Retos de PTAR en pequeños municipios: Experiencias de diseño, construcción y puesta en marcha Bolivia y Armenia

GITEC-IGIP Consulting Group

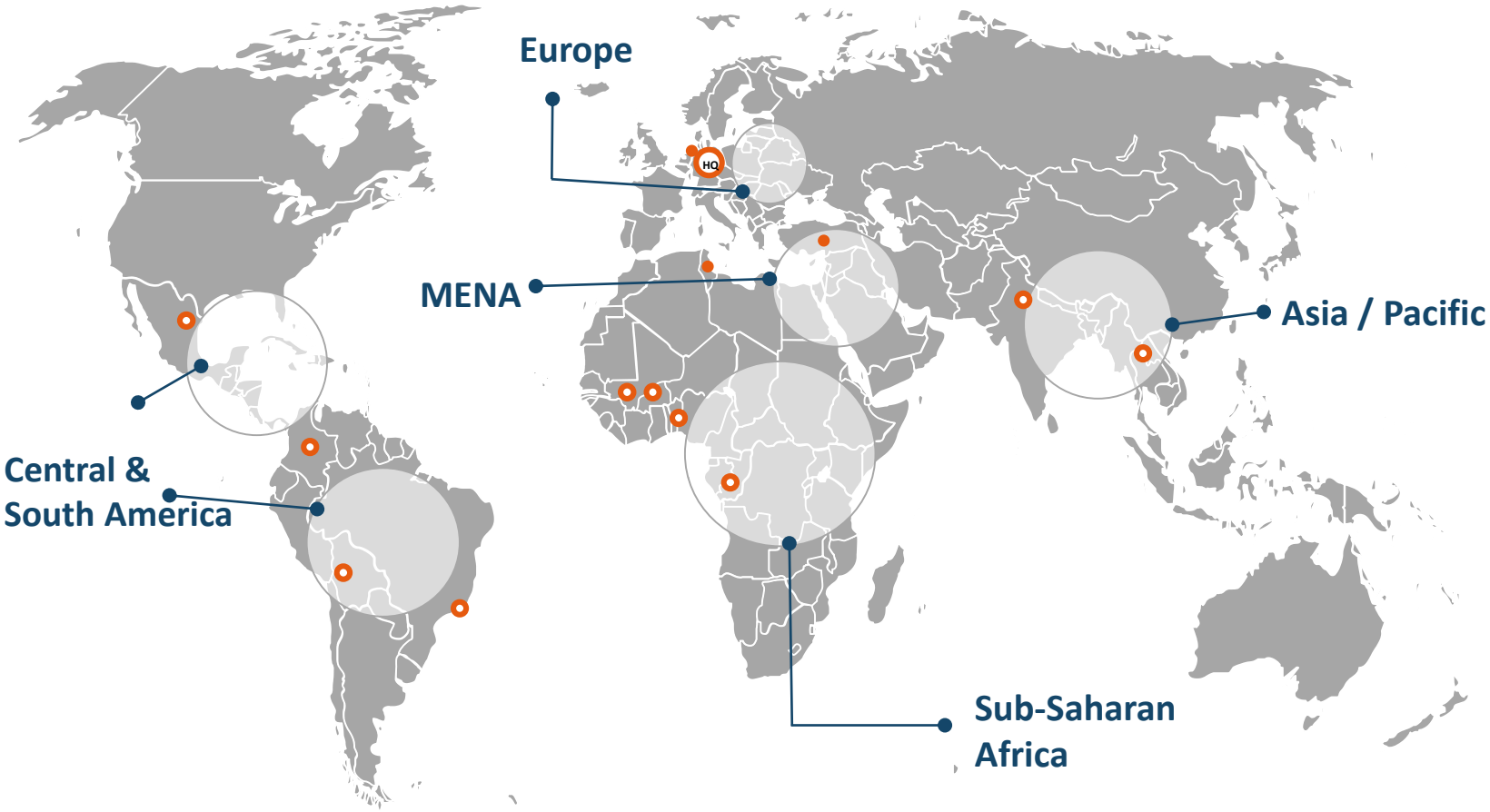
Consulting & Engineering Services Worldwide

GIC | GITEC-IGIP Consulting Group

Contenido

1. **GITEC-IGIP** Consulting Group
2. Generalidades Bolivia y **Armenia**
3. Información **Proyecto**
4. **Datos de Agua Potable** y Saneamiento
5. Experiencias: **Diseño, Construcción, Arranque y Operación PTAR**
6. **Exigencias Ambientales**
7. Costo de PTAR
8. **Conclusiones**

Países, Regiones & Representaciones



ALBANIA, ALGERIA, ARMENIA , **BELGIUM**, **BENIN**, **BOLIVIA**, BOSNIA HERZEGOVINA, **BRAZIL**, BULGARIA, **BURKINA FASO**, BURUNDI, CAMBODIA, CAMEROON, CANADA, CAPE VERDE, CENTRAL AFRICAN REP., CHAD, CHINA, CARICOM, **COLOMBIA**, CONGO, DR , **CONGO, Rep.,** COSTA RICA, CROATIA, CYPRUS (Turkish, north), CYPRUS (Greek), DJIBOUTI, DOM. REPUBLIC, ECUADOR, EGYPT, ETHIOPIA, **FRANCE**, GABON, GUINEE, GEORGIA, **GERMANY**, GHANA, GUATEMALA, HONDURAS, **INDIA**, INDONESIA, IRAK, IRAN, IVORY COAST, JORDAN, KAZAKHSTAN, KENYA, KOSOVO, KYRGYZ REPUBLIC, **LAOS**, LEBANON, LIBERIA, **LUXEMBURG**, MADAGASCAR, MALAWI, **MALI**, MAURITANIA, MACEDONIA, **MEXICO**, MOROCCO, MOZAMBIQUE, MYANMAR, NEPAL, NICARAGUA, NIGER, PANAMA, PALESTINE, PERU, PHILIPPINES, POLAND, RÉUNION, RWANDA, SENEGAL, SERBIA, SIERRA LEONE, SRI LANKA, SYRIA, TADZHIKISTAN, TANZANIA, TOGO, **TUNISIA**, **TURKEY**, UGANDA, UZBEKISTAN, VIET NAM, YEMEN, ZAMBIA

Clientes/Instituciones Financieras

KFW

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

European Union

WORLD BANK

ADB Asian Development Bank
FIGHTING POVERTY IN ASIA AND THE PACIFIC

afd AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT

AFRICAN DEVELOPMENT BANK GROUP

BID Banco Interamericano de Desenvolvimento

JICA Japan International Cooperation Agency

unicef

Areas de Trabajo

Water Resources and Sanitary Engineering

- Water Resources Management
- Water Supply
- Sewerage, WWTPs, Effluent Reuse
- Rainwater Management, Harvesting
- Irrigation and Drainage

Waste & Energy

- Waste Dumping
- Renewable Energies such as “Waste to Energy” (Biogas/ Fermentation plant)
- Environmental Planning
- Energy Efficiency

Health & Social Infrastructure

- Roads and Rural Infrastructure
- Health Infrastructure
- Infrastructure for Educational and Academic Institutions
- Healthcare Management
- Health Promotion and Disease Prevention

Climate and Natural Resources

- Biodiversity and Protected Areas
- Natural Resources Management
- Climate Change Adaptation and Mitigation
- Disaster Risk Management
- Rural Livelihoods
- Agriculture
- Forestry
- Environmental Management
- Environmental Governance

Bolivia

Estado Plurinacional de Bolivia

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA
¡La vida nos inspira!

Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social
FPS

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

KFW

"Agua Para Pequeñas Comunidades –APPC"

Armenia

Agencia Estatal del Comité Estatal de Economía del Agua de la República de Armenia

German Financial Cooperation with Armenia

Financing Institutions
KFW
Europäische Investitionsbank

„Programa de Infraestructuras Comunitarias (PIC) II, Fase 3"

GIC GITEC IGIP Consulting Group

Estado Plurinacional de Bolivia

Bandera

Escudo

Lema: *La unión es la fuerza*

Himno: *Himno Nacional de Bolivia*

0:00

¿Problemas al reproducir este archivo?

Capital	Sucre (Constitucional e Histórica) [nota 1] La Paz (Sede de Gobierno y miembro UCCI) [nota 2] 19°02'35"S 65°15'33"O
Idiomas oficiales	Español,[2] quechua, aimara, guaraní y otras 33 lenguas[nota 3 3]
Población total	Puesto 87.º
• Estimación	11 383 094 hab. (2019)[5]
• Censo	10 351 118 hab. (2012)[6]
• Densidad (est.)	10,36 hab./km²

República de Armenia

Հայաստանի Հանրապետություն (armenio)

Hayastani Hanrapetut'yun

Estado miembro de la Unión Económica Euroasiática

Bandera

Escudo

Lema: Մեկ Ազգ, Մեկ Մշակույթ

Mek Azg, Mek Mshakuyt'

(En armenio: «Una nación, una cultura»)

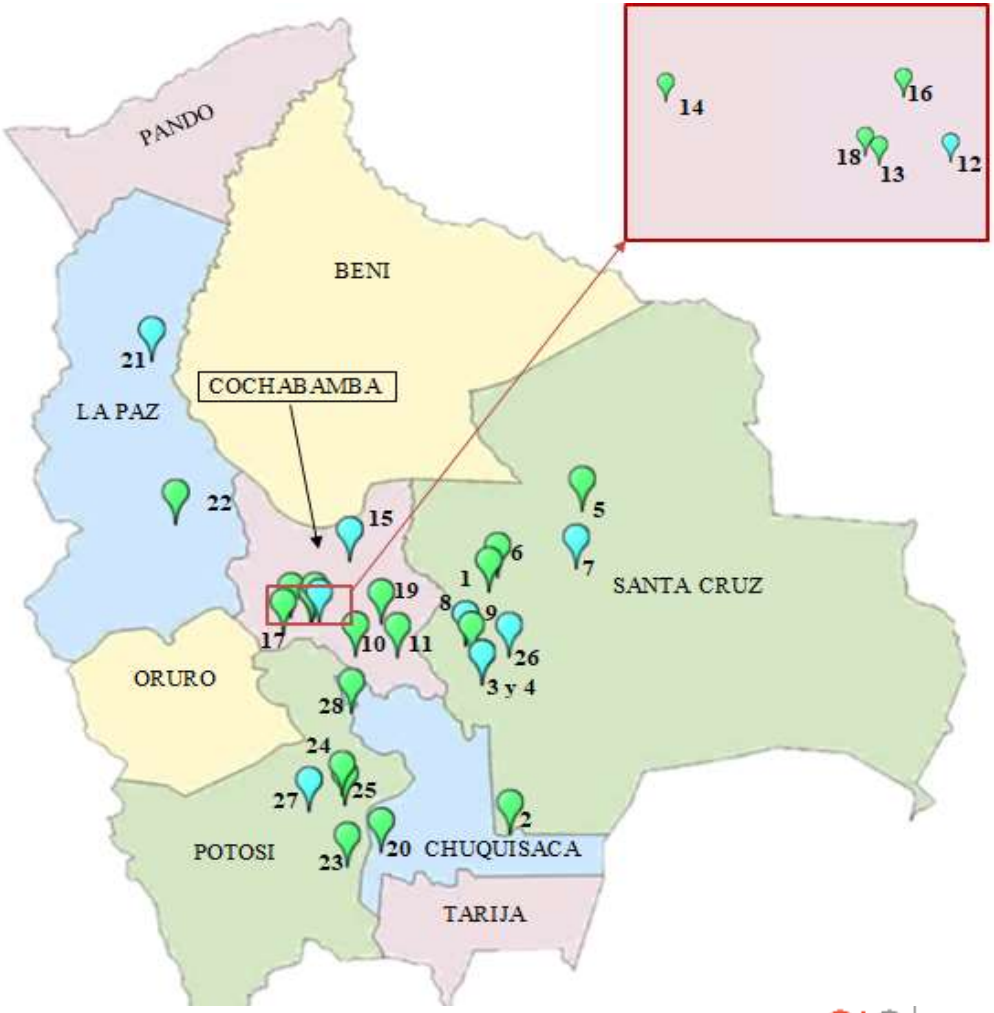
Capital (y ciudad más poblada)	Ereván 40°10'53"N 44°30'52"E
Idiomas oficiales	Armenio
Población total	Puesto 135 [4].º
• Censo	3 001 643 [3] hab.
• Densidad	101,5 hab./km²

Fuente: Wikipedia, 2021

GIC GITEC IGIP Consulting Group

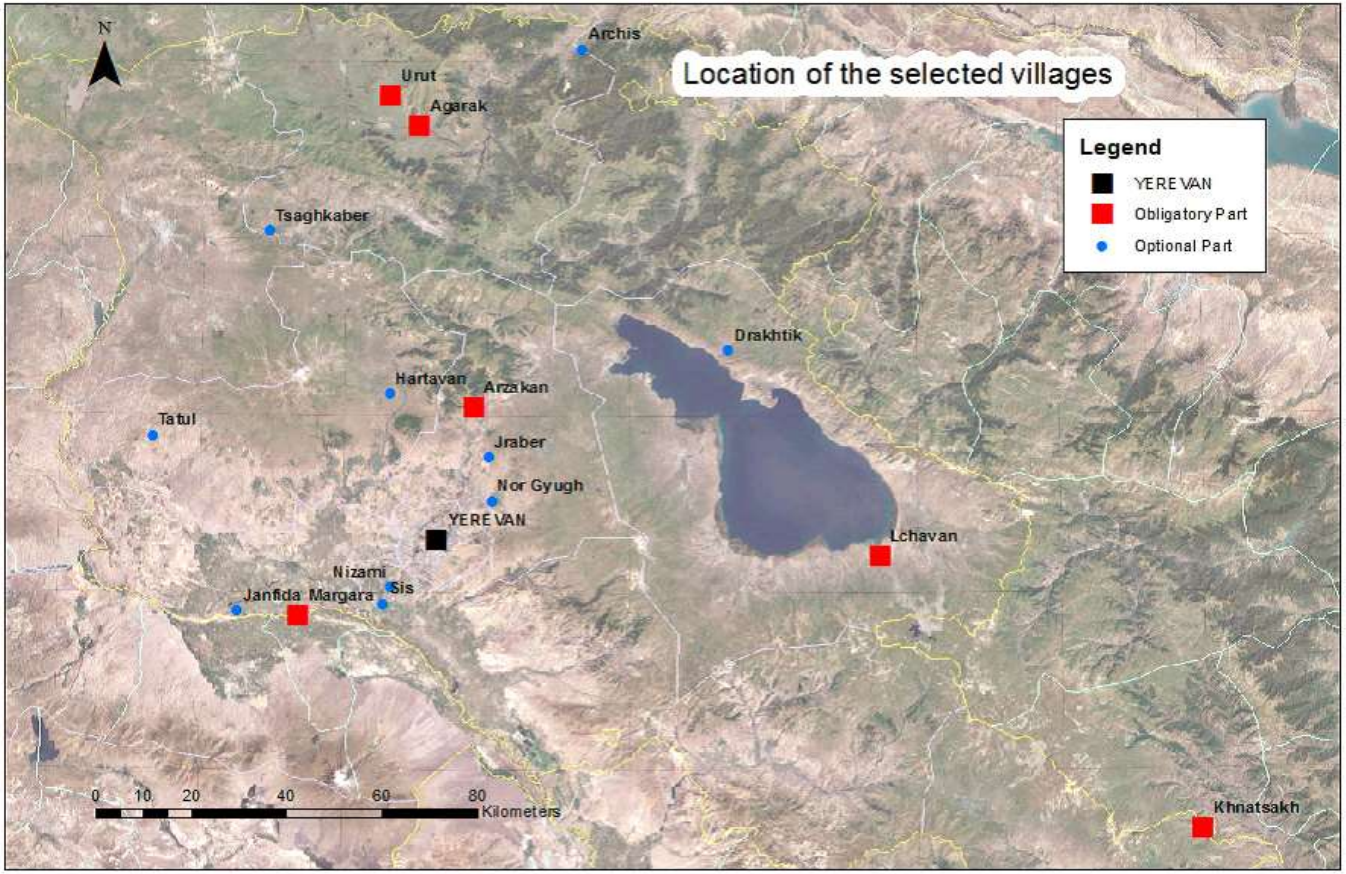
"Agua Para Pequeñas Comunidades –APPC"

	Proyectos AS	1/AS Buen Retiro; 2/AS Cuevo; 3/AS Postrervalle; 5/AS San Javier; 6/AS Santa Rosa de Sara; 9/AS Mairana; 10/AS Mina Asientos; 11/AS Omereque; 13/AS Huayculi, 14/AS Santivañez; 16/AS Cliza; 17/AS Orcoma; 18/AS Mendez Mamata; 19/AS Virgen la Bella; 20/AS Camargo; 22/AS Trinidad Pampa; 23/AS Cotagaita; 24/AS Cuchu Ingenio; 25/AS Caiza D; 28/AS Ravelo	20
	Proyectos AP	4/AP Postrervalle; 7 /AP Villa Paraíso; 8/Hierba Buena Militar; 12/AP Pajpani; 15/AP Cuatro Centrales; 21/AP Tumupasa; 26/AP San Luis y Taruma; 27/AP Jatun Ayllu Yura	8



Fuente: Elaboración propia, GITEC-IGIP Consulting Group, 2020

"Programa de Infraestructuras Comunitarias (PIC) II, Fase 3"



Fuente: informe de diseño preliminar, GITEC-IGIP, 2018

GITEC IGIP Consulting Group

Situación general del saneamiento en Armenia y Bolivia

SANITATION				RURAL			URBAN		
COUNTRY, AREA OR TERRITORY	Year	Population (thousands)	% urban	At least basic	Limited (shared)	Open defecation	At least basic	Limited (shared)	Open defecation
Armenia	2020	2 963	63	83	1	<1	>99	<1	<1
Bolivia (Plurinational State of)	2020	11 673	70	44	4	33	75	23	<1

Fuente: Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene; Estimates on the use of water, sanitation and hygiene by country (2000-2020); UNICEF (2021)

“Agua Para Pequeñas Comunidades –APPC”

Título: Consultoría de Acompañamiento y Seguimiento de las Inversiones del “Programa Agua Para Pequeñas Comunidades”

Cliente: Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social- FPS

Fuente de la financiación: KfW

Costo estimado del Programa: 23,7 Mill EUR

Inicio de los servicios de consultoría: 16.12.2016
Fecha de finalización estipulada: 31.12.2022

„Programa de Infraestructuras Comunitarias (PIC) II, Fase 3“

Título: Programa de Infraestructuras Comunitarias II, Fase 3, Lote 4 (PIC II-F3 - LIV): Diseño, Supervisión Técnica y de Red de suministro de agua y de Sistemas de alcantarillado de 560 Comunidades

Cliente: Unidad de Ejecución de Proyectos del Sector del Agua, WSPIU, Agencia Estatal de SCWE

Fuente de la financiación: KfW

Costo estimado del Programa: 20,0 Mill EUR

Inicio de los servicios de consultoría: 01.06.2017
Fecha de finalización estipulada: 01.09.2023

GIC GITEC IGIP Consulting Group

“Agua Para Pequeñas Comunidades –APPC”

El Programa de “Agua para pequeñas Comunidades” tiene por objeto principal el abastecimiento sostenible de la población con agua potable y la disposición segura de aguas servidas en localidades de hasta 10.000 habitantes en ámbitos rurales concentrados.
De esta manera se pretende contribuir a mejorar la situación de salud y las condiciones de vida de la población de Bolivia

Objetivos:

Fase de Preinversión

- Preinversión de Infraestructura
- Preinversión DESCOM-FI

Fase de Acompañamiento de la Inversión

- Contratación de Obras, Suministros y Servicios
- Ejecución Física de las Obras

Fase de Acompañamiento de la Post Inversión

- Post Inversión.

„Programa de Infraestructuras Comunitarias (PIC) II, Fase 3“

Proyecto piloto, cuyo objetivo es el desarrollo sostenible de las infraestructuras de agua y aguas residuales en los pequeños municipios armenios situados fuera de la zona de actuación de los operadores regionales existentes

- La zona del proyecto comprende 579 municipios con una población de unos 530.000 habitantes
- comunidades repartidas en 10 marzes (provincias)
- Se necesitan sistemas descentralizados
- Preselección de 16 pueblos piloto potenciales mediante un estudio de viabilidad previo
- Selección final de 4 pueblos piloto en función del presupuesto disponible, tras los resultados del diseño preliminar

Objetivos:

- mejorar la fiabilidad y eficiencia de las infraestructuras de agua y aguas residuales
- reducción de las pérdidas de agua mejora de la calidad, mitigación de las disparidades regionales,
- ampliación de las zonas de servicio de las empresas operadoras regionales existentes
- creación de nuevas empresas de explotación en las zonas rurales

GIC GITEC IGIP Consulting Group

Agua Para Pequeñas Comunidades –APPC, Bolivia

GITEC IGIP Consulting Group

EXPERIENCIAS: DISEÑO

Caudal de Aguas Residuales: Q_o vs Q_f

Población equivalente	hab	**945**
Dotación de agua	ℓ/(hab.día)	78.5
Coeficiente de retorno	%	80
Agua residual doméstica	ℓ/(hab.día)	62.81
Caudal medio diário domestico	m^3/dia	59
	ℓ/s	0.687
Coeficiente de punta horario (M)		
Harmon ($2 \leq M \leq 3.8$)	-	3.82
Caudal máximo horário domestico	m^3/hora	9.44
	ℓ/s	2.62
Caudal de infiltración		
Lineal	ℓ/(s.m)	0.00005
Longitud de colectores	m	4,719.6
Caudal infiltrado	ℓ/s	0.236
Conexiones erradas (10% Qmáx. ARD)	ℓ/s	0.262
Caudal máximo afluente	ℓ/s	3.120
	m^3/hora	11.23
Caudal medio afluente	ℓ/s	1.185
	m^3/hora	4.27
Caudal minimo afluente	ℓ/s	0.68
	m^3/hora	2.44

Caudal máximo afluente	ℓ/s	3.120
	m^3/hora	11.23
Caudal medio afluente	ℓ/s	1.185
	m^3/hora	4.27
Caudal minimo afluente	ℓ/s	0.68
	m^3/hora	2.44

Fecha: 4 de junio de 2021	Caudal (lps)		
	11:00 am	12:00 m	01:00 pm
Ingreso al Tanque Imhoff	1,51	1,70	1,90
Salida del Filtro Anaerobio	0,99	1,02	
Ingreso al Humedal 1 y 2	0,48	0,50	

Fuente: Elaboración propia con datos del Consultor, GITEC-IGIP Consulting Group, 2021

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

RIMH Laboratorio de Aguas, Suelos, Alimentos y Análisis Ambiental

Laboratorio Aspirante a RELOAA/Certificado Ensayo Aptitud IBMETRO-DTA-CI-036/037/038

INFORMACION GENERAL	C(13)	1312	Análisis Nº	5366
Fuente/Código Int.	Agua Residual Doméstica AR-20	Responsable del muestreo:		Arq. Hernan Blacut
		Institución		COINDES
Ubicación:	Caiza	Recipiente y volúmen:		Bote PET de 600 ml
		Estado de la muestra		Bueno
Dep./Prov./Mun.	Potosí/Linares/Caiza	Fecha y hora de muestreo		25/10/2013; 7:00 a.m.
RESULTADOS DE ANALISIS		Fecha de análisis		29/10/13

NUMERO	TIPO DE ANALISIS	UNIDADES	Valores Guías	RESULTADOS
	Medición de Caudal			
1	Caudal	(l/s)		No determinado
	Método de medición de caudal*		m.s.n.m.	
	Análisis Organolepticos			
1	Aspecto			Lechoso blanquecino
2	Olor			Leche fermentada
	Análisis Fisicos			
1	Temperatura	°C		22,90
2	pH			7,70
3	Sólidos suspendidos totales	mg/l		21,58
4	Sólidos totales disueltos	mg/l		454,55
5	Sólidos totales	mg/l		2322,34
6	Conductividad	µS/cm		1053,00
7	Turbiedad	NTU		16,60
	Análisis Químicos			
8	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l		66,00
9	Demanda Química de Oxígeno	mg/l		100,79
10	Aceites y grasas	mg/l		15,121
11	Fósforo total (como P)	mg/l		0,00
12	Nitratos (como NO_3^-)	mg/l	20	21,92
13	Nitritos (como NO_2^-)	mg/l	<1	0,11
14	Nitrógeno Amoniacal (como NH_3^+)	mg/l	0,5	2,15
15	Nitrogeno Total	mg/l		6,66
16	Compuestos fenólicos	mg/l		No determinado
17	Sulfuros (S^{-2})	mg/l		No determinado
18	Cromo +3	mg/l		No determinado
19	Antimonio	mg/l		No determinado
20	Fierro	mg/l		No determinado
21	Cobre	mg/l		No determinado
22	Arsénico	mg/l		No determinado
23	Estaño	mg/l		No determinado
24	Cadmio	mg/l		No determinado
25	Cianuro Libre	mg/l		No determinado
26	Mercurio	mg/l		No determinado
27	Plomo	mg/l		No determinado
28	Zinc	mg/l		No determinado
	Análisis Bacteriológicos			
29	Coliformes Totales	NMP/100 ml		1,40E+04
30	Coliformes Fecales	NMP/100 ml		4,00E+03

LOS RESULTADOS CORRESPONDEN A LA MUESTRA TOMADA POR EL LABORATORIO

DBO_5/N/P = 100/5/1

~ 66/6/1

Fuente: Elaboración propia con datos Consultor, GITEC- IGIP Consulting Group, 2020

GITEC IGIP Consulting Group

EXPERIENCIAS: DISEÑO

Análisis de Alternativas según área geográfica y población

Alternativa A1: Tanque séptico

Línea de agua: PBI + REJ + DES + DESG + TS + FAN + HUM + LM

Línea de lodo: LS

Alternativa A2: Tanque Imhoff

Línea de agua: PBI + REJ + DES + DESG + TI + FAN + HUM + LM

Línea de lodo: LS

Alternativa A3: Laguna facultativa aireada

Línea de agua: PBI + REJ + DES + DESG + LFA + LSF + LM

Línea de lodo: LS

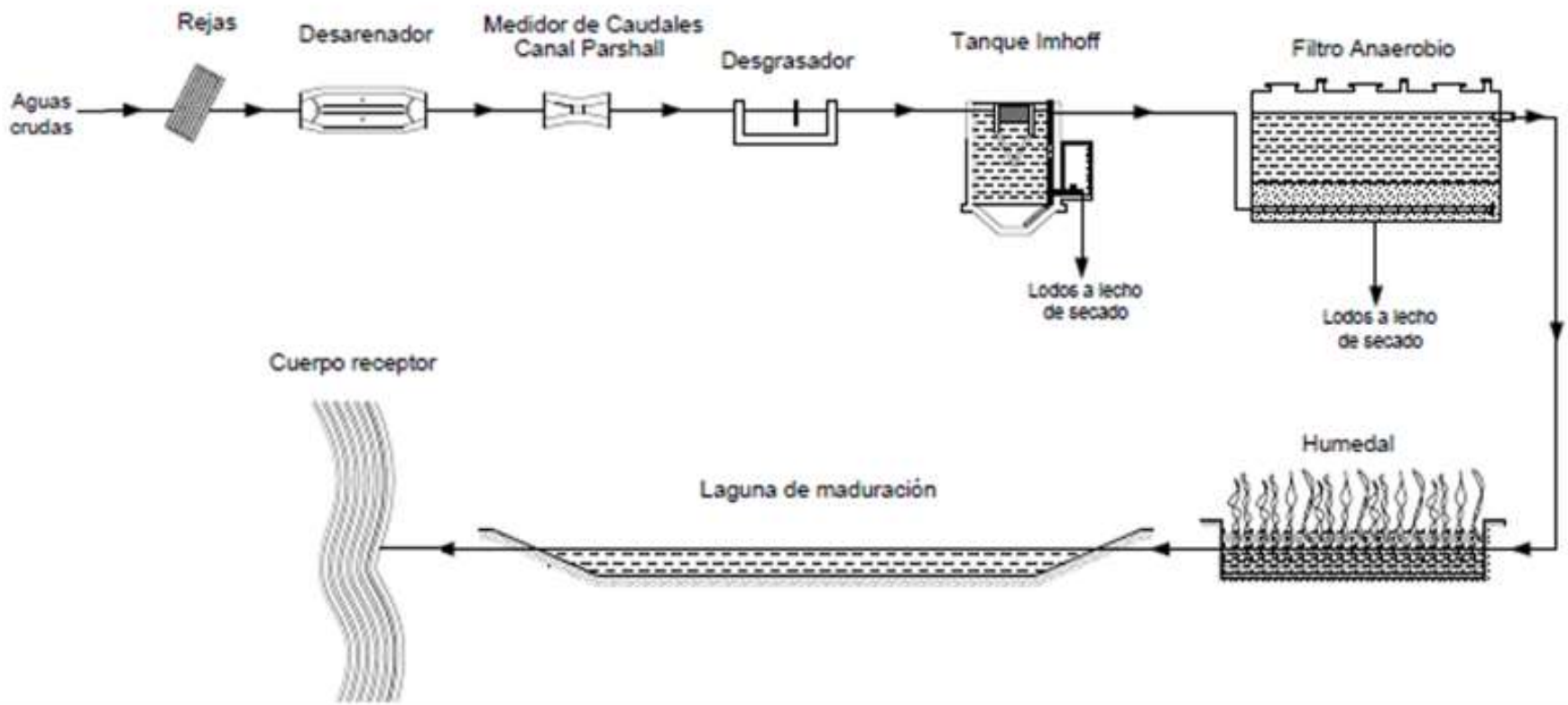
DES	-	Desarenador
DESG	-	Desgrasador
FAN	-	Filtro Anaeróbico
HUM	-	Humedal artificial de flujo subsuperficial
LFA	-	Laguna Facultativa Aireada
LM	-	Laguna de Maturación
LS	-	Lecho de Secado de Lodos
PBI	-	Estación de Bombeo Inicial (cuando requerido)
REJ	-	Rejillas
TI	-	Tanque Imhoff
TS	-	Tanque Séptico

La alternativa de tratamiento elegida, corresponde al tratamiento de tipo no mecanizada, simple y de bajo costo

Fuente: Elaboración propia GITEC-IGIP Consulting Group, 2020

GITEC IGIP Consulting Group

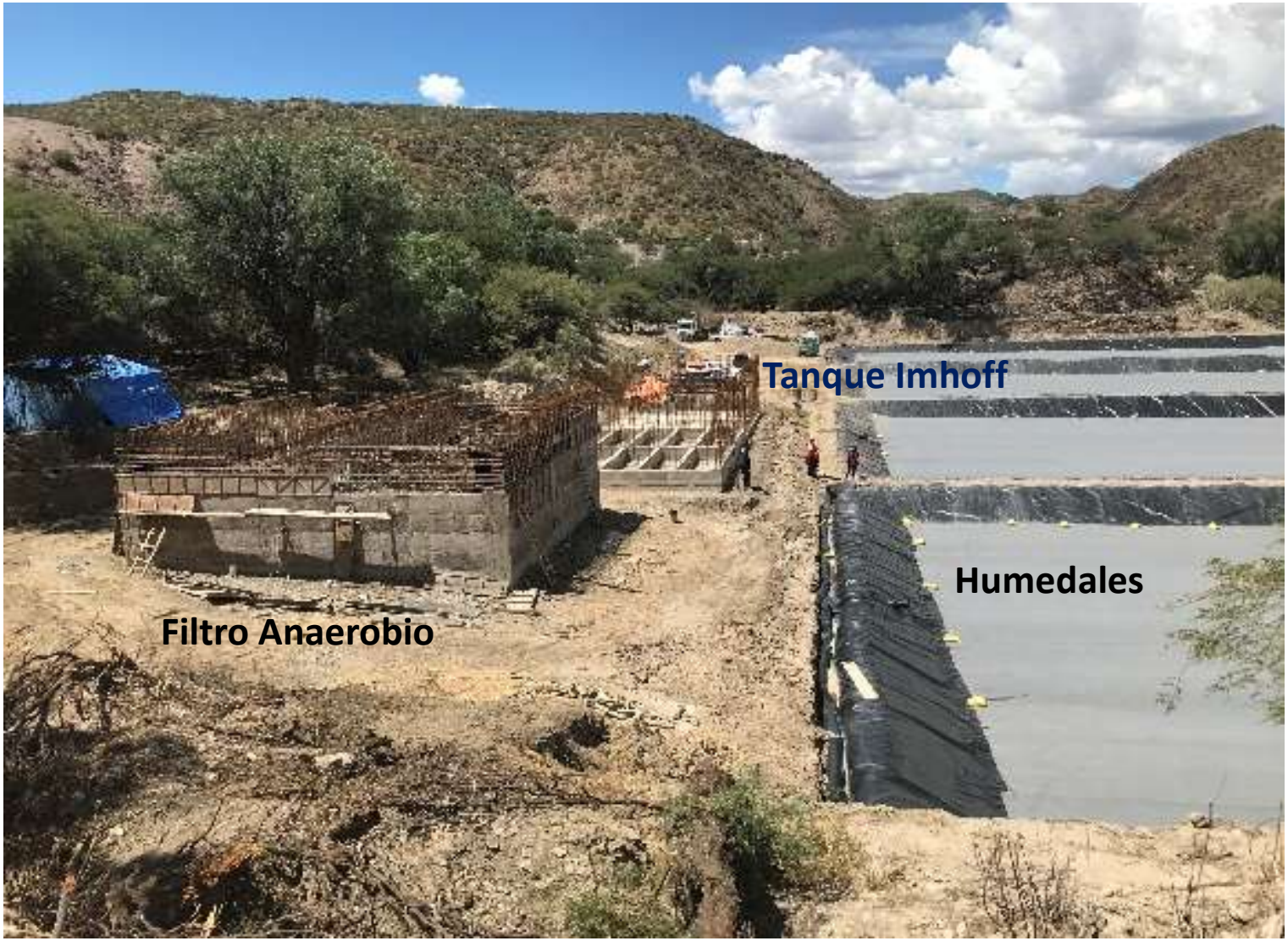
EXPERIENCIAS: DISEÑO



La alternativa de tratamiento elegida, corresponde al tratamiento de tipo no mecanizada, simple y de bajo costo

Fuente: Elaboración propia GITEC-IGIP Consulting Group, 2020

EXPERIENCIAS: CONSTRUCCIÓN



Fuente: GITEC-IGIP Consulting Group, 2020

GIC GITEC IGIP Consulting Group

EXPERIENCIAS: PUESTA EN MARCHA

Entrega Provisional Infraestructura A y S

1er. Monitoreo:
Tratamiento PRIMARIO
Tratamiento TERCIARIO

2o. Monitoreo:
Tratamiento PRIMARIO
Tratamiento SECUNDARIO
Tratamiento TERCIARIO

3er. Monitoreo:
Tratamiento PRIMARIO
Tratamiento SECUNDARIO
Tratamiento TERCIARIO

1 — 2 — 3 Mes

Incremento gradual de Q_{AR}:
- Aforo de caudales
- O&M
- Registro de datos
- Mediciones in situ
- Manejo de equipos
- Toma de muestra PTAR

Incremento gradual de cargas C_{AR}:
- Análisis de datos
- Evaluación procesos
- Correlación parámetros
- Funcionamiento unidades
- Toma de muestra PTAR

Arranque y operación:
- Ingreso total del AR
- Análisis de carga orgánica
- Análisis de carga hidráulica
- Funcionamiento normal unidades
- Toma de muestra PTAR

Entrega Definitiva Infraest. A y S

Compromiso GAM:
ii) transferir a la EPSA el derecho para la Administración, O&M de las obras construidas por el Programa una vez que estén puestas en marcha

Fuente: Elaboración propia GITEC-IGIP Consulting Group, 2020

GITEC IGIP Consulting Group

EXPERIENCIAS: EXIGENCIAS AMBIENTALES

El Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH), de la Ley del Medio Ambiente (Ley 1333), que en su Título I establece la clasificación general de cuerpos de agua en 4 categorías: Clase A, Clase B, Clase C y Clase D, según su aptitud de uso

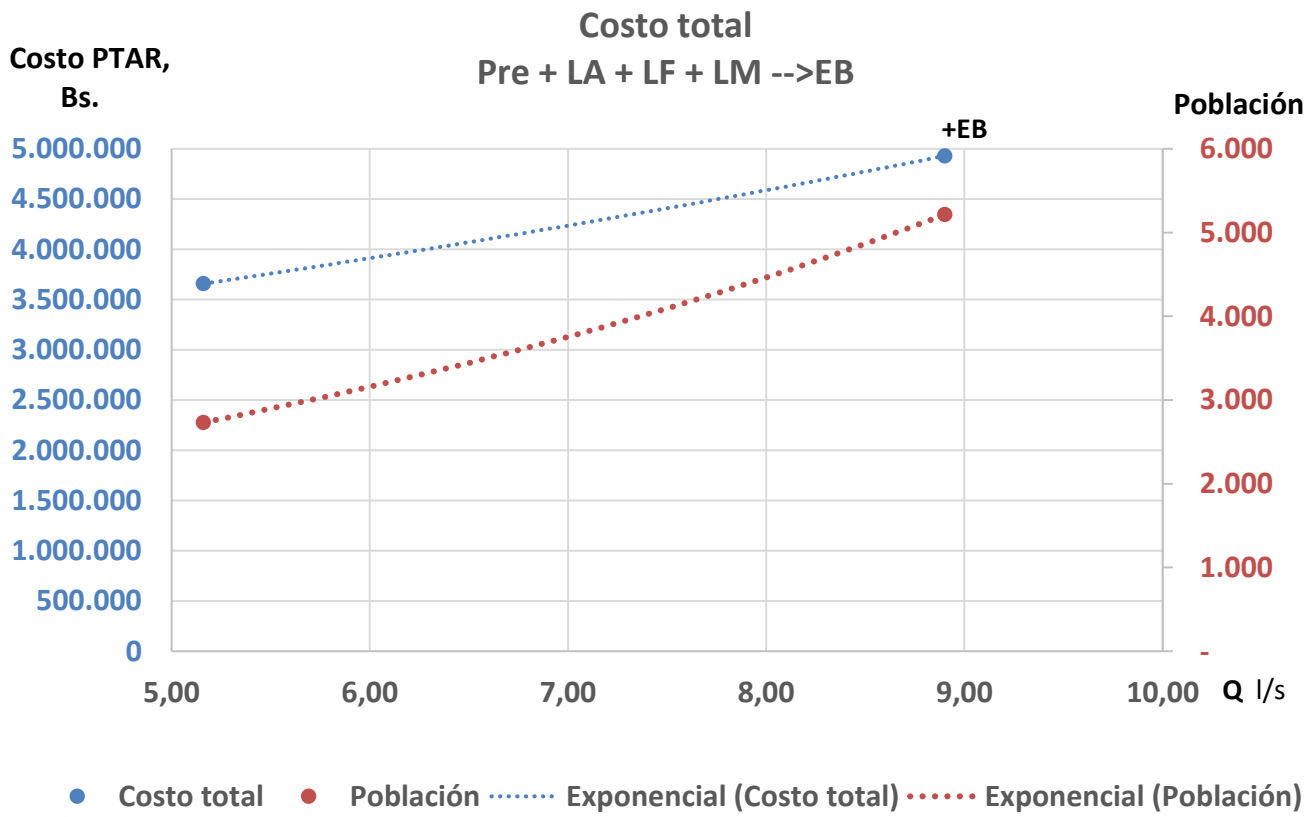
Parámetro	Unidad	Valor
pH	---	6-9
T	ºC	+/- 5
SST	mg/l	60
DBO_5	mg/l	80
DQO	mg/l	250
Amonio como N	mg/l	4
PT	mg/l	---
Coliformes fecales	NMP/100ml	1000

Fuente: Elaboración propia GITEC-IGIP Consulting Group, 2020

GIC GITEC IGIP Consulting Group

EXPERIENCIAS: COSTOS

Proyectos en zona altiplano o valles, con poblaciones < 6.000 habitantes*

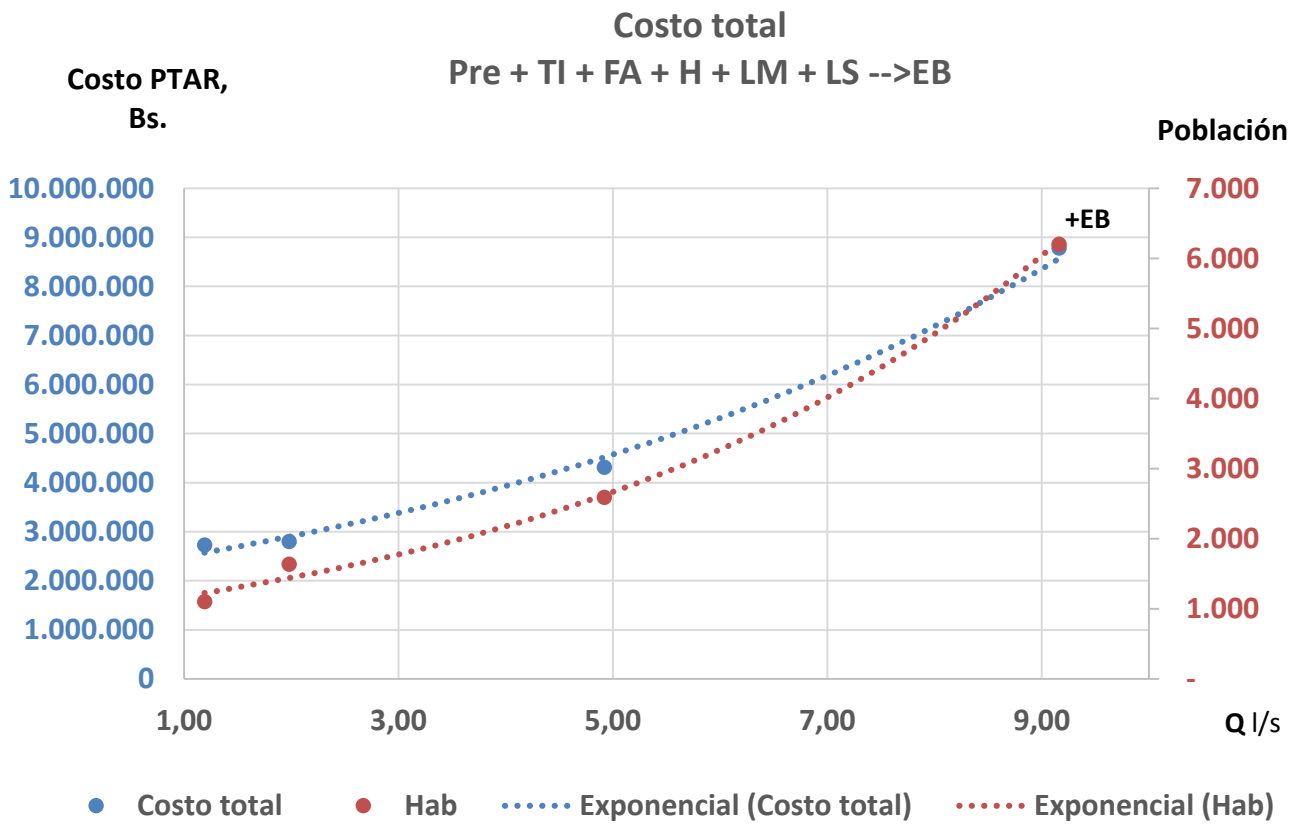


* n= 2 PTAR, [2 SCZ]

Fuente: Elaboración propia GITEC-IGIP Consulting Group, 2021

EXPERIENCIAS: COSTOS

Proyectos en zona altiplano o valles, con poblaciones < 7.000 habitantes*

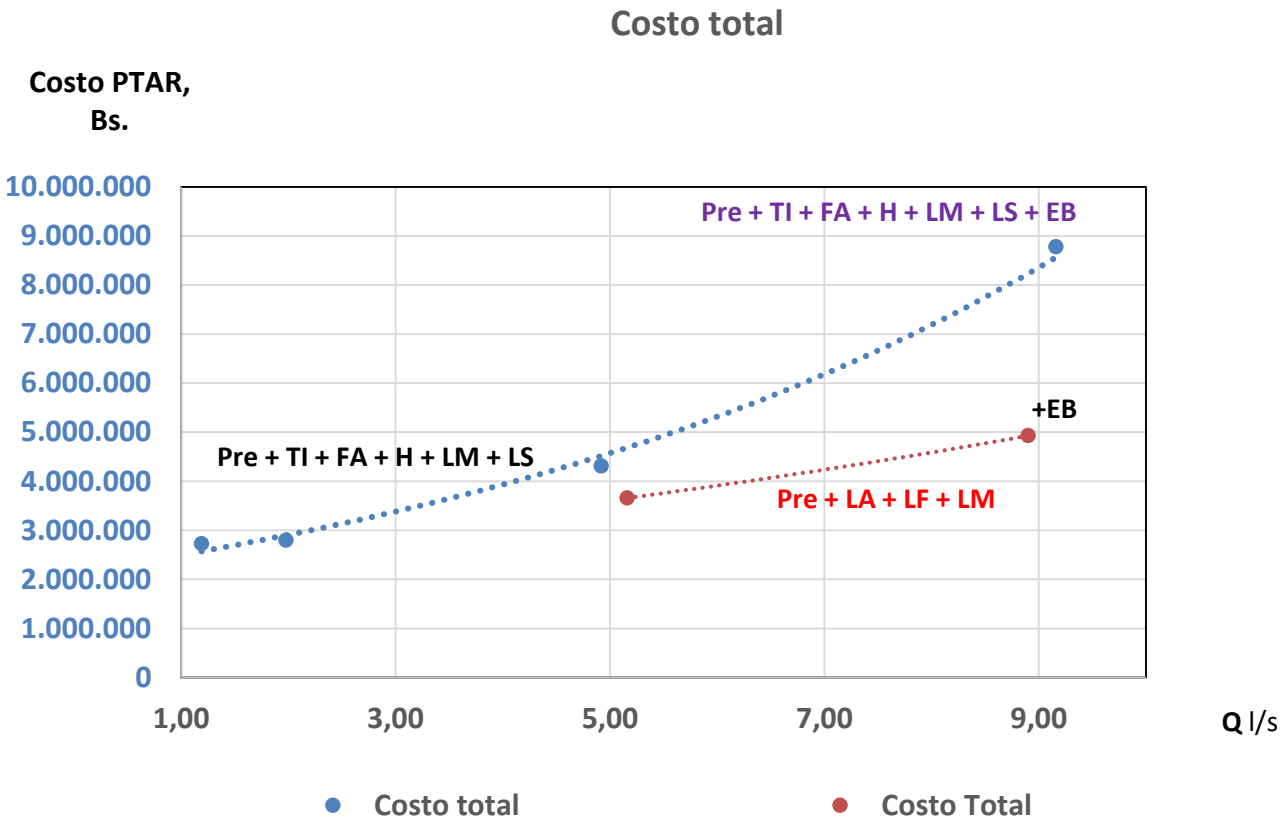


* n= 4 PTAR [1 CCB+ 3POT]

Fuente: Elaboración propia GITEC-IGIP Consulting Group, 2021

EXPERIENCIAS: COSTOS

Proyectos en zona altiplano o valles, con poblaciones < 7.000 habitantes*

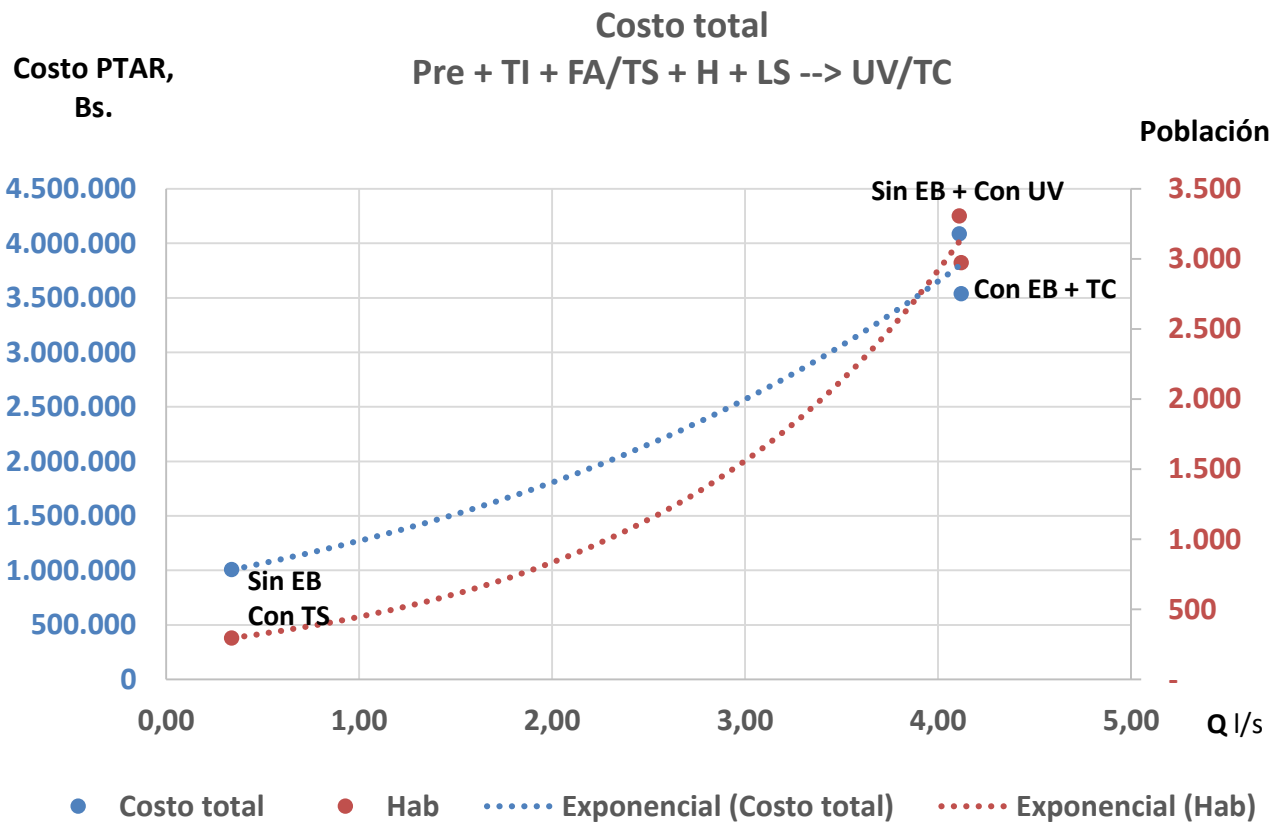


* n= 6 PTAR [1 CCB+ 3 POT +2 SCZ]

Fuente: Elaboración propia GITEC-IGIP Consulting Group, 2021

EXPERIENCIAS: COSTOS

Proyectos en zona altiplano o valles, < 3.500* habitantes



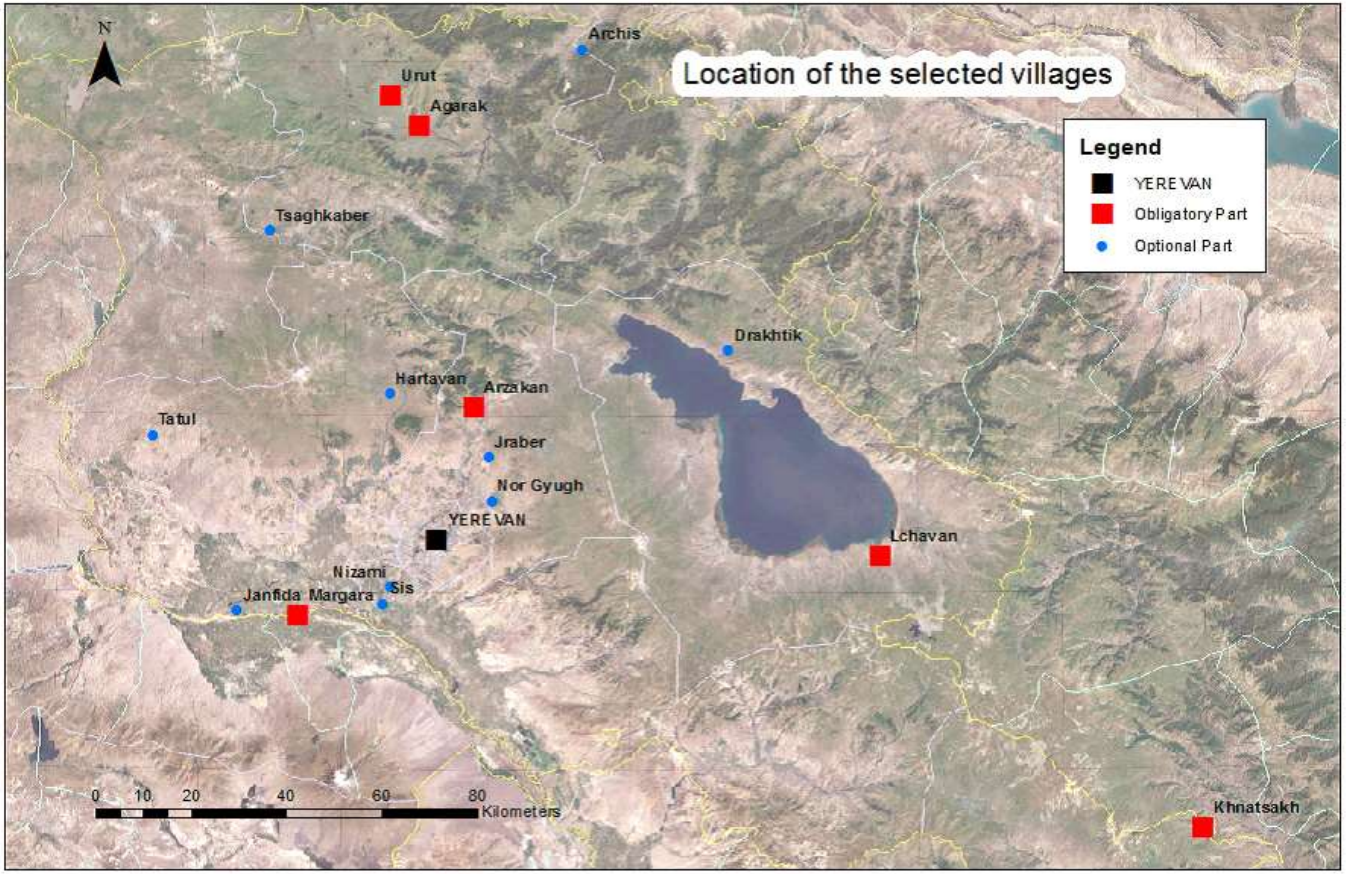
* n= 3 PTAR [3 CBB]

Fuente: Elaboración propia GITEC-IGIP Consulting Group, 2021

Programa de Infraestructuras Comunitarias (PIC) II, Fase 3, Armenia

GIC GITEC IGIP Consulting Group

Área del proyecto:



Fuente: informe de diseño preliminar, GITEC-IGIP Consulting Group, 2018

GITEC IGIP Consulting Group

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

CAUDALES

N°	Nombre de la Comunidad	Población equivalentes en 2040	Estimación de Caudales [Q]				
			Caudal específico	$Q_{agua\text{-}residuales}$		$Q_{max} = (1,5*Q_{a\text{-}r} + Q_{max\text{-}infiltración})$	
		(PE)	(l/d/PE)	(m³/d)	(l/s)	(m³/d)	(l/s)
1	Urut	1291	120	154,92	1,79	387,30	4,48
2	Margara	1338	120	160,56	1,86	401,40	4,65
3	Khnatsakh	852	120	102,24	1,18	255,60	2,96
4	Arzakan	3012	120	361,44	4,18	903,60	10,46
5	Agarak	1557	120	186,84	2,16	467,10	5,41
6	Lchavan	607	120	72,84	0,84	182,10	2,11
	Total	**8657**	**120**	**1.038,84**	**12,02**	**2.597,10**	**30,06**

Fuente: informe de diseño preliminar, GITEC-IGIP Consulting Group, 2018

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Concentraciones del afluente

Parameter	Valor	Unidad
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	300	mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	550	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	350	mg/l
pH	6,5 - 8	-
Coliformes Totales (CT)	> 10.000	cell/mL
Fósforo Total (FT)	0,9	mg/l
Nitrógeno Total (NT)	15	mg/l

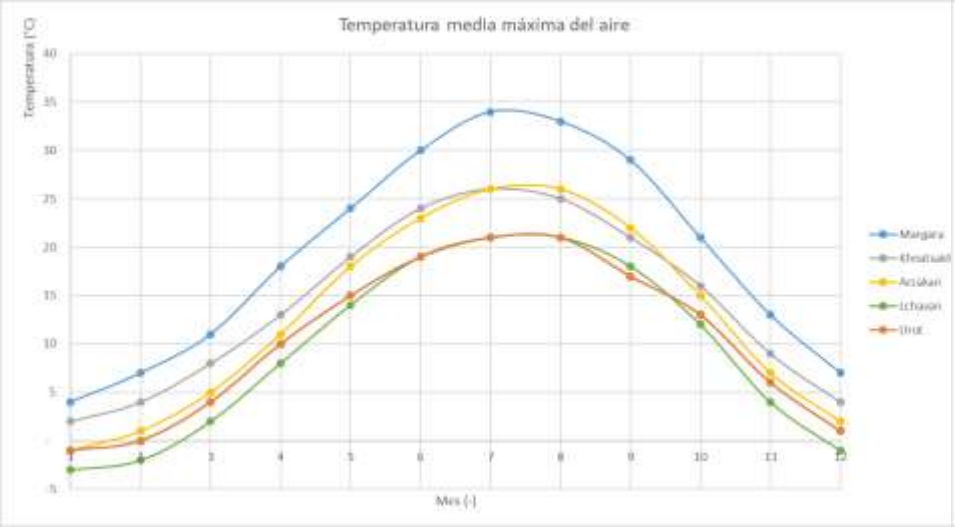
Condición Ideal: **DBO_5/N/P** = 100 / 5 / 1
Condición actual: **DBO_5/N/P** ~ 333 / 17 / 1

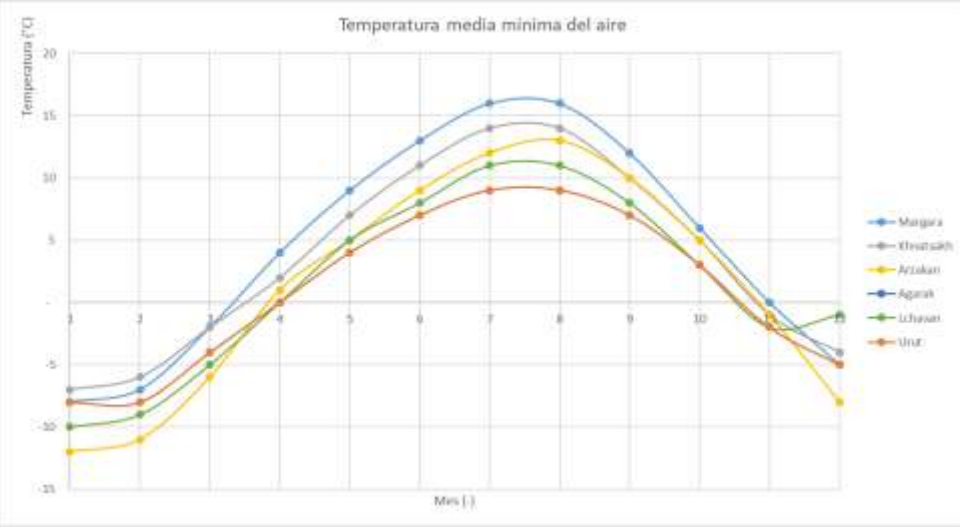
Fuente: informe de diseño preliminar, GITEC-IGIP Consulting Group, 2018

GITEC IGIP Consulting Group

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

TEMPERATURA





Fuente: informe de diseño preliminar, GITEC-IGIP, 2018

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Nombre de comunidad	Máxima Temperatura del Aíre promedio (en July) (°C)	Mínima Temperatura del Aíre promedio (en January) (°C)	Temperatura media de diseño para el proceso de tratamiento de aguas residuales (°C)	Provincia	Congelación de la capa de suelo en invierno (m)
Urut	21	-8	12	Lori	0,54
Margara	34	-8		Armavir	0,70
Khnatsakh	26	-7		Syunik	0,50
Arzakan	26	-12		Kotyak	0,92
Agarak	21	-8		Lori	0,54
Lchavan	21	-10		Gegharkunik	1,02

Fuente: informe de diseño preliminar, GITEC-IGIP Consulting Group, 2018

GIC GITEC IGIP Consulting Group

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Requisitos de efluentes

- La Decisión gubernamental nº 75-N "Determinada por las especificidades de la zona, por la que se establecen las normas de calidad del agua para cada zona de gestión de las cuencas hidrográficas" establece 18 grandes ríos que atraviesan Armenia y que pertenecen a las dos mayores cuencas hidrográficas del Cáucaso: las cuencas del Araks y del Kura.
- El apartado 4 de esta Decisión establece que "las normas establecidas en el apartado 1 de la presente Decisión se aplican a las empresas de suministro de agua y de servicios sanitarios de forma escalonada, en presencia de PTAR y su funcionamiento normal".
- El Decreto N 464 de 2004 del Ministerio de Protección de la Naturaleza de la RA define la metodología de cálculo de las cantidades máximas admisibles de sustancias nocivas contenidas en los recursos hídricos como base de la capacidad de restauración de su ecosistema.

Fuente: informe de diseño preliminar, GITEC-IGIP Consulting Group, 2018

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Requisitos de efluentes

LCHAVAN (Sevan Lake Basin)

Quality indicators	I category excellent	II category good	III category satisfactory	IV category unatisfactory	V category poor	Unit
BOD_5	3	5	9	18	>18	O_2mg/l
COD_5	10	25	40	80	>80	O_2mg/l
Total uspended solids	8,5	10,2	17	34,1	>34,1	mg/l
Total Phosphorous	0.05	0.2	0.4	1	>1	Pmg/l
Total Nitrogen	0.214	4	8	16	>16	Nmg/l

AGARAK (Dzoraget (Debed) River baisn)

Quality indicators	I category excellent	II category good	III category satisfactory	IV category unatisfactory	V category poor	Unit
BOD_5	3	5	9	18	>18	O_2mg/l
COD_5	10	25	40	80	>80	O_2mg/l
Total uspended solids	2,84	3,41	5,68	11,36	>11.36	mg/l
Total Phosphorous	0.05	0.2	0.4	1	>1	Pmg/l
Total Nitrogen	1.266	4	8	16	>16	Nmg/l

MARGARA (Araqs (Azat) River basin

Quality indicators	I category excellent	II category good	III category satisfactory	IV category unatisfactory	V category poor	Unit
BOD_5	3	5	9	18	>18	O_2mg/l
COD_5	10	25	40	80	>80	O_2mg/l
Total uspended solids	6,2	7,5	12,5	25,0	>25,0	mg/l
Total Phosphorous	0.042	0.2	0.4	1	>1	Pmg/l
Total Nitrogen	0.213	4	8	16	>16	Nmg/l

KHNATSAKH (Vorotan River basin)

Quality indicators	I category excellent	II category good	III category satisfactory	IV category unatisfactory	V category poor	Unit
BOD_5	3	5	9	18	>18	O_2mg/l
COD_5	10	25	40	80	>80	O_2mg/l
Total uspended solids	**4,6**	**5,5**	**9,2**	**18,5**	**>18.5**	mg/l
Total Phosphorous	0.078	0.2	0.4	1	>1	Pmg/l
Total Nitrogen	0.271	4	8	16	>16	Nmg/l

Fuente: informe de diseño preliminar, GITEC-IGIP Consulting Group, 2018

GITEC IGIP Consulting Group

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Consideraciones para los Requisitos de efluentes

Problema para todos las Comunides:

- para alcanzar los requisitos específicos de los efluentes de los ríos, se requiere un sofisticado proceso de tratamiento

SIN EMBARGO

- el funcionamiento y el mantenimiento de un proceso de tratamiento sofisticado no son viables a corto o medio plazo
- los costos de funcionamiento y mantenimiento de los procesos de tratamiento con una elevada demanda de energía no pueden cubrirse con las tarifas a través de los usuarios
- se aplicarán procesos menos sofisticados teniendo en cuenta la capacidad de operación y mantenimiento de parte de las Comunidades
- los procesos menos sofisticados tienen menos eficiencia de tratamiento, especialmente en zonas de clima medio
- discusión y acuerdo para la adaptación de los objetivos de los efluentes con el consentimiento del ministerio de medio ambiente, el empresario y el donante

➢ **Adaptación de las normas alemanas**

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las Normas Alemanas

Clase de Carga Contaminante (CC)	DQO (mg/l)	DBO_5 (mg/l)	Amonio-Nitrógeno (NH_4-N) (mg/l)	Nitrógeno Total (NT) (mg/l)	Fósforo Total (FT) (mg/l)
CC 1 < 60kg/d DBO_5	150	40	-	-	-
60 kg/d < **CC 2** < 300 kg/d DBO_5	110	25	-	-	-
300 kg/d < **CC 3** < 600 kg/d DBO_5	90	20	10	-	-
600 kg/d < **CC 4** < 6000 kg/d BOD_5	90	20	10	18	2
CC 5 > 6000 kg/d DBO_5	75	15	10	13	1

Fuente: Abwasserverordnung – AbwV (1997, last update 2020)

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Requisitos de los efluentes después de la adaptación

N°	Nombre de la Comunidade	Población equivalentes en 2040	Carga DBO_5	Clasificación por carga de DBO_5
		(PE)	(kg/d)	(-)
1	Urut	1291	46,48	CC 1
2	Margara	1338	48,17	CC 1
3	Khnatsakh	852	30,67	CC 1
4	Arzakan	3012	108,43	CC 2
5	Agarak	1557	56,05	CC 1
6	Lchavan	607	21,85	CC 1

Clase de Carga Contaminante (CC):

CC 1 *< 60kg/d* DBO_5

60 kg/d < ***CC 2*** *< 300 kg/d* DBO_5

300 kg/d < ***CC 3*** *< 600 kg/d* DBO_5

600 kg/d < ***CC 4*** *< 6000 kg/d* DBO_5

CC 5 *> 6000 kg/d* BOD_5

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Requisitos de los efluentes después de la adaptación

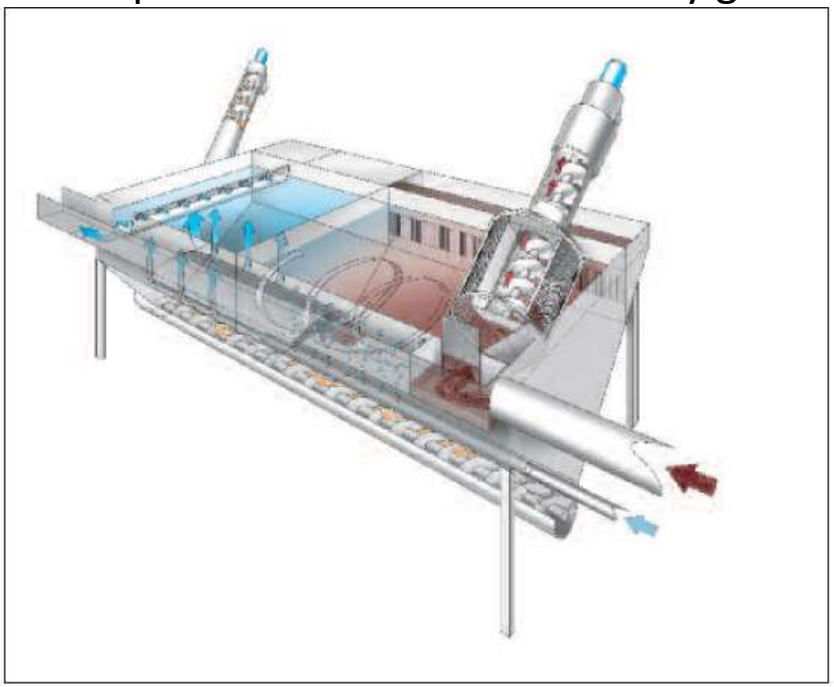
Clase de Carga Contaminante (CC)	DQO (mg/l)	DBO_5 (mg/l)	Amonio-Nitrógeno (NH_4-N) (mg/l)	Nitrógeno Total (NT) (mg/l)	Fósforo Total (FT) (mg/l)
CC 1 < 60kg/d BOD_5	150	40	-	-	-
60 kg/d < **CC 2** < 300 kg/d BOD_5	110	25	-	-	-
300 kg/d < **CC 3** < 600 kg/d BOD_5	90	20	10	-	-
600 kg/d < **CC 4** < 6000 kg/d BOD_5	90	20	10	18	2
CC 5 > 6000 kg/d BOD_5	75	15	10	13	1

Fuente: Abwasserverordnung – AbwV (1997, last update 2020)

Consideraciones para el DISEÑO

Pre-tratamiento:

- unidad de tratamiento compacta para el pretratamiento mecánico
- estación de elevación de aguas residuales
- rejas (gruesas con 30 mm + finas de 8 mm de separación entre barras, Rotamat©)
- tanque de eliminación de arena y grasa

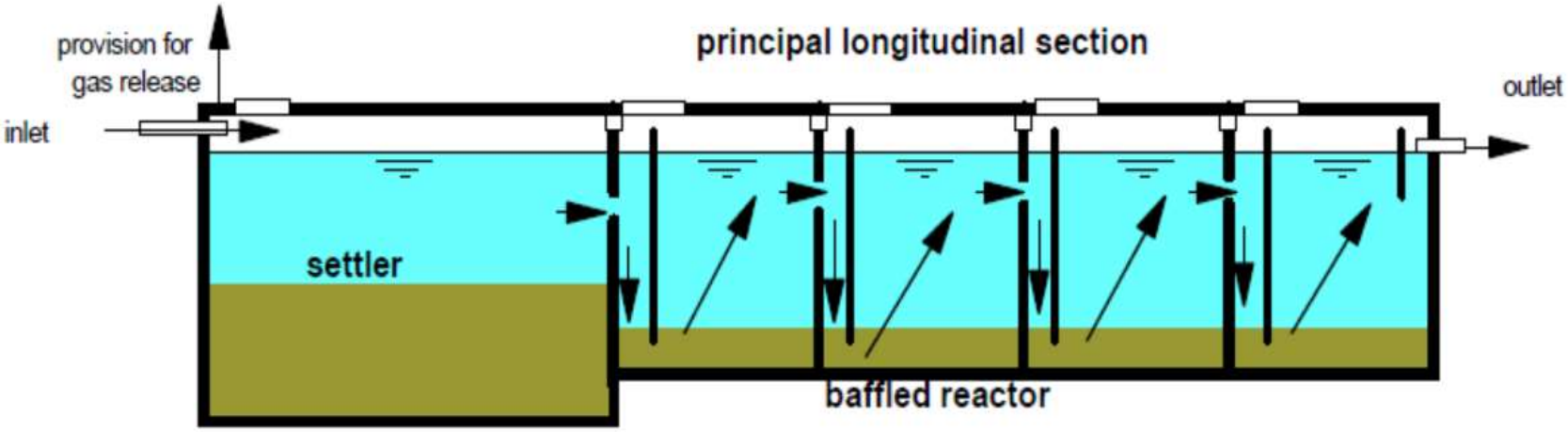


Fuente: HUBER Complete Plant Hydro Duct ROTAMAT® Ro5 HD

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Sedimentación primaria con reactor anaeróbico flujo a Pistón**

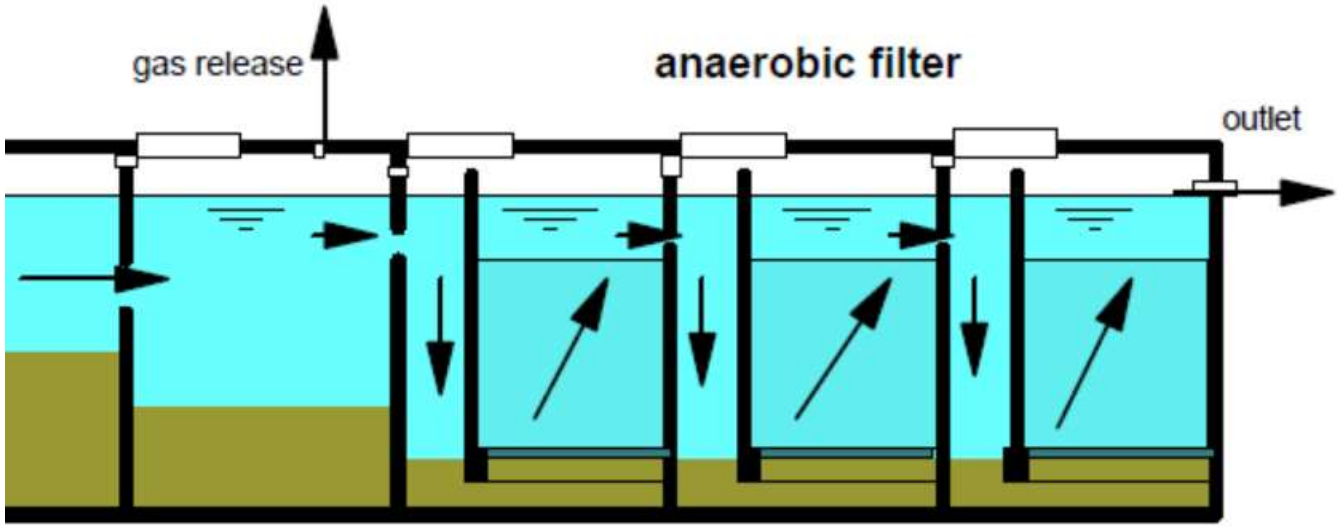


Fuente: sección longitudinal de un reactor anaerobio, Sasse (1998)

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Sedimentación primaria con filtro de flujo vertical**

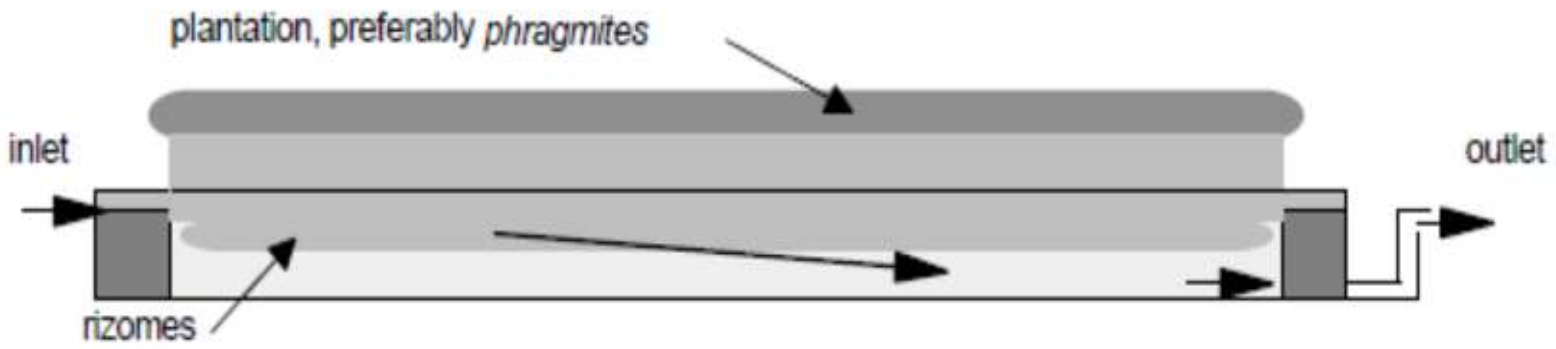


Fuente: Sección longitudinal de un filtro de flujo vertical (adaptado de la ref. Sasse (1998))

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Sedimentación primaria y después un Humedal de flujo horizontal**



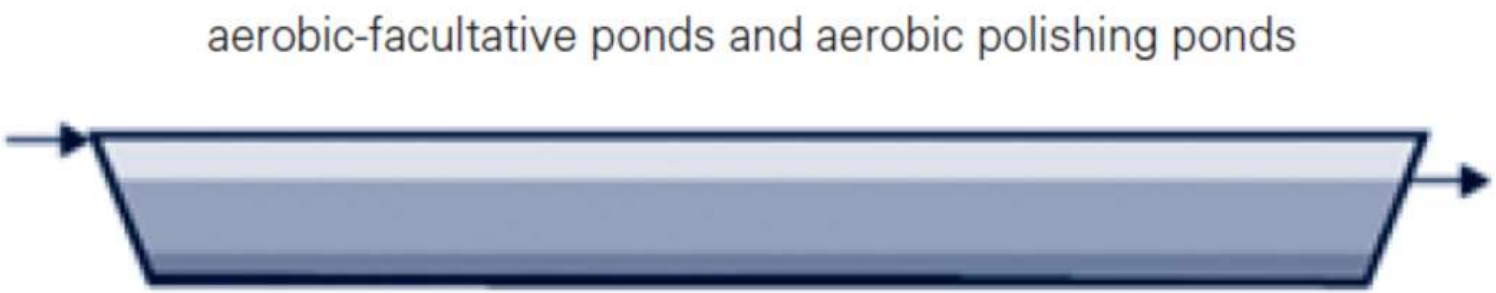
Fuente: Sección longitudinal de un filtro de flujo horizontal (adaptado de la ref. Sasse (1998)

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Sistema de lagunas:**

Lagunas anaeróbicos + lagunas facultativos (1 + 2 + 3 + 4) + lagunas de maduración (1 + 2)

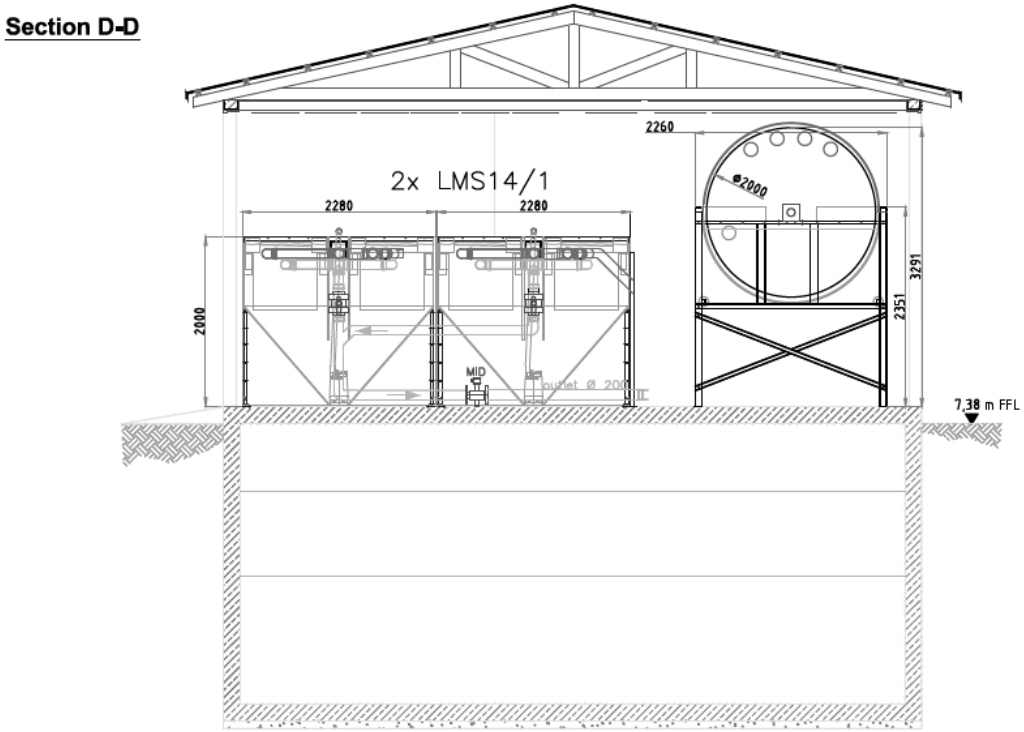


Fuente: sección longitudinal del sistema de lagunas, BORDA (2009)

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Contactor biológico rotativo (CBR):**

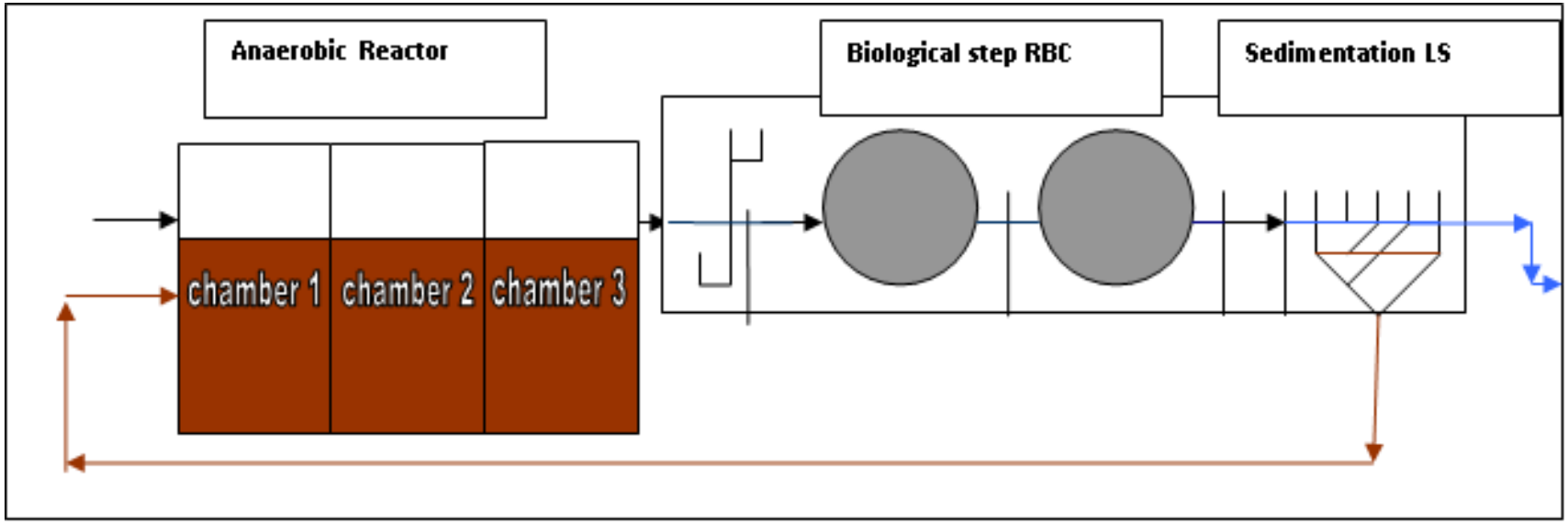


Fuente: GITEC-IGIP, 3301 - Sri Lanka PTAR Galle, Documentos de licitación, requisitos del empleador, 2021

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Contactor biológico rotativo (CBR):**



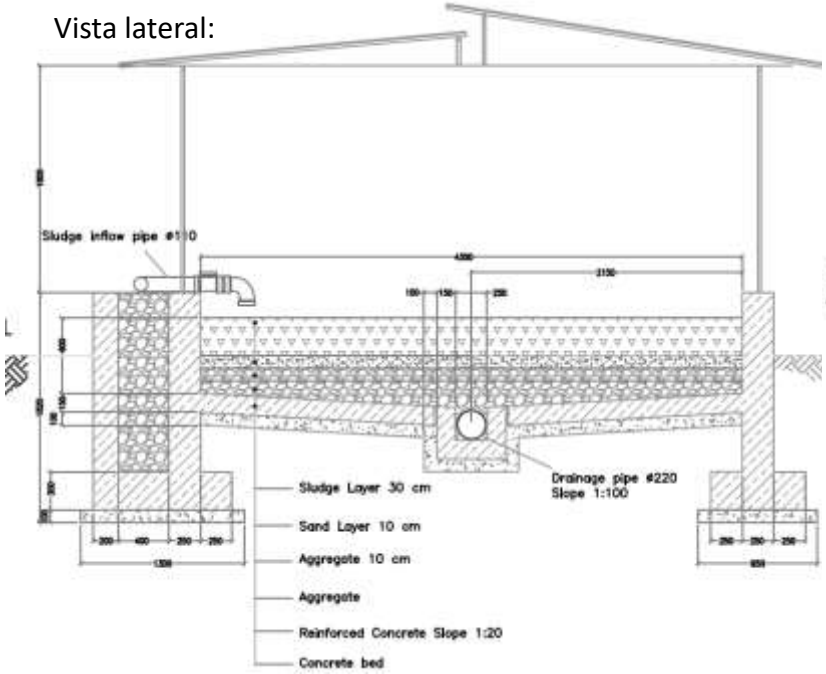
Fuente: GITEC-IGIP, 3301 - Sri Lanka PTAR Galle, Documentos de licitación, requisitos del empleador, Esquema de flujo simplificado, 2021

Consideraciones para el DISEÑO

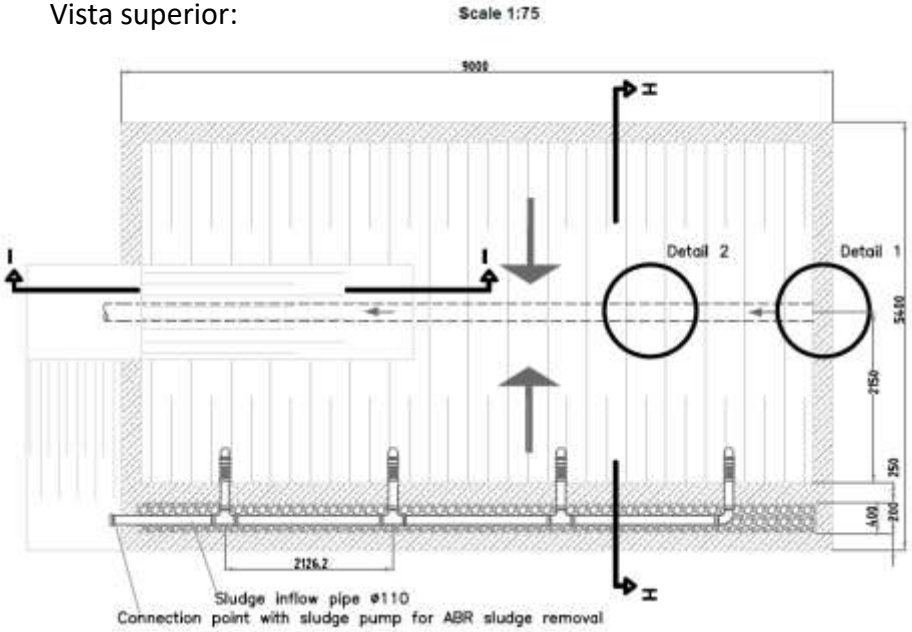
Posibilidad para el Tratamiento de Lodo:

- **Lechos de secado con cubierta:**

Vista lateral:



Vista superior:



Fuente: GITEC-IGIP, 3301 - Sri Lanka PTAR Galle, Documentos de licitación, requisitos del empleador, 2021

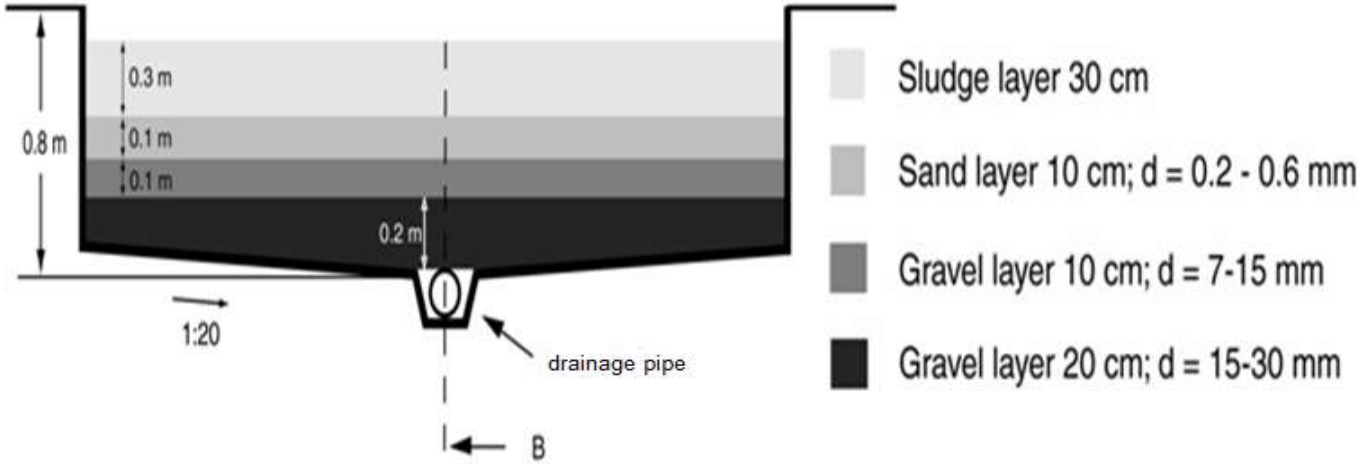
Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidad para el Tratamiento de Lodo:

- **Lechos de secado con cubierta:**

Consideraciones de diseño para los lechos de secado (Strauss & Montanegro, 2004):

- 25 - 30 cm de altura de la capa de lodo
- Tasa de carga de sólidos: 100 - 200 kg/m²/a
- Requisitos de superficie: 0,08 m²/PE
- Producción de lodos secos: 0,1 m³/m³
- Contenido en sólidos de la producción: 20 - 30% (200 - 300 kg/m³)



Fuente: Capas de arena y grava en lechos de secado (Strauss & Montanegro, 2004)

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el higienización del efluente:

- **Cloración:**
  - Tipo de químico: hipoclorito de sodio líquido
  - tiempo de contacto de cloración requerido: 20 min
  - dosis media requerida de cloro específico: 10 g Cl_2/m^3
  - contenido de cloro activo licor fresco: 150 g Cl_2/l
  - contenido medio de cloro activo: 100 g Cl_2/l
  - tipo de bomba de dosificación. membrana

- **Lagunas de maduración**
  - Lagunas en series (2 o más)
  - profundidad mínima: $h_{min} \leq 1m$
  - tiempo de retención hidráulica: HRT ≤ 14 d
  - Reducción de los coliformes fecales: 3-4 (log units = unidades de logaritmo)

Consideraciones para el DISEÑO

Selección de Proceso para el tratamiento de agua residuales:

- **Tratamiento adecuado implementado para este Proyecto y que cumple con los requisitos de rendimiento son:**

  – **Sedimentación primaria con filtro de flujo vertical (CW)**:
  Solución básica, siempre que se disponga de espacio suficiente;

  – **Contactores biológicos rotativos (RBC)**:
  Solución más intensiva, cuando el espacio disponible no es suficiente para los CW.

CONCLUSIONES

- **La dificultad de información, para definir criterios de diseños confiable en el diseño en PTAR para pequeñas poblaciones; aún siguen siendo un obstáculo, en estos tiempos**

- **Para PTAR en pequeña poblaciones, de acuerdo con la experiencia tecnológica de GITEC-IGIP Group, no sólo el costo y el tamaño de población, deben tenerse en cuenta; sino también el Q_{AR} que llegará a la PTAR**

- **La diferencia de temperatura en Armenia, es una exigencia extrema, para definir los criterios de diseños de una PTAR "Ideal"**

- **La legislación ambiental entre Bolivia y Armenia, cuentan con el mismo principio: Clasificación del cuerpo receptor y normas de vertidos. En Alemania por el contrario, la CC es el parámetro que define los limites de vertidos para DQO, DBO_5, $N\text{-}NH_4$ y Total y Fósforo total.**

- **El intercambio de criterios de diseño, exigencias ambientales, puesta en marcha y las condiciones climáticas en PTAR para pequeñas poblaciones, en países y condiciones diferentes, amplían la visión y problemática de los retos que se deben asumir al respecto**

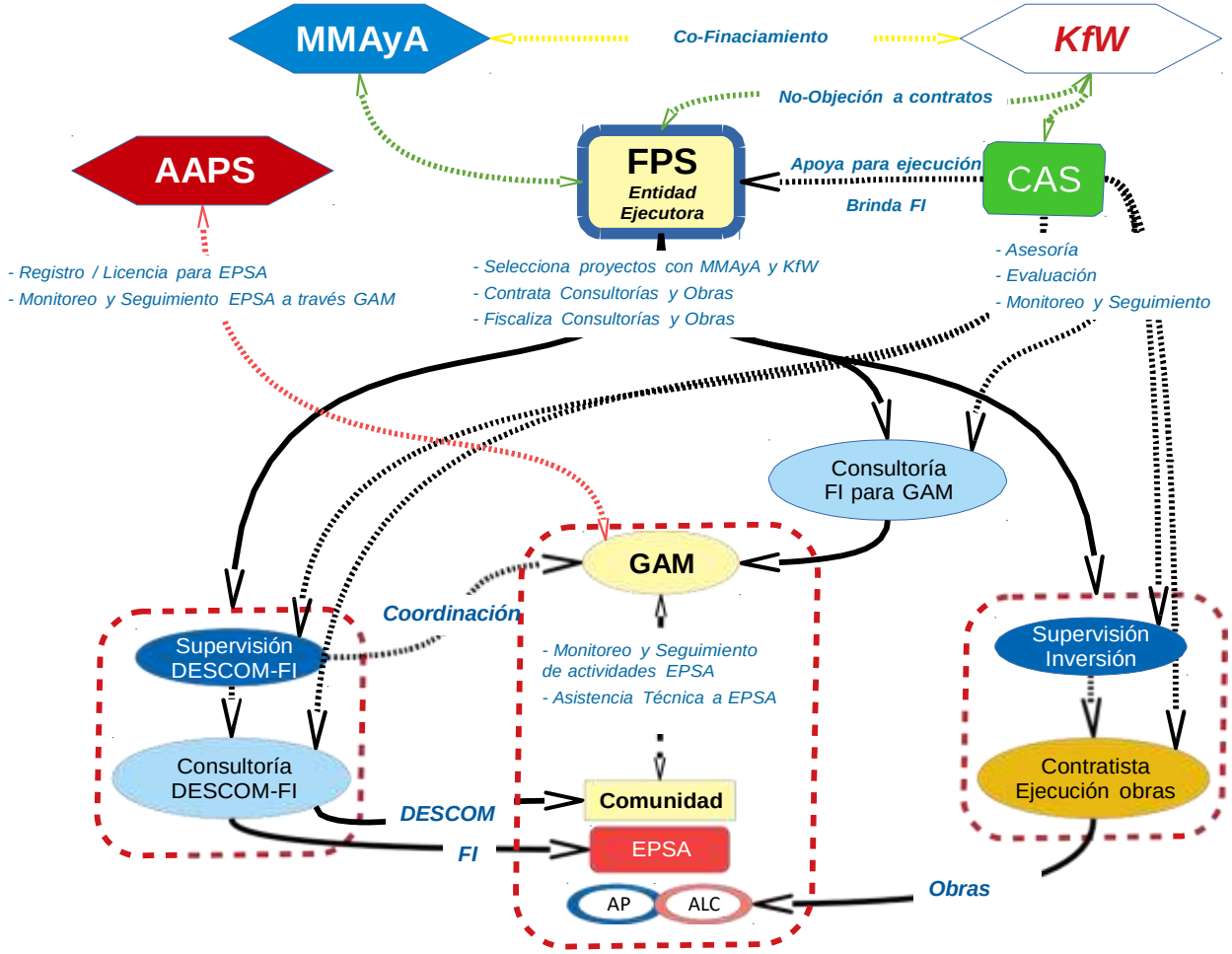
GIC GITEC IGIP Consulting Group

¡MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

GITEC-IGIP GmbH - Head Quarter Germany
Carlswerkstr. 13d - 51063 Cologne - Germany
Tel : +49 (0)221 29 203 600 - E-Mail: contact@gic-group.com
www.gitec-consult.eu

GIC | GITEC-IGIP Consulting Group

Programa Agua para Pequeñas Comunidades (APPC)
Esquema General



Bolivia

Componentes - Descripción	KfW	Contraparte Nacional	Contraparte (GAMs)	Costo total	
Inversión	**EUR**	**EUR**	**EUR**	**EUR**	**BOB**
Sistemas de APyS (preinversión, inversión y supervisión)	13.681.398	0	5.820.599	19.501.997	157.648.297
DESCOM-FI	2.384.329	0	1.021.855	3.406.184	27.534.572
Fortalecimiento Institucional					
FI Municip. y otros	300.000	0	49.500	349.500	2.825.253
FI al FPS	365.565	67.045	0	432.609	3.497.082
Administración y Estudios de Preinversión:					
Consultoría de Acompañamiento y Seguimiento (CAS)					
Diseños y Estudios Complementarios	800.000	132.000	0	932.000	7.534.008
Acompañamiento	700.000	115.500	0	815.500	6.592.257
Consultorías Validación de Cartera	100.000	16.500	0	116.500	941.751
Auditoria Operacional y Financiera	180.000	29.700	0	209.700	1.695.152
Costos Operativos/ Admtvo FPS	0	1.178.687	0	1.178.687	9.528.155
Costos Totales	**18.511.292**	**1.539.432**	**6.891.955**	**26.942.678**	**217.796.529**

GIC GITEC IGIP Consulting Group

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

CARGAS

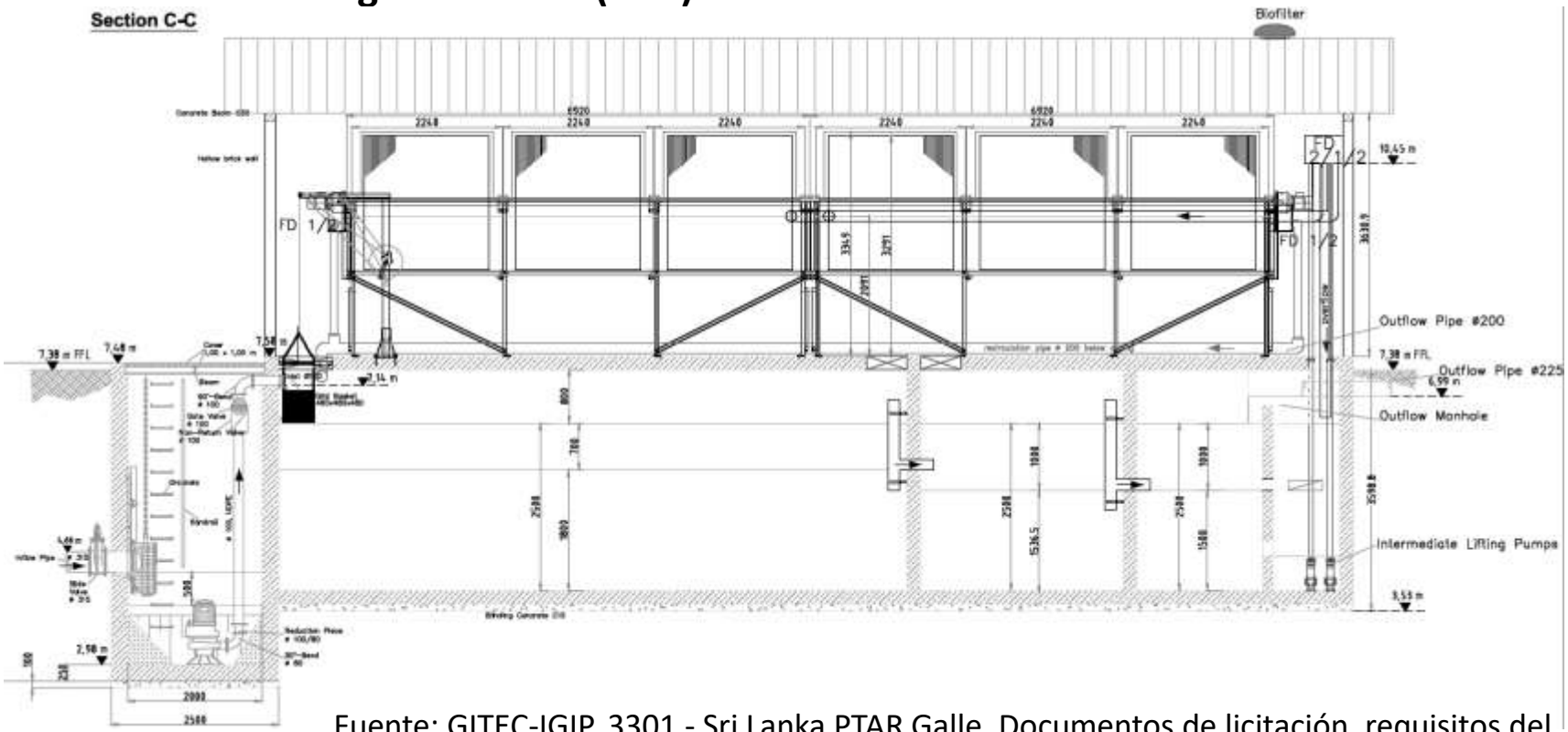
N°	Nombre de la Comunidad	Estimación de las Cargas de Aguas Residuales														
		Demande Biochimique en Oxígno (DBO_5)			Demanda Química de Oxígeno (DQO)			Sólidos Suspendidos Totales (SST)			Fósforo Total (FT)			Nitrógeno Total (NT)		
		(mg/l)	(kg/d)	(g/PE/d)	(mg/l)	(kg/d)	(g/PE/d)	(mg/l)	(kg/d)	(g/PE/d)	(mg/l)	(kg/d)	(g/PE/d)	(mg/l)	(kg/d)	(g/PE/d)
1	Urut	300	46,48	36,00	550	85,21	66,00	350	54,22	42,00	0,90	0,14	0,11	15,00	2,32	1,80
2	Margara	300	48,17	36,00	550	88,31	66,00	350	56,20	42,00	0,90	0,14	0,11	15,00	2,41	1,80
3	Khnatsakh	300	30,67	36,00	550	56,23	66,00	350	35,78	42,00	0,90	0,09	0,11	15,00	1,53	1,80
4	Arzakan	300	108,43	36,00	550	198,79	66,00	350	126,50	42,00	0,90	0,33	0,11	15,00	5,42	1,80
5	Agarak	300	56,05	36,00	550	102,76	66,00	350	65,39	42,00	0,90	0,17	0,11	15,00	2,80	1,80
6	Lchavan	300	21,85	36,00	550	40,06	66,00	350	25,49	42,00	0,90	0,07	0,11	15,00	1,09	1,80
	Total	**-**	**311,65**	**36,00**	**-**	**571,36**	**66,00**	**-**	**363,59**	**42,00**	**-**	**0,93**	**0,11**	**-**	**15,58**	**1,80**

Fuente: informe de diseño preliminar, GITEC-IGIP Consulting Group, 2018

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Contactor biológico rotativo (CBR):**



Fuente: GITEC-IGIP, 3301 - Sri Lanka PTAR Galle, Documentos de licitación, requisitos del empleador, 2021

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Sedimentación primaria con reactor anaeróbico de flujo a Pistón**

Consideraciones de diseño (Wafler (2010), Sasse (1998), Morel & Diener (200), Tilley et al. (2008), EAWAG/SANDEC (2008), DWA A 262 (2008):

- Tiempo de retención hidráulica (TRH ≤ 24h)
- Velocidad máxima del flujo ascendente (vABR) ≤ 2,0 m/h
- Carga orgánica (q_{DQO}) ≤ 3 kg DQO/m^3/día (Observación: las tasas de carga más elevadas sólo pueden aplicarse a temperaturas elevadas constantes)
- volumen del compartimento de lodos ≥ 0,1 m^3/PE
- Los intervalos de eliminación de lodos depende en la capacidad de la línea de manipulación de lodos

Las tasas de reducción total de los compuestos de las aguas residuales pueden esperarse en los siguientes rangos (dependiendo de la temperatura del proceso y de las tasas de carga resultantes en el reactor) (ref: Wafler (2010), Singh (2008), Bischofberger (2005)):

- Compuestos biológicos (DQO y DBO_5): rango ~65% - 90%
- Sólidos totales (SST): rango ~50% - 90%
- Nitrógeno total (TN): rango ~10% - 15% (sedimentación + incorporación de biomasa)
- Fósforo total (TP): rango ~10% - 15% (sedimentación + incorporación de biomasa)
- Coliformes fecales (FC): rango ~1 - 2 unidades log

GIC GITEC IGIP Consulting Group

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Sedimentación primaria con filtro de flujo vertical**

Consideraciones de diseño de los filtros verticales como etapa de tratamiento biológico (DWA-A 262 (2006)):

- Superficie específica del filtro: $A_{espec.} \geq 4$ m²/PE
- Max. Tasa de carga de DQO: $q_{DQO} \leq 20$ g de DQO / m² / d
- Max. tasa de carga hidráulica en el flujo de tiempo seco: $q_{hdyr.-Qd} \leq 80$ l / m² / d
- Altura mínima efectiva del medio filtrante: $h_{media} \geq 0{,}5$m
- Tiempo de percolación entre los intervalos de alimentación del filtro: $t_{perc.} \geq 6$h
- Volumen de alimentación: $Q_{feed} \geq 6$ l / m² / min
- Altura de alimentación: $h_{feed} \geq 20$ l / m²

Las tasas de reducción de los compuestos de las aguas residuales en los filtros verticales pueden esperarse en los siguientes rangos (dependiendo de la temperatura del proceso y de las tasas de carga resultantes en el filtro) (ref: Sasse (1998), BORDA (2009), DWA-A 262 (2006)):

- Compuestos biológicos (DQO y DBO5): rango ~70% - 90%
- Reducción de sólidos totales (TSS): rango ~50% - 90%
- Nitrógeno total (TN): rango ~10% - 15% (incorporación en la biomasa)
- Fósforo total (TP): rango ~10% - 15% (incorporación en la biomasa)
- Coliformes fecales (FC): rango ~1 - 2 unidades log

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Sedimentación primaria y después un Humedal de flujo horizontal**

Consideraciones de diseño para los **Humedales de flujo** horizontales (DWA-A 262 (2006):

- Superficie específica del filtro: $A_{espec.} \geq 5$ m²/PE
- Min. Superficie: $A_{Fmin} \geq 20$ m²
- Max. Tasa de carga de DQO: $q_{DQO} \leq 16$ g de DQO / m² / d
- Altura mínima efectiva del medio filtrante: $h_{media} \geq 0{,}5$m
- Max. tasa de carga hidráulica en el flujo de tiempo seco: $q_{hdyr.-Qd} \leq 40$ l / m² / d

Las tasas de reducción (dependiendo de la temperatura del proceso, el tipo de macrófitos y las tasas de carga resultantes en el filtro) (Sasse (1998), BORDA (2009), DWA-A 262 (2006), Kyambadde et. al (2005)):

- Compuestos biológicos (DQO y DBO_5): rango ~70% - 95%
- Reducción de sólidos totales (TSS): rango ~50% - 95%
- Nitrógeno total (TN): rango ~10% - 30% (dependiendo del tipo de macrófitos plantados, reducción debida a la incorporación de biomasa)
- Fósforo total (TP): rango ~10% - 30% (dependiendo del tipo de macrófitos plantados, reducción debida a la incorporación de biomasa)
- Coliformes fecales (FC): rango ~1 - 3 unidades log

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Sistema de lagunas:**

Tipo	Objetivo principal de la depuración	Tasas de reducción $\eta_{eff.}$ (%)	Consideraciones de diseño
Laguna anaeróbica	reducción de sólidos	DQO: 30 - 60 SST: 30 - 80 CF: 1-2 (log units)	profundidad mínima: $h_{min} \geq 3m$ rango tasa de carga de volumen de DQO: q_{DQO} = 0,24 - 0,55 (kg/m³/d) rango producción de lodos: 0,05 - 0,2 m³/PE/a tiempo de retención hidráulica: 1 d ≥ HRT ≤ 5 d
Laguna facultativa	reducción de carbono	DQO: 50 - 75 SST: 10 - 50 CF: 1-2 (log units)	profundidad mínima: $1m \geq h_{min} \leq 2m$ rango de la tasa de carga superficial de la DQO: q_{DQO} = 12 - 70 (g/m²/d) rango producción de lodos: 0,03 - 0,05 m³/PE/a tiempo de retención hidráulica: 8 d ≥ HRT ≤ 20 d
Laguna de maduración	higienización de efluentes	DQO: 5 - 15 SST: NA CF: 3-4 (log units)	profundidad mínima: $h_{min} \leq 1m$ tiempo de retención hidráulica: HRT ≤ 14 d

Fuente: Sperling (2007), DWA (2017)

Consideraciones para el DISEÑO

Posibilidades para el Tratamiento principal:

- **Contactor biológico rotativo (CBR):**

Consideraciones sobre el diseño del CBR (DWA, 2019):

- carga superficial específica de DBO5 por m2 de biodisco: 4 g/m2/d
- Nº de discos: 2 unidades paralelas con 3 cascadas.
- Diámetro de los discos: 2 m
- Distancia entre discos: 18 mm
- Espesor de los discos aprox.: 2 mm
- Superficie específica del medio: ≤ 100m²/m³.
- Volumen del depósito: ≥ 4 l/m² de superficie del medio
- Motor: 0,75 kW

Consideraciones sobre el diseño de los separadores de lamelas (DWA, 2019):

- Depósito de lodos de PP con forma de tolva
- Placas montadas en paralelo en un ángulo de 55°.
- Carga superficial media hidráulica máxima: ≤ 0,4 m/h

Las tasas de reducción (DWA, 2019):

- Compuestos biológicos (DQO y DBO_5): rango ~70% - 95%
- Reducción de sólidos totales (TSS): rango ~50% - 95%
- Nitrógeno total (TN) + Fósforo total (TP): rango ~10% - 30%
- Coliformes fecales (FC): rango ~1 - 3 unidades log