

Proyecto de Asociación Público Privada para el Estado de Baja California

Análisis de Viabilidad Técnica

Contenido

I.- OBJETIVO	2
II.- GENERALIDADES DEL PROYECTO	3
II.1. Descripción General	3
II.1.1 Descripción del SISTEMA.....	3
II.2. Localización Geográfica.....	4
II.3. Calendario de Actividades	5
II.4. Monto Total de Inversión.....	6
II.4.1 Inversión en Obra Pública y Equipamiento	6
II.4.1.1 Preinversión y estudios previos.....	7
II.4.1.2 Estudios y proyectos	7
II.4.1.3 Adquisición de terrenos.....	7
II.4.1.4 Construcción de infraestructura para la producción de agua	7
II.4.1.5 Equipamiento para procesos.....	8
II.4.1.6 Construcción de infraestructura para el aprovechamiento de agua	8
II.4.1.7 Terrenos.....	8
II.4.2 Cargos adicionales	8
II.4.3 Costos de Operación	8
II.4.3.1 Cargos Fijos	8
II.4.3.2 Cargos variables	9
II.5. Financiamiento.....	9
II.6. Capacidad Instalada	9
II.7. Metas Anuales y Totales de Producción	10
II.8. Vida Útil	10
III.- PRINCIPALES COMPONENTES DEL PROYECTO	11
III.1. Conceptualización del Proyecto.....	11
III.2. Localización del Sistema.....	12
III.3. Obra de Captación.....	15
III.4. Sistema de Transferencia	16
III.5. Unidad de Tratamiento, prediseño.	17
IV.- INSTALACIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA.....	30
V.- CONCLUSIONES.....	31

La región del Valle de San Quintín, en Ensenada, Baja California, constituye un polo de desarrollo cuyo potencial económico, ha sido inhibido por las necesidades importantes en materia de agua, haciendo evidente que se requiere una garantía en su disponibilidad para lograr un crecimiento sostenido. Sabemos que la disponibilidad de agua, entendida más allá de un concepto de salud pública, es factor fundamental de desarrollo económico. En la medida en que la disponibilidad de agua se vea incrementada de igual manera el bienestar social, el económico, el cultural, etc., tendrán la oportunidad de verse incrementados.

I.- Objetivo

El Sistema Integral Hídrico para la Región San Quintín, Ensenada, B.C., consiste en la Producción de Agua mediante la desalinización para atender la insuficiencia actual en el abastecimiento público urbano, la recarga de acuíferos, usos adicionales y el saneamiento enfocado a la recuperación de agua que contribuyan a la normalización del balance hidrológico en la región.

El presente proyecto se ha conceptualizado bajo la premisa de que contribuirá al incremento de la disponibilidad de agua en esta región del Estado integrando su producción de 250 litros por segundo (lps) a la oferta regional actual, de manera que, aún cuando este producto sea consumido en zonas específicas, esta agua nueva sea contabilizada en el balance hidrológico de la cuenca no solo delimitada por sus rasgos hidrográficos, sino también por la posibilidad de detonar el desarrollo social, económico y cultural definidos por las nuevas actividades que habrán de generarse o que continuarán dándose y consolidándose, ante la garantía de contar con disponibilidad hídrica.

Con fundamento en el Art. 25 de la Ley de Asociaciones Publico-Privadas para el Estado de Baja California (LAPPEBC) y para efectos de cumplir con lo dispuesto en el Artículo 26, Fracción I, Inciso a) de la citada Ley así como con las disposiciones del Artículo 53 de su reglamento, se somete ante las dependencias o autoridades competentes, como parte del **Estudio Preliminar de Factibilidad**, el presente documento mismo que describe el proyecto que se propone, sus características y viabilidad técnica.

Este documento se elaboró con el fin de describir el proyecto, sus características, y proporcionar información que permita analizar y demostrar su viabilidad técnica. El proyecto se denomina **Sistema Integral Hídrico San Quintín. Componente de producción de agua potable mediante la desalinización de agua marina**, y consiste en el abastecimiento de agua en bloque mediante desalinización de agua marina para las localidades de la Región del Valle de San Quintín en el municipio de Ensenada, Baja California; un proyecto de infraestructura económica con una inversión por un monto aproximado de **490** millones de pesos para una dotación de 250 litros por segundo (lps) a un horizonte de 30 años.

II.- Generalidades del Proyecto

II.1. Descripción General

II.1.1 Descripción del SISTEMA

El sistema para la producción de agua potable mediante desalinización estará conformado por los siguientes componentes, en su mayor parte obras, estructuras, equipamiento e instalaciones:

- Estructura de captación del agua de mar (Agua de Alimentación. Mediante campo de pozos playeros, profundos, con capacidad para extraer el gasto de 566 l/s requerido por el sistema. Esta estructura se propone en la zona costera entre el Campo La Chorera y el lugar conocido como La Salina.
- Sistema de transferencia mediante tuberías colectoras, acueducto y depósito para llevar ese caudal a la Planta de Procesos.
- Planta de Procesos, que constará de: Unidad de pretratamiento, Sistema de bombeo de alta presión, Módulos de membranas, Sistemas de limpieza y mantenimiento, Unidad de postratamiento y almacenamiento del Agua Potable.
 - Unidad de pretratamiento, sistema de bombeo de alta presión, PLANTA (Módulos de ÓSMOSIS INVERSA), unidad de limpieza y mantenimiento y unidad de postratamiento.
- Planta de bombeo, cuyo objeto será elevar un gasto de 255 lps o mayor de agua potable a una altura de 75 M. aproximadamente. Estará ubicada inmediatamente al lado de la Planta de Procesos y su capacidad es determinada por la combinación de requerimientos de conducción y capacidad del tanque receptor.
- Línea de conducción de agua producto, de 1,000 M. de longitud constituido por una tubería forzada de PVC con un diámetro de aproximadamente 20"
- Tanque de entrega con capacidad de 2,000 m³ en relación con el régimen de demandas y el gasto del sistema de distribución y de conformidad con su plan de contingencias y mantenimiento de instalaciones.
- Emisor a presión para el alejamiento y obras e instalaciones requeridas para la disposición del caudal de salmuera (Agua de Rechazo), que será descarga submarina directa o pozos

de inyección, de conformidad con los resultados de los estudios geohidrológicos, de impacto ambiental y oceanográficos y la disposición del permiso de descarga correspondiente.

- Líneas de transmisión, subestación eléctrica, transformadores y accesorios para el suministro de energía a la Obra de toma, la Planta desaladora, la Planta de bombeo y para el servicio de todas sus instalaciones y equipos, incluido el generador con capacidad adecuada para atención de emergencias.
- Subsistemas auxiliares para medición, monitoreo y regulación de procesos.
- Unidades complementarias para la segura, confiable y eficiente operación del Sistema en su conjunto como estacionamientos, redes de alumbrado, agua potable, drenaje sanitario, pluvial, casetas de operación, caminos de acceso, campamento, bodegas, oficinas, cercas, etc. forman parte también del sistema

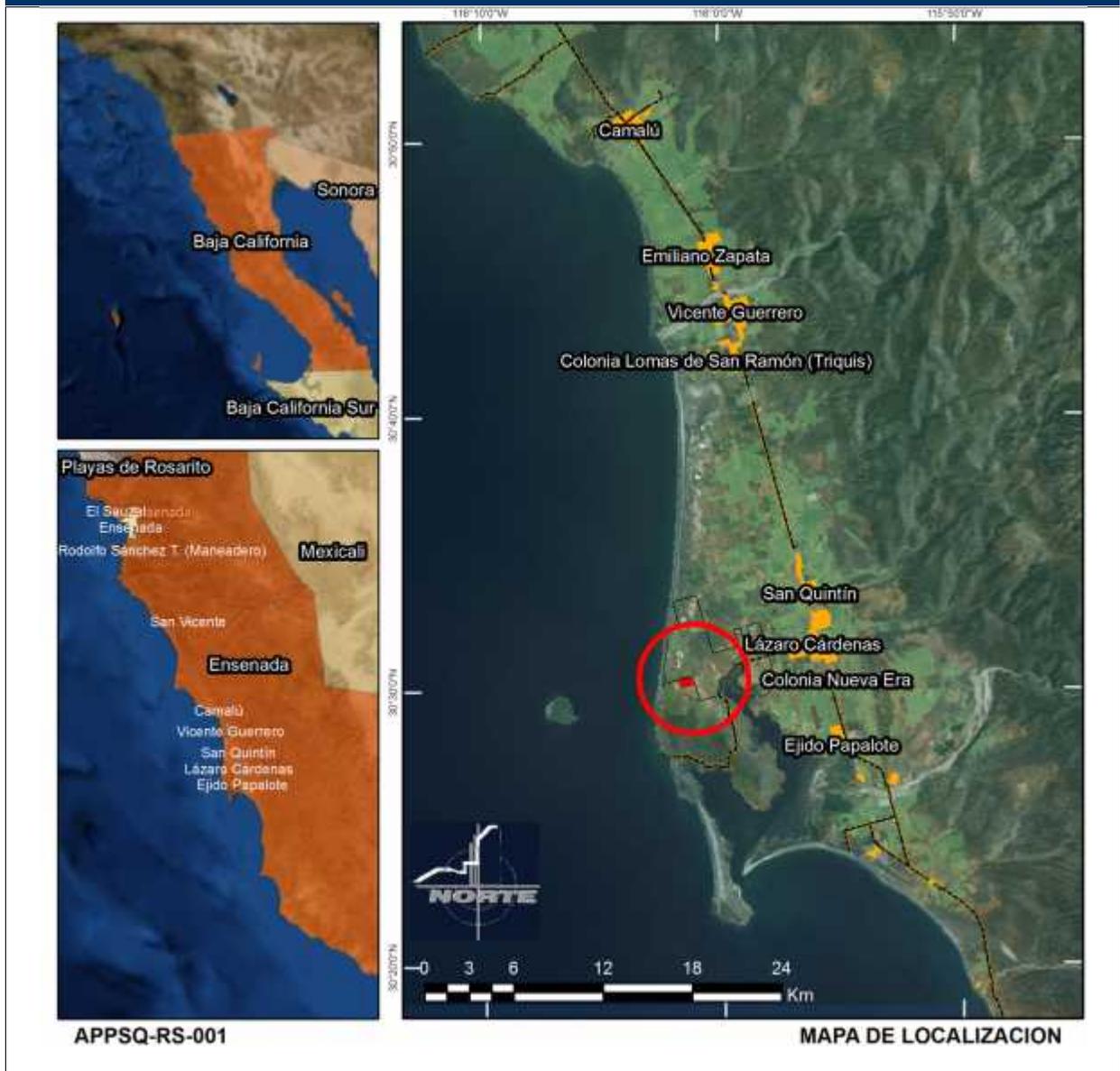
II.2. Localización Geográfica

El proyecto se ubica en el Valle de San Quintín, en el Municipio de Ensenada B.C. en la porción centro-occidental del estado de Baja California, integrada en la región hidrológica No. 1 (RH-1) de la vertiente del océano Pacífico delimitada geográficamente entre los paralelos 30o 1 9' 30" a 31o 51' 00" de latitud norte y los meridianos de 115o 18' 57" a 116o 00' 00" de longitud oeste.

Limita al norte con la cuenca del Valle San Telmo, al sur con la del Rosario, al este con la cuenca hidrológica de Valle Chico - San Pedro Mártir, correspondiente a la región hidrológica No. 5 de la vertiente del Golfo de California, y al oeste con el Océano Pacífico.

La zona de cobertura del proyecto inicia en el Valle de Camalú, cubriendo el poblado del mismo nombre, los poblados de Vicente Guerrero, Lázaro Cárdenas, San Quintín y Los Pinos

FIGURA II.1 Mapa de localización del Proyecto



II.3. Calendario de Actividades

Las actividades para llevar a cabo el proyecto, de una manera general, se reducen a las siguientes:

Etapa	Periodo
Evaluación del proyecto y dictamen de factibilidad	2 Meses
Procedimiento de licitación pública	3 Meses
Estudios y proyectos de ingeniería a detalle	3 Meses
Construcción de obras	10 Meses
Periodo de pruebas y puesta en marcha	2 Meses
Inicio de Operaciones	Octubre 2016
Periodo total	20 Meses

II.4. Monto Total de Inversión

II.4.1 Inversión en Obra Pública y Equipamiento

En términos generales, las inversiones requeridas para lograr el Proyecto de Asociación Público Privada bajo la modalidad de Propuesta No Solicitada se agrupan en las siguientes partidas:

- Preinversión y estudios previos
- Estudios y proyectos
- Adquisición de terrenos
- Construcción de infraestructura para la producción de agua
- Equipamiento para procesos
- Construcción de infraestructura para el aprovechamiento de agua
- Cargos adicionales durante la construcción, de supervisión, administración y fianzas

Lo anterior arroja un monto de inversión total de 490.55 mdp sin IVA. La vida útil para efectos de evaluación de este inmueble se estima en 30 años, y a continuación se detalla la aplicación de los recursos.

II.4.1.1 Preinversión y estudios previos

La preinversión contempla la formulación del proyecto de asociación público privada bajo la modalidad no solicitada, además de la elaboración de los estudios previos de factibilidad e ingeniería para la construcción del sistema de producción de agua potable a partir de la desalinización necesarios para su evaluación. Esta erogación importa 20.45 mdp

II.4.1.2 Estudios y proyectos

En estudios y proyectos se considera la elaboración de los siguientes rubros, con una inversión total de 35.79 mdp:

- Estudios de ingeniería
- Proyecto ejecutivo de obra civil, eléctrica, hidráulica y mecánica, para:
 - Obra de Toma
 - Sistemas de transferencia
 - Planta de procesos
 - Infraestructura de aprovechamiento
 - Caminos de acceso
- Diseño de procesos

La erogación de estos recursos se ejerce a partir de la adjudicación y firma del contrato y de acuerdo al calendario de actividades planteado en el punto V.4.

II.4.1.3 Adquisición de terrenos

Se contempla la adquisición de terrenos tanto para las instalaciones de la obra de toma como para el sistema de transferencia, estos con una inversión estimada en 1.69 Mdp.

II.4.1.4 Construcción de infraestructura para la producción de agua

La inversión en construcción de infraestructura se estima en un importe de 196.93 Mdp incluyendo las siguientes obras:

- Captación agua marina
- Pretratamiento
- Obras civiles planta desalinizadora
- Obras eléctricas planta desalinizadora
- Tanque receptor del producto
- Emisor de Agua de Rechazo

II.4.1.5 Equipamiento para procesos

Dentro del equipamiento para procesos de desalinización se incluyen los siguientes rubros:

- Proceso de desalinización
- Instalaciones Hidráulicas y Mecánicas
- Instrumentación, Medición y Control
- Postratamiento

Esta inversión se ejerce durante el transcurso de la construcción e importa 153.33 Mdp

II.4.1.6 Construcción de infraestructura para el aprovechamiento de agua

La inversión para el aprovechamiento de agua se estima en un importe de 30.03 Mdp incluyendo los siguientes conceptos:

- Construcciones
- Equipamiento

II.4.1.7 Terrenos

El terreno donde se contempla la instalación de la planta de procesos es propiedad del Gobierno del Estado y no es parte de la inversión privada contemplada en el proyecto, sin embargo, el costo social del terreno se integra únicamente para efectos de evaluación, el cual asciende a 3.5 mdp.

II.4.2 Cargos adicionales

Por el tipo de contrato y los requerimientos financieros habrán de agregarse partidas presupuestales adicionales para cubrir costos de supervisión, administrativos, fiduciarios, financieros durante el periodo de construcción y equipamiento en función de las disposiciones tanto de capital de crédito como capital de riesgo, comisiones, seguros, etc., lo que de acuerdo a las inversiones importa 52.33 Mdp

II.4.3 Costos de Operación

Se consideran dos tarifas de operación y mantenimiento:

II.4.3.1 Cargos Fijos

Estos se refieren a los costos fijos de operación y mantenimiento que al igual que la tarifa de amortización, su pago no está vinculado al volumen de agua entregado, sino a la capacidad instalada. En estos costos se consideran aspectos como administración, mantenimiento de instalaciones, administración del fideicomiso, energía eléctrica en servicios, energía eléctrica en términos de potencia contratada, personal, seguros y fianzas, etc.

El importe anual estimado para los cargos fijos de operación y mantenimiento asciende a 19.33 Mdp

II.4.3.2 Cargos variables

Esta tarifa de operación y mantenimiento son resultados de los costos variables ligados directamente a la cantidad de agua producida o entregada en bloque al Organismo Operador a cargo de prestar el servicio al usuario. En estos costos se incluye el consumo de energía eléctrica por los procesos, los gastos de mantenimiento correctivo, los reemplazos, los productos químicos, etc.

Los cargos por consumos y remplazos se han calculado mediante un estimado de consumo de reactivos, reposición de membranas, filtros y mantenimiento correctivo en el horizonte del proyecto y se anualizan en un importe de 45.94 Mdp

II.5. Financiamiento

La fuente de inversión será con capital privado. En este modelo financiero se ha considerado en primer término una aportación del 25% de Capital de Riesgo por parte del desarrollador y el 75% mediante apalancamiento financiero con la Banca de Desarrollo como Capital de Crédito.

Para efectos del costo del financiamiento se ha considerado una tasa de interés sobre el capital de crédito se ha considerado como la TIIE del 3.30% agregando un Costo de Captación de 2.25% y una reserva de 1.125% resultando entonces una tasa de 6.675% anual.

El modelo financiero considera que el capital de riesgo tendrá un plazo de 30 años y el capital de crédito un plazo de 15 años.

II.6. Capacidad Instalada

La capacidad instalada con la que contara el proyecto consiste en:

- Sistema de captación AGUA MARINA, con capacidad de 566 l/s
- Sistema de Transferencia (Conducción de agua cruda de Obra de Toma a Planta de procesos), con capacidad de 566 l/s
- Sistema de Pretratamiento, equipado con dosificadores de productos químicos e Instrumentación para medición y control, para una capacidad de 566 l/s
- Equipamiento de Proceso de Desalinización Osmosis Inversa, con una tasa de conversión del 45% para una producción de 255 l/s., incluyendo:
 - Filtros de Cartucho

- Bombas de Alta Presión
 - Membranas y Tubos Contenedores
 - Dispositivos para la Recuperación de Energía
 - Bombas Booster
 - Instalaciones Hidráulicas y Mecánicas, Tuberías, Válvulas, Juntas, accesorios, drenajes, purgas, muestreo, equipos pequeños, etc.
 - Instrumentación, Medición y Control
- Equipamiento para el postratamiento, para una producción de 250 l/s
- Silo de cal
 - Equipo para preparación y dosificación de soluciones
 - Equipo de Cloración
 - Equipo de medición y control

II.7. Metas Anuales y Totales de Producción

La instalación del sistema de producción de agua potable mediante desalinización tendrá una capacidad de producción de 255 l/s 24/7, es decir, 8 millones de metros cúbicos anuales.

II.8. Vida Útil

El horizonte del proyecto de asociación público privada es de 30 años, durante los cuales se brindará mantenimiento preventivo y correctivo periódicamente y se garantizará una continuidad para preservar una vida útil residual de cuando menos 5 años.

III.-Principales componentes del Proyecto

El componente de producción de agua potable mediante la desalinización de agua marina como parte del Sistema Integral Hídrico para la Región Valle de San Quintín consiste en la infraestructura necesaria para obtener y tratar tanta agua marina como sea necesario de manera que el resultado del proceso de tratamiento sea un volumen de 22,000 metros cúbicos diarios de agua potable puestos en el sitio de tratamiento a disposición del organismo encargado de proporcionar el servicio público de agua potable a la población de las localidades de la región del Valle de San Quintín. Este volumen de producción de agua equivale a un caudal de 250 litros por segundo operando las instalaciones de manera ininterrumpida.

El proyecto considera que el tratamiento será mediante un proceso de ósmosis inversa, por lo que entonces, **en lo general**, los principales elementos que integran la infraestructura de este componente del Sistema Integral Hídrico son:

- Obra de Captación,
- Sistema de transferencia de obra de captación a unidad de tratamiento (Conducciones de Agua Marina)
- Unidad de Tratamiento (Planta Desalinizadora),
- Obra de disposición del concentrado del proceso de tratamiento,
- Estructura de disposición del agua producida (Tanque de agua producto).

III.1. Conceptualización del Proyecto

El proyecto de producción de agua potable considera utilizar Ósmosis Inversa como el proceso de separación de Sólidos Disueltos Totales (SDT) del agua marina. Este proceso utiliza membranas y requiere de proporcionar una cantidad importante de energía aplicada como presión en el agua de alimentación con un contenido de SDT aproximadamente de 35,000 mg/litro de tal manera que una porción de esta agua pasa a través de la membrana resultando al final del tren de ósmosis con un contenido de SDT menor a 500 mg/litro, constituyendo el agua producto o “permeado”. El agua de alimentación que no permea por la membrana recoge los minerales que no pasaron a través de la membrana con el agua producida y por tal motivo se le denomina “el concentrado”. La relación entre el agua producida y el agua de alimentación es la tasa de conversión y su definición en el proyecto es un concepto importante porque ello define en gran medida el dimensionamiento de las instalaciones.

El diseño del sistema de producción de agua mediante desalinización de agua marina tiene como principal objetivo obtener el menor costo unitario del producto posible y este se integra a partir de

tres componentes íntimamente ligados entre sí: Amortización de la Inversión en Infraestructura, Costo de Capital y Costo de Operación y Mantenimiento.

En este sentido, seleccionando una tasa de conversión conservadora por ejemplo del 35% se requeriría de contar con mayor cantidad de elementos (membranas) que para una tasa de conversión del 50%, sin embargo, la presión de operación para una tasa de conversión del 50% sería significativamente mayor que para la del 35% y en consecuencia los costos de operación serían mayores al requerir mas energía. Por el contrario, con una menor tasa de conversión se requeriría de menor consumo energético pero las instalaciones serían mayores y por tanto la inversión en infraestructura aumentaría y a su vez, aumentaría el costo de capital.

El proyecto que se propone considera una tasa de conversión del 45%, de manera que los elementos que lo integran han sido conceptualizados para las capacidades siguientes:

Elemento	Capacidad	
	Metros cúbicos por día	Litros por segundo (lps)
Obra de Captación	48,900	566
Sistema de transferencia de obra de captación a unidad de tratamiento (Conducciones de Agua Marina)	48,900	566
Producto de Unidad de Tratamiento (Planta Desalinizadora)	22,000	255
Obra de disposición del concentrado del proceso de tratamiento	26,900	311
Estructura de disposición del agua producida (Tanque de agua producto)	22,000	255

III.2. Localización del Sistema

Como se indica en la conceptualización de las capacidades de los elementos que integran el proyecto, la obra de captación deberá ser suficiente para alimentar al sistema con 48,900 metros cúbicos por día (566 lps) y resulta conveniente que la planta sea situada tan cerca como sea posible de ubicación de la obra de captación y de sitios en donde sea posible disponer del concentrado.

En este orden de ideas, fue realizada una investigación del potencial de obtención de agua marina sumado a la factibilidad de contar con reserva territorial para alojar las instalaciones de tratamiento (planta desalinizadora).

Atendiendo la disponibilidad de reserva territorial por parte del Gobierno de Estado de Baja California la ubicación de la planta desalinizadora será en el terreno con clave catastral **VQ-078-**

00B que presenta características adecuadas por su cercanía a los sitios potenciales de extracción de agua marina mediante la construcción de pozos conocidos como “pozos playeros”.

Se realizaron trabajos de reconocimiento geológico y exploración geofísica en los alrededores del sitio mencionado, mismos que se ilustran en la FIGURA III.1.

FIGURA III.1 Mapa con sitios de exploración geofísica y geológica



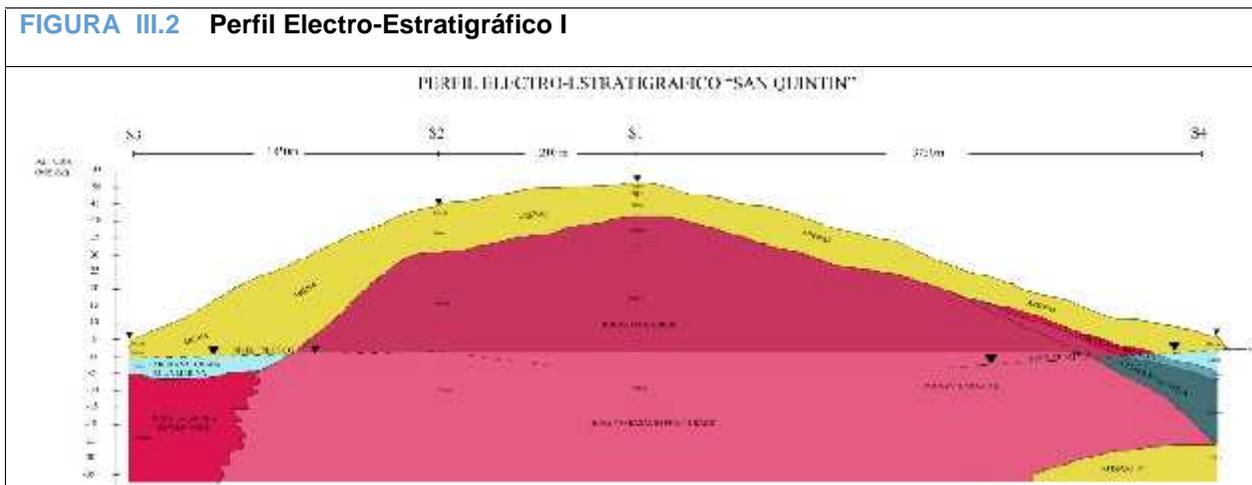
La exploración se realizó en 14 sitios con Sondeos Eléctricos Verticales Schlumberger (SEV) y se tuvo acceso a conocer parcialmente el trabajo realizado de construcción de tres pozos con fines de obtener agua marina. La posición de los sitios en coordenadas UTM WGS 84 para la zona 11 R es la siguiente:

Id	IDENTIF	Tipo	Este	Norte	Elevacion	Profundidad	Diametro	Formacion
1	SEV-01	SEV	594431	3373901	54			
2	SEV-02	SEV	593788	3374926	43			
3	SEV-03	SEV	592339	3376066	5			
4	SEV-04	SEV	597837	3372385	4			
5	SEV-05	SEV	592970	3381574	2			
6	SEV-06	SEV	603181	3364363	3			
7	SEV-07	SEV	603107	3364848	8			
8	SEV-08	SEV	602844	3366578	10			

Id	IDENTIF	Tipo	Este	Norte	Elevacion	Profundidad	Diametro	Formacion
9	SEV-09	SEV	596497	3375898	7			
10	SEV-10	SEV	602778	3370190	2			
11	SEV-11	SEV	598947	3370920	6			
12	SEV-12	SEV	599940	3368794	1			
13	SEV-13	SEV	598922	3366712	2			
14	SEV-14	SEV	591833	3371022	6			
15	UNAM-1	POZO	592273	3376555	12	32	14 - 20	Eol - Rosario
16	UNAM-2	POZO	592059	3375623	32	65	14 - 20	Eol - Rosario
17	UNAM-3	POZO	592011	3374701	46	36	14 - 20	Eol - Rosario

Uno de los sondeos eléctricos verticales (SEV-02) se realizó en el sitio seleccionado para la ubicación de la Planta Desalinizadora y fue posible construir un perfil electro-estratigráfico junto con los SEV-1, SEV-3 y SEV-4 en dirección NW-SE cubriendo una distancia de 6.8 kilómetros de longitud, con un desnivel topográfico entre sondeos de 50 metros. La FIGURA III.2 presenta dicho perfil.

FIGURA III.2 Perfil Electro-Estratigráfico I



En la parte superficial existen capas de arena fina, limo y ceniza volcánica de espesor y resistividad variable, que forman un paquete de suelos arenosos que va de 6 a 18 m de espesor. Después subyace la roca volcánica: basaltos, derrames de lava y cenizas en un paquete que para el sitio del sondeo SEV-1 es mayor de 40 m y a esa profundidad no se detecta la intrusión marina. En el sitio del SEV-2 se encuentran las rocas volcánicas después de las arenas. Las volcánicas están secas en la parte superior y saturadas con agua marina a partir de los 46 m de profundidad en un espesor estimado de 32 m, luego de lo cual se considera que se encuentran sedimentos de la Formación Rosario.

El sitio del sondeo SEV-3, tiene una elevación aproximada de 5 m sobre el nivel medio del mar y está al E de la zona de dunas costeras, a 450 m de la línea de costa, cercano a una laguna interior de agua salada. Los primeros 6 m superficiales son de arenas eólicas que se encuentran con humedad al fondo, ya que en ellas a partir de 6 m de profundidad se establece el nivel freático del agua salada que penetra del mar. A partir del nivel freático se encuentra una columna de arenas finas de ~60 m de espesor cuya resistividad de alrededor de 1 ohm-m, indica que se trata de arenas finas con material arcilloso saturadas de agua marina. Los primeros 30 m pudieran ser arenas sueltas de la Rosario, contaminadas por eólicas, lo cual es favorable para aumentar la permeabilidad en las arenas. Después del estrato de 60 m de arenas ocurre un aumento fuerte en la resistividad que indica que no se tiene la penetración del agua marina, se considera que se encuentran estratos impermeables de la Rosario que pudiera tratarse de lutitas.

El lugar del sondeo SEV-4, tiene una elevación aproximada de 4 m sobre el nivel del mar y está alejado 40 m de la costa; se ha encontrado que las arenas sueltas forman la primera capa superficial de 12 m de espesor, a los 5 m de profundidad en las arenas (0,6 ohm-m) se encuentra el acuífero de agua marina. Subyaciendo las arenas, se encuentra roca volcánica con un espesor aproximado de 3 m, que pudiera tratarse de una colada de lava saturada de agua salada (11 ohm-m), luego nuevamente se considera que se encuentran arenas saturadas en un espesor que pudiera alcanzar 20 m y finalmente roca y cenizas volcánicas permeables (1,9 ohm-m) saturadas de agua marina.

Ante este panorama, se ha determinado que el sitio es adecuado para efectos del estudio de factibilidad.

III.3. Obra de Captación

Como se indica en la conceptualización de las capacidades de los elementos que integran el proyecto, la obra de captación debe ser suficiente para alimentar al sistema con 50,000 metros cúbicos por día (580 lps).

De la revisión de las características geológicas del sitio seleccionado como posible zona de captación, es posible concluir que la aportación principal del agua marina será a través de los basaltos fracturados alojados por debajo del nivel del mar, mismos que por su permeabilidad habrían de significar un conducto adecuado para obtener los volúmenes de agua marina requeridos, considerando un total de 10 pozos productores con capacidad mínima esperada de 60 lps en cada uno de ellos.

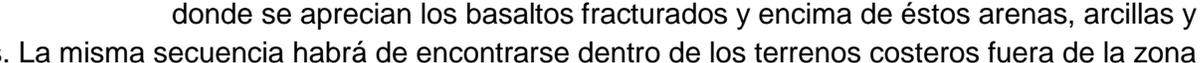
Un ejemplo que puede ilustrar la composición de la zona de captación esperada es la fotografía en la  donde se aprecian los basaltos fracturados y encima de éstos arenas, arcillas y limos. La misma secuencia habrá de encontrarse dentro de los terrenos costeros fuera de la zona de playa.

FIGURA III.3 Basaltos fracturados en la playa en la zona de los volcanes de San Quintín

Por la topografía de la zona de captación se considera que cada pozo tendrá una profundidad de 75 metros de los cuales los primeros 30 metros estarán por encima del nivel del mar por lo que no habrá aportación de agua sino hasta los siguientes 45 metros.

III.4. Sistema de Transferencia

El sistema de transferencia consiste en las conducciones necesarias para hacer llegar el agua marina hasta la Planta Desalinizadora.

Se ha conceptualizado como un múltiple de conexión a la descarga de los 10 equipos de bombeo de cada pozo en la obra de captación. El múltiple tiene una longitud de 1,500 metros y la línea de conducción del múltiple hasta la planta tiene una longitud de 1,760 metros.

La muestra la batería de pozos y el sistema de transferencia del agua de alimentación a el sitio donde estará ubicada la planta desalinizadora.

FIGURA III.4 Sistema de Transferencia



III.5. Unidad de Tratamiento, prediseño.

La unidad de tratamiento comprende todas las instalaciones necesarias para convertir, una fracción importante del agua marina captada y conducida hasta el sitio de tratamiento, en agua potable.

En esta unidad de tratamiento o Planta Desalinizadora se llevan a cabo todos los procesos requeridos para obtener un agua que cumpla con lo establecido Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 “Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización” modificada en el año 2000 y en vigor a partir del 20 de febrero del 2001.

En la Planta Desalinizadora se darán los procesos de Pretratamiento, Tratamiento por Ósmosis Inversa y Postratamiento.

También en la Planta Desalinizadora se dotarán las instalaciones necesarias para llevar a cabo actividades de administración, vigilancia, operación y mantenimiento del sistema, incluyendo oficinas, centro de control, almacén, taller y laboratorio.

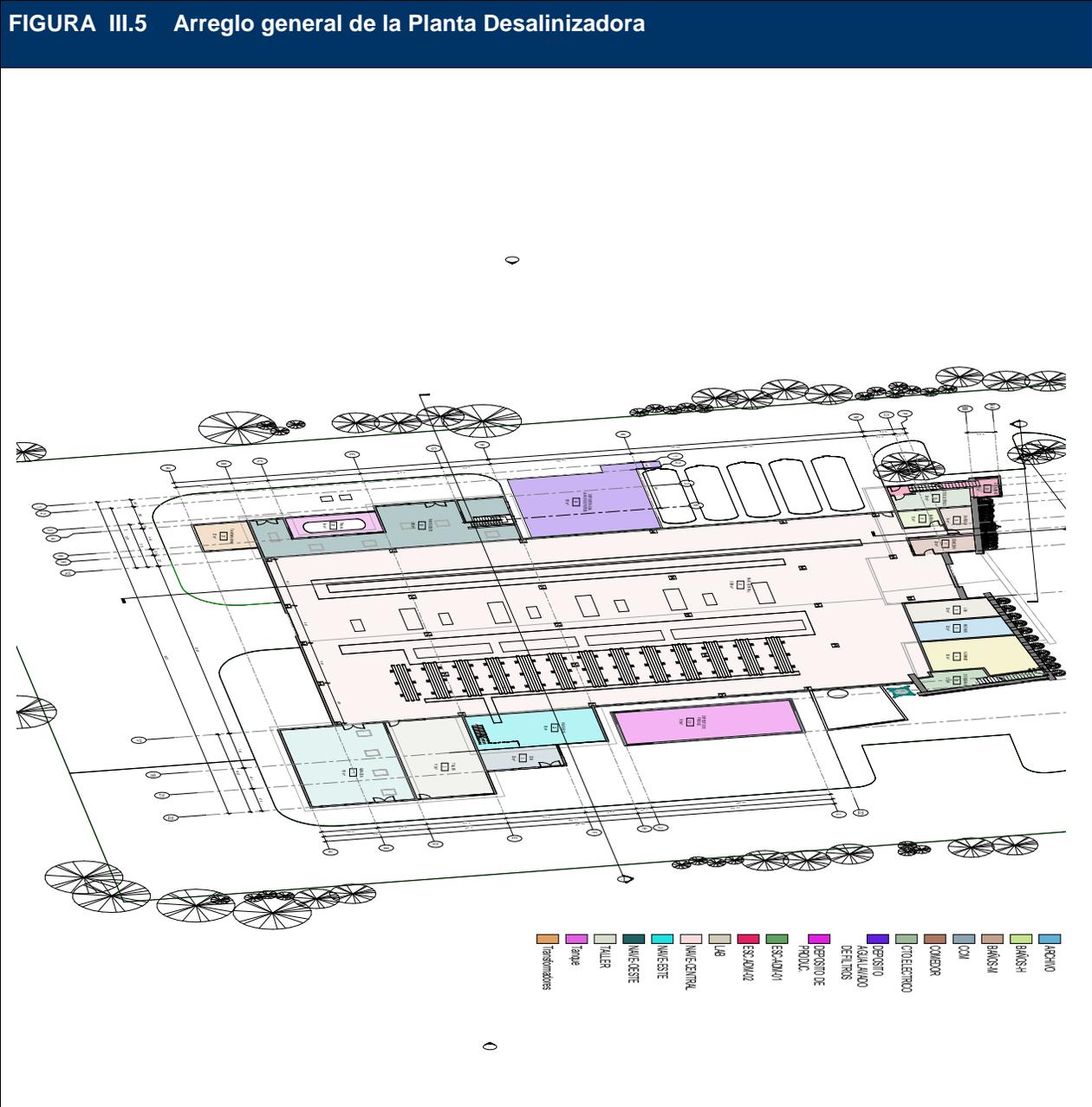
El arreglo general del conjunto se muestra en la . En esta figura pueden apreciarse las áreas destinadas a los servicios que proporcionará la planta.

FIGURA III.5 Arreglo general de la Planta Desalinizadora

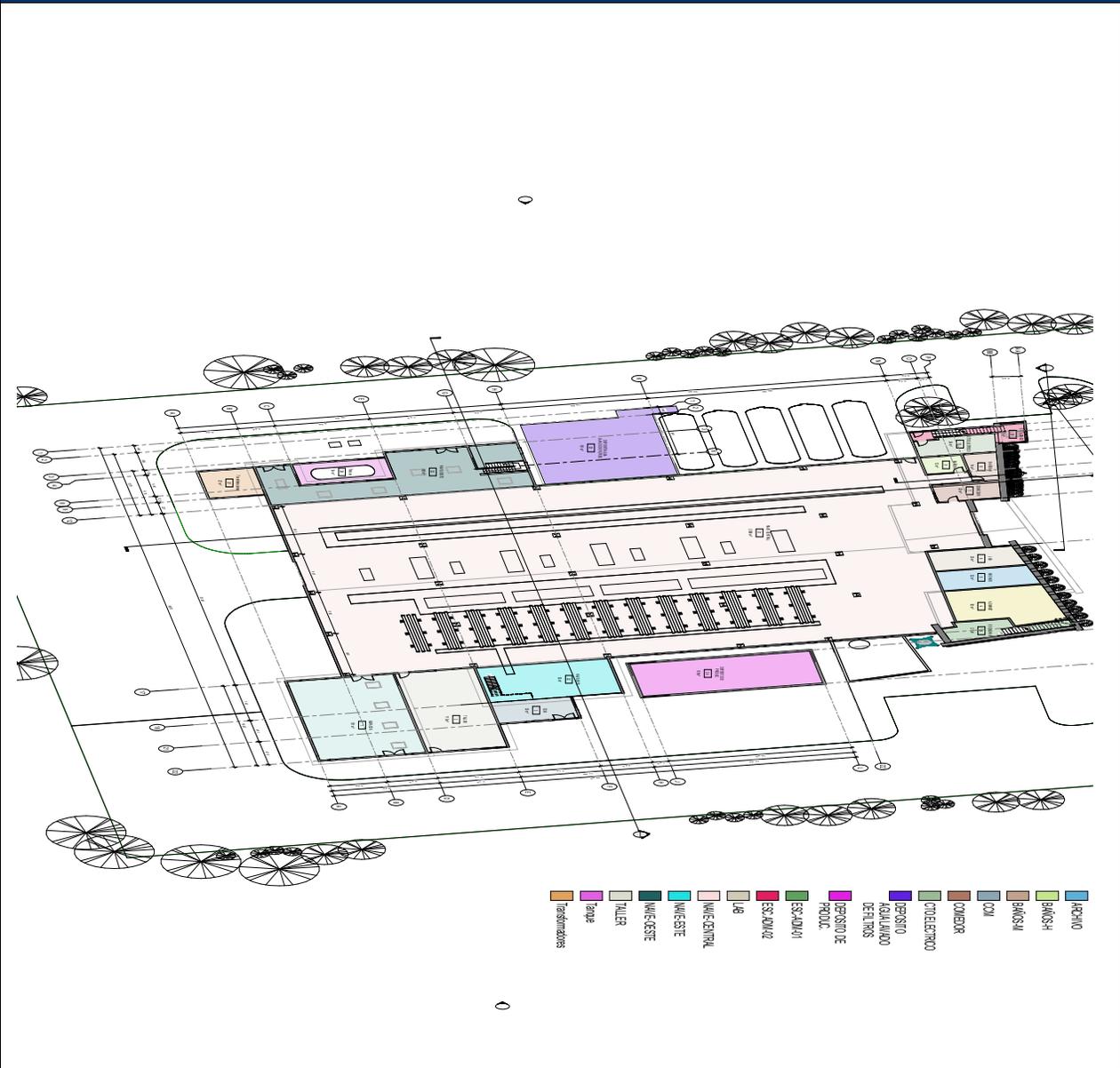
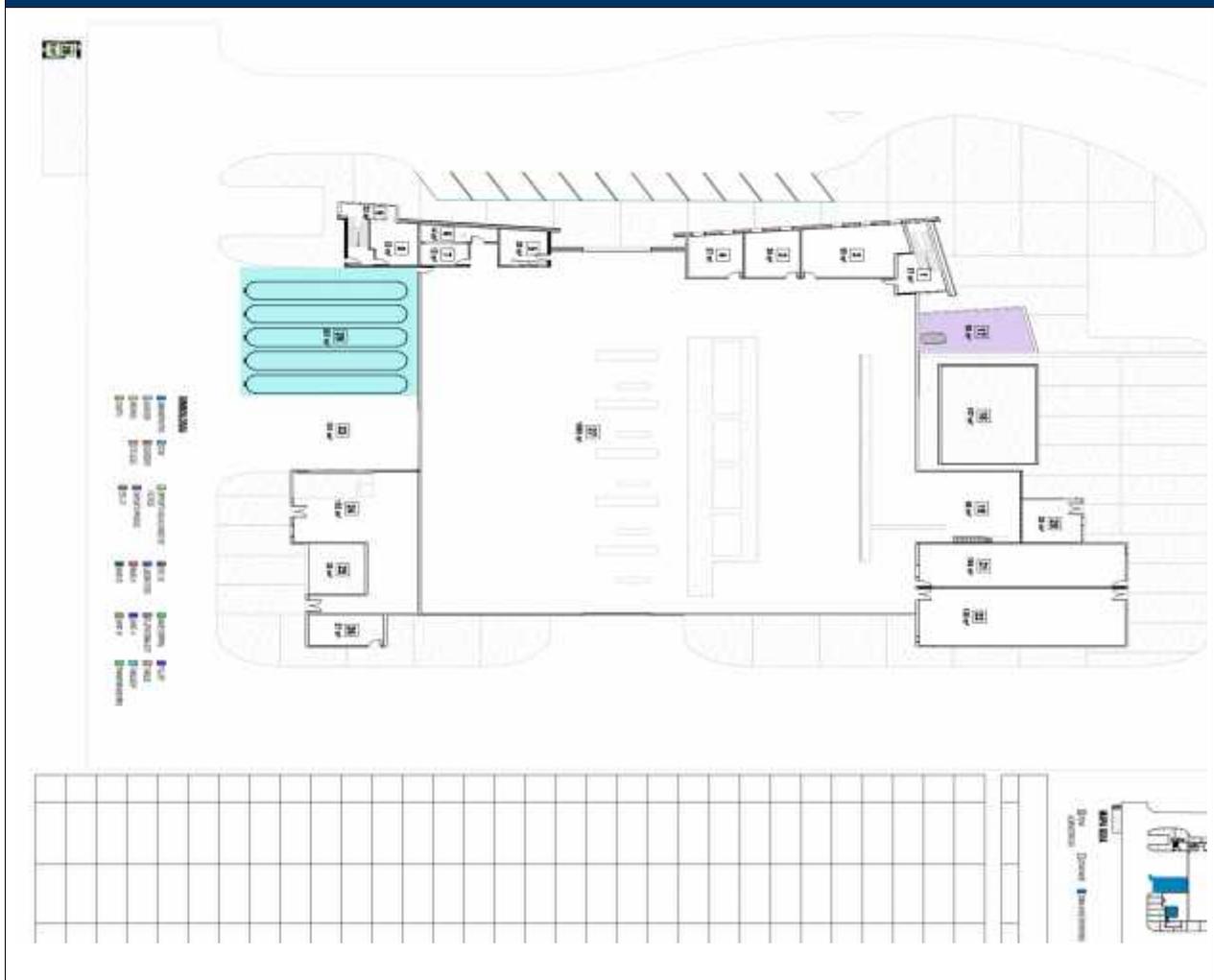


FIGURA III.5 Arreglo general de la Planta Desalinizadora



La parte central de la Planta Desalinizadora es una nave de 2,000 metros cuadrados donde estarán alojados los trenes de tratamiento del proceso de ósmosis inversa, incluyendo desde filtros de cartucho, equipo de bombeo de alta presión, tuberías tanto en baja presión como alta presión, equipo de bombeo booster, dispositivos de recuperación de energía de presión (cámaras isobáricas), bastidores con tubos contenedores de membranas y membranas para uso con agua marina. También en esta área se alojarán los dispositivos para dosificación de productos químicos para el pretratamiento y tratamiento así como para el mantenimiento y limpieza del sistema, especialmente en lo que se refiere a las membranas de ósmosis inversa.

El dimensionamiento de los espacios de la Planta Desalinizadora obedece a la configuración seleccionada para el tratamiento y en función de la tasa de conversión y la cantidad de elementos o membranas que satisfagan con suficiencia los requerimientos de recuperación o permeado para el agua de alimentación a las presiones de operación seleccionadas como las mas adecuadas,

esto a su vez en función de la mejor utilización posible de la energía y los costos de ésta en los distintos periodos del año como energía base, intermedia, semipunta y punta.

El proceso de tratamiento con base en membranas se analizó en varias opciones de proveedores y resultó conveniente emplear membranas para agua marina tomada en pozos playeros con un SDI (Silt Density Index) después del pretratamiento menor a 3 del fabricante LGNanoH2O del tipo LG SW 400 ES.

Las membranas LG SW 400 ES son aptas para temperaturas bajas y eficientes en su consumo energético, situación adecuada para los costos de energía en la región de Baja California.

Los cálculos iniciales y los resultados del comportamiento de estas membranas para las condiciones de operación se muestran en el

CUADRO III.1 Cálculo de datos de entrada del modelo del proceso de Ósmosis Inversa

Datos Generales	
1 Información de Diseño del Sistema	
Tasa de Conversión o Recuperación del Sistema	Producto 45%
<input checked="" type="checkbox"/> Información sobre la calidad del agua de alimentación	
Información de caudales	
<input type="checkbox"/> De agua de alimentación	$Q_{ALIM} = 566 \text{ lps}$ → = 48,889 m3/dia
<input checked="" type="checkbox"/> De agua producida	$Q_P = 255 \text{ lps}$ → = 22,000 m3/dia
Información de calidad de agua	
<input checked="" type="checkbox"/> De agua de alimentación	$SDT = 34,000 \text{ ppm}$
<input type="checkbox"/> De agua producida	$SDI = 3$

CUADRO III.1 Cálculo de datos de entrada del modelo del proceso de Ósmosis Inversa

Datos de Configuración

2 Configuración

- Tipo de Flujo PISTON
- Número de pasos 1

Selección de tipo de membrana

3 Tipo de elemento a utilizar (membrana)

En relación al agua de alimentación

- Salinidad del agua de alimentación **Agua marina** **Pozo**
- Tendencia de "ensuciamiento" del agua de alimentación SDI < 3

Por requerimientos energéticos

- Consumo de energía

Por requerimientos sobre el rechazo

- Limitaciones ambientales en la disposición del agua de rechazo

Caudal mínimo por elemento

- Limitar el caudal no menor a: 10 gpm
0.631 lps
2.271 m³/hora

Membrana seleccionada

	LG
ID	SW 400 ES
Area activa	400 ft²

Flux de Diseño

4 Flux de diseño

- Agua de alimentación **Agua marina**
 - SDI < 3
- Emplear Flux promedio del sistema: 12-16 gfd 20-27 l/m2/h

CUADRO III.1 Cálculo de datos de entrada del modelo del proceso de Ósmosis Inversa

Elementos Requeridos

5 Elementos requeridos

$$N_E = \frac{Q_P}{f S_E}$$

$N_E =$ Numero de Elementos necesarios

Caudal de Producto Requerido **254.6296** lps = 6 MGD

$Q_P =$ **4,036** gpm

22,000 m³/d

Caudal de permeado (producto)

$f =$ **12** gfd

20.37 l/m²/h

Flux de diseño

$S_E =$ 400 ft²

37.16 m²

Superficie de membrana del elemento seleccionado

$$N_E = \frac{4,036}{12} \frac{1440}{400}$$

$N_E = 1211$ Elementos

Tubos Contenedores

6 Numero de Cámaras de Presión (Tuberías contenedoras)

$$N_V = \frac{N_E}{N_{EpV}}$$

$N_V =$ Numero de Tuberías Contenedoras

$N_E =$ **1,211** Numero de Elementos necesarios

$N_{EpV} =$ **7** Numero de elementos en cada tubo contenedor

$$N_V = \frac{1,211}{7}$$

$N_V = 174$ Tubos contenedores

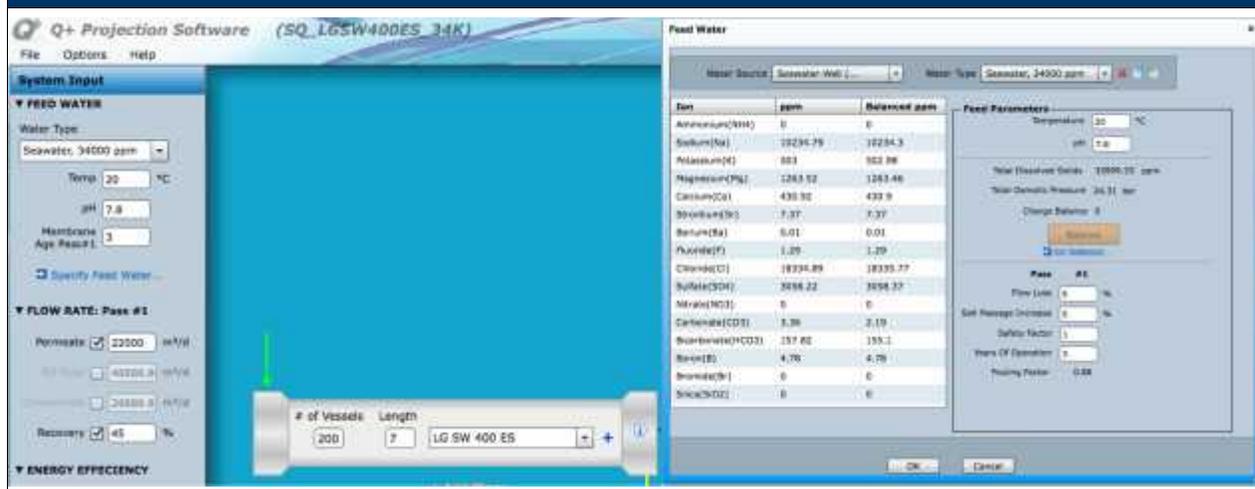
CUADRO III.1 Cálculo de datos de entrada del modelo del proceso de Ósmosis Inversa

Numero de Etapas

7 Número de Etapas	
Origen de Agua de Alimentación	Agua marina
Numero de elementos en cada tubo contenedor	$N_{EpV} = 7$
Tasa de Conversión o Recuperación del Sistema	Producto 45%
Según tabla de numero de etapas para Agua marina de 45.00 % a 45.00 % → 1	
n = → 1 Etapas	

A partir de estos datos, se ejecutó el modelo analítico provisto por el proveedor LGNanoH2O y cuyos datos y resultados se presentan en el

CUADRO III.2 Datos y resultados de simulación del proceso de Ósmosis Inversa



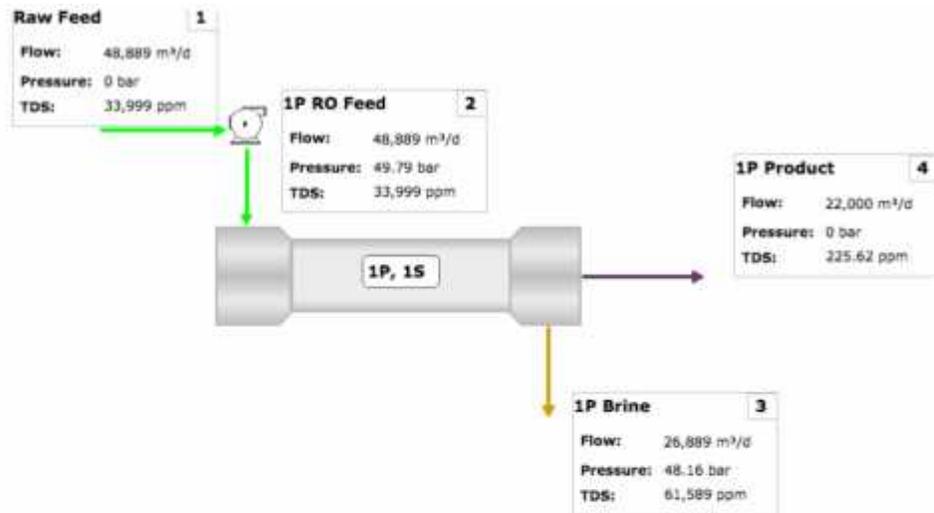
CUADRO III.2 Datos y resultados de simulación del proceso de Ósmosis Inversa

NanoH₂O Q+ Projection Software V.2.3	
Project Name: SAN QUINTIN Libra Ingenieros Civiles SA de	Water Type: Seawater, 34000 ppm
Company Name: CV	Membrane Age: 3
Username: Peterson V.	Flux Loss per Year: 5%
	Safety Factor: 1
	Approved By: null
	Salt Passage Increase: 5%

System - Pass 1

Permeate Flow: 22,000 m ³ /d	Average Flux: 10.38 gfd	Temperature: 20 °C
RO Feed Flow: 48,889 m ³ /d	Water Source: Seawater-Well (SDI<3)	Average NDP: 11.57 bar
Concentrate Flow: 26,889 m ³ /d	Feed TDS: 33,999 ppm	Specific Energy: 3.71 kWh/m ³
Recovery: 45%	Osmotic Pressure Feed: 24.31 bar	Feed Pressure: 49.79 bar
Number Of Elements: 1400	Osmotic Pressure Concentrate: 44.05 bar	Permeate TDS: 225.62 ppm
ERD Type: None	Pump Efficiency: 85%	Fouling Factor: 0.86

	# of Vessels	# of Elements	RO Feed Flow	Permeate Flow	Concentrate Flow	RO Feed Pressure	Concentrate Pressure	Vessel Pressure	Boost Pressure	Permeate Back Pressure	Average Flux	Permeate TDS
			m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d	bar	bar	bar	bar	bar	bar	gfd
Stage 1	200	7	48,889	21,983	26,906	49.79	48.16	1.63	0	0	10.37	225.62



	1	2	3	4
	Raw Feed	1P RO Feed	1P Brine	1P Product
Flow: m ³ /d	48,889	48,889	26,889	22,000
Pressure: bar	0	49.79	48.16	0
TDS: ppm	33,999	33,999	61,589	225.62

CUADRO III.2 Datos y resultados de simulación del proceso de Ósmosis Inversa

Water Analysis - Pass 1

Species	Raw Water	Adj. Feed	Concentra	Permeate
			Stage 1	Stage 1
Ammonium	0	0	0	0
Sodium	10,234	10,234	18,531	80.28
Potassium	502.98	502.98	910.17	4.61
Magnesium	1,263	1,263	2,294	2.09
Calcium	430.9	430.9	782.39	0.71
Strontium	7.37	7.37	13.38	0.01
Barium	0.01	0.01	0.02	0
Fluoride	1.29	1.29	2.33	0.01
Chloride	18,336	18,336	33,209	132.81
Sulfate	3,058	3,058	5,555	2.2
Nitrate	0	0	0	0
Carbonate	2.19	2.19	3.97	0
Bicarbonate	155.1	155.1	280.6	1.5
Boron	4.78	4.78	7.54	1.4
Bromide	0	0	0	0
Silica	0	0	0	0
TDS	33,999	33,999	61,589	225.62
pH	7.8	7.8	7.79	6.71

Within Vessels - Pass 1

Stage	Position	Element Type	RO Feed	Permeate Flow	Flux	Element Recovery	Pressure Drop	Net Driving Pressure	Polarization	Feed Salinity	Permeate Salinity
			m³/d	m³/d	gfd	%	bar			ppm	ppm
1	1	LG SW 400 ES	244.44	29.45	19.45	12.05	0.36	19.73	1.16	33,999	93.2
1	2	LG SW 400 ES	214.99	23.86	15.76	11.1	0.29	15.99	1.14	38,645	128.2
1	3	LG SW 400 ES	191.13	18.7	12.35	9.78	0.25	12.53	1.12	43,454	179.34
1	4	LG SW 400 ES	172.43	14.2	9.38	8.24	0.21	9.52	1.1	48,146	254.04
1	5	LG SW 400 ES	158.23	10.52	6.95	6.65	0.19	7.05	1.08	52,445	362.74
1	6	LG SW 400 ES	147.71	7.66	5.06	5.18	0.17	5.13	1.06	56,154	519.4
1	7	LG SW 400 ES	140.05	5.52	3.65	3.94	0.16	3.7	1.04	59,195	740.97

CUADRO III.2 Datos y resultados de simulación del proceso de Ósmosis Inversa

Solubility - Pass 1

	Solubility Calculations	
	Feed	Concentrate
LSI	0.67	1.41
CaSO4	26.22 %	56.09 %
SrSO4	14.83 %	37.36 %
BaSO4	44.82 %	76.17 %
CaF2	20.24 %	120.84 %
SiO2	0 %	0 %
Stiff Davis Index	-0.86	-0.18

Características del Sistema

Características del Sistema		
Concepto	Prediseño	RESULTADO
TASA DE CONVERSIÓN O RECUPERACIÓN DEL SISTEMA	45%	45%
DISPOSICIÓN DE MEMBRANAS		
Tipo de Membrana	SW 400 ES	SW 400 ES
Elementos por tubo contenedor	7	7
Total de Elementos	1211	1,400
Cantidad de Tuberías Contenedoras	174	200
Número de etapas	→ 1	1
Relación entre Etapas	1	
ETAPA 1		
Cantidad de Tuberías Contenedoras	→ = 175	200
Total de Elementos	1225	1,400
ETAPA 2		
Cantidad de Tuberías Contenedoras	→ = 0	0
Total de Elementos	0	0

CUADRO III.2 Datos y resultados de simulación del proceso de Ósmosis Inversa

Resultados del Sistema				
Resultados del Sistema				
INFORMACIÓN DE CAUDALES		m ³ /día	lps	Presion
ETAPA 1	ALIMENTACIÓN	48,889	566	50 bar
	RECHAZO	26,889	311	48 bar
	PRODUCTO	22,000	255	0 bar
ETAPA 2	ALIMENTACIÓN	0	0	
	RECHAZO	0	0	
	PRODUCTO	0	0	
SISTEMA	ALIMENTACIÓN	48,889	566	
	RECHAZO	0	0	
	PRODUCTO	22,000	255	
INFORMACIÓN DE CALIDADES				
ETAPA 1		SDT	Q	
	ALIMENTACIÓN	34,000 ppm	566 lps	
	PRODUCTO	226 ppm	255 lps	
ETAPA 2	RECHAZO	61,633 ppm	311 lps	
	ALIMENTACIÓN			
	PRODUCTO			
SISTEMA	RECHAZO			
	ALIMENTACIÓN	34,000 ppm	566 lps	
	RECHAZO	61,633 ppm	311 lps	
	PRODUCTO	226 ppm	255 lps	

A partir de estos cálculos y simulación de resultados, se concluye que la calidad del agua producto es menor de 500 ppm de SDT, el consumo energético es bajo aún sin considerar todavía la recuperación de energía utilizando cámaras isobáricas (no se realizó la simulación considerando estos dispositivos).

El arreglo resultante es entonces emplear un total de 1,400 membranas en arreglo de 7 membranas por tubo contenedor de alta presión, arrojando un total de 200 tubos contenedores. Se ha propuesto utilizar arreglos de 20 tubos contenedores por bastidor, de manera que se necesitan 10 bastidores para la operación nominal del sistema.

Se ha considerado contar con una cantidad adicional de dos bastidores adicionales para operación extraordinaria (20% de capacidad adicional) y un bastidor en reserva. Todos los bastidores entrarían en operación normal bajo una programación alternada que logre el mismo número de horas de operación mensual para cada bastidor.

Para suministrar la presión necesaria de operación determinada en los cálculos en 50 bar (725 psi) se utilizará un arreglo de 4 equipos de bombeo (+ 1 de reserva) conectados a un múltiple de presión que alimente a todos los bastidores o módulos de Membranas de Ósmosis Inversa. De esta manera, sin considerar pérdidas de carga locales, el par de datos para los equipos de bombeo de alta presión serán:

Equipamiento de Bombeo de alta presión

Número de Equipos	4		
Gasto Total	48,889 m3/día	566 lps	
Gasto por Equipo	12,222 m3/día	141 lps	2,242 gpm
Presión de alimentación	50 bar	507.72 m.c.a.	721 pies

Se ha comprobado la factibilidad de obtener un equipo que satisfaga las exigencias particulares indicadas y con el fabricante de equipos de bombeo FLOWERVE se ha localizado el modelo 6X13DMXD-G, cuyas características se muestran en el

CUADRO III.3 Alternativa de Equipos de Bombeo de Alta Presión

Pump Information		Duty Conditions			
Type:	6X13DMXD-G	Flow:	141.0 l/s	Liquid type:	Other
Curve:	6X13DMXD-7-1	Head:	508.00 m	Temperature:	16 C
Stages:	3	NPSH:	Ample m	S.G.:	1.000
Selection Status:	Acceptable	Suction pressure:	0.0 kPa.g	Viscosity:	1.0 cP
		Service:		Frequency:	60 Hz
		Requested material:	D1	Selected material:	D1

Performance Details					
Hydraulic power:	941 hp	Casing/Bowl press:	7392.2 kPa.g	Max head:	585.67 m
Pump speed:	3560 rpm	(based on shut off @ rated diameter)		Flow BEP:	138.9 l/s
Overall efficiency:	81.4 %	Allowed discharge:	7584.2 kPa.g	Flow as % BEP:	101.5 %
NPSHr:	5.9 m	Allowed suction:	6894.8 kPa.g		
Rated power:	1156 hp	Casing/Bowl hydro:	11376.3 kPa.g	Rated/Max diameter:	91.4 %
Max power:	1225 hp	Impeller diameters:		Head rise to Shut Off:	15.3 %
Motor rating:	1250 hp / 932 kW	Rated:	319.1 mm	Head rated / Head max:	74.4 %
Nss:	11130 Nss	Maximum:	349.2 mm		
MCSF:	46.0 l/s	Minimum:	279.4 mm		

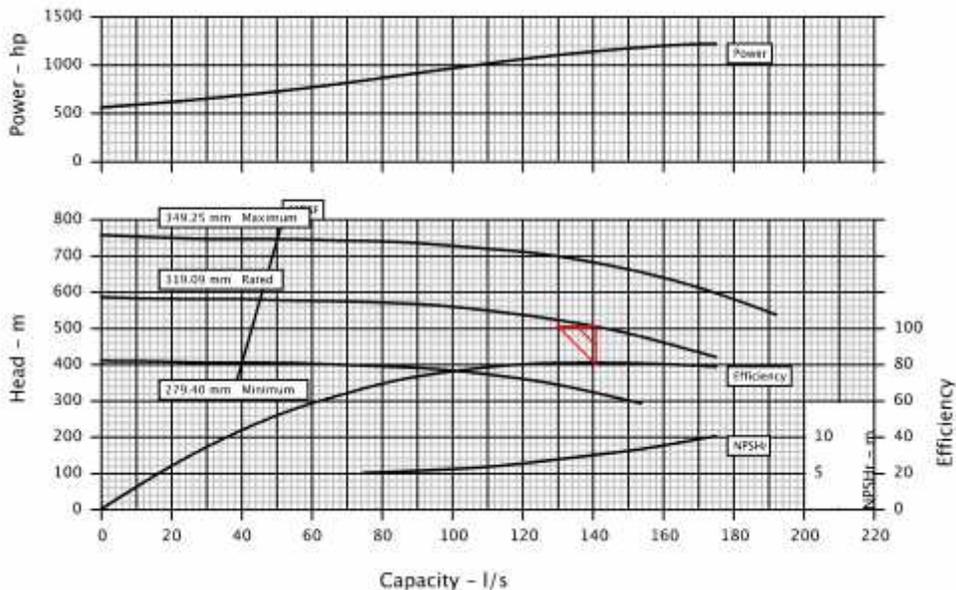
CUADRO III.3 Alternativa de Equipos de Bombeo de Alta Presión



Hydraulic Datasheet

Customer	: Libra Ingenieros Civiles SA CV	Pump / Stages	: 6X13DMXD-G / 3
Customer reference	: Default	Based on curve no.	: 6X13DMXD-7-1
Item number	: San Quintin	Flowserve reference	: Default 5.1
Service	:	Date	: February 26, 2015
Operating Conditions		Materials / Specification	
Capacity	: 141.0 l/s	Material column code	: D1
Water capacity (CQ=1.00)	: -	Pump specification	: -
Normal capacity	: -	Other Requirements	
Total Developed Head	: 508.00 m	Hydraulic selection	: No specification
Water head (CH=1.00)	: -	Construction	: No specification
NPSH available (NPSHa)	: Ample	Test tolerance	: Hydraulic Institute Level B
NPSHa less NPSH margin	: -	Driver Sizing	: Max Power(MCSF to EOC)with SF
Maximum suction pressure	: 0.0 kPa.g	Seal configuration	: Single Seal
Liquid			
Liquid type	: Other		
Temperature / Spec. Gravity	: 16 C / 1.000		
Solid Size - Actual / Limit	: - / -		
Viscosity / Vapor pressure	: 1.0 cP / -		
Performance			
Hydraulic power	: 941 hp	Impeller diameter	
Pump speed	: 3560 rpm	Rated	: 319.1 mm
Efficiency (CE=1.00)	: 81.4 %	Maximum	: 349.2 mm
		Minimum	: 279.4 mm
NPSH required (NPSHr)	: 6.9 m	Suction specific speed	: 11130 US units
Rated power	: 1156 hp	Minimum continuous flow	: 46.0 l/s
Maximum power	: 1225 hp	Maximum head @ rated dia	: 585.67 m
Driver power	: 1250 hp / 932 kW	Flow at BEP	: 138.9 l/s
Casing working pressure	: 7392.2 kPa.g	Flow as % of BEP	: 101.5 %
(based on shut off and Rated specific gravity with Max dia)		Efficiency at normal flow	: -
Maximum allowable	: 7584.2 kPa.g	Impeller dia ratio (rated/max)	: 91.4 %
Hydrostatic test pressure	: 11376.3 kPa.g	Head rise to shut off	: 15.3 %
Est. rated seal chamb. press.	: -	Total head ratio (rated/max)	: 74.4 %

CURVES ARE APPROXIMATE, PUMP IS GUARANTEED FOR ONE SET OF CONDITIONS, CAPACITY, HEAD, AND EFFICIENCY.



IV.- Instalaciones para el aprovechamiento del Agua

Las instalaciones para el aprovechamiento del agua producida por el Proyecto serán construidas mediante un esquema tradicional con Programas Federales según los acuerdos entre la CONAGUA y el Gobierno del Estado.

Estas instalaciones son parte fundamental para el proyecto porque representan la factibilidad de hacer entrega del agua a las localidades que demandan del servicio. Es pues muy importante otorgar la certidumbre técnica de que las obras necesarias puedan ser realizadas.

Por este motivo, y asumiendo el papel de promotores del Sistema Integral Hídrico para la Región San Quintín, Ensenada, B.C. como lo establece la Ley de Asociaciones Público Privadas del Estado de Baja California, hemos desarrollado los trabajos de campo y de gabinete necesarios para agregar al presente estudio el diseño para el aprovechamiento del agua que será producida y lo hemos denominado **Proyecto Ejecutivo del Sistema de Macrodistribución de Agua Potable** el cual incluye la Estación de Bombeo y Línea de impulsión al Tanque Maestro, Acueductos a Gravedad, Tanques Reguladores, Interconexiones, Cruces de Arroyos y Estructuras Especiales.

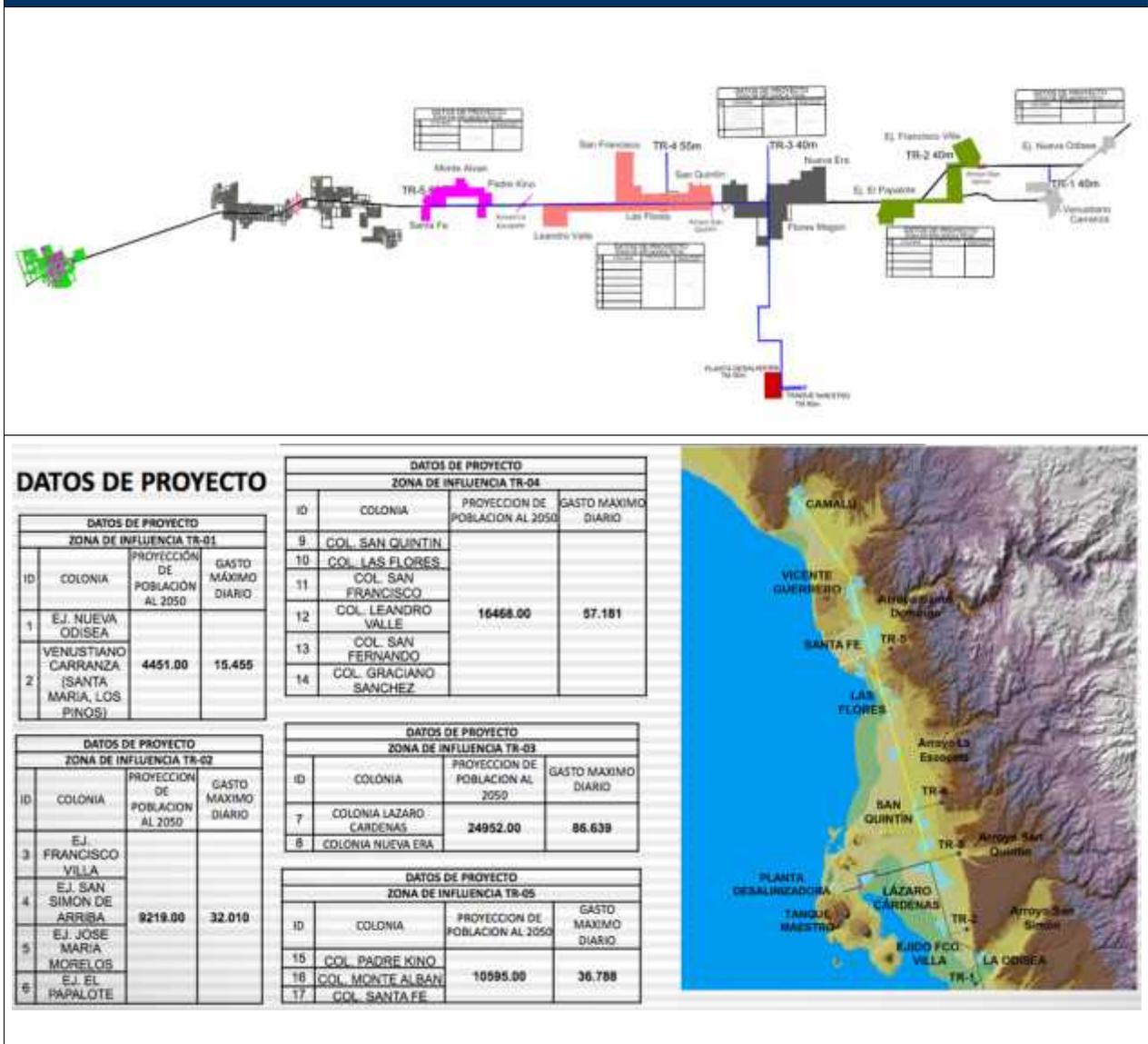
El Proyecto Ejecutivo se adjunta al presente documento como Anexo Técnico de Macrodistribución y comprende memorias de cálculo, planos de proyecto ejecutivo, especificaciones, catalogo de conceptos de obra y opinión de costos.

La  presenta esquemáticamente el modelo de Macrodistribución de Agua Potable y comprende la conectividad hidráulica de todas las localidades desde Santa María en el extremo sur hasta Camalú hacia el norte.

FIGURA IV.1 Esquema del Sistema de Macrodistribución de Agua Potable



FIGURA IV.1 Esquema del Sistema de Macrodistribución de Agua Potable



V.- Conclusiones

El diseño a nivel de factibilidad de los principales elementos que integran el componente del Sistema Integral Hídrico para la producción de agua potable permite concluir que es viable técnicamente el planteamiento.

La obra de captación es un elemento clave y se ha comprobado la existencia de rocas de origen volcánico (coladas de basalto) permeables que favorecen la obtención de agua marina.

La disponibilidad del terreno propiedad del Gobierno del Estado favorece la factibilidad instalar la planta desalinizadora en un sitio suficientemente amplio para estos efectos.

La vocación agrícola en la Región del Valle de San Quintín y los requerimientos de mayores volúmenes de agua para satisfacer los requerimientos y compromisos de los empresarios dedicados a esta actividad, han conducido a la existencia de plantas desalinizadoras ya en esta zona, lo cual es una ratificación de la viabilidad técnica de los procesos que aquí se han planteado, con la salvedad que este proyecto considera lograr el menor costo posible del agua producida para que sea una alternativa efectiva para la solución al abastecimiento de agua para la población asentada en esta región.