

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
OBRA: MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE
AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO CARMEN ALTO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ALDO ALEXIS ARRASCUE MANOSALVA

Lima- Perú

2012

INDICE	Pag.
RESUMEN	2
LISTA DE CUADROS	3
LISTA FIGURAS	4
INTRODUCCION	5
CAPÍTULO I: PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	6
1.1 DEFINICIÓN.	8
1.1.1 Fuentes de agua.	9
1.1.2 Características del agua.	14
1.2 CLASIFICACIÓN.	21
1.2.1 Plantas de tratamiento de agua potable de acuerdo al tipo de Proceso.	21
1.2.2 Plantas de tratamiento de agua potable de filtración rápida de acuerdo al tipo de tecnología utilizada.	28
CAPÍTULO II: MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO	35
2.1 OBJETIVOS	35
2.1.1 Resumen del proyecto de la planta potabilizadora	35
2.2 CARACTERISTICAS	37
2.2.1 El proceso de tratamiento	37
2.2.2 Descripción de la planta	37
CAPÍTULO III: GENERALIDADES	41
3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS CÁLCULOS.	43
3.1.1 Parámetros de diseño y estructuración	43
CAPÍTULO IV: DISEÑO HIDRÁULICO	66
4.1 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	66
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1 CONCLUSIONES	82
5.1 RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXOS	86
PLANOS	88

RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia trata del diseño hidráulico de la planta de tratamiento de agua potable para el Centro Poblado de Carmen Alto, Distrito de Nuevo Imperial, Cañete.

Los pobladores del Centro Poblado "Carmen Alto", actualmente cuentan con un servicio de agua (la cual no es potable) precario y limitado aproximadamente a 2 horas diarias en la zona alta y 3 horas en la zona baja, afectando la calidad de vida de la población.

El Canal de derivación del cual se capta actualmente el agua para Carmen Alto es regulado por la Junta de Usuarios del Canal Nuevo Imperial.

El punto de captación existente consiste de una bocatoma con una tubería de 8" de diámetro de PVC. Se observa que el flujo del agua que deriva a la bocatoma es muy lento y esta situación empeora cuando se abre la compuerta inmediata en la continuación del canal para regadío.

En este contexto se ha desarrollado el Expediente Técnico: "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable del Centro Poblado Carmen Alto", con el propósito de obtener las características, requisitos y especificaciones necesarias para la ejecución del proyecto.

Por lo tanto existe la necesidad de proporcionar al Centro Poblado de Carmen Alto de agua de calidad y en cantidad suficiente para cubrir la demanda y mejorar la calidad de vida de la población mencionada.

Luego de evaluar las diferentes alternativas de la planta de tratamiento, se ha diseñado una Planta de tratamiento de tecnología apropiada CEPIS/OMS con filtros de tasa declinante y lavado mutuo, aprovechando las cargas hidráulicas, siendo el funcionamiento de la planta totalmente con energía hidráulica

De acuerdo al cálculo hidráulico, para el diseño de la planta de tratamiento, el caudal medio diario teórico es de 29.05 lts/seg. Se ha resuelto una planta de tratamiento de 31.5 lts/seg. La planta de tratamiento de agua potable tiene las siguientes unidades: pre-sedimentador, mezcla rápida, floculador, sedimentador y filtro rápido.

El diseño hidráulico de la planta de tratamiento se realizó aplicando los manuales del CEPIS/OMS, para plantas de tratamiento de tecnología apropiada.

LISTA DE CUADROS

	Pag.
01 - Diferencias de la calidad entre las aguas superficiales y las subterráneas.	03
02 - Límites de calidad del agua aceptables para el tratamiento mediante filtración rápida completa. 23	23
03 - Límites de calidad del agua para plantas de filtración directa.	24
04 - Otros parámetros de calidad importantes para la filtración directa.	25
05 - Límites de calidad del agua para tratamiento mediante filtración lenta.	27
06 - Obras de potabilización.	36
07 - Cálculo de la Captación.	68
08 - Cálculo de la Aducción.	69
09 - Cálculo del Pre-sedimentador.	70
10 - Cálculo de la Unidad de Mezcla Rápida.	71
11 - Cálculo de la Unidad de Floculación – Floculador. 01.	72
12 - Cálculo de la Unidad de Floculación – Floculador. 02.	73
13 - Cálculo de la Unidad de Floculación – Floculador. 03.	74
14 - Cálculo de la Unidad de Decantación - Decantador.	75
15 - Cálculo de la Unidad de Decantación - Canal de agua floculada.	76
16 - Cálculo de la Unidad de Decantación - Canal central.	77
17 - Cálculo de la Unidad de Decantación - Recolector de agua decantada.	78
18 - Cálculo de la Unidad de Decantación - Colector Multiple con tolvas separadas.	78
19 - Cálculo de la Unidad de Filtración - Batería de filtros.	79
20 - Cálculo de la expansión del lecho filtrante.	79
21 - Cálculo de la Unidad de Filtración - Batería de filtros.	80
22 - Cálculo de la Unid. de Filtrac.- Perdida de carga durante el lavado de un filtro.	81
22 - Cálculo de la Unidad de Filtración - Carga hidráulica que requiere para operar tasa declinante.	82

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
01 - El Ciclo del Agua.	8
02 - Flujo del agua subterránea.	10
03 - Contaminación del agua subterránea.	11
04 - Sistema de tecnología convencional clásica.	29
05 - Planta de filtración rápida de alta tasa – Pto. Maldonado.	32
06 - Planta de filtración rápida de alta tasa – Vilcacoto.	32
07 - Planta patentada – Decantador de manto de lodos.	34
08 - Planta patentada – Mezcladores rápidos mecánicos.	34
09 - Vertedero rectangular.	43
10 - Floculador de pantallas de flujo horizontal.	49
11 - Decantador de placas de flujo ascendente.	59
12 - Decantador - Tolvas separadas y colector múltiple.	59
13 - Batería de filtros de lavado mutuo y tasa declinante.	64
14 - Filtro de lavado muto y tasa declinante.	65

INTRODUCCIÓN

Presento a consideración del jurado el Informe de Suficiencia “Planta de tratamiento de agua potable Obra: Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable del centro poblado Carmen Alto” para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil que otorga la Universidad Nacional de Ingeniería a nombre de la Nación, para lo cual se ha desarrollado el expediente técnico de la “Obra: Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable del centro poblado Carmen Alto”.

La Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, desarrolla su labor social con la finalidad de mejorar la calidad de vida de las comunidades más pobres de nuestro país. En nuestro caso ha realizado un convenio con la Municipalidad del distrito de Nuevo Imperial, provincia de Cañete, departamento de Lima, para desarrollar expedientes técnicos de abastecimiento de agua y alcantarillado para sus centros poblados, en nuestro caso en particular para el Centro Poblado de Carmen Alto.

Los beneficiarios del Centro Poblado de Carmen Alto, con una proyección futura al año 2032, serán de aproximadamente 4600 habitantes.

Para este fin he desarrollado los cálculos hidráulicos de la “Planta de tratamiento de agua potable Obra: Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable del centro poblado Carmen Alto”, en 05 capítulos:

- ✓ Capítulo I : Plantas de tratamiento de agua o plantas potabilizadoras. Se ha desarrollado el fundamento teórico para el diseño de la planta de tratamiento de agua potable.
- ✓ Capítulo II : Memoria descriptiva del proyecto. Se ha desarrollado los objetivos y características de la planta de tratamiento de agua potable.
- ✓ Capítulo III : Generalidades. Se ha desarrollado la memoria descriptiva de los cálculos hidráulicos de las diferentes unidades de la planta de tratamiento de agua potable.
- ✓ Capítulo IV : Diseño Hidráulico. Se ha desarrollado los cálculos hidráulicos de las diferentes unidades de la planta de la planta de tratamiento de agua potable.
- ✓ Capítulo V : Conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

El agua (del latín aqua) es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre y se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74%, los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost (capa de hielo permanentemente congelado en los niveles superficiales del suelo de las regiones muy frías) y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

Se estima que aproximadamente el 70% del agua dulce es usada para agricultura.

El agua es esencial para la mayoría de las formas de vida conocidas por el hombre, incluida la humana. El acceso al agua potable se ha incrementado durante las últimas décadas en la superficie terrestre, sin embargo estudios de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura), estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes del 2030; en esos países es vital un menor gasto de agua en la agricultura modernizando los sistemas de riego.

Durante su recorrido por la superficie terrestre, el agua se va cargando de sustancias disueltas y en suspensión (Además de sustancias disueltas, las aguas pueden llevar pequeños trocitos sólidos en suspensión que las enturbian.), que pueden resultar perjudiciales para las personas y animales, por lo que antes de consumirla es necesario analizar su composición.

A lo largo de la historia, el ser humano ha recurrido a los cuerpos de agua para abastecerse de este recurso, para realizar sus diversas actividades agrícolas, ganaderas, industriales y recreacionales, así como para eliminar sus propios desechos, las cuales han provocado que con el paso del tiempo la cantidad y tipo de residuos que se liberan en los cursos de agua se hayan incrementado y diversificando trayendo como consecuencia que la calidad original del agua se

haya degradado contaminándose con sustancias químicas y microbiológicas, además del deterioro de sus características estéticas, transformándose así en origen y vehículo de diversas enfermedades.

Antes de ser consumida, el agua se somete a un proceso llamado potabilización, el tratamiento de las aguas naturales tiene como propósito eliminar los microorganismos, sustancias químicas, caracteres físicos y radiológicos que sean nocivos para la salud humana.

El suministro de agua potable implica diversos aspectos entre los que se encuentra la adecuación de su calidad para consumo humano. Para ello se requiere encontrar la forma más conveniente de hacerlo, tanto desde el punto de vista técnico como del económico. Lo más común es efectuar el suministro de agua a partir de las denominadas fuentes convencionales, compuestas por las aguas subterráneas (acuíferos) y las superficiales (ríos, lagos y presas). Rara vez se acude a las no convencionales, que son los acuíferos salados, el agua de mar y el agua negra. Por su elevada calidad, se prefiere potabilizar aguas de acuíferos para los cuales basta con aplicar cloración y en algunos casos eliminar hierro y manganeso. En cambio, para aguas superficiales se requieren plantas potabilizadoras más complejas, que incluyen procesos como coagulación, floculación, sedimentación, filtración y por supuesto, desinfección con cloro.

No hay que confundir potabilización con depuración, que consiste en tratar las aguas residuales urbanas en plantas depuradoras con el objeto de reutilizarlas o de disminuir la contaminación de ríos, lagos y mares.

El tratamiento del agua nace como consecuencia del descubrimiento de que a través de ella podía transmitirse el cólera, como lo demostró John Snow, en Inglaterra, en 1854.

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos.

El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental.

1.1 DEFINICIÓN

Una Planta de Tratamiento de Agua o Planta Potabilizadora, es una secuencia de operaciones o procesos unitarios, convenientemente seleccionados con el fin de remover totalmente los contaminantes microbiológicos presentes en el agua cruda y parcialmente los físicos y químicos, hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados por las normas.

Una operación unitaria es un proceso químico, físico o biológico mediante el cual las sustancias objetables que contiene el agua son removidas o transformadas en sustancias inocuas. La mayor parte de los procesos originan cambios en la concentración o en el estado de una sustancia.

El diseño de una planta de tratamiento, requiere conocer la composición química y física del agua a tratar, así se sabrá cuáles elementos hay que abatir (ejemplo: Químicos como el Arsénico) y cuáles eventualmente adicionar (ejemplo: Alcalinizantes como la Cal).

Los procesos de potabilización están en función de la calidad del agua en las fuentes de captación, pudiendo ser tan sencillo como la desinfección, o involucrar diversas operaciones unitarias como oxidación, coagulación, floculación, sedimentación y filtración, además de la desinfección. En algunos casos, se llega a requerir intercambio iónico, ósmosis inversa o adsorción con carbón activado.

Figura N° 01 : El Ciclo del Agua.



1.1.1 FUENTES DE AGUA

El agua, al igual que la energía, no se crea ni se destruye por lo que la cantidad total presente en el planeta es constante. Sin embargo, al nivel local la cantidad y, particularmente, la calidad no son constantes.

Por conveniencia, la humanidad ha hecho uso de las fuentes de mejor calidad para abastecer sus necesidades por requerir menor tratamiento para su uso. Éstas, las subterráneas y superficiales, se conocen como fuentes convencionales y se prefieren a las no convencionales (agua de mar y aguas residuales). Sin embargo, la falta de tratamiento de las aguas residuales ha hecho que las primeras se mezclen con las aguas negras a través del ciclo hidrológico y así las fuentes convencionales día a día experimenten un mayor grado de contaminación.

A continuación se analizan las principales características del agua contenida en los cuerpos de agua subterráneos y superficiales y se relacionan con las necesidades de tratamiento que implican.

1.1.1.1 FUENTES SUBTERRÁNEAS

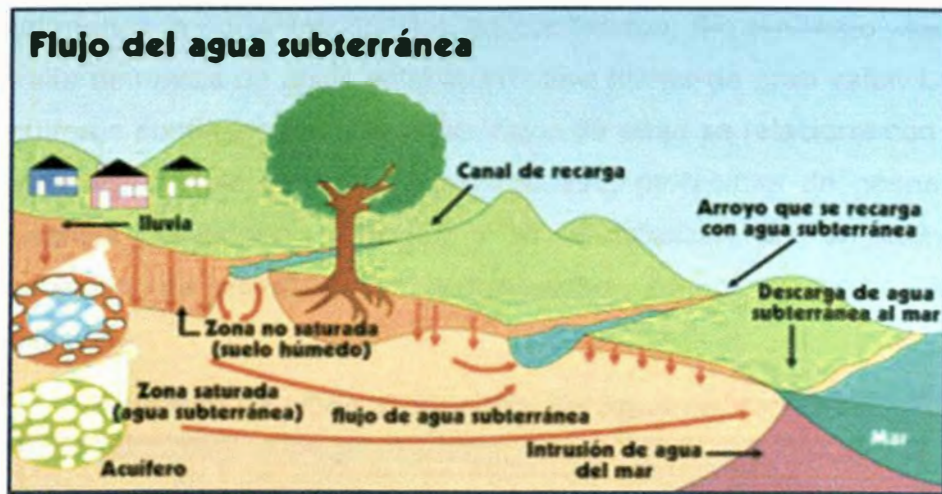
Las aguas subterráneas son las que discurren y están embolsadas bajo la superficie. Suponen casi el 25% de las aguas continentales.

Proceden sobre todo de las precipitaciones. Cuando llueve, una parte del agua penetra por infiltración bajo el terreno, empapando los espacios existentes entre los minerales de las rocas porosas. Cuando encuentran capas de rocas impermeables (fundamentalmente arcilla), se acumulan formando bolsas subterráneas llamadas acuíferos.

En ocasiones estas aguas subterráneas pueden llegar a formar ríos y lagos subterráneos (en los terrenos calizos). Si encuentran una salida al exterior forman manantiales (agua fría) o fuentes termales (agua caliente).

Es frecuente que este recurso sea utilizado por el ser humano tanto para el abastecimiento directo al ser humano o para utilizar como recursos agrícolas o industriales. La sobreexplotación de los acuíferos ocasiona problemas graves de sequía y desertización.

Figura N° 02 : Flujo del agua subterránea.



Se caracterizan por tener un patrón de flujo relativamente estable en términos de dirección y velocidad. Esta última es del orden de 10^{-10} a 10^{-3} m/s, en función de la porosidad y permeabilidad del material geológico, aunque en formaciones de tipo cárstico o fracturadas pueden alcanzar valores de varios metros por segundo, como consecuencia, el mezclado es pobre.

Por lo general, los acuíferos por estar cubiertos, presentan una buena calidad de agua, libre de sólidos suspendidos. Con excepción de las áreas donde la infiltración de aguas contaminadas ocurre muy rápidamente o en un corto trayecto, las aguas subterráneas no tienen problemas de contaminación. También, es común que estén libres de patógenos. Por ello, no requieren grandes sistemas de potabilización y la simple desinfección (cloración) es suficiente. Por otra parte, la calidad de los acuíferos depende también de la capacidad del agua para disolver compuestos del suelo mientras fluye al infiltrarse o durante su almacenamiento (que puede ser hasta de cientos de años). Por ello, el agua subterránea contiene un mayor número de iones disueltos, entre los que se encuentran cationes (calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro y manganeso) y aniones (carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y cloruros). Estos componentes se reflejan en problemas para el abastecimiento como los que ocurren por las "aguas duras", conductividad elevada y alteraciones estéticas ocasionadas por el hierro (Fe) y manganeso (Mn).

En términos de volumen de agua potable los acuíferos confinados son menos importantes que los no confinados. Sin embargo, dada la alta demanda de agua potable son una fuente de gran valor. Los acuíferos confinados son los más viejos (la edad se relaciona con la salinidad, exceso de hierro y manganeso, problemas de gases y ausencia de oxígeno disuelto) y se caracterizan por un menor contenido de nitratos y contaminantes orgánicos como los pesticidas.

Figura N° 03 : Contaminación del agua subterránea.



1.1.1.2 FUENTES SUPERFICIALES

El agua superficial se define como cualquier cuerpo de agua abierto a la atmósfera susceptible de fluir o permanecer en reposo como corrientes, ríos, lagunas, lagos y embalses. Estas fuentes se alimentan de la precipitación directa, o bien, por la descarga de agua de algún manto freático.

En las corrientes y ríos (con velocidad entre 0.1 y 1 m/s) el volumen de agua varía debido a la precipitación y derrames accidentales, además, son susceptibles de introducir y transportar contaminantes hacia la red de suministro del agua potable.

Por otro lado, los lagos y embalses, pueden ser considerados como ríos de flujo lento (velocidad entre 0.001 y 0.01 m/s). Esta retención del agua hace que sea más clara debido a que la actividad microbiana actúa para remover materia orgánica y las fluctuaciones físicas y el proceso de sedimentación separan el material particulado.

Es decir, el almacenamiento del agua implica mejoras en la calidad, lo que llega a reducir el tratamiento antes del suministro. Sin embargo, esto se complica por dos factores que deterioran considerablemente la calidad. El primero se refiere a que en aguas en reposo se favorecen las poblaciones de algas, y segundo, la profundidad de los lagos y embalses puede generar un sistema estratificado térmicamente, en particular durante los meses de verano con ausencia de oxígeno.

Las aguas superficiales son por lo general menos duras, tienen mayor concentración de oxígeno disuelto y no contienen ácido sulfhídrico. Su temperatura es variable en función del año y la profundidad de la captación. En contrapartida, son fácilmente contaminables, tienen alta actividad biológica, color, turbiedad, sólidos en suspensión, materia orgánica y material flotante por lo que el tratamiento principal que se les aplica es la remoción de partículas.

Por definición, las fuentes de agua superficiales se consideran contaminadas y, por tanto, deben ser tratadas.

Las fuentes superficiales más importantes para el suministro de agua potable son:

- Ríos,
- Arroyos,
- Lagos,
- Canales,
- Lagunas,
- etc.

La extracción de fuentes superficiales no debe interferir con las actividades normales asociadas a ese cuerpo de agua y debe asegurar un abastecimiento constante con calidad. Para mantener la integridad de los cuerpos se debe calcular un flujo mínimo en época de escasez y mantenerlo para todo el año. El límite a dicha extracción está en función de la protección de la calidad biológica de la fuente, la dilución de las descargas, asegurar el uso normal del cuerpo y permitir un adecuado flujo.

1.1.1.3 COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

A manera de resumen en la Tabla N° 01, se presentan las principales diferencias existentes entre las aguas superficiales y las subterráneas. Se puede observar que en las aguas superficiales hay una mayor variabilidad, tanto de las sustancias y parámetros presentes, como de sus concentraciones, debido principalmente a la exposición del agua, lo que provoca que cambie su composición de acuerdo con las características del ambiente.

En general, se considera que es más económico potabilizar agua subterránea que agua superficial debido a su bajo costo de tratamiento.

Cuadro N° 01: Diferencias de la calidad entre las aguas superficiales y subterráneas.

Características examinadas	Aguas superficiales	Aguas subterráneas
Temperatura	Variable según la época del año	Relativamente constante
Turbiedad (materia en suspensión)	Variable, a veces elevada	Baja o nula
Mineralización	Variable en función de los terrenos, precipitación, vertidos, etc.	Sensiblemente constante, generalmente mayor que en la superficie de la misma región
Hierro y manganeso divalentes en estado disuelto	Generalmente ausentes, salvo en el fondo de cuerpos de agua en estado de eutroficación	Generalmente presentes.
Dióxido de carbono	Generalmente ausente	Normalmente presente en gran cantidad
Oxígeno disuelto	Normalmente próximo a saturación	Ausencia total en la mayoría de los casos
Amonio	Presente sólo en aguas contaminadas	Presencia frecuente, sin ser un índice sistemático de contaminación
Ácido sulfhídrico	Ausente	Normalmente presente
Silice	Contenido moderado	Contenido normalmente elevado
Nitratos	Poco abundante en general	Contenido a veces elevado, riesgo de metahemoglobinemia
Microorganismos	Bacterias (algunas patógenas), virus, plancton	Frecuentes ferrobacterias

Fuente: Degrémont, 1979

1.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

1.1.2.1 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Los siguientes microbios se transmiten por el agua:

- *Vibrio cholerae*.
- *Salmonella typhi*.
- *Shigella* SPP.
- Virus hepatitis A.
- *Salmonella* SPP.
- *Escherichia coli* patógenas.
- Huevos de parásitos: entre ellos tenemos *Ascaris*, *Echinococcus*, *Taenia*, *Entamoeba*, *Giardia*, *Toxoplasma*.

La calidad bacteriológica del agua se determina mediante la prueba de los coliformes.

En el agua, los coliformes se consideran indicadores de contaminación fecal.

a. Coliformes totales

Los coliformes totales son ampliamente utilizados a nivel mundial como indicadores de potabilidad por ser fáciles de detectar y cuantificar. El término abarca bacterias de tipo bacilos Gram negativas que crecen en presencia de sales biliares o de otros compuestos con propiedades similares de inhibición y que fermentan lactosa a 35 37°C produciendo ácido, gas y aldehído en un plazo de entre 24 y 48 horas. Esta definición aplica aún cuando en la práctica ha sido modificada parcialmente por el empleo de técnicas más modernas de detección. La prueba detecta tanto especies de agua contaminada como otras abundantes en la naturaleza que se multiplican fácilmente en agua de buena calidad, por lo que en realidad no sirve como indicador definitivo de un agua inapropiada para consumo ni de patógenos.

b. Coliformes fecales

Los coliformes fecales son todos los bacilos cortos que difieren del grupo coliforme total por su capacidad para crecer a una temperatura de entre 44 y 45 °C. Abarca los géneros *Escherichia* y parte de algunas especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. De ellos, sólo *E. Coli* es específicamente de origen fecal y se encuentra siempre presente en las heces de humanos, otros mamíferos y gran número de aves.

Los coliformes fecales no se encuentran en aguas y suelos que no han estado sujetos a contaminación fecal. Por ello desde el punto de vista de la salud, el grupo coliforme fecal es mucho más útil que el total, pues se relaciona con la probabilidad de encontrar patógenos excretados. Las ventajas de este grupo como indicador son:

El 95 % dan una respuesta positiva a la prueba de temperatura.

Pueden estar ausentes, si la contaminación no es de origen fecal.

Sobreviven menos tiempo en la naturaleza que los totales por lo que permiten suponer contaminación reciente si se encuentran en altas concentraciones.

Son más exigentes que los coliformes totales para reproducirse en el ambiente extraintestinal.

Los procedimientos de laboratorio para su cuantificación son relativamente sencillos. Sin embargo, algunas cepas dan respuesta negativa a la prueba de temperatura en el laboratorio.

Tienen la capacidad de reproducirse en aguas ricas en nutrientes, en sedimentos y aún en aguas poco contaminadas; algunas cepas de *Escherichia coli* sobreviven menos tiempo que *Salmonella* en aguas a bajas temperaturas y otras son patógenas al hombre.

1.1.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS

Las características físicas y organolépticas se refieren, en general, a mediciones indirectas de componentes químicos presentes en el agua que pueden o no ser tóxicos. Dentro de este tipo de parámetros se encuentran aquellos relacionados con la calidad estética cuya importancia reside en que el agua debe agradar a los consumidores y no provocarles desconfianza ni perjuicios en sus instalaciones o bienes.

a. Color

El color es importante, ya que da una indicación rápida de la calidad del agua.

Además, junto con el olor y el sabor determina la aceptación por parte del consumidor. Hay dos tipos de color: el verdadero, producido por sustancias disueltas y que es el parámetro considerado en la norma; y el aparente, provocado por el color verdadero más el efecto de los sólidos en suspensión.

El color en el agua de abastecimiento puede ser originado por la presencia de iones metálicos como el hierro y el manganeso, las sustancias húmicas (materia orgánica proveniente de suelos turbosos) y el plancton o las algas.

Para eliminar el color aparente se aplica la coagulación-floculación seguida por sedimentación. La cantidad de coagulante depende de la concentración inicial del color y del pH óptimo (generalmente ácido). En el caso del color verdadero, se recurre a sistemas más complejos como la absorción en carbón activado, oxidación y filtración en zeolitas, según sea el origen del color.

b. Olor y sabor

A la percepción combinada de las sustancias detectadas por los sentidos del gusto y el olor, suele llamársele sabor. Los problemas de sabor con frecuencia son la causa principal de las quejas por parte del consumidor. Los cambios en el sabor y olor normal del agua de abastecimiento público pueden derivarse de

una variación en la calidad de la fuente o por la deficiencia en el proceso de potabilización.

El olor y el sabor son producidos tanto por compuestos inorgánicos como orgánicos volátiles y lábiles que se encuentran en el agua desde su origen, como resultado de procesos biológicos, por contaminación humana o por la interacción de compuestos durante la potabilización. El olor y el sabor se deben a un amplio número de compuestos (más de 5000) y su presencia no es un indicador directo de la existencia de sustancias dañinas.

En agua potable, los compuestos que causan olor y sabor son orgánicos e inorgánicos dependerá de los niveles de concentración en que se encuentren para poder ser percibidos. También participan algunos microorganismos.

Como se mencionó, el significado principal del olor y sabor se relaciona con la aceptabilidad del público. En términos de riesgo, lo que importa es saber a qué se debe y, en especial, si el olor y sabor de un agua varía con el tiempo, ya que puede implicar la aparición de algún compuesto tóxico. Por la amplia variedad de incertidumbre en este tema, la OMS no estableció un valor guía para el olor y sabor basado en aspectos de salud, sino lo hizo en términos de la aceptabilidad.

La eliminación del olor y del sabor se asocia con el tipo de compuesto que la origina.

El ozono combinado con carbón activado tiene una gran eficacia para remover olores y sabores causados por compuestos orgánicos. Otra opción es la oxidación con cloro (en dosis superior al punto crítico), dióxido de cloro, agua oxigenada o permanganato de potasio, seguidos casi siempre de filtración. También, es posible combinar la oxidación con la adsorción en carbón activado.

c. Turbiedad

La turbiedad incrementa el color aparente del agua y se debe a la presencia de materia suspendida orgánica e inorgánica como la arcilla, sedimentos, plancton y organismos microscópicos. Lo que se mide como turbiedad es la pérdida de luz transmitida a través de la muestra por difracción de los rayos al chocar con las partículas, y por ello depende no sólo de su concentración sino también de su tamaño y forma.

En general, las partículas que producen turbiedad varían entre 1nm a 1mm y provienen de la erosión de suelos y materiales. La importancia sanitaria de la turbiedad radica en que por sus componentes arcillosos y orgánicos adsorben otros compuestos como plaguicidas, metales y microorganismos que ellos sí pueden ser dañinos. Particularmente, la turbiedad fomenta un mayor desarrollo de los microorganismos ya que sirve de superficie para que éstos se alimenten y reproduzcan. Además, la turbiedad protege a los microorganismos de los desinfectantes, que se meten adentro de las partículas por lo que se recomienda clorar agua sólo con niveles inferiores a 5 UTN. Este valor corresponde al de la guía de la OMS y a la norma de agua potable. En caso de no eliminar la turbiedad se pueden encontrar coliformes fecales en agua con cloro libre residual de hasta 0.5 mg/l.

Por lo regular, la turbiedad de las aguas subterráneas es muy baja (< 5 UTN) en tanto que la de los cuerpos superficiales es mucho mayor, e incluso muy altas (hasta valores > 1000 UTN) y además variable.

Para remover la turbiedad se emplea la coagulación-floculación, seguida de sedimentación y filtración. En caso de el agua contenga una turbiedad > 100 UTN se puede aplicar un paso previo de sedimentación.

1.1.2.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

De manera natural, el agua contiene sustancias inorgánicas, que comúnmente se utilizan para el consumo humano como es el caso del arsénico, selenio, cromo, cobre, molibdeno, níquel, zinc y sodio. Algunas de ellas son elementos esenciales en la nutrición de hombre. Otras forman parte de los ciclos naturales, como los nitratos y nitritos dentro del ciclo del nitrógeno. Sin embargo, cuando se altera el equilibrio de estos elementos debido a su exceso o carencia, también se modifica la calidad del cuerpo de agua y puede limitar su uso. En cada caso se mencionan procesos para la disminución de la concentración que deberán ser investigados más a fondo y probados antes de su aplicación.

Las características químicas están dadas por la presencia o ausencia de determinados elementos y son muy importantes en salud pública.

Los siguientes elementos se analizan habitualmente:

- Arsénico
- Bario
- Cadmio
- Cromo
- Cianuro
- Plomo
- Selenio
- Plata
- Nitratos
- Mercurio
- Cobre
- Flúor
- Hierro
- Manganeseo.
- Cloruros
- Sodio
- Sulfatos
- Zinc
- Dureza
- Detergentes

A continuación se describe algunos de estos.

- a) **Arsénico:** muy tóxico, produce cáncer de piel y pulmón, irritación ocular, encefalopatía, síndrome de raynaud.
- b) **Cloruros:** sabor salobre al agua.
Lmp = 250 mg/lit.
- c) **Cobre:** sabor desagradable al agua.
Lmp = 1,0 mg/lit.

- d) **Flúor:** previene la caries dental, puede provocar fluorosis.
Lmp=1,5 mg/Lt
- e) **Cromo:** muy tóxico, produce cáncer broncopulmonar, úlceras en sacabocado en manos y dedos, epistaxis.
Lmp = 0,05 mg/Lt.
- f) **Manganeso:** produce manchas en la ropa, alteraciones en sabor del té y café, lesiones del sistema nervioso central como disartria, temblores en extremidades, lengua y párpados.
Lmp=0,1 mg/Lt (se puede autorizar mayores niveles).
- g) **Hierro:** produce manchas en la ropa, alteraciones del sabor y olor del agua.
Lmp = 0,3 mg/Lt.
- h) **Dureza :** retarda acción de jabones y detergentes, causa incrustaciones en calderas y utensilios de cocina.
Lmp magnesio = 125 mg/Lt
- i) **Nitritos:** produce metahemoglobinemia en niños.
Lmp = 1,0 mg/Lt
- j) **Sulfatos:** causa efectos laxantes cuando están en exceso.
Lmp = 250 mg/Lt.
- k) **Plomo:** muy tóxico, produce encefalopatía (convulsiones), neuritis con parálisis de los músculos extensores (manos), temblores y calambres, Insuficiencia renal, anemia, dolor abdominal severo.
Lmp = 0,05 mg/Lt.
- l) **Mercurio:** muy tóxico, produce encefalopatía, parestesias, anestesia en boca y extremidades, ataxia, alteración del campo visual y auditivo y muerte.
Lmp = 0,001 mg/Lt
- m) **Cinc:** no tóxico, causa mal sabor.
Lmp = 5,0 mg/Lt
- n) **Sodio:** no tóxico, afecta a personas con cardiopatías, nefropatías o enfermedades circulatorias.

1.2 CLASIFICACIÓN

Las plantas de tratamiento de agua se pueden clasificar, de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman, en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta.

También se pueden clasificar, de acuerdo con la tecnología usada en el proyecto, en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente.

1.2.1 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE ACUERDO AL TIPO DE PROCESO

1.2.1.1 PLANTAS DE FILTRACIÓN RÁPIDA

Estas plantas se denominan así porque los filtros que las integran operan con velocidades altas, entre 80 y 300 m³/m².d, de acuerdo con las características del agua, del medio filtrante y de los recursos disponibles para operar y mantener estas instalaciones.

Como consecuencia de las altas velocidades con las que operan estos filtros, se colmatan en un lapso de 40 a 50 horas en promedio. En esta situación, se aplica el retrolavado o lavado ascensional de la unidad durante un lapso de 5 a 15 minutos (dependiendo del tipo de sistema de lavado) para descolmatar el medio filtrante devolviéndole su porosidad inicial y reanudar la operación de la unidad.

De acuerdo con la calidad del agua por tratar, se presentan dos soluciones dentro de este tipo de plantas: plantas de filtración rápida completa y plantas de filtración directa.

a) PLANTA DE FILTRACIÓN RÁPIDA COMPLETA

Una planta de filtración rápida completa normalmente está integrada por los procesos de coagulación, decantación, filtración y desinfección. El proceso de coagulación se realiza en dos etapas: una fuerte agitación del agua para obtener una dispersión instantánea de la sustancia coagulante en toda la masa de agua (mezcla rápida) seguida de una agitación lenta para promover la rápida aglomeración y crecimiento del floculo (etapa de floculación).

La coagulación tiene la finalidad de mejorar la eficiencia de remoción de partículas coloidales en el proceso de decantación (sedimentación de partículas floculentas). El proceso final de filtración desempeña una labor de acabado, le da el pulimento final al agua.

De acuerdo con las investigaciones realizadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, el filtro debe producir un efluente con una turbiedad menor o igual a 0,10 UNT para garantizar que esté libre de huevos de parásitos (*Giardia*, *Cryptosporidium*, etc.). Para lograr esta eficiencia en la filtración, es necesario que los decantadores produzcan un agua con 2 UNT como máximo.

Finalmente, se lleva a cabo la desinfección, proceso común a los dos tipos de plantas, las de filtración rápida completa y las de filtración directa. La función principal de este proceso es completar la remoción de microorganismos patógenos que no quedaron retenidos en el filtro y servir de protección contra la contaminación que el agua pueda encontrar en el sistema de distribución.

La desinfección, en la forma en que normalmente se aplica (esto es, con cloro residual libre de 1 mg/L a la salida de la planta y tiempo de contacto mínimo de 30 minutos), solo tiene la capacidad de remover bacterias. Para remover huevos de parásitos se necesitarían aplicar dosis altísimas y disponer de tiempos de contacto muy largos, que hacen impracticable el proceso. Como los huevos de parásitos son grandes, un filtro que opere eficientemente y reciba agua con no más de 2 UNT puede producir un efluente exento de huevos de parásitos.

Las altas tasas con las que operan estos sistemas, así como el empleo de la coagulación (proceso cuya operación requiere sumo cuidado), demandan recursos humanos capacitados, por lo que debe estudiarse con detenimiento la posibilidad de utilizarlos fuera de la zona urbana, en zonas marginales, rurales o, en general, en zonas económicamente muy deprimidas.

En los casos en que las características del agua cruda o el terreno disponible para construir la planta obliguen a adoptar este tipo de sistema, se deberán desarrollar las condiciones locales necesarias para asegurar una buena eficiencia en calidad y cantidad.

En la tabla 02 se indican los rangos de calidad del agua en los que puede considerarse esta alternativa de tratamiento.

Cuadro N° 02 : Límites de calidad del agua aceptables para el tratamiento mediante filtración rápida completa.

Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Turbiedad (UNT)	< 1.000	< 800	< 1.500; si excede, considerar presedimentación
Color (UC)	< 150	< 70	
NMP de coliformes termotolerantes/100 mL	< 600		Si excede de 600, se debe considerar predesinfección

b) PLANTA DE FILTRACIÓN DIRECTA

Es una alternativa a la filtración rápida, constituida por los procesos de mezcla rápida y filtración, apropiada solo para aguas claras.

Son ideales para este tipo de solución las aguas provenientes de embalses o represas, las cuales operan como grandes presedimentadores y proporcionan aguas constantemente claras y poco contaminadas.

Cuando la fuente de abastecimiento es confiable —caso de una cuenca virgen o bien protegida—, en la que la turbiedad del agua no supera de 10 a 20 UNT el 80% del tiempo, y no supera 30 UNT ni 25 UC el 90% del tiempo, puede considerarse la alternativa de emplear filtración directa descendente.

Cuando el agua viene directamente del río y aunque clara la mayor parte del año, presenta frecuentes fluctuaciones de turbiedad, normalmente se considera una floculación corta,

generalmente de no más de 6 a 8 minutos, para obtener un efluente de calidad constante, aunque con carreras de filtración más cortas. Esta es la alternativa más restringida de todas en cuanto a la calidad de agua que se va a tratar.

En el caso de aguas que el 90% del tiempo no sobrepasan los 100 UNT y las 60 UC y alcanzan esporádicamente hasta 200 UNT y 100 UC, podrían ser tratadas mediante filtración directa ascendente.

La tercera alternativa disponible para aguas relativamente claras es la filtración directa ascendente–descendente. Esta alternativa es aplicable a aguas que el 90% del tiempo no sobrepasan las 250 UNT ni las 60 UC, y alcanzan esporádicamente más de 400 UNT y 100 UC.

El cuadro 02 sintetiza los rangos de calidad de agua óptimos para cada alternativa de tratamiento mencionada. Este tipo de soluciones requieren un amplio estudio de la fuente, para estar bien seguros de su comportamiento estacional, sobre todo durante los ciclos lluviosos.

Cuadro N° 03 : Límites de calidad del agua para plantas de filtración directa.

Alternativa	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtración directa descendente	Turbiedad (UNT)	25 - 30	<20	<50
	Color verdadero (UC)	<25		
	NMP de coliformes totales/100 mL	<2.500		
	Concentración de algas (unidades/mL)	<200		
Filtración directa ascendente	Turbiedad (UNT)	<100	<50	<200
	Color (UC)	<60		<100
Filtración directa ascendente–descendente	Turbiedad (UNT)	<250	<150	<400
	Color (UC)	<60		<100

Además de las especificaciones de calidad de agua indicadas en el cuadro anterior, se deberán tener en cuenta otros parámetros de calidad de la fuente que se indican en el cuadro 04.

Cuadro N° 04 : Otros parámetros de calidad importantes para la filtración directa.

Parámetros	Valores recomendables
Sólidos suspendidos (mg/L)	< 50
Carbono orgánico total (mg/L)	< 5
pH	5.5–6.5
Fósforo total (mg/L)	< 0.05
Nitrógeno total (mg/L)	< 5
Clorofila (µg/L)	< 10
Coliformes totales (colif./100)	< 2,500
Hierro (mg/L)	10
Manganeso (mg/L)	2

Tener en cuenta estas restricciones es más importante en el caso de la filtración dinámica descendente, en la que el agua tiene un tiempo de retención muy corto dentro de la planta, alrededor de 5 minutos mientras atraviesa el mezclador y el filtro, por lo que si se producen bruscos cambios en la calidad en la fuente, no hay tiempo suficiente para modificar la dosificación.

Sin embargo, la economía que se obtiene en estos casos en el costo inicial de las obras al considerar apenas dos procesos, así como en la operación y mantenimiento de la planta (ahorro de 40% a 50% de sustancias químicas) justifica ampliamente el mayor costo de los estudios.

1.2.1.2 PLANTAS DE FILTRACIÓN LENTA

Los filtros lentos operan con tasas que normalmente varían entre 0,10 y 0,30 m/h; esto es, con tasas como 100 veces menores que las tasas promedio empleadas en los filtros rápidos.

Los filtros lentos simulan los procesos de tratamiento que se efectúan en la naturaleza en forma espontánea, al percolar el agua proveniente de las lluvias, ríos, lagunas, etc., a través de los estratos de la corteza terrestre, atravesando capas de grava, arena y arcilla hasta alcanzar los acuíferos o ríos subterráneos. Al igual que en la naturaleza, los procesos que emplean estos filtros son físicos y biológicos.

Una planta de filtración lenta puede estar constituida solo por filtros lentos, pero dependiendo de la calidad del agua, puede comprender los procesos de desarenado, presedimentación, sedimentación, filtración gruesa o filtración en grava y filtración lenta.

Los procesos previos al filtro lento tienen la función de acondicionar la calidad del agua cruda a los límites aceptables por el filtro lento. Con el tren de procesos indicados se puede remover hasta 500 UNT, teniendo en cuenta que el contenido de material coloidal no debe ser mayor de 50 UNT; es decir, que la mayor parte de las partículas deben estar en suspensión para que sean removidas mediante métodos físicos.

El filtro lento se caracteriza por ser un sistema sencillo, limpio y a la vez eficiente para el tratamiento de agua. Comparado con el filtro rápido, requiere de áreas más grandes para tratar el mismo caudal y, por lo tanto, tiene mayor costo inicial. Sin embargo, su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento lo convierte en un sistema ideal para zonas rurales y pequeñas comunidades.

La filtración lenta, como se ha mencionado, es un proceso que se desarrolla en forma natural, sin la aplicación de ninguna sustancia química, pero requiere un buen diseño, así como una apropiada operación y cuidadoso mantenimiento para no afectar el mecanismo biológico del filtro ni reducir la eficiencia de remoción microbiológica.

El cuadro 05 indica el número de procesos que debe tener la planta para diferentes rangos de turbiedad, color y contaminación microbiológica del agua cruda.

Cuadro N° 05 : Límites de calidad del agua para tratamiento mediante filtración lenta.

Procesos	Parámetros	90% del tiempo	80% del tiempo	Esporádicamente
Filtro lento	Turbiedad (UNT)	< 20	< 10	< 50
	Color verdadero (UC)	< 15	< 5	
	Concentración de algas (UPA/mL)	250		
	DBO5 (mg/L)	5		
	NMP de coliformes totales/100 mL	1.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	500		
Filtro lento + prefiltro de grava	Turbiedad (UNT)	25		
	Color (UC)	15	< 5	< 25
	NMP de coliformes totales/100 mL	5.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	1.000		
	Concentración de algas (UPA/mL)	1.000		
Filtro lento + Prefiltro de grava + sedimentador	Turbiedad (UNT)	100	< 50	< 500
	Color (UC)	< 15	< 5	< 25
	NMP de coliformes totales/100 mL	10.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	3.000		
	Concentración de algas (UPA/mL)	1.000		
Filtro lento + Prefiltro de grava + sedimentador + presedimentador	Turbiedad (UNT)	100	< 50	< 1.000
	Color (UC)	< 15	< 5	< 25
	NMP de coliformes totales/100 mL	10.000		
	NMP de coliformes fecales/100 mL	3.000		
	Concentración de algas (UPA/mL)	1.000		

1.2.2 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE FILTRACION RAPIDA DE ACUERDO AL TIPO DE TECNOLOGIA UTILIZADA

Las características tecnológicas del sistema deben de estar de acuerdo con los recursos económicos, humanos y materiales disponibles localmente para que se puedan cumplir los objetivos de tratamiento previstos.

Por el tipo de tecnología utilizada en la Región, las plantas de filtración rápida se pueden clasificar de la siguiente forma:

- ❖ Sistemas de tecnología convencional clásica o antigua.
- ❖ Sistemas convencionales de alta tasa o de tecnología CEPIS/OPS.
- ❖ Sistemas de tecnología patentada, normalmente importada de los países desarrollados.

1.2.2.1 SISTEMAS DE TECNOLOGÍA CONVENCIONAL CLÁSICA O ANTIGUA

Este tipo de sistema es el más antiguo en nuestro medio. Se ha venido utilizando desde principios del siglo pasado (1910–1920).

Se caracteriza por la gran extensión que ocupan las unidades, principalmente el decantador rectangular de flujo horizontal, el cual normalmente se diseña con tasas comprendidas entre 10 y 60 m³/m².d.

Para mejorar el funcionamiento de los sistemas convencionales, se fueron agregando equipos mecánicos y actualmente la mayor parte de estos sistemas son mixtos, están constituidos por unidades hidráulicas y mecánicas.

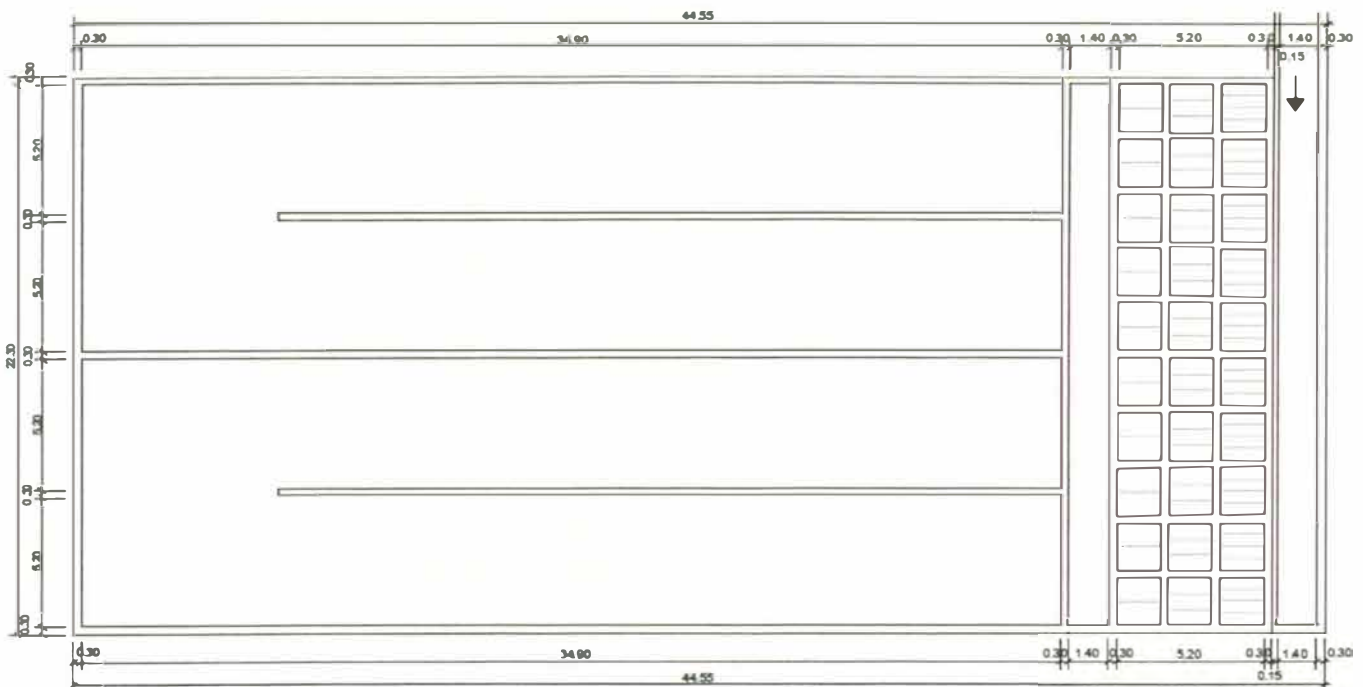
Inicialmente estas plantas carecían de mezcladores y se les agregó retromezcladores. Los floculadores pueden ser hidráulicos o mecánicos, los decantadores rectangulares de flujo horizontal y en algunos casos de vuelta en U. Los decantadores de vuelta en U tienen muchos problemas en su comportamiento, debido a que el giro del flujo dentro de la unidad ocasiona un camino oblicuo y en las zonas adyacentes se forman espacios muertos.

Los filtros son de tasa constante de 120 m³/m².d y de nivel variable. Generalmente, el lecho filtrante es simple, solo de arena. Estas instalaciones se caracterizan por una gran galería de tubos a través de los cuales pasa el agua filtrada.

El agua y la carga para el retrolavado del lecho filtrante normalmente son proporcionadas por un tanque elevado, el cual es alimentado mediante una estación de bombeo desde la cisterna de aguas claras.

En la época en que estos sistemas fueron proyectados, el tratamiento de agua era más un arte que una ciencia. Las investigaciones más importantes en el campo del tratamiento del agua se realizaron a partir de la década de 1960. Antes de ello, los proyectistas aplicaban criterios y parámetros por intuición, con muy poco fundamento técnico. A esto se debe que estos sistemas presenten muchas deficiencias; sin embargo, debido al gran tamaño de las unidades, presentan un potencial enorme para convertirlos en sistemas convencionales de alta tasa. Su capacidad se puede incrementar por lo menos en tres o cuatro veces con muy poca inversión.

Figura N° 04 : Sistema de tecnología convencional clásica



1.2.2.2 SISTEMAS CONVENCIONALES DE ALTA TASA O DE TECNOLOGÍA CEPIS/OPS

Esta tecnología se empezó a desarrollar en la década de 1970 y se ha ido perfeccionando cada vez más a la luz de las últimas investigaciones realizadas en los países desarrollados. Las unidades son de alta tasa, ocupan una extensión que constituye el 25% ó 30% del área que ocupa un sistema convencional de la misma capacidad.

Los decantadores son de placas inclinadas a 60 °C, de tal modo que el área de decantación real es la suma de las proyecciones horizontales de todas las placas, lo que equivale a la superficie del fondo del decantador convencional.

Los filtros se proyectan en baterías para ser operados con altura variable y por el principio de tasa declinante, de acuerdo con el cual los filtros operan con velocidades decrecientes, entre lavado y lavado, y se desfasan en la operación; de este modo, mientras unos están empezando las carreras los otros están a la mitad y el resto terminándola.

Así, entre todos llegan a asumir la capacidad completa del sistema y el caudal permanece constante. El lavado de una unidad se efectúa mediante el caudal que producen los otros filtros en operación, por lo que no se precisa de sistema de bombeo ni de tanque elevado. En estos sistemas el agua decantada, filtrada, para el retrolavado y el desagüe del retrolavado se conducen mediante canales, no tienen galerías de tubos. Estas características hacen que este tipo de sistemas tengan un costo inicial muy bajo. El costo de operación también es mucho más bajo que el de otros sistemas, debido a que no requieren energía eléctrica para su funcionamiento. La planta debe disponerse en forma compacta, esto facilita la operación porque se requiere de menos número de personas para la operación, normalmente solo un operador y un ayudante. Se ahorra área de terreno e infraestructura vial, sólo se requiere de una pista perimétrica y rodeando a ésta el cerco.

Las principales ventajas de esta tecnología son las siguientes:

- **Es sumamente eficiente.** En su concepción se han empleado los resultados de las recientes investigaciones. Tiene el mérito de encerrar bajo su aspecto sencillo procesos complejos y sumamente eficientes, por lo que realmente es una tecnología de avanzada.
- **Es fácil de construir, operar y mantener.** El equipamiento ha sido reducido al mínimo imprescindible. Los procesos se generan mediante energía hidráulica; el 100% de las obras son civiles.

Por lo tanto, son fáciles de construir con los recursos normalmente disponibles en los países en desarrollo. La operación es sencilla porque carecen de mecanismos complicados y, por consiguiente, el mantenimiento es económico, fácil y rápido de realizar. Por estas razones, se la denomina tecnología apropiada para países en desarrollo.

- **Es muy económica.** La sencillez y el alto grado de compactación logrado en las estructuras hace que normalmente se utilice alrededor de 1/3 del área que requiere una planta convencional; el costo inicial es 1/3 ó la mitad del costo de los otros tipos de tecnologías disponibles.
- **Es muy confiable.** No requiere energía eléctrica para su funcionamiento; por lo tanto, puede trabajar en forma continua a pesar de la escasez del recurso. De este modo, se pueden garantizar las metas de calidad y cantidad.

De cualquier forma, hay que tomar en cuenta que este tipo de planta no es fácil de diseñar. Demanda un gran esfuerzo del proyectista. La planta requiere ser diseñada hasta el mínimo detalle para que el comportamiento hidráulico sea casi perfecto y se obtenga la máxima eficiencia remocional.

Debe compactarse el diseño para facilitar la labor del operador, economizar mano de obra, evitar errores humanos y negligencia operacional.

Figura N° 05: Planta de filtración rápida de alta tasa – Pto. Maldonado.



Figura N° 06: Planta de filtración rápida de alta tasa – Vilcacoto.



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE OBRA: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO CARMEN ALTO".

Arrascue Manosalva Aldo Alexis

1.2.2.3 TECNOLOGÍA IMPORTADA, DE PATENTE O PLANTAS PAQUETE

Estas tecnologías están normalmente integradas por decantadores de manto de lodos de suspensión dinámica, unidades que integran la mezcla rápida, la floculación y la decantación en un solo equipo, o cuando menos la floculación y decantación.

Los filtros son de tasa constante y altura constante, para lo cual se requiere gran cantidad de equipos e instrumentación ubicados en las galerías de tubos.

Las válvulas de accionamiento neumático o eléctrico y la instrumentación para determinar la pérdida de carga, el caudal de lavado, etcétera, son accionados desde las consolas o mesas de operación.

Esta tecnología es importada de los países desarrollados y se caracteriza por considerar gran cantidad de equipos y alto grado de complejidad en las soluciones.

Son sistemas totalmente mecanizados, por lo que para cumplir con sus objetivos de calidad y cantidad, requieren por lo menos lo siguiente:

- Personal calificado para operación y mantenimiento.
- Suministro confiable de energía eléctrica.
- Programa de mantenimiento preventivo para los equipos y una existencia permanente de repuestos.

Estos recursos, que son corrientes en Europa y Estados Unidos, no son comunes en los países de América Latina.

La complejidad de estos sistemas va en aumento con el tiempo. Ahora los sistemas son más compactos porque el accionamiento es electrónico, lo cual dificulta aún más el mantenimiento y la calibración. A pesar de ello, estos sistemas son colocados de manera indiscriminada en localidades de escasos recursos.

En nuestro medio es usual encontrar plantas de este tipo, con todos los equipos averiados debido a la mala operación y a la falta de recursos para darles mantenimiento.

Figura N° 07: Planta patentada – Decantador de manto de lodos.



Figura N° 08: Planta patentada – Mezcladores rápidos mecánicos.



PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE OBRA: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO CARMEN ALTO"

Arrascue Manosalva Aldo Alexis

CAPÍTULO II

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta la Memoria Descriptiva del diseño definitivo de la planta potabilizadora del proyecto “**Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Centro Poblado de Carmen Alto, Distrito de Nuevo Imperial, Cañete**”.

2.1 OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es mejorar la calidad de vida de los pobladores del Centro Poblado “Carmen Alto”, dotándolos de agua de calidad, que cumpla con las normas nacionales e internacionales.

La concepción del proyecto de la Planta es que ésta sea compacta, eficiente y de mínimos costos de operación.

El diseño de la planta se basa en los Sistemas Convencionales de Alta Tasa o de Tecnología CEPIS/OPS.

2.1.1 RESUMEN DEL PROYECTO DE LA PLANTA POTABILIZADORA

INTRODUCCIÓN

- El contenido de este capítulo hace referencia a las obras requeridas para realizar el proceso tecnológico de potabilización del agua cruda proveniente del canal Nuevo Imperial.
- El caudal de ingreso de la planta de tratamiento es de 31.50 lt/s.
- El diseño de la planta potabilizadora consta principalmente de las siguientes obras:
 - ❖ Obras de captación y conducción de agua cruda.
 - ❖ Canal de mezcla rápida de coagulante.
 - ❖ Canales de floculación hidráulica.
 - ❖ Decantadores laminares de placas de flujo ascendente.
 - ❖ Filtros de arena y antracita, de tasa declinante y lavado mutuo.

Cuadro N° 06: Obras de potabilización.

TIPO DE OBRA	DESCRIPCIÓN
Captación	Una captación lateral y una cámara de aquietamiento.
Presedimentador	Una unidad de 13.00 m x 2.40 m.
Unidad de mezcla rápida	Un vertedero rectangular de 1.50 m. de ancho x 0.43 m. de cresta.
Tanques de floculación	Una unidad, la cual está dividida en tres tanques rectangulares de longitud 5.86 m. y anchos de 3.27 m., 3.33 m. y 3.57 m. El agua tiene flujo horizontal a través de paredes verticales.
Tanques de decantación	Dos unidades en paralelo con flujo ascendente a través de placas separadoras, cada unidad está dividida en dos tanques rectangulares de longitud 2.95 m. y ancho de 2.40 m. separados por medio del canal de entrada y salida.
Filtros de gravedad	Cuatro unidades de filtración, cada unidad tiene medidas de longitud 1.80 m. x ancho 1.50 m. El filtro contará con arena y antracita seleccionada y el lavado se efectuará por gravedad (lavado mutuo y tasa declinante).
Cisterna	Una de medidas 4.75 m. x 6.02 m. y altura útil mínima de 2.80 m.
Caseta de dosificación	Edificio en el cual se instalarán los productos químicos, los tanques de mezcla.
Sala de cloración	Edificio en el cual se almacenarán los tanques de cloro. El edificio estará equipado con cloradores, sistemas de seguridad y protección contra fugas.
Caseta de bombeo	Edificio donde se instalarán bombas para la conducción del agua clorada hacia los reservorios.

2.2 CARACTERÍSTICAS

2.2.1 El Proceso de Tratamiento

Todos los procesos de tratamiento cuentan con equipo reducido al mínimo sin que esto afecte la facilidad de operación de la planta.

La aducción de agua cruda, en todo su recorrido desde la Obra de Toma, funciona por gravedad. Utilizándose la filtración rápida de tecnología apropiada.

- La mezcla rápida del coagulante y de otros productos químicos se hace aprovechando el salto hidráulico originado por un vertedero rectangular, sin mezcladores de alta velocidad con accionamiento eléctrico.
- La floculación se hace de manera hidráulica en canales con adecuada gradiente de velocidad, sin agitadores lentos para floculación con accionamiento eléctrico.
- El lavado de los filtros se realiza mediante lavado mutuo, aprovechando la carga hidráulica de los otro filtros, sin bombas de agua ni sopladores de aire, con motores eléctricos de alta potencia.

2.2.2 Descripción de la Planta

Las obras necesarias para realizar el proceso de tratamiento requerido son las siguientes:

- Obra de captación de agua cruda.
- Canal de mezcla rápida de coagulante.
- Canales de floculación hidráulica.
- Sedimentadores laminares de placas.
- Filtros de arena y antracita, de tasa declinante y lavado mutuo.
- Cisterna.
- Caseta de dosificación para almacenamiento y dosificación de insumos.
- Sala de cloración.
- Caseta de bombeo

a) Obra de captación de agua cruda

La obra cuenta con una captación lateral compuesta por una criba metálica de 0.50 m. x 0.80 m. para cerrar el paso de ramas, dos compuertas tipo tarjeta de 0.50 x 0.80 una tubería de captación de $\varnothing 250$ mm., una cámara de aquietamiento de 1.00 m x 1.00 m, y una cámara de distribución de 1.00 m. x 1.00 m.

b) Pre-sedimentador

La obra cuenta con un pre-sedimentador, de longitud 13.00 m., ancho de 2.40 m y una altura útil de 1.50 m., el cual será usado en épocas de lluvia para disminuir la turbiedad, y en épocas de sequía, cuenta con tubería de $\varnothing 200$ mm. para el paso directo del agua cruda, con sus respectivas válvulas.

c) Mezcla Rápida de Coagulante

Consta de un vertedero rectangular, el cual aprovecha el resalto hidráulico para realizar la mezcla de coagulante, el cual se hará mediante una adecuada gradiente de velocidad que se obtiene por medio de las condiciones de flujo, sin auxilio de agitadores mecánicos.

En el caso específico el gradiente es de $1,292 \text{ s}^{-1}$ aproximadamente y el tiempo de mezcla (o de retención hidráulica) es de 0.45 s.

Se dosificarán, normalmente, la solución de sulfato de aluminio como coagulante. Tendrá su tubería desde la caseta de dosificación. El sulfato de aluminio se añadirá en la zona del salto hidráulico.

d) Unidad de Floculación

La unidad de floculación consta de tres secciones rectangulares de flujo horizontal de longitud 5.86 m. y anchos de 3.27 m., 3.33 m. y 3.57 m. El agua tiene flujo horizontal a través de paredes verticales de placas onduladas de fibrocemento con una altura útil de 1.00 m., las cuales tendrán gradientes decrecientes de 54, 43 y 23 s^{-1} aproximadamente, para asegurar la mejor calidad de los flóculos.

El tiempo de retención hidráulica con el caudal de 31.50 lts/s será de 15 - 16 min.

e) Decantadores Laminares

Los sedimentadores constan de dos unidades de sedimentación de placas. Cada sedimentador cuenta con dos secciones paralelas (naves) de placas inclinadas, separadas por un canal central abierto donde se vierte el agua clarificada. Bajo este canal corren dos ductos separados de concreto reforzado que trabajan a presión, para distribución del agua a las dos secciones del sedimentador.

La longitud de cada decantador será de 2.95 m., su ancho de 2.40 m y su capacidad hidráulica de 31.50 lts/s.

Cada decantador cuenta con una fila de una fila de módulos formados por planchas de lona de vinilo reforzadas; las dimensiones aproximadas de cada plancha son: 2.40 m. x 1.20 m., espesor 6.00 mm.

Las planchas serán instaladas con un ángulo de 60°. Dos planchas adyacentes formarán una serie de ductos inclinados, la distancia entre dos planchas paralelas y adyacentes será de 15 cm. aproximadamente.

f) Filtros de Gravedad

Siempre en el marco de la utilización de la energía del agua para el proceso, se ha considerado conveniente diseñar y construir un sistema de filtración que no requiere un equipo muy complejo y de alto costo para la regulación del ciclo de lavado de filtros de gravedad y, al mismo tiempo, garantiza constantemente un efluente cuya calidad cumple con los estándares más estrictos.

El lavado de los filtros se realiza por lavado muto aprovechando la carga hidráulica del resto de filtros, a una velocidad apropiada para no perder material filtrante, sin bombas de agua ni sopladores de aire con motores eléctricos de alta potencia.

Para el presente proyecto se ha diseñado una sección de filtración de gravedad con lecho filtrante de arena y antracita. Las características de la sección son las siguientes:

❖	Número de filtros:	4 und.
❖	Dimensiones netas de un filtro:	
▪	Longitud	1.80 m.
▪	Ancho	1.50 m.
▪	Área neta de un filtro	2.70 m ² .
▪	Área total neta de filtración	10.80 m ² .
▪	Velocidad de filtración promedio:	252.00 m ³ /m ² /d.
▪	Altura estimada de la capa de arena:	0.30 m.
▪	Altura estimada de la capa de antracita:	0.50m.

CAPÍTULO III

GENERALIDADES

La selección de la tecnología de producción y administración de un sistema de agua potable debería realizarse considerando los recursos, el grado de desarrollo socioeconómico y los patrones de cultura existentes.

La experiencia en América Latina demuestra que el mayor problema no es la deficiencia tecnológica sino más bien la selección de la tecnología apropiada, la operación y el mantenimiento.

La adopción de diseños basados únicamente en criterios de optimización técnica y soluciones tecnológicas importadas de países industrializados ha conducido a la elaboración de proyectos cuya operación y mantenimiento —por falta de sustancias químicas, repuestos y mano de obra calificada— resultan inadecuados.

Los factores básicos que caracterizan la selección de la tecnología apropiada para tratamiento de agua en los países en desarrollo y que deben ser considerados son los siguientes:

a) Grado de complejidad

La solución seleccionada debe ser de simple construcción, operación, mantenimiento y reparación.

b) Confiabilidad

El sistema debe tener un grado de confiabilidad adecuado para cada componente del sistema. Si se establece un alto grado de confiabilidad con recursos limitados, se obtendrán soluciones muy costosas que solo pocos usuarios podrán afrontar.

c) Flexibilidad

La propuesta tecnológica debe producir agua de calidad óptima en forma continua, con un mínimo de operación y de fácil mantenimiento.

d) Disponibilidad de mano de obra

La construcción, operación y mantenimiento deben considerar la capacidad local existente para ejecutar y dirigir las obras.

e) Tiempo y plazo

El proceso de construcción debe ser simple y efectuarse en un plazo corto.

f) Costo

La tecnología seleccionada debe garantizar un agua potable óptima al menor costo posible.

g) Accesibilidad

El grado de accesibilidad al servicio de agua potable está directamente relacionado con la eficiencia de la selección tecnológica.

h) Recursos necesarios

Las alternativas tecnológicas para el tratamiento de agua requieren un grado o nivel de desarrollo de la comunidad o del sector para construir, operar y mantener la planta. Deben determinarse y analizarse los recursos necesarios para cada alternativa.

i) Uso de materiales locales

Siempre que sea posible, deben utilizarse materiales locales, de tal manera que se logren soluciones de alta tecnología a bajo costo.

j) Relación con otros proyectos

La tecnología seleccionada debe tener relación con otros proyectos locales, a fin de lograr una mayor flexibilidad.

k) Organización administrativa

Se debe contar con una organización adecuada para construir, operar, supervisar y mantener la planta de tratamiento, complementada con una estructura que provea los recursos económicos necesarios.

l) Exactitud de las estimaciones

Debe tenerse especial cuidado en la elaboración del presupuesto, sobre todo cuando la solución tecnológica seleccionada necesita equipos y materiales de importación que elevan los costos.

m) Consideraciones políticas

Debe considerarse la conveniencia de integrar el proyecto a los programas políticos existentes y su impacto en las acciones gubernamentales y en la comunidad.

3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA DE LOS CÁLCULOS.

3.1.1 Parámetros de diseño y estructuración.

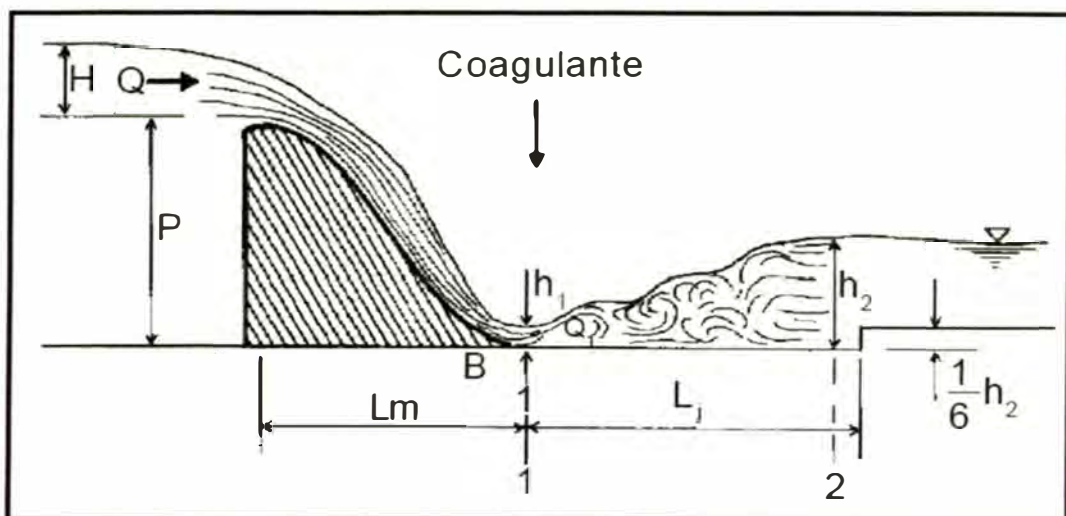
3.1.1.1 UNIDAD DE MEZCLA RÁPIDA

Se denomina mezcla rápida a las condiciones de intensidad de agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante, con la finalidad de que las reacciones de coagulación se den en las condiciones óptimas correspondientes al mecanismo de coagulación predominante.

Vertedero rectangular

Esta unidad consiste en un canal rectangular con un vertedero rectangular sin contracciones a todo lo ancho del canal.

Figura N° 09: Vertedero rectangular.



La lámina vertiente, después de pasar sobre el vertedero, toca el fondo del canal en la sección 1, a una distancia L_m del vertedero.

Cuando la lámina de agua alcanza el fondo, se divide en una corriente principal que se mueve hacia el frente y en una corriente secundaria que retorna. Para evitar el efecto perjudicial de la zona muerta que forma un vertedero de paredes verticales, se recomienda el diseño de vertedero de la figura 09.

- Las alturas de agua antes (h_1) y después del resalto (h_2) deben satisfacer la siguiente ecuación:

$$\frac{h_2}{h_1} = \left(\frac{1}{2}\right) \left[\sqrt{1 + 8 F^2} - 1\right]$$

$$F = \frac{V_1}{\sqrt{g \cdot h_1}}$$

donde **F** es el Número de Froud, **V₁** es la velocidad en la sección 1 y **g** es la gravedad ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$).

- La distancia L_m puede ser calculada por la ecuación de Scimeni:

$$L_m = 4,3 P \left[\frac{h_c}{P}\right]^{0.9}$$

- La longitud de la mezcla ó longitud de resalto (L_j) se calcula mediante la fórmula de Smetana:

$$L_j = 6(h_2 - h_1)$$

- Para el cálculo del gradiente de velocidad, es necesario conocer la energía consumida en el resalto (figura 3.1). La altura de agua en esta sección (h_1) está relacionada con la altura crítica (h_c) por la siguiente ecuación:

$$h_1 = \frac{h_c \sqrt{2}}{\sqrt{2,56 + \frac{P}{h_c}}}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$Q = 1,84 \cdot B \cdot H^{3/2}$$

$$q = Q/B$$

donde **q** es el caudal específico y **B** es el ancho del vertedero.

- La energía hidráulica disipada o pérdida de carga (h_p), se puede calcular en la longitud (L) del resalto, mediante la fórmula de Belanger:

$$h_p = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 \cdot h_1 \cdot h_2}$$

- El tiempo de mezcla (T), mediante la siguiente fórmula:

$$T = \frac{2 \cdot L_j}{V_1 + V_2}$$

- Gradiente de velocidad (G), mediante la siguiente fórmula:

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \sqrt{\frac{h_p}{T}}$$

Donde:

- γ = peso específico del agua (Kg/m³).
 - μ = coeficiente de viscosidad absoluta.
- Para lograr una eficiencia en la coagulación aprovechando la turbulencia del vertedero rectangular debe cumplirse :

$$700 \text{ s}^{-1} < G < 1300 \text{ s}^{-1}$$

$$T < 1 \text{ s}$$

- Para conseguir un salto estable en el vertedero rectangular debe cumplirse:

$$4,5 < F < 9,0$$

- El coagulante debe aplicarse en el punto de mayor turbulencia (inicio del resalto), en forma constante y distribuido de manera uniforme en toda la masa de agua.

3.1.1.2 UNIDADES DE FLOCULACIÓN

El objetivo del floculador es proporcionar a la masa de agua coagulada una agitación lenta aplicando velocidades decrecientes, para promover el crecimiento de los flóculos y su conservación, hasta que la suspensión de agua y flóculos salga de la unidad. La energía que produce la agitación del agua puede ser de origen hidráulico o mecánica hidráulica.

Las unidades de pantallas son las más eficientes y económicas de todos los floculadores actualmente en uso.

Debido a la gran cantidad de compartimientos que tienen, confinan casi perfectamente el tiempo de retención; el tiempo real es prácticamente igual al tiempo teórico cuando la unidad ha sido bien proyectada.

Por su bajo costo de construcción, operación y mantenimiento, se considera a los floculadores hidráulicos como una tecnología apropiada para países en desarrollo.

Unidades de pantallas de flujo horizontal

Recomendables para caudales menores de 50 litros por segundo.

Se proyectará un mínimo de dos unidades, salvo que la planta tenga alternativa para filtración directa, porque en ese caso, podrá darse mantenimiento al floculador durante los meses en que la planta opera con filtración directa.

En este tipo de unidades predomina el flujo de pistón, por lo que se consigue un buen ajuste del tiempo de retención.

Se pueden utilizar pantallas removibles de concreto prefabricadas, fibra de vidrio, madera, plástico, asbesto-cemento u otro material de bajo costo, disponibles en el medio y que no constituya un riesgo de contaminación.

De esta manera, se le da mayor flexibilidad a la unidad y se reduce el área construida, disminuyendo por consiguiente el costo de construcción.

Entre los materiales indicados para las pantallas, los que ofrecen mayor confiabilidad son la fibra de vidrio, el plástico, los tabiques de concreto prefabricados y la madera. En cada caso, la elección del material dependerá del tamaño de la planta, del costo del material y de los recursos disponibles. Si se empleara madera, se pueden disponer tabiques de madera machihembrada, tratada con barniz marino aplicado en varias capas, cada una en sentido opuesto a la anterior, de tal manera de formar una gruesa capa impermeabilizante.

También puede emplearse madera revestida con una capa de fibra de vidrio.

La unidad puede tener una profundidad de 1,00 a 2,00 metros, dependiendo del material utilizado en las pantallas.

Se pueden utilizar también pantallas de asbesto cemento, siempre y cuando no se tengan aguas ácidas o agresivas.

Si se usan pantallas de asbesto cemento onduladas, se consigue disminuir un poco la diferencia de gradientes de velocidad entre los canales y las vueltas

➤ Coeficiente de fricción (n) de Manning:

- Planchas de asbesto-cemento onduladas

$$n = 0.03$$

- Placas de asbesto-cemento planas

$$n = 0.013$$

- Placas de madera planas

$$n = 0.012$$

➤ El espaciamiento entre el extremo de la pantalla y la pared del tanque —es decir, el paso de un canal a otro— se deberá hacer igual a 1,5 veces el espaciamiento entre pantallas.

- Coeficiente de pérdida de carga K en las vueltas.

$$1.50 < K < 3$$

Se recomienda usar un coeficiente $K = 2$.

- La pérdida de carga se produce a lo largo de los canales (h_1) y principalmente en las vueltas (h_2), por lo que la pérdida de carga total en el tramo es:

$$h_f = h_1 + h_{2f}$$

$$h_1 = \left[\frac{n v}{r^{2/3}} \right]^2 \cdot L$$

$$h_2 = K \cdot \left[\frac{v^2}{2g} \right] \cdot N$$

Donde:

- n = coeficiente de pérdida de carga de Manning.
 - v = velocidad en los canales (m/s).
 - r = radio hidráulico del canal (m).
 - L = longitud total en el tramo (m).
 - g = gravedad (m/s^2).
 - N = Número de vueltas o paso entre canales.
- El tiempo de retención (T), puede variar de 10 a 30 minutos, dependiendo del tipo de unidad y de la temperatura del agua. En las zonas tropicales, donde las aguas presentan temperaturas por encima de los 20 °C, el tiempo de floculación necesario suele ser más breve, alrededor de 15 minutos. En cambio, en los lugares fríos, donde el agua tiene temperaturas de 10 a 15°C, generalmente el proceso se optimiza con tiempos de retención iguales o superiores a 20 minutos.

- El gradiente de velocidad debe variar en forma uniformemente decreciente, desde que la masa de agua ingresa a la unidad hasta que sale. Gradiente de velocidad (G), que optimizan el proceso.

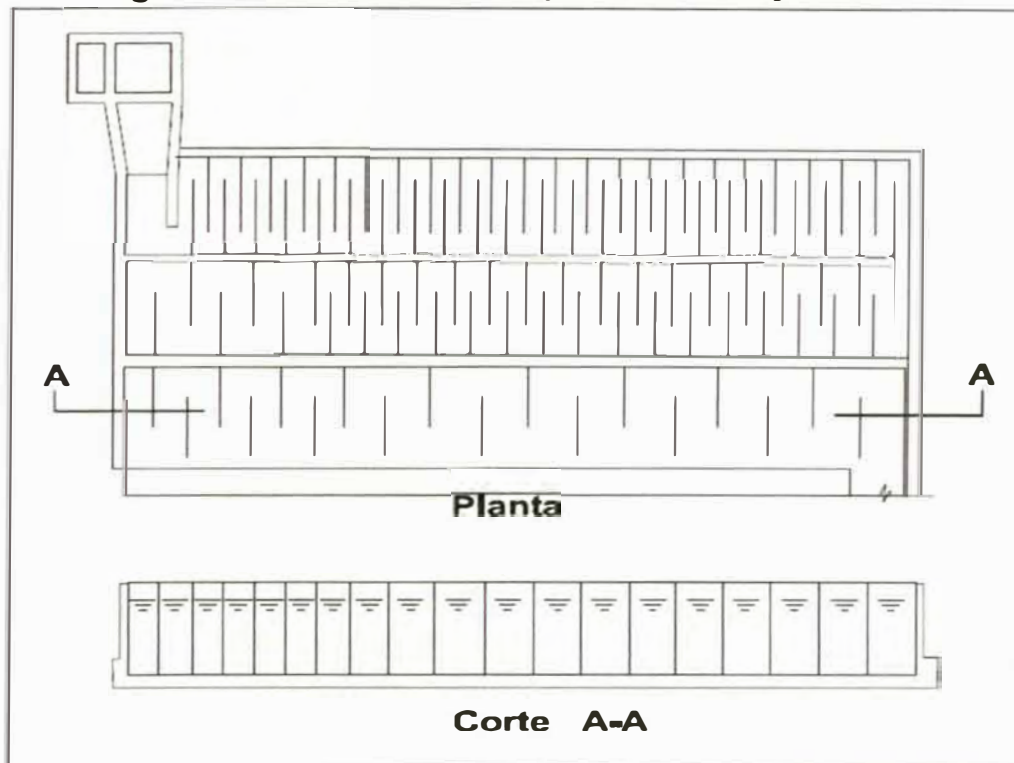
$$20 \text{ s}^{-1} < G < 70 \text{ s}^{-1}$$

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} \sqrt{\frac{h_f}{T}}$$

Donde :

- γ = peso específico del agua (Kg/m³).
 - μ = coeficiente de viscosidad absoluta.
 - h_f = pérdida de carga total (m).
 - T = tiempo de retención (s).
- Dependiendo del tamaño de la unidad, deberá considerarse un punto de desagüe por unidad o uno por cada tramo.

Figura N° 10: Floculador de pantallas de flujo horizontal



3.1.1.3 UNIDADES DE DECANTACION

Las unidades de decantación de flujo laminar o de alta tasa pueden tratar caudales mayores en un área y estructura menor de la que requieren los decantadores convencionales y su eficiencia es superior. Comparándolos con las unidades de contacto de sólidos o decantadores de manto de lodos, que también son de alta tasa, no requieren energía eléctrica para su operación. Por todas estas ventajas, esta unidad es considerada como tecnología apropiada para países en desarrollo y para todo programa de mejoramiento de la calidad del agua que tenga como meta conseguir la mejor calidad al menor costo de producción; esto es, para la sostenibilidad de los proyectos.

Decantadores de placas de flujo ascendente

Mediante la colocación de placas paralelas o módulos de diferentes tipos en la zona de sedimentación, se obtiene en estas unidades una gran superficie de deposición para los lodos, con lo cual se logra disminuir apreciablemente el área superficial de los tanques.

La diferencia básica entre los decantadores laminares o de alta tasa y los decantadores convencionales reside en que los primeros trabajan —como su nombre lo indica— con flujo laminar (número de Reynolds, $Nr < 500$) y los últimos con flujo turbulento (Nr entre 10.000 y 250.000). Esta diferencia teórica fundamental debe reflejarse en la forma como se diseñan unos y otros.

Para optimizar el funcionamiento de estas unidades, debemos considerar en el proyecto estructuras de entrada, salida, almacenamiento y extracción de lodos correctamente concebidas, a través de las cuales se debe vehiculizar el agua para lograr el mejor comportamiento y la máxima eficiencia de la unidad. La eficiencia de este tipo de decantador está estrechamente ligada al comportamiento hidráulico de la unidad.

El parámetro de diseño más importante en las unidades de decantación es la velocidad de sedimentación de los flóculos, que depende fundamentalmente de las características del agua cruda y de la eficiencia del pretratamiento.

De acuerdo con investigaciones realizadas en prototipos, las unidades se pueden diseñar con N_r de hasta 500, sin que se obtengan disminuciones apreciables en la eficiencia alcanzada.

En los decantadores laminares, el N_r es una consecuencia de la geometría de los elementos tubulares y de la velocidad del flujo en el interior de estos, y no una condición del proyecto. De acuerdo con este criterio —que se va corroborando con la experiencia práctica indicada en el ítem anterior— no es necesaria la obtención de un flujo laminar puro para mejorar la eficiencia del proceso.

Dada la gran cantidad de módulos que se precisan, es deseable que el material sea de bajo costo y muy resistente a la permanencia bajo el agua. Los materiales que se usan para este fin son las lonas de vinilo reforzadas con poliéster, el asbesto-cemento, el plástico y la fibra de vidrio. Las lonas de vinilo reforzadas con hilos de poliéster de alta tenacidad son el material más usado actualmente por sus grandes ventajas: no producen pérdidas por rotura, el sistema de instalación es más sencillo y su duración es muchísimo mayor. Es un material muy confiable en zonas de alto riesgo sísmico.

Tradicionalmente, en este tipo de unidades se han venido utilizando las planchas de asbesto-cemento por su alta disponibilidad, bajo costo y resistencia a la corrosión, con las siguientes dimensiones: 1,20 metros de alto por 2,40 metros de largo, con espesores de un centímetro o de 6 y 8 milímetros, siempre y cuando hayan sido fabricadas con fibras largas de asbesto. Las restricciones de calidad de agua para su empleo son las mismas que para los floculadores.

También se utilizan módulos de plástico y de fibra de vidrio prefabricados por su facilidad de instalación. Al elegir el

plástico, debe consultarse con el fabricante su resistencia a la exposición directa a los rayos solares. Los módulos prefabricados, tanto los de plástico como los de fibra de vidrio, normalmente son muy delgados y se destruyen fácilmente al ser sometidos a una operación normal de lavado con agua a presión.

- Al utilizarse el Nr en el límite máximo del rango laminar, se consigue ampliar la separación de las placas o la sección de los módulos, lo cual se refleja en una gran economía, al disminuir el número de placas o módulos empleados en la construcción de la unidad.
- Las cargas superficiales utilizadas en América Latina normalmente varían entre 120 y 185 m³/m²/d, con eficiencias de remoción por encima del 90%. En cada caso, es necesario efectuar un estudio de tratabilidad del agua, para determinar la tasa de decantación con la cual se podrán obtener 2 UN de turbiedad residual en el efluente. Este criterio obedece a recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para que los filtros puedan brindar un efluente exento de microorganismos patógenos y de huevos de *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium*, habida cuenta de que solo el filtro puede eliminar a estos últimos cuando recibe un afluente de la calidad indicada.
- La velocidad longitudinal media (V_o) en los elementos tubulares comúnmente se adopta entre 10 y 25 cm/min. En cada caso, es posible determinar la velocidad máxima del flujo mediante la expresión:

$$V_{o\max} = \left[\frac{Nr}{8} \right]^{0.5} \cdot V_{sc}$$

Donde

- Nr = Número de Reynold.
- V_{sc} = velocidad de sedimentación de las partículas

- El decantador consta de las siguientes estructuras:

ZONA DE ENTRADA

Esta zona tiene como objetivo distribuir el caudal de manera uniforme a todas las unidades que operan en paralelo y a lo largo del módulo de placas. Esta función la desempeñan dos canales con diferente ubicación.

Criterios de diseño

- Si se proyectan canales de sección variable, se consigue distribuir el caudal de manera uniforme a varias unidades, para que la velocidad se mantenga constante.
- La sección del canal puede tener ancho constante y profundidad variable o ancho variable y profundidad constante.
- Se puede admitir una desviación de caudales de 5% entre la primera y la última compuerta u orificio lateral de distribución, lo cual se comprueba mediante la aplicación de los criterios de Hudson.

ZONA DE SEDIMENTACIÓN

☒ Esta zona se proyecta sobre la base de la tasa de decantación seleccionada durante el estudio de laboratorio efectuado con el agua cruda. La muestra debe tomarse durante el periodo lluvioso, para que los resultados de estas pruebas, que constituyen los parámetros de diseño del proyecto, correspondan a las necesidades de la época más crítica.

Las lonas que se utilizan como placas son de vinilo y reforzadas con hilos de poliéster de alta tenacidad (KP 500 ó 1.000), recubiertas por ambos lados con PVC de formulación especial; con bastas en todo el contorno y cabos o refuerzos metálicos internos, por lo menos en los laterales y en la parte inferior. Estarán provistas de ojalillos de aluminio en las cuatro esquinas, los que servirán para templarlas y fijarlas convenientemente, mediante pasadores de plástico, a perfiles de aluminio, ubicados en las paredes de los canales laterales.

Criterios de diseño

- El área total que debe cubrirse con placas espesor (e) y separación (e'), en el plano horizontal, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$A_s = \frac{Q}{f \cdot V_s}$$

$$A_s = \frac{\text{sen}(\theta)[\text{sen}(\theta) + L \cdot \cos(\theta)]}{S}$$

Donde:

Q = caudal en m³/d.

V_s = velocidad de sedimentación de la partícula en m/s

L = longitud relativa

S = módulo de eficiencia de placas

- La longitud relativa L se determina mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{lu}{d}$$

Donde:

lu = longitud útil dentro de las placas

d = espaciamiento entre las placas

- El número total de placas por instalar (N) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$N = \frac{A_s \cdot \text{sen}(\theta)}{B \cdot d}$$

Donde:

B = Ancho total neto de la zona de decantación.

- El número de Reynolds se comprueba mediante la siguiente expresión:

$$N_r = \frac{4 \cdot R_H \cdot V_o}{\nu}$$

Donde:

ν = viscosidad cinemática (m²/s).

V_o = velocidad media del flujo (m/s).

R_H = radio medio hidráulico (m).

ZONA DE SALIDA

La uniformidad en la ascensión del flujo depende tanto de las características de la zona de entrada como de la de salida.

Para conseguir una extracción uniforme, se puede diseñar ya sea un canal central recolector y canales laterales, un canal central y tuberías laterales perforadas o un canal central y vertederos laterales.

Tubos con perforaciones en la parte superior dan excelentes resultados cuando todos los orificios son de igual diámetro, con una carga de agua sobre estos de 5 a 10 centímetros y descarga libre hacia un canal central o canales laterales; el tubo no debe trabajar a sección llena. Esta última condición es básica para obtener una extracción equitativa del flujo.

Criterios de diseño

- La longitud de vertederos de recolección (l_v) se calcula mediante la siguiente

$$l_v = \frac{Q}{q_r}$$

Donde:

Q = caudal de diseño del decantador (L/s).

q_r = tasa de diseño de los vertederos, que varía entre 1,1 y 3,3 L/s x m de longitud de vertedero.

- La distancia máxima entre los vertederos de recolección (d) es una función de la profundidad (h) de instalación de los módulos o placas, y es inversamente proporcional a la tasa de escurrimiento superficial.

$$\frac{d}{h} = \frac{432}{V_s}$$

Donde:

V_s = velocidad ascensional del agua o tasa de escurrimiento superficial en $m^3/m^2/d$

- Cuando la recolección se efectúa mediante tuberías con perforaciones, se recomienda determinar la longitud de tubería con la ecuación descrita anteriormente, el distanciamiento máximo centro a centro mediante el criterio anterior y, para que la colección sea uniforme, el diámetro de los orificios y del tubo se determinarán a partir de la siguiente expresión.

$$\frac{V_c}{V_o} = \frac{n \cdot A_o}{A_{cs}} < 0.15$$

Donde:

n = número de orificios. Se calcula de acuerdo con la longitud del tubo, con un espaciado de 0,10 m.

A_o = área de los orificios, normalmente $\frac{1}{2}$ ".

A_c = área del tubo.

V_o = velocidad en los orificios en m/s.

V_c = velocidad en la tubería en m/s.

Esta relación de velocidades o de secciones asegura una desviación $< 5\%$

TOLVAS SEPARADAS Y COLECTOR MÚLTIPLE

En las tolvas separadas, la separación entre orificios está dada por la configuración de las tolvas y el número de estas.

El volumen total de almacenamiento disponible en las tolvas está relacionado con la producción diaria de lodos. Normalmente se adopta un periodo de almacenamiento de un día y la frecuencia máxima de descargas en época de lluvia es de cuatro horas.

Las mejores condiciones hidráulicas se consiguen "atolvando" los fondos, de modo que se tenga una tolva por cada boca de salida, con lo cual se consigue, además, tener orificios de descarga de mayor diámetro, lo que disminuye el riesgo de atoros. Como el lodo presiona el punto de salida, la tolva se vacía totalmente.

El diámetro del colector múltiple se incrementa en función de su longitud total, y el diámetro es modificado por el número de orificios de extracción.

Criterios de diseño

- La pendiente de las tolvas debe estar entre 45° y 60° y la sección debe ser aproximadamente cuadrada.
- La extracción de lodos debe ser equitativa y se puede admitir una desviación máxima de 10%.
- La distribución del flujo entre los orificios depende de la relación entre la suma de las secciones de todos los orificios de descarga (A_o) y la sección del dren (A). Experimentalmente, se encontró que, para que la desviación de flujo entre los orificios extremos no sea mayor de 5%, R debe ser menor a 0,46.

$$R < 0.46$$

- Para que la desviación (δ) entre los orificios extremos del colector no sea mayor de 10%, se debe cumplir la siguiente relación:

$$\delta = \frac{n \cdot A_L}{A} \leq 0.50$$

- El diámetro de los orificios de descarga (d) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$d = \frac{x}{1.162} \left[\frac{H_{0.5}}{V_a} \right]^{0.5}$$

Donde:

x = separación entre orificios de salida (m).

H = carga hidráulica (m).

V_a = velocidad de arrastre del lodo (m/s).

Se recomienda establecer como velocidad mínima de arrastre en los puntos más alejados de 1 a 3 cm/s

- El diámetro del colector de lodos (D) se determina mediante la siguiente expresión:

$$D = \frac{d}{\sqrt{R/N}}$$

Donde:

R = relación de velocidades entre el colector y los orificios de descarga.

N = número de orificios o de tolvas

D = diámetro de los orificios (m).

- El caudal de drenaje del colector (Q_L) se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$Q_L = C_d \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot gH}$$

Donde:

C_d = coeficiente de descarga.

A = sección del colector (m^2).

g = aceleración de la gravedad (m/s^2).

H = carga hidráulica (m).

Figura N° 11: Decantador de placas de flujo ascendente.

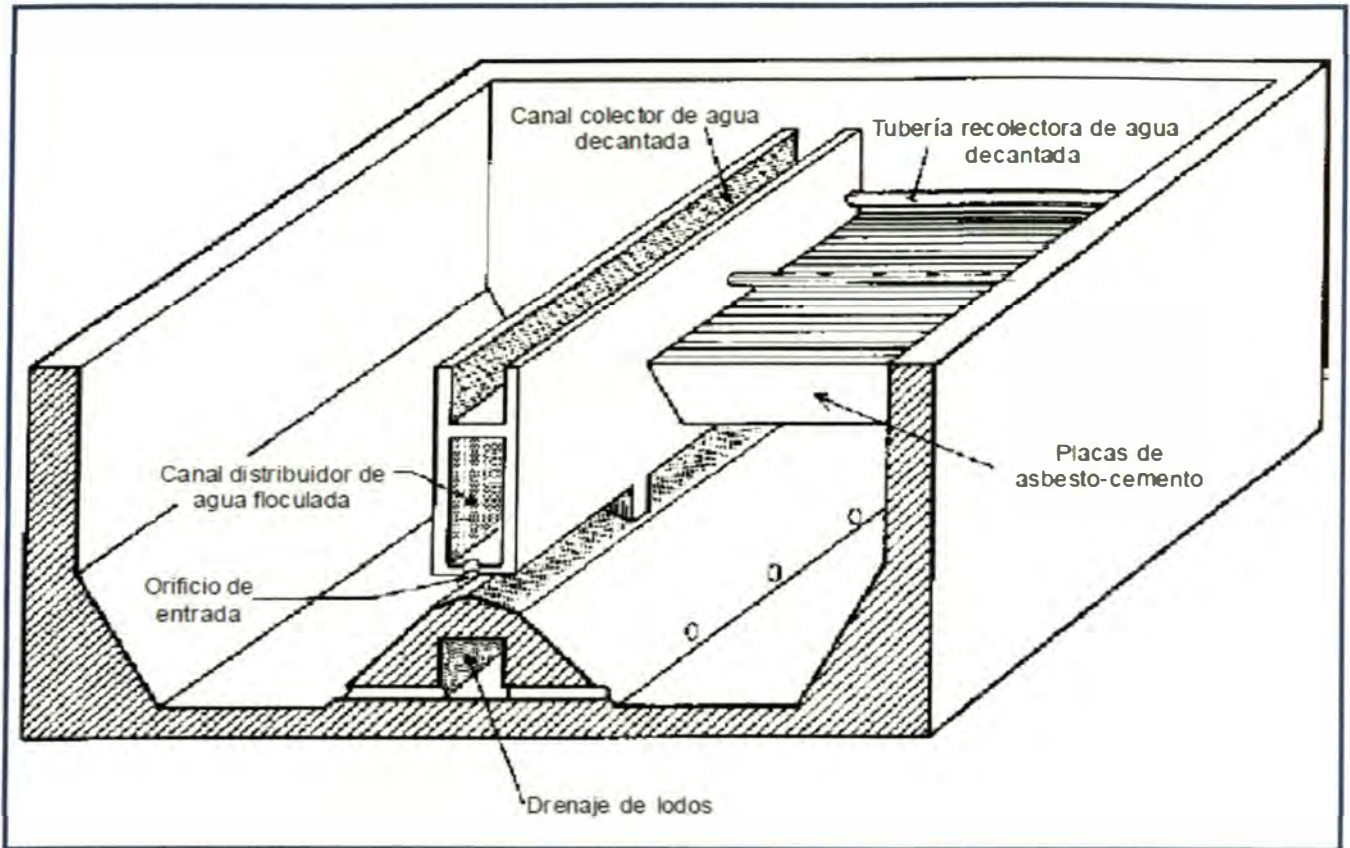
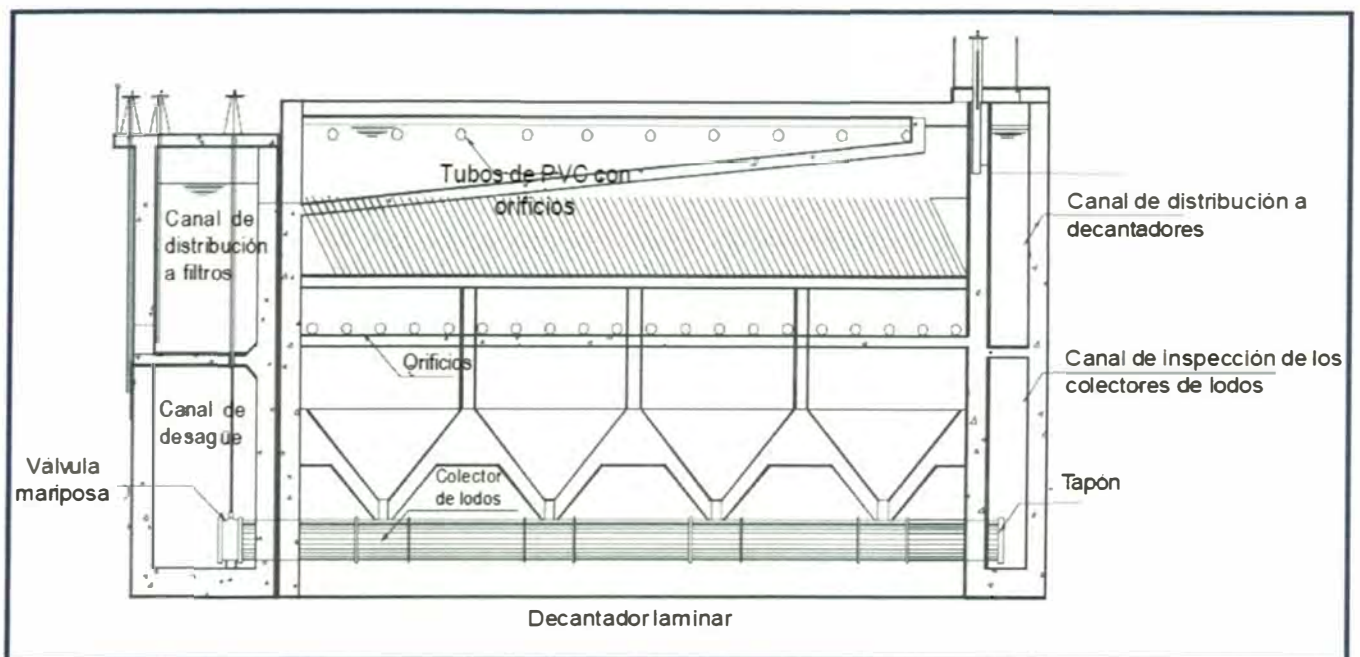


Figura N° 12: Decantador - Tolvas separadas y colector múltiple.



3.1.1.4 UNIDADES DE FILTRACION

Los filtros son las unidades más complejas de una planta de tratamiento de agua. Su correcta concepción depende de la interrelación que exista entre las características de la suspensión afluente y los rasgos del medio filtrante, para que predominen los mecanismos de filtración apropiados que darán como resultado la máxima eficiencia posible. El trabajo experimental mediante un filtro piloto es la forma más segura de seleccionar las características de la unidad y los parámetros de diseño para una suspensión determinada.

El segundo punto en importancia para optimizar el diseño del filtro es un buen conocimiento de la hidráulica de la unidad. Las evaluaciones efectuadas de estas unidades en toda América Latina indican que es en este terreno que se suelen inscribir las deficiencias más notables en la concepción de los proyectos. La concepción de estas unidades varía dependiendo de las características de la suspensión por filtrar, por lo que podemos diferenciar las unidades que filtran agua decantada de las que reciben agua coagulada o brevemente floculada.

Baterías de filtros de tasa declinante y lavado mutuo

Las baterías de filtros de tasa declinante y lavado mutuo se consideran como tecnología apropiada debido a que reúnen las siguientes ventajas sobre otros sistemas de filtración en uso:

- ❖ No requieren una carga hidráulica muy grande para operar. Los filtros de tasa constante operan con una carga hidráulica de 1.80 a 2.00 metros para completar una carrera de operación de 40 a 50 horas en promedio. En estas mismas condiciones, normalmente una batería de filtros operando con tasa declinante requiere una carga similar a la que necesitaría si estuviera operando con tasa constante, dividida por el número de filtros que componen la batería.

- ❖ No tienen galería de tubos. El transporte del agua decantada, filtrada, el agua para el retro lavado de los filtros y el desagüe del agua de lavado se efectúan mediante canales.
- ❖ Normalmente el agua filtrada también se traslada mediante canales, uno de aislamiento y otro que conecta entre sí la salida de todas las unidades. Estos canales se encuentran inmediatamente después de las cajas de los filtros. Sin embargo, también se proyectan baterías de este tipo con galería de tubos.
- ❖ No se requiere tanque elevado ni equipo de bombeo para efectuar el retro lavado de un filtro. A través del canal de interconexión y debido a un especial diseño hidráulico del sistema, el agua producida por lo menos por tres filtros retro lava a una unidad. El falso fondo actúa como canal de interconexión.
- ❖ Debido al especial diseño hidráulico de estos sistemas, el operador solo debe cerrar el ingreso de agua decantada y abrir la salida de agua de lavado para que el lavado se produzca en forma automática y con la expansión correcta (25 a 30%).
- ❖ No se requiere instrumental sofisticado ni consolas o pupitres para la operación, aunque en las plantas grandes se los suele incluir.
- ❖ La batería de filtros opera bajo el principio de vasos comunicantes. Las unidades están intercomunicadas por la entrada a través del canal de entrada y también del canal de interconexión en la salida. Por esta característica, las unidades presentan todas los mismos niveles y es posible controlar el nivel máximo de toda la batería, con un solo vertedero-aliviadero

Al igual que en el caso de los decantadores laminares, existen soluciones para plantas pequeñas y grandes.

- La unidad de filtración consta de las siguientes estructuras:

CAJA DE FILTRO

Es la parte más importante de la unidad. Podemos apreciar del fondo hacia arriba: el falso fondo, el drenaje generalmente del tipo de viguetas prefabricadas de concreto, la capa soporte de grava, el lecho filtrante, las canaletas secundarias de lavado y el canal principal de lavado, que recibe el agua del retro lavado colectada por las canaletas secundarias. Por encima de este nivel se ubican las cargas de agua necesarias para el funcionamiento de la batería (carga hidráulica para el lavado y carga hidráulica para el proceso de filtrado), las cuales determinan la profundidad total de la caja del filtro y se limitan mediante vertederos.

CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DECANTADA

Alimenta las cajas de los filtros a través de las válvulas de entrada de cada unidad. En la parte superior de este canal se ubica el vertedero que limita la carga hidráulica máxima disponible para la operación con tasa declinante de la batería de filtros.

CANAL DE DESAGÜE DE AGUA DE RETROLAVADO.

Ubicado debajo del anterior, recibe el agua del retro lavado de los filtros. En este canal se acostumbra reunir también los desagües de los decantadores y floculadores, por lo que constituye el canal emisor de la planta.

CANAL DE AISLAMIENTO.

Recibe este nombre porque tiene la función de aislar una unidad del resto de la batería, cerrando la válvula de entrada y la compuerta de salida que comunica con el canal de interconexión ubicado a su izquierda. Este canal se localiza contiguo a la caja del filtro y se comunica con ella a través del canal del falso fondo en toda su sección, lo cual permite una distribución pareja del agua de lavado a todo lo ancho del drenaje.

CANAL DE INTERCONEXIÓN DE LA BATERÍA

Cumple dos funciones importantes:

- Durante la operación normal de filtración, reunir el efluente de todos los filtros y sacarlo a través del vertedero que controla la carga hidráulica de lavado.
- Durante la operación de lavado de una unidad, al bajar el nivel del agua por debajo del vertedero de salida facilita que se derive automáticamente el agua filtrada producida por las otras unidades en operación (por lo menos tres) hacia el filtro que se encuentra en posición de lavado.

Los criterios de diseño de la unidad de filtración son los siguientes :

- El número mínimo de filtros en una batería de tasa declinante y lavado mutuo es de cuatro unidades, de tal manera que tres toman el caudal de toda la batería al momento de lavar una unidad.
- El área de la caja de un filtro (A_f) debe ser tal que al pasar todo el caudal de la batería por un filtro, se produzca la velocidad ascensional (V_L) apropiada para expandir en 30% el lecho filtrante.

$$A_f = \frac{Q}{V_L}$$

- El área total de la batería de filtros (A_T) se define por la relación del caudal de diseño de la batería sobre la tasa de filtración seleccionada (V_f) de acuerdo con el tipo de lecho filtrante, las características del afluente y el nivel de operación local.

$$A_T = \frac{Q}{V_f}$$

- El número de filtros de la batería (N), se obtiene por la relación del área total filtrante (A_t) entre el área de un filtro (A_f). Debe ajustarse la velocidad (V_f) hasta que dé un número exacto de filtros.

$$N = \frac{A_t}{A_f}$$

- El ingreso del agua decantada a la caja del filtro debe efectuarse en un nivel más bajo que el nivel mínimo de operación, para que cada filtro tome el caudal que puede filtrar de acuerdo con su estado de colmatación.
- Por la facilidad de operación y mayor duración, deben colocarse válvulas mariposa en la entrada del agua decantada al filtro y la salida del retro lavado al canal de desagüe.

Figura N° 13: Batería de filtros de lavado mutuo y tasa declinante.

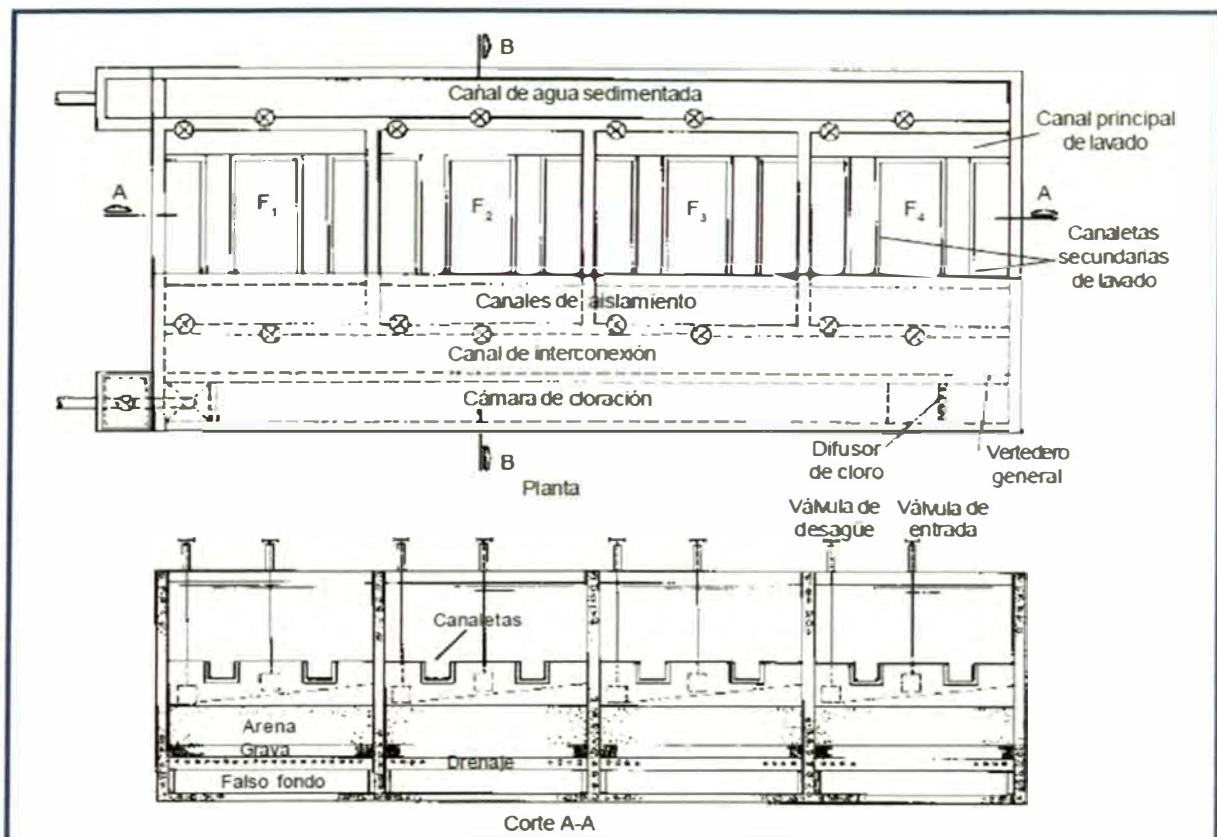
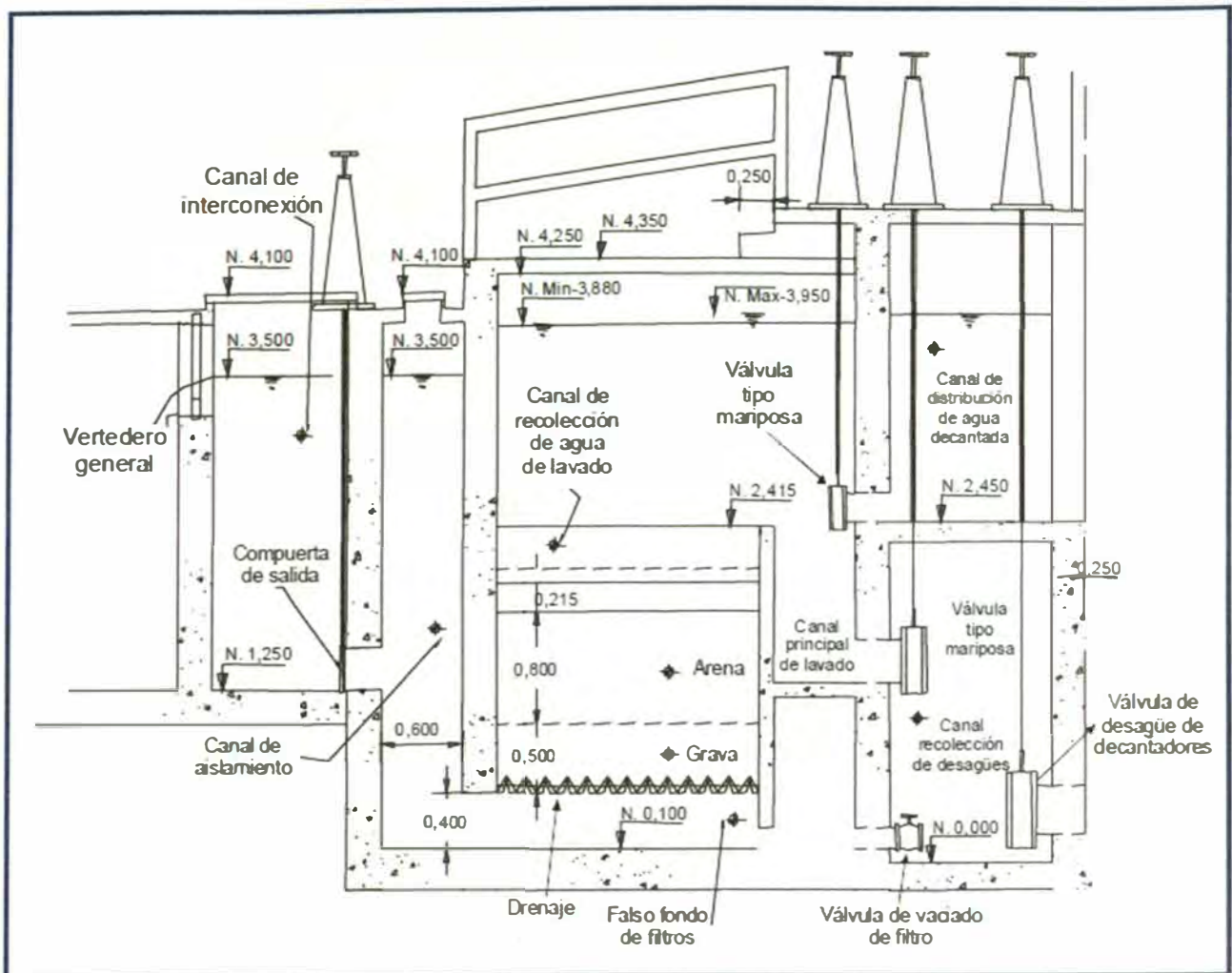


Figura N° 14: Filtro de lavado muto y tasa declinante.



CAPÍTULO IV

DISEÑO HIDRÁULICO

4.1 DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

En general, una planta de tratamiento de agua, debe armonizar con su entorno y tener un diseño que facilite su limpieza y cause una buena impresión.

En lo que respecta a los aspectos constructivos, se debe asegurar principalmente la estabilidad e impermeabilidad de las estructuras.

- a) En cuanto al diseño hidráulico se debe:
 - Aprovechar las cargas hidráulicas minimizando al máximo la utilización de energía eléctrica con la finalidad de tener bajos costos de operación.
- b) En cuanto a la estabilidad debe prestarse atención a:
 - Homogeneidad y resistencia del terreno sobre el que se construye el sistema.
 - Definición de la carga del terreno.
 - Acondicionamiento del terreno previo a la cimentación.
 - Drenaje del terreno que permita controlar los escurrimientos.
- c) En cuanto a la impermeabilidad debe garantizarse el no alterar la calidad del agua subterránea, y la pérdida de volúmenes de agua. En especial se debe cuidar:
 - Seguridad de la cimentación ante asentamientos y movimientos.
 - Establecimientos de juntas constructivas.
 - Impermeabilización suficiente en cuanto a los materiales y espesores utilizados.
- d) En cuanto a la distribución se deben considerar:
 - Organización lógica de acuerdo con una circulación constante del agua y las operaciones previstas.
 - Explotación y su economía.
 - Equipamiento técnico y de control adecuados.
 - Posibilidad de ampliación.

- Estructura sencilla y funcional.
- Cuidando la estética de las unidades con el paisaje circundante.

CAUDAL DE DISEÑO

- La captación y planta de tratamiento de agua, se realiza con el caudal máximo diario requerido según estudio más el 5% de este, el cual es usado para lavado y mantenimiento.
- Caudal máximo diario : 30 lts/s.
- Caudal de diseño de la planta de tratamiento:

Para el Centro Poblado Carmen Alto, se ha calculado un caudal de diseño:

$$Q = 0.0315 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Según el estudio hidrológico y análisis del agua cruda a captar en el canal Nuevo Imperial, se diseña una planta de tratamiento de agua completa, a la cual se adiciona un pre-sedimentador para época de lluvias, y consta de:
 - ✓ Captación lateral.
 - ✓ Presedimentador.
 - ✓ Mezcla rápida.
 - ✓ Floculadores.
 - ✓ Decantadores.
 - ✓ Batería de filtros.
 - ✓ Cisterna.
- Basándonos en los manuales de filtración rápida del CEPIS – OMS, realizamos los cálculos que a continuación se indican:

Cuadro N° 07: Cálculo de la Captación.

Descripción	Simb.	Valor	Und.	Rango
Area Canal nuevo imperial		6.95		
Caudal Canal Nuevo Imperial		3.00	m3/s	
n de maning canal principal	n	0.02		
Malla de Alambre				
Abertura		0.0508	m	
diametro hilo		0.0050	m	
# de filos por m. de longitud		18		
Ancho de malla		0.25		
Largo de malla		0.60		
Area neta de malla		0.1365		
Caudal de diseño	Q	0.0315	m3/s	
Diametro de la tubería	D	0.25	m	
Gravedad	g	9.81	m/s ²	
Area de la tubería	A	0.0491	m ²	
Velocidad en a tubería	V	0.64	m/s	> 0.6
Area Neta en malla	Am	0.1365	m ²	
Velocidad en la malla	Vr	0.23	m/s	
Coeficiente de Perdida de carga en la malla de alambre	Km	0.83		
Coeficiente de Perdida de carga en la entrada	Ke	1.00		
Longitud de tubería	L	1.70	m	
Coeficiente de friccion tubería PVC HyW	C	150		
Perdida de carga en la malla	hr	0.002	m	
Perdida de carga en la entrada	he	0.021	m	
Perdida de carga en la tubería	ht	0.002	m	
Perdida de carga en el tramo	hf1	0.026		

Cuadro N° 08: Cálculo de la Aducción.

Descripción	Simb.	Valor	Und.	Rango
Caudal de diseño	Q	0.0315	m ³ /s	
Diametro de la tubería	D	0.20	m	
Gravedad	g	9.81	m/s ²	
Area de la tubería	A	0.0314	m ²	
Velocidad en La tubería	V	1.00	m/s	> 0.6
Coefficiente de Perdida de carga valvula compuerta 1	Kc1	0.19		
Coefficiente de Perdida de carga valvula compuerta 2	Kc2	0.19		
Coefficiente de Perdida de carga en la entrada	Ke	1.00		
Coefficiente de Perdida de carga en la salida	Ks	1.00		
Coefficiente de Perdida en codo	K3	0.90		
Longitud de tubería	L	9.50	m	
Coefficiente de friccion tubería PVC HyW	C	150		
Perdida de carga en la canastilla	h1	0.01	m	
Perdida de carga en la compuerta	hc	0.01	m	
Perdida de carga en la entrada	he	0.05	m	
Perdida de carga en la salida	hs	0.05	m	
Perdida de carga en la salida	hs	0.05	m	
Perdida de carga en la tubería	ht	0.04	m	
Perdida de carga en el tramo	hf1	0.21	m	

Cuadro N° 09: Cálculo del Pre-sedimentador.

Descripción	Simb.	Valor	Und.	Rango
Caudal de diseño	Q	0.0315	m ³ /s	
Velocidad de sedimentación	V _s	0.00101	m/s	
Area superficial de la unidad	A _s	31.19	m ²	
Asumiendo ancho del sedimentador	B	2.40	m	
Longitud del sedimentador	L ₂	13.00	m	
Asumiendo distancia de separación entre la entrada y la pantalla difusora del sedimentador	L ₁	0.70	m	(0.7 - 1.0)
Longitud del sedimentador	L	13.70	m	
Carga superficial		1.45	m ³ /m ² /día	(2-10)
Relación L/B	L/B	5.71		(3-6)
Asumiendo la altura	H	1.50	m	(1.5 - 2.5)
Relación L/B	L/H	9.13		(5-20)
Velocidad horizontal	V _h	0.88	cm/s	
Periodo de retención	To	1565.15	s	
	To	26.09	min	
Con una pendiente de 5% en el fondo se tiene como altura máxima	H'	2.15		
Sea vertedero de salida de longitud de cresta igual al ancho de la unidad se tiene como altura de agua sobre el vertedero	H ₂	0.04	m	
Para el diseño de la pantalla difusora				
Asumiendo velocidad en los orificios	V _o	0.10	m/s	< 0.15
Area de los orificios	A _o	0.32	m ²	
Asumiendo diametro de los orificios	d _o	0.075	m	
Area de cada orificio	a _o	0.0044		
Numero de orificios	n	72.000		
Porción de altura de la pantalla difusora con orificios	h	0.90		
Asumiendo numero de filas	n _f	8.0000		
Asumiendo numero de columnas	n _c	9.00		
Espaciamiento entre filas	a ₁	0.13	m	
Espaciamiento entre columnas	a ₂	0.69	m	
coef. pérdida de carga en orificios	K	0.50		
Perdida de carga en orificios	h	0.0003	m	
Perdida de carga total	h _t	0.0183	m	

Cuadro N° 10: Cálculo de la Unidad de Mezcla Rápida.

MEZCLADOR

PASO	DATOS		VALOR	UNID	CALCULOS		VALOR	UNID
1	Caudal	Q	0.0315	m ³ /s	Caudal específico	q	0.0210	m ³ /s/m
	Ancho del vertedero	B	1.50	m	Carga disponible	H	0.051	m
2	Gravedad	g	9.81	m/s ²	Altura crítica	hc	0.04	m
	Altura de la cresta	P	0.43	m	Altura del agua en la sección (1)	h1	0.013	m
	Para agua a 20 °C	$\sqrt{\gamma/\mu}$	3114.64		Velocidad en la sección (1)	V1	1.60	m/s
3					Numero de Froude	F	4.5	
					Altura del agua en la sección (2)	h2	0.08	m
					Velocidad en la sección (2)	V2	0.25	m/s
					Longitud del resalto	Lj	0.42	m
					Distancia del vertedero a la sección (1)	Lm	0.20	m
					Pérdida de carga en el resalto	hp	0.08	m
					Velocidad media	Vm	0.93	m/s
					Tiempo de mezcla	T	0.45	s
				Gradiente de velocidad	G	1292	s ⁻¹	

DIFUSOR

PASO	DATOS		VALOR	UNID	CALCULOS		VALOR	UNID
4	Espaciamiento entre orificios del difusor	e	0.05	m	Numero de orificios en el difusor	N	30	m
5	Diametro de los orificios del difusor	do	0.25	pulg	Sección de los orificios	Ao	0.00003	m
6	Dosis óptima promedio	D	25	mg/L	Caudal promedio de solución a aplicar	qo	0.039	lts/s
7	Concentración	C	20		Velocidad en los orificios	Vo	0.04	m/s
8	Relación R < 0.46	R	0.459		Velocidad en la tubería	Vt	0.02	m/s
9					Sección del difusor	At	0.002070	m2
10					Diámetro del difusor	Dt	2.0	pulg

Cuadro N° 11: Cálculo de la Unidad de Floculación - Floculador 01

Paso	Datos	Valor	Unid	Cálculos	Valor	Unid		
1	Caudal :	Q =	0.0315	m3/s	Longitud de canales del tramo	l =	58.90	m
	Tiempo de retencion tramo	T =	5.165	min				
	Velocidad en el tramo	V =	0.190	m/s2				
2				Seccion de canales del tramo	A =	0.17	m2	
3	Altura de agua en la unidad	H =	0.5	m	Ancho de canales del tramo	a =	0.34	m
4				Ancho de vueltas del tramo	d =	0.51	m	
5	Ancho útil de la lamina	b =	0.92	m	Ancho del Floculador	B =	3.270	m
6				Nº de canales en el tramo	N =	18		
7	Espesor de las láminas de asbesto-cemento corrugadas	e =	0.005	m	Longitud del tramo	L =	6.205	m
8	Coefficiente de pérdida de carga en las vueltas	K =	2	unid	Perdida de carga en las vueltas del cuarto tramo	h1 =	0.063	m
	Aceleración de la gravedad	g =	9.8	m/s2				
9				Perimetro mojado de las secciones del tramo	P =	1.340	m	
10	Coefficiente de rugosidad Manning	n =	0.03		Perdida de carga en los canales del tramo	h2 =	0.0300	m
11				Perdida de carga total en el cuarto tramo	hf =	0.093	m	
12	Propiedades del agua	T =	20	°C	Gradiente de velocidad en el tramo	G =	54	1/s
		$\gamma/\mu =$	3115					

Cuadro N° 12: Cálculo de la Unidad de Floculación - Floculador 02

Paso	Datos	Valor	Unid	Cálculos	Valor	Unid		
1	Caudal :	Q =	0.0315	m ³ /s	Longitud de canales del tramo	l =	50.10	m
	Tiempo de retencion tramo	T =	5.000	min				
	Velocidad en el tramo	V =	0.167	m/s ²				
2				Seccion de canales del tramo	A =	0.19	m ²	
3	Altura de agua en la unidad	H =	0.5	m	Ancho de canales del tramo	a =	0.38	m
4				Ancho de vueltas del tramo	d =	0.57	m	
5	Ancho útil de la lamina	b =	0.92	m	Ancho del Floculador	B =	3.330	m
6				Nº de canales en el tramo	N =	15		
7	Espesor de las láminas de asbesto-cemento corugadas	e =	0.005	m	Longitud del tramo	L =	5.770	m
8	Coefficiente de pérdida de carga en las vueltas	K =	2	unid	Pérdida de carga en las vueltas del cuarto tramo	h1 =	0.040	m
	Aceleración de la gravedad	g =	9.8	m/s ²				
9				Perimetro mojado de las secciones del tramo	P =	1.380	m	
10	Coefficiente de rugosidad Manning	n =	0.03		Pérdida de carga en los canales del tramo	h2 =	0.0177	m
11				Pérdida de carga total en el cuarto tramo	hf =	0.058	m	
12	Propiedades del agua	T =	20	°C	Gradiente de velocidad en el tramo	G =	43	1/s
		γ/μ =	3115					

Cuadro N° 13: Cálculo de la Unidad de Floculación - Floculador 03

Paso	Datos	Valor	Unid	Cálculos	Valor	Unid		
1	Caudal :	Q =	0.0315	m ³ /s	Longitud de canales del tramo	l =	35.90	m
	Tiempo de retención tramo	T =	5.200	min				
	Velocidad en el tramo	V =	0.115	m/s ²				
2				Sección de canales del tramo	A =	0.27	m ²	
3	Altura de agua en la unidad	H =	0.5	m	Ancho de canales del tramo	a =	0.54	m
4				Ancho de vueltas del tramo	d =	0.81	m	
5	Ancho útil de la lamina	b =	0.92	m	Ancho del Floculador	B =	3.570	m
6				N° de canales en el tramo	N =	10		
7	Espesor de las láminas de asbesto-cemento corrugadas	e =	0.005	m	Longitud del tramo	L =	5.445	m
8	Coefficiente de pérdida de carga en las vueltas	K =	2	unidad	Pérdida de carga en las vueltas del cuarto tramo	h ₁ =	0.012	m
	Aceleración de la gravedad	g =	9.8	m/s ²				
9				Perímetro mojado de las secciones del tramo	P =	1.540	m	
10	Coefficiente de rugosidad Manning	n =	0.03		Pérdida de carga en los canales del tramo	h ₂ =	0.0044	m
11				Pérdida de carga total en el cuarto tramo	h _f =	0.016	m	
12	Propiedades del agua	T =	20	°C	Gradiente de velocidad en el tramo	G =	23	1/s
		γ/μ =	3115					

Cuadro N° 14: Cálculo de la Unidad de Decantación - Decantador.

Paso	Datos	Valor	Und	Calculos	Valor	Und		
1	Separación de las placas	$e' =$	15.00	cm	Espaciamiento entre las placas	$d =$	12.39	cm
	Espesor de las lonas de vinilo	$e =$	0.60	cm				
	Angulo de inclinación de las placas	$\theta =$	60	°C				
2	Longitud del módulo de placas	$l =$	1.2	m	Longitud útil dentro de las placas	$l_u =$	112.50	m
					Longitud relativa del modulo de placas	$L =$	9.08	
3	Modulo de eficiencia de las placas	$S =$	1.0		Coeficiente del modulo de placas	$f =$	4.68	m
	Velocidad de sedimentacion de las particulas	$V_s =$	0.00033	m/s				
	Caudal de diseño del decantador	$Q =$	0.01575	m ³ /s				
4	Ancho total neto de la zona de decantacion	$B =$	4.8	m	Numero de canales formados por las placas	$N =$	15.00	m
5					Longitud total del decantador	$LT =$	2.95	m
6					Velocidad media del flujo	$V_o =$	0.18	m
7	Ancho del modulo de placas	$b =$	2.4	m	Radio hidráulico del modulo de placas	$RH =$	5.89	cm
8	Viscosidad a 10°C	$\nu =$	0.013	cm ² /s	Numero de Reynolds	$N_r =$	326	
9					Velocidad longitudinal máxima	$V_o =$	0.21	cm/s

Cuadro N° 15: Cálculo de la Unidad de Decantación - Canal de agua floculada.

Paso	Datos		Valor	Und	Calculos		Valor	Und
1	Caudal	Q =	0.03150	m ³ /s	Caudal de ingreso a cada decantador	q =	0.01575	m ³ /s
	Nº de decantadores	N =	2					
2	Ancho del canal	B =	0.550	m	Sección final del canal	Af =	0.17	m ²
	Altura mínima	Hf =	0.30	m				
3					Velocidad en la sección final del canal	Vc =	0.095	m/s
4	Velocidad en la sección inicial	Vi =	0.115	m/s	Sección inicial del canal	Ai =	0.274	m ²
					Altura inicial del canal	Hi =	0.50	m
5	Velocidad en los laterales	VL =	0.21	m/s	Sección util en las compuertas	AL =	0.0750	m
6	Coeficientes experimentales de Hudson	θ =	0.70		Coeficiente de pérdida en los orificios de la compuerta	β ₁ =	2.201	
		ϕ =	1.67					
7	Del cuadro 4-2	S/rB	1.374		Velocidad real en la primera compuerta	VL1	0.2060	m
8	Del cuadro 4-2	β _N =	2.045		Velocidad real en la ultima compuerta	VLN	0.2138	m/s
					acceptable	δ =	3.60	%
					Pérdida de cargas en las compuertas	hf	0.005	m
9	Ancho de sección compuerta	b =	0.25	m	Radio hidráulico de una compuerta	RH	0.09	m
		h =	0.30					
	Viscosidad cinematica 20°C	μ	0.0000102	m ² /s	Numero de Reynolds	NR	18491	m
	Viscosidad dinamica 20°C	v	0.00010400	kg-s/m ²				
	Peso especifico del agua a 20°C	γ	998.00	kg/m ³				
	$\sqrt{\gamma/\mu}$	3098						
10	Coeficiente de Darcy de Diagrama de Moody	f =	0.027		Gradiente de velocidad al paso del flujo por las compuertas	G	19.12	s ⁻¹

Perdida de carga total = 0.01 m

Cuadro N° 16: Cálculo de la Unidad de Decantación - Canal central.

Paso	Datos		Valor	Und	Calculos		Valor	Und
1	Caudal	$Q =$	0.01575	m3/s	Caudal del canal durante el mantenim. 2 unid.	$Q_c =$	0.03150	m3/s
					Caudal de la mitad del canal	$q =$	0.01575	m3/s
2	Velocidad en los orificios	$V_L =$	0.144	m/s	Area total de orificios	$A_T =$	0.109	m2
3	Separacion de centro a centro entre orificios	$a =$	0.50	m	Numero de orificios a cada lado del canal	N	6	m/s
	Longitud total del canal	$L =$	2.95	m				
	Distancia entre la pared y el primer orificio	$d =$	0.225	m				
4					Area de cada orificio	$A_L =$	0.0182	m2
					Diámetro de los orificios	$d =$	6.000	pulg
6	Ancho del canal	$B =$	0.60	m	Sección al final del canal	A_F	0.36	m
		$h =$	0.60	m				
7					Caudal por orificio	$q_o =$	0.002625	m3/s
8					Caudal que llega al extremo final del canal	$Q_F =$	0.0053	m3/s
9					Velocidad en el extremo final del canal	$V_F =$	0.0146	m/s
10	Altura maxima del canal	$H =$	2.09	m	Sección inicial del canal	$A_c =$	1.254	m2
					Velocidad en el extremo inicial	$V_c =$	0.0126	m3/s
9	Coeficientes experimentales	$\theta =$	0.7		Coeficiente de perdida de carga total en el primer orificio del canal	$\beta_1 =$	1.751	
		$\emptyset =$	1.67		Coeficiente de perdida de carga en el ultimo orificio del canal	$\beta_N =$	1.717	
10	Del cuadro 4-5 Suma 1/raiz(beta)		4.591		Velocidad real en el primer orificio	$V_{L1} =$	0.14377	m/s
	Del cuadro 4-5 raiz (Beta1)		1.309		Velocidad real en el ultimo orificio	$V_{LN} =$	0.14421	m/s
	Del cuadro 4-5 raiz (BetaN)		1.305					
					Desviación de caudal entre el primer y el ultimo orificio	$\delta =$	0.31	%
					Menor que 5% OK			
10	Coeficiente de Darcy de Diagrama de Mbody	$f =$	0.027		Gradiente de velocidad al paso del flujo por las compuertas	G	16.12	s-1
	Viscocidad cinematica 20°C	$\mu =$	0.00000102	m2/s				
	Viscocidad dinamica 20°C	$\nu =$	0.00010400	kg-s/m2				
	Peso específico del agua a 20°C	$\gamma =$	998.00	kg/m3				
	raiz(Gamma/Viscocidad)	$\sqrt{\gamma/\mu}$	3098					

Cuadro N° 17: Cálculo de la Unidad de Decantación - Recolector de agua decantada.

Paso	Datos		Valor	Und	Calculos		Valor	Und
1	Caudal	Q =	15.75	lts/s	longitud de tuberías de recolección	L	7.88	m
	Tasa de recolección	qr =	2	lts/s				
2	Ancho total del modulo de placas	B =	2.400	m	Tubos de recolección (2 en cada lado)	N°	4.00	
3	espaciamiento entre orificios	e =	0.12	m	Numero de orificios por tubo	n	20.00	
4	Diámetro de los orificios (1/2")	do	0.0127	m	Area de los orificios	Ao	0.000127	m2
5	Relación para colección uniforme con una desviación menor de 5%		0.139	und	Area de los tubos de recolección	Ac	0.018273	m3/s
6					Diámetro del tubo	D	6	pulg
7					Area de los orificios	S	0.0001270	m2
					Caudal por orificio	Q	0.0001969	m3/s
					Velocidad en los orificios	V	1.550197	
					Coeficiente de velocidad	Cv	0.985	
					Coef. perdida de carga	K	0.030689	
					Perdida de carga / orificio	ho	0.004	m
					Perdida de carga total	hf	0.301	m

Cuadro N° 18: Cálculo de la Unidad de Decantación - Colector Multiple con tolvas separadas.

Paso	Datos		Valor	Und	Calculos		Valor	Und
1	Longitud del decantador	L =	2.95	m	longitud de la base mayor de cada tolva	x	1.475	m3/s
	Numero de tolvas por decantador	N =	2					
2	Ancho total del decantador	B =	2.400	m	Sección máxima de la tolva	A =	3.54	m2
3	Profundidad de la sección recta de las tolvas	h1 =	0.40	m	Volumen de la parte recta de la tolva	VT1	2.83	m/s
	Caudal	Qd =	7.875	lt/s				
4	Profundidad del tronco de pirámide de la tolva	h =	1.00	m	Volumen del tronco de tolva	VT2	2.36	m2
5	Tasa de producción de lodos (dato que se obtiene en las pruebas de laboratorio)	qL =	0.0050	L.L/s	Caudal de lodos producida por la unidad en epoca de lluvias	QL	0.04	
6					Frecuencia de descargas	F	1.5	dias
7	Velocidad de arrastre	Va	2.89	cm/s	Diámetro de los orificios de descarga	d	6	pulg
	Carga hidráulica	H	4.00	m				
	Separación de orificios de descarga	x	1.475	m				
8	Relacion de velocidades para una desviación de 10%	R	0.5		Diámetro del colector multiple	D	12	m3/s

Cuadro N° 19: Cálculo de la Unidad de Filtración - Batería de filtros.

Paso	Datos		Valor	Und	Calculos		Valor	Und
1	Caudal	Q =	0.0315	m3/s	Area de cada filtro	AF =	2.700	m2
	velocidad de ascension de leuada	Va =	0.70	m/min				
2	Velocidad de filtracion promedio	VF =	252.00	m3/m2/d	Area total de filtros	AT =	10.800	m2
					Numero de filtros	N =	4.00	

Ancho filtro	1.50	m
Largo filtro	1.80	m
Area del filtro	2.70	m2
Nro de Viquetas de 0.30 m	6.00	Unid

Cuadro N° 20: Cálculo de la expansión del lecho filtrante.

Cuadro de Calculo de la expansion de la arena para Ce = 0.80							
$d_{i\min}$ (mm)	$d_{i\max}$ (mm)	De (mm)	x_i	Ga	Re	ϵ_i	$X_i/(1-\epsilon_i)$
1.17	1.41	1.284	0.04	34297	14.98	0.40	0.067
1.00	1.17	1.082	0.09	20485	12.62	0.45	0.164
0.83	1.00	0.911	0.21	12240	10.63	0.50	0.420
0.70	0.83	0.762	0.26	7168	8.89	0.55	0.578
0.59	0.70	0.643	0.24	4296	7.50	0.58	0.565
0.50	0.59	0.543	0.10	2593	6.34	0.63	0.270
0.42	0.50	0.458	0.06	1558	5.35	0.68	0.188
							2.252
T 20°C		$\rho_a =$ 1000	kg/m3				
		$\rho_s =$ 2650	kg/m3				
		$\rho_{ant} =$ 1500	kg/m3				
		$\mu =$ 0.0010	kg/s x m				
		$g =$ 9.81	m/s2				
		$Va =$ 0.7	m/min				
Cuadro de Calculo de la expansion de la antracita para Ce = 0.70							
$d_{i\min}$ (mm)	$d_{i\max}$ (mm)	De (mm)	x_i	Ga	Re	ϵ_i	$X_i/(1-\epsilon_i)$
2.00	2.38	2.182	0.05	50939	25.45	0.44	0.089
1.65	2.00	1.817	0.15	29404	21.19	0.50	0.300
1.41	1.65	1.525	0.29	17406	17.80	0.55	0.644
1.17	1.41	1.284	0.28	10393	14.98	0.58	0.659
1.00	1.17	1.082	0.16	6208	12.62	0.63	0.427
0.83	1.00	0.911	0.07	3709	10.63	0.68	0.219
							2.338

Cuadro N° 21: Cálculo de la Unidad de Filtración - Batería de fitros.

Paso	Datos		Valor	Und	Calculos	Valor	Und
1	Diámetro mas fino de la capa de arena	d1 =	0.42	mm	Diámetro equivalente de la capa mas fina	De	0.458
	Caudal	Q	0.0315	m3/s			
	Diámetro mas grueso de la capa de arena	d2 =	0.50	mm			
2	Peso especifico del agua	rhoa	1000	kg/m3	Número de Galileo para la capa mas fina de la arena	Ga	1558
	Peso especifico de la arena	rhos	2650	kg/m3			
3	Viscosidad dinamica 20°C	μ	0.0010	kg/s x m	Numero de Reynolds modificado	Re	5.35
	Aceleración de la gravedad	g	9.81	m/s2			
	Coefficiente de esfericidad	Ce	0.80				
	Velocidad de ascencion de lavado	Va =	0.70	m/min			
4	Del ábaco para Ce = 0.8	Epsi	0.68		Numero de Reynolds modificado		0.188
	fracción del lecho filtrante que ocupa la capa 1 o capa mas fina del abaco	xi	0.06				
5	Del cuadro 5-10 se obtiene Suma $xi/(1-\epsilon)$		2.252		Porosidad expandida promedio de la capa de arena	ε	0.56
	Del cuadro 5-11 se obtiene Suma $x'i/(1-\epsilon)$	xi	2.338		Porosidad expandida promedio de la capa de arena	ε'	0.57
6	Porosidad de la arena limpia	ε ₀	0.420		Porcentaje de expansion promedio de la arena	E	30.6
7	Porosidad de la antracita limpia	ε' ₀	0.450		Porcentaje de expansion promedio de la antracita	E'	28.6
	Altura del lecho filtrante (arena)	L	0.300		Altura del lecho filtrante expandido	Le	1.035
	Altura del lecho filtrante (antracita)	L'	0.500				
8	Numero de canaletas de recoleccion de agua de lavado	N3	1.0		Caudal que recolecta cada canal	Qc	2.46
9	Altura util de las canaletas de lavado	ho	0.24	m	Ancho de las canaletas de lavado	W	0.25
10	Altura entre nivel lecho expandido y fondo canaleta	H4	0.100	m	Altura total de canaletas de lavado mas losa de fondo	H3	0.460
11	Altura del falso fondo	H1	0.400	m			
	Altura del drenaje mas la grava	H2	0.520	m	Altura del borde de la canaleta de lavado con respecto al fondo del filtro	Hc	2.515
12	Altura del lecho filtrante	Hf	0.800	m			

Velocidad de salida en la compuerta = 1.265 m/s
 Area de la compuerta = 0.03237 m²
 b = 0.18 m
 h = 0.18 m
 A = 0.0324 m²

Cuadro N° 22: Cálculo de la Unidad de Filtración
Carga hidráulica que requiere para operar tasa declinante

Paso	Datos		Valor	Und	Calculos	Valor	Und
1	Coefficiente de esfericidad de la arena	Ce	0.80		Perdida de carga inicial en la capa de arena en funcion de la velocidad de filtración	hf1	0.000756
	Del cuadro 5-14 valor Suma(Xi/di^2)		2007497.40				
	Viscocidad cinematica 20°C	ν	0.0000010	m ² /s			
	Gravedad	g	9.8100000	m/s ²			
	Porosidad de la arena limpia	ϵ_0	0.420				
	Ancho de capa de arena	L	0.300	m			
2	Coefficiente de esfericidad de la antracita	C'e	0.70		Perdida de carga inicial en la capa de arena en funcion de la velocidad de filtración	hf1	0.000343
	Del cuadro 5-15 valor Suma(Xi/di^2)		571426.80				
	Viscocidad dinamica 20°C	μ	0.0010000	kg/(m-s)			
	Gravedad	g	9.8100000	m/s ²			
	Porosidad de la antracita limpia	ϵ'_0	0.450				
	Ancho de capa de antracita	L'	0.500	m			
3	Area de filtración	Af	2.70		Caudal por orificio de drenaje durante el proceso de filtracion	qo	0.0000001736
	Nº total de orificios en el drenaje	Nt	180				
4	Diametro de los orificios del drenaje 3/4"	do	0.019	m	Area de los orificios de drenaje	Ao	0.0002835
	Coefficiente de descarga de los orificios	Cd	0.650				
5					Perdida de carga en drenaje durante el proceso en funcion de la velocidad de filtracion	hf3	4.52E-08
6	Caudal	Q	0.0315	m ³ /s	Seccion de la compuerta de entrada	Ac1	8.13E-03
	Numero de filtros	N =	4				
	Velocidad en la compuerta de entrada	Vc1	1.26	m/s			
						Ac1	4.004
7	Coefficiente de perdida de carga en la compuerta	K	1.000		Perdida de carga en la compuerta de entrada	hf4	7.54E-07
8	Longitud de cresta del vertedero de salida	L2	0.300	m	Altura de agua en el vertedero de salida en funcion de VF	hf7	0.15
9					Carga hidraulica disponible para el proceso	HT	7.99E-07
							1.10E-03
							HT=A*VF^2+E*VF+G

Perdida de carga compuerta de entrada = 0.08 m.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- ✓ La construcción de la Planta de tratamiento de agua del Centro Poblado “Carmen Alto”, va a mejorar la calidad de vida de los pobladores.
- ✓ La planta de tratamiento diseñada utiliza la tecnología apropiada CEPIS/OMS de filtros rápidos, con la cual se produce agua potable con bajos costos de construcción y costos mínimos de operación y mantenimiento.
- ✓ La planta se ha diseñado en forma compacta, esto facilita la operación porque se requiere de menos número de personas para la operación, normalmente solo un operador y un ayudante. Se ahorra área de terreno e infraestructura vial, sólo se requiere de una pista perimétrica y rodeando a ésta el cerco.
- ✓ El proceso de filtración debe cumplir con la remoción de bacterias y la remoción de la turbiedad, para lo cual siempre se tiene que realizar periódicamente pruebas de la calidad del agua, con la finalidad de ajustar la dosificación de los químicos.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ En el proceso de construcción se debe tener bastante cuidado con los empalmes entre las unidades, con la finalidad de que cada unidad hidráulica trabaje adecuadamente
- ✓ Si el caudal que entra a la planta o a una de sus unidades sobrepasa su capacidad, el agua no sale bien tratada. En conclusión, la regulación de los caudales es fundamental para el buen funcionamiento de la planta.
- ✓ En todo momento se debe saber cómo está funcionando cada unidad de planta. Para ello se requiere realizar periódicamente las siguientes actividades:
 - Verificar que el mezclador rápido y la dosificación trabajen adecuadamente. Observando el tanque los canales o los dispositivos de mezcla rápida.
 - Los filtros deben lavarse periódicamente para asegurar la calidad del agua filtrada. Esta labor exige un especial cuidado con el fin de no producir daños en el filtro y/o en el agua tratada.
 - La purga de lodos se realiza en las unidades de sedimentación periódicamente para evitar acumulación exagerada que pueda afectar la eficiencia del tanque.

BIBLIOGRAFÍA

- **Ministerio de Vivienda.**
Reglamento Nacional de Edificaciones.
Lima 2006.
- **Organización Mundial de la salud.**
Guías para la Calidad del Agua Potable.
Tercera Edición : Volumen 1 - 2006.
- **Organización Panamericana de Salud / Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ciencias Del Medio Ambiente.**
Tratamiento de Agua para Consumo Humano - Plantas de Filtración Rápida : Manual I - Teoría
OPS/CEPIS/PUB/04.109 – Lima 2004.
- **Organización Panamericana de Salud / Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ciencias Del Medio Ambiente.**
Tratamiento de Agua para Consumo Humano - Plantas de Filtración Rápida : Manual II: Diseño de Plantas de Tecnología Apropriada
OPS/CEPIS/PUB/04.111 – Lima 2006.
- **Organización Panamericana de Salud / Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ciencias Del Medio Ambiente.**
Tratamiento de Agua para Consumo Humano - Plantas de Filtración Rápida : Manual III: Evaluación de Plantas de Tecnologia Apropriada
OPS/CEPIS/PUB/04.112 – Lima 2006.
- **Organización Panamericana de Salud / Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ciencias Del Medio Ambiente.**
Tratamiento de Agua para Consumo Humano - Plantas de Filtración Rápida : Manual IV: Operación, Mantenimiento y Control de Calidad.
OPS/CEPIS/PUB/05.113 – Lima 2005.
- **Rocha Felices Arturo.**
Hidráulica de Tuberías y Canales.

UNI - Lima 2007.

- Romero Rojas Jairo Alberto.
Potabilización del Agua.
Alfa Omega – 3ra Ed. México 1999.
- Comisión Nacional del Agua - México, D.F.
Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.
ISBN: 978-968-817-880-5 - Edición 2007
www.cna.gob.mx

ANEXOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
LABORATORIO N° 20 - INGENIERIA SANITARIA

INFORME DE ANÁLISIS N°151-2011 LAB N° 20

Solicitante	: MUNICIPALIDAD NUEVO IMPERIAL CAÑETE.
Proyecto	: Red de Agua Potable y Planta de Tratamiento
Tipo de muestra	: Agua (*)
Procedencia	: Poblado Carmen Alto – Nuevo Imperial
Fecha de muestreo	: 30-04-2011 Hora: El solicitante no indico.
Fecha de recepción	: 25-05-2011

RESULTADOS DE ANÁLISIS FISICO QUIMICO

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Cloruros	mg /LCI	15.5	Volumétricos
Color	U.C	< 5.00	Colorimétrico
Ph	—	7.09	Electrodo
Sólidos disueltos o sales solubles	mg/L	157.00	Gravimétricos
Sulfatos	mg/L SO ₄ *	36.00	Turbidimétrico
Turbiedad	U N T	198.00	Turbidimétrico
Arsénico	mg/L As	0.0001	Absorción Atómica
Cadmio	mg/L Cd	0.001	Absorción Atómica
Cobre	mg/L Cu	0.001	Absorción Atómica
Cromo	mg/L Cr	0.001	Absorción Atómica
Zinc	mg/L Zn	0.011	Absorción Atómica
Mercuro	mg/L Hg	0.00002	Gravimétricos

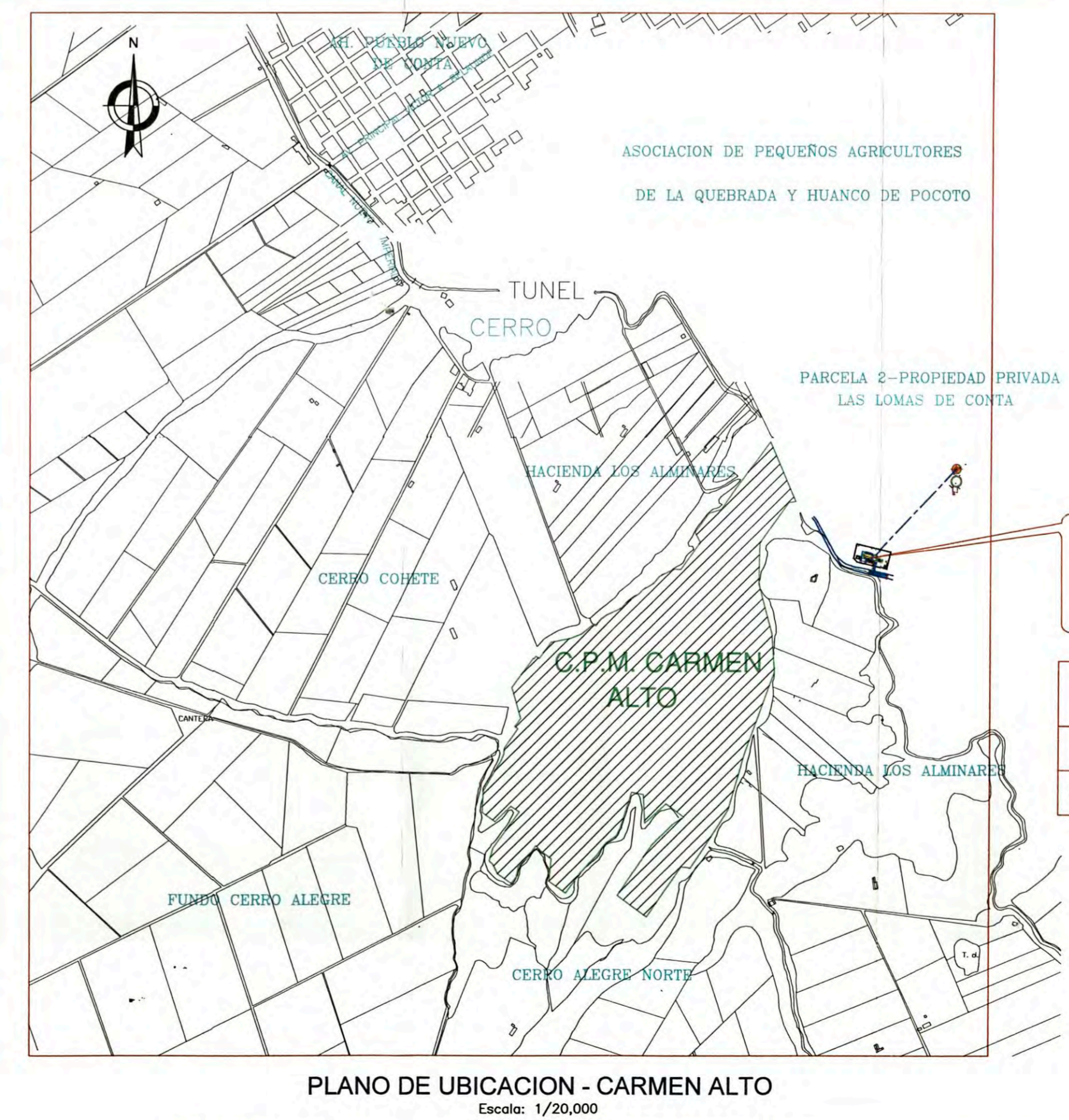
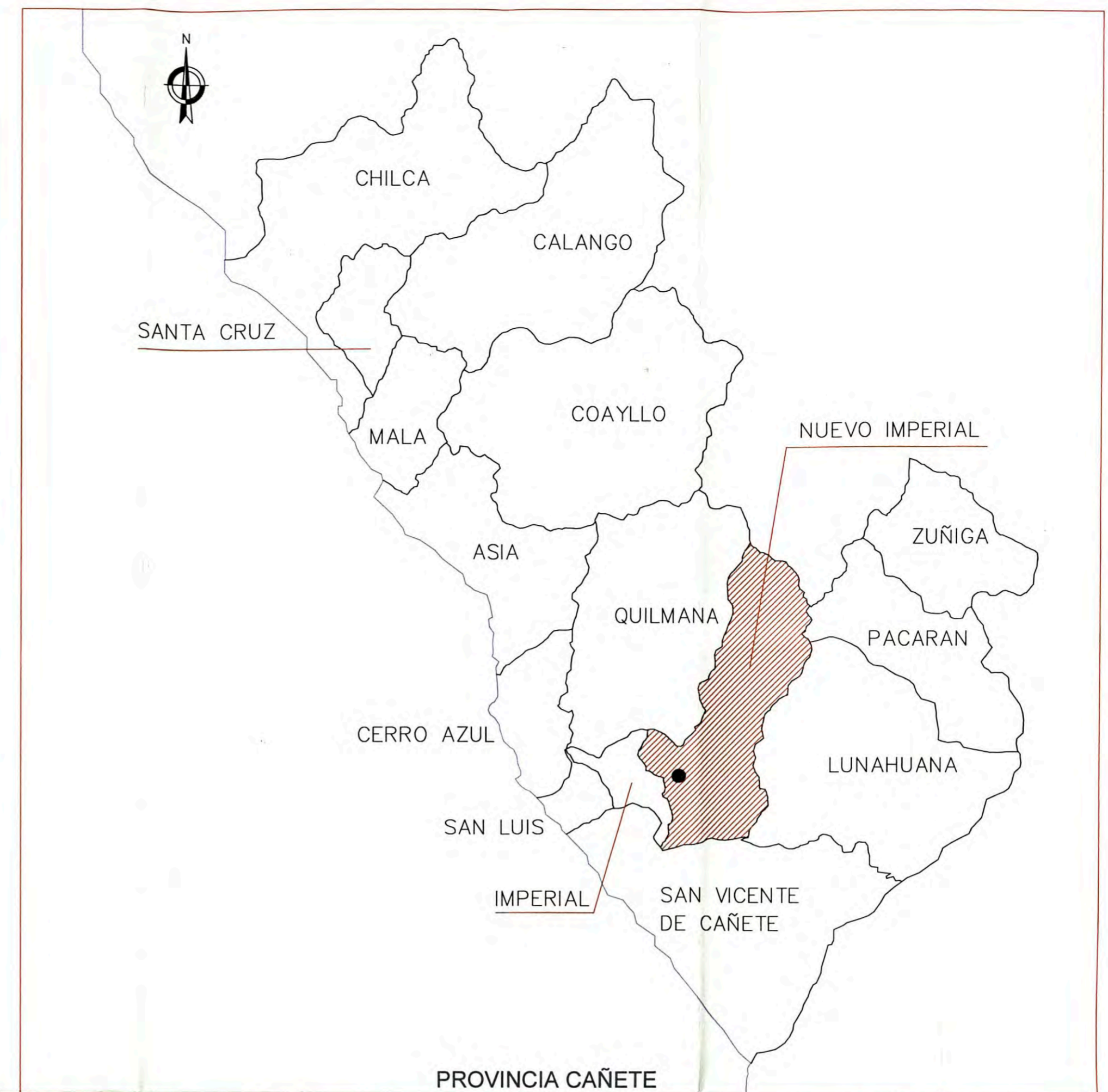
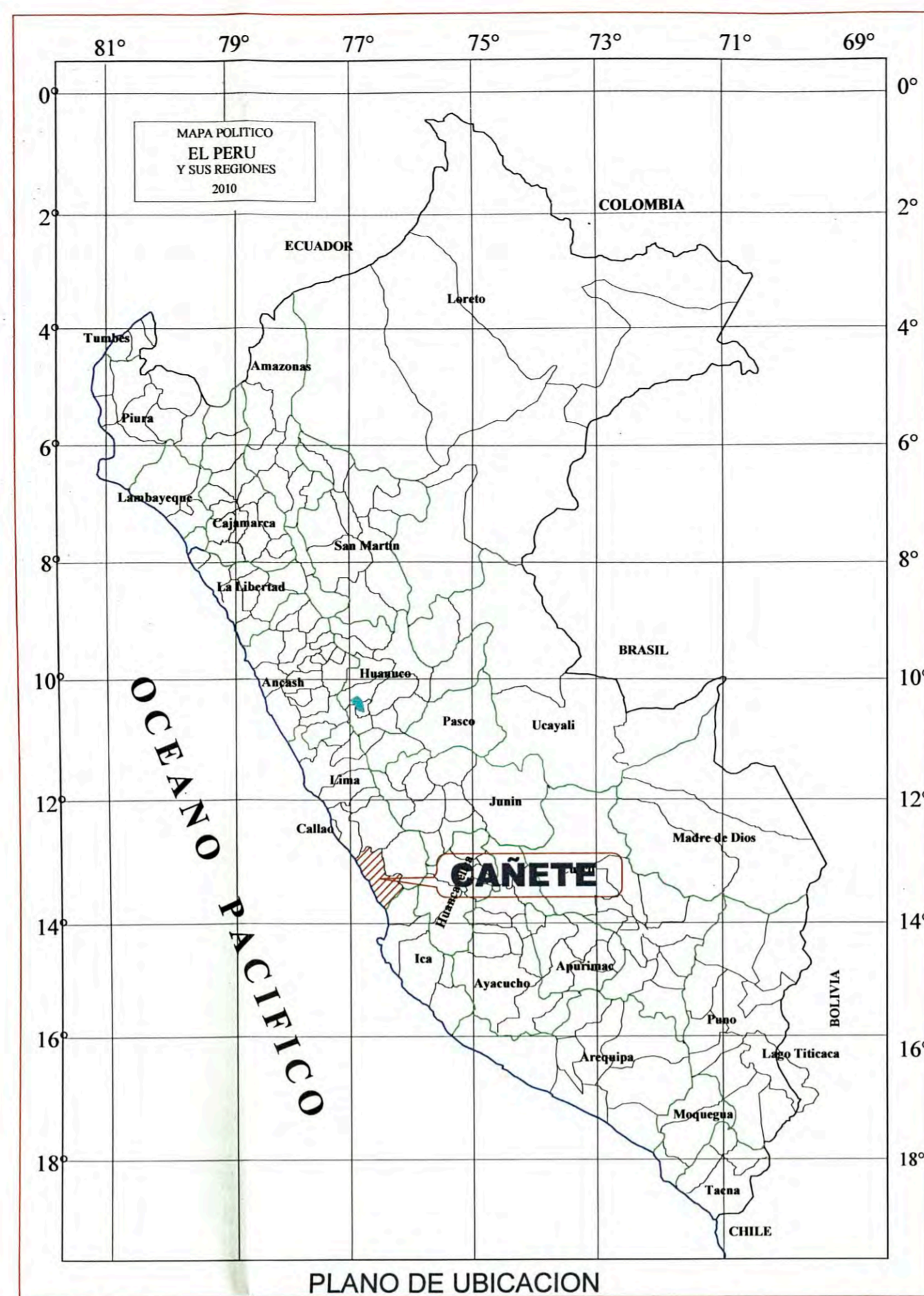
Los análisis se han efectuado tomando los MÉTODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUAS POTABLES Y RESIDUALES APHA –AWWA-WPCF 19 edición.

Cama, 31 de Mayo del 2011.

ING. VALERY MAUTINO CANO
JEFE DE LABORATORIO N°20

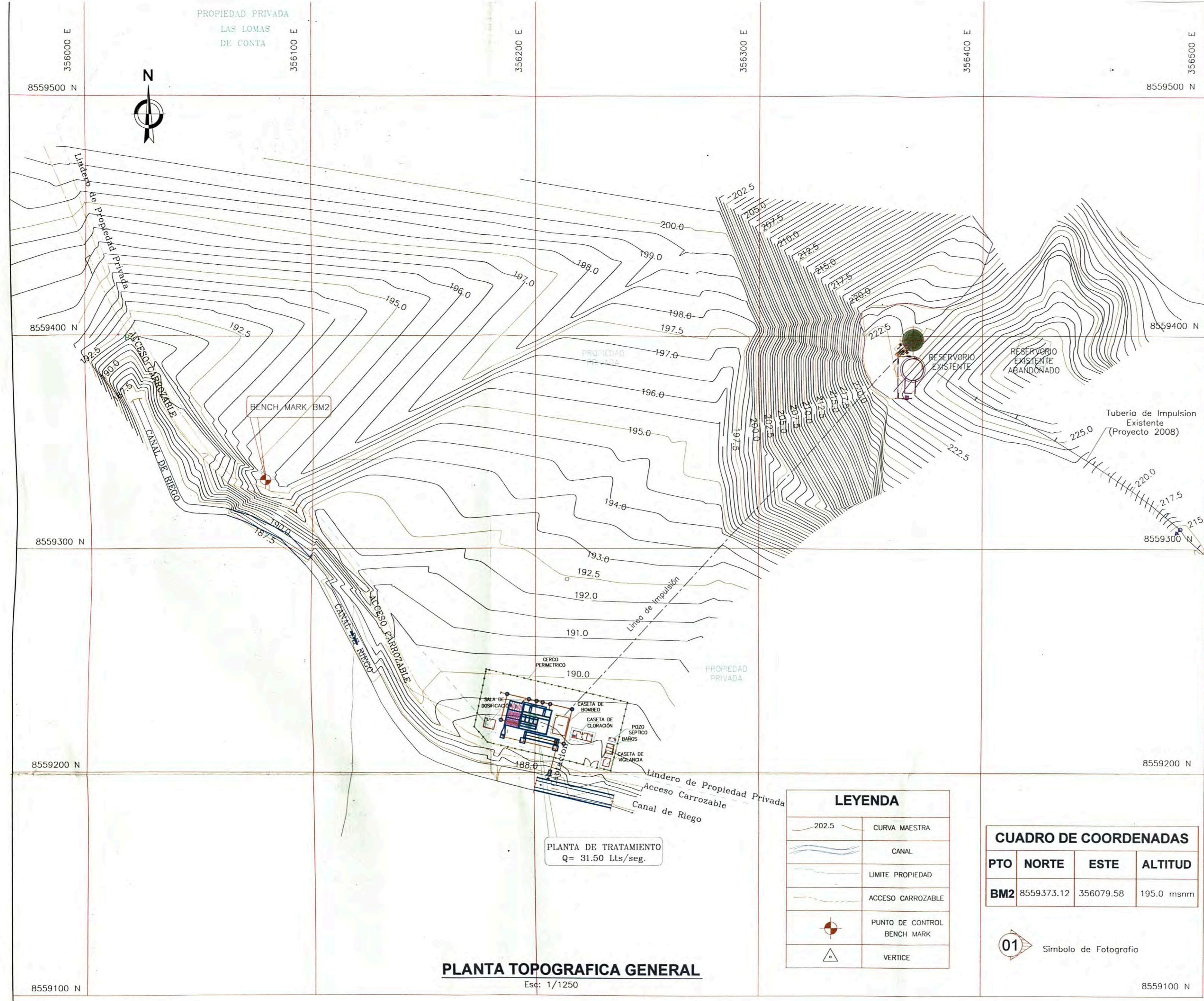
(*) La muestra fue tomada por el solicitante

PLANOS



UBICACION PLANTA DE TRATAMIENTO

COORDENADAS UTM DE NUEVO RESERVORIO		
NORTE	ESTE	ALTITUD
8559221.0	356200.0	189.0 msnm



PLANTA TOPOGRAFICA GENERAL
Escala: 1/1250

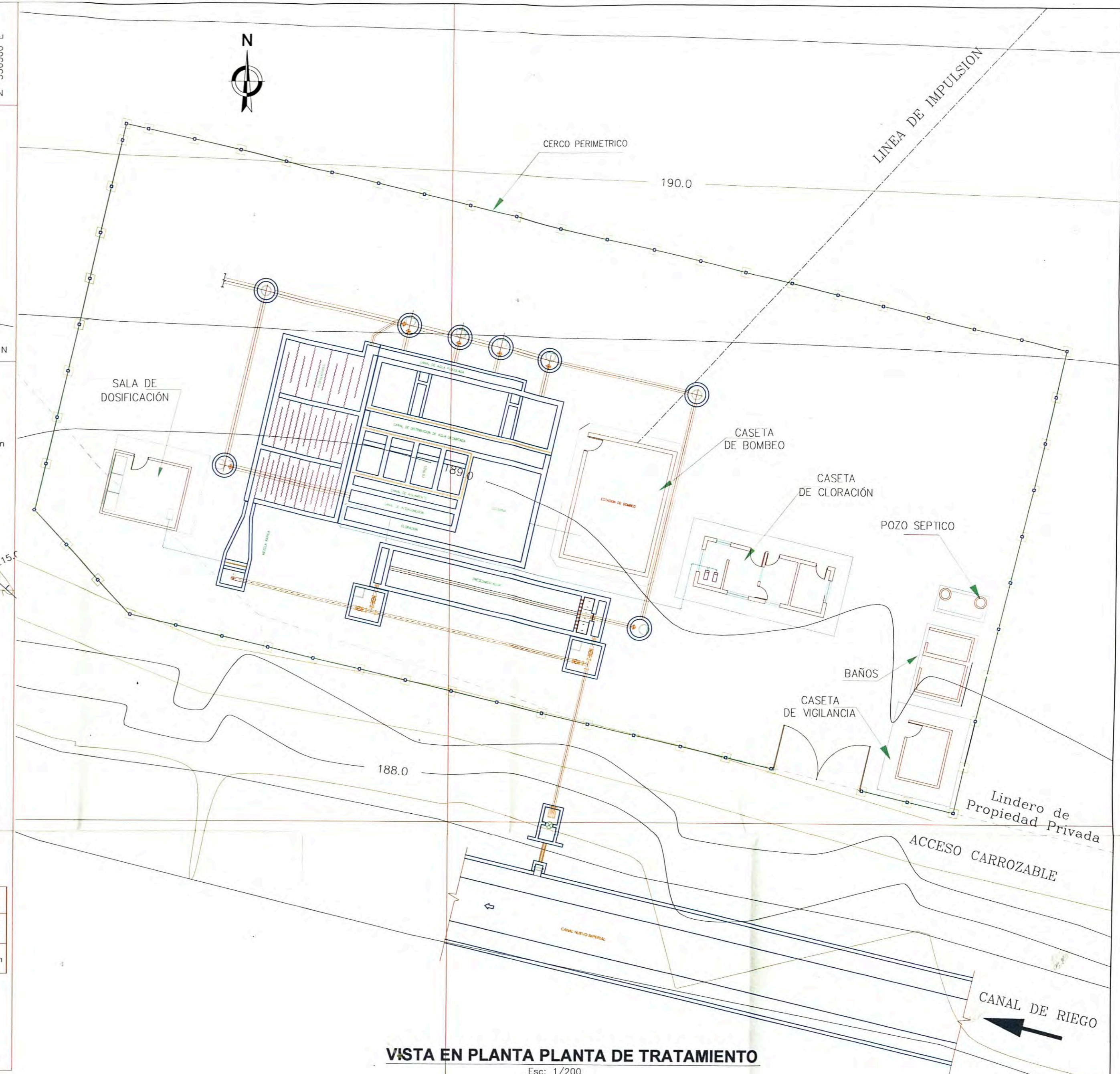
LEYENDA

	CURVA MAESTRA
	CANAL
	LIMITE PROPIEDAD
	ACCESO CARROZABLE
	PUNTO DE CONTROL BENCH MARK
	VERTICE

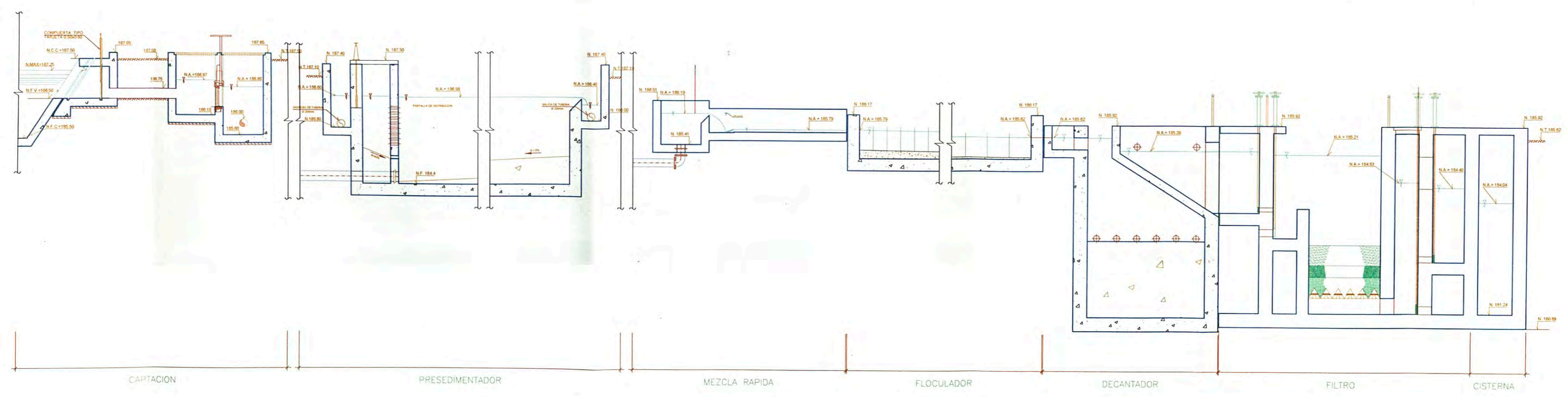
CUADRO DE COORDENADAS

PTO	NORTE	ESTE	ALTITUD
BM2	8559373.12	356079.58	195.0 msnm

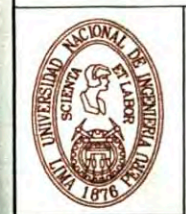
Simbolo de Fotografia



VISTA EN PLANTA PLANTA DE TRATAMIENTO
Escala: 1/200



VISTA ELEVACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO
Escala: 1/75



Universidad Nacional de Ingeniería

Propietario:
Municipalidad Distrital de Nuevo Imperial

Jefe Estudio: **Ing. Javier Moreno**
Asesor: **Ing. Carlos Irala**
Diseño: **Bach. Aldo A. Arrascaue Manosalva**
Dibujo: **Bach. Aldo A. Arrascaue Manosalva**

Realizado por:
Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.

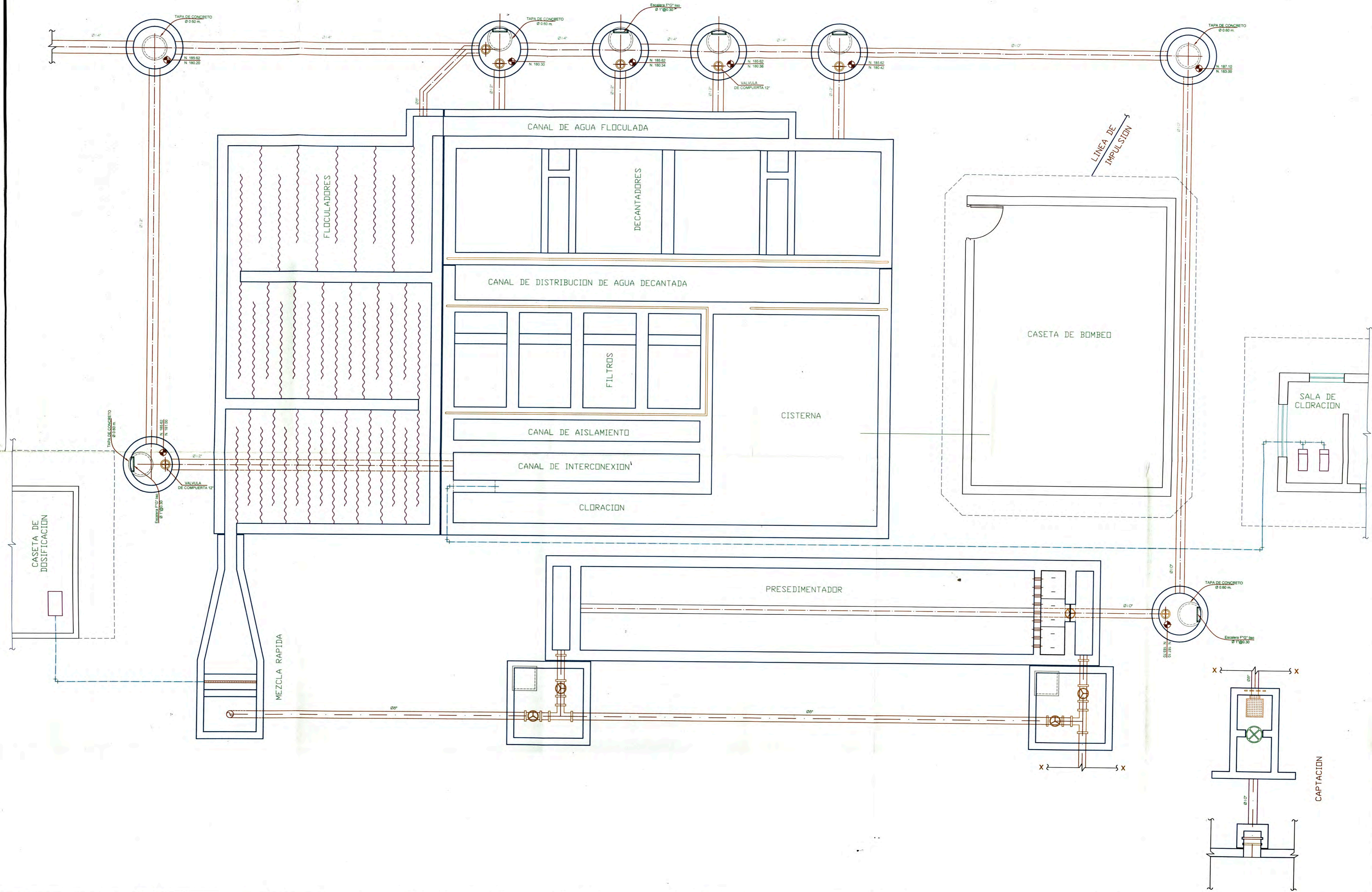
Revisado por:
Ing. Carlos Irala Candiotti

Espacio Libre Intencional

N°	FECHA	REVISIONES DESCRIPCION
1	25/06/2011	
2	09/07/2011	
3	17/07/2011	

Proyecto:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL POBLADO DE CARMEN ALTO
Plano:
PLANO TOPOGRAFIA PLANTA DE TRATAMIENTO

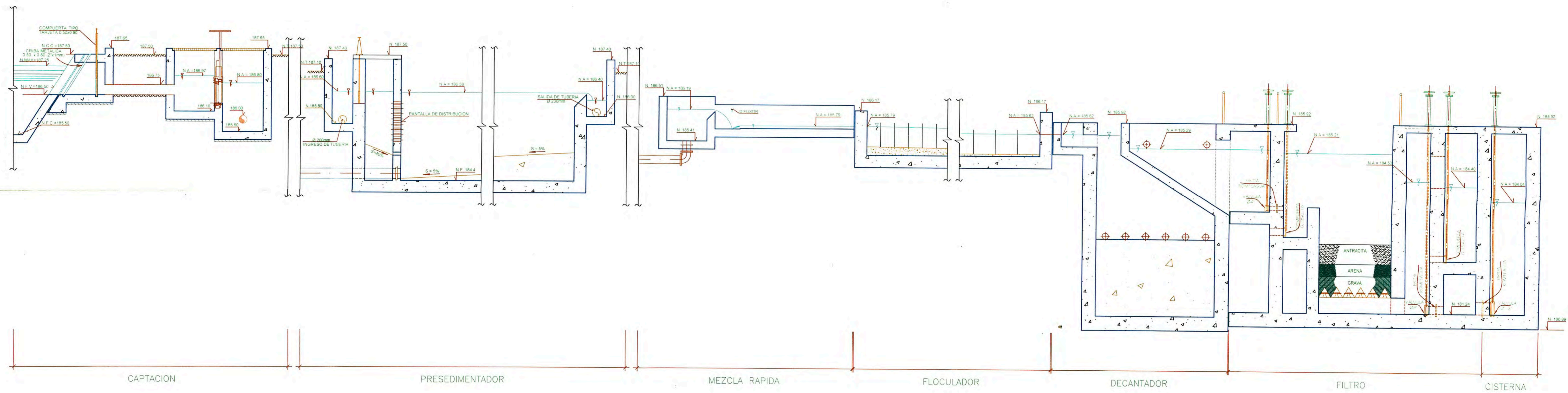
Escala: Indicada
Fecha: Julio 2011
Plano: **CA-PT-TO**



N°	FECHA	REVISIONES DESCRIPCION
1	25/06/2011	
2	09/07/2011	
3	17/07/2011	

PERFIL HIDRAULICO PLANTA DE TRATAMIENTO

ESC: 1/50



Universidad Nacional de Ingeniería

Propietario:
Municipalidad Distrital de Nuevo Imperial

Jefe Estudio: Ing. Javier Moreno
Asesor: Ing. Carlos Irala
Diseño: Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.
Dibujo: Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.

Realizado por:
Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.

Revisado por:
Ing. Carlos Irala Candiotti

Espacio Libre Intencional

N°	FECHA
1	25/06/2011
2	09/07/2011
3	17/07/2011

REVISIONES

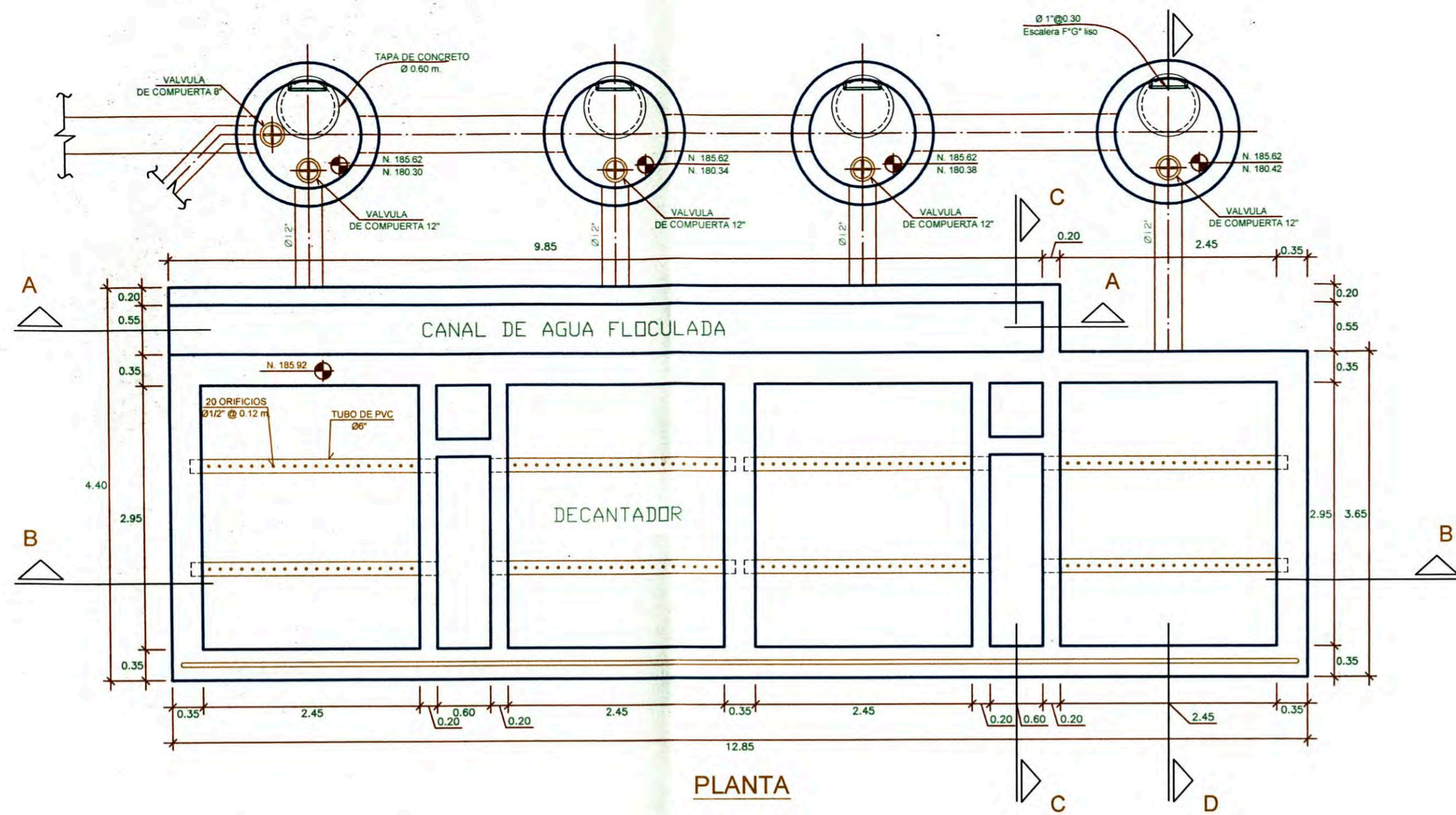
DESCRIPCION

Proyecto:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL POBLADO DE CARMEN ALTO

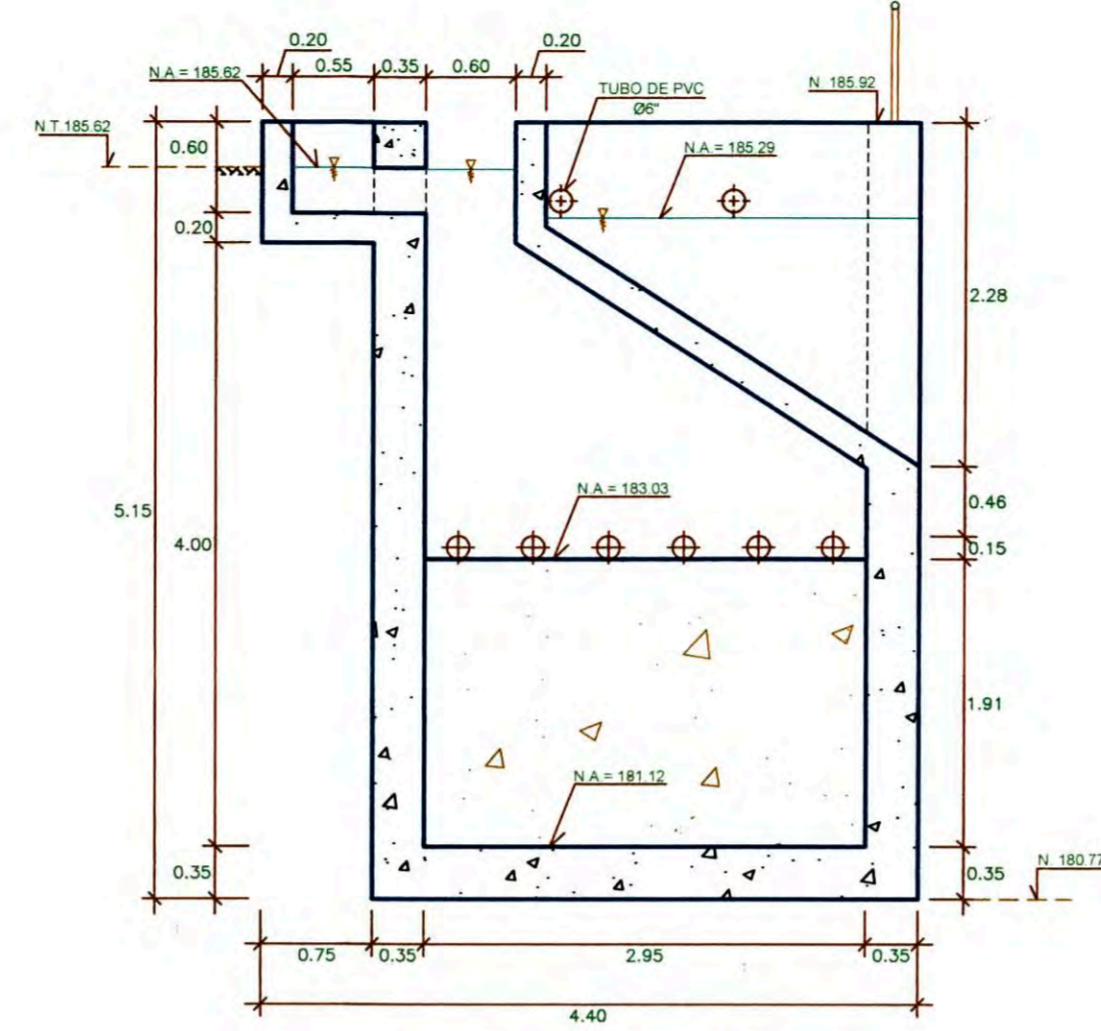
Plano:
PLANO : PLANTA TRATAMIENTO-PERFIL HIDRAULICO

Escala: 1/50
Fecha: Julio 2011
Plano: CA-PT-PH

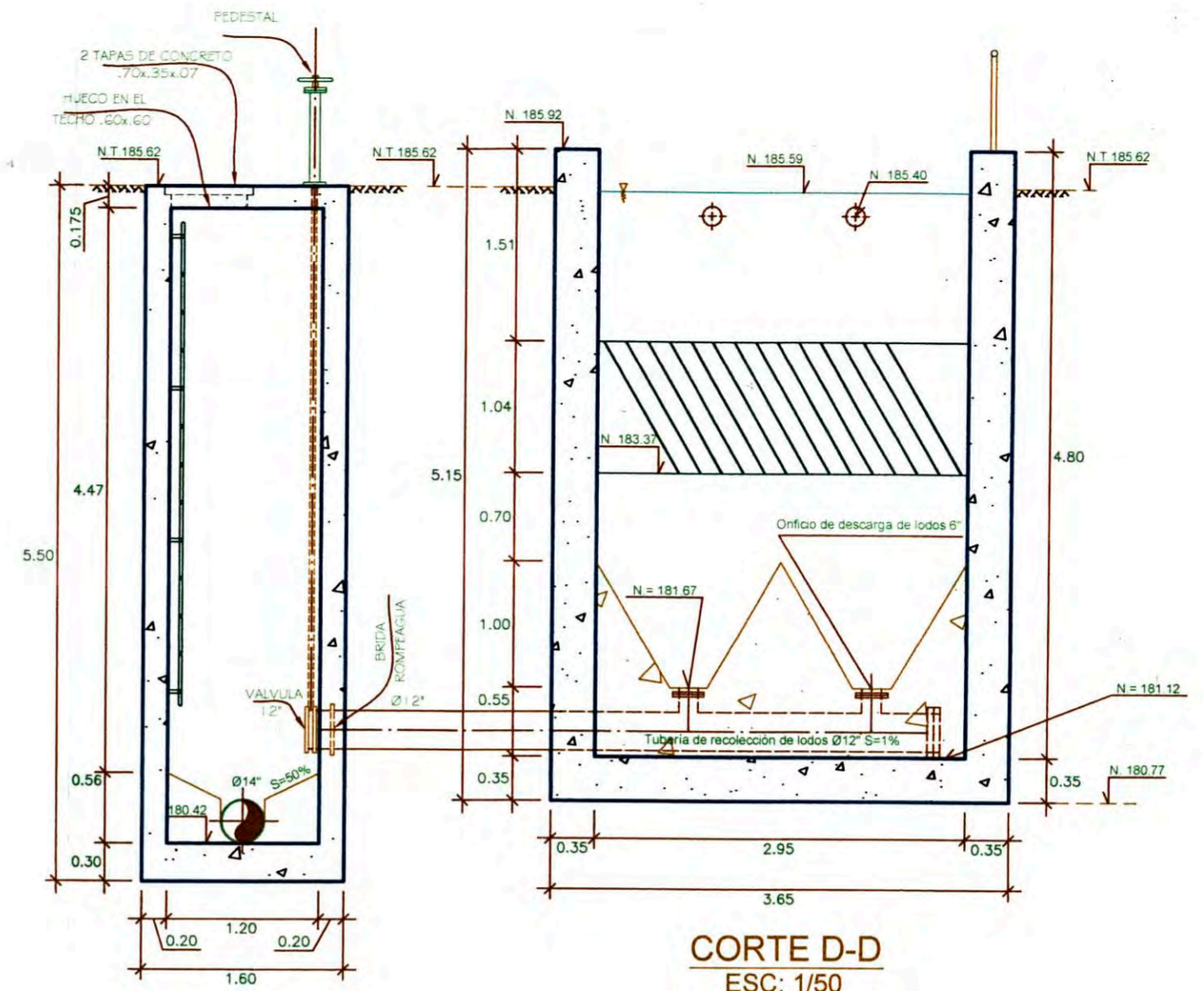
DECANTADORES



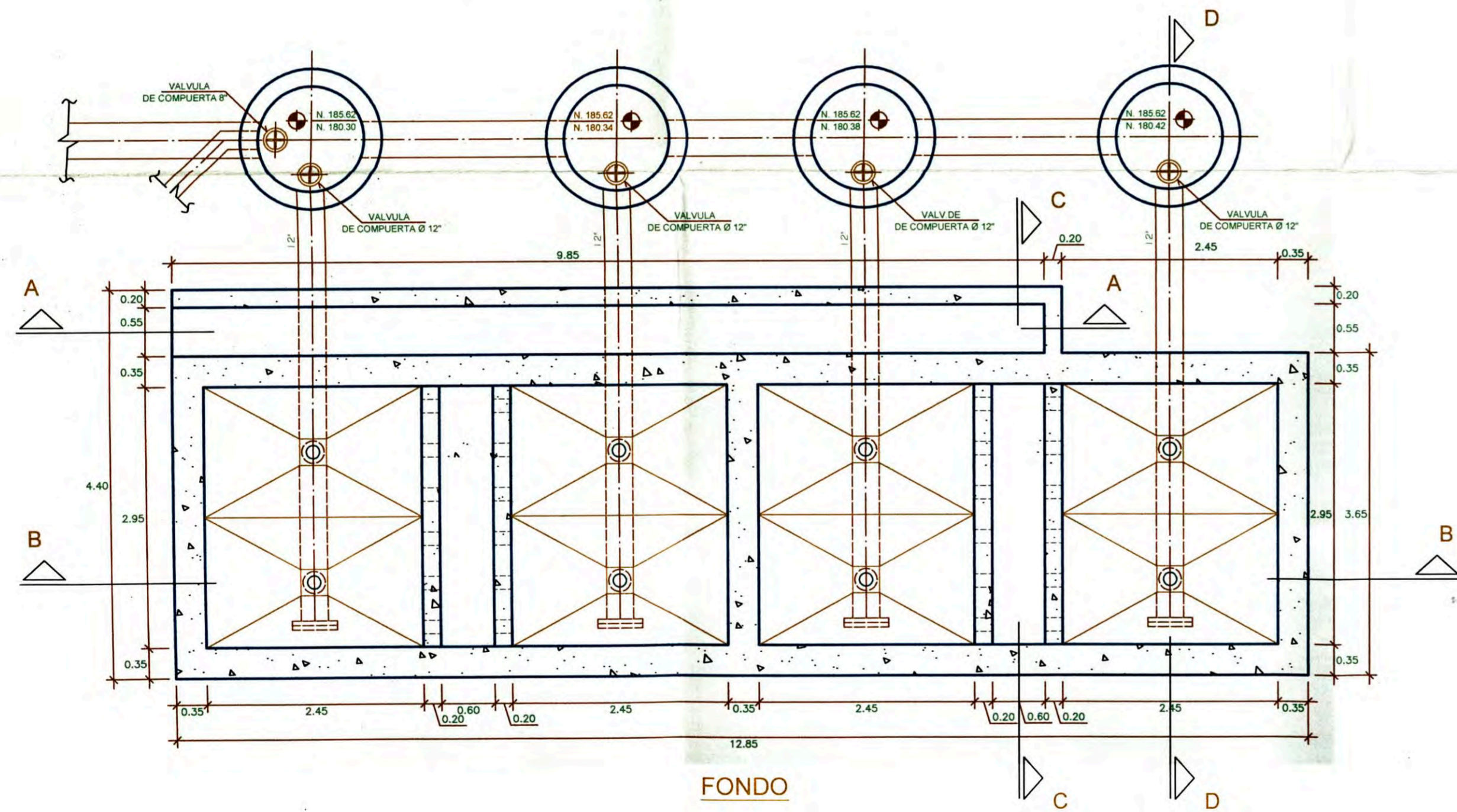
PLANTA



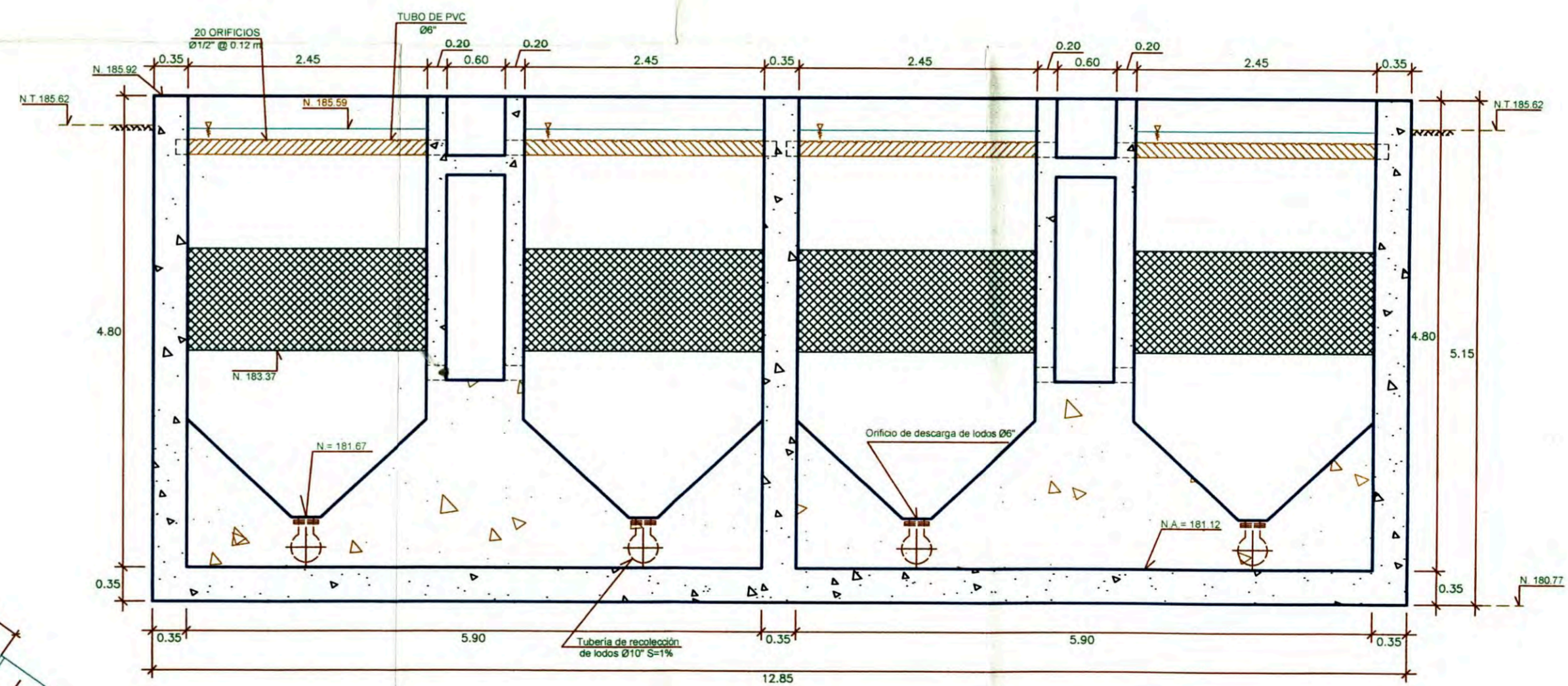
CORTE C-C
ESC: 1/50



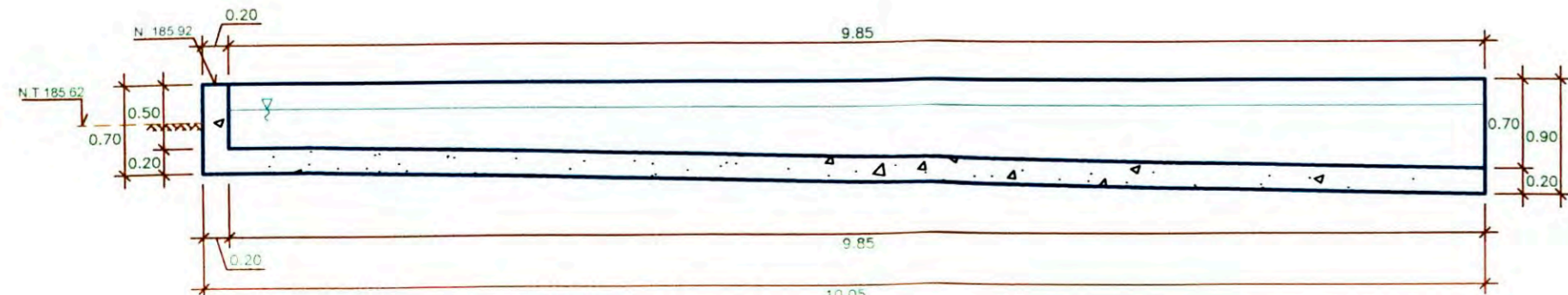
CORTE D-D
ESC: 1/50



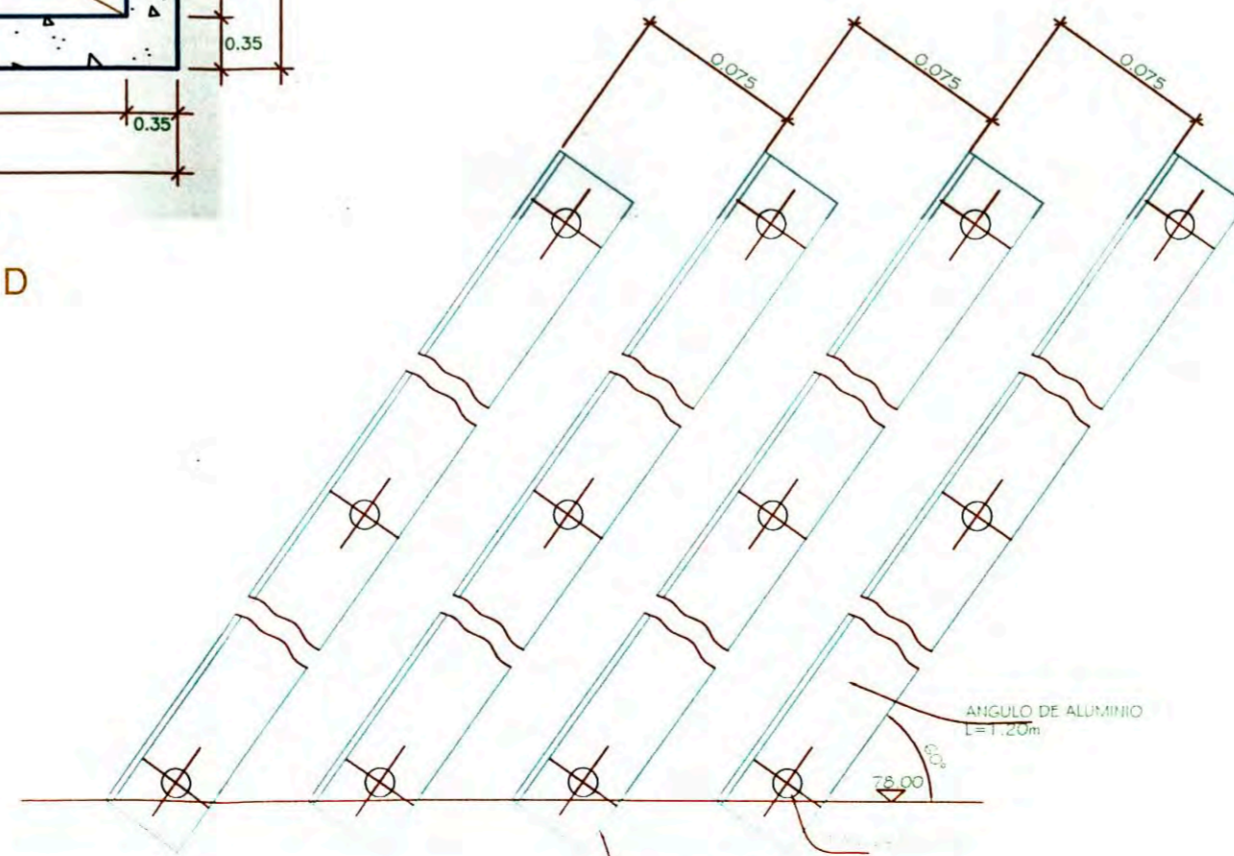
FONDO



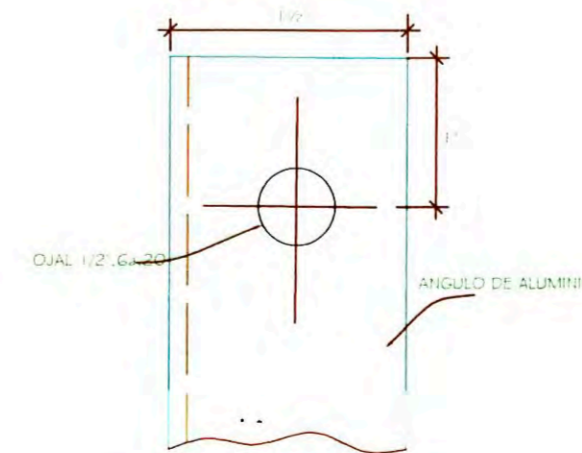
CORTE B-B
ESC: 1/50



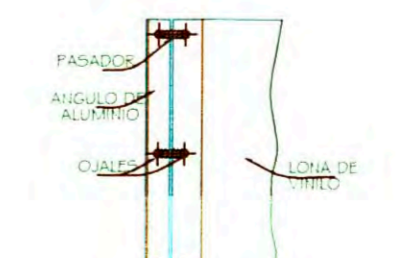
CORTE A-A
ESC: 1/50



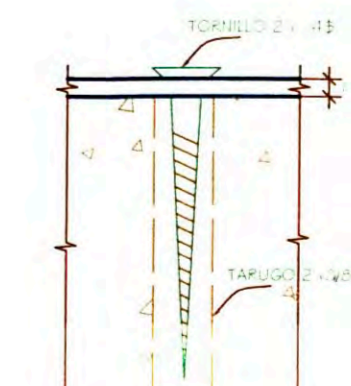
ARRIOSTRE DE LONAS DE VINILO



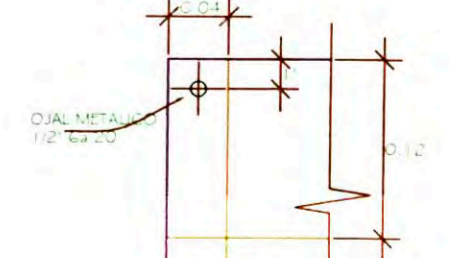
DETALLE DE OJAL EN EL ANGULO DE ALUMINIO



DETALLE DE ANCLAJE DE LONA DE VINILO



DETALLE DE ANCLAJE



DETALLE DE OJAL



Universidad Nacional de Ingeniería

Propietario:
Municipalidad Distrital de Nuevo Imperial

Jefe Estudio: Ing. Javier Moreno
Asesor: Ing. Carlos Irala
Diseño: Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.
Dibujo: Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.

Realizado por:
Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.

Revisado por:
Ing. Carlos Irala Candiotti

Espacio Libre Intencional

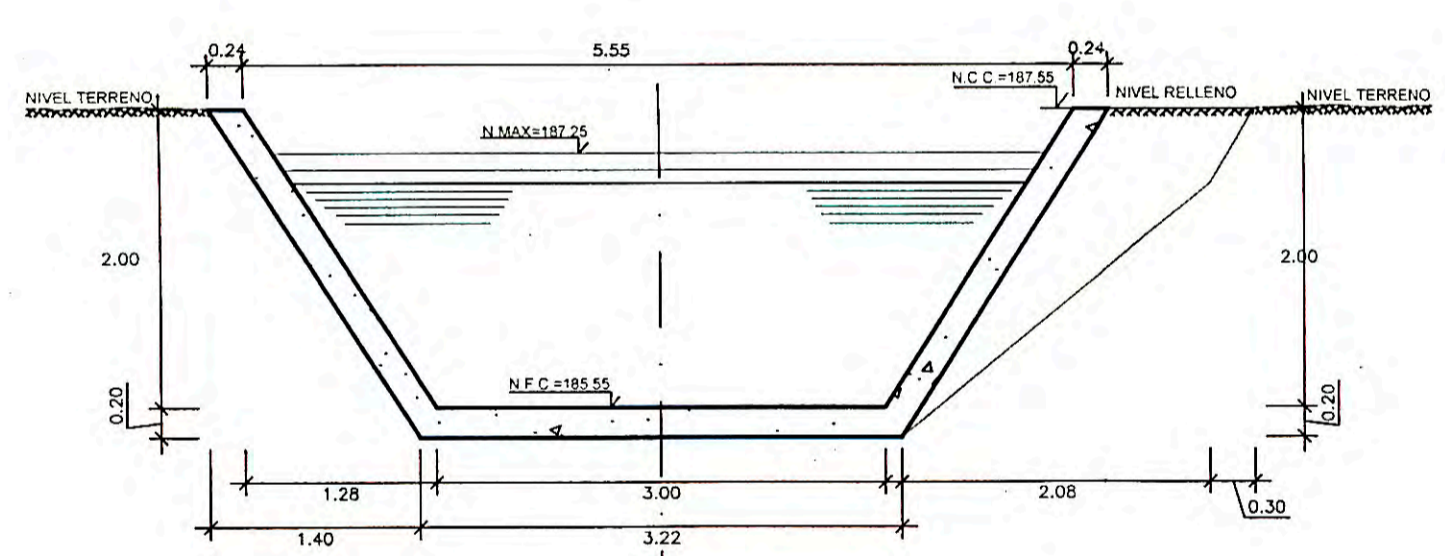
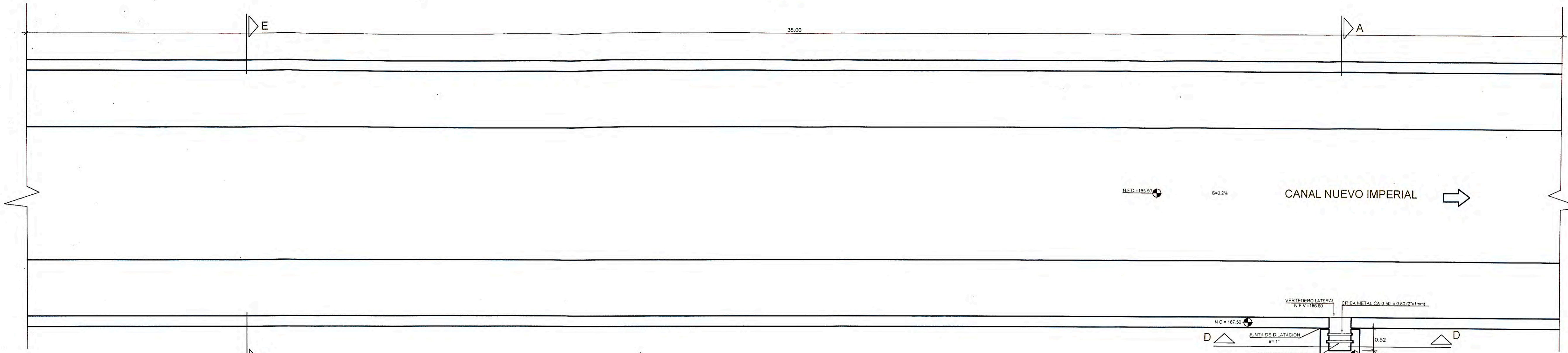
N°	FECHA
1	25/06/2011
2	09/07/2011
3	17/07/2011

REVISIONES
DESCRIPCION

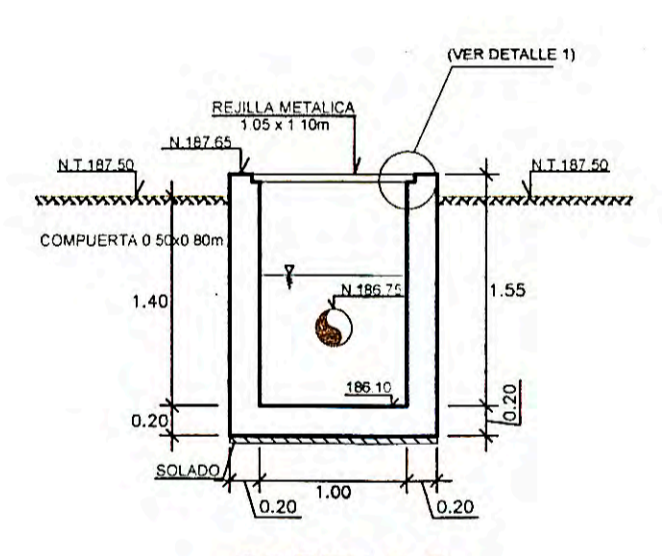
Proyecto:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL POBLADO DE CARMEN ALTO
Plano:
PLANO : PLANTA TRATAMIENTO-DECANTADORES

Escala: 1/50
Fecha: Julio 2011
Plano: CA-PT-DC

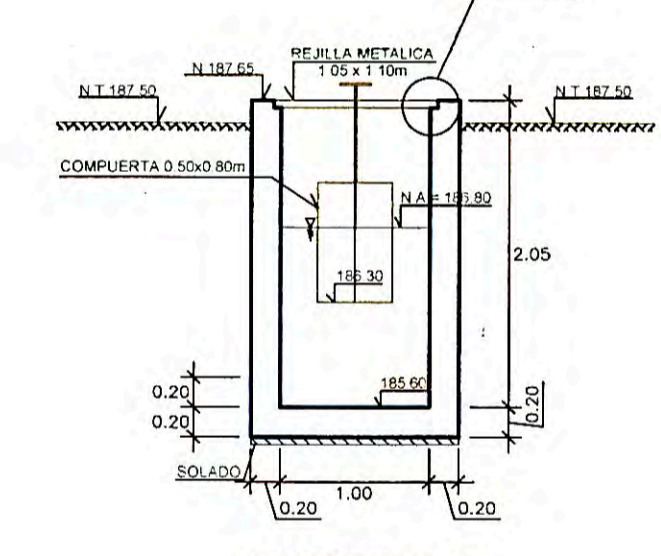
PLANTA
ESC: 1/50



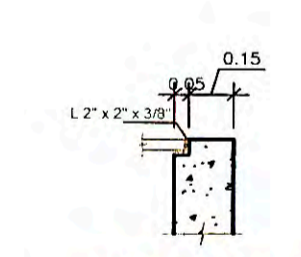
CORTE E-E
ESC: 1/50



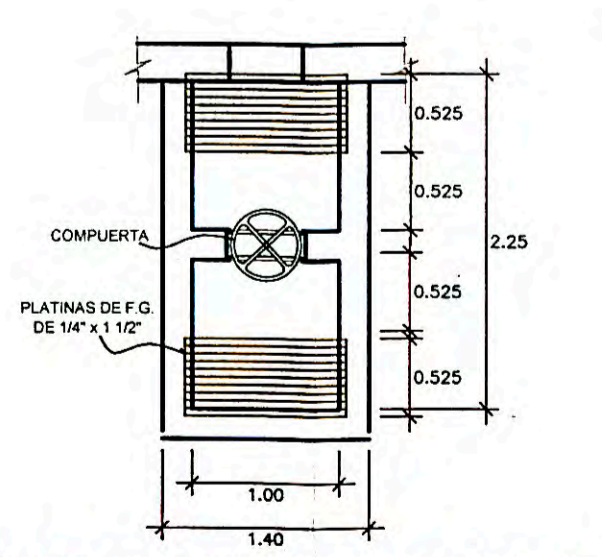
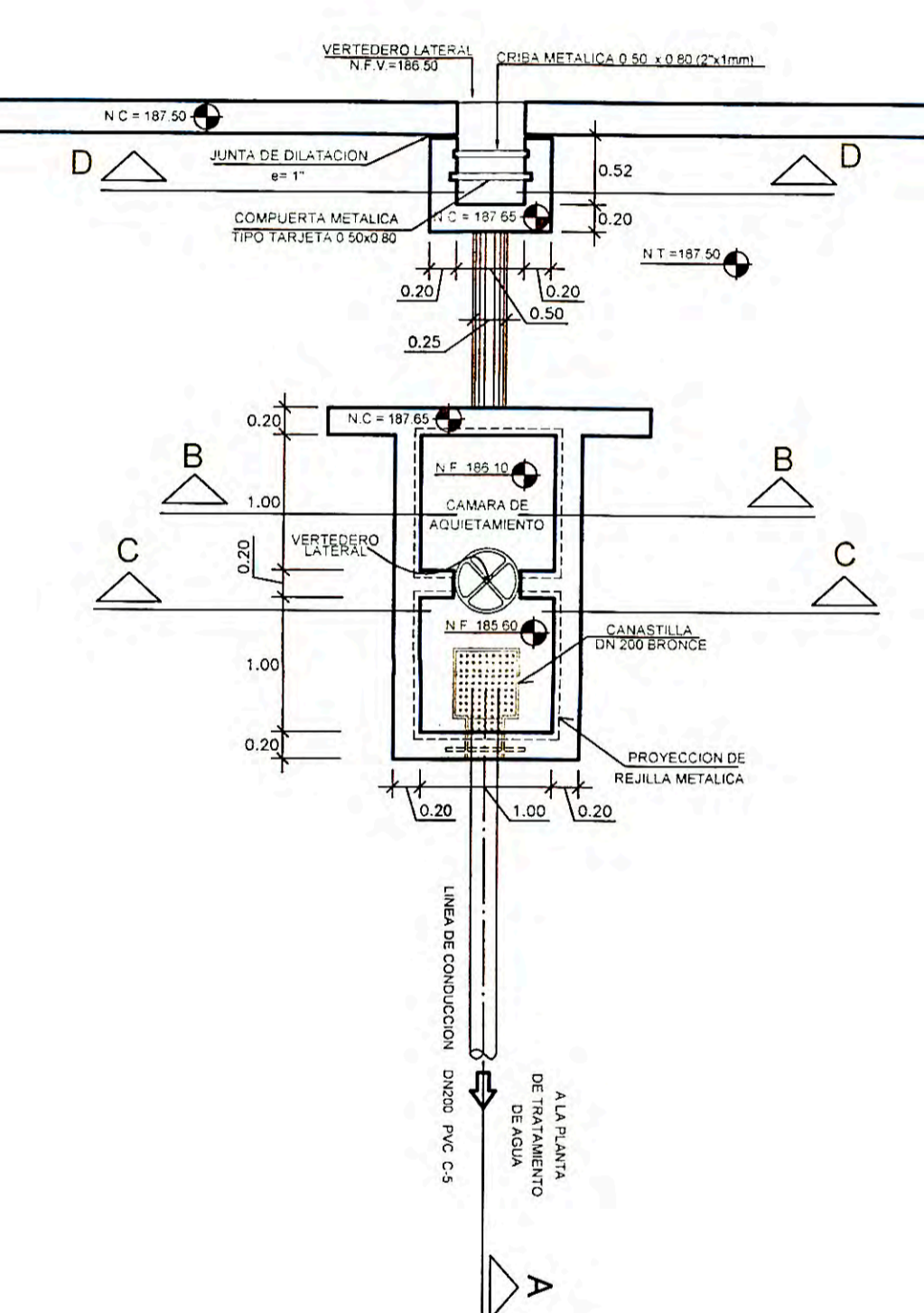
CORTE B-B
ESC: 1/50



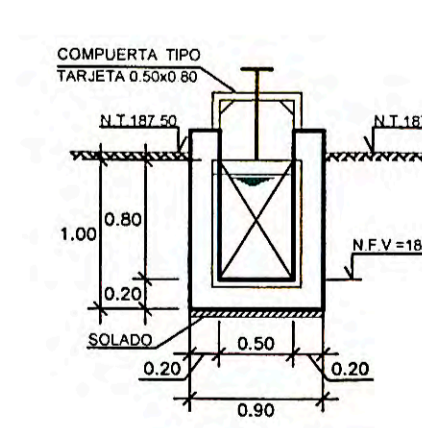
CORTE C-C
ESC: 1/50



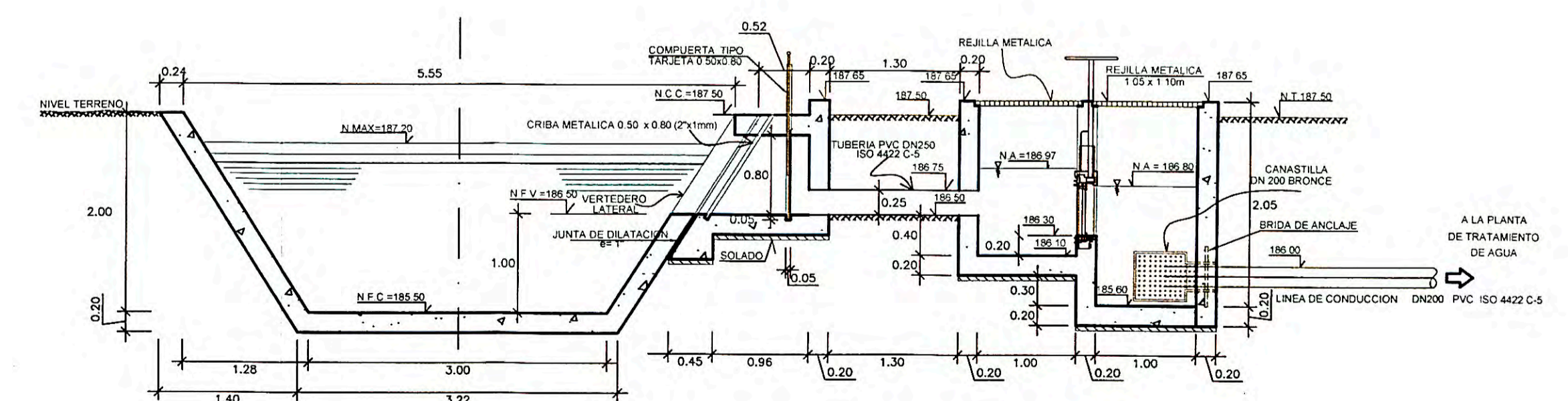
DETALLE-1
ESC: 1/25



DETALLE REJILLA METALICA
S/E



CORTE D-D
ESC: 1/50



CORTE A-A
ESC: 1/50

LEYENDA	
	ESTRUCTURA EXISTENTE
	ESTRUCTURA PROYECTADA

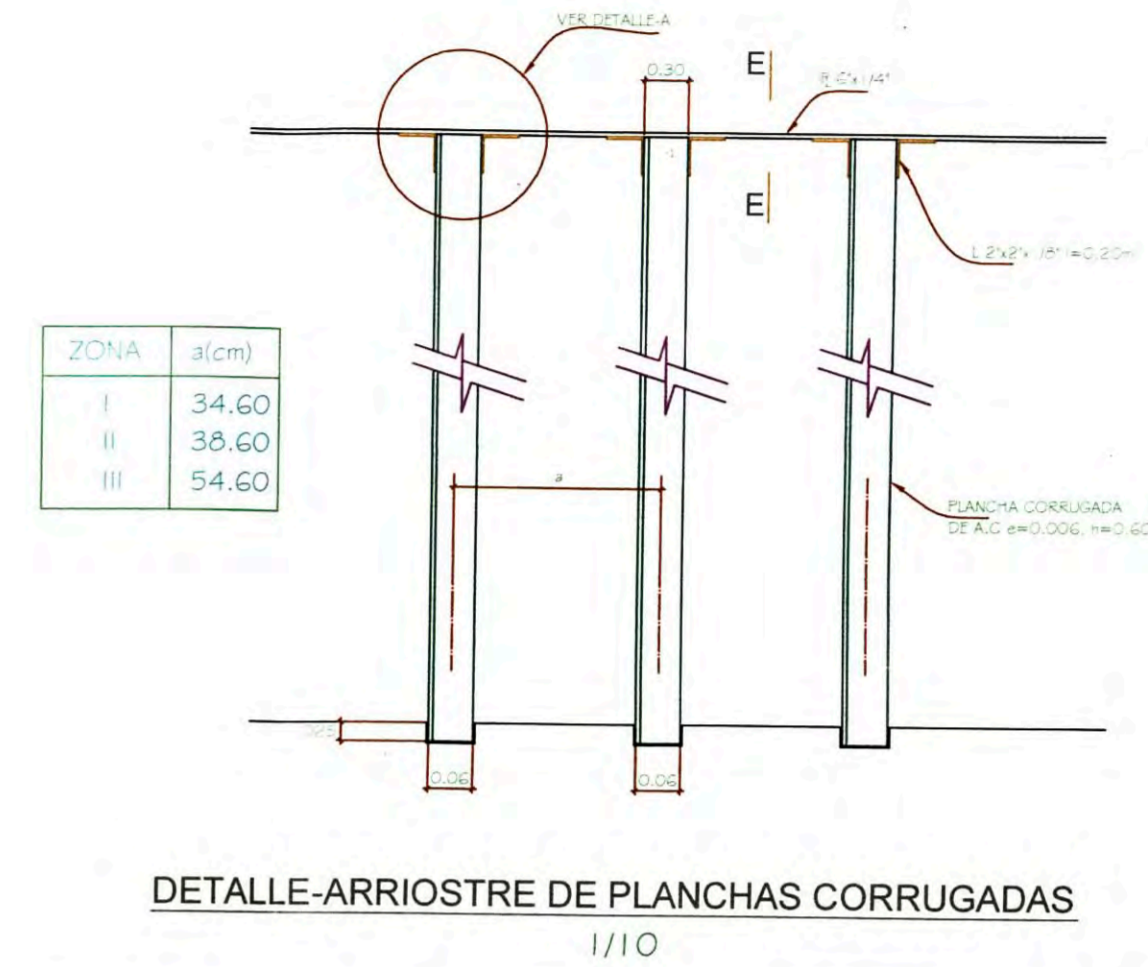
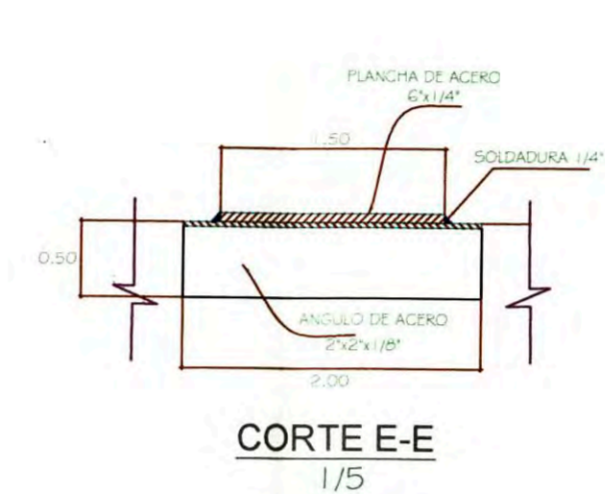
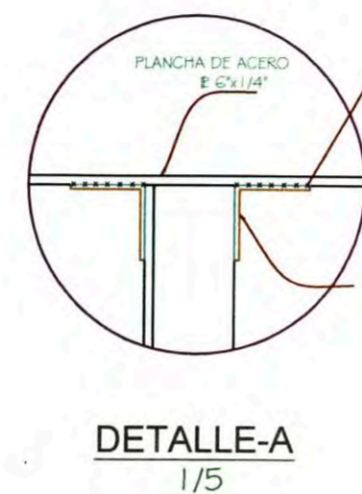
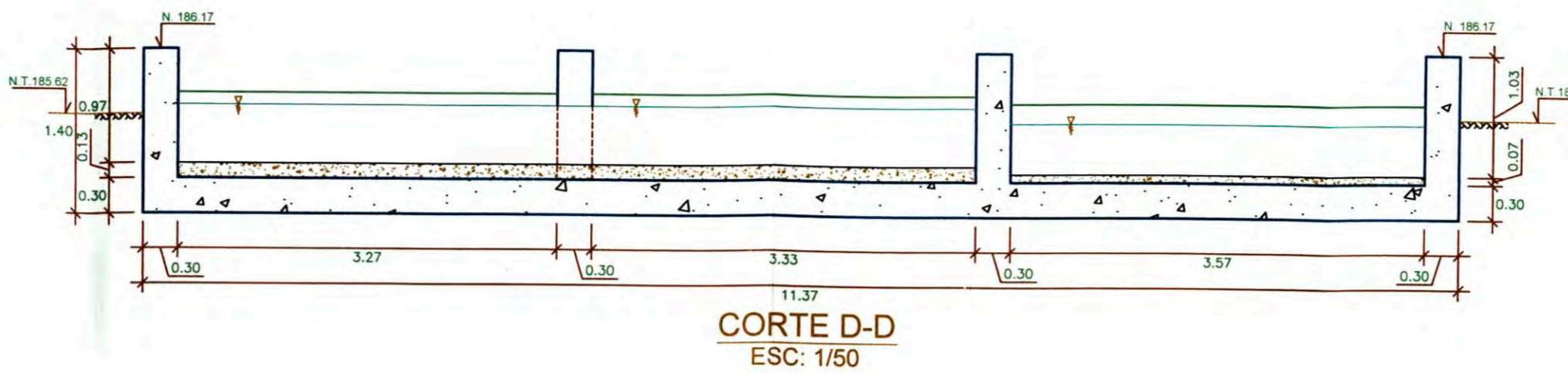
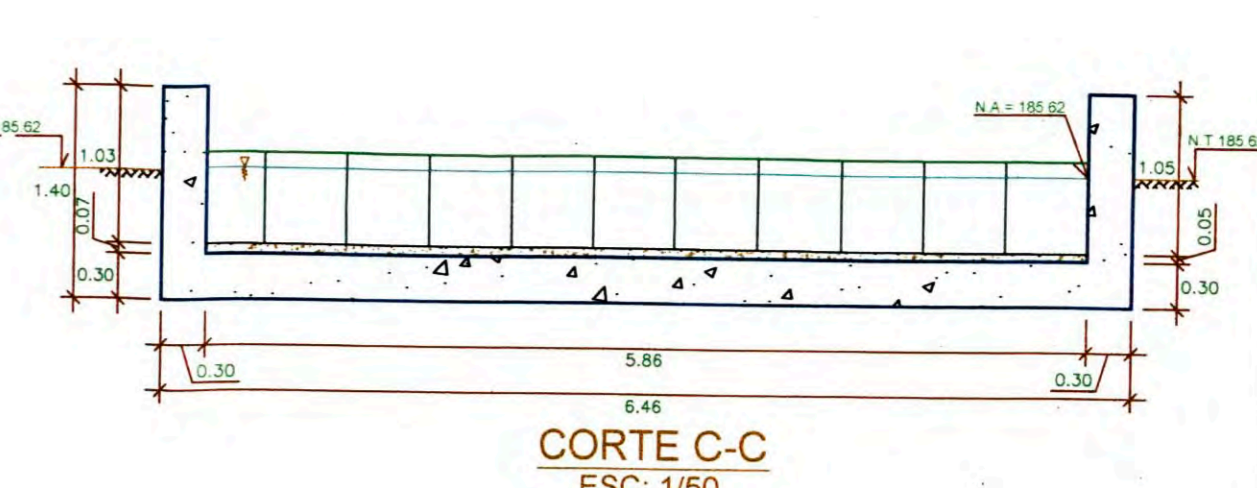
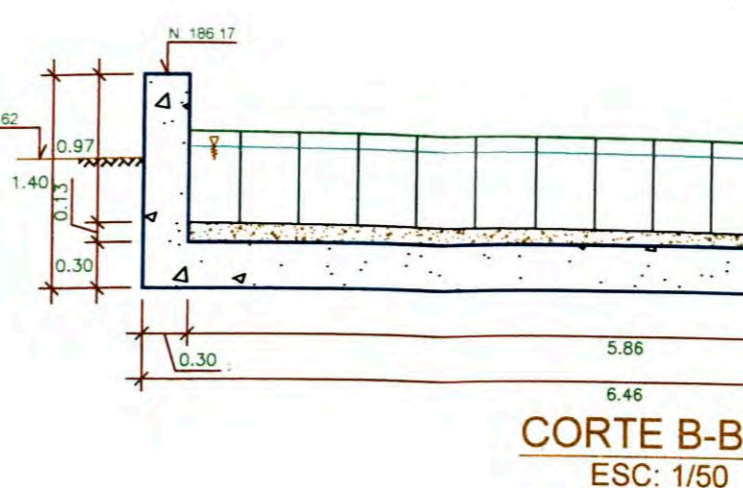
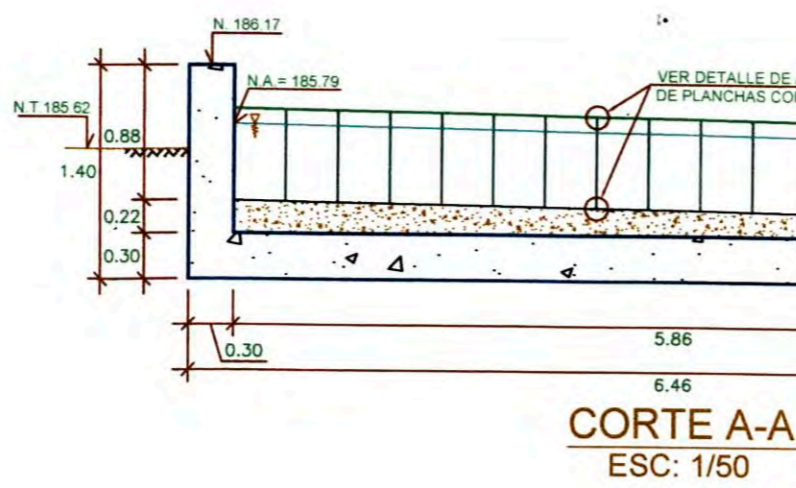
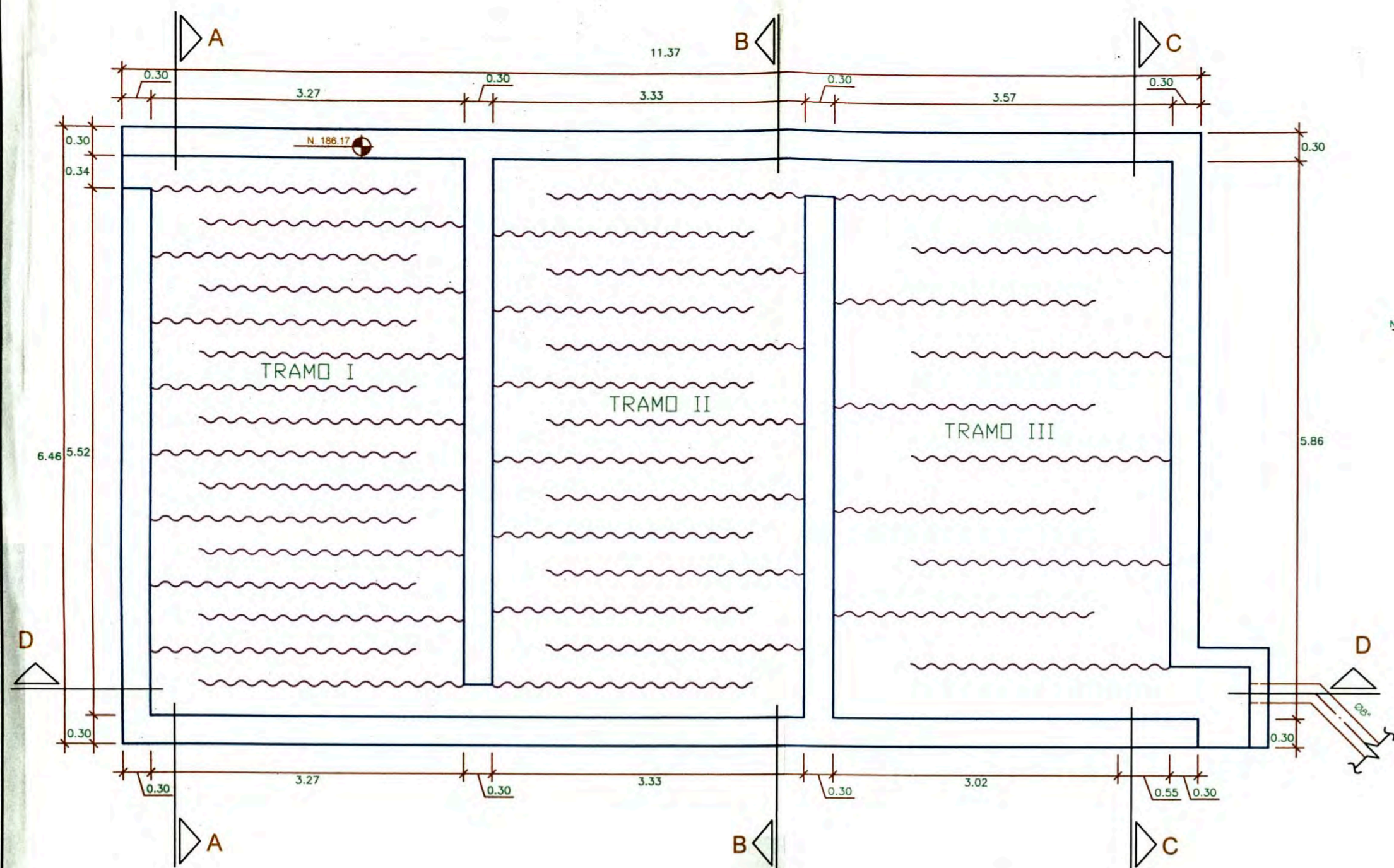
NOTAS:
1- CUALQUIER MODIFICACION EN OBRA SE HARA SEGUN LAS CONDICIONES DEL CAMPO PREVIAMENTE ACUERDO ENTRE EL SUPERVISOR Y EL CONTRATISTA
2- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN METROS SALVO LO INDICADO
3- A TODA LA SUPERFICIE EXISTENTE QUE VA A TENER CONTACTO CON EL CONCRETO NUEVO SE LE APLICARA ADITIVO EPOXICO

N.C.C. = NIVEL DE CORONACION DE CANAL
N.A. = NIVEL DE AGUA
N.F.C. = NIVEL DE FONDO DE CANAL
N. = NIVEL
N.C.T. = NIVEL DE CORONACION DE TUBERIA

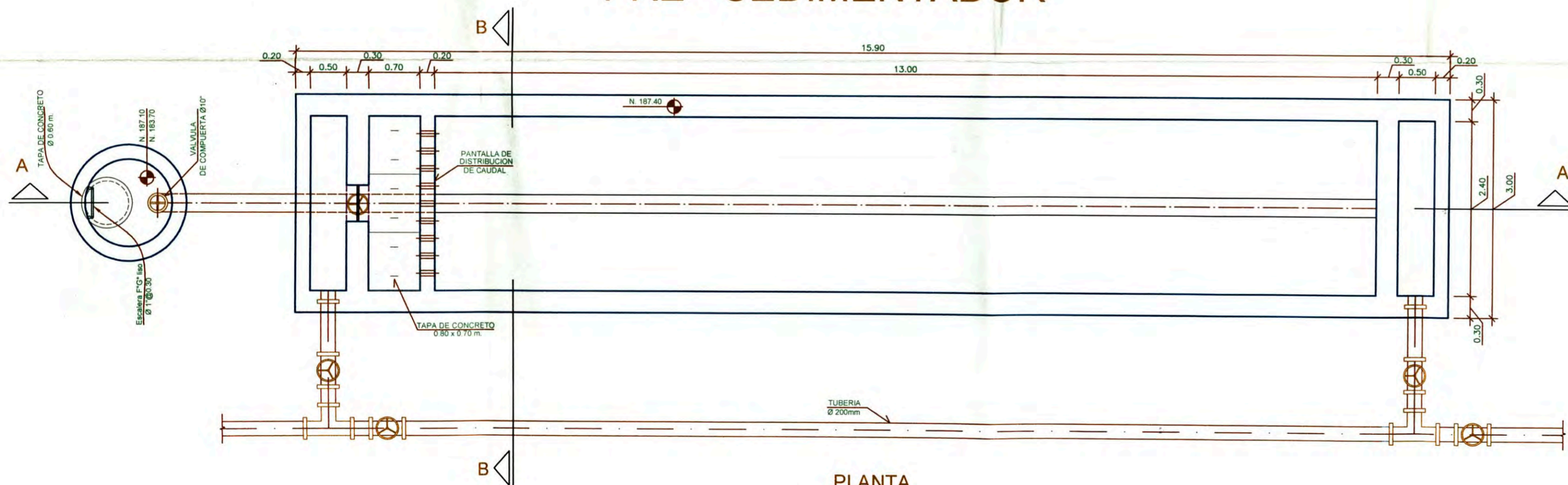
ESPECIFICACIONES TECNICAS DE COMPUERTAS DESLIZANTES	
1- HOJA DE COMPUERTA:	PLANCHA DE ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36 CON REFUERZOS DEBIDAMENTE DISTRIBUIDOS HORIZONTAL Y VERTICALMENTE PARA ASEGURAR SU RIGIDEZ DEBE INCLUIR LOS ELEMENTOS DE SELLADO TIPO NOTA MUSICAL Y RECTO. FABRICADOS DE JEJE NATURAL CON UNA DUREZA DE 40 SHORE. ESTOS ELEMENTOS DE SELLO VAN UNIDOS A LA HOJA DE LA COMPUERTA MEDIANTE PLATINAS DE SUJECION EN ACERO ASTM A-36 Y PERNOS INOXIDABLES AISI 304. SERAN FABRICADOS SEGUN NORMA ASTM A 36
2- PERFILES:	SERAN FABRICADOS SEGUN NORMA AISI 316
3- PLACA GUIA:	SERA FABRICADO SEGUN NORMA AISI 1045
4- PASADORES:	ASTM A 307
5- ANCLAJES:	SERAN FABRICADOS EN ACERO SAE 1045 Y FORMARAN PARTE DEL MECANISMO DE IZAJE MANUAL.
6- VASTAGO DE IZAJE:	COMPUERTA 0.50 x 0.80 - Ø 1 1/2"
7- ACABADO SUPERFICIAL:	COMPUERTA: PINTURA BASE ANTICORROSION Y ACABADO EPOXICO (12 MILS TOTAL DE ESPESOR DE PELICULA SECA) VASTAGO: PAVONADO

 Universidad Nacional de Ingenieria	Propietario: Municipalidad Distrital de Nuevo Imperial	Jefe Estudio: Ing. Javier Moreno Asesor: Ing. Carlos Irala Diseñador: Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A. Dibujante: Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.	Redizado por: Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.	Revisado por: Ing. Carlos Irala Candiotti	Espacio Libre Intencional	REVISIONES		Proyecto: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL POBLADO DE CARMEN ALTO Plano: PLANO : PLANTA TRATAMIENTO - CAPTACION	Escala: 1/50 Fecha: Julio 2011 Plano: CA-PT-CP	
						N°	FECHA			DESCRIPCION
						1	25/06/2011			
2	09/07/2011									
3	17/07/2011									

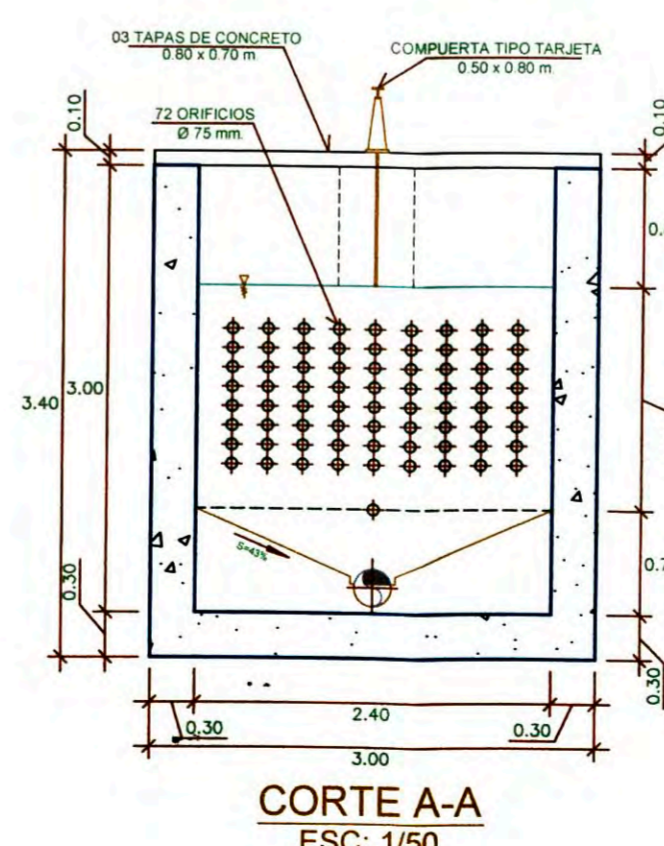
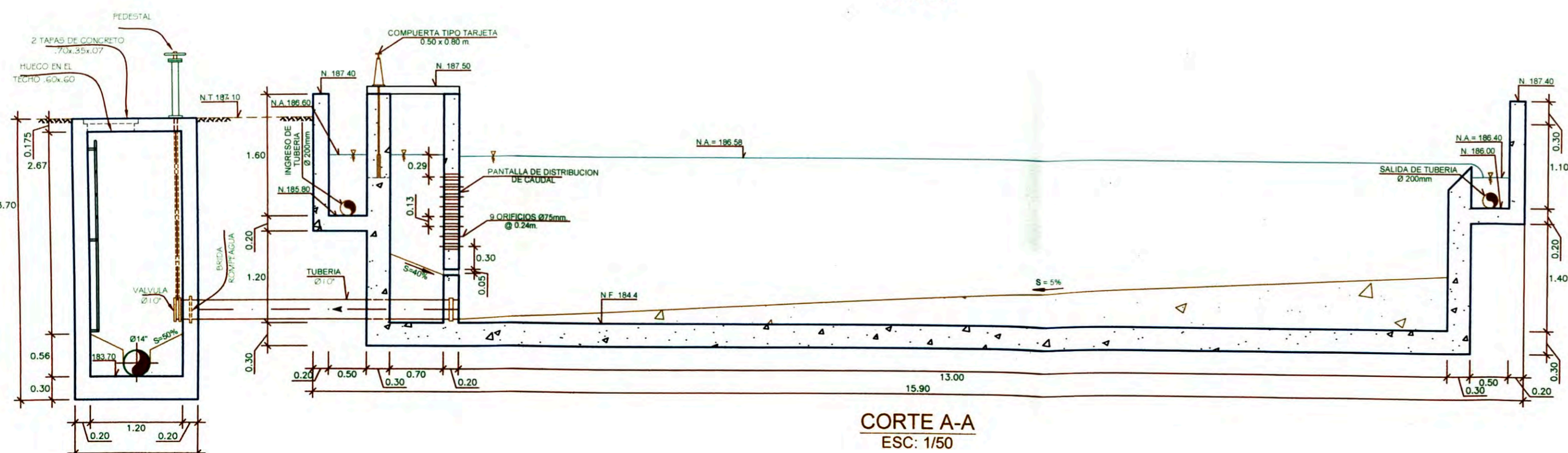
FLOCULADORES



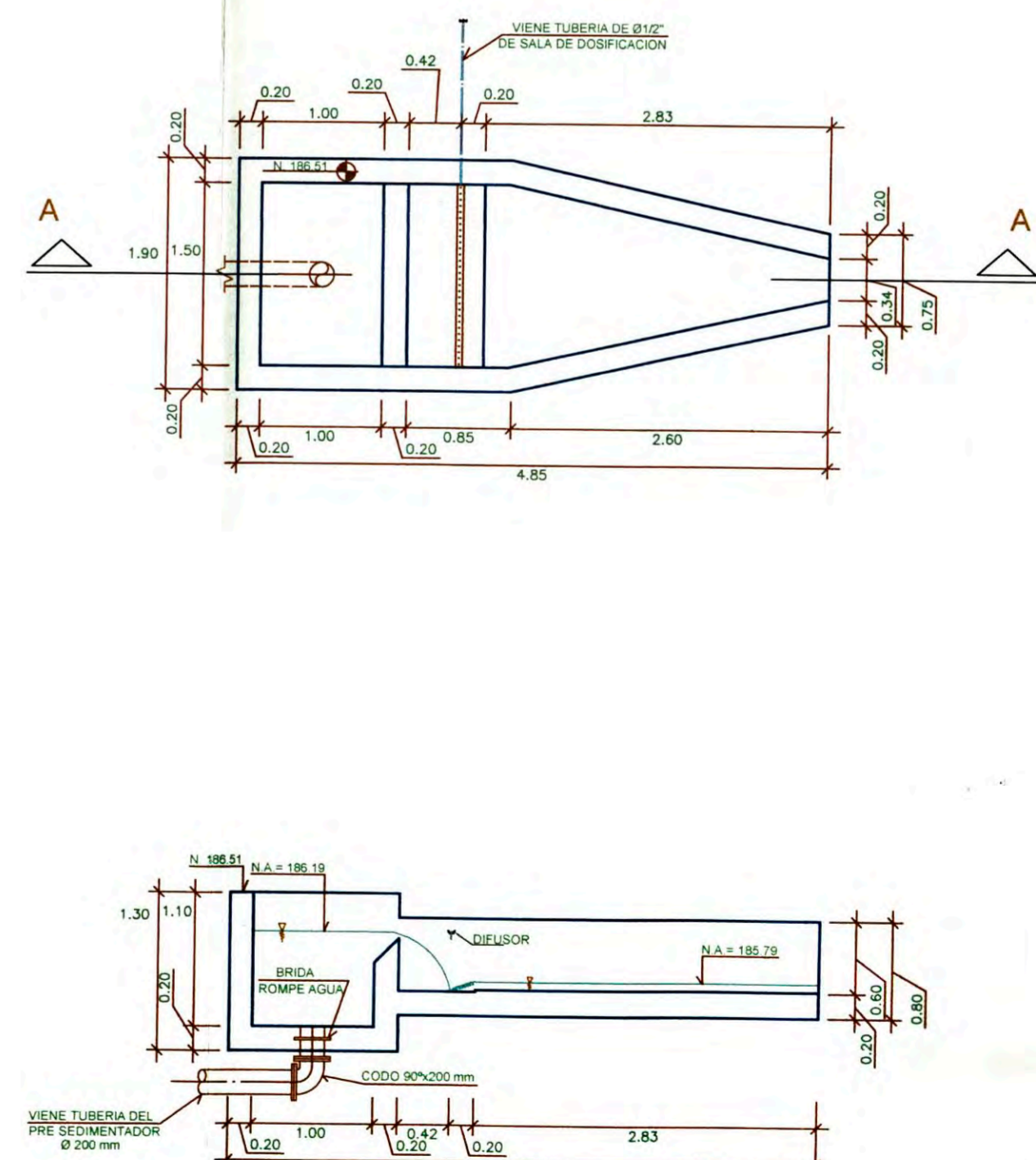
PRE - SEDIMENTADOR



PLANTA
ESC: 1/50

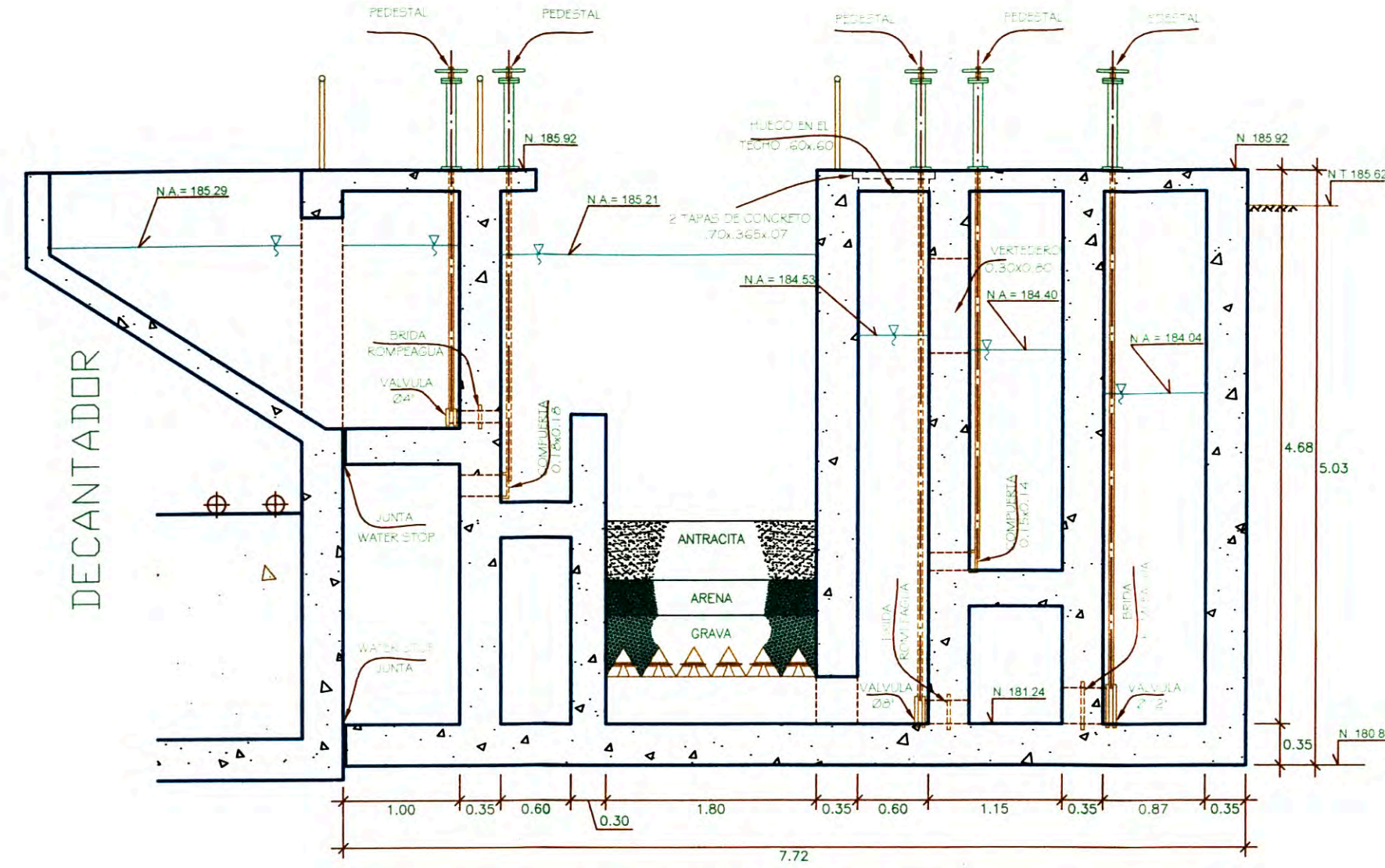
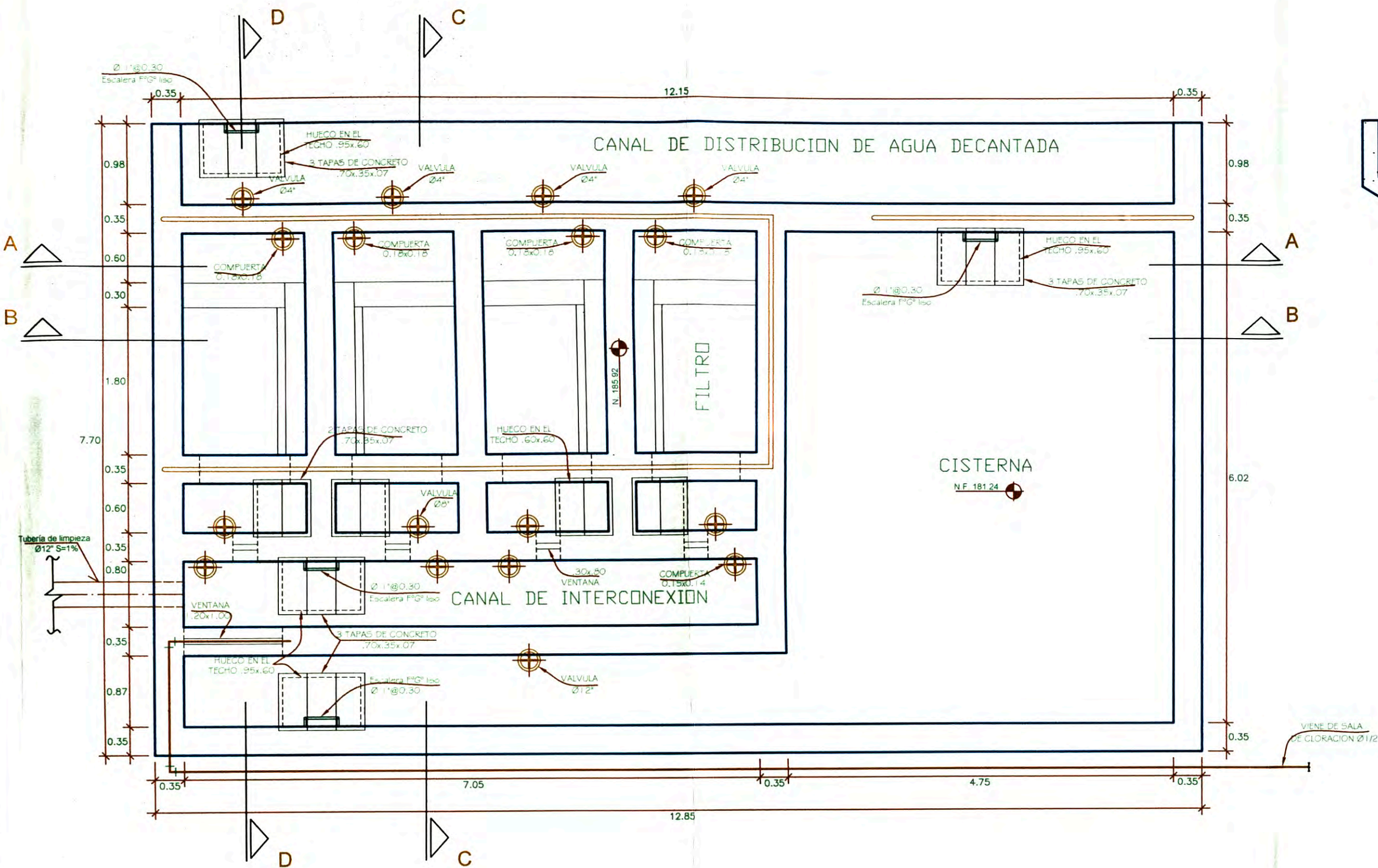


MEZCLA RAPIDA

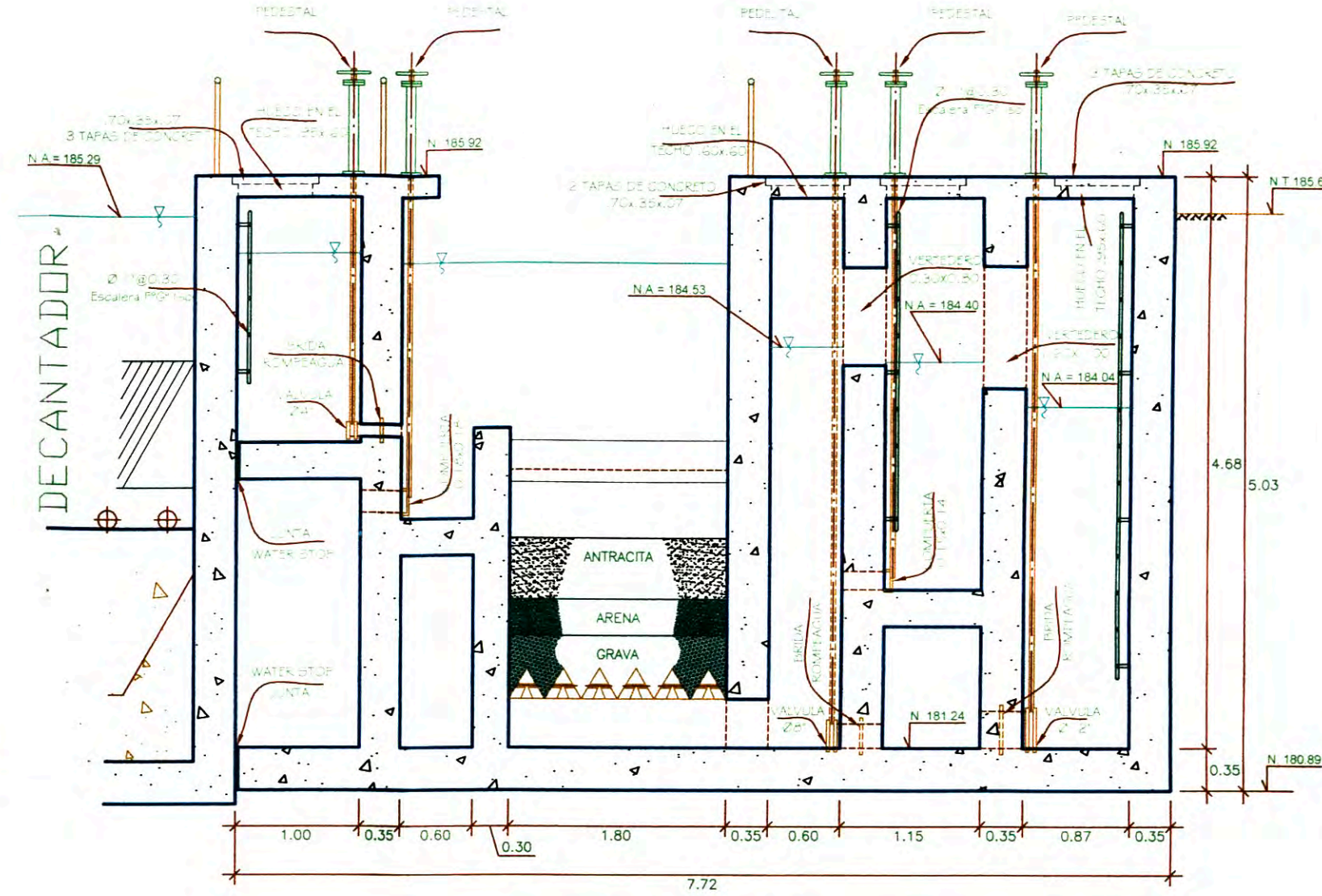


CORTE A-A
ESC: 1/50

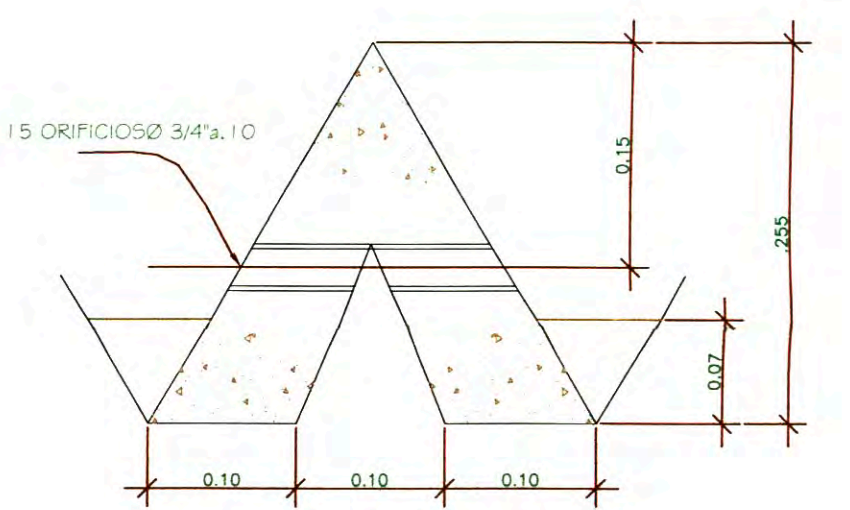
BATERIA DE FILTROS



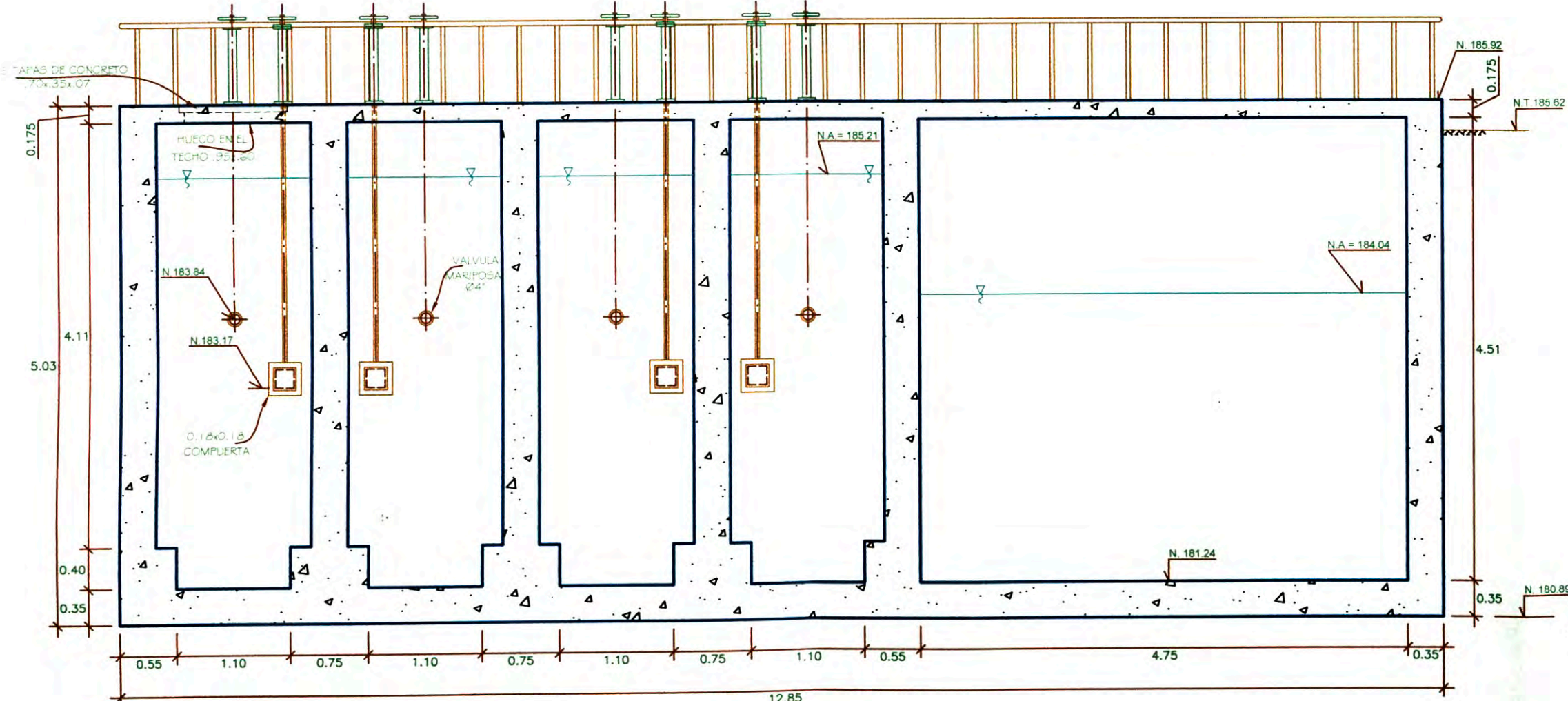
CORTE C-C
ESC: 1/50



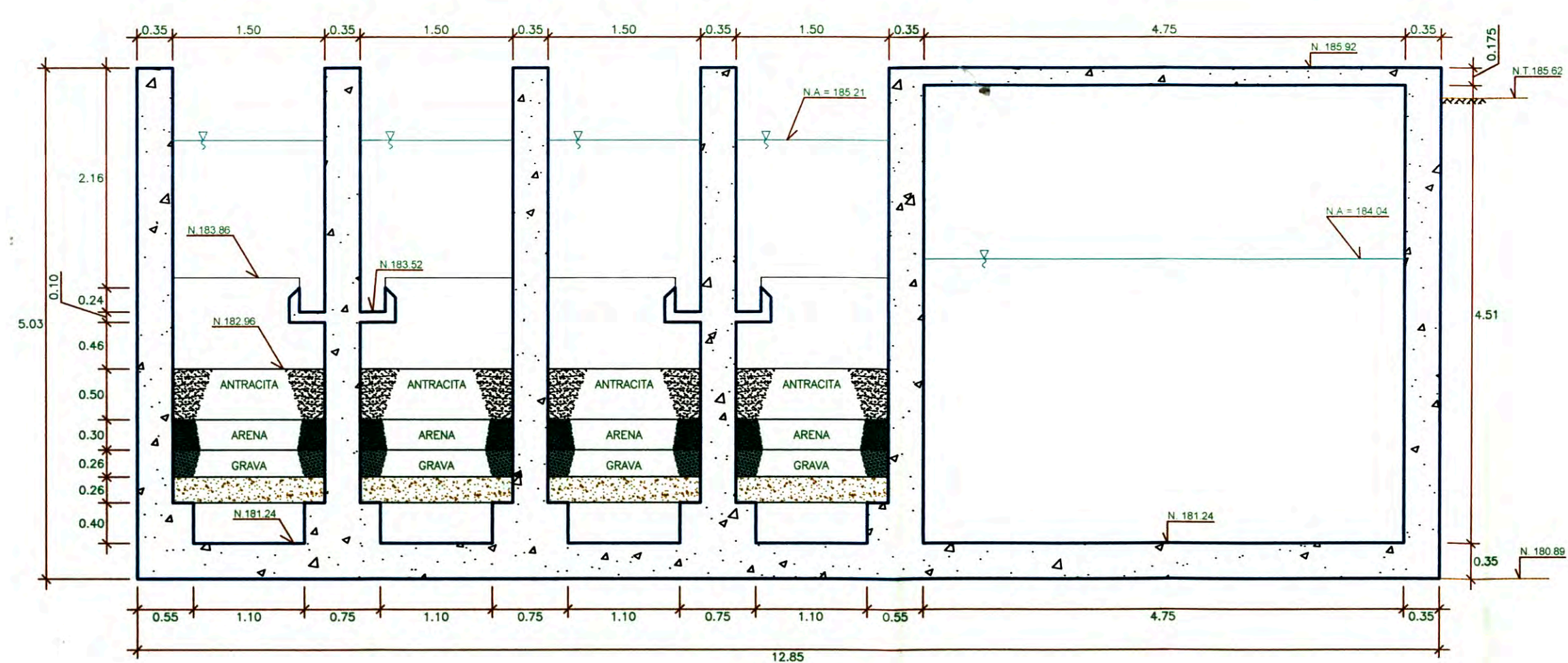
CORTE D-D
ESC: 1/50



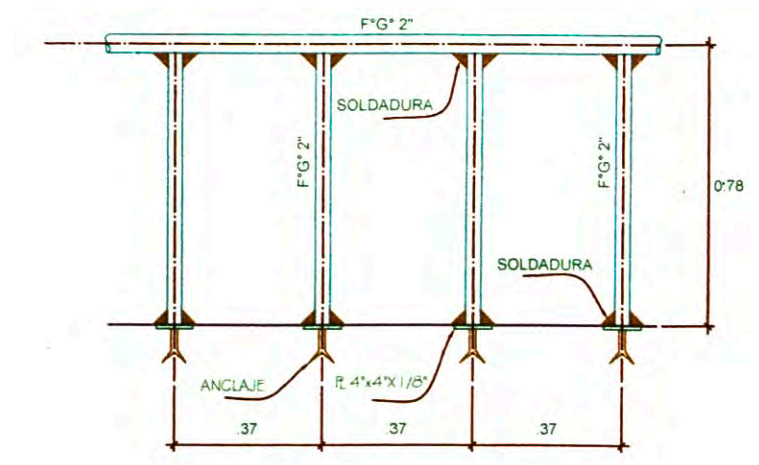
DETALLE-VIGUETAS PREFABRICADAS



CORTE A-A
ESC: 1/50



CORTE B-B
ESC: 1/50



DETALLE-PASAMANOS
S/E

<p>Universidad Nacional de Ingenieria</p>	<p>Propietario: Municipalidad Distrital de Nuevo Imperial</p>	<p>Jefe Estudio: Ing. Javier Moreno</p>	<p>Realizado por: Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.</p>	<p>Revisado por: Ing. Carlos Irala Candiotti</p>	<p>Espacio Libre Intencionado</p>	<p>REVISIONES</p>		<p>Proyecto: SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL POBLADO DE CARMEN ALTO</p>	<p>Escala: 1/50 Fecha: Julio 2011 Plano: PLANO : PLANTA TRATAMIENTO - FILTROS Y CISTERNA</p>
		<p>Asesor: Ing. Carlos Irala</p>				<p>N° FECHA</p>	<p>DESCRIPCION</p>		
		<p>Diseño: Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.</p>				<p>1 25/06/2011</p>			
		<p>Dibujo: Bach. Arrascaue Manosalva, Aldo A.</p>				<p>2 09/07/2011</p>			
						<p>3 17/07/2011</p>			<p>CA-PT-FC</p>