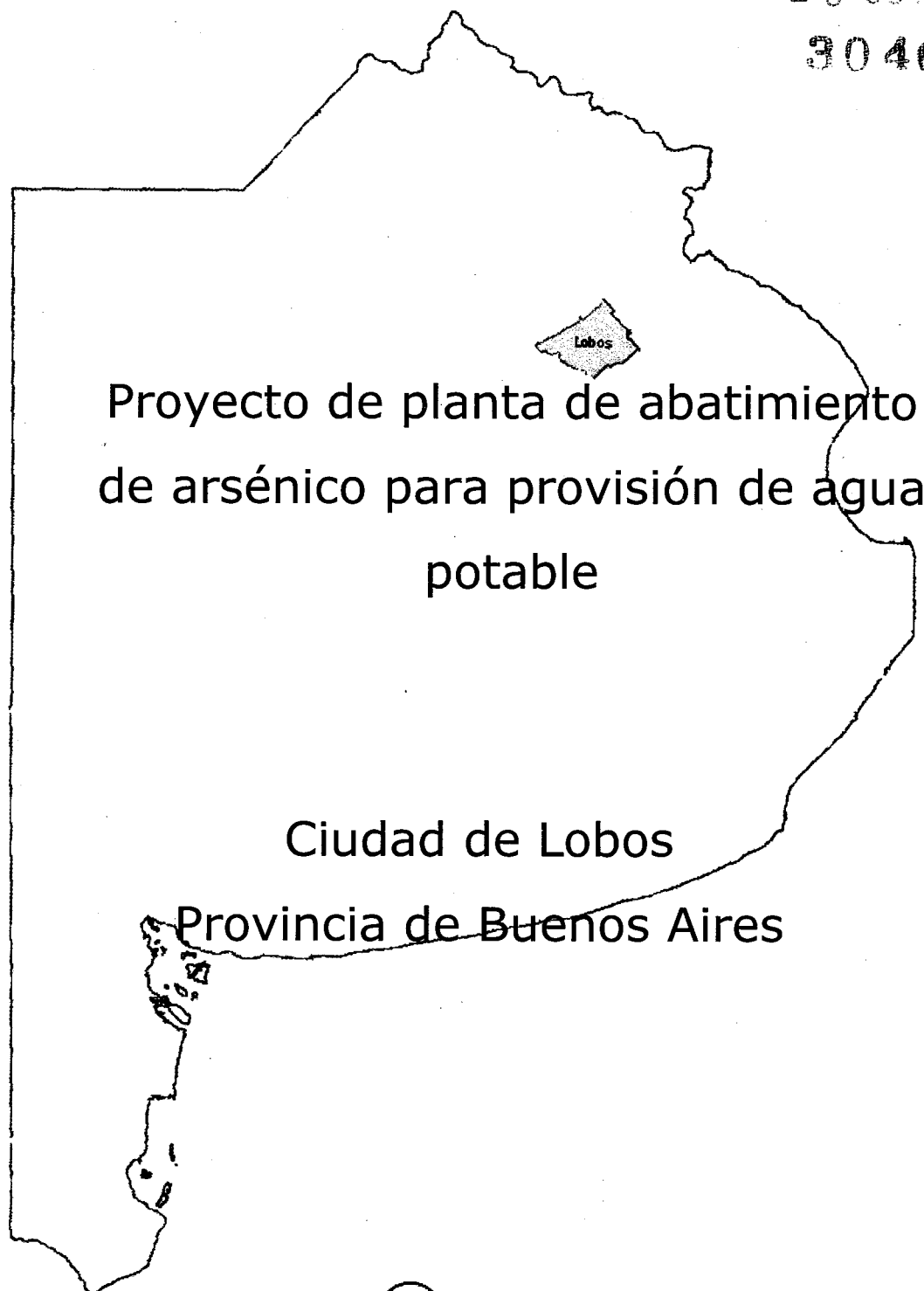


INTI/CID  
4611  
Y

26 OCT 2009

304687



INTI  Química

Marzo 2009

## INDICE

	Página
➤ 1-Resumen sumario .....	5
➤ 2-Introducción .....	6
➤ 3-Metodología de trabajo .....	7
➤ 4-Desarrollo de trabajo .....	10
➤ 5-Discusión y recomendaciones .....	11
➤ Anexo 1: Cálculo de proyección de la población .....	16
➤ A1.1: Periodo de diseño .....	17
➤ A1.2: Proyección de la población.....	17
➤ A1.2.1 - Modelo Aritmético .....	17
➤ A1.2.2 - Modelo Geométrico .....	18
➤ A1.2.3 - Modelo de Interés compuesto .....	19
➤ A1.2.4 - Modelo Logístico .....	19
➤ A1.2.5 - Regresión Lineal .....	19
➤ A1.2.6 - Método de las componentes .....	20
➤ A1.2.7 - Resumen de los modelos.....	20
➤ Anexo 2: Cálculos de consumos y caudales de diseño .....	22
➤ A2: Introducción.....	23
➤ A2.1 - Agua para todo uso:.....	23
➤ A2.1.1 - Consumo de escuelas.....	23
➤ A2.1.2 - Consumo de hoteles .....	25

➤ A2.1.3 - Consumo de hospitales.....	26
➤ A2.1.4 - Consumos residenciales .....	27
➤ A2.1.5 - Dotaciones y caudal de diseño .....	27
➤ A2.2 - Agua de bebida: .....	28
➤ A2.2.1 - Dotación y caudal de diseño .....	28
➤ Anexo 3: Planta abatimiento de arsénico-Tecnología coagulación/filtración .....	30
➤ A3.1 - Descripción de tecnología.....	31
➤ A3.2 - Evaluación económica .....	33
➤ A3.2.1 - Planta de abatimiento con caudal de 1000 m <sup>3</sup> /h.....	34
➤ A3.2.1.1 - Capital fijo .....	34
➤ A3.2.1.2 - Costo de operación y mantenimiento.....	37
➤ A3.2.1.3 - Costo unitario de capital.....	38
➤ A3.2.2 - Planta de abatimiento con caudal de 65 m <sup>3</sup> /h.....	39
➤ A3.2.2.1 - Capital fijo .....	39
➤ A3.2.2.2 - Costo de operación y mantenimiento.....	40
➤ A3.2.2.3 - Costo unitario de capital.....	41
➤ Anexo 4: Planta abatimiento de arsénico-Tecnología ósmosis inversa .....	42
➤ A4.1 - Descripción de tecnología.....	43
➤ A4.2 - Planta de abatimiento con caudal de 1000 m <sup>3</sup> /h.....	43
➤ A4.2.1 - Capital fijo .....	44
➤ A4.2.2 - Costo de operación y mantenimiento.....	44
➤ A4.2.3 - Costo unitario de capital.....	46
➤ A4.3 - Planta de abatimiento con caudal de 50 m <sup>3</sup> /h.....	47
➤ A4.3.1 - Capital fijo .....	48

- A4.3.2 - Costo de operación y mantenimiento .....50
- A4.3.3 - Costoso pre-tratamientos .....53
- A4.3.4 - Costo unitario de capital.....55
- Anexo 5: Sistema de distribución de agua potable .....57
- A5.1 - Introducción.....58
- A 5.2 - Sistema de doble red de distribución de agua .....58
- A 5.2.1 - Descripción del sistema de doble propuesto para la localidad de Lobos.59
- A 5.2.2 - Estimación costo de instalación red de distribución de agua .....60
- A 5.2.3 - Antecedentes doble red de distribución de agua .....62
- A 5.3 - Distribución de agua potable por medio de bidones .....63
- A 5.3.1 - Estimación de costos de inversión para la distribución de agua potable por medio de bidones .....63
- A 5.3.2 - Antecedentes de distribución de agua potable por medio de bidones ....64
- A 5.4 - Listas de nodos y líneas provistos por el simulador Epanet.....65
- A 5.4.1 - Nomenclatura de nodos y líneas.....65
- A 5.4.2 - Listado de nodos.....66
- A 5.4.3 - Listado de líneas .....71
- Anexo 6: Listado de proveedores .....86

## 1 – Resumen sumario

El objetivo de la evaluación realizada se sintetiza en la tabla N° 1:

Tabla N° 1:

Localidad: Ciudad de Lobos, Pcia de Buenos Aires.					
Fuente: Acuífero Pampeano					
Situación actual			Situación a futuro con planta de abatimiento de arsénico		
Conc. de As:	0,1	mg/l	Conc. de As:	< 0,05	mg/l
Población estimada:	30.000	hab.	Población estimada al año 2030:	45.000	hab.
Consumo estimado:	300	l/hab.día	Consumo estimado para todo uso:	200	l/hab.día
			Consumo estimado para bebida:	20	l/hab.día

La selección de la tecnología de abatimiento, la escala de la planta y los costos se sintetizan en la tabla N° 2:

Tabla N° 2:

Tecnologías de abatimiento de arsénico propuestas	A	Abatimiento por coagulación/floculación/sedimentación/filtración			
	B	Abatimiento por ósmosis inversa			
Dotación de diseño	Tecnologías	Capacidad de planta [m <sup>3</sup> /h]	Inversión de capital <sup>1</sup> [U\$S]	Costo operativo <sup>1</sup> [U\$S/año]	¿Es sostenible el proyecto? <sup>2</sup>
Para todo uso 200 l/hab día	A	1000	1.000.000	130.000	Si
	B	1000	4.700.000	425.000	No
Para bebida 20 l/hab.día	A	65	400.000	8.000	Si
	B	50	480.000	56.000	Si

<sup>1</sup> Los costos de capital y los costos operativos son estimaciones preliminares.

<sup>2</sup> Ver punto 5: Discusión y recomendaciones

El desarrollo completo del trabajo se encuentra detallado en el cuerpo y los anexos del presente informe.

## **2 – Introducción**

A fin del año 2007 llegó a INTI una solicitud para evaluar la calidad del agua potable de la ciudad de Lobos. La Presidencia de INTI encarga al Centro de Química que trabaje en una solución para disminuir el contenido de arsénico en el agua de red de dicha localidad.

La ciudad de Lobos es cabecera del partido, está ubicada al nordeste de la provincia de Buenos Aires y a 100 km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. (Ver plano 1). La población de la ciudad se estima en 30000 habitantes con un crecimiento del 0,8 al 1,2 % anual.

La ciudad cuenta con un sistema de captación de agua subterránea, a partir de una veintena de perforaciones en el acuífero pampeano y distribución de agua potable, previo tratamiento de cloración (ver plano 2).

La presencia de arsénico en los suelos de la zona, al igual que en gran parte del territorio argentino, afecta la calidad del agua subterránea. Cuando la concentración de arsénico en el agua subterránea se encuentra por encima de los límites permitidos se impide su uso como agua potable.

Según la ley 11820 de la provincia de Buenos Aires el límite de arsénico en agua potable es de 0,05 mg/l, mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido el valor guía para arsénico por debajo de 0,01 mg/l. Dicho valor límite fue adoptado por el Código Alimentario Argentino, capítulo XII “Agua potable de suministro público” a partir del 7 de junio del 2007.

En octubre del año 2007, INTI-Química realizó el muestreo y el análisis químico de 19 pozos de captación, bajada de tanque elevado y de algunos pozos de domicilios particulares, según Requerimientos entre Unidades Técnicas (RUT) N° 82-13288, N° 82-13369 y 82-13403.

Actualmente la concentración de arsénico en agua subterránea de la zona de Lobos, según los pozos analizados, va desde 0,04 a 0,12 mg/l, y se distribuye a la población agua con una concentración de arsénico de 0,09 mg/l aproximadamente.

Para lograr bajar los niveles de arsénico se estudiaron varias alternativas, tales como cambiar la fuente de origen, utilizando fuentes con niveles de arsénico inferiores al límite permitido o aplicar alguna tecnología para abatir el arsénico, como la coagulación/filtración o la ósmosis inversa.

### **3 – Metodología de trabajo**

Se analizaron en forma simultánea varias posibilidades para solucionar el problema de los altos niveles de arsénico en el agua de la red de la ciudad de Lobos. Por un lado se investigó para cambiar la fuente de provisión de agua y se realizaron reuniones con el personal del municipio de Lobos, quienes brindaron información acerca de estudios realizados anteriormente<sup>1</sup>. También se realizó una visita a la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación y se contactó al Instituto Nacional del Agua (INA) para recolectar información sobre acuíferos, ríos y lagunas de la zona.

Por otro lado, se buscó información acerca de las distintas tecnologías que se pueden aplicar para abatir el arsénico. La búsqueda comenzó vía Internet, uno de los sitios visitados corresponde a la Agencia Americana para el Ambiente (EPA), luego visitando la biblioteca de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (AIDIS) donde se encontraron varias publicaciones sobre estudios de arsénico correspondientes a Argentina y otras regiones. Por último, se buscó información técnica en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires y en la Biblioteca de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional.

Una vez finalizada la búsqueda de información se comenzó con la selección de tecnologías, definiendo los parámetros básicos de diseño, tales como vida útil de la planta, población a servir y caudal a suministrar.

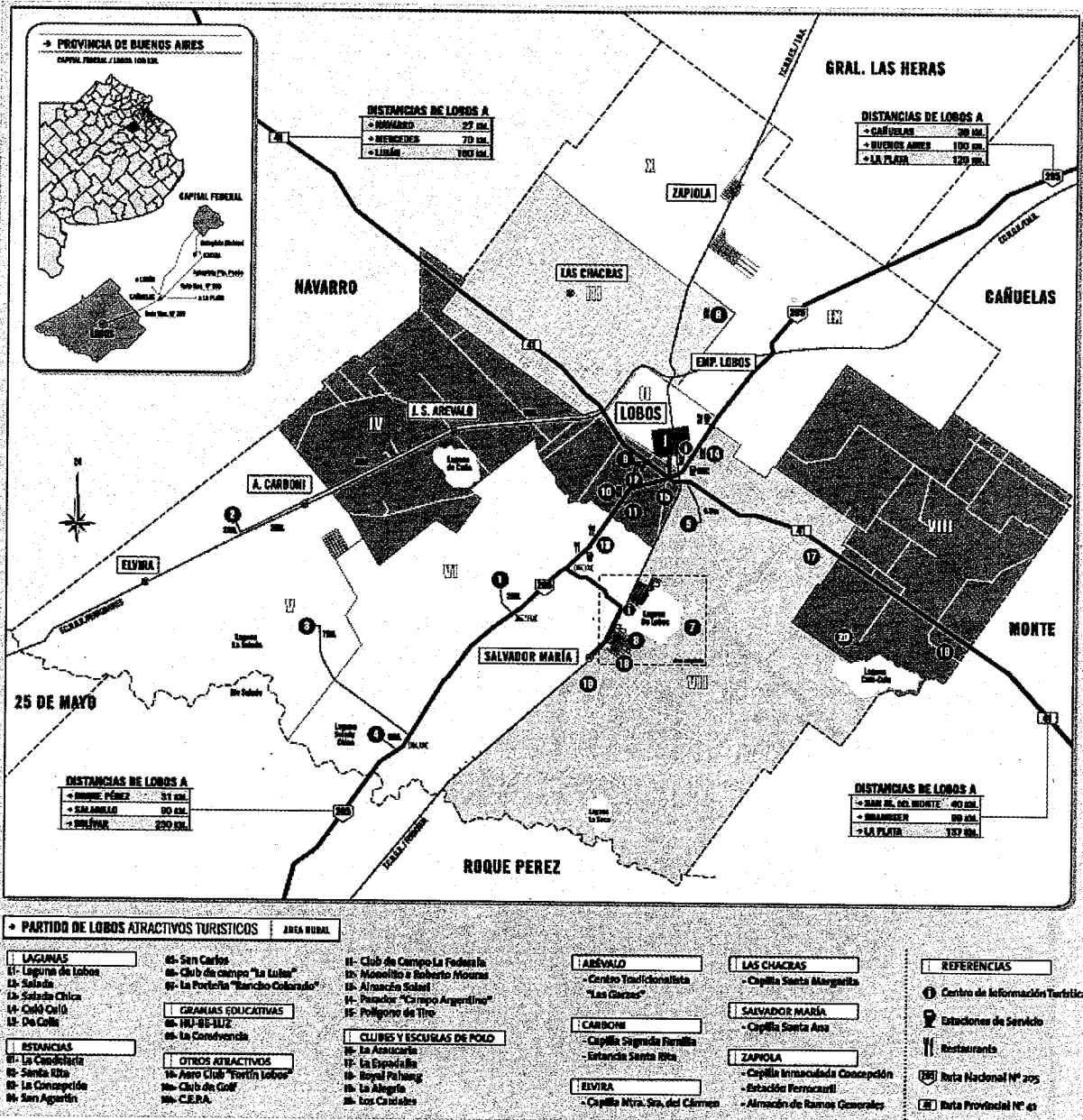
Estos parámetros de diseño son utilizados para realizar el estudio económico de las distintas tecnologías posibles. Además de estos parámetros se necesitaron definir otras variables de diseño según la tecnología evaluada. Algunas de estas variables fueron definidas por los criterios aplicados en ingeniería o limitaciones técnicas, mientras que otros se obtuvieron experimentalmente en ensayo realizados a nivel laboratorio y planta piloto.

Finalmente, se compararon las distintas tecnologías posibles en función de su aptitud técnica y viabilidad económica.

---

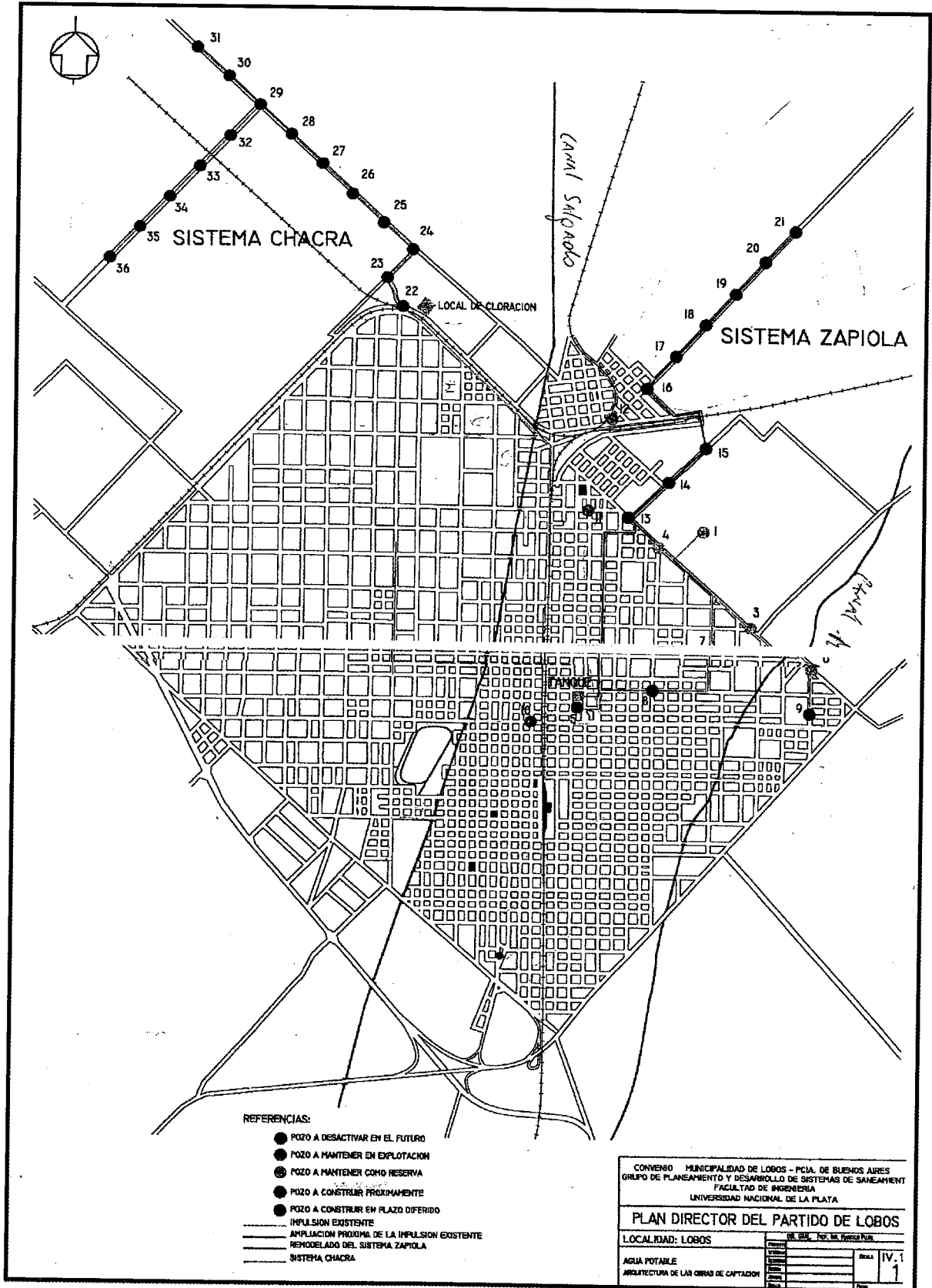
<sup>1</sup> Plan director de agua potable y saneamiento cloacal. Municipalidad de Lobos-Universidad Nacional La Plata. 1998

Plano N° 1: Ciudad de Lobos, localidades vecinas y principales vías de comunicación.

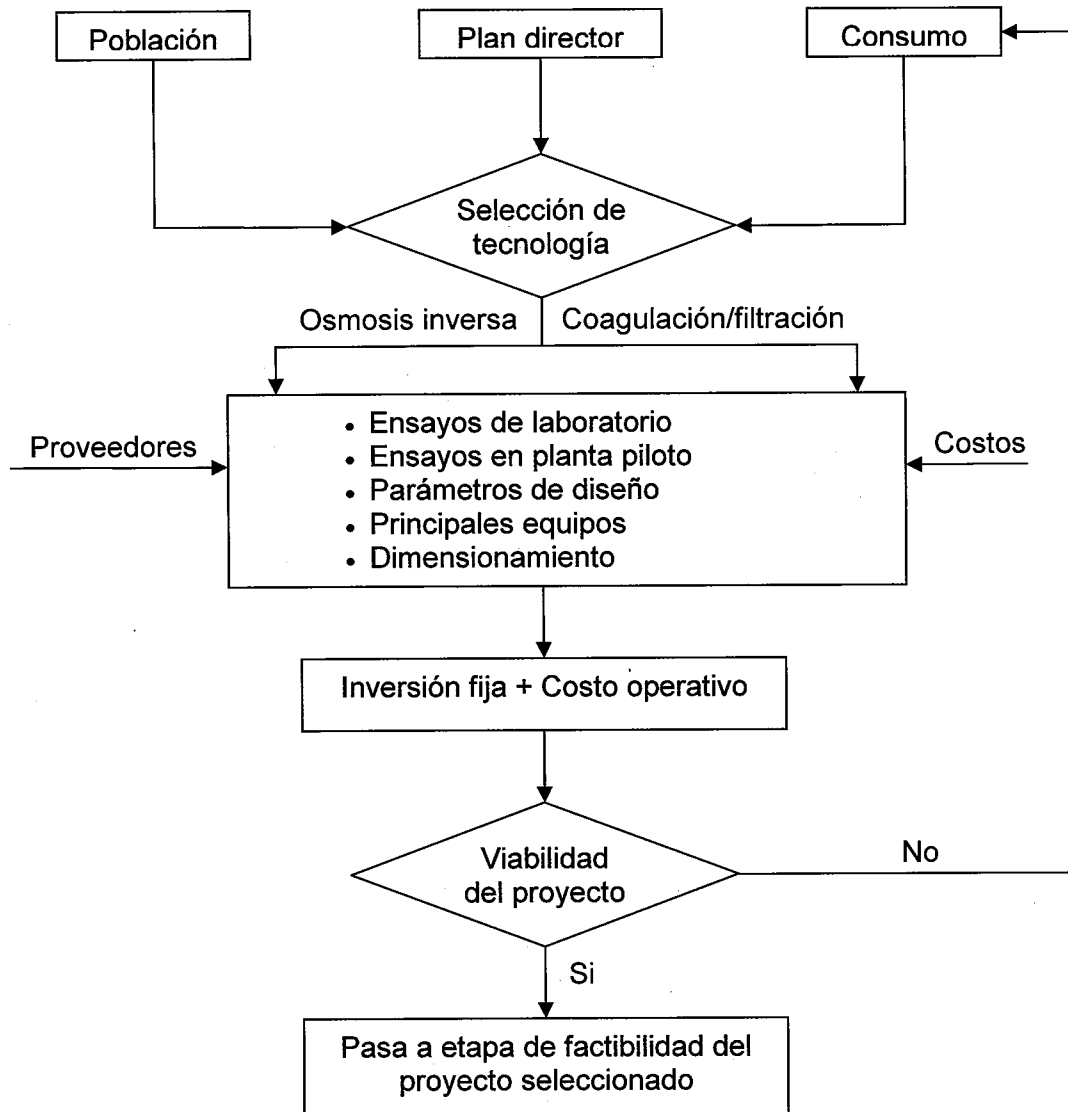




Plano N° 2: Plano ciudad de Lobos con la distribución de pozos. Pertenece al Plan director de agua potable y saneamiento cloacal.



#### 4 - Desarrollo del trabajo



## 5 - Discusión y Recomendaciones

El abatimiento de arsénico relacionado a la calidad de agua brindado por un sistema de abastecimiento público, no es solo una cuestión técnica de aplicar una metodología de tratamiento de agua sino que hay que considerar múltiples aspectos relacionados al consumo y el hábito de la población, la fuente de agua y su constancia en el tiempo, el impacto que el emprendimiento produce en el medio ambiente ya sea porque se utiliza un recurso que puede ser o no renovable sino también por los residuos producidos.

Finalmente también se debe considerar la inversión a realizar, los costos operativos y el precio final a pagar por los vecinos que se encuentran conectados a la red y la manera de dar el servicio a aquella población de bajos recursos y sin acceso a los sistemas centralizados.

En la ciudad de Lobos, el agua de red no cumple los requisitos de calidad para agua potable, los hábitos de consumo de agua son excesivos, a pesar de tener circuitos con servicio medido, la red de distribución necesita una reingeniería e importantes reparaciones, hay necesidad de extender la red hacia los nuevos barrios y hay un sin número de dificultades para la búsqueda de las soluciones.

Las aguas superficiales en el partido de Lobos corresponden al sistema hidrológico del río Salado (Arroyo Navarro – Laguna Navarro – Arroyo Las Garzas - Laguna de Lobos, Arroyo Saladillo de Rodríguez – Río Salado). La cuenca presenta salinización en dirección Norte – Sur hacia la Laguna de Lobos. Esta cuenca no ha sido caracterizada como posible fuente de agua y no hay estudios referentes a sus cotas y caudales. Sin embargo hay estudios diversos sobre la laguna de Lobos pero ninguno hace referencia a su posible uso como fuente de agua alternativa.

Las aguas subterráneas contenidas en la formación Puelches son salinas y los sedimentos Pampeanos con un espesor de 70 m, contienen al acuífero Epipuelche, que es dulce y a partir del cual se abastece de agua la localidad de Lobos. Pero hay que tener en cuenta el progresivo enriquecimiento salino que experimenta el agua subterránea en la dirección Norte – Sur hacia la Laguna de Lobos y el ascenso vertical del agua subterránea proveniente del Puelche.

Estos procesos se agudizan con la sobreexplotación de los pozos produciendo la pérdida de la calidad del agua.

Relevando los procesos de abatimiento de arsénico, teniendo presente los consumos y por lo tanto los caudales de agua tratada a producir, la dificultad de las poblaciones a asumir los cambios de hábitos y siguiendo los criterios definidos por los entes de financiamiento respecto al funcionamiento y eficiencia probada de las tecnologías de tratamiento, es que se realiza las evaluaciones considerando:

- Dos (2) tecnologías, coagulación/filtración y ósmosis inversa
- Dos (2) tipos de consumo, agua tratada para todo uso, agua tratada para bebida y cocción de alimentos (este aspecto lleva a considerar como fin último la existencia de dos redes de distribución de agua u otra modalidad de distribución).

Este planteo de límites extremos tiene evidentemente distintas modalidades de implementación y de optimización y acepta una gran variedad de modelos de racionalización del uso del agua.

Considerando que cualquier proceso de tratamiento de agua no solo produce el bien deseado, en este caso agua potable, sino también residuos que hay que tratar y disponer, consumo del recurso natural primario, la fuente de agua, insumos, energía, mano de obra etc.; también debe considerarse que el agua potable producida debe ser distribuida de alguna manera (desde la red de distribución domiciliaria, abastecimientos por grifos públicos, hasta el agua provista en bidones o por camiones cisternas).

La distribución del agua potable (ver evaluación de costos en el anexo 5) no es un tema menor ya que de él depende que un emprendimiento de estas características sea exitoso y logre los objetivos sanitarios y de salud poblacional.

Las siguientes tablas resumen los principales aspectos de las evaluaciones realizadas

Planta potabilizadora por coagulación filtración	Producción de agua 1000 [m <sup>3</sup> /h]	Producción de agua 65 [m <sup>3</sup> /h]
Uso del recurso, fte. de agua [m <sup>3</sup> /año]	5.600.000	5.600.000
Recarga del acuífero [m <sup>3</sup> /año]	5.440.000	5.440.000
Capacidad instalada al inicio (2010) [m <sup>3</sup> /h]	750	65
Residuos a procesar y disponer [kg/año]	314.000	20400
Inversión total [U\$S]	1.000.000	400.000
Sistema de distribución	el actual reparado y extendido	el actual reparado y extendido + un sistema de distribución

Planta potabilizadora por ósmosis inversa	Producción de agua 1000 m <sup>3</sup> /h	Producción de agua 50 m <sup>3</sup> /h
Uso del recurso, fte. de agua [m <sup>3</sup> /año]	7.448.000	5.700.000
Recarga del acuífero m <sup>3</sup> /año	5.440.000	5.440.000
Capacidad instalada al inicio (2010) [m <sup>3</sup> /h]	750	50
Residuos a procesar y disponer [m <sup>3</sup> /año]	1.840.000	119.000
Inversión total [U\$S]	4.700.000	480.000
Sistema de distribución	el actual reparado y extendido	el actual reparado y extendido + un sistema de distribución

La principal consideración a evaluar es si los proyectos son sostenibles.

Desde la conservación del recurso resulta evidente que la planta de tratamiento por ósmosis inversa con caudales de operación que satisfagan el consumo para todo uso resulta no apropiada ya que la recarga anual del acuífero no satisface su alimentación de agua cruda. Desde el punto de vista de los residuos producidos el impacto sobre el ambiente es alto teniendo en consideración no solo el volumen producido y su necesidad de confinamiento sino que hay peligro de salinización de los suelos lo cual puede a corto plazo dañar la principal actividad económica de la zona, la agricultura.

Respecto a la planta de tratamiento por coagulación / filtración con caudales de operación que satisfagan el consumo para todo uso, la situación resulta ser fronteriza. Si bien el uso del recurso no supera la recarga anual del acuífero, su valor es del mismo orden y aunque los estudios sobre los acuíferos se realizan suponiendo las situaciones mas desfavorable (subestimando la recarga), no es menos esperable que para los próximos años la precipitación media modular sea significativamente menor a raíz del cambio climático.

Por ésta razón se debe implementar políticas de racionalización y disminución del consumo de agua del acuífero, por ejemplo haciendo uso de los recursos superficiales.

En el caso de las plantas de abatimiento de arsénico con caudales de operación que satisfagan el consumo para bebida, cocción de alimentos y limpieza de utensilios las diferencias son menos evidentes. Si bien la tecnología de ósmosis inversa produce mayor cantidad de residuo de manejo y disposición más complejo, se tiene una herramienta de

operación sencilla y con alto grado de automatización que permite hacer frente a otros problemas de calidad de agua que pueden aparecer a futuro como es la presencia de nitratos.

La planta de tratamiento por coagulación / filtración con caudales de operación que satisfacen el consumo para agua de bebida es la más conveniente ajustándose a los criterios de racionalidad de uso y menor impacto en el ambiente.

Las inversiones y costos operativos son menores como corresponden a su escala pero debe recordarse que hay que adicionar los costos del sistema de distribución de agua potable.

De la evaluación realizada en el anexo 5 la instalación de la doble red de agua necesitaría una inversión adicional de U\$S 3.000.000 y una posible alternativa, agua envasada en bidones, una inversión adicional de U\$S 610.000.

Una solución transitoria pero que puede mejorar sustancialmente el riesgo poblacional de exposición al arsénico es realizar nuevos pozos en la zona con menor concentración de arsénico ya indicada en el Plan director y dedicar su explotación sólo a la producción de agua de bebida.

En la Tabla siguiente se resumen los costos de inversión de las diferentes propuestas para la eliminación de arsénico y los distintos tipos de distribución.

	Agua para todo los usos		Producción de agua sólo para bebida				
	Osmosis Inversa	Coagulación Filtración	Osmosis Inversa		Coagulación Filtración		Dos Perforaciones*
Capacidad de planta [m <sup>3</sup> /h]	1000	1000	50		65		60
Inversión fija planta [U\$S]	4.700.000	1.000.000	480.000		400.000		7.000
Sistema de distribución	Red general ya instalada		Doble red	Bidones	Doble red	Bidones	Bidones
Inversión fija distr. [U\$S]			3.000.000	610.000	3.000.000	610.000	610.000
Inversión total [U\$S]	4.700.000	1.000.000	3.480.000	1.090.000	3.400.000	1.010.000	617.000

\* Perforaciones de uso exclusivo

La tabla anterior muestra que la inversión total, considerando tanto el tratamiento como la distribución, son comparables en los siguientes casos:

- Planta de coagulación / filtración para el abastecimiento de agua potable para todos los usos.
- Planta de ósmosis inversa o de coagulación / filtración para el abastecimiento de agua potable sólo para bebida y cocción de alimentos con un sistema de distribución por medio de bidones.
- La realización de perforaciones y explotación de los mismos sólo para la producción de agua para bebida.

En la selección de alguna de las alternativas propuestas deberá tenerse en cuenta sus ventajas e inconvenientes los cuales ya se han citado previamente.

Como era esperable la implementación de un sistema de distribución por doble red para una ciudad con una infraestructura altamente desarrollada resulta sumamente costosa.

**Anexo 1**

**Periodo de diseño y cálculo de proyección de la población**



**A1.1 – Periodo de diseño**

Se considera período de diseño al tiempo en que la planta brindará servicio de manera eficiente. De acuerdo a los lineamientos del Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento (ENOHSA) el periodo de diseño para un proyecto de abastecimiento de agua es de 20 años. Considerando una puesta en servicio en el año 2010, el fin de su vida útil será para el año 2030.

**A1.2 - Proyección de la población**

Actualmente la población de la ciudad de Lobos se estima en 30000 habitantes, pero es necesario conocer la evolución de la población en los próximos años para tener conocimiento de la cantidad de personas que van a hacer uso del agua potable en el futuro. Por tal motivo, se realiza una proyección de la población utilizando como datos los últimos 3 censos realizados por el INDEC (años 1980, 1991 y 2001).

Datos	
Año	Población
t1 = 1980	P1 = 22470
t2 = 1991	P2 = 23112
t3 = 2001	P3 = 26937

La proyección se puede realizar con los siguientes modelos:

- Modelo Aritmético
- Modelo Geométrico
- Modelo de Interés compuesto
- Modelo Logístico
- Regresión Lineal
- Método de las componentes

A1.2.1 - Modelo Aritmético

El modelo plantea que la velocidad de crecimiento poblacional es constante en el tiempo.

La ecuación diferencial que representa el modelo es:

$$\left(\frac{\partial P}{\partial t}\right) = Ka$$

Donde P es la población, t es el tiempo y Ka es una constante que representa el incremento de la población en un intervalo de tiempo dado.

Tomando los últimos dos datos del censo, que son los más recientes, hallamos la pendiente de crecimiento en el tiempo y luego la extrapolamos hasta el año 2030.

$$\frac{P3 - P2}{t3 - t2} = Ka \qquad Ka = 382.5$$

Utilizando el valor de Ka obtenidos con los datos del censo, calculamos la proyección de la población para años futuros:

$$P = Ka \cdot (t - t3) + P3$$

Año	Población
1980	22470
1991	23112
2001	26937
2010	30380
2020	34205
2030	38030

#### A1.2.2 - Modelo Geométrico

El modelo plantea que la velocidad de crecimiento de la población es directamente proporcional al valor de la población en cada instante.

El valor obtenido por este método es siempre mayor que el obtenido por el método aritmético.

La ecuación diferencial que representa el modelo es:

$$\left(\frac{\partial P}{\partial t}\right) = Kg \cdot P$$

Donde Kg es la velocidad de crecimiento de la población cuando la población es la unidad.

Tomando los últimos dos datos del censo calculamos el valor de Kg:

$$Kg = \frac{\ln\left(\frac{P3}{P2}\right)}{t3 - t2} \qquad Kg = 0.0153$$

Utilizando el valor de Kg obtenidos de los datos de los censos, calculamos la proyección de la población para años futuros:

Año	Población
1980	22470
1991	23112
2001	26937
2010	30918
2020	36035
2030	41998

A1.2.3 - Modelo de Interés compuesto

Se calcula la tasa de crecimiento para el período 1980-1991 y 1991-2001 y se hace un promedio entre ambas. Luego, se utiliza esa tasa de crecimiento promedio para la proyección de la población.

$$I1 = \sqrt[11]{\left(\frac{P2}{P1}\right)} - 1 \quad I1 = 0.00256$$

$$I2 = \sqrt[10]{\left(\frac{P3}{P2}\right)} - 1 \quad I2 = 0.0154$$

Tomando un promedio:

$$I = 0.009$$

Utilizando la tasa de crecimiento promedio, calculamos la proyección de la población para años futuros:

$$P = P3 \cdot (1 + \bar{I})^{\Delta t}$$

Año	Población
1980	22470
1991	23112
2001	26937
2010	29199
2020	31935
2030	34928

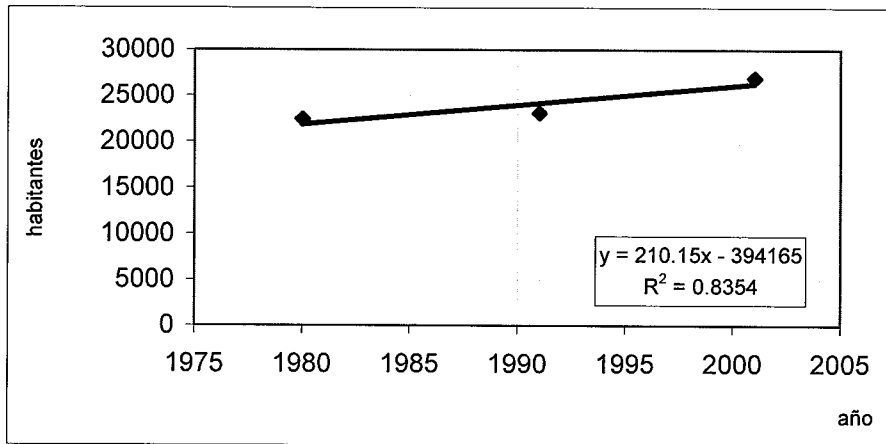
A1.2.4 - Modelo Logístico

El modelo plantea que la población tiene un crecimiento acelerado inicialmente y luego va disminuyendo debido a la saturación de la población.

Este modelo no se ajusta a la población de Lobos porque la población estimada al año 2030 ya se alcanzó en la década de los años 80.

A1.2.5 - Regresión Lineal

A partir de los datos de los censos se realiza una regresión lineal que permite obtener la ecuación de la recta que representa la tendencia de crecimiento y luego se extrapola hasta el año 2030.



Año	Población
1980	21932
1991	24244
2001	26345
2010	28237
2020	30338
2030	32440

A1.2.6 - Método de las componentes

A diferencia de los modelos utilizados anteriormente, que están representados por ecuaciones matemáticas, el método de las componentes se basa en datos de mortalidad, natalidad y movimientos migratorios.

De esta manera, utilizando las tasas de mortalidad y natalidad dadas por el plan director de Lobos, se proyecta la población suponiendo que las tasas permanecen constantes y que el flujo neto de migración es nulo.

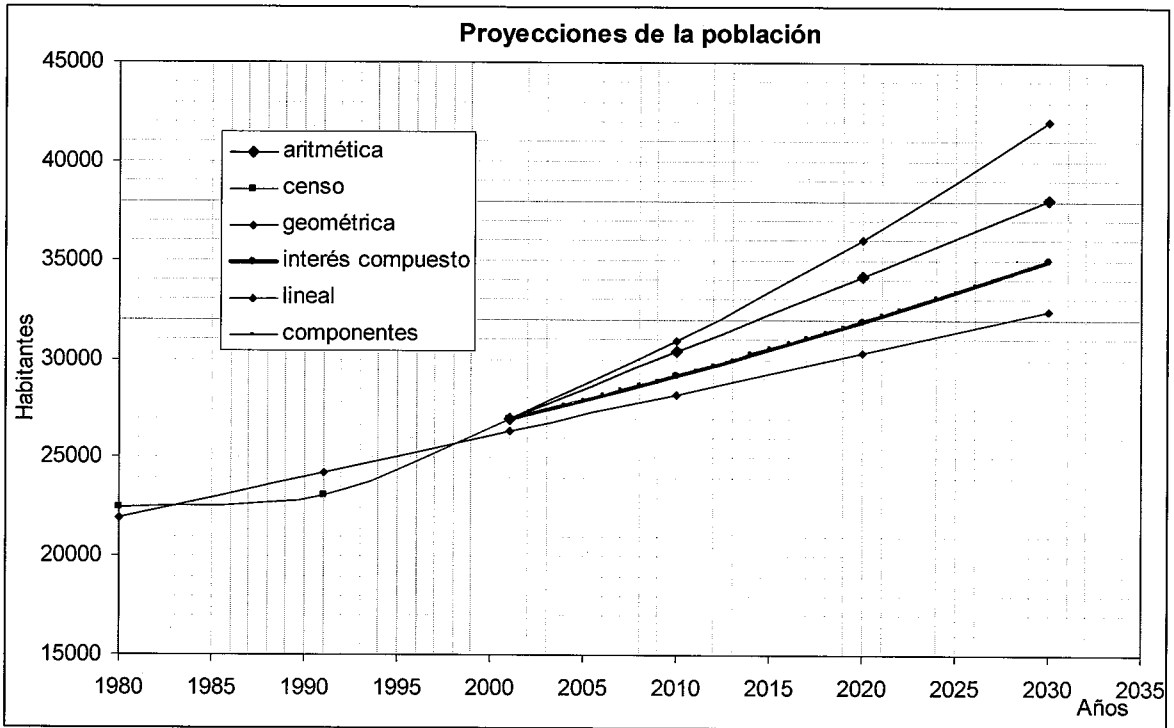
Tasa de natalidad = 17

Tasa de mortalidad = 8

Año	Población
2001	26937
2010	29199
2020	31936
2030	34930

A1.2.7 – Resumen de los modelos de proyección de la población

En el gráfico siguiente se representan las proyecciones realizadas con los distintos modelos:



En la siguiente tabla se muestran los valores de la población obtenida para el año 2030 con los diferentes modelos utilizados.

Resumen proyección de la población al año 2030	
Modelo	Población
Aritmético	38030
Geométrico	41998
Interés compuesto	34928
Regresión lineal	32440
Componentes	34930
Promedio	36465

Tanto en el gráfico como en la tabla se puede observar que el método geométrico fue el que arrojó la mayor población, aproximadamente 15 % por arriba del valor promedio.

En general es bastante incierto el cálculo del desenvolvimiento de la población de una ciudad, en cuanto al número de habitantes pues diversos factores pueden influir en este tipo de crecimiento tanto espacialmente como temporalmente y/o estacionalmente.

Teniendo en cuenta la desviación, los factores influyentes y que las proyecciones fueron realizadas con métodos de alta simplicidad se utiliza un factor de seguridad del 20 %, resultando una población de diseño de 45000 habitantes para la planta de agua potable de la ciudad de Lobos.

**Anexo 2**

**Cálculos de consumos y caudales de diseño**

## A2 – Introducción

De acuerdo a las dos tecnologías evaluadas en este informe para el abatimiento de arsénico, coagulación/filtración y ósmosis inversa, se calcula la capacidad de la planta a partir de los consumos de agua y el tiempo de operación que se adopta para operar las distintas propuestas de plantas.

Se proponen dos situaciones posibles para determinar la capacidad de la planta. Una es aplicar la tecnología de coagulación/filtración u ósmosis inversa para procesar toda el agua demandada por la ciudad para todo tipo de usos. La otra, es aplicar cualquiera de estas tecnologías solo para el consumo de agua que va a hacer destinada para bebida, cocina y limpieza de alimentos y utensilios.

A continuación se detallan los cálculos para estos dos tipos de situaciones.

### A2.1 - Agua para todo uso

De acuerdo a la población y a la dotación de diseño se calcula el caudal que tendrá que operar la planta para garantizar el servicio de agua potable a toda la población.

Para el cálculo del caudal de diseño debe tenerse en cuenta los consumos residenciales, no residenciales (escuelas, hospitales, hoteles, servicio municipal, comercios y pequeñas industrias), grandes industrias y consumos temporarios por la actividad turística.

#### A2.1.1 - Consumo de escuelas

El consumo de agua potable por parte de las escuelas se estima en función del número de alumnos. En la siguiente tabla se detallan los centros educativos de la ciudad de Lobos con el número de alumnos por institución<sup>2</sup>.

Institución	Nombre	Dirección	Nº	Cant. Alumnos
Jardín de infantes	-	Moreno e/ Necochea y Balcarce	167	236
Jardín de infantes	Grumete Pedro Alonso	Necochea y constitución	1189	211
Jardín de infantes	-	Alberdi	861	179
Jardín de infantes	Marcos Sastre	Salgado e/San pedro y Junín	588	327
Jardín de infantes	Merceditas de San Martín	Av. Zapiola e/Jujuy y La rioja	150	200
Jardín de infantes	-	Estrada e/129 y 131	s/n	54
Jardín de infantes	-	Mastropietro e/229 y 231	s/n	56

<sup>2</sup> Datos pertenecientes al sitio Web del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. [www.gba.gov.ar](http://www.gba.gov.ar)

Institución	Nombre	Dirección	Nº	Cant. Alumnos
Jardín de infantes privado	Niño Jesús	Perón	235	
Esc. Primaria básica	-	Alberdi y Libertad		552
Esc. Primaria básica	General San Martín	Pte. Perón y dorsi	600	285
Esc. Primaria básica	Nuestra Sra. del Carmen	Arevalo	2591	122
Esc. Primaria básica	Pilar Beltrán	Rivadavia e Hiriart		559
Esc. Primaria básica	Domingo F. Sarmiento	Av. Zapiola e Jujuy y La Rioja	120	309
Esc. Primaria básica	Almafuerte	Almafuerte	s/n	56
Esc. Primaria básica	Juan Bautista Alberdi	Mastropietro e/229 y 231		192
Esc. Primaria básica	Mercedes T. San Martín de Balcarce	Hipólito Yrigoyen y 228	1405	135
Esc. Primaria básica	Mayor Francisco Drummond	Balcarce y Soldado Azcarate		122
Esc. Primaria básica privada	Colegio Niño Jesús	Pte Juan D. Perón (Ex Bs. As.)	235	
Esc. Primaria básica privada	Esc Padre Larrumbe	San Martín e/Bs. As. y Albertini	57	
Esc. Secundaria básica	-	Alberdi y Libertad		244
Esc. Secundaria básica	-	Av. Zapiola e Jujuy y La Rioja	120	90
Esc. Secundaria básica	-	Pte Perón y Dorsi	600	91
Esc. Secundaria básica	-	Mastropietro e/229 y 231		86
Esc. Secundaria básica	-	Rivadavia e Hiriart		258
Esc. Secundaria básica	-	Almafuerte		61
Esc. Secundaria básica	-	Hipólito Yrigoyen y 228	1405	54
Esc. Secundaria básica	-	Balcarce y Soldado Azcarate		54
Esc. Secundaria básica priv.	Esc. Padre Larrumbe	San Martín e/Bs. As. y Albertini	57	
Esc. Secundaria básica priv.	Colegio Niño Jesús	Pte Juan D. Perón (Ex Bs. As.)	235	
Esc. de ens. media	-	Libertad		405
Esc. de ens. Media priv.	Inst. Fasta Niño Jesús	Pte. Juan D. Perón	235	



Institución	Nombre	Dirección	Nº	Cant. Alumnos
Esc. de ens. Media priv.	Inst. Pbro. José Albertini	San Martín	57	
Esc. de ens. Técnica	Enrique Mosconi	Cardoner	951	551
Centro de educ. comp.	Matías de Irigoyen y de la Quintana	Calle 4 e/ Intendente Turdo y calle N		222
Centro de educación adulto	N702/01	Independencia		13
Centro de educación adulto	N703/01	Estrada e/129 y 131		15
Centro de educación adulto	N704/01	Arevalo e/249 y 251		22
Escuela de Adultos	-	Hiriart y Rivadavia		48
Centro de formación Prof.	-	Necochea	71	473
Escuela Especial	-	Av. L. N. Alem y Rauch		178
Centro de Educación física	-	Goyena e/Suipacha y Almafuerde		983
D. de Capacitaciones	Centro de investigación educativa	Pte Perón	168	49
Inst. sup. de form. doc y tec.	-	Pte Perón	276	110
Inst. sup. de form. doc y tec.		Santamarina		585
<b>Total Alumnos</b>				<b>8187</b>

La cantidad de alumnos para el año 2030 se estima realizando una relación entre el número actual de alumnos y habitantes. Dicha relación se supone constante y se utiliza para calcular el número de alumnos para el año 2030.

Nº de habitantes año 2008	30000
Alumnos/Habitantes	0.273
Nº de habitantes 2030	45000
Nº Alumnos 2030	12285

#### A2.1.2 - Consumo de hoteles

En el caso de hoteles el consumo de agua potable se estima en función del número de plazas o número de habitaciones. En la siguiente tabla se detallan los alojamientos más importantes de la ciudad con su respectivo número de plazas y habitaciones<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Datos pertenecientes al sitio Web de la Municipalidad de Lobos. [www.lobos.gov.ar](http://www.lobos.gov.ar).

Nombre	N° de plazas	N° de habitaciones
Central Park Hotel	23	10
Country Lobos	80	32
Class Hotel	44	11
Spa Resort aquae suit	74	28
Hospedaje Los Palotinos	85	34
Total	306	115

Realizando un razonamiento similar a la estimación del número de alumnos de las escuelas se obtiene una estimación del número de habitaciones para el año 2030.

N° de habitantes al 2008	30000
Habitaciones/Habitantes	0.0038
N° de habitantes 2030	45000
N° habitaciones 2030	173

#### A2.1.3 - Consumo de hospitales

En hospitales el consumo de agua se estima en función del número de camas para internación. En la siguiente tabla se detallan los hospitales y clínicas con el número de camas disponibles para internación<sup>4</sup>.

Nombre	Dirección	Dependencia	Camas disponibles
Hosp. Zonal de Lobos	Mastropietro s/n	Provincial	106
Unid. Sanitaria de Lobos	-	Municipal	-
Policlínica Privada CARDYT	Ayacucho e Hiriart	Privado	-
Clínica Privada San Roque	Albertini y Tuyú	Privado	38
Inst.Priv. de Clínica y Cirugía	Chacabuco 284	Privado	47
Unidad de Trauma	Salgado 40	Privado	-
Total camas			191

Siguiendo la analogía con los casos anteriores se obtiene el número de camas para internación para el año 2030.

N° de habitantes al 2001	26937
Camas/Habitantes	0.0071
N° de habitantes 2030	45000
N° camas 2030	319

<sup>4</sup> Plan director de agua potable y saneamiento cloacal. Municipalidad de Lobos-Universidad Nacional La Plata. 1998.

A2.1.4 - Consumos residenciales

Por último, se debe distinguir entre el número de servicios con conexión medida y el número de servicios no medido. Teniendo en cuenta el número de conexiones actuales (número de viviendas) se relaciona el número de habitantes con conexión medida (estimando 4 habitantes por conexión) con el número total de habitantes. Dicha relación se supone constante y se estima el número de habitantes con conexión medida y no medida para el año 2030.

Nº de conexiones año 2008	7200
Habitantes/conexión	4
Nº de habitantes con conexión	28800
Nº de habitantes año 2008	30000
Relación hab. con conexión/hab. totales	0.96
Nº de habitantes al 2030	45000
Nº de habitantes con conexión al 2030	43200
Nº de habitantes sin conexión al 2030	1800

A2.1.5 - Dotaciones y caudal de diseño

Los valores de dotación fueron seleccionados de acuerdo a los sugeridos por el ENOHSA<sup>5</sup>:

- Surtidores públicos: 40 l/hab.día.
- Conexiones domiciliarias con medidor: 150 a 200 l/hab.día con un máximo de 250 l/hab.día en condiciones de clima semiárido y árido.
- Conexiones domiciliarias sin medidor: 150 a 300 l/hab.día.
- Conexiones para escuelas: 20 a 100 l/alumno.turno.
- Hospitales y clínicas con internación: 200 a 300 l/cama.día.
- Hoteles: 100 a 250 l/cama.día o 1000 l/habitación.día.

No existen recomendaciones de dotación para comercios e industrias sino que deben realizarse estudios en cada caso particular.

Debe adicionarse al cálculo de consumos, el agua no contabilizada que es la diferencia entre el agua medida que ingresa a la red y los consumos medidos por los volúmenes registrados en los micromedidores de los usuarios. En caso de no poseer registros de estos puede asumirse entre un 10 a 20 % del agua entregada a la red.

De acuerdo a lo descripto anteriormente en la siguiente tabla se detallan los consumos de agua para cada una de las divisiones.

---

<sup>5</sup> Apunte UTN-FRBB, capítulo 4: Estudios para un proyecto de abastecimiento de agua, basado en estudio preliminares para el diseño de obras de ENOHSA.

Descripción	Dotación	hab./cama/habitac.	Qmd [m <sup>3</sup> /día]
Surtidores públicos [L/hab.día]	40	45000	1800
Conexiones domiciliarias con medidor [L/hab.día]	200	43200	8640
Conexiones domiciliarias sin medidor [L/hab.día]	300	1800	540
Conexiones a Escuelas [L/alumno.turno]	100	12281	1228
Conex. a Hosp. y clínicas c/ internación [L/cama.día]	300	319	96
Conexión a Hoteles [L/habitación.día]	250	173	43
Total consumo de agua			12347
Agua no contabilizada, se adopta un 20 % del consumo total			2469
Caudal medio diario [m <sup>3</sup> /día]			14816

Para el diseño de la planta de tratamiento de aguas se toma como caudal de diseño Qd el caudal medio diario Qdm, teniendo en cuenta el tiempo de operación de la planta.

Para distintos tiempos de operación se obtienen los siguientes caudales:

Caudal de diseño Qd [m <sup>3</sup> /h]	
Caudal de diseño operando 24 hs	617
Caudal de diseño operando 16 hs	926
Caudal de diseño operando 12 hs	1235

Se planifica operar la planta 16 horas diarias con un caudal de diseño Qd de 1000 m<sup>3</sup>/h. El caudal tomado es algo mayor para contemplar el consumo de agua por parte de comercios e industrias.

## A2.2 - Agua de bebida

En este caso sólo se plantea tratar el agua que va a ser destinada como agua de bebida, cocina y limpieza de alimentos y utensilios. De esta manera, se reduce considerablemente el caudal de agua a tratar y por ende, los costos asociados con el tratamiento.

### A2.2.1 - Dotación y caudal de diseño

Descripción	Dotación [l/hab.día]	Habitantes	Qmd [m <sup>3</sup> /día]
Consumo agua de bebida, cocina y limpieza	20	45000	900
Agua no contabilizada, se adopta un 10 % del consumo total			90
Caudal medio diario [m <sup>3</sup> /día]			990

Para distintos tiempos de operación se obtienen los siguientes caudales:

Caudal de diseño Qd	
Caudal de diseño operando 24 hs	41
Caudal de diseño operando 20 hs	50
Caudal de diseño operando 16 hs	62
Caudal de diseño operando 12 hs	83

Se planifica operar la planta 20 horas diarias con un caudal de diseño Qd de 50 m<sup>3</sup>/h para la planta de ósmosis inversa, mientras que para la planta de coagulación/filtración se decide operar 16 hs diarias con un caudal de diseño Qd de 65 m<sup>3</sup>/h. La diferencia en los tiempos de operación entre las dos tecnologías se debe a que en general la ósmosis es un sistema más automatizado y con una operación más sencilla que la tecnología de coagulación y filtración.

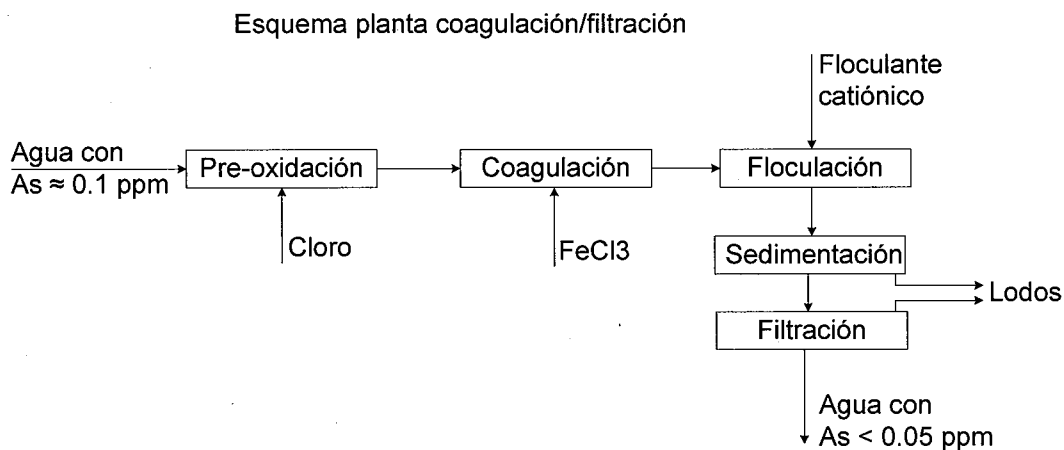
**Anexo 3**

**Planta de abatimiento de arsénico - Tecnología coagulación/filtración**

### A3.1 - Descripción de tecnología

Una de las posibles tecnologías a aplicar para el abatimiento de arsénico es mediante un tratamiento convencional. Este incluye las siguientes etapas:

- Pre-oxidación
- Coagulación
- Floculación
- Sedimentación
- Filtración



#### Pre-oxidación

El arsénico está presente en el agua en sus dos estados de oxidación posible,  $As^{3+}$  y  $As^{5+}$ . Dado que en aguas subterráneas predomina la especie  $As^{3+}$  y que el  $As^{5+}$  es más fácil de remover que el  $As^{3+}$  el tratamiento se inicia con la oxidación del  $As^{3+}$  a  $As^{5+}$ .

Los posibles oxidantes son el cloro, hipoclorito, ozono, permanganato de potasio, entre otros, pero el oxidante ampliamente usado es el cloro.

Los parámetros básicos de diseño son la dosificación de cloro y el tiempo de oxidación.

#### Coagulación

Esta etapa consiste en el agregado de un coagulante, estos pueden ser sales de hierro como el cloruro férrico o sales de aluminio como el sulfato de aluminio y el policloruro de aluminio.

El coagulante es mezclado rápidamente en el agua formando sus respectivos hidróxidos metálicos insolubles que adsorben el arsénico.

En algunos casos es necesario ajustar el pH para aumentar la eficiencia de remoción.

Los parámetros de diseño son el tipo y dosificación de coagulante, pH y dosificación de algún químico para ajustar el pH (sólo en caso de ser necesario) y el tiempo de coagulación.

#### Floculación

Durante la floculación, los coágulos de hierro o aluminio formados en la etapa anterior, van aumentando de tamaño debido a la aglomeración de las partículas coaguladas. Estos coágulos aglomerados se denominan floc.

En algunos casos, es necesario el agregado de un floculante para favorecer esta operación. Durante la floculación la agitación debe ser lenta, para favorecer las colisiones entre los coágulos sin romper los agregados ya formados.

Los parámetros de diseño son el tipo y dosificación de floculante y el tiempo de floculación.

#### Sedimentación

En la etapa de sedimentación, se pretende separar la mayor parte de los floc en suspensión por acción de la gravedad.

En esta etapa los principales parámetros de diseño son el tiempo de sedimentación, velocidad de sedimentación y velocidad de flujo horizontal.

#### Filtración

Para eliminar los pequeños floc que aún quedan en suspensión se realiza una etapa de filtración. Como material filtrante se utiliza comúnmente lecho de grava, arena o antracita o combinaciones de alguno de estos.

Los filtros comúnmente utilizados son los filtros rápidos por gravedad. En este tipo de filtros pueden distinguirse dos etapas. Una etapa de filtración donde a la salida se obtiene agua libre de floc y otra etapa de lavado donde se invierte el sentido del flujo para fluidizar el lecho y remover los floc retenidos.

Los principales parámetros de diseño para la filtración son el tipo de lecho (definido según el tamaño efectivo y el coeficiente de uniformidad), la altura del lecho y la velocidad de filtración.

Mediante ensayos jar test y pruebas a escala planta piloto se determinaron los parámetros de cada una de las etapas mencionadas.

En la etapa de oxidación, el agregado de cloro puede realizarse en línea con una dosificación 2 mg/l.

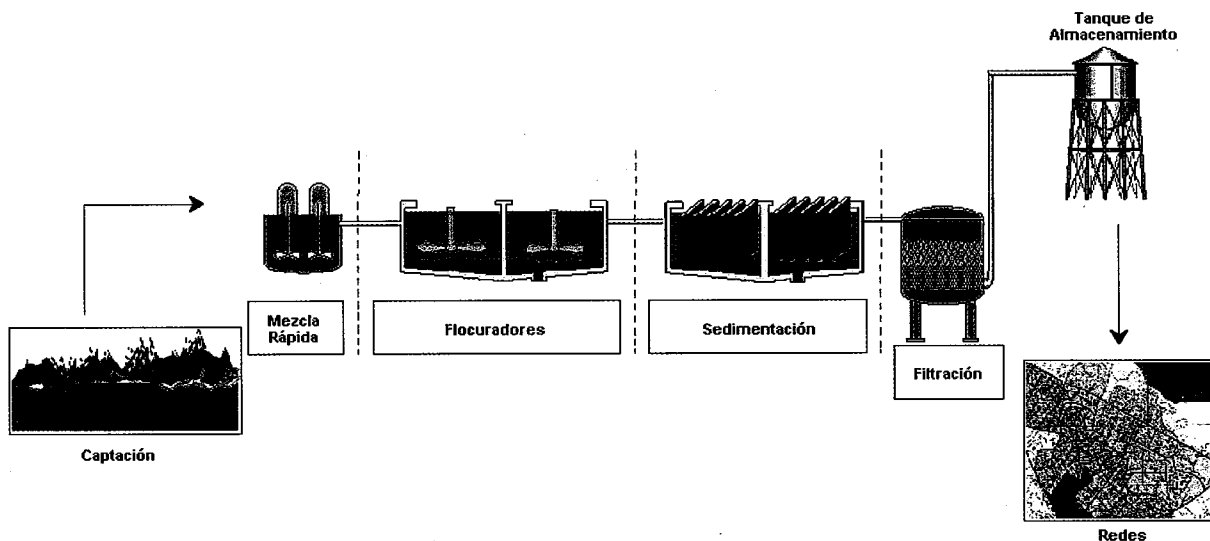


En la coagulación, después de varios ensayos, se opta por utilizar como coagulante el cloruro férrico con una dosificación de 50 mg/l, dado que permite reducir el arsénico por debajo de los límites permitidos para agua potable sin necesidad de ajustar el pH y con tiempos de coagulación relativamente cortos. Además el cloruro férrico puede conseguirse en el mercado en grado sanitario.

Ensayos jar test			
Coagulante	Cloruro férrico		
Dosis [mg/l]	10	As residual [µg/l]	30
Dosis [mg/l]	50	As residual [ µg/l]	2
Ajuste pH	No		
Coagulante	Sulfato de aluminio		
Dosis [mg/l]	50	As residual [ µg/l]	20
Dosis [mg/l]	100	As residual [ µg/l]	6
Ajuste pH	Si		

En la floculación puede utilizarse un floculante catiónico con una dosificación de 1 mg/l mejorando significativamente el tamaño de los floc y el tiempo de sedimentación.

El tiempo mínimo de residencia para la coagulación, floculación y para la sedimentación de la mayor parte de los flóculos se consigue con un tiempo de residencia de 15 minutos.



### A3.2 - Evaluación económica

Se realiza una estimación de costos de inversión y costos de operación y mantenimiento, para las dos tecnologías de abatimiento de arsénico en estudio. Este aspecto es de suma importancia al momento de la selección de la planta a instalar.

Los costos son estimados de acuerdo a distintos modelos en función del caudal a procesar o a costos de plantas existentes. Uno de los modelos utilizados son los publicados por la EPA para la estimación de costos de tecnologías en tratamientos de agua potable<sup>6</sup>.

Tipo de modelo	Rango de aplicabilidad [m <sup>3</sup> /h]
VSS (Very Small System)	2 a 16
Water Model	40 a 160
W / W Cost Model	1600 a 31500

\*Para la transición entre cada modelo se realiza una interpolación lineal.

Estos 3 modelos están basados en datos de plantas existentes y donde se les asignó un porcentaje a cada elemento que conforma el costo, para luego aplicar dichos porcentajes a la estimación de una nueva planta de tratamiento de agua potable.

Luego, al costo estimado se lo actualiza mediante la utilización de algún índice de costos, estos pueden ser:

- Marshall & Swift index
- New Records index

### **A3.2.1 - Planta de abatimiento con Qdiseño = 1000 m<sup>3</sup>/h**

#### **A3.2.1.1 - Capital fijo**

El costo de la planta convencional puede estimarse sumando el costo de cada una de las etapas del proceso y utilizando algunos de los modelos mencionados anteriormente.

Las etapas contempladas para la estimación del costo son:

- Sistema de alimentación de coagulante
- Mezclador rápido
- Sedimentador
- Filtración
- Sistemas de bombeo

Para un tiempo de operación de 16 horas diarias y un caudal de diseño de 1000 m<sup>3</sup>/h se utiliza el modelo de costo W / W.

<sup>6</sup> Technologies and costs for removal of arsenic from drinking water. Environmental Protection Agency. EPA (2000).

➤ Sistema de alimentación de coagulante:

Datos sistema de alimentación de coagulante	
Tipo de coagulante	Cloruro férrico
Dosificación [mg/l]	50
Qcoagulante [kg/h]	50

Costo de capital [U\$S] Sistema de alimentación de Cloruro férrico (1999)							
Qcoagulante [kg/h]	Equipo	Mano de Obra	Cañerías y válvulas	Sist. Eléctrico	Edificación	Contingencias	Costo de Capital total
5	7500	420	2000	1110	6000	2550	19580
50	13100	1130	2500	2260	13300	4840	37130
485	33560	2430	3000	4960	51270	14280	109500

\* Las celdas en amarillo corresponde al caso en estudio

➤ Mezclador rápido:

Datos sistema de mezclado rápido	
Tiempo de residencia [s]	10
Volumen mezclador $V_{mz}$ [m <sup>3</sup> ]	3

Costo de capital [U\$S] Mezclador rápido (1999)								
$V_{mz}$ [m <sup>3</sup> ]	Excavación	Equipo	Concreto	Acero	Mano de Obra	Sist. Eléctrico	Contingencias	Costo de Capital total
3	220	4310	390	570	1230	6980	2060	15760
15	380	9830	870	1350	2300	6980	3260	24970
30	490	14760	1280	2010	3410	7180	4370	33500

\* Las celdas en amarillo corresponden al caso en estudio

➤ Sedimentador:

Datos sedimentador	
Tiempo de residencia [min]	15
Altura sedimentador [m]	3
Área sedimentador [m <sup>2</sup> ]	80

Costo de capital [U\$S] Clarificador rectangular (1999)									
Área [m <sup>2</sup> ]	Exca- vación	Equipo	Concreto	Acero	Mano de Obra	Cañerías y válvulas	Sist. Eléctrico	Contin- gencias	Costo de Capital total
20	1060	8540	2970	6400	6220	6960	1510	5050	38710
60	2000	12080	5490	13110	11260	7400	1760	7970	61070
80	2385	16585	6559	15412	13464	8018	1796	9635	73855
115	3060	24470	8430	19440	17320	9100	1860	12550	96230
210	4680	32020	12820	32620	26390	12500	2020	18460	141510

\* Las celdas en amarillo corresponden al caso en estudio

➤ *Filtros:*

Morril y Wallace<sup>7</sup> establecieron una correlación para calcular el número de unidades de filtración de modo que el costo sea mínimo:

$$N^{\circ} \text{módulos} = 0.044 \sqrt{Q [m^3 / h]}$$

Datos filtración	
Caudal de agua [m <sup>3</sup> /h]	1000
Nº de módulos	6
Área / módulo [m <sup>2</sup> ]	14

Costo de capital [U\$S] Filtración por gravedad (1999)											
Q [m <sup>3</sup> /h]	Área [m <sup>2</sup> ]	Excav.	Equipo	Concreto	Acero	Mano de Obra	Caños y válv.	Sist. Eléct.	Edific.	Contingencias	Costo de Capital total
160	13	1950	26360	13400	11550	40580	20580	13390	17400	21780	166990
790	65	3620	56960	27040	19960	88490	79020	38410	40480	53100	407080
1000	84	4152	62935	31134	22805	105956	92550	38410	48911	61030	467882
1580	130	5520	78300	41660	30120	150870	127340	38410	70590	81420	624230

\*Las celdas en amarillo corresponden al caso en estudio

➤ *Sistema de bombeo:*

Costo de capital [U\$S] sistema de bombeo (1999)						
Q [m <sup>3</sup> /h]	Equipo	Mano de Obra	Cañerías y valv.	Sist. Eléctrico	Contingencias	Costo de Capital total
240	15410	3880	5200	7180	4750	36420
1000	42375	6675	9327	18530	11537	88443
2370	89700	11580	16570	38450	23450	179750

\* Las celdas en amarillo corresponden al caso en estudio

➤ *Sistema de bombeo agua de retrolavado:*

Datos sistema de retrolavado	
Velocidad de lavado [m <sup>3</sup> /h]	40
Área de filtración / módulo [m <sup>2</sup> ]	14
Q lavado [m <sup>3</sup> /h]	560

El tiempo de lavado de cada módulo es de alrededor de 10 minutos y se realiza de un módulo por vez.

<sup>7</sup>Pertenece a Manual de operaciones de plantas de potabilización de aguas. Obras Sanitarias de la Nación (1965).

Costo de capital [U\$S] Bomba agua de retrolavado (1999)						
Q [m <sup>3</sup> /h]	Equipo	Mano de Obra	Cañerías y valv.	Sist. Eléctrico	Contingencias	Costo de Capital total
284	11400	3050	9780	13350	5640	43220
710	14600	4410	17690	16040	7910	60650
560	9947	4318	17690	15903	7178	55037
1435	38380	4880	17690	16740	11650	89340
2050	47294	5904	21335	19370	14083	107986
4084	76780	9290	33390	28070	22130	169660

\* Las celdas en amarillo corresponden al caso en estudio.

➤ *Sistema de bombeo de lodos:*

Considerando el caudal de coagulante (50 kg/h) y que el 70 % de los lodos es agua se estima el caudal de lodos a procesar.

Costo de capital [U\$S] Bombeo de lodos (1999)								
Q <sub>lodos</sub> [l/h]	Equipo	Acero y concreto	Mano de Obra	Cañerías y valv.	Sist. Eléctrico	Edificación	Contingencias	Costo de Capital total
76	4370	3010	5280	2560	6290	5880	4180	31570
100	4519	3117	5503	2721	6378	5880	4291	32409
380	6230	4340	8060	4570	7390	5880	5560	42030
1890	8210	6340	12880	10870	7880	5880	7930	59990

\* Las celdas en amarillo corresponden al caso en estudio

Utilizando los costos de cada una de estas partes que integran la planta de coagulación/filtración se estima el costo total de la planta para el año 1999 en 770000 dólares. El costo de la planta actualizado al año 2008 utilizando los índices de Marshall and Swift es de 1000000 dólares.

A3.2.1.2 - Costo de operación y mantenimiento

El principal costo operativo de la planta de coagulación/filtración es el costo del coagulante. En la siguiente tabla se describen las condiciones operativas, el consumo de coagulante y el costo anual del mismo.

Coagulante: Cloruro férrico	
Caudal de alimentación Qalim. [m <sup>3</sup> /h]	1000
Tiempo operación diario [h]	16
Tiempo operación anual [día]	350
Coagulante [U\$S/kg]	0.45
Dosificación [mg/l]	50
Q coag. [kg/h]	50
Costo coagulante [U\$S/año]	126000

A3.2.1.3 - Costo unitario de capital

Para calcular el costo para producir un m<sup>3</sup> de agua, se calcula el costo de capital anualizado y se suma al costo de operación y mantenimiento anual (O&M).

$$\text{Costo unitario [U\$/m}^3\text{]} = \text{Costo de capital anualizado [U\$/m}^3\text{]} + \text{Costo de O \& M [U\$/m}^3\text{]}$$

$$\text{Costo de capital anualizado [U\$/m}^3\text{]} = \frac{\text{Costo de capital [U\$]} \cdot \text{Factor de amortización}}{\text{Caudal diario promedio [m}^3\text{/día]} \cdot 350 \frac{\text{días}}{\text{año}}}$$

$$\text{Factor de amortización} = \frac{(1+i)^N}{\left(\frac{(1+i)^N - 1}{i}\right)}$$

Donde:

i = tasa de interés

N = período de amortización

Se toma un 10 % como tasa de interés y un período de amortización de 20 años.

En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos de las ecuaciones mencionadas precedentemente.

Operación anual [días/año]	350
Producción diaria [m <sup>3</sup> /día]	16000
Factor de amortización	0,117
Costo de capital anualizado [U\\$/m <sup>3</sup> ]	0,02
Costo de O & M anual [U\\$/m <sup>3</sup> ]	0,02
Costo unitario [U\\$/m <sup>3</sup> ]	0,04

De la tabla anterior se concluye que el costo para producir un m<sup>3</sup> de agua es de 4 centavos de dólar.

Debe tenerse en cuenta que estos costos son estimados y solo deben tomarse como una estimación preliminar. Para obtener un costo más preciso se debería recurrir a la cotización por parte de empresas que proveen este tipo de tecnologías y hacer un estudio más detallado sobre los costos de operación y mantenimiento.

### A3.2.2 – Planta de abatimiento con caudal de 65 m<sup>3</sup>/h

#### A3.2.2.1 - Capital fijo

El costo de la planta convencional se debe principalmente al costo de los filtros. Los modelos planteados en punto A3.2 se utilizan para estimar el costo de la planta de abatimiento de arsénico por tratamiento de coagulación/filtración en función del área de filtración.

De acuerdo a las condiciones operativas y a la velocidad de filtración se estima el área necesaria para la filtración, que luego es utilizada para estimar el costo de la planta de abatimiento de arsénico por coagulación/filtración.

Q diseño [m <sup>3</sup> /h]	65
Tiempo de operación [h/día]	16
Velocidad de filtración [m/h]	7
Área de filtración [m <sup>2</sup> ]	9

Costo de capital [U\$S] Tratamiento convencional (1999)									
Área [m <sup>2</sup> ]	Exca- vación	Equipo	Concreto	Mano de Obra	Cañerías y válvulas	Sistema eléctrico	Edifica- ción	Contin- gencias	Costo de Capital total
0.2	3500	31000	1000	9900	4200	3200	18600	10700	82100
1	3500	44900	1000	14700	8300	4500	18600	14300	109800
2	4700	53500	1500	17500	10400	5300	23400	17400	133700
4	5800	111300	4500	36400	20900	11100	45000	35300	270300
9	6800	165717	5500	54233	27817	16517	47083	48550	372217
10	7000	176600	5700	57800	29200	17600	47500	51200	392600
14	9300	190500	6800	62400	41700	19000	52500	57300	439500

\* Las celdas en amarillo corresponden al caso en estudio.

El costo de la planta de abatimiento de arsénico por coagulación/filtración, referido al año 1999, es de 370000 dólares aproximadamente. Para actualizar el costo al año 2008 se utilizan los índices de Marshall and Swift, dando un costo de la planta de 485000 dólares.

Por otro lado, se cuenta con información de plantas construidas en Argentina utilizando la tecnología ARCIS-UNR de tratamiento de coagulación/filtración sin sedimentación y como coagulante policloruro de aluminio.

Planta: Villa Cañas, Santa Fe	
Año:	1999-2000
Caudal [m <sup>3</sup> /día]	1100
Costo [\$/m <sup>3</sup> /h]	7200
Costo [\$]	330000
Nota: Planta automatizada	

Planta: Lezama, Buenos Aires	
Año:	2005
Caudal [m <sup>3</sup> /día]	854
Costo [\$/m <sup>3</sup> /h]	6890
Costo [\$]	245169
Nota: Planta de hormigón in situ y PRFV	

Planta: López, Santa Fe	
Año:	2002
Caudal [m <sup>3</sup> /día]	150
Costo [\$/m <sup>3</sup> /h]	14400
Costo [\$]	90000
Nota: Planta prefabricada en acero	

Planta: Andino, Santa Fe	
Año:	2005-2006
Caudal [m <sup>3</sup> /día]	384
Costo [\$/m <sup>3</sup> /h]	8256
Costo [\$]	132096
Nota: Planta de hormigón in situ y PRFV	

En el caso en estudio el caudal de la planta se asemeja a la planta de Villa Cañas. Por lo que podemos tomar como referencia el costo de esta planta y actualizarlo utilizando los índices inflacionarios del INDEC. Para el año 2007 el costo se estima en 900000 pesos (273000 dólares).

Otra forma de actualizar el costo es convertir a dólares el costo de la planta en el año 2000 (330000 dólares) y luego actualizarlo utilizando el índice de Marshall and Swift. Entonces, para el año 2008 el costo de la planta se estima en 430000 dólares.

Comparando estas dos últimas formas de actualización del costo de la planta y el costo según el modelo de la EPA se estima el costo de la planta de abatimiento de arsénico para agua de bebida en 400000 dólares.

#### A3.2.2.2 - Costo de operación y mantenimiento

El principal costo operativo de la planta de coagulación/filtración es el costo del coagulante. En la siguiente tabla se describen las condiciones operativas, el consumo de coagulante y el costo anual del mismo.

Coagulante: Cloruro férrico	
Caudal de alimentación Qalim. [m <sup>3</sup> /h]	65
Tiempo operación diario [h]	16
Tiempo operación anual [día]	350
Coagulante [U\$S/kg]	0.45
Dosificación [mg/l]	50
Q coag. [kg/h]	3,3
Costo coagulante [U\$S/año]	8200



A3.2.2.3 - Costo unitario de capital

Para calcular el costo para producir un m<sup>3</sup> de agua, se calcula el costo de capital anualizado y se suma al costo de operación y mantenimiento anual (O&M).

$$\text{Costo unitario [U\$/m}^3] = \text{Costo de capital anualizado [U\$/m}^3] + \text{Costo de O \& M [U\$/m}^3]$$

$$\text{Costo de capital anualizado [USD/m}^3] = \frac{\text{Costo de capital [USD]} \cdot \text{Factor de amortización}}{\text{Caudal diario promedio [m}^3/\text{día}] \cdot 350 \frac{\text{días}}{\text{año}}}$$

$$\text{Factor de amortización} = \frac{(1+i)^N}{\left(\frac{(1+i)^N - 1}{i}\right)}$$

Donde:

i = tasa de interés

N = período de amortización

Se toma un 10 % como tasa de interés y un período de amortización de 20 años.

En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos de las ecuaciones mencionadas precedentemente.

Operación anual [días/año]	350
Producción diaria [m <sup>3</sup> /día]	1040
Factor de amortización	0,117
Costo de capital anualizado [U\\$/m <sup>3</sup> ]	0,16
Costo de O & M anual [U\\$/m <sup>3</sup> ]	0,02
Costo unitario [U\\$/m <sup>3</sup> ]	0,18

De la tabla anterior se concluye que costo para producir un m<sup>3</sup> de agua es de 18 centavos de dólar.

Debe tenerse en cuenta que estos costos son estimados y solo deben tomarse como una estimación preliminar. Para obtener un costo más preciso se debería recurrir a la cotización por parte de empresas que proveen este tipo de tecnologías y hacer un estudio más detallado sobre los costos de operación y mantenimiento.

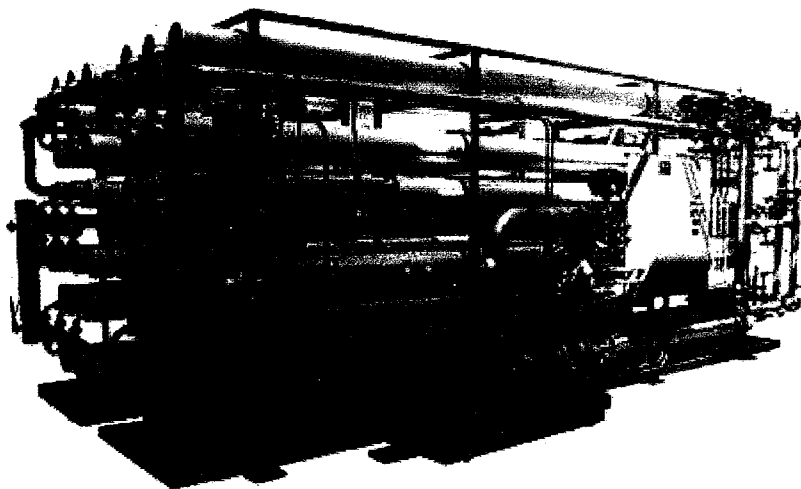
**Anexo 4**

**Planta abatimiento de arsénico - Tecnología ósmosis inversa**

#### **A4.1 - Descripción de tecnología**

La ósmosis inversa permite eliminar sales disueltas presentes en el agua. La operación consiste en forzar al agua a pasar a través de una membrana semipermeable sometida a una presión superior a la presión osmótica.

Las membranas comúnmente utilizadas para el tratamiento de agua son membranas en espiral dispuestas en una configuración que permita alcanzar la conversión y el caudal de permeado requerido. Generalmente se colocan de 2 a 6 membranas por módulo y pueden utilizarse más de una etapa para lograr una mayor conversión.



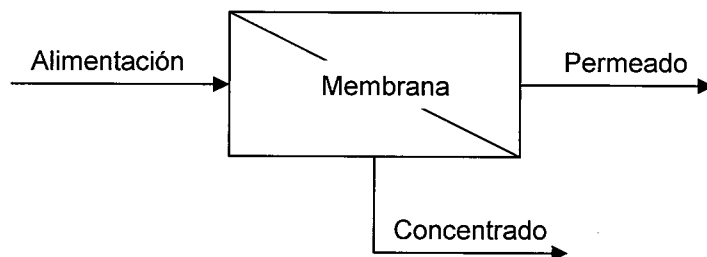
La ósmosis inversa es una tecnología desalinizadora no específica que permite una remoción de arsénico con más de un 95 % de eficiencia.

En la mayoría de los casos es necesario un pre-tratamiento del agua que ingresa al equipo de ósmosis para evitar el deterioro de las membranas. Generalmente se colocan filtros para la remoción de partículas y ablandadores para eliminar la dureza del agua.

#### **A4.2 - Planta de abatimiento con caudal de 1000 m<sup>3</sup>/h**

El caudal de diseño corresponde al caudal de permeado que debe producir la planta de ósmosis. Para un caudal de diseño de 1000 m<sup>3</sup>/h y una conversión del 75 % se requiere un caudal de alimentación de 1330 m<sup>3</sup>/h.

Esquema: Sistema por ósmosis inversa



En la siguiente tabla se resumen las condiciones de operación de la planta desalinizadora por ósmosis inversa:

Datos planta por ósmosis inversa	
Q diseño (permeado) [m <sup>3</sup> /h]	1000
% recuperación	75
Q alimentación [m <sup>3</sup> /h]	1330
Q concentrado [m <sup>3</sup> /h]	330

#### A4.2.1 – Capital fijo

Utilizando el modelo de costo W / W, presentado en el punto A3.2, se estima el costo de una planta desalinizadora por ósmosis inversa para un caudal de alimentación de 1330 m<sup>3</sup>/h.

Costo de capital [U\$S] (1999)						
Q [m <sup>3</sup> /h]	Equipo	Mano de Obra	Sist. Eléctrico	Edificación	Contingencias	Costo de Capital total
160	474210	70,420	65740	64260	101190	775820
1000	2264772	236278	318058	303294	468360	3590762
1580	3458480	346850	486270	462650	713140	5467390

\* Las celdas en amarillo corresponden al caso en estudio.

De la tabla se observa que el costo de la planta desalinizadora por ósmosis inversa en el año 1999 se estima en 3.600.000 de dólares. El costo de la planta actualizado al año 2008, utilizando los índices de Marshall and Swift, es de 4.700.000 dólares.

#### A4.2.2 - Costo de operación y mantenimiento

En la estimación de los costos de operación y mantenimiento se considera: el costo de consumo de energía eléctrica de las bombas de alta presión, la reposición de membranas, los consumos de productos químicos y los gastos de mantenimiento.

En la siguiente tabla se describen las condiciones operativas

Características generales	
Caudal de alimentación Qalim. [m <sup>3</sup> /h]	1330
Tiempo de operación [h/día]	16
Tiempo de operación anual [días/año]	350

➤ **Reposición de membranas**

Para determinar aproximadamente la cantidad de membranas necesarias para el equipo de ósmosis inversa se toma como referencia la membrana comercial de la firma Filmtec modelo RO-390-FF. La misma tiene un área de membrana de 36 m<sup>2</sup> con un caudal por membrana de 41 m<sup>3</sup>/día. Con estos datos serian necesarias alrededor de 390 membranas para producir el caudal de permeado. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el número de membranas puede ser mayor, dado que existen ciertas limitaciones técnicas que pueden hacer variar la configuración de las membranas y/o el número de módulos de producción.

El costo de reposición de las membranas se estima teniendo en cuenta el costo de cada membrana y la vida útil de las mismas.

Reposición de Membranas	
Membrana Filmtec tipo RO-390-FF	
Área de la membrana [m <sup>2</sup> ]	36
Caudal promedio [m <sup>3</sup> /día]	41
Nº de membranas	390
Costo de membranas [U\$/membranas]	1350
Vida útil [años]	4
Costo de reposición de membranas [U\$/año]	132000

➤ **Consumo de energía eléctrica**

El principal consumo de energía eléctrica de una planta desalinizadora por ósmosis inversa se debe a las bombas de alta presión. En este caso, la planta contaría con 12 bombas de 40 kW, entregando un caudal aproximado de 110 m<sup>3</sup>/h cada una.

Se considera que la planta es abastecida con electricidad de baja tensión y para una potencia mayor a 300 kW.

El costo de energía eléctrica está formado por dos contribuciones, un costo fijo [\$/kW.mes] (abono) y un costo variable [\$/kWh] (consumo). Los mismos son estimados según tarifas del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE).

Energía eléctrica	
Número de bombas	12
Potencia de una bomba [kW]	37
Caudal que procesa cada bomba [m <sup>3</sup> /h]	110
Potencia bombas de alta presión [kWh/m <sup>3</sup> ]	0,5
Costo fijo [\$/kW.mes]	13
Costo variable [\$/kWh]	0.082
Costo energía eléctrica anual [\$/año]	429759
Costo energía eléctrica [U\$/año]	143000

➤ **Productos químicos**

Para una buena operación del equipo de ósmosis inversa es necesaria la dosificación de productos químicos. Los químicos agregados comúnmente son anti-incrustante y ácido sulfúrico. La dosificación y el costo de estos se muestran en la siguiente tabla:

Productos químicos	
Anti-incrustante [U\$/kg]	1,5
Dosificación [mg/l]	10
Q antin. [kg/h]	13,3
Costo anti-incrustante [U\$]	112000
Regulación de pH, ácido sulfúrico [USD/kg]	0,1
Dosificación [mg/l]	10
Q ácido. [kg/h]	12,5
Costo ácido sulfúrico [U\$]	7500

➤ **Mantenimiento**

El costo de mantenimiento se considera un 1 % del costo del equipo. El costo del equipo de ósmosis inversa es de 3 millones de dólares aproximadamente, por lo tanto se considera un costo anual de mantenimiento de 30000 dólares.

Sumando cada uno de los ítems considerados arriba. El costo de operación y mantenimiento es de 425000 dólares anuales.

A4.2.3 – Costo unitario de capital

Para calcular el costo para producir un m<sup>3</sup> de agua, se calcula el costo de capital anualizado y se suma al costo de operación y mantenimiento anual (O&M).

$$\text{Costo unitario [U\$/m}^3\text{]} = \text{Costo de capital anualizado [U\$/m}^3\text{]} + \text{Costo de O \& M [U\$/m}^3\text{]}$$

$$\text{Costo de capital anualizado [U\$/m}^3] = \frac{\text{Costo de capital [U\$\$] \cdot Factor de amortización}}{\text{Caudal diario promedio [m}^3/\text{día}] \cdot 350 \frac{\text{días}}{\text{año}}}$$

$$\text{Factor de amortización} = \frac{(1+i)^N}{\left(\frac{(1+i)^N - 1}{i}\right)}$$

Donde:

i = tasa de interés

N = período de amortización

Se toma una tasa de interés del 10 % y un período de amortización de 20 años.

En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos de las ecuaciones mencionadas precedentemente.

Producción anual [m <sup>3</sup> /año]	5.600.000
Factor de amortización	0,12
Costo de capital anualizado [U\\$/m <sup>3</sup> ]	0,10
Costo de O & M anual [U\\$/m <sup>3</sup> ]	0,08
Costo total unitario [U\\$/m <sup>3</sup> ]	0,18

De la tabla anterior se concluye que el costo para producir un m<sup>3</sup> de agua es de 18 centavos de dólar.

Debe tenerse en cuenta que estos costos son estimados y solo deben tomarse como una estimación preliminar. Para obtener un costo más preciso se debe recurrir a la cotización por parte de empresas que proveen este tipo de tecnologías y hacer un estudio más detallado sobre los costos de operación y mantenimiento.

#### **A4.3 - Planta de abatimiento con caudal de 50 m<sup>3</sup>/h**

Una alternativa para proveer de agua potable a la ciudad es tratar sólo el agua que va a ser destinada para bebida. De acuerdo al anexo 2, para abastecer a una población de 45000 habitantes, el caudal de diseño es de 50 m<sup>3</sup>/h.

En la siguiente tabla se detallan las condiciones operativas del equipo de ósmosis:

Condiciones operativas	
Tiempo de operación [h]	20
Q permeado [m <sup>3</sup> /h]	50
Q permeado [m <sup>3</sup> /día]	1000
% recuperación	75
Q alimentación [m <sup>3</sup> /h]	67
Q concentrado [m <sup>3</sup> /h]	17

#### A4.3.1 – Costo de capital

Para evaluar el costo de inversión de plantas desalinizadoras por ósmosis inversa de capacidad baja o media se cuenta con una mayor cantidad de información que para plantas de gran capacidad, por lo que se utilizan distintas fuentes para estimar el costo de este tipo de plantas.

Caso 1: Utilizando el modelo de costos de EPA presentado en el punto A3.2.

El costo de la planta de ósmosis inversa se estima para un caudal de 50 m<sup>3</sup>/h.

Costo de capital [U\$S] (1999)						
Q [m <sup>3</sup> /h]	Equipo	Mano de Obra	Sist. Eléctrico	Edificación	Contingencias	Costo de Capital total
8	69600	1500	10700	16400	14700	112900
16	123000	2800	18700	18500	24500	187500
50	303007	5350	33456	29296	55695	426804
80	454800	7500	45900	38400	82000	628600
158	877400	14600	62100	52500	151000	1157600

\* Las celdas en amarillo corresponden al caso en estudio.

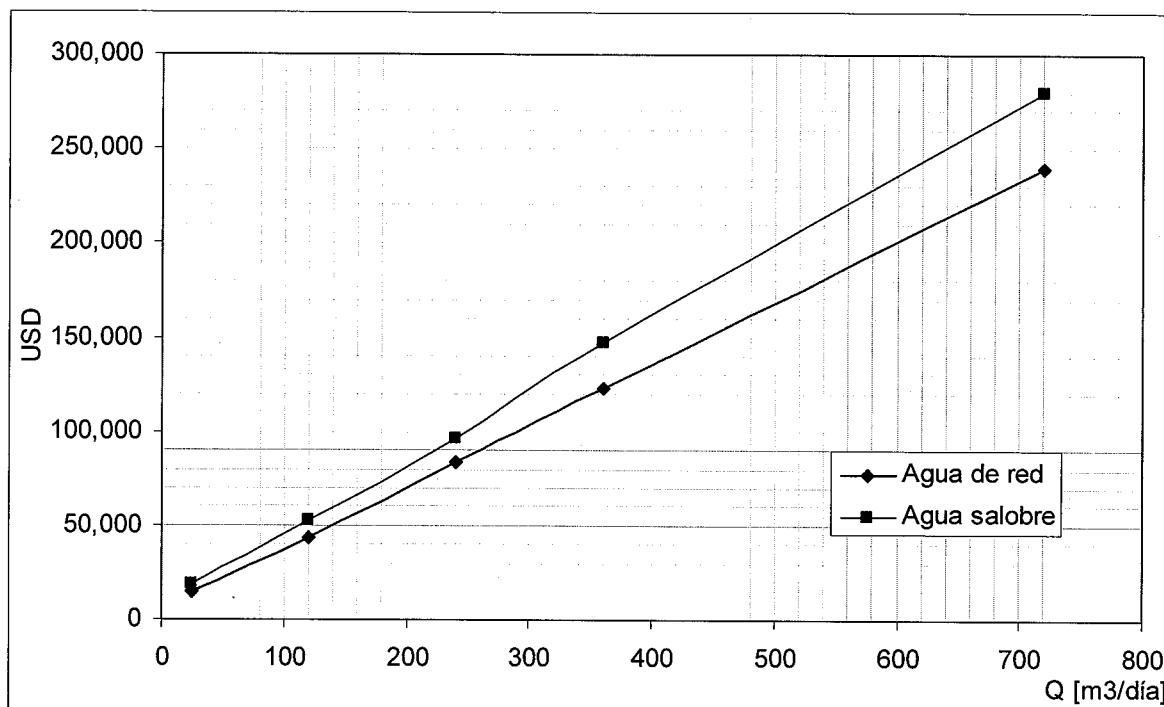
De la tabla se observa que el costo de la planta desalinizadora por ósmosis inversa en el año 1999 se estima en 427000 dólares. Utilizando los índices de Marshall and Swift se actualiza el costo al año 2008, dando un costo de planta de 555000 dólares.

Caso 2: Utilizando datos de costos de plantas existentes tomados de la publicación de AIDIS citada al pie.<sup>8</sup>

En el siguiente gráfico se representa el costo de plantas desalinizadora por ósmosis inversa de distintas capacidades para tratar agua salobre de pozo y agua potable de red.

<sup>8</sup> Seminario: Potabilización de aguas con arsénico y fluor. Tema 7: Evaluación económica. AIDIS ARGENTINA (1996).





Extrapolando los datos para una planta de 1000 m<sup>3</sup>/día.

Costo U\$S (1996)		
Producción [m <sup>3</sup> /día]	red (potable)	Pozo (salobre)
24	15000	19000
120	43000	53000
240	84000	96000
360	123000	147000
720	240000	280000
1000	331000	386000

Dado que el caso en estudio se asemeja a la planta desalinizadora por ósmosis inversa para agua de red tomamos el costo de esta y lo actualizamos al año 2008 utilizando los índices de Marshall and Swift. El costo de la planta resulta ser de 443000 dólares.

Caso 3: La publicación de AIDIS, citada en el caso anterior, también posee una tabla con costos de plantas por m<sup>3</sup>/día para tratar diferentes calidades de agua mediante tecnologías por membranas.

Tipo de agua	Tecnología	Costo [U\$/m <sup>3</sup> /día]	Costo [U\$S] Q = 1000 m <sup>3</sup> /día
Agua de mar	OI	900 a 1700	900000 a 1700000
Agua salobre	OI	300 a 800	300000 a 800000
Agua dulce	NF	200 a 400	200000 a 400000

Se decide tomar como costo de la planta de ósmosis inversa el valor de 300000 dólares porque es el mínimo costo para tratar agua salobre por ósmosis inversa (OI) y es el valor medio para tratar agua dulce por nanofiltración (NF). Igual que en los casos anteriores, el costo es actualizado al año 2008 utilizando los índices de Marshall and Swift, arrojando un costo de 400,000 dólares.

Resumiendo los 3 casos planteados, se observa que en todos los casos el costo tiene el mismo orden de magnitud y podemos tomar como costo de la planta desalinizadora por ósmosis inversa un promedio de los mismos.

Resumen de costos de planta ósmosis inversa [U\$S]	
Caso 1	555000
Caso 2	443000
Caso 3	400000
PROMEDIO	480000

#### A4.3.2 - Costo de operación y mantenimiento

La estimación de los costos de operación y mantenimiento se realiza de manera similar a la planta por ósmosis inversa de 1000 m<sup>3</sup>/h. Se considera el costo de consumo de energía eléctrica de las bombas de alta presión, la reposición de las membranas, los consumos de productos químicos y los gastos de mantenimiento.

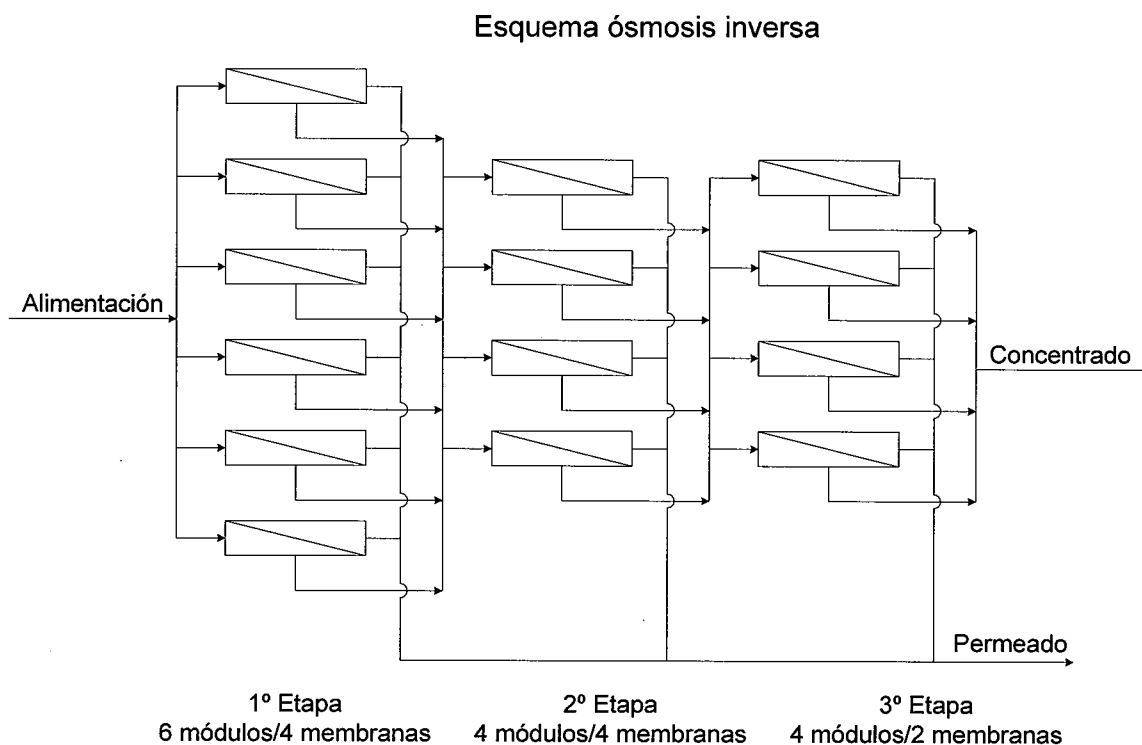
En la siguiente tabla se describen las características generales de operación:

Características generales	
Caudal de alimentación Qalim. [m <sup>3</sup> /h]	67
Tiempo de operación [h/día]	20
Tiempo de operación anual [días/año]	350

#### ➤ Reposición de membranas

Para determinar la cantidad de membranas necesarias para el equipo por ósmosis inversa se toma como referencia la membrana comercial de la firma Filmtec modelo RO-390-FF. La misma tiene un área de membrana de 36 m<sup>2</sup> con un caudal por membrana de 41 m<sup>3</sup>/día.

El siguiente esquema muestra una configuración posible del equipo por ósmosis inversa para un permeado de 50 m<sup>3</sup>/h con una conversión del 75 %.



La primera etapa cuenta con 6 módulos de 4 membranas por módulo, la segunda etapa posee 4 módulos con 4 membranas por módulo y la última etapa tiene 4 módulos con 2 membranas por módulo. Con esta configuración son necesarias 48 membranas.

El costo de reposición de las membranas se estima teniendo en cuenta el costo de cada membrana y la vida útil de las mismas.

Reposición de membranas	
Nº membranas	48
Costo de membranas [U\$S/membranas]	1350
Vida útil [años]	4
Costo de reposición de membranas [U\$S/año]	16200

➤ **Consumo de energía eléctrica**

El principal consumo de energía eléctrica de una planta por ósmosis inversa se debe a las bombas de alta presión. En este caso, la planta cuenta con 2 bombas en operación con una potencia de 40 kW, entregando un caudal de 70 m<sup>3</sup>/h y una altura desarrollada de 150 m.

Se considera que la planta es abastecida con electricidad de baja tensión y para una potencia menor a 300 kW.

El costo de energía eléctrica está formado por dos contribuciones, un costo fijo [\$/kW.mes] (abono) y un costo variable [\$/kWh] (consumo). Los mismos son estimados según tarifas del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE).

Energía eléctrica	
Número de bombas	2
Potencia de una bomba [kW]	40
Caudal que procesa cada bomba [m <sup>3</sup> /h]	34
Potencia bombas de alta presión [kWh/m <sup>3</sup> ]	0,9
Costo fijo [\$/kW.mes]	13
Costo variable [\$/kWh]	0,082
Costo energía eléctrica anual [\$/año]	43780
Costo energía eléctrica [U\$/año]	14600

➤ **Productos químicos**

Para una buena operación del equipo por ósmosis inversa es necesaria la dosificación de productos químicos. Los químicos agregados comúnmente son anti-incrustante y ácido sulfúrico. La dosificación y el costo de estos se muestran en la siguiente tabla:

Productos químicos	
Anti-incrustante [U\$/kg]	1,5
Dosificación [mg/l]	10
Q anti. [kg/h]	0,7
Costo anti-incrustante [U\$/año]	7000
Regulación de pH, ácido sulfúrico [U\$/kg]	0,1
Dosificación [mg/l]	10
Q ácido. [kg/h]	0,7
Costo ácido sulfúrico [U\$/año]	500

➤ **Mantenimiento**

El costo de mantenimiento se considera un 1 % del costo del equipo. Siendo este de 390000 dólares aproximadamente, por lo tanto se considera un costo anual de mantenimiento de 3900 dólares.

Sumando cada uno de los ítems considerados arriba. El costo de operación y mantenimiento es de 42000 dólares anuales.

La publicación de AIDIS también da el costo operativo por volumen de agua producida para diferentes calidades de agua

Tipo de agua	Tecnología utilizada	Costo Operativo [U\$/m <sup>3</sup> ]		Costo Operativo [U\$/año]	
Agua de mar	OI	0,4	a 1	140000	a 350000
Agua salobre	OI	0,2	a 0,4	70000	a 140000
Agua dulce	NF	0,15	a 0,25	52500	a 87500

Se selecciona como costo operativo 70000 U\$/año dado que es el mínimo costo para agua salobre y el costo medio para el tratamiento de agua dulce por nanofiltración.

Realizando un promedio entre las dos formas calculadas se obtiene un costo de operación y mantenimiento de 56000 dólares por año.

#### A4.3.3 – Costos pre-tratamientos

Para equipos por ósmosis inversa es necesario un pretratamiento del agua para evitar el deterioro de las membranas y prolongar la vida útil de las mismas.

Para evitar incrustaciones sobre las membranas se realiza un tratamiento previo a la operación de las membranas con un ablandador de aguas mediante resinas de intercambio.

Se realiza un ciclo sódico utilizando resinas de intercambio catiónico fuerte.

En la tabla siguiente se detallan las condiciones de operación:

Condiciones operativas	
Caudal de operación [m <sup>3</sup> /h]	68
Tiempo de operación [h]	20
Nº de columnas	3
Caudal por columna [m <sup>3</sup> /h]	23

Para poder determinar los costos del ablandador como también los costos operativos se realiza un diseño básico del ablandador y se determinan sus condiciones de operación utilizando la resina comercial Ionac C-249 NS.

Características del agua de entrada	
Dureza [mg/l CaCO <sub>3</sub> ]	115
Sólidos totales [mg/l]	1000

De acuerdo a las características del agua de entrada y al caudal de agua a procesar por ciclo se determina la cantidad de  $\text{CaCO}_3$  a tratar.  $W_{\text{CaCO}_3} = 52,4$  kg/ciclo.

Con los datos correspondientes a la característica de la resina se determina la cantidad de resina a utilizar, así como también el diámetro y la altura del lecho de cada columna.

$W_{\text{CaCO}_3}$ a tratar [kg/ciclo]	52,4
Capacidad operativa [g de $\text{CaCO}_3$ / l resina]	95
Volumen de resina [ $\text{m}^3$ ]	0,6
Flujo aparente [ $\text{m}^3/\text{m}^3_{\text{resina}}\cdot\text{h}$ ]	41
Flujo superficial [ $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ]	45
Diámetro de lecho [m]	0,8
Altura lecho [m]	1

El ablandamiento de agua mediante resinas de intercambio iónico es un proceso semi-continuo que presenta las siguientes etapas:

- Operación
- Retrolavado
- Regeneración
- Enjuague rápido
- Enjuague lento

En la siguiente tabla se detallan la cantidad de regenerante necesaria, los volúmenes de agua utilizados y los tiempos destinados para cada etapa, excepto la de operación que fue fijada anteriormente.

Retrolavado	
% de expansión	60
Volumen de agua de retrolavado [ $\text{m}^3$ ]	1,1
Tiempo de retrolavado [min]	10
Regeneración	
Regenerante NaCl, [g/l]	160
Concentración regenerante %	10
Cantidad de regenerante por columna [kg]	90
Volumen solución regenerante [l]	900
Tiempo de regeneración [min]	20
Enjuague rápido	
Volumen de agua [ $\text{m}^3$ ]	2,2
Tiempo de enjuague rápido [min]	10
Enjuague lento	
Volumen de agua [ $\text{m}^3$ ]	1,1
Tiempo de enjuague lento [min]	30

En la tabla siguiente se resumen las características del sistema completo de los ablandadores de agua y se determina el costo total de resina y el costo de los recipientes.

Datos sistema completo del ablandador	
Volumen de resina [m <sup>3</sup> ]	1,7
Cantidad de regenerante [kg]	265
Tiempo total de regeneración [min]	70
Volumen total agua de lavado [m <sup>3</sup> ]	13,2
Costo resina de intercambio [U\$/m <sup>3</sup> ]	3530
Costo resina de intercambio p/columna [U\$]	2000
Costo total de resina de intercambio [USD]	6000
Recipiente	
Diámetro [m]	0,8
Altura [m]	2,2
Costo aprox. [U\$/recipiente]	12000
Costo total recipientes [U\$]	36000
Costo total recipientes + resinas [U\$]	42000

El principal costo operativo de los ablandadores es el costo del regenerante. En la siguiente tabla se describen el consumo de regenerante y el costo anual del mismo.

Regenerante	
Cantidad de regenerante [kg/día]	265
Consumo anual [ton/año]	93
Costo NaCl [U\$/ton]	148
Costo anual de regenerante [U\$/año]	13800

#### A4.3.4 - Costo unitario de capital

Para calcular el costo para producir un m<sup>3</sup> de agua, se calcula el costo de capital anualizado y se suma al costo de operación y mantenimiento anual (O&M).

$$\text{Costo unitario [U\$/m}^3] = \text{Costo de capital anualizado [U\$/m}^3] + \text{Costo de O \& M [U\$/m}^3]$$

$$\text{Costo de capital anualizado [U\$/m}^3] = \frac{\text{Costo de capital [U\$]} \cdot \text{Factor de amortización}}{\text{Caudal diario promedio [m}^3/\text{día}] \cdot 350 \frac{\text{días}}{\text{año}}}$$

$$\text{Factor de amortización} = \frac{(1+i)^N}{\left( \frac{(1+i)^N - 1}{i} \right)}$$

Donde:

$i$  = tasa de interés

$N$  = período de amortización

Se toma una tasa de interés del 10 % y un período de amortización de 20 años.

En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos de las ecuaciones mencionadas precedentemente.

Producción anual [m <sup>3</sup> /año]	352800
Factor de amortización	0,117
Costo de capital anualizado [U\$/m <sup>3</sup> ]	0,16
Costo de O & M anual [U\$/m <sup>3</sup> ]	0,20
Costo total unitario [U\$/m <sup>3</sup> ]	0,36

De la tabla anterior se concluye que el costo para producir un m<sup>3</sup> de agua es de 36 centavos de dólar.

Debe tenerse en cuenta que estos costos son estimados y solo deben tomarse como una estimación preliminar. Para obtener un costo más preciso se debe recurrir a la cotización por parte de empresas que proveen este tipo de tecnologías y hacer un estudio más detallado sobre los costos de operación y mantenimiento.



**Anexo 5**

**Sistema de distribución de agua potable**

### **A5.1 - Introducción**

En los puntos anteriores del informe se discutieron diversas alternativas para el tratamiento de agua con elevado contenido de arsénico. Con criterios de preservación de la fuente se planteó la potabilización del agua destinada sólo al consumo para bebida, limpieza y cocción de alimentos y lavado de utensilios domésticos.

Esta diferenciación según el uso que se le va a dar al agua lleva a la necesidad de contar con dos medios de distribución en forma independiente.

En el presente informe, se consideran dos posibles sistemas de distribución, una es la instalación de una doble red de distribución, es decir, agregar una cañería paralela a la red ya instalada en la ciudad. De esta manera, se cuenta con una red para la distribución de agua potable destinada para bebida y otra red para la distribución de agua no potable destinada a otros usos, como por ejemplo riego, higiene, limpieza, etc.

Otra alternativa de distribución de agua potable es el envasado y distribución de bidones de agua potable obtenida de la planta de tratamiento.

### **A5.2 - Sistema de doble red de distribución de agua**

Una red de distribución de agua es un sistema de cañerías que generalmente se encuentran enterradas y unidas entre si con el objetivo de hacer llegar agua a los consumidores en cantidad y presión adecuadas. La red está conformada por cañerías principales o maestras, cañerías secundarias y accesorios (codos, tees, cruces, válvulas, etc.). Las cañerías principales son la de mayor diámetro y abastecen a las cañerías secundarias.






Las redes de distribución pueden clasificarse en:

- **Redes abiertas:** conformada por cañerías principales que se van ramificando en cañerías secundarias y estas se ramifican a su vez. Generalmente este tipo de red se utiliza para pequeñas poblaciones y el abastecimiento de agua a cada consumidor se realiza por un único camino.
- **Redes cerradas:** La red de distribución esta conformada por mallas, donde el abastecimiento de agua al consumidor puede ser realizado por más de un camino. En este tipo de redes las cañerías principales rodean a las cañerías secundarias formando mallas.

A5.2.1 - Descripción del sistema doble red propuesto para la localidad de Lobos

La ciudad de Lobos cuenta con una única red de distribución de agua, donde se distribuye agua para todos los usos, pero en la actualidad el agua no es potable por su elevado contenido de arsénico. La red cuenta con 8000 conexiones aproximadamente, abastece alrededor del 80 % de la población actual y se encuentra en la zona céntrica de la ciudad y en la zona de empalme Lobos. La red es de tipo mixta, es decir, está formada tanto por una red mallada en algunas zonas y en otras por una red ramificada.

El plano N° 1 es un plano parcial de zonificación de la localidad de Lobos realizado sobre el plano de normativa de uso de suelo y zonificación provisto por el departamento de ingeniería sanitaria de la Municipalidad de Lobos. En el mismo se encuentra diferenciada la distribución de la población según su densidad poblacional.

Densidad Poblacional		
Zona 1		500 Hab/Ha
Zona 2		500 Hab/Ha**
Zona 3		200 Hab/Ha
Zona 4		150 Hab/Ha
Zona 5		130 Hab/Ha

\*Hab/Ha: Habitantes/ Hectárea

\*\* Potencial

Sobre el plano N° 1 se trazo la red propuesta de distribución de agua potable. El trazado es principalmente en mallas, salvo en ciertos lugares donde se presenta un distribución en forma ramificada. El trazado de la red puede observarse en el plano N° 2 (corresponde al trazado de mallas y cañerías principales) y el plano N° 3 donde se detallan cañerías principales y secundarias.

La red trazada se cargó en el software de simulación, EPANET, para estimar los diámetros más adecuados de las cañerías en función de los caudales, las velocidades y las pérdidas de carga que hay en las mismas.

Para simular la red se considero:

- 1) El tanque de almacenamiento y distribución de agua potable posee una altura de 20 metros y se encuentra en el mismo terreno que está el actual tanque regulador, cuya altura es mayor a 30 metros.
- 2) La presión mínima que puede poseer un nodo es de 12 m.
- 3) Se supuso una altura constante en toda la zona donde se encuentra trazada la red al no contarse con un plano topográfico de la localidad de lobos.
- 4) La dotación es de 20 litros/habitantes.día.

Básicamente el simulador conforma la red por nodos y líneas. En los nodos se cargan las alturas y los consumos según la zonificación. En las líneas que representan las cañerías deben cargarse el diámetro, la longitud, el coeficiente de rugosidad de la cañería y el coeficiente de pérdida de carga por accesorios. Luego de un proceso iterativo y alcanzado el balance la red generada se representa en el plano N° 4 y los detalles de cada uno de los parámetros se listan punto A5.4.

Resumiendo los resultados obtenidos, se concluye que la red tiene una longitud aproximada de 75 km y está formada por cañerías secundarias de PEAD (Polietileno de alta densidad) con diámetros que van de 20 a 32 mm con una presión máxima de servicio de 10 kg/cm<sup>2</sup>. Las cañerías principales tienen diámetros que van desde 40 a 200 mm dependiendo de la ubicación y el caudal que pasa por ella con una presión máxima de servicio de 6 kg/cm<sup>2</sup>. El material de la cañería va a depender del diámetro. Para los diámetros más chicos se utilizan cañerías de PEAD (rollos) mientras que para diámetros mayores puede optarse por cañerías de PEAD o PVC (Policloruro de vinilo) dependiendo de su costo.

#### A5.2.2 - Estimación costo de instalación red de distribución de agua

Teniendo en cuenta que la localidad de Lobos es una ciudad que posee una dada infraestructura y su centro y alrededores se encuentran desarrollados, contando con veredas, calles pavimentadas y servicios públicos ya instalados, tales como red de gas natural, cloacas y la propia red de agua. La implementación e instalación de un sistema de doble red resulta más dificultoso y costoso.

A continuación se detalla el costo de instalación de la conducción de agua potable paralela a la red de distribución de agua actual.

Uno de los principales costo de la instalación de la red es la realización de la zanja, el cual se ve encarecido por la presencia de veredas y calles pavimentadas. Lo mismo ocurre al considerar el costo de las conexiones domiciliarias.

Para evaluar el costo de las conducciones de agua se consideran cañerías de polietileno de alta densidad (PEAD) de 20 mm de diámetro y una presión máxima de trabajo de 10 kg/cm<sup>2</sup>. Las cañerías se colocan por una sola vereda, teniendo conexiones cortas hacia las casas que se encuentran cercanas al paso de las cañerías secundarias o principales que conforman la red y conexiones largas hacia los domicilios de las casas que se encuentran cruzando la calle. El costo de accesorios se estima en un 15 % del costo total de la cañería.

Tabla N° 1: Estimación costo red de distribución de agua potable.

Estimación costo red de distribución			
Cañerías y accesorios	Material		PEAD
	Largo [m]		75.300
	Costo por unidad de longitud [\$/m]		1,25
	Costo cañerías [\$]		94.125
	Costo accesorios [\$]		14.119
	Costo cañerías y accesorios [\$]		108.244
Zanjeo + Colocación cañería + tapado	N° Cuadras		753
	Longitud total de excavación [m]		75.300
	Costo por unidad de longitud [\$/m]		67
	Costo total [\$]		5.045.100
Conexiones	N° de conexiones		8.000
	Conexiones cortas	Costo por conexión [\$/conexión]	375
		Costo conexiones cortas [\$]	1.500.000
	Conexiones largas	Costo por conexión [\$/conexión]	750
Costo conexiones largas [\$]		3.000.000	
Cruce calles pavimentadas	N° cruce de calles pavimentadas		420
	Costo por cruce de calle pavimentadas [\$]		2.000
	Costo total por cruce de pavimentos [\$]		840.000
Arreglo de veredas	Ancho de zanja [m]		0,3
	Área total de zanjeo [m <sup>2</sup> ]		22.590
	Costo arreglo de vereda por unidad de área [\$/m <sup>2</sup> ]		120
	Costo total arreglo de veredas [\$]		569.268
Costo total red de distribución [\$]		11.062.612	

Como se observa en la tabla la estimación del costo de instalación de la red asciende a 11 millones de pesos (U\$S 3.000.000).

Comparando este valor con otras obras realizadas, podemos citar la ejecución de la obra de la red de distribución de agua en la localidad de Villa Berthet, Chaco en el año 2008. La obra comprende una red de 66.000 metros de cañería y alrededor de 3.200 conexiones con una inversión de 8.400.000 pesos aproximadamente.

Si bien el costo de instalación de la red de distribución parecería excesivo se debe tener en cuenta que en el caso de la ciudad de Lobos se quiere instalar la doble red de distribución de agua en una ciudad ya consolidada, con una alta infraestructura desarrollada que dificulta la instalación de la red adicional.

Teniendo presente que el recurso agua es limitado y vulnerable la instalación de un sistema de distribución de agua por doble red debería ser contemplado en la expansión de la ciudad y en la construcción de futuros barrios donde el agregado de una cañería adicional a la red de distribución no genera un gasto significativo.

Como ya se ha mencionado, este tipo de sistema elimina la necesidad de tratar grandes volúmenes de agua, reduciendo los costos de inversión de las plantas de abatimiento de arsénico para estos volúmenes de agua, dado que sólo se trataría el agua que va a ser destinada a consumo humano y no el agua que va a ser destinado a otros usos (riego, limpieza, lavado de coches, etc.).

Utilizando los valores de la tabla Nº 1 se puede estimar el costo de instalación de la doble red en futuros barrios en la periferia de la ciudad. De este modo, al no considerar el costo de reparación de veredas y cruce de calles pavimentadas, estimando en promedio 10 conexiones por cuadra (100 m), se obtiene un costo aproximado de \$ 130 por metro lineal.

#### A5.2.3 - Antecedentes doble red de distribución de agua potable

El gobierno de la Provincia de Buenos Aires, a través del Servicio Provincial de Agua Potable y Saneamiento Rural (SPAR), en el marco del "Plan Cuidar" lanzado por el Gobernador Daniel Scioli, licitó varias obras que contemplan el servicio de agua potable por medio de un sistema de doble red de distribución, una para consumo y cocción de alimentos y la otra para usos generales de cada vivienda. Pueden mencionarse la licitación en el mes de octubre del 2008 en la localidad de Arroyo Venado, partido de Guanamí y en el mes de enero del presente año en la localidad de San Germán, partido de Púan.

En el año 2006, también a través del S.P.A.R., se inauguró una planta de ósmosis inversa para la producción de agua potable y distribución de la misma mediante un sistema de doble red en la localidad de Esteban A. Gascón, partido de Adolfo Alsina.

Otro caso es la localidad de Jovita, provincia de Córdoba, donde las aguas subterráneas utilizadas para el abastecimiento a los pobladores del lugar no son aptas para el consumo debido a la presencia de diversos contaminantes (flúor, arsénico y dureza). Por este motivo, en el año 1996, se decide instalar un equipo de ósmosis inversas para potabilizar el agua que va a ser destinada para bebida y cocción de alimentos. La misma se distribuye por medio de un sistema dual de distribución en cañerías de PVC de 19 mm.

### **A5.3 - Distribución de agua potable por medio de bidones**

Otra alternativa a la red de distribución de agua potable es envasar el agua producida de la planta de abatimiento de arsénico y distribuirla en bidones.

Para este caso se considera el costo de instalación de una máquina de lavado, llenado y tapado de bidones de 20 litros de capacidad, el costo de los envases y los medios para transportar los bidones.

#### A5.3.1 - Estimación de costos de inversión para la distribución de agua potable por medio de bidones.

En la tabla N° 2 se muestra los costos para implementar un sistema de distribución de agua potable en bidones para las condiciones actuales de la ciudad.

Se considera una población de 30.000 habitantes, 8.000 viviendas y la provisión de 2 bidones por vivienda y por día lo cual hace necesario una máquina automática con una capacidad de producción de 1000 bidones/h.

Para la estimación del número de envases necesarios se considera un bidón de reserva por cada bidón en uso.

Tabla N° 2: Estimación costo sistema de distribución y envasado de bidones

Distribución en bidones	
N° Habitantes	30.000
N° Viviendas	8000
Bidones / vivienda*día	2
N° envase	16000
Stocks envases	16000
Precio envases [\$/envase]	12
Costo envases [\$]	384.000

Maquina de lavado, llenado y tapado	
Producción [bidones/h]	1000
Tiempo de operación [h]	16
Producción diaria [bidones /día]	16.000
Costo maquina [\$]	345.000

El sistema de envasado de bidones de agua potable podría implementarse con \$ 730.000. La distribución desde la planta de envasado hacia los locales de expendio (se consideran 15 locales de expendio distribuidos de forma equidistante de manera de cubrir un radio de 5 cuadras) se realiza por medio de camiones. De acuerdo al número de bidones a distribuir por día y al recorrido a realizar se necesitan aproximadamente 10 camiones cuyo costo por camión es de \$ 150.000. De esta manera el costo total del sistema de distribución de agua potable envasada asciende a \$ 2.230.000 (U\$S 610.000).

#### A5.3.2 - Antecedentes de distribución de agua potable por medio de bidones

Como antecedente al sistema de distribución por bidones puede mencionarse la ciudad de Trenque Lauquen, provincia de Buenos Aires donde en el año 2008 se realizaron estudios para el abastecimiento de agua potable. El estudio en cuestión comprendió la evaluación de una zona para la explotación de pozos que permiten obtener agua de buena calidad pero cuya cantidad no alcanza para abastecer a la totalidad de la población, por lo que se planteó la posibilidad de utilizar esta agua para abastecer de agua potable a la población sólo para la ingesta y cocción de alimentos. El medio de distribución planteado fue a través de bidones, dado que al encontrarse la ciudad ya construida se encarecía mucho la implementación del sistema de doble red de distribución.

En General Villegas, provincia de Buenos Aires por medio de ABSA (Aguas Bonaerense S.A.) se realizó un proyecto para la implementación de la distribución de agua por medio de bidones.

En el año 2006, en la localidad de Coronel Charlone, provincia de Buenos Aires, se pone en funcionamiento una planta de provisión y envasado de agua en bidones debido al colapso de la red de distribución de agua.

En la localidad de San Bernardo, provincia de Santa Fe en el año 2005 se comenzó el proyecto para la implementación de un equipo de ósmosis inversa para la producción de agua potable y distribución por medio de bidones destinados para bebida y cocción de alimentos y una red de distribución para otros usos.

En Iriarte, provincia de Buenos Aires se realiza un proyecto similar a San Bernardo que consiste en una planta de tratamiento de aguas por ósmosis inversa y distribución de agua por medio de bidones.



## **A5.4 - Listas de Nodos y líneas provistos por el simulador Epanet**

### A5.4.1 – Nomenclatura de nodos y líneas

Los nodos o nudos se identifican por un número romano que representa la malla y un número correlativo.

Ejemplo: IV-7. Es el nudo correspondiente a la malla IV con número correlativo 7.

En caso que el nodo este ubicado sobre una cañería secundaria se antepone al número de la malla la letra S.

Ejemplo: SVI-4. Es el nudo que se encuentra sobre una cañería secundaria correspondiente a la malla VI y cuyo número correlativo es 4.

Los nodos ubicados en la zona de empalme Lobos se identifican con la letra E y un número correlativo. Ejemplo: E-6.

Las líneas o tuberías se identifican por la sigla LP (línea principal) o LS (línea secundaria), un número romano que identifica la malla y un número correlativo.

Ejemplo: LPV-6 Es una cañería principal de la malla V cuyo número correlativo es 6.

LSVII-4 Es una cañería secundaria de la malla VII cuyo número correlativo es 4.

Para las cañerías de la zona de empalme Lobos se identifican con la sigla LP o LS, la letra E y un número correlativo.

Ejemplo: LPE-6 en el caso de una cañería principal o LSE-6 en el caso de una cañería secundaria.

**A5.4.2- Listado de nodos**

ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m	ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m
<b>Malla I</b>			<b>Malla III (continuación)</b>		
Nudo I-1	0.97	12.95	Nudo SIII-3	4.14	12.89
Nudo I-2	0.97	12.88	Nudo SIII-4	2.76	12.95
Nudo I-3	0.97	12.86	Nudo SIII-5	2.76	12.79
Nudo I-4	1.56	12.71	Nudo SIII-6	5.52	12.71
Nudo I-5	1.56	12.64	Nudo SIII-7	4.14	12.73
Nudo I-6	2.01	12.62	Nudo SIII-8	4.14	12.74
Nudo I-7	2.01	12.67			
Nudo I-8	0.52	12.84			
Nudo I-9	0.52	12.86	<b>Malla IV</b>		
Nudo I-10	0.69	13.12	Nudo IV-1	2.01	15.01
Nudo I-11	2.42	12.9	Nudo IV-2	0.97	14.82
Nudo I-12	1.21	12.9	Nudo IV-3	0.97	14.66
Nudo I-13	1.21	13.05	Nudo IV-4	0.97	14.51
Nudo I-14	3.12	12.9	Nudo IV-5	0.97	14.39
Nudo SI-1	2.08	12.74	Nudo IV-6	0.97	14.29
Nudo SI-2	2.08	12.68	Nudo IV-7	2.08	15.02
Nudo SI-3	3.12	12.64	Nudo SIV-1	3.12	14.68
Nudo SI-4	2.08	12.71	Nudo SIV-2	3.12	14.49
			Nudo SIV-3	3.12	14.33
			Nudo SIV-4	3.12	14.2
			Nudo SIV-5	4.16	14.1
<b>Malla II</b>			<b>Malla V</b>		
Nudo II-1	0.97	14.2	Nudo V-1	2.59	15.06
Nudo II-2	0.97	13.78	Nudo V-2	1.21	14.82
Nudo II-3	0.97	13.46	Nudo V-3	1.21	14.61
Nudo II-4	0.97	13.23	Nudo V-4	1.21	14.44
Nudo II-5	0.97	13.06	Nudo V-5	1.21	14.31
Nudo II-6	1.21	13.11	Nudo V-6	2.59	14.2
Nudo II-7	1.21	13.24	Nudo V-7	0.69	14.49
Nudo II-8	1.21	13.44	Nudo V-8	2.76	14.7
Nudo II-9	1.21	13.73	Nudo V-9	0.69	15.91
Nudo II-10	3.63	14.12	Nudo V-10	0.69	15.73
Nudo II-11	1.04	14.16	Nudo V-11	1.38	15.61
Nudo SII-1	3.12	13.62	Nudo SV-1	2.76	14.67
Nudo SII-2	3.12	13.31	Nudo SV-2	2.76	14.38
Nudo SII-3	3.12	13.1	Nudo SV-3	2.76	14.25
Nudo SII-4	3.12	12.96	Nudo SV-4	2.76	14.21
			Nudo SV-5	5.52	14.09
<b>Malla III</b>			<b>Malla VI</b>		
Nudo III-1	0.69	13.2	Nudo VI-1	0.69	16.41
Nudo III-2	0.69	13.33	Nudo VI-2	2.59	16
Nudo III-3	0.69	13.5	Nudo VI-3	1.21	15.66
Nudo III-4	0.69	13.73	Nudo VI-4	1.21	15.4
Nudo III-5	0.69	14.02	Nudo VI-5	2.59	15.21
Nudo III-6	0.69	14.32			
Nudo III-7	2.76	14.18			
Nudo SIII-1	2.76	13.33			
Nudo SIII-2	4.14	13.29			

ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m	ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m
<b>Malla VI (continuación)</b>			<b>Malla VIII (continuación)</b>		
Nudo VI-6	0.69	16.35	Nudo VIII-6	0.97	16.99
Nudo VI-7	0.69	16.8	Nudo VIII-7	0.97	16.77
Nudo VI-8	0.69	17.27	Nudo VIII-8	0.97	16.57
Nudo VI-9	0.69	17.77	Nudo VIII-9	4.2	16.23
Nudo VI-10	1.38	17.34	Nudo VIII-10	4.34	16.27
Nudo VI-11	1.38	16.98	Nudo VIII-11	3.3	16.33
Nudo VI-12	0.69	16.69	Nudo VIII-12	2.26	16.7
Nudo SVI-1	2.76	16.12	Nudo VIII-13	3.3	17.12
Nudo SVI-2	4.14	15.55	Nudo VIII-14	0.52	17.59
Nudo SVI-5	4.14	15.34	Nudo VIII-15	0.52	17.72
Nudo SVI-6	4.14	15.28	Nudo VIII-16	0.52	17.86
Nudo SVI-7	4.14	15.52	Nudo VIII-17	0.52	18.01
Nudo SVI-4	2.76	15.63	Nudo SVIII-1	2.08	17.22
Nudo SVI-3	4.14	15.91	Nudo SVIII-2	3.12	17.06
<b>Malla VII</b>			Nudo SVIII-3	1.04	17.17
Nudo VII-1	0.52	19.03	Nudo SVIII-4	2.08	16.44
Nudo VII-2	2.01	18.87	Nudo SVIII-5	2.08	16.56
Nudo VII-3	0.97	18.76	Nudo SVIII-6	2.08	16.81
Nudo VII-4	0.97	18.66	Nudo SVIII-7	2.08	16.65
Nudo VII-5	0.97	18.56	Nudo SVIII-8	2.08	16.41
Nudo VII-6	1.04	18.48	Nudo SVIII-9	2.08	16.32
Nudo VII-7	1.04	18.35	Nudo SVIII-10	3.12	16.59
Nudo VII-8	0.52	18.28	Nudo SVIII-11	3.12	16.37
Nudo VII-9	1.04	18.2	<b>Malla IX</b>		
Nudo VII-10	0.52	18.26	Nudo IX-1	1.74	17.2
Nudo VII-11	0.52	18.31	Nudo IX-2	1.74	16.84
Nudo VII-12	1.56	18.36	Nudo IX-3	1.74	16.5
Nudo VII-13	0.97	18.41	Nudo IX-4	1.74	16.18
Nudo VII-15	0.97	18.92	Nudo IX-5	1.74	15.88
Nudo VII-16	1.04	19.22	Nudo IX-6	0.52	15.78
Nudo VII-17	0.97	19.11	Nudo IX-7	2.44	15.54
Nudo SVII-1	1.56	18.94	Nudo IX-8	3.48	15.23
Nudo SVII-2	1.56	18.68	Nudo IX-9	6.96	14.96
Nudo SVII-3	1.56	18.55	Nudo IX-10	6.96	15.13
Nudo SVII-4	1.04	18.23	Nudo IX-11	3.48	15.34
Nudo SVII-5	0.52	18.3	Nudo IX-12	3.48	15.6
Nudo SVII-6	1.56	18.59	Nudo IX-13	6.96	15.94
Nudo SVII-7	0	19.53	Nudo SIX-1	6.96	16.4
Nudo SVII-8	2.08	18.38	Nudo SIX-2	6.96	15.96
Nudo SVII-9	3.12	18.2	Nudo SIX-3	6.96	15.68
Nudo SVII-10	4.16	18.13	Nudo SIX-4	6.96	15.55
<b>Malla VIII</b>			Nudo SIX-5	6.96	16.01
Nudo VIII-1	0	18.17	Nudo SIX-6	10.44	15.6
Nudo VIII-2	0.97	17.91	Nudo SIX-7	10.44	15.33
Nudo VIII-3	0.97	17.66	Nudo SIX-8	6.96	15.23
Nudo VIII-4	0.97	17.43	<b>Malla X</b>		
Nudo VIII-5	0.97	17.2	Nudo X-1	2.19	15.92

ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m	ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m
<b>Malla X (continuación)</b>			<b>Malla XI (continuación)</b>		
Nudo X-2	1.14	15.63	Nudo SXI-7	10.44	13.71
Nudo X-3	1.38	15.36	Nudo SXI-8	10.44	13.87
Nudo X-4	1.38	15.09	Nudo SXI-9	10.44	14.13
Nudo X-5	1.38	14.84	Nudo SXI-10	6.96	14.54
Nudo X-6	1.38	14.62			
Nudo X-7	1.38	14.42	<b>Malla XII</b>		
Nudo X-8	8.34	14.38	Nudo XII-1	3.48	14.15
Nudo X-9	3.48	14.54	Nudo XII-2	3.48	13.94
Nudo X-10	3.48	14.73	Nudo XII-3	3.48	13.76
Nudo SX-1	6.96	15.49	Nudo XII-4	3.48	13.63
Nudo SX-2	6.96	15.05	Nudo XII-5	3.48	13.52
Nudo SX-3	6.96	14.8	Nudo XII-6	6.96	13.44
Nudo SX-4	6.96	14.73	Nudo XII-7	3.48	13.45
Nudo SX-5	10.44	14.51	Nudo XII-8	3.48	13.5
Nudo SX-6	10.44	14.61	Nudo SXII-1	6.96	14.12
Nudo SX-7	10.44	14.87	Nudo SXII-2	6.96	13.76
Nudo SX-8	10.44	15.31	Nudo SXII-3	6.96	13.53
Nudo SX-9	3.81	15.32	Nudo SXII-4	6.96	13.42
Nudo SX-10	3.81	14.92	Nudo SXII-5	10.44	13.39
Nudo SX-11	3.81	14.65	Nudo SXII-6	13.92	13.35
Nudo SX-12	7.29	14.48	Nudo SXII-7	10.44	13.39
Nudo SX-13	0.41	15.34	Nudo SXII-8	10.44	13.5
Nudo SX-14	1.1	15	Nudo SXII-9	10.44	13.71
Nudo SX-15	1.38	14.27	Nudo SXII-10	10.44	14.03
Nudo SX-16	4.14	14.13			
Nudo SX-17	0.69	14.1	<b>Malla XIII</b>		
Nudo SX-18	1.1	14.13	Nudo XIII-1	1.38	14.22
			Nudo XIII-2	1.38	14.03
<b>Malla XI</b>			Nudo XIII-3	1.38	13.87
Nudo XI-1	1.74	15.42	Nudo XIII-4	1.38	13.72
Nudo XI-2	1.74	15.09	Nudo XIII-5	1.38	13.58
Nudo XI-3	1.74	14.79	Nudo XIII-6	1.38	13.45
Nudo XI-4	1.74	14.53	Nudo XIII-7	1.38	13.35
Nudo XI-5	1.74	14.3	Nudo XIII-8	1.38	13.27
Nudo XI-6	1.74	14.09	Nudo XIII-9	7.29	13.23
Nudo XI-7	2.44	13.89	Nudo XIII-10	3.48	13.29
Nudo XI-8	3.48	13.71	Nudo SXIII-1	7.29	14.01
Nudo XI-9	6.96	13.62	Nudo SXIII-2	7.29	13.69
Nudo XI-10	6.96	13.66	Nudo SXIII-3	10.44	13.44
Nudo XI-11	3.48	13.76	Nudo SXIII-4	10.44	13.31
Nudo XI-12	3.48	13.92	Nudo SXIII-5	10.44	13.26
Nudo XI-13	3.48	14.16	Nudo SXIII-6	7.29	13.25
Nudo XI-14	6.96	14.51	Nudo SXIII-7	3.81	13.33
Nudo SXI-1	6.96	14.81	Nudo SXIII-8	3.81	13.47
Nudo SXI-2	6.96	14.38	Nudo SXIII-9	2.76	13.7
Nudo SXI-3	6.96	14.09	Nudo SXIII-10	0.69	13.68
Nudo SXI-4	6.96	13.9	Nudo SXIII-11	1.1	13.49
Nudo SXI-5	10.44	13.84	Nudo SXIII-12	1.38	13.12
Nudo SXI-6	10.44	13.67	Nudo SXIII-13	3.8	13.03

ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m	ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m
<b>Malla XIV</b>			<b>Malla XVI (continuación)</b>		
Nudo XIV-1	3.48	13.1	Nudo XVI-9	3.48	12.3
Nudo XIV-2	3.48	12.87	Nudo XVI-10	3.48	12.49
Nudo XIV-3	3.48	12.72	Nudo SXVI-1	2.76	12.46
Nudo XIV-4	2.43	12.53	Nudo SXVI-2	3.63	12.34
Nudo XIV-5	3.81	12.52	Nudo SXVI-3	2.08	12.44
Nudo XIV-6	2.76	12.61	Nudo SXVI-4	2.08	12.3
Nudo XIV-7	1.21	12.71	Nudo SXVI-5	4.84	12.19
Nudo XIV-8	1.21	12.81	Nudo SXVI-6	4.14	12.32
Nudo XIV-9	1.21	12.93			
Nudo XIV-10	1.38	13.1	<b>Malla XVII</b>		
Nudo SXIV-1	10.44	12.49	Nudo XVII-1	0.52	12.36
Nudo SXIV-2	13.92	12.3	Nudo XVII-2	0.52	12.33
Nudo SXIV-3	6.24	12.4	Nudo XVII-3	1.56	12.33
Nudo SXIV-4	3.81	12.56	Nudo XVII-4	1.04	12.34
Nudo SXIV-5	2.76	12.72	Nudo XVII-5	1.38	12.42
Nudo SXIV-6	2.76	12.6	Nudo XVII-6	1.38	12.52
Nudo SXIV-7	0.73	12.78	Nudo SXVII-1	6.24	12.28
Nudo SXIV-8	1.77	12.66	Nudo SXVII-2	9.38	12.14
			Nudo SXVII-3	5.56	12.19
<b>Malla XV</b>			Nudo SXVII-4	2.08	12.25
Nudo XV-1	0.52	14.03	Nudo SXVII-5	3.63	12.24
Nudo XV-2	1.74	13.67	Nudo SXVII-6	2.76	12.34
Nudo XV-3	1.74	13.38			
Nudo XV-4	1.74	13.15	<b>Malla XVIII</b>		
Nudo XV-5	2.43	12.95	Nudo XVIII-1	0.52	12.31
Nudo XV-6	2.43	12.78	Nudo XVIII-2	1.04	12.31
Nudo XV-7	2.43	12.67	Nudo XVIII-3	0.52	12.33
Nudo XV-8	4.86	12.66	Nudo XVIII-4	1.04	12.36
Nudo XV-9	2.43	12.67	Nudo XVIII-5	1.04	12.42
Nudo SXV-1	6.96	13.23	Nudo XVIII-6	1.21	12.49
Nudo SXV-2	6.96	12.97	Nudo XVIII-7	1.21	12.63
Nudo SXV-3	10.44	12.74	Nudo SXVIII-1	2.76	12.18
Nudo SXV-4	6.96	12.99	Nudo SXVIII-2	3.63	12.05
Nudo SXV-5	10.44	12.86	Nudo SXVIII-3	2.08	12.13
Nudo SXV-6	13.92	12.62	Nudo SXVIII-4	3.12	12.05
Nudo SXV-7	10.44	12.63	Nudo SXVIII-5	4.84	11.96
Nudo SXV-8	6.96	12.86	Nudo SXVIII-6	4.14	12.13
Nudo SXV-9	6.96	12.9	Nudo SXVIII-7	2.76	12.24
Nudo SXV-10	10.44	12.66	Nudo SXVIII-8	3.63	12.13
			Nudo SXVIII-9	2.08	12.17
<b>Malla XVI</b>			Nudo SXVIII-10	1.77	12.53
Nudo XVI-1	0.69	13.04	Nudo SXVIII-11	0.31	12.49
Nudo XVI-2	0.69	12.96	Nudo SXVIII-12	1.82	12.3
Nudo XVI-3	0.52	12.89	Nudo SXVIII-13	1.56	12.14
Nudo XVI-4	0.52	12.84	Nudo SXVIII-14	1.04	11.99
Nudo XVI-5	0.97	12.67	Nudo SXVIII-15	1.56	11.94
Nudo XVI-6	0.97	12.54	Nudo SXVIII-16	2.08	12.06
Nudo XVI-7	0.52	12.45			
Nudo XVI-8	6.96	12.28			

ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m
<b>Malla XIX</b>		
Nudo XIX-1	0.52	16.17
Nudo XIX-2	0.52	15.96
Nudo XIX-3	2.01	15.74
Nudo XIX-4	0.97	15.53
Nudo XIX-5	0.97	15.34
Nudo XIX-6	0.97	15.16
Nudo SXIX-1	2.08	15.75
Nudo SXIX-2	3.12	15.44
Nudo SXIX-3	3.12	15.23
Nudo SXIX-4	3.12	15.07

ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m
<b>Empalme de Lobos</b>		
Nudo E-1	0.9	18.64
Nudo E-2	0.9	18.38
Nudo E-3	0.9	18.13
Nudo E-4	0.9	17.88
Nudo E-5	0.9	17.64
Nudo E-6	0.9	17.42
Nudo E-7	0.9	17.2
Nudo E-8	0.9	16.99
Nudo E-9	0.9	16.79
Nudo E-10	0.9	16.59
Nudo E-11	0.9	16.41
Nudo E-12	0.9	16.23
Nudo E-13	0.9	16.06
Nudo E-14	1.8	15.89
Nudo E-15	0.9	15.73
Nudo E-16	0.9	15.58
Nudo E-17	0.97	15.45
Nudo E-18	1.87	15.35
Nudo E-19	0.9	18.41
Nudo E-20	0.9	18.19
Nudo E-21	0.9	17.97
Nudo E-22	0.9	17.76
Nudo E-23	0.9	17.55
Nudo E-24	0.9	17.36
Nudo E-25	0.9	17.17
Nudo E-26	0.9	17
Nudo E-27	0.9	16.83
Nudo E-28	0.9	16.66
Nudo E-29	0.9	16.51
Nudo E-30	0.9	16.36
Nudo E-31	0.9	16.22
Nudo E-32	0.9	16.08
Nudo E-33	0.9	15.97

ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m
<b>Empalme de Lobos (continuación)</b>		
Nudo E-34	0.9	15.65
Nudo E-35	0.52	14.73
Nudo E-36	1.14	14.53
Nudo E-37	0.78	14.39
Nudo E-38	1.49	14.38
Nudo E-39	1.49	14.52
Nudo E-40	1.04	14.54
Nudo E-41	2.08	14.69
Nudo E-42	0	15.11
Nudo E-43	0.97	14.8
Nudo E-44	0.97	14.68
Nudo E-45	0.52	14.86
Nudo E-46	2.01	14.44
Nudo E-47	0.52	14.61
Nudo E-48	0.52	14.4
Nudo E-49	2.01	14.28
Nudo E-50	0.97	14.19
Nudo E-51	0.97	14.21
Nudo E-52	0	14.02
Nudo E-53	0.52	13.85
Nudo E-54	0.52	13.72
Nudo E-55	0.52	13.61
Nudo E-56	0.26	13.58
Nudo E-57	1.49	13.86
Nudo E-58	1.04	13.43
Nudo E-59	1.94	13.21
Nudo E-60	2.08	13.29
Nudo E-61	1.04	13.11
Nudo E-62	0.97	12.92
Nudo E-63	2.08	13.25
Nudo E-64	2.08	13.07
Nudo E-65	0.97	12.84
Nudo E-66	0.9	12.65
Nudo E-67	0.45	12.6
Nudo E-68	0.45	12.6
Nudo E-69	0.97	13.14
Nudo E-70	0.88	13.32
Nudo E-71	0.26	13.45
Nudo E-72	0	13.53
Nudo E-73	1.94	13.46
Nudo E-74	1.8	13.08
Nudo E-75	1.04	12.96
Nudo E-76	0.52	12.86
Nudo E-77	1.56	12.8
Nudo E-78	2.08	12.91
Nudo E-79	0.97	13.37
Nudo E-80	2.25	12.57

ID NUDO	Demanda Base LPM	Presión m
<b>Empalme de Lobos (continuación)</b>		
Nudo E-81	0.97	12.81
Nudo E-82	1.87	12.91
Nudo E-83	0.97	13.27
Nudo E-84	2.7	12.9
Nudo E-85	0.45	12.96
Nudo E-86	0.9	13.06

#### A5.4.3- Listado de líneas

ID Línea	Longitud m	Cañerías Principales				Pérdida Unit. m/km
		Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s		
<b>Malla I</b>						
Tubería LPI-1	100	36	6.29	0.1	0.66	
Tubería LPI-2	100	36	3.93	0.06	0.2	
Tubería LPI-3	100	21.2	2.96	0.14	1.56	
Tubería LPI-4	100	21.2	1.72	0.08	0.62	
Tubería LPI-5	100	21.2	0.54	0.03	0.19	
Tubería LPI-6	100	21.2	1.34	0.06	0.49	
Tubería LPI-7	100	21.2	2.97	0.14	1.64	
Tubería LPI-8	100	36	4.36	0.07	0.24	
Tubería LPI-9	100	27.2	6.33	0.18	2.57	
Tubería LPI-10	100	27.2	5.81	0.17	2.21	
Tubería LPI-11	100	21.2	0.01	0.01	0.01	
Tubería LPI-12	100	27.2	4.76	0.14	1.5	
Tubería LPI-13	100	21.2	2.84	0.13	1.45	
Tubería LPI-14	100	21.2	1.24	0.06	0.45	
Tubería LPI-15	50	45.2	0.86	0.01	0.01	
<b>Malla II</b>						
Tubería LPII-1	100	36	17.7	0.29	4.18	
Tubería LPII-2	100	36	15.16	0.25	3.18	
Tubería LPII-3	100	36	12.68	0.21	2.33	
Tubería LPII-4	100	36	10.44	0.17	1.66	
Tubería LPII-5	100	36	8.49	0.14	1.16	
Tubería LPII-6	100	45.2	11.15	0.12	0.65	
Tubería LPII-7	100	45.2	16.14	0.17	1.24	
Tubería LPII-8	100	45.2	21.17	0.22	2	
Tubería LPII-9	100	45.2	26.21	0.27	2.92	
Tubería LPII-10	100	45.2	30.91	0.32	3.91	
Tubería LPII-11	100	21.2	1.07	0.05	0.39	
Tubería LPII-12	100	36	5.33	0.09	0.41	
<b>Malla III</b>						
Tubería LPIII-1	100	45.2	12.83	0.13	0.83	
Tubería LPIII-2	100	45.2	16.07	0.17	1.23	
Tubería LPIII-3	100	45.2	19.55	0.2	1.74	
Tubería LPIII-4	100	45.2	23.03	0.24	2.32	
Tubería LPIII-5	100	45.2	26.21	0.27	2.92	

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla IV</b>					
Tubería LPIV-1	100	57	37.03	0.24	1.85
Tubería LPIV-2	100	57	34.71	0.23	1.65
Tubería LPIV-3	100	57	32.12	0.21	1.44
Tubería LPIV-4	100	57	29.42	0.19	1.23
Tubería LPIV-5	100	57	26.69	0.17	1.03
Tubería LPIV-6	100	57	24	0.16	0.86
Tubería LPIV-7	100	45.2	9.02	0.09	0.45
Tubería LPIV-8	100	45.2	5.24	0.05	0.11
<b>Malla V</b>					
Tubería LPV-1	100	57	43.35	0.28	2.46
Tubería LPV-2	100	57	39.36	0.26	2.07
Tubería LPV-3	100	57	34.99	0.23	1.68
Tubería LPV-4	100	57	30.86	0.2	1.34
Tubería LPV-5	100	57	27.6	0.18	1.1
Tubería LPV-6	100	57	22.99	0.15	0.79
Tubería LPV-7	100	57	36.04	0.24	1.77
Tubería LPV-8	100	57	39.14	0.26	2.05
Tubería LPV-9	400	57	44.48	0.29	2.57
Tubería LPV-10	100	67.8	44.42	0.21	1.16
Tubería LPV-11	100	45.2	37.35	0.39	5.48
<b>Malla VI</b>					
Tubería LPVI-1	100	45.2	31.85	0.33	4.13
Tubería LPVI-2	100	45.2	28.47	0.3	3.38
Tubería LPVI-3	100	45.2	24.33	0.25	2.56
Tubería LPVI-4	100	45.2	20.81	0.22	1.94
Tubería LPVI-5	100	45.2	17.62	0.18	1.45
Tubería LPVI-6	100	81.4	91.46	0.29	1.86
Tubería LPVI-7	100	81.4	158.54	0.51	4.31
Tubería LPVI-8	100	81.4	162.4	0.52	4.51
Tubería LPVI-9	100	81.4	166.97	0.53	4.74
Tubería LPVI-10	100	81.4	171.89	0.55	5
Tubería LPVI-11	100	67.8	91.92	0.42	4.32
Tubería LPVI-12	100	67.8	82.21	0.38	3.53
Tubería LPVI-13	100	67.8	80.83	0.37	2.99
Tubería LPVI-14	100	67.8	77.43	0.36	2.77
Tubería LPVI-15	100	99.4	264.5	0.57	4.36
Tubería LPVI-16	50	81.4	66.39	0.21	0.76
<b>Malla VII</b>					
Tubería LPVII-1	150	180.8	1263.08	0.82	3.15
Tubería LPVII-2	100	180.8	1256.93	0.82	3.12
Tubería LPVII-3	100	180.8	459.77	0.3	1.06
Tubería LPVII-4	100	180.8	457.18	0.3	0.78
Tubería LPVII-5	100	162.8	456.66	0.37	1.66
Tubería LPVII-6	100	180.8	455.4	0.3	1.04
Tubería LPVII-7	100	180.8	453.66	0.29	1.03
Tubería LPVII-8	100	180.8	451.66	0.29	1.03



ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla VII (continuación)</b>					
Tubería LPVII-9	100	180.8	450.69	0.29	0.76
Tubería LPVII-10	200	180.8	450.39	0.29	0.63
Tubería LPVII-11	100	180.8	448.08	0.29	0.75
Tubería LPVII-12	100	180.8	446.16	0.29	0.75
Tubería LPVII-13	100	180.8	366.2	0.24	0.52
Tubería LPVII-14	100	180.8	367.92	0.24	0.52
Tubería LPVII-15	100	180.8	369.51	0.24	0.53
Tubería LPVII-16	100	180.8	370.89	0.24	0.53
Tubería LPVII-17	100	180.8	699.87	0.45	2.35
Tubería LPVII-18	100	180.8	746.13	0.48	2.66
Tubería LPVII-19	100	180.8	796.12	0.52	3.01
Tubería LPVII-20	50	99.4	328.02	0.7	4.94
<b>Malla VIII</b>					
Tubería LPVIII-1	100	99.4	178.17	0.38	2.57
Tubería LPVIII-2	100	99.4	174.29	0.37	2.46
Tubería LPVIII-3	100	99.4	170.08	0.37	2.36
Tubería LPVIII-4	100	99.4	166.04	0.36	2.25
Tubería LPVIII-5	100	99.4	162.29	0.35	2.16
Tubería LPVIII-6	100	99.4	161.32	0.35	2.14
Tubería LPVIII-7	100	99.4	158.64	0.34	2.07
Tubería LPVIII-8	200	99.4	155.88	0.33	1.66
Tubería LPVIII-9	100	99.4	61.52	0.13	0.37
Tubería LPVIII-10	100	99.4	76.87	0.17	0.55
Tubería LPVIII-11	100	99.4	217.27	0.47	3.71
Tubería LPVIII-12	100	99.4	232.71	0.5	4.21
Tubería LPVIII-13	100	99.4	246.9	0.53	4.7
Tubería LPVIII-14	100	99.4	139.38	0.3	1.36
Tubería LPVIII-15	100	99.4	142.58	0.31	1.41
Tubería LPVIII-16	100	99.4	146.22	0.31	1.48
Tubería LPVIII-17	100	99.4	149.84	0.32	1.55
Tubería LPVIII-18	50	99.4	546.82	1.17	12.35
<b>Malla IX</b>					
Tubería LPIX-1	100	125	438.78	0.6	3.86
Tubería LPIX-2	100	125	424.85	0.58	3.64
Tubería LPIX-3	100	125	410.29	0.56	3.41
Tubería LPIX-4	100	125	396.21	0.54	3.2
Tubería LPIX-5	100	125	383.87	0.52	3.02
Tubería LPIX-6	30	125	448.51	0.61	3.26
Tubería LPIX-7	70	99.4	209.24	0.45	3.46
Tubería LPIX-8	100	99.4	196.27	0.42	3.07
Tubería LPIX-9	100	99.4	181.82	0.39	2.66
Tubería LPIX-10	100	81.4	86.37	0.28	1.68
Tubería LPIX-11	100	81.4	97.43	0.31	2.09
Tubería LPIX-12	100	81.4	111.19	0.36	2.66
Tubería LPIX-13	100	81.4	125.2	0.4	3.31
Tubería LPIX-14	100	81.4	137.05	0.44	3.9

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla X</b>					
Tubería LPX-1	100	99.4	166.97	0.36	2.28
Tubería LPX-2	100	99.4	152.29	0.33	1.92
Tubería LPX-3	100	99.4	137.01	0.29	1.58
Tubería LPX-4	100	85.7	38.84	0.11	0.31
Tubería LPX-5	100	99.4	156.62	0.34	2.02
Tubería LPX-6	100	99.4	165.18	0.35	2.23
Tubería LPX-7	100	99.4	174.6	0.38	2.47
Tubería LPX-8	100	99.4	182.11	0.39	2.67
Tubería LPX-9	100	99.4	186.35	0.4	2.79
Tubería LPX-10	100	99.4	187.49	0.4	2.82
Tubería LPX-11	100	99.4	199.97	0.43	3.18
<b>Malla XI</b>					
Tubería LPXI-1	100	99.4	238.75	0.51	3.61
Tubería LPXI-2	100	99.4	226.6	0.49	3.28
Tubería LPXI-3	100	99.4	213.47	0.46	2.94
Tubería LPXI-4	100	99.4	200.42	0.43	2.62
Tubería LPXI-5	100	99.4	188.08	0.4	2.34
Tubería LPXI-6	100	99.4	177.5	0.38	2.1
Tubería LPXI-7	70	67.8	72.91	0.34	2.84
Tubería LPXI-8	100	67.8	56.49	0.26	1.79
Tubería LPXI-9	100	67.8	38.66	0.18	0.9
Tubería LPXI-10	100	67.8	25.94	0.12	0.44
Tubería LPXI-11	100	67.8	39.14	0.18	0.92
Tubería LPXI-12	100	67.8	53.04	0.24	1.59
Tubería LPXI-13	100	67.8	67.55	0.31	2.47
Tubería LPXI-14	100	67.8	81.54	0.38	3.47
Tubería LPXI-15	100	67.8	94.26	0.44	4.52
<b>Malla XII</b>					
Tubería LPXII-1	100	67.8	45.81	0.21	1.23
Tubería LPXII-2	100	67.8	27.45	0.13	0.49
Tubería LPXII-3	100	67.8	10.09	0.05	0.07
Tubería LPXII-4	100	99.4	95.06	0.2	0.81
Tubería LPXII-5	100	99.4	109.88	0.24	1.05
Tubería LPXII-6	100	99.4	126.65	0.27	1.37
Tubería LPXII-7	100	99.4	143.76	0.31	1.73
Tubería LPXII-8	100	99.4	159.23	0.34	2.09
Tubería LPXII-9	100	99.4	171.63	0.37	2.39
<b>Malla XIII</b>					
Tubería LPXIII-1	100	45.2	17.97	0.19	1.5
Tubería LPXIII-2	100	36	6.16	0.1	0.63
Tubería LPXIII-3	100	36	5.22	0.09	0.39
Tubería LPXIII-4	100	81.4	66.97	0.19	0.84
Tubería LPXIII-5	100	81.4	74.73	0.22	1.02
Tubería LPXIII-6	100	81.4	82.84	0.24	1.23
Tubería LPXIII-7	100	81.4	89.56	0.26	1.42
Tubería LPXIII-8	100	81.4	93.21	0.27	1.53

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla XIII (continuación)</b>					
Tubería LPXIII-9	100	81.4	94.59	0.27	1.57
Tubería LPXIII-10	100	81.4	104.79	0.3	1.89
Tubería LPXIII-11	100	81.4	108.1	0.31	2
<b>Malla XIV</b>					
Tubería LPXIV-1	100	67.8	80.22	0.37	3.37
Tubería LPXIV-2	100	67.8	65.77	0.3	2.35
Tubería LPXIV-3	100	67.8	51.57	0.24	1.52
Tubería LPXIV-4	100	36	11.15	0.18	1.86
Tubería LPXIV-5	100	36	3.1	0.05	0.15
Tubería LPXIV-6	100	36	7.39	0.12	0.91
Tubería LPXIV-7	100	45.2	14.29	0.15	1
Tubería LPXIV-8	100	67.8	40.64	0.19	0.99
Tubería LPXIV-9	100	67.8	46.9	0.22	1.28
Tubería LPXIV-10	100	67.8	53.28	0.25	1.61
Tubería LPXIV-11	100	67.8	55.34	0.26	1.72
<b>Malla XV</b>					
Tubería LPXV-1	30	81.4	102.85	0.33	1.75
Tubería LPXV-2	100	67.8	89.89	0.41	3.62
Tubería LPXV-3	100	67.8	79.52	0.37	2.91
Tubería LPXV-4	100	67.8	69.51	0.32	2.29
Tubería LPXV-5	100	57	38.81	0.25	2.02
Tubería LPXV-6	100	57	35.5	0.23	1.72
Tubería LPXV-7	100	57	27.9	0.18	1.12
Tubería LPXV-8	100	45.2	2.72	0.03	0.05
Tubería LPXV-9	100	57	8.74	0.06	0.12
Tubería LPXV-10	100	57	16.1	0.11	0.42
Tubería LPXV-11	50	57	12.44	0.08	0.23
<b>Malla XVI</b>					
Tubería LPXVI-1	100	57	28.96	0.19	1.09
Tubería LPXVI-2	100	57	25.53	0.17	0.87
Tubería LPXVI-3	100	57	22.05	0.14	0.67
Tubería LPXVI-4	100	57	19.02	0.12	0.52
Tubería LPXVI-5	100	45.2	19.36	0.2	1.71
Tubería LPXVI-6	100	45.2	16.45	0.17	1.28
Tubería LPXVI-7	100	45.2	13.48	0.14	0.85
Tubería LPXVI-8	100	27.2	5.08	0.15	1.75
Tubería LPXVI-9	100	36	3.92	0.06	0.2
Tubería LPXVI-10	100	36	11.37	0.19	1.93
Tubería LPXVI-11	100	45.2	19.7	0.2	1.76
<b>Malla XVII</b>					
Tubería LPXVII-1	100	36	7.89	0.13	0.97
Tubería LPXVII-2	100	36	4.39	0.07	0.23
Tubería LPXVII-3	100	36	1.8	0.03	0.08
Tubería LPXVII-4	100	36	2.22	0.04	0.1
Tubería LPXVII-5	100	36	7.26	0.12	0.89

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla XVII (continuación)</b>					
Tubería LPXVII-6	100	45.2	14.1	0.15	0.98
Tubería LPXVII-7	100	45.2	20.84	0.22	1.95

<b>Malla XVIII</b>					
Tubería LPXVIII-1	100	36	2.45	0.04	0.11
Tubería LPXVIII-2	100	36	0.17	0.01	0.01
Tubería LPXVIII-3	100	36	2.94	0.05	0.13
Tubería LPXVIII-4	100	36	5.01	0.08	0.32
Tubería LPXVIII-5	100	36	6.05	0.1	0.6
Tubería LPXVIII-6	100	45.2	11.46	0.12	0.68
Tubería LPXVIII-7	100	45.2	17.29	0.18	1.4
Tubería LPXVIII-8	100	57	23.12	0.15	0.8

<b>Malla XIX</b>					
Tubería LPXIX-1	100	57	41.41	0.27	2.26
Tubería LPXIX-2	100	57	39.55	0.26	2.09
Tubería LPXIX-3	100	57	37.7	0.25	1.91
Tubería LPXIX-4	100	57	35.66	0.23	1.73
Tubería LPXIX-5	100	57	33.8	0.22	1.58
Tubería LPXIX-6	100	57	44.89	0.29	2.36
Tubería LPXIX-7	100	57	41.93	0.27	2.09

<b>Cañerías secundarias</b>					
ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla I</b>					
Tubería LSI-1	100	16.4	1.39	0.11	1.43
Tubería LSI-2	100	16.4	1.58	0.12	1.64
Tubería LSI-3	100	16.4	0.32	0.03	0.32
Tubería LSI-4	100	16.4	0.57	0.04	0.57
Tubería LSI-5	100	16.4	2.34	0.18	3.66
Tubería LSI-6	100	16.4	0.38	0.03	0.38
Tubería LSI-7	100	16.4	0.45	0.04	0.44
Tubería LSI-8	100	16.4	2.06	0.16	2.6
Tubería LSI-9	100	16.4	0.13	0.01	0.13
Tubería LSI-10	100	16.4	0.74	0.06	0.74
Tubería LSI-11	100	16.4	1.74	0.14	1.86
Tubería LSI-12	100	16.4	0.38	0.03	0.38
Tubería LSI-13	100	16.4	1.46	0.11	1.5

<b>Malla II</b>					
Tubería LSII-1	100	16.4	2.66	0.21	5.41
Tubería LSII-2	100	16.4	1.58	0.12	1.64
Tubería LSII-3	100	16.4	1.09	0.09	1.11
Tubería LSII-4	100	16.4	2.21	0.17	3.11
Tubería LSII-5	100	16.4	1.51	0.12	1.56
Tubería LSII-6	100	16.4	1.26	0.1	1.29
Tubería LSII-7	100	16.4	1.86	0.15	2.07
Tubería LSII-8	100	16.4	1.26	0.1	1.3

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla II (continuación)</b>					
Tubería LSII-9	100	16.4	1.32	0.1	1.36
Tubería LSII-10	100	16.4	1.32	0.1	1.36
Tubería LSII-11	100	16.4	0.98	0.08	1
Tubería LSII-12	100	16.4	1.44	0.11	1.48
Tubería LSII-13	100	16.4	0.62	0.05	0.62
<b>Malla III</b>					
Tubería LSIII-1	100	16.4	3.2	0.25	8.42
Tubería LSIII-2	100	16.4	2.4	0.19	3.94
Tubería LSIII-3	100	16.4	2.38	0.19	3.84
Tubería LSIII-4	100	16.4	2.57	0.2	4.87
Tubería LSIII-5	100	16.4	1.55	0.12	1.6
Tubería LSIII-6	100	16.4	2.5	0.2	4.47
Tubería LSIII-7	100	16.4	0.47	0.04	0.46
Tubería LSIII-8	100	16.4	2.34	0.18	3.69
Tubería LSIII-9	100	16.4	1.49	0.12	1.54
Tubería LSIII-10	100	16.4	3.6	0.28	10.28
Tubería LSIII-11	100	16.4	0.46	0.04	0.46
Tubería LSIII-12	100	16.4	2.49	0.2	4.43
Tubería LSIII-13	100	16.4	2.41	0.19	4.03
Tubería LSIII-14	100	16.4	0.64	0.05	0.64
Tubería LSIII-15	100	16.4	2.78	0.22	6.13
Tubería LSIII-16	100	16.4	1.7	0.13	1.79
Tubería LSIII-17	100	16.4	0.82	0.06	0.83
Tubería LSIII-18	100	16.4	2.79	0.22	6.18
Tubería LSIII-19	100	16.4	0.21	0.02	0.2
Tubería LSIII-20	100	16.4	0.16	0.01	0.16
Tubería LSIII-21	100	16.4	2.55	0.2	4.75
Tubería LSIII-22	100	16.4	1.64	0.13	1.7
<b>Malla IV</b>					
Tubería LSIV-1	100	16.4	2.27	0.18	3.35
Tubería LSIV-2	100	16.4	1.35	0.11	1.38
Tubería LSIV-3	100	16.4	1.31	0.1	1.35
Tubería LSIV-4	100	16.4	1.8	0.14	1.96
Tubería LSIV-5	100	16.4	1.63	0.13	1.7
Tubería LSIV-6	100	16.4	1.21	0.1	1.24
Tubería LSIV-7	100	16.4	1.52	0.12	1.58
Tubería LSIV-8	100	16.4	1.73	0.14	1.83
Tubería LSIV-9	100	16.4	1.12	0.09	1.14
Tubería LSIV-10	100	16.4	1.25	0.1	1.28
Tubería LSIV-11	100	16.4	1.76	0.14	1.89
Tubería LSIV-12	100	16.4	1.06	0.08	1.08
Tubería LSIV-13	100	16.4	0.95	0.08	0.97
Tubería LSIV-14	100	16.4	1.72	0.14	1.82
Tubería LSIV-15	100	16.4	0.94	0.07	0.95
Tubería LSIV-16	100	16.4	0.55	0.04	0.55

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla V</b>					
Tubería LSV-1	100	16.4	3.43	0.27	9.46
Tubería LSV-2	100	16.4	1.47	0.12	1.51
Tubería LSV-3	100	16.4	2.13	0.17	2.84
Tubería LSV-4	100	16.4	1.95	0.15	2.28
Tubería LSV-5	100	16.4	1.32	0.1	1.36
Tubería LSV-6	100	16.4	1.81	0.14	1.97
Tubería LSV-7	100	16.4	0.37	0.03	0.37
Tubería LSV-8	100	16.4	2.57	0.2	4.89
Tubería LSV-9	100	16.4	0.98	0.08	1
Tubería LSV-10	100	16.4	1.17	0.09	1.2
Tubería LSV-11	100	16.4	2.42	0.19	4.03
Tubería LSV-12	100	16.4	1.08	0.08	1.1
Tubería LSV-13	100	16.4	0.86	0.07	0.87
<b>Malla VI</b>					
Tubería LSVI-1	100	16.4	2.71	0.21	5.66
Tubería LSVI-2	100	16.4	1.21	0.1	1.24
Tubería LSVI-3	100	16.4	3.97	0.31	12.18
Tubería LSVI-4	100	16.4	2.71	0.21	5.66
Tubería LSVI-5	100	16.4	1.02	0.08	1.04
Tubería LSVI-6	100	16.4	2.32	0.18	3.58
Tubería LSVI-7	100	16.4	1.91	0.15	2.18
Tubería LSVI-8	100	16.4	0.66	0.05	0.66
Tubería LSVI-9	100	16.4	2.16	0.17	2.93
Tubería LSVI-10	100	16.4	0.58	0.05	0.58
Tubería LSVI-11	100	16.4	0.7	0.06	0.7
Tubería LSVI-12	100	16.4	2.26	0.18	3.34
Tubería LSVI-13	100	16.4	1.87	0.15	2.1
Tubería LSVI-14	100	16.4	3.17	0.25	8.28
Tubería LSVI-15	100	16.4	1.99	0.16	2.4
Tubería LSVI-16	100	16.4	1.09	0.09	1.11
Tubería LSVI-17	100	16.4	3.88	0.31	11.67
Tubería LSVI-18	100	16.4	2.13	0.17	2.83
Tubería LSVI-19	100	16.4	4.24	0.33	13.58
Tubería LSVI-20	100	16.4	4.36	0.34	14.26
<b>Malla VII</b>					
Tubería LSVII-1	100	16.4	1.62	0.13	1.69
Tubería LSVII-2	100	16.4	0.75	0.06	0.75
Tubería LSVII-3	100	16.4	2.05	0.16	2.57
Tubería LSVII-4	100	16.4	0.77	0.06	0.78
Tubería LSVII-5	100	16.4	1.27	0.1	1.3
Tubería LSVII-6	100	16.4	1.03	0.08	1.05
Tubería LSVII-7	100	16.4	0.74	0.06	0.74
Tubería LSVII-8	100	16.4	2.74	0.22	5.87
Tubería LSVII-9	100	16.4	3.4	0.27	9.35
Tubería LSVII-10	100	16.4	2.24	0.18	3.22
Tubería LSVII-11	100	16.4	1.89	0.15	2.13
Tubería LSVII-12	100	16.4	2.19	0.17	2.96

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla VII (continuación)</b>					
Tubería LSVII-13	100	16.4	0.97	0.08	0.99
Tubería LSVII-14	100	16.4	0.7	0.06	0.69
Tubería LSVII-15	100	16.4	0.92	0.07	0.93
Tubería LSVII-16	100	16.4	1.26	0.1	1.26
Tubería LSVII-17	100	16.4	1.4	0.11	1.45
Tubería LSVII-18	100	16.4	1.19	0.09	1.22
Tubería LSVII-19	100	16.4	0.64	0.05	0.64
Tubería LSVII-20	100	16.4	1.08	0.09	1.1
Tubería LSVII-21	100	16.4	1.71	0.14	1.81
Tubería LSVII-22	100	16.4	0.19	0.01	0.19
Tubería LSVII-23	100	16.4	2.09	0.17	2.7
<b>Malla VIII</b>					
Tubería LSVIII-1	100	16.4	2.92	0.23	6.93
Tubería LSVIII-2	100	16.4	3.1	0.24	7.95
Tubería LSVIII-3	100	16.4	1.51	0.12	1.56
Tubería LSVIII-4	100	16.4	3.12	0.25	8.04
Tubería LSVIII-5	100	16.4	1.09	0.09	1.11
Tubería LSVIII-6	100	16.4	2.68	0.21	5.51
Tubería LSVIII-7	100	16.4	0.55	0.04	0.55
Tubería LSVIII-8	100	16.4	3.23	0.26	8.56
Tubería LSVIII-9	100	16.4	2.43	0.19	4.09
Tubería LSVIII-10	100	16.4	2.04	0.16	2.52
Tubería LSVIII-11	100	16.4	2.6	0.21	5.04
Tubería LSVIII-12	100	16.4	1.16	0.09	1.19
Tubería LSVIII-13	100	16.4	1.14	0.09	1.16
Tubería LSVIII-14	100	16.4	2.06	0.16	2.59
Tubería LSVIII-15	100	16.4	0.04	0	0.04
Tubería LSVIII-16	100	16.4	0.9	0.07	0.91
Tubería LSVIII-17	100	16.4	1.4	0.11	1.44
Tubería LSVIII-18	100	16.4	1.98	0.16	2.36
Tubería LSVIII-19	100	16.4	1.54	0.12	1.6
Tubería LSVIII-20	100	16.4	3.07	0.24	7.8
Tubería LSVIII-21	100	16.4	2.78	0.22	6.1
Tubería LSVIII-22	100	16.4	0.55	0.04	0.55
Tubería LSVIII-23	100	16.4	1.71	0.13	1.8
Tubería LSVIII-24	100	16.4	1.92	0.15	2.21
Tubería LSVIII-25	100	16.4	0.4	0.03	0.4
Tubería LSVIII-26	100	16.4	1.79	0.14	1.95
Tubería LSVIII-27	100	16.4	1	0.08	1.01
<b>Malla IX</b>					
Tubería LSIX-1	100	27.2	11.44	0.33	7.16
Tubería LSIX-2	100	27.2	12.19	0.35	8
Tubería LSIX-3	100	27.2	8.63	0.25	4.38
Tubería LSIX-4	100	27.2	12.82	0.37	8.75
Tubería LSIX-5	100	27.2	6.7	0.19	2.83
Tubería LSIX-6	100	27.2	12.33	0.35	8.17
Tubería LSIX-7	100	27.2	4.52	0.13	1.31

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla IX (continuación)</b>					
Tubería LSIX-8	100	27.2	10.61	0.3	6.28
Tubería LSIX-9	100	27.2	1	0.03	0.13
Tubería LSIX-10	100	27.2	0.19	0.01	0.02
Tubería LSIX-11	100	27.2	7.17	0.21	3.18
Tubería LSIX-12	100	27.2	4.13	0.12	1
Tubería LSIX-13	100	27.2	7.56	0.22	3.48
Tubería LSIX-14	100	27.2	6.44	0.18	2.64
Tubería LSIX-15	100	27.2	7.79	0.22	3.67
Tubería LSIX-16	100	27.2	8.4	0.24	4.18
Tubería LSIX-17	100	27.2	8.03	0.23	3.87
Tubería LSIX-18	100	27.2	11.13	0.32	6.82
Tubería LSIX-19	100	27.2	3.8	0.11	0.79
Tubería LSIX-20	100	27.2	0.69	0.02	0.09
Tubería LSIX-21	100	27.2	0.57	0.02	0.08
Tubería LSIX-22	100	27.2	4.14	0.12	1.01

<b>Malla X</b>					
Tubería LSX-1	100	27.2	12.01	0.34	7.8
Tubería LSX-2	100	27.2	8.7	0.25	4.44
Tubería LSX-3	100	27.2	8.61	0.25	4.36
Tubería LSX-4	100	27.2	9.84	0.28	5.5
Tubería LSX-5	100	27.2	6.29	0.18	2.54
Tubería LSX-6	100	27.2	9.71	0.28	5.38
Tubería LSX-7	100	27.2	3.74	0.11	0.75
Tubería LSX-8	100	27.2	8.24	0.24	4.05
Tubería LSX-9	100	27.2	0.71	0.02	0.09
Tubería LSX-10	100	27.2	2.39	0.07	0.34
Tubería LSX-11	100	27.2	5.73	0.16	2.16
Tubería LSX-12	100	27.2	4.15	0.12	1.02
Tubería LSX-13	100	27.2	5.3	0.15	1.9
Tubería LSX-14	100	27.2	6.4	0.18	2.61
Tubería LSX-15	100	27.2	5.19	0.15	1.82
Tubería LSX-16	100	27.2	8.64	0.25	4.39
Tubería LSX-17	100	27.2	5.14	0.15	1.79
Tubería LSX-18	100	27.2	13.22	0.38	9.23
Tubería LSX-19	100	27.2	10.29	0.3	5.96
Tubería LSX-20	100	27.2	0.71	0.02	0.09
Tubería LSX-21	100	27.2	2.46	0.07	0.35
Tubería LSX-22	100	27.2	8.23	0.24	4.03
Tubería LSX-23	100	27.2	3.01	0.09	0.45
Tubería LSX-24	100	27.2	5.03	0.14	1.71
Tubería LSX-25	100	27.2	6.43	0.18	2.64
Tubería LSX-26	100	27.2	2.89	0.08	0.42
Tubería LSX-27	100	27.2	5.28	0.15	1.88
Tubería LSX-28	100	27.2	5.01	0.14	1.7
Tubería LSX-29	100	27.2	1.83	0.05	0.25
Tubería LSX-30	100	27.2	4.57	0.13	1.34
Tubería LSX-31	100	27.2	4.11	0.12	0.99
Tubería LSX-32	30	16.4	0.41	0.03	0.4



ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla X (continuación)</b>					
Tubería LSX-33	80	16.4	1.1	0.09	1.08
Tubería LSX-34	100	16.4	2.76	0.22	5.72
Tubería LSX-35	100	16.4	1.38	0.11	1.35
Tubería LSX-36	100	16.4	2.61	0.21	4.84
Tubería LSX-37	50	16.4	0.69	0.05	0.67
Tubería LSX-38	100	16.4	0.83	0.07	0.82
Tubería LSX-39	80	16.4	1.1	0.09	1.08
<b>Malla XI</b>					
Tubería LSXI-1	100	27.2	11.54	0.33	7.27
Tubería LSXI-2	100	27.2	10.41	0.3	6.08
Tubería LSXI-3	100	27.2	8.54	0.24	4.3
Tubería LSXI-4	100	27.2	11.38	0.33	7.1
Tubería LSXI-5	100	27.2	6.75	0.19	2.87
Tubería LSXI-6	100	27.2	11.31	0.32	7.02
Tubería LSXI-7	100	27.2	5.27	0.15	1.87
Tubería LSXI-8	100	27.2	10.6	0.3	6.27
Tubería LSXI-9	100	27.2	3.53	0.1	0.64
Tubería LSXI-10	100	27.2	8.84	0.25	4.57
Tubería LSXI-11	100	27.2	3.11	0.09	0.48
Tubería LSXI-12	100	27.2	11.16	0.32	6.86
Tubería LSXI-13	100	27.2	6.46	0.19	2.66
Tubería LSXI-14	100	27.2	8.33	0.24	4.13
Tubería LSXI-15	100	27.2	6.21	0.18	2.48
Tubería LSXI-16	100	27.2	6.4	0.18	2.62
Tubería LSXI-17	100	27.2	5.83	0.17	2.23
Tubería LSXI-18	100	27.2	4.87	0.14	1.59
Tubería LSXI-19	100	27.2	5.38	0.15	1.94
Tubería LSXI-20	100	27.2	2.86	0.08	0.42
Tubería LSXI-21	100	27.2	5.04	0.14	1.72
Tubería LSXI-22	100	27.2	2.86	0.08	0.42
Tubería LSXI-23	100	27.2	2.33	0.07	0.33
Tubería LSXI-24	100	27.2	2.3	0.07	0.32
Tubería LSXI-25	100	27.2	3.07	0.09	0.47
Tubería LSXI-26	100	27.2	3.05	0.09	0.46
Tubería LSXI-27	100	27.2	0.32	0.01	0.04
<b>Malla XII</b>					
Tubería LSXII-1	100	27.2	10.49	0.3	6.16
Tubería LSXII-2	100	27.2	8.08	0.23	3.91
Tubería LSXII-3	100	27.2	3.92	0.11	0.86
Tubería LSXII-4	100	27.2	7.69	0.22	3.59
Tubería LSXII-5	100	27.2	8.22	0.24	4.03
Tubería LSXII-6	100	27.2	3.09	0.09	0.47
Tubería LSXII-7	100	27.2	5.86	0.17	2.25
Tubería LSXII-8	100	27.2	7.95	0.23	3.81
Tubería LSXII-9	100	27.2	2.56	0.07	0.36
Tubería LSXII-10	100	27.2	4.29	0.12	1.12
Tubería LSXII-11	100	27.2	7.37	0.21	3.33

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla XII (continuación)</b>					
Tubería LSXII-12	100	27.2	2.45	0.07	0.35
Tubería LSXII-13	100	27.2	2.24	0.06	0.32
Tubería LSXII-14	100	27.2	6.56	0.19	2.73
Tubería LSXII-15	100	27.2	2.56	0.07	0.36
Tubería LSXII-16	100	27.2	4.2	0.12	1.06
Tubería LSXII-17	100	27.2	4.03	0.12	0.93
Tubería LSXII-18	100	27.2	4.97	0.14	1.67
Tubería LSXII-19	100	27.2	2.36	0.07	0.33
Tubería LSXII-20	100	27.2	6.07	0.17	2.39
Tubería LSXII-21	100	27.2	4.27	0.12	1.11
Tubería LSXII-22	100	27.2	6.45	0.19	2.65
Tubería LSXII-23	100	27.2	5.69	0.16	2.14
Tubería LSXII-24	100	27.2	5.85	0.17	2.24
Tubería LSXII-25	100	27.2	7.2	0.21	3.2
Tubería LSXII-26	100	27.2	4.29	0.12	1.13
Tubería LSXII-27	100	27.2	9.42	0.27	5.1
<b>Malla XIII</b>					
Tubería LSXIII-1	100	27.2	8.29	0.24	4.09
Tubería LSXIII-2	100	27.2	4.62	0.13	1.38
Tubería LSXIII-3	100	27.2	1.49	0.04	0.2
Tubería LSXIII-4	100	27.2	7.11	0.2	3.14
Tubería LSXIII-5	100	27.2	6.14	0.18	2.44
Tubería LSXIII-6	100	27.2	0.24	0.01	0.03
Tubería LSXIII-7	100	27.2	6.2	0.18	2.48
Tubería LSXIII-8	100	27.2	7.18	0.21	3.19
Tubería LSXIII-9	100	27.2	1.68	0.05	0.23
Tubería LSXIII-10	100	27.2	4.63	0.13	1.39
Tubería LSXIII-11	100	27.2	7.21	0.21	3.21
Tubería LSXIII-12	100	27.2	1.54	0.04	0.21
Tubería LSXIII-13	100	27.2	2.94	0.08	0.43
Tubería LSXIII-14	100	27.2	6.37	0.18	2.59
Tubería LSXIII-15	100	27.2	0.93	0.03	0.12
Tubería LSXIII-16	100	27.2	2.06	0.06	0.29
Tubería LSXIII-17	100	27.2	1.55	0.04	0.21
Tubería LSXIII-18	100	27.2	4.14	0.12	1.01
Tubería LSXIII-19	100	27.2	3.77	0.11	0.77
Tubería LSXIII-20	100	27.2	4.47	0.13	1.26
Tubería LSXIII-21	100	27.2	4.65	0.13	1.41
Tubería LSXIII-22	100	27.2	4.23	0.12	1.08
Tubería LSXIII-23	100	27.2	5.91	0.17	2.28
Tubería LSXIII-24	100	27.2	1.58	0.05	0.22
Tubería LSXIII-25	100	27.2	7.33	0.21	3.31
Tubería LSXIII-26	50	16.4	0.69	0.05	0.69
Tubería LSXIII-27	80	16.4	1.1	0.09	1.12
Tubería LSXIII-28	100	16.4	2.27	0.18	3.35
Tubería LSXIII-29	100	16.4	0.89	0.07	0.9
Tubería LSXIII-30	100	16.4	2.24	0.18	3.23
Tubería LSXIII-31	100	16.4	0.67	0.05	0.68

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla XIV</b>					
Tubería LSXIV-1	100	21.2	6.27	0.3	8.05
Tubería LSXIV-2	100	21.2	5.38	0.25	6.18
Tubería LSXIV-3	100	21.2	3.08	0.15	1.82
Tubería LSXIV-4	100	21.2	5.1	0.24	5.65
Tubería LSXIV-5	100	21.2	3.32	0.16	2.27
Tubería LSXIV-6	100	21.2	5.65	0.27	6.72
Tubería LSXIV-7	100	21.2	1.88	0.09	0.71
Tubería LSXIV-8	100	21.2	2.95	0.14	1.6
Tubería LSXIV-9	100	21.2	2.91	0.14	1.54
Tubería LSXIV-10	100	21.2	2.42	0.11	0.99
Tubería LSXIV-11	100	21.2	3.18	0.15	2
Tubería LSXIV-12	100	21.2	2.58	0.12	1.13
Tubería LSXIV-13	100	21.2	0.15	0.01	0.05
Tubería LSXIV-14	100	21.2	3.2	0.15	2.04
Tubería LSXIV-15	100	21.2	2.59	0.12	1.14
Tubería LSXIV-16	100	21.2	3.27	0.15	2.18
Tubería LSXIV-17	100	21.2	5.03	0.24	5.51
Tubería LSXIV-18	70	16.4	1.9	0.15	2.2
Tubería LSXIV-19	100	16.4	1.17	0.09	1.2
Tubería LSXIV-20	70	16.4	1.85	0.15	2.08
Tubería LSXIV-21	100	16.4	1.25	0.1	1.29
<b>Malla XV</b>					
Tubería LSXV-1	100	27.2	10.87	0.31	6.55
Tubería LSXV-2	100	27.2	8.63	0.25	4.38
Tubería LSXV-3	100	27.2	6.17	0.18	2.45
Tubería LSXV-4	100	27.2	6.37	0.18	2.59
Tubería LSXV-5	100	27.2	8.27	0.24	4.07
Tubería LSXV-6	100	27.2	5.98	0.17	2.33
Tubería LSXV-7	100	27.2	1.69	0.05	0.23
Tubería LSXV-8	100	27.2	11.49	0.33	7.21
Tubería LSXV-9	100	27.2	6.19	0.18	2.47
Tubería LSXV-10	100	27.2	2.66	0.08	0.38
Tubería LSXV-11	100	27.2	11.84	0.34	7.6
Tubería LSXV-12	100	27.2	4.5	0.13	1.29
Tubería LSXV-13	100	27.2	0.16	0	0.02
Tubería LSXV-14	100	27.2	6.06	0.17	2.38
Tubería LSXV-15	100	27.2	4.39	0.13	1.2
Tubería LSXV-16	100	27.2	0.42	0.01	0.06
Tubería LSXV-17	100	27.2	3.05	0.09	0.46
Tubería LSXV-18	100	27.2	10.68	0.31	6.35
Tubería LSXV-19	100	27.2	6.01	0.17	2.35
Tubería LSXV-20	100	27.2	2.52	0.07	0.36
Tubería LSXV-21	100	27.2	9.85	0.28	5.52
Tubería LSXV-22	100	27.2	2.45	0.07	0.35
Tubería LSXV-23	100	27.2	5.59	0.16	2.08
Tubería LSXV-24	100	27.2	6.04	0.17	2.37
Tubería LSXV-25	100	27.2	2.33	0.07	0.33
Tubería LSXV-26	100	27.2	5.62	0.16	2.09

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla XV (continuación)</b>					
Tubería LSXV-27	100	27.2	1.12	0.03	0.15
<b>Malla XVI</b>					
Tubería LSXVI-1	100	16.4	2.58	0.2	4.9
Tubería LSXVI-2	100	16.4	2.73	0.22	5.83
Tubería LSXVI-3	100	16.4	1.22	0.1	1.25
Tubería LSXVI-4	100	16.4	2.8	0.22	6.21
Tubería LSXVI-5	100	16.4	1.02	0.08	1.03
Tubería LSXVI-6	100	16.4	2.51	0.2	4.51
Tubería LSXVI-7	100	16.4	1.95	0.15	2.28
Tubería LSXVI-8	100	16.4	1.99	0.16	2.39
Tubería LSXVI-9	100	16.4	1.36	0.11	1.4
Tubería LSXVI-10	100	16.4	0.2	0.02	0.2
Tubería LSXVI-11	100	16.4	1.07	0.08	1.09
Tubería LSXVI-12	100	16.4	1.41	0.11	1.45
Tubería LSXVI-13	100	16.4	1.06	0.08	1.08
Tubería LSXVI-14	100	16.4	1.3	0.1	1.34
Tubería LSXVI-15	100	16.4	1.33	0.1	1.36
Tubería LSXVI-16	100	16.4	1.6	0.13	1.67
Tubería LSXVI-17	100	16.4	2.51	0.2	4.55
<b>Malla XVII</b>					
Tubería LSXVII-1	100	21.2	4.08	0.19	3.85
Tubería LSXVII-2	100	21.2	3.25	0.15	2.13
Tubería LSXVII-3	100	21.2	2.76	0.13	1.34
Tubería LSXVII-4	100	21.2	2.91	0.14	1.55
Tubería LSXVII-5	100	21.2	1.33	0.06	0.49
Tubería LSXVII-6	100	21.2	2.24	0.11	0.87
Tubería LSXVII-7	100	21.2	2.97	0.14	1.64
Tubería LSXVII-8	100	21.2	2.08	0.1	0.79
Tubería LSXVII-9	100	21.2	1.68	0.08	0.63
Tubería LSXVII-10	100	21.2	2.13	0.1	0.81
Tubería LSXVII-11	100	21.2	0.45	0.02	0.16
Tubería LSXVII-12	100	21.2	2.37	0.11	0.95
Tubería LSXVII-13	100	21.2	3.1	0.15	1.86
Tubería LSXVII-14	100	21.2	2.45	0.12	1.02
Tubería LSXVII-15	100	21.2	1.68	0.08	0.63
Tubería LSXVII-16	100	21.2	3.08	0.15	1.82
Tubería LSXVII-17	100	21.2	3.81	0.18	3.34
<b>Malla XVIII</b>					
Tubería LSXVIII-1	100	16.4	2.3	0.18	3.5
Tubería LSXVIII-2	100	16.4	2.28	0.18	3.42
Tubería LSXVIII-3	100	16.4	1.3	0.1	1.33
Tubería LSXVIII-4	100	16.4	2.36	0.19	3.78
Tubería LSXVIII-5	100	16.4	0.79	0.06	0.8
Tubería LSXVIII-6	100	16.4	1.87	0.15	2.09
Tubería LSXVIII-7	100	16.4	1.76	0.14	1.88
Tubería LSXVIII-8	100	16.4	2.08	0.16	2.64

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Caudal LPM	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
<b>Malla XVIII (continuación)</b>					
Tubería LSXVIII-9	100	16.4	0.76	0.06	0.76
Tubería LSXVIII-10	100	16.4	0.85	0.07	0.86
Tubería LSXVIII-11	100	16.4	0.82	0.06	0.83
Tubería LSXVIII-12	100	16.4	1.57	0.12	1.63
Tubería LSXVIII-13	100	16.4	0.53	0.04	0.53
Tubería LSXVIII-14	100	21.2	4.1	0.19	3.89
Tubería LSXVIII-15	100	21.2	3.99	0.19	3.69
Tubería LSXVIII-16	100	16.4	1.09	0.09	1.11
Tubería LSXVIII-17	100	16.4	2.39	0.19	3.89
Tubería LSXVIII-18	100	21.2	2.53	0.12	1.09
Tubería LSXVIII-19	100	16.4	2.32	0.18	3.58
Tubería LSXVIII-20	100	16.4	1.59	0.13	1.65
Tubería LSXVIII-21	100	16.4	0.37	0.03	0.37
Tubería LSXVIII-22	100	16.4	2.04	0.16	2.53
Tubería LSXVIII-23	100	16.4	1.14	0.09	1.16
Tubería LSXVIII-24	100	16.4	1.55	0.12	1.61
Tubería LSXVIII-25	70	16.4	2.02	0.16	2.51
Tubería LSXVIII-26	30	16.4	1.51	0.12	1.57
Tubería LSXVIII-27	150	16.4	1.2	0.09	1.21
Tubería LSXVIII-28	100	16.4	2.24	0.18	3.23
Tubería LSXVIII-29	100	16.4	1.62	0.13	1.63
Tubería LSXVIII-30	100	16.4	2.29	0.18	3.46
Tubería LSXVIII-31	100	16.4	1.5	0.12	1.51
Tubería LSXVIII-32	100	16.4	0.46	0.04	0.46
Tubería LSXVIII-33	100	16.4	1.1	0.09	1.12
Tubería LSXVIII-34	100	16.4	0.84	0.07	0.85
Tubería LSXVIII-35	100	16.4	2.33	0.18	3.63
<b>Malla XIX</b>					
Tubería LSXIX-1	100	16.4	2.45	0.19	4.2
Tubería LSXIX-2	100	16.4	0.16	0.01	0.15
Tubería LSXIX-3	100	16.4	2	0.16	2.42
Tubería LSXIX-4	100	16.4	2.21	0.17	3.13
Tubería LSXIX-5	100	16.4	0.88	0.07	0.89
Tubería LSXIX-6	100	16.4	1.91	0.15	2.18
Tubería LSXIX-7	100	16.4	1.88	0.15	2.12
Tubería LSXIX-8	100	16.4	1.07	0.08	1.09
Tubería LSXIX-9	100	16.4	1.66	0.13	1.73
Tubería LSXIX-10	100	16.4	1.49	0.12	1.54
Tubería LSXIX-11	100	16.4	0.89	0.07	0.9
Tubería LSXIX-12	100	16.4	1.3	0.1	1.34
Tubería LSXIX-13	100	16.4	0.56	0.04	0.56

**Anexo 6**

**Listado de proveedores**

**A6 - Listado de proveedores:**

Identificación	Dirección	Contactos	Ref.
Adrem Corp. Ind. S.A.	José P. Varela 3576 1417 CABA	Tel/Fax: 4502-3148, 4501-8416 agua@adrem.satlink.net	○ ■ ◇
Aeration Argentina S.A.	Av. Santa Fe 782 P. 5 Of. J 1640 Acassuso, Bs. As.	Tel: 4742-9559/9560, 4747-8924, Fax 4742-6886 aeration@impsat1.com.ar	○
Aguas S.R.L.	Avellaneda 1290 1642 San Isidro Bs. As.	Tel/Fax: 4743-3200 aguas@aguas.com.ar	◇
Aguas & Procesos	Mitra 673 2322 Sunchales, Santa Fe	Tel: 0493-20869 Fax 0493-21519 ingeniería@aguasyprocesos.com.ar	○ ■ ◇
Alstom Argentina S.A.	L. N. Alem 896 P 8 1001 CABA	Tel: 4891-9600, FAX 4314-2505 alstom@alstom.com	○
Andine S.A.	Luro 1259 1655 José L. Suárez, Bs. As.	Tel: 4729-6490/1015/4040 FAX 4720-0636 andine@teletel.com.ar	○
Aprol S.R.L.	J.M.de Rosas 3509 1678 Caseros Bs. As.	Tel: 4734-5977 Fax: 4734-5986	◇
Aquatherm Argentina S.A.	Víctor Hugo 1240 1407 CABA	Tel: 4567-9506, 4568-4616 FAX: 4568-4742	○ ◇
Argentaguas S.R.L.	Warnes 354 C1414AAQ CABA	Tel: 4854-5162, FAX 4857-1094 argentaguas@ciudad.com.ar	○
Awa S.A.	Gral. Pinto 726 1768 Villa Madero, Bs. As.	Tel: 4453-0350, FAX: 4652-8291 awa@overnet.com.ar	○
Base Ingeniería S.A.	Av. Mitre 4619 1663 San Miguel, Bs. As.	Tel: 4455-2675/76, FAX: 4455-6882 base@sminter.com.ar	○
Baker Process	Méjico 1651 1100 CABA	Tel: 4378-6400/72, FAX: 4378-6471 ignacio.astoreca@bakerhughes.com	○
Barwal S.R.L.	Hernandarias 1725 1164 Bs. As.	Tel: 4302-2500/2800 infobarwal@barwal.com	◇

**Listado de proveedores (continuación):**

Identificación	Dirección	Contactos	Ref.
Bayer Argentina S.A.	R. Gutiérrez 3652 1605 Munro Bs. As.	Tel: 4762-7196 Fax: 4762-7490	■
Betz Dearborn Argentina S.A.	Av. del Libertador 8616 1429 Bs. As.	Tel: 4703-3483 Fax: 4702-5758	◇
Biotecma S.A.	Feliziani 1984 5501 Godoy Cruz, Mendoza	Tel/FAX: 0261-4390230 Biotecma@impsat1.com.ar	○
Biosix S.A.	S. Ortiz 2498 P.2 1704 Ramos Mejia, Bs. As.	Tel/Fax: 4464-3173	■
Biotrat S.A.	Martín y Omar 136 1642 San Isidro, Bs. As.	Tel: 4742-6906, 4732-2216 4743-0729 biotrat@sinectis.com.ar	○ ◇
Blanco y Salgado S.A.	Traful 3707 1437 CABA	Tel 4911-0251/2915, 4912-8000, 4912-8029 blancal@redfederal.com	○ ■
Cahesa S.A.	La Huella 730 1888 Florencio Varela Bs. As.	Tel/Fax: (02229)-493500/493477 info@cahesa.com.ar	◇
Da Para Hnos. y Cía. S.A.	Rodolfo López 100 1878 Quilmes, Bs. As.	Tel:4254-7101/7096 FAX 4257-3555 ing.dapra@daprahnos.com.ar lic.dapra@daprahnos.com.ar	○ ■ ◇
Degremont S.A.	Talcahuano 718 P 6 1013 CABA	Tel: 4373-0202, FAX: 4373-0205 degremont@degremont.com.ar	○ ■ ◇
Devre Internacional S.A.	Carlos Pellegrini 445 P 4 Of. B, 1009 CABA	Tel/FAX: 4322-4151, 4394-9204 devre@ciudad.com.ar	○ ■
Dial Sudamericana S.R.L.	Av. Italia 988 1648 Tigre, Bs. As.	Tel: 4749-9146, FAX: 4731-0176 dial@satlink.com	○ ■
Dicsan S.A.	Eva Perón 1156 1824 Lanús Este Bs. As.	Tel/Fax: 4247-4471/ 4241-8793 dicsan@netex.com.ar	◇
Dow Química Arg. S.A.	Av. Madero 900 P.7 1106 Bs. As.	Tel: 4319-0328 cf.carlevaro@dow.com	■



**Listado de proveedores (continuación):**

Identificación	Dirección	Contactos	Ref.
E.C.C.A.	Maturín 2887 1016 CABA	Tel/FAX: 4581-8687, 4583-4311	○
Ecoionics S.A.	Marcelo T. de Alvear 1350 P 4 Of. B 1058 CABA	Tel: 4816-3135/313 FAX: 4816-2107 ecoionics@ciudad.com.ar	○ ■
Ecopreneur S.A.	Perú 699 1068 CABA	Tel: 4361-8555, FAX: 4361-8069 admin.@ecopreneur.com.ar	○ ■
Envirogreen S.A.	José Hernández 5584 1605 Munro, Bs. As.	Tel: 4762-4030/2422/6658 FAX: 4762-2491 envirogreen@giga.com.ar	○ ◇
Faisán S.A.	León XIII N° 154 Florencio Varela 1888 Bs. As.	Tel: 4275-0679 / 0922 FAX: 4275-1089 ventas@faisansa.com.ar	◇
Falmet S.R.L.	Colihue 187 1706 Haedo, Bs. As.	Tel: 4629-4149, FAX: 4483-3400 falmet@sinectis.com.ar	○
F. J. Llamas	Av. H. Irigoyen 10468 1834 Témpereley, Bs. As.	Tel: 4231-7639, FAX: 4231-5727 fjllamas@abaconet.com.ar	○ ■
Filsan Argentina S.A.	Córdoba 1351 P 10 1055 CABA	Tel: 4813-8685, 4372-3592 FAX: 4815-1450 filsanarg@sinectis.com.ar	○ ■
G.A.I.S.A.	Córdoba 1351 P.10 1055 Bs. As	Tel: 4813-9676 (L. rot.) gaisa@giga.com.ar	■
G.A.T. S.R.L.	Eva Perón 864, 1752 Lomas del Mirador, Bs. As.	Tel/FAX: 4488-3144/3763/3812, 4488-4001/4209 osmogat@satlink.com	○ ■
Glensol S.A.	Balcarce 880 P.8 1064 Bs. As.	Tel: 4362-5775/9874 oakite@glensol.com.ar	■ ◇
Hidro-Mecánica Argentina S.A.	Cnel. Charlone 958 1870 Avellaneda, Bs. As.	Tel: 4228-1640/39, 4208-1771 FAX: 4209-2367 hidromecar@overnet.com.ar	○ ■
Idenor Ingeniería S.R.L.	Calle 127 N° 3024 1650 San Martín, Bs. As.	Tel: 4753-3558, FAX: 4752-2830, 4752-8026 idenor@ecc.com.ar	○

**Listado de proveedores (continuación):**

Identificación	Dirección	Contactos	Ref.
Inquinat S.A.	Calle 86 N° 5792 1650 San Martín, Bs. As.	Tel: 4844-5560 FAX: 4844-5566 inquinat@inquinat.com.ar	○ ■ ◇
IPA Argentina S.A.	Av. Gral. Paz 4147, 1672 V. Lynch San Martín, Bs. As.	Tel: 4752-1800, 4753-3900 FAX: 4754-4461 ipa@overnet.com.ar	○ ■ ◇
Iprana	México 2724 C1223ABF CABA	Tel: 4931-3614/93 info@iprana.com.ar	■ ○
JAC y Asoc.	David Luque 1085 5000 Córdoba	Tel/Fax: (0351)423-0507 jacyas@arnet.com.ar	■ ○
Kemira S.A.	Bernardo de Irigoyen 380 P.8 1072 Bs. As.	Tel: 4342-9211 FAX: 4342-9216	◇
Maxide S.A.	Juncal 437 B1640GPI Martínez, Bs. As.	Tel/FAX: 4792-0797 maxide@telebrokers.com.ar	○
Micheli S.A.	Av. La Plata 1759 1250 CABA	Tel/FAX: 4921-0028/3717 micheli_sa@ciudad.com.ar	○ ■ ◇
Nalco Argentina S.A.	Av. L. N. Alem 712 P.10 1001 Bs. As.	Tel: 4310-6666 FAX: 4312-9801	◇
Organización Asesora Industrial S.A.	Ecuador 615 bis 2000 Rosario, Sta. Fe	Tel: (0341)-4561880/4563066 FAX: (0341)-4571783	◇
Praxair Argentina S.A.	Salta y Formosa 1661 Bella Vista, Bs. As.	Tel: 4666-1114 FAX: 4666-1114, 4668-0853	○
Productos y Procesos Ecológicos S.A.	Intendente Neyer 740 1643 Beccar Bs. As.	Tel/Fax: 4747-8300 (L. rot) ppe@infovia.com.ar	◇
Rincomar S.A.	Rivadavia 195 P11 Of. C 1642 San Isidro, Bs. As.	Tel: 4742-6336, FAX: 4742-9044 rincomar@tournet.com.ar	○
Romin Ingeniería S.A.	Calle 15 N° 1809 1900 La Plata, Bs. As.	Tel: 0221-451-0885, FAX: 0221-451-4139 info@romin.com	○ ■
Sabiur	Av. N° 44 y 190 1901 Lisandro Olmos Bs. As.	Tel/FAX: 0221-496-1831 ventas@sabinur.com.ar	◇
Serviur S.A.	H. Irigoyen 1427 P 9 y 10 1089 CABA	Tel: 4372-7785, 4383-8416 FAX: 4383-8425 serviur@teletel.com.ar	○ ■

**Listado de proveedores (continuación):**

Identificación	Dirección	Contactos	Ref.
Sintesia S.A.	Cnel. Seguí 1131 1824 Lanús Bs. As.	Tel: 4241-1347, 4249-1574 sintesia@infovia.com.ar	○ ■
SIS Ecológica S.R.L.	Borges 1772 1636 Olivos, Bs. As.	Tel: 4711-6670, FAX: 4799-3669 sis@ecology.com.ar	○
Towerton S.A.	Tte. Gral. Perón 1111 P 5 1038 CABA	Tel: 4381-0122, 4383-9881/9492 FAX: 4383-9492	○
Varagnetti	Matanza 3712/16 1824 Lanús Este, Bs. As.	Tel/FAX: 4202-7127, 4202-9151 varagnetti@ssdnet.com.ar	○

Referencia: ○ Proveedores de plantas de potabilización

- Proveedores de plantas de abatimiento de arsénico
- ◇ Proveedores de insumos (coagulantes y floculantes)