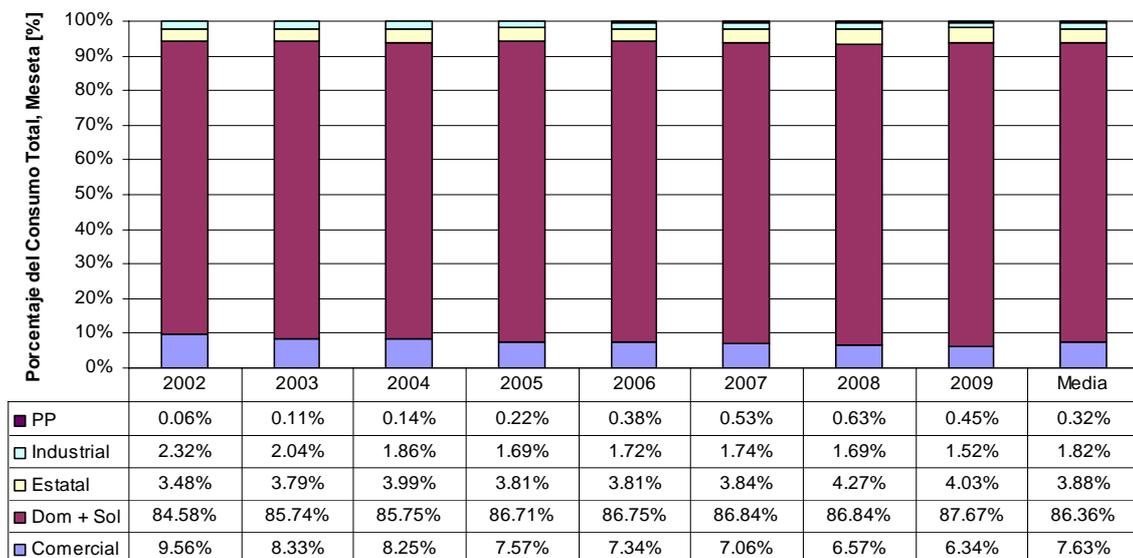
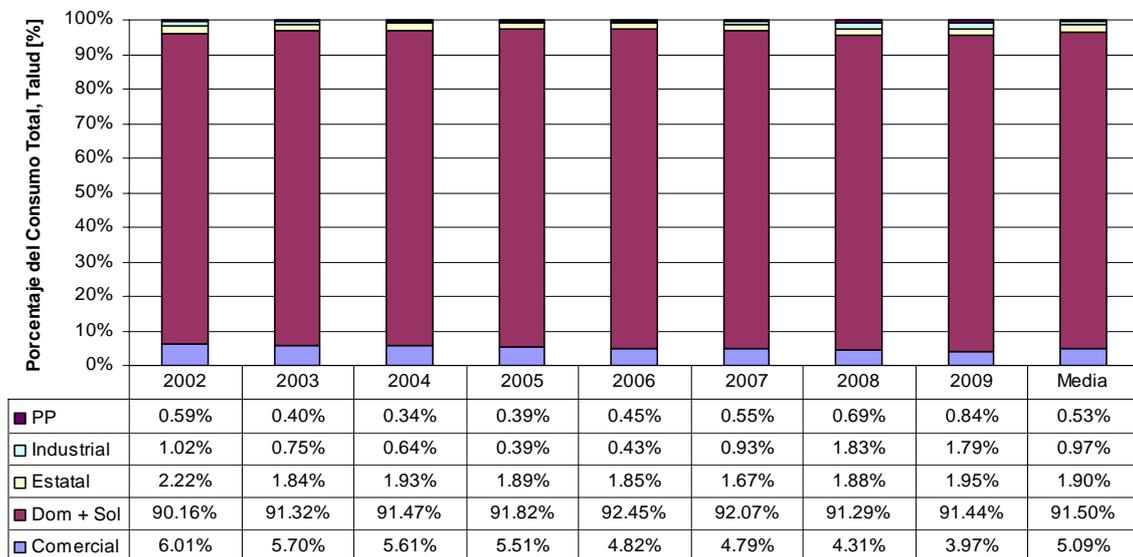
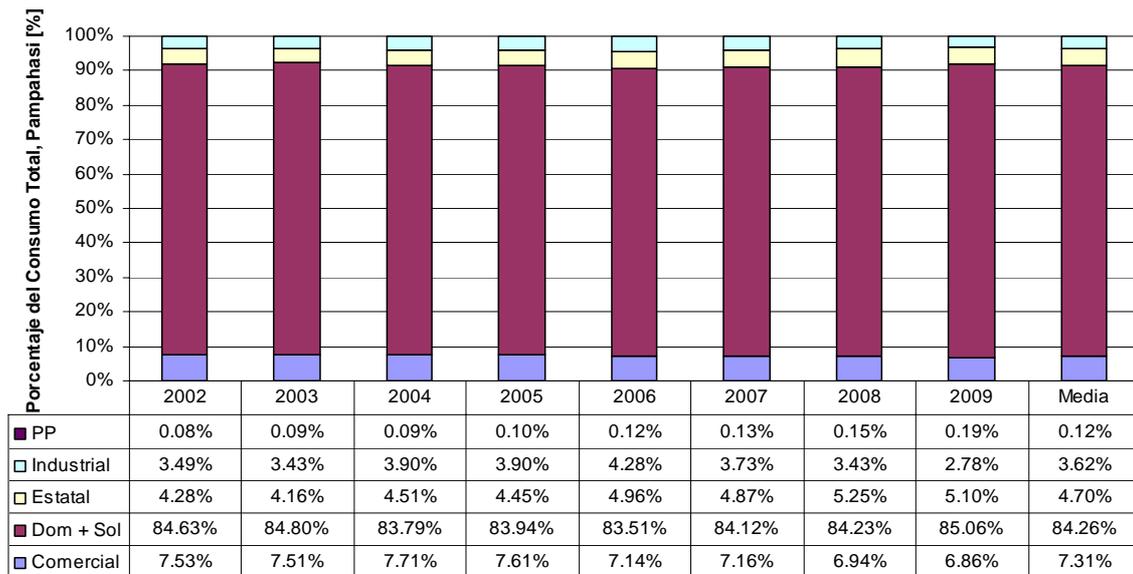


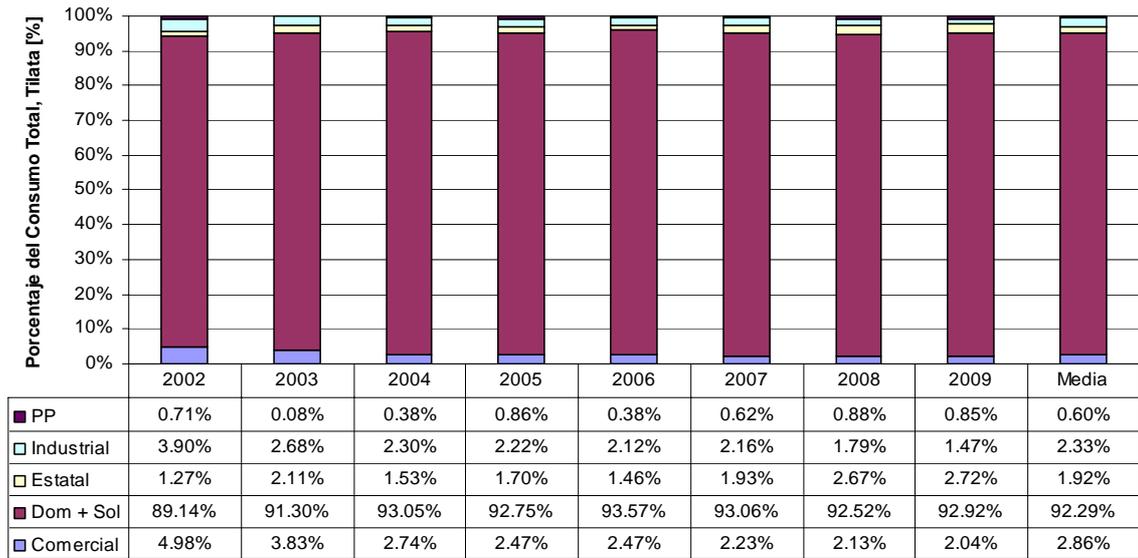
## ***ANEXO 4: ANALISIS DE CONSUMOS***

---

## Anexo 4: Análisis de Consumos





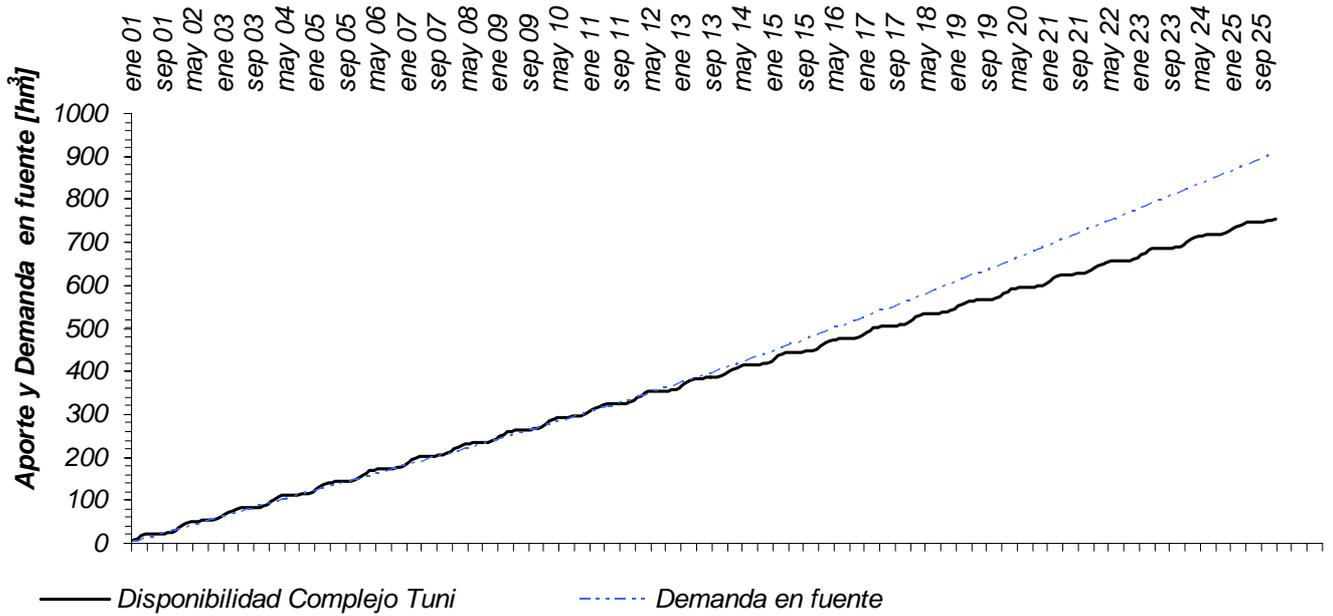


***ANEXO 5: BALANCES RESULTADO DE LA  
MODELACIÓN DE LA GESTIÓN***

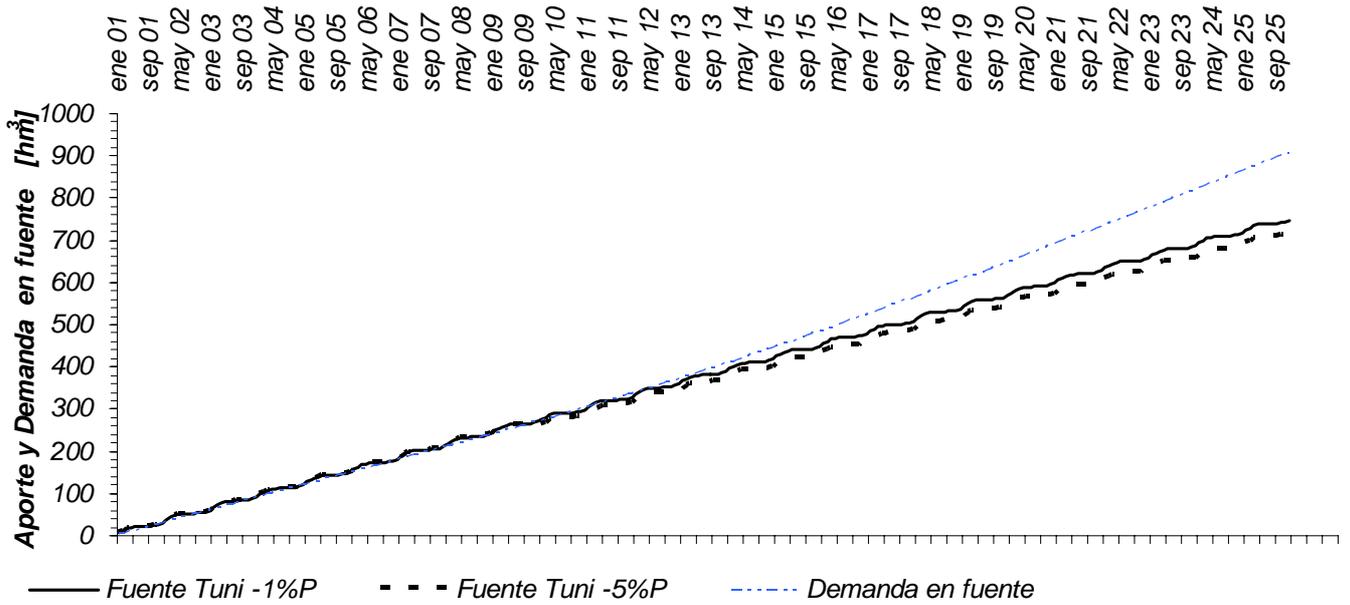
---

Sistema El Alto:

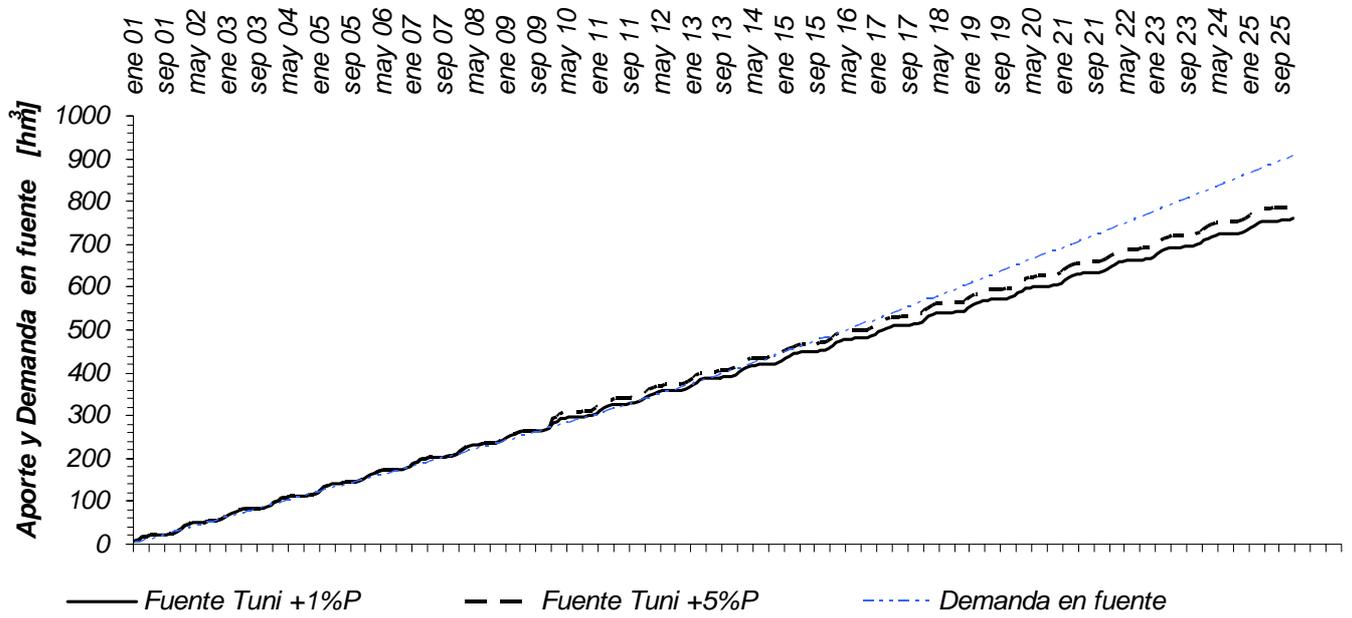
A) Tendencia actual (Incluye aporte 2009 Tilata)



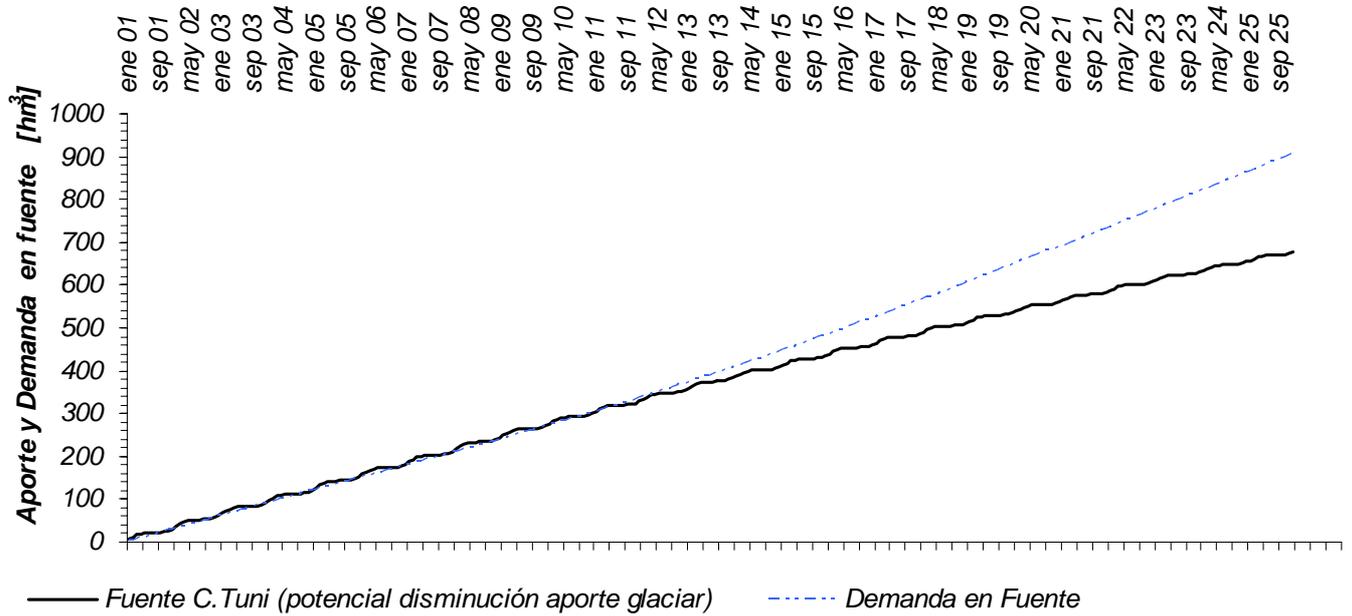
B) Disminución de la Precipitación (Incluye aporte 2009 Tilata)



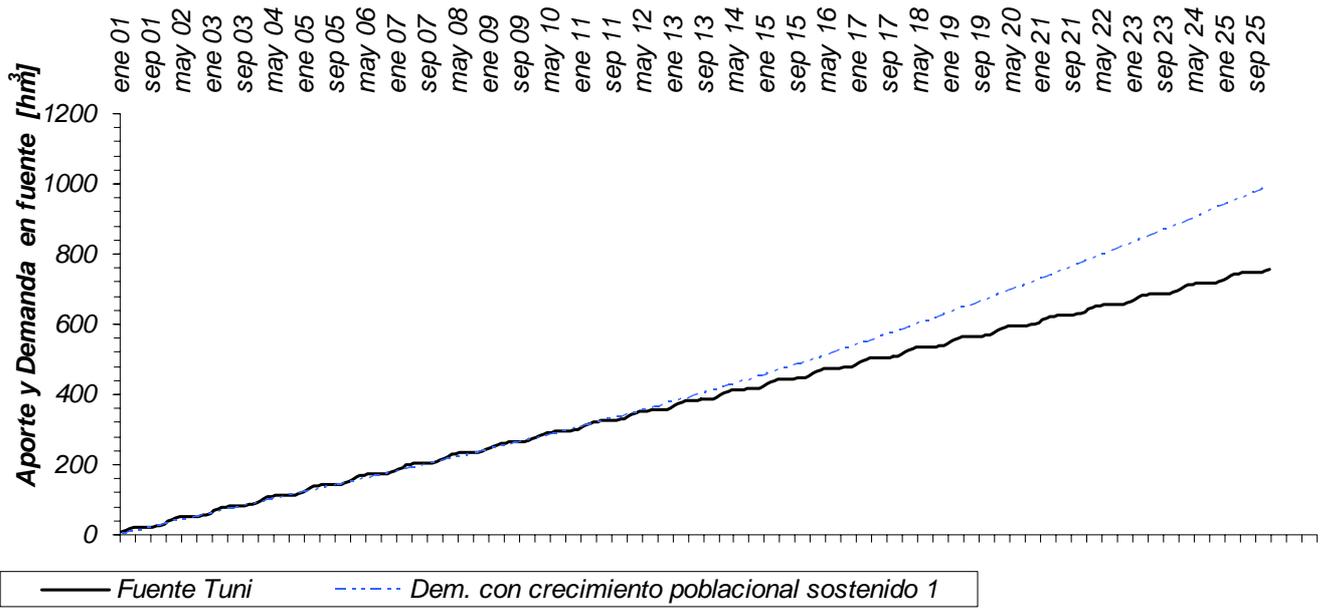
C) Incremento en la Precipitación (Incluye aporte 2009 Tilata)



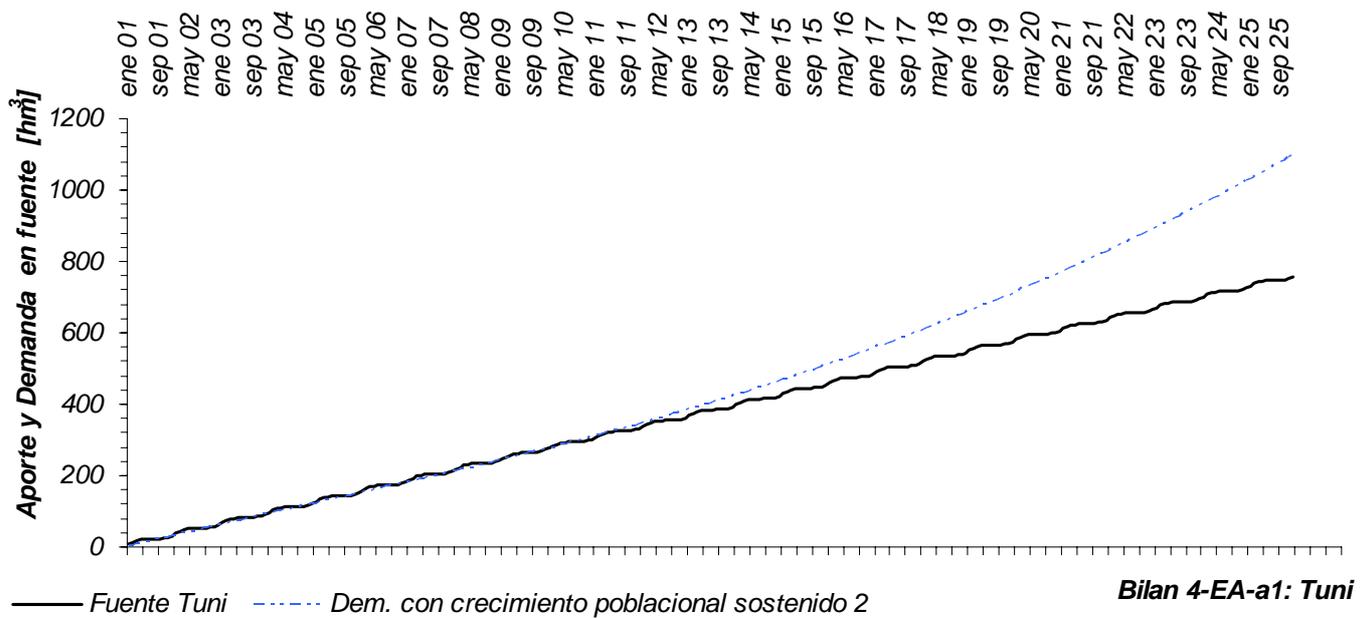
D) Disminución en el aporte glaciar (Incluye aporte 2009 Tilata)



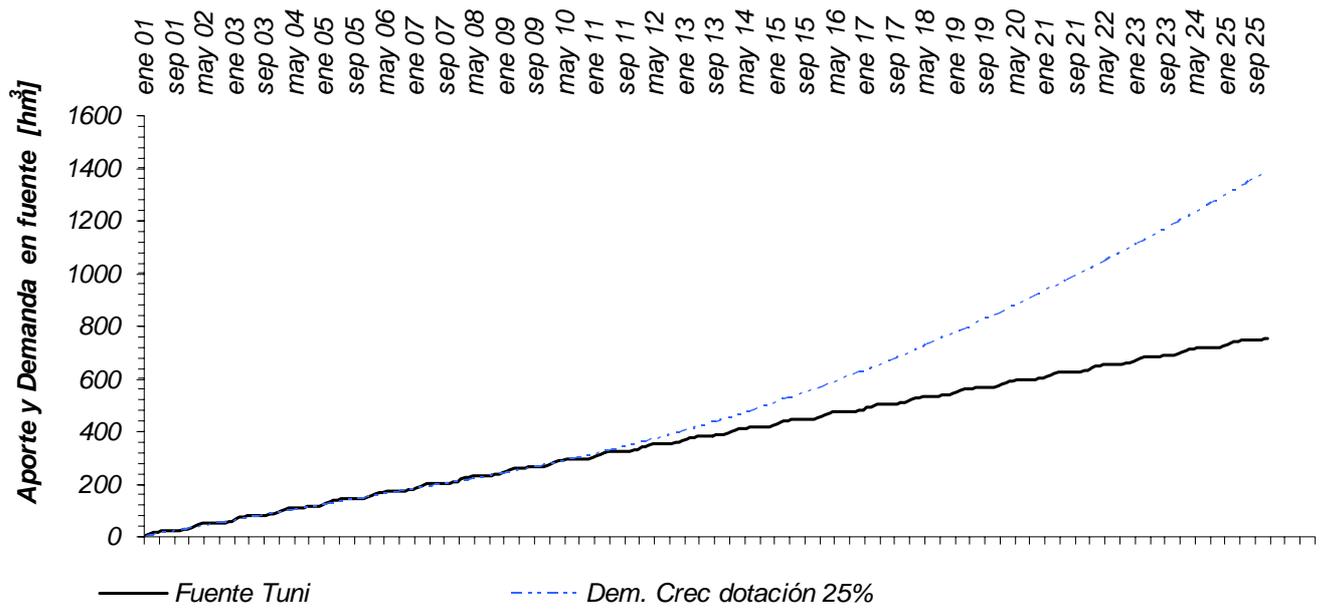
E) Demanda con crecimiento poblacional a saturación e incremento moderado de la dotación



F) Demanda con crecimiento poblacional a saturación

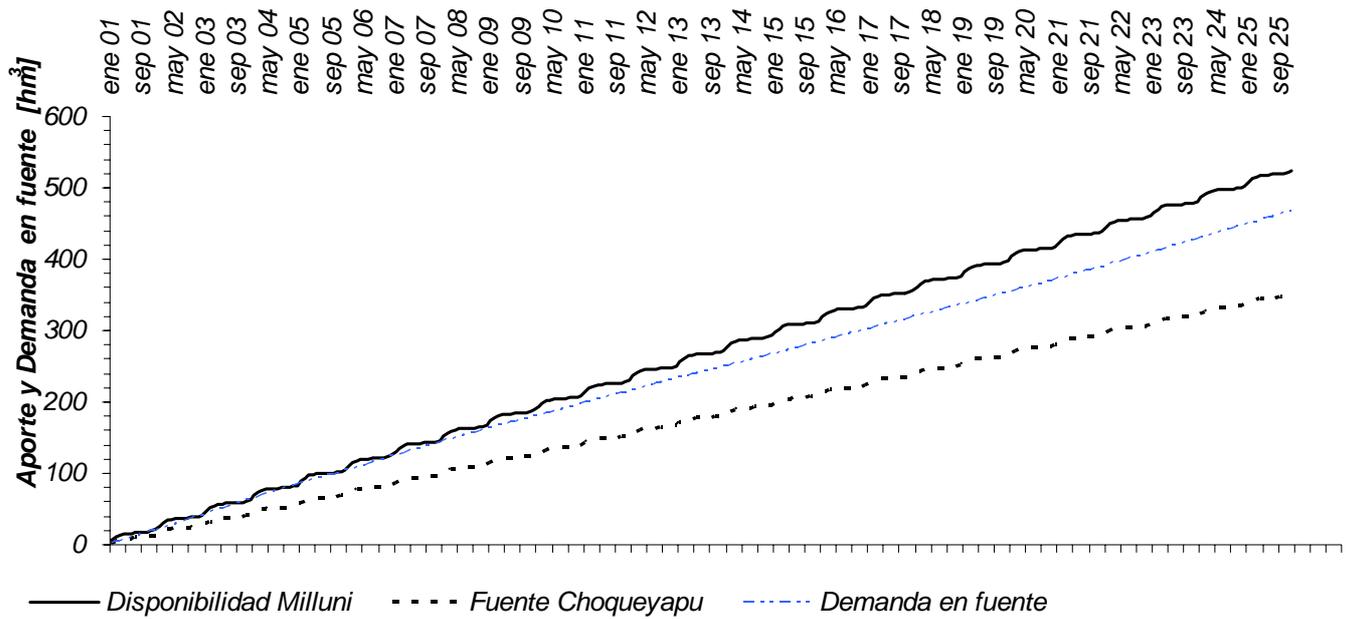


### G) Crecimiento de la dotación al 25%

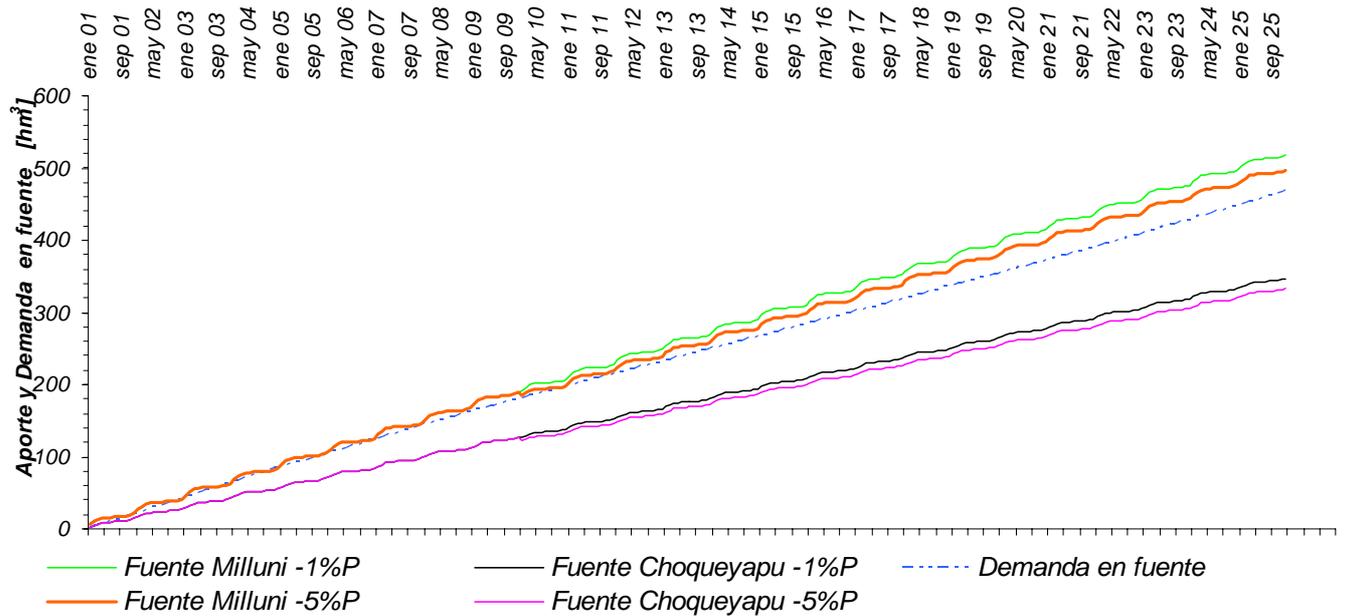


## Sistema Achachicala

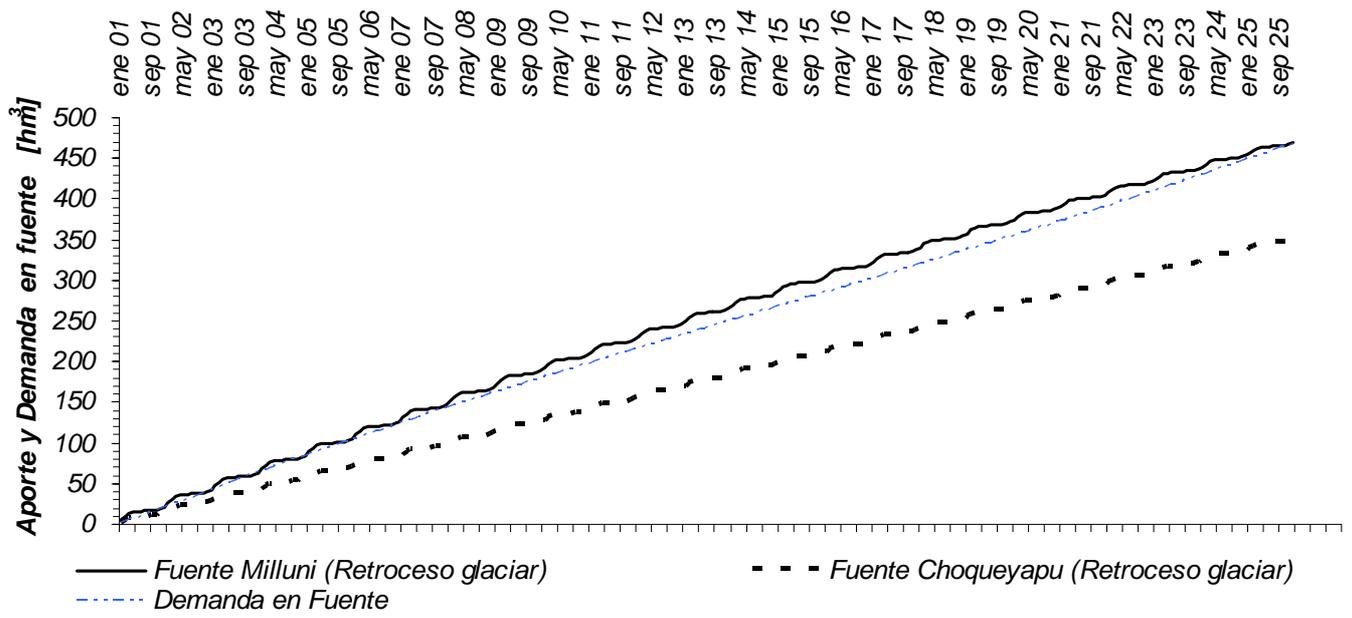
### A) Tendencia actual (Milluni y Choqueyapu separadas)



### B) Disminución de la precipitación (Milluni y Choqueyapu separadas)

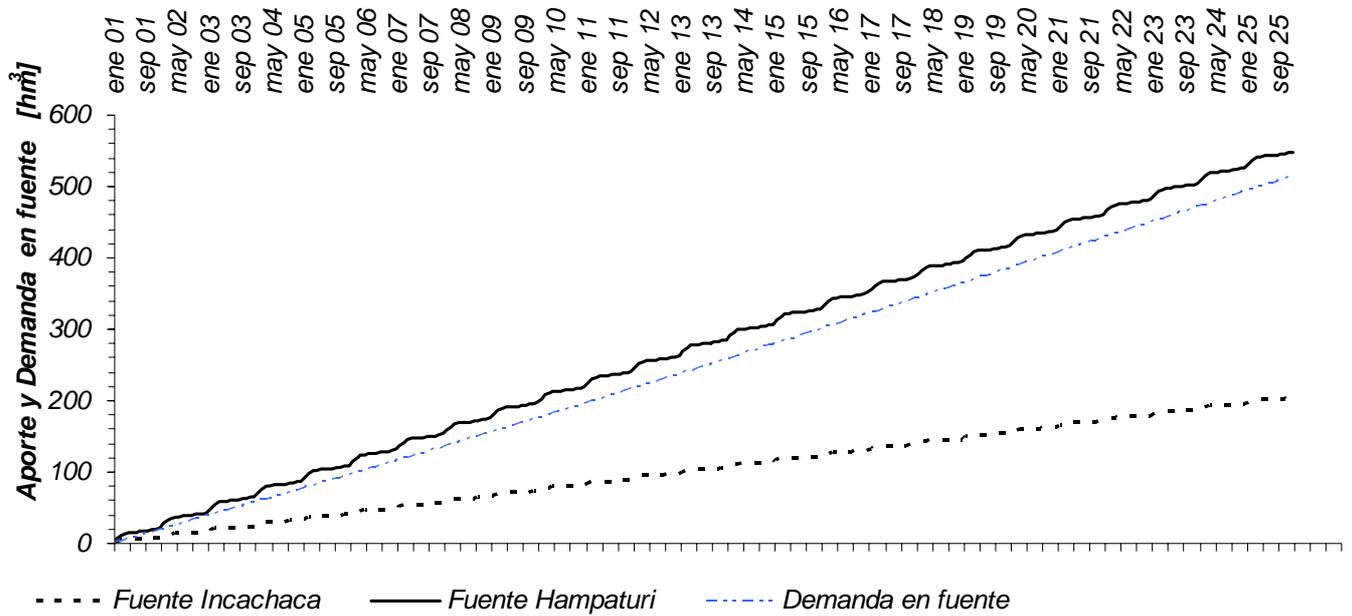


### C) Disminución en el aporte glaciar

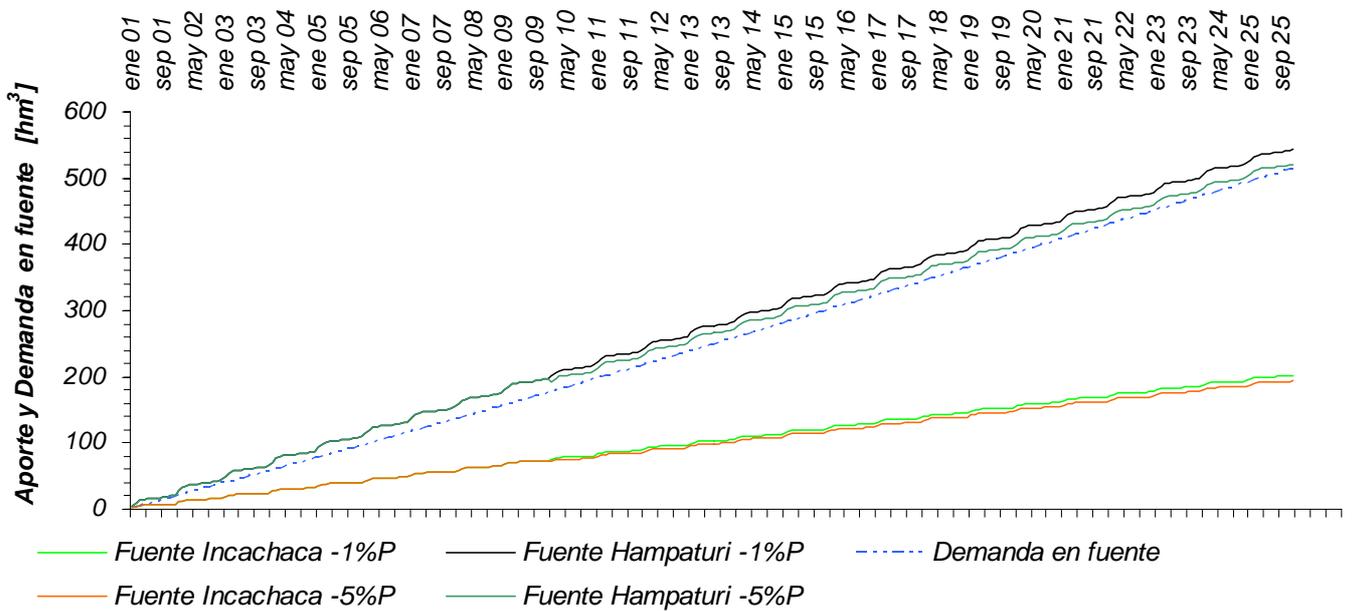


## Sistema Pampahasi

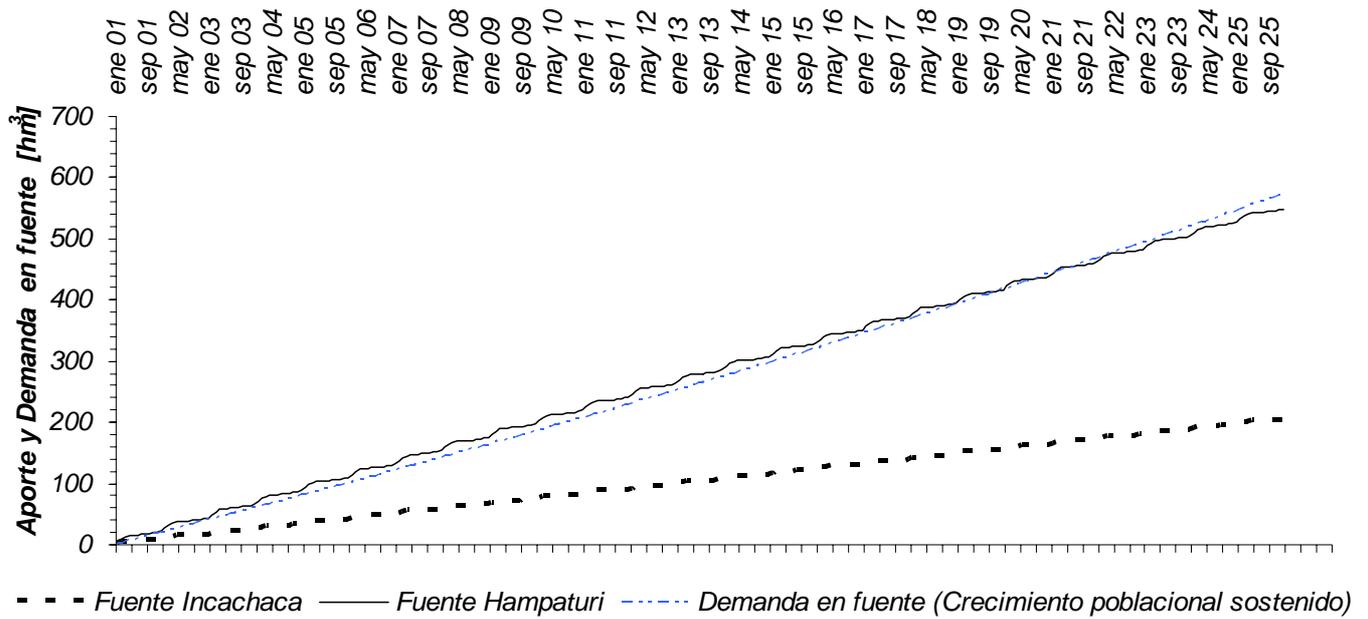
### A) Tendencia actual (Incachaca y Hampaturi separadas)



### B) Disminución de la precipitación (Incachaca y Hampaturi separadas)



C) Crecimiento poblacional sostenido



D) Crecimiento dotación 25%

