

**BOLIVIA**

**PROGRAMA DE AGUA Y ALCANTARILLADO  
PERIURBANO – FASE I**

**(BO-X1004 / BO-L1034)**

**ANEXO SOCIOECONÓMICO EXPOST**

**OCTUBRE DE 2019**

## 1. Objetivos y Antecedentes

El objetivo del documento es presentar la evaluación socioeconómica ex-post de los proyectos de agua potable y alcantarillado en Bolivia que fueron parte del Programa de Agua y Alcantarillado Periurbano Fase I, ejecutado por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua. En este anexo se presentan los resultados obtenidos de evaluar ex-post todos los proyectos financiados por el programa que corresponden a ampliación y mejoramiento de redes de agua potable y alcantarillado, así como la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales. El programa intervino en zonas periurbanas y urbanas priorizadas beneficiando a grupos de todos los rangos poblacionales (entre 2,000 y 10,000 habitantes y mayores a 10,000 habitantes).

Debido a que no se contó con información sobre la situación ex-ante (principalmente precios y consumos de agua potable), se optó por hacer un análisis costo-eficiencia que permita determinar si los costos incurridos fueron razonables. Para esto, se obtuvo información de la Unidad Ejecutora del Programa. Como se explicará más adelante, las variables utilizadas para el análisis fueron costos de inversión y conexiones domiciliarias efectivas.

## 2. Proyectos Analizados

El Programa fue ejecutado entre los años 2010 y 2018 financiando 22 proyectos de inversión distribuidos en 5 departamentos (La Paz, Cochabamba, Potosí, Santa Cruz y Beni), bajo los siguientes tipos de intervención: (i) agua potable (mejoramiento y/o ampliación); (ii) agua potable y alcantarillado; (iii) agua potable, alcantarillado y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR); (iv) alcantarillado; y (v) alcantarillado sanitario y PTAR. A continuación, se presenta una descripción breve de cada uno de los proyectos analizados. En este análisis no se incluye la tubería del embalse Molle Molle a la PTAP Jove Rancho del Proyecto Múltiple de Misicuni ya que ésta es parte de un proyecto mayor para dar servicio al área metropolitana de Cochabamba.

*Tabla 1. Proyectos financiados*

Departamento	Ciudad	Proyecto	Tipo	Tipo de intervención	Población INE 2012 <sup>1</sup>
La Paz	El Alto	Ampliación del Sistema de Agua Potable Distrito 7 El Alto (Zona central de El Alto)	Agua Potable	Mejoramiento	846,880
La Paz	El Alto	Ampliación del Sistema de Alcantarillado Sanitario, Distrito 7	Alcantarillado sanitario	Ampliación y/o Mejoramiento	846,880
La Paz	El Alto	Ampliación Sistema de Alcantarillado Distrito 8	Alcantarillado sanitario	Ampliación y/o Mejoramiento	846,880
La Paz	Caranavi	Construcción sistema de agua Potable Caranavi Fase I La Paz	Agua Potable	Mejoramiento	13,299
La Paz	La Paz	Construcción Conexiones de Agua Potable para el Sistema Chuquiaguillo — La Paz	Agua Potable	Construcción	758,845
La Paz	La Paz	Extensión de la Red de Agua Potable para la Zona de Lomas de Achumani	Agua Potable	Ampliación y/o Mejoramiento	758,845

1. \_\_\_\_\_  
1. <sup>1</sup> Población INE Censo 2012 para la localidad del Proyecto.

Departamento	Ciudad	Proyecto	Tipo	Tipo de intervención	Población INE 2012 <sup>1</sup>
Potosí	Villazón	Construcción sistema Agua potable OTB 20 21, 23 y 24 Villazón	Agua Potable	Ampliación y/o Mejoramiento	35,337
La Paz	El Alto	Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Urbanización Mercedes B	Alcantarillado sanitario	Ampliación y/o Mejoramiento	846,880
Cochabamba	Cochabamba	Construcción sistema de Alcantarillado sanitario Distrito 14 cbba	Alcantarillado Sanitario	Ampliación y/o Mejoramiento	632,013
Cochabamba	Sacaba	Ampliación del Sistema de Alcantarillado y Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Pucara para Sacaba	Alcantarillado Sanitario	Ampliación y/o Mejoramiento	150,110
Cochabamba	Chimoré	Construcción del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chimoré, Cochabamba	Alcantarillado Sanitario y PTAR	Construcción	6,260
Cochabamba	Cochabamba	Construcción de los Sistemas de Agua Potable, Distritos 8 y 9 de la ciudad de Cochabamba, Lote 1 y Lote 2	Agua Potable	Ampliación y/o Mejoramiento	632,013
Santa Cruz	La Guardia	Mejoramiento del Sistema de Agua Potable La Guardia - Santa Cruz	Agua Potable	Mejoramiento	74,546
Santa Cruz	Minero	Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales 1ra. Fase para Minero	Alcantarillado Sanitario y PTAR	Construcción	18,340
Santa Cruz	San José de Chiquitos	Construcción sistema de Alcantarillado Sanitario San Jose de Chiquitos	Alcantarillado Sanitario y PTAR	Construcción	12,486
Potosí	Villazón	Construcción del sistema de alcantarillado OTB 20, 21, 23, Y 24 DE VILLAZÓN Lote 2	Alcantarillado Sanitario y PTAR	Ampliación y/o Mejoramiento	35,337
Santa Cruz	Cuatro Cañadas	Ampliación del Sistema de Agua Potable para Cuatro Cañadas	Agua Potable	Mejoramiento	8,195
Santa Cruz	La Guardia	Construcción sistema de Alcantarillado sanitario La Guardia	Alcantarillado Sanitario y PTAR	Construcción	74,546
Santa Cruz	Cuatro Cañadas	Construcción Alcantarillado en Cuatro Cañadas	Alcantarillado Sanitario y PTAR	Construcción	8,195
Santa Cruz	Santa Cruz	Construcción sistema de Alcantarillado y PTAR Sanitario Plan Tres Mil	Alcantarillado Sanitario y PTAR	Construcción	1,442,396
Santa Cruz	Santa Cruz	Sistema de Agua Potable Plan Tres Mil (Santa Cruz). Fase 1	Agua Potable	Ampliación y/o Mejoramiento	1,442,396
Cochabamba	Sacaba	Sistema de Agua Potable Distritos 1 y 4 de Sacaba	Agua Potable	Ampliación y/o Mejoramiento	150,110
Beni	Trinidad	Construcción del Sistema de Agua Potable para 10 Barrios Trinidad	Agua Potable	Construcción	101,628

**Construcción Sistema de Agua Potable para 10 Barrios de Trinidad.** El Proyecto contempla la construcción de sistemas de agua potable en 10 Barrios de Trinidad:

- Barrio Mercado Campesino: tanque elevado de 30 m<sup>3</sup>, red de distribución y 60 conexiones
- Barrio Pantanal: tanque elevado de 65 m<sup>3</sup>, red de distribución y 437 conexiones
- Barrio 13 de abril: tanques semienterrados de 390 m<sup>3</sup> y elevado de 50 m<sup>3</sup>, red de distribución y 557 conexiones
- Barrio Arroyo Chico; tanque elevado de 65 m<sup>3</sup> de capacidad, red de distribución y 148 conexiones
- Barrio Meralisa: tanque elevado de 50 m<sup>3</sup>, red de distribución y 138 conexiones
- Barrio Pedro Ignacio Muiba: tanque elevado de 43 m<sup>3</sup>, red de distribución y 299 conexiones
- Barrio Santa Anita: tanque de 20 m<sup>3</sup>, red de distribución y 149 conexiones
- Barrio El Rodeo: tanque elevado de 20 m<sup>3</sup>, red de distribución y 60 conexiones
- Barrio Villa Marín: tanque elevado de 170 m<sup>3</sup>, red de distribución y 447 conexiones
- Barrio Loma Suarez: tanque elevado de 22 m<sup>3</sup>, red de distribución y 139 conexiones.

Se construyeron un total de 2,434 conexiones domiciliarias, favoreciendo a 2,880 familias con un total de 14,440 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 11,307,714.75 Bs.-

**Construcción Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Chimoré.** El Proyecto contempla la construcción de un Sistema de Alcantarillado con 16,130 m de red de colectores, 196 cámaras de inspección, 1 estación elevadora prevista de 2 bombas y 808 conexiones domiciliarias. Asimismo, cuenta con Planta de Tratamiento de Agua Residuales con 1 laguna anaerobia, 1 laguna facultativa y una de maduración. Favoreciendo a 4,116 familias con un total de 22,583 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 11,546,220.43 Bs.- Adicionalmente se mejoraron 120 conexiones de alcantarillado reportadas en el informe 2017 de la EPSA al regulador AAPS y conectadas a la PTAR construida con el proyecto.

**Sistema de Alcantarillado Sanitario Distrito 14 – Cochabamba.** El Proyecto contempla la construcción de un Sistema de Alcantarillado con 47,271 m de red de colectores y 3,000 conexiones domiciliarias. Favoreciendo a 3,820 familias con un total de 19,100 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 17,895,090.29 Bs.

**Construcción Sistemas de Agua Potable para Los Distrito D-8 y D-9 de la Ciudad de Cochabamba.** El Proyecto contempla 3 lotes: Lote 1: Construcción de redes de distribución y conexiones domiciliarias (Chaska Rummy e Ichchu Kkollo en el D-8 y Lomas del Sur y Colomani en el D-9). Lote 2: Construcción de cárcamos de bombeo, líneas de impulsión y tanques de almacenamiento en ambos distritos. Lote 3: Equipamiento Electromecánico y Protecciones Hidráulicas en las Redes de Impulsión y Cárcamos de Bombeo: Este Lote de obras se ha originado a partir de los componentes excluidos del Lote 2 y de las necesidades del Proyecto de complementarse con equipamiento electromecánico y protecciones hidráulicas en las líneas de impulsión, ítems no contemplados en el proyecto original. Haciendo un total de 5,505 conexiones domiciliarias nuevas y 3.723 mejoradas, favoreciendo a 13,842 familias con un total de 48,445 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 73,989,473.81 Bs.-

**Construcción Colectores Sanitarios Distrito II – Sacaba.** El proyecto consiste en la construcción de 9.243 metros de colectores de PVC, en diámetros desde 200 mm hasta 500 mm. Estos colectores forman parte del sistema de drenaje del Distrito II de Sacaba y vierte sus aguas a la planta de tratamiento de aguas residuales de El Abra. El proyecto contempla el atravesar la avenida Villazón, que es parte de la red fundamental de carreteras y depende de la ABC. Favoreciendo a 15,044 hogares con un total de 52.655 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 6.223.863,06 Bs.-

## **Ampliación del Sistema de Alcantarillado Sanitario Distritos 1 y 4 y Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Pucara para Sacaba.**

Componente 1: Ampliación del Sistema de Alcantarillado Sanitario:

- Red de colectores principales en los Distritos I y IV de Sacaba, L = 32,799 m. en diámetros variables DN 150 a 500 mm
- 486 cámaras de inspección
- 2,115 conexiones domiciliarias (226 nuevas y 1,889 mejoradas)
- Construcción de 729.43 m<sup>3</sup> de gaviones p/ protección de la tubería instalada

Componente 2: Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable en los Distritos I y IV

- Áreas intervenidas: OTB Integración, OTB El Morro, Laicacota, Vida Nueva, Simón Bolívar, Porvenir, Circunvalación Sud y San Pedro Longitud de red de agua construida: 32.5 Km.
- Longitud de la línea de impulsión: 0.8 Km
- 7 torres hidroneumáticas instaladas y en operación
- 2 tanques de almacenamiento de 100 m<sup>3</sup> y 30 m<sup>3</sup> de capacidad
- 14,139 conexiones domiciliarias (566 nuevas y 13,573 mejoradas)

El proyecto favoreció a 3,021 familias con Agua Potable y 20,199 familias con Alcantarillado Sanitario, además de 10,575 beneficiarios en Agua Potable y 70,695 beneficiarios con Alcantarillado Sanitario, cuyo monto de inversión asciende a 33.110.981,20 Bs.-

**Sistema de Agua Potable Caranavi Fase I.** El Proyecto consiste en el Mejoramiento de la obra de toma existente, construcción de la línea de aducción, L=6.120 m en PVC de 6" y E-40 de 8", 4 puentes colgantes de longitud variable de 24 a 60 m, y 10 pasos de quebrada de longitud variable de 5 a 15 m., construcción de PTAP; filtro lento de grava y arena, c/ equipo de cloración, construcción de tanque de H° A° de 180 m<sup>3</sup>, red de distribución, L=9.297,6 m de tubería E-40 de 2", 4", 6" y 8", 1.650 micro medidores en las acometidas domiciliarias existentes. Haciendo un total de 1,650 conexiones domiciliarias, favoreciendo a 3,300 familias con un total de 11.550 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 7,801,094.46 Bs.-

**Ampliación Sistema de Agua Potable y Sistema de Alcantarillado Sanitario Distrito 7 de la Ciudad El Alto.** Consiste en la construcción de un Sistema de Agua Potable con una red de distribución ejecutada en tubería de PVC E-40 diámetro 2", 1½", 1, ¾", ½" en las zonas de Julián Apaza I y II, San Miguel - San Anselmo y Bautista Saavedra UV-D. Asimismo, la construcción de un sistema de Alcantarillado Sanitario con redes secundarias en tubería de PVC E-40 diámetro DN 150 mm y cámara de inspección de diferentes alturas en las urbanizaciones Bautista Saavedra, Zona Central y Rigoberto Paredes y una PTAR por gravedad que conlleva un pretratamiento (rejillas), desarenador, canal Parshall, cámaras de inspección y distribución de caudales, Tanque Imhoff y una estructura de salida y cerco perimetral. Favoreciendo a 773 familias con Agua Potable y 2.561 familias con Alcantarillado Sanitario, que suponen 2.706 beneficiarios en Agua Potable y 8.965 beneficiarios con Alcantarillado Sanitario, cuyo monto de inversión asciende a 11,478,374.70 Bs.-

**Ampliación Sistema de Alcantarillado Sanitario Urbanización Mercedes B del D-8 El Alto.** El proyecto contempla una red de colectores secundarios con tubería de PVC de diámetro 150 mm en una longitud de 2.779,90 m, 51 cámaras de inspección y 190 conexiones domiciliarias. Favoreciendo a 280 familias con un total de 998 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 1.192.288,67 Bs.-

**Ampliación Sistema de Alcantarillado Sanitario Distrito 8 de la Ciudad El Alto.** El Proyecto contempla una red de colectores secundarios con tubería PVC de diámetros 150 y 200 mm con una longitud de 174,455 m, red de colectores principales con tubería PVC de diámetros 200 y 300 mm con una longitud de 6,540 m y tubería de concreto de diámetros de 450 y 500 mm en una longitud de 1,330 m, construcción de 3,286 cámaras de inspección, 10.393 conexiones domiciliarias. Favoreciendo a 14,947 familias con un total de 52.315 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 38,375,263.76 Bs.-

**Construcción de conexiones de agua potable para el Sistema Chuquiaguillo - La Paz.** El proyecto consiste en la construcción de 2,675 conexiones de agua potable en la zona de Chuquiaguillo de la ciudad de La Paz. Las matrices de agua existentes están construidas en PVC y PEAD, para cada caso se consideran diferentes tipos de accesorios. El proyecto considera la provisión de medidor de agua, llave de paso, tubería de acometida, accesorios y caja de medidor. Favoreciendo a 2,675 familias, cuyo monto de inversión asciende a 4,763,761.95 Bs.-

**Ampliación de la red de agua potable para la zona Lomas de Achumani.** El proyecto consiste en la extensión de un ramal principal de alta presión, con tubería HDPE o PEAD de diámetro 200 mm, para la interconexión de los 2 extremos de ramales en las zonas de Achumani y Santa Fe de Kesini. El trazado geométrico de red principal corresponde a un anillo hidráulico en la meseta inclinada de Lomas de Achumani, a partir del cual el suministro a la red secundaria se produce mediante puntos de arranque donde se instalarán 12 estaciones reductoras de presión, pues la presión de servicio de los ramales de alta presión estará en el orden de 20 Bar. La red de distribución secundaria, de diámetros menores en tubería también HDPE, proporciona el servicio a las conexiones domiciliarias con presiones tolerables de acuerdo a la norma menores a 7 Bar. Favoreciendo a 1,301 familias con un total de 4,522 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 6,868,999.24 Bs.-

### **Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Barrios OTB's 20, 21, 23 y 24 (Villazón)**

#### **LOTE N° 1 - AGUA POTABLE**

- Obra de captación: 2 pozos prefabricados H° A° (pozo de recolección y cárcamo de bombeo), diámetro 2000 mm
- Tubería de impulsión: D = 150 mm a 200 mm; L = 2,257.85 m
- Instalaciones eléctricas: 4 bombas sumergibles de 20 HP c/u, transformador eléctrico de 75 KVA, tablero de control, líneas de media tensión y puesta a tierra.
- Mejoramiento de la PTAP: provisión y colocado de arena, grava y gravillas, chicanas acrílicas de 5 mm, provisión y colocado de accesorios y muro perimetral.
- Interconexión de tanques de almacenamiento
- Red de distribución: provisión y colocado de 16,400 m de tubería de PVC C-9 diámetros DN 100, 75 y 50 mm, y accesorios.
- 345 nuevas conexiones c/ medidor y 805 reposiciones de medidor
- Favoreciendo a 2,111 familias con agua potable nueva y mejoradas para 7,388 beneficiarios

#### **LOTE N° 2 – ALCANTARILLADO SANITARIO**

- Red de alcantarillado sanitario que consta de 295 cámaras de inspección de H°C°, tendido de 15.7 Km de tubería de PVC de diámetro 150 mm.
- 518 conexiones domiciliarias
- Una estación elevadora
- Mejoramiento de la PTAR
- Favoreciendo a 750 familias con Alcantarillado Sanitario, que suponen 1.750 beneficiarios con Alcantarillado Sanitario,

El monto de inversión total del proyecto ascendió a 17,418,974.07 Bs.-

**Ampliación de Sistema de Agua Potable y Construcción del Alcantarillado Sanitario Cuatro Cañadas.** Agua Potable: El sistema es mixto (bombeo y gravedad). El Mejoramiento del sistema actual considera la perforación de un nuevo pozo y la construcción de un tanque elevado c/capacidad de 200 m<sup>3</sup>. Se mejoró y amplió la red de distribución de agua potable (gravedad). El proyecto se plantea con el objetivo de reducir los volúmenes de ANC, mejorar el comportamiento hidráulico de la red, con la construcción de tanques de regulación. Sistema de Alcantarillado Sanitario mixto (gravedad y bombeo), compuesto por una red de colectores de tubería PVC con tuberías de 6” 8” 10” 12”, las aguas servidas llegan al cárcamo

de bombeo No. 1, de donde se impulsa a una cámara y por un emisario por tubería PVC de 14" hasta un Cárcamo de bombeo No. 2, hacia la PTAR (lagunas anaeróbicas, facultativa y de maduración). Favoreciendo a 2,408 familias con Agua Potable y 1,680 familias con Alcantarillado Sanitario, además de 8,428 beneficiarios en Agua Potable y 5,880 beneficiarios con Alcantarillado Sanitario, cuyo monto de inversión asciende a 13,980,924.59 Bs.-

**Construcción Sistema de Alcantarillado Sanitario la Guardia y mejoramiento del Sistema de Agua Potable.** Contempla la ampliación de alcantarillado sanitario en 4 barrios con los siguientes componentes:

- Colectores principales en PVC SDR-41 diámetro 350mm y L = 1307 m
- Colectores secundarios en PVC SDR-41 diámetros 150 a 250 mm y L = 23,980 m
- 472 cámaras de inspección y 1,308 conexiones domiciliarias
- Planta de tratamiento de aguas residuales: Pretratamiento (canal parshall, desarenador, cámara de distribución y cámara by pass), tratamiento primario, secundario y terciario
- Emisario tubería PVC SDR-41; D=500 mm, L= 471 m
- Favoreciendo a 1,743 familias con un total de 6,099 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 18,786,205.06 Bs.-

Mejoramiento del Sistema de Agua Potable la Guardia. Consiste en:

- Obra de capitación: perforación de 2 pozos, H = 250 m y 230 m, diámetro 200 mm y 150 mm, bomba sumergible de 60HP y 20 HP, accesorios, tablero de protección, medidor, bomba cloradora, además del variador de frecuencia, caseta de protección y cerramiento perimetral.
- Tubería de impulsión: PVC SDR-41 de 4" y L = 2,310 m y 4 válvulas de retención
- Tanque semienterrado H° A° de 870 m<sup>3</sup>, accesorios y cerramiento perimetral.
- Red principal: ejecutada en tubería de PVC C-9 en diámetros variables de 100 mm a 250 mm y L = 7,580 m, 17 válvulas compuerta FFD y cámaras de protección.
- Red secundaria en tubería de PVC C-9 diámetro 100 mm y L = 519
- Favoreciendo a 200 familias con un total de 1200 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 10,106,827.72 Bs.-

**Sistema de Alcantarillado Sanitario de Minero**

- Tubería PVC SDR-41 c/ D= 150, 200, 250, 300 y 350 mm, L = 60 km y un total de 642 cámaras de inspección.
- 2,408 conexiones, que incluye en la conexión a la matriz principal. Cada conexión cuenta con tubería PVC SDR-35 de D=100", L=10,00 ml
- Estación Elevadora: 4 bombas sumergibles de 20 HP c/u para elevar hasta 9.00 m
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: Reja, desarenador y medidor Parshall. Laguna anaerobia (61.54 m<sup>2</sup>), facultativa (19,635.00 m<sup>2</sup>) y de (36,892.00 m<sup>2</sup>), Estructuras de ingreso y de salida, con vertedero para control de caudales, Laboratorio y oficinas.

Favoreciendo a 1,274 familias con un total de 4,457 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 26,674,394.02 Bs.-

**Construcción Sistema de Alcantarillado Sanitario San José de Chiquitos**

- Construcción del Sistema de Alcantarillado Sanitario
  - Red de colectores primarios y secundarios ejecutados en tuberías PVC SDR-41 con Ø=150, 200, 250 y 300 mm, L = 49.68 km y 453 cámaras de inspección
  - Una estación elevadora con línea de impulsión Ø = 200 mm de L= 435 m y 1.838 conexiones domiciliarias, con conexión a la matriz principal
  - Emisario ejecutado en tubería de PVC SDR-41; Ø=300 mm, L= 2.33 km y 6 cámaras de inspección.
- b) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: Pretratamiento: Reja, desarenador de doble

compartimento, medidor Parshall y cámaras de distribución. Lagunas facultativas y de maduración emplazadas en una superficie de 26.600 m<sup>2</sup>, obras de descarga del efluente con el tendido de 1.600 m de tubería de PVC SDR-41 diámetro 12"

Favoreciendo a 2.547 familias con un total de 8,915 beneficiarios, cuyo monto de inversión asciende a 24,157,643.55 Bs.-

**Emisario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Plan Tres Mil - Fase I.** Se trata de un proyecto de ampliación del sistema de agua potable y construcción de sistema de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales que ha beneficiado a 113,488 habitantes agua potable mejorando su servicio y 92,838 habitantes con alcantarillado sanitario con las siguientes características:

- Agua Potable: Comprende la construcción de dos tanques de almacenamiento con una capacidad de 1500 m<sup>3</sup> (cada uno), incluida la instalación de todos los accesorios de ingreso, rebose, limpieza, equipos de bombeo, tratamiento, variadores de frecuencia, muros perimetrales y otros. Asimismo, se efectuó la construcción de las redes matrices principales con tubería de diámetros 4", 6", 8" y 10" donde se incluyen accesorios y válvulas de control.
- Alcantarillado Sanitario: Fase I. Red de alcantarillado sanitario con tuberías de PVC SDR-41 con diámetros de 6, 8, 10, 12 y 14 pulgadas en una longitud de 49.955.89 m. Fase II. Contempla redes de colectores secundarios 125.000m, con tuberías de diámetros que varan de 6", 8", 10", 12", 14" y 16", se ejecutaron colectores principales con una longitud de 4.897 ml con tuberías cuyos diámetros varían de 18", 20" y 24".
- Colectores principales ejecutados con tubería de H° JE con diámetros de 16, 24, 28, 32 y 40 pulgadas totalizando una longitud de 11.457.05 m, los cuales interceptan a las redes de colectores secundarios y posibilitan la interconexión con los colectores principales de la red de alcantarillado sanitario Fase I.
- PTAR con 3 líneas de lagunas aireadas, facultativas y de maduración, con bypass, cárcamo de bombeo, sistema de drenaje, oficinas, laboratorios, circulación interna, cercado, sistema SCADA.

Por otra parte, se ejecutaron 16,062 conexiones y cámaras domiciliarias para alcantarillado en toda el área del proyecto. Monto de inversión asciende a 379,447,817 Bs.-

### 3. Metodología General de Evaluación

La aplicación del Análisis Costo-Eficiencia (ACE) se realizó debido a que no fue posible obtener la información sobre consumos y precios en la situación con y sin proyecto por lo que no fue posible hacer un análisis costo-beneficio. Se realizó un ACE a todos los proyectos de agua potable y de alcantarillado utilizando los costos de inversión incurridos a precios de mercado. Se hizo un análisis de Costo-Eficiencia teniendo en cuenta las acometidas construidas y la tasa efectiva de conexión. Para el caso de sistemas de agua la tasa de conectividad es del 100%, mientras que, para el caso de los sistemas de alcantarillado, ésta varía entre un 41% y un 100%. Los costos de inversión incurridos se llevaron a precios de 2017 con el fin de poder compararlos, para esto se tuvo en cuenta el año de terminación de los proyectos y el Índice de Precios del Consumidor del año respectivo. El indicador costo-eficiencia (ICE) es por lo tanto el costo de inversión por conexión efectiva. Una vez obtenido el ICE, se procedió a identificar el piso ecológico y el grupo poblacional de cada uno de los proyectos.

Los indicadores de costo-eficiencia de cada proyecto fueron luego comparados con Parámetros de Costo Eficiencia (PCE) de Bolivia. En el 2017, se llevó a cabo una consultoría financiada por el BID<sup>2</sup> para determinar parámetros de costo que permitieran valorar si los objetivos de un proyecto específico, en términos de beneficiarios, servicios y/o productos corresponden al mínimo costo. En ese estudio se

1.

<sup>2</sup> Consultoría de Análisis Costo-Eficiencia de Proyectos de Agua y Saneamiento en Colombia. Informe Final, Iván Vidaurre. 2017



analizaron 2,070 proyectos (incluyendo proyectos de diferentes fuentes de financiación) en todos los departamentos del país. Se hizo un análisis para determinar indicadores costo-eficiencia por piso ecológico y por grupo poblacional para proyectos de agua potable y saneamiento (ampliación y mejoramiento). Para el grupo poblacional mayor a 10,000 habitantes sólo existen datos para proyectos de ampliación de agua potable en el valle. Para el caso de alcantarillado, todos los proyectos consisten en construcción de nuevas conexiones. Los costos utilizados fueron a precios de mercado de 2017 y los datos corresponden al indicador de inversión por acometida domiciliar de acueducto o de alcantarillado<sup>3</sup> y se presentan en las Tablas 2 y 3. Como se mencionó, estos datos corresponden a proyectos similares a los financiados por esta operación, ya que consistieron en construcción, ampliación y mejoramiento de redes de agua potable o de alcantarillado. El tener valores desagregados por grupo poblacional y por piso ecológico permite hacer una comparación más precisa de los resultados. Estos valores fueron aprobados por el sector mediante Resolución Bi-Ministerial en 2019.

*Tabla 2. PCE Agua Potable (US\$/conexión)*

Grupo poblacional	Tipología	Piso Ecológico		
		Altiplano	Valle	Llano
Menor a 2,000 habitantes	Construcción	2,418	2,449	3,024
	Mejoramiento y ampliación	1,956	1,622	2,326
Entre 2,000 y 10,000 habitantes	Construcción	1,315	966	3,527
	Mejoramiento y ampliación	1,108	806	2,170
Mayor a 10,000 habitantes	Construcción		464	

Fuente: Base de datos del análisis de Ivan Vidaurre, 2017.

Nota: Los valores fueron ajustados a bolivianos de 2017 usando el IPC de la moneda nacional y luego transformados a dólares utilizando una tasa de cambio de 6.96 bolivianos por dólar

*Tabla 3. PCE Alcantarillado (US\$/conexión)*

Grupo poblacional	Tipología	Piso Ecológico		
		Altiplano	Valle	Llano
Menor a 2,000 habitantes	Construcción	1,688	1,544	2,046
Entre 2,000 y 10,000 habitantes	Construcción	2,338	1,654	2,413

Fuente: Base de datos del análisis de Ivan Vidaurre, 2017.

Tasa de cambio utilizada: 6.96 bolivianos por dólar

Los proyectos de alcantarillado que se analizaron en este estudio no contemplan suficientemente los costos de las plantas de tratamiento de aguas residuales. De acuerdo con la Guía de Tecnologías de Tratamiento, actualmente en elaboración (por piso ecológico y segmento poblacional) por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, los costos de inversión por habitante de los proyectos de alcantarillado se pueden incrementar entre un 16% y un 39% si se incluyen los costos de la construcción de la planta de tratamiento. Este análisis se basó en el Inventario de Tratamiento de Aguas Residuales realizado en el 2017 donde se levantó información de 219 instalaciones. Para esta evaluación, se tomaron los valores promedio de inversiones de tratamiento por conexión (adicionales a los de alcantarillado), discriminado por segmento poblacional y piso ecológico. Los valores se presentan en la Tabla 4.

1.

<sup>3</sup> Para el caso de alcantarillado, como se mencionará más adelante, no todas las personas se conectan a las acometidas financiadas por el programa. Es decir, la tasa de conexión en alcantarillado no es del 100% en todos los casos. De todas formas, el costo referencial que se está usando es más bajo que si se hiciera el ajuste por la tasa de conectividad.

**Tabla 4. PCE Tratamiento de Aguas Residuales (US\$/conexión)**

Grupo poblacional	Piso Ecológico		
	Altiplano	Valle	Llano
Entre 2,000 y 10,000 habitantes	874	583	393
Mayor a 10,000 habitantes	1,093	728	437

Fuente: Inventario Nacional de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, 2017.

## 4. Análisis Costo-Eficiencia

La estimación del indicador de costo/eficiencia (ICE) se realizó por separado para los componentes de agua potable y alcantarillado. Si bien el programa financió un total de 20 proyectos, para el análisis costo-eficiencia los proyectos combinados fueron divididos entre las inversiones realizadas en agua potable y las inversiones realizadas en alcantarillado y tratamiento.

### a. Agua Potable

En agua potable se financiaron 11 intervenciones de sistemas de agua en los departamentos de La Paz, Potosí, Cochabamba, Santa Cruz y Beni. Las intervenciones financiaron un total de 43,836 conexiones nuevas y mejoradas por un costo total a precios de 2017 de US\$22,484,308. Los tamaños de los proyectos varían considerablemente desde 473 conexiones en El Alto a 19,632 conexiones mejoradas en Plan Tres Mil, Santa Cruz. En el siguiente cuadro se presentan los costos de inversión a precios de 2017, las conexiones efectivas (para agua potable la tasa de conectividad es del 100% por lo que las conexiones construidas son iguales a las efectivas), el Índice de Costo-Eficiencia (inversión/conexión), y el Parámetro de Costo Eficiencia (*benchmark*).

La Tabla 5 muestra que todos los proyectos de agua potable analizados, excepto dos (Lomas de Achumani en La Paz y D8&D9 de la zona sur de Cochabamba) incurrieron en costos por debajo de los parámetros costo-eficiencia, lo que permite concluir que los costos fueron razonables. En el caso de Cochabamba, los costos incurridos fueron 20% superiores al parámetro costo-eficiencia. Este es un proyecto estratégico para la zona Sur de Cochabamba donde habita más del 30% de la población de la ciudad, y es el área de mayor crecimiento de la ciudad, se espera que represente el 47% de la población a nivel de saturación<sup>4</sup>. Este proyecto consta de 2 lotes: el Lote 1 para las redes de distribución y conexiones, y el Lote 2 que construyó las aducciones principales, tanques y bombes hasta la zona Sur, que serán interconectadas con el proyecto múltiple de Misicuni y otras redes existentes. Por lo tanto, este proyecto corresponde a una primera fase de un proyecto mayor para toda la zona sur de Cochabamba. Adicionalmente, se requirió un esfuerzo y costo adicional para la excavación en roca en esta área. Situación similar se presenta para el proyecto de Lomas de Achumani en La Paz, siendo un proyecto que incluye redes maestras y ampliación de infraestructura para un área en proceso de crecimiento, se encuentra un 9% por encima de los costos referenciales dado que por el número de conexiones actuales aún se encuentra en proceso de densificación.

1.

<sup>4</sup> Ley municipal 0099/2015 de ratificación de distritos, ajustes y creación de subdistritos. GAM Cochabamba, 12 de mayo de 2015.

**Tabla 5. Análisis Costo-Eficiencia Agua Potable**

Ciudad	Proyecto	Tipo de Intervención	Piso ecológico	Segmento Poblacional (habitantes)	Costos de Inversión (US\$)	Conexiones	ICE (US\$/conexión)	PCE Agua Potable (US\$/conexión) <sup>5</sup>
El Alto	Ampliación del Sistema de Agua Potable Distrito 7 El Alto (Zona central de El Alto)	Mejoramiento	Altiplano	>10mil	344,144	473	728	1,108
Caranavi	Construcción sistema de agua Potable Caranavi Fase I La Paz	Mejoramiento	Valle	>10mil	1,194,191	1,650	724	806
Chuquiaguillo	Construcción Conexiones de Agua Potable para el Sistema Chuquiaguillo — La Paz	Ampliación	Altiplano	>10mil	669,221	2,758	243	1,108
La Paz	Extensión de la Red de Agua Potable para la Zona de Lomas de Achumani	Ampliación y Mejoramiento	Altiplano	>10mil	964,968	796	1,212	1,108
Villazón	Construcción sistema Agua potable OTB20 21, 23 y 24 Villazón	Ampliación	Altiplano	>10mil	1,496,207	1,457	1,027	1,108
Cochabamba	Construcción de los Sistemas de Agua Potable, Distritos 8 y 9 de la ciudad de Cochabamba, Lote 1 y Lote 2	Construcción	Valle	>10mil	10,684,144	9,228	1,158	966
La Guardia	Mejoramiento del Sistema de Agua Potable La Guardia - Santa Cruz	Mejoramiento	Llano	>10mil	1,610,020	1,759	915	2,170
Cuatro Cañadas	Ampliación del Sistema de Agua Potable para Cuatro Cañadas	Mejoramiento	Llano	2-10mil hab	290,569	1,532	190	2,170
Santa Cruz	Sistema de Agua Potable Plan Tres Mil (Santa Cruz). Fase 1	Mejoramiento	Llano	>10mil	1,782,744	19,632	91	2,170
Sacaba	Sistema de Agua Potable Distritos 1 y 4 de Sacaba	Ampliación y Mejoramiento	Valle	>10mil	1,646,779	2,115	779	806
Trinidad	Construcción del Sistema de Agua Potable para 10 Barrios Trinidad	Ampliación	Llano	>10mil	1,801,322	2,434	740	2,170

Notas:

Tasa de cambio utilizada: 6.96 bolivianos por dólar, precios de 2017.

ICE = Indicador de costo eficiencia

PCE = Parámetro de costo eficiencia (*benchmark*)

1.  
5

Los PCE utilizados corresponden al segmento poblacional asociado a la población total de la ciudad y no solo del tamaño de la población beneficiaria, ya que la diferenciación entre segmentos poblacionales no es por el número de conexiones del proyecto sino por el contexto donde se ejecuta. En algunos casos, sin embargo, se utiliza el *benchmark* correspondiente a ciudades con población entre 2.000 y 10.000 habitantes, debido a que no se tiene el dato referencial para población mayor a 10.000 para este piso ecológico.

## b. Proyectos de Alcantarillado Sanitario

El programa financió 12 intervenciones de construcción, ampliación y mejoramiento de alcantarillado en los departamentos de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y Potosí por un monto total de US\$ 83,919,705 a precios de 2017. Se financiaron un total de 55,779 acometidas nuevas y mejoradas, sin embargo, como es usual en este tipo de proyectos, las personas no se conectan de forma inmediata por diferentes razones, entre las que se encuentran falta de recursos financieros, falta de conocimiento de los beneficios, falta de asistencia técnica, entre otros. Las conexiones efectivas en el programa ascienden a 42,809, representando una tasa de conectividad promedio del Programa de 76%, con una variabilidad entre 48% y 100%. En el proyecto de Minero en Santa Cruz, la tasa de conexión es del 48% mientras que, en algunos barrios de El Alto, Cochabamba, Sacaba y Villazón, la tasa se acerca al 100%. En la región (por ejemplo, en Colombia, Perú y Bolivia) se ha observado que campañas que incentivan la conectividad pueden tener resultados positivos en incrementar la tasa de conexión efectiva a través de microcréditos, campañas de cambio de comportamiento y asistencia técnica.

Para los proyectos que no incluyeron tratamiento de aguas residuales se utilizó el PCE de alcantarillado para el segmento poblacional y piso ecológico correspondiente. Para los proyectos que incluyeron tratamiento (ver Tabla 1), el PCE de alcantarillado fue ajustado adicionándole el PCE de tratamiento, de acuerdo con lo explicado en la sección anterior. Para todos los proyectos se hicieron dos análisis Costo-Eficiencia: (i) se evaluó la eficiencia del proyecto utilizando las conexiones efectivas al cierre de proyecto; y (ii) se evaluó la eficiencia teniendo en cuenta las acometidas financiadas, es decir, la eficiencia para cuando se conecten el 100% de los hogares.

En la Tabla 6 se presentan los resultados del análisis, donde se puede observar que todos los proyectos (excepto Minero y Plan 3000 en Santa Cruz) tienen un ICE menor que el PCE, lo que permite concluir que se incurrieron en costos razonables. El proyecto de Minero, que mantiene su ICE/PCE  $>1$ , sería viable en caso de incrementar su conectividad al 81% (desde el 48% actual), es importante indicar que el proyecto de Minero incurrió en costos adicionales para el abatimiento del nivel freático durante la construcción. Para el caso de Plan 3000 (en Santa Cruz) no se obtiene viabilidad ni con el 100% de conectividad (se requiere un 115%), esto es porque el proyecto consiste en la Fase I y II de las redes, junto con la PTAR dimensionada para abastecer al Plan 300 en su totalidad, una vez se completen el resto de las fases (III y IV) y se conecten a la PTAR, será viable. Aparte de los costos por la construcción de la PTAR, se incurrieron en costos adicionales por \$15 millones de contraparte municipal para la construcción de un emisario de casi 10 Km para llevar las aguas a un cuerpo receptor adecuado, esto es una especificidad de este proyecto, que no presentaba cuerpo receptor viable en las cercanías, y por temas sociales debió derivarse una distancia superior al promedio.

**Tabla 6. Análisis Costo-Eficiencia Alcantarillado y Tratamiento – Tasa de conectividad efectiva**

<b>Ciudad</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Piso ecológico</b>	<b>Segmento Poblacional (habitantes)</b>	<b>Costos de Inversión (US\$)</b>	<b>Acometidas financiadas</b>	<b>Tasa de conectividad</b>	<b>Conexiones efectivas</b>	<b>ICE (US\$/ Conexión efectiva)</b>	<b>PCE Alc y PTAR (US\$/ conexión)</b>
El Alto	Ampliación del Sistema de Alcantarillado Sanitario, Distrito 7 El Alto	Altiplano	>10mil	1,715,637	1,630	50%	815	2,105	2,338
El Alto	Ampliación Sistema de Alcantarillado Distrito 8 El Alto	Altiplano	>10mil	6,113,188	13,151	88%	11,573	528	2,338
El Alto	Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Urbanización Mercedes B El Alto	Altiplano	>10mil	200,875	190	100%	190	1,057	2,338
Cochabamba	Construcción sistema de Alcantarillado sanitario Distrito 14 Cochabamba	Valle	>10mil	2,850,692	3,000	100%	3,000	950	1,654
Sacaba	Ampliación del Sistema de Alcantarillado y Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Pucara para Sacaba, Cochabamba	Valle	>10mil	4,171,073	14,139	100%	10,746	388	1,654
Chimoré	Construcción del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chimoré, Cochabamba	Valle	2-10mil hab	1,767,495	928	91%	844	2,093	2,228
Minero	Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales 1ra. Fase para Minero Santa Cruz	Llano	>10mil	4,083,315	1,750	48%	841	4,855	2,870
San José de Chiquitos	Construcción sistema de Alcantarillado Sanitario San Jose de Chiquitos	Llano	>10mil	3,848,318	1,838	97%	1,783	2,159	2,844
Villazón	Construcción del sistema de alcantarillado OTB 20, 21, 23, Y 24 DE VILLAZÓN Lote 2	Altiplano	>10mil	1,360,148	518	100%	518	2,626	3,431

Ciudad	Proyecto	Piso ecológico	Segmento Poblacional (habitantes)	Costos de Inversión (US\$)	Acometidas financiadas	Tasa de conectividad	Conexiones efectivas	ICE (US\$/Conexión efectiva)	PCE Alc y PTAR (US\$/conexión)
La Guardia	Construcción sistema de Alcantarillado sanitario La Guardia	Llano	>10mil	2,992,647	1,308	92%	1,203	2,487	2,807
Cuatro Cañadas	Construcción Alcantarillado en Cuatro Cañadas	Llano	2-10mil hab	2,080,695	1,265	93%	1,176	1,769	2,801
Santa Cruz	Construcción sistema de Alcantarillado Sanitario Plan Tres Mil	Llano	>10mil	52,735,621	16,062	63%	10,119	10,119	2,862

Notas:

Tasa de cambio utilizada: 6.96 bolivianos por dólar, precios de 2017.

ICE = Indicador de costo eficiencia

PCE = Parámetro de costo eficiencia (*benchmark*)

**Tabla 7. Análisis Costo-Eficiencia Alcantarillado – Asumiendo 100% de tasa de conectividad**

Departamento	Ciudad	Proyecto	Piso ecológico	Costos de Inversión (US\$)	Acometidas financiadas	ICE (US\$/Conexión)	PCE Alc y PTAR (US\$/conexión)
La Paz	El Alto	Ampliación del Sistema de Alcantarillado Sanitario, Distrito 7	Altiplano	1,715,637	1,630	1,053	2,338
La Paz	El Alto	Ampliación Sistema de Alcantarillado Distrito 8	Altiplano	6,113,188	13,151	465	2,338
La Paz	El Alto	Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Urbanización Mercedes B	Altiplano	200,875	190	1,057	2,338
Cochabamba	Cochabamba	Construcción sistema de Alcantarillado sanitario Distrito 14 cbba	Valle	2,850,692	3,000	950	1,654
Cochabamba	Sacaba	Ampliación del Sistema de Alcantarillado y Construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Pucara para Sacaba	Valle	4,171,073	14,139	295	1,654
Cochabamba	Chimoré	Construcción del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chimoré, Cochabamba	Valle	1,767,495	928	1,905	2,228

Departamento	Ciudad	Proyecto	Piso ecológico	Costos de Inversión (US\$)	Acometidas financiadas	ICE (US\$/Conexión)	PCE Alc y PTAR (US\$/conexión)
Santa Cruz	Minero	Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Ira. Fase para Minero	Llano	4,083,315	1,750	2,333	2,870
Santa Cruz	San José de Chiquitos	Construcción sistema de Alcantarillado Sanitario San Jose de Chiquitos	Llano	3,848,318	1,838	2,094	2,844
Potosí	Villazón	Construcción del sistema de alcantarillado OTB 20, 21, 23, Y 24 DE VILLAZÓN Lote 2	Altiplano	1,360,148	518	2,626	3,431
Santa Cruz	La Guardia	Construcción sistema de Alcantarillado sanitario La Guardia	Llano	2,992,647	1,308	2,288	2,807
Santa Cruz	Cuatro Cañadas	Construcción Alcantarillado en Cuatro Cañadas	Llano	2,080,695	1,265	1,645	2,801
Santa Cruz	Santa Cruz	Construcción sistema de Alcantarillado Sanitario Plan Tres Mil	Llano	52,735,621	16,062	3,283	2,862

Notas:

Tasa de cambio utilizada: 6.96 bolivianos por dólar, precios de 2017.

ICE = Indicador de costo eficiencia

PCE = Parámetro de costo eficiencia (*benchmark*)

### c. Análisis de Costo-Eficiencia Agregado

Con el fin de analizar el programa en su integralidad, se calculó un índice de costo-eficiencia agregado. El monto total de las inversiones de agua potable, alcantarillado y PTAR ascienden a US\$106,404,012 a precios de 2017. Las conexiones totales de agua y alcantarillado financiadas (nuevas y mejoradas) fueron de 99,615 y las conexiones efectivas de 86,645. El costo promedio referencial por conexión incluyendo costos de tratamiento es de US\$2,045, por lo que el costo promedio por conexión del proyecto tomando en cuenta solo conexiones efectivas (US\$1,228) representa un 60.1% del costo *benchmark*, concluyendo que los costos globales del proyecto fueron razonables (Tabla 8).

El costo promedio por conexión considerando el total de acometidas financiadas es de US\$1,068 por conexión que representa 52.2% del costo referencial, por lo cual se puede concluir que en cualquiera de los dos escenarios (con conexiones totales o efectivas) los costos incurridos fueron razonables. En el caso de no ajustar el PCE incluyendo costos desagregados para tratamiento de aguas residuales, y obteniendo el ICE a partir de las conexiones efectivas (escenario más desfavorable), el costo por conexión del proyecto representa en promedio el 64.8% del costo referencial, por lo que el proyecto sigue presentando costos razonables.

Realizando un análisis diferenciado para proyectos de agua potable y alcantarillado se obtiene que los costos del proyecto para agua potable fueron un 30.8% del costo referencial. Para los proyectos de saneamiento (alcantarillado, alcantarillado y TAR) el costo por conexión del proyecto (utilizando conexiones efectivas) representó un 83.7% del costo referencial, siendo los proyectos que incluyeron la construcción de PTAR nuevas los menos eficientes (147.0% del referencial utilizando ICE con conexiones efectivas). La razón por la que los proyectos de agua se encuentran muy por debajo del costo referencial es porque, al tratarse de intervenciones en áreas periurbanas que normalmente ya contaban con algún tipo de servicio de agua potable, la mayoría de las intervenciones consistieron en el mejoramiento del servicio (construcción de redes principales y anillos de sectorización, micro medición, mejoramiento de pozos y fuentes superficiales) que beneficiaron a grandes áreas de población, por lo que fueron muy eficientes (Plan 3000 y Cuatro Cañadas en el departamento de Santa Cruz). Los proyectos de alcantarillado que incluyeron construcción de PTAR son menos costo-eficientes porque estas infraestructuras se ejecutan para dar servicio a un área de población mucho mayor.

El análisis de costo-eficiencia evidencia varias conclusiones respecto a la eficiencia de los proyectos de agua potable y alcantarillado con tratamiento en áreas periurbanas:

- Para los proyectos de alcantarillado deben realizarse esfuerzos adicionales para obtener la mayor conectividad efectiva posible, esto es clave para la eficiencia de las inversiones
- Los servicios de tratamiento son más costosos, por lo que requieren parámetros de costo eficiencia PCE específicos y diferenciados.
- Las intervenciones de mejoramiento de agua potable en áreas periurbanas presentan índices de eficiencia muy positivos, por lo que se recomienda considerarlas en los proyectos integrales.

Se concluye que las intervenciones integrales de agua y alcantarillado con tratamiento en áreas periurbanas mejoran la eficiencia global de los proyectos ya que compensan el costo de los diferentes servicios y hacen viables las inversiones en su conjunto, siendo clave obtener los mayores niveles posibles de conectividad.



*Tabla 8. Parámetros de Costo-Eficiencia Agregados*

Agregado proyectos	Costo total (\$us) (A)	Conexiones nuevas o mejoradas (B)	Conexiones nuevas o mejoradas efectivas (C)	ICE (US\$/conexión) (A/B) (D)	ICE (US\$/conexión efectiva) (A/C) (E)	PCE promedio (US\$/conexión) (F)	ICE/PCE Promedio (D/F)	ICE (conexión efectiva)/PCE promedio (E/F)
<b>Programa</b>	<b>106,404,012.41</b>	<b>99,615</b>	<b>86,645</b>	<b>1,068</b>	<b>1,228</b>	<b>2,045</b>	<b>52.2%</b>	<b>60.1%</b>
Agua Potable (nueva o mejorada)	22,484,307.66	43,836	43,836	513	513	1,667	30.8%	30.8%
Saneamiento	83,919,704.74	55,779	42,809	1,505	1,960	2,342	64.2%	83.7%
Alcantarillado sanitario	15,051,465.97	32,110	26,324	469	572	1,973	23.8%	29.0%
Alcantarillado Sanitario y PTAR	68,868,238.78	23,669	16,485	2,910	4,178	2,842	102.4%	147.0%

Notas:

Tasa de cambio utilizada: 6.96 bolivianos por dólar, precios de 2017.

ICE = Indicador de costo eficiencia

PCE = Parámetro de costo eficiencia (*benchmark*)

**Análisis de Impacto**  
**Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario Periurbano, Fase I**  
**(BO-L1034/BO-X1004)**

## **1. Introducción**

La presente nota técnica describe la metodología y resultados del análisis de impacto del Programa de Agua Potable y Alcantarillado Periurbano, Fase I (BO-L1034/BO-X1004) y complementa el análisis contrafactual que se presenta en el informe de terminación de proyecto (PCR). El programa se planteó como objetivo general el contribuir a mejorar la salud de la población periurbana a través de la mejora en el acceso a servicios de agua potable y alcantarillado sanitario. Para medir el cumplimiento de este objetivo, se definió como indicador de impacto el número de casos de enfermedades diarreicas agudas (EDA) en niños menores de cinco años. El presente análisis busca evaluar en qué medida los cambios observados en el tiempo en el indicador de diarreas fue atribuible a los efectos del programa.

Dada la dificultad de implementar una evaluación de impacto que cuantifique los efectos causales de la dotación de infraestructura de agua y saneamiento bajo un diseño experimental, los análisis de impacto se basan en una evaluación retrospectiva cuasi-experimental que utiliza información administrativa disponible en los sistemas de información nacionales. La estrategia para identificar el impacto se basa en comparar la evolución de la incidencia de diarrea en población beneficiarias del Programa con la evolución de la incidencia de diarrea en población no beneficiarias<sup>1</sup>. Los resultados muestran que el programa redujo de manera significativa el número de casos de diarrea reportados anualmente en las áreas de influencia de los proyectos de agua potable y alcantarillado. Estos resultados, sumados a la evidencia de efectividad de intervenciones similares existente en la literatura, permiten concluir que el programa tuvo una contribución plausible en la reducción de la diarrea. Cabe notar que, para los indicadores de resultado no fue posible realizar una evaluación empírica del impacto del programa, debido principalmente a la falta de información. Para estos indicadores, el análisis contrafactual en la sección de atribución del PCR emplea como base la lógica vertical del Programa y la evidencia de efectividad de intervenciones similares.

## **2. Antecedentes**

### **2.1. Efectos del agua potable y alcantarillado en la incidencia de diarreas**

Existe un amplio reconocimiento en la literatura del impacto del agua potable en la salud de las personas, en particular cuando se trata de sistemas de agua por cañería de red. Evaluaciones

---

<sup>1</sup> A la fecha, el equipo del Proyecto, con el apoyo de SPD, se encuentra implementando otra evaluación de impacto experimental para medir el efecto del Plan Comunicacional de incentivo a la conectividad al alcantarillado financiado por el Proyecto en el Distrito 8 de la ciudad de El Alto. Los resultados de esa evaluación serán presentados en un informe de evaluación de impacto independiente.

de impacto de dotación de tecnologías similares en otros países encuentran que el acceso a sistemas de agua por cañería reduce la prevalencia y duración de los casos de diarrea en niños menores de 5 años (Jalan and Ravallion 2003) y la mortalidad infantil (Gamper-Rabindran, Khan, and Timmins 2008). Para el caso de proyectos de alcantarillado, dada la envergadura que suelen tener estos proyectos, la evidencia de los impactos en salud proviene generalmente de estudios observacionales más que de evaluaciones experimentales. Algunos estudios puntuales encuentran impactos en reducción de la incidencia de diarrea en niños pequeños atribuibles a programas de expansión de cobertura de alcantarillado en contextos urbanos o peri-urbanos (Barreto et al. 2007; Kolahi, Rastegarpour, y Sohrabi 2009; Moraes et al. 2003). Adicionalmente, una revisión sistemática de la literatura basada en 25 estudios, la mayoría de corte transversal, encuentra que los sistemas de alcantarillado reducen la incidencia de diarrea en aproximadamente un 30%, y hasta 60% cuando las condiciones sanitarias iniciales son muy precarias (Norman, Pedley y Takkouche 2010).

La falta de acceso a infraestructura adecuada de saneamiento ha sido ampliamente asociada en estudios epidemiológicos con incrementos en la prevalencia de diarrea (Esrey y Habicht 1986; Fewtrell et al. 2005; Kremer 2007); sin embargo, los resultados de esta relación son menos concluyentes para ciertos tipos de saneamiento. Para explorar la relación entre el acceso a saneamiento adecuado y la incidencia de diarrea en niños menores de 5 años en las áreas específicas del programa, se utilizó información de línea de base levantada en 2014 en 20.000 hogares en la ciudadela de Plan Tres Mil en Santa Cruz de la Sierra. El estudio analizó la presencia de aguas negras en la vivienda producto de rebalses de soluciones de saneamiento individuales mal mantenidas (principalmente letrinas de pozo ciego) y la frecuencia de episodios de diarrea en niños. Los resultados mostraron que la exposición a aguas negras está asociada con un incremento de 4 puntos porcentuales en la probabilidad de diarrea. También se encontró que la probabilidad de diarrea aumenta con la concentración de aguas negras en inmediaciones de la vivienda del niño, lo que sugiere externalidades negativas de la falta de saneamiento adecuado en el vecindario (Bancalari y Martínez 2017).

## **2.2. Descripción del programa**

El programa se diseñó con el objetivo específico de incrementar el acceso a servicios de agua potable y alcantarillado en las áreas periurbanas de El Alto, La Paz, Cochabamba, Santa Cruz, Tarija y otras ciudades. El objetivo final del programa era contribuir a mejorar la salud en poblaciones periurbanas y otras ciudades. Para alcanzar los objetivos específico y final, el programa estableció tres componentes:

- Componente 1. Proyectos de agua potable y saneamiento, en el que se incluía, además de las obras de infraestructura, acciones de Desarrollo Comunitario (DESCOM) para atacar el problema de debilidad en los esquemas de participación social y garantizar la sostenibilidad de las inversiones;
- Componente 2. Estudios de preinversión y planes maestros metropolitanos (PMM) orientados a mejorar las capacidades técnicas en la elaboración de estudios de preinversión y la gestión integrada del agua (planificación estratégica); y

- Componente 3. Fortalecimiento institucional (FI) para mejorar la eficiencia operativa de los operadores y de las entidades sectoriales.

En el marco del Componente 1, el Programa ejecutó 20 proyectos de agua potable, alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales en 13 municipios del país. La **Tabla 1** presenta la lista de proyectos, los municipios beneficiarios y el tipo de proyecto implementado.

**Tabla 1: Listado de Proyectos del Programa**

	Proyecto	Municipio	Tipo de Proyecto			
			APN – Agua Pot. Nuevo	APM – Agua Pot. Mejorada	AS – Alcantarillado Sanit.	ART – Aguas Res. Trat.
1	Const. Sist. de Agua Potable y Alcant. Sanit. Plan Tres Mil	Santa Cruz		✓	✓	✓
2	Const. Sist. de Alcant. Sanitario Plan Tres Mil - Fase II	Santa Cruz			✓	✓
3	Ampl. Sist. de Agua Potable y Alcant. Sanit. Distrito 7 - El Alto	El Alto		✓	✓	✓
4	Ampl. Sist. de Alcantarillado Sanitario Distrito 8 - El Alto	El Alto			✓	✓
5	Ampl. Sist. de Alcant. Sanitario Urbanización Mercedes B del Distrito 8 de El Alto	El Alto			✓	✓
6	Const. Sist. Agua Pot. y Alc. Sanit. OTB 20, 21, 23 y 24 Villazón	Villazón	✓	✓	✓	✓
7	Const. Sist. de Alcantarillado Sanitario Cuatro Cañadas	Cuatro Cañadas		✓	✓	✓
8	Const. Sist. de Alcantarillado Sanitario La Guardia	La Guardia			✓	✓
9	Mejoramiento Sistema de Agua Potable La Guardia	La Guardia		✓		
10	Const. Sist. de Alcantarillado Sanitario Distrito 14 Cbba.	Cochabamba			✓	✓
11	Const. Sist. de Agua Potable Distritos 8 y 9 de Cochabamba	Cochabamba	✓	✓		
12	Const. Obras Complementarias embalse de compensación ENDE - Misicuni zona Molle Molle	Cochabamba		✓		
13	Const. Sist. Agua Potable Caranavi Fase I - La Paz	Caranavi		✓		
14	Const. Sist. Alcantarillado Sanitario y PTAR Mineros	Mineros			✓	✓
15	Const. Sist. Alcantarillado Sanitario San Jose de Chiquitos	SJCH			✓	✓
16	Ampl. Sist. de Alcant. Sanit. y Const. PTAR Pucara	Sacaba	✓	✓	✓	✓
17	Const. Sist. de Alcant. Sanitario y PTAR Chimoré Tiraque	Chimoré			✓	✓
18	Const. Sist. de Agua Potable 10 Barrios Trinidad Cercado	Trinidad	✓			
19	Const. conexiones de AP para el sistema Chuquiaguillo	La Paz	✓			
20	Extensión de la Red de AP para la zona Lomas de Achumani	La Paz	✓	✓		

Como resultado de estos proyectos, el programa logró incrementar en 10,692 el número de nuevos hogares con sistemas de suministro de agua potable, y en 46,439 el número de hogares con sistema de agua mejorado. Por su parte, los proyectos de construcción y ampliación de los sistemas de alcantarillado sanitario incrementaron el número de hogares conectados en 47,382, beneficiando a un total de 165,836 habitantes. Siguiendo la lógica vertical del programa, estos logros incrementaron el porcentaje de población cubierta con fuentes mejoradas de agua e instalaciones mejoradas de saneamiento en las áreas intervenidas. Estos incrementos de cobertura, a su vez, contribuirían a mejorar las condiciones de salud de la población beneficiaria. Para evaluar el cumplimiento de este objetivo final, la Matriz de Resultados del programa incluyó como indicador de impacto el número de casos de EDAs registrados en niños menores a 5 años (ver Tabla 2 del PCR).

### **3. Metodología de Evaluación**

#### **3.1. Estrategia de identificación**

El reto fundamental para identificar el efecto *causal* de cualquier programa sobre un indicador de interés es poder estimar la situación contrafactual que nos permita conocer qué hubiera sucedido con la población beneficiaria si no hubiera existido el programa. Para nuestra evaluación, la situación contrafactual se estima a través del método de *diferencias en diferencias* (DiD). En su forma más sencilla, el indicador de interés es observado para dos grupos en dos periodos en el tiempo: el primer grupo (grupo de tratamiento) está expuesto al programa en el segundo periodo (post-programa), pero no en el primero (pre-programa), mientras que el segundo grupo (grupo de control) no está expuesto al programa en ninguno de los dos periodos. Luego, el método de DiD consiste en comparar los *cambios* en el tiempo (pre y post programa) en el indicador de interés entre el grupo de tratamiento y el grupo de control. El impacto del programa será igual al cambio observado en el tiempo para el grupo de tratamiento *menos* el cambio observado para el grupo de control. En el caso de nuestro programa, el método de DiD compara el cambio en la incidencia de diarreas antes y después del programa en áreas beneficiarias de los proyectos de agua potable y alcantarillado con los cambios en la incidencia de diarrea en las áreas fuera del alcance del programa, pero dentro de los mismos municipios intervenidos.

El método de DiD permite eliminar de la estimación de impacto dos tipos de sesgos: i) los sesgos que existen cuando solo comparamos los resultados entre el grupo de tratamiento y control en el periodo post-programa y que pueden ser el resultado de diferencias en características permanentes entre ambos grupos, y ii) los sesgos que existen cuando simplemente comparamos los resultados antes y después del programa para el grupo de tratamiento y que podrían ser el resultado de factores externos (diferentes al programa) que afectan la tendencia del indicador. También es importante señalar que en la metodología de DiD, el contrafactual que se estima es el *cambio* en los resultados del grupo de tratamiento; es decir, el grupo de control debe representar el cambio en los resultados que habría experimentado el grupo de tratamiento en ausencia del programa. Por tanto, para que esta metodología sea válida no es necesario que el grupo de tratamiento y control partan del mismo nivel del resultado de interés, pero si es

necesario suponer que, sin el programa, los resultados reflejarían tendencias iguales entre el grupo de tratamiento y control (supuestos de “igualdad de tendencias”).

### 3.2. Datos

Los datos para la evaluación de impacto provienen de los registros anuales de producción de servicios del Sistema Nacional de Información de Salud (SNIS) para el periodo 2010-2018. El SNIS registra información histórica sobre el número de casos de enfermedades diarreicas atendidos anualmente en niños menores de cinco años en todos los establecimientos de salud del país. A fin de identificar los establecimientos de salud (ES) correspondientes a las áreas beneficiarias y no beneficiarias del programa, se emplearon datos georreferenciados de los ES en los municipios intervenidos. Sobreponiendo esta información a los mapas de las áreas de influencia de cada proyecto, fue posible identificar establecimientos de salud de tratamiento y comparación. Los mapas con la identificación de los establecimientos de salud de tratamiento para cada proyecto se encuentran en el **Anexo 2** del presente informe.

De los 20 proyectos del Programa, 4 proyectos fueron excluidos de este análisis debido a que los sistemas recién entraron en operación a fines de 2018 (Lomas de Achumani y Chuquiaguillo), en 2019 (Distrito 7 de El Alto), o no funcionan aún (Distritos 8 y 9 de Cochabamba). Adicionalmente, se excluyó el proyecto de Misicuni que no corresponde a un proyecto de construcción o mejoramiento de sistemas de APS.

Para la identificación de establecimientos de salud se consideraron únicamente establecimientos del sistema público que, en los municipios intervenidos, representan el 54% del total de establecimientos (el resto corresponde a establecimientos privados, ONG, de la seguridad social u otro). Asimismo, la muestra se restringió a establecimientos del primer nivel de atención; es decir, puestos y centros de salud, que son la gran mayoría (91%) de los establecimientos públicos. Esto se hizo con el doble propósito de mejorar la comparabilidad entre establecimientos e incrementar la posibilidad de que la información reportada del número de casos de diarreas corresponda efectivamente a la población del área de influencia de los proyectos<sup>2,3</sup>. Adicionalmente, cuatro municipios (La Guardia, Caranavi, San José de Chiquitos y Sacaba) fueron excluidos del análisis debido a que no presentaban variación intra-municipal en el tratamiento puesto que el único establecimiento de salud en el área del proyecto era un hospital municipal.

La muestra final de análisis es un panel de 1,413 observaciones con información sobre el número de casos atendidos de diarrea para 157 centros de salud y para cada uno de los 9 años entre 2010 y 2018. De los 157 centros, 146 centros conforman el grupo de control y 11 el grupo de tratamiento. La **Tabla 2** presenta la distribución de la muestra por municipio, proyecto y grupo de tratamiento y control. En todos los casos el indicador de interés es el conteo de casos de EDA

---

<sup>2</sup> Se excluyeron el segundo y tercer nivel de atención (hospitales básicos municipales y hospitales generales departamentales o regionales) cuyas poblaciones de atención son significativamente mayores y trascienden las áreas de influencia de los proyectos.

<sup>3</sup> El primer nivel de atención provee atención integral ambulatoria de salud materno infantil (incluyendo la atención de EDA), con énfasis en promoción de la salud y prevención de riesgos.

atendidos en los establecimientos de salud. Dada la ausencia de información poblacional a nivel de establecimiento de salud, no fue posible realizar la conversión del indicador de interés a una tasa o porcentaje.

**Tabla 2: Distribución de la muestra de análisis**

Municipio	Proyecto	Inicio operación	Número de observaciones		Total
			Control	Tratamiento	
Chimoré	• Const. Sist. de Alcant. Sanitario y PTAR Chimoré Tiraque	Ago-15	63	9	72
Cochabamba	• Const. Sist. de Alcantarillado Sanitario Distrito 14 Cbba	Ene-14	234	9	243
Cuatro Cañadas	• Const. Sist. de Alcantarillado Sanitario Cuatro Cañadas	Sep-13	9	9	18
El Alto	• Ampl. Sist. de Alcantarillado Sanitario Distrito 8 - El Alto • Ampl. Sist. de Alcant. Sanitario Urbanización Mercedes B - El Alto	Ene-15	360	18	378
		Nov-13			
Mineros	• Const. Sist. Alcantarillado Sanitario y PTAR Mineros	Nov-15	45	9	54
Santa Cruz de la Sierra	• Const. Sist. de Agua Potable y Alcant. Sanit. Plan Tres Mil • Const. Sist. de Alcant. Sanitario Plan Tres Mil - Fase II	May-18	297	18	315
		May-18			
Trinidad	• Const. Sist. de Agua Potable 10 Barrios Trinidad Cercado	Ene-15	171	9	180
Villazón	• Const. Sist. Agua Pot. y Alc. Sanit. OTB 20, 21, 23 y 24	Feb-14	135	18	153
			1,314	99	1,413

### 3.3. Estrategia empírica

El efecto causal del programa en el indicador de diarrea fue estimado utilizando modelos de efectos fijos. Para el caso más simple de un análisis en el que se comparan dos grupos (uno de tratamiento y uno de control) con solo dos periodos de tiempo (pre y post programa), el modelo de efectos fijos es equivalente a un modelo simple de diferencias en diferencias. El modelo puede extenderse a un modelo de efectos fijos cuando la unidad de observación (centro de salud) puede observarse por varios periodos, como es nuestro caso.

Dado que los sistemas de agua y alcantarillado incluidos en la muestra empezaron a operar en diferentes momentos entre fines de 2013 y fines de 2016 (ver Figura 2), el modelo toma en cuenta este patrón diferenciado del inicio del tratamiento y estima un efecto promedio. De manera general, se estima la siguiente regresión:

$$Y_{jt} = \beta_0 + \beta_1 Treat\_Post_{jt} + \phi_j + \phi_t + \varepsilon_{jt}$$

Donde  $Y_{jt}$  es el número de casos de diarrea atendidos en el centro de salud  $j$  en el año  $t$ ,  $Treat\_Post_{jt}$  es un indicador binario igual a 1 si es un centro de salud de tratamiento en el periodo post intervención (0 caso contrario). Considerando que los proyectos no fueron implementados en todas las áreas al mismo tiempo,  $Treat\_Post_{jt}$  es 1 a partir del año en que efectivamente inició

la operación del sistema en cada área (ver Tabla 2).  $\phi_j$  son efectos fijos a nivel de centro de salud que capturan características fijas en el tiempo que pueden explicar las diferencias en el número de EDA, y  $\phi_t$  son efectos fijos de tiempo que capturan tendencias comunes a todos los centros de salud (cambios en las políticas sanitarias, mejoras en los registros de información, etc.).  $\beta_1$  es el coeficiente de interés que mide el efecto promedio del programa en el indicador de diarrea en los centros de salud intervenidos. El coeficiente de impacto debe interpretarse como el efecto promedio del programa sobre la población tratada o “tratamiento en tratados” (ATOT, por sus siglas en inglés).

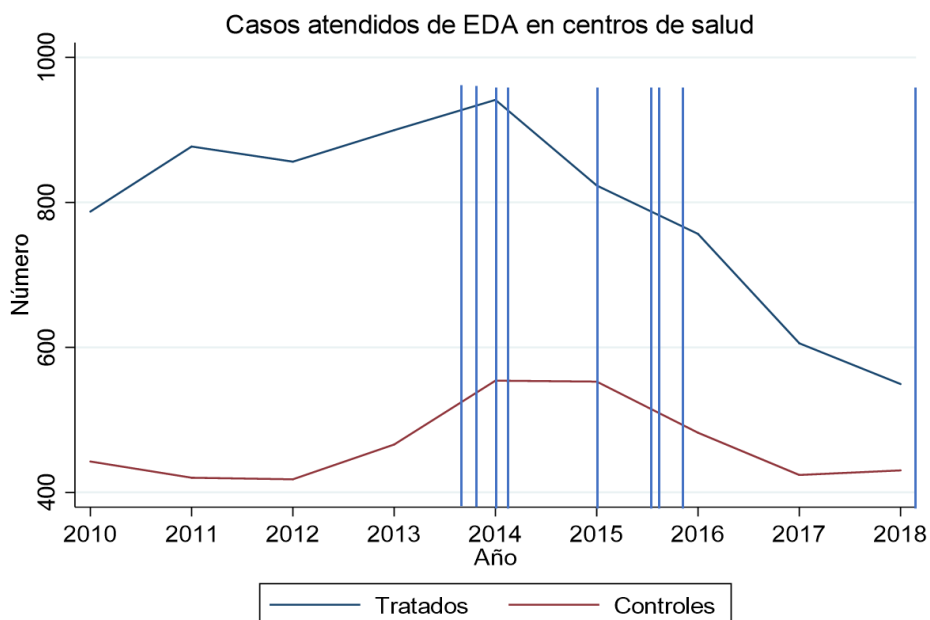
En el modelo anterior,  $\varepsilon_{jt}$  representa otros factores no observables que cambian en el tiempo de manera diferenciada entre centros de salud. Para que el coeficiente  $\beta_1$  pueda interpretarse como el efecto causal del programa es necesario asumir que estas diferencias entre centros de tratamiento y control no existen. Este supuesto equivale a decir que la tasa de cambio contrafactual en los centros no intervenidos representa el cambio que hubiese ocurrido en las áreas de intervención en la ausencia del tratamiento (supuesto de “tendencias paralelas”).

La **Figura 2** presenta una inspección visual del cumplimiento del supuesto de “tendencias paralelas”. La figura muestra la evolución en el número de casos de EDA para el periodo 2010-2018 en centros de salud en áreas de influencia del programa (línea azul) y en los centros de control (línea roja). Las líneas verticales denotan los diferentes momentos en que los sistemas de agua y alcantarillado comenzaron a operar. Si bien, en promedio, el número de casos de diarrea atendidos es significativamente mayor en los centros de tratamiento que en los de control (debido más probablemente a las características más urbanas de estos centros), la *tendencia* del indicador en general fue similar entre ambos grupos durante el periodo pre-programa. Se observa claramente que a partir de 2014 cuando empiezan a operar los sistemas, el número de casos de diarrea cae drásticamente en los centros del grupo de tratamiento, mientras que en el grupo de control la tendencia permanece relativamente estable en el largo plazo.

Todos los modelos fueron estimados utilizando el comando *xtreg* en STATA v.15. Los errores estándar fueron ajustados por efecto de conglomerado a nivel de centro de salud.



**Figura 2. Tendencias en el número de casos de EDA según estatus de tratamiento, 2010-2018**



Fuente: Datos de registros administrativos del SNIS.

#### 4. Resultados

Los resultados de las estimaciones de los modelos de efectos fijos se presentan en la **Tabla 3**. En la columna (1) se estima el impacto promedio del programa utilizando la ecuación descrita en la sección anterior para toda la muestra de evaluación. El estimador de impacto (*Treat\_Post*) indica que, en promedio, el programa redujo en 145.5 el número de casos de diarrea atendidos en los centros de salud de tratamiento, lo que representa una disminución relativa de 17% respecto al promedio de casos de diarrea anuales atendidos en estos centros en el periodo pre-programa. Consistente con las tendencias observadas en la Figura 2, la evidencia sugiere que, después de la implementación del programa, los casos de diarrea disminuyeron más rápidamente en los centros de salud en áreas beneficiarias que en los centros de salud de control, y que este cambio puede ser atribuible al programa.

Las columnas (2) y (3) muestran resultados de impacto adicionales estimados como prueba de robustez de los resultados principales. La columna (2) muestra el coeficiente de impacto limitando la muestra de análisis a centros de salud que presentan niveles similares del indicador de diarrea en el periodo pre-programa. Específicamente, se excluyeron de la muestra aquellos centros de control que en el periodo basal presentaban un número de casos de diarrea por encima o por debajo del rango del número de casos observados en los centros de tratamiento. Los resultados muestran muy poco cambio en la magnitud del efecto estimado del programa que sigue siendo negativo y estadísticamente significativo.

Finalmente, en la columna (3) se presentan los resultados de estimar el modelo anterior, pero limitando la muestra a los dos municipios con mayor densidad poblacional y grado de urbanización: El Alto y Santa Cruz. La idea en este caso es mejorar la comparabilidad de los centros de tratamiento y control reduciendo la probabilidad de que el grupo de control incluya centros de salud con características más rurales. Los resultados confirman un efecto del programa en la reducción de casos de diarrea en niños menores de cinco años.

En suma, los resultados obtenidos del análisis sugieren que las intervenciones realizadas por el programa tuvieron éxito en cumplir el objetivo final de mejorar la salud de la población en las áreas beneficiarias, medido a través del indicador de número de casos de diarrea atendidos.

**Tabla 3: Efectos del programa en el número de casos de diarrea atendidos en centros de salud**

VARIABLES	(1) EF con muestra completa	(2) EF con muestra ajustada por nivel basal	(3) Modelo (2) El Alto y Santa Cruz
<i>Treat_Post</i>	-145.5** (69.8)	-141.6** (68.7)	-203.6** (86.7)
Constante	459.8*** (13.9)	582.6*** (17.7)	625.5*** (23.8)
Promedio pre-programa	855.0	855.0	1006.7
Observaciones	1,413	1,071	648
Número de centros	157	119	72
R-cuadrado ajustado	0.093	0.113	0.136
Efectos fijos de centro de salud	Yes	Yes	Yes
Efectos fijos de tiempo	Yes	Yes	Yes

Notas:

En paréntesis errores estándar ajustados por efecto de conglomerado a nivel de centro de salud.

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ . La variable dependiente es número de casos de diarrea atendidos en el centro de salud. Modelos (1) a (3): la variable *Treat\_Post* está codificada como 1 para los centros de salud de tratamiento a partir del año de inicio de operación del sistema (varía por proyecto). Modelo (2) se estima para una submuestra que excluye centros con reportes iniciales de EDA por encima o por debajo del rango reportado por el grupo de tratamiento en el periodo pre-programa. Modelo (3) estima el modelo (2) para proyectos en las ciudades de El Alto y Santa Cruz de la Sierra. Todos los modelos incluyen efectos fijos a nivel de centro de salud y año y fueron estimados empleando el comando *xtreg* en STATA 15.

## 5. Referencias

Bancalari, Antonella, and Sebastian Martinez. 2017. "Exposure to Sewage from On-Site Sanitation and Child Health: A Spatial Analysis of Linkages and Externalities in Peri-Urban Bolivia." *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development* 8 (1): 90–99. <https://doi.org/10.2166/washdev.2017.179>.

Barreto, Mauricio L., Bernd Genser, Agostino Strina, Maria Gloria Teixeira, Ana Marlucia O. Assis, Rita F. Rego, Carlos A. Teles, et al. 2007. "Effect of City-Wide Sanitation Programme on

Reduction in Rate of Childhood Diarrhoea in Northeast Brazil: Assessment by Two Cohort Studies.” *Lancet* 370 (9599): 1622–28. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)61638-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61638-9).

Gamper-Rabindran, Shanti, Shakeeb Khan, and Christopher Timmins. 2008. “The Impact of Piped Water Provision on Infant Mortality in Brazil: A Quantile Panel Data Approach.” 14365. NBER Working Paper Series. Cambridge, MA. <http://www.nber.org/papers/w14365>.

Gertler, Paul J., Sebastian Martinez, Patrick Premand, Laura B. Rawlings, and Christel M. J. Vermeersch. 2017. *La Evaluación de Impacto En La Práctica, Segunda Edición*. The World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0888-3>.

Jalan, Jyotsan, and Martin Ravallion. 2003. “Does Piped Water Reduce Diarrhea for Children in Rural India?” *Journal of Econometrics* 112: 153–73. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(02\)00158-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(02)00158-6).

Kolahi, Ali-Asghar, Ali Rastegarpour, and Mohammad-Reza Sohrabi. 2009. “The Impact of an Urban Sewerage System on Childhood Diarrhoea in Tehran, Iran: A Concurrent Control Field Trial.” *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 103 (5): 500–505. <https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2008.10.016>.

Moraes, L.R.S., Jacira Azevedo Cancio, Sandy Cairncross, and Sharon Huttly. 2003. “Impact of Drainage and Sewerage on Diarrhoea in Poor Urban Areas in Salvador, Brazil.” *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 97:153–58.

Norman, Guy, Steve Pedley, and Bahi Takkouche. 2010. “Effects of Sewerage on Diarrhoea and Enteric Infections: A Systematic Review and Meta-Analysis.” *The Lancet Infectious Diseases* 10 (8): 536–44. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(10\)70123-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(10)70123-7).

**Anexo 1: CENTROS DE SALUD SELECCIONADOS**  
**Indicador de impacto #1: “Número de casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs)”**

PROYECTO / CENTRO DE SALUD	EDAS 2011	EDAS 2018
<b>AMPL. SIST. ALCANTARILLADO SANITARIO DISTRITO 8 - EL ALTO</b>	<b>1545</b>	<b>2165</b>
C.S. ATIPIRIS	782	524
C.S. SAN FRANCISCO	52	625
C.S./HOSP. SENKATA 79	711	1016
<b>AMPL. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO URBANIZACION MERCEDES B DEL DISTRITO 8 DE EL ALTO</b>	<b>643</b>	<b>511</b>
MERCEDES	643	511
<b>CONST. SIST ALCANTARILLADO SANITARIO Y PTAR MINERO - SANTA CRUZ</b>	<b>1247</b>	<b>1070</b>
MARIO DAZA CRONENBOLD	1247	1070
<b>CONST. SIST. AGUA POT. Y ALC. SANIT. OTB 20, 21, 23 Y 24 VILLAZON</b>	<b>769</b>	<b>588</b>
ELIODORO VILLAZON	452	339
SAN JUDAS TADEO	317	249
<b>CONST. SIST. AGUA POTABLE CARANAVI FASE I CARANAVI - LA PAZ</b>	<b>1976</b>	<b>738</b>
HOSPITAL CARANAVI	1976	738
<b>CONST. SIST. DE ALCANTARILLADO SANITARIO DISTRITO 14 CBBA.</b>	<b>138</b>	<b>82</b>
NUEVA GANTE	138	82
<b>CONST. SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA 10 BARRIOS EN TRINIDAD CERCADO, BENI</b>	<b>308</b>	<b>336</b>
C.S. PEDRO IGNACIO MUIBA	65	127
C.S. PLATAFORMA	243	209
<b>CONST. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CUATRO CAÑADAS</b>	<b>1049</b>	<b>645</b>
4 CAÑADAS	1049	645
<b>CONST. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO LA GUARDIA</b>	<b>1721</b>	<b>1075</b>
HOSPITAL ROMULO GOMEZ	1721	1075
<b>CONST. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO SAN JOSE DE CHIQUITOS - SANTA CRUZ</b>	<b>865</b>	<b>312</b>
HOSPITAL BERNARDINO GIL JULIO.	865	312
<b>CONST.SIST.ALCANTARILLADO SANITARIO Y PTAR CHIMORE TIRAQUE, COCHABAMBA</b>	<b>2227</b>	<b>1105</b>
SAN JUAN DE DIOS CHIMORE	2227	1105
<b>CONST. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PLAN TRES MIL - FASE I y II</b>	<b>3670</b>	<b>2049</b>
12 DE DICIEMBRE	656	594
25 DE DICIEMBRE	1120	739
PREVENTIVA SUD	1894	716
<b>Grand Total</b>	<b>16158</b>	<b>10676</b>
	<b>EOP reducción 5%</b>	<b>15,350</b>
	<b>EOP actual</b>	<b>10,676</b>



## Anexo 2: MAPAS CON LA IDENTIFICACIÓN DE CENTROS DE SALUD DE TRATAMIENTO

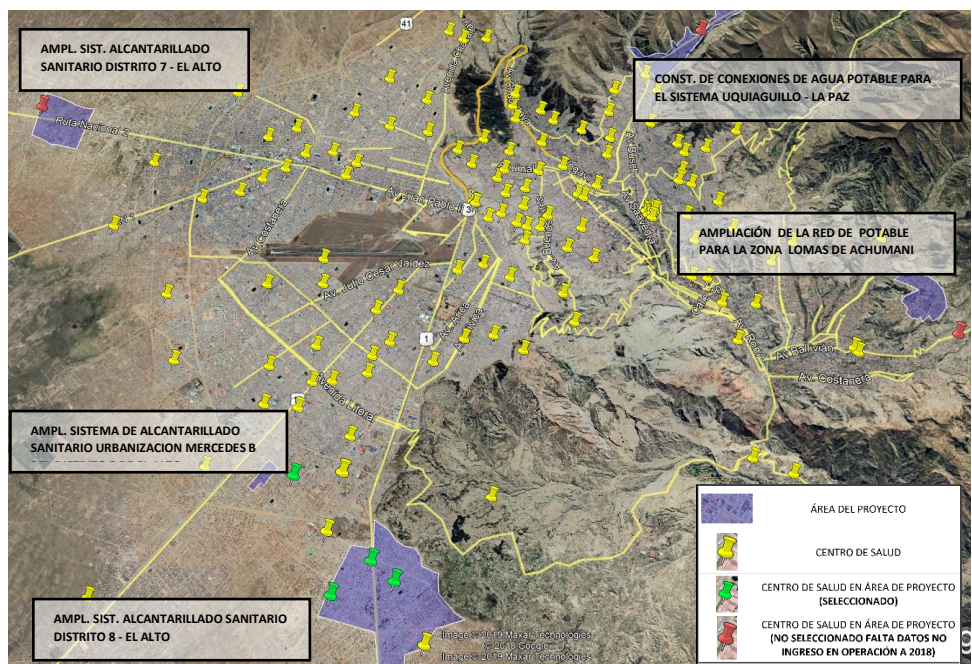


Figura 1 PROYECTOS LA PAZ - EL ALTO

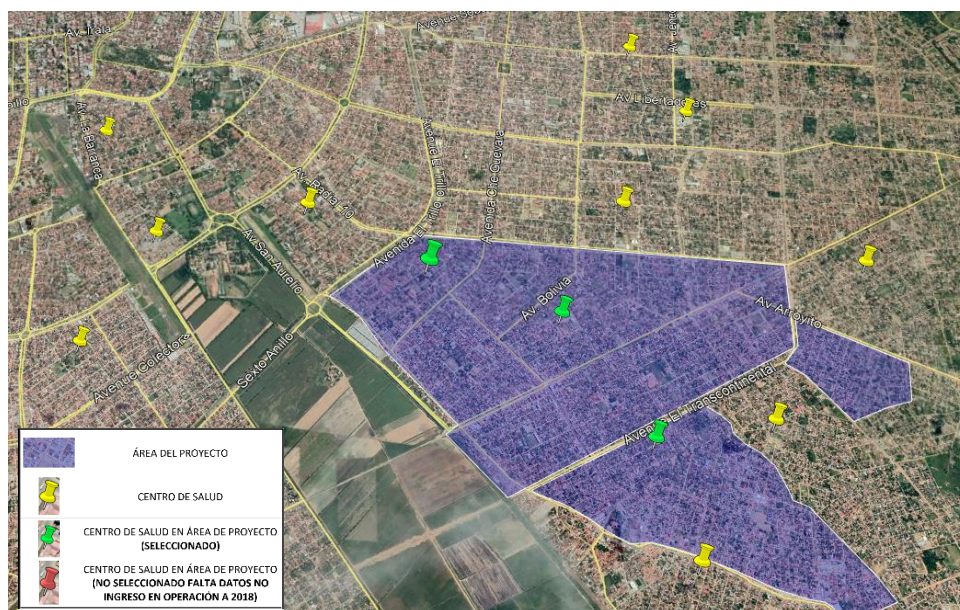


Figura 2 PLAN 300 SANTA CRUZ

<sup>4</sup> Para el caso de los proyectos ejecutados en La Paz y El Alto (figura 1) solamente se tomaron en cuenta los proyectos entregados hasta 2017, por su impacto en el indicador de cierre (EDAS agregadas 2018), quedando fuera del análisis el proyecto de alcantarillado sanitario D7/D14 El Alto (en operación 2019), y los sistemas de agua potable de Lomas de Achumani y Chuquiaguillo en la ciudad de La Paz (en operación finales 2018).





Figura 3 CUATRO CAÑADAS

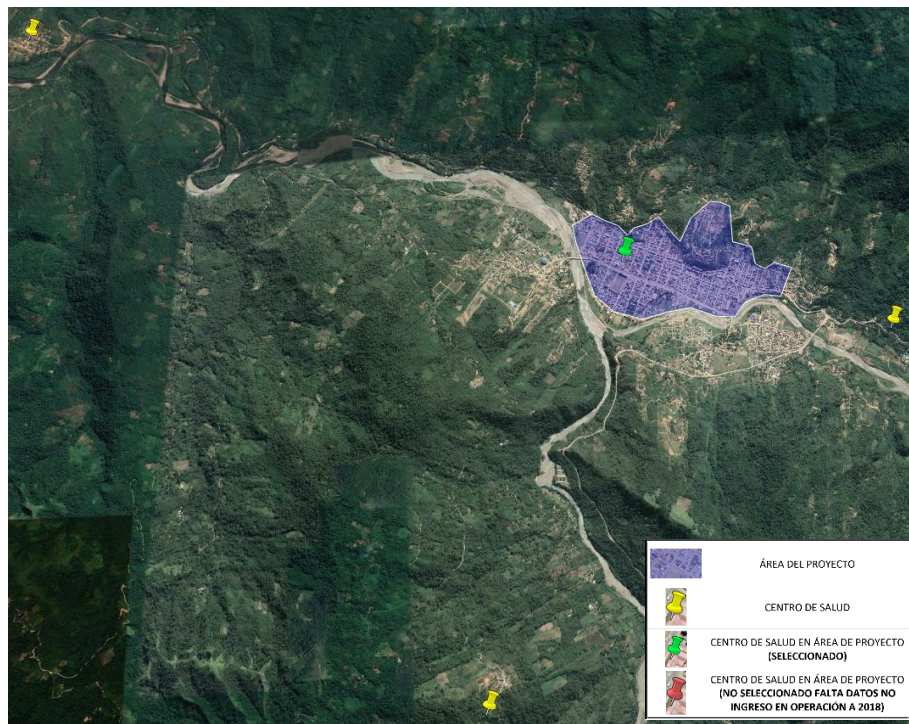


Figura 4 CARANAVI



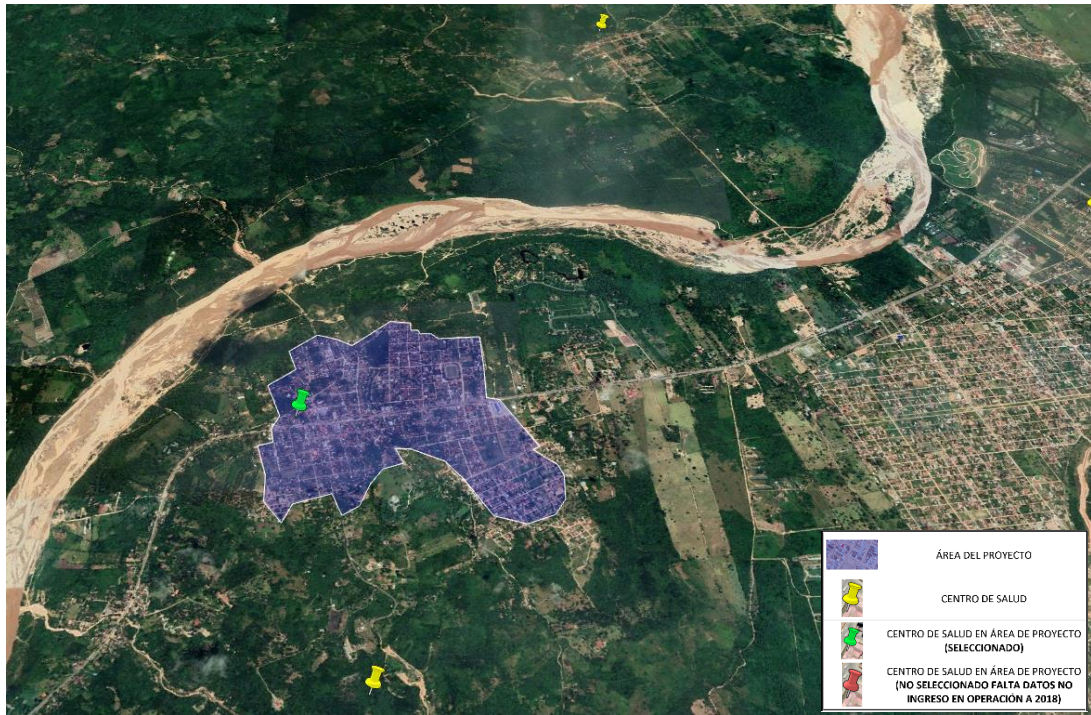


Figura 5 LA GUARDIA



Figura 6 MINERO



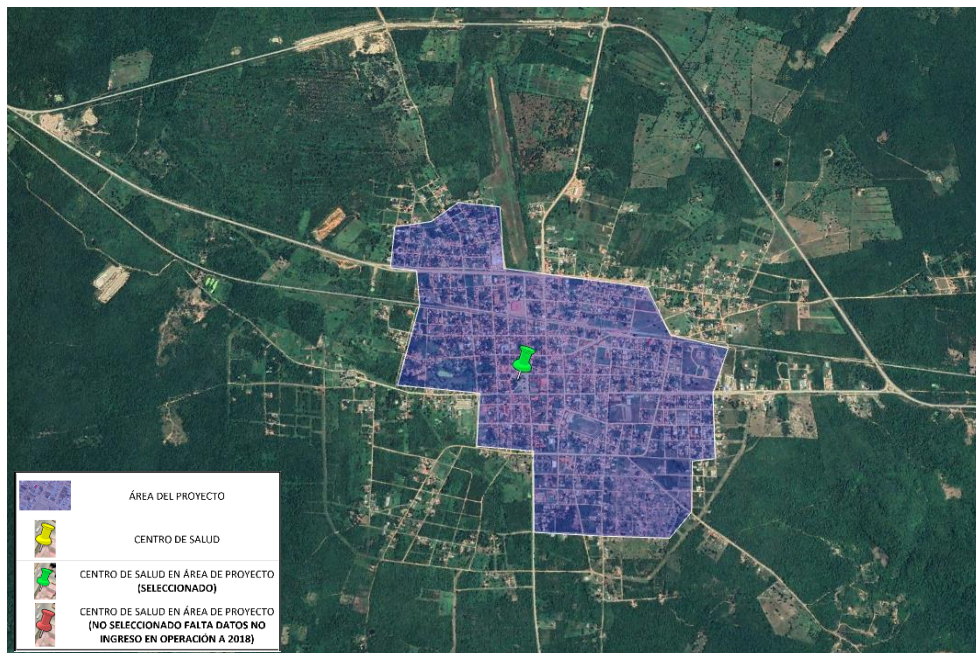


Figura 7 SAN JOSE DE CHIQUITOS

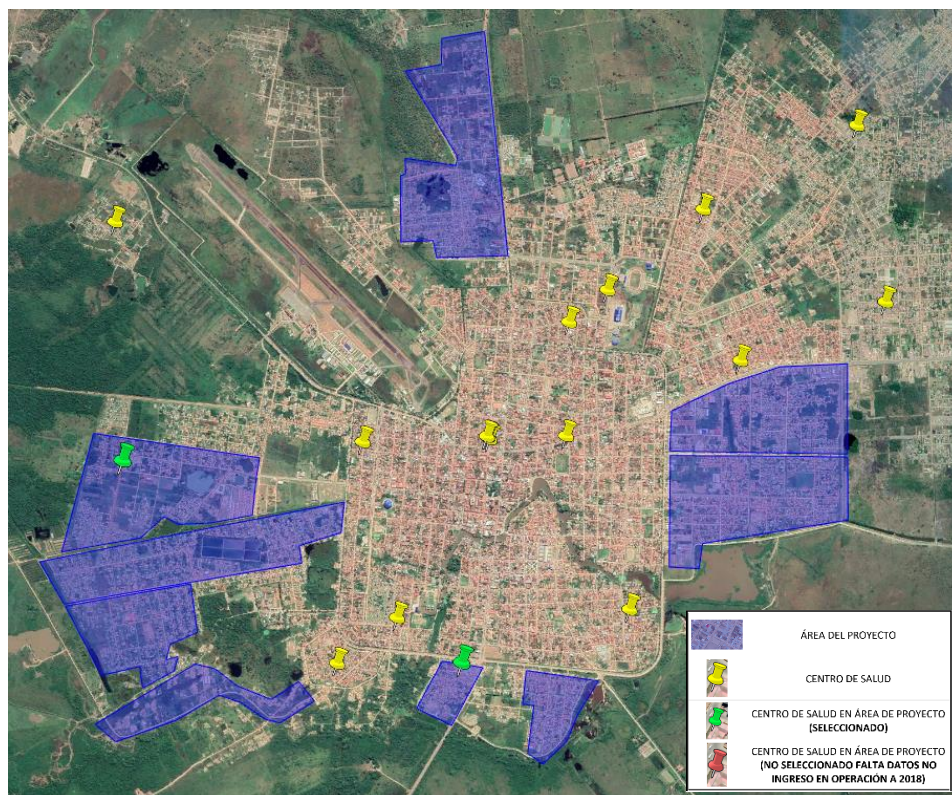


Figura 8 TRINIDAD



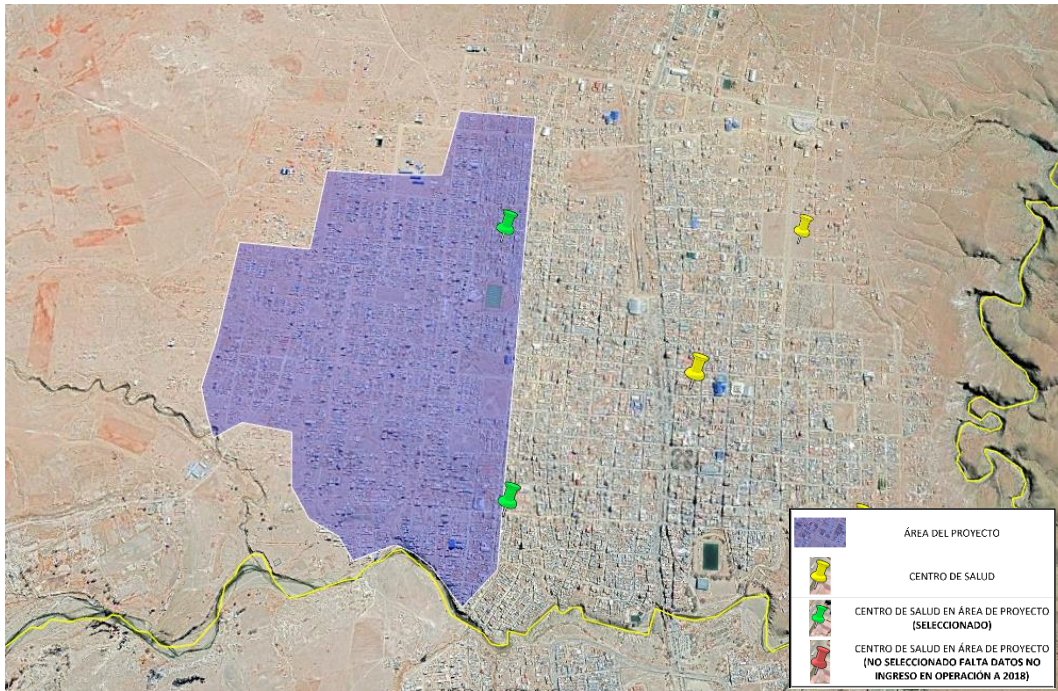


Figura 9 VILLAZON

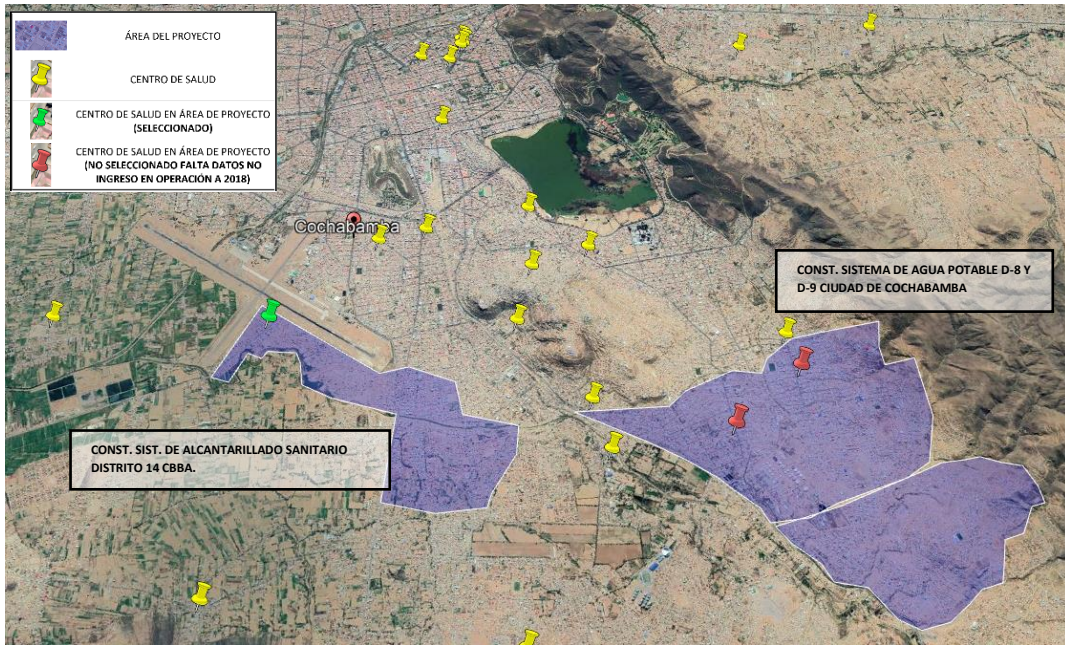


Figura 10 COCHABAMBA



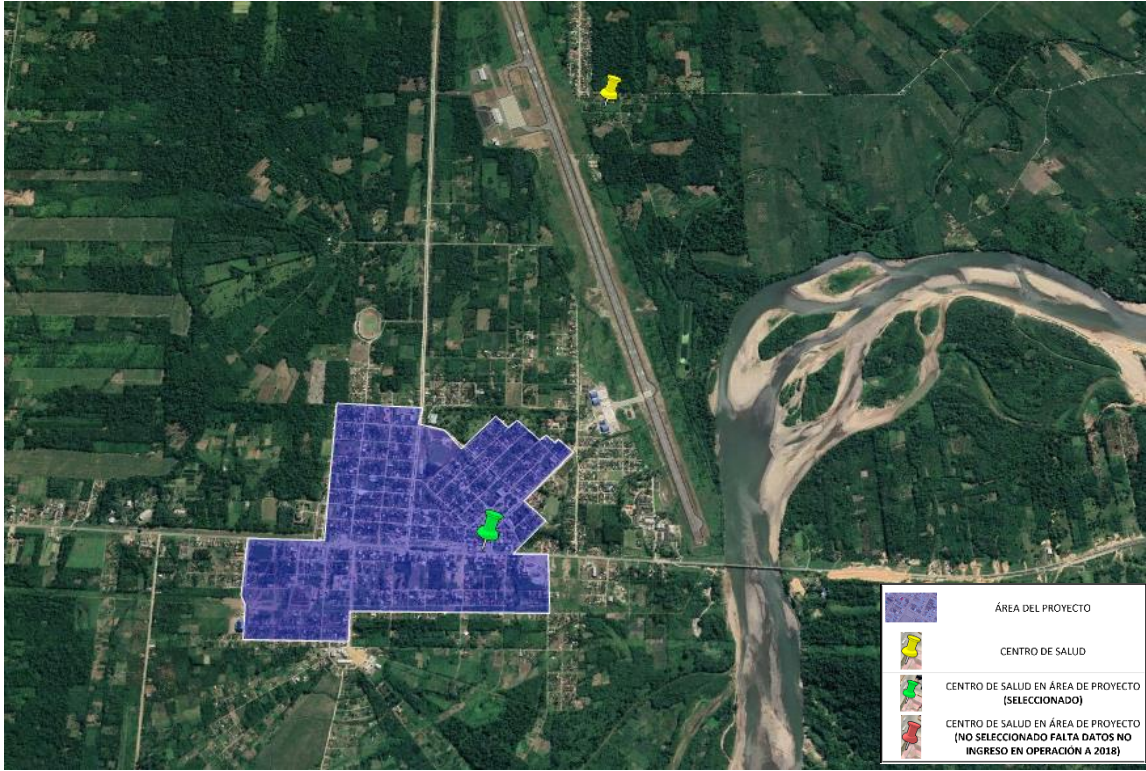


Figura 11 CHIMORE

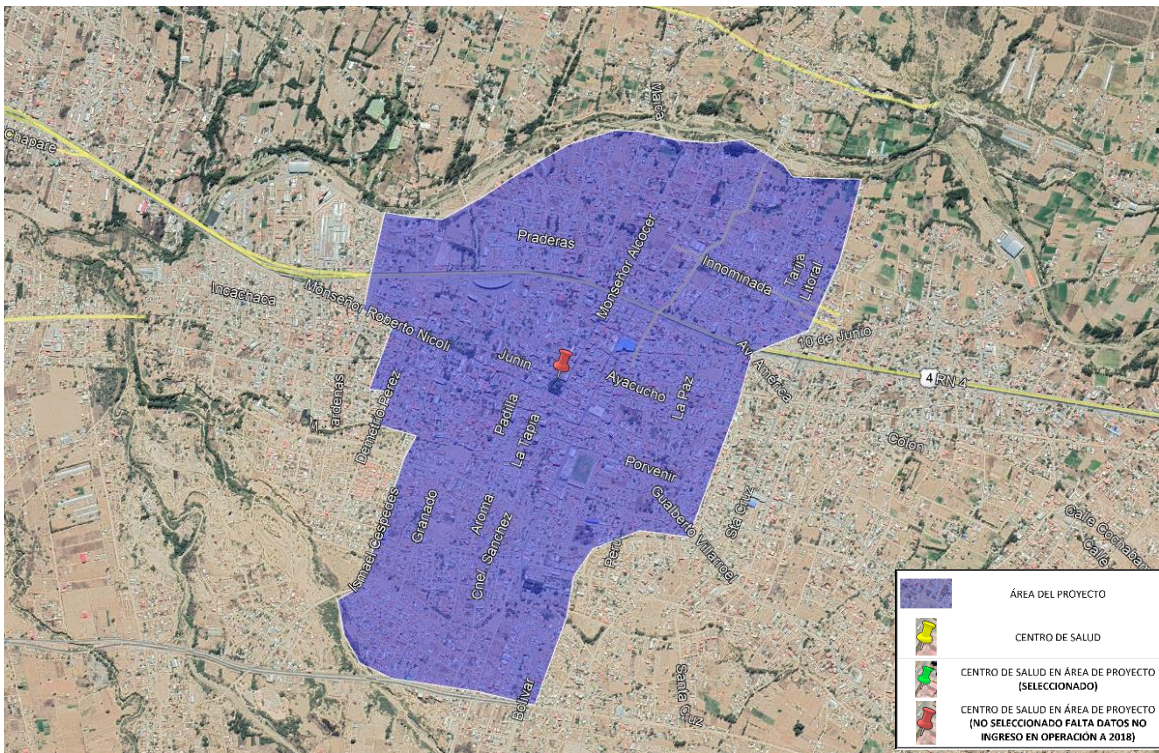


Figura 12 SACABA