



## MEMORIA TÉCNICA

Proyecto: “Agua Segura en Comunidades Indígenas de la  
Provincia de Salta”

Julio 2022

Dirección Nacional de Agua Potable y Saneamiento



## Tabla de Contenido

1.	Introducción .....	3
2.	Área de Intervención .....	3
3.	Diseño de Precipitación .....	6
4.	Determinación de la demanda para usos domésticos .....	8
5.	Propuesta técnica del SCALL .....	10
5.1	Componentes básicos del sistema .....	10
5.1.1	Área de Captación .....	11
5.1.2	Conducción .....	11
5.1.3	Separación de primeras aguas .....	11
5.1.4	Sistema de almacenamiento .....	12
5.1.5	Tratamiento.....	12
5.2	Metodología de Dimensionamiento del SCALL.....	13
5.2.1	Cálculo del Área de Captación de Techos .....	13
5.2.2	Cálculo del Sistema de Conducción .....	14
5.2.2.1	Cálculo de Caudal en la Canaleta .....	15
5.2.2.2	Cálculo de la Sección en la Canaleta .....	15
5.2.2.3	Cálculo de la Sección de las Cañerías de Bajada .....	18
5.2.3	Separador de primeras aguas .....	18
5.2.4	Sistema de Almacenamiento .....	19
5.2.5	Sistema de extracción de agua .....	22
5.2.6	Tratamiento.....	22
6.	Acompañamiento social .....	22



## 1. Introducción

La sequía es uno de los fenómenos más severos relacionados al clima que afecta a los ecosistemas naturales, así como varias actividades humanas, causando serios daños, especialmente a las personas cuando no se dispone para consumo humano en cantidad y calidad suficiente, como así también a la economía de una región, especialmente al sector agrícola y a los sectores que dependen directamente de los recursos hídricos.

Por su parte la Organización Meteorológica Mundial, (OMM, 1992) define a la sequía como “el periodo anormal de tiempo seco, suficientemente prolongado, en el que la falta de precipitación causa un grave desequilibrio hidrológico”. También se puede definir la sequía como un déficit de precipitación, con relación a la considerada como normal en una región, durante un período de tiempo prolongado, resultando en una escasez de agua.

La sequía hidrológica puede notarse normalmente después de que ocurre la sequía meteorológica, primero disminuye la precipitación durante un tiempo y después empiezan a bajar los niveles de los ríos, de los embalses y acuíferos.

Los sistemas de Cosecha de Agua de Lluvia (SCALL) son sistemas para capturar o recolectar el agua de lluvia y almacenarla para distintos usos. Se aprovechan áreas impermeables, generalmente techos, aunque pueden ser patios, calles u otras superficies, como área de captación. El agua recolectada puede ser usada para riego, limpieza, servicios domésticos, recarga de acuíferos y consumo humano. Este último caso requiere cuidar la calidad del agua en la captación y el almacenamiento para posteriormente realizar una desinfección y posibilitar el consumo.

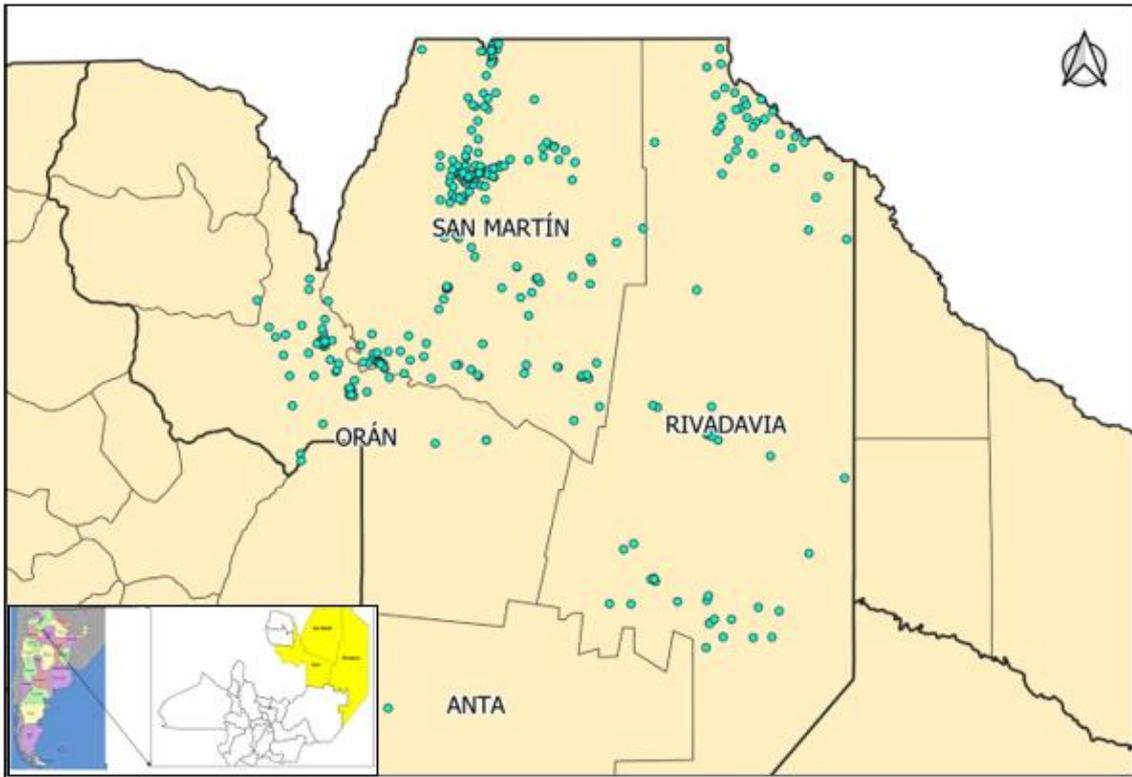
Los SCALL son particularmente útiles en zonas donde el régimen hidrológico presenta alternancia entre períodos húmedos y secos, permitiendo almacenar el agua durante los lapsos de abundancia para utilizarlos cuando el recurso es escaso.

A tales efectos el presente proyecto tiene por objeto desarrollar SCALL para brindar agua con fines domésticos y de consumo humano a población rural dispersa de distintos departamentos de la provincia de Salta.

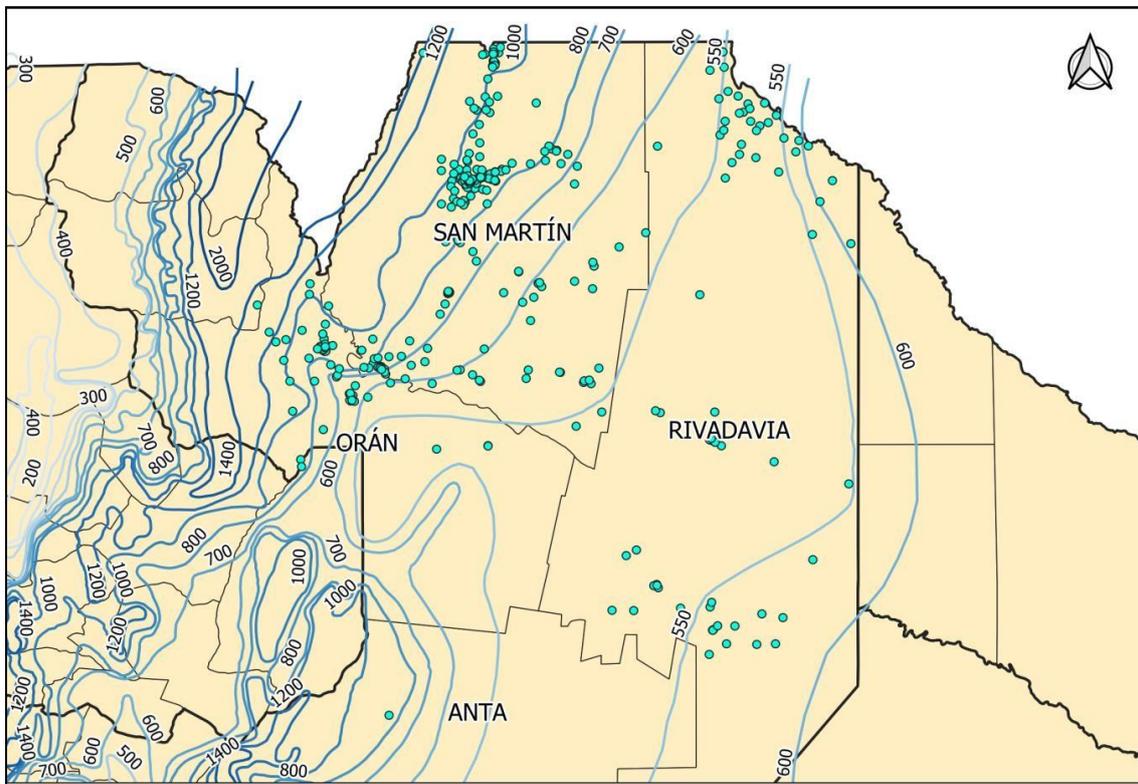
## 2. Área de Intervención

El área donde se propone asistir con sistemas de provisión de agua con fines domésticos, se localiza en los Departamentos Orán, San Martín y Rivadavia, ubicados en el Norte y este de la provincia, según el gráfico de la **Figura 1**.

La zona se caracteriza por tener un régimen de precipitaciones estivales, concentrado casi el 75% de las lluvias entre los meses de diciembre y marzo, con un importante gradiente pluviométrico que aumenta de Este a Oeste. La **Figura 2**, muestra las curvas isohietas del área de estudio, donde se observa que las precipitaciones varían desde unos 550 mm al este, hasta los 1200 mm anuales en el Noroeste.



**Figura 1 - Localización General del Área de Intervención**



**Figura 2 - Distribución de Precipitaciones en el área de estudio**



En todo este ámbito geográfico, se han identificado una importante cantidad de pequeñas comunidades y/o viviendas habitadas en gran medida por habitantes originarios, particularmente en lo que se denomina el Chaco Salteño, que fundamentalmente lo componen los departamentos de San Martín y Rivadavia.

El territorio se dividirá en 7 (siete) lotes, como se puede observar en la **Figura 3**,

- Lote 01: Cuya intervención se concentra mayoritariamente en zonas rurales próximas a las localidades de Aguaray, Tartagal, General Mosconi, General Ballivián y Embarcación, departamento de San Martín. Se construirán un total de 142 Sistemas de Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia (SCALL).
- Lote 02: Cuya intervención se concentra mayoritariamente en zonas rurales próximas a la localidad de Rivadavia Banda Norte, departamento de Rivadavia. Se construirán un total de 107 SCALL.
- Lote 03: Cuya intervención se concentra mayoritariamente en zonas rurales próximas al sector este de la localidad de Rivadavia Banda Sur, departamento de Rivadavia. Se construirán un total de 113 SCALL.
- Lote 04: Cuya intervención se concentra mayoritariamente en zonas rurales próximas al sector oeste de la localidad de Rivadavia Banda Sur (departamento de Rivadavia) y zonas rurales próximas a la localidad de Pichana (departamento de Orán). Se construirán un total de 103 SCALL.
- Lote 05: Cuya intervención se concentra mayoritariamente en zonas rurales próximas a la localidad de Santa María, municipio de Santa Victoria Este, departamento de Rivadavia. Se construirán un total de 147 SCALL.
- Lote 06: Cuya intervención se concentra mayoritariamente en zonas rurales próximas a la localidad de Santa Victoria Este y hacia el sudoeste del ex lote fiscal 14, municipio homónimo, departamento de Rivadavia. Se construirán un total de 122 SCALL.
- Lote 07: Cuya intervención se concentra mayoritariamente en zonas rurales próximas a las localidades de Misión La Paz y Alto de la Sierra, municipio de Santa Victoria Este, departamento de Rivadavia. Se construirán un total de 131 SCALL.

Observando la Figura 3, el territorio delimitado en color rosa se trata del Ex Lote Fiscal 14, mientras que el territorio delimitado en color celeste es el Ex Lote Fiscal 55. Dichos territorios quedan comprendidos dentro de los límites afectados por la Sentencia de la Corte Interamericana de Derechos Humanos en el caso “Comunidades indígenas miembros de la Asociación Lhaka Honhat Vs. Argentina”.

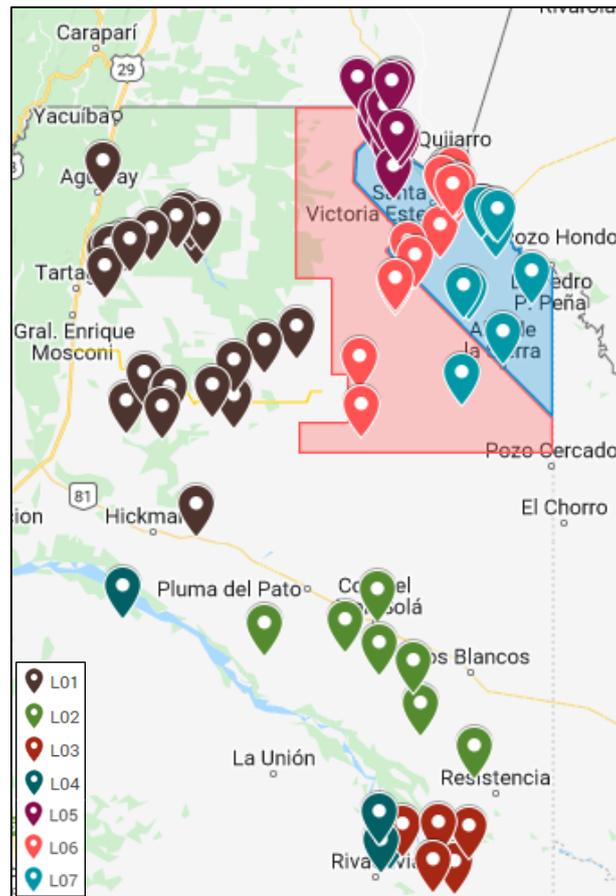


Figura 3 - Distribución de lotes

### 3. Diseño de Precipitación

Resulta de vital importancia poder conocer las características hidrometeorológicas de las zonas de estudio, particularmente en lo referente a su régimen pluviométrico, ya que es esta la única fuente de abastecimiento al sistema.

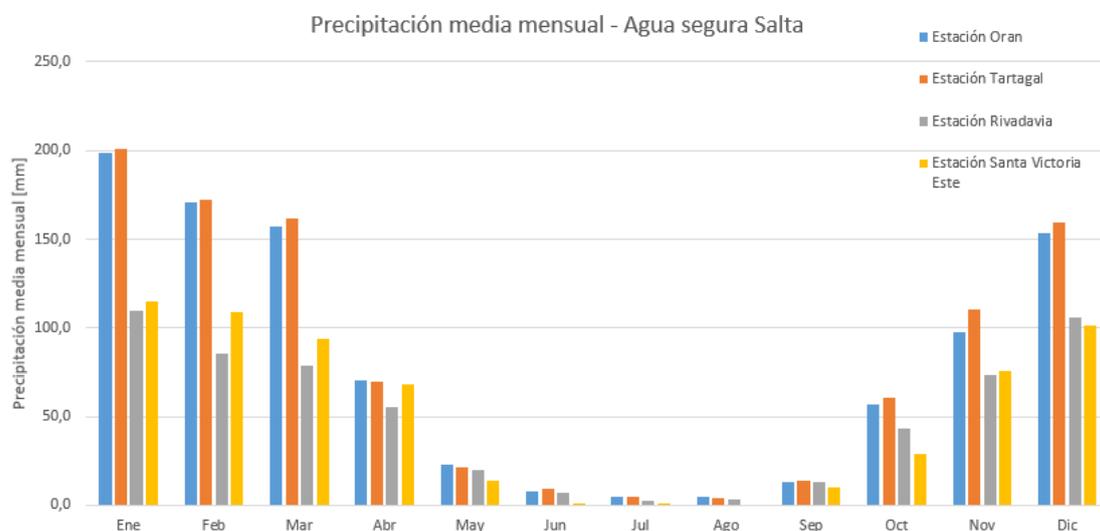
En efecto, para poder dimensionar la superficie de captación necesaria (techo) se deben considerar las precipitaciones del lugar, teniendo en cuenta de utilizar series de más de 30 años en lo posible, de esta manera se contemplan periodos hidrológicos secos, húmedos y medios. Basán Nickisch, M. H. (2012).

Se destaca que el uso de valores medios anuales de las series de registros pluviométricos anuales no es conveniente en el cálculo, ya que el objeto de este tipo de instalaciones es la de cubrir la demanda de agua de la familia en los periodos secos e inclusive en los años de menores aportes. La adopción de valores medios podría sobreestimar las condiciones para los periodos o ciclos de sequía, que es cuando más se debe asistir a la población. Es así, que utilizaremos los valores medios mensuales históricos, contemplando los períodos de sequía.

La estación convencional de Santa Victoria del Este de INTA tiene datos desde el año 2013, no superando los 30 años de registros. En cambio, las estaciones del SMN de los departamentos de Rivadavia, San Martín (estación Tartagal) y Orán cuentan con registros pluviométricos desde el



año 1960, siendo la serie con más registros históricos. En la **Figura 4** se observan las precipitaciones medias mensuales de las estaciones consultadas.



**Figura 4** - Gráfico de precipitación media mensual de las estaciones consultadas

Para la precipitación de diseño en los departamentos de Rivadavia, Orán y San Martín (a excepción de las localidades de Tartagal y Aguaray) se utilizó el promedio mensual histórico de la estación Rivadavia del SMN, siendo la que cuenta con mayor cantidad de registros y presenta una menor precipitación anual. En el caso de las localidades de Tartagal y Aguaray, departamento de San Martín, las lluvias son significativamente mayores, por lo cual se realizará un dimensionamiento diferenciado.

La distribución anual considerada se puede observar en la **Tabla 1**.

Precipitación media mensual [mm]	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Rivadavia, Orán y San Martín (Exceptuando Tartagal y Aguaray)	109,9	85,4	78,4	55,2	19,9	7,4	2,9	3,4	13,2	43,3	73,5	105,7	<b>598,2</b>
Tartagal y Aguaray	201,0	172,4	162,0	69,6	21,6	9,2	4,8	3,9	14,0	61,0	110,1	159,7	<b>989,3</b>

**Tabla 1** – Precipitación media mensual

La Precipitación Pluvial de diseño (PD) es la suma de las precipitaciones medias mensuales del sitio de estudio cuyos valores sean superiores a 30 mm. No es recomendable tomar en cuenta las precipitaciones medias mensuales con valores inferiores ya que la cantidad y calidad de los escurrimientos no son adecuados.

Para obtener la precipitación neta se considera un coeficiente de escorrentía (Ce), que tiene en cuenta la impermeabilidad del material del área de captación. Su valor se puede observar en la **Tabla 2**. Se adoptó un valor de 0.9 para el caso de hojas de metal acanaladas.



ÁREA DE CAPTACIÓN	Ce	
	Mínimo	Máximo
Concreto	0,6	0,8
Pavimento	0,5	0,6
Geomembrana de PVC	0,85	0,9
Tejas	0,8	0,9
Hojas de metal acanaladas	0,7	0,9

**Tabla 2** – Coeficiente Ce en función del área de captación

La expresión utilizada es la siguiente:

$$PN = PD \times Ce$$

Donde cada factor representa:

- PN: Precipitación neta [mm]
- PD: Precipitación pluvial de diseño [mm]
- Ce: Coeficiente de escorrentía

La distribución de la precipitación neta anual queda definida como se observa en la **Tabla 3**:

Precipitación media mensual [mm]	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Rivadavia, Oran y San Martín (Exceptuando Tartagal y Aguaray)	109,9	85,4	78,4	55,2	19,9	7,4	2,9	3,4	13,2	43,3	73,5	105,7	598,2
Tartagal y Aguaray	201,0	172,4	162,0	69,6	21,6	9,2	4,8	3,9	14,0	61,0	110,1	159,7	989,3

Precipitación de diseño (PD) [mm]	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Rivadavia, Oran y San Martín (Exceptuando Tartagal y Aguaray)	109,9	85,4	78,4	55,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,3	73,5	105,7	551,3
Tartagal y Aguaray	201,0	172,4	162,0	69,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,0	110,1	159,7	935,9

Precipitación Neta (PN) [mm]	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
Rivadavia, Oran y San Martín (Exceptuando Tartagal y Aguaray)	98,9	76,8	70,6	49,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,0	66,2	95,1	496,2
Tartagal y Aguaray	180,9	155,2	145,8	62,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,9	99,1	143,8	842,3

**Tabla 3** – Precipitación neta

#### 4. Determinación de la demanda para usos domésticos

La Demanda para consumo humano se ha calculado conforme a las siguientes expresiones:

$$D_j = \frac{N_u \cdot Dot \cdot Nd_j}{1000}; \quad Danual = \sum_{j=1}^{12} D_j$$



Donde cada uno de los términos representa:

- $D_j$  Demanda en el mes (m<sup>3</sup>)
- $N_u$  Número de usuarios beneficiarios del sistema
- $Dot$  Dotación, en Litros/persona/día
- $Nd_j$  Número de días del mes
- $D_{anual}$  Demanda de agua anual de la población (m<sup>3</sup>)
- $j$  Índice del número del mes ( $j=1,2,3,4,\dots,12$ )
- 1000 Factor de Conversión, de litros a m<sup>3</sup>

La dotación por persona es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente para cumplir con las funciones físicas y biológicas de su cuerpo. A efectos de cálculo, la cantidad asignada por persona dependerá de la cantidad de agua disponible (agua de lluvia caída y capacidad de captación y almacenamiento) y de la cuota a la cual pueda adaptarse.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda una dotación de cálculo de 20 litros/habitantes\*día para cubrir las necesidades mínimas de higiene y alimentación.

En regiones muy áridas y con menos recursos, las familias suelen tener un uso más regulado y cuidadoso del agua, por lo que se asigna una cantidad mínima por persona. Como caso de aplicación, en el Nordeste de Brasil, según datos recogidos en Iguaracy, municipio con menor índice pluviométrico en la región do Pajeú (344,6 mm), se estiman que los gastos con agua para beber, cocinar y para higiene bucal (consumo humano) se ubica en 14 litros/persona/día (Políticas Contra la Sequía y La Técnica de Cisternas en Brasil - Souza Passador, Cláudia - Passador, Luiz João - Rojas Huayta, Violeta).

Se considera así una dotación de 20 litros/habitante x día siguiendo las recomendaciones de la OMS para cubrir las necesidades mínimas de higiene y alimentación, tomando como base la experiencia empírica de Brasil y con la limitante de no poder aumentar esa dotación ya que se requerirían superficies de captación desmedidas para los predios de las familias beneficiarias.

Considerando las dificultades presentes en la zona para el acceso al agua segura, la implementación de una dotación de 20 litros/habitante x día significaría una importante mejora en la calidad de vida y la salud de las familias beneficiarias.

De esta forma, queda establecida la demanda mensual por persona para usos domésticos:

$$D_j = 0.60 \text{ m}^3$$

## 5. Propuesta técnica del SCALL

Teniendo en cuenta las características poblacionales, hidrometeorológicas, sociales, económicas, etc., se propone como fuente de agua segura, la captación de aguas meteóricas y su almacenamiento en cisternas, solo para fines de usos domésticos, conocido con el nombre de SCALL (Sistema de Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia).

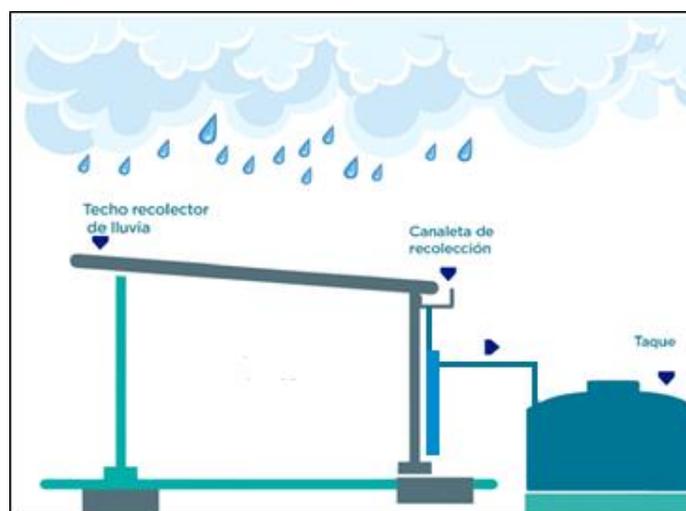
Según la FAO, se define por captación y aprovechamiento del agua de lluvia, todo tipo de esfuerzo técnico, simple o complejo, surgido de la iniciativa de los agricultores o desarrollado científicamente, para aumentar la cantidad de agua de lluvia que se almacena en el suelo o en estructuras construidas, de tal manera que pueda ser utilizada posteriormente, bajo condiciones de déficit de lluvias.

Cada tipo de superficie receptora de la lluvia, presenta una capacidad de infiltración y de retención del agua (suelo bajo cubierta de vegetación o rastrojos, suelo desnudo, suelo profundo o delgado, terreno rocoso, techos de construcciones, caminos, patios impermeabilizados, etc.). (FAO, 2013). Esencialmente consiste simplemente en aprovechar áreas impermeables, generalmente techos, como área de captación del agua de lluvia.

A nivel del Noroeste Argentino, son varias las experiencias exitosas en la implementación de SCALL, especialmente en el caso de población ubicada en áreas con poco acceso a otras fuentes de abastecimiento (pequeños agricultores, población aislada, y comunidades indígenas). Como trabajos de referencia se destacan los Sistemas SCALL desarrollados por el INTA en Santiago del Estero, de la Secretaría de Agricultura Familiar de la Nación SAF en Santiago del Estero y, en la provincia de Tucumán, entre otros.

### 5.1 Componentes básicos del sistema

El sistema propuesto consiste en un techo de captación del agua de lluvia, un conjunto de canaletas y cañerías que conducen el agua, un sistema de separación de primeras aguas y una cisterna para almacenamiento del agua cosechada (**Figura 5**).



**Figura 5** - Esquema orientativo del sistema de captación y almacenamiento propuesto.



A continuación, se describen los componentes básicos del sistema:

### 5.1.1 Área de Captación

Constituye la superficie destinada a que el agua de lluvia precipitada sea captada para su posterior conducción y almacenamiento. En este caso el área de captación consiste en un área impermeable (techo recolector de lluvia). Cabe destacar que no se utilizarán techos ya existentes, dado que el proyecto consiste en la instalación de infraestructura nueva, especialmente diseñada para el correcto funcionamiento del sistema. No obstante, el techo colector -y la estructura metálica que lo sostiene- permitirá la posterior utilización para otros fines según la voluntad de las propias familias dado que fue diseñado en observancia de las normas de CIRSOC 301-2005 (de Proyecto, Cálculo y Ejecución de estructuras de acero) garantizándose de este modo el estricto cumplimiento de los más altos estándares de seguridad y funcionalidad de las obras.

Asimismo, es dable señalar que la cubierta contará con material aislante térmico y acústico del tipo Isolant TBA multicapa o similar, lo que permitirá obtener una importante disminución del coeficiente de transmitancia térmica. Además, el aislante propuesto evitará la condensación por diferencia de temperatura y el eventual ingreso de agua dadas sus características hidrófugas.

### 5.1.2 Conducción

Comprende un sistema de canaletas y cañerías colocadas aguas abajo del área de captación que recolectarán y dirigirán el agua hacia el sistema de almacenamiento. La conducción está diseñada de forma hermética de tal manera que no permitirá el estancamiento de aguas que brinden condiciones para la reproducción de insectos vectores de enfermedades. A su vez cuentan con rejillas que eviten el ingreso de suciedad o insectos.

### 5.1.3 Separación de primeras aguas

La implementación de la separación de primeras aguas mejora significativamente la calidad del agua posteriormente almacenada. A pesar del mantenimiento necesario en la superficie de captación, sobre todo previo a los eventos de precipitación, durante los primeros minutos de la lluvia el agua captada contiene mayor grado turbidez. Esta situación motiva a descartar 1 litro cada metro cuadrado de superficie de captación. El sistema está compuesto por un recipiente de volumen acorde a la superficie de captación, que recibe el agua con alta turbiedad en los primeros minutos del evento de precipitación y se sella automáticamente al llenarse, permitiendo el paso del agua a la cisterna de almacenamiento.

El sistema requiere un mantenimiento periódico para descartar el agua de lluvias previas alojada en el separador y permitir el ingreso del agua de descarte en próximas precipitaciones. El agua descartada puede ser utilizada para otros fines, pero nunca para consumo humano. Se recomienda realizar el descarte del agua almacenada en el separador de primeras aguas transcurridos 4 (cuatro) días de la precipitación, de esta forma se asegura que no se descarte más agua de la necesaria, ya que en eventos de precipitación muy próximos la superficie de captación se encuentra limpia debido a la lluvia anterior. Estos procedimientos serán evaluados,



optimizados y transferidos a las familias en el proceso de acompañamiento social para lograr un uso óptimo del sistema.

#### 5.1.4 Sistema de almacenamiento

El almacenamiento del agua captada se realizará mediante una cisterna semienterrada de placas de cemento. Las estructuras se encontrarán cerradas, evitando el ingreso de contaminantes y de la luz solar.

La capacidad de la cisterna es de 16 m<sup>3</sup>, su dimensionamiento se realizó en base a la caracterización hidro-meteorológica de la región y a la estimación de consumo básico necesario (20 litros/habitante x día) para una familia de 5 integrantes, tomando en cuenta la duración de la época de sequía.

El número de integrantes por familia fue seleccionado teniendo en consideración los nuevos relevamientos realizados por la Unidad Ejecutora de la Sentencia de la Corte Interamericana de Derechos Humanos -creada mediante Resolución 979 / 2021 del Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación-, los que han permitido determinar que el número promedio de personas que componen una familia es de 4,4. A los fines del rediseño del proyecto, se ha adoptado un total de 5 (cinco) personas por familia.

A su vez, las cisternas contarán con un desborde en cañería de PVC con una malla mosquitero para evitar el ingreso de insectos, una tapa de inspección metálica empotrada en la estructura y una bomba de émbolo manual para la extracción del agua.

La extracción del agua de los reservorios se posibilita mediante una bomba de émbolo manual permitiendo la disposición del recurso en situaciones de falta de energía eléctrica. A su vez, su simple funcionamiento permite la reposición de los componentes en caso de rotura sin demasiada complejidad.

#### 5.1.5 Tratamiento

Posterior a la extracción mediante la bomba de émbolo y previo al consumo, se recomienda que el agua sea desinfectada con solución acuosa de hipoclorito de sodio. A tal efecto, el programa de capacitación en gestión del agua destinado a las familias -que será llevado a cabo por Organizaciones de la Sociedad Civil- prevé enseñar a las familias a operar el sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia, a emplear las proporciones adecuadas de desinfectante y a considerar el tiempo de contacto para que la desinfección sea eficaz.



## 5.2 Metodología de Dimensionamiento del SCALL

### 5.2.1 Cálculo del Área de Captación de Techos

Obtenida la Precipitación de diseño Neta, la población a abastecer y la dotación, se puede calcular el área de captación del sistema. Los cálculos se diferenciarán para las localidades de Tartagal y Aguaray, y las localidades restantes de los departamentos de Orán, San Martín y Rivadavia.

Los datos de precipitación y consumo se pueden observar en la **Tabla 4** y la **Tabla 5** donde:

- PN = precipitación neta
- Pº = población a abastecer por sistema
- Dj = dotación

PN =	496,2	[mm]
Pº =	5	[Personas]
Dj =	20	[Lts/hab/día]
Consumo mensual =	3,0	[m3/mes]
Consumo anual =	36,0	[m3/año]

**Tabla 4**– Precipitación, dotación y consumo – Departamentos Rivadavia, Orán y San Martín (a excepción de Tartagal y Aguaray)

PN =	842,3	[mm]
Pº =	5	[Personas]
Dj =	20	[Lts/hab/día]
Consumo mensual =	3,0	[m3/mes]
Consumo anual =	36,0	[m3/año]

**Tabla 5** – Precipitación, dotación y consumo – Localidades de Tartagal y Aguaray

Es necesario tener en cuenta también que la lámina de precipitación captada inicial será descartada por su alta turbiedad, debido a la posible suciedad acumulada en el área de captación. Este descarte será almacenado en el separador de primeras aguas (SPA) y podrá ser utilizado con otros fines que no sean de consumo humano.

Existen diversas bibliografías respecto al volumen que se debería descartar según la suciedad acumulada en el área de captación, este dependerá de las características ambientales de la zona y del tiempo transcurrido desde la última precipitación. En general el valor se estima entre 0.5 a 2 litros/m<sup>2</sup> de superficie de captación.

A efectos del cálculo se establecerá un número de precipitaciones en el mes promedio que dependerá de las características hidrológicas de la zona, hay que considerar que, en eventos de precipitación muy cercanos, el volumen del SPA no debería ser descartado ya que el área de captación debería estar limpia.



El área de captación está dada por la siguiente expresión:

$$A = \frac{\text{Consumo anual} + V^{\circ}\text{anual del SPA}}{\text{Precipitación Neta}}$$

Donde,

$$V^{\circ}\text{ anual del SPA} = \left( \frac{\text{Consumo anual}}{PN} \cdot \text{Índ. de sep.} \cdot N^{\circ}\text{ precip. por mes} \right) * \text{Meses PN} > 0$$

Para los departamentos de Rivadavia, Orán y San Martín (a excepción de las localidades de Tartagal y Aguaray), tomando un índice de separación de 1 lts/m<sup>2</sup>, 1 precipitación por mes, y considerando 7 meses con cosecha de agua, se obtiene un volumen anual del SPA de:

$$V = 74 \text{ litros}$$

Conociendo el volumen del SPA y la precipitación, se calcula el área de captación del techo. De esta forma, la superficie es de:

$$A = 74 \text{ m}^2$$

Para el caso del departamento de las localidades de Tartagal y Aguaray, tomando un índice de separación de 1 lts/m<sup>2</sup>, 1 precipitación por mes, y considerando 7 meses con cosecha de agua, se obtiene un volumen anual del SPA de:

$$V = 44 \text{ litros}$$

Conociendo el volumen del SPA y la precipitación, se calcula el área de captación del techo. De esta forma, la superficie es de:

$$A = 44 \text{ m}^2$$

### 5.2.2 Cálculo del Sistema de Conducción

El sistema de recolección y conducción, generalmente lo constituyen las canaletas que van adosadas a los aleros de los techos, en donde el agua se recolecta y conduce por medio de tuberías al tanque o cisterna de almacenamiento. Dichas canaletas deberán estar perfectamente aseguradas de tal manera que evite que se derrame el agua captada.

Una parte primordial de la entrega del agua al depósito es que se debe garantizar que el nivel de los elementos para recoger las aguas pluviales ubicadas en la zona de captación, se encuentren al menos 0,3 m por encima de la clave superior del tubo de conducción en el punto de llegada al mismo.

Se deberá revisar el gradiente hidráulico generado desde el punto de recolección del agua pluvial hasta el punto de entrada al tanque o depósito, de tal manera que de ser necesario se incremente el desnivel entre ambos puntos para garantizar un escurrimiento y una conducción óptima.



### 5.2.2.1 Cálculo de Caudal en la Canaleta

El caudal de conducción en las tuberías se obtiene con la siguiente expresión:

$$Q_c = (5/18) \times (A_{ec} \times I)$$

Donde cada término de la expresión anterior representa:

- Q<sub>c</sub>** Caudal de conducción necesario de la canaleta (l/s).
- A<sub>ec</sub>** Área efectiva de captación del agua de lluvia (techos) (m<sup>2</sup>).
- I** Intensidad máxima de lluvia en la zona, (mm/h).
- 5/18** Factor de conversión de m<sup>3</sup>/h a l/s.

### 5.2.2.2 Cálculo de la Sección en la Canaleta

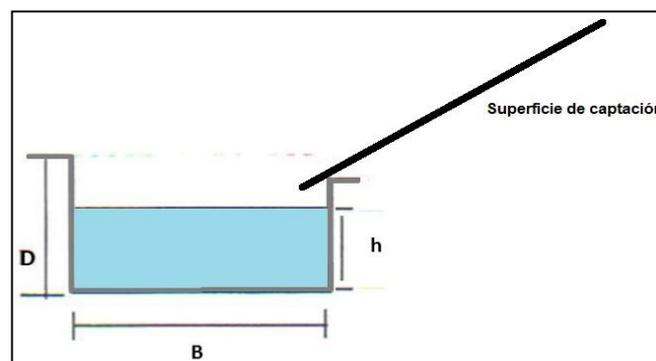
Para determinar el tamaño de la sección de la canaleta que deberá ser utilizada en el sistema que permita desalojar la cantidad de agua calculada, se utiliza la Ecuación de Continuidad, que puede expresarse del siguiente modo:

$$Q = A \times V$$

Donde cada término de la expresión anterior representa:

- Q** Caudal o gasto de conducción del agua en la canaleta (m<sup>3</sup>/s).
- A** Área mojada de la canaleta (m<sup>2</sup>).
- V** Velocidad (m/s)

Para la resolución de la ecuación anterior se toma, como primera aproximación, una sección de canaleta que es utilizada para obtener el valor de "Q". Si se adoptara una sección rectangular como el de la **Figura 6**.



**Figura 6** - Perfil transversal de una canaleta rectangular

El dimensionamiento se realiza considerando la siguiente expresión:

$$A = B \times h$$



El cálculo de la velocidad se realiza utilizando la Ecuación de Manning, correspondiente a la siguiente expresión:

$$V = (1/n) \times S^{1/2} \times R^{2/3}$$

Donde cada término de la expresión anterior representa:

- V** Velocidad del agua en la canaleta (m/s)
- n** Coeficiente de rugosidad adimensional que depende del material de la canaleta
- S** Pendiente longitudinal de la canaleta (m/m)
- R** Radio Hidráulico (m)

Teniendo en cuenta la geometría de la sección de la Figura 6, el valor del caudal de conducción se obtendría por la expresión:

$$Q = A \times V = (b \times h) \times (1/n) \times ((B \times h)/(B + 2h))^{2/3} \times S^{1/2}$$

Una vez obtenido el valor de “Q”, este puede ser comparado con el valor de “Qc”. El resultado obtenido puede plantear dos posibles situaciones:

- a)  $Q \geq Q_c$ ; Como consecuencia el tamaño de la canaleta resulta aceptable.
- b)  $Q < Q_c$ : el tamaño de la canaleta no resultaría suficiente y, por lo tanto, los cálculos deberían repetirse empleando un mayor tamaño de sección.

Una vez establecidas las dimensiones que garanticen que  $Q \geq Q_c$ , debe definirse el tamaño real de la canaleta, que comprenderá el área mojada más un valor de revancha (el valor mínimo recomendado es  $h + 3$  cm) que garantice que no rebalse el agua. Así mismo, también resulta necesario que los valores elegidos, coincidan con tamaños comerciales (diámetros circulares) o tamaños que sean fácilmente construibles (para el caso de cincado de canaletas de chapa galvanizada). En cuanto los coeficientes de rugosidad se adoptan según el material seleccionado, según la **Tabla 6**.



Tipo	Material de la Canaleta / Tubería / Canal	n	
		Mínimo	Máximo
Canaleta/Tubería	Hierro galvanizado	0,014	
	Acero soldado o con remache avellanado y embutido	0,012	0,013
	Hierro fundido limpio (nuevo)	0,013	
	Plástico PVC o PE	0,007	0,009
	Asbesto cemento nuevo	0,01	
	Concreto monolítico bien cimbrado y pulido (D> 1,25 m)	0,011	0,0123
	Concreto con juntas de macho y campana (D > 0,8 m)	0,015	0,012
Canales	Tierra (alineado y uniforme)	0,017	0,025
	Mampostería con cemento	0,017	0,025
	Concreto	0,013	0,02
	Polietileno o PVC	0,007	0,009

**Tabla 6** – Coeficientes de rugosidad según material de la canaleta

A los efectos del cálculo de la canaleta colectora, se consideraron dos secciones tipo, una rectangular de 20 cm de ancho por 8 cm de altura, y una circular con radio de 5 cm, en ambos casos de hierro galvanizado, asumiendo un valor del coeficiente de Manning de 0.014 y una pendiente de 0.02. Bajo estas condiciones se hicieron las verificaciones, obteniéndose los resultados indicados en las **Tabla 7** y **Tabla 8**.

Localidad	Área de captación	Intensidad	Q canaleta	Ancho (B)	Tirante (h)	Cap. De descarga
	[m <sup>2</sup> ]	[mm/h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /s]
Rivadavia, Orán y San Martín (a excepción de Tartagal y Aguaray)	74	110	0,0023	0,2	0,03	0,0049
Tartagal y Aguaray	44	110	0,0013	0,2	0,03	0,0380

**Tabla 7**- Verificación hidráulica de canaletas de sección rectangular

Localidad	Área de captación	Intensidad	Q canaleta	Radio (R)	Diametro (D)	Cap. De descarga
[cant.]	[m <sup>2</sup> ]	[mm/h]	[m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m]	[m <sup>3</sup> /s]
Rivadavia, Orán y San Martín (a excepción de Tartagal y Aguaray)	74	110	0,0023	0,05	0,1	0,0340
Tartagal y Aguaray	44	110	0,0013	0,05	0,1	0,0340

**Tabla 8**- Verificación hidráulica de canaletas de sección circular



### 5.2.2.3 Cálculo de la Sección de las Cañerías de Bajada

Para determinar la sección de la cañería de bajada se aplica la siguiente expresión:

$$D = 2 \left( \frac{Q}{\pi * v} \right)^{1/2}$$

- D:** Diámetro de la cañería de bajada, (m).  
**Q:** Caudal calculado para la sección adoptada de la canaleta (m<sup>3</sup>/s)  
**v:** Velocidad del agua dentro de la cañería (m/s).

Al igual que las canaletas, estos cálculos rigen para agua y cañería limpia, situación que en la realidad difícilmente se cumple en un 100%. Implica que siempre debe adoptarse una dimensión mayor a la calculada, que coincida con tamaños comerciales a los fines de que no se produzcan derrames fuera de los canales que conducen a la cisterna.

Para la sección de las cañerías de bajada, al igual que en el caso de las canaletas, se asumieron cañerías de PVC y se adoptaron las mismas secciones que las canaletas, dado que verifican ampliamente los caudales de descarga.

### 5.2.3 Separador de primeras aguas

El volumen del separador de primeras aguas se dimensiona con la siguiente expresión:

$$V_{spa} = 1 \text{ lt} \times A_{cap} / m^2$$

Donde cada término de la expresión anterior representa:

- V<sub>spa</sub>:** Volumen del separador de primeras aguas (lts).  
**A<sub>ec</sub>:** Área efectiva de captación del agua de lluvia (techos) (m<sup>2</sup>).

En la **Tabla 9** se muestran los volúmenes teóricos y máximos para los separadores de primeras aguas en el caso de familias de 5 personas. La capacidad del separador debe ser igual o superior al valor teórico, pero ser menor o igual al valor máximo, de esta forma se asegura una correcta separación de la primera escorrentía sin perder más volumen del necesario para la limpieza de la superficie de captación.

Localidad	Área de captación	Vol. separador teórico	Vol. separador máx.
	[m <sup>2</sup> ]	[lts]	[lts]
Rivadavia Orán y San Martín (a excepción de Tartagal y Aguaray)	74	74	80
Tartagal y Aguaray	44	44	50

**Tabla 9-** Volumen del separador de primeras aguas

#### 5.2.4 Sistema de Almacenamiento

Se emplearán cisternas de placas de mortero de cemento construidas in-situ, con una capacidad de almacenamiento 16.000 litros. Este modelo fue desarrollado conjuntamente entre el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y la Articulación del Semiárido Brasileño (ASA Brasil) y ha sido ampliamente utilizado en Sistemas de Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia construidos en ambos países. Se destaca, en particular, el programa de construcción de un millón de cisternas rurales (P1MC) realizado en Brasil mediante el cual se construyeron aproximadamente 1,3 millones de cisternas del modelo propuesto. Las características constructivas de estas cisternas pueden consultarse en la publicación: “Paso a Paso: Construcción de Tecnologías Apropriadas. Cisterna de Placas” – 1° Edición: 2014 – 1° Reimpresión: 2016 – Ediciones INTA – Argentina – ISBN 978-987-521-507-8.

La verificación del correcto funcionamiento de la cisterna propuesta se realizó mediante el método de régimen de embalse analizando un período bianual. En la **Tabla 10** y la **Tabla 11** se pueden observar las verificaciones de los sistemas para cada zona de intervención, con una dotación diaria estimada de 20 lts/hab/día, considerando la puesta en funcionamiento del sistema en el mes de enero y que, conforme a lo establecido en los pliegos de especificaciones técnicas, la cisterna se entrega llena al límite de su capacidad.



**Figura 7** – Cisterna de placas de mortero de cemento



Aec = 74m <sup>2</sup>	PN [mm]	Vol. Acum. Inicio Mes [m <sup>3</sup> ]	Vol. Mensual Recolectado [m <sup>3</sup> ]	Demanda Mensual [m <sup>3</sup> ]	Vol. Excedente [m <sup>3</sup> ]	Vol. Acum. Fin Mes [m <sup>3</sup> ]
ENE	98,9	<b>16,000</b>	7,245	-3,000	4,245	<b>16,000</b>
FEB	76,8	<b>16,000</b>	5,609	-3,000	2,609	<b>16,000</b>
MAR	70,6	<b>16,000</b>	5,150	-3,000	2,150	<b>16,000</b>
ABR	49,7	<b>16,000</b>	3,604	-3,000	0,604	<b>16,000</b>
MAY	0,0	<b>16,000</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>13,000</b>
JUN	0,0	<b>13,000</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>10,000</b>
JUL	0,0	<b>10,000</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>7,000</b>
AGO	0,0	<b>7,000</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>4,000</b>
SEP	0,0	<b>4,000</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>1,000</b>
OCT	39,0	<b>1,000</b>	2,812	-3,000	-0,188	<b>0,812</b>
NOV	66,2	<b>0,812</b>	4,825	-3,000	1,825	<b>2,637</b>
DIC	95,1	<b>2,637</b>	6,963	-3,000	3,963	<b>6,600</b>
ENE	98,9	<b>6,600</b>	7,245	-3,000	4,245	<b>10,845</b>
FEB	76,8	<b>10,845</b>	5,609	-3,000	2,609	<b>13,454</b>
MAR	70,6	<b>13,454</b>	5,150	-3,000	2,150	<b>15,604</b>
ABR	49,7	<b>15,604</b>	3,604	-3,000	0,604	<b>16,000</b>
MAY	0,0	<b>16,000</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>13,000</b>
JUN	0,0	<b>13,000</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>10,000</b>
JUL	0,0	<b>10,000</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>7,000</b>
AGO	0,0	<b>7,000</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>4,000</b>
SEP	0,0	<b>4,000</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>1,000</b>
OCT	39,0	<b>1,000</b>	2,812	-3,000	-0,188	<b>0,812</b>
NOV	66,2	<b>0,812</b>	4,825	-3,000	1,825	<b>2,637</b>
DIC	95,1	<b>2,637</b>	6,963	-3,000	3,963	<b>6,600</b>

**Tabla 10-** Régimen de embalse – Dptos. Rivadavia, Orán y San Martín (Exceptuando Tartagal y Aguaray)



Aec = 44 m2	PN [mm]	Vol. Acum. Inicio Mes [m³]	Vol. Mensual Recolectado [m³]	Demanda Mensual [m³]	Vol. Excedente [m³]	Vol. Acum. Fin Mes [m³]
ENE	180,9	<b>16,000</b>	7,916	-3,000	4,916	<b>16,000</b>
FEB	155,2	<b>16,000</b>	6,785	-3,000	3,785	<b>16,000</b>
MAR	145,8	<b>16,000</b>	6,371	-3,000	3,371	<b>16,000</b>
ABR	62,6	<b>16,000</b>	2,710	-3,000	-0,290	<b>15,710</b>
MAY	0,0	<b>15,710</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>12,710</b>
JUN	0,0	<b>12,710</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>9,710</b>
JUL	0,0	<b>9,710</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>6,710</b>
AGO	0,0	<b>6,710</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>3,710</b>
SEP	0,0	<b>3,710</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>0,710</b>
OCT	54,9	<b>0,710</b>	2,372	-3,000	-0,628	<b>0,082</b>
NOV	99,1	<b>0,082</b>	4,316	-3,000	1,316	<b>1,398</b>
DIC	143,8	<b>1,398</b>	6,283	-3,000	3,283	<b>4,682</b>
ENE	180,9	<b>4,682</b>	7,916	-3,000	4,916	<b>9,597</b>
FEB	155,2	<b>9,597</b>	6,785	-3,000	3,785	<b>13,382</b>
MAR	145,8	<b>13,382</b>	6,371	-3,000	3,371	<b>16,000</b>
ABR	62,6	<b>16,000</b>	2,710	-3,000	-0,290	<b>15,710</b>
MAY	0,0	<b>15,710</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>12,710</b>
JUN	0,0	<b>12,710</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>9,710</b>
JUL	0,0	<b>9,710</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>6,710</b>
AGO	0,0	<b>6,710</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>3,710</b>
SEP	0,0	<b>3,710</b>	0,000	-3,000	-3,000	<b>0,710</b>
OCT	54,9	<b>0,710</b>	2,372	-3,000	-0,628	<b>0,082</b>
NOV	99,1	<b>0,082</b>	4,316	-3,000	1,316	<b>1,398</b>
DIC	143,8	<b>1,398</b>	6,283	-3,000	3,283	<b>4,682</b>

Tabla 11- Régimen de embalse – Localidades de Tartagal y Aguaray

La **Figura 8** muestra las variaciones del volumen acumulado en la cisterna para un período trianual según el mes de puesta en servicio del SCALL. Como se puede observar, a partir del mes de abril del año siguiente al de la puesta en servicio, las variaciones del volumen acumulado son independientes del inicio de la operación. Adicionalmente, debe notarse que hay disponibilidad de volumen acumulado durante todo el año.

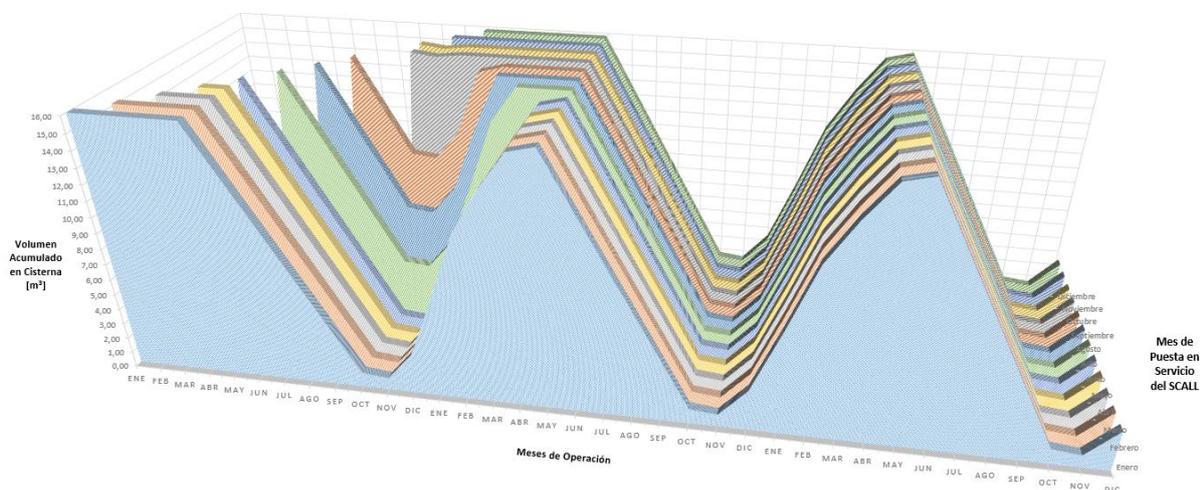


Figura 8 – Variación del Volumen Acumulado según Mes de Puesta en Servicio



### 5.2.5 Sistema de extracción de agua

La extracción del agua de los reservorios se posibilita mediante una bomba de émbolo manual construida con tubos y accesorios de PVC, el detalle de la misma se puede visualizar en el plano PL-4. De esta forma, se permite la disponibilidad del recurso en situaciones de falta de energía eléctrica y, a su vez, su simple funcionamiento admite la reposición de los componentes en caso de rotura sin demasiada complejidad.

La importancia del sistema de extracción radica en evitar el baldeo, que implica pérdidas de agua por derrame y propicia la contaminación de la cisterna de almacenamiento, poniendo en riesgo la totalidad del reservorio.

### 5.2.6 Tratamiento

Posterior a la extracción mediante bomba de émbolo manual y previo al consumo, el agua deberá ser desinfectada con solución acuosa de hipoclorito de sodio. A tal efecto, el proceso de Acompañamiento Social -que será llevado a cabo por Organizaciones de la Sociedad Civil- prevé enseñar a las familias a operar el sistema de captación y almacenamiento de agua de lluvia, a emplear las proporciones adecuadas de desinfectante y a considerar el tiempo de contacto para que la desinfección sea eficaz.

## 6. Acompañamiento social

Si bien desde el punto de vista técnico la construcción de SCALLs resulta una obra sencilla, desde el punto de vista social y cultural el proyecto adquiere mayor complejidad, por lo cual se contempla un proceso de acompañamiento a las familias a fin de garantizar el correcto uso, operación y mantenimiento de los sistemas.

A tal fin, el Contratista deberá realizar un convenio con una OSC con experiencia en el territorio, quien tendrá a su cargo la capacitación de los pobladores en las siguientes áreas:

- Mantenimiento y operación de estructuras: zinguerías y/o canaletas de conducción, rejillas, conducciones de PVC, separadores de primeras aguas, cisterna y bomba manual.
- Desinfección mediante cloración del agua para consumo humano.
- Evitar la contaminación del reservorio.
- Prácticas de higiene correctas.
- Uso eficiente del agua, reúso.
- Procedimiento ante eventual contaminación del reservorio.

Asimismo, una vez finalizadas las obras y las capacitaciones, la OSC efectuará un seguimiento de las familias, a fin de monitorear el estado de las estructuras, el correcto uso de las mismas, y detectar posibles inconvenientes que pudieran surgir durante la etapa de operación.



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional  
Las Malvinas son argentinas

**Hoja Adicional de Firmas**  
**Informe gráfico**

**Número:**

**Referencia:** Memoria Técnica - Agua Segura en Comunidades Indígenas de la Provincia de Salta - EX-2021-14501954- -APN-DNAPYS#MOP

---

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 22 pagina/s.