FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

ALUMNO: GAMEZ, Lautaro

LEGAJO: 12154

CARRERA: Ingeniería Civil

PROYECTO: Expansión/Ampliación Red Distribuidora - Sistema de Provisión de Agua Potable Pedemonte Norte

EMPRESA O INSTITUCIÓN: CEOSA (Construcciones Electromecánicas del Oeste SA)

TUTOR DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN: Gustavo Mauro

PERIODO DE PRÁCTICA: 04/08 al 14/011

AÑO: 2024

ÍNDICE

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 2
2. OBJETIVOS 2
3. CEOSA 3
3.1 Generalidades 3
3.2 Funciones y Proyectos 3
3.3 Estructura Organizacional de la empresa 5
4. DESARROLLO DE LAS PPS 6
4.1 Proyecto Sistema de Provisión de Agua Potable Pedemonte Norte 6
4.2 Acueducto Cámara A°900 8
4.2.a. Modelo Hidráulico 12
4.2.b. Modelo Estructural 18
4.3 Acueducto UNC 33
4.3.a. Modelo Hidráulico 35
4.3.b. Modelo Estructural 41
4.4 Acueducto Aeródromo 46
5. RESULTADOS OBTENIDOS 47
6. CONCLUSIÓN Y COMENTARIOS PERSONALES 48
7. RECOMENDACIONES PERSONALES 49
8. BIBLIOGRAFÍA 49

1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se realiza una descripción de las actividades realizadas por el alumno Lautaro Gamez, en el marco de las Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS). Las mismas fueron realizadas en el Área de Hidrología de la empresa CEOSA (Construcciones Electromecánicas del Oeste SA), bajo la tutoría de Gustavo Mauro, jefe de Obra del área de Hidrología.

La Práctica Profesional Supervisada (PPS) consiste en el desarrollo de una actividad en una empresa o institución aceptada por la Facultad, orientada al sector de la producción de bienes y servicios profesionales. Representa una valiosa herramienta para el alumno, ya que constituye la primera inserción en un ámbito profesional real y la confrontación con la problemática de su propia actividad.

En la presente PPS si bien se trabajó en un único proyecto general, las tareas asociadas al mismo fueron muy variadas. El objetivo general de toda la Práctica fue contribuir como proyectista civil al Sistema de Provisión de Agua Potable Pedemonte Norte. A continuación, se mencionan brevemente las actividades desarrolladas

- Cálculo y diseño de cámaras de desagüe
- Controles de niveles piezométricos para traza de acueductos a gravedad
- Detalles de nudos
- Cálculo y diseño de bloques de anclaje
- Elaboración y confección de planos de cada tarea realizada

2. OBJETIVOS

Los objetivos que reflejan las expectativas del alumno respecto al desarrollo de la PPS son:

- Aplicar conocimientos teóricos adquiridos en la formación académica a situaciones prácticas y reales en proyectos de ingeniería civil.
- Adquirir experiencia laboral en el desarrollo y supervisión de proyectos de construcción, infraestructura o diseño.
- Familiarizarse con normas y regulaciones locales aplicables a la ingeniería civil, como normas de diseño estructural o de hidráulica
- Mejorar las competencias de comunicación y trabajo en equipo, necesarias para interactuar con capataces, ingenieros y otros profesionales involucrados en los proyectos.
- Observar y participar en la toma de decisiones en las etapas de planificación, diseño, ejecución y supervisión de obras.

3. CEOSA

3.1 Generalidades

La empresa fue fundada a finales de los años 70 por el Ing. Juan José Porretta y Amalia María Furiasse, inició como una empresa especializada en instalación y mantenimiento de líneas eléctricas comerciales. Con más de 40 años de trayectoria, se ha consolidado como una empresa integral de construcción que ofrece servicios de ingeniería de alta calidad. Su equipo de profesionales ha contribuido significativamente al desarrollo sostenible de la provincia de Mendoza y del país.

3.2 Funciones y Proyectos

Referido a su actividad, el desarrollo logrado en ingeniería electromecánica posibilitó la expansión hacia otras áreas de la construcción (hidráulica, vial, energías renovables, arquitectura, ferroviaria y tranviaria, gas, saneamiento, comunicaciones y electromecánica), permitiéndole incursionar en nuevos proyectos, en distintas regiones del país y proyectarse al mundo.

Se mencionan a continuación las distintas ramas de la empresa y los proyectos llevados a cabo

- Arquitectura

Asociada a realizar proyectos de edificios residenciales, corporativos, educacionales, hoteleros, públicos, estadios; así como también la ejecución de redes y urbanización de diferentes predios particulares.

  - Polo Judicial Penal (Prov. Mendoza)
  - Microestadio Cubierto Ciudad de Río Grande (Prov. Tierra del Fuego)
  - Estadio Aconcagua Arena (Prov. Mendoza)
  - Estación Terminal Mendoza (Prov. Mendoza)
  - Palacio de Justicia – Depto. San Martín (Prov. Mendoza)
  - Procrear Capital (Prov. Mendoza)

- Electromecánica

Se especializa en el desarrollo y ejecución de obras para la generación y distribución de energía eléctrica, como así también en obras de infraestructura, plantas potabilizadoras, compresoras de gas, plantas depuradoras, telemetría, y aeropuertos.

  - Obras de media tensión (Prov. Mendoza)
  - Planta potabilizadora Benegas (Prov. Mendoza)
  - Polo Judicial (Prov. Mendoza)

- Vial

Se especializa en la construcción y mantenimiento de carreteras, puentes, autopistas y obras relacionadas. Estas actividades incluyen trabajos de pavimentación, señalización, drenajes, terraplenes y estructuras complementarias, garantizando la conectividad, seguridad y eficiencia del tránsito.

- Bardas Blancas – Hito Pehuenche (Prov. Mendoza)
- Anchoris Tunuyán (Prov. Mendoza)
- Yacimiento Los Cavaos (Prov. Mendoza)
- El Sosneado, Pareditas (Prov. Mendoza)
- Paso Pehuenche (Prov. Mendoza)
- Camino de Borde – Área Piloto (Prov. Buenos Aires)

- Energías Renovable (Centrales Hidroeléctricas)

La empresa además se enfoca en nuevas formas de generar energía sin dañar al medio ambiente. Energía Solar y Energía Hidráulica son ejes estratégicos de nuestra organización.

- Mini Central Triple Salto (Prov. Mendoza)
- Mini Central Salto 8 (Prov. Mendoza)
- Mini Central Salto 7 (Prov. Mendoza)
- Mini Central Salto 6 (Prov. Mendoza)
- Mini Central Salto 6 (Prov. Mendoza)

- Telecomunicaciones

CEOSA se desarrolla para ser unos de los principales prestadores de servicios de ingeniería y construcción de redes para la industria de las telecomunicaciones en Argentina y la región.

- Tendido de fibra óptica REFEFO (NOA Sur)
- Tendido de fibra óptica REFEFO (NOA Norte)
- Tendido de fibra óptica REFEFO (Prov. Buenos Aires)
- Tendido de fibra óptica REFEFO (Patagonia Norte)

- Gasoductos

Se encarga de la construcción y mantenimiento de redes para el transporte y distribución de gas natural. Estas obras incluyen la instalación de tuberías, estaciones de compresión y regulación, garantizando un suministro eficiente, seguro y sostenible para industrias, comercios y hogares.

- Gasoducto Mar del Plata-Balcarce-Tandil (Prov. Buenos Aires)
- Planta Compresora Mendoza Norte (Prov. Mendoza)
- Gasoducto Laboulaye, Mataldi y Zona 8 (Prov. Córdoba)

- Ferroviaria

Desarrolla el sistema de metro tranvía que tiene la provincia de Mendoza, mejorando el ordenamiento de los espacios públicos, la integración de territorios, la promoción del transporte público colectivo y la limitación del uso del automóvil con la consiguiente reducción de las emisiones de gases con efecto invernadero, mejorando la calidad del aire en el ámbito urbano y la reducción del nivel de ruido generado por el tráfico

- Metrotravía Tramo I (Prov. Mendoza)
- Metrotravía Tramo II (Prov. Mendoza)

- Aeropuertos

Se especializa en la construcción, ampliación y mantenimiento de pistas de aterrizaje, terminales, plataformas y sistemas de señalización. Estas obras incluyen infraestructura para optimizar la operación aérea, mejorar la seguridad y modernizar los servicios, adaptándose a las necesidades de pasajeros y carga.

  - Aeropuerto Internacional Teniente Benjamín Matienzo (Prov. Tucumán)
  - Aeropuerto Jorge Newbery (Ciudad Autónoma de Buenos Aires)
  - Aeropuerto Internacional Ambrosio Taravella (Prov. Córdoba)
  - Aeropuerto Internacional Martín Miguel de Güemes (Prov. Salta)
  - Aeropuerto Internacional Francisco Gabrielli (Prov. Mendoza)

- Hidráulica y Saneamiento

Se enfoca en el diseño, construcción y mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua potable. Estas obras buscan garantizar el acceso al agua segura, mejorar la salud pública y promover la sostenibilidad ambiental en comunidades urbanas y rurales.

  - Red presurizada Río Toro (Prov. Salta)
  - Mejora del sistema de riego del Canal Benavídez (Prov. San Juan)
  - Revestimiento tramo superior Canal Cacique Guaymallén (Prov. Mendoza)
  - Acueducto Cuenca Reconquista (Prov. Buenos Aires)
  - Refuncionalización del sistema de riego en Guaycurú Iné (Prov. Chaco)
  - Pedro Luro (Prov. Buenos Aires)
  - Modernización de la red terciaria del tramo inferior del Río Mendoza (Prov. Mendoza)
  - Modernización de los sistemas de riego Arroyo Villegas y Canal La Pampa (Prov. Mendoza)
  - Refuncionalización del sistema Arroyo Colorado Santa Clara (Prov. Jujuy)

3.3 Estructura Organizacional de la empresa

CEOSA es una organización liderada por su propietario, Fernando Porreta, y gestionada bajo la dirección de su gerente general, José Porreta. La empresa cuenta con una estructura organizativa sólida y especializada, conformada por coordinadores a cargo de áreas clave como hidráulica, vial, licitaciones, sistemas y otras divisiones esenciales. Este enfoque multidisciplinario les permite abordar proyectos complejos con un alto nivel de eficiencia y especialización, destacándose en su sector por ofrecer soluciones integrales y adaptadas a las necesidades de sus clientes.

El desarrollo de las PPS se realizó en el área de Hidráulica, más precisamente bajo el tutor a cargo y jefe de obra Gustavo Mauro, el mismo es el encargado de todas las tareas que se realizan en el proyecto

4. DESARROLLO DE LAS PPS

El objetivo general de la presente PPS, es realizar trabajos de diseño, verificación y modelación asociados a proyectos de ingeniería hidráulica.

El Departamento de Hidráulica de la empresa CEOSA es el responsable de llevar a cabo este proyecto en particular. Es aquí donde se desarrolla todo el contenido de las prácticas.

Como bien se mencionó antes, el proyecto general es la Expansión/Ampliación Red Distribuidora - Sistema de Provisión de Agua Potable Pedemonte Norte, dentro del mismo se trabajó sobre tres acueductos en particular

- Acueducto Cámara
- Acueducto UNC
- Acueducto Aeródromo

Se describe a continuación de manera simplificada el proyecto en particular y las tareas que se realizaron en el mismo.

4.1 Proyecto Sistema de Provisión de Agua Potable Pedemonte Norte

La zona de referencia, denominada Pedemonte Norte, se encuentra ubicada en el Departamento de Las Heras, provincia de Mendoza, e incluye tanto al distrito de “El Challao” como a las áreas que se encuentran en expansión al Este del mismo, donde diversos barrios están actualmente en desarrollo.

El área de proyecto posee barrios habitados actualmente, algunos desarrollos urbanísticos en ejecución y otros en proyecto, por lo que la zona se encuentra en plena expansión habitacional. Los barrios de la localidad de “El Challao” no cuentan con prestador autorizado de servicios de agua potable, y AYSAM no posee actualmente infraestructura para la provisión de la misma a la zona.

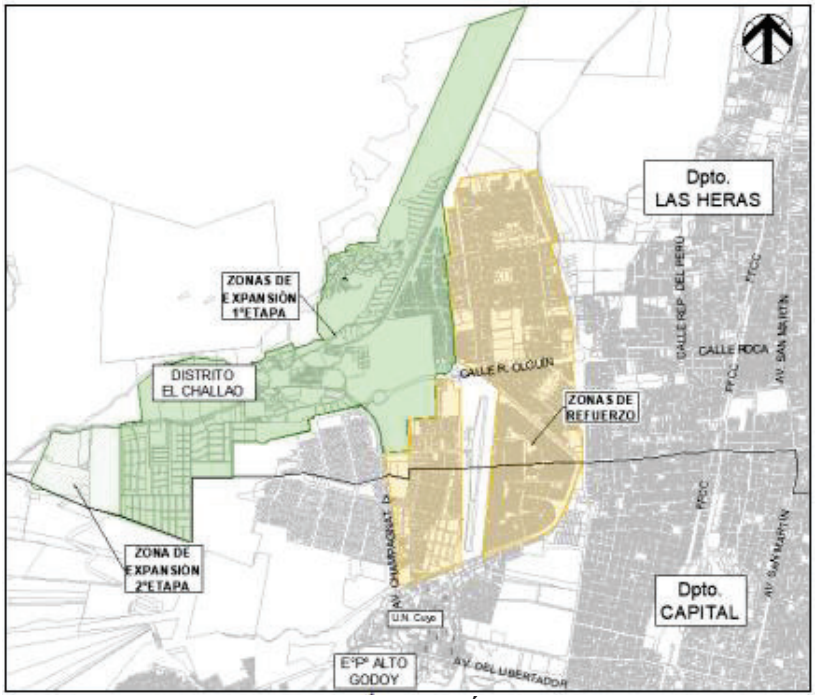

Imagen N°1: Área de Proyecto

El objetivo general de este proyecto es el abastecimiento de agua potable, el mismo se lleva a cabo diferenciando dos zonas en particular. La primera zona, es la que llamaremos "de refuerzo", demarcada en la imagen anterior con un color amarillo claro, esta beneficia y mejora la calidad del servicio en esa zona. Y por otro lado una zona "de expansión" del servicio de agua potable, demarcada con un color verde claro, con la finalidad de servir a cierta región que antes no tenía el servicio de agua potable y se abastecían con una cobertura mediante provisión informal de agua en camión cisterna.

La población actual beneficiada será de 9.000 habitantes en forma directa, por expansión del servicio, y 39.300 habitantes en forma indirecta, por mejora del servicio. A fin de período de diseño, se beneficiará en forma directa a 24.600 habitantes, y en forma indirecta a 42.400 habitantes.

El inicio del proyecto de provisión de agua potable está previsto desde el Establecimiento Potabilizador Alto Godoy, el cual se encuentra emplazado en la zona centro-oeste de la Ciudad de Mendoza. Allí se da tratamiento al agua cruda proveniente del Canal Civit, el cual provee la misma conduciéndola desde el Dique Carrodilla hasta el Establecimiento. Además, el mismo se encarga a su vez de recibir acueductos de agua potable provenientes de los restantes Establecimientos que abastecen al Gran Mendoza, para su posterior distribución a la población, constituyendo así la principal fuente de distribución de agua potable de la ciudad.

El proyecto en sí, incluye la ejecución de acueductos de conducción de agua potable, sistemas de bombeos, impulsiones y sistemas de almacenamiento de agua potable para su posterior distribución, abarcando un área beneficiada de 1.416 Ha aproximadamente, con 13.933 conexiones aproximadamente a fin de período de diseño.

En la siguiente figura se detalla el esquema con las obras que son necesarias ejecutar para el funcionamiento del sistema de provisión de agua potable en la zona de proyecto. Las mismas están definidas desde la redacción del Pliego de Bases y Condiciones, es por esto que muchas obras o trazas de los acueductos varían con respecto al proyecto final, por inconvenientes de ubicación, de una mejor traza conveniente, por cuestiones económicas, entre otras.

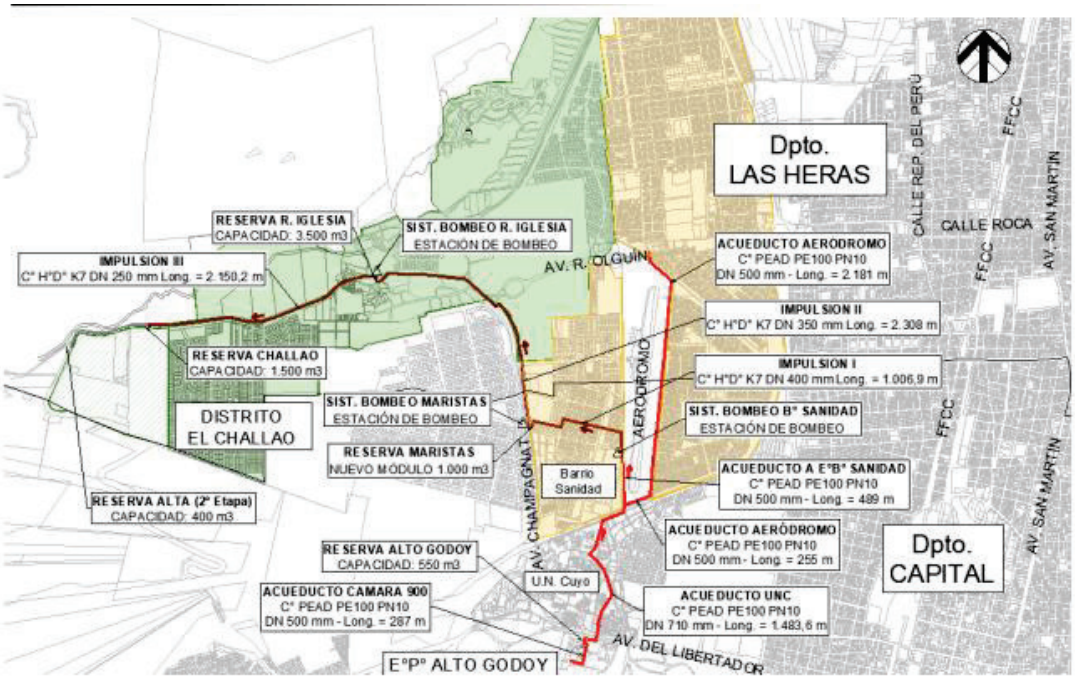

Imagen N°2: Obras de infraestructura Sistema provisión agua potable Pedemonte Norte

El desarrollo de las PPS consistió en el diseño y verificación de los tres primeros acueductos a gravedad, estos son, Acueducto Cámara A°900, Acueducto UNC y Acueducto Aeródromo. Sobre cada uno de los mismos se describe a continuación la ubicación de los mismos, las tareas que se realizaron, los inconvenientes particulares que surgieron y los resultados finales que se obtuvieron.

4.2 Acueducto Cámara A°900

El acueducto Cámara A°900 comprende la salida de la cámara A°900 mm (edificación existente), la misma se encuentra en el Establecimiento Potabilizador Alto Godoy, en el sector sur del predio, sobre la calle Avenida del Libertador. Esta cámara está conformada por vertedero central que divide la misma en dos partes, donde la parte que da al sur es la que se perfora para permitir la conexión de la tubería del acueducto de salida

Imagen N°3: Cámara A°900mm

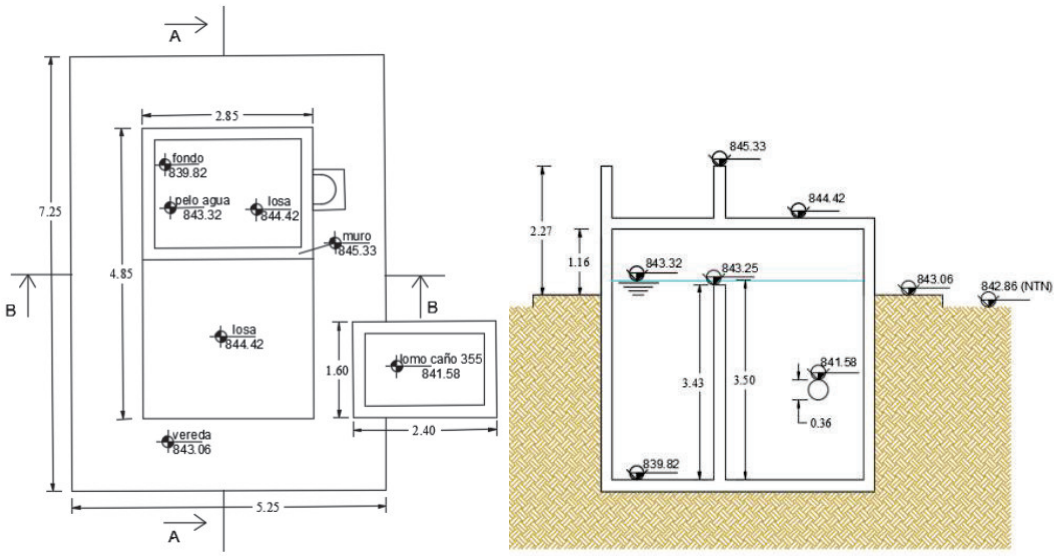

Imagen N°4: Planta y Corte A-A (Cámara de Salida)

Este acueducto se extiende a través del predio del Establecimiento Potabilizador Alto Godoy mediante una red de tuberías a proyectar y vincula la cámara existente con la nueva Reserva Alto Godoy (a construir), la misma se ubica en la parte norte del predio. Ambas construcciones están planteadas y desarrolladas por depósitos semienterrados, la misma logra mantener a resguardo las grandes variaciones de temperatura

Imagen N°5: Imagen satelital de la ubicación Cámara A°900 y Reserva Alto Godoy

Para realizar el proyecto se plantearon dos alternativas

- Que la tubería de 500 mm de PVC-O salga de la cámara A° 900 mm, tan perpendicular a ésta como sea posible. Se identifica esta variante como Alternativa N°1.

Imagen N°6: Traza de la alternativa 1

- Una segunda posibilidad a analizar, fue realizar conexión mediante una pieza T directamente al caño A° 900 mm (está unión se materializaría en el tramo de la tubería de acero entre la cámara A° 900 mm y la cámara de salida de la tubería de acero, que se encuentra aguas arriba). Se identifica esta variante como Alternativa N°2.

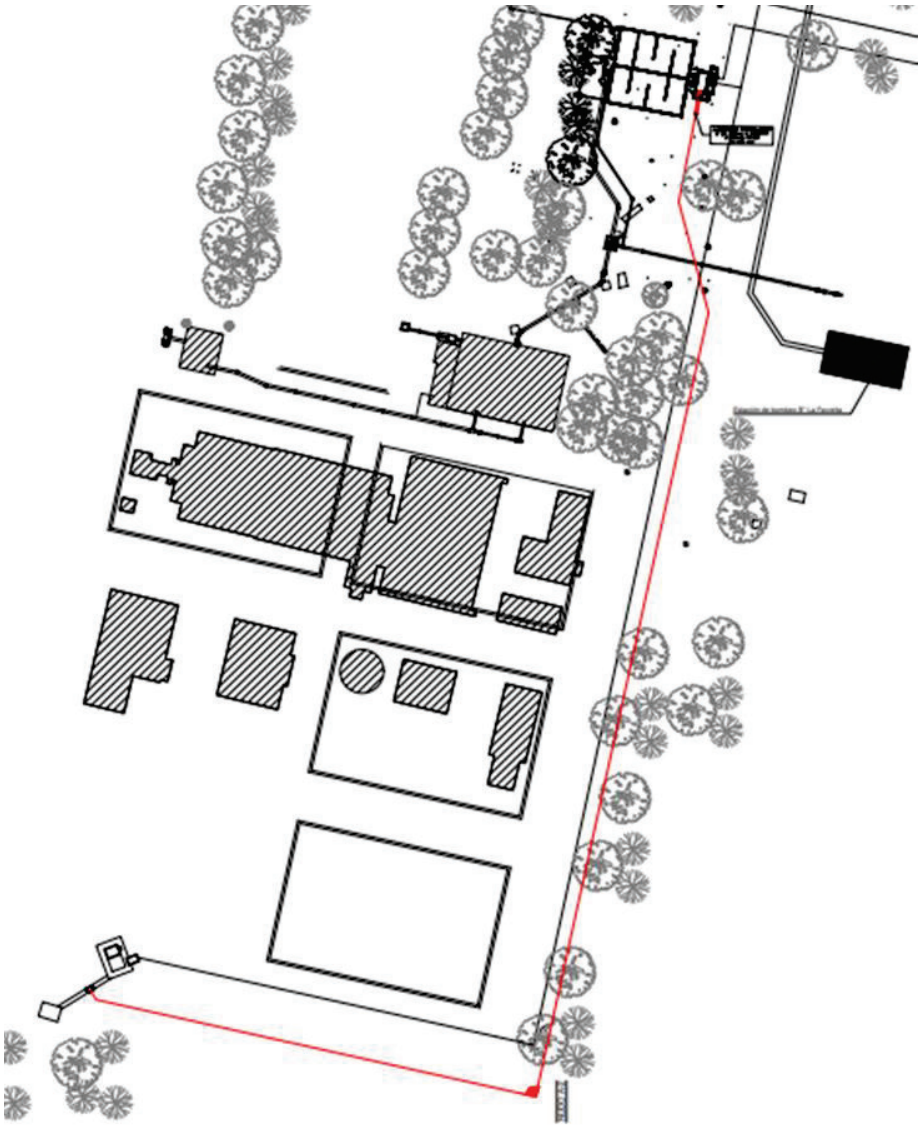

Imagen N°7: Traza de la alternativa 2

Esta alternativa es la que prevaleció en el proyecto y fue aprobada, por lo que el desarrollo y verificación que se realizó se explica para esta última.

Se observa además que, en esta alternativa, luego de una serie de discusiones y planteos se decidió girar la Reserva Alto Godoy aproximadamente 90° tomando como eje de giro el centro geométrico de la Reserva Alto Godoy, esto fue debido al relevamiento realizado en el terreno donde se ha proyectado la obra y con el objetivo de salvar las interferencias que se presentan en el lugar, ya sea se trate de arbolado o cañerías existentes o a construir.

Es importante remarcar en este punto la especial atención a los problemas asociados con la definición de una traza óptima para las tuberías, especialmente frente a interferencias con otras infraestructuras y restricciones del terreno. Estas dificultades no solo pueden impactar la viabilidad técnica del proyecto, sino también generar modificaciones significativas en los costos y plazos previstos, afectando el presupuesto inicial. Además, estas situaciones a menudo requieren ajustes en las condiciones originalmente establecidas en el pliego de bases y condiciones, lo que puede implicar renegociaciones o reestructuraciones del proyecto.

4.2.a. Modelo Hidráulico

Se detalla a continuación la verificación hidráulica que se realizó en el tramo mencionado anteriormente, se indican los parámetros geométricos e hidráulicos para la alternativa planteada. Estos parámetros, como el caudal y el diámetro vienen definidos del pliego de bases y condiciones del proyecto

DATOS		
Caudal =	400	l/s
	0.400	m3/s
Longitud =	294.47	m
Diámetro interno =	475.20	mm
	0.48	m
Velocidad =	2.26	m/s

Imagen N°8: Datos geométricos e hidráulicos

A continuación, se indican las pérdidas continuas o por fricción para el tramo proyectado de la tubería. Para esto se usaron las fórmulas de tres autores distintos (Darcy - Weisbach, Manning y Hazen - Williams) con el objetivo de poder comparar los valores que se obtienen.

Los coeficientes adoptados para los distintos métodos se obtienen a través del catálogo correspondiente al material de la tubería. Posteriormente se aplican las expresiones que permiten obtener la pérdida de carga.

PERDIDA DE CARGAS CONTINUAS				
Método	Coeficiente	K	Δh [m]	J [m/m]
Darcy - Weisbach	0.01185	11.90	**1.90**	**0.0065**
Manning	0.01	16.03	**2.56**	**0.0087**
Hazen-Williams	140	12.48	**2.29**	**0.0078**

Imagen N°9: Pérdidas de carga continuas

Se adopta el promedio de las pérdidas de cargas continúas obteniendo como resultado 2.25 m.

Para el cálculo de las pérdidas puntuales se usaron las diferentes tablas o ábacos que contemplan los cambios de dirección o sección que se tienen en la tubería (λ). Se indica el tipo de singularidad, seguido por el número de veces que se presentan en la traza, para finalmente indicar la pérdida en metros asociada a esta.

Donde la pérdida de carga se calcula mediante la siguiente expresión

$$Dh = \lambda * \frac{U^2}{2 * g}$$

PERDIDA DE CARGAS SINGULARES			
Elemento	Cantidad	λ	Pérdida [m]
Te a 90°	1	1.80	0.47
Estrechamiento brusco	1	0.34	0.09
Codo 90°	1	0.33	0.09
Válvula mariposa	1	0.20	0.05
Codo 22.5°	3	0.10	0.08
Entrada a cámara	1	1.00	0.26
		Total	**1.03**

Imagen N°10: Pérdidas de carga singulares

En la última tabla se indica cual es la cota inicial de salida (altura de agua en la cámara A° 900 mm), mientras que la cota final representa el baricentro de la tubería cuando llega a la Reserva Alto Godoy. Finalmente se calculó cuál es la presión que tiene la tubería cuando llega a la cámara ubicada en la cara norte de la Reserva Alto Godoy, las pérdidas de carga totales que tiene la traza planteada y la cota que alcanza en agua en la cámara de llegada

COTAS		
Inicial =	843.50	msnm
Final =	839.67	msnm

Δh total [m]	3.28
Presión [mca]	0.55
Nivel de agua final [m]	840.20

Imagen N°11: Valores finales obtenidos

Se observo que el valor de la cota piezométrica se encuentra por encima del eje de la tubería al llegar a la cámara, con una diferencia de 55 cm, por lo que se garantizó la llegada del agua.

1. Nivel Piezométrico

Se muestra una vez calculado, como varía la línea piezométrica a lo largo de las diferentes progresivas en la traza, se indica en cada caso la pérdida de carga tenida en cuenta, ya sea por fricción o por una singularidad, acompañado de la cota correspondiente, de esta manera garantizamos el escurrimiento de agua a gravedad

Nivel Piezometrico				
	Longitud (m)	Perdida de carga (m)	Cota (m)	Detalle
1	-	-	843.50	Salida de caño Acero 900mm
2	-	0.556	842.94	Derivacion en Te + Estrechamiento
3	8.91	0.068	842.88	Perdida de carga lineal
4	-	0.026	842.85	Codo 22.5°
5	79.28	0.606	842.24	Perdida de carga lineal
6	-	0.086	842.16	Codo 90°
7	158.67	1.213	840.94	Perdida de carga lineal
8	-	0.026	840.92	Codo 22.5°
9	25.4	0.194	840.72	Perdida de carga lineal
10	-	0.026	840.70	Codo 22.5°
11	22.23	0.170	840.53	Perdida de carga lineal
12	-	0.311	840.22	Valvula + Entrada camara
TOTAL	294.49	3.28		

Presion sobre cañeria (m)
0.55

Imagen N°12: Referencias para las pérdidas de carga

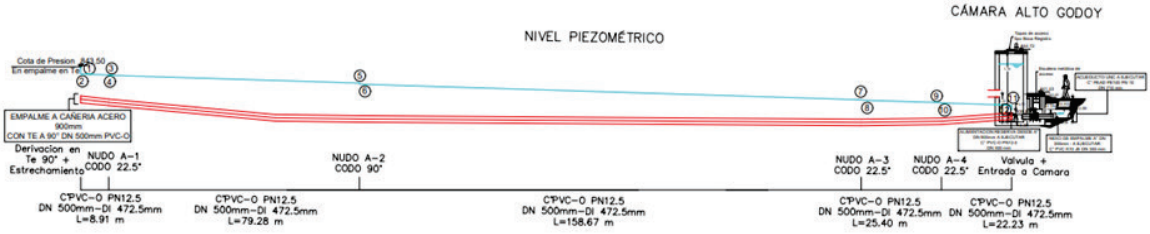

Imagen N°13: Perfil Longitudinal del Acueducto

2. Verificación mediante software

Se introducen los parámetros anteriormente mencionados en el software EPANET para verificar los cálculos realizados de forma manual. Para la verificación se considera sólo la fórmula de Hazen - Williams, obteniendo los siguientes resultados.

Para utilizar el software se presento un modelo simplificado, donde el punto de salida se considera como un reservorio, el cual permite tomar altura de carga para la conducción

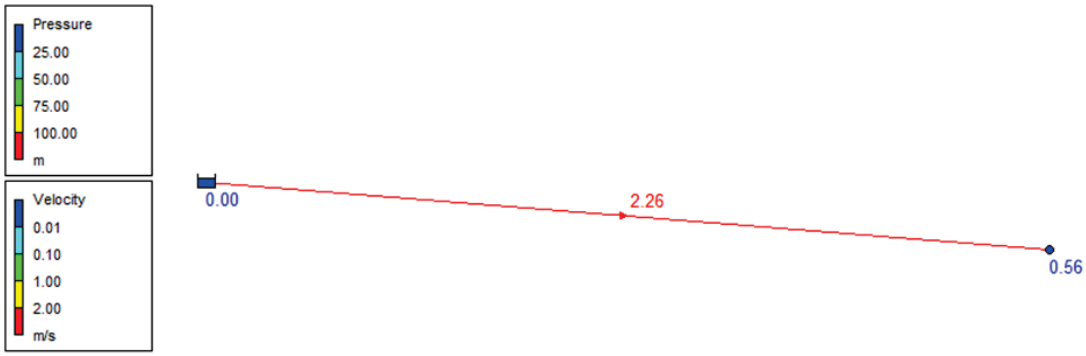

Imagen N° 14: Modelo planteado en EPANET

Se observa en la imagen anterior dos parámetros a verificar

- Velocidad de conducción 2.26 m/s, valor que corresponde con los cálculos manuales
- Presión al final de la cañería 0.56m, valor que corresponde con los cálculos manuales

De esta manera se consideró correcto el cálculo de presión y nivel piezométrico del Acueducto Cámara A°900

3. Verificación de Golpe de ariete y cavitación

Se definió en la llegada de la cañería a la nueva reserva Alto Godoy una válvula de cierre. Es por esto que hay que evaluar el fenómeno de golpe de ariete, este es un fenómeno hidráulico transitorio que ocurre en sistemas de conducción de fluidos cuando se produce un cambio súbito en la velocidad del flujo, como al abrir o cerrar válvulas rápidamente o al detener bombas de manera abrupta. Esto puede ocasionar problemas graves en las cañerías como picos de presión que excedan la capacidad de diseño de las tuberías, provocando roturas o fugas, como así también puede producir cavitación (formación y colapso de burbujas de vapor), lo que puede erosionar y dañar el sistema.

Para evaluar y controlar este fenómeno se planteó el siguiente modelo de cálculo para realizar las verificaciones mediante el software ALLIEVI. Para el cual se consideró a la cámara A° 900 mm como un reservorio conectado a la Reserva Alto Godoy (también considerada como un reservorio) mediante la tubería de 500 mm, y una válvula mariposa cerca de la entrada a la reserva. Para los cálculos realizados se consideraron los mismos parámetros geométricos e hidráulicos anteriormente indicados.

Para el punto de partida se modelo la traza partiendo desde la cañería de acero de 900 mm, considerando la cota del relevamiento más la altura de carga correspondiendo a la presión que existe en el punto, hasta llegar a la cámara de llegada que tiene una cota a eje de tubería de 839,68.

Para la tubería se consideran los siguientes valores

- Longitud: 303.53m
- Dint: 475.2m
- Celeridad: 308.27m/s (según ecuación de catálogo TOM® PVC-O 500 de Molecor Tecnología)
- Pérdidas: calculadas anteriormente (fricción + singulares)

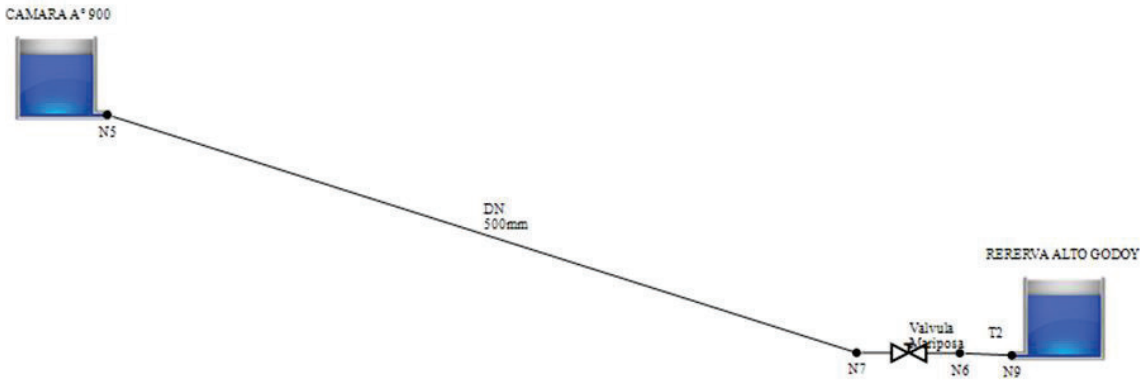

Imagen N°15: Modelo planteado en ALLIEVI

Para una primera opción de cierre, se consideró una maniobra de cierre completa de la válvula 10 segundos, donde en la gráfica se indica como es el porcentaje de cierre en función del tiempo.

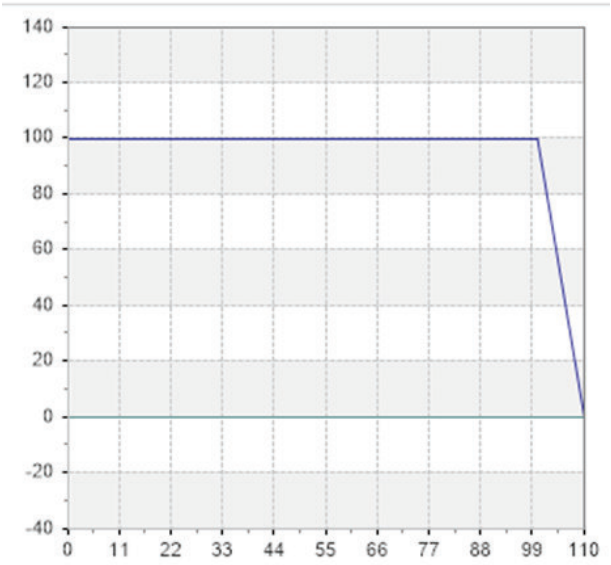

Figura N° 16: Maniobra de cierre en 10 segundos.

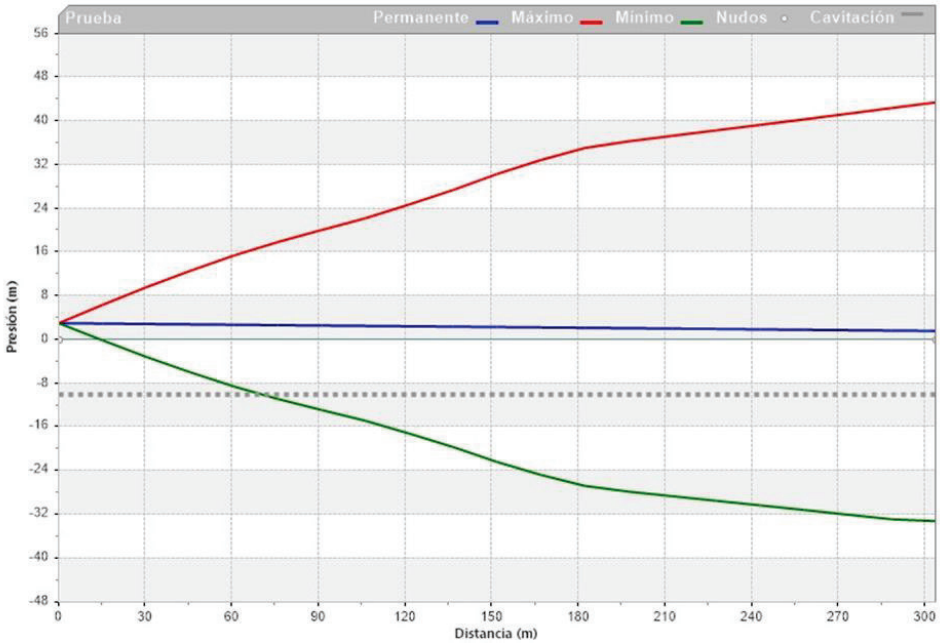

Figura N° 17: Envolvente de presiones para maniobra de cierre en 10 segundos.

Se observa en la figura anterior que, al realizar la maniobra de cierre en 10 segundos, la curva de presiones mínimas (curva verde) corta el eje de la tubería (línea gris con presión P = 0 mca) y la línea de cavitación (línea gris punteada). Esto implicaba que a partir de los 70 metros hasta el final se producía cavitación. Es por esto que esta maniobra no es recomendada. Por otro lado, se observó que las sobrepresiones alcanzaban los 43.4 mca (4,34 bar), valor inferior a la presión nominal de la tubería de 12.5 bar.

Se propuso una maniobra de cierre de válvula realizada en 40 segundos y se obtuvieron los siguientes resultados:

Instante (s)	Apertura (%)
0	100
100	100
140	0

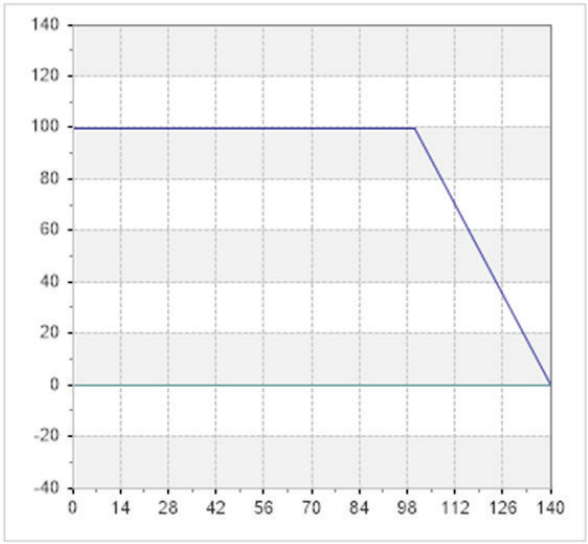

Figura N° 18: Maniobra de cierre en 40 segundos.

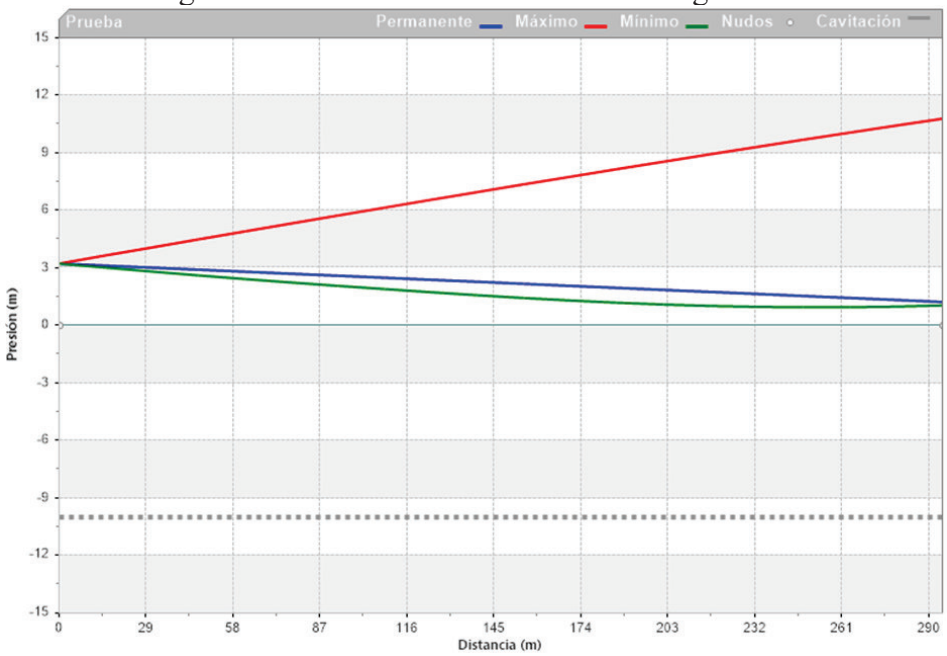

Figura N° 19: Envolvente de presiones para 40 segundos

Se observó en la figura anterior que, al realizar la maniobra de cierre en 40 segundos, la curva de presiones mínimas (curva verde) no corta el eje de la tubería (línea gris con presión P = 0 mca) ni la línea de cavitación (línea gris punteada). Esto implica que no existe la posibilidad de que se produzca cavitación a lo largo de la tubería, y la curva de presiones mínimas se encuentra aceptablemente separada de la línea del eje de la tubería, lo que da un margen de error en la realización de la maniobra de cierre de la válvula mariposa.

Por otro lado, se observó que las sobrepresiones alcanzan los 10.5 mca (1.05 bar), valor inferior a la presión nominal de la tubería de 12.5 bar. Esta variante verifica ambas condiciones por lo que esta maniobra fue la recomendada.

4.2.b. Modelo Estructural

La parte estructural asociada al Acueducto Cámara A°900 tiene como objetivo principal el diseño y cálculo de elementos esenciales en proyectos de infraestructura hidráulica, tales como bloques de anclajes, cámaras de desagüe y otros componentes críticos. Estos elementos cumplen funciones clave en la estabilidad y operación del sistema, garantizando la transmisión segura de cargas y la protección ante esfuerzos hidráulicos y mecánicos. Para ello, se implementaron metodologías de análisis estructural que permitieron evaluar el comportamiento de cada componente bajo las condiciones de carga previstas, asegurando su funcionalidad y durabilidad

1) Bloque de Anclaje

La tubería está sujeta a fuerzas de empuje en los cambios de dirección de la traza debido a la acción del agua que transporta en su interior. Estas fuerzas pueden llegar a ser importantes y provocar movimientos y desacoples entre los tubos, es por esto, que se establecieron bloques de anclaje con dimensiones según el cálculo que se detalla a continuación

Parámetros del suelo del lugar

- φ = 35 ° Angulo de fricción interna
- δ = 1.901 t/m3 Densidad del suelo húmeda (profundidad > 2m)
- c = 0.00 Cohesión (Suelo gravoso)
- σ= 18.00 t/m3 Capacidad Admisible
- μ= 1.50 Coeficiente de fricción (suelo gravoso y anclaje de hormigón)

Los valores que se detallan corresponden al estudio de suelos realizado por el Ing. Ramón Alberto Salinas en febrero del 2023.

Parámetros hidráulicos

- DI = 475 mm Diámetro interno de tubería
- A = 0.177 m2 Área interior de tubería
- v = 2.26 m/s Velocidad de flujo
- PN = 12.5 bar Presión nominal

La tubería utilizada en el acueducto es TOM® PVC-O 500 PN12.5 DN 500 mm, se observó así que estos parámetros son verificados por las características que presenta la tubería

Parámetros del Hormigón

- δh = 2.40 t/m3 Densidad del hormigón

Definidos los parámetros se procedió con el cálculo del bloque de anclaje. Para el dimensionamiento del bloque de anclaje de hormigón, primero es necesario obtener el empuje ocasionado por las cargas hidrostáticas e hidrodinámicas que debe equilibrarse para evitar que los accesorios se desprendan de la tubería. El empuje del fluido se obtiene mediante la siguiente ecuación

$$E = 2 * A * sen\frac{\Delta}{2} * (H + \frac{v^2}{2 * g})$$

Donde:

- Δ: Ángulo de deflexión de la tubería [°]
- H: Presión de diseño [mca]

Cuando la velocidad es menor a 5 m/s, el término es despreciable. Para nuestro caso se tiene que la velocidad en la tubería es de 2.26 m/s, por lo tanto, dicho término no se considera en el cálculo, por ende, la ecuación presenta la siguiente forma

$$E = 2 * A * sen\frac{\Delta}{2} * H$$

El empuje que resiste la combinación del suelo y el bloque de anclaje está dado por la siguiente ecuación

$$Er = \frac{\delta * K_a * (2 * h_s + h_h)}{2} * h_h * l + \delta_h * h_h * l * b * \mu$$

Donde:

- Ka: coeficiente de empuje activo de Rankine, obtenido como

$$Ka = \frac{1 - sen\varphi}{1 + sen\varphi} = 0.27$$

- hs: tapada de la tubería.
- hc: altura del bloque de anclaje.
- l: longitud del bloque de anclaje.
- b: ancho del bloque de anclaje.

Sobre la traza planteada corresponden tres cambios de dirección, para cada uno de estos se calcularon y compararon los dos empujes descritos. Con el objetivo de resumir dicha información se presenta la siguiente tabla.

Nudo	Codo	Progresiva	H	hs	Et	1.5*Et	Er
	[°]	[m]	[mca]	[m]	[ton]	[ton]	[ton]
B1	22.5	0+002.0	2.95	2.21	0.204	**0.306**	**2.013**
B2	90	0+092.9	2.64	1.81	0.662	**0.993**	**1.881**
B3	90	0+302.3	1.81	1.67	0.454	**0.681**	**1.834**

Figura N° 20: Empujes para los cambios de dirección en la traza planteada

En la primera columna se identificó el nudo de estudio, mientras que en la segunda el cambio de dirección del flujo en la traza. En las siguientes columnas se tiene la progresiva en la cual se encuentra el nudo, la presión de diseño y la tapada para la tubería respectivamente. Luego se indicó el empuje producido por el fluido en el punto de estudio y el empuje mayorado. Finalmente se tiene el empuje que resiste la combinación del suelo y el bloque de anclaje.

Con fines constructivos los tres bloques de anclaje se plantean con las mismas dimensiones geométricas y detalles de armado. Con estos valores se calculó el empuje de la columna número ocho. Para los tres casos estudiados se verifica la condición

$$E_r > 1.5 * E_t$$

El valor de 1.5 es un factor de mayoración sugerido por el "Manual Técnico de Diseño de Redes y Utilización (Tubería de PVC Orientado TOM)", del fabricante (Molecor)

A continuación, se indican las dimensiones utilizadas para el cálculo del bloque y se adjunta a modo ilustrativo una representación donde se observa la tubería en un corte longitudinal y otro transversal del nudo con el objetivo de identificar los valores obtenidos.

- b = 50 cm (Ancho)
- l = 80 cm (Largo)
- hs = 80 cm (Alto)

Se dispone además una armadura de piel, consistente en una malla de 20 x 20 cm con un Ø 10 mm, respetando los recubrimientos mínimos para proteger la armadura del contacto con el suelo.

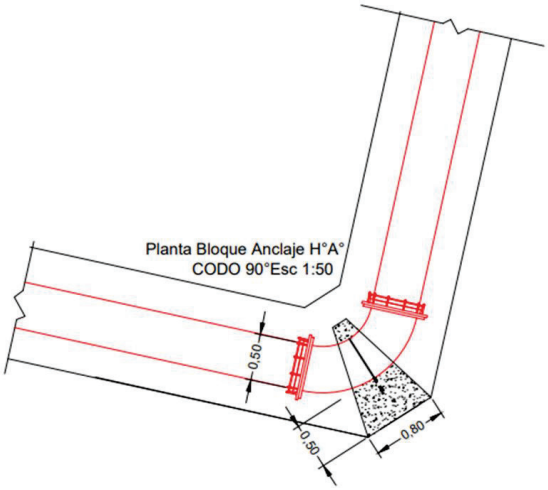

Figura N° 21: Planta de Bloque de Anclaje

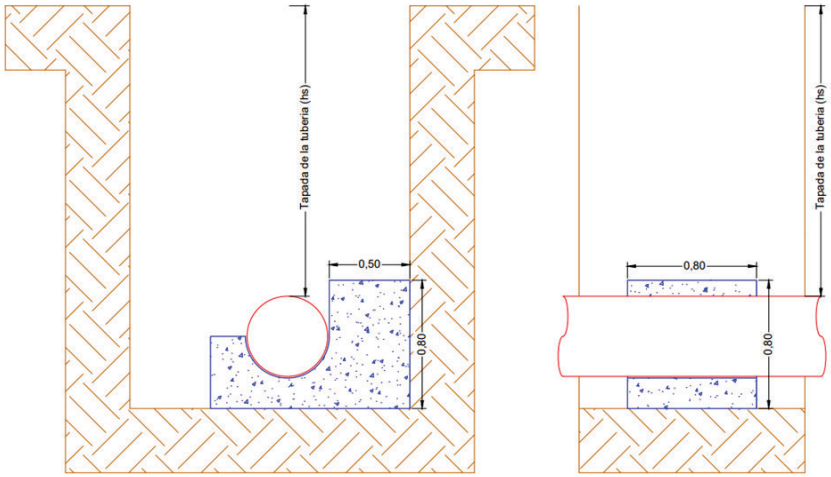

Figura N° 22: Corte de Bloque de Anclaje

2) Cámara de Llegada Alto Godoy

Se modeló una cámara de hormigón armado en la cara este de la Reserva Alto Godoy, cuyo objetivo fue permitir al personal de la planta acceder a la válvula mariposa que se encuentra en el último tramo de la tubería de PVC-O de 500 mm, para poder realizar las correspondientes maniobras de cierre y apertura. La misma cuenta con una escalera metálica para permitir el ascenso y descenso del personal, y una tapa metálica para permitir el tránsito sobre ella. Las dimensiones de la misma se pueden observar en la siguiente figura

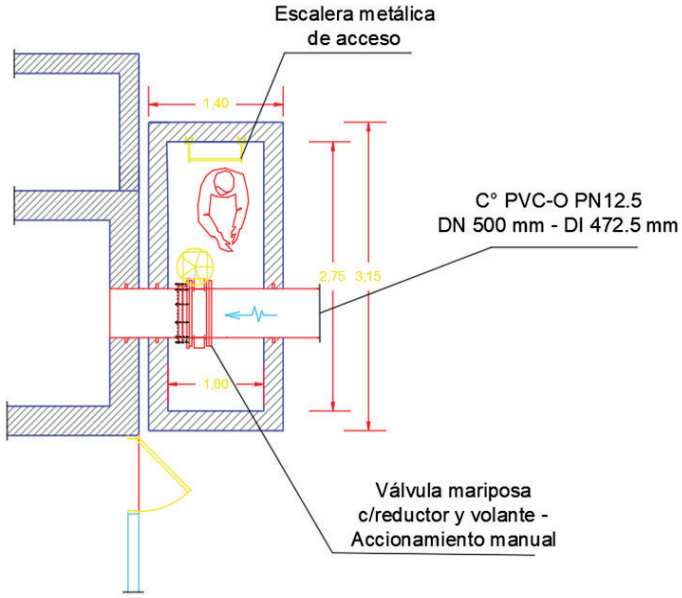

Figura N°23: Representación en planta cámara de entrada a la reserva AG

El área de hidráulica de la empresa CEOSA no era responsable de esta tarea, ya que todo el cálculo y diseño estructural de la reserva Alto Godoy fue realizado por CIES, Consultora de Ingeniería Estructural.

El diseño de la cámara fue necesario porque, inicialmente, la cañería de llegada a la reserva AG estaba proyectada para entrar por el frente de la reserva. Sin embargo, al decidir girar la cámara y establecer que la cañería del acueducto llegaría a la parte final de la misma, fue necesario desarrollar el diseño y la forma adecuados para dicha estructura.

A continuación, a modo de resumen se indican los diferentes elementos estructurales que conforman la cámara proyectada, indicando espesor y armadura requerida. Se toma como referencia la documentación elaborada por la consultora con el fin de continuar con el mismo proceso constructivo

- LOSA

Se adopto para este caso una Placa Hueca Serie 150-1 con carpeta de compresión de 5cm. Con una armadura de la capa de compresión Ø6 cada 12,5 cm.

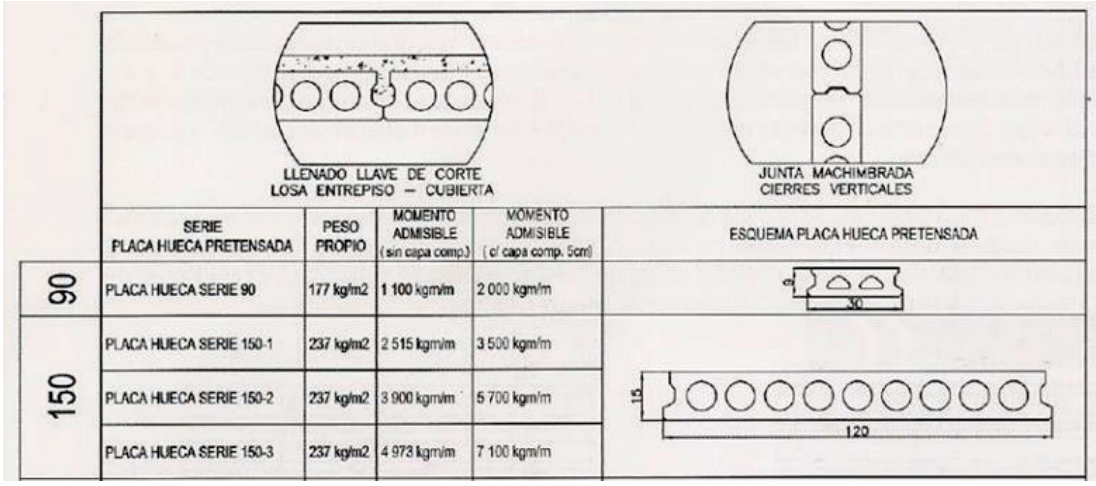

Figura N°24: Losas huecas pretensadas de PREAR

- MURO SOSTENIMIENTO

Con un espesor de 20 cm, el mismo se planteó con armadura longitudinal y transversal en ambas caras (interna y externa) con Ø12 cada 20 cm. Se considera un recubrimiento de 3 cm.

- PLATEA DE HORMIGÓN

Con un espesor de 30 cm, se planteó con armadura longitudinal y transversal en ambas caras (superior e inferior) con Ø12 cada 12.5cm. Se considera un recubrimiento de 5 cm.

- REFUERZO DE ORIFICIO

La C° PVC-O DN 500 mm atraviesa la cámara de llegada de Alto Godoy en sentido transversal y luego ingresa por la cara del lado este de la nueva Reserva de Alto Godoy. Por tal motivo se estableció un refuerzo en la cara frontal y posterior de cada uno de los tres tabiques por los cuales pasa la cañería, esto con el fin de evitar que la concentración de tensiones en dicha zona produzca un deterioro del elemento estructural, en este caso, del tabique.

A continuación, con el fin de ilustrar la descripción presentada anteriormente, se indica la disposición de la armadura en la zona que entra la cañería a la cámara. La cual incluye la malla correspondiente al tabique y los refuerzos.

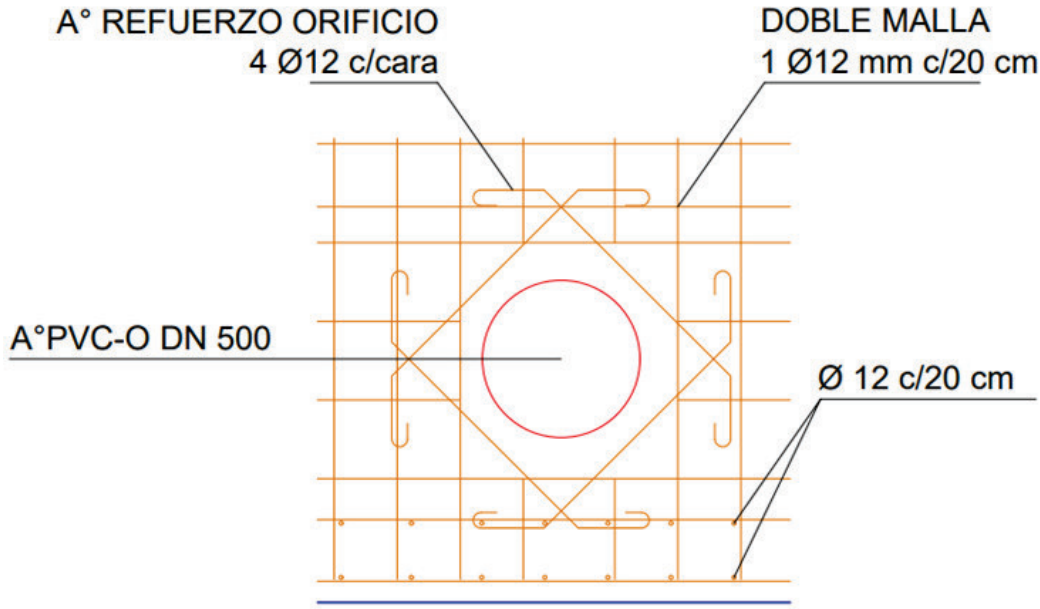

Figura N° 25: Detalle de refuerzo orificio

3) Cámara de desagüe

Se diseñaron las cámaras de desagües de la reserva Alto Godoy, las mismas son fundamentales para garantizar su estabilidad y funcionalidad, ya que esta estructura debe resistir múltiples esfuerzos. Entre ellos, el empuje hidrostático generado por el agua almacenada o en movimiento dentro de la cámara, que ejerce presiones significativas sobre las paredes y la base. Además, es crucial considerar posibles sobrecargas externas, como el paso de vehículos pesados, por ejemplo, camiones, que pueden generar esfuerzos adicionales sobre la losa superior. Un diseño adecuado no solo asegura la durabilidad de la cámara, sino también la seguridad de las personas y el correcto funcionamiento del sistema hidráulico al que pertenece.

Se modelo la estructura en software de diseño estructural de la siguiente manera

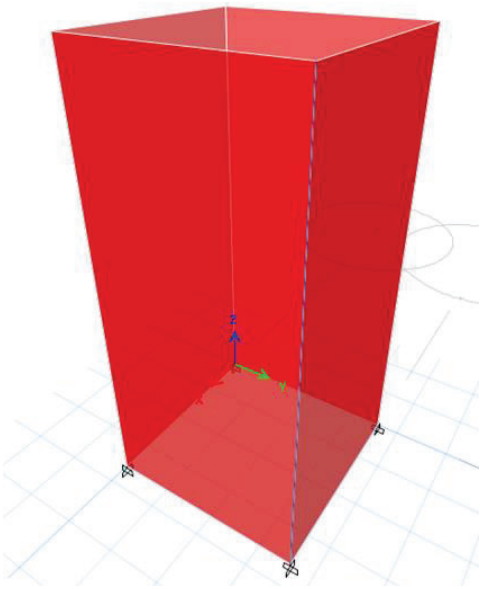

Figura N° 26: Modelo estructural adoptado

En la simplificación del modelo, se consideró que las condiciones de los nudos inferiores corresponden a empotramientos y la estructura a calcular es un marco cerrado correspondiente a la base de la cámara conformada por cuatro vigas.

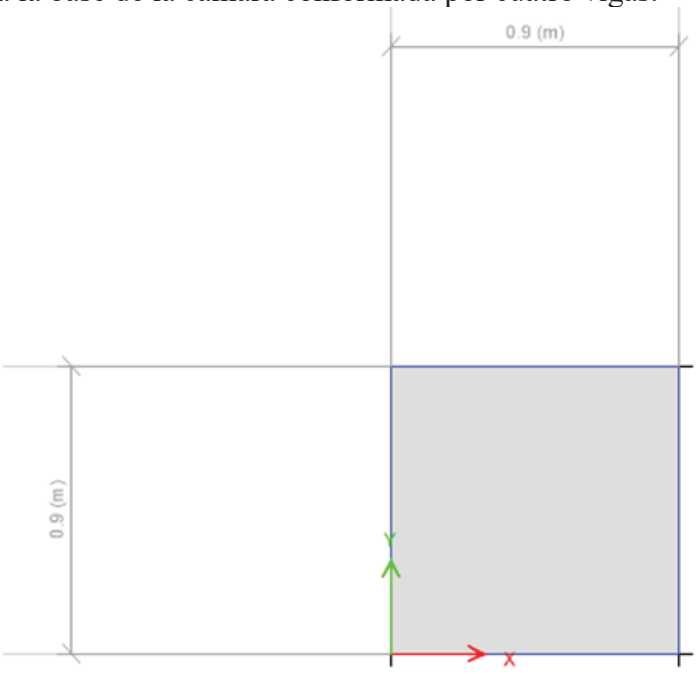

Figura N° 27: Vista en planta de la base de las cámaras de desagües

Durante su vida útil se considera que la cámara estará sometida a las siguientes acciones

- Empuje del suelo en reposo

$$E_0 = H_s * \gamma * K_0 * 0.9\ m$$

Referencias:

- B: Ancho interior del canal.
- H: Altura interior del canal.
- Hs: Altura del suelo respecto a H.
- K_0: Coeficiente de empuje en reposo.
- E_0: Empuje en reposo del suelo para Hs.

Obra	Sección	B	H	Hs	Ø	γ	K0	E0
		[m]	[m]	[m]	[°]	[tn/m3]		[kN/m]
Camara de desagüe	Rectangular	0,60	2,10	2,05	35	1,90	0,426	**14,96**

Figura N° 28: Cálculo del empuje del suelo en reposo

El empuje E_0 obtenido corresponde a una carga uniformemente distribuida en la base de la cámara de desagüe. Se cargó esta acción al modelo y se obtuvieron los siguientes diagramas de momento flector y deformada

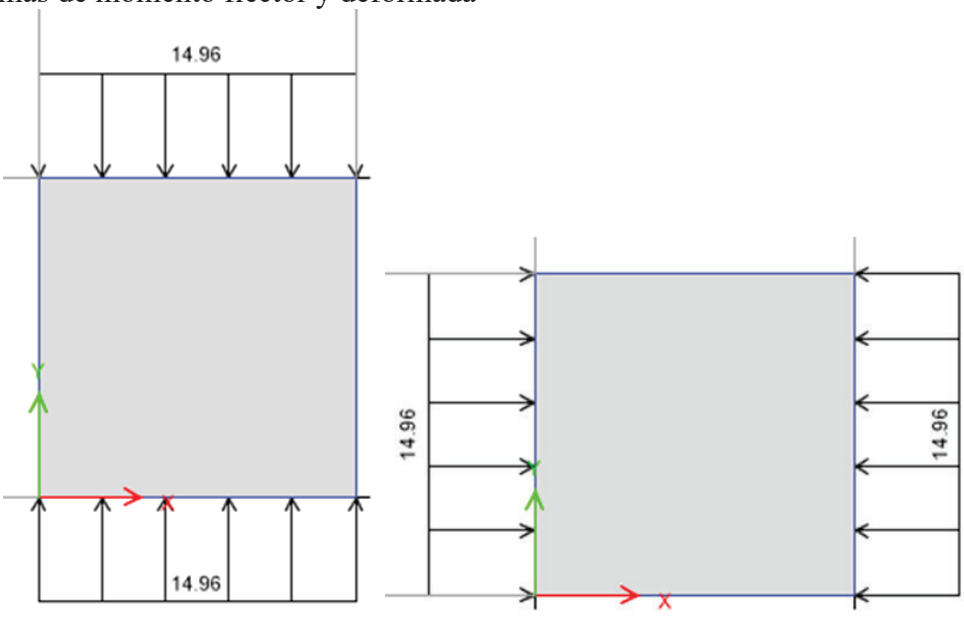

Figura N° 29: Estado de carga para Empuje en reposo

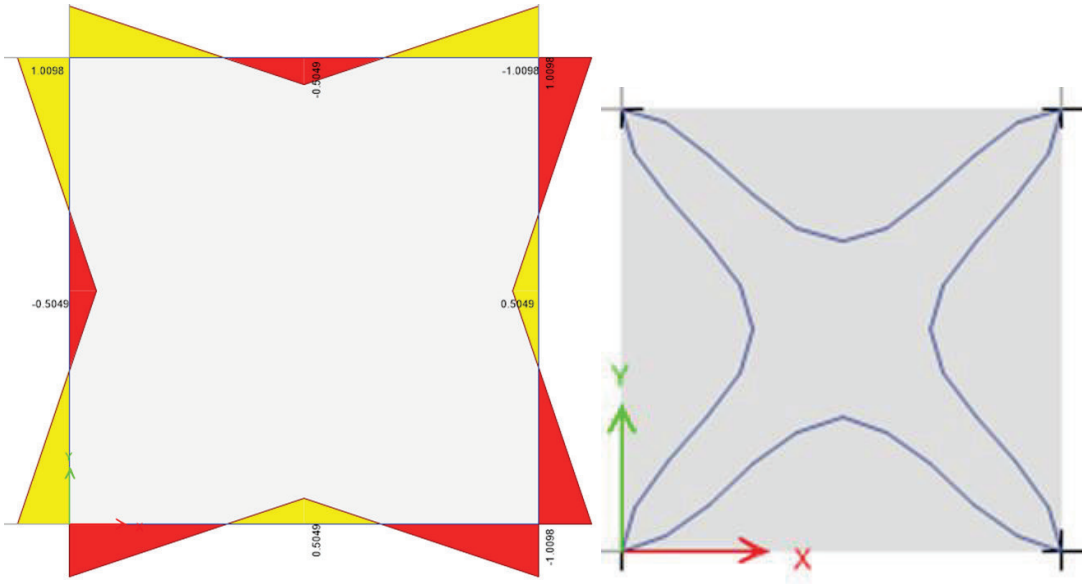

Figura N° 30 y 31: Momento y Deformada para empuje en reposo

- Empuje del suelo activo

$$E_a = H_s * \gamma * K_a * 0.9\ m$$

Referencias:
- K_a: Coeficiente de empuje activo.
- E_a: Empuje activo del suelo para Hs.

Sección	B	H	Hs	Ø	c	γ	Ka	Ea
	[m]	[m]	[m]	[°]	[tn/m2]	[tn/m3]		[kN/m]
Rectangular	0,60	2,10	2,05	35,0	0,00	1,90	0,271	**9,50**

Figura N° 32: Cálculo del empuje activo del suelo

El empuje E_a obtenido corresponde a una carga uniformemente distribuida en la base de la cámara de desagüe. Se cargó esta acción al modelo y se obtuvieron el siguiente diagrama de momento flector

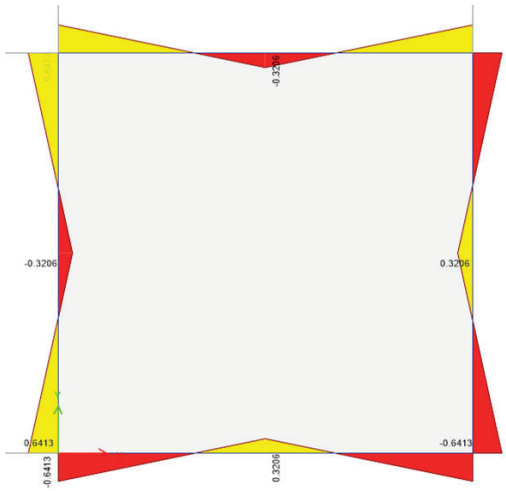

Figura N° 23: Momento para empuje activo

- Empuje hidrostático

$$E_H = T * 1\frac{tn}{m^3} * 0.9\,m * 10$$

Referencias:

- T: Tirante de agua en la cámara.
- E_H: Empuje hidrostático sobre el tabique de la cámara.

Obra	Sección	B [m]	H [m]	T [m]	EH [kN/m]	EHs [kN/m]
Camara de Desague	Rectangular	0,60	2,10	2,00	**18,00**	**18,00**

Figura N° 24: Cálculo del empuje hidrostático del agua

El empuje E_H obtenido corresponde a una carga uniformemente distribuida en la base de la cámara de desagüe. Se cargó esta acción al modelo y se obtuvieron los siguientes diagramas de momento flector y deformada:

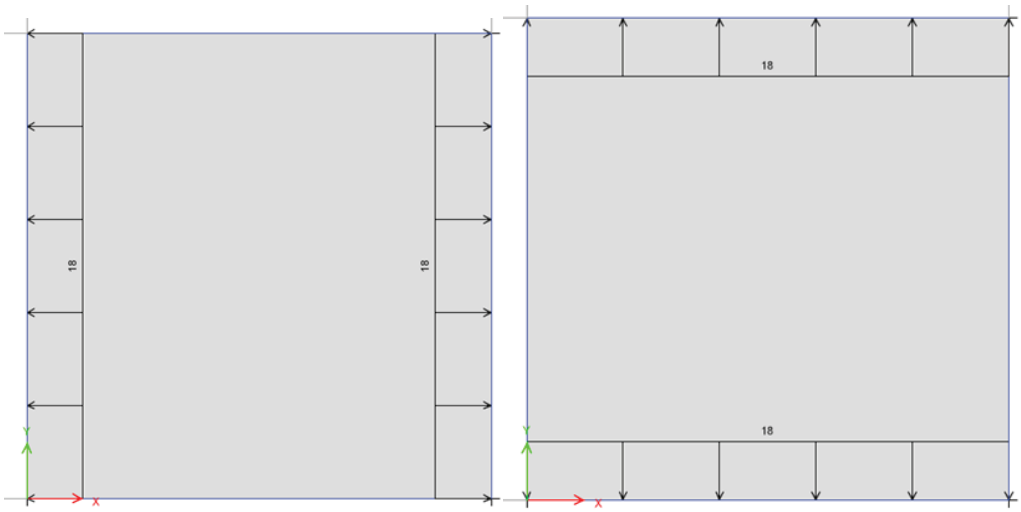

Figura N° 25: Estado de carga para empuje hidrostático

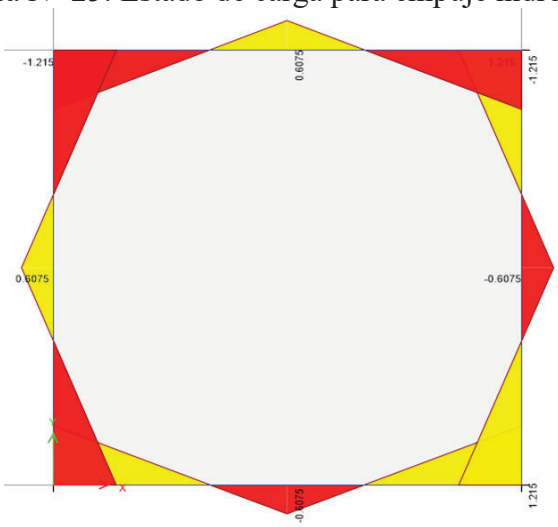

Figura N° 26: Momento para empuje hidrostático

- Sobrecarga puntual

$$E_p = \frac{(K_a * P)}{L_p + d} * 10$$

Referencias:

- P: Carga concentrada. La misma se obtuvo asumiendo que cerca de la cámara de desagüe va a circular un camión cisterna de dos ejes simples de 10 tn c/u, con una capacidad de 10000 lts de agua. El peso total de los dos ejes es de 20 tn, que distribuido uniformemente entre las cuatro ruedas del camión, resulta en 5 tn por rueda. De la misma manera, el peso de 10 tn correspondiente a el agua a transportar le significa un peso de 2.5 tn por rueda.
- Lp: Longitud de distribución de la carga. Se asume en función de la huella que genera una rueda.
- Bp: Ancho de distribución de la carga. Se asume en función de la huella que genera una rueda.
- d: Distancia entre el borde del muro y el inicio de la zona de carga. Se asume 0.5 m.

- He: Profundidad del punto de aplicación del empuje.
- E_p: Empuje generado por una sobrecarga puntual a la profundidad He.

Obra	Sección	H [m]	Ø [º]	Ka	P [tn]	Lp [m]	d [m]	Bp [m]	He [m]	Ep [kN/m]
Camara de desague	Rectangular	2,10	35,0	0,271	7,5	0,60	0,50	0,20	**0,50**	**18,477**

Figura N° 27: Cálculo de empuje generado por sobrecarga puntual

En este caso, si bien la carga puntual no actúa en la base de la cámara de desagüe, se asume que si lo hace debido al modelo de marco cerrado utilizado para el cálculo. El empuje E_p obtenido corresponde a una carga uniformemente distribuida. Se cargó esta acción al modelo y se obtuvieron los siguientes diagramas de momento flector y deformada:

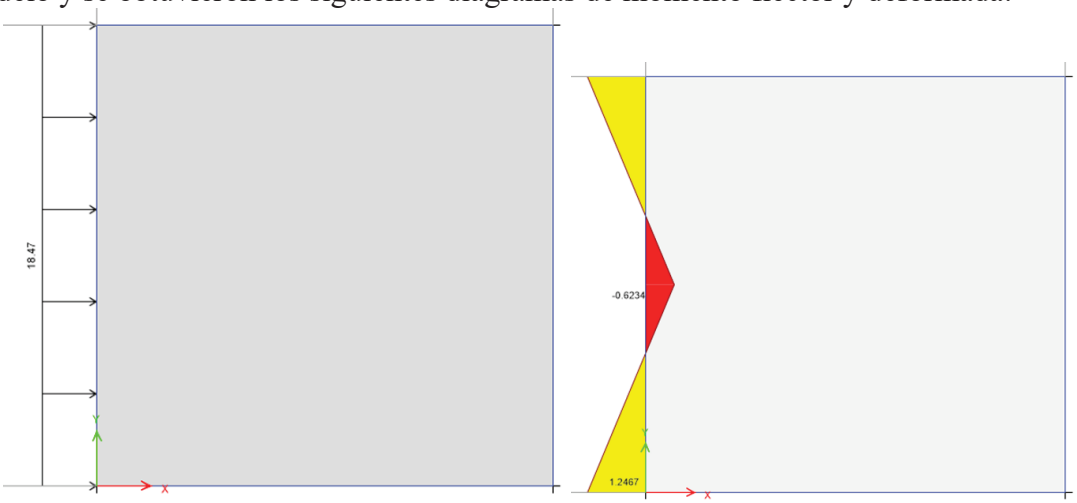

Figura N° 28 y 29: Estado de carga y Momento para sobrecarga puntual

En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos para las distintas acciones mediante el software de cálculo

Combinacion de esfuerzos	Q distribuida en la base (kN/m)	Mempotramiento (kNm)	Mmitad de la luz (kNm)
E reposo	14,96	1,000	0,505
E activo	9,50	0,640	0,320
E hidroestatico	18,00	1,215	0,600
Sobrecarga puntual	18,48	1,250	0,623

Traccion cara externo	Comprime cara interna
Traccion cara interna	Comprime cara externa

Figura N° 30:Resumen de momentos flectores para acciones

Para el diseño a estado último se procede a superponer los efectos producidos por las acciones consideradas mediante las siguientes combinaciones

- $U = 1{,}4\ (D+F)$ (9-1)
- $U = 1{,}2\ (D+F+T) + 1{,}6\ (L+H) + 0{,}5\ (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$ (9-2)
- $U = 1{,}2\ D + 1{,}6\ (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (f_1\ L \text{ ó } 0{,}8\ W)$ (9-3)
- $U = 1{,}2\ D + 1{,}6\ W + f_1\ L + 0{,}5\ (L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$ (9-4)
- $U = 1{,}2\ D + 1{,}0\ E + f_1\ (L + L_r) + f_2\ S$ (9-5)
- $U = 0{,}9\ D + 1{,}6\ W + 1{,}6\ H$ (9-6)
- $U = 0{,}9\ D + 1{,}0\ E + 1{,}6\ H$ (9-7)

siendo:

$f_1 = 1{,}0$ para lugares de concentración de público donde la sobrecarga sea mayor a **5,00 kN/m²** y para playas de estacionamiento y garages.

$f_1 = 0{,}5$ para otras sobrecargas.

$f_2 = 0{,}7$ para configuraciones particulares de cubiertas (tales como las de dientes de sierra), que no permiten evacuar la nieve acumulada.

$f_2 = 0{,}2$ para otras configuraciones de cubierta.

Figura N° 31: Combinaciones según CIRSOC 201

Las acciones que han sido consideradas para el cálculo, teniendo en cuenta la simbología del CIRSOC 201 son

- F (acciones por el peso y presión de fluidos, correspondiente al empuje hidrostático)
- L (sobrecargas accidentales, correspondiente a la sobrecarga puntual)
- H (presión lateral del terreno, correspondiente al empuje activo y al empuje en reposo)

Por lo tanto, las combinaciones consideradas y sus resultados se resumen en la siguiente tabla

Combinaciones de carga		Mempotramiento (kNm)	Mmitad de la luz (kNm)
C1	1,4 F = 1,4 EH	1,70	0,84
C2 (Empuje activo)	1,2 F +1,6 (L+H) = 1,2 EH+1,6 (Ep+Ea)	1,57	0,79
C2 (Empuje en reposo)	1,2 F +1,6 (L+H) = 1,2 EH+1,6 (Ep+E0)	2,14	1,08
C3	0,5 L = 0,5 Ep	0,63	0,31
C6 (Empuje activo)	1,6 H = 1,6 Ea	1,02	0,51
C6 (Empuje en reposo)	1,6 H = 1,6 E0	1,60	0,81

Figura N° 32: Combinaciones utilizadas

Con respecto a la armadura mínima necesaria para tabiques, según CIRSOC 201:

14.3.2. La cuantía mínima de la ***armadura vertical*** referida a la sección total o bruta de hormigón, ρ_ℓ , debe ser:

a) **0,0012** para barras o alambres conformados con $d_b \leq 16$ **mm** y con $f_y \geq 420$ **MPa**, ó

14.3.3. La cuantía mínima de la ***armadura horizontal*** referida a la sección total o bruta del hormigón, ρ_t, debe ser:

a) **0,0020** para barras o alambres conformados con $d_b \leq 16$ **mm** y con $f_y \geq 420$ **MPa**, ó

Figura N° 33: Armadura mínima para tabiques - CIRSOC 201

Debido a que la armadura mínima para cámaras de desagüe es de db = 10 mm es válido utilizar estos valores. Para construir una malla uniforme se tomó la cuantía más exigente, es decir, la correspondiente a la armadura horizontal para ambas direcciones. Luego, . Se asumieron recubrimientos tanto para cara interna como para externa del tabique de 3 cm.

La armadura necesaria para los esfuerzos calculados se obtuvo como:

$$As = \frac{Mu}{\phi * fy * z}$$

Referencias:

- Mu: Momento último = 2.14 kNm = 218.4 kgm
- Φ: Factor de reducción de resistencia = 0.9
- fy: Tensión de fluencia del acero = 4200 kg/cm^2
- z: Brazo elástico, obtenido de considerar db = 10 mm y r = 3 cm. z = 6 cm

$$As = \frac{218.4\ kgm * 100}{0.9 * 4200\ kg/cm2 * 6cm} = 0.96\ cm^2$$

La armadura mínima se obtuvo como:

$$Asmín = Ap * \rho mín = 1050\ cm^2 * 0.002 = 2.1\ cm^2$$

Cómo Asmin > As, se utilizó la primera para el diseño. Según el CIRSOC 201 la separación mínima entre barras es

> **14.3.5.** La ***separación de las armaduras vertical y horizontal*** debe ser:
>
> a) igual o menor que ***tres veces el espesor*** del tabique.
>
> b) igual o menor que ***300 mm***.

Figura N° 34: Separación mínima armaduras - CIRSOC 201

Es decir:

a) s < 150 mm * 3 = 450 mm. b) s < 300 mm.

Se adoptó una separación de s = 250 mm = 25 cm. Luego la armadura adoptada fue de φ10mm cada 25 cm

$$Aadop = 3.12\ cm^2 > Asmín = 2.1\ cm^2$$

por lo que verifica.

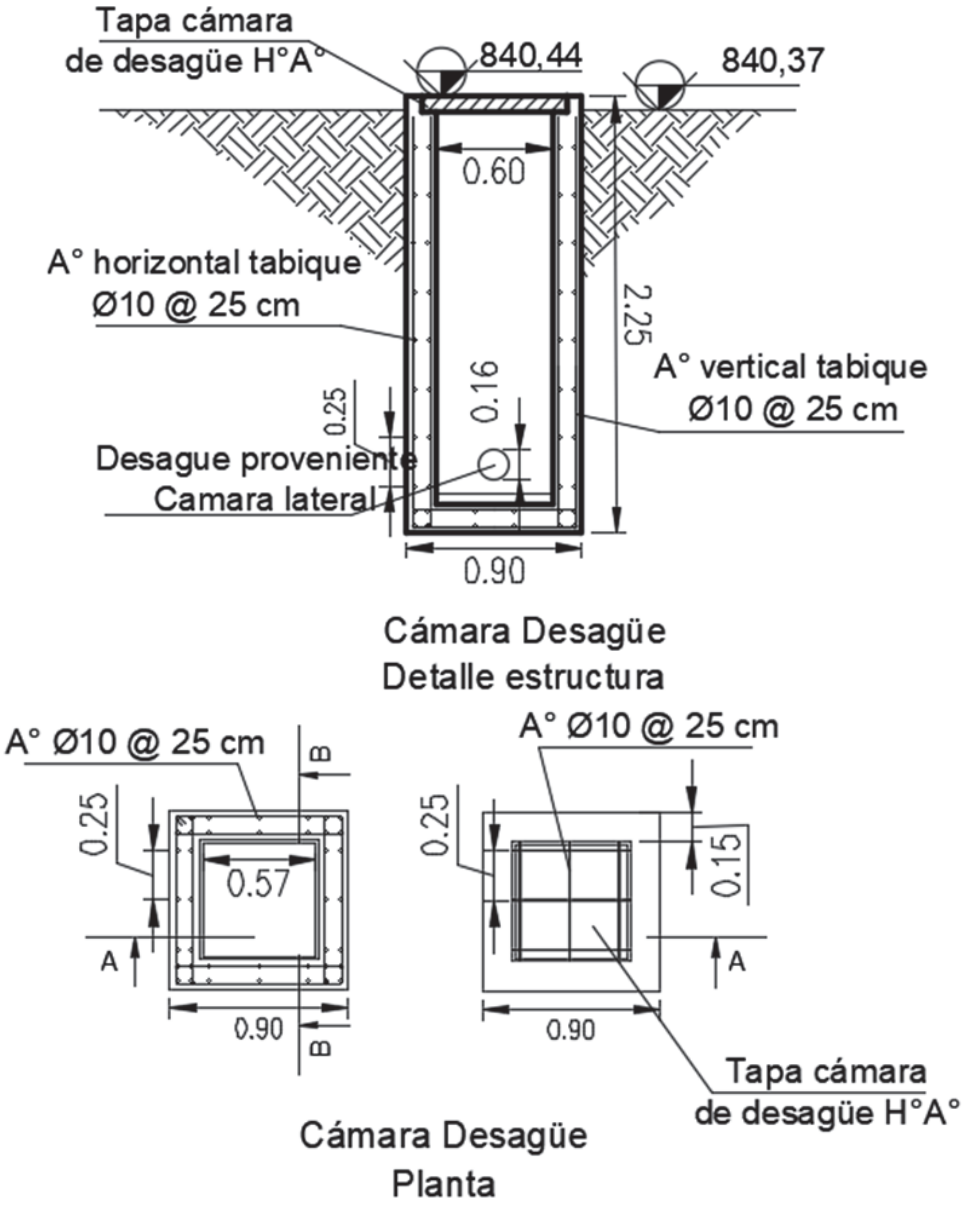

Figura N° 35: Detalle de armadura cámara de desagüe

4.3 Acueducto UNC

El tramo mencionado tiene su punto de inicio a la salida de la Reserva Alto Godoy, es decir, el punto final del Acueducto Cámara A°900, hasta el predio donde antiguamente se ubicaba el aeródromo, en este sitio el acueducto UNC se bifurca en dos, el Acueducto a E°B° Sanidad y Acueducto Aeródromo. La traza que se planteó pasa por debajo del Canal Papagayo, por un caño camisa previamente instalado en el lugar.

El punto de bifurcación, el cual marca el final del Acueducto UNC, se encuentra en la zona perimetral del predio de aeródromo, adyacente a la calle Cristo Redentor

Figura N° 36: Imagen satelital de la ubicación Reserva Alto Godoy y Bifurcación

La imagen satelital muestra el punto inicial y final del Acueducto UNC, el mismo parte de la Estación Potabilizadora de Alto Godoy, pasando por el campus de la Universidad Nacional de Cuyo, hasta salir de este sitio y tener su traza paralela al Canal Papagayo, hasta cruzar el mismo por debajo de este.

La traza planteada inicialmente en el anteproyecto, sufrió modificaciones debido a cambios efectuados por la Dirección de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo. Estos cambios implican que la traza presente 17 nudos en planta, los cuales presentan un cambio de dirección del fluido, teniendo una longitud total de cañería de 2084.22 m. En la siguiente figura, se representa la traza del Acueducto UNC, además de los puntos iniciales y finales de la misma

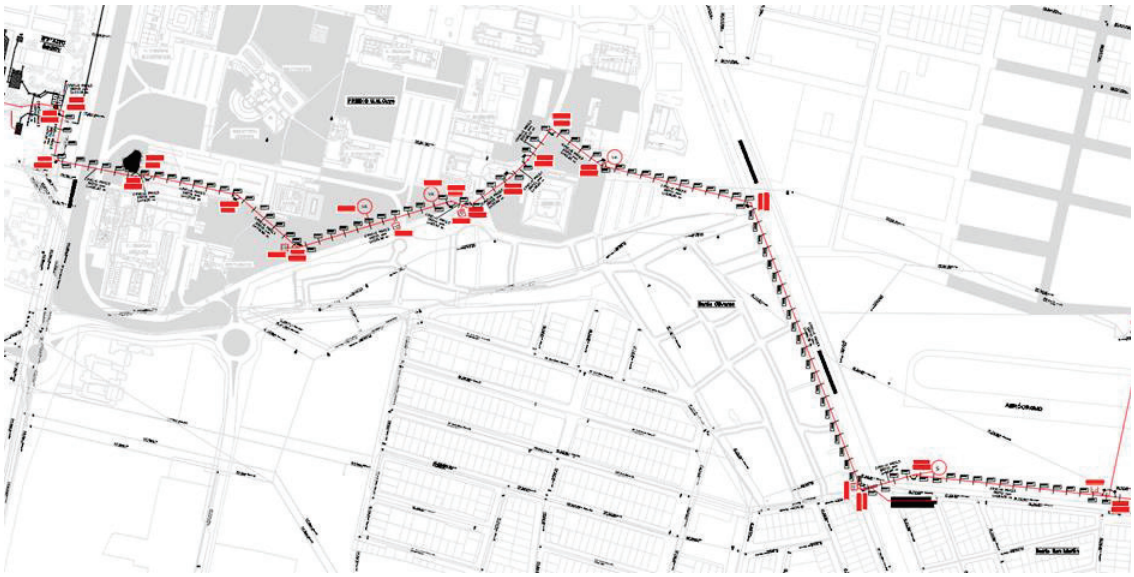

Figura N° 37: Traza del Acueducto UNC

4.3.a. Modelo Hidráulico

1) Nivel Piezométrico

Para comenzar a desarrollar este tramo, se aclara que el modelo hidráulico para obtener la presión de la cañería y asegurar el escurrimiento de agua a gravedad aplicado en el anterior acueducto es el mismo en este caso, es por esto que solo solo se muestra el resultado final de cálculo junto con el nivel piezométrico.

DATOS HIDRAULICOS		
COTA inicial =	840.22	m
Diámetro Nominal =	710.0	mm
Diámetro Interno =	674.8	mm
Caudal inicial =	0.455	m3/s
Velocidad inicial =	1.27	m/s
Caudal empalme =	0.028	m3/s
Caudal final =	0.426	m3/s
Velocidad final =	1.19	m3/s

Figura N° 38: Parámetros hidráulicos de la conducción

DATOS TUBERIA		
Darcy - Weisbach		
r =	0.0025	mm
μ =	1.14E-06	m2/s
Re =	7.52E+05	
f =	0.012262	
Manning		
n =	0.01	
Hazen-Williams		
C =	140	

Figura N° 39: Fórmulas empíricas para pérdidas de carga continuas

En la siguiente tabla se muestra la identificación de cada punto de estudio, la longitud en los tramos y luego su correspondiente pérdida de carga. Seguidamente, se indicó la cota piezométrica que tiene la sección de estudio de la tubería y la presión en la tubería. Finalmente, se indicó en la última columna el tipo de singularidad con la que se está tratando, donde los codos que se desarrollan en el plano horizontal se referencian con la letra H, mientras que los codos que se desarrollan en el plano vertical se denotan con V

Puntos	Longitud (m)	Perdida de carga (m)	Cota (m)	Presión sobre cañería (m)	Detalle
AG		0.04	840.18	0.70	Salida de la cámara
	3.30	0.01	840.17		Perdida de carga lineal
N1		0.03	840.15	0.66	Codo 90°
	10.96	0.02	840.13		Perdida de carga lineal
N2		0.03	840.10	1.00	Codo 90°
	73.98	0.12	839.98		Perdida de carga lineal
N3		0.03	839.95	3.40	Codo 90°
	124.94	0.21	839.74		Perdida de carga lineal
N4		0.01	839.73	3.42	Codo 161°
	18.27	0.03	839.70		Perdida de carga lineal
N5		0.01	839.69	3.55	Codo 160°
	136.99	0.23	839.47		Perdida de carga lineal
N6		0.01	839.46	4.72	Codo 151°
	119.98	0.20	839.25		Perdida de carga lineal
N7		0.27	838.99	7.82	Codo 122° + CD
	239.37	0.40	838.59		Perdida de carga lineal
N8		0.01	838.57	5.83	Codo 142°
	25.59	0.04	838.53		Perdida de carga lineal
N9		0.02	838.51	7.22	Codo 125°
	77.47	0.13	838.38		Perdida de carga lineal
N10		0.00	838.38	6.01	Codo 170°
	38.24	0.06	838.32		Perdida de carga lineal
N11		0.00	838.31	5.42	Codo 171°
	58.04	0.10	838.21		Perdida de carga lineal
N12		0.03	838.19	4.49	Codo 90°
	92.40	0.15	838.03		Perdida de carga lineal
N13		0.42	837.61	3.65	Codo 158° + VA
	190.72	0.32	837.29		Perdida de carga lineal
V0		0.00	837.29	4.39	Codo 9°
	39.68	0.07	837.22		Perdida de carga lineal
N14 -V1		0.02	837.20	10.88	Codo 125° + Codo 9°
	446.23	0.75	836.46		Perdida de carga lineal
V2		0.66	835.79	23.55	Codo 12° + CD + VA
	13.82	0.02	835.77		Perdida de carga lineal
N15 - V3		0.03	835.74	25.97	Codo 95° + Codo 14°
	29.97	0.05	835.69		Perdida de carga lineal
V4		0.00	835.69	25.91	Codo 5°
	37.27	0.06	835.62		Perdida de carga lineal
Empalme		0.02	835.61	22.81	Te flujo pasante
	13.28	0.02	835.59		Perdida de carga lineal
N16 - V5		0.37	835.22	21.82	Codo 158° + Codo 4° + VA
	293.72	0.43	834.78		Perdida de carga lineal
N17		0.22	834.57	22.07	Te + CD

Figura N° 40: Variación del nivel piezométrico Acueducto UNC

2) Válvulas de Aire

Las válvulas de aire se deben instalar en puntos estratégicos de la tubería para asegurar su correcto funcionamiento. Estas se colocan en los puntos más altos de la tubería, donde es más probable que se acumulen bolsas de aire. También es factible encontrarla en los cambios de pendiente, ya que estos cambios pueden causar la acumulación de aire. Como en el perfil longitudinal adoptado no se encuentran cambios pronunciados en la pendiente se omite colocarlas en estos puntos.

Los motivos para la instalación son varios, por tal motivo es que se decidió la colocación de estas en los puntos más elevados de la cañería. Entre los principales beneficios se identifica: eliminación de aire acumulado, prevención de sobrepresiones, protección contra depresiones y como se mencionó anteriormente mejorar del rendimiento.

Estas válvulas se analizaron en detalle en este acueducto ya que en el anterior no se tenía ninguna de las condiciones antes mencionadas como cambios de pendientes ni puntos altos de la tubería.

En la siguiente imagen se analizaron tres puntos en particular para colocar válvulas de aire, se identifica cada punto en particular con el nombre del vértice. Se tiene una letra "N" si se trata de un codo horizontal o una letra "V" cuando se trate de un codo vertical. Seguido de la progresiva correspondiente, la cota que tienen y tapada

IDENTIFICACIÓN	Progresiva acumulada	COTA Terreno	COTA intradós	Tapada
	[m]	[msnm]	[msnm]	[m]
N13	1019.53	835.50	834.30	1.20
V2	1696.16	813.78	812.58	1.20
N16 - V5	1790.50	814.93	813.73	1.20

Figura N° 41: Ubicación válvulas de aire

A modo de ejemplo se muestro un pequeño tramo de la traza del Acueducto UNC, el mismo corresponde al cruce del colector aluvional Papagayo. Se observa en los puntos altos a la izquierda y derecha del canal el uso de válvulas de aire, estas corresponden según la imagen anterior a "V12" Y "N16-V5".

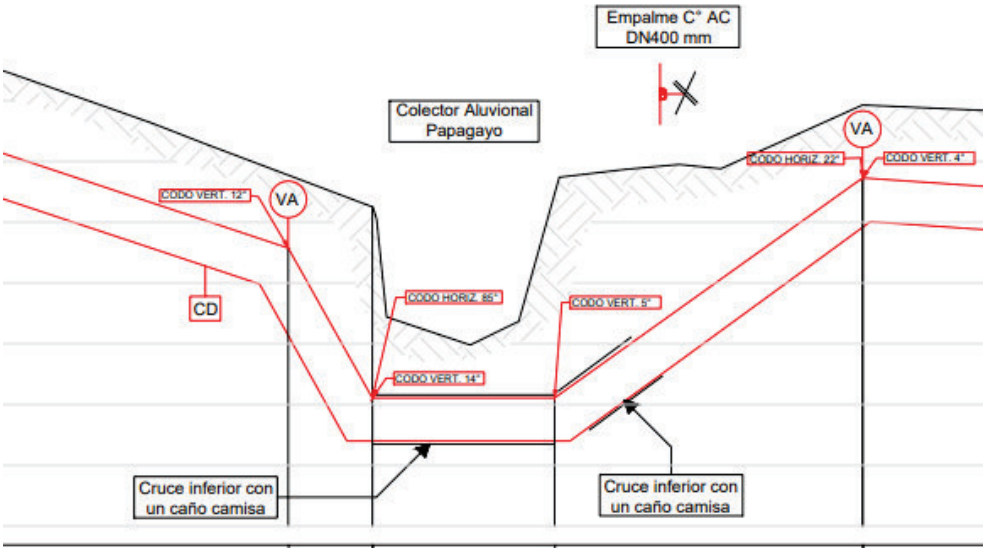

Figura N° 42: Ubicación válvulas de aire

En la siguiente tabla se indican los datos requeridos para el cálculo.

Datos de VA			
Diámetro de la tubería	D =	674.8	mm
Diámetro de la tubería	D =	0.67	m
Espesor de la tubería	e =	35.2	mm
Espesor de la tubería	e =	0.0352	m
M.E. del agua	K =	222500000	kg/m2
M.E. de la tubería	E =	4000	MPa
M.E. de la tubería	E =	408163265	kg/m2
Presión nominal de la tubería	PNT =	125	mca

Figura N° 43: Datos para el cálculo de válvulas de aire

Para el llenado de la tubería, se determinó cual es el caudal de salida de aire en función de las condiciones de funcionamiento. En el dimensionado de las válvulas de aire se utilizaron los diagramas suministrados por el fabricante, entrando con el caudal de aire (Q_a) y la presión diferencias de diseño (DP). Normalmente se toma un Δp de 3-3.5 mca para que se produzca el cierre de la válvula. Por ende, las expresiones de cálculo son:

$$Q_a = \frac{\Delta H * g * s}{a}$$

Considerando:

Q_a : Caudal de llenado de la conducción, igual al caudal de salida del aire [m3/s]
ΔH : Máxima presión positiva permitida, se toma 0.75 * PN [mca]
g: : Aceleración de la gravedad [9.81 m/s2]
a : Celeridad de onda [m/s]

Para el cálculo de la celeridad o velocidad de propagación se presenta la expresión correspondiente con los términos que intervienen en ella.

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{K * D}{e * E}}}$$

En el siguiente cuadro se resume los valores obtenidos

Para llenado de la tubería			
Velocidad de propagación onda	Vo =	419.64	m/s
Presión máxima permitida	DH =	93.75	mca
Area de la tubería	A =	0.36	m^2
Caudal de salida de aire	Qa =	0.78	m^3/s
		2821.65	m^3/h

Figura N° 44: Caudal de llenado para conducción

Como se indicó anteriormente las válvulas de aire también se usan cuando se produce un vaciado de la tubería, permitiendo el ingreso del aire y evitando los fenómenos de supresión, por tal motivo, se determinó cual es el caudal máximo de drenaje, el cual responder a la fórmula:

$$Q_v = 1.2916.10^{-5} * C * J^{0.54} * D^{2.63}$$

Considerando:

Q_v : Caudal debido a la gravedad [m3/h]
J : Pendiente de la tubería [m/m]
D : Diámetro interior de la tubería [mm]
C : Coeficiente de perdida de carga (Hazen-Williams)

Se presentan tres válvulas de aire en el tramo de estudio, con el objetivo de utilizar el mismo tipo de válvula para los casos de estudio, se determinó el caso más desfavorable, aquel que tiene pendiente más pronunciada en su ascenso.

Para vaciado de la tubería			
Coeficiente de Hazen-Williams	C =	140	
Diámetro de tubería	D =	674.8	mm
Pendiente de la tubería	S_1 =	0.0028	m/m
	S_2 =	0.0355	m/m
	S_3 =	0.0452	m/m
Caudal máximo de drenaje	Q_s =	2.60	m^3/s
		9370.47	m^3/h

Figura N° 45: Caudal de vaciado para conducción

De acuerdo a la bibliografía consultada el valor obtenido anterior, se reduce determinado porcentaje en función del diámetro nominal de la cañería. Para la conducción de DN 710 mm, se encuentra entre 500 a 1000 mm, se debe dividir el valor obtenido por 4. Por ende, el valor a considerar es 2342.62 m^3/h.

Para el dimensionado se utilizaron las válvulas de aire suministradas por el fabricante. Generalmente se toma una presión de diseño de 3 o 3.5 mca.

Considerando los dos caudales determinados, tanto el caudal de salida de la tubería como el caudal máximo de drenaje, se ingresó a los ábacos que presentan los fabricantes para escoger el diámetro requerido de la válvula de aire.

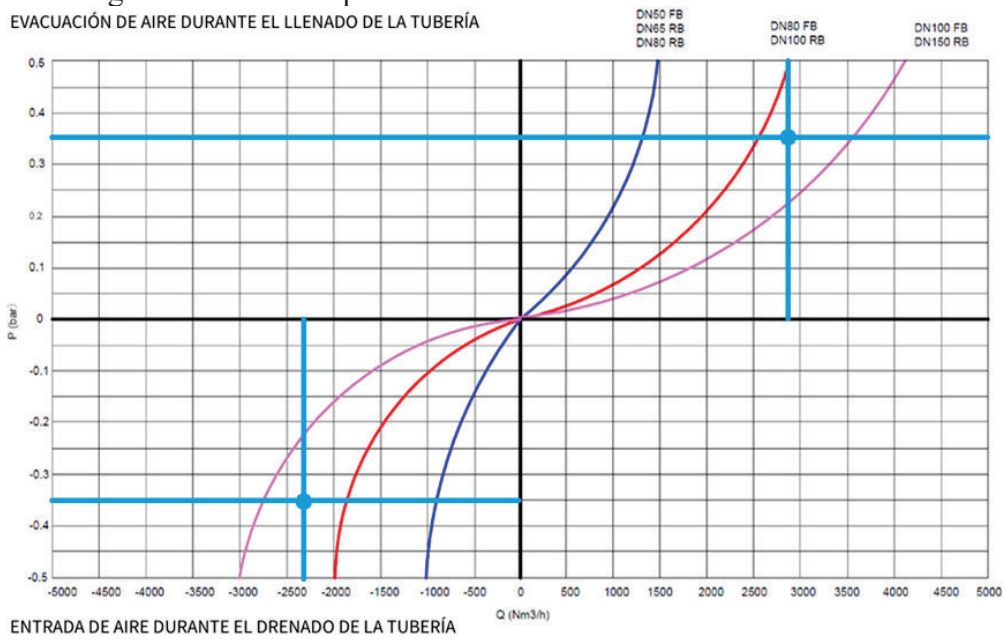

Figura N° 46: Elección válvula de aire según catalogo fabricante

De acuerdo al gráfico presentados, se concluyó que las válvulas de aire trifuncionales deben poseer un diámetro de 6” (seis pulgadas)

4.3.b. Modelo Estructural

En el siguiente apartado se muestran los resultados obtenidos, los cálculos y procedimientos fueron los mismos que se explicaron en el acueducto anterior. Salvo la particularidad del bloque de anclaje vertical que este requiere un análisis que no se ha desarrollado antes

1) Bloque de Anclaje Horizontal

Como criterio de diseño, en este caso, para asegurar un correcto funcionamiento de los bloques de anclaje, se adoptó como presión de diseño 6 bar (equivalente a 60 mca). Una vez calculados, las dimensiones de los mismos son los siguientes

Nudo	b [m]	l [m]	hc [m]	Er [t]	2*E [t]
N1	2.50	2.50	2.50	64.14	60.69
N2	2.50	2.50	2.50	64.98	60.69
N3	2.50	2.50	2.50	64.14	60.69
N4	1.80	1.80	1.80	25.27	14.17
N5	1.80	1.80	1.80	25.28	14.90
N6	1.80	1.80	1.80	24.90	21.49
N7	2.20	2.20	2.20	44.09	41.61
N8	2.20	2.20	2.20	47.38	27.94
N9	2.20	2.20	2.20	44.69	39.63
N10	1.20	1.20	1.40	8.95	7.48
N11	1.20	1.20	1.40	8.90	6.73
N12	2.50	2.50	2.50	64.14	60.69
N13	1.80	1.80	1.80	24.50	16.38
N14	2.20	2.20	2.20	45.94	39.63
N15	2.50	2.50	2.50	70.38	57.99
N16	1.80	1.80	1.80	24.50	16.38

Figura N° 47: Identificación de codos horizontales

Con fines constructivos, se plantearon cuatro tipos de bloques de anclaje, cada uno de estos con diferentes dimensiones geométricas y detalle de armado, seleccionando para cada nudo aquel que permite que se cumpla la condición definida a continuación.

$$Er > 2.0 * Et$$

El valor de 2.0 es un factor de mayoración sugerido por el “Manual Técnico de Diseño de Redes y Utilización (Tubería de PVC Orientado TOM)”, del fabricante (Molecor).

	Ancho b [m]	Largo l [m]	Alto hc [m]
Bloque Tipo 1	1.20	1.20	1.40
Bloque Tipo 2	1.80	1.80	1.80
Bloque Tipo 3	2.20	2.20	2.20
Bloque Tipo 4	2.50	2.50	2.50

Figura N° 48: Dimensiones de los bloques de anclaje

Para la verificación estructural de los bloques propuestos durante la prueba hidráulica, se debió asegurar la estabilidad de los mismos a una presión de prueba de 10 bar (o 100 mca), para esto se confeccionaron las siguientes tablas recalculando los parámetros anteriores con esta nueva presión de trabajo. Con el objetivo de asegurar que no fallen las juntas durante la prueba, se buscó que se cumpla la siguiente relación:

$$\frac{Er}{E} > 1.1$$

Nudo	b [m]	l [m]	hc [m]	Er [t]	Coeficiente
N1	2.50	2.50	2.50	64.14	1.27
N2	2.50	2.50	2.50	64.98	1.28
N3	2.50	2.50	2.50	64.14	1.27
N4	1.80	1.80	1.80	25.27	2.14
N5	1.80	1.80	1.80	25.28	2.04
N6	1.80	1.80	1.80	24.90	1.39
N7	2.20	2.20	2.20	44.09	1.27
N8	2.20	2.20	2.20	47.38	2.03
N9	2.20	2.20	2.20	44.69	1.35
N10	1.20	1.20	1.20	7.60	1.22
N11	1.20	1.20	1.20	7.56	1.35
N12	2.50	2.50	2.50	64.14	1.27
N13	1.80	1.80	1.80	24.50	1.80
N14	2.20	2.20	2.20	45.94	1.39
N15	2.50	2.50	2.50	70.38	1.46
N16	1.80	1.80	1.80	24.50	1.80

Figura N° 49: Verificación de los bloques de anclaje

Se observó que todos los bloques propuestos cumplan con la condición propuesta

2) Bloque de Anclaje Vertical

Similar al caso presentado anteriormente para codos en horizontal, en este punto se presentó el cálculo estructural para la construcción y disposición de los bloques de anclaje. El empuje mayorado producido por el agua debe ser menor a la suma de los empujes resistentes provenientes del suelo y del hormigón.

$$E_{suelo} + E_{H°} > 2.0 * E_{agua}$$

El empuje del fluido se obtuvo mediante la siguiente ecuación, donde solo se considera el primer término, debido a que la velocidad de circulación es menor a 5 m/s:

$$E_{agua} = 2 * P * S * sen\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Donde, cada término representa:

P: presión de ensayo a la que se prueba la tubería (12.5 bar, PN de la cañería) [kg/m2]

S: Sección interna del conducto [m2]

α: Cambio de dirección del flujo de agua [°]

El empuje que resiste la combinación del suelo y el bloque de anclaje de hormigón vienen dadas por las siguientes ecuaciones respectivamente. Correspondiente a la reacción pasiva del suelo y a la fuerza de rozamiento hormigón con el suelo:

$$E_{suelo} = 0.5 * \delta_s * \left(H_1{}^2 - H_2{}^2\right) * B * tan\left(45° - \frac{\theta}{2}\right)^2$$

Donde, cada término representa:
δs: Peso específico del suelo [kg/m2]
H1: Profundidad del macizo de hormigón desde su base hasta la cota del terreno [m]
H2: Profundidad desde la parte superior hasta la cota del terreno [m]
B: Base mayor del hormigón
θ: Ángulo de rozamiento interno del suelo [°]

$$T_{H°} = (V_c * \delta_c + V_s * \delta_s) * f$$

Vc: Volumen del macizo de hormigón [m3]
δc: Peso específico del hormigón, se considera 2400 kg/m3
Vs: Volumen de terreno por encima del macizo de hormigón [m3]
δs: Peso específico del suelo [m3]
f: coeficiente de rozamiento entre el suelo y el hormigón

En el perfil longitudinal adoptado, se presentaron un total de 19 codos verticales, de los cuales no fue requerido la instalación en todos ellos, si no que se adoptó la colocación de un bloque de anclaje cuando el ángulo de deflexión en la cañería sea mayor o igual a 5°, ya que el empuje producido por el agua para ángulos menores es despreciable.

Se muestra el detalle de verificación que se realizó para el codo de 9 grados al que llamamos VO. El procedimiento fue el mismo para los restantes codos verticales

V0 - Codo 9° - PK 1+210.25									
E agua			E suelo			E hormigón			
DN =	0.71	m	ds =	1901	kg/m3	f =	0.57		
S =	0.36	m2	hs =	1.20	m	l =	1.00	m	
P =	125000	kg/m2	ha =	1.91	m	b =	1.00	m	
α =	0.16	rad	H =	0.50	m	A =	1.00	m2	
Eagua =	7014.9	kg	H1 =	2.06	m	Vc =	0.50	m3	
	7.01	ton	H2 =	1.56	m	dc =	2400.00	kg/m3	
			Θ =	0.61	rad	Vs =	1.68	m3	
			B =	1.00	m	ds =	1901.00	kg/m3	
			Esuelo =	26834.7	kg	EH° =	2520.1	kg	
				26.83	ton		2.52	ton	

Esuelo + Ehormigón =	29.35 ton	Verifica	SI
2 * Eagua =	14.03 ton		

Figura N° 50: Verificación de los bloques de anclaje vertical V0

Se adopto un único modelo estructural de bloque de anclaje para todos los codos verticales de estudio, esto con fines de simplificar la construcción de los mismos, donde además los esfuerzos que produce el agua no requieren la elaboración de más de un tipo de bloque.

Se denomina bloque Tipo A, tiene una forma prismática, con la siguiente configuración geométrica:

B = 1.00 m (ancho)
l = 1.00 m (largo)
H = 0.50 m (alto)

Además, fue dispuesta una armadura de piel, consistente en una malla de 20 x 20 cm con un Ø 10 mm, respetando los recubrimientos mínimos para proteger la armadura del contacto con el suelo.

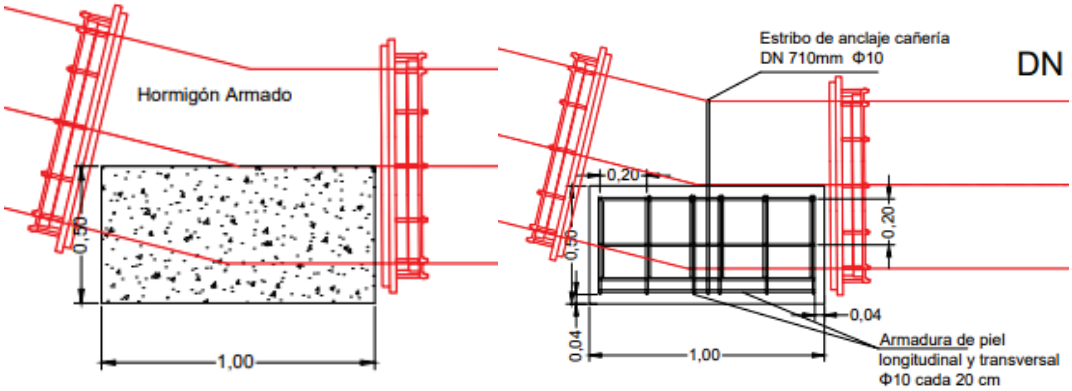

Figura N° 51: Detalle de bloque de anclaje vertical

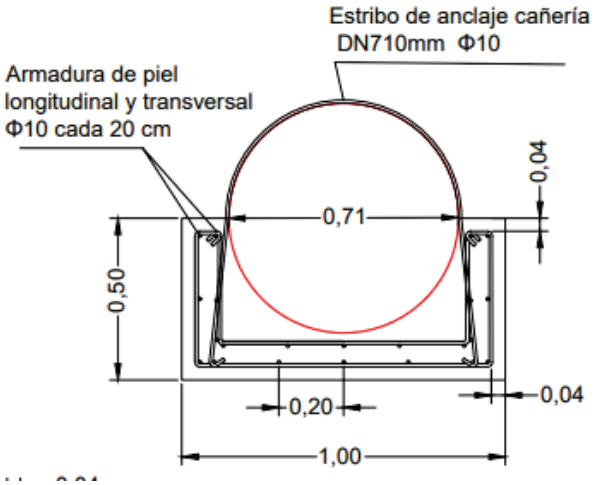

Figura N° 52: Detalle de bloque de anclaje vertical

3) Cámaras de Hormigón

En este punto se diseñaron las cámaras de desagüe y las cámaras para las válvulas de aire explicadas anteriormente. Desde el punto de vista estructural se sigue el mismo procedimiento ya explicado y además se trató de mantener la misma metodología constructiva, es por esto que se diseñó una armadura a replicar en las cámaras a ejecutar, ya que las dimensiones geométricas de planta son las mismas, variando la profundidad en función de la tapada a la cual se encuentre la cañería.

Las dimensiones tomadas para el cálculo fueron: una planta 1.10 x 1.10 m interior, igual para todos los casos de estudio, y un espesor de tabiques y losa de fondo de 0.20 m.

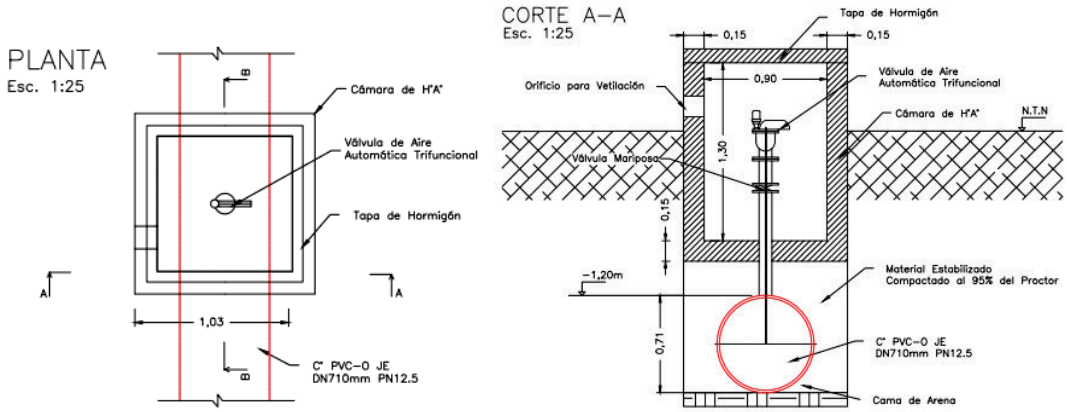

Figura N° 53: Detalle de cámara de válvula de aire

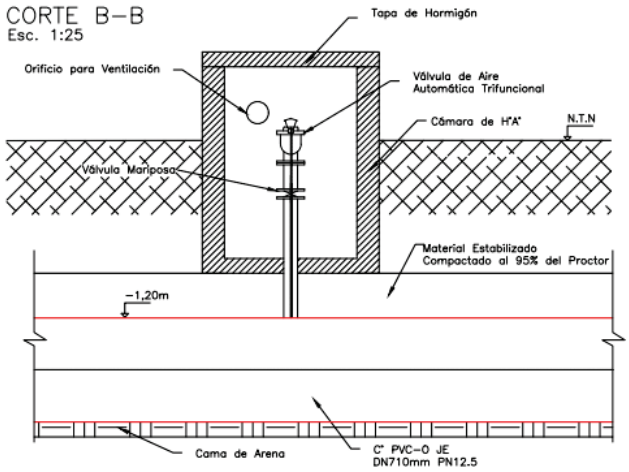

Figura N° 54: Detalle de cámara de válvula de aire

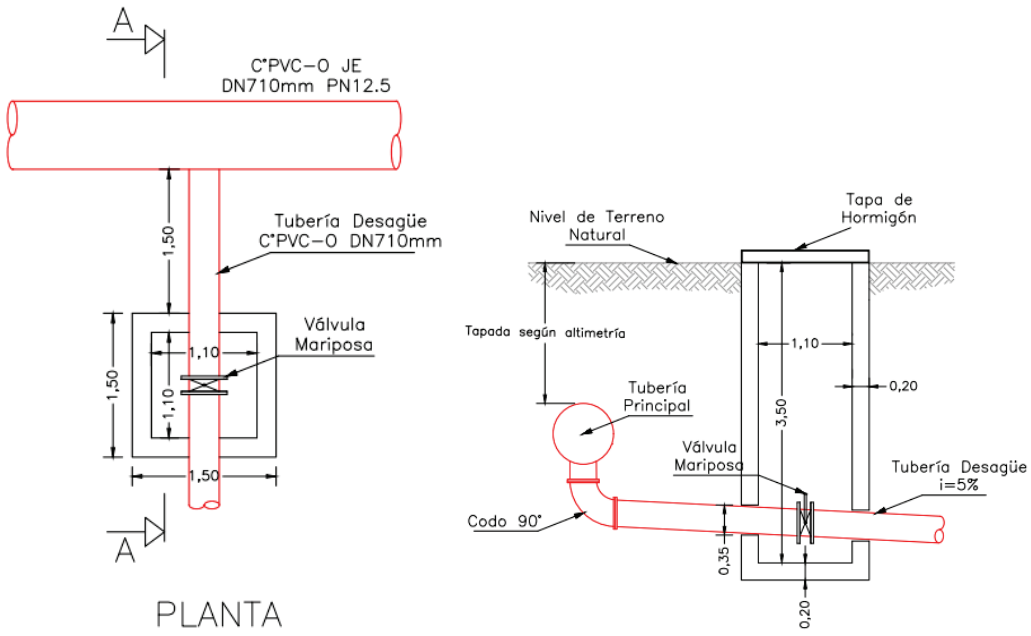

Figura N° 55: Detalle de cámara de desagüe

4.4 Acueducto Aeródromo

Para el último acueducto en donde se trabajó, las tareas y desarrollo fueron los mismos que los anteriores. Es por esto que a modo de no alargar el presente informe sólo en este se menciona el tramo que comprende y la longitud del mismo.

El tramo mencionado tiene su punto de inicio dentro del antiguo aeródromo, más precisamente en la intersección donde finaliza el Acueducto UNC y se deriva dando comienzo al acueducto Aeródromo y Sanidad.

El punto de bifurcación, el cual marca el final del Acueducto UNC e inicio del acueducto Aeródromo se encuentra en la zona perimetral del predio de aeródromo, adyacente a la calle Cristo Redentor.

El punto que indica el final del Acueducto Aeródromo, siguiendo lo mencionado en el Pliego de Bases y Condiciones y Técnicas del Proyecto es sobre la calle Regalado Olguin, en el cruce con la calle Carlos Ocanto.

Figura N° 56: Imagen satelital de la ubicación Bifurcación y finalización Acueducto Aeródromo

La imagen satelital muestra el punto inicial y final del Acueducto Aeródromo, el mismo parte de la bifurcación, recorre todo el aeródromo hacia el Norte y finaliza sobre la calle Regalado Olguin

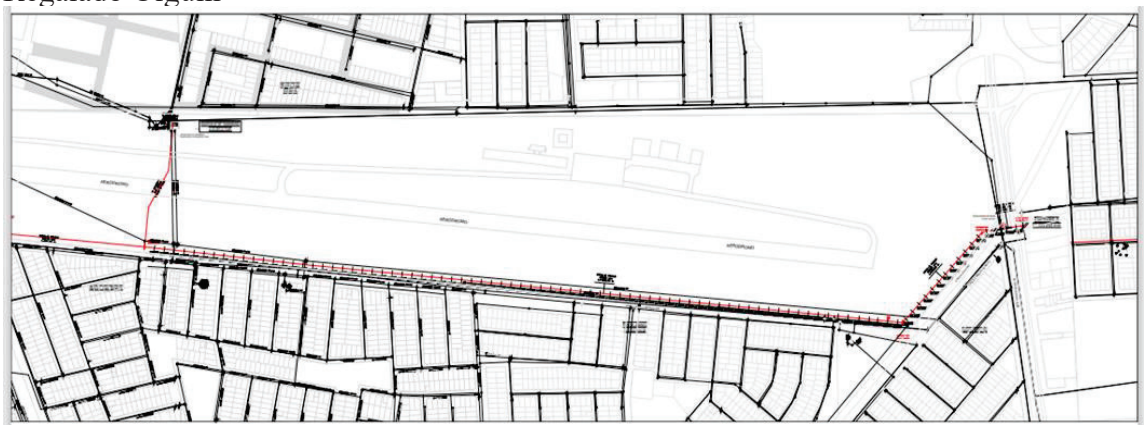

Figura N° 57: Traza del Acueducto Aeródromo

DATOS HIDRAULICOS		
COTA inicial =	834.57	m
Diámetro Nominal =	500	mm
Diámetro Interno =	475.2	mm
Caudal inicial =	0.196	m3/s
Velocidad inicial =	1.11	m/s
Caudal final =	0.196	m3/s
Velocidad final =	1.11	m3/s

Figura N° 58: Parámetros Hidráulicos de la Conducción

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Concluidas las actividades previamente detalladas, se presentan los principales resultados obtenidos.

Entre los aspectos destacados, se encuentra el cálculo del nivel piezométrico asociado a los tres acueductos analizados. Este desarrollo resulta una importancia fundamental, ya que garantiza el escurrimiento por gravedad del agua. En caso de no cumplirse dicha condición, el suministro de agua potable no llegaría a todas las personas dependientes del servicio. El análisis realizado permitió identificar la necesidad de modificar la traza del acueducto *Cámara A 900* en una primera instancia, debido a que la configuración inicial no cumplía con los requerimientos de escurrimiento gravitacional. Este ajuste representa el aporte más relevante de las prácticas realizadas, dado su impacto directo en la funcionalidad y operatividad del sistema

Otra actividad de suma relevancia para el desarrollo del proyecto de provisión de agua potable consiste en la elaboración exhaustiva de planos a escala. Estos planos comprenden planimetrías, altimetrías, detalles de nudos, detalles de doblado y armaduras, así como detalles de cámaras de desagüe, entre otros elementos técnicos. Dichos planos constituyen una herramienta fundamental que facilitará la construcción precisa de cada componente, incluyendo detalles específicos, uniones, armaduras y empalmes, asegurando así una ejecución adecuada y conforme a las especificaciones técnicas establecidas.

Por último, pero no menos relevante, se incluyen los cálculos y verificaciones asociadas al diseño y operación de los acueductos. Entre ellos, destacan el dimensionamiento y análisis de bloques de anclaje, indispensables para contrarrestar las fuerzas generadas por los cambios de dirección del flujo en las cañerías, así como los cálculos estructurales vinculados al diseño y disposición de armaduras en cámaras de desagüe, cámaras de válvulas de aire, losas y tabiques de reserva de agua, entre otros elementos. Asimismo, se obtuvo el análisis detallado de los tiempos de cierre de válvulas con el objetivo de mitigar los efectos del golpe de ariete y prevenir sobrepresiones, contribuyendo así a la seguridad y eficiencia del sistema hidráulico.

6. CONCLUSIÓN Y COMENTARIOS PERSONALES

El desarrollo de la Práctica Profesional Supervisada en el proyecto de acueducto ha sido sumamente enriquecedor a nivel personal, laboral y académico. La posibilidad de integrar tareas de gabinete con tareas de campo resultó en una experiencia muy productiva y formativa.

En el aspecto académico, tuve la oportunidad de profundizar en diversos aspectos de la hidráulica aplicada, todas y cada una de las tareas desarrolladas en la presente memoria ampliaron mis conocimientos teóricos y prácticos. Estos temas, aunque abordados durante la carrera, adquirieron un sentido más concreto y aplicable al ser utilizados en un proyecto real.

En lo que respecta a la experiencia estructural, participé en el cálculo y verificación de diversos sistemas estructurales, tareas que exigieron una integración de conceptos de mecánica de materiales, diseño estructural, Hormigón I y Hormigón II, entre otras.

Estas actividades no solo consolidaron lo aprendido, sino que también me permitieron entender la importancia del trabajo interdisciplinario en la ingeniería. Conocer y analizar directamente las condiciones del terreno y las características del entorno del proyecto me permitió comprender mejor la interacción entre las soluciones diseñadas y su entorno real. Este aprendizaje es fundamental para cualquier ingeniero que desee proponer soluciones efectivas y sostenibles.

Además, trabajar en un equipo multidisciplinario fue una experiencia clave. Tuve la oportunidad de colaborar con ingenieros civiles, técnicos, topógrafos y otros profesionales, lo que enriqueció mi perspectiva sobre los proyectos.

El ambiente laboral fue siempre positivo, con compañeros y tutores dispuestos a compartir conocimientos y aportar nuevas ideas. Este intercambio de saberes complementó mi formación y reafirmó la importancia de abordar los desafíos desde distintas disciplinas.

En resumen, esta PPS no solo fortaleció mi preparación técnica, sino que también me brindó una valiosa experiencia práctica y me permitió comprender la relevancia del trabajo en equipo en el ámbito de la ingeniería civil.

7. RECOMENDACIONES PERSONALES

Este apartado propone una recomendación para los estudiantes interesados en realizar sus Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) en el área de hidráulica. Desde mi experiencia personal, esta oportunidad resultó sumamente enriquecedora y positiva, ya que despertó en mí un interés por el sector que no había desarrollado completamente durante la carrera. Este campo, además, destaca por su amplitud y por la diversidad de aplicaciones relacionadas con el agua. Es fundamental subrayar la relevancia de este ámbito en nuestra provincia, donde constantemente se requieren ideas innovadoras y proyectos que mejoren la calidad del agua. A medida que más ingenieros civiles asuman el reto de liderar estas iniciativas, se garantizará un mejor servicio para la comunidad.

Por otra parte, sería muy beneficioso, que el proceso de elección de prácticas profesionales se simplificara y ofreciera un campo de opciones más amplio. Esto permitiría que cada estudiante tenga la oportunidad de realizar sus prácticas en el área que más le interese y no únicamente en la que logre conseguir por disponibilidad.

Facilitar este proceso no solo fomentaría una experiencia más satisfactoria y alineada con las preferencias individuales, sino que también potenciaría el desarrollo de habilidades específicas en sectores donde los estudiantes se sientan más motivados y comprometidos. Además, al asegurar que cada estudiante se especialice en su campo de interés, se contribuiría al fortalecimiento de profesionales más capacitados y apasionados por sus áreas de desempeño.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Cantú, A., Cátedra Práctica Profesional Supervisada, Redacción y presentación de informes técnicos, Facultad de Ingeniería UN Cuyo, Mendoza.
2. Cátedra Hidráulica General, Unidad N°4: Canalizaciones Cerradas, Facultad de Ingeniería UN Cuyo, Mendoza.
3. Cátedra Hidráulica General, Unidad N°5: Singularidades en Contornos Cerrado, Facultad de Ingeniería UN Cuyo, Mendoza.
4. Allievi, Software Profesional Para el Cálculo y Simulación de Transitorios Hidráulicos en Sistemas a Presión y en Lámina Libre, Manual, Versión 3.0.0, 2018
5. Memoria Descriptiva y Técnica, Verificación Hidráulica Tubería, Sistema Provisión de Agua Potable Pedemonte Norte, Mendoza 2024
6. Pliegos de Bases y Condiciones Particulares y Técnicas, Sistema Provisión de Agua Potable Pedemonte Norte, Mendoza 2024
7. CIRSOC 201, Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y de Sobrecargas Mínimas de Diseño Para Edificios y Otras Estructuras, Julio 2005, Mendoza