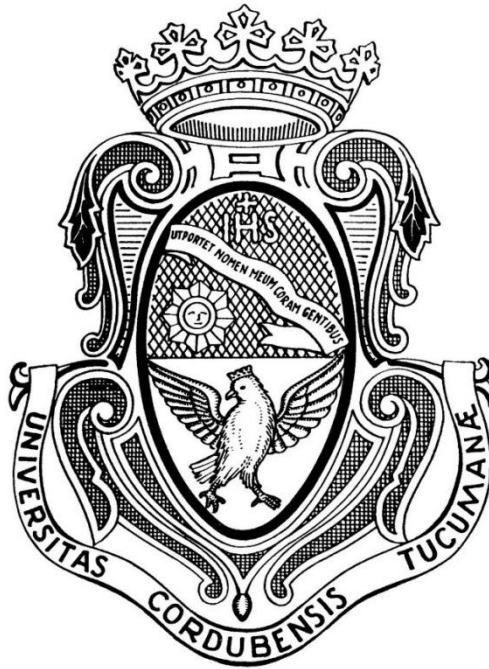


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXÁCTAS, FÍSICAS Y
NATURALES



PRÁCTICA SUPERVISADA
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ACUEDUCTO
DESVÍO ARIJÓN

AUTOR: Iván David Casco

Matrícula: 35.248.673

TUTOR: Dr. Ing. Teresa Reyna

SUPERVISOR EXTERNO: Ing. María Lábaque

Fecha:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ACUEDUCTOS SANTA FE - CÓRDOBA

INDICE

1	INTRODUCCIÓN	5
1.1	JUSTIFICACIÓN.....	5
2	OBJETIVOS Y ALCANCES DEL TRABAJO	6
2.1	BREVE DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR	6
2.2	OBJETIVOS A ALCANZAR	6
2.3	ALCANCES DEL TRABAJO.....	7
3	ANTECEDENTES.....	7
3.1	Sistema Regional	7
3.2	Información Adicional.....	9
3.3	Metodología.....	9
4	OBRA ANALIZADA.....	11
4.1	Acueducto Norte 1 – Desvío Arijón	11
5	CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FISICO	12
5.1	Clima	13
5.2	Clima templado pampeano o de transición	13
5.3	Relieve	16
5.4	Suelos	16
5.5	Aspectos Geológicos	21
5.6	Hidrografía	23
5.7	Flora y fauna	26
5.8	Aspectos Socio-Institucionales	26
5.9	Economía Productiva	28
6	ESTUDIOS PRELIMINARES	31
7	PERÍODOS DE DISEÑO ADOPTADOS	32
8	ANÁLISIS POBLACIONAL	32
8.1	Localidades Provincia de Santa Fe	32
8.1.1	Población de diseño	33
8.2	Métodos de Verificación.....	36
8.2.1	Población Argentina.....	36
8.2.2	Población de la Provincia de Santa Fe	37
8.2.3	Métodos de Proyección de Población	44
8.3	Localidades Provincia de Córdoba	52
8.4	Resumen de población abastecida por el acueducto	54
9	MODELO DE DEMANDA	54
9.1	Nomenclatura.....	54
9.2	Dotación por habitante	55
9.3	Caudales de diseño.....	55

10	MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN	57
10.1	Introducción.....	57
10.2	Información disponible.....	57
10.3	Metodología.....	58
11	MODELO HIDRÁULICO	60
11.1	Generalidades.....	60
11.1.1	Características del modelo hidráulico	60
11.1.2	Componentes físicos de la red	61
11.1.3	Algoritmos de cálculo	63
12	ALTERNATIVAS ANALIZADAS.....	64
12.1	Rugosidad del Conducto.....	64
12.2	Pérdidas en el tramo.....	65
13	MODELIZACIÓN HIDRAULICA DEL ACUEDUCTO NORTE – 1.....	66
13.1	Acueducto Norte-1: Alternativa N° 1.....	68
13.2	Acueducto Norte-1: Alternativa N° 2.....	70
13.3	Acueducto Norte-1: Alternativa N° 3.....	72
13.4	Acueducto Norte-1: Alternativa N° 4.....	74
13.5	Síntesis de Estaciones para cada Alternativa. Acueducto Norte -1	77
14	PERFIL LONGITUDINAL.....	77
14.1	Consideraciones	77
14.2	Pendientes recomendadas de Instalación de las Cañerías.....	78
14.3	Pendientes adoptadas.....	80
14.4	Válvulas de aire.....	81
14.5	Cámaras de limpieza o descarga	82
15	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
16	BIBLIOGRAFÍA	84

Índice de Figuras

Figura N° 1	Sistema Provincial de Acueductos de Santa Fe, Planificación 2012	8
Figura N° 2	Mapa de acueductos de Córdoba, región Este y Centro	9
Figura N° 3	Acueducto Desvío Arijón. Avance 2017	11
Figura N° 4	Obra de Toma Acueducto Desvío Arijón.....	12
Figura N° 5	Clasificación climática en la llanura chacopampeana (Fuente: INTA, 1995 citado en Revista “Visión Argentina”. Publicación N°5).	13
Figura N° 6	Mapa de variación climática – Provincia de Santa Fe.....	14
Figura N° 7	Variación climática – Provincia de Santa Fe.	15
Figura N° 8	Isohietas medias anuales República Argentina (Fuente: http://inta.gob.ar/).	15
Figura N° 9	Distribución de Loess y Loessoides (Fuente: Rocca et al, 2005, adaptado de Zárate, 2003).	17
Figura N° 10	Suelos en la provincia de Santa Fe (Fuente: http://inta.gob.ar/ - Elaborado en base al Atlas de suelos de la Rep. Argentina).....	19
Figura N° 11	Suelos en la provincia de Córdoba (Fuente: http://inta.gob.ar/ - Elaborado en base al Atlas de suelos de la Rep. Argentina).....	20
Figura N° 12	Unidades geomorfológicas de la provincia de Santa Fe (Iriondo, 1985).	21
Figura N° 13	Red Hidrográfica – Provincia de Santa Fe.	24

Figura N° 14	Densidad demográfica – Provincia de Santa Fe.	27
Figura N° 15	Economía productiva – Provincia de Santa Fe.....	30
Figura N° 16	Distribución de habitantes por Km ² en la Provincia de Santa Fe.	38
Figura N° 17	Departamentos de la Provincia de Santa Fe.....	39
Figura N° 18	Localidades alcanzadas en la provincia de Córdoba	52
Figura N° 19	Modelo digital de Elevación (MDE) – (Vista en planta) – Traza Acueducto Norte 1. Datos: SRTM	59
Figura N° 20	Curvas de nivel. Traza Acueducto Norte 1. Datos: SRTM. Fuente: Elaboración	59
Figura N° 21	Traza del Acueducto modelado	67
Figura N° 22	Modelo del acueducto en EPANET	67
Figura N° 23	Acueducto Norte-1 – Presión – Alternativa N°1	69
Figura N° 24	Acueducto Norte-1 – Velocidad – Alternativa N°1	69
Figura N° 25	Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 1. Régimen permanente	70
Figura N° 26	Acueducto Norte-1 – Presión – Alternativa N°2	71
Figura N° 27	Acueducto Norte-1 – Velocidad – Alternativa N°2	71
Figura N° 28	Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 2. Régimen permanente	72
Figura N° 29	Acueducto Norte-1 – Presión – Alternativa N°3	73
Figura N° 30	Acueducto Norte-1 – Velocidad – Alternativa N°3	73
Figura N° 31	Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 3. Régimen permanente.	74
Figura N° 32	Acueducto Norte-1 – Presión – Alternativa N°4	75
Figura N° 33	Acueducto Norte-1 – Velocidad – Alternativa N°4	75
Figura N° 34	Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 4. Régimen permanente	76
Figura N° 35	Pendientes recomendadas (ENOHSa)	78
Figura N° 36	Pendientes recomendadas (UTN)	79
Figura N° 37	Válvula de aire con sistema anti-ariete	81
Figura N° 38	Cámara de limpieza o de descarga	82

Índice de Tablas

Tabla N°1:	Horizonte de planificación	32
Tabla N°2:	Habitantes de las poblaciones abastecidas desde el acueducto Norte-1 en la provincia de Santa Fe.	34
Tabla N°3:	Población Nacional según los últimos censos	36
Tabla N°4:	Población de la provincia de Santa Fe según los últimos censos.....	37
Tabla N°5:	Población de las localidades de Santa Fe.....	42
Tabla N°6:	Población localidades más importantes: Rafaela, Esperanza, Santo Tomé y Sunchales.....	43
Tabla N°7:	Ecuaciones para la determinación de los Coeficientes C.	48
Tabla N°8:	Poblaciones de Diseño correspondientes al año 2040 según los métodos antes citados.....	51
Tabla N°9:	Proyección de la población en el año 2040	53
Tabla N°10:	Nomenclatura de caudales	54
Tabla N°11:	Nomenclatura de coeficientes de caudal	54
Tabla N°12:	Coefficiente de caudal α_1	55
Tabla N°13:	Valores de los coeficientes de caudal	55
Tabla N°14:	Cálculo del Caudal necesario	56
Tabla N°15:	Fórmulas de pérdida de carga por fricción en tuberías.....	61
Tabla N°16:	Coefficientes de rugosidad para tuberías nuevas	62
Tabla N°17:	Valores de K para los distintos accesorios	66
Tabla N°18:	Resumen de alternativas.....	68
Tabla N°19:	Resumen de variables de las distintas alternativas.....	77

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ACUEDUCTOS SANTA FE - CÓRDOBA

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe forma parte de la práctica supervisada desarrollada como requisito para cumplimentar las exigencias de la carrera de Ingeniería Civil. El desarrollo de esta actividad requiere integrar los conocimientos adquiridos a lo largo del cursado y en particular las materias de aplicación de los últimos años.

El estudio consiste en el análisis de las posibilidades de ampliación de un acueducto en ejecución dentro de la provincia de Santa Fe con el objetivo de ampliar el suministro a la zona Centro y Oeste de la provincia de Córdoba.

La organización de este trabajo permitirá identificar las potencialidades y limitaciones para el diseño y ejecución de las obras que requeriría esta repotenciación.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Son de amplio conocimiento los problemas de abastecimiento de agua para las zonas Este y Centro de la provincia de Córdoba, y el Gran Córdoba. Por otro lado, los caudales del Río Suquía que actualmente proveen al Gran Córdoba, y los del Río Tercero o Ctlamochita, que al presente proveen al acueducto troncal que permite abastecer la zona Noreste y Este de la Provincia de Córdoba, se encuentran al límite de su capacidad y no permiten proyectar su uso para otros destinos (como por ejemplo, abastecer a Sierras Chicas o ampliar las zonas provistas por el sistema de acueductos del este y centro provincial).

Por otra parte, la Provincia de Santa Fe se encuentra actualmente en plena construcción de su "Sistema de Grandes Acueductos". En total son 12 obras de gran magnitud con las que se busca proveer de agua a las 362 localidades de esa provincia. Algunas de estas obras se encuentran en construcción y otras en etapa de estudio.

Cuando se visualizan algunos de estos acueductos, junto con los existentes en la Provincia de Córdoba, es posible observar que algunos de ellos se muestran muy próximos a acueductos existentes en nuestra provincia. Los acueductos en construcción o bajo estudio dentro de la provincia de Santa Fe son los siguientes:

- Acueducto Noreste 3 – del Norte Santafesino (Toma Villa Ocampo)
- Acueducto Noreste 2 – Reconquista (Toma Reconquista)
- Acueducto Noreste 1 – San Javier (Toma San Javier)
- Acueducto Noreste 1 – Helvecia (Toma Helvecia)
- Acueducto Sistema Santa Fe – de la Costa (Toma Colastiné)
- Acueducto Norte 1 – Desvío Arijón (Toma Desvío Arijón)
- Acueducto Norte 2 – Río Coronda (Toma Coronda)
- Acueducto Centro-Oeste Santafesino (Toma Monje)
- Acueducto Sur 1 – de la Ribera (Toma Timbúes)
- Acueducto Sur 2 – del Gran Rosario (Toma Granadero Baigorria)
- Acueducto Sur 3 – del Sur (Toma Fighiera)

En particular se distingue por su proximidad y posibilidad de interconexión el denominado Acueducto Norte 1 o Desvío Arijón (Toma Desvío Arijón). Esta situación permite pensar en la posibilidad de ampliación del acueducto de Santa Fe de la zona central para dar provisión de agua al acueducto troncal que parte del Río Tercero o Ctlamochita y

que permite abastecer a la ciudad de San Francisco y, si fuese factible también, para dar provisión de agua hasta la planta potabilizadora de Suquía; primero, a través de un nuevo acueducto y luego, en forma directa o indirecta, a través de los grandes conductos de la red de la ciudad de Córdoba.

También pueden analizarse opciones de acueductos totalmente independientes (aun cuando podrían aprovecharse las trazas) que lleven el agua cruda a los distintos puntos de conexión y entrega de caudales (Acueducto Río Tercero – San Francisco, Sistema Gran Córdoba/Planta Bower/Planta Suquía).

Por medio del presente estudio de Factibilidad se busca determinar la conveniencia de estas obras cuyo objeto es el de resolver a mediano y largo plazo los problemas de abastecimiento de agua para las zonas Este y Centro de la provincia de Córdoba, y el Gran Córdoba.

El desarrollo de estas alternativas permitiría la liberación de caudales del Río Suquía que actualmente provee al Gran Córdoba, y del Río Tercero o Ctalamochita, que al presente provee al acueducto troncal que permite abastecer la zona Noreste y Este de la Provincia de Córdoba. Esto permitiría dar otros destinos a esos caudales (como por ejemplo, abastecer a Sierras Chicas o ampliar las zonas provistas por el sistema de acueductos del este y centro provincial).

El presente estudio busca aprovechar al máximo la posibilidad de integración regional con la Provincia de Santa Fe y realizar el desarrollo en forma mancomunada buscando un financiamiento conjunto. Para esto se considerarán las obras de acueductos recientemente realizadas y aquellas que se encuentran en proyecto.

2 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL TRABAJO

2.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR

El presente trabajo consiste en el estudio de factibilidad de un acueducto que nace en la provincia de Santa Fe hasta la provincia de Córdoba.

Se trata de un sistema de conducción y distribución de agua potable a partir de la planta potabilizadora ubicada en la localidad de Desvío Arijón, desarrollándose una distancia aproximada de 133 kilómetros hasta alcanzar la ciudad de Frontera al Oeste y Rafaela al Norte. En la primera etapa (ya licitada) incluye ramales hacia las localidades de Desvío Arijón, Sauce Viejo y Santo Tomás. En tanto, los beneficiarios de la segunda etapa serán: Matilde, Sierra Pereyra, Angélica, Susana, Rafaela, San Carlos Sur y San Carlos Centro.

El estudio de factibilidad se centra en el acueducto ya mencionado

- Acueducto Norte 1 – Desvío Arijón (con su Toma en Desvío Arijón)

La organización en este trabajo facilitará conocer y seguir las distintas tareas y programas para el estudio de factibilidad del acueducto. El mismo está confeccionado con la metodología requerida para un estudio de factibilidad.

2.2 OBJETIVOS A ALCANZAR

- Afianzar y ampliar los conocimientos adquiridos durante el cursado de la carrera y aprender a aplicarlos en un ámbito profesional de trabajo.

- Tomar contacto con diversas herramientas y ramas existentes en el campo de la Ingeniería Civil y utilizarlas para generar soluciones técnica y económicamente viables.
- Recopilación de antecedentes e información disponible referente a los acueductos existentes y en diferentes etapas de ejecución y proyecto en Santa Fe. Recopilación y estudios de datos de población para las localidades abastecidas por el acueducto analizado.
- Obtención mediante modelos digitales de elevación de la altimetría del sector de estudio.
- Realización de la memoria de cálculo de población y de los cálculos hidráulicos en régimen permanente con planteo de alternativas de conducción que permita definir los diámetros para este acueducto.
- Ejecución de planos de proyecto con indicaciones planialtimétricas de la alternativa de conducción seleccionada donde se indiquen referencias, longitud de los tramos, pendientes, características técnicas de los equipos de bombeo necesarios con su respectiva estructura de contención.

2.3 ALCANCES DEL TRABAJO

Como parte del presente trabajo se analizan distintas alternativas en función de las siguientes variables consideradas: caudales, velocidades admisibles, presión y parámetros de diseño para las estaciones de bombeo. En cada punto de derivación se consideran los caudales necesarios para abastecer a las localidades del proyecto o anteproyecto original. Se definirán los sistemas de bombeo que permitan impulsar el fluido a través de la traza del acueducto sin considerarse los sistemas de bombeo requeridos por las derivaciones. Las estaciones de bombeo dispondrán de una cisterna para la derivación a las localidades a servir y como elemento de operación del sistema de bombeo del acueducto troncal.

Las tareas que integran el estudio realizado se compone de:

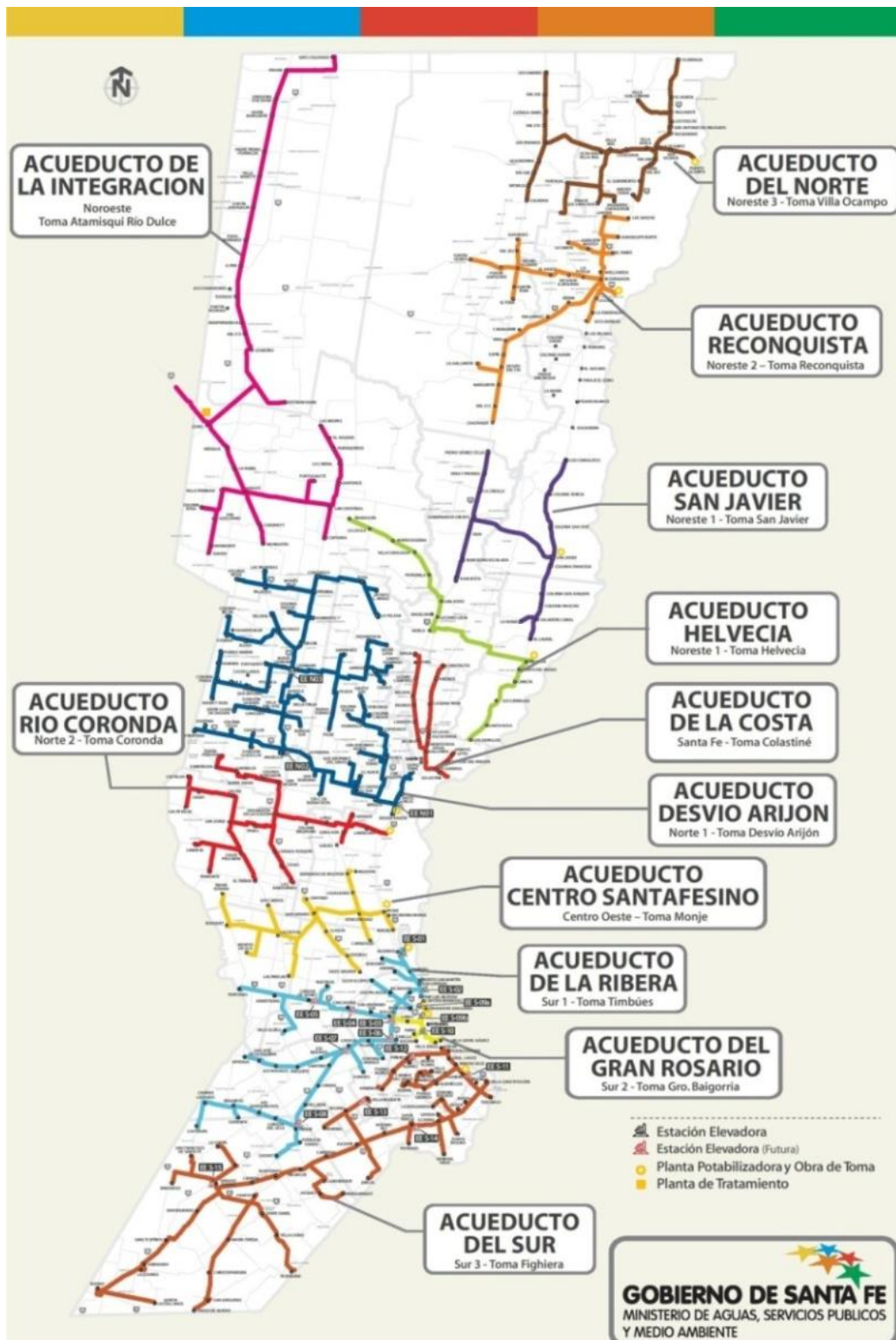
- Análisis demográfico y proyección poblacional para las localidades involucradas
- Caracterización del medio Físico de la zona de proyecto
- Estudio de la demanda
- Planteo de alternativas de conducción
- Desarrollo de los modelos hidráulicos
- Definición de los parámetros de las estaciones de bombeo necesarias
- Valoración de las alternativas analizadas y selección de la más apropiada
- Desarrollo del perfil longitudinal de la conducción
- Confección de planos planialtimétricos

3 ANTECEDENTES

3.1 Sistema Regional

El acueducto analizado forma parte de un sistema regional de acueductos en ejecución, proyectados o bajo análisis que dentro de la provincia de Santa Fe se abastecen directa o indirectamente desde el Río Paraná. En la Figura N° 1 se muestra el sistema de acueductos de la provincia de Santa Fe.

Figura N° 1 Sistema Provincial de Acueductos de Santa Fe, Planificación 2012

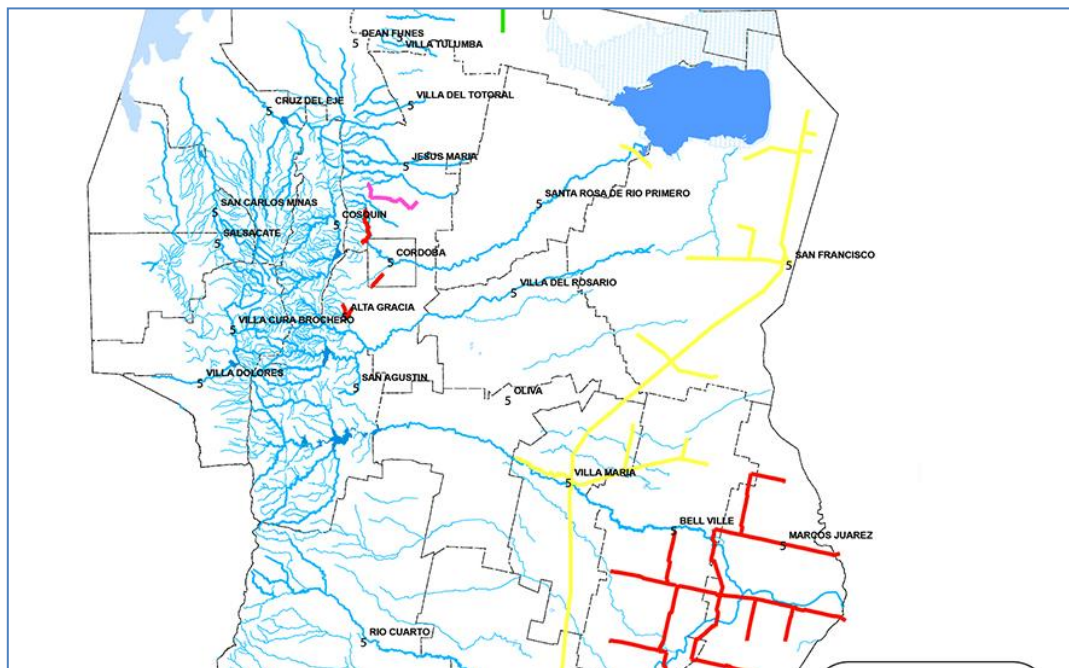


El mapa regional de la infraestructura en materia de agua potable muestra a Santa Fe en plena construcción de su Sistema de grandes acueductos.

La región Este y Centro de la provincia de Córdoba se abastece por medio de dos acueductos desde la cuenca del río Tercero a la altura de la ciudad de Villa María y la ciudad de Bell Ville.

San Francisco y gran parte del departamento de San Justo tiene provisión de agua a través de uno de estos acueductos que parte desde el Río Tercero o Ctalamochita. A continuación se muestra en la Figura N° 2 un mapa con los acueductos de Córdoba de la región este y centro.

Figura N° 2 Mapa de acueductos de Córdoba, región Este y Centro



3.2 Información Adicional

Para el desarrollo del presente estudio se contó con información de las siguientes fuentes:

- Resumen ejecutivo de las obras a licitar y Circulares aclaratorias “Sistema General de Acueductos de la provincia de Santa Fe”.
- Pliegos para el llamado a licitación Pública para otros acueductos ya en ejecución.
- Pliegos particulares de especificaciones técnicas y legajo gráfico.
- Modelo Digital de Elevación. Datos originarios: SRTM.
- Información de dominio público y estudios previos.
- Datos censales de las poblaciones de las localidades alcanzadas, INDEC.

3.3 Metodología

Para la elaboración del Estudio de Factibilidad, se trabajará sobre los siguientes aspectos, relacionados todos ellos con el aprovechamiento eficiente del Recurso Hídrico:

- Provisión actual:
 - Localidades de la provincia de Santa Fe consideradas en el proyecto.
 - Ciudad de Córdoba.
 - Gran Córdoba (incluyendo zonas aguas arriba que compiten con el recurso disponible).
 - Acueductos provinciales en Córdoba.
 - Demandas actuales.
 - Demandas del sector Este de la provincia de Córdoba y demandas “en ruta” de la zona a atravesar por el acueducto.

- Provisión a mediano y largo plazo
 - Localidades de la provincia de Santa Fe consideradas en el proyecto.
 - Ciudad de Córdoba.
 - Gran Córdoba.
 - Zonas Noreste y Este de la provincia de Córdoba.
 - Demandas futuras.
 - Modificación de los hábitos de consumo / eficiencia.

Alternativas de abastecimiento a través de un acueducto troncal que parta del acueducto santafesino en la zona central y alternativa de acueductos independientes.

- Estudio de capacidad del acueducto santafesino.
- Estudio de alternativas de repotenciación del acueducto o ejecución de un acueducto paralelo al existente:
 - Factibilidad y sustentabilidad.
 - Conducciones necesarias.
 - Estaciones de bombeo.
 - Cisternas de almacenamiento.
 - Provisión Largo Plazo (a 30 años).
 - Noreste y Este de la Provincia de Córdoba.
 - Ciudad de Córdoba.
 - Gran Córdoba/Centro de la Provincia.
 - Demandas futuras.
 - Conducciones.
 - Costos operativos.
 - Sustentabilidad.
 - Impactos ambientales.

De cada uno de los aspectos señalados se recogerán los datos básicos existentes en estudios y trabajos que estén disponibles.

1. Oferta y Disponibilidad Hídrica superficial

- Hidrología de superficie.
- Cuencas superficiales.
- Acueductos.

2. Demanda Hídrica para Agua Potable

- Abastecimiento de agua potable para la región noreste y este de la provincia.
 - Abastecimiento de agua potable en el Gran Córdoba.
3. **Aspectos relacionados a la calidad del recurso hídrico**
 - Calidad de agua.
 - Influencia en la gestión del recurso hídrico.
 4. **Análisis de Alternativas**
 - Estudio de alternativas de acueducto a la zona noreste y este de la provincia de Córdoba partiendo de los acueductos troncales de Santa Fe.
 - Estudio de alternativas de acueductos para la provisión de agua a la ciudad de Córdoba.
 - Selección de la alternativa más favorable.

4 OBRA ANALIZADA

4.1 Acueducto Norte 1 – Desvío Arijón

Población beneficiaria: 90 localidades en las que viven más de 330.000 personas. Se estima que en una proyección de 30 años beneficiará a 540.000 habitantes.

Descripción de la obra: Se inició la primera etapa que consiste en un muelle de toma, planta potabilizadora, cisterna de almacenamiento y ramales hacia las localidades de Desvío Arijón, Sauce Viejo y Santo Tomé. Esta obra está ejecutada, pero la red fina no se encuentra contemplada en la obra. Por otra parte, la planta potabilizadora se está poniendo a punto.

En la Figura N° 3 se muestra el avance hasta 2017 de acuerdo al Ministerio de Infraestructura y Transporte de la Provincia de Santa Fe, destacando en color la traza troncal del acueducto Desvío Arijón. En la Figura N° 4 se muestra la obra de toma del acueducto Desvío Arijón.

Figura N° 3 Acueducto Desvío Arijón. Avance 2017

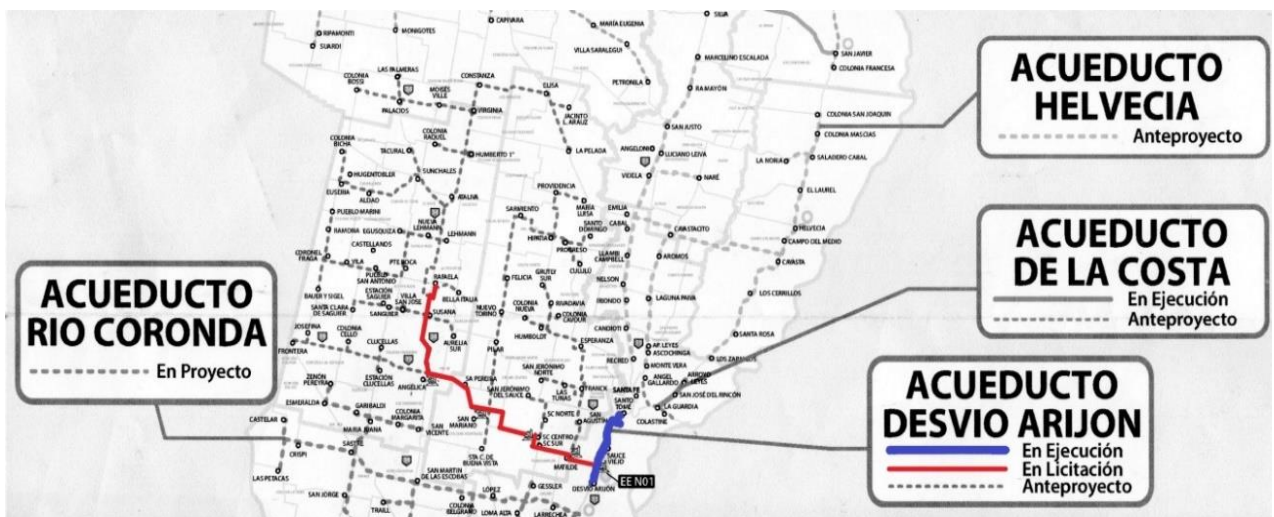


Figura Nº 4 Obra de Toma Acueducto Desvío Arijón



En tanto, los beneficiarios de la segunda etapa serán: Matilde, Sa Pereyra, Angélica, Susana, Rafaela, San Carlos Sur y San Carlos Centro.

Traza hasta Rafaela: Abastecer con agua potable a Desvío Arijón, Sauce Viejo y Santo Tomé es, en realidad, el objetivo de la primera etapa del acueducto. En el futuro, su meta más ambiciosa es llegar hasta Rafaela.

El objetivo de este estudio prevé el posible enlace de dicho acueducto con el de Río Tercero – San Francisco, en las cercanías de dicha ciudad, la cabecera departamental. Con este objetivo se extenderá el ramal troncal en las proximidades de la localidad de Angélica con dirección oeste.

5 CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FISICO

Con el objeto de fijar de forma adecuada las bases para un futuro estudio de afectación medioambiental y definir las medidas de mitigación que resulten necesarias, todo proyecto requiere en términos generales la descripción de la zona de interés caracterizando, de los siguientes aspectos, aquellos que resulten vinculantes:

- Caracterización climática: precipitación mensual, evaporación potencial mensual y evaporación efectiva mensual de la zona del proyecto.
- Características topográficas de la zona de afectación. Pendiente del terreno.
- Condiciones geológicas y geomorfológicas. Caracterización reológica de los materiales involucrados.
- Estudio de suelo: Mapa de suelo, textura, densidad aparente, estudio de infiltración, escorrentía.
- Descripción de los usos actuales y potenciales del suelo.

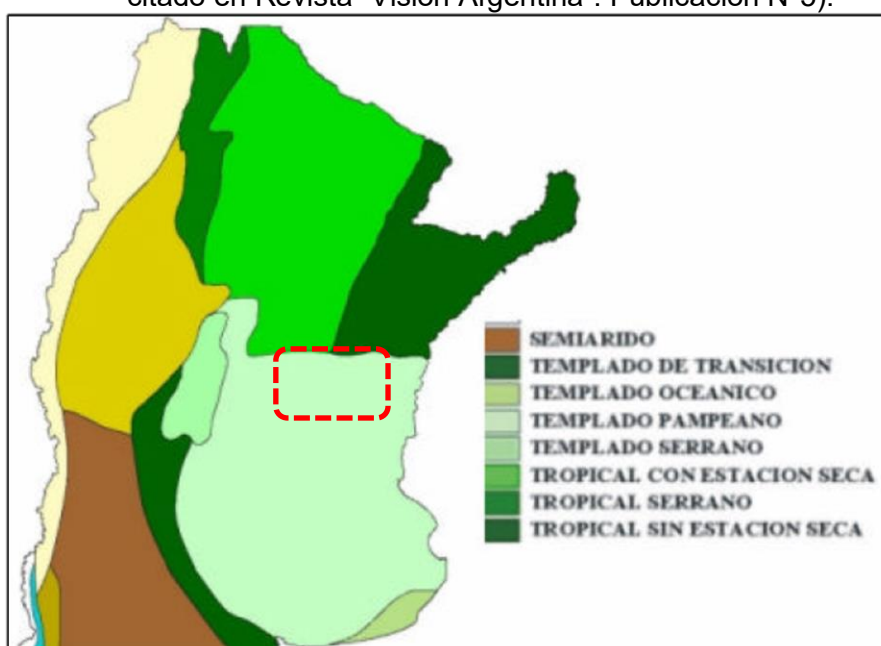
- Red hidrológica y distancias a cursos de aguas superficiales, incluyendo canales de riego. Cartografía de recursos hídricos subterráneos del área de influencia del proyecto.

Se caracterizan a continuación aquellos aspectos del medio físico donde se enmarca la obra en cada provincia.

5.1 Clima

Entre la diversidad de climas que presenta la República Argentina (Figura N° 5) el desarrollo de las obras analizadas se localizan dentro de la zona de clima templado según la delimitación realizada por el INTA (<http://inta.gov.ar/>).

Figura N° 5 Clasificación climática en la llanura chacopampeana (Fuente: INTA, 1995 citado en Revista "Visión Argentina". Publicación N°5).



5.2 Clima templado pampeano o de transición

Comprende la región pampeana oriental. Es el más extenso y característico de los climas templados de la Argentina. Se destaca por los veranos calurosos e inviernos templados, con olas de aire frío, por su posición abierta a las invasiones de aire polar antártico. Las estaciones intermedias no están bien definidas, o bien duran poco tiempo, siendo la más estable el otoño.

El período caluroso comprende los meses de noviembre a marzo. El invierno se inicia a fines de mayo y dura hasta agosto, con promedios mensuales superiores a 10°, pero se registran con frecuencia temperaturas inferiores a 0°. Los días de mal tiempo son frecuentes al comienzo del período invernal, pero no faltan días de sol, y noches de intenso frío. La elevada humedad de ciertos días de verano, hace sofocante el ambiente. El coeficiente de humedad relativa experimenta una disminución constante hacia el interior.

Las épocas de menor calma atmosférica son la primavera y el verano. A fines del verano y en el otoño, el tiempo es más estable. En noviembre y diciembre, con los primeros calores fuertes, tienen lugar tormentas violentas, con brusca caída termométrica, vientos huracanados y aguaceros. Los vientos más frecuentes son los del norte, nordeste y sudeste, siendo escasos los del noroeste y oeste. Las calmas son raras, sobre todo en verano.

Los vientos locales característicos son el norte, el pampero y la sudestada. El viento “norte”, cálido y húmedo, trae tiempo caluroso e inestable, que origina los días sofocantes del verano y las bajas presiones. El “pampero” sopla del sudoeste, a veces con violencia, y hace posible, al provocar los cambios de temperatura, las condiciones normales para la vida humana. La atmósfera posee un bajo coeficiente de diafanidad, y el promedio de heliofanía es más alto en verano que en invierno. El total anual de lluvias se haya próximo a los 1000 mm a lo largo de la costa del río de la Plata. Las lluvias disminuyen paulatinamente hacia el oeste.

En Córdoba hay un período seco entre junio y setiembre en el cual cae solamente el 8% del total anual disminuyendo el mismo hacia la faja ribereña donde prácticamente desaparece.

Circundando por el oeste al clima templado de transición, de la pampa oriental, se nota en una franja un aumento creciente de la aridez y una mayor oscilación en las temperaturas, que señalan el pasaje paulatino a la zona árida del oeste, con sus travesías arenosas.

En particular, dentro de la provincia de Santa Fe las precipitaciones están concentradas en la estación cálida y presentan alta variabilidad interanual. La temperatura media anual varía entre 17,5°C (S) y 19.5 °C (N) y la precipitación media anual entre 975 mm (O) y 1.200 mm (E).

En las Figura Nº 6 y Figura Nº 7 se observan las variaciones climáticas dentro de la provincia de Santa Fe.

Figura Nº 6 Mapa de variación climática – Provincia de Santa Fe.

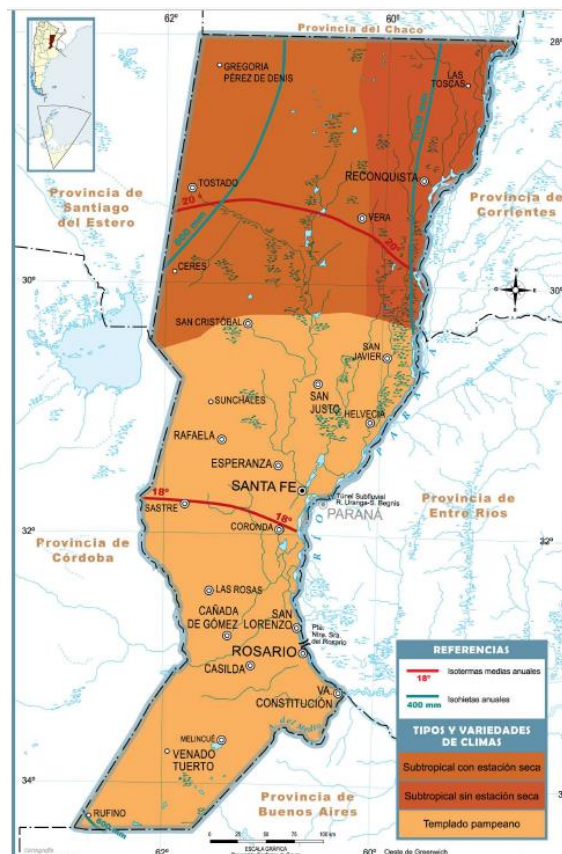
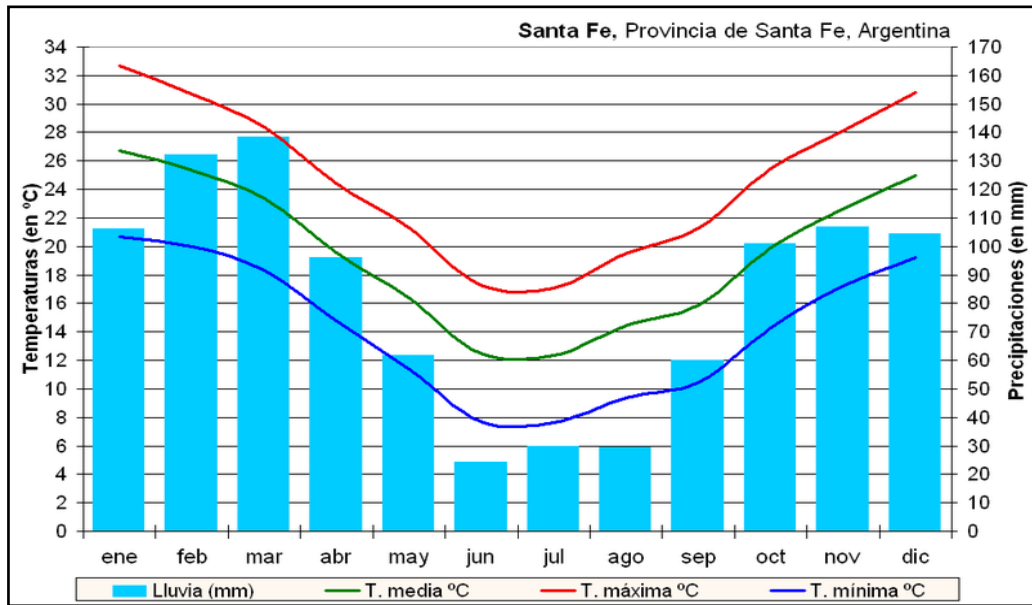


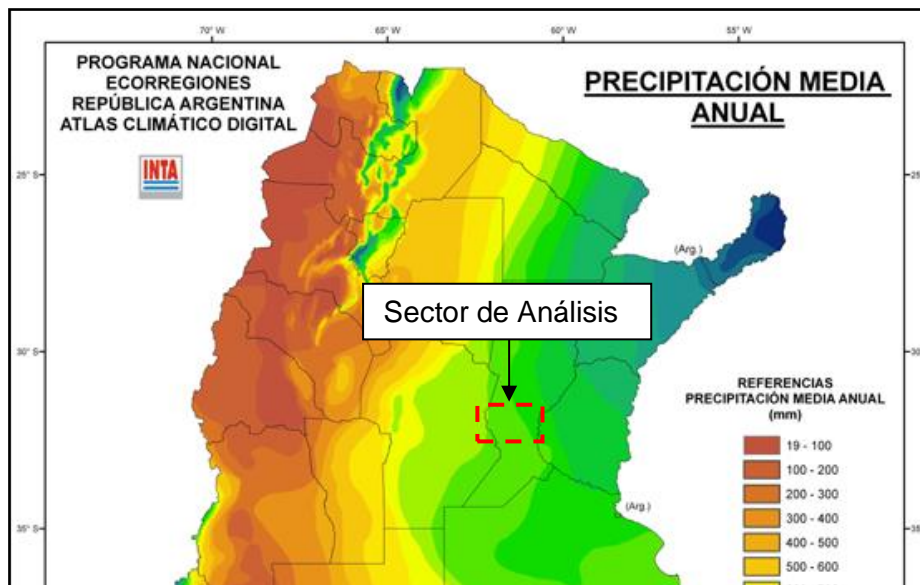
Figura N° 7 Variación climática – Provincia de Santa Fe.



En la Figura N° 8 se observa el mapa de isohietas medias anuales para la República Argentina realizado por el INTA en el marco del proyecto de ecorregiones.

El mapa de isoyetas evidencia la relación entre la precipitación y la topografía, aumentando la intensidad de las mismas en la proximidad de la zona costera y ante ciertos grupos montañosos que influyen en la generación de precipitaciones orográficas.

Figura N° 8 Isohietas medias anuales República Argentina (Fuente: <http://inta.gob.ar/>).



5.3 Relieve

Santa Fe es una provincia mediterránea, pero con salida al mar mediante el río Paraná, (luego devenido en el río de la Plata). El relieve santafesino es una extensa llanura inclinada en dirección noroeste-sudeste, cuyos sedimentos han ido colmando una gran fosa tectónica de hundimiento. Se diferencia en sus zonas norte y sur (separadas por el río Salado), las que integran las regiones chaqueña y pampeana respectivamente, presentando diversos aspectos: las subregiones del Chaco Oriental y de la Diagonal Fluvial de la Región Chaqueña, y las subregiones de la Pampa del Norte o de la Colonia y de la Pampa Ondulada en la mitad sur y sudeste.

El Chaco Oriental, conocido también como los Bajos Submeridionales, está caracterizado por la uniformidad de los suelos, en donde la falta de drenaje causa la formación de cañadas, lagunas y zonas anegadizas, en coincidencia con los períodos de mayores precipitaciones. En la diagonal fluvial, en el noroeste provincial, existe un relieve plano con una suave inclinación hacia el sur y el este lo cual condiciona el sentido del escurrimiento de los numerosos arroyos, cañadas y lagunas que los surcan. Allí se genera una formación arbórea conocida como cuña boscosa.

El relieve de transición en el centro provincial, suavemente ondulado a plano o deprimido en las cercanías de los arroyos y los ríos como el río Salado, y en donde se presentan desde bosques bajos hasta amplias sábanas de pastizales y pajonales, marca el nexo con la zona pampeana del sur. La Pampa norte que se abre a partir de aquí es caracterizada por la monótona llanura sólo interrumpida por los ríos, arroyos y suaves lomadas.

La Pampa Ondulada, situada al sudeste del río Carcarañá, es una franja litoral que topográficamente se caracteriza por estar a menos de 100 m sobre el nivel del mar; presentando ondulaciones suaves con desniveles inferiores a 5 metros y valles fluviales abarrancados, aterrizados y meandrosos.

El relieve en la franja central donde se ubican las obras bajo consideración es heterogéneo, con sectores ondulados y otros muy planos. Los sedimentos predominantes son loésicos, excepto en el Sudoeste donde son arenosos y en el valle del río Paraná que presenta materiales fluviales. En el Sudoeste, los sedimentos son arenosos y areno-loésicos (Pampa Arenosa y de transición), el relieve está constituido por médanos estabilizados y no existe una red de avenamiento organizada. El rasgo característico del paisaje es la existencia de lagunas de diverso tamaño y permanencia. Al Sur del río Carcarañá, en los departamentos Caseros, Constitución y en parte de los de San Lorenzo y Rosario, se presenta un relieve ondulado, con diversos grados de expresión (Pampa Ondulada). Comprende las tierras de las cuencas altas y medias de los arroyos que desaguan en el río Paraná. La red de avenamiento es organizada y se presentan procesos erosivos avanzados en la parte baja de las pendientes. Al Norte del río Carcarañá, en los departamentos Belgrano y San Martín, se presenta una faja elevada (Domo Occidental), plana en el centro y con pendientes onduladas hacia las unidades adyacentes, lo que favorece el desarrollo de fenómenos erosivos. En el eje, las alturas son levemente menores que en los bordes, presentando algunas depresiones poco marcadas. En los departamento San Jerónimo e Iriondo el relieve es de planos muy suavemente ondulados y la red de avenamiento está constituida por “bajos” y “cañadas” que no proveen un escurrimiento totalmente eficiente de los excesos hídricos. En el Sur, en parte de los departamentos San Lorenzo y Rosario, un relieve similar al anterior está asociado a las cuencas bajas de los arroyos que desaguan en el río Paraná; la red de avenamiento es organizada, pero, los cauces están poco excavados y no se observan signos de erosión importante.

5.4 Suelos

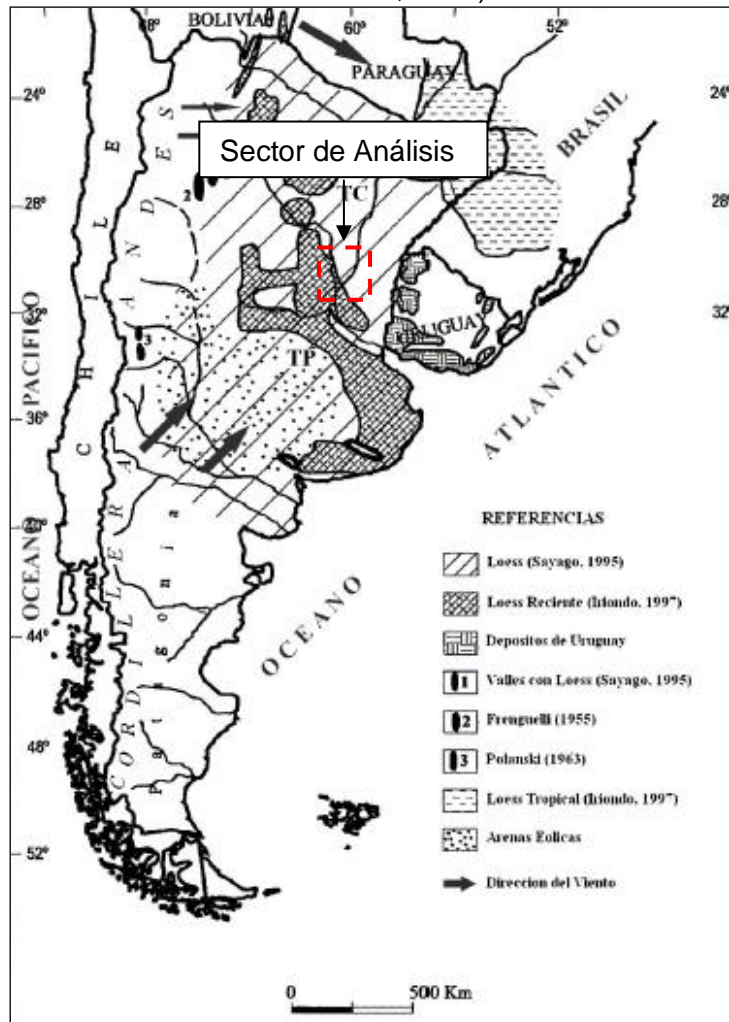
Se entiende por suelos la primera capa de aproximadamente 0.5 m de material no consolidado situado inmediatamente por debajo de la superficie y que sirve como medio natural para el desarrollo de la vegetación. La magnitud de la infiltración y escorrentía

producto de las precipitaciones está directamente relacionada con las características del suelo.

Superficialmente gran parte del suelo del sector analizado se corresponde con depósitos de tipo loésico. La zona ocupada por loess en la República Argentina se extiende en las planicies situadas desde 23° a 38° S, cubriendo más de 600,000 km² (Figura N° 9). Hacia el oeste, está contenida por varias cadenas montañosas que ocupan una faja que se extiende en dirección N-S, a lo largo de Argentina. Recientemente se ha propuesto la subdivisión entre loess pampeano (al sur de 30° S) y loess chaqueño, subtropical (al norte de 30° S). Hay otros depósitos loésicos en valles montañosos y planicies de altura del oeste del país.

En el caso del Tipo de loess Pampeano, predominan partículas de origen volcánico originadas en los Andes Centrales y en la Patagonia. Ellas fueron transportadas por agentes erosivos como glaciaciones y fluviales hacia el norte de la Patagonia. De allí las partículas fueron transportadas por la acción de los vientos del S - SW hacia el centro del país (Rocca et al, 2005).

Figura N° 9 Distribución de Loess y Loessoides (Fuente: Rocca et al, 2005, adaptado de Zárate, 2003).



Los suelos loésicos presentan singularidades en cuanto a la anisotropía de la conductividad hidráulica, la conductividad hidráulica vertical (Kv) es mayor que la horizontal (Kh). Los niveles superiores de limos arcillosos presentan estructuralmente una red de fisuras y microfisuras visibles. Esta red incrementa el valor de la conductividad hidráulica.

A menor escala y focalizando en las provincias que conforman la zona de estudio, se presenta la clasificación de sus suelos según el sistema "Soil Taxonomy" (SSS- USDA, 1975) representado en el "Atlas de Suelos de la República Argentina" elaborado por el INTA. Esta clasificación hace posible la subdivisión sistemática en diferentes tipos de suelos, caracterizados por sus propiedades específicas e identificadas por nombres de clases.

La clasificación taxonómica según el sistema norteamericano denominado "Soil Taxonomy" (SSS-USDA 1975), presenta un modelo de relaciones genéticas entre los suelos y su estructura bajo un esquema de seis categorías o niveles progresivos. Los niveles superiores poseen pocas divisiones y se encuentran definidos por características generales, a medida que se progresa hacia los niveles inferiores las divisiones aumentan y las propiedades son definidas en forma específica por un gran número de propiedades del suelo.

En el orden de mayor a menor nivel, las categorías que conforman el sistema de clasificación "Soil Taxonomy" son: 1) Orden; 2) Suborden; 3) Gran Grupo; 4) Subgrupo; 5) Familia y 6) Serie.

Los planos siguientes presentan los órdenes y subórdenes según este criterio para las provincias de Santa Fe (Figura N° 10) y Córdoba (Figura N° 11). Los mismos junto a las consideraciones geológicas permitirán valorar las condiciones de implantación de los conductos en el desarrollo del proyecto.

Figura N° 10 Suelos en la provincia de Santa Fe (Fuente: <http://inta.gob.ar/> - Elaborado en base al Atlas de suelos de la Rep. Argentina).

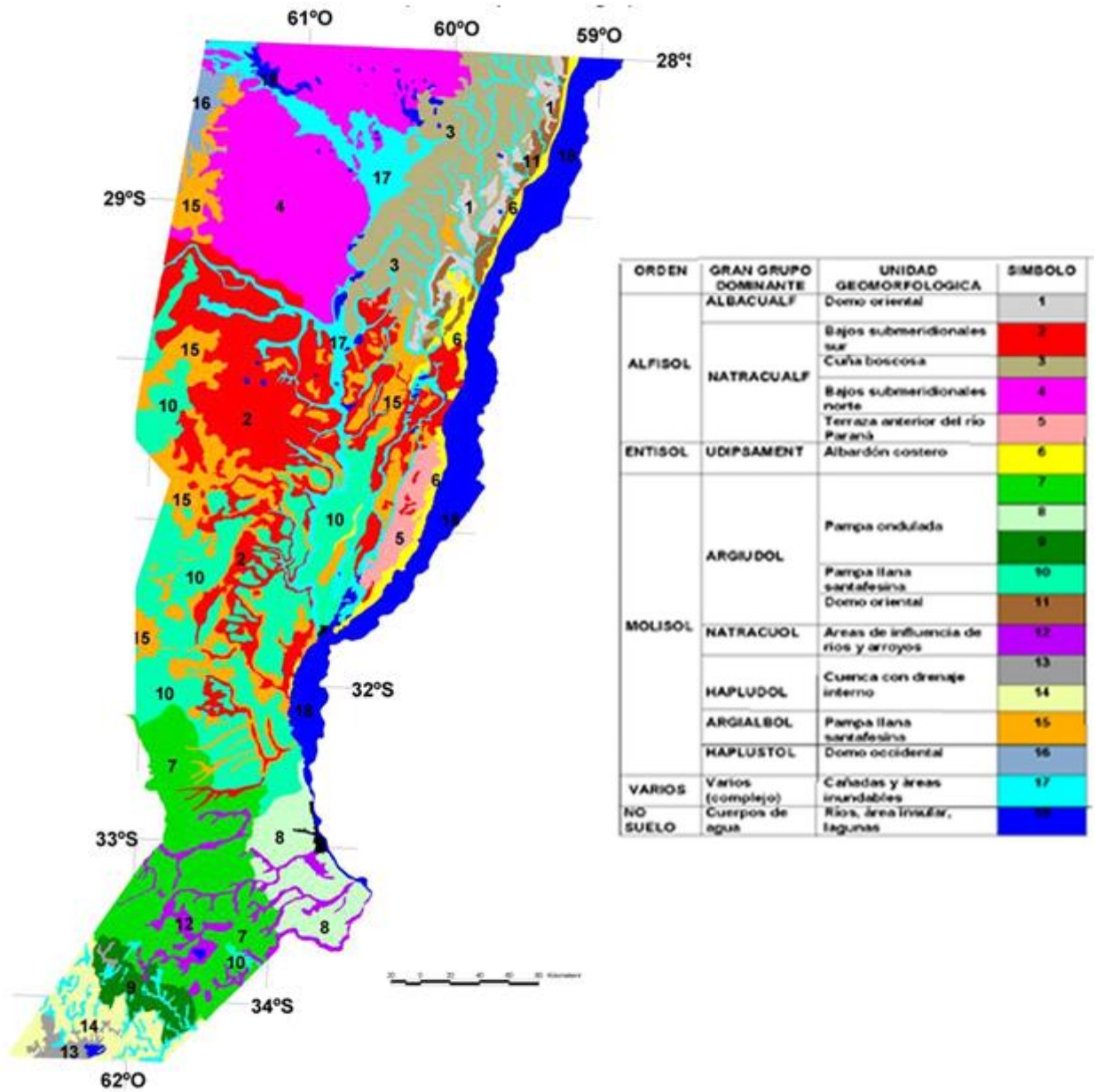
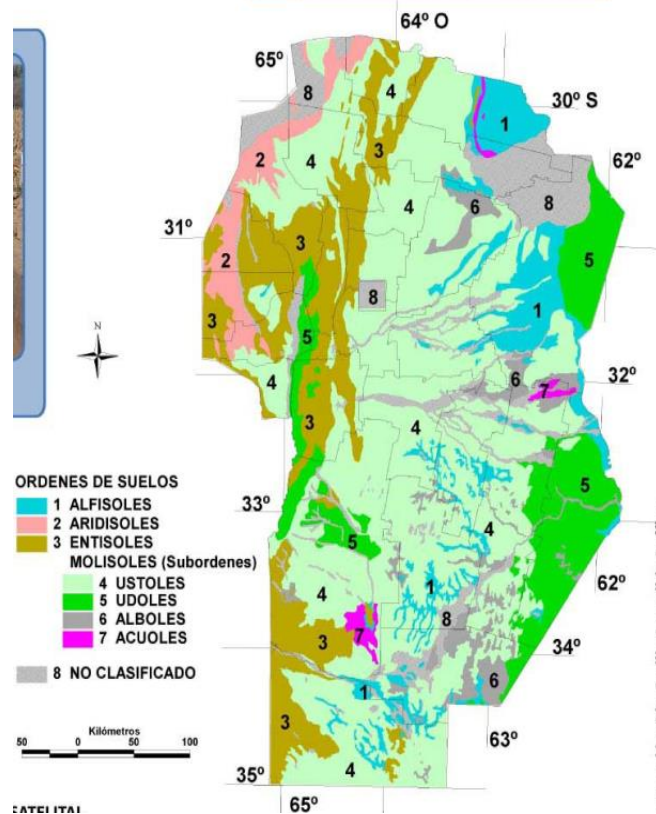


Figura N° 11 Suelos en la provincia de Córdoba (Fuente: <http://inta.gov.ar/> - Elaborado en base al Atlas de suelos de la Rep. Argentina).



Se puede apreciar claramente como en ambas provincias la mayor parte de la superficie correspondiente al sector en estudio se encuentra cubierta de suelos del grupo de los molisoles y subgrupos udoles y argisoles surcados por depósitos fluviales donde los ríos dejaron su impronta.

Los Molisoles ocupan áreas importantes en la planicie Chaco-Pampeana y constituyen los suelos dominantes entre los que tienen la mejor aptitud para la agricultura. La Región Pampeana, tanto húmeda como semiárida, se caracteriza respectivamente por Udoles y Ustoles, con ocurrencia menor de Acuoles en áreas planas utilizadas para la producción de ganado.

Los Molisoles son suelos pardos o negros que se han desarrollado a partir de sedimentos minerales en climas templado- húmedo a semiárido, aunque también pueden presentarse en climas fríos y cálidos cubiertos con una vegetación de gramíneas.

Las propiedades que caracterizan a los Molisoles son: la presencia de un epipedón mólico, por la incorporación de residuos vegetales y su mezcla con la parte mineral, que con el transcurso del tiempo produce el oscurecimiento del suelo por la incorporación de materia orgánica; la estructura granular o migajosa moderada y fuerte que facilita el movimiento del agua y del aire; el dominio del catión calcio en el complejo de intercambio catiónico, que favorece la fluctuación de los coloides; la dominancia de las arcillas, moderada a alta capacidad de intercambio y elevada saturación con bases.

Las unidades geomorfológicas que los agrupan son la Pampa ondulada y la Pampa llana Santafesina.

Los suelos desarrollados en las planicies de inundación, derrames, deltas de ríos y sobre sedimentos depositados recientemente por las aguas son afectados con frecuencia por inundaciones, pero no llegan a saturarse con agua.

En el perfil de suelos es común la presencia de materiales provenientes de la erosión de áreas altas conteniendo una cantidad considerable de materia orgánica. La característica

común a todos los órdenes Fluventes es la ausencia de rasgos asociados a la humedad, los que están presentes en suelos más mojados como los Acuentes.

5.5 Aspectos Geológicos

La Región Pampeana donde se ubica el sector de estudio es una extensa llanura que cubre la región central de la Argentina, con una superficie total de 600.000 Km². Se la divide en dos partes diferentes entre sí: Pampa Norte y Pampa Sur. La Pampa Norte abarca el área comprendida entre la Sierra Chica de Córdoba y el río Paraná, con un sector del sudoeste de Entre Ríos. Está dominada en el oeste por la influencia geológica de las Sierras Pampeanas y en el este por los aportes sedimentarios chaqueños y brasileños; el límite entre ambos sectores está bien definido, es la falla Tostado-Selva (Iriondo, 2010).

Figura N° 12 Unidades geomorfológicas de la provincia de Santa Fe (Iriondo, 1985).



La “Región de dominio fluvial” corresponde al Chaco Santafesino. La “Región de Dominio Loésico” a la Pampa Norte. La “Región de Dominio Arenoso” a la Pampa Sur.

El Área Oriental está situada en la provincia de Santa Fe, noreste de Buenos Aires y sudoeste de Entre Ríos. El desarrollo de las unidades sedimentarias cuaternarias, que son las portadoras de agua potable, estuvo dominado por la dinámica del río Paraná, en un paisaje de llanura dividido en bloques tectónicos de miles de kilómetros cuadrados de superficie.

Igualmente, importantes fueron los aportes eólicos de sedimentos cordilleranos provenientes del sur.

En 1987 se mapeó la geomorfología de Santa Fe (Iriondo, 1987), determinándose las siguientes unidades:

- Área Elevada Occidental o Bloque de San Guillermo.
- Faja de Cañadas Paralelas.
- Área de Hoyas de Deflación.
- Área de Bloques Desiguales.
- Área con Paleocauces Enterrados.

El bloque de San Guillermo es un área alta de la llanura limitada por fracturas y fallas reactivadas por Neotectónica. Su mayor parte se halla en la provincia de Santa Fe, con excepción de un sector del noreste de la provincia de Córdoba.

Abarca el Área Elevada Occidental y parte del Área de Bloques Desiguales del mapa geomorfológico de Iriondo (1987). Su superficie constituye una planicie prácticamente horizontal con una muy leve pendiente general hacia el ENE y sólo localmente está atravesado por algunas cañadas o paleocauces. Cubre un área aproximada de 17.800 km² y presenta un desnivel típico de 15 a 35 m, con respecto a las unidades vecinas.

El límite oeste del bloque es la falla Tostado-Selva (definida por Pasotti y Castellanos, 1963), de edad Pleistoceno medio y reactivada en el Holoceno (Iriondo, 1987). Presenta una traza irregular formada por una sucesión de segmentos rectos de 10 a 30 km de longitud, orientación variable y dirección general norte-sur. La falla aparece algo al norte de la localidad de Tostado y aumenta su desnivel y altura hacia el sur, hasta terminar bruscamente sobre la margen norte del río Carcarañá, a 420 km de distancia. Forma una escarpa de pendiente constante y superficie regular afectada por erosión hídrica (Passotti y Castellanos, 1963). El bloque oriental (San Guillermo) está elevado 20-39 m con respecto a la depresión de Mar Chiquita, constituyendo actualmente el borde este de la laguna Mar Chiquita (Borde de los Altos). En la mitad del bloque (al oeste de Altos de Chipión), la escarpa es visible en el campo con un desnivel de 32 m y 10.7‰ de gradiente. El desnivel entre el bloque de San Guillermo y la fosa tectónica de la Cañada de San Antonio aumenta hacia el sur (con 10-15 m y 3-5‰ de pendiente en el sector Landeta-Piamonte; en Bouquet, con desnivel de 29 m y 6,4% de gradiente; en el sector Montes de Oca-Tortugas, con 40-45 m de desnivel y gradientes entre 6 y 8%; Passotti y Castellanos, 1963).

El límite oriental del bloque de San Guillermo, por el contrario, es complejo; en el sector sur está representado por la escarpa de la falla El Trébol (definida por Pasotti y Castellanos, 1963; Kröhling, 1998), de 3 a 8 km de ancho, 4-7‰ de gradiente y 15-30 m de desnivel, aumentando localmente a 38 m por erosión retrocedente en las cabeceras de arroyos locales. En su parte central, el límite este del bloque de San Guillermo está representado por un resalto topográfico estructural también modificado por erosión retrogradante, poco visible en el terreno, pero bien expresado en cartas topográficas e imágenes satelitales. Se lo define como falla Rafaela, aunque previamente fue referida por Iriondo (1987) como una fractura de segundo orden. Está formada por dos segmentos mayores de rumbo NNE-SSO y de 45 km de longitud individual. El mayor desnivel topográfico entre el bloque de San Guillermo y el área ubicada al este de la falla se registra en el área de Rafaela, alcanzando valores de 30 a 37,5 m y expresado por un talud de 0,4% de gradiente, con disminución en desnivel y gradiente hacia el norte (22,5-25 m; 0,2%). El segmento de la falla al sur de Rafaela vincula una depresión tectónica menor del bloque de San Guillermo con el área baja ubicada al este de la falla; siendo el desnivel entre ambos de 12 a 16 m (0,20 a 0,30% de pendiente).

El sector noreste del bloque de San Guillermo está limitado por fracturas y fallas de distinta orientación, en su mayor parte de rumbo NO-SE. En el segmento entre Va. Trinidad y Arrufó, el desnivel entre el bloque y el área situada al este varía entre 2,5 y 3,75 m; en el segmento entre Morteros y Palacios, el desnivel se reduce a 1,25 m. Esta fractura se vincula con la Falla Rafaela a través de una fractura de rumbo E-O, denominada Fractura Sunchales por Iriondo (1987). Esta controla la cañada Sunchales, con desniveles cercanos a los 10 m en el área de Sunchales. Un segmento de la falla Sunchales afecta la falla Tostado-Selva produciendo un desplazamiento horizontal de 5 km en el sector de Altos de Chipión, donde constituye el límite sur de la laguna Mar Chiquita, con 36 m de desplazamiento vertical visible.

El área sur del bloque de San Guillermo comprende el bloque tectónico de Armstrong, definido por Pasotti y Castellanos (1963) y limitado por las fallas Tostado-Selva y El Trébol y por fracturas ortogonales de segundo orden.

5.6 Hidrografía

El sistema hidrográfico de la Provincia de Santa Fe es el más extenso del país, con ríos de aguas tranquilas, gran número de lagunas, cañadas, esteros, riachos y arroyos. El frente fluvial de Santa Fe alcanza los 849 kilómetros, lo que representa un tercio de la extensión total de la hidrovía Paraná– Paraguay.

Casi todo el territorio santafesino pertenece a la cuenca del río Paraná y por éste a la del río de la Plata. Sólo muy pocos cursos de agua, localizados en un pequeño sector del oeste provincial, de pobre caudal, desaguan en la laguna cordobesa de Mar Chiquita, ubicada dentro de la extensa cuenca sin desagüe que se extiende en diagonal desde la Puna hasta el sudoeste bonaerense.

El río Paraná es distintivo en la región, además de cumplir la función de límite provincial. Existen además numerosos ríos "tributarios", entre ellos el Salado del Norte, Carcarañá y Arroyo del Medio desde la costa oeste.

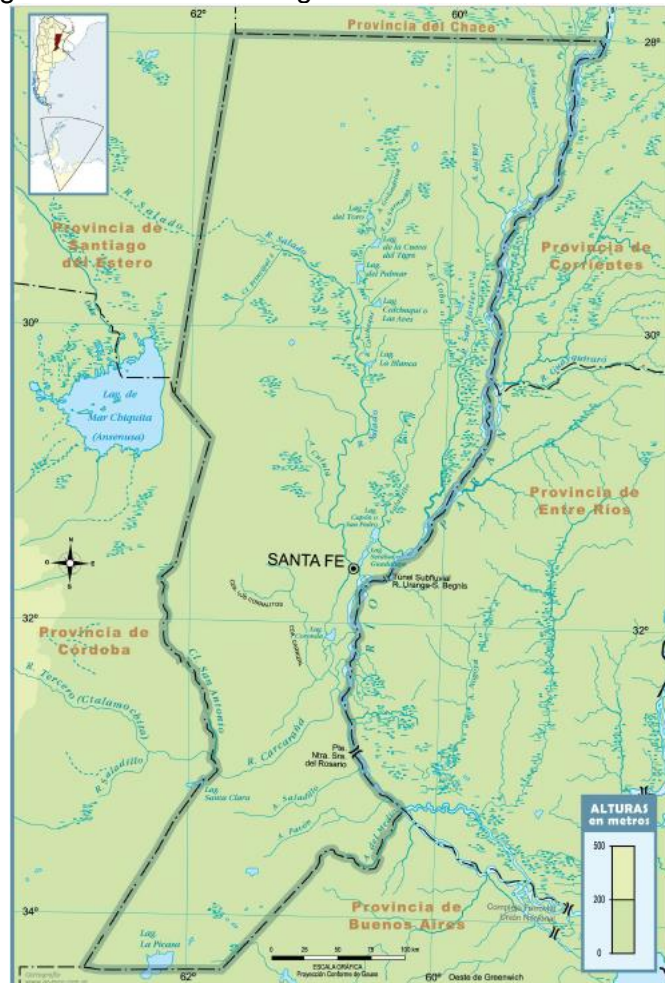
En la región norte y central, amplios cañadones y vaguadas con franco declive hacia el sur encauzan a las lentas corrientes fluviales a seguir paralelas al Paraná por muchos kilómetros, originando en su recorrido lagunas y bañados (río Salado). En la región sur los ríos y arroyos, como el Saladillo, Pavón y el del Medio siguen la corriente de oeste a este que los lleva en corto recorrido al Paraná.

El río Salado, al entrar en Santa Fe, recibe numerosos canales y cursos de agua originados en lagunas y cañadas: ríos Calchaquí, arroyos Las Conchas, San Antonio y Bululú, desembocando finalmente en el Río Coronda, brazo del Paraná al sur de la ciudad de Santa Fe. Presenta una creciente estival y una bajante que abarca el resto del año.

La cuenca del río Carcarañá, se extiende parcialmente en una delgada franja transversal del sur santafesino, y sus dos principales afluentes son los ríos Tercero y Cuarto, con el mismo régimen de alimentación pluvial. El canal San Antonio, el arroyo de las Tortugas y la Cañada de Santa Lucía escurren sus aguas en el río Carcarañá. Este recibe por margen izquierdo la Cañada de Gómez, recorre caudales y saltos, afloramientos de tosca, se vuelve abarrancando y desagua en el Río Coronda, al sur de Gaboto.

Los principales ríos de la Provincia de Santa Fe pueden observarse en el siguiente mapa:

Figura N° 13 Red Hidrográfica – Provincia de Santa Fe.



El sector beneficiado por la obra dentro de la provincia de Córdoba es próximo a una zona de gran interés por su biodiversidad como lo es la Laguna Mar Chiquita y su zona de influencia. La gran extensión del sistema, las particularidades asociadas al régimen de los bañados, la salinidad del cuerpo principal y los distintos cursos que concurren a la misma depresión son algunos de los factores que obligan a diferenciar los distintos componentes físicos para una mejor comprensión de cada elemento.

Esta área se encuentra en la región central de Argentina e involucra, como se dijo precedentemente, el sistema cerrado con la laguna salada más grande del país. La Laguna Mar Chiquita se ubica al Noreste de la Provincia de Córdoba incluyendo las cuencas de aporte de los Ríos Dulce (Petri), Primero (Suquía) y Segundo (Xanaes) alcanzando una superficie total cercana a los 134.200 km².

El Río Dulce es el principal tributario y su cuenca involucra parte de las Provincias de Salta, Tucumán, Catamarca, Santiago del Estero y Córdoba. El aporte superficial medio de los Ríos Suquía y Xanaes representa aproximadamente el 20% del correspondiente aporte del Dulce. Las cuencas hídricas de los Ríos Suquía y Xanaes se localizan íntegramente en la Provincia de Córdoba. El sistema integrado por la cuenca inferior del Río Dulce, desde Los Telares (28°59'S) hasta la Laguna Mar Chiquita o Mar de Ansenusa, en la cual desagua, se sitúa al sur de la Provincia de Santiago del Estero y al noreste de la Provincia de Córdoba.

Este sistema se puede caracterizar a partir de los siguientes componentes físicos:

- Laguna Mar Chiquita.
- Cuenca del Río Salí-Dulce.
- Bañados del Río Dulce.

- Cuenca del Río Suquía.
- Cuenca del Río Xanaes.

El espejo de agua de la Laguna Mar Chiquita varía entre 2.000 a 4.500 km² para los niveles medios, que se corresponden a cotas de 66 y 69 m s.n.m., respectivamente, pudiendo alcanzar un área de 6.500 km² para niveles altos (70 a 71,5 m s.n.m.).

La Laguna Mar Chiquita, por su superficie es el mayor cuerpo de agua de la República Argentina, la cual varía a su vez considerablemente con los niveles por tratarse de una laguna poco profunda (10 m en promedio) y de una zona de llanura especialmente al Norte (con 2 a 3,5 m de profundidad), por lo que se presentan grandes variaciones de volumen, dependiendo fundamentalmente del aporte del Río Dulce, en menor proporción de los demás Ríos que en esta desembocan y del aporte de los escurrimientos de aguas pluviales en épocas de precipitaciones abundantes.

Está limitada lateralmente por dos escalones aproximadamente paralelos, uno al oeste denominado Barranca del Saladillo y otro al este conocido como Bordo de los Altos. Las costas orientales de esta laguna son las más marcadas, se elevan hasta una altura de 60m; cota máxima que alcanza en esta parte la sobre-elevación del terreno que limita por el este la cuenca.

Al norte de la Mar Chiquita, el Bordo de los Altos se prolonga hasta cerca de la margen derecha del río Salado, limitando todavía por el este la vasta depresión cuya parte baja está ocupada por una serie de lagunas salobres todas, denominadas de Los Porongos, Yacumisqui, etc., y las cuales se comunican entre sí en la estación de las lluvias, formando un inmenso depósito alimentado por los abundantes derrames del río Dulce (Saladillo).

La costa sur de la Mar Chiquita, compuesta en casi toda su extensión de arcilla firme pampeana, es baja en general, sobre todo en los primeros 20 km contados a partir del este, en cuyo trayecto se encuentra la desembocadura del río Segundo, conocido en esta parte de su curso con el nombre de Saladillo o arroyo de la Trinchera. El suelo de la costa es árido, cubierto en parte de pastos salados y árboles secos; pero la vegetación tórnese más abundante a medida que se avanza hacia el oeste en el lugar denominado Monte de las Vacas Blancas. Desde aquí la costa es fértil, cubierta de pastos y bosques de algarrobo; y la barranca de arcilla que la limita, alcanza en parte hasta un metro de altura, siendo accesible en casi toda su extensión para embarcaciones ligeras y de muy poco calado, pues la profundidad del agua varía sólo entre los 0.80 m y 1.90m (PICTOR, 2004).

En el borde inferior con dirección este-oeste se encuentran las elevaciones de Altos de Chipión.

En el extremo suroeste de la costa y cerca del lugar denominado Las Toscas, la Mar Chiquita se interna al sur, formando una gran rinconada cuya profundidad en el centro alcanza hasta 2 m. Desde el fondo de esta rinconada o bahía, cuyas márgenes están cubiertas de espesos bosques, hasta la costa norte, la distancia no es menor de 25 km, siendo ésta la mayor dimensión que en el sentido de su latitud presenta la Mar Chiquita.

Las costas occidental y septentrional son muy poco pronunciadas: bajas, cubiertas de fango y arena y sin presentar contornos definidos, son inaccesibles a las embarcaciones. El lecho está compuesto de arena dura y tosca. El agua es fuertemente salada alcanzando niveles que superan el 6 %. La profundidad es variable y ella depende del caudal de agua de los ríos que en ella desembocan. Como ya se expresó, su principal alimentación proviene del río Dulce. En la actualidad la contribución del río Primero es escasa fuera de alguna creciente excepcional; y las aguas de los ríos Segundo y Dulce son derivadas con empeño creciente para su empleo en la irrigación de extensas zonas en la parte superior de su curso y en la llanura. No es, por tanto, aventurado suponer que esa vasta depresión, cubierta hoy por las aguas, llegue a transformarse en una gran salina, semejante en todo a la que por el noroeste limita el territorio de la provincia de Córdoba (PICTOR, 2004).

5.7 Flora y fauna

La provincia de Santa Fe se ubica en una de las regiones más fértiles y dinámicas con una rica diversidad ambiental. Al noroeste se encuentra el Chaco Semiárido, caracterizado por escasas lluvias. En una extensa franja del centro - norte se ubican los Bajos Submeridionales, con amplias alternancias de inundaciones y sequías. La Cuña Boscosa, al noreste, presenta una gran variedad de especies vegetales y animales. Con bosques bajos y pastizales amplios, la zona transicional se encuentra en el centro - sur. Y, el sur, integra la Pampa Húmeda. El límite sureste está definido por el valle del río Paraná, un conjunto de islas y arroyos dentro del cual se ubica el sitio RAMSAR Jaaukanigás –uno de los humedales con mayor biodiversidad de país–, y el límite sur por el Humedal Laguna Melincué, declarado de importancia internacional, también, por la Convención RAMSAR.

Las condiciones autóctonas de la flora santafesina ha sufrido cambios por la acción del avance de los cultivos, a lo que se ha sumado la introducción de árboles exógenos, como: paraíso, álamo, eucalipto, acacia, pino, plátano.

En la región norte y boscosa abundan los quebrachales y otros árboles de maderas duras, que forman montes tupidos.

En la pradera del sur reina el ombú interrumpiendo el interminable mar de pasturas verdes, mientras que a orillas de los ríos, crecen sauces, ceibales, aromitos, ombúes, laureles, aguaribayes y algarrobos. Entre las hierbas características de la región encontramos yuyo colorado, manzanilla, malva, verbena, alfilerillo, cepa caballo, abrojo, cicuta y cardo.

Los animales autóctonos, naturalmente escasos en número en esta región, fueron siendo raleados por la expansión agroganadera. Entre la casi extinta fauna autóctona se destacan el venado, el zorrino, el ñandú, el peludo, la mulita, el zorro pampeano, la vizcacha, el puma y el gato de los pajonales. Al lado de estas especies, y junto al río Paraná se pueden encontrar serpientes yarárá, lagartos, batracios y aves como el carancho (*Caracara plancus*), perdices, chorlos, lechuzas, búhos, colibríes, horneros, benteveos y tordos.

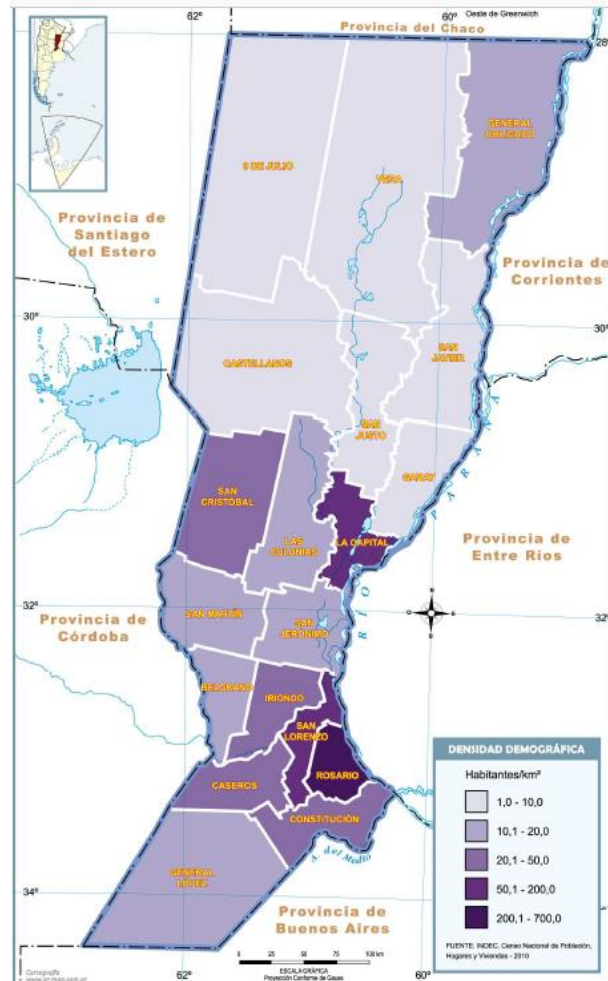
La fauna ictícola que se desarrolla en el río Paraná a la altura de la provincia de Santa Fe está compuesta por más de 200 especies. De ellas se destacan diversas clases de peces como: dorado (*Salminus brasiliensis*), armado, surubí (*Pseudoplatystoma*), patí (*Luciopimelodus pati*), mojarra, sábalo (*Prochilodus lineatus*), manduví (*Ageneiosus valenciennesi*), amarillo, boga (*Leporinus obtusidens*), pacú (*Piractus mesopotamicus*) y moncholo.

5.8 Aspectos Socio-Institucionales

El desarrollo de los proyectos bajo consideración se desarrolla principalmente en el territorio de la provincia de Santa Fe, pero beneficia de forma significativa el noroeste de la provincia de Córdoba y potencialmente el centro de la misma. El censo nacional de 2010 estableció para Santa Fe una población de 3.194.537 habitantes y un crecimiento del 6,5% en relación al censo 2001 (lo que la ubica en el tercer lugar de las provincias argentinas). La provincia de Córdoba obtuvo en el censo provincial del 2015 una población de 3 567 654 habitantes, ubicándola en el segundo lugar a nivel nacional.

El asentamiento poblacional en la provincia de Santa Fe se distribuye de manera desigual en todo el territorio provincial, en 5 regiones y 362 gobiernos locales, siendo Rosario y Santa Fe las ciudades que concentran el 53% del total de población.

Figura N° 14 Densidad demográfica – Provincia de Santa Fe.



El origen de la población es principalmente europeo, descendiente de la gran ola de inmigración de 1850-1950, entre la cual destacan principalmente los descendientes de italianos (piamonteses), españoles, y en menor medida de suizos y alemanes en zonas muy específicas. En un importante porcentaje, muchos descendientes de aquellos inmigrantes lo son también de los pueblos indígenas debido a la confluencia típica de sangres que hubo en el pasado, lo que se repite apenas con variaciones en casi todas las regiones del país.

Desde 1970, Rosario es una ciudad de gran atracción para migrantes internos, principalmente del norte santafesino y del resto de las provincias del norte.

El territorio santafesino acompaña la tendencia mundial y nacional en lo referente al crecimiento de la población urbana. Si bien, el suelo urbanizado representa menos del 1% de la superficie provincial, el 93% de la población habita en entornos urbanos. La población rural –como se la entendía antiguamente– tiende a reducirse, ya que la incorporación de tecnología en las actividades agrícolas demanda menos mano de obra tradicional, lo que promueve la emigración desde las zonas rurales a las zonas urbanas.

Sin embargo, aunque se advierte un incremento relativo de la población urbana en ciudades grandes e intermedias, persiste un alto contraste entre zonas modernizadas, con un alto nivel de servicios y otras con evidentes carencias. Es el caso de las áreas metropolitanas de Rosario y Santa Fe, las cuales concentran dos tercios de la población provincial. Mientras las densidades medias, en los departamentos Rosario y La Capital, son de 634,1 habitantes/km² y 170,8 habitantes/km², respectivamente, el promedio en el resto de la provincia es de 11,58 habitantes/km².

El Índice de Desarrollo Humano –que evalúa el progreso promedio en las dimensiones de salud, educación y crecimiento económico- con valores entre 0 y 1–, en la provincia de Santa Fe alcanza el 0,832, ubicándose en la novena posición en el ranking total del país. El porcentaje de población con Necesidades Básicas Insatisfechas es del 14,8% y la proporción de personas bajo la Línea de Pobreza del 14,6%, de las cuales, el 5,51% se encuentran bajo la Línea de Indigencia.

La Provincia de Santa Fe es un gran polo de educación, cuenta con un gran número de universidades, mayormente en la capital santafesina y en Rosario. Las mismas son la Universidad Nacional del Litoral, fundada en 1919, compuesta por 9 facultades, 1 instituto superior, 4 escuelas universitarias, 2 de nivel medio y 1 de nivel inicial y primario y la Universidad Nacional de Rosario. Para la provincia, al año 2010, un 98,2% de su población mayor de 10 años se encontró alfabetizada, lo que representa un crecimiento de 0,7 puntos porcentuales respecto del censo anterior. Los alumnos matriculados en la modalidad de educación común ascendieron en el 2010 a 765.368, con una participación del 51,4% del nivel primario, un 28,1% del nivel secundario, un 14,0% del nivel inicial y un 6,5% del nivel superior no universitario. La distribución de la cantidad de alumnos en los distintos niveles se mantiene constante a lo largo de los años.

La provincia de Córdoba, cuya capital lleva su mismo nombre, se divide en 26 departamentos políticos y 248 municipios que cuentan con autonomía política, económica, financiera e institucional. La tasa media anual de crecimiento de la población es de 8,5 por mil y la densidad demográfica es de 20,0 habitantes por kilómetro cuadrado (2010). La población urbana representa el 88.7% (2001).

El Producto Geográfico Bruto total estimado por la provincia muestra que en el año 2011 el sector primario de la provincia generaba el 9,89 %. El sector secundario aportaba otro 25,54 % y el sector terciario un 64,57%. La superficie neta de las explotaciones según el Censo Nacional Agropecuario 2002 es de 9369 miles de has., de las cuales el 79.37 % lo ocupa la superficie implantada. De este total, el área cubierta con montes o bosques naturales e implantados conforma el 20.8 % y el resto se destina a cultivos agrícolas.

Entre la población mayor de 14 años, la mayoría tiene educación primaria completa o educación secundaria incompleta. Ambos grupos suman a 565.325 y 471.512 cordobeses respectivamente. Le siguen 356.983 con estudios secundarios completos, y 336.805 con la primaria incompleta. 63.983 cordobeses no tienen instrucción, y en el nivel universitario se encuentran 117.148 graduados y 185.098 con estudios incompletos.

Entre las universidades cordobesas se puede mencionar a la Universidad Nacional de Córdoba, la Universidad Nacional de Río Cuarto, la Universidad Nacional de Villa María, la Universidad Tecnológica Nacional (facultades regionales Córdoba, San Francisco, y Villa María), Instituto Universitario Aeronáutico; Universidad Católica de Córdoba, Universidad Blas Pascal, Universidad Empresarial Siglo 21, y la Universidad Provincial de Córdoba.

5.9 Economía Productiva

La economía de la zona beneficiada por las obras analizadas representa un porcentaje de gran incidencia en el contexto nacional. La provincia de Santa Fe representa la segunda economía más importante del país con un 8 % del total de Argentina. A pesar de que la economía está bien diversificada, la agricultura tiene un papel indispensable en los ingresos de divisas y en la rentabilidad de las exportaciones de ITS. La estructura productiva de la provincia se puede agrupar en cinco sistemas productivos: el sistema de agroalimentos y biocombustibles; el sistema metalmecánico, químico y otras manufacturas; el sistema de empresas de base tecnológica; el sistema de turismo, comercio y servicios, y el sistema hídrico, forestal y minero.

El sistema de agroalimentos y biocombustibles comprende la producción y procesamiento de productos primarios, como granos y oleaginosas, algodón, caña de azúcar y ganadería. El veintiún por ciento de las tierras cultivadas de la Argentina están en

Santa Fe, cuyos cultivos principales son soja (principal productor nacional), girasol, maíz y trigo. En menor escala fresas, sorgo, caña de azúcar, arroz, miel y sus derivados, la madera y el algodón.

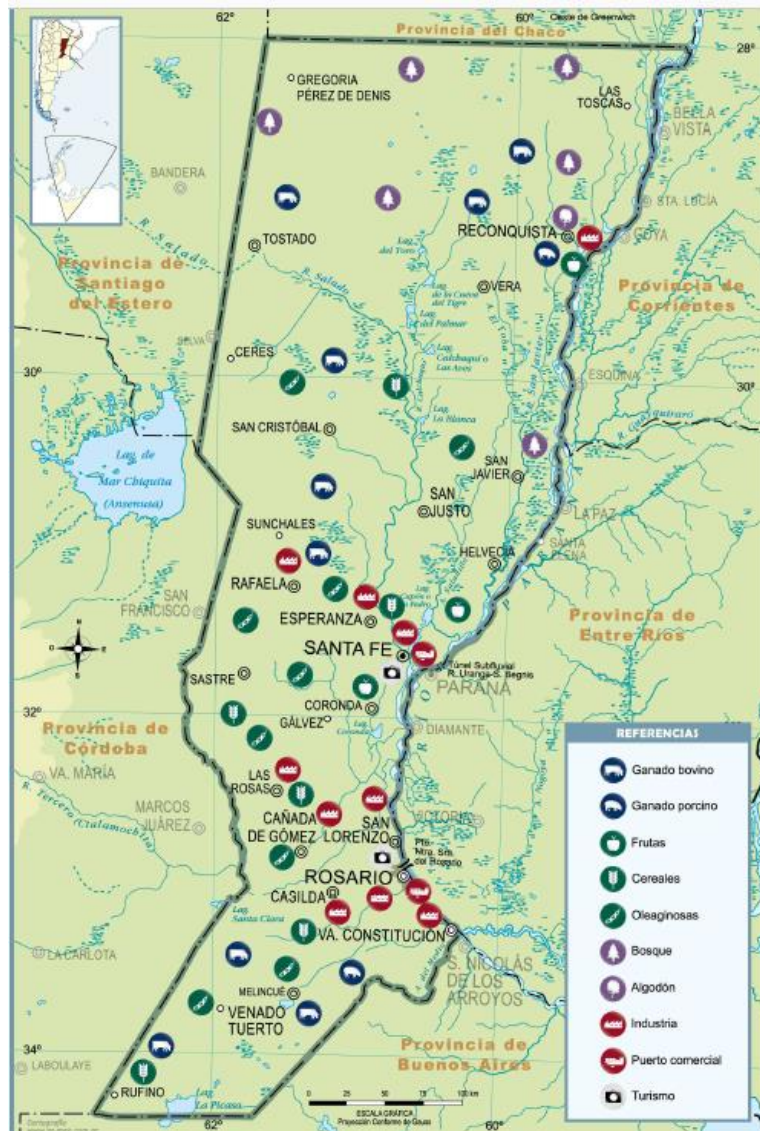
El polo agroindustrial, eminentemente aceitero, que se extiende sobre la costa del río Paraná –desde las localidades de Puerto San Martín hasta Arroyo Seco–, se ha transformado en el más importante a nivel mundial, en cuanto a concentración geográfica, niveles de producción y tecnología. La hierba verde de la provincia es ideal para los 6,5 millones de cabezas de ganado (20 % del stock nacional), que en la práctica no sólo es fuente de carne, sino de 2,6 millones de litros de leche por día (40 % de la producción nacional).

Las manufacturas en Santa Fe representan el 18 % de su economía y también se encuentra entre la parte superior en la Argentina, se destacan la industria aceitera, molinos harineros, producción de lácteos (Principalmente Departamentos "Las Colonias" y "Castellanos"), de carnes, leche en polvo destinados a exportación y producción de miel. Además la siderurgia (Villa Constitución), el sector automotriz (en Alvear), electrodomésticos y vehículos (en Santa Fe), la fabricación de máquinas y herramientas agrícolas (Firmat, San Vicente, Rafaela, Granadero Baigorria) cumplen un papel destacado en la economía de la provincia. El perfil industrial de la provincia se ha acentuado a lo largo de la última década, observándose una menor participación de los productos primarios en favor de productos con contenido industrial. En tal sentido, cabe destacar el rol relevante de la industria automotriz en la economía provincial.

El sector de servicios se encuentra bien desarrollado y muy diversificado (administración, comunicaciones, educación, transporte, logística, ingeniería, diseño textil, etc.). El turismo no es una actividad importante a pesar de la amplia gama de hoteles y restaurantes.

Santa Fe posee uno de los sistemas portuarios más importantes de América Latina para buques de ultramar en la hidrovía Paraná - Paraguay. Los puertos Rosario y San Lorenzo son puntos de partida para la exportación de la producción de Santa Fe y de muchas otras provincias, 65 % de los cereales argentinos y 55 % de las exportaciones del país. Santa Fe genera el 21% del valor total de la producción exportable nacional. Los diez principales destinos de los productos exportados son Brasil, España, China, Países Bajos, Italia, Argelia, Perú, Egipto, Indonesia y Venezuela y concentran alrededor del 53% del total de ventas externas de la provincia. El comprador más importante de las exportaciones santafesinas durante el año 2011 fue Brasil con un 11,1%.

Figura N° 15 Economía productiva – Provincia de Santa Fe.



La producción de bienes y servicios provinciales, medida en el Producto Bruto Geográfico, ascendió a 171.780 millones de pesos en el 2011, presentando un incremento del 8,3% en términos reales con respecto al período anterior. Estos valores posicionan a la provincia como la segunda a nivel nacional, por su aporte a la producción total. Dentro de la estructura productiva, en 2011, los sectores productores de bienes tuvieron un incremento del 10,4% con respecto al período anterior, mientras que los de servicios crecieron a una tasa real del 7,2%. La tasa de crecimiento real promedio de la economía santafesina para el período 1993 – 2011 es del 3,2%.

En términos reales, los sectores que más crecieron durante el año 2011 fueron la pesca, con un 30,3%; el transporte, el almacenamiento y las comunicaciones, con un 19%; la explotación de minas y canteras, con un 17,9%; la industria manufacturera con un 14,3% y la intermediación financiera con el 13,4%.

La energía eléctrica es provista, principalmente, por la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe, la tercera distribuidora eléctrica del país. Opera y mantiene 2.190 Km de Líneas de Alta Tensión, 29.217 Km de Líneas de Media Tensión y 17.240 Km de Líneas de Baja Tensión.

El gas natural es el principal recurso de la matriz energética global provincial, dado que participa de la misma en un 46 %, a lo que se agrega el 2 % de gas propano-butano

envasado o a granel. La distribución de gas natural es desarrollada en parte por la empresa Litoral Gas S. A. Además, existen 17 subdistribuidores locales y regionales que, sumados a los sistemas urbanos de propano por redes, abastecen a más de 1.750.000 ciudadanos.

La provincia cuenta con una infraestructura de 1.855 Km en cañerías de alta presión por donde se distribuye el gas proveniente de las zonas de su producción, en Neuquén, Salta y Bolivia hasta la localidad de San Jerónimo Sud y desde allí, previa etapa de compresión, se los conduce por dos ductos hasta la provincia de Buenos Aires y por un tercer gasoducto hasta la localidad de Santo Tomé, suministrándose también desde el mismo ducto a la Provincia de Entre Ríos.

Actualmente, se encuentra en desarrollo el Gasoducto del Nor-Este argentino, a cargo de la Empresa del Estado Nacional (ENARSA). Su avance hacia el NEA posibilitará gasificar el centro-norte de la provincia.

Desde el año 2006, la empresa Aguas Santafesinas S.A tiene a su cargo la prestación del servicio público de agua potable y desagües cloacales, en 15 localidades de nuestra provincia, y es operador provisorio del Acueducto Centro Oeste – sistema mediante el cual brinda el servicio de agua potable a los municipios y/o cooperativas, prestadores del servicio de distribución y abastecimiento de agua potable, en otras 11 localidades—.

En la provincia de Córdoba hay importantes industrias harineras, lácteas, aceiteras, mecánicas y automotrices. La provincia participa de la estructura productiva pampeana que la inserta en el comercio de granos y carnes para el mercado nacional e internacional. Por otro lado, se fue desarrollando un importante sector industrial alrededor de la capital, que concentra la fabricación de material de transporte, fabricación y armado de automotores y de sus componentes, al igual que tractores y motores. Otros centros industriales importantes son el de San Francisco, Villa María y Río Cuarto, dedicados principalmente a la metalurgia y a la agroindustria.

Dentro de la actividad agrícola se destaca el cultivo de: - Maíz, Trigo, Papas, Soja, Girasol, Maní, Cultivos de olivos y vid. En el rubro ganadero se destaca la producción de: Vacunos, Porcinos, Criaderos de equinos y caprinos, Avicultura (pollos y huevos), Cunicultura y Cría de "nutrias" (coipos).

Los productos que más sobresalen dentro de la actividad minera son: Cal, Granito, Sal, Mica, Cuarzo y Onix También existen yacimientos de Arcillas, Fluorita, Manganeseo y Uranio.

La actividad industrial es variada destacándose: Industrias artesanales (hilados, quesos y quesillos, aceites, dulces), Industrias tecnológicas (bicicletas, automotores, motocicletas, autopartes, aviones, tractores y maquinaria agrícola, máquinas y herramientas, material ferroviario), Molinos harineros, Producción de lácteos (quesos entre otros), Cervezas - Bebidas gaseosas, Muebles, Cemento, Industrias químicas.

La Provincia de Córdoba posee un importante centro automotriz nacional. Entre las empresas establecidas encontramos a Renault, Fiat, Iveco, Marco Polo y Volkswagen (Córdoba Capital).

6 ESTUDIOS PRELIMINARES

Los estudios preliminares necesarios para el correcto dimensionado de la conducción principal, sus derivaciones y elementos complementarios (estaciones de bombeo y elementos de maniobra y control) son entre otros:

- Estudios demográficos
- Modelos de demandas

Dichos estudios permiten determinar la población futura a servir para los horizontes de planificación previstos y asociarles una demanda de agua. Con esto se determinan los

caudales de diseño de los distintos componentes del sistema. También se pueden analizar los distintos diámetros comerciales con los cuales se podrá construir el nuevo acueducto.

7 PERÍODOS DE DISEÑO ADOPTADOS

Para generar alternativas comparables que permitan estudiar la conveniencia relativa de las mismas, este estudio utiliza en todos los casos el mismo horizonte de planificación el cual podrá ser ajustado al momento de elaborarse el proyecto ejecutivo para la alternativa seleccionada.

Considerando que parte del acueducto Norte-1 se encuentra licitado y que forma parte de las alternativas analizadas, se establece el año 2040 como horizonte de planificación.

Basados en estas premisas, se realizaron proyecciones para los horizontes de planificación que se indican a continuación.

Tabla N°1: Horizonte de planificación

<i>Horizonte [Año]</i>
2017
2020
2030
2040

De la página web oficial del INDEC, www.indec.mecon.ar, se obtuvieron los datos de población históricos para las ciudades abastecidas en la provincia de Santa Fe.

8 ANÁLISIS POBLACIONAL

8.1 Localidades Provincia de Santa Fe

A continuación, se presenta un análisis demográfico en base a los datos publicados por el INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) a la fecha de elaboración del presente estudio. En primera instancia se cotejaron los valores de la población proyectada para el año 2010 en el momento en que se formularon los proyectos (2006) con los obtenidos a posteriori en el censo para dicho año. Las principales discrepancias se señalan en las tablas más adelante en el texto.

En esta instancia (análisis de factibilidad y selección de alternativas) con el objeto de que las proyecciones poblacionales sean comparables, se empleó, para todas las localidades el valor de proyección del proyecto original y para las localidades que se incorporaron la metodología de la tasa intercensal que permite su uso en situaciones con el nivel de información disponible. Seguidamente se verificó mediante distintas metodologías, la población obtenida para el horizonte de diseño en las localidades con mayor densidad poblacional.

8.1.1 Población de diseño

Para las localidades incluidas en el proyecto original se empleó la proyección de proyecto y las nuevas localidades incorporadas se determinó la población por medio del cálculo de la tasa de crecimiento intercensal proyectada a 30 años respecto del último censo (2010). Se estimó el crecimiento a 30 años teniendo en cuenta los datos de los censos de 1991, 2001 y 2010.

Para cada localidad, se calculó la tasa de crecimiento intercensal y se calculó el promedio entre ellas, de la siguiente manera:

$$i = \left(\frac{Pob_{censo\ actual}}{Pob_{censo\ anterior}} \right)^{1/Años\ entre\ censos} - 1 \quad (1)$$

$$i_{prom} = (i_{91-01} + i_{01-10}) / 2 \quad (2)$$

Luego se efectuó la estimación de la población para el año 2040 con la siguiente fórmula:

$$Pob_{2040} = Pob_{2010} * (1 + i_{prom})^{30\ años} \quad (3)$$

Los datos obtenidos de los informes de referencia junto a las nuevas localidades incorporadas representan la siguiente población a ser servida por el acueducto:

Acueducto Norte 1 – Desvío Arijón: Tomando en cuenta actualizaciones del proyecto de 2006 e incluyendo nuevas localidades alcanzadas la población estimada para 2040 es de **534198** habitantes.

A continuación se presentan las tablas con la información poblacional para el acueducto:

Tabla N°2: Habitantes de las poblaciones abastecidas desde el acueducto Norte-1 en la provincia de Santa Fe.

LOCALIDAD	POBLACIÓN				
	CENSO 2010	PROYECCIÓN* 2010	PROYECCIÓN 2020	PROYECCIÓN 2030	PROYECCIÓN 2040
Angélica	1,574	1,298	1,376	1,457	1,528
Ataliva	2065	1688	1862	2052	2239
Aurelia	287	135	147	160	172
Bauer y Sigel	471	282	284	287	290
Bella Italia	1347	1347	2137	3392	5382
Castellanos/San Antonio	340	193	207	222	236
Colonia Aldao	1892	1493	1639	1797	1951
Colonia Bicha	208	347	356	364	373
Colonia Bossi	475	93	97	102	106
Colonia Cavour	329	329	351	375	400
Colonia Cello	323	136	143	150	156
Constanza	275	109	114	120	125
Coronel Fraga	458	338	364	391	416
Cululú	329	101	102	103	104
Desvio Arijón	2743	1147	1597	2221	3059
Egusquiza	526	322	347	373	397
Elisa	1721	1597	1880	2211	2575
Esperanza	42082	37341	42146	47523	53058
Estación Clucellas	915	724	762	801	834
Eusebia y Carolina	959	850	980	1129	1288
Felicia	2294	2294	2429	2571	2722
Franck	5505	5597	7704	10593	14425
Frontera	10723	10723	12278	14059	16097
Grutly	932	932	855	784	719
Hipatia	548	335	412	505	614
Humberto Primo	5184	4589	4621	4667	4714
Humboldt	4783	4783	5295	5861	6489
Jacinto L. Arauz	212	91	97	104	110
Josefina	2818	2818	3405	4114	4971
La Pelada	1377	1033	1103	1177	1244
Las Palmeras	685	513	540	568	591
Las Tunas	558	356	432	523	627
Lehmann	3031	2315	2743	3247	3806
María Luisa	746	504	530	557	580
Matilde	947	745	816	893	967
Moises Ville	2425	2593	2728	2868	2985

LOCALIDAD	POBLACIÓN				
	CENSO 2010	PROYECCIÓN* 2010	PROYECCIÓN 2020	PROYECCIÓN 2030	PROYECCIÓN 2040
Nuevo Torino	818	818	831	843	856
Palacios	532	336	354	372	387
Pilar	4959	4959	5366	5807	6284
Plaza Clucellas	1647	1434	1462	1489	1504
Presidente Roca	1046	480	522	567	609
Progreso	2568	2143	2449	2796	3161
Providencia	899	642	644	650	657
Pueblo Marini	217	49	52	55	57
Rafaela	92945	97053	115566	137474	161935
Ramona	1961	1714	1914	2135	2359
Colonia Raquel	530	108	113	119	124
Rivadavia	272	272	249	228	209
Sa Pereyra	1906	1415	1503	1595	1676
Estacion Saguier		381	398	416	431
San Agustín	1017	478	499	521	538
San Carlos Centro	11055	11293	12586	14014	15450
San Carlos Norte	1061	772	869	977	1088
San Carlos Sud	2105	1829	1933	2042	2135
San Jerónimo del Sauce	947	770	810	851	886
San Jerónimo Norte	6466	5954	6448	6976	7473
San Mariano	403	403	357	317	281
Santa Clara de Buena Vista	3104	2557	2776	3010	3232
Santa Clara de Saguier	2392	2424	2553	2686	2798
Santo Domingo	1742	1955	2170	2398	2638
Santo Tomé	66133	70460	86626	106396	129404
Sarmiento	1640	1155	1263	1380	1492
Sauce Viejo	8123	7312	9798	13117	17390
Sunchales	21304	19887	22238	24841	27476
Susana	1342	929	1090	1278	1483
Tacural	1498	1199	1272	1348	1414
Vila	1679	1435	1476	1516	1542
Villa San José	426	224	262	306	354
Virginia	298	312	372	443	523
Totales	345,122	333,243	389,700	457,285	534,198

Proyección* 2010 es la población estimada para el año 2010 en el proyecto de referencia realizado para Santa Fe.

8.2 Métodos de Verificación

Con el fin de validar los valores precedentes y establecer los lineamientos para futuras determinaciones sobre los valores de población a ser considerados en el desarrollo del proyecto ejecutivo se efectúa el siguiente análisis.

Seguidamente se efectúa un análisis a nivel regional y local por medio de distintas metodologías.

8.2.1 Población Argentina

Para presentar la situación de la región de estudio, se muestran en primer lugar los valores de población en la República Argentina de acuerdo a los últimos censos.

En la tabla siguiente se observan la cantidad de habitantes obtenida de los diferentes censos así como el crecimiento intercensal y la tasa media anual.

Tabla N°3: Población Nacional según los últimos censos

AÑO	PAIS		
	ARGENTINA		
	Habitantes	Crecimiento Intercensal [%]	Tasa media anual [%]
	1	2	3
1.960	20.013.793	-	-
1.970	23.364.431	16,74	1,56
1.980	27.949.480	19,62	1,81
1.991	32.615.528	16,69	1,41
2.001	36.260.131	11,17	1,06
2.010	40.091.359	10,57	1,12

Los primeros datos son información del INDEC mientras que la tasa de crecimiento intercensal (r) se calcula con la siguiente expresión

$$r = \sqrt[t]{\frac{P_t}{P_0}} - 1$$

Donde t es el tiempo entre t y el tiempo base considerado como 0, P_t es la población en el tiempo t, P₀ es la población en el tiempo base 0.

8.2.2 Población de la Provincia de Santa Fe

A continuación, se presentan los datos de población de la provincia de Santa Fe de los censos de los años 1960, 1970, 1980, 1991, 2001 y 2010, junto con el crecimiento intercensal y las tasas medias anuales. Esto se observa en la tabla siguiente.

Tabla N°4: Población de la provincia de Santa Fe según los últimos censos

AÑO	PROVINCIA		
	SANTA FE		
	Habitantes	Crecimiento intercensal [%]	Tasa media anual [%]
	1	2	3
1.960	1.884.918	-	-
1.970	2.135.583	13,30	1,26
1.980	2.465.546	15,45	1,45
1.991	2.798.422	13,50	1,16
2.001	3.000.701	7,23	0,70
2.010	3.194.537	14,15	0,70

En cuanto a la densidad de la población de la provincia de Santa Fe esta se distribuye según los diferentes departamentos como lo indica la tabla.

Figura N° 16 Distribución de habitantes por Km² en la Provincia de Santa Fe.

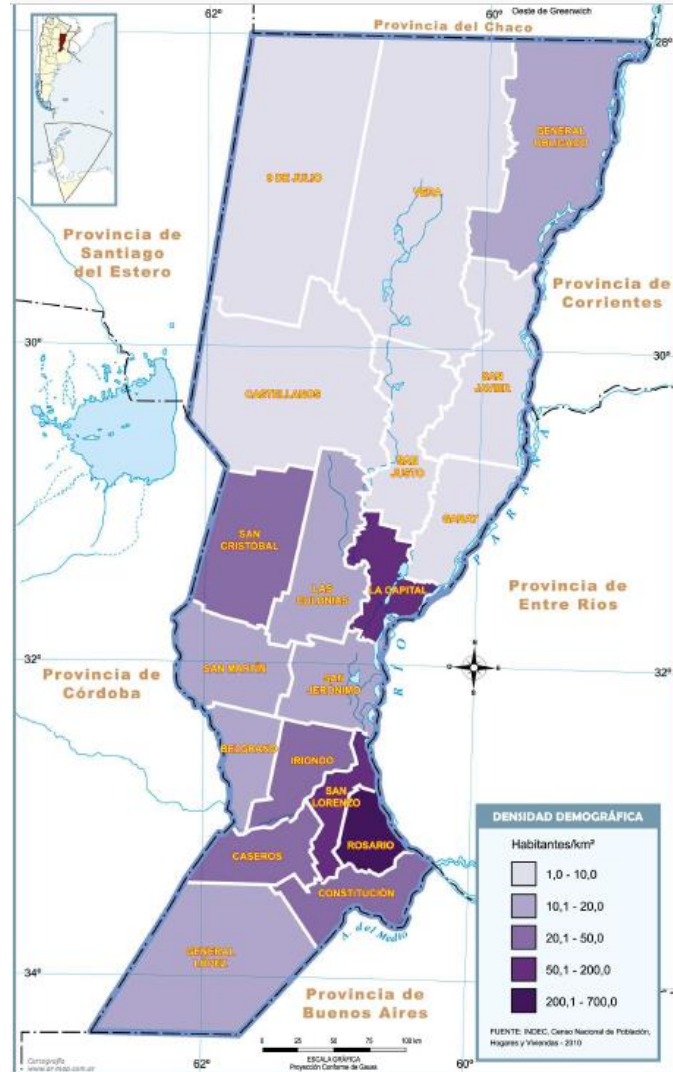
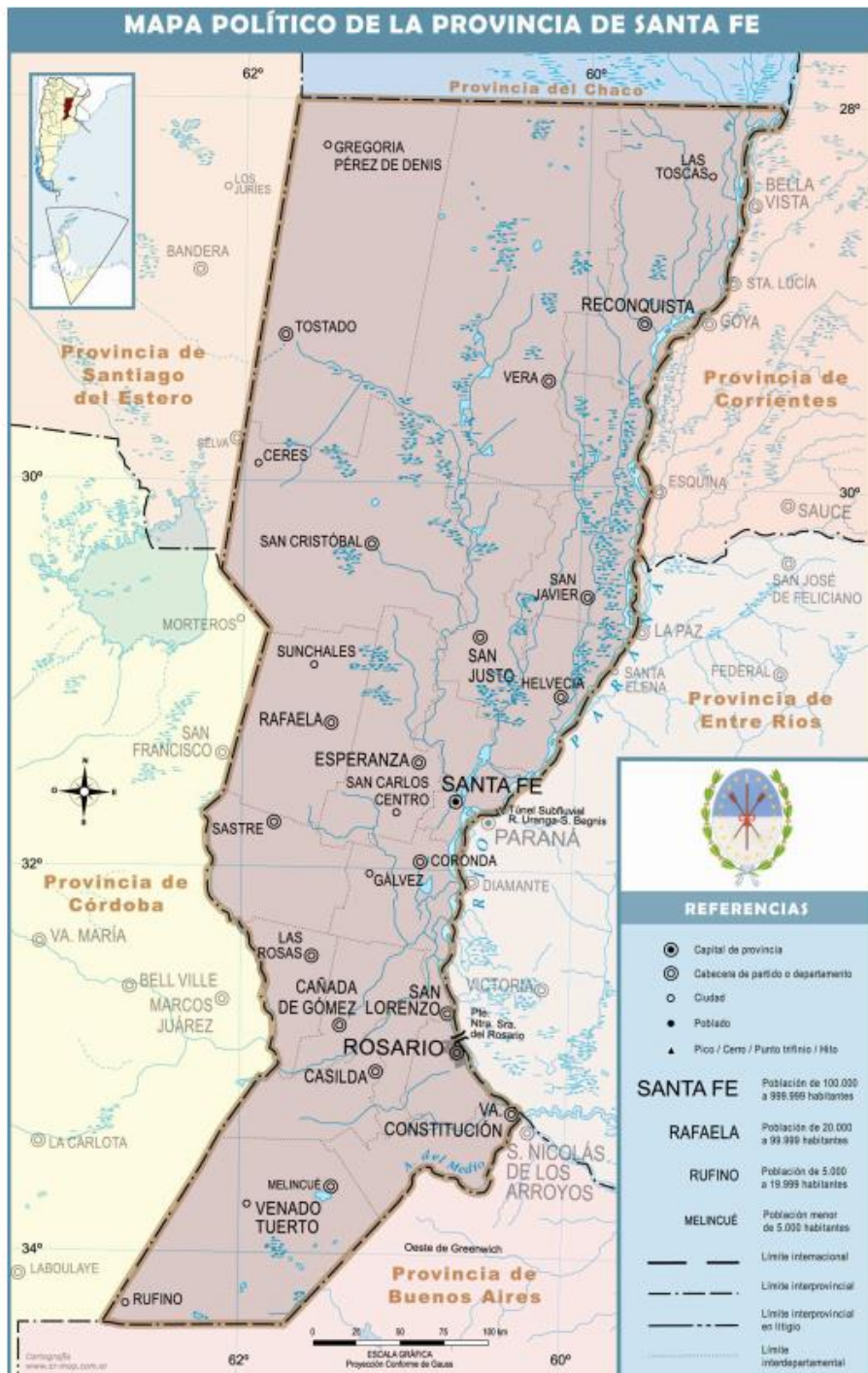


Figura Nº 17 Departamentos de la Provincia de Santa Fe.



La población de la Provincia de Santa Fe por Departamentos y localidades se puede observar en la tabla 5

Nº	LOCALIDAD	CENSOS						DEPARTAMENTO
		1960	1970	1980	1991	2001	2010	
								Departamento
1	Angélica				1.662	1.599	1.574	Castellanos
2	Ataliva	1689	1139	1191	1791	1968	2065	Castellanos
3	Aurelia				333	285	287	Castellanos
4	Bauer y Sigel				544	519	471	Castellanos
5	Bella Italia				561	878	1347	Castellanos
6	Castellanos/San Antonio				353	314	340	Castellanos
7	Colonia Aldao	1211	1144	1071	1518	1611	1892	Castellanos
8	Colonia Bicha				340	280	208	Castellanos
9	Colonia Bossi				508	444	475	San Cristóbal
10	Colonia Cavour				291	306	329	Las Colonias
11	Colonia Cello				542	419	323	Castellanos
12	Constanza		137	1313	372	307	275	San Cristóbal
13	Coronel Fraga				521	486	458	Castellanos
14	Cululú				526	417	329	Las Colonias
15	Desvio Arijón				1877	2639	2743	San Jerónimo
16	Egusquiza				560	551	526	Castellanos
17	Elisa					1705	1721	Las Colonias
18	Esperanza	16606	17636	22838	30898	35885	42082	Las Colonias
19	Estación Clucellas				861	840	915	Castellanos
20	Eusebia y Carolina				884	977	959	Castellanos
21	Felicia	747	1017	1098	2051	2254	2294	Las Colonias
22	Franck	1553	1350	2047	3228	4511	5505	Las Colonias
23	Frontera	1672	3873	6609	8281	9590	10723	Castellanos
24	Grutly				1097	1023	932	Las Colonias
25	Hipatia				384	561	548	Las Colonias
26	Humberto Primo	4453	3903	4163	4804	4963	5184	Castellanos
27	Humboldt	1229	1569	2062	3937	4425	4783	Las Colonias
28	Jacinto L. Arauz				247	213	212	Las Colonias

Nº	LOCALIDAD	CENSOS						DEPARTAMENTO
		1960	1970	1980	1991	2001	2010	
								Departamento
29	Josefina				1959	2469	2818	Castellanos
30	La Pelada			1299	1347	1347	1377	Las Colonias
31	Las Palmeras				697	707	685	San Cristóbal
32	Las Tunas				516	531	558	Las Colonias
33	Lehmann	1873	1169	1328	2386	2608	3031	Castellanos
34	María Luisa				714	695	746	Las Colonias
35	Matilde				880	940	947	Las Colonias
36	Moises Ville	3217	2959	2681	804	2572	2425	San Cristóbal
37	Nuevo Torino				804	734	818	Las Colonias
38	Palacios				647	638	532	San Cristóbal
39	Pilar	3909	3520	3805	4276	4545	4959	Las Colonias
40	Plaza Clucellas	1011	1145	1235	1.470	1502	1647	Castellanos
41	Presidente Roca				904	980	1046	Castellanos
42	Progreso	1643	1124	1311	2068	2297	2568	Las Colonias
43	Providencia				993	917	899	Las Colonias
44	Pueblo Marini				257	217	217	Castellanos
45	Rafaela	35653	43695	53152	68.400	83563	92945	Castellanos
46	Ramona		945	1076	1.701	1751	1961	Castellanos
47	Colonia Raquel				468	529	530	Castellanos
48	Rivadavia				323	282	272	Las Colonias
49	Sa Pereyra		960	1116	1652	1681	1906	Las Colonias
50	Estación Saguier					539		Castellanos
51	San Agustín				961	921	1017	Las Colonias
52	San Carlos Centro	5212	5973	7613	9321	10.465	11055	Las Colonias
53	San Carlos Norte				951	933	1061	Las Colonias
54	San Carlos Sud	1618	1242	1463	1874	1.946	2105	Las Colonias
55	San Jerónimo del Sauce				1053	974	947	Las Colonias
56	San Jerónimo Norte	4085	3686	4873	5515	6.036	6466	Las Colonias

Nº	LOCALIDAD	CENSOS						DEPARTAMENTO
		1960	1970	1980	1991	2001	2010	
								Departamento
57	San Mariano				509	427	403	Las Colonias
58	Santa Clara de Buena Vista	1456	1613	1890	2960	3.061	3104	Las Colonias
59	Santa Clara de Sagüier	1489	1915	1960	2.376	2.401	2392	Castellanos
60	Santo Domingo				1581	1.758	1742	Las Colonias
61	Santo Tomé	17400	23572	35363	44533	59.072	66133	La Capital
62	Sarmiento				1543	1.563	1640	Las Colonias
63	Sauce Viejo		813	2617	3631	6.825	8123	La Capital
64	Sunchales	7880	10393	12493	16679	18.757	21304	Castellanos
65	Susana				1108	1.237	1342	Castellanos
66	Tacural				559	528	1498	Castellanos
67	Vila				1.714	1.675	1679	Castellanos
68	Villa San José				408	461	426	Castellanos
69	Virginia				350	374	298	Castellanos
	Totales						345.122	

Tabla N°5: Población de las localidades de Santa Fe

Se destacan las poblaciones de las localidades más importantes dentro de la provincia de Santa Fe, con su crecimiento intercesal y sus tasas medias anuales:

Tabla N°6: Población localidades más importantes: Rafaela, Esperanza, Santo Tomé y Sunchales

AÑO	LOCALIDADES											
	Rafaela			Esperanza			Santo Tomé			Sunchales		
	Habitantes	Crecimiento Intercensal [%]	Tasa media anual [%]	Habitantes	Crecimiento Intercensal [%]	Tasa media anual [%]	Habitantes	Crecimiento Intercensal [%]	Tasa media anual [%]	Habitantes	Crecimiento Intercensal [%]	Tasa media anual [%]
1.960	35.653	-	-	16.606	-	-	17.400	-	-	7.880	-	-
1.970	43.695	22,56	2,05	17.636	6,20	0,60	23.572	35,47	3,08	10.393	31,89	2,81
1.980	53.152	21,64	1,98	22.838	29,50	2,62	35.363	50,02	4,14	12.493	20,21	1,86
1.991	68.400	28,69	2,32	30.898	35,29	2,79	44.533	25,93	2,12	16.679	33,51	2,66
2.001	83.563	22,17	2,02	35.885	16,14	1,51	59.072	32,65	2,87	18.757	12,46	1,18
2.010	92.945	11,23	1,19	42.082	17,27	1,79	66.133	11,95	1,26	21.304	13,58	1,42

8.2.3 Métodos de Proyección de Población

En función de las tasas de crecimiento medio anual calculadas en los ítems precedentes, se calcularon las poblaciones nacionales para los años 2020 y 2030, y para los subsiguientes períodos hasta alcanzar el año 40 de proyecto. Se adoptaron diferentes tasas de crecimiento según el método de cálculo utilizado. Siempre se procuró utilizar las tasas de crecimiento más recientes, tal como recomiendan los criterios básicos del ENOHSA.

8.2.3.1 Proyección Poblacional:

La proyección demográfica se debe basar en la información obtenida de los censos nacionales de población y vivienda, complementada con la información confiable que puede recabarse de otras fuentes.

Debido a que los límites geográficos de las localidades pueden variar entre censos, se debe solicitar al INDEC la información cartográfica y la población por fracción y radio de los distintos relevamientos y constatar que los datos de población de todos los censos correspondan a áreas geográficas iguales. Si se presentaran diferencias, deben efectuarse las correcciones necesarias de modo de hacer compatibles los datos censales anteriores con el área adoptada por el último censo.

Los métodos a utilizar para efectuar la proyección son:

1. Método polinómico;
2. Método de Interés compuesto –última tasa intercensal;
3. Método de Interés compuesto –Promedio de Tasas Intercensales;
4. Método de dos períodos – última tasa intercensal y promedio de los tres últimos períodos;
5. Método de la Curva Logística;
6. Método de la Curva logística (Versión ENOSH_a);
7. Método de crecimiento aritmético;
8. Método de crecimiento exponencial;
9. Método de la geométrica decreciente (recomendado por ENOSH_a);
10. Método relación – tendencia (recomendado por ENOSH_a);
11. Método de los incrementos relativos (recomendado por ENOSH_a);

El método de curva logística es de aplicación en aquellas localidades que han experimentado un crecimiento acelerado, el cual posteriormente ha sufrido una atenuación observable en la estabilización de las tasas de crecimiento. En general se utiliza en poblaciones consolidadas.

Cabe aclarar, que el nivel de información requerido para cada uno de los métodos de estimación es diferente, el método de las Tasas geométricas decrecientes utiliza sólo los datos censales correspondientes a las localidades, es decir que considera sólo las tasas de crecimiento locales. Los métodos Relación – Tendencia y Técnica de los incrementos relativos, relacionan la información censal de la nación, con la información censal de la provincia y luego con la información censal de las localidades, por lo que a diferencia del método de tasas geométricas decrecientes, tienen en cuenta no sólo las condiciones locales, sino la influencia que la variación de la población de áreas mayores tiene en el crecimiento de la población de las localidades.

Se describen a continuación los métodos recomendados por el ENOSHa y se adjunta la planilla resumen de los resultados de cada uno de éstos métodos.

8.2.3.2 Método de la Curva Logística

La ecuación de la curva logística para períodos anuales se expresa en la siguiente forma:

$$P_n = \frac{K}{1 + e^{(b-an)}}$$

Donde:

- P_n = población del año n
- K =constante que representa el valor máximo de P_n , valor de saturación
- a = constante que determina la forma de la curva
- b = constante que determina la forma de la curva
- e = base de los logaritmos neperianos
- n = número de los años considerados

El ajuste de una curva logística a una serie numérica se hace por medio de los “puntos elegidos” para lo cual se toman tres puntos de la curva que estén en la línea de la tendencia. De este modo se obtiene un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas que permiten determinar los tres parámetros de la curva. (K , a y b).

Para simplificar la resolución del sistema de ecuaciones se toman tres puntos de las abscisas que se encuentren equidistantes (tiempo) y se ubica el comienzo del tiempo (t) en el primero de ellos, de esta forma se obtienen tres puntos en correspondencia con los tres pares de valores tiempo-población (t, p):

0	P_1
t_2	P_2
$2 t_2$	P_3

Las fórmulas utilizadas para obtener los valores de las constantes son las siguientes:

$$K = \frac{P_1 P_2 P_3}{P_1 P_2 + P_2 P_3 + P_1 P_3}$$

$$a = \frac{L_n \left(\frac{(K - P_2) P_3}{(K - P_3) P_2} \right)}{t}$$

$$b = L_n \left(\frac{K - P_1}{P_1} \right)$$

Con la aplicación de este método se obtienen buenos resultados en poblaciones estabilizadas y consolidadas.

8.2.3.3 Tasa Geométrica Decreciente

La tasa anual de crecimiento para la proyección de la población se define en base al análisis de las tasas de crecimiento anuales de los dos últimos períodos intercensales. Se determinaron las tasas anuales de variación poblacional para las localidades de los dos últimos períodos censales:

$$i_I = \sqrt[n_1]{\frac{P_2}{P_1}} - 1 \quad \text{y} \quad i_{II} = \sqrt[n_2]{\frac{P_3}{P_2}} - 1$$

Donde:

i_I = tasa media anual de variación de la población durante el penúltimo período censal

i_{II} = tasa media anual de variación de la población del último período censal

P_1 = Número de habitantes correspondientes al primer Censo en estudio

P_2 = Número de habitantes correspondientes al penúltimo Censo en estudio

P_3 = Número de habitantes correspondientes al último censo

n_1 = número de años del período censal entre el primero y segundo Censo.

n_2 = número de años del período censal entre el segundo y el último Censo.

Se tendrán en cuenta los últimos censos para el cálculo de las expresiones

Para el intervalo comprendido entre el último censo y el año inicial del período de diseño así como el primer subperíodo de n_1 años, se debe efectuar la proyección con las tasas media anual del último período intercensal utilizando las siguientes expresiones:

$$P_a = P_3 (1+i)^{n_a}$$

$$P_0 = P_a (1+i)^{n_0}$$

$$P_n = P_0 (1+i)^n$$

Siendo:

P_a : estimaciones de población existente a la fecha de ejecución del proyecto.

P_0 : estimaciones de población al año previsto para la habilitación del sistema.

P_n : estimaciones de población al año "n".

i : tasa media anual de proyección

n_a = número de años transcurridos entre el último censo y la fecha de ejecución del proyecto.

n_0 = número de años transcurridos entre la fecha de ejecución del proyecto y la habilitación del sistema.

n = número de años transcurridos entre la población base y el año inicial de proyección.

Para cada subperíodo se determina la tasa media anual de proyección comparando los valores de las tasas medias históricas i_I e i_{II} . Considerando los datos de los tres últimos censos i_I correspondería a la calculada con los dos primeros valores e i_{II} con los dos últimos. Si i_I resulta menor que i_{II} , la tasa utilizada en la proyección del primer subperíodo debe ser igual al promedio entre ambas, resultando:

$$P_1 = P_0 \left(\frac{i_I + i_{II}}{2} \right)^n$$

En el caso de que i_I resulte mayor que i_{II} , la tasa de proyección debe ser igual al valor de i_{II} , resultando:

$$P_1 = P_0 (1 + i_{II})^n$$

8.2.3.4 Método relación – tendencia

El método se basa en el análisis de las relaciones entre la población total del país, la total de la provincia, y las localidades, además de las tendencias de evolución que presentan las mismas. A partir de la población de la nación para los últimos tres períodos censales y la población para la provincia se establece la relación entre los datos históricos de la provincia y del país.

Se extrae el logaritmo decimal de las relaciones R_1 , R_2 y R_3 y se determinan las siguientes relaciones, para los períodos intercensales históricos:

$$I_1 = \log R_2 - \log R_1 \text{ (para } N_1 = \text{ años del primer período intercensal)}$$

$$I_2 = \log R_3 - \log R_2 \text{ (para } N_2 = \text{ años del segundo período intercensal)}$$

Se determinan luego la relación provincia/país para la estimación de los siguientes años:

$$R_n = \frac{P_n}{P_{T0}} = \frac{C_{10} R_1^{I_1 n} R_2^{I_2 n} R_3^{I_3 n}}{C_{20}}$$

Siendo $R_4 = \frac{P_0}{P_{T0}}$ relación entre poblaciones de la provincia y el país para el año inicial del período de diseño ($n=0$)

C_{10} , C_{20} = coeficientes de ponderación calculados según la siguiente tabla:

Tabla N°7: Ecuaciones para la determinación de los Coeficientes C.

Periodos Intercensales (años)	Período desde el último censo hasta el año inicial	Sub periodos de diseño	
	$N_0 = B_0 - A_3$	$N_1 = B_1 - B_0$	$N_2 = B_2 - B_1$
$N_1 = A_2 - A_1$	$\frac{1}{C_0 A_3 A_2 A_1}$	$\frac{1}{C_1 B_1 B_0 A_1}$	$\frac{1}{C_2 B_2 B_1 A_1}$
$N_2 = A_3 - A_2$	$\frac{1}{C_0 A_3 A_2 A_1}$	$\frac{1}{C_1 B_1 B_0 A_2}$	$\frac{1}{C_2 B_2 B_1 A_2}$

A_1 = año en que se realizó el antepenúltimo censo nacional, A_2 = año en que se realizó el penúltimo censo nacional

A_3 = año en que se realizó el último censo nacional, B_0 = año previsto para la habilitación de la obra

B_1 = año en que finaliza el primer subperíodo de n_1 , B_2 = año final del periodo de diseño

Se determina la relación provincia/país para los dos subperíodos de diseño n_1 y n_2 años, por las siguientes expresiones:

$$R_5 = \frac{P_{n1}}{P_{Tn1}}$$

$$R_6 = \frac{P_{n2}}{P_{Tn2}}$$

donde R_5 es la relación entre las poblaciones de la provincia y el país para el final del primer subperíodo de diseño.

$$R_6 = \frac{P_{n2}}{P_{Tn2}}$$

donde R_6 es la relación entre las poblaciones de la provincia y el país para el final del período de diseño y C_{11} , C_{21} , C_{12} , C_{22} = Coeficientes de ponderación calculados según la tabla anterior.

Se obtienen los valores de población de la provincia para el período de diseño:

$$P_0 = R_4 P_{T0} \quad P_{n1} = R_5 P_{Tn1} \quad \text{y} \quad P_{n2} = R_6 P_{Tn2}$$

Luego se definen relaciones similares para las poblaciones de las localidades y la provincia, utilizando los mismos coeficientes de ponderación, pues estos dependen de los períodos considerados y no de los valores de población:

$$L_1 = \frac{P_1}{p_1} \quad L_2 = \frac{P_2}{p_2} \quad \text{y} \quad L_3 = \frac{P_3}{p_3}$$

$$I_1 = \log \frac{10^4}{10^4} \quad (\text{para } N_1)$$

$$I_2 = \log \frac{10^4}{10^4} \quad (\text{para } N_2)$$

$$I_3 = \log \frac{10^4}{10^4} \quad (\text{para } N_3)$$

$$I_4 = \log \frac{10^4}{10^4} \quad (\text{para } N_4)$$

$$I_5 = \log \frac{10^4}{10^4} \quad (\text{para } N_5)$$

Se obtienen las relaciones de población localidad/provincia para el período de diseño:

$$L_4 = \frac{P_0}{p_0} \quad L_5 = \frac{P_{n1}}{p_{n1}} \quad \text{y} \quad L_6 = \frac{P_{n2}}{p_{n2}}$$

Se obtienen los valores de población para cada una de las localidades para el período de diseño:

$$P_0 = L_4 \cdot p_0 \quad P_{n1} = L_5 \cdot p_{n1} \quad \text{y} \quad P_{n2} = L_6 \cdot p_{n2}$$

8.2.3.5 Técnica de los Incrementos Relativos

Este método se fundamenta en la proporción del crecimiento absoluto de un área mayor que corresponde a áreas menores en un determinado período de referencia.

Conocidos los valores de proyección de población para el área mayor para el período en estudio, en este caso los valores nacionales, y la población de cada una de las áreas menores correspondiente a las dos últimas fechas censales, en este caso para la provincia y para cada una de las localidades, se estima la población total de cada área menor con la siguiente ecuación:

$$P_{ii} = a P_{Ti} + b$$

Siendo:

P_{ti} = la población del área menor (i) en el año (t)

PT_i = la población del área mayor (i) en el año (t)

El coeficiente de proporcionalidad del incremento de la población del área menor en relación al incremento de la población el área mayor es igual a:

$$a = \frac{P_I - P_0}{P_{II} - P_\alpha} = \frac{E_I}{E_{II}}$$

$$b = \frac{P_I + P_0}{P_{II} + P_\alpha} = \frac{E_I + E_{II}}{2}$$

Resultados

Los resultados obtenidos para cada método se resumen en la siguiente tabla para el año de cálculo 2040.

Tabla N°8: Poblaciones de Diseño correspondientes al año 2040 según los métodos antes citados

LOCALIDAD	01. Método Polinómico	02. Método de Interés compuesto - última tasa intercensal	03. Método de Interés compuesto - Promedio de Tasas Intercensales	04. Método de dos periodos - última tasa intercensal y promedio de las tres últimos periodos	05. Método de la Curva logística.	06. Método de la Curva logística (Versión ENOSHa).	07. Método crecimiento aritmético.	08. Método de Crecimiento Exponencial.	09. Método de la Geométrica Decreciente.	10. Método Relación - Tendencia.	11. Método de Incrementos relativos.
Rafaela	146.016	150.832	168.378	159.110	107.354	107.354	138.310	169.379	132.515	138.301	124.218
Esperanza	70.775	68.539	72.526	72.042	95.888	----	62.777	72.887	68.689	65.043	62.739
Santo Tomé	107.032	123.475	154.182	128.262	73.671	73.671	107.857	156.052	96.355	109.616	89.670
Sunchales	30.227	31.354	38.146	33.345	41.537	----	29.590	38.364	31.414	29.908	29.794

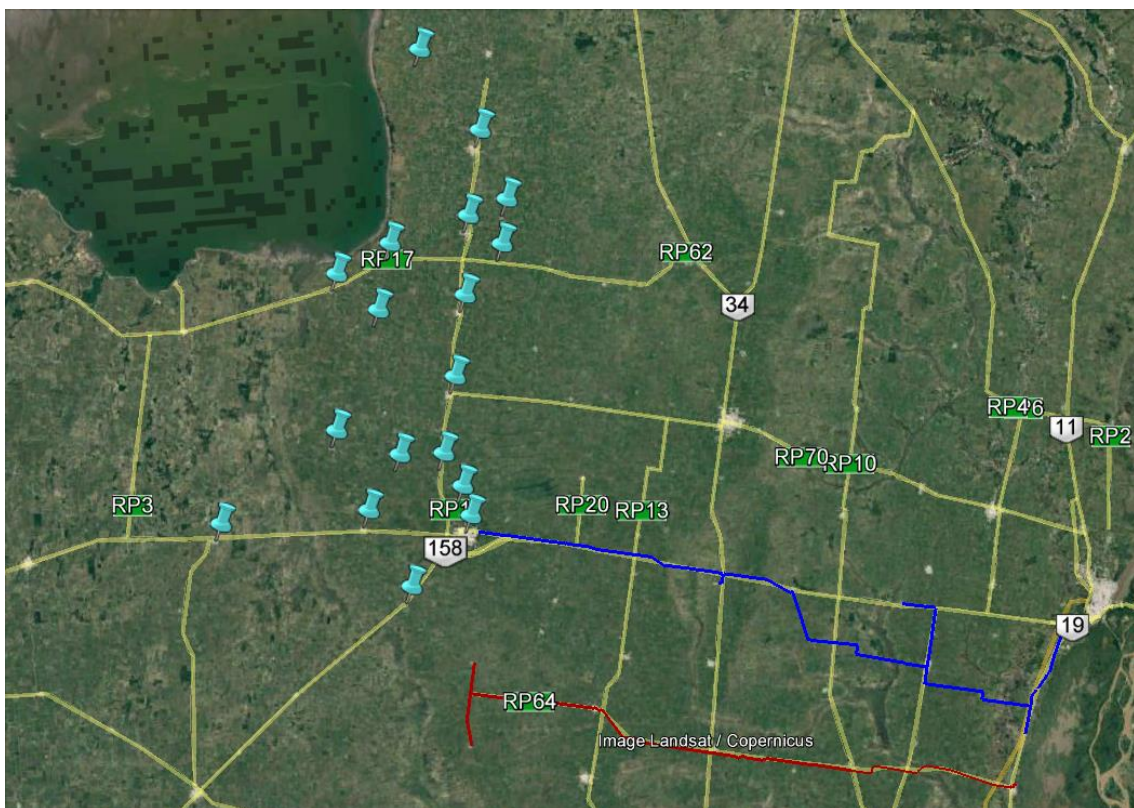
Se analizaron los valores de las poblaciones para cada localidad y para cada método de cálculo y se compararon con las propuestas en el proyecto de referencia encontrándose diferencias poco significativas que no ameritan mayores estudios en esta etapa de evaluación.

8.3 Localidades Provincia de Córdoba

Las localidades de Córdoba que podrían ser abastecidas mediante la ampliación de los mencionados acueductos, serían las pertenecientes al departamento de San Justo que actualmente se abastecen por el acueducto Río Tercero - San Francisco, y que se encuentran ubicadas al norte del punto de encuentro. Las mismas son, en orden decreciente de cantidad de habitantes, San Francisco, Morteros, Brinkman, Freyre, Devoto, Porteña, La Francia, Altos de Chipión, Colonia Marina, La Paquita, Colonia Vignaud, Seeber, Quebracho Herrado, Plaza San Francisco, Colonia Valtelina, Estación Luxardo, Plaza Luxardo y Colonia 10 de Julio.

En la imagen siguiente, se muestran las localidades beneficiadas en la provincia de Córdoba. También se aprecian las trazas de los acueductos analizados en la provincia de Santa Fe.

Figura Nº 18 Localidades alcanzadas en la provincia de Córdoba



A continuación, se muestran los valores de población obtenidos para las localidades de la provincia de Córdoba.

Localidades	1991	2001	2010	Tasa 1	Tasa 2	Tasa prom	2020	2030	2040
San Francisco	55764	58779	61750	0.0053	0.0055	0.0054	65158	68754	72549
Morteros	13254	15129	17124	0.0133	0.0139	0.0136	19599	22431	25672
Brinkman	6652	8237	9890	0.0216	0.0205	0.0211	12182	15006	18484
Freyre	5165	5906	6620	0.0135	0.0128	0.0131	7542	8593	9790
Devoto	5008	5597	6057	0.0112	0.0088	0.0100	6691	7390	8163
Porteña	4181	4624	5337	0.0101	0.0161	0.0131	6078	6923	7884
La Francia	3135	3503	3804	0.0112	0.0092	0.0102	4210	4658	5155
Altos de Chipión	1228	1512	1793	0.0210	0.0191	0.0201	2187	2668	3255
Colonia Marina	822	934	1153	0.0129	0.0237	0.0183	1382	1656	1985
La Paquita	665	849	964	0.0247	0.0142	0.0195	1169	1418	1719
Colonia Vignaud	616	664	727	0.0075	0.0101	0.0088	794	867	946
Seeber	357	539	620	0.0421	0.0157	0.0289	824	1095	1456
Quebracho Herrado	291	317	388	0.0086	0.0227	0.0157	453	529	618
Plaza San Francisco	205	204	284	-0.0005	0.0374	0.0185	341	410	492
Colonia Valtelina	126	165	190	0.0273	0.0158	0.0216	235	291	360
Estación Luxardo	66	107	105	0.0495	-0.0021	0.0237	133	168	212
Plaza Luxardo	58	67	90	0.0145	0.0333	0.0239	114	144	183
Colonia 10 de Julio	49	61	73	0.0221	0.0202	0.0212	90	111	137
TOTAL							129182	143112	159061

Tabla N°9: Proyección de la población en el año 2040

Acueducto Norte 1 – Desvío Arijón: La población alcanzada estimada para el año 2040 es de **534198** habitantes en Santa Fe y **159061** habitantes en Córdoba, resultando en un total de **693259** habitantes.

8.4 Resumen de población abastecida por el acueducto

	POBLACIÓN ABASTECIDA AÑO 2040		
	Provincia de Santa Fe	Provincia de Córdoba	TOTAL
Acueducto Norte -1 Desvío Arijón	534198	159061	693259

9 MODELO DE DEMANDA

A continuación se presenta el modelo de demanda utilizado para definir los caudales de diseño asociados a los distintos componentes de cada alternativa.

9.1 Nomenclatura

Para poder abreviar y relacionar unívocamente cada valor de caudal, se definirá primero la nomenclatura utilizada. Se utilizará en el presente trabajo, La nomenclatura propuesta por el ENOHS.

Tabla N°10: Nomenclatura de caudales

Caudal	Nomenclatura
Medio diario	QC
Máximo diario	QD
Máximo horario	QE
Mínimo diario	QB
Mínimo horario	QA

Tabla N°11: Nomenclatura de coeficientes de caudal

α_{1n}	Coeficiente máximo diario del año n	$\alpha_{1n} = Q_{Dn} / Q_{Cn}$
α_{2n}	Coeficiente máximo horario del año n	$\alpha_{2n} = Q_{En} / Q_{Dn}$
α_n	Coeficiente total máximo horario del año n	$\alpha = Q_{En} / Q_{Cn}$
β_{1n}	Coeficiente mínimo diario del año n	$\beta_{1n} = Q_{Bn} / Q_{Cn}$
β_{2n}	Coeficiente mínimo horario del año n	$\beta_{2n} = Q_{An} / Q_{Bn}$
β_n	Coeficiente total mínimo horario del año n	$\beta_n = Q_{An} / Q_{Cn}$

9.2 Dotación por habitante

Para calcular el caudal máximo diario o caudal de proyecto, se tuvo en cuenta una dotación media anual de 200 litros por habitante por día recomendada por SNAP (Servicio Nacional de Agua Potable) y ENOHSa (Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento), organismos que históricamente se ocupaban de las obras de provisión de agua potable, hasta que fue transferida a las órbitas provinciales.

A este valor se lo multiplicó por un coeficiente α_1 , para pasar de caudal medio anual al caudal medio del día de máximo consumo. Los valores especificados por ENOHSa son expuestos en la Tabla N°12:, siendo aceptado el uso de valores comprendidos entre 1.3 y 1.6 ($1.3 < \alpha_1 < 1.6$).

Población Servida	α_1
P < 15000 hab	1.4
P > 15000 hab	1.3

Tabla N°12: Coeficiente de caudal α_1

Por tratarse de una obra de conducción regulada por cisternas las que a su vez abastecen centros de distribución con almacenamientos zonales y particulares, no es preciso considerar el factor ($1.3 < \alpha_1 < 1.6$) que relaciona el caudal con el pico de máximo consumo diario. Lo que representaría un sobredimensionado de la conducción.

Población servida	α_1	α_2	α	β_1	β_2	β
500 h < $P_s \leq 3.000$ h	1,40	1,90	2,66	0,60	0,50	0,30
3.000 h < $P_s \leq 15.000$ h	1,40	1,70	2,38	0,70	0,50	0,35
15.000 h < P_s	1,30	1,50	1,95	0,70	0,60	0,42

Tabla N°13: Valores de los coeficientes de caudal

9.3 Caudales de diseño

A continuación se resumen los caudales de diseño para el horizonte de planificación.

Estos caudales fueron calculados bajos los siguientes supuestos:

- La dotación por usuario se mantiene constante a lo largo del tiempo, este es un criterio conservador, dado que la tendencia mundial es que las dotaciones por habitante bajen con el tiempo debido al uso más eficiente del recurso.
- Se supuso que la zona de prestación en la provincia de Santa Fe se mantendrá constante y deberá su crecimiento solo al incremento poblacional.

- No se considera el consumo de la planta ni el suministro para otros fines más que el consumo humano.
- Para las localidades de Córdoba se afectó el subtotal por un coeficiente de incremento del 25% para tener en cuenta posibles futuras ampliaciones del sistema hacia más localidades

Para el Acueducto Norte 1 (Desvío Arijón) se obtiene un caudal de 1181,1 litros por segundo. Para las localidades de Córdoba considerando el incremento del 25% enunciado se obtiene un caudal de 610,6 litros por segundo. Resultando un caudal total de **1792 litros por segundo**.

Adicionalmente, se planteó otra propuesta agregando 1000 litros por segundo, en caso de ampliar la provisión al Gran Córdoba. Los valores de caudal para las localidades de Córdoba se muestran en la tabla siguiente.

Tabla N°14: Cálculo del Caudal necesario

Localidades CBA	2010	2040	Qmaxdiario
San Francisco	61750	72549	0.2183
Morteros	17124	25672	0.0773
brinkman	9890	18484	0.0556
freyre	6620	9790	0.0317
devoto	6057	8163	0.0265
Porteña	5337	7884	0.0256
La Francia	3804	5155	0.0167
Altos de Chipión	1793	3255	0.0105
Colonia Marina	1153	1985	0.0064
La Paquita	964	1719	0.0056
Colonia Vignaud	727	946	0.0031
Seeber	620	1456	0.0047
Quebracho Herrado	388	618	0.0020
Plaza San Francisco	284	492	0.0016
Colonia Valtelina	190	360	0.0012
Estación Luxardo	105	212	0.0007
Plaza Luxardo	90	183	0.0006
Colonia 10 de Julio	73	137	0.0004
Subtotal Cba.	116977	159061	0.4885
Total * 1,25			0.6106
Total proy orig + Cba*1,25		314825	1.0942
Alternativa 3: 1m3/s adicional		Cba	1.6106

10 MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

10.1 Introducción

La cuantificación y visualización de las condiciones del terreno se basó en la estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la elevación de la superficie, es decir un modelo digital de elevación (MDE) generado y validado a partir de una variedad de recursos que seguidamente se detallan.

La unidad básica de información de un MDE es un valor de elevación Z, al que acompañan los valores correspondientes de X e Y, que expresados en un sistema de proyección geográfica permiten una precisa referenciación espacial.

Este MDE posee la precisión acorde a la finalidad que debe servir. En este caso en particular permite determinar las características topográficas a lo largo de la traza analizada.

El MDE generado también podrá usarse en estudios hidrológicos complementarios, como apoyo en la pre-planificación de las actividades de ingeniería o construcción vinculadas a las obras, en el análisis de cursos secundarios de escurrimiento, definición de los límites de las planicies de inundación, tareas de remediación, etc.

10.2 Información disponible

Para la confección del MDE (o DEM, en inglés) se descargaron de la Nasa, las imágenes del proyecto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), que consiste en un sistema de radar especialmente modificado para adquirir los datos de elevación topográfica estereoscópica. La técnica empleada conjuga software interferométrico con SAR radares con anchos "sintéticos" en sus antenas reflectoras.

Se adquirieron imágenes ASTER (Satélite Avanzado de Emisiones Termales y Radiómetro de Reflexión) de la NASA. El instrumento ASTER, fue provisto por el Ministerio de Industria y Comercio de Japón y construido por NEC, Mitsubishi Electronics Company y Fujitsu, Ltd., mide las propiedades de las nubes, cataloga los vegetales, la mineralogía de superficie, propiedades del suelo, temperatura del suelo, y topografía de superficie de regiones determinadas de la Tierra. La alta resolución espacial de ASTER permite observar detalles con minuciosidad. Los principales accidentes, estructuras y geoformas son marcadamente visibles. Por otro lado, y en lo que refiere a la generación de DEM, el tener dos sensores a ángulos distintos permite obtener, a tiempos muy próximos, imágenes diferentes del mismo sector aptas para reconstrucciones de estereoscopia.

El ASTER GDEM derivado de datos provenientes de teledetección espacial cubre casi la totalidad de la tierra y se distribuye en formato raster con 1 arco de segundo de resolución espacial (METI et al. 2009). Aunque el ASTER GDEM y el SRTM-X tienen la misma resolución espacial, el último representa con mayor fidelidad la superficie del terreno (Rabus et al. 2003, Ludwig y Schneider 2006, METI et al. 2009).

Existen varios sistemas de teledetección espacial que permiten obtener MDE de alta resolución, entre ellos se destaca el sensor PRISM (del inglés Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping) a bordo de la plataforma satelital ALOS (del inglés Advanced Land Observing Satellite), que fue diseñado para obtener MDE de diez metros de resolución espacial y RMS menor a cinco metros (JAXA 2007). Se trata de un sensor óptico pancromático de VHR con la capacidad de adquirir datos estereoscópicos simultáneamente a lo largo de su órbita, permitiendo generar el MDE a través de extracción automática mediante un software específico.

Se obtuvo el Modelo Digital de Terreno ALOS-1 PALSAR, generado a partir de imágenes de radar con una mayor resolución espacial de 12,5 metros. ALOS (Advanced Land Observation Satellite) significa Satélite Avanzado de Observación Terrestre, también conocido como DAICHI, es un satélite artificial japonés dedicado a la observación terrestre. Fue lanzado el 24 de enero de 2006 desde la base de Tanegashima. ALOS-1 fue una misión de la Agencia de Exploración Aeroespacial Japonesa JAXA. Este satélite contaba con tres instrumentos, un radar de apertura sintética de banda L, una cámara óptica capaz de una resolución de 2,5 metros y un radiómetro para el visible y el infrarrojo cercano con una resolución de 10 metros. El sensor Palsar, radar de Fase tipo Escalonado de apertura sintética de la banda L, recolectó datos de la tierra durante el periodo del 2006 al 2011, independientemente del clima, día o noche. Los datos PALSAR fueron generados de múltiples formas polarización variable, resolución, ancho de franja, y el ángulo fuera del nadir.

Se digitalizaron y referenciaron los planos de la traza. Esta información fue integrada al MDE generado. Con la ayuda de las imágenes y las fotografías de la zona se identificaron puntos singulares en los cauces y dentro de la cuenca (dorsales, líneas de vaguada, crestas, barrancas, etc.) priorizando las líneas de escurrimiento y accidentes significativos dentro de la franja de afectación.

Se completó y contrastó el set de información con datos extraídos de imágenes tomadas de Google Earth Pro.

10.3 Metodología

Se representó la traza de esta propuesta de acueducto sobre Google Earth Pro en base a los proyectos originales y a los tramos de empalme necesarios. Se representó su recorrido siguiendo la ruta Nacional N° 19 de este a oeste, se identificaron puntos singulares de la traza troncal (derivaciones a localidades, puentes, barrancas, ríos, etc.).

Cargando las imágenes SRTM y el dibujo de la traza exportada de Google Earth a un software para el manejo de sistemas de información geográfica (GIS) se generó un plano de curvas de nivel georeferenciadas al sistema de trabajo. Se eligió como tipo de sistema de coordenadas a Gauss – Krüger Argentina, optimizado para Zona 4 comprendida entre la longitud 64,5° Oeste y 61,5° Oeste.

La altimetría generada comprende el rango que va de 5 a 130 msnm aproximadamente.

Figura N° 19 Modelo digital de Elevación (MDE) – (Vista en planta) – Traza Acueducto Norte 1. Datos: SRTM

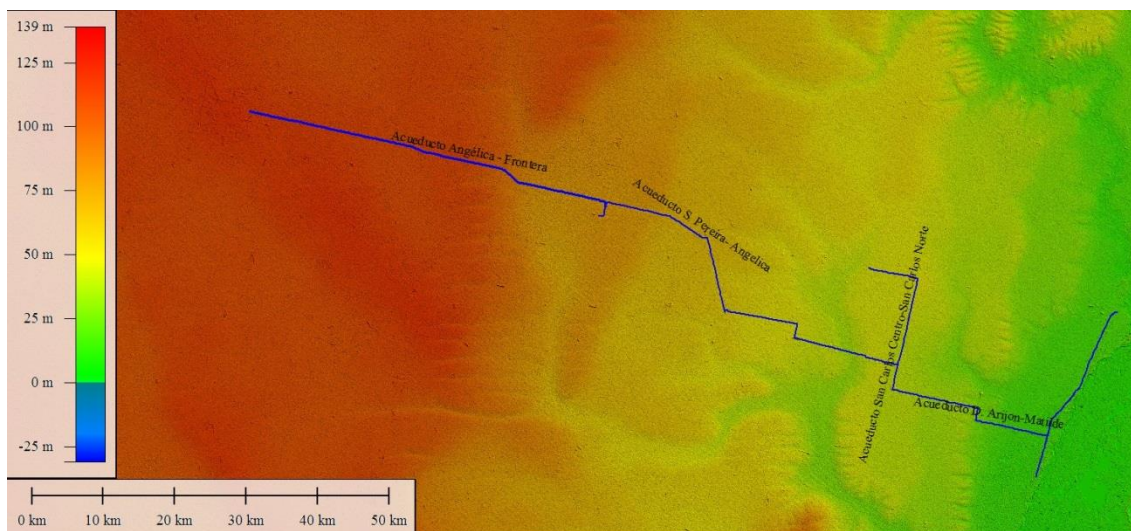
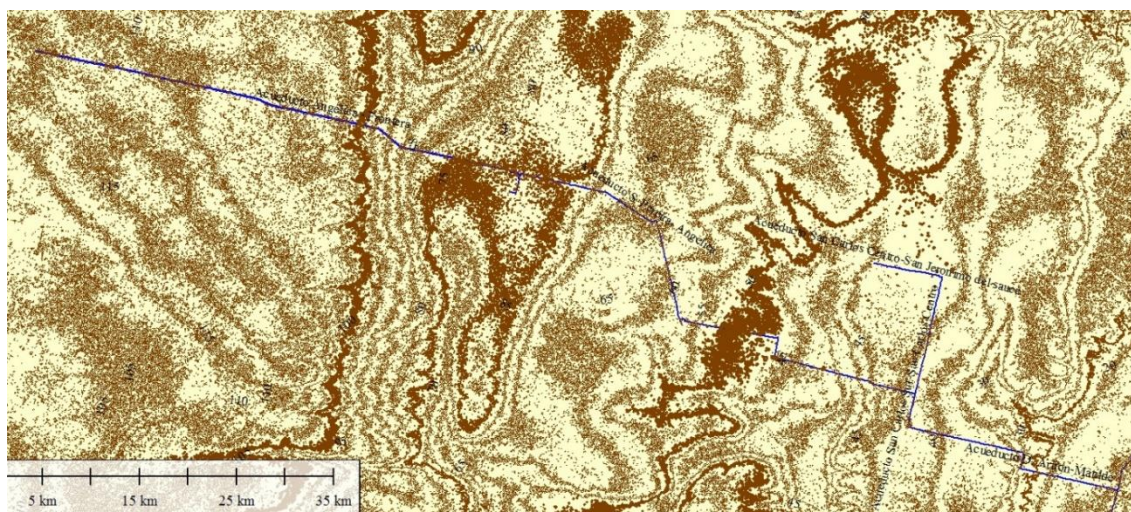


Figura N° 20 Curvas de nivel. Traza Acueducto Norte 1. Datos: SRTM. Fuente: Elaboración



11 MODELO HIDRÁULICO

11.1 Generalidades

Para la simulación en régimen permanente de cada alternativa se utilizó el programa EPANET. Este software fue desarrollado por la U.S. Environmental Protection Agency (EPA) y permite simular el comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes a presión. Una red puede estar compuesta por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses.

EPANET efectúa el seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación discretizados en múltiples intervalos de tiempo. Puede también simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

Entre las ventajas principales de EPANET se puede destacar que puede calcular las pérdidas de carga en las tuberías mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning. Además contempla las pérdidas menores en accesorios, admite bombas de velocidad fija o variable y permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal.

Este programa determina el caudal que circula por cada una de las conducciones, la presión en cada uno de los nudos, y otras magnitudes que no fueron incluidas en este análisis, como ser nivel de agua en los tanques, calidad del agua, presencia de componentes químicos, etc.

EPANET puede emplearse para multitud de aplicaciones en el análisis de sistemas de distribución, siendo aplicada en este caso para simular las variaciones en los esquemas de bombeo, incluyendo cantidad y ubicación de las estaciones elevadoras de presión y sus curvas elevación-caudal.

A continuación, se presenta una breve reseña sobre las características de este software y su modelo de resolución.

11.1.1 Características del modelo hidráulico

EPANET posee las siguientes características en relación al modelo hidráulico:

- No existe límite en el tamaño de la red.
- Calcula las pérdidas por fricción en las conducciones mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, Chezy-Manning.
- Incluye pérdidas menores en elementos tales como codos, acoplamientos, etc.
- Calcula la energía consumida y el costo de bombeo de las estaciones.

Para efectuar el modelo se opta por la ecuación o fórmula empírica de Hazen-Williams, debido a que ésta se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados es decir, que trabajan a presión.

Su ventaja es asociar su coeficiente a la rugosidad relativa de la tubería que lo conduce, o lo que es lo mismo al material de la misma y el tiempo que este lleva de uso.

Es de mayor facilidad de aplicación que la ecuación de Darcy-Weisbach, otra de las ecuaciones ampliamente usadas en hidráulica para calcular la pérdida de carga (o de presión) debido a la fricción a lo largo de una tubería llena con la velocidad media del flujo del fluido.

Se toma como material de la tubería PRFV (plástico reforzado con fibra de vidrio).

11.1.2 Componentes físicos de la red

Los componentes físicos de una red de agua se pueden clasificar en:

Tramos (links):

1. Tuberías (pipes)
2. Bombas (pumps)
3. Válvulas (valves)

Nodos (nodes o junctions):

1. Puntos de consumo (demand nodes)
2. Puntos de entrada (source nodes)
3. Puntos con almacenamiento (storage nodes)
 - a. Tanques (tanks)
 - b. Reservorios (reservoirs)

Para evaluar la pérdida de carga por fricción (head loss) en **tuberías** son utilizadas expresiones genéricas del tipo:

$$h_L = Aq^B$$

donde:

- h_L : pérdida de carga por fricción
- A: coeficiente de resistencia
- q: caudal
- B: exponente de caudal

En la tabla siguiente se presentan las expresiones del coeficiente de resistencia y el valor del exponente del caudal para cada una de las fórmulas de pérdidas friccionales mencionadas.

Tabla N°15: Fórmulas de pérdida de carga por fricción en tuberías (las pérdidas se expresan en mca y el caudal en m³/seg)

Fórmula	Coefficiente de Resistencia (A)	Expon. Caudal (B)
Hazen-Williams	$10,674 C^{-1,852} d^{-4,871} L$	1,852
Darcy-Weisbach	$0,0827 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$	2,000
Chezy-Manning	$10,294 n^2 d^{-5,33} L$	2,000

C = Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams
 ϵ = Coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m)
 f = Factor de fricción (depende de ϵ , d, y q)
 n = Coeficiente de rugosidad de Manning
 d = Diámetro de la tubería (m)
 L = Longitud de la tubería (m)
 q = Caudal (m³/s)

Cada expresión utiliza un coeficiente de rugosidad distinto, el cual debe determinarse empíricamente. En la tabla siguiente se resumen los rangos de variación de estos coeficientes para el caso de tuberías nuevas.

Tabla N°16: Coeficientes de rugosidad para tuberías nuevas

Material	C Hazen-Williams (universal)	ϵ Darcy-Weisbach (mm)	n Manning (universal)
Fundición	130 – 140	0,25	0,012 – 0,015
Hormigón o revest. de H°	120 – 140	0,3 – 3,0	0,012 – 0,017
Hierro Galvanizado	120	0,15	0,015 – 0,017
Plástico	140 – 150	0,0015	0,011 – 0,015
Acero	141 – 150	0,03	0,015 – 0,017
Cerámica	110	0,3	0,013 – 0,015

Las **válvulas** disponibles en EPANET son:

- Válvulas Reductoras de Presión (en inglés PRV)
- Válvulas Sostenedoras de Presión (en inglés PSV)
- Válvulas de Rotura de Carga (en inglés PBV)
- Válvulas Limitadoras de Caudal (en inglés FCV)
- Válvulas de Regulación (en inglés TCV)
- Válvulas de Propósito General (en inglés GPV).

Las Válvulas Reductoras de Presión tratan de limitar la presión en el nudo aguas abajo de la válvula, para que no exceda de un valor predeterminado. EPANET determina en cada momento en cuál de los tres estados posibles se encuentra la válvula:

- *parcialmente abierta* (esto es activa) para mantener la presión aguas abajo en el valor prefijado, siempre y cuando la presión aguas arriba sea superior al valor predeterminado.
- *completamente abierta*, si la presión aguas arriba es inferior al valor predeterminado.
- *cerrada*, si la presión aguas abajo excede a la del nudo aguas arriba (para impedir el flujo inverso).

Las Válvulas Sostenedoras de Presión tratan de mantener la presión en el nudo aguas arriba de la válvula. EPANET determina asimismo en cada momento en cuál de los tres estados posibles se encuentra la válvula:

- *parcialmente abierta* (esto es, activa) para mantener la presión aguas arriba en el valor prefijado, siempre y cuando la presión aguas abajo sea inferior al valor predeterminado.
- *completamente abierta*, si la presión aguas abajo es superior al valor predeterminado.
- *cerrada*, si la presión aguas abajo excede a la del nudo aguas arriba (para impedir el flujo inverso).

Las Válvulas de Rotura de Carga fuerzan el valor de la caída de presión a través de la válvula. El flujo a través de la válvula puede ser en cualquier dirección. Estas válvulas no representan a ningún componente físico, pero son muy útiles para simular situaciones en las que la caída de presión a través de la válvula es conocida.

Las Válvulas Limitadoras de Caudal limitan el caudal de paso a través de la válvula a un valor prefijado. El programa emite un mensaje de advertencia si no puede conseguirse dicho caudal, a no ser que hubiera un aporte de energía (esto es, si el caudal a válvula abierta fuera inferior al predeterminado).

Las Válvulas de Regulación son bidireccionales y simulan una válvula parcialmente cerrada, cuyo comportamiento queda determinado por el valor del coeficiente de pérdidas menores en la válvula.

Las Válvulas de Propósito General se utilizan para representar una línea cuya relación pérdida-caudal es proporcionada por el usuario, en lugar de seguir el comportamiento típico de las válvulas establecido por las fórmulas hidráulicas

11.1.3 Algoritmos de cálculo

El método que emplea EPANET para resolver simultáneamente las ecuaciones de continuidad en los nudos y las ecuaciones de comportamiento hidráulico de las tuberías, puede clasificarse como un método híbrido de nudos y mallas. Todini y Pilati (1987), y después Salgado et al. (1988) decidieron llamarlo "Método del Gradiente".

Métodos similares fueron propuestos anteriormente por Hamam y Brameller (1971) (el "Método Híbrido") y por Osiadacz (1987) (el "Método de Newton para Nudos y Mallas"). La única diferencia entre estos métodos es la forma en que se actualizan los caudales de línea, después de haber encontrado una nueva solución provisional para las alturas de energía en los nudos. EPANET utiliza la aproximación de Todini.

La relación entre la pérdida de carga para una tubería que va del nudo i al j , y el caudal puede escribirse como:

$$H_i - H_j = h_{ij} = rQ_{ij}^n + mQ_{ij}^2$$

donde:

H : altura piezométrica en nudos i y j

h : pérdida de carga

r : coeficiente de resistencia

Q : caudal

n = exponente del caudal

m = coeficiente de pérdidas menores.

El segundo sistema de ecuaciones a cumplir está configurado por la ecuación de continuidad en todos los nudos:

$$\sum_j Q_{ij} - D_i = 0 \quad \text{para } i = 1, 2, \dots, n$$

donde D_i es el caudal de demanda en el nudo i , el cual por convención se toma como positivo cuando entra al nudo.

12 ALTERNATIVAS ANALIZADAS

En base al trazado del proyecto existente y haciendo uso del perfil longitudinal elaborado a partir del MDE presentado en ítems precedentes se generó un modelo que permitiese evaluar el funcionamiento de cada alternativa bajo distintas premisas de operación.

Se plantearon alternativas que varían en la cantidad de estaciones de bombeo, tipo de estación, caudales y velocidades admisibles.

Entre las principales premisas a atender se considera de importancia remarcar los siguientes aspectos:

1. Se modeló la totalidad del sistema vinculando las distintas estaciones de bombeo. Dado que cada estación dispondrá de una cisterna en la que se romperá la carga, cada tramo puede considerarse un sistema independiente sujeto a las restricciones de demanda y presión mínima en el punto de entrega.
2. En cada tramo se consideraron los puntos intermedios de extracción o derivación con su respectivo caudal de cálculo.
3. Como valor de presión remanente en cada punto de descarga, al fijar las condiciones de contorno del sistema, se consideró un valor mínimo de 10 mca para permitir el llenado de la cisterna y disponer de un remanente para absorber pérdidas no consideradas.
4. Los conductos modelados van de 1900 mm a 800 mm de diámetro en PRFV y su clase se determinará en la simulación de régimen impermanente (golpe de ariete).
5. Se considera una tapada mínima de proyecto de 1,50m.

En una primera aproximación, se efectuó el diseño para una velocidad máxima admisible de 1.5 m/s, y en un segundo ajuste se disminuyó hasta un valor de 1 m/s.

Otro parámetro que diferencia las alternativas analizadas es el valor del caudal considerándose la provisión hacia el este de Córdoba, lo que suma 1 m³/s adicional al caudal obtenido para las localidades previamente mencionadas.

12.1 Rugosidad del Conducto

En función de los datos suministrados por empresas proveedoras de conductos con estas características y a la cantidad de válvulas y accesorios que surgen del diseño preliminar de la traza en planialtimetría, se determinaron los parámetros de rugosidad y de pérdidas localizadas con los que se desarrollaron los modelos que seguidamente se detallan.

Equivalencia entre factores de rugosidad

C de Hazen Williams a partir de n de Manning

Q (m ³ /s)	n	Diám (m)	A (m ²)	R (m)	i (S) (m/m)	C
1.8	0.01	1.6	2.0096	0.4	0.0002722	157.9

Un factor de rugosidad de Manning de 0.01 (empleado usualmente para conducciones de PRFV) equivale a un C de Hazen Williams de 157

C de Hazen Williams a partir de E de Darcy Weisbach

Q (m ³ /s)	ε (mm)	Diam (m)	ε/D	V (m/s)	R'	f'	i (S) (m/m)	C
1.8	0.029	1.6	0.000018125	0.896	1268248.7	0.01165	0.00030	150.4

Una rugosidad absoluta de 0.029 mm equivale a un C de Hazen Williams de 150
SE EMPLEARÁ UN VALOR IGUAL A C=150

C de Hazen Williams a partir de n de Manning

Q (m ³ /s)	n	Diam (m)	A (m ²)	R (m)	i (S) (m/m)	C
2.8	0.01	1.8	2.5434	0.45	0.0003515	157.0

Un factor de rugosidad de Manning de 0.01 (empleado usualmente para conducciones de PRFV) equivale a un C de Hazen Williams de 157

C de Hazen Williams a partir de E de Darcy Weisbach

Q (m ³ /s)	ε (mm)	Diam (m)	ε/D	V (m/s)	R'	f'	i (S) (m/m)	C
2.8	0.029	1.8	1.61111E-05	1.101	1753627.8	0.01112	0.00038	150.2

Una rugosidad absoluta de 0.029 mm equivale a un C de Hazen Williams de 150

SE EMPLEARÁ UN VALOR IGUAL A C=150

12.2 Pérdidas en el tramo

Para considerar las pérdidas por accesorios se utilizaron los siguientes parámetros.

Cálculo de longitudes equivalentes para los accesorios

Tabla N°17: Valores de K para los distintos accesorios

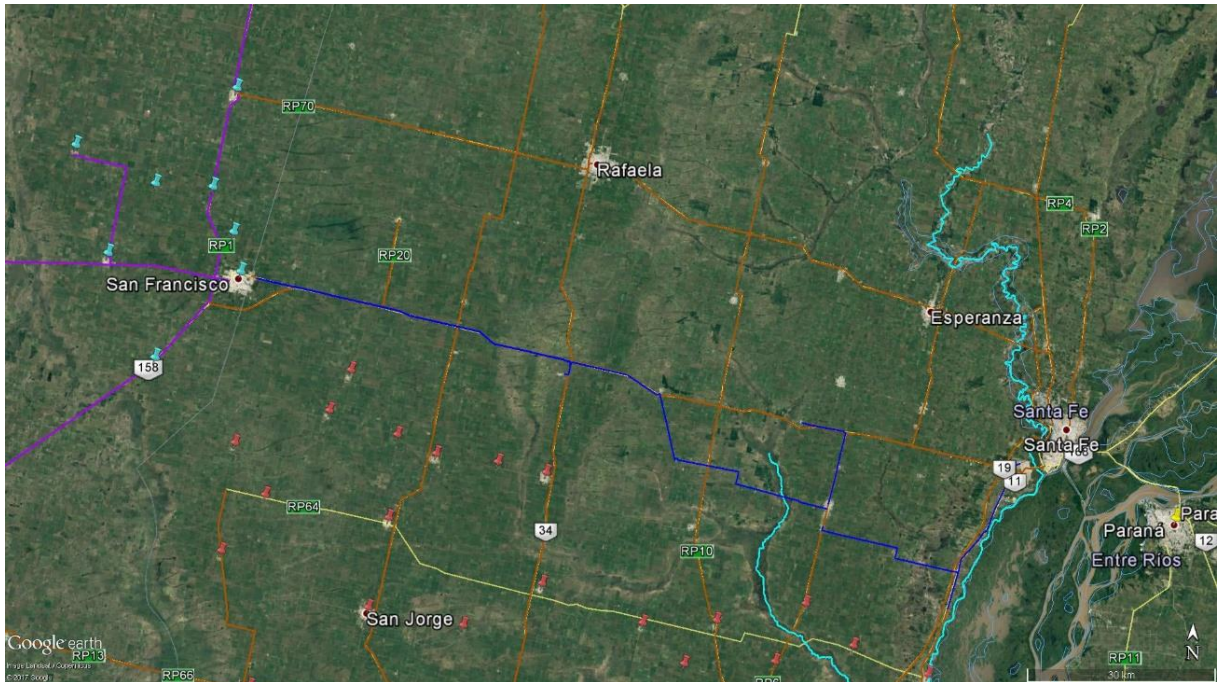
Accesorios por Km	K
Angle Valve	5
Ball Valve, Full Port	0.05
Butterfly Valve	0.6
Check Valve, Swing Type	2.3
Elbow 45 Degrees	0.4
Elbow 90 Degrees, Long Radius	0.6
Elbow 90 Degrees, Standard	0.9
Flow Meter, Turbine Type	7
Foot Valve	0.9
Gate Valve	0.2
Globe Valve	10
Pipe Entrance, Inward Projected Pipe	1
Pipe Entrance, Sharp Edge	0.5
Pipe Exit	1
Tee, Standard, Flow Through Branch	1.8
Tee, Standard, Flow Through Run	0.6

Para tener en cuenta las pérdidas singulares se consideró de manera conservadora una longitud equivalente igual a un 8% mayor a la longitud real.

13 MODELIZACIÓN HIDRAULICA DEL ACUEDUCTO NORTE – 1

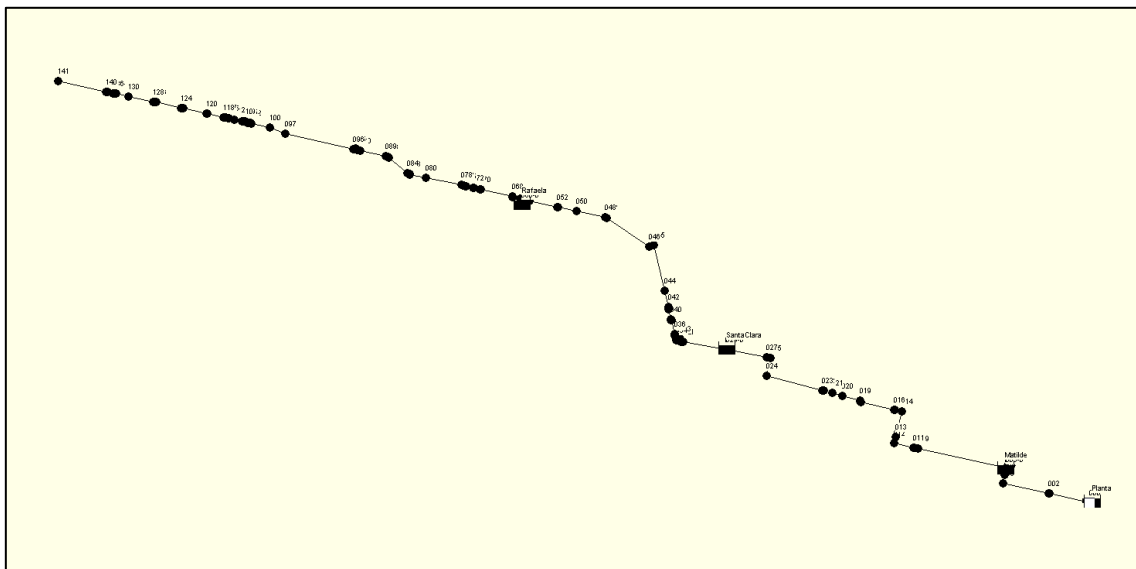
La traza de este acueducto se puede apreciar en la Figura N° 21. A los fines de la modelación se consideró únicamente el tramo que inicia en la planta potabilizadora y se desarrolla hacia el oeste sin incluir el tramo que une Desvío Arijón y Santo Tomé. Del mismo modo cada punto de derivación fue considerado de forma puntual.

Figura N° 21 Traza del Acueducto modelado



En la Figura N° 22 se muestra el modelo conceptual del acueducto simulado con los nodos y conductos de vinculación, incluyendo los nodos que representan la toma desde el río, la estación elevadora en la planta potabilizadora y las estaciones de rebombeo.

Figura N° 22 Modelo del acueducto en EPANET



El pre diseño del acueducto, en una primera propuesta, consideró como velocidad admisible en el conducto troncal un valor de 1,50 m/s obteniéndose un diámetro máximo de 1600 mm.

En una segunda propuesta, con el objetivo de disminuir las pérdidas por fricción, se disminuyó la velocidad admisible a 1 m/s con lo que el diámetro máximo obtenido se incrementó a 1900 mm.

La potencia de cada sistema de bombeo fue calculada según la siguiente ecuación.

$$Potencia [kW] = \gamma * Q * H / \eta \quad (7)$$

Siendo γ [kg/m³] el peso específico del agua, Q [m³/s] el caudal, H [m] la ganancia de carga o altura dinámica de la bomba, y η rendimiento adimensional, estimado en 0.87.

El valor del rendimiento será ajustado en función de los datos garantizados que provea el fabricante de los equipos una vez que hayan sido definidos los mismos.

A continuación se presentan los resultados de las siguientes Alternativas:

Tabla N°18: Resumen de alternativas

	Velocidad máx (m/s)	Cantidad de Estaciones de bombeo	Caudal máx (l/s)	Observaciones
Alternativa 1	1.5	4	2,792	Remanente de 1 m ³ /s para el Gran Córdoba
Alternativa 2	1	5	2,792	Remanente de 1 m ³ /s para el Gran Córdoba
Alternativa 3	1	5	1,792	Sólo Santa Fe y este de Córdoba
Alternativa 4	1.5	5	2,792	Remanente de 1 m ³ /s para el Gran Córdoba

13.1 Acueducto Norte-1: Alternativa N° 1

Esta propuesta cuenta con cuatro (4) estaciones de bombeo, una velocidad admisible de 1,50 m/s y un caudal de 2792 l/s (abastece Gran Córdoba), ubicando la primera estación de bombeo en la planta potabilizadora.

La Figura N° 24 ilustra la magnitud de la presión alcanzada en la conducción bajo régimen permanente y la Figura N° 25 la velocidad.

Figura N° 23 Acueducto Norte-1 – Presión – Alternativa N°1

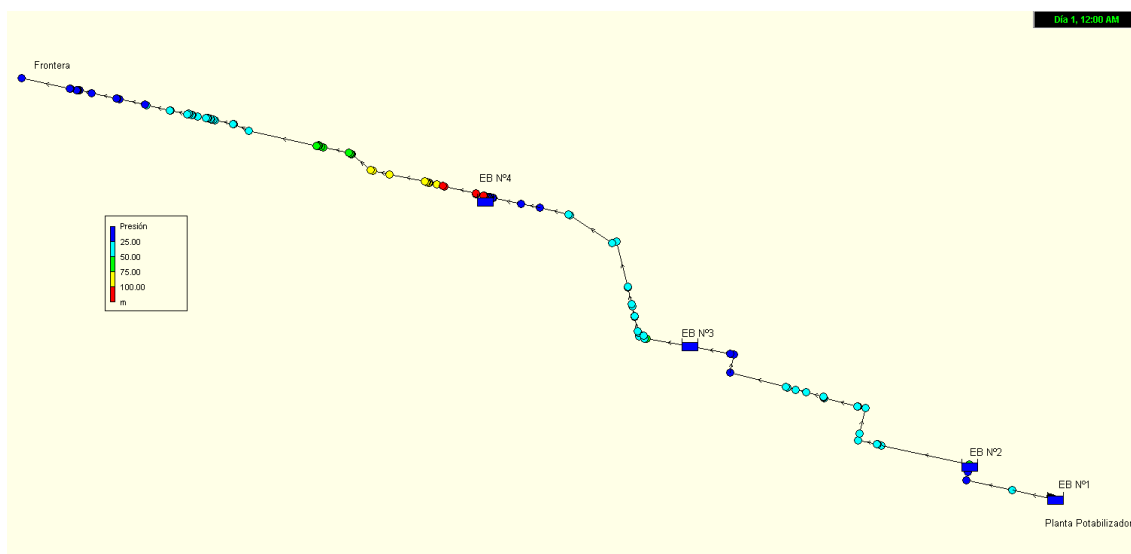
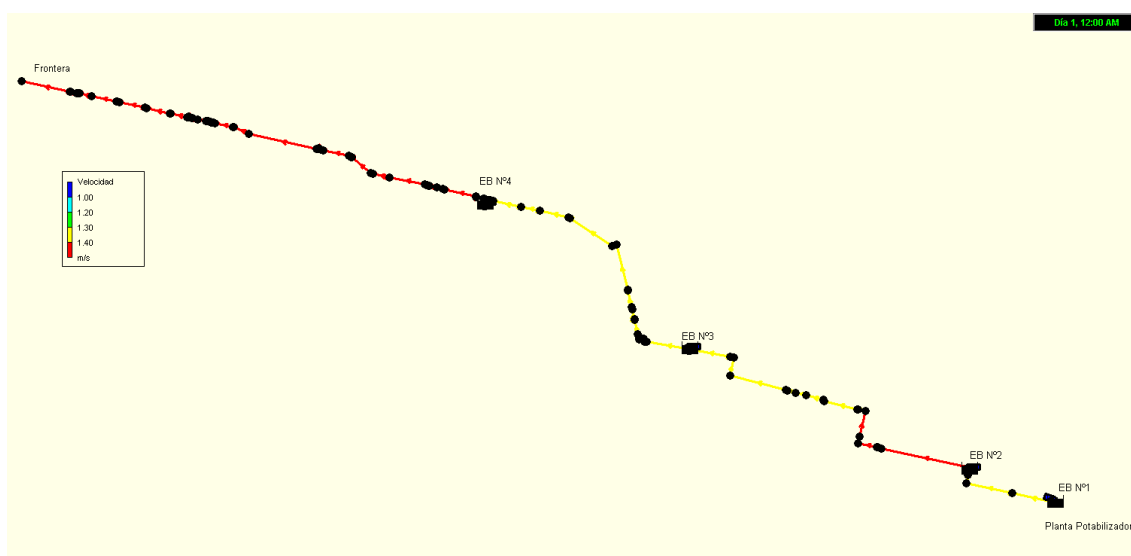


Figura N° 24 Acueducto Norte-1 – Velocidad – Alternativa N°1



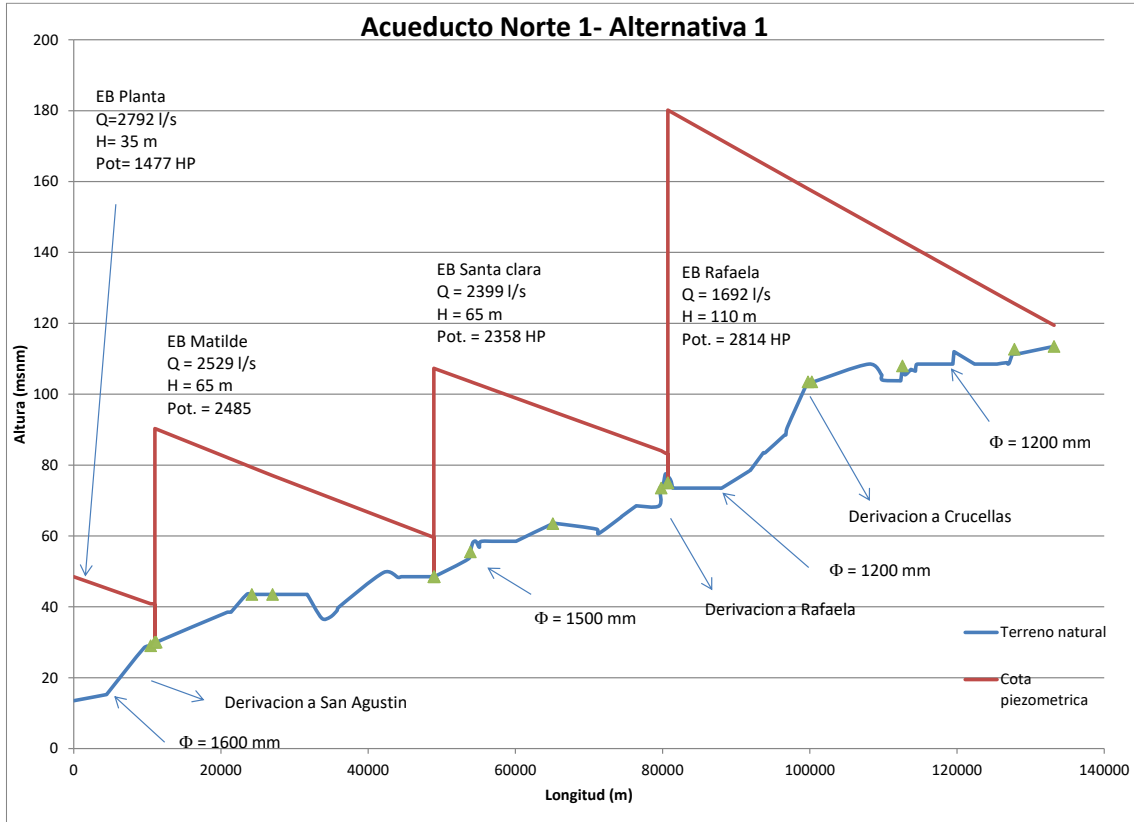
La potencia que se obtiene para las estaciones de bombeo de esta propuesta son:

- EB Planta = 1477 [HP]
- EB Matilde = 2485 [HP]
- EB Santa Clara = 2358 [HP]
- EB Rafaela = 2814 [HP]

En la Figura N° 25 se puede apreciar el perfil longitudinal de esta propuesta junto a la línea piezométrica que se dará para la conducción con este caudal de diseño. Se

puede apreciar en el gráfico la ubicación de cada EB, su caudal, altura de bombeo y los puntos de derivación de caudal.

Figura N° 25 Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 1. Régimen permanente



13.2 Acueducto Norte-1: Alternativa N° 2

Para la segunda propuesta se disminuyó la velocidad admisible incrementando en consecuencia los diámetros, lo que permitió reducir las pérdidas por fricción en el interior de la tubería y de esta forma la potencia de cada estación. La cantidad de estaciones de bombeo en esta propuesta son cinco (5), la velocidad admisible de 1,00 m/s y un caudal del 2792 l/s que permite abastecer en una etapa posterior al gran Córdoba. La Figura N° 26 y Figura N° 27 muestran las magnitudes de presión y velocidad para esta alternativa simulada bajo régimen permanente.

Figura N° 26 Acueducto Norte-1 – Presión – Alternativa N°2

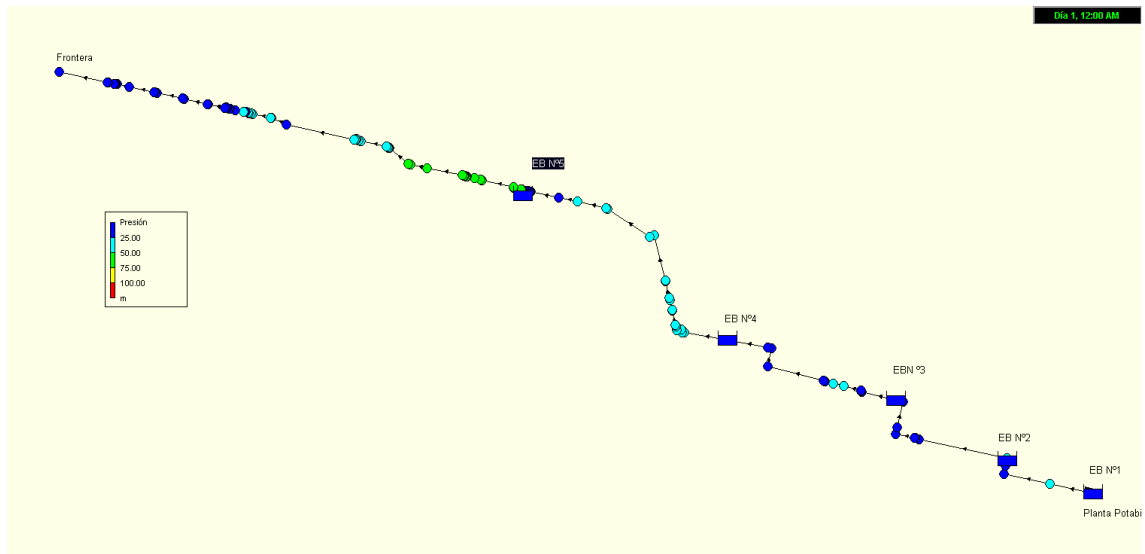
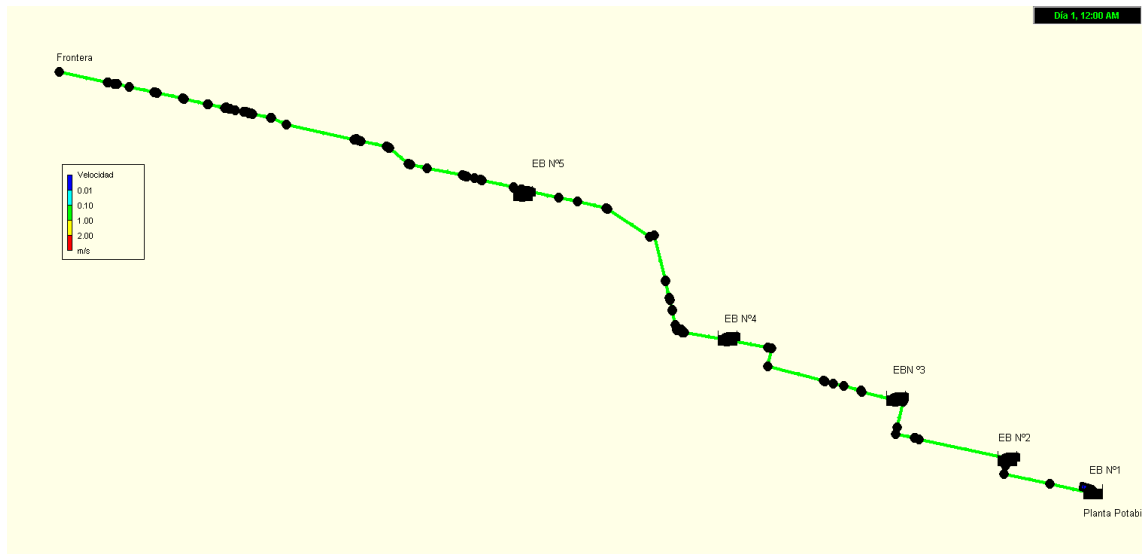


Figura N° 27 Acueducto Norte-1 – Velocidad – Alternativa N°2

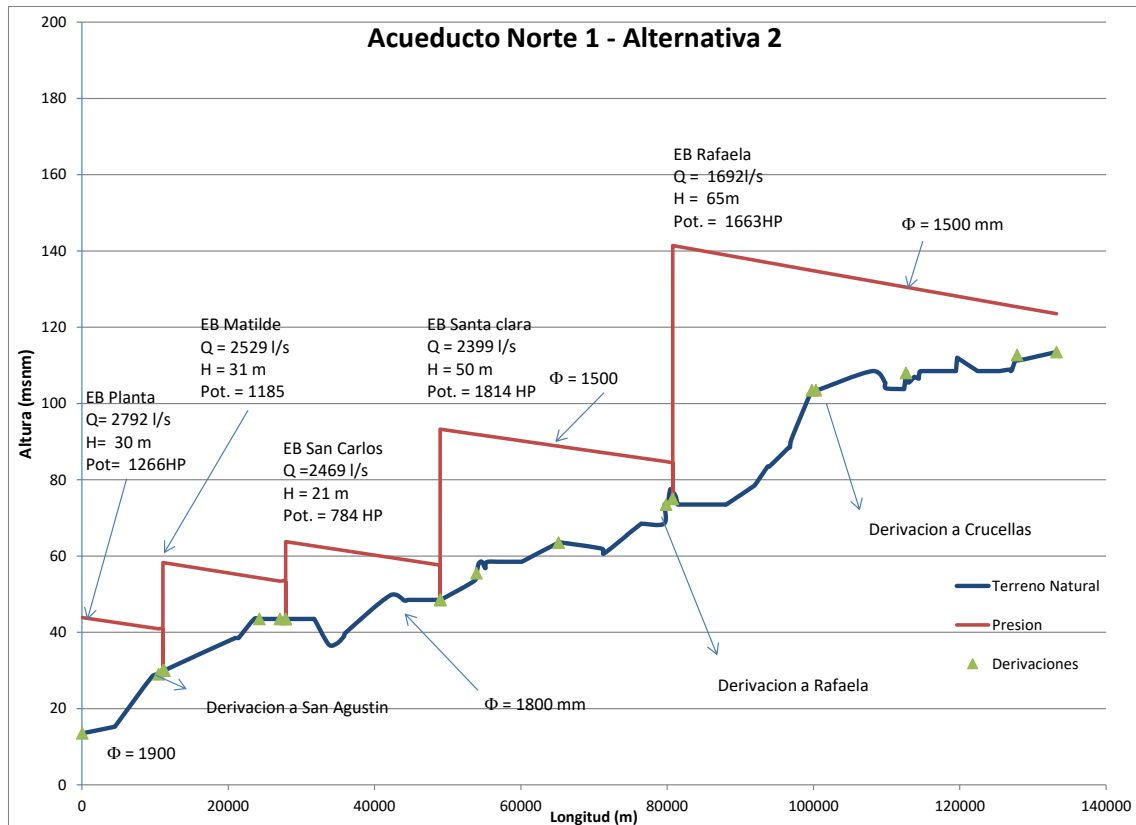


La potencia que se obtiene para las estaciones de bombeo de esta propuesta son:

- EB Planta = 1266 [HP]
- EB Matilde = 1185 [HP]
- EB San Carlos = 784 [HP]
- EB Santa Clara = 1814 [HP]
- EB Rafaela = 1663 [HP]

En la Figura N° 28 se puede apreciar el perfil longitudinal de esta propuesta junto a la línea piezométrica que se dará para la conducción con este caudal de diseño. Se puede apreciar en el gráfico la ubicación de cada EB, su caudal, altura de bombeo y los puntos de derivación de caudal.

Figura N° 28 Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 2. Régimen permanente



13.3 Acueducto Norte-1: Alternativa N° 3

La tercer propuesta considera una velocidad admisible de 1m/s cuyos mayores diámetros permiten reducir las pérdidas por fricción en el interior de la tubería y en consecuencia la potencia de las estaciones.

La cantidad de estaciones de bombeo en esta propuesta son cinco (5), la velocidad admisible de 1,00 m/s y un caudal del 1792 l/s (no considera abastecer en un futuro al Gran Córdoba).

Figura N° 29 Acueducto Norte-1 – Presión – Alternativa N°3

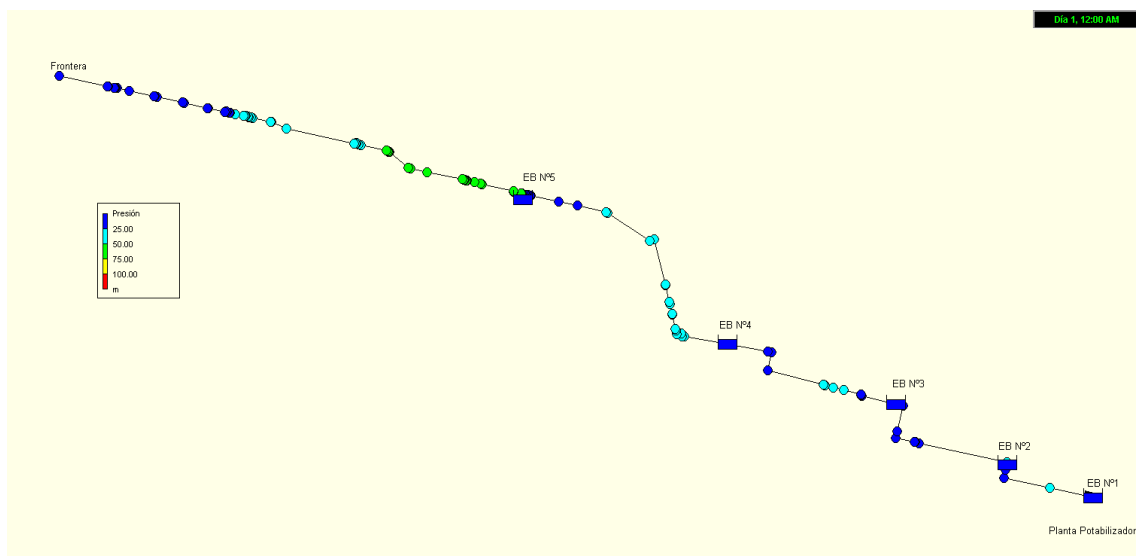
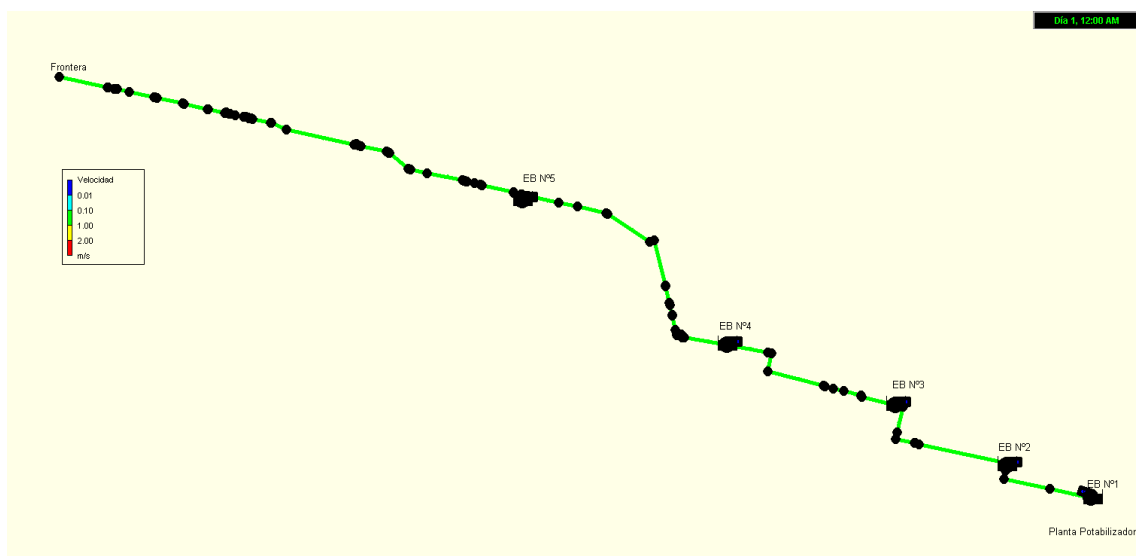


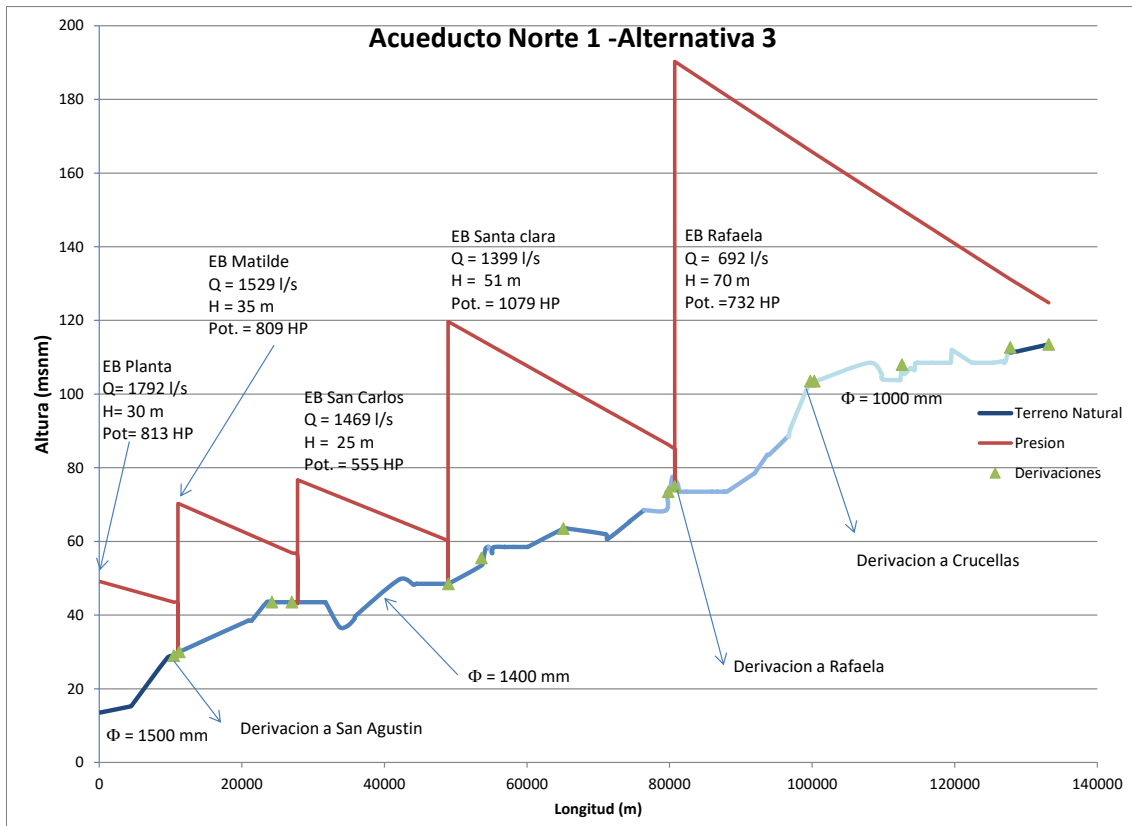
Figura N° 30 Acueducto Norte-1 – Velocidad – Alternativa N°3



La potencia que se obtiene para las estaciones de bombeo de esta propuesta son:

- EB Planta = 813 [HP]
- EB Matilde = 809 [HP]
- EB San Carlos = 555 [HP]
- EB Santa Clara = 1079 [HP]
- EB Rafaela = 732 [HP]

Figura N° 31 Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 3. Régimen permanente.



13.4 Acueducto Norte-1: Alternativa N° 4

Esta alternativa considera una reducción en el costo de la conducción por medio de una mayor velocidad admisible. Para la propuesta 4, posee cinco estaciones de bombeo, con una velocidad admisible máxima 1,50 m/s, y un caudal de 2792 l/s (abastece Gran Córdoba).

Las Figura N° 32 y Figura N° 33 muestran las magnitudes de presión y velocidad para esta alternativa simulada bajo régimen permanente.

Figura N° 32 Acueducto Norte-1 – Presión – Alternativa N°4

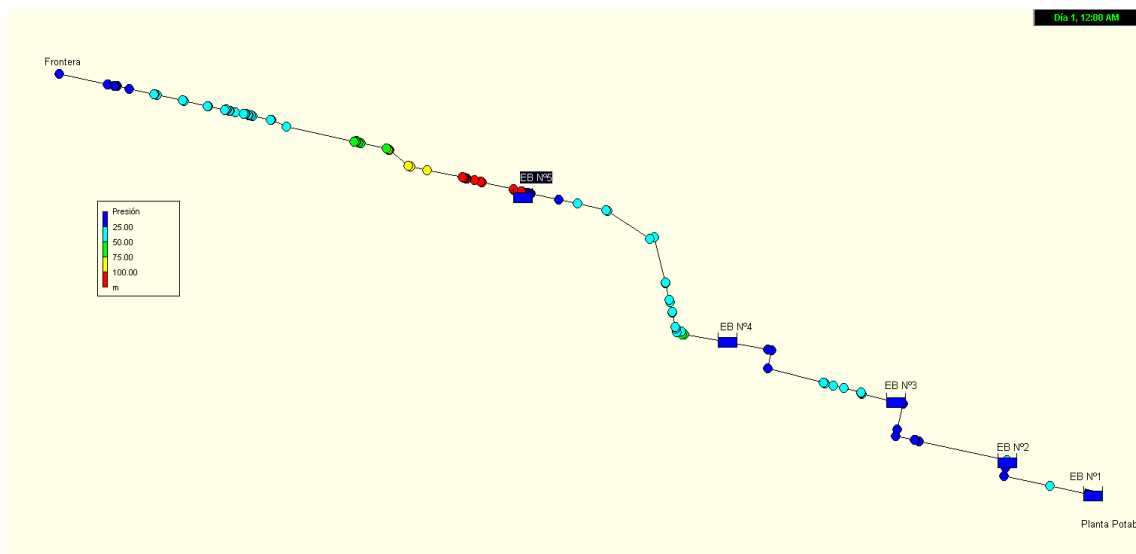
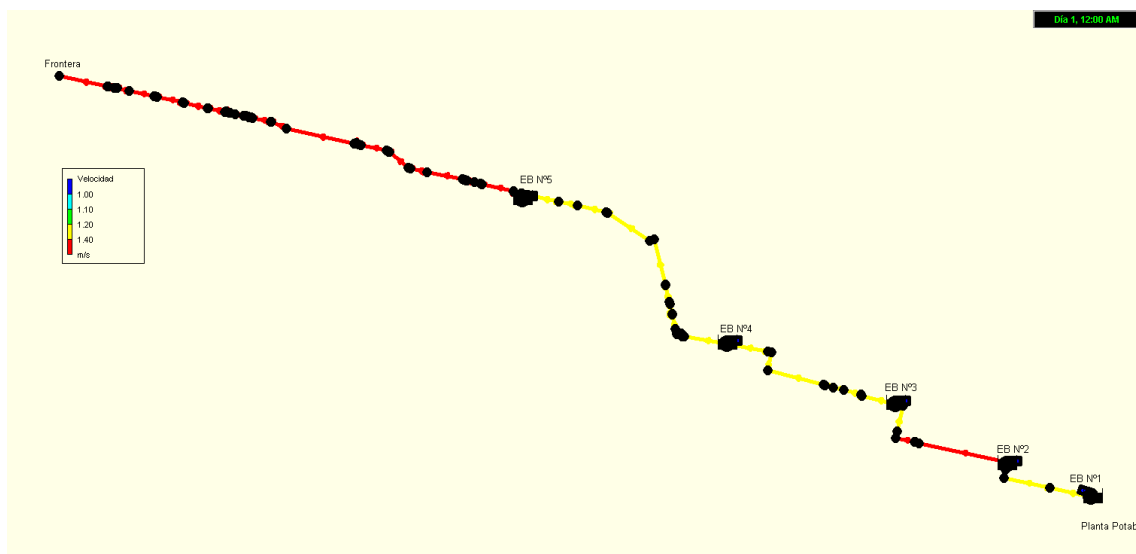


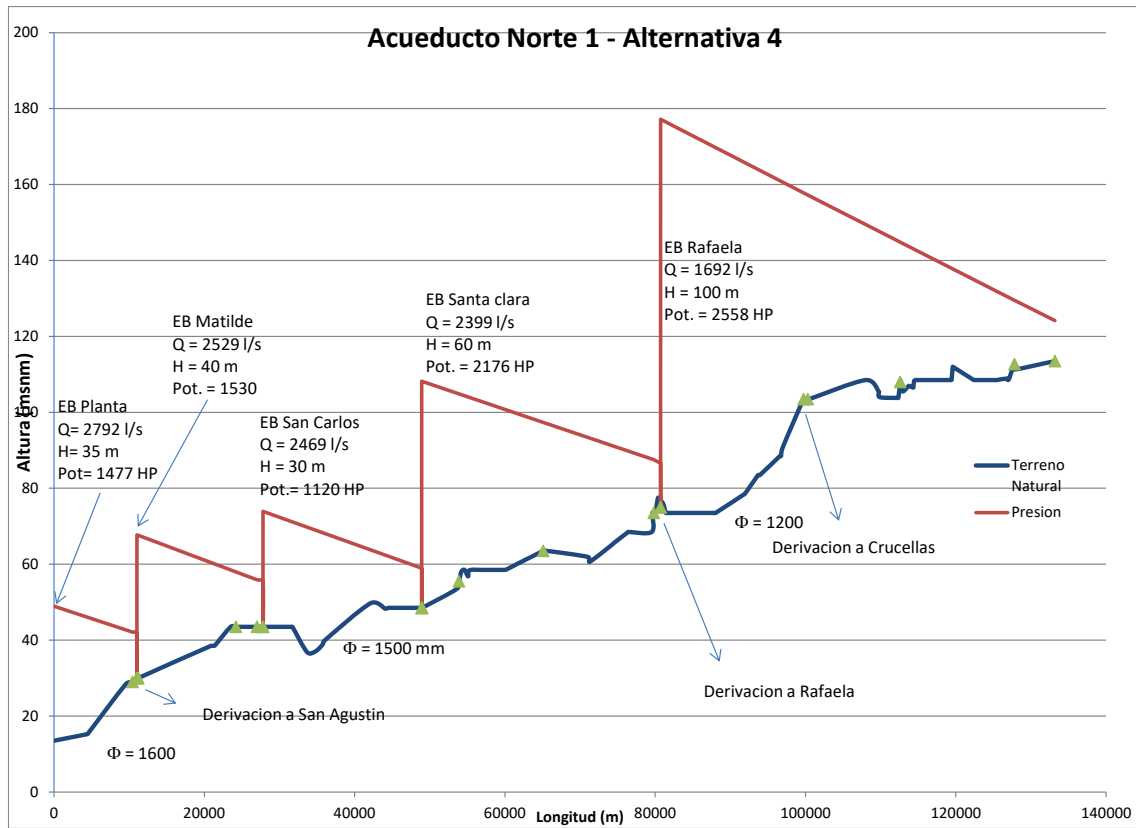
Figura N° 33 Acueducto Norte-1 – Velocidad – Alternativa N°4



La potencia que se obtiene para las estaciones de bombeo de esta propuesta son:

- EB Planta = 1477 [HP]
- EB Matilde = 1530 [HP]
- EB San Carlos = 1120 [HP]
- EB Santa Clara = 2176 [HP]
- EB Rafaela = 2558 [HP]

Figura N° 34 Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 4. Régimen permanente



13.5 Síntesis de Estaciones para cada Alternativa. Acueducto Norte -1

Tabla N°19: Resumen de variables de las distintas alternativas.

	Variable	EB Planta Potencia	EB Matilda Potencia	EB San Carlos Potencia	EB Sta Clara Potencia	EB Rafaela Potencia
Alternativa 1	H (mca)	35	65	-	65	110
	Q (m3/s)	2,792	2,529	-	2,399	1,692
	P (HP)	1,477	2,485		2,358	2,814
Alternativa 2	H (mca)	30	31	21	50	65
	Q (m3/s)	2,792	2,529	2,469	2,399	1,692
	P (HP)	1,266	1,185	784	1,814	1,663
Alternativa 3	H (mca)	30	35	25	51	70
	Q (m3/s)	1,792	1,529	1,469	1,399	692
	P (HP)	813	809	555	1,079	732
Alternativa 4	H (mca)	35	40	30	60	100
	Q (m3/s)	2,792	2,529	2,469	2,399	1,692
	P (HP)	1,477	1,530	1,120	2,176	2,558

14 PERFIL LONGITUDINAL

14.1 Consideraciones

El trazado del perfil longitudinal posee una tapada mínima de 1,50 metros indicada en el pliego particular de especificaciones técnicas y una tapada máxima de 3,00 metros por consideraciones técnico - económicas. Entre estos niveles se desarrolla la traza del acueducto considerando los sectores expuestos a escorrentías donde se deberá prever la construcción de defensas o la profundización del mismo para garantizar una adecuada seguridad frente al riesgo de erosión.

Para asegurar una correcta liberación e ingreso de aire durante el proceso de llenado y vaciado del mismo se dispondrá de válvulas de aire en quiebres generados expresos a lo largo del desarrollo del mismo. Estos elementos permitirán también el ingreso de aire ante la ocurrencia de transientes que ocasionen ondas de presión negativas dentro del conducto.

El vaciado y limpieza del acueducto se efectuará por medio de válvulas de desagüe ubicadas en los puntos bajos intermedios.

A continuación se exponen los principales criterios de diferentes autores considerados en la definición de las pendientes longitudinales del acueducto para generar el esquema de colocación.

Seguidamente se exponen las principales características de los elementos complementarios: válvulas de aire y desagüe junto a sus respectivas cámaras.

14.2 Pendientes recomendadas de Instalación de las Cañerías

El atrapamiento de aire es un importante problema técnico en la conducción de agua potable. Es común que durante el llenado y la operación normal de la línea de conducción se produzca el atrapamiento de aire en forma de bolsas.

Cuando el sistema está operando con gasto constante el aire atrapado disminuye su capacidad de conducción, debido a que se reduce localmente su sección hidráulica, lo que genera pérdidas de carga.

Por otra parte, cuando el acueducto opera en estado transitorio, especialmente durante el llenado del sistema, el aire atrapado puede ser causa de grandes sobrepresiones que ponen en alto riesgo su seguridad. Si se conoce cuál es la ubicación de las bolsas de aire y el volumen que ocupan dentro de la tubería, ambos efectos pueden ser estimados y controlados con cierta aproximación; desafortunadamente, aún no se cuenta con métodos confiables de cálculo.

Para atender esta problemática, se han confeccionado diversas normas que tratan de acotar los efectos indeseables del aire atrapado en las cañerías, estableciendo al efecto pendientes mínimas de instalación de las tuberías.

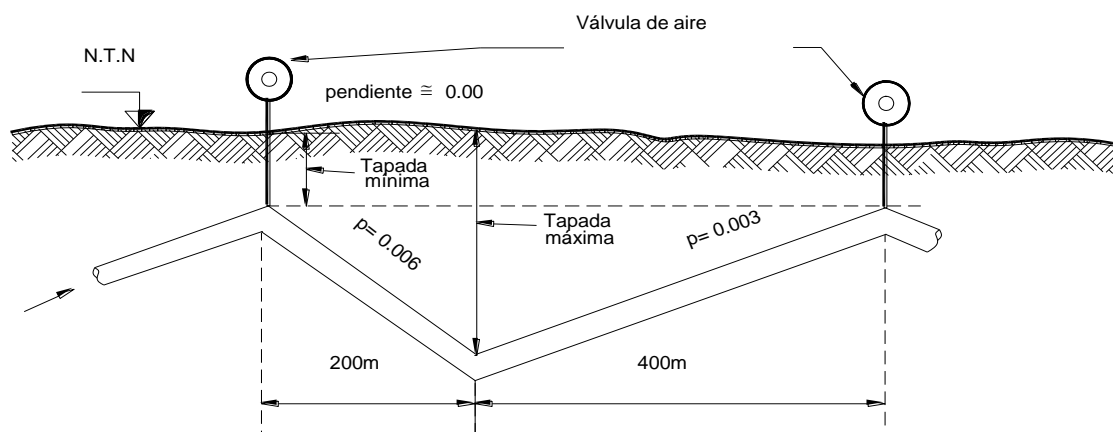
En tal sentido se resume a continuación, lo especificado por diversas instituciones rectoras en la materia.

Referencia N°1: ENOHSa.

Las pendientes mínimas recomendadas son las siguientes: Cuando el aire circula en el sentido del escurrimiento del agua: 3 ‰ (tres por mil); cuando el aire circula en el sentido contrario al escurrimiento del agua: 6 ‰ (seis por mil). Esto se observa en la Figura N° 35. En este último caso no debe ser menor que la pendiente de la línea piezométrica de ese tramo.

Cuando se considere necesario uniformar pendientes a costa de mayor excavación, a efectos de evitar un gran número de válvulas de aire y cámaras de limpieza, deberá realizarse una comparación económica de ambas variantes.

Figura N° 35 Pendientes recomendadas (ENOHSa)

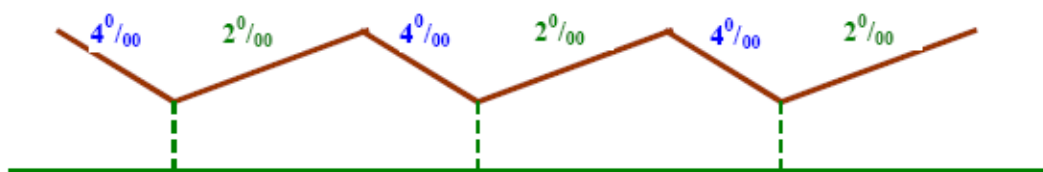


Referencia N°2: Universidad Tecnológica Nacional, Ingeniería Industrial, Córdoba

Para evitar bolsas de aire en posiciones desconocidas, con lo que no sería fácil su extracción, conviene dar a la tubería un perfil con tramos de distintas pendientes, ascendentes y descendentes, aunque el terreno sea poco irregular, de manera que estas bolsas de aire se desplacen a los puntos elevados y se facilite su extracción.

Los valores mínimos recomendados son de un 2 a 3 ‰ para las pendientes ascendentes y de un 4 a 6 ‰ para las descendentes, como se muestra en la Figura N° 36.

Figura N° 36 Pendientes recomendadas (UTN)



Referencia N°3: Universidad de Buenos Aires (UBA) Facultad de Ingeniería

Para evitar problemas de mal funcionamiento o incluso de colapso en las conducciones a presión, es necesario provocar y controlar el ingreso y salida del aire del interior de las mismas.

El nombrado control significa proyectar las conducciones de forma tal que posibiliten el desplazamiento del aire hacia los puntos altos, tratando de esta forma, de minimizar el desplazamiento errático de los bolsones que se forman con el mismo. Los criterios normativos más actualizados aconsejan generar pendientes mínimas de los trazados de manera de conseguir el efecto deseado y siguiendo las recomendaciones que siguen:

Tramos ascendentes ----- 1 a 3 por mil
Tramos descendentes ----- 3 a 5 por mil

Referencia N°4: Universidad de Sevilla, España

Para evitar bolsas de aire en posiciones desconocidas, con lo que no sería fácil su extracción, conviene dar a la tubería un perfil con tramos de distintas pendientes, ascendentes y descendentes, aunque el terreno sea poco irregular, de manera que estas bolsas de aire se desplacen a los puntos elevados y se facilite su extracción. Los valores mínimos recomendados son de un 2-3 ‰ para pendientes ascendentes y de un 4 - 6 ‰ para las descendentes.

Resumen:

Las referencias se remiten a definir recomendaciones coincidentes en valores de 2 ‰ para tramos ascendentes y del 4 ‰ para tramos descendentes, con situaciones extremas del 3 ‰ para tramos ascendentes y del 6 ‰ para tramos descendentes recomendado por ENOHSa en lo que hace a valores mayores.

En el extremo opuesto del espectro, en lo que hace a valores menores, tenemos a la UBA Facultad de Ingeniería con cifras de 1 ‰ a 3 ‰ para tramos ascendentes y del 3 al 5 ‰ para tramos descendentes.

14.3 Pendientes adoptadas

Para adoptar estos valores se consideraron las características topográficas y edafológicas indicadas en el ítem de caracterización del medio físico y la experiencia de obras precedentes con similares características.

Complementariamente se consideraron los parámetros definidos en los Anteproyectos y la Documentación Técnica, mencionada en el Pliego de Especificaciones Técnicas.

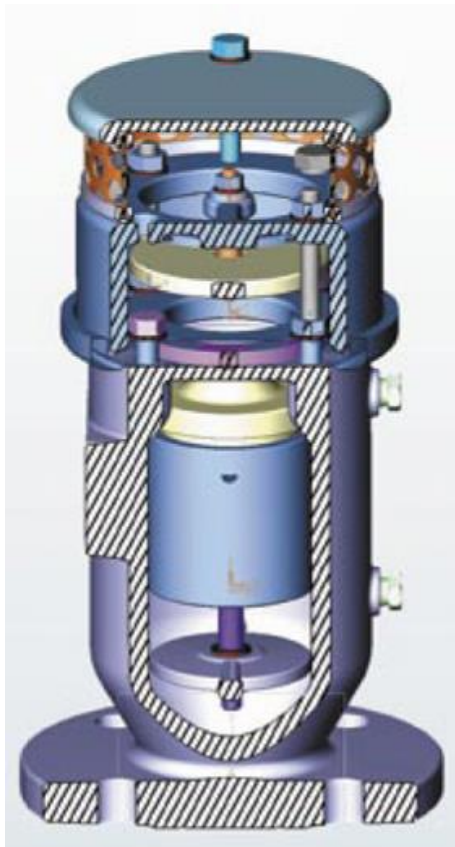
- Distancia mínima entre válvulas (aire y/o desagüe) = 900 m (600m longitud tramo ascendente, 300m longitud tramo descendente)
- Desarrollo de la tubería respetando pendientes descendentes del 4 y ascendentes del 2 respecto a un plano horizontal de referencia.

14.4 Válvulas de aire

A los efectos de garantizar un adecuado comportamiento del sistema frente a condiciones de vaciado y llenado, como así también frente a efectos transitorios producidos por el fallo de los sistemas de bombeo, se colocarán en el acueducto una serie de válvulas de aire de triple efecto, cumpliendo básicamente, las siguientes funciones:

- Función 1: Permite la salida de volúmenes de aire atrapados que se encuentran a baja presión en el proceso de llenado de la tubería y antes que ésta alcance su presión de trabajo.
- Función 2: En el caso de un vaciado del conducto o una eventual depresión del sistema debido a un proceso transitorio, permite la incorporación de una masa importante de aire al sistema.
- Función 3: En caso que durante el funcionamiento normal del sistema, con la conducción en carga, existan atrapados volúmenes pequeños de aire, las válvulas permiten su salida a través de una tobera superior.

Figura Nº 37 Válvula de aire con sistema anti-ariete

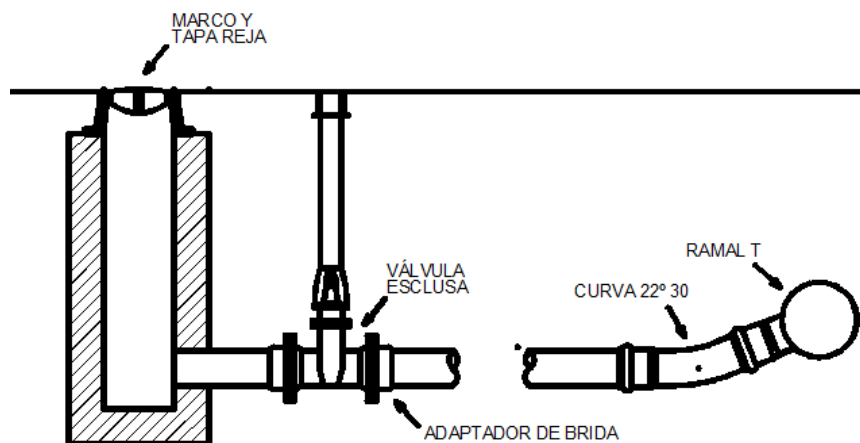


En el acueducto se colocarán válvulas de aire de acuerdo a la disposición representada en los planos correspondientes. Las mismas deberán ser mantenidas a lo largo de la vida útil de la obra para garantizar su correcto funcionamiento.

14.5 Cámaras de limpieza o descarga

Tienen por finalidad poder arrastrar hacia el exterior los elementos sólidos sedimentados en las cañerías o el vaciado para efectuar una reparación. Se deben colocar en puntos bajos y consisten en derivaciones de la tubería provistas de una válvula de cierre y los elementos para alejar el líquido contenido en la red. Los puntos bajos deben seleccionarse en forma tal que las cámaras de limpieza respectivas puedan drenar y limpiar toda la red.

Figura N° 38 Cámara de limpieza o de descarga



15 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los modelos generados se puede deducir que el sistema como ha sido estructurado en lo relativo a diámetros, materiales y estaciones de bombeo, podrá cumplir con los requerimientos de suministro estipulado.

Los conjuntos de bombas sugeridos para cada estación, funcionando todo el sistema poseen un rango de trabajo adecuado para el ajuste a distintas situaciones (caudales) sin la intervención del hombre en la operación del sistema.

Habitualmente en el análisis y el diseño de las instalaciones hidráulicas se considera su comportamiento en condiciones estacionarias, donde las magnitudes hidráulicas de la instalación (caudales y presiones) permanecen constantes en el tiempo, al ser también invariables las condiciones de operación y funcionamiento.

En la realidad una instalación hidráulica es un sistema dinámico y rara vez se halla en estado estacionario, ya que las condiciones de funcionamiento que determinan las variables hidráulicas varían en el tiempo con una mayor o menor rapidez. Debido a esto, el análisis o los diseños adecuados de una instalación pasan por conocer la respuesta temporal de las variables hidráulicas de la instalación con el fin de evitar situaciones indeseables como:

- Presiones excesivamente altas o excesivamente bajas.
- Movimientos y vibraciones de las tuberías.
- Velocidades excesivamente bajas.

En la etapa de anteproyecto debería realizarse el análisis del comportamiento dinámico de la instalación, denominado transitorio.

Además en la etapa de proyecto se debería prever un sistema de tele supervisión y control en tiempo real, que permita obtener datos del acueducto y manejarlo teniendo como parámetros valores de: tiempo, caudal, presión, niveles de cisterna, y fallos eventuales entre otros; permitiendo el gobierno mediante alguno de ellos o la combinación de los mismos.

Para finalizar este informe se procede a resumir lo experimentado y aprendido durante las horas de práctica.

Para elaborar el modelo digital de elevación, necesario para caracterizar el predio estudiado, se utilizaron imágenes ASTER (Satélite Avanzado de Observación Terrestre) del proyecto SRTM de alta resolución que permiten observar detalles con minuciosidad. Esto permitió la reconstrucción del terreno de forma más precisa, generando curvas de nivel con una resolución de 12,5 m (evitando pasar por alto colinas o pozos presentes en la topografía). A su vez, para completar y contrastar la información, se comparó con imágenes tomadas de Google Earth Pro. Luego se extendió el plano de curvas de nivel a la totalidad de la cuenca con curvas de nivel con equidistancia de 0,20 m.

Se generaron los modelos en EPANET para simular las distintas alternativas y poder evaluar las magnitudes hidráulicas de trabajo.

Se generó el legajo gráfico del perfil longitudinal del acueducto debidamente referenciado y con las especificaciones que posibilitan su análisis en esta etapa.

Desde el punto de vista como estudiante permitió ver como se encara un trabajo desde el inicio y poder llevarlo a la etapa de factibilidad de alternativas desde el punto de vista hidráulico.

16 BIBLIOGRAFÍA

- Bhave, P.R. 1991. Analysis of Flow in Water Distribution Networks. Technomic Publishing. Lancaster, PA.
- Dunlop, E.J. 1991. WADI Users Manual. Local Government Computer Services Board, Dublin, Ireland.
- Fox R. y Mc Donald A. (1995) "Introducción a la Mecánica de los Fluidos". McGraw-Hill.
- George, A. y Liu, J. W-H. 1981. "Computer Solution of Large Sparse Positive Definite Systems". Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Hamam, Y.M, y Brameller, A. 1971. "Hybrid method for the solution of piping networks", Proc. IEE, Vol. 113, No. 11, pp. 1607-1612.
- Notter, R.H. y Sleicher, C.A. 1971. "The eddy diffusivity in the turbulent boundary layer near a wall", Chem. Eng. Sci., Vol. 26, pp. 161-171.
- Rossman, L.A. y Boulos, P.F. (1996). "Numerical methods for modeling water quality in distribution systems: A comparison", J. Water Resour. Plng. And Mgmt, Vol. 122, No. 2, 137-146.
- Streeter V. y Wylie E. B. (1994). "Mecánica de los Fluidos". Ed. McGraw-Hill.
- U.S. Environmental Protection Agency (2000): "EPANET 2 User's Manual". EPA/600/R-00/057 September 2000. National Risk Management Research Laboratory. Cincinnati, OH 45268, USA.
- White F. (1993). "Mecánica de Fluidos". Ed. McGraw-Hill.