

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



**DISEÑO Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE REDES DE  
AGUA Y ALCANTARILLADO DE CENTROS POBLADOS DE  
LA CIUDAD DE HUARAL**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**OSCAR VIVANCO REY**

**Lima - Perú**

**2013**

A Dios, por el don de la vida

A mis padres, por su cariño y dedicación

A mi esposa e hija, por su comprensión y apoyo incondicional

A mis profesores, por sus acertadas enseñanzas

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	<b>3</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE NORMAS TÉCNICAS</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE PLANOS</b>	<b>10</b>
<b>LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>15</b>
<b>CAPITULO I: GENERALIDADES</b>	<b>17</b>
1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO	17
1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO	17
1.3 PARTICIPACIÓN DE LAS ENTIDADES INVOLUCRADAS	17
1.4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	18
1.5 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA POBLACIÓN	18
1.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EXISTENTE	18
1.7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE	19
<b>CAPITULO II: DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE</b>	<b>20</b>
2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO	20
2.2 CONSUMO PROMEDIO DIARIO ANUAL	23
2.3 PÉRDIDAS DE AGUA DOMICILIARIAS	24
2.4 CONSUMO MÁXIMO DIARIO	24
2.5 CONSUMO MÁXIMO HORARIO	24
2.6 DEMANDA CONTRA INCENDIO	24
2.7 CAUDAL AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO	25
2.8 PRINCIPIOS BÁSICOS	25
2.9 CAUDAL UNITARIO Y CAUDALES EN LOS NODOS	27
2.10 MODELACIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA	27
2.11 DISEÑO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN	30
2.12 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO	40
2.13 CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE	43
2.14 CAPACIDAD DEL RESERVORIO DE ALMACENAMIENTO	48
2.15 PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS DE ACUÍFERO	49
<b>CAPITULO III: DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO</b>	<b>52</b>
3.1 PARÁMETROS DE DISEÑO	52

3.2 CAUDAL PROMEDIO DIARIO ANUAL	52
3.3 PÉRDIDAS DE AGUA NO CONTABILIZADA	52
3.4 CAUDAL MÁXIMO HORARIO	52
3.5 CAUDAL DE CONTRIBUCIÓN DE ALCANTARILLADO	52
3.6 CAUDAL DE CONTRIBUCIÓN DE EXCRETAS	52
3.7 CAUDAL DE AGUA DE INFILTRACIÓN Y ENTRADAS ILÍCITAS	53
3.8 CAUDAL AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO	53
3.9 CAUDAL UNITARIO Y CANTIDAD DE LOTES EN BUZONES	53
3.10 PENDIENTE MÍNIMA EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO	54
3.11 MODELACIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO	60
<b>CAPITULO IV: COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE TUBERÍAS</b>	<b>72</b>
4.1 DEFLEXIÓN EN TUBERÍAS FLEXIBLES	72
4.2 CARGAS MUERTAS	72
4.3 CARGAS VIVAS	72
4.4 FACTOR DE IMPACTO	73
4.5 MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO	73
4.6 CÁLCULO DE LA DEFLEXIÓN POR CARGAS EXTERNAS	74
<b>CAPÍTULO V: COSTO DE PROYECTOS DE AGUA Y ALCANTARILLADO</b>	<b>76</b>
5.1 MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS	76
5.2 COSTO DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE	77
5.3 COSTO DE PROYECTOS DE ALCANTARILLADO	77
<b>CAPITULO VI: PROCESO CONSTRUCTIVO</b>	<b>82</b>
6.1 GENERALIDADES	82
6.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO	82
6.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TUBERÍAS DE AGUA POTABLE	83
6.4 PROCESO CONSTRUCTIVO DE REDES DE ALCANTARILLADO	83
6.5 PROCESO CONSTRUCTIVO DE REDES DE AGUA POTABLE	94
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>108</b>
7.1 CONCLUSIONES	108
7.2 RECOMENDACIONES	110
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>114</b>
<b>PLANOS</b>	<b>121</b>

## RESUMEN

El presente Informe de Competencia Profesional permite realizar los expedientes técnicos de obras a nivel preliminar y definitivo, con la finalidad de ejecutar el seguimiento sobre el Diseño y los Procesos Constructivos de Redes de Agua Potable y Alcantarillado para los Centros Poblados de la Ciudad de Huaral.

Los alcances de aplicación futura son para las pequeñas ciudades ubicadas en las zonas de expansión urbana con poblaciones menores de 30,000 habitantes, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 016-2005 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento publicado el 06 de Agosto del 2005. La población ubicada en las zonas de expansión urbana de la ciudad de Huaral se ha incrementado debido a la migración de las áreas rurales. De acuerdo a la información proporcionada por el INEI, en el año 1,993 se registró una población urbana de 54,199 habitantes, cantidad que se ha incrementado a 79,001 habitantes en el año 2,007, con una tasa de crecimiento anual del 2.7%. Solamente el 67% de la población urbana tienen servicios de agua potable y el 60% tienen servicios de alcantarillado.

La zona de estudio comprende el centro poblado El Pinar, el cual tiene 15 años sin servicios de agua potable y alcantarillado.

El 33% de la población urbana está conformada por centros poblados que no tienen servicios de agua potable y por consiguiente se abastecen de pilones de uso público, camiones cisterna, acequias y conexiones clandestinas.

Los pobladores transportan el agua en baldes y lo almacenan en sus viviendas en cilindros de plástico. El consumo de agua cruda sin tratamiento ocasiona enfermedades gastrointestinales, parasitarias y dérmicas en la población.

Las conexiones clandestinas instaladas de manera precaria por los propios pobladores generan fugas de agua a través de roturas en las tuberías que representan el 40% del caudal de oferta; contaminación del agua debido al contacto con el terreno, pérdidas económicas a EMAPA Huaral S.A. debido a los servicios no cobrados y disminución del caudal de agua destinado a abastecer a otros sectores que no cuentan con este servicio.

El 40% de la población urbana no tiene servicio de alcantarillado, por lo cual los pobladores han construido silos artesanales que se encuentran ubicados en la vía pública. Los silos se encuentran colmatados, lo cual ocasiona enfermedades respiratorias en la población y contaminación ambiental.

El abastecimiento de agua potable del centro poblado El Pinar se realizará con el sistema convencional mediante tuberías secundarias de PVC-U interconectadas formando mallas con 5 circuitos cerrados y conexiones domiciliarias. En el diseño de la red de distribución se ha considerado el nivel mínimo de almacenamiento de agua en el reservorio apoyado y se ha realizado la modelación hidráulica utilizando el programa Watercad. Se han obtenido presiones mayores a 10 mca al inicio y al final del período de diseño.

La recolección de las aguas residuales del centro poblado El Pinar se realizará con el sistema convencional mediante tuberías secundarias de PVC-U interconectadas con buzones de inspección. En el diseño de la red de alcantarillado se ha realizado la modelación con el programa Sewercad considerando la elevación del fondo del buzón de descarga existente.

La ecuación para calcular la pendiente mínima de tuberías de alcantarillado indicada en el Reglamento Nacional de Edificaciones no es recomendable, porque la pendiente depende solamente del caudal. La pendiente mínima de las tuberías de alcantarillado se ha calculado en función al diámetro. Se han obtenido resultados de tensión tractiva mínima de 1 Pa en todos los tramos de la red al inicio y al final del período de diseño, lo que permite la condición de autolimpieza desde el inicio de operación de la red cuando se presentan los caudales mínimos.

La tubería de alcantarillado de PVC-U se encuentra sometida a la acción de cargas externas, lo cual ocasiona una deflexión vertical. Se ha calculado la deflexión transversal menor a la deflexión máxima admisible, con lo cual se obtiene la profundidad mínima de relleno sobre la clave del tubo.

No existe información técnica para calcular el costo de proyectos de redes de agua potable y alcantarillado de un centro poblado en función al caudal de diseño. Para tal fin se ha obtenido la ecuación potencial utilizando el método de mínimos cuadrados con los costos y caudales de 5 obras ejecutadas.

El proceso constructivo del proyecto fue posible con la información recopilada en el campo obtenida de la experiencia en la ejecución de obras realizadas por EMAPA Huaral S.A. bajo la modalidad de administración directa.

La ejecución del presente estudio permitirá el incremento de la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado inexistente en los centros poblados de la ciudad de Huaral.



CUADRO 4.1: CARGA CONCENTRADA DE VEHÍCULOS	73
CUADRO 4.2: MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO	73
CUADRO 5.1: CÁLCULO DEL COSTO DEL PROYECTO DE AGUA	78
CUADRO 5.2: CÁLCULO DEL COSTO DEL PROYECTO DE ALCANTARILLADO	80
CUADRO 6.1: CLASIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO	83
CUADRO 6.2: PRESIONES NOMINALES DE TUBERÍAS DE AGUA	84
CUADRO 6.3: PROFUNDIDADES Y ANCHO MÍNIMO DE ZANJAS	85
CUADRO 6.4: DISTANCIA MÁXIMA ENTRE BUZONES	86
CUADRO 6.5: RELACIÓN ENTRE DIÁMETRO Y TIPOS DE BUZONES	87
CUADRO 6.6: DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO PARA BUZONES	88
CUADRO 6.7: EMPALMES POR GALÓN DE LUBRICANTE	90
CUADRO 6.8: PRUEBA HIDRÁULICA DE ALCANTARILLADO	93
CUADRO 6.9: EMPUJE EN ACCESORIOS	96
CUADRO 6.10: PRESIONES DE PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA	97
CUADRO 6.11: PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA POTABLE	99
CUADRO 6.12: ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DEL POZO N° 4	101



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
FIGURA 2.1: ELEVACIONES DE NIVELES DE AGUA EN EL RESERVORIO	28
FIGURA 2.2: PERFIL GEOMÉTRICO DEL POZO N° 4	46
FIGURA 2.3: CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA DEL POZO N° 4	47
FIGURA 3.1: TUBERÍA CON SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA	55
FIGURA 5.1: CURVA DE CAUDAL VS COSTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE	79
FIGURA 5.2: CURVA DE CAUDAL VS COSTO DEL PROYECTO DE ALCANTARILLADO	81
FIGURA 6.1: UBICACIÓN DE LA PRUEBA HIDRÁULICA DE ALCANTARILLADO	92
FIGURA 6.2: UBICACIÓN DE LA PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA POTABLE	98

## LISTA DE NORMAS TÉCNICAS

- NTP ISO 4435:2005 TUBOS Y CONEXIONES DE POLI CLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO (PVC-U) PARA SISTEMAS DE DRENAJE Y ALCANTARILLADO.
- NTP ISO 1452:2011 TUBOS Y CONEXIONES DE POLI CLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO (PVC-U) PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA, DRENAJE Y ALCANTARILLADO ENTERRADO O AÉREO CON PRESIÓN.
- NTP ISO 4633:1999 SELLOS DE CAUCHO. ANILLOS DE JUNTA PARA TUBERÍA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, DRENAJE Y ALCANTARILLADO.
- NTP ISO 7259:1998 VÁLVULAS DE COMPUERTA DE HIERRO DÚCTIL PREDOMINANTEMENTE OPERADAS CON LLAVE PARA USO SUBTERRÁNEO.
- NTP ISO 4427:2008 SISTEMA DE TUBERÍA PLÁSTICAS. TUBOS DE POLIETILENO (PE) Y CONEXIONES PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA.
- ISO 14236:2000 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA ACCESORIOS DE COMPRESIÓN MECÁNICA PARA EL USO CON TUBERÍA DE POLIETILENO DE PRESIÓN.
- NTP 399.034:2007 VÁLVULAS DE MATERIAL TERMOPLÁSTICO PARA CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE.
- NTP 334.081:1999 CAJAS PORTAMEDIDOR DE AGUA POTABLE Y DE REGISTRO DE DESAGÜE.
- NTP 399.090:2002 CEMENTO DISOLVENTE (PEGAMENTO) PARA TUBOS Y CONEXIONES DE POLI CLORURO DE VINILO (PVC-U) NO PLASTIFICADO.
- NTP 399.164:2005 MARCO, TAPA Y CAJA PARA MEDIDOR DE AGUA POTABLE DE POLIPROPILENO RANDOM COLOR NEGRO.
- NTP 339.111:1997 TAPAS DE CONCRETO ARMADO Y MARCO DE FIERRO FUNDIDO PARA BUZONES E INSTALACIONES AFINES.

- NTP 350.085:1997 MARCO Y TAPA DE CONCRETO ARMADO PARA REGISTRO DE CAJA DE DESAGÜE.
- NTP ISO 4435:2005 CODO CACHIMBA DE PVC-U PARA DRENAJE Y ALCANTARILLADO SUBTERRÁNEO SIN PRESIÓN.
- NTP 339.034:2008 CONCRETO. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS.
- NTP 400.011:2008 AGREGADOS. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE AGREGADOS PARA USO EN MORTEROS Y CONCRETO.
- NTP 341.031:2008 BARRAS DE ACERO AL CARBONO CON RESALTES Y LISAS PARA CONCRETO ARMADO.
- NTP 214.003:1987 AGUA POTABLE. REQUISITOS.
- NTP ISO 5667:2001 CALIDAD DEL AGUA. GUÍA PARA LA PRESERVACIÓN Y MANEJO DE MUESTRAS.
- ISO 5667-5:1991 MUESTREO DE CALIDAD DEL AGUA POTABLE UTILIZADA PARA ALIMENTOS.
- NMP 005-1:2011 MEDICIÓN DE FLUJO DE AGUA EN CONDUCTOS CERRADOS COMPLETAMENTE LLENOS. MEDIDORES PARA AGUA POTABLE FRÍA.
- ASTM D 1557:1991 ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO. RELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD Y EL PESO UNITARIO SECO DE UN SUELO COMPACTADO.

## LISTA DE PLANOS

- PLANO 1.1: UBICACIÓN DEL PROYECTO
- PLANO 2.1: RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
- PLANO 2.2: RED Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE
- PLANO 2.3: ACCESORIOS DE AGUA POTABLE
- PLANO 2.4: MODELACIÓN INICIAL DE LA RED DE AGUA POTABLE
- PLANO 2.5: MODELACIÓN FINAL DE LA RED DE AGUA POTABLE
- PLANO 2.6: PLANTA DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN DEL POZO Nº 4
- PLANO 2.7: PERFIL LONGITUDINAL DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN DEL POZO Nº 4
- PLANO 2.8: DETALLES DE VÁLVULAS Y ANCLAJES EN ACCESORIOS
- PLANO 2.9: DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE
- PLANO 3.1: RED DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.2: RED Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.3: DIAGRAMA DE FLUJO DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.4: MODELACIÓN INICIAL DE LA RED DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.5: MODELACIÓN FINAL DE LA RED DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.6: PERFILES LONGITUDINALES DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.7: DETALLES DE BUZONES
- PLANO 3.8: DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO

## LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

### SÍMBOLOS

A	AREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL
$A_o$	ÁREA MOJADA A SECCIÓN LLENA
$A_u$	ÁREA MOJADA A SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA
C	COEFICIENTE DE FRICCIÓN
cm.	CENTÍMETROS
D	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
$D_p$	DENSIDAD POBLACIONAL POR LOTE
DR	DENSIDAD RELATIVA
$\Delta y$	DEFLEXIÓN VERTICAL
E	MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LA TUBERÍA
E'	MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO
$f'c$	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
g	ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD
	FACTOR DE IMPACTO
k	COEFICIENTE DE PÉRDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS
kg	KILOGRAMOS
$K_1$	COEFICIENTE DE VARIACIÓN MÁXIMO DIARIO
$K_2$	COEFICIENTE DE VARIACIÓN MÁXIMO HORARIO
h	TIRANTE DE ALCANTARILLADO
H	PROFUNDIDAD DEL RELLENO A LA CLAVE DEL TUBO
hab	HABITANTES
$h_f$	PÉRDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN
$h_L$	PÉRDIDA DE CARGA LOCAL EN ACCESORIOS
HP	CABALLOS DE FUERZA
	TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL PROMEDIO ANUAL
L	LONGITUD DE LA TUBERÍA
lt/hab/día	LITROS POR HABITANTE POR DÍA
lt/s	LITROS POR SEGUNDO
m	METROS
$m^3$	METRO CÚBICO
$m^3/h$	METRO CÚBICO POR HORA
mca	METROS DE COLUMNA DE AGUA

mm	MILÍMETROS
MPa	MEGAPASCAL
m/s	METROS POR SEGUNDO
msnm	METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR
n	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING
%	POR CIENTO
‰	POR MIL
P	PERÍMETRO DE LA SECCIÓN MOJADA
Pa	PASCAL
P <sub>a</sub>	POBLACIÓN ACTUAL
P <sub>c</sub>	CARGA DE LA RUEDA POSTERIOR DEL VEHÍCULO
P <sub>f</sub>	POBLACIÓN FUTURA
Q	CAUDAL DE DISEÑO
Q <sub>c</sub>	CAUDAL DE CONTRIBUCIÓN DE ALCANTARILLADO
Q <sub>e</sub>	CAUDAL DE CONTRIBUCIÓN DE EXCRETAS
Q <sub>l</sub>	CAUDAL DE INFILTRACIÓN
Q <sub>i</sub>	CAUDAL INICIAL
Q <sub>f</sub>	CAUDAL FINAL
Q <sub>md</sub>	CAUDAL MÁXIMO DIARIO
Q <sub>mh</sub>	CAUDAL MÁXIMO HORARIO
Q <sub>o</sub>	CAUDAL A SECCIÓN LLENA
Q <sub>p</sub>	CAUDAL PROMEDIO DIARIO ANUAL
Q <sub>pe</sub>	CAUDAL DE PÉRDIDAS
Q <sub>u</sub>	CAUDAL A SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA
q <sub>u</sub>	CAUDAL UNITARIO
R	RADIO HIDRÁULICO
R <sub>o</sub>	RADIO HIDRÁULICO A SECCIÓN LLENA
rpm	REVOLUCIONES POR MINUTO
R <sub>u</sub>	RADIO HIDRÁULICO A SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA
ρ	DENSIDAD DEL AGUA
seg	SEGUNDOS
S	PENDIENTE DE LA LÍNEA DE GRADIENTE HIDRÁULICA
S <sub>min</sub>	PENDIENTE MÍNIMA
S <sub>máx</sub>	PENDIENTE MÁXIMA
Σ	SUMATORIA

ton	TONELADAS
$\tau$	TENSIÓN TRACTIVA
UND	UNIDAD
V	VELOCIDAD MEDIA
$V_c$	VELOCIDAD CRÍTICA
$V_f$	VELOCIDAD FINAL
$V_o$	VELOCIDAD A SECCIÓN LLENA
$V_u$	VELOCIDAD A SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA
$W_m$	CARGA MUERTA
$W_v$	CARGA VIVA

### SIGLAS

ABS	ACRILONITRILLO BUTADIENO ESTIRENO
ASTM	ASOCIACIÓN AMERICANA DE ENSAYO DE MATERIALES
ACI	INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO
AWWA	ASOCIACIÓN AMERICANA DE OBRAS DE AGUA
C	CLASE DE LA TUBERÍA DE AGUA POTABLE
CP	CENTRO POBLADO
CR	CONCRETO REFORZADO
DGAS	DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS Y SUELOS
DN	DIÁMETRO NOMINAL
DNS	DIRECCIÓN NACIONAL DE SANEAMIENTO
EMAPA	EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
EPS	EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO
HD	HIERRO DÚCTIL
ICG	INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA
INDECOPI	INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA DE LA COMPETENCIA Y DE LA PROTECCIÓN DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL
INEI	INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA
INRENA	INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES
IRHS	INVENTARIO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS
ISO	ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE ESTANDARIZACIÓN
ITINTEC	INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA INDUSTRIAL Y NORMAS TÉCNICAS

LP	LÍMITE DE PROPIEDAD
MVCS	MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO
NMP	NORMA METROLÓGICA PERUANA.
NPSHR	CARGA DE SUCCIÓN NETA POSITIVA REQUERIDA
NTP	NORMA TÉCNICA PERUANA
OMS	ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD
OPS	ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD
OS	OBRAS DE SANEAMIENTO
P	PISTA
PE	POLIETILENO
PEAD	POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD
PMO	PLAN MAESTRO OPTIMIZADO
PMRI	PROGRAMA DE MEDIDAS DE RÁPIDO IMPACTO
PN	PRESIÓN NOMINAL
PP	POLIPROPILENO
PPAD	POLIPROPILENO DE ALTA DENSIDAD
PPR	POLIPROPILENO RANDOM
PVC-U	POLICLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO
PTAR	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
RNE	REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES
S	SERIE DE LA TUBERÍA DE ALCANTARILLADO
SEDAPAL	SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA
SDR	RELACIÓN DE LA DIMENSIÓN ESTÁNDAR
SN	RIGIDEZ DE LA TUBERÍA
SNIP	SISTEMA NACIONAL DE INVERSIÓN PÚBLICA.
SUCS	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
SUNASS	SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO
UF	UNIÓN FLEXIBLE
V	VEREDA



## INTRODUCCION

Presento a consideración de los miembros del Jurado, el Informe de Competencia Profesional denominado Diseño y Procesos Constructivos de Redes de Agua y Alcantarillado de Centros Poblados de la Ciudad de Huaral, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil a nombre de la nación que otorga la Universidad Nacional de Ingeniería.

El presente estudio consta de 7 capítulos con el contenido siguiente:

El capítulo I tiene como objetivo precisar las características de la zona de ubicación del proyecto, los aspectos socio económicos de la población y la descripción de los sistemas existentes de agua potable y alcantarillado. Se elaboró con la información proporcionada por la empresa EMAPA Huaral S.A.

El capítulo II tiene como objetivo diseñar la red de distribución de agua potable con tuberías de PVC-U, para determinar las presiones y demandas de agua al inicio y al final del período de diseño. Se realiza considerando los requisitos establecidos en las normas OS.050 y OS.100 del RNE, y en la norma de la OPS. El análisis y modelación hidráulica de la red se realizó en estado estático con el programa Watercad, teniendo presente las restricciones de velocidades y presiones, considerando que la condición crítica ocurre cuando la altura mínima de agua en el reservorio apoyado es de 1 m. El reparto de caudales de agua en los nodos de la red de distribución se realiza en proporción a la cantidad de lotes correspondiente a cada tramo de tubería. Se ingresan los diámetros de las tuberías, las elevaciones y demandas en los nodos. Se calculan los caudales, pérdidas de carga, pendiente hidráulica, velocidades, presiones estáticas y dinámicas. Se realiza el diseño de la tubería de impulsión y del equipo de bombeo, y se presentan los parámetros hidrogeológicos del acuífero.

El capítulo III tiene como objetivo diseñar la red de alcantarillado con tuberías de PVC-U para determinar la tensión tractiva en cada tramo al inicio y al final del período de diseño. Se consideran los requisitos indicados en las normas OS.070 y OS.100 del RNE. La pendiente mínima de los colectores se ha calculado en función inversamente proporcional al diámetro cuando el caudal promedio diario en la etapa inicial del proyecto es el 18% del caudal a sección llena al final del período de diseño. El análisis de la red se realizó en estado estático utilizando el programa Sewercad, considerando las restricciones de pendiente, tensión tractiva mínima, relación tirante diámetro y recubrimiento. El reparto de caudales de alcantarillado se realiza en proporción a la cantidad de lotes correspondientes

a cada buzón ubicado aguas arriba del tramo. Se ingresan los diámetros y longitudes de los colectores, las elevaciones y las descargas en los buzones. Se obtienen los resultados de caudales, velocidades, radio hidráulico y tensión tractiva de los tramos de la red a sección parcialmente llena.

En el capítulo IV el objetivo es calcular la deflexión vertical en tuberías de alcantarillado de PVC-U sometida a la acción de cargas externas, dependiendo del tipo de material de relleno, su grado de compactación y la rigidez de la tubería. Se determinan las cargas muertas con el método del prisma y las cargas vivas de vehículos utilizando las fórmulas de Boussinesq. Con la ecuación de lowa se obtiene la deflexión transversal menor a la deflexión máxima admisible, con lo cual se verifica que la profundidad mínima del material de relleno sobre la clave del tubo será de 1.0 m.

El capítulo V tiene por objetivo determinar el procedimiento para calcular el costo de los proyectos de agua y alcantarillado en función del caudal de diseño. Para tal fin se ha aplicado el método de mínimos cuadrados, con los costos y caudales de diseño de 5 obras ejecutadas de similares características técnicas. Se calculan los coeficientes de la recta de regresión lineal y se determina la ecuación potencial.

En el capítulo VI el objetivo es establecer los aspectos técnicos para el proceso constructivo de las redes de agua potable y alcantarillado. Se elaboró en base a las experiencias adquiridas en las obras ejecutadas por EMAPA Huaral S.A. bajo la modalidad de administración directa. La red de alcantarillado está conformada por tuberías de PVC-U con uniones flexibles de acuerdo a la norma NTP ISO 4435 de DN 110 mm y DN 160 mm serie 25. Los buzones son de concreto con sección circular de 1.20 m de diámetro. Las conexiones domiciliarias se realizan colocando tuberías de PVC-U de DN 110 mm y cajas de registro de concreto. En la red de agua potable se utilizarán tuberías y accesorios de PVC-U con uniones flexibles según la norma NTP ISO 1452 de DN 63 mm, DN 90 mm y DN 110 mm, clase 7.5. Se instalarán válvulas de compuerta con elastómero de hierro dúctil de 16 bar de presión nominal. Las conexiones domiciliarias se instalan con abrazaderas de PPAD, tuberías de PEAD de DN ½", válvulas de paso termoplásticas, cajas de concreto y micromedidores de chorro único.

El capítulo VII tiene como objetivo establecer las conclusiones y recomendaciones de acuerdo a los resultados obtenidos en el diseño y el proceso constructivo de los proyectos de agua potable y alcantarillado.

## CAPÍTULO I GENERALIDADES

### 1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO

El Centro Poblado El Pinar se encuentra ubicado en el distrito de Huaral, provincia de Huaral, región Lima, con coordenadas geográficas de 11°29'10" de latitud sur y 77°12'46" de longitud oeste.

### 1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO

**TOPOGRAFÍA:** La zona del proyecto se encuentra ubicada en la coordenada UTM 258,800 Este y 8'729,800 Norte, en terreno de ligera pendiente, con una altitud promedio de 167 msnm, tal como se muestra en el plano 1.1.

**CLIMA:** El clima dominante es templado carente de precipitación pluvial, con un alto índice de humedad ambiental. La temperatura en verano es de 21° a 24°C, en primavera de 17° a 19°C, en invierno de 15° a 16°C y en otoño de 16° a 17°C. La temperatura máxima se da entre los meses de octubre a marzo, en promedio de 26 grados. La temperatura mínima se da entre los meses de junio a septiembre, en promedio de 15 grados. El período de lluvias es entre los meses de Enero y Marzo, en forma incipiente.

**SUELOS:** El perfil estratigráfico del suelo está compuesto por gravas gruesas y finas de origen fluvial, asociados con capas de arena limosa, arena arcillosa y cantos rodados.

### 1.3 PARTICIPACIÓN DE LAS ENTIDADES INVOLUCRADAS

Las entidades involucradas son aquellas que presentan interés y participación directa en la ejecución de los proyectos de agua potable y alcantarillado.

**EMAPA HUARAL S.A.:** Es la empresa encargada de la administración, operación mantenimiento y ejecución de labores de mejoramiento de los servicios de agua potable y alcantarillado en la localidad de Huaral, cuya misión es contribuir al aumento de la calidad de vida de la población. Fue creada en junio de 1993 como Empresa Municipal de Derecho Privado e inscrita en el Registro Mercantil de Huaral en Octubre del mismo año, sin embargo solo adquirió autonomía a partir de diciembre de 1995. El 03 de enero de 1996 fue reconocida como Empresa Prestadora de Servicio de Saneamiento por la SUNASS. El Plan Maestro Optimizado 2006-2035 de Emapa Huaral S.A., es un documento de planeamiento de largo plazo con un horizonte de 30 años que contiene la programación de las inversiones en condiciones de eficiencia y las proyecciones económicas financieras del desarrollo eficiente de las operaciones de la EPS.

**PROGRAMA DE MEDIDAS DE RÁPIDO IMPACTO:** El PMRI es un conjunto de medidas de inversión directa, fortalecimiento institucional y gestión político social, establecidas en el Plan Nacional de Saneamiento 2006-2015 del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, cuyo objetivo es apoyar a medianas y pequeñas empresas prestadoras de los servicios de agua potable y alcantarillado, con proyectos que en corto plazo tengan impacto favorable en la generación de ingresos, de tal modo que puedan superar su situación de crisis financiera y solventar sus propios requerimientos de inversión.

#### 1.4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

El proyecto beneficiará directamente a 800 habitantes correspondientes a 200 lotes, contando cada familia con un promedio de 4 habitantes de bajo nivel económico. Los beneficiarios participan en la etapa de operación y mantenimiento de la red cumpliendo con el pago de su tarifa de agua y desagüe.

**ÁMBITO DE APLICACIÓN:** El presente estudio se aplicará en pequeñas ciudades ubicadas en zonas de expansión urbana con poblaciones menores de 30,000 habitantes, de acuerdo a lo establecido en el Decreto Supremo N° 016-2005 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento publicado el 06 de Agosto del 2005.

#### 1.5 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE LA POBLACIÓN

**VIVIENDA:** El 90% están construidas de albañilería de ladrillo confinada y el 10% son de muros de adobe.

**ACTIVIDAD ECONÓMICA:** Los ingresos por familia cuentan en algunos casos con el aporte de hasta 2 trabajadores en una sola familia, pero en términos de promedio general el ingreso es de S/. 800 por familia. Los pobladores se dedican principalmente a los servicios, al comercio y agricultura, el 20% tiene empleo fijo, un 60% es eventual y un 20% desempleado.

#### 1.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EXISTENTE

**SECTOR DE ABASTECIMIENTO DE AGUA:** El CP El Pinar pertenece al sector de abastecimiento N° 2 con una población de 3,050 familias, conformado por los CP. San Isidro, AH Villa Paraíso, AH Nueva Esperanza, Pueblo Joven San Cristóbal, las lotizadoras Santa Inés, Artemio Ríos, Bautista, Valcázar, La Capullana, San Carlos, Los Naturales, y el Centro Urbano de Huaral.

**CAPTACIÓN DE AGUA:** La fuente de abastecimiento de agua es subterránea, proveniente de los pozos tubulares N° 1 y N° 4.

**TRATAMIENTO DE AGUA:** Se realiza mediante el bombeo de cloro gas de la caseta de cloración hacia las tuberías de impulsión de los pozos N° 1 y N° 4.

**ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUA:**

**ESTACIÓN DE BOMBEO N° 1:** Se ubica en el sector Los Granados, en la margen derecha del río Chancay, fue construido en el año 1967. El pozo es tubular con una profundidad de 50 m, la bomba es del tipo turbina de eje vertical con un motor eléctrico de 50 HP. El rendimiento de este pozo es de 31 lt/s, con un tiempo de bombeo de 20 horas diarias.

**ESTACIÓN DE BOMBEO N° 4:** Se ubica en el sector La Huaca, en la margen derecha del río Chancay. El pozo es tubular con una profundidad de 60 m, la bomba es del tipo turbina de eje vertical accionado por un motor eléctrico de 60 HP, que impulsa un caudal de 54 lt/s, con un tiempo de bombeo de 20 horas/día.

**CONDUCCIÓN DE AGUA:**

**TUBERÍA DE IMPULSIÓN DEL POZO N° 1:** Es de DN 8" de concreto reforzado clase 15, con una longitud de 240 m hasta la cámara de carga, y desde ésta abastece por gravedad al reservorio Huando mediante una línea de DN 8" de concreto reforzado clase 15 con una longitud de 2,219 m.

**TUBERÍA DE IMPULSIÓN DEL POZO N° 4:** Es de 10" de concreto reforzado clase 15, con una longitud de 2,141 m.

**ALMACENAMIENTO DE AGUA:** El reservorio de almacenamiento es del tipo apoyado, de concreto armado con una sección circular de 20 m de diámetro, altura de 10 m y capacidad de 2,900 m<sup>3</sup>.

**TUBERÍA DE ADUCCIÓN:** El abastecimiento de agua del reservorio a la zona del proyecto se realiza mediante una tubería de aducción por gravedad de DN 355 mm de PVC-U UF clase 10.

**RED DE DISTRIBUCIÓN:** La red de distribución está conformada por tuberías de DN 160 mm, DN 110 mm, DN 90 mm y DN 63 mm, de PVC-U UF clase 7.5.

#### 1.7 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE

**EMISOR DE ALCANTARILLADO:** La descarga del alcantarillado de la zona del proyecto se realiza a un interceptor de DN 200 mm de PVC-U UF serie 25 y éste a su vez evacúa al emisor de DN 200 mm de PVC-U UF serie 25 ubicado en el sector 3 de Octubre.

**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES:** El alcantarillado del CP El Pinar descarga en la PTAR 3 de Octubre, conformada por tanques sépticos con filtros de percolación.

## CAPÍTULO II DISEÑO DE LA RED DE AGUA POTABLE

### 2.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

Los parámetros de diseño se calculan de acuerdo a la Norma OS.100 Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria del Reglamento Nacional de Edificaciones.

CANTIDAD DE LOTES AL INICIO DEL PERÍODO DE DISEÑO: El CP El Pinar cuenta actualmente con 200 lotes destinados a viviendas.

DENSIDAD POBLACIONAL: El RNE, en la Norma OS.100, ítem 1.3 (a), indica que para asentamientos humanos existentes, el crecimiento deberá estar de acuerdo con el plan regulador y los programas de desarrollo regional si los hubiere; en caso de no existir éstos, se deberá tener en cuenta las características de la ciudad, los factores históricos, socioeconómicos y su tendencia de desarrollo.

En el cuadro 2.1 se muestran los datos del censo del año 2007, donde se indica que la población urbana de la ciudad de Huaral es de 79,001 habitantes y en el cuadro 2.2 se indica el número de viviendas censadas que ha sido de 20,277 [INEI, 2007]:

$$D_p = \frac{\text{Población urbana censada}}{\text{Cantidad de viviendas censadas}} \quad (2.1)$$
$$D_p = \frac{79001}{20277} = 3.89 \text{ hab/lote}$$
$$D_p = 4 \text{ hab/lote}$$

POBLACIÓN AL INICIO DEL PERÍODO DE DISEÑO: Se calcula la población inicial del CP El Pinar considerando la densidad poblacional de 4 habitantes por lote, obtenida con la ecuación 2.1:

$$\text{Población inicial} = \text{Cantidad inicial de lotes} \times \text{Densidad poblacional} \quad (2.2)$$
$$P_i = 200 \times 4 = 800 \text{ habitantes}$$

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL PROMEDIO ANUAL: Considerando que el Centro Poblado El Pinar se encuentra en el período de inicio demográfico, cuando el aumento de la población es proporcional al tamaño de ésta, se utiliza el método de crecimiento geométrico [López, 2003]:

$$P_f = P_i(1 + i)^t \quad (2.3)$$

Donde:

$P_f$  = Población al final del período de diseño

$P_i$  = Población al inicio del período de diseño

$i$  = Tasa de crecimiento poblacional promedio anual

$t$  = Período de diseño

De la ecuación (2.3) la tasa de crecimiento poblacional será:

$$i = \left(\frac{P_f}{P_i}\right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2007, que se muestra en el cuadro 2.1 se obtienen los siguientes datos:

$P_i$  = Población del año 1993 = 54199 hab. [INEI, 2007]

$P_f$  = Población del año 2007 = 79001 hab. [INEI, 2007]

$t$  = 14 años

$$i = \left(\frac{79001}{54199}\right)^{\frac{1}{14}} - 1$$

$$i = 0.027$$

$$i = 2.7\% \quad (2.4)$$

PERÍODO DE DISEÑO: El período de diseño se define como el tiempo en el cual la capacidad de la red de agua potable satisface el consumo de la población. El RNE, en la Norma OS.100, ítem 1.2, indica que el período de diseño será fijado por el proyectista, utilizando un procedimiento que garantice los períodos óptimos para cada componente del sistema.

CUADRO 2.1: POBLACIÓN CENSADA URBANA Y RURAL DE LA PROVINCIA DE HUARAL EN EL PERÍODO 1993-2007

Distritos	Censo 1993			Censo 2007			Incremento Intercensal 1993-2007		Tasa de Crecimiento Promedio Anual (%)	
	Total	Urbano	Rural	Total	Urbano	Rural	Urbano	Rural	Urbano	Rural
Provincia de Huaral	126,025	90,021	36,004	164,660	136,487	28,173	46,466	-7,831	3.0	-1.7
Huaral	68,771	54,199	14,572	88,558	79,001	9,557	24,802	-5,015	2.7	-3.0
Atavillos Alto	1,718	1,083	635	976	801	175	-282	-460	-2.1	-8.8
Atavillos Bajo	1,807	1,620	187	1,374	1,323	51	-297	-136	-1.4	-8.9
Aticallama	11,269	3,246	8,023	16,195	5,892	10,303	2,646	2,280	4.4	1.8
Chancay	32,784	23,500	9,284	49,832	44,862	5,070	21,362	-4,214	4.7	-4.2
Ihuari	3,235	1,140	2,095	2,671	640	2,031	-500	-64	-4.0	-0.2
Lampian	775	643	132	518	442	77	-201	-55	-2.6	-3.8
Pacaraos	1,601	1,568	33	747	717	30	-851	-3	-5.4	-0.7
San Miguel de Acos	780	457	323	754	507	247	50	-76	0.7	-1.9
Santa Cruz de Andamarca	917	619	298	1,219	1,039	180	420	-110	3.8	-3.5
Sumbilca	1,577	1,251	326	1,171	762	409	-489	83	-3.5	1.6
Veintisiete de Noviembre	791	695	96	544	501	43	-194	-53	-2.3	-5.6

Fuente: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda 1993, 2007

Elaboración: Oficina de Planeamiento, Presupuesto, Racionalización, Sistemas y Cooperación Internacional de la Municipalidad Provincial de Huaral.

CUADRO 2.2: VIVIENDAS PARTICULARES SEGÚN CENSO 2007

Distrito/Área de residencia	Total	%	Censo 2007 1/			
			Ocupada		Desocupada	
			Abso- luto	%	Abso- luto	%
Provincia de Huaral	48,717	100.0	44,435	91.2	4,282	8.8
Huaral	23,529	100.0	22,210	94.4	1,319	5.6
Atavillos Alto	951	100.0	751	79.0	200	21.0
Atavillos Bajo	1,037	100.0	898	86.6	139	13.4
Aucallama	4,608	100.0	4,075	88.4	533	11.6
Chancay	13,600	100.0	12,672	93.2	928	6.8
Ihuari	1,105	100.0	970	87.8	135	12.2
Lampian	359	100.0	349	97.2	10	2.8
Pacaraos	502	100.0	394	78.5	108	21.5
San Miguel de Acos	482	100.0	416	86.3	66	13.7
Santa Cruz de Andamarca	991	100.0	465	46.9	526	53.1
Sumbilca	1,169	100.0	891	76.2	278	23.8
Ventisiete de Noviembre	384	100.0	344	89.6	40	10.4
<b>Urbana</b>	<b>37,909</b>	<b>100.0</b>	<b>35,236</b>	<b>92.9</b>	<b>2,673</b>	<b>7.1</b>
<b>Huaral</b>	<b>20,277</b>	<b>100.0</b>	<b>19,224</b>	<b>94.8</b>	<b>1,053</b>	<b>5.2</b>
Atavillos Alto	593	100.0	422	71.2	171	28.8
Atavillos Bajo	636	100.0	584	91.8	52	8.2
Aucallama	1,686	100.0	1,576	93.5	109	6.5
Chancay	11,942	100.0	11,198	93.8	744	6.2
Ihuari	301	100.0	256	85.0	45	15.0
Lampian	261	100.0	252	96.6	9	3.4
Pacaraos	463	100.0	376	81.2	87	18.8
San Miguel de Acos	170	100.0	150	88.2	20	11.8
Santa Cruz de Andamarca	530	100.0	393	74.2	137	25.8
Sumbilca	706	100.0	500	70.8	206	29.2
Ventisiete de Noviembre	345	100.0	305	88.4	40	11.6
<b>Rural</b>	<b>10,808</b>	<b>100.0</b>	<b>9,199</b>	<b>85.1</b>	<b>1,609</b>	<b>14.9</b>
Huaral	3,252	100.0	2,986	91.8	266	8.2
Atavillos Alto	358	100.0	329	91.9	29	8.1
Atavillos Bajo	401	100.0	314	78.3	87	21.7
Aucallama	2,923	100.0	2,499	85.5	424	14.5
Chancay	1,058	100.0	1,474	88.9	184	11.1
Ihuari	804	100.0	714	88.8	90	11.2
Lampian	98	100.0	97	99.0	1	1.0
Pacaraos	39	100.0	18	46.2	21	53.8
San Miguel de Acos	312	100.0	266	85.3	46	14.7
Santa Cruz de Andamarca	461	100.0	72	15.6	389	84.4
Sumbilca	463	100.0	391	84.4	72	15.6
Ventisiete de Noviembre	39	100.0	39	100.0	0	0.0

1/ Excluye a los que no determinaron la condición de ocupación de la vivienda

Fuente: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007

Elaboración: Oficina de Planeamiento, Presupuesto, Racionalización, Sistemas y Cooperación Internacional de la Municipalidad Provincial de Huaral.

La Dirección Nacional de Saneamiento [DNS, 2006] del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, propone un período de diseño de:

$$t = 20 \text{ años} \quad (2.5)$$



POBLACIÓN AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO: De la ecuación (2.1) se obtiene la densidad poblacional para el CP El Pinar, utilizando los datos del censo del año 2007, con la ecuación (2.2) se calcula la población inicial, y con la ecuación (2.3) se halla la población final:

$$P_f = 800(1 + 0.027)^{20}$$

$$P_f = 1,363 \text{ habitantes}$$

$$\text{Cantidad de lotes al final del período de diseño} = \frac{1363 \text{ habitantes}}{4 \text{ hab/lote}} = 341 \text{ lotes}$$

DOTACIÓN DE AGUA PER CÁPITA: De acuerdo al RNE Norma OS.100, ítem 1.4, al no existir estudios de consumo en la zona del proyecto, para lotes de área menor a 90 m<sup>2</sup> el consumo per cápita promedio diario anual por habitante en clima templado y cálido será:

$$\text{Dotación} = 150 \text{ lt/hab/día} \quad (2.6)$$

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE CONSUMO DIARIO: El consumo de agua es mayor en los días calurosos, presentando valores mínimos en los días de invierno. El RNE en la Norma OS.100, ítem 1.5 indica que en los abastecimientos por conexiones domiciliarias, el coeficiente de variación máximo anual de la demanda diaria referido al promedio diario anual de la demanda será:

$$K_1 = 1.3 \quad (2.7)$$

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE CONSUMO HORARIO: En las horas diurnas el consumo supera el valor promedio, alcanzando valores máximos alrededor del medio día. Durante el período nocturno el consumo disminuye por debajo del promedio, presentando valores mínimos en las primeras horas de la madrugada. En la Norma OS.100, ítem 1.5 del RNE se indica que en los abastecimientos por conexiones domiciliarias el coeficiente de variación máximo anual de la demanda horaria referido al promedio diario anual de la demanda estará comprendido entre 1.8 a 2.5. Para centros poblados que se encuentran integrados con la zona urbana, la variación de consumo horario será un valor de 200% del consumo promedio diario anual:

$$K_2 = 2.0 \quad (2.8)$$

## 2.2 CONSUMO PROMEDIO DIARIO ANUAL

El consumo promedio diario anual puede ser obtenido como el resultado de una estimación del consumo per cápita por habitante para la población futura del período de diseño:

$$Q_p = \frac{\text{Dotación} \times P_f}{86400} \quad (2.9)$$

$$Q_p = \frac{150 \times 1,363}{86400}$$

$$Q_p = 2.37 \text{ lt/s}$$

### 2.3 PÉRDIDAS DE AGUA DOMICILIARIAS

Las pérdidas de agua potable domiciliarias son las que se originan por el mal uso del agua por parte de los pobladores, como son los desperfectos en los aparatos sanitarios interiores, riego de jardines, fugas de agua en las conexiones domiciliarias y eventuales roturas en la red de distribución.

El Plan Maestro Optimizado de EMAPA Huaral S.A. [PMO, 2006], plantea como meta de gestión que el nivel de pérdidas de agua al final del período de diseño será del 20% en relación al consumo promedio diario anual.

$$Q_{pe} = 20\% Q_p \quad (2.10)$$

$$Q_{pe} = 0.20 \times 2.37$$

$$Q_{pe} = 0.47 \text{ lt/s}$$

### 2.4 CONSUMO MÁXIMO DIARIO

Se define como la demanda máxima de agua en un día, que se presenta durante un año. Se considera el caudal de pérdidas, el cual no será afectado por el coeficiente de variación diario.

$$Q_{md} = K_1 Q_p + Q_{pe} \quad (2.11)$$

$$Q_{md} = 1.3 \times 2.37 + 0.47$$

$$Q_{md} = 3.55 \text{ lt/s}$$

### 2.5 CONSUMO MÁXIMO HORARIO

Es la demanda máxima en una hora, que se presenta en un día durante un año. Se considera el caudal de pérdidas domiciliarias, el cual no será afectado por el coeficiente de variación horario.

$$Q_{mh} = K_2 Q_p + Q_{pe} \quad (2.12)$$

$$Q_{mh} = 2 \times 2.37 + 0.47$$

$$Q_{mh} = 5.21 \text{ lt/s}$$

### 2.6 DEMANDA CONTRA INCENDIO

De acuerdo al RNE Norma OS.100, ítem 1.6, para habilitaciones urbanas en poblaciones menores de 10,000 habitantes, no se considera obligatorio demanda contra incendio.

$$Q_i = 0 \quad (2.13)$$

## 2.7 CAUDAL AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO

En el RNE Norma OS.050, ítem 4.1 se indica que la red de distribución se calculará con la cifra que resulte mayor al comparar el consumo máximo horario con la suma del consumo máximo diario más el gasto contra incendio para el caso de habilitaciones en que se considera demanda contra incendio.

$$Q_{mh} = 5.21 \text{ lt/s} \quad (2.14)$$

$$Q_{md} + Q_i = 3.55 + 0$$

$$Q_{md} + Q_i = 3.55 \text{ lt/s} \quad (2.15)$$

El caudal de demanda del CP El Pinar al final del período de diseño será el mayor valor obtenido de (2.14) y (2.15):

$$Q = 5.21 \text{ lt/s} \quad (2.16)$$

Caudales adicionales en nodos:

Son los caudales de demanda de agua de otros centros poblados existentes que son abastecidos con la red de distribución del CP El Pinar.

Caudal adicional en el nodo = Cantidad de lotes x caudal unitario

$$Q_3 = 170 \text{ lotes} \times 0.0153 \text{ lt/s/lote} = 2.60 \text{ lt/s}$$

$$Q_5 = 300 \text{ lotes} \times 0.0153 \text{ lt/s/lote} = 4.58 \text{ lt/s}$$

$$Q_{12} = 260 \text{ lotes} \times 0.0153 \text{ lt/s/lote} = 3.98 \text{ lt/s}$$

$$Q_{14} = 350 \text{ lotes} \times 0.0153 \text{ lt/s/lote} = 5.36 \text{ lt/s}$$

Caudal al final del período de diseño en la tubería principal:

$$Q = 5.21 + 2.60 + 4.58 + 3.98 + 5.36$$

$$Q = 21.73 \text{ lt/s} \quad (2.17)$$

Este procedimiento también se realizará para calcular el caudal al inicio del período de diseño en la tubería principal considerar la tasa de crecimiento poblacional anual igual a cero.

La tubería principal de abastecimiento de agua será de DN 110 mm. de PVC-U UF, clase 7.5.

## 2.8 PRINCIPIOS BÁSICOS

Para realizar la modelación y diseño de la red de distribución con el programa WaterCAD V8i, se aplican la ecuación de la conservación de masa, la ecuación de conservación de la materia y la ecuación de conservación de la energía.

**ECUACIÓN DE CONSERVACIÓN DE MASA EN NODOS:** Para un fluido incompresible bajo condiciones estáticas el caudal en un nodo no varía con el tiempo.

$$\sum Q_i = \sum Q_s + Q_n \quad (2.18)$$

$Q_i$  = Caudales en las tuberías que entran en el nodo (signo +)

$Q_s$  = Caudales en las tuberías que salen del nodo (signo +)

$Q_n$  = Consumo del nodo (signo +)

ECUACIÓN DE CONSERVACIÓN DE LA MATERIA: De la ecuación de continuidad:

$$Q = V \cdot A \quad (2.19)$$

$Q$  = Caudal en  $m^3/s$ ,  $V$  = Velocidad media en la sección en  $m/s$

$A$  = Área de la sección de flujo en  $m^2$

ECUACIÓN DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA: De acuerdo a la ecuación de Bemoulli [Azevedo, 1975], en una tubería con movimiento permanente y uniforme la diferencia de energía entre dos puntos de una línea de corriente es la misma sin importar el camino tomado.

Energía total en 1 – Energía total en 2 = Pérdidas de carga entre 1 y 2

$$\begin{aligned} E_1 - E_2 &= h_{f1-2} + h_{L1-2} \\ E_1 &= E_2 + h_{f1-2} + h_{L1-2} \\ z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + H_d &= z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{f1-2} + h_{L1-2} \end{aligned} \quad (2.20)$$

Donde:

$z$  = Elevación con respecto a un plano horizontal de referencia en  $m$

$P$  = Presión del fluido en la sección considerada en  $kg/m^2$

$V$  = Velocidad media del fluido en  $m/s$

$\gamma$  = Peso específico del fluido en  $kg/m^3$

$g$  = Aceleración de la gravedad en  $m/s^2$

$z_1$  = Energía potencial en metros = Energía debida a la altitud del fluido

$\frac{P_1}{\gamma}$  = Energía de presión en metros = Energía debida a la presión del fluido

$\frac{V_1^2}{2g}$  = Energía cinética en metros = Energía debida a la velocidad del fluido

$H_d$  = Carga dinámica de la bomba en  $m$

$h_f$  = Pérdidas de carga por fricción entre las secciones 1 y 2 en  $m$

$h_L$  = Pérdidas de carga local en accesorios en  $m$

$$\begin{aligned} \text{Energía total} &= z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} \\ \text{Cota piezométrica} &= z + \frac{P}{\gamma} \end{aligned} \quad (2.21)$$

El flujo se realiza desde las cargas altas hacia las cargas bajas.

## 2.9 CAUDAL UNITARIO Y CAUDALES EN LOS NODOS

Se calculan los caudales en los nodos al inicio y al final del período de diseño.

**CAUDAL UNITARIO:** El consumo de agua de 1 familia se calcula utilizando el método del número de lotes:

$$q_u = \text{Caudal unitario} = \frac{\text{Consumo máximo horario}}{\text{Cantidad final de lotes}} \quad (2.22)$$
$$q_u = \frac{5.21 \text{ lt/s}}{341 \text{ lotes}}$$
$$q_u = 0.0153 \text{ lt/s/lote}$$

**MÉTODO DE LA CANTIDAD DE LOTES:** Se calcula la cantidad de lotes al final del período de diseño en cada tramo de la red utilizando el factor de incremento de lotes.

$$\text{Factor de incremento de lotes} = \frac{\text{Cantidad final de lotes}}{\text{Cantidad inicial de lotes}} \quad (2.23)$$
$$\text{Factor de incremento de lotes} = \frac{341}{200} = 1.704$$

Cantidad final de lotes = Cantidad inicial de lotes x Factor incremento de lotes

$$\text{Cantidad final de lotes} = \text{Cantidad inicial de lotes} \times 1.704 \quad (2.24)$$

## MÉTODO DE REPARTICIÓN MEDIA

**CAUDALES EN LOS TRAMOS:** Se hallan los caudales en cada tramo de la red:

Caudal en el tramo = cantidad de lotes x caudal unitario

$$\text{Caudal en el tramo} = \text{cantidad de lotes} \times 0.0153 \quad (2.25)$$

**CAUDALES EN LOS NODOS:** Los caudales en cada nodo de un tramo serán:

$$\text{Caudal en el nodo} = \frac{\text{Caudal en el tramo}}{2}$$

Caudal total en el nodo = Suma de caudales de los tramos que llegan al nodo (2.26)

Con la ecuación (2.26) se hallan los caudales de demanda base en los nodos para realizar la modelación de la red. Los caudales en los nodos al inicio y al final del período de diseño se muestran en el cuadro 2.3 y el cuadro 2.4.

## 2.10 MODELACIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA

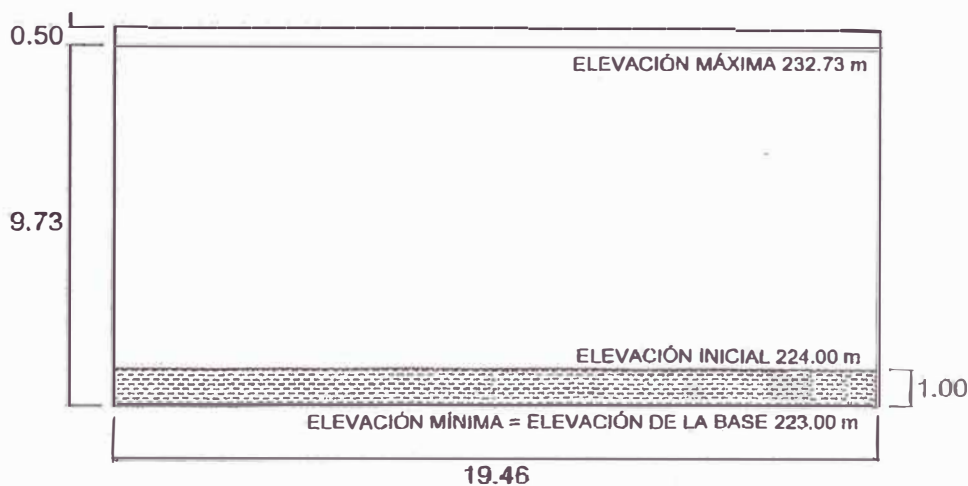
La modelación de la red de distribución de agua se realiza al inicio y al final del período de diseño utilizando el programa WaterCAD V8i, mediante la simulación en estado estático. Se ingresa el plano de lotización en AutoCAD del CP El Pinar. Se realiza la construcción topológica de la red en el modo esquema, ubicando los pozos, las bombas y el reservorio. Se ingresan las elevaciones de los nodos, de los pozos, de las bombas, los caudales de demanda en los nodos, las elevaciones inicial, mínima y máxima de agua en el reservorio.

Se considera la condición más desfavorable cuando el nivel inicial de agua en el reservorio es de 1 m, tal como se muestra en la figura 2.1.

El caudal unitario es 0.0153 lt/s/lote y la población per cápita es 4 hab/lote. Para el cálculo al final del período de diseño en los nodos J-1, J-3, J-5, J-12 y J-14 se consideran 850, 170, 300, 260 y 350 lotes adicionales respectivamente, que corresponden a los centros poblados colindantes. En los nodos J-16, J-17, J-18 y J-19 se consideran 170, 600, 1550 y 70 viviendas respectivamente, que pertenecen a los sectores de abastecimiento de agua 2A, 2M y 2B. Se ingresan los diámetros estimados y longitudes de las tuberías.

Los diámetros de las tuberías se calculan considerando las restricciones de diseño: velocidad mínima de 0.3 m/s, velocidad máxima de 3 m/s, presión dinámica mínima de 10 mca, y presión estática máxima de 50 mca.

El metrado se muestra en el cuadro 2.5, en el plano 2.1, plano 2.2 y plano 2.3.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2.1: ELEVACIONES DEL NIVEL DE AGUA EN EL RESERVORIO

**CÁLCULO DE DIÁMETROS:** El agua tiene pequeña viscosidad por lo cual el régimen de flujo es turbulento. Se consideran tuberías de diámetro mayor o igual a 2" y velocidades menores de 3 m/s. El programa WaterCAD calcula los diámetros con la fórmula de Hazen y Williams [Azevedo, 1975]:

$$D = \frac{1.625Q^{0.38}}{C^{0.38}S^{0.21}} \quad (2.27)$$

D = Diámetro en m., Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s, C = Coeficiente de fricción en √pies/s, S = Gradiente de la línea piezométrica en m/m.

**CÁLCULO DE CAUDALES:** El programa WaterCAD calcula los caudales en los tramos de la red utilizando la fórmula de Hazen y Williams [Azevedo, 1975]:

$$Q = 0.2785CD^{2.63}S^{0.54} \quad (2.28)$$

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s, C = Coeficiente de fricción en √pies/s, D = Diámetro en m., S = Gradiente de la línea piezométrica en m/m.

**PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS:** Las pérdidas por fricción ocurren por la conversión de energía mecánica en energía térmica disipada por la pared de la tubería, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$h_f = \frac{10.64LQ^{1.85}}{C^{1.85}D^{4.87}} \quad (2.29)$$

h<sub>f</sub> = Pérdida de carga por fricción en m., L = Longitud de la tubería en m., Q = Caudal en m<sup>3</sup>/s, C = Coeficiente de fricción en √pies/s, D = Diámetro en m.

**PÉRDIDAS DE CARGA LOCALES EN ACCESORIOS:** Las pérdidas menores en accesorios se expresan en función de la carga de velocidad [Azevedo, 1975]:

$$h_L = k \frac{V^2}{2g} \quad (2.30)$$

h<sub>L</sub> = Pérdida de carga local en m., k = Coeficiente (adimensional), V = Velocidad media en m/s, g = aceleración de la gravedad = 9.81 en m/s<sup>2</sup>

**VELOCIDAD:** Las velocidades se calculan con la fórmula de Hazen y Williams:

$$V = 0.355CD^{0.63}S^{0.54} \quad (2.31)$$

Donde: V = Velocidad media en m/s, C = Coeficiente de fricción en √pies/s, D = Diámetro en m., S = Gradiente de la línea piezométrica en m/m

Los resultados de velocidades se muestran en los cuadros 2.6 y 2.7.

#### VALORES ESTÁNDARES DE VELOCIDAD

**VELOCIDAD MÍNIMA:** De acuerdo a la OPS:

$$V_{\min} = 0.3 \text{ m/s}$$

**VELOCIDAD MÁXIMA:** De acuerdo a la norma OS.050 del RNE:

$$V_{\max} = 3 \text{ m/s}$$

#### CÁLCULO DE PRESIONES

**PRESIONES DINÁMICAS:** De la ecuación de Bernoulli (2.20) se calcula la presión dinámica en tuberías con flujo por gravedad:

$$P_2 = z_1 - z_2 + P_1 + \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} - h_f - h_L \quad (2.32)$$

**PRESIONES ESTÁTICAS:** Se calculan como la diferencia entre la cota del nivel de agua en el reservorio y la cota del nodo de la red de distribución.

$$P_{e1} = z_r - z_1 \quad (2.33)$$

$P_{e1}$  = presión estática en el nodo 1 en m.,  $z_r$  = Cota del nivel de agua en el reservorio en m.,  $z_1$  = Cota del nodo 1 en m.

Las presiones dinámicas y estáticas en los nodos de la red al inicio y al final del período de diseño se muestran en el cuadro 2.8 y el cuadro 2.9 respectivamente. En el plano 2.4 y el plano 2.5 se presentan las presiones y velocidades de la modelación al inicio y al final del período de diseño respectivamente.

#### VALORES ESTÁNDARES DE PRESIÓN

**PRESIÓN DINÁMICA MÍNIMA:** El RNE en la norma OS.050 establece la presión dinámica mínima en cualquier nodo de la red en la hora de máximo consumo.

$$P_{\min} = 10 \text{ mca}$$

**PRESIÓN ESTÁTICA MÁXIMA:** El RNE en la norma OS.050 establece la presión estática máxima en cualquier nodo de la red cuando no existe consumo.

$$P_{\max} = 50 \text{ mca}$$

#### 2.11 DISEÑO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

La fuente de abastecimiento del CP El Pinar es el agua subterránea del pozo 4. Se ha proyectado la tubería de impulsión de PEAD que llega al reservorio Huando de 2,900 m<sup>3</sup> ubicado en la cota 223 como se muestra en el plano 2.7. El caudal de diseño será el correspondiente al consumo máximo diario.

#### CAUDAL DE DISEÑO

Cantidad de lotes: De acuerdo al plano de catastro urbano de la ciudad de Huaral, el pozo 4 abastece a 3,000 lotes destinados a viviendas.

Densidad poblacional = 4 hab/lote

Población actual = 3,000x4 = 12,000 hab.

Tasa de crecimiento poblacional promedio anual = 2.7%

Período de diseño = 20 años

Población futura = 12,000 x (1+0.027)<sup>20</sup> = 20,445 hab.

Dotación de agua por habitante = 150 lt/hab/día

Consumo promedio = 20,445x150/86,400 = 35.50 lt/s

Porcentaje de pérdidas de agua en relación al consumo promedio = 20%

Pérdidas de agua no contabilizada = 20%x35.50 lt/s = 7.10 lt/s

Coefficiente de variación del consumo diario = 1.3

Consumo máximo diario = 1.3x35.50 = 46.14 lt/s

Consumo máximo diario con pérdidas:  $Q_{md} = 46.14 + 7.10 = 53.24 \text{ lt/s}$

Tiempo de bombeo diario: N = 20 horas



CUADRO 2.3 CAUDALES EN NODOS AL INICIO DEL PERÍODO DE DISEÑO

CALLE	TRAMO	CANTIDAD DE LOTES INICIAL	CAUDAL INICIAL EN EL TRAMO lt/s	CAUDAL INICIAL EN NODOS DEL TRAMO lt/s	NODO	CAUDAL INICIAL EN EL NODO lt/s
NUEVA ESPERANZA	P-1	7	0.11	0.053	J-1	0.053
NUEVA ESPERANZA	P-2	13	0.20	0.099	J-2	0.214
SAN FRANCISCO DE ASIS	P-3	4	0.06	0.031	J-3	0.130
SAN FRANCISCO DE ASIS	P-4	6	0.09	0.046	J-4	0.359
SAN FRANCISCO DE ASIS	P-5	15	0.23	0.115	J-5	0.214
SANTA ROSA	P-6	8	0.12	0.061	J-6	0.435
SANTA ROSA	P-7	12	0.18	0.092	J-7	0.283
SANTA ROSA	P-8	11	0.17	0.084	J-8	0.237
SANTA ROSA	P-9	4	0.06	0.031	J-9	0.130
SAN JOSE	P-10	37	0.57	0.283	J-10	0.237
SANTA MARIA	P-11	14	0.21	0.107	J-11	0.283
SANTA MARIA	P-12	7	0.11	0.053	J-12	0.244
JUAN PABLO	P-13	16	0.24	0.122	J-13	0.206
SAN MARTIN	P-14	10	0.15	0.076	J-14	0.031
SAN MARTIN	P-15	11	0.17	0.084		
SANTA ELENA	P-16	13	0.20	0.099		
SANTA ELENA	P-17	8	0.12	0.061		
SANTA ELENA	P-18	4	0.06	0.031		
TOTALES (VERIFICACIÓN)		200	3.06			3.06

CAUDAL UNITARIO = 0.0153 lt/s/lote

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 2.4 CAUDALES EN NODOS AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO

CALLE	TRAMO	CANTIDAD DE LOTES INICIAL	CANTIDAD DE LOTES FINAL	CAUDAL FINAL EN EL TRAMO lt/s	CAUDAL FINAL EN NODOS DEL TRAMO lt/s	NODO	CAUDAL FINAL EN EL NODO lt/s
NUEVA ESPERANZA	P-1	7	12	0.18	0.091	J-1	0.091
NUEVA ESPERANZA	P-2	13	22	0.34	0.169	J-2	0.364
SAN FRANCISCO DE ASIS	P-3	4	7	0.10	0.052	J-3	0.221
SAN FRANCISCO DE ASIS	P-4	6	10	0.16	0.078	J-4	0.612
SAN FRANCISCO DE ASIS	P-5	15	26	0.39	0.195	J-5	0.364
SANTA ROSA	P-6	8	14	0.21	0.104	J-6	0.742
SANTA ROSA	P-7	12	20	0.31	0.156	J-7	0.482
SANTA ROSA	P-8	11	19	0.29	0.143	J-8	0.403
SANTA ROSA	P-9	4	7	0.10	0.052	J-9	0.221
SAN JOSE	P-10	37	63	0.96	0.482	J-10	0.403
SANTA MARIA	P-11	14	24	0.36	0.182	J-11	0.482
SANTA MARIA	P-12	7	12	0.18	0.091	J-12	0.416
JUAN PABLO	P-13	16	27	0.42	0.208	J-13	0.351
SAN MARTIN	P-14	10	17	0.26	0.130	J-14	0.052
SAN MARTIN	P-15	11	19	0.29	0.143		
SANTA ELENA	P-16	13	22	0.34	0.169		
SANTA ELENA	P-17	8	14	0.21	0.104		
SANTA ELENA	P-18	4	7	0.10	0.052		
TOTALES (VERIFICACIÓN)		200	341	5.21			5.21

FACTOR DE INCREMENTO DE LOTES = 1.704  
CAUDAL UNITARIO = 0.0153 lt/s/lote

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 2.5: METRADOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
TUBERÍA DE DN 63MM DE PVC-U UF C-7.5 NTP ISO 1452	M	817.70
TUBERÍA DE DN 90MM DE PVC-U UF C-7.5 NTP ISO 1452	M	228.75
TUBERÍA DE DN 110MM DE PVC-U UF C-7.5 NTP ISO 1452	M	46.90
CODO DE 63MM.X45° PVC-U UF	UND	1.00
CODO DE 90MM.X45° PVC-U UF	UND	1.00
REDUCCIÓN DE 90MM. A 63MM. PVC-U UF	UND	1.00
REDUCCIÓN DE 110MM. A 90MM. PVC-U UF	UND	2.00
TAPON DE 63MM. PVC-U UF	UND	1.00
TEE DE 110MM.X90MM. PVC-U UF	UND	1.00
TEE DE 90MM.X63MM. PVC-U UF	UND	2.00
TEE DE 63MM.X63MM. PVC-U UF	UND	7.00
VALVULA COMPUERTA DE 63MM. DE HIERRO DUCTIL	UND	6.00
VALVULA COMPUERTA DE 90MM. DE HIERRO DUCTIL	UND	1.00
VALVULA COMPUERTA DE 110MM. DE HIERRO DUCTIL	UND	1.00
CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA DE 1/2" DE PEAD	UND	200

Fuente: Elaboración propia (Ver planos 2.1, 2.2 y 2.3)

Caudal de bombeo al final del período de diseño:

$$Q_b = Q_{md} \frac{24}{N} \quad (2.34)$$

$$Q_b = 53.24 \times \frac{24}{20}$$

$$Q_b = 63.89 \text{ lt/s}$$

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN: Se calcula con la fórmula de Marquardt [Azevedo, 1975].

$$D = 1.3 \left( \frac{N}{24} \right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{Q_b} \quad (2.35)$$

$$D = 1.3 \left( \frac{20}{24} \right)^{\frac{1}{4}} \sqrt{0.06389} = 0.31 \text{ m}$$

Diámetro comercial:  $D = 315 \text{ mm}$

VELOCIDAD MEDIA:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (2.36)$$

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = 1.273 \frac{Q}{D^2}$$

$$V = \frac{1.273 \times 0.06389}{0.315^2}$$

$$V = 0.82 \text{ m/s} \quad (2.37)$$

La velocidad media en tuberías de impulsión debe estar en el rango de 0.65 m/s a 1.50 m/s [Azevedo, 1975].

CUADRO 2.6 CAUDALES Y VELOCIDADES AL INICIO DEL PERÍODO DE DISEÑO

TUBERÍA	LONGITUD m.	DIÁMETRO mm.	COEFICIENTE DE FRICCIÓN C	MATERIAL	CAUDAL EN EL TRAMO lt/s	PÉRDIDA DE CARGA m.	GRADIENTE HIDRÁULICA m/km	VELOCIDAD m/s
P-1	46.90	110	150	PVC	12.64	0.67	14.19	1.33
P-2	108.00	90	150	PVC	4.64	0.64	5.89	0.73
P-3	46.00	63	150	PVC	2.98	0.68	14.76	0.96
P-4	52.00	63	150	PVC	3.75	1.17	22.51	1.20
P-5	103.00	63	150	PVC	1.94	0.69	6.66	0.62
P-6	69.25	90	150	PVC	7.79	1.06	15.37	1.22
P-7	51.50	90	150	PVC	6.23	0.52	10.16	0.98
P-8	44.00	63	150	PVC	3.30	0.78	17.78	1.06
P-9	32.70	63	150	PVC	1.93	0.22	6.59	0.62
P-10	104.00	63	150	PVC	1.12	0.25	2.42	0.36
P-11	68.00	63	150	PVC	2.65	0.81	11.85	0.85
P-12	36.00	63	150	PVC	1.16	0.09	2.58	0.37
P-13	67.50	63	150	PVC	1.13	0.17	2.45	0.36
P-14	48.00	63	150	PVC	1.25	0.14	2.95	0.40
P-15	63.70	63	150	PVC	2.10	0.49	7.69	0.67
P-16	76.00	63	150	PVC	1.80	0.44	5.79	0.58
P-17	42.80	63	150	PVC	1.36	0.15	3.44	0.44
P-18	34.00	63	150	PVC	3.09	0.54	15.78	0.99
P-19	25.00	200	130	Hierro ductil	31.84	0.14	5.56	1.01
P-20	240.00	200	110	Concreto armado	31.84	1.82	7.58	1.01

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 2.6 CAUDALES Y VELOCIDADES AL INICIO DEL PERÍODO DE DISEÑO

(Continuación)

TUBERÍA	LONGITUD m.	DIÁMETRO mm.	COEFICIENTE DE FRICCIÓN C	MATERIAL	CAUDAL EN EL TRAMO lt/s	PÉRDIDA DE CARGA m.	GRADIENTE HIDRÁULICA m/km	VELOCIDAD m/s
P-21	2,219.00	200	110	Concreto armado	31.84	16.81	7.58	1.01
P-22	25.00	250	130	Hierro ductil	54.71	0.13	5.11	1.11
P-23	71.00	250	110	Concreto armado	54.71	0.49	6.97	1.11
P-24	13.00	63	150	PVC	1.53	0.06	4.29	0.49
P-25	1,230.00	250	110	Concreto armado	53.18	8.13	6.61	1.08
P-26	840.00	250	110	Concreto armado	53.18	5.55	6.61	1.08
P-27	1,925.00	110	150	PVC	5.35	5.56	2.89	0.56
P-28	2,396.00	355	150	PVC	34.73	0.73	0.31	0.35
P-29	1,776.00	160	150	PVC	20.96	10.36	5.83	1.04
P-30	9.00	160	150	PVC	20.35	0.05	5.52	1.01

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 2.7 CAUDALES Y VELOCIDADES AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO

TUBERÍA	LONGITUD (m.)	DIÁMETRO (mm.)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN C	MATERIAL	CAUDAL EN EL TRAMO (lt/s)	PÉRDIDA DE CARGA (m.)	GRADIENTE HIDRAULICA (m/km)	VELOCIDAD (m/s)
P-1	46.90	110	150	PVC	21.64	1.80	38.38	2.28
P-2	108.00	90	150	PVC	7.93	1.72	15.90	1.25
P-3	46.00	63	150	PVC	5.11	1.84	40.03	1.64
P-4	52.00	63	150	PVC	6.41	3.17	60.92	2.06
P-5	103.00	63	150	PVC	3.40	1.93	18.78	1.09
P-6	69.25	90	150	PVC	13.34	2.88	41.65	2.10
P-7	51.50	90	150	PVC	10.69	1.42	27.62	1.68
P-8	44.00	63	150	PVC	5.67	2.14	48.53	1.82
P-9	32.70	63	150	PVC	3.33	0.59	18.15	1.07
P-10	104.00	63	150	PVC	1.91	0.67	6.49	0.61
P-11	68.00	63	150	PVC	4.53	2.18	32.07	1.45
P-12	36.00	63	150	PVC	1.94	0.24	6.65	0.62
P-13	67.50	63	150	PVC	1.93	0.45	6.61	0.62
P-14	48.00	63	150	PVC	2.19	0.40	8.35	0.70
P-15	63.70	63	150	PVC	3.64	1.36	21.39	1.17
P-16	76.00	63	150	PVC	3.11	1.22	15.99	1.00
P-17	42.80	63	150	PVC	2.36	0.41	9.59	0.76
P-18	34.00	63	150	PVC	5.41	1.51	44.44	1.73
P-19	25.00	250	130	Hierro ductil	41.93	0.08	3.12	0.85
P-20	240.00	250	140	Polietileno	41.93	0.65	2.72	0.85

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 2.7 CAUDALES Y VELOCIDADES AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO

(Continuación)

TUBERÍA	LONGITUD (m.)	DIÁMETRO (mm.)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN C	MATERIAL	CAUDAL EN EL TRAMO (lt/s)	PÉRDIDA DE CARGA (m.)	GRADIENTE HIDRAULICA (m/km)	VELOCIDAD (m/s)
P-21	2,219.00	250	140	Polietileno	41.93	6.04	2.72	0.85
P-22	25.00	315	130	Hierro ductil	63.86	0.06	2.21	0.82
P-23	71.00	315	140	Polietileno	63.86	0.14	1.92	0.82
P-24	13.00	63	150	PVC	2.60	0.15	11.46	0.83
P-25	1,230.00	315	140	Polietileno	61.25	2.19	1.78	0.79
P-26	840.00	315	140	Polietileno	61.25	1.50	1.78	0.79
P-27	1,925.00	110	150	PVC	9.18	15.10	7.84	0.97
P-28	2,396.00	355	150	PVC	59.52	1.99	0.83	0.60
P-29	1,776.00	160	150	PVC	35.80	27.92	15.72	1.78
P-30	9.00	160	150	PVC	34.73	0.13	14.86	1.73

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 2.8 PRESIONES AL INICIO DEL PERÍODO DE DISEÑO

NODO	CAUDAL EN EL NODO (lt/s)	CANTIDAD DE LOTES ADICIONALES (lotes)	CAUDAL ADICIONAL EN EL NODO (lt/s)	CAUDAL TOTAL EN EL NODO (lt/s)	ELEVACIÓN (m.)	COTA PIEZOMÉTRICA (m.)	PRESIÓN ESTÁTICA (m.)	PRESIÓN DINÁMICA (m.)
J-1	7.70	500	7.64	15.34	170.30	212.86	53.70	42.56
J-2	0.21	-	-	0.21	169.10	212.20	54.90	43.10
J-3	1.66	100	1.53	3.19	167.70	211.56	56.30	43.86
J-4	0.36	-	-	0.36	167.00	210.88	57.00	43.88
J-5	2.97	180	2.75	5.72	166.10	209.71	57.90	43.61
J-6	0.43	-	-	0.43	168.10	211.13	55.90	43.03
J-7	0.28	-	-	0.28	166.00	210.61	58.00	44.61
J-8	0.24	-	-	0.24	165.60	209.83	58.40	44.23
J-9	0.13	-	-	0.13	165.40	209.61	58.60	44.21
J-10	0.24	-	-	0.24	165.30	209.80	58.70	44.50
J-11	0.28	-	-	0.28	164.90	209.66	59.10	44.76
J-12	2.54	150	2.29	4.83	164.60	209.17	59.40	44.57
J-13	0.21	-	-	0.21	164.00	209.02	60.00	45.02
J-14	3.09	200	3.06	6.15	163.50	208.49	60.50	44.99
J-15	-	-	-	-	209.00	237.68		28.68
J-16	1.53	100	1.53	3.06	209.00	237.63		28.63
J-17	5.35	350	5.35	10.70	196.00	218.44	28.00	22.44
J-18	13.77	900	13.75	27.52	191.00	223.27	33.00	32.27
J-19	0.61	40	0.61	1.22	170.50	212.91	53.50	42.41
Reservorio Huando				-	224.00	224.00		
Pozo 1				-	206.00	206.00		
Pozo 4				-	198.00	198.00		
Bomba 1	24.62			24.62	186.00	235.58		49.58
Bomba 4	37.50			37.50	178.00	230.88		52.88

Fuente: Elaboración propia



CUADRO 2.9 PRESIONES AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO

NODO	CAUDAL EN EL NODO (lt/s)	CANTIDAD DE LOTES ADICIONALES (lotes)	CAUDAL ADICIONAL EN EL NODO (lt/s)	CAUDAL TOTAL EN EL NODO (lt/s)	ELEVACIÓN (m.)	COTA PIEZOMÉTRICA (m.)	PRESIÓN ESTÁTICA (m.)	PRESIÓN DINÁMICA (m.)
J-1	13.10	850.00	12.99	26.09	170.30	193.95	53.70	23.65
J-2	0.36	-	-	0.36	169.10	192.15	54.90	23.05
J-3	2.82	170.00	2.60	5.42	167.70	190.44	56.30	22.74
J-4	0.61	-	-	0.61	167.00	188.59	57.00	21.59
J-5	4.95	300.00	4.58	9.53	166.10	185.43	57.90	19.33
J-6	0.74	-	-	0.74	168.10	189.27	55.90	21.17
J-7	0.48	-	-	0.48	166.00	187.85	58.00	21.85
J-8	0.40	-	-	0.40	165.60	185.71	58.40	20.11
J-9	0.22	-	-	0.22	165.40	185.12	58.60	19.72
J-10	0.40	-	-	0.40	165.30	185.67	58.70	20.37
J-11	0.48	-	-	0.48	164.90	185.26	59.10	20.36
J-12	4.39	260.00	3.97	8.36	164.60	183.90	59.40	19.30
J-13	0.35	-	-	0.35	164.00	183.49	60.00	19.49
J-14	5.41	350.00	5.35	10.76	163.50	181.98	60.50	18.48
J-15	-	-	-	-	209.00	227.69		18.69
J-16	2.60	170.00	2.60	5.20	209.00	227.54		18.54
J-17	9.18	600.00	9.17	18.35	196.00	208.90	28.00	12.90
J-18	23.72	1,550.00	23.68	47.40	191.00	222.01	33.00	31.01
J-19	1.07	70.00	1.07	2.14	170.50	194.09	53.50	23.59
Reservorio Huando				-	224.00	224.00		
Pozo 1				-	206.00	206.00		
Pozo 4				-	198.00	198.00		
Bomba 1	41.93			41.93	186.00	230.69		44.69
Bomba 4	63.86			63.86	178.00	227.83		49.83

Fuente: Elaboración propia

## 2.12 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO

CARGA DINÁMICA DE LA BOMBA: De la ecuación de Bernoulli (2.20) la carga dinámica de la bomba será:

$$H_d = z_2 - z_1 + \frac{P_2}{\gamma} - \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} + h_f + h_L \quad (2.38)$$

$$H_d = z_2 - z_1 + H_w + B_L + P_2 - P_1 + \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} + h_f + h_L \quad (2.39)$$

$H_d$  = Carga dinámica de la bomba en m.

$z_2 - z_1 = H_g$  = Altura geométrica desde la bomba al fondo del reservorio en m.

$H_w$  = Altura máxima de agua en el reservorio en m.

$B_L$  = Borde libre en el reservorio en m.

$P_2$  = Presión de salida en el reservorio en mca =  $P_s$

$P_1$  = Presión en la superficie del pozo en mca = 0

$\frac{V_2^2}{2g}$  = Carga de velocidad de entrada al reservorio en m.

$\frac{V_1^2}{2g}$  = Carga de velocidad en el pozo en m. = 0

$h_f$  = Pérdidas de carga por fricción entre las secciones 1 y 2 en m.

$h_L$  = Pérdidas de carga local en accesorios en m.

Reemplazando valores, la carga dinámica de la bomba será:

$$H_d = H_g + H_w + B_L + P_s + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_L \quad (2.40)$$

CÁLCULO DE NIVELES EN EL POZO N° 4: En la figura 2.1 se muestran los siguientes valores de niveles:

Nivel estático: 11 m.

Nivel dinámico máximo: 16 m.

Abatimiento:  $16 - 11 = 5$  m.

Desnivel entre la bomba y el nivel dinámico máximo: 15 m.

Desnivel entre la bomba y el nivel estático:  $15 + 5 = 20$  m.

Profundidad de la bomba:  $11 + 5 + 15 = 31$  m.

Elevación de la superficie del pozo = Elevación de la válvula de cierre = 209 m.

Profundidad del pozo: 60 m.

Espesor del acuífero:  $60 - 11 = 49$  m.

Elevación del nivel estático del agua:  $209 - 11 = 198$  m.

Elevación del nivel dinámico máximo del agua:  $198 - 5 = 193$  m.

Elevación de la bomba:  $209 - 31 = 178$  m.

Elevación del fondo del pozo:  $209-60=149$  m.

Desnivel entre la bomba y el fondo del pozo:  $178-149=29$  m.

CÁLCULO DE NIVELES EN EL RESERVORIO: En el plano 2.7 de perfil longitudinal de la línea de impulsión se presentan los siguientes valores:

Elevación del fondo del reservorio: 223 m.

Altura geométrica desde la bomba al fondo del reservorio:  $H_g = 223-178 = 45$  m.

Altura máxima de agua en el reservorio:  $H_{wr} = 9.73$  m.

Altura del borde libre:  $B_L = 0.50$  m.

Elevación de la tubería de entrada al reservorio:  $223+9.73+0.50 = 233.23$  m.

Desnivel entre la tubería de entrada y la bomba:  $233.23-178 = 55.23$  m.

Presión de salida en el reservorio:  $P_s = 3.00$  m.

Carga de velocidad de entrada al reservorio:  $V^2/(2g) = 0.82^2/(2*9.81) = 0.034$  m.

Longitud horizontal de la tubería: 2141.00 m.

Longitud total de la tubería:  $31.00+9.73+0.50+2,141.00 = 2,182.23$  m.

Coefficiente de fricción de la tubería de polietileno:  $C=140$   $\sqrt{\text{pies/seg}}$

PÉRDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN

$$h_f = \frac{10.64 \times 2182.23 \times 0.06389^{1.85}}{140^{1.85} \times 0.315^{4.87}}$$

$$h_f = 4.25 \text{ m.}$$

PÉRDIDAS DE CARGA LOCALES EN ACCESORIOS

Los cálculos se presentan en el cuadro 2.10.

$$h_L = 1.46 \text{ m}$$

CARGA DINÁMICA DE LA BOMBA

$$H_d = 45.00 + 9.73 + 0.50 + 3 + 0.034 + 4.25 + 1.46$$

$$H_d = 63.97 \text{ m}$$

La carga dinámica de la bomba al final del período de diseño se muestra en el plano 2.7 de perfil longitudinal de la línea de impulsión del pozo N° 4.

En la figura 2.1 se presenta el perfil geométrico del pozo N° 4.

POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO

MÉTODO ANALÍTICO

POTENCIA DE LA BOMBA:

$$P_b = \frac{QH_d}{76n} \quad (2.41)$$

$P_b$  = Potencia (HP)

$Q$  = Caudal (lt/s)

$H_d$  = Carga dinámica

$n_b$  = eficiencia de la bomba = 80%,

$n_m$  = eficiencia del motor = 85%

$n_c$  = eficiencia del conjunto motor-bomba =  $n_b \times n_m = 0.80 \times 0.85 = 0.68$

Usar:  $n_c = 0.70$

$$P_b = \frac{63.89 \times 63.97}{76 \times 0.70}$$

$$P_b = 77 \text{ HP}$$

POTENCIA DEL MOTOR: Será 20% mayor que la potencia de la bomba.

$$P_m = 1.20P_b \quad (2.42)$$

$$P_m = 1.20 \times 77$$

$$P_m = 92 \text{ HP}$$

CUADRO 2.10 PÉRDIDAS DE CARGA LOCALES EN LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

ACCESORIOS	K	$\frac{v^2}{2g}$ m.	$h_L = k \frac{v^2}{2g}$ m.	CANTIDAD	$h_L$ m.
CODO DE 45°	0.42	0.034	0.014	11	0.16
CODO DE 90°	0.90	0.034	0.031	6	0.18
MANÓMETRO	0.60	0.034	0.021	2	0.04
MEDIDOR	0.60	0.034	0.021	1	0.02
SALIDA DE LA TUBERIA AL RESERVORIO	1.00	0.034	0.034	1	0.03
TEE CON SALIDA BILATERAL	1.80	0.034	0.062	1	0.06
TEE CON SALIDA LATERAL	1.30	0.034	0.045	2	0.09
TEE PASE DIRECTO	0.60	0.034	0.021	4	0.08
VÁLVULA CHECK	2.50	0.034	0.086	2	0.17
VÁLVULA DE AIRE	0.60	0.034	0.021	4	0.08
VALVULA MARIPOSA	5.00	0.034	0.171	1	0.17
VALVULA COMPUERTA	0.19	0.034	0.007	3	0.02
VALVULA DE PURGA	10.00	0.034	0.342	1	0.34
				TOTAL	1.46

Fuente: Rocha Felices, Arturo, Hidráulica de Tuberías y Canales (Ver plano 2.6)

### MÉTODO GRÁFICO

CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA: Con el caudal de 63.9 lt/s y eficiencia 70% se ingresa a la curva característica N° 1 de la bomba de turbina vertical Warson modelo 14LS-1C, que se muestra en la figura 2.3.

Carga dinámica de cada impulsor: 31.50 m

Carga dinámica total: 63.97 m.

Cantidad de impulsores:  $63.97/31.50 = 2$

Carga dinámica total real:  $31.50 \times 2 = 63.00$  m

De la curva de carga neta de succión positiva requerida: NPSHR = 3 m

De la curva: Potencia de cada impulsor = 40 HP

POTENCIA DE LA BOMBA:  $P_b = 2 \times 40$

$$P_b = 80 \text{ HP}$$

POTENCIA DEL MOTOR:  $P_m = 1.20 \times 80$   
 $P_m = 96 \text{ HP}$

Velocidad del motor: 1,760 rpm

Diámetro del impulsor: 11 5/16"

### 2.13 CÁLCULO DE LA SOBREPRESIÓN POR GOLPE DE ARIETE

TIEMPO DE MANIOBRA DE CIERRE DE LA VÁLVULA: El tiempo de cierre de la válvula en la tubería de impulsión a la salida del pozo N° 4, es un importante factor. Si el cierre es muy rápido, la válvula quedará completamente cerrada antes de actuar la onda de depresión. Si la válvula es cerrada lentamente habrá tiempo para que la onda de depresión actúe antes de la obturación completa.

CIERRE RÁPIDO: Al final del período de diseño, se considera que ha sido instalada la tubería de PEAD clase 10.

Velocidad de propagación de la onda: Se calcula con la fórmula de Lorenzo Allievi [Azevedo, 1973]:

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + k \frac{D}{e}}} \quad (2.43)$$

Donde:  $k = 10^{10}/E$  (coeficiente que depende del módulo de elasticidad del tubo)

$E$  = Módulo de elasticidad del material de la tubería.

Características de la tubería de polietileno de alta densidad clase 10:

$k = 100$                        $DN = 315 \text{ mm}$                        $e = \text{espesor de la tubería} = 23.2 \text{ mm}$

$D = \text{Diámetro interior} = 315 - 2 \times 23.2 = 268.60 \text{ mm}$

Velocidad de propagación de la onda:

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 100 \times \frac{268.60}{23.2}}} = 285.07 \text{ m/s}$$

Longitud de la tubería desde la válvula de cierre hasta el reservorio:

$$L = 2,182.23 - 31.00 = 2,151.23 \text{ m}$$

Tiempo de propagación de la onda:

$$T_p = \frac{2L}{c} \quad (2.44)$$

$$T_p = \frac{2 \times 2,151.23}{285.07} = 15 \text{ seg}$$

Sobrepresión máxima por golpe de ariete: Se calcula con el tiempo de cierre igual al tiempo de propagación de la onda, utilizando la Fórmula de Allievi [Azevedo, 1973]:

$$H_a = \frac{cV}{g} \quad (2.45)$$

$$V = 0.82 \text{ m/s}, \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$H_a = \frac{285.07 \times 0.82}{9.81}$$

$$H_a = 23.83 \text{ mca}$$

Presión estática sobre la válvula de cierre:

Pe = Elevación de la tubería de entrada al reservorio - elevación de la válvula  
 Del ítem 2.12 la cota de la tubería de entrada al reservorio es de 233.23 m. y la cota de la válvula de cierre es de 209.00 m., tal como se muestra en el plano 2.6.

$$P_e = 233.23 - 209.00 = 24.23 \text{ mca}$$

Presión total con golpe de ariete sobre la válvula de cierre:

Presión total = Presión estática + Sobrepresión por golpe de ariete

$$\text{Presión total con golpe de ariete} = 24.23 + 23.83 = 48.06 \text{ mca}$$

Presión nominal de la tubería: PN = 10 bar = 10 x 10.2 = 102 mca

Presión de trabajo = 0.70 x 102 = 71.40 mca

La presión total con golpe de ariete de 48.06 mca es menor a la presión de trabajo de 71.40 mca, por lo cual la tubería de PEAD clase 10 soporta la sobrepresión máxima.

Se cierra la válvula compuerta antes que actúe la onda de depresión, es decir el tiempo de cierre de la válvula será menor al tiempo de propagación de la onda.

$$T_c < T_p \quad (2.46)$$

$$T_c < 15 \text{ seg}$$

CIERRE LENTO: Al inicio del período de diseño se considera la tubería existente de CR clase 15.

k = 5    DN = 250 mm    e = espesor de la pared de la tubería = 30 mm

D = Diámetro interior = 250 - 2x30 = 190 mm

Velocidad de propagación de la onda:

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 5 \times \frac{190}{30}}} = 1,107.08 \text{ m/s}$$

Longitud de la tubería desde la válvula de cierre hasta el reservorio:

$$L = 2,182.23 - 31.00 = 2,151.23 \text{ m}$$

Tiempo de propagación de la onda:

$$T_p = \frac{2 \times 2,151.23}{1,107.08} = 3.9 \text{ seg}$$

Sobrepresión por golpe de ariete:

$$H_a = \frac{1,107.08 \times 0.76}{9.81}$$

$$H_a = 85.77 \text{ mca}$$

Presión estática sobre la válvula de cierre:

Pe = Elevación de la tubería de entrada al reservorio - elevación de la válvula

$$Pe = 233.23 - 209.00 = 24.23 \text{ mca}$$

Presión total con golpe de ariete sobre la válvula de cierre:

Presión total = Presión estática + Sobrepresión por golpe de ariete

$$\text{Presión total con golpe de ariete} = 24.23 + 85.77 = 110.00 \text{ mca}$$

Presión nominal de la tubería = 15 bar = 15 x 10.2 = 153 mca.

Presión de trabajo = 0.70 x 153 = 107.10 mca

La presión total con golpe de ariete de 110.00 mca es mayor a la presión de trabajo de 107.10 mca, por lo cual la tubería de concreto reforzado clase 15 no soporta la sobrepresión máxima con golpe de ariete.

Presión disponible para golpe de ariete:

$$H_a = \text{Presión disponible} = \text{Presión de trabajo} - \text{Presión estática} \quad (2.47)$$

$$H_a = 107.10 - 24.23 = 82.87 \text{ mca}$$

Sobrepresión por golpe de ariete: Se obtiene con la ecuación de Michaud [Azevedo, 1973]:

$$H_a = \frac{2LV}{gT_c} \quad (2.48)$$

Tiempo de cierre mínimo de la válvula para no exceder la sobrepresión máxima permisible:

$$T_c = \frac{2LV}{gH_a} \quad (2.49)$$

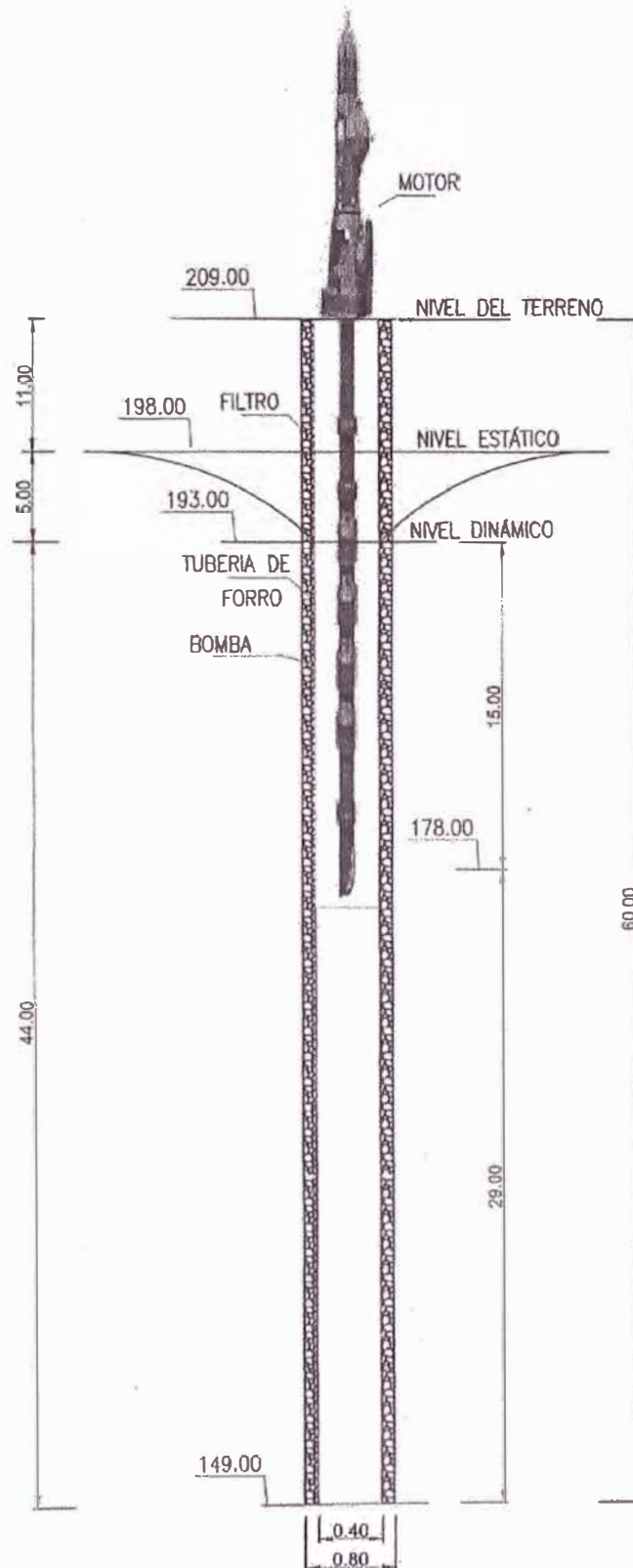
$$T_c = \frac{2 \times 2,151.23 \times 0.76}{9.81 \times 82.87} = 4 \text{ seg}$$

El tiempo de maniobra de cierre de la válvula compuerta deberá ser mayor al tiempo de propagación de la onda:

$$T_c > T_p \quad (2.50)$$

$$T_c > 4 \text{ seg}$$

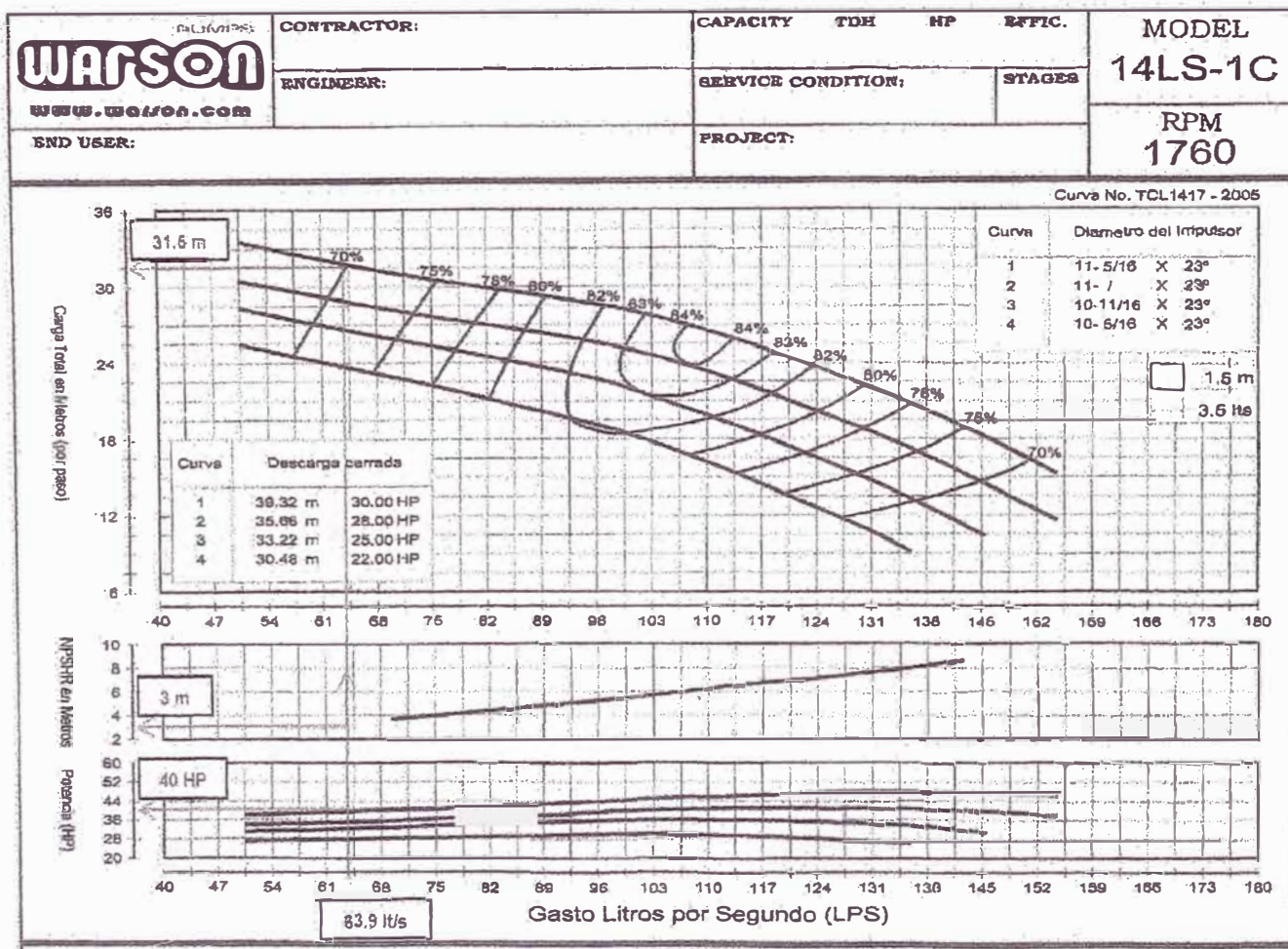
La válvula de cierre indicada en el plano 2.6 debe cerrarse en un tiempo mayor a 4 segundos para que la sobrepresión máxima con golpe de ariete no supere a la presión de trabajo de la tubería. El plano 2.6 muestra la planta de la tubería de impulsión de concreto reforzado del pozo N° 4 al inicio del período de diseño.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2.2: PERFIL GEOMÉTRICO DEL POZO N° 4





Fuente: Catálogo de bombas [www.warson.com](http://www.warson.com)

FIGURA 2.3: CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA DEL POZO Nº 4

## 2.14 CAPACIDAD DEL RESERVORIO DE ALMACENAMIENTO

Cantidad de lotes: El sector de la ciudad que se abastece del pozo 1 tiene actualmente 1,970 lotes destinados a viviendas y del pozo 4 se abastece a 3,000 lotes, resultado un total de 4,970 lotes.

Densidad poblacional = 4 hab/lote

Población actual =  $4,970 \times 4 = 19,880$  hab.

Tasa de crecimiento poblacional promedio anual = 2.7%

Período de diseño = 20 años

Población futura =  $19,880 \times (1+0.027)^{20} = 33,871$  hab.

Dotación de agua por habitante = 150 lt/hab/día

Consumo promedio diario:  $Q_p = 33,871 \times 150 / 86,400 = 58.80$  lt/s

Porcentaje de pérdidas de agua en relación al consumo promedio = 20%

Pérdidas de agua domiciliarias:  $Q_{pe} = 0.20 \times 58.80$  lt/s = 11.76 lt/s

Volumen de regulación ( $V_r$ ): El RNE en la norma OS.030 indica que el volumen de regulación será el 25% del consumo promedio anual, afectado por el tiempo de bombeo.

$$V_r = 0.25(Q_p + Q_{pe}) \frac{24}{N} \times 86.4 \quad (2.51)$$

$V_r$  = Volumen de regulación en  $m^3$

$Q_p$  = Consumo promedio diario anual en lt/s

$Q_{pe}$  = Pérdidas de agua domiciliarias en lt/s

$N$  = Tiempo de bombeo en horas

Tiempo de bombeo = 20 horas

Volumen de regulación =  $0.25 \times (58.80 + 11.76) \times 24 \times 86.4 / 20 = 1,829$   $m^3$

Volumen contra incendio: El RNE en la Norma OS.030 indica que el volumen de demanda contra incendio es de 50  $m^3$  para áreas destinadas a vivienda y en la Norma OS.100 indica que la demanda contra incendio se considera para poblaciones mayores de 10,000 habitantes.

Volumen contra incendio = 50  $m^3$

Volumen de reserva: Se considera el consumo promedio en 4 horas.

$4 \times (58.80 + 11.76) \times 3.6 = 1,016$   $m^3$

Volumen de almacenamiento:  $V = 1,829 + 50 + 1,016 = 2,895$   $m^3$

Altura máxima de agua en el reservorio:

$$H_w = \sqrt[3]{\frac{V}{\pi}} \quad (2.52)$$

$$H_w = \sqrt[3]{\frac{2895}{\pi}}$$

$$H_w = 9.73 \text{ m.}$$

Diámetro del reservorio: El diámetro del reservorio varía entre 0.5 a 3 veces la altura de agua. [OPS, 2005].

$$\text{Diámetro del reservorio} = 2 \times 9.73 = 19.46 \text{ m.}$$

Borde libre: 0.50 m.

Altura del reservorio:  $9.73 + 0.50 = 10.23 \text{ m.}$

## 2.15 PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS DEL ACUÍFERO

Del estudio hidrogeológico del Valle Chancay-Huaral, para el Pozo 4 de clave IRHS 15/06/01 con código 2407, se han obtenido los resultados de la prueba de bombeo realizada por la Dirección General de Aguas y Suelos [INRENA, 2001].

TRANSMISIBILIDAD: Del cuadro 2.11 se obtiene:

$$T = 2.67 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s} \quad (2.53)$$

COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO: En el cuadro 2.12 se indica:

$$S = 0.0284 \quad (2.54)$$

Se verifica que corresponde a un acuífero libre:  $0.02 < S < 0.2$

PERMEABILIDAD: Del cuadro 2.11:

$$K = 5.46 \times 10^{-4} \text{ m/s} \quad (2.55)$$

RADIO DE INFLUENCIA DEL POZO: En el cuadro 2.12, para el tiempo de bombeo  $t = 20$  horas se ha calculado:

$$R = 390 \text{ m} \quad (2.56)$$

CUADRO 2.11: PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS DEL ACUÍFERO

IRHS 15/06/01	TRANSMISIVIDAD ( $T \times 10^{-2}$ )		PERMEABILIDAD ( $K \times 10^{-4}$ )		S (%)
	Descenso (m <sup>2</sup> /s)	Recuperación (m <sup>2</sup> /s)	Descenso (m/s)	Recuperación (m/s)	
15/06/01-42 **	2,22	1,67	9,52	7,14	
15/06/01-547 ** (P)	1,39	3,34	103,13	247,5	2,13
15/06/01-88 **	7,61		28,17		
15/06/01-29 ** (P)	1,64		32,85		2,39
15/06/01-367 **	0,87	1,09	3,07	3,87	
15/06/01-77 ***	1,30	1,30	3,65	3,65	
15/06/01-82 ***		5,60		25,53	
15/06/01-78 ***		4,40		24,87	
15/06/01-82(ó)	4,00	5,20	18,23	23,71	
15/06/01-1973 *	2,44	4,22	10,12	17,52	
15/06/01-90(P) *	7,96	0,69	21,74	1,90	2,84
15/06/01-56 *	6,56	4,37	28,81	19,21	
15/06/01-1644 *	1,78	3,11	3,94	6,90	
15/06/01-1714 *	2,75	1,14	8,10	3,37	
15/06/01-2407 *	4,27	2,67	8,74	5,46	

\* Prueba realizada por la DGAS – INRENA –2001

\*\* Prueba realizada por la DGAS – INRENA –1982

\*\*\* Prueba realizada por la DGASI (1982)

(ó) Prueba realizada e interpretada por la DGA (1980)

(P) Piezómetro

Fuente: INRENA

CUADRO 2.12: RADIOS DE INFLUENCIA DEL ACUÍFERO

IRHS 15/06/01	Transmisiv. (m <sup>2</sup> /s) x 10 <sup>-2</sup>	Coef. Alm. S (%)	RADIO DE INFLUENCIA (m)									
			6 hr	8 hr	10 hr	12 hr	14 hr	16 hr	18 hr	20 hr	22 hr	24 hr
15/06/01-42 **	1,67	2,13	195	225	252	276	298	318	338	356	373	390
15/06/01-367 **	1,09	2,26	153	176	197	216	233	250	265	279	293	306
15/06/01-77 ***	1,30	2,26	167	193	215	236	255	273	289	305	320	334
15/06/01-56 *	4,37	2,84	273	316	353	387	418	447	474	499	524	547
15/06/01-1973 *	4,22	2,84	268	310	347	380	410	438	465	490	515	537
15/06/01-1644 *	3,1	2,84	231	266	298	326	352	377	400	421	442	461
15/06/01-1714 *	1,14	2,84	140	161	180	198	213	228	242	255	267	279
15/08/01-2407 *	2,67	2,84	214	247	276	302	327	349	370	390	409	427

\* Prueba realizada e interpretada por la DGAS – INRENA- 2001

\*\* Prueba realizada e interpretada por la DGAS – INRENA- 1996

\*\*\* Prueba interpretada por la DGA (1982).

Fuente: INRENA

**CAPÍTULO III****DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO****3.1 PARÁMETROS DE DISEÑO**

En el Capítulo II Diseño de la Red de Agua Potable, se calcularon los parámetros de diseño para el CP El Pinar de acuerdo a la Norma OS.100 del RNE.

CANTIDAD DE LOTES INICIAL = 200

DENSIDAD POBLACIONAL:  $D_p = 4$  hab/lote

POBLACIÓN AL INICIO DEL PERÍODO DE DISEÑO:  $P_i = 800$  hab

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL PROMEDIO ANUAL:  $i = 2.7\%$

PERÍODO DE DISEÑO:  $t = 20$  años

POBLACIÓN AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO:  $P_f = 1,363$  hab

DOTACIÓN DE AGUA POR HABITANTE = 150 lt/hab/día

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE CONSUMO HORARIO:  $K_2 = 2.0$

**3.2 CAUDAL PROMEDIO DIARIO ANUAL**

Del diseño de la red de agua, ítem 2.2 se calculó el consumo promedio diario.

$$Q_p = 2.37 \text{ lt/s} \quad (3.1)$$

**3.3 PÉRDIDAS DE AGUA DOMICILIARIAS**

Del diseño de la red de agua, ítem 2.3.

$$Q_{pe} = 0.47 \text{ lt/s} \quad (3.2)$$

**3.4 CAUDAL MÁXIMO HORARIO**

En el Capítulo II, ítem 2.5 se calculó el consumo máximo horario.

$$Q_{mh} = 5.21 \text{ lt/s} \quad (3.3)$$

**3.5 CAUDAL DE CONTRIBUCIÓN DE ALCANTARILLADO**

El RNE en la Norma OS.100, ítem 1.8, indica que el 80% del caudal de agua potable consumida ingresa a la red de alcantarillado, el cual se aplicará al caudal máximo horario.

$$\begin{aligned} Q_c &= 0.80 Q_{mh} \\ Q_c &= 0.80 \times 5.21 \text{ lt/s} \\ Q_c &= 4.16 \text{ lt/s} \end{aligned} \quad (3.4)$$

**3.6 CAUDAL DE CONTRIBUCIÓN DE EXCRETAS**

El RNE, Norma OS.100, en el ítem 1.7 indica:

Contribución de excretas = 0.20 kg/hab/día

Peso específico de las excretas = 1,400 kg/m<sup>3</sup>

$$Q_e = \frac{1,000 \text{ lt} \times 0.20 \text{ kg/hab/día}}{1,400 \text{ kg}}$$

$$Q_e = 0.143 \text{ lt/hab/día}$$

En el Capítulo II, ítem 2.1 se calculó la población al final del período de diseño de 1,363 habitantes.

$$Q_e = \frac{0.143 \times 1,363}{86400}$$

$$Q_e = 0.0023 \text{ lt/s} \quad (3.5)$$

### 3.7 CAUDAL DE AGUA DE INFILTRACIÓN Y ENTRADAS ILÍCITAS

En el RNE Norma OS.100 ítem 1.9 se establece que debe asumirse un caudal en base a la permeabilidad del suelo y al tipo de tuberías, así como el agua de lluvias ocasionales que pueda ingresar por los perímetros de las tapas de los buzones y las cajas de registro de las conexiones domiciliarias.

La zona en estudio se encuentra en la costa donde no se registran lluvias y además se utilizarán tuberías de PVC que son completamente impermeables, entonces el caudal de agua de infiltración será:

$$Q_i = 0.0002 \text{ lt/s/m}$$

Longitud de la red:  $L = 1,118.15 \text{ m}$ .

$$Q_i = 0.0002 \times 1,118.15$$

$$Q_i = 0.224 \text{ lt/s} \quad (3.6)$$

### 3.8 CAUDAL AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO

$$Q = Q_c + Q_e + Q_i$$

$$Q = 4.16 + 0.0023 + 0.224$$

$$Q = 4.39 \text{ lt/s} \quad (3.7)$$

La descarga de las aguas residuales se realiza al colector principal existente de DN 200 mm. de PVC-U UF.

### 3.9 CAUDAL UNITARIO Y CANTIDAD DE LOTES EN BUZONES

CAUDAL UNITARIO: El caudal de descarga de 1 familia será:

$$\text{Caudal de descarga unitario} = \frac{\text{Caudal de contribución} + \text{caudal de excretas}}{\text{Cantidad final de lotes}}$$

$$\text{Caudal de descarga unitario} = \frac{Q_c + Q_e}{\text{Cantidad final de lotes}}$$

$$q_u = \frac{4.16 + 0.0023}{341}$$

$$q_u = 0.0122 \text{ lt/s/lote} \quad (3.8)$$

CANTIDAD DE LOTES EN BUZONES: Se calcula la cantidad de lotes que se asigna en cada buzón al inicio y al final del período de diseño. La cantidad de

lotes al final del período de diseño de 20 años se calcula con la siguiente ecuación:

Cantidad de lotes final = Cantidad lotes inicial x Factor incremento de lotes

En el capítulo II ítem 2.9 se calculó el factor de incremento de lotes de 1.704.

Cantidad de lotes final = Cantidad lotes inicial x 1.704

### 3.10 PENDIENTE MÍNIMA EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO

FLUJO EN TUBERÍAS CON SECCIÓN LLENA: Se debe determinar la relación entre los elementos hidráulicos de alcantarillado, como son el tirante, área, velocidad, caudal y radio hidráulico. La velocidad de flujo se calcula con la fórmula de Manning para régimen de flujo uniforme [Azevedo, 1975]:

$$V = \frac{R^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (3.9)$$

Donde: V = Velocidad en m/s, R = Radio hidráulico en m., S = Pendiente del colector en m/m, n = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

Radio hidráulico:

$$R = \frac{A}{P} \quad (3.10)$$

Area mojada a sección llena:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (3.11)$$

Perímetro a sección llena:

$$P = \pi D \quad (3.12)$$

El radio hidráulico a sección llena será:

$$R_o = \frac{\frac{\pi D^2}{4}}{\pi D} = \frac{D}{4} \quad (3.13)$$

Reemplazando el valor de R en la ecuación (3.9):

$$V_o = \frac{0.397D^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (3.14)$$

El caudal de flujo se calcula con la ecuación de continuidad:

$$Q = VA$$

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (3.15)$$

Reemplazando valores el caudal a sección llena será:

$$Q_o = \frac{0.312D^{8/3}S^{1/2}}{n} \quad (3.16)$$

Q<sub>o</sub> = Caudal en m<sup>3</sup>/s, D en m, S en m/m, n (adimensional)

Diámetro a sección llena:



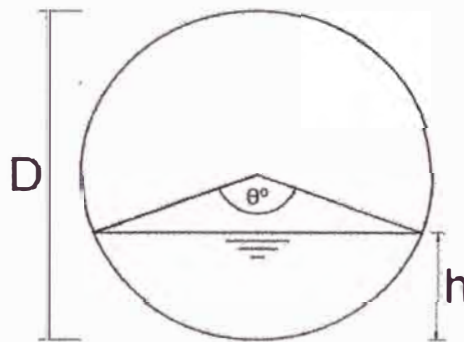
$$D = \left( \frac{3.205 Q_o n}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (3.17)$$

FLUJO EN TUBERÍAS CON SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA: Para un tirante cualquiera, el ángulo central de la circunferencia de la tubería mostrada en la figura 3.1, será:

$$\theta = 2 \arccos \left( 1 - 2 \frac{h}{D} \right) \quad (3.18)$$

$\theta$  = Ángulo central en grados sexagesimales,  $h$  = Tirante de agua en m.

$D$  = Diámetro de la tubería en m.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.1: TUBERÍA CON SECCIÓN PARCIALMENTE LLENA

$$A_u = \frac{D^2}{8} \left( \frac{\theta \pi}{180} - \text{sen} \theta \right) \quad (3.19)$$

$$P_u = \frac{\theta \pi D}{360} \quad (3.20)$$

$$R_u = \frac{A_u}{P_u} \quad (3.21)$$

$$R_u = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{180 \text{sen} \theta}{\pi \theta} \right) \quad (3.22)$$

Donde:  $A_u$ ,  $P_u$ ,  $R_u$  son el área, perímetro y radio hidráulico respectivamente a sección parcialmente llena.

Reemplazando en la ecuación de Manning:

$$V_u = \frac{0.397 D^{2/3}}{n} \left( 1 - \frac{180 \text{sen} \theta}{\pi \theta} \right)^{2/3} S^{1/2} \quad (3.23)$$

$$Q_u = \frac{D^{8/3}}{7257.15 n (\pi \theta)^{2/3}} (\pi \theta - 180 \text{sen} \theta)^{5/3} S^{1/2} \quad (3.24)$$

Donde:  $Q_u$  en  $m^3/s$ ,  $D$  en m,  $\theta$  en grados sexagesimales,  $S$  en m/m

La relación de los elementos hidráulicos de alcantarillado a sección parcialmente llena y a sección llena se muestran en el cuadro 3.2.

**COEFICIENTE DE RUGOSIDAD:** El RNE en la Norma OS.010, indica que para el cálculo hidráulico de las tuberías que trabajen como canal, se recomienda la fórmula de Manning, y para tuberías de PVC el coeficiente de rugosidad será  $n = 0.010$ .

**CRITERIO DE LA TENSIÓN TRACTIVA:** La tensión tractiva es el esfuerzo tangencial unitario ejercido por el líquido sobre el colector [Rocha, 2007], y se calcula con la fórmula:

$$\tau = \rho gRS \quad (3.25)$$

Donde:  $\tau$  = Tensión tractiva en Pa,  $\rho$  = Peso específico del agua =  $1000 \text{ kg/m}^3$

$g$  = Aceleración de la gravedad =  $9.81 \text{ m/s}^2$ ,  $R$  = Radio hidráulico en m.

$S$  = Pendiente del colector en m/m

**PENDIENTE MÍNIMA:** De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.070, ítem 3.1, [RNE, 2009], en todos los tramos de la red deben ser calculados los caudales inicial y final ( $Q_i$  y  $Q_f$ ). El valor mínimo del caudal a considerar será de 1.5 lt/s. Cada tramo debe ser verificado por el criterio de tensión tractiva media con un valor mínimo de 1 Pa, calculada para el caudal inicial  $Q_i$ , valor correspondiente para un coeficiente de Manning  $n = 0.013$ . La pendiente mínima que satisface esta condición será:

$$S_{\text{mín}} = 0.0055Q_i^{-0.47} \quad (3.26)$$

Reemplazando el valor del caudal mínimo, la pendiente mínima será:

$$S_{\text{mín}} = 0.0055 \times 1.5^{-0.47}$$

$$S_{\text{mín}} = 0.00455$$

$$S_{\text{mín}} = 4.55 \text{ ‰} \quad (3.27)$$

La ecuación (3.26) no es recomendable porque la pendiente mínima es función solamente del caudal.

**PENDIENTE MÍNIMA EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO:** El objetivo es calcular la pendiente mínima para diferentes diámetros con la tensión tractiva mínima de 1 Pa, necesaria para conducir las aguas residuales. Se debe determinar la relación entre el caudal a sección parcialmente llena con el caudal a sección llena, teniendo en cuenta que el alcantarillado tiene variaciones horarias y diarias. En el colector principal se presentan variaciones de caudal y condiciones de flujo al inicio y al final del período de diseño:

Caudal promedio diario inicial =  $C_1 \times$  Caudal máximo diario inicial:  $Q_u = C_1 \times Q_{\text{md}}$

Caudal máximo diario inicial =  $C_2 \times$  Caudal máximo horario final:  $Q_{md} = C_2 \times Q_{mh}$

Caudal máximo horario final =  $C_3 \times$  Caudal final a sección llena:  $Q_{mh} = C_3 \times Q_o$

Donde  $C_1, C_2, C_3$  son coeficientes de variación de caudales, menores que 1:

De las 3 ecuaciones anteriores calculamos la relación de caudales  $Q_u/Q_o$ :

$$Q_u = C_1 \times C_2 \times C_3 \times Q_o$$

$$\frac{Q_u}{Q_o} = C_1 \times C_2 \times C_3 \quad (3.28)$$

Los coeficientes de variación de caudal serán:

$$C_1 = \frac{Q_u}{Q_{md}} \quad C_2 = \frac{Q_{md}}{Q_{mh}} \quad C_3 = \frac{Q_{mh}}{Q_o}$$

#### CAUDAL PROMEDIO DIARIO INICIAL

Cantidad de lotes = 200

Densidad poblacional = 4 hab/lote

Población inicial =  $200 \times 4 = 800$  hab.

Dotación de agua = 150 lt/hab/día

Consumo promedio =  $800 \times 150 / 86400 = 1.39$  lt/s

Porcentaje de pérdidas de agua = 20%

Pérdidas de agua =  $0.20 \times 1.39 = 0.28$  lt/s

Consumo promedio con pérdidas de agua =  $1.39 + 0.28 = 1.67$  lt/s

Contribución del consumo de agua al alcantarillado = 80%

Caudal de contribución de alcantarillado =  $0.80 \times 1.67 = 1.33$  lt/s

Contribución de excretas = 0.20 kg/hab/día

Peso específico de las excretas = 1,400 ton/m<sup>3</sup>

Volumen de contribución de excretas =  $1,000 \times 0.20 / 1,400 = 0.143$  lt/hab/día

Caudal de contribución de excretas =  $0.143 \times 800 / 86,400 = 0.0013$  lt/s

Caudal de agua de infiltración y entradas ilícitas 0.0002 lt/s/m

Longitud de la red = 1,118.15 m.

Caudal de agua de infiltración  $0.0002 \times 1,118.15 = 0.224$  lt/s

Caudal promedio diario inicial.  $Q_u = 1.33 + 0.0013 + 0.224 = 1.56$  lt/s (3.29)

#### CAUDAL MÁXIMO DIARIO INICIAL

Cantidad de lotes = 200

Densidad poblacional = 4 hab/lote

Población inicial =  $200 \times 4 = 800$  hab.

Dotación de agua = 150 lt/hab/día

Consumo promedio =  $800 \times 150 / 86400 = 1.39$  lt/s

Porcentaje de pérdidas de agua = 20%

Pérdidas de agua =  $0.20 \times 1.39 = 0.28$  lt/s

Consumo promedio con pérdidas de agua =  $1.39 + 0.28 = 1.67$  lt/s

Coefficiente de variación del consumo diario =  $K_1 = 1.3$

Consumo máximo diario  $1.3 \times 1.39 + 0.28 = 2.08$  lt/s

Contribución del consumo de agua al alcantarillado = 80%

Caudal de contribución de alcantarillado =  $0.80 \times 2.08 = 1.67$  lt/s

Contribución de excretas = 0.20 kg/hab/día

Peso específico de las excretas = 1,400 ton/m<sup>3</sup>

Volumen de contribución de excretas =  $1,000 \times 0.20 / 1,400 = 0.143$  lt/hab/día

Caudal de contribución de excretas =  $0.143 \times 800 / 86,400 = 0.0013$  lt/s

Caudal de agua de infiltración y entradas ilícitas 0.0002 lt/s/m

Longitud de la red = 1,118.15 m.

Caudal de agua de infiltración  $0.0002 \times 1,118.15 = 0.224$  lt/s

Caudal máximo diario inicial:  $Q_{md} = 1.67 + 0.0013 + 0.224 = 1.89$  lt/s (3.30)

CAUDAL MÁXIMO HORARIO FINAL: El caudal máximo horario final es el caudal al final del período de diseño a media sección indicado en el ítem 3.8:

$$Q_{mh} = 4.39 \text{ lt/s} \quad (3.31)$$

CAUDAL FINAL A SECCIÓN LLENA: El caudal a sección llena, se calcula usando la tabla de relación de elementos hidráulicos para flujo a media sección:  $h/D = 0.50$ .

$$\frac{Q_u}{Q_o} = 0.5$$

$$Q_o = \frac{Q_u}{0.5} = \frac{Q_{mh}}{0.5} = \frac{4.39}{0.5} = 8.78 \text{ lt/s}$$

$$C_1 = \frac{1.56}{1.89} = 0.824$$

$$C_2 = \frac{1.89}{4.39} = 0.431$$

$$C_3 = \frac{4.39}{8.78} = 0.50$$

$$\frac{Q_u}{Q_o} = 0.824 \times 0.431 \times 0.50$$

$$\frac{Q_u}{Q_o} = 0.18 \quad (3.32)$$

Del cuadro de relación de elementos hidráulicos se obtiene:

$$\frac{h}{D} = 0.29 \quad (3.33)$$

De la ecuación (3.18), el ángulo central de la circunferencia de la tubería será:

$$\begin{aligned}\theta &= 2\arccos(1 - 2 \times 0.29) \\ \theta &= 130.33^\circ \\ R &= \frac{D}{4} \left(1 - \frac{180 \sin 130.33^\circ}{\pi \times 130.33^\circ}\right) \\ R &= 0.1662D\end{aligned}\tag{3.34}$$

Definiendo el coeficiente F = relación radio hidráulico a diámetro

$$\begin{aligned}F &= \frac{R}{D} = 0.1662 \\ R &= F \cdot D\end{aligned}\tag{3.35}$$

De la ecuación (3.25) la pendiente mínima será:

$$\begin{aligned}S_{\min} &= \frac{\tau_{\min}}{\rho g R} \\ S_{\min} &= \frac{\tau_{\min}}{0.1662 \rho g D}\end{aligned}\tag{3.36}$$

La pendiente mínima se calculará con la ecuación general:

$$S_{\min} = \frac{\tau_{\min}}{F \rho g D}\tag{3.37}$$

Donde:

$$\tau_{\min} = 1.0 \text{ Pa} \quad \rho = 1,000 \text{ kg/m}^3 \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

F = Coeficiente (adimensional)      D = Diámetro de la tubería en m.

VALORES ESTÁNDARES DE PENDIENTES DE COLECTORES

PENDIENTE MÍNIMA

Para D = 110 mm:

$$\begin{aligned}S_{\min} &= \frac{1.0}{0.1662 \times 1000 \times 9.81 \times 0.11} \\ S_{\min} &= 0.00558 \text{ m/m} \\ S_{\min} &= 5.58 \text{ ‰}\end{aligned}\tag{3.38}$$

Para D = 160 mm:

$$\begin{aligned}S_{\min} &= \frac{1.0}{0.1662 \times 1000 \times 9.81 \times 0.16} \\ S_{\min} &= 0.00383 \text{ m/m} \\ S_{\min} &= 3.83 \text{ ‰}\end{aligned}\tag{3.39}$$

Se observa que cuando aumentan los diámetros se reduce el valor de la pendiente mínima.

PENDIENTE MÁXIMA: En la Norma OS.070 del RNE se señala que la máxima pendiente admisible es la que corresponde a una velocidad final de 5 m/s. El área a sección parcialmente llena en el colector principal de DN 160 mm. será:

$$A_u = \frac{Q_u}{V_u} = \frac{0.00439}{5.0} = 0.0009 \text{ m}^2$$

Área a sección llena:

$$A_o = \frac{\pi \times 0.16^2}{4} = 0.0201 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_u}{A_o} = 0.0437$$

Del cuadro de relación de elementos hidráulicos:

$$\frac{R_u}{R_o} = 0.2298$$

$$R_o = \frac{0.16}{4} = 0.04 \text{ m.}$$

$$R_u = 0.2298 \times 0.04 = 0.0092 \text{ m.} \quad (3.40)$$

Pendiente máxima:

$$S_{\text{máx}} = \left( \frac{V_u n}{R_u^{2/3}} \right)^2$$

$$S_{\text{máx}} = \left( \frac{5 \times 0.010}{0.0092^{2/3}} \right)^2$$

$$S_{\text{máx}} = 1.30 \text{ m/m}$$

$$S_{\text{máx}} = 130 \% \quad (3.41)$$

### 3.11 MODELACIÓN Y DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO

La modelación de la red de alcantarillado al inicio y al final del período de diseño se realiza utilizando el programa SewerCAD V8i, con la simulación en estado estático. Se ingresa el plano de lotización del CP El Pinar dibujado previamente en AutoCAD y se realiza la construcción topológica de la red en el modo esquema ubicando los buzones de inspección y el buzón de salida. Se ingresa el caudal unitario con una población de 4 habitantes por lote, los diámetros estimados de los colectores, se registran las cotas de terreno y cotas de fondo de buzones, las longitudes de los tramos y la cantidad de lotes en cada buzón.

Los diámetros de las tuberías indicadas en el plano 3.1 se han calculado considerando las restricciones de diseño como son velocidad mínima de 0.3 m/s, velocidad máxima de 5 m/s, relación tirante a diámetro de 0.50, recubrimiento mínimo de 1 m, y pendiente mínima de 4 ‰.

Los datos de buzones y longitudes de colectores se muestran en el cuadro 3.1.

**CAUDAL A MEDIA SECCIÓN:** El RNE en la Norma OS.070, ítem 4.6, indica que la altura de la lámina de agua debe ser siempre calculada admitiendo un régimen de flujo uniforme y permanente, siendo el valor máximo para el caudal

final  $Q_r$ , igual o inferior de 75% del diámetro del colector. Se considera el tirante igual al 50% del diámetro del colector.

CUADRO 3.1: RELACIÓN DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE ALCANTARILLADO

TIRANTE	AREA	RADIO HIDRAULICO	VELOCIDAD	CAUDAL
$h/D$	$A_u/A_o$	$R_u/R_o$	$V_u/V_o$	$Q_u/Q_o$
0.01	0.0017	0.0265	0.0890	0.0002
0.02	0.0048	0.0528	0.1408	0.0007
0.03	0.0087	0.0789	0.1839	0.0016
0.04	0.0134	0.1047	0.2221	0.0030
0.05	0.0187	0.1302	0.2569	0.0048
0.06	0.0245	0.1555	0.2892	0.0071
0.07	0.0308	0.1805	0.3194	0.0098
0.08	0.0375	0.2053	0.3480	0.0130
0.09	0.0446	0.2298	0.3752	0.0167
0.10	0.0520	0.2541	0.4012	0.0209
0.11	0.0598	0.2781	0.4260	0.0255
0.12	0.0680	0.3018	0.4500	0.0306
0.13	0.0764	0.3253	0.4730	0.0361
0.14	0.0851	0.3485	0.4953	0.0421
0.15	0.0941	0.3715	0.5168	0.0486
0.16	0.1033	0.3942	0.5376	0.0555
0.17	0.1127	0.4166	0.5578	0.0629
0.18	0.1224	0.4388	0.5775	0.0707
0.19	0.1323	0.4607	0.5965	0.0789
0.20	0.1424	0.4824	0.6151	0.0876
0.21	0.1527	0.5037	0.6331	0.0966
0.22	0.1631	0.5248	0.6507	0.1061
0.23	0.1738	0.5457	0.6678	0.1160
0.24	0.1845	0.5662	0.6844	0.1263
0.25	0.1955	0.5865	0.7007	0.1370
0.26	0.2066	0.6065	0.7165	0.1480
0.27	0.2187	0.6262	0.7320	0.1595
0.28	0.2292	0.6457	0.7471	0.1712
0.29	0.2407	0.6649	0.7618	0.1834
0.30	0.2523	0.6838	0.7761	0.1958
0.31	0.2640	0.7024	0.7902	0.2086
0.32	0.2759	0.7207	0.8038	0.2218
0.33	0.2878	0.7387	0.8172	0.2352
0.34	0.2998	0.7565	0.8302	0.2489
0.35	0.3119	0.7740	0.8430	0.2629
0.36	0.3241	0.7911	0.8554	0.2772
0.37	0.3364	0.8080	0.8675	0.2918
0.38	0.3487	0.8246	0.8794	0.3066
0.39	0.3611	0.8409	0.8909	0.3217
0.40	0.3735	0.8569	0.9022	0.3370
0.41	0.3860	0.8726	0.9132	0.3525
0.42	0.3986	0.8880	0.9239	0.3682
0.43	0.4112	0.9031	0.9343	0.3842
0.44	0.4238	0.9179	0.9445	0.4003
0.45	0.4364	0.9323	0.9544	0.4165

Fuente: López Cualla, Ricardo Alfredo, Elementos de diseño para Acueductos y Alcantarillados

CUADRO 3.1: RELACIÓN DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE ALCANTARILLADO  
(Continuación)

TIRANTE	AREA	RADIO HIDRAULICO	VELOCIDAD	CAUDAL
h/D	Au/Ao	Ru/Ro	Vu/Vo	Qu/Qo
0.46	0.4491	0.9465	0.9640	0.4330
0.47	0.4618	0.9604	0.9734	0.4495
0.48	0.4745	0.9739	0.9825	0.4662
0.49	0.4873	0.9871	0.9914	0.4831
0.50	0.5000	1.0000	1.0000	0.5000
0.51	0.5127	1.0126	1.0084	0.5170
0.52	0.5255	1.0248	1.0165	0.5341
0.53	0.5382	1.0367	1.0243	0.5513
0.54	0.5509	1.0483	1.0319	0.5685
0.55	0.5636	1.0595	1.0393	0.5857
0.56	0.5762	1.0704	1.0464	0.6030
0.57	0.5888	1.0810	1.0533	0.6202
0.58	0.6014	1.0912	1.0599	0.6375
0.59	0.6140	1.1011	1.0663	0.6547
0.60	0.6265	1.1106	1.0724	0.6718
0.61	0.6389	1.1197	1.0783	0.6889
0.62	0.6513	1.1285	1.0839	0.7060
0.63	0.6636	1.1369	1.0893	0.7229
0.64	0.6759	1.1449	1.0944	0.7397
0.65	0.6881	1.1526	1.0993	0.7564
0.66	0.7002	1.1599	1.1039	0.7729
0.67	0.7122	1.1667	1.1083	0.7893
0.68	0.7241	1.1732	1.1124	0.8055
0.69	0.7360	1.1793	1.1162	0.8215
0.70	0.7477	1.1849	1.1198	0.8372
0.71	0.7593	1.1902	1.1231	0.8527
0.72	0.7708	1.1950	1.1261	0.8680
0.73	0.7822	1.1994	1.1288	0.8829
0.74	0.7934	1.2033	1.1313	0.8976
0.75	0.8045	1.2067	1.1335	0.9119
0.76	0.8155	1.2097	1.1353	0.9258
0.77	0.8262	1.2123	1.1369	0.9394
0.78	0.8369	1.2143	1.1382	0.9525
0.79	0.8473	1.2158	1.1391	0.9652
0.80	0.8576	1.2168	1.1397	0.9775
0.81	0.8677	1.2172	1.1400	0.9892
0.82	0.8776	1.2171	1.1399	1.0004
0.83	0.8873	1.2164	1.1395	1.0110
0.84	0.8967	1.2150	1.1387	1.0211
0.85	0.9059	1.2131	1.1374	1.0304
0.86	0.9149	1.2104	1.1358	1.0391
0.87	0.9236	1.2071	1.1337	1.0471
0.88	0.9320	1.2029	1.1311	1.0542
0.89	0.9402	1.1980	1.1280	1.0605
0.90	0.9480	1.1921	1.1243	1.0658

Fuente: López Cuailla, Ricardo Alfredo, Elementos de diseño para Acueductos y Alcantarillados



CUADRO 3.1: RELACIÓN DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS DE ALCANTARILLADO  
(Continuación)

TIRANTE	AREA	RADIO HIDRAULICO	VELOCIDAD	CAUDAL
h/D	A <sub>u</sub> /A <sub>o</sub>	R <sub>u</sub> /R <sub>o</sub>	V <sub>u</sub> /V <sub>o</sub>	Q <sub>u</sub> /Q <sub>o</sub>
0.91	0.9554	1.1853	1.1200	1.0701
0.92	0.9625	1.1775	1.1151	1.0733
0.93	0.9692	1.1684	1.1093	1.0752
0.94	0.9755	1.1579	1.1027	1.0757
0.95	0.9813	1.1458	1.0950	1.0745
0.96	0.9866	1.1316	1.0859	1.0714
0.97	0.9913	1.1148	1.0751	1.0657
0.98	0.9952	1.0941	1.0618	1.0567
0.99	0.9983	1.0663	1.0437	1.0420
1.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Fuente: López Cualla, Ricardo Alfredo, Elementos de diseño para Acueductos y Alcantarillados

$$\frac{h}{D} = 0.50 \qquad A_u = \frac{\pi D^2}{8}$$

$$P = \frac{\pi D}{2}$$

$$R_u = \frac{A_u}{P_u} = \frac{D}{4}$$

Reemplazando los valores de A y R en la ecuación de Manning, el caudal a media sección será:

$$Q_u = \frac{0.156 D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n} \qquad (3.42)$$

Los resultados de caudales iniciales y finales se muestran en el cuadro 3.3 y en el cuadro 3.4.

DIÁMETRO DEL COLECTOR PRINCIPAL: De la ecuación 3.42, el valor del diámetro del colector principal para el caudal a media sección será:

$$D = \left( \frac{6.41 Q n}{\frac{1}{S^2}} \right)^{\frac{3}{8}} \qquad (3.43)$$

Reemplazando valores:

$$Q = 0.00439 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = 0.010$$

$$S = 0.005$$

$$D = \left( \frac{6.41 \times 0.00439 \times 0.010}{0.005^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D = 0.13 \text{ m}$$

Se selecciona el diámetro superior comercial para zonas de expansión urbana:

$$D = 160 \text{ mm} \qquad (3.44)$$

VELOCIDAD AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO EN EL COLECTOR PRINCIPAL: De la ecuación 3.16 el caudal a sección llena será:

$$Q_o = \frac{0.312 \times 0.16^{8/3} \times 0.005^{1/2}}{0.010} = 0.0166 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{Q_u}{Q_o} = \frac{0.00439}{0.0166} = 0.2638$$

Del cuadro de relación de elementos hidráulicos:

$$\frac{h}{D} = 0.35 \qquad \frac{V_f}{V_o} = 0.8430 \qquad \frac{R_u}{R_o} = 0.7740$$

De la ecuación (3.14):

$$V_o = \frac{0.397 \times 0.16^{2/3} \times 0.005^{1/2}}{0.010} = 0.83 \text{ m/s}$$

$$V_f = 0.8430 \times V_o = 0.8430 \times 0.83$$

$$V_f = 0.70 \text{ m/s} \qquad (3.45)$$

TENSIÓN TRACTIVA AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO EN EL COLECTOR PRINCIPAL: La tubería principal es de material PVC-U UF, de diámetro nominal  $D = 160 \text{ mm}$ .

$$R_o = \frac{0.16}{4} = 0.04 \text{ m.}$$

$$\frac{R_u}{R_o} = 0.7740$$

$$R_u = 0.7740 R_o = 0.7740 \times 0.04 = 0.0310 \text{ m.}$$

$$\tau = 1,000 \times 9.81 \times 0.0310 \times 0.005$$

$$\tau = 1.52 \text{ Pa} \qquad (3.46)$$

En el cuadro 3.5, el plano 3.1 y el plano 3.2 se muestran los metrados de la red de alcantarillado y en el plano 3.3 el diagrama de flujo. Se realiza la modelación hidráulica con el programa Sewercad y se obtiene la tensión tractiva en cada tramo de la red. Los resultados se muestran en el cuadro 3.6 y cuadro 3.7. En el plano 3.4 y el plano 3.5 se muestran las velocidades y tensión tractiva como resultado de la modelación hidráulica al inicio y al final del período de diseño.

#### VALORES ESTÁNDARES DE VELOCIDAD

VELOCIDAD MÍNIMA: Para hallar la velocidad mínima se utiliza el criterio de la tensión tractiva y la ecuación de Manning.

$$R_{\min} = \frac{\tau_{\min}}{\rho g S_{\min}} \qquad (3.47)$$

$$V_{\min} = \frac{R_{\min}^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

La velocidad mínima ocurre al inicio del período de diseño en el tramo con menor caudal y menor pendiente, lo cual se cumple en el colector CO-1.

CUADRO 3.2: CANTIDAD DE LOTES AL INICIO Y AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO

CALLE	COLECTOR	BUZÓN	COTA DE TERRENO (m.)	COTA DE FONDO (m.)	ALTURA DEL BUZÓN (m.)	LONGITUD DEL TRAMO (m.)	CANTIDAD DE LOTES INICIAL	CANTIDAD DE LOTES FINAL
NUEVA ESPERANZA	CO-1	MH-1	170.303	168.903	1.40	45.90	7	12
	CO-2	MH-2	169.103	167.703	1.40	54.00	7	12
	CO-3	MH-3	168.400	166.800	1.60	53.00	6	10
SAN FRANCISCO DE ASÍS	CO-4	MH-4	167.693	165.993	1.70	40.00	4	7
	CO-5	MH-5	166.973	164.773	2.20	53.00	6	10
	CO-6	MH-6	166.052	164.352	1.70	67.00	4	7
	CO-7	MH-7	165.637	163.837	1.80	65.00	11	19
SAN JOSÉ	CO-8	MH-8	168.045	166.145	1.90	52.00	19	32
	CO-9	MH-9	167.510	165.310	2.20	51.00	18	31
SANTA MARÍA	CO-10	MH-10	166.008	164.708	1.30	68.00	14	24
	CO-11	MH-11	166.052	164.352	1.70	36.00	7	12
SAN MARTÍN	CO-12	MH-12	165.303	163.403	1.90	48.00	10	17
	CO-13	MH-13	164.868	162.868	2.00	66.00	11	19
JUAN PABLO	CO-14	MH-14	165.566	164.166	1.40	67.50	16	27
SANTA ROSA	CO-15	MH-15	169.103	167.703	1.40	63.25	8	14
	CO-16	MH-16	168.045	166.145	1.90	52.50	12	20
	CO-17	MH-17	166.008	164.708	1.30	47.00	11	19
SANTA ELENA	CO-18	MH-18	165.566	164.166	1.40	32.00	4	7
	CO-19	MH-19	165.348	163.848	1.50	75.00	13	22
	CO-20	MH-20	164.600	162.300	2.30	42.00	8	13
	CO-21	MH-21	164.000	162.000	2.00	40.00	4	7
		OF-1	163.500	161.800	1.70	Total	200	341

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.3: PENDIENTES Y CAUDALES AL INICIO DEL PERÍODO DE DISEÑO

COLECTOR	DIÁMETRO D (mm.)	MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (N)	CAUDAL DE AGUA DE INFILTRACIÓN (lt/s)	PENDIENTE S (m/km)	CAUDAL SECCIÓN LLENA Qo (lt/s)	CAUDAL A SECCIÓN PARCIAL Qu (lt/s)
CO-1	110	PVC	0.010	0.0002	26.14	14.00	0.09
CO-2	110	PVC	0.010	0.0002	16.72	11.20	0.19
CO-3	110	PVC	0.010	0.0002	15.23	10.68	0.27
CO-4	160	PVC	0.010	0.0002	30.50	41.07	0.33
CO-5	160	PVC	0.010	0.0002	7.94	20.96	0.89
CO-6	160	PVC	0.010	0.0002	7.69	20.62	0.95
CO-7	160	PVC	0.010	0.0002	28.26	39.53	1.10
CO-8	110	PVC	0.010	0.0002	16.06	10.97	0.24
CO-9	110	PVC	0.010	0.0002	10.53	8.88	0.47
CO-10	110	PVC	0.010	0.0002	19.19	11.99	0.18
CO-11	110	PVC	0.010	0.0002	26.36	14.06	0.09
CO-12	110	PVC	0.010	0.0002	11.15	9.14	0.41
CO-13	110	PVC	0.010	0.0002	8.61	8.03	0.76
CO-14	110	PVC	0.010	0.0002	19.23	12.01	0.21
CO-15	110	PVC	0.010	0.0002	24.63	13.59	0.11
CO-16	110	PVC	0.010	0.0002	27.37	14.32	0.27
CO-17	110	PVC	0.010	0.0002	11.53	9.30	0.41
CO-18	110	PVC	0.010	0.0002	9.94	8.63	0.47
CO-19	160	PVC	0.010	0.0002	20.64	33.79	0.64
CO-20	160	PVC	0.010	0.0002	7.14	19.87	1.51
CO-21	160	PVC	0.010	0.0002	5.00	16.63	2.66

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.4: PENDIENTES Y CAUDALES AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO

COLECTOR	DIÁMETRO D (mm.)	MATERIAL	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (N)	CAUDAL DE AGUA DE INFILTRACIÓN (lt/s)	PENDIENTE S (m/km)	CAUDAL SECCIÓN LLENA Q <sub>o</sub> (lt/s)	CAUDAL A SECCIÓN PARCIAL Q <sub>u</sub> (lt/s)
CO-1	110	PVC	0.010	0.0002	26.14	14.00	0.16
CO-2	110	PVC	0.010	0.0002	16.72	11.20	0.31
CO-3	110	PVC	0.010	0.0002	15.23	10.68	0.45
CO-4	160	PVC	0.010	0.0002	30.50	41.07	0.54
CO-5	160	PVC	0.010	0.0002	7.94	20.96	1.46
CO-6	160	PVC	0.010	0.0002	7.69	20.62	1.56
CO-7	160	PVC	0.010	0.0002	28.26	39.53	1.80
CO-8	110	PVC	0.010	0.0002	16.06	10.97	0.40
CO-9	110	PVC	0.010	0.0002	10.53	8.88	0.79
CO-10	110	PVC	0.010	0.0002	19.19	11.99	0.31
CO-11	110	PVC	0.010	0.0002	26.36	14.06	0.15
CO-12	110	PVC	0.010	0.0002	11.15	9.14	0.68
CO-13	110	PVC	0.010	0.0002	8.61	8.03	1.26
CO-14	110	PVC	0.010	0.0002	19.23	12.01	0.34
CO-15	110	PVC	0.010	0.0002	24.63	13.59	0.18
CO-16	110	PVC	0.010	0.0002	27.37	14.32	0.44
CO-17	110	PVC	0.010	0.0002	11.53	9.30	0.68
CO-18	110	PVC	0.010	0.0002	9.94	8.63	0.77
CO-19	160	PVC	0.010	0.0002	20.64	33.79	1.05
CO-20	160	PVC	0.010	0.0002	7.14	19.87	2.49
CO-21	160	PVC	0.010	0.0002	5.00	16.63	4.38

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.5: METRADOS DE LA RED DE ALCANTARILLADO

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
TUBERIA DE ALCANTARILLADO DE 110MM. PVC-U UF	M	736.15
TUBERIA DE ALCANTARILLADO DE 160MM. PVC-U UF	M	382.00
BUZON TIPO I H=1.30M.	UND	2.00
BUZON TIPO I H=1.40M.	UND	5.00
BUZON TIPO I H=1.50M.	UND	1.00
BUZON TIPO I H=1.60M.	UND	1.00
BUZON TIPO I H=1.70M.	UND	4.00
BUZON TIPO I H=1.80M.	UND	1.00
BUZON TIPO I H=1.90M.	UND	3.00
BUZON TIPO I H=2.00M.	UND	2.00
BUZON TIPO I H=2.20M.	UND	2.00
BUZON TIPO I H=2.30M.	UND	1.00
CONEXION DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO DE 110MM. DE PVC-U UF	UND	200

Fuente: Elaboración propia (Ver planos 3.1 y 3.2)

Reemplazando valores:  $S = 0.02614$        $n = 0.010$

$$R_{\min} = \frac{1}{1,000 \times 9.81 \times 0.02614} = 0.0039 \text{ m.}$$

$$V_{\min} = \frac{0.0039^{2/3} \times 0.02614^{1/2}}{0.010}$$

$$V_{\min} = 0.40 \text{ m/s} \quad (3.48)$$

VELOCIDAD MÁXIMA: De acuerdo a la Norma OS.070 del RNE la velocidad máxima al final del período de diseño será:

$$V_{\max} = 5 \text{ m/s}$$

En (3.45) se ha obtenido la velocidad final de 0.70 m/s, menor a la velocidad máxima de 5 m/s.

VELOCIDAD CRÍTICA: El RNE en la Norma OS. 070 indica que cuando la velocidad final es superior a la velocidad crítica, la mayor altura de lámina de agua admisible debe ser 50% del diámetro del colector, asegurando la ventilación del tramo.

$$V_c = 6\sqrt{gR} \quad (3.49)$$

$$V_c = 6\sqrt{9.81 \times 0.031}$$

$$V_c = 3.31 \text{ m/s} \quad (3.50)$$

En (3.45) se calculó la velocidad final de 0.70 m/s menor a la velocidad crítica, por tanto el tirante máximo será menor o igual al 75% del diámetro del colector.

### VALORES ESTÁNDARES DE TENSIÓN TRACTIVA

TENSIÓN TRACTIVA MÍNIMA: De acuerdo a la Norma OS.070 del RNE, la tensión tractiva mínima será:

$$\tau_{\min} = 1.0 \text{ Pa}$$

TENSIÓN TRACTIVA MÁXIMA: La tensión tractiva máxima se obtiene en el colector principal de DN 160 mm. para lo cual usamos los resultados obtenidos en (3.40) y (3.41):

$$\begin{aligned}\tau_{\max} &= \rho g R S_{\max} \\ R &= 0.0092 \text{ m.} & S_{\max} &= 1.30 \\ \tau_{\max} &= 1,000 \times 9.81 \times 0.0092 \times 1.30 \\ \tau_{\max} &= 117.33 \text{ Pa} & & (3.51)\end{aligned}$$

CUADRO 3.6: VELOCIDADES Y TENSION TRACTIVA AL INICIO DEL PERÍODO DE DISEÑO

COLECTOR	RELACIÓN DE CAUDALES $Q_u/Q_0$	RELACIÓN TIRANTE DIÁMETRO $(h/D)$	TIRANTE NORMAL $h$ (m.)	VELOCIDAD SECCIÓN PARCIAL $V_u$ (m/s)	VELOCIDAD SECCIÓN LLENA $V_0$ (m/s)	RADIO HIDRÁULICO $R_u$ (m.)	TENSION TRACTIVA $\tau$ (Pa)
CO-1	0.0064	0.10	0.011	0.42	1.47	0.0042	1.08
CO-2	0.0170	0.13	0.014	0.44	1.18	0.0064	1.05
CO-3	0.0253	0.13	0.014	0.48	1.12	0.0077	1.15
CO-4	0.0080	0.13	0.021	0.61	2.04	0.0066	1.98
CO-5	0.0425	0.16	0.026	0.51	1.04	0.0140	1.09
CO-6	0.0461	0.17	0.027	0.52	1.03	0.0145	1.09
CO-7	0.0278	0.23	0.037	0.86	1.97	0.0116	3.20
CO-8	0.0219	0.16	0.018	0.47	1.16	0.0072	1.13
CO-9	0.0529	0.21	0.023	0.50	0.94	0.0106	1.10
CO-10	0.0150	0.15	0.017	0.46	1.26	0.0061	1.14
CO-11	0.0064	0.13	0.014	0.42	1.48	0.0041	1.07
CO-12	0.0449	0.21	0.023	0.49	0.96	0.0098	1.07
CO-13	0.0946	0.28	0.031	0.53	0.85	0.0138	1.16
CO-14	0.0175	0.18	0.020	0.47	1.26	0.0065	1.22
CO-15	0.0081	0.12	0.013	0.43	1.43	0.0046	1.10
CO-16	0.0189	0.16	0.018	0.58	1.51	0.0067	1.79
CO-17	0.0441	0.18	0.020	0.49	0.98	0.0098	1.10
CO-18	0.0545	0.19	0.021	0.48	0.91	0.0107	1.04
CO-19	0.0189	0.17	0.027	0.66	1.68	0.0097	1.96
CO-20	0.0760	0.25	0.040	0.58	0.99	0.0181	1.27
CO-21	0.1600	0.28	0.045	0.61	0.83	0.0251	1.23

Fuente: Elaboración propia



CUADRO 3.7: VELOCIDADES Y TENSIÓN TRACTIVA AL FINAL DEL PERÍODO DE DISEÑO

COLECTOR	RELACIÓN DE CAUDALES $Q_u/Q_o$	RELACIÓN TIRANTE DIÁMETRO $(h/D)$	TIRANTE NORMAL $h$ (m.)	VELOCIDAD SECCIÓN PARCIAL $V_u$ (m/s)	VELOCIDAD SECCIÓN LLENA $V_o$ (m/s)	RADIO HIDRÁULICO $R_u$ (m.)	TENSIÓN TRACTIVA $\tau$ (Pa)
CO-1	0.0114	0.13	0.014	0.49	1.47	0.0053	1.35
CO-2	0.0277	0.17	0.019	0.52	1.18	0.0080	1.31
CO-3	0.0421	0.16	0.018	0.56	1.12	0.0095	1.42
CO-4	0.0131	0.17	0.027	0.72	2.04	0.0082	2.45
CO-5	0.0697	0.21	0.034	0.60	1.04	0.0174	1.36
CO-6	0.0757	0.22	0.035	0.61	1.03	0.0181	1.36
CO-7	0.0455	0.30	0.048	0.99	1.97	0.0145	4.01
CO-8	0.0365	0.21	0.023	0.55	1.16	0.0090	1.41
CO-9	0.0890	0.27	0.030	0.58	0.94	0.0134	1.38
CO-10	0.0259	0.19	0.021	0.54	1.26	0.0077	1.44
CO-11	0.0107	0.17	0.019	0.49	1.48	0.0052	1.35
CO-12	0.0744	0.27	0.030	0.57	0.96	0.0123	1.34
CO-13	0.1569	0.36	0.040	0.61	0.85	0.0172	1.45
CO-14	0.0283	0.24	0.026	0.56	1.26	0.0081	1.52
CO-15	0.0132	0.15	0.017	0.51	1.43	0.0057	1.38
CO-16	0.0307	0.21	0.023	0.68	1.51	0.0083	2.22
CO-17	0.0731	0.24	0.026	0.57	0.98	0.0122	1.38
CO-18	0.0892	0.25	0.028	0.56	0.91	0.0134	1.31
CO-19	0.0311	0.23	0.037	0.76	1.68	0.0122	2.46
CO-20	0.1253	0.32	0.051	0.68	0.99	0.0225	1.58
CO-21	0.2634	0.36	0.058	0.70	0.83	0.0310	1.52

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO IV

## COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE TUBERÍAS

## 4.1 DEFLEXIÓN EN TUBERÍAS FLEXIBLES

La tubería de alcantarillado de PVC-U que se encuentra enterrada a cierta profundidad y por tanto se encuentra sometida a la acción de cargas externas, tenderá a deformarse dependiendo del tipo de material de relleno, su grado de compactación y la rigidez de la tubería. La deformación ocasiona una disminución del diámetro vertical y la sección transversal decrece. La tubería debe ser diseñada para soportar las condiciones de carga extremas de cada proyecto específico.

La Norma ISO recomienda valores de deflexión relativa menores al 5% del diámetro del tubo [Nicoll Perú S.A., 9], con lo cual se ha probado que las tuberías trabajan en forma apropiada. La experiencia ha demostrado que cuando la instalación de las tuberías se ejecuta de acuerdo con las normas técnicas, las deflexiones no sobrepasan los límites establecidos.

$$\Delta y_{r \text{ máx}} = 5 \% \quad (4.1)$$

## 4.2 CARGAS MUERTAS

De la teoría de Marston [Nicoll Perú S.A., 6] se deduce la ecuación del prisma:

$$W_m = \delta \cdot H \cdot D \quad (4.2)$$

Donde:

$W_m$  = Carga muerta en kg/m,  $\delta$  = Densidad del suelo en kg/m<sup>3</sup>

$H$  = Profundidad sobre la clave del tubo en m.,  $D$  = Diámetro de la tubería en m.

## 4.3 CARGAS VIVAS

La carga viva se obtiene con las fórmulas de Boussinesq [Nicoll Perú S.A., 6]:

a)  $0.30 \text{ m.} < H < 0.60 \text{ m.}$

$$W_v = \frac{P_c(1 + I)}{(3.14H^2 + 1.40H + 0.10)} \quad (4.3)$$

b)  $0.60 \text{ m.} \leq H < 3.0 \text{ m.}$

$$W_v = \frac{2P_c(1 + I)}{2.75(2H + 0.2)} \quad (4.4)$$

c)  $H \geq 3.0 \text{ m.}$

$$W_v = 1,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad (4.5)$$

Donde:  $W_v$  = Carga viva en kg/m<sup>2</sup>     $P_c$  = Carga de la rueda posterior en kg.

$I$  = factor de impacto (adimensional)

$H$  = Profundidad sobre la clave del tubo en m.

Los valores de Pc se muestran en el cuadro 4.1.

#### 4.4 FACTOR DE IMPACTO

El factor de impacto debido al tráfico de vehículos depende de la profundidad.

$$I = \frac{0.3}{H} \quad (4.6)$$

CUADRO 4.1: CARGA CONCENTRADA DE VEHÍCULOS

CLASE DE VEHÍCULO	PESO TOTAL W (ton)	CARGA EN LA RUEDA (Pc)	
		DELANTERA 0.1W (ton)	POSTERIOR 0.4W (ton)
T-50	50	5.0	20.0
T-40	40	4.0	16.0
T-30	30	3.0	12.0
T-20	20	2.0	8.0
T-14	14	1.4	5.6
T-7	7	0.7	2.8

Fuente: Catálogo y Manual Técnico Sistema Alcantarillado Nicoll Perú S.A.

#### 4.5 MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO

Se define como la respuesta pasiva del suelo a la fuerza de reacción horizontal que la tubería ejerce a sus lados, producto de la deflexión vertical Dy. Los valores se indican en el cuadro 4.2, donde DR es la Densidad relativa del suelo.

CUADRO 4.2: MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO

TIPO DE SUELO (SUCS)	GRADO DE COMPACTACIÓN			
	Sin compactar	Ligero Proctor<85% DR<40%	Moderado 85%<Proctor<95% 40%<DR<70%	Alto Proctor>95% DR>70%
CH,MH,CH-MH	E'=0			
CL,ML,ML-CL partículas gruesas<25%	3.5	14	28	70
CL,ML,ML-CL partículas gruesas>25% GM,GC SM,SC	7	28	70	14
GW,GP SW,SP	14	70	140	210
Roca triturada	70	210	210	210

Fuente: Catálogo y Manual Técnico Sistema Alcantarillado Nicoll Perú S.A.

#### 4.6 CÁLCULO DE LA DEFLEXIÓN POR CARGAS EXTERNAS

La deflexión transversal de la tubería se calcula utilizando las teorías de Marston y Spangler y la ecuación de Iowa [Nicoll Perú S.A., 9]:

$$\Delta y = \frac{0.1 (W_m + W_v)}{\frac{E \cdot e^3}{12r^3} + 0.061E'} \quad (4.7)$$

Donde:  $\Delta y$  = Deflexión transversal en cm.       $W_m$  = Carga muerta en kg/cm

$W_v$  = Carga viva en kg/cm       $r$  = Radio promedio de la tubería en cm

$E$  = Módulo de elasticidad del material de la tubería en kg/cm<sup>2</sup>

$e$  = Espesor de la pared de la tubería en cm.

$E'$  = Módulo de reacción del suelo (adimensional)

Deflexión relativa:

$$\Delta y_r = \frac{\Delta y}{D} \times 100 \quad (4.8)$$

$\Delta y_r$  = Deflexión relativa en %       $\Delta y$  = Deflexión transversal en cm.

$D$  = Diámetro nominal de la tubería en cm.

Ejemplo:

Datos de la tubería de alcantarillado:

Material: PVC-U

Norma técnica: NTP ISO 4435

Diámetro nominal:  $D = 160$  mm

Espesor de la pared de la tubería:  $e = 3.2$  mm

Relación de la dimensión estándar:  $SDR = 51$

Rigidez nominal de la tubería:  $SN = 2$

Serie: S-25

Módulo de elasticidad:  $E = 30,000$  kg/cm<sup>2</sup>

Datos del suelo de relleno:

Profundidad del relleno sobre la clave de la tubería:  $H = 1.00$  m.

Tipo de suelo: GC (Grava, arcilla y arena)

Densidad:  $\delta = 2,000$  kg/m<sup>3</sup>

Grado de compactación: Ligero, Proctor < 85%

Densidad relativa:  $DR < 40\%$

Módulo de reacción del suelo:  $E' = 28$

Datos de vehículos:

Clase: T-20

Peso total:  $W = 20,000 \text{ kg}$

Carga en la rueda posterior:  $P_c = 8,000 \text{ kg}$

Carga muerta:

$$W_m = 2,000 \times 1.0 \times 0.16$$

$$W_m = 320 \text{ kg/m}$$

$$W_m = 3.20 \text{ kg/cm}$$

Factor de impacto:

$$I = \frac{0.3}{1}$$

$$I = 0.3$$

Carga viva:

$$W_v = \frac{2 \times 8,000(1 + 0.3)}{2.75(2 \times 1 + 0.2)}$$

$$W_v = 3,438.02 \text{ kg/m}^2$$

Diámetro externo del tubo:  $160 \text{ mm} = 0.16 \text{ m}$

$$W_v = 3,438.02 \text{ kg/m}^2 \times 0.16 \text{ m}$$

$$W_v = 550.08 \text{ kg/m}$$

$$W_v = 5.50 \text{ kg/cm}$$

Radio promedio del tubo:

$$r = \frac{D - e}{2} \tag{4.9}$$

$$r = \frac{16 - 0.32}{2} = 7.84 \text{ cm}$$

Deflexión transversal:

$$\Delta y = \frac{0.1(3.2 + 5.5)}{\frac{30,000 \times 0.32^3}{12 \times 7.84^3} + 0.061 \times 28}$$

$$\Delta y = 0.46 \text{ cm}$$

Deflexión relativa:

$$\Delta y_r = \frac{0.46}{16} \times 100$$

$$\Delta y_r = 2.9 \% \tag{4.10}$$

La deflexión transversal de 2.9% es menor a la deflexión máxima admisible de 5%, por tanto la profundidad del relleno sobre la clave del tubo será de 1.0 m.

**CAPÍTULO V****COSTO DE PROYECTOS DE AGUA Y ALCANTARILLADO****5.1 MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS**

La ecuación de la recta de regresión lineal simple es:

$$y = \alpha x + a + \varepsilon \quad (5.1)$$

$y$  = Variable aleatoria

$a$  = Coeficiente de regresión que simboliza la intersección de la recta con el eje  $y$

$\alpha$  = Coeficiente de regresión que representa la pendiente de la recta.

$x$  = Variable independiente

$\varepsilon$  = Error aleatorio

Se calculan los valores de los coeficientes de regresión  $a$  y  $\alpha$  mediante el método de mínimos cuadrados [Walpole, 2007]:

$$\alpha = \frac{n\sum(xy) - \sum x\sum y}{n\sum(x^2) - (\sum x)^2} \quad (5.2)$$

$n$  = Cantidad de valores

Se debe cumplir:  $\alpha < 1$

La intersección de la recta con el eje  $Y$  es el valor de  $a$ :

$$a = \frac{\sum y - \alpha \sum x}{n} \quad (5.3)$$

El costo de un proyecto se calcula en función al caudal de diseño con la ecuación potencial:

$$C = KQ^\alpha \quad (5.4)$$

$C$  = Costo del proyecto       $K$  y  $\alpha$  = Constantes       $Q$  = Caudal de diseño

Tomamos logaritmos en ambos miembros de la fórmula:

$$\log C = \log(KQ^\alpha) \quad (5.5)$$

El modelo lineal se expresa mediante la ecuación:

$$\log C = \alpha \log Q + \log K \quad (5.6)$$

$$a = \log K \quad (5.7)$$

$$K = 10^a \quad (5.8)$$

La recta de regresión ajustada o estimada está dada por:

$$\log C' = \alpha \log Q + \log K \quad (5.9)$$

$$y = \log C' \quad x = \log Q$$

De donde hallamos los valores de costos ajustados ( $C'$ ) y luego calculamos los valores de distorsión ( $e$ ):

$$e = C - C' \quad (5.10)$$

$$C = KQ^\alpha + e \quad (5.11)$$

Se conocen los caudales de diseño y los costos directos de 5 obras de agua potable y alcantarillado ejecutadas en los centros poblados La Merced, San Vicente, Santa Hilda, El Pinar y Aparicio.

## 5.2 COSTO DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE

Reemplazando los valores obtenidos en el cuadro 5.1:

$$\alpha = \frac{5 \times 13.344 - 2.530 \times 25.643}{5 \times 1.711 - 2.530^2}$$

$$\alpha = 0.856$$

$$a = \frac{25.643 - 0.856 \times 2.530}{5}$$

$$a = 4.69543 = \log K$$

La ecuación de la recta de regresión lineal será:

$$y = 0.856x + 4.69543 \quad (5.12)$$

$$K = 10^{4.69543}$$

$$K = 49,594.23$$

El costo del proyecto de agua potable en función del caudal de diseño se calcula con la ecuación potencial:

$$C = 49,594Q^{0.856} \quad (5.13)$$

Donde: C en nuevos soles, Q en lt/s

La figura 5.1 muestra la curva de caudal vs costo del proyecto.

## 5.3 COSTO DE PROYECTOS DE ALCANTARILLADO

Reemplazando los valores obtenidos en el cuadro 5.2:

$$\alpha = \frac{5 \times 11.209 - 2.043 \times 26.524}{5 \times 1.269 - 2.043^2}$$

$$\alpha = 0.853$$

$$a = \frac{26.524 - 0.853 \times 2.043}{5}$$

$$a = 4.956 = \log K$$

La ecuación de la recta de regresión lineal será:

$$y = 0.853x + 4.95602 \quad (5.14)$$

$$K = 10^{4.95602}$$

$$K = 90,369.59$$

El costo del proyecto de alcantarillado en función del caudal de diseño será:

$$C = 90,370Q^{0.853} \quad (5.15)$$

Donde: C en nuevos soles, Q en lt/s

La figura 5.2 muestra la curva de caudal vs costo del proyecto.

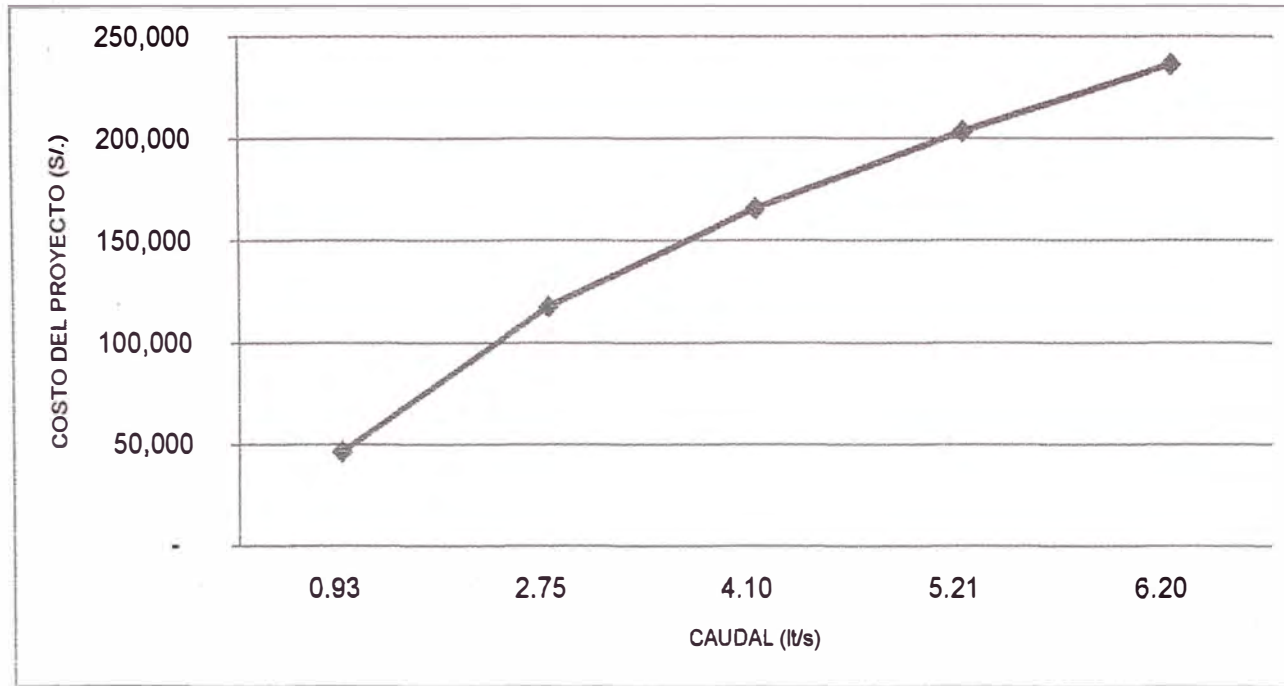
CUADRO 5.1: CÁLCULO DEL COSTO DEL PROYECTO DE AGUA

CENTRO POBLADO	CAUDAL DE DISEÑO lt/s	COSTO DEL PROYECTO C S/.	logQ x	logC y	logQ.logC xy	(logQ) <sup>2</sup> x <sup>2</sup>	logC'	COSTO AJUSTADO C'	DISTORSION e=C-C'
LA MERCED	0.93	52,375	-0.032	4.719	-0.149	0.001	4.668	46,606	5,769
SAN VICENTE	2.75	95,124	0.439	4.978	2.187	0.193	5.072	117,920	-22,796
SANTA HILDA	4.10	145,862	0.613	5.164	3.164	0.376	5.220	165,995	-20,133
EL PINAR	5.21	211,842	0.717	5.326	3.818	0.514	5.309	203,792	8,050
APARICIO	6.20	285,643	0.792	5.456	4.323	0.628	5.374	236,524	49,119
		Σ	2.530	25.643	13.344	1.711			

Cantidad n = 5  
 Pendiente: α = 0.856  
 Intersección: a = logK = 4.695      K = 10<sup>a</sup> = 49,594.23

Fuente: Elaboración propia





$$C = 49,594Q^{0.856}$$

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 5.1: CURVA DE CAUDAL VS COSTO DEL PROYECTO DE AGUA POTABLE

CUADRO 5.2: CÁLCULO DEL COSTO DEL PROYECTO DE ALCANTARILLADO

CENTRO POBLADO	CAUDAL DE DISEÑO lt/s	COSTO DEL PROYECTO C S/.	logQ x	logC y	logQ.logC xy	(logQ) <sup>2</sup> x <sup>2</sup>	logC'	COSTO AJUSTADO C'	DISTORSION e=C-C'
LA MERCED	0.74	78,562	-0.131	4.895	-0.640	0.017	4.844	69,892	8,670
SAN VICENTE	2.20	142,686	0.342	5.154	1.765	0.117	5.248	177,105	-34,419
SANTA HILDA	3.28	218,793	0.516	5.340	2.755	0.266	5.396	249,027	-30,234
EL PINAR	4.17	317,763	0.620	5.502	3.412	0.385	5.485	305,647	12,116
APARICIO	4.96	428,464	0.695	5.632	3.917	0.484	5.550	354,419	74,045
		Σ	2.043	26.524	11.209	1.269			

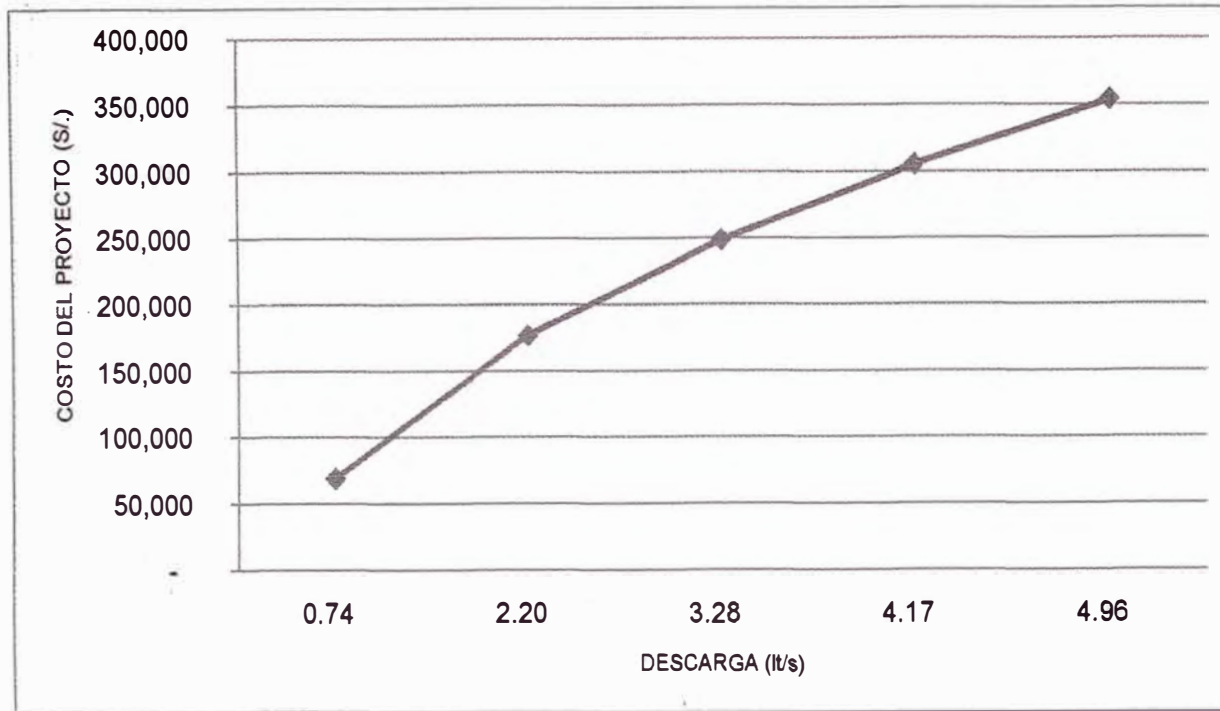
Cantidad n = 5

Pendiente: α = 0.853

Intersección: a = logK = 4.956

K = 10<sup>a</sup> = 90,369.59

Fuente: Elaboración propia



$$C = 90,370Q^{0.853}$$

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 5.2: CURVA DE CAUDAL VS COSTO DEL PROYECTO DE ALCANTARILLADO

## CAPITULO VI PROCESO CONSTRUCTIVO

### 6.1 GENERALIDADES

El proceso constructivo describe los métodos de trabajo, las especificaciones técnicas de los materiales y equipos necesarios para la ejecución de las obras de redes de agua potable y alcantarillado. Debe realizarse de acuerdo a las indicaciones establecidas en las siguientes Normas Técnicas:

- Reglamento Nacional de Edificaciones, Normas OS.050, OS.070, y E.060.
- Manual de Normas Técnicas Peruanas (NTP) de INDECOPI.
- Manual de Normas Técnicas ISO.
- Manual de Normas Técnicas de SEDAPAL.
- Manual de Normas Técnicas Peruanas ITINTEC.
- Manual de Normas Peruanas de Concreto ACI 318-08.
- Manual de Normas de la ASTM.
- Manual de Normas AWWA.
- Normas Técnicas Peruanas de Calidad de Agua.
- Catálogos técnicos del fabricante de tuberías y accesorios de PVC-U UF para agua potable y alcantarillado, y válvulas de hierro dúctil.

Para todos los trabajos se aplicará de preferencia las Normas Técnicas Peruanas y el Sistema Métrico Decimal [SEDAPAL, 1999].

### 6.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO

**NORMAS TÉCNICAS:** La normalización establece las características dimensionales y de resistencia de las tuberías y accesorios de PVC-U UF para alcantarillado. La longitud total de la tubería es de 6 m.

Norma Técnica Peruana: NTP ISO 4435:2005.

Norma Internacional: ISO 4435:2003.

Las tuberías de PVC-U para alcantarillado tienen una vida útil de 50 años.

La vida útil es la duración del material de la tubería, a diferencia del período de diseño de 20 años, que es el tiempo en el cual la capacidad de la red satisface la demanda de la población.

**RIGIDEZ DE LA TUBERÍA (SN):** Se define como rigidez de la tubería, a la relación que existe entre una fuerza lineal aplicada y la deflexión transversal.

**RELACIÓN DE LA DIMENSIÓN ESTÁNDAR (SDR):** Se define como el cociente al dividir el diámetro exterior entre el espesor de la tubería. Las tuberías se clasifican en función de la rigidez nominal o en función de la relación de la

dimensión estándar. Se han establecido tres series para un mismo diámetro, diferenciándose entre sí por el espesor de las paredes de la tubería de acuerdo al cuadro 6.1 y al anexo 1.

CUADRO 6.1: CLASIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO

RIGIDEZ NOMINAL DE LA TUBERÍA (SN) (kN/m <sup>2</sup> )	RELACIÓN DE LA DIMENSION STANDARD (SDR)	SERIE (S)	MOMENCLATURA	PROFUNDIDAD MÁXIMA SOBRE LA CLAVE DE LA TUBERÍA (m)
2	51	25	S-25	3.00
4	41	20	S-20	3.01 – 5.00
8	34	16.7	S-16.7	5.01 – 7.00

Fuente: Catálogo y manual técnico sistema alcantarillado Nicoll Perú S.A.

Se debe cumplir:

$$SDR = 2S + 1 \quad (6.1)$$

Donde: SDR = Relación de la dimensión estándar (adimensional)

S = Serie (adimensional)

### 6.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TUBERÍAS DE AGUA POTABLE

**NORMAS TÉCNICAS:** Establece las características dimensionales y de resistencia de las tuberías y accesorios de PVC-U UF para agua potable. La longitud total de la tubería es de 6 m.

Norma Técnica Peruana: NTP ISO 1452:2011.

Norma Técnica Internacional: ISO 4422:1996.

Las tuberías de PVC-U para agua potable tienen una vida útil de 50 años.

La tubería de agua potable se clasifica en clases, las cuales están en función a la presión nominal para temperaturas de servicio menores a 25° C, tal como se muestran en el cuadro 6.2 y en el anexo 2.

### 6.4 PROCESO CONSTRUCTIVO DE REDES DE ALCANTARILLADO

#### TRABAJOS PRELIMINARES

**SEÑALIZACIONES DE SEGURIDAD:** Comprende la colocación de cinta señalizadora de peligro amarilla y malla de seguridad de plástico color naranja a lo largo de las zanjas, para evitar accidentes de los peatones. Se incluyen los parantes de madera que se colocarán cada 5 m.

**TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINAR:** El alineamiento de los ejes de las zanjas se realizará utilizando equipo topográfico y cordel, se determinan el

ancho de las futuras zanjas y se trazan líneas rectas sobre el terreno marcando con yeso de construcción.

CUADRO 6.2: PRESIONES NOMINALES DE TUBERÍAS DE AGUA

CLASE	SERIE (S)	RELACIÓN DE LA DIMENSION STANDARD (SDR)	PRESIÓN NOMINAL (PN)		
			bar	kg/cm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>
5	20	41	5	5.1	72
7.5	13.3	27.6	7.5	7.65	108
10	10	21	10	10.2	145
15	6.6	14.2	15	15.3	217

Fuente: Catálogo y manual técnico sistema presión Nicoll Perú S.A.

**TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO EN EL PROCESO:** La nivelación de la tubería se realizará utilizando equipo topográfico, colocando plantillas cada 10 m al nivel de fondo de las tuberías, se verifican las pendientes indicadas en el plano 3.6, y se ejecuta el alineamiento con cordeles sobre la clave de la tubería.

#### MOVIMIENTO DE TIERRAS

**EXCAVACIÓN DE ZANJAS:** La excavación se realizará utilizando maquinaria retroexcavadora sobre llantas. En terrenos inestables se debe efectuar entibados en las paredes de la zanja. Realizar el bombeo de agua si se encuentra el nivel freático. La longitud máxima de zanjas excavadas será de 300 m.

**Ancho de la zanja:** Dependerá del tipo de terreno, del diámetro de la tubería por instalar y de la profundidad de la zanja, tal como se indica en el cuadro 6.3. En el fondo de la excavación el espaciamiento entre la tubería y las paredes de la zanja será de 15 cm. a 30 cm. como mínimo.

**Profundidad de zanjas:** La altura promedio mínima de relleno sobre la clave de la tubería debe ser de 1 m.

**REFINE Y NIVELACIÓN DE ZANJAS:** El refine y nivelación del fondo de la zanja se realizará utilizando herramientas manuales, teniendo especial cuidado que no queden protuberancias rocosas que hagan contacto con el cuerpo de la tubería.

#### CAMA DE APOYO:

**En terrenos normales y semirocosos:** Será de arena gruesa de 10 cm de espesor como mínimo medida desde la parte baja del cuerpo del tubo. En el caso que el fondo de la zanja sea de material arenoso no se colocará cama de apoyo.

**En terreno rocoso:** Será de arena gruesa de 15 cm. de espesor como mínimo.

En terreno saturado: Se utilizará equipo de bombeo y se colocará una cama de arena gruesa de 15 cm de espesor como mínimo.

CUADRO 6.3: PROFUNDIDADES Y ANCHO MÍNIMO DE ZANJAS

DIAMETRO NOMINAL		ANCHO DE ZANJA cm	PROFUNDIDAD MINIMA	
pulg	mm		TRAFICO LIVIANO m	TRAFICO PESADO m
½"	-	40	0.60	0.60
¾"	-	40	0.60	0.60
1"	40	40	0.60	0.60
1 1/2"	50	40	0.65	0.65
2"	63	40	0.65	0.65
2 1/2"	75	40	0.70	0.80
3"	90	40	0.70	0.90
4"	110	40	0.70	1.30
6"	160	46	0.75	1.35
8"	200	50	0.80	1.40
10"	250	55	0.80	1.45
12"	315	61	0.90	1.50
14"	355	65	1.00	1.50

Fuente: SEDAPAL, Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Obras de Sedapal

### RELLENO COMPACTADO DE ZANJAS

**PRIMER RELLENO:** Comprende el relleno a ambos lados del tubo con arena gruesa, que será humedecido y compactado usando pisón manual en capas de 15 cm de espesor como máximo, hasta alcanzar 30 cm por encima de la clave de la tubería.

**SEGUNDO RELLENO:** Comprende el relleno a partir del nivel alcanzado en el primer relleno hasta el nivel del terreno natural con material propio proveniente de la excavación, seleccionado mediante zarandeo hasta un tamaño máximo de 3" que será humedecido y compactado con equipo vibroapisonador mecánico en capas de 15 cm de espesor como máximo, debiendo obtenerse un grado de compactación no menor del 95% de la máxima densidad seca del Proctor Modificado ASTM D1557 [SEDAPAL, 1999]. La altura mínima de relleno sobre la clave de la tubería debe ser de 1 m. Se realizará como mínimo 1 ensayo de compactación por cada 50 m de zanja.

**ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE:** La eliminación del material sobrante de las excavaciones se realizará de manera periódica, efectuando el carguío con cargador frontal y el transporte con camiones volquetes, y se depositará en lugares autorizados por la Municipalidad.

#### CONSTRUCCIÓN DE BUZONES DE INSPECCIÓN

**TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO:** El trazo se realizará manualmente utilizando un cordel unido desde el centro del futuro buzón se trazará la circunferencia marcando con yeso de construcción.

**EXCAVACION DE ZANJAS PARA BUZONES:** Se efectuará con maquinaria retroexcavadora. El material proveniente de las excavaciones se ubicará en las zonas donde no impida la ejecución de los trabajos. Si se encuentra el nivel de agua freática, se utilizarán equipos de bombeo.

**BUZON TIPO I:** Los buzones de inspección serán de concreto normal vaciados en obra. Se utilizarán cuando la profundidad sobre la clave de la tubería sea mayor de 1.00 m. El diámetro interior de los buzones será 1.20 m. El fondo de los buzones será de 20 cm de espesor, con canaleta semicircular de media caña y se rellenará con concreto simple que tenga su superficie inclinada con una pendiente de 20% hacia las canaletas. Los muros serán de concreto simple de 20 cm de espesor. Su superficie interior será de acabado solaqueado con pasta de cemento. El techo será de concreto armado de 20 cm de espesor, reforzado con acero corrugado de ½" de diámetro y acabado pulido. La distancia máxima entre buzones se calculará de acuerdo al cuadro 6.4.

CUADRO 6.4: DISTANCIA MÁXIMA ENTRE BUZONES

DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA (mm.)	DISTANCIA MÁXIMA (m.)
100	60
160	60
200	80
250 a 315	100
Diámetros mayores	150

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma OS.070

Los buzones se clasifican en 3 tipos, como se indica en el cuadro 6.5. No está permitido la descarga directa de la conexión domiciliaria de desagüe al buzón de inspección.



**TAPAS DE BUZONES:** Las tapas de los buzones deberán ubicarse al centro del techo, serán de concreto armado pesadas de 65 cm de diámetro y 5 cm de espesor. Deberán soportar una resistencia de 40 ton de carga puntual.

**MARCOS DE TAPA DE BUZÓN:** Serán de fierro fundido gris de 125 kg de peso.

**ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE BUZONES:** El encofrado de los muros se realizará con moldes circulares de planchas metálicas. El encofrado del techo se ejecutará con madera tomillo cepillada. El encofrado del marco de la tapa será metálico circular de 65 cm de diámetro.

La operación de desencofrado se realizará gradualmente. El tiempo mínimo para desencofrar los muros será de 1 día, y para el techo será de 7 días.

CUADRO 6.5: RELACIÓN ENTRE DIÁMETRO Y TIPOS DE BUZONES

TIPO DE BUZÓN	PROFUNDIDAD m	DIÁMETRO INTERIOR DEL BUZÓN m	DIÁMETRO DE LA TUBERIA mm
I	Hasta 3.00 m	1.20 1.50	Hasta 800 (32") De 800 a 1,200 (32"-48")
II	Mayor de 3.00 m Hasta una altura máxima de 8 m	1.50	Hasta 1,200 (48")
III	Todos	1.20 a 2.00	De 1,300 a más (52")

Fuente: SEDAPAL, Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Obras de Sedapal

## CONCRETO EN BUZONES

**CEMENTO:** Será Portland Tipo I. Debe ser del mismo tipo y marca que el empleado para la selección de las proporciones de la mezcla de concreto.

**AGREGADOS:** La arena gruesa será limpia, de grano rugoso y resistente. El porcentaje total de arena que pasa la malla N° 20 será del 50%. La piedra chancada puede ser piedra partida o grava limpia, con un tamaño máximo de 1".

**AGUA:** Será agua potable libre de materiales orgánicos, aceites, ácidos, álcalis y sales. Se podrá usar agua de pozo con sulfatos en proporción menor del 1%.

**DOSIFICACION DE MEZCLAS DEL CONCRETO:** El concreto será normal, conformado por una mezcla de cemento, arena gruesa, piedra chancada de ½" de tamaño máximo y agua. La resistencia a la compresión a los 28 días será de 210 kg/cm<sup>2</sup> [SEDAPAL, 1999], y el relleno para las canaletas será de 140 kg/cm<sup>2</sup>, con las dosificaciones en volumen indicadas en el cuadro 6.6.

**MEZCLADO DEL CONCRETO:** Se utilizará mezcladora mecánica. El tiempo de mezclado no será inferior a 1.5 minutos para tandas hasta de 1 m<sup>3</sup>.

**TRANSPORTE DEL CONCRETO:** Se realizará utilizando buggies, manteniendo una pendiente menor de 1 vertical y 2 horizontal, que prevengan la segregación de los componentes. El transporte debe ser realizado con la mayor rapidez posible y sin interrupciones.

**COLOCACIÓN DEL CONCRETO:** El concreto se colocará tan cerca como sea posible de su posición final, sobre el encofrado limpio y humedecido, con una velocidad que mantenga su plasticidad y trabajabilidad y se integre con el concreto ya colocado. La altura máxima de vaciado será de 1.5 m. Para alturas mayores se utilizará embudos de bajada para guiar el concreto.

CUADRO 6.6: DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO PARA BUZONES

RESISTENCIA A COMPRESIÓN $f_c$ kg/cm <sup>2</sup>	DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN cemento:arena gruesa:piedra chancada	AGUA lt.
140	1:2.5:3.5	184
175	1:2.5:2.5	185
210	1:2:2	186

Fuente: SEDAPAL, Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Obras de Sedapal

**PRUEBAS DE CALIDAD:** Se tomarán por lo menos una muestra diaria conformada por 2 probetas.

**COMPACTACIÓN DEL CONCRETO:** Debe ser compactado dentro de los 15 minutos después de haber sido colocado utilizando un vibrador mecánico que deberá penetrar la altura total y unirla al concreto de la capa inferior.

**CURADO DEL CONCRETO:** Se iniciará a partir de las 10 a 12 horas del vaciado, mediante el rociado con agua durante un tiempo mínimo de 7 días durante los cuales se mantendrá a una temperatura mayor de 10°C.

**ACERO EN BUZONES:** En el techo de los buzones se colocará acero de refuerzo corrugado de ½" de diámetro grado 60, con un límite de esfuerzo a la fluencia de 4,200 kg/cm<sup>2</sup>. Cuando la altura del buzón es menor de 3.00 m. no se colocará acero de refuerzo en los muros. Para alturas mayores de 3.00 m., se colocará acero de refuerzo de 3/8" de diámetro en los muros. Las varillas deben cumplir con las normas ASTM A-615 y ASTM A-706. El recubrimiento mínimo de concreto en losas y muros será de 3 cm.

El detalle constructivo de los buzones se muestra en el plano 3.7.

## INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO

Esta actividad comprende la instalación de tuberías y accesorios de PVC-U UF para alcantarillado, serie 25, SN 2, SDR 51, de acuerdo a la norma NTP ISO 4435:2005. Cuando se crucen con las tuberías de agua potable deben instalarse por debajo de éstas a una distancia mínima de 0.25 m medida entre los planos horizontales tangentes. Debe mantenerse una distancia mínima horizontal de 2 m entre tuberías de alcantarillado y tuberías de agua potable.

La instalación de un tramo entre 2 buzones empezará por su extremo inferior.

Se debe limpiar el interior de la campana, se coloca el anillo en forma tal que el alveolo grueso quede en el interior de la campana. Se aplica el lubricante tanto en la espiga como en el anillo interior de la campana, con la ayuda de una brocha. Se presenta la tubería cuidando que el chaflán quede insertado en el anillo, mientras se procede a empujar el tubo hasta el fondo, retirándolo luego 1 cm. Este trabajo puede hacerse con ayuda de una barreta y un taco de madera. Después del entubado proteger la tubería colocando una capa de arena, dejando libres solo las uniones de la tubería. La cantidad de empalmes por galón de lubricante se muestra en el cuadro 6.7.

Lubricante: Es un producto elaborado a base de grasa vegetal.

Anillos: Serán de caucho con alma de acero de color anaranjado marrón.

**ANCLAJES DEL COLECTOR AL BUZÓN PROYECTADO:** Para conectar el colector con el buzón se empleará un niple de PVC del mismo diámetro de la tubería y de 0.60 m de longitud como máximo. El extremo espigado del niple será lijado en una longitud similar al espesor de la pared del buzón, luego se aplicará pegamento tipo cemento disolvente a esta zona para finalmente rociarle arena gruesa y se deja orear. Se ubica el niple de PVC con su extremo arenado en el interior del orificio del buzón. Se procede al tendido y ensamblaje de la tubería, controlando el alineamiento de la línea y se procede a rellenar con concreto el orificio de ambos buzones y darle el acabado final con pasta de cemento. Luego de efectuada la prueba correspondiente el acoplamiento será asegurado con un resane de mortero de cemento:arena gruesa 1:8 de resistencia a la compresión  $140 \text{ kg/cm}^2$ .

**EMPALME DEL COLECTOR AL BUZÓN EXISTENTE:** Se debe perforar la pared del buzón utilizando cincel y comba, permitiendo que la nueva tubería quede perfectamente empalmada. El empalme al buzón se realiza de la misma manera que el anclaje al buzón proyectado.

**TAPÓN PROVISIONAL PARA PRUEBA DE ALCANTARILLADO:** Se colocan en el extremo aguas abajo del colector utilizando mezcla de cemento:yeso 1:2.5 que permanecerán durante el tiempo necesario para realizar la prueba hidráulica.

**PRUEBAS DE LA TUBERÍA DE ALCANTARILLADO**

**PRUEBA DE NIVELACIÓN:** La nivelación de la tubería se realizará colocando plantillas en los fondos terminados de los buzones.

CUADRO 6.7: EMPALMES POR GALÓN DE LUBRICANTE

DIÁMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA		EMPALMES POR GALÓN
NTP-ISO mm.	NTP pulg.	
63	2"	750
75	2 ½"	680
90	3"	500
110	4"	450
140	5 ½"	300
160	6"	230
200	8"	180
250	10"	150
315	12"	110
355	14"	70
400	16"	40

Fuente: Catálogo y manual técnico sistema alcantarillado Nicoll Perú S.A.

Se realizará el replanteo de los puntos de nivel en el fondo de las zanjas, colocando plantillas cada 10 m y nivelando el fondo de la tubería con equipo topográfico.

**PRUEBA DE ALINEAMIENTO:** Todos los tramos serán inspeccionados visualmente para verificar que la línea se encuentre libre de obstrucciones. El diámetro completo de la tubería deberá ser visto desde buzones consecutivos usando espejos colocados a 45° en el interior de los buzones.

**PRUEBA DE DEFLEXIÓN:** Se verificará en todos los tramos que la deflexión en la tubería instalada no supere el nivel máximo permisible del 5% del diámetro interno del tubo. Para la verificación de esta prueba se hará pasar un cilindro metálico de 30 cm de largo con un diámetro equivalente al 95% del diámetro interno del tubo, que deberá rodar libremente en el interior de la tubería.

**PRUEBA HIDRÁULICA**

**PRUEBA HIDRÁULICA A ZANJA ABIERTA**

- Para colectores
- Para conexiones domiciliarias.

#### PRUEBA HIDRÁULICA A ZANJA TAPADA

- Para colectores y conexiones domiciliarias.

No se autorizará realizar la prueba hidráulica a zanja tapada con relleno compactado mientras que el tramo de alcantarillado no haya cumplido satisfactoriamente la prueba a zanja abierta.

#### PRUEBA HIDRÁULICA A ZANJA ABIERTA

**PRUEBA DE FILTRACIÓN:** Se realizará cuando la tubería se ha instalado en terrenos secos sin presencia de agua freática. Se procederá llenando de agua limpia el tramo en prueba por el buzón aguas arriba, hasta su altura total y taponando la tubería de salida en el buzón aguas abajo. El tramo permanecerá con agua 24 horas como mínimo para poder realizar la prueba.

Para las pruebas a zanja abierta el tramo deberá estar libre sin ningún relleno, con sus uniones totalmente descubiertas, así mismo no deben ejecutarse los anclajes de los buzones y/o de las conexiones domiciliarias hasta después de realizada la prueba. El tiempo de prueba será como mínimo de 10 minutos.

**PRUEBA DE INFILTRACIÓN:** Se realizará cuando la tubería ha sido instalada en terrenos con agua freática por encima del nivel de la tubería.

**PÉRDIDA ADMISIBLE:** Para las tuberías de PVC u otras cuyo material no absorba agua, no se admitirá pérdida en el tramo probado [SEDAPAL, 1999].

**PRUEBA HIDRÁULICA A ZANJA TAPADA:** En las pruebas con relleno compactado, en donde también se incluirán las pruebas de las cajas de registro, se efectuará el mismo procedimiento que para las pruebas a zanja abierta.

En la figura 6.1 se indica la ubicación de la prueba hidráulica. El cuadro 6.8 muestra un ejemplo de prueba hidráulica de alcantarillado.

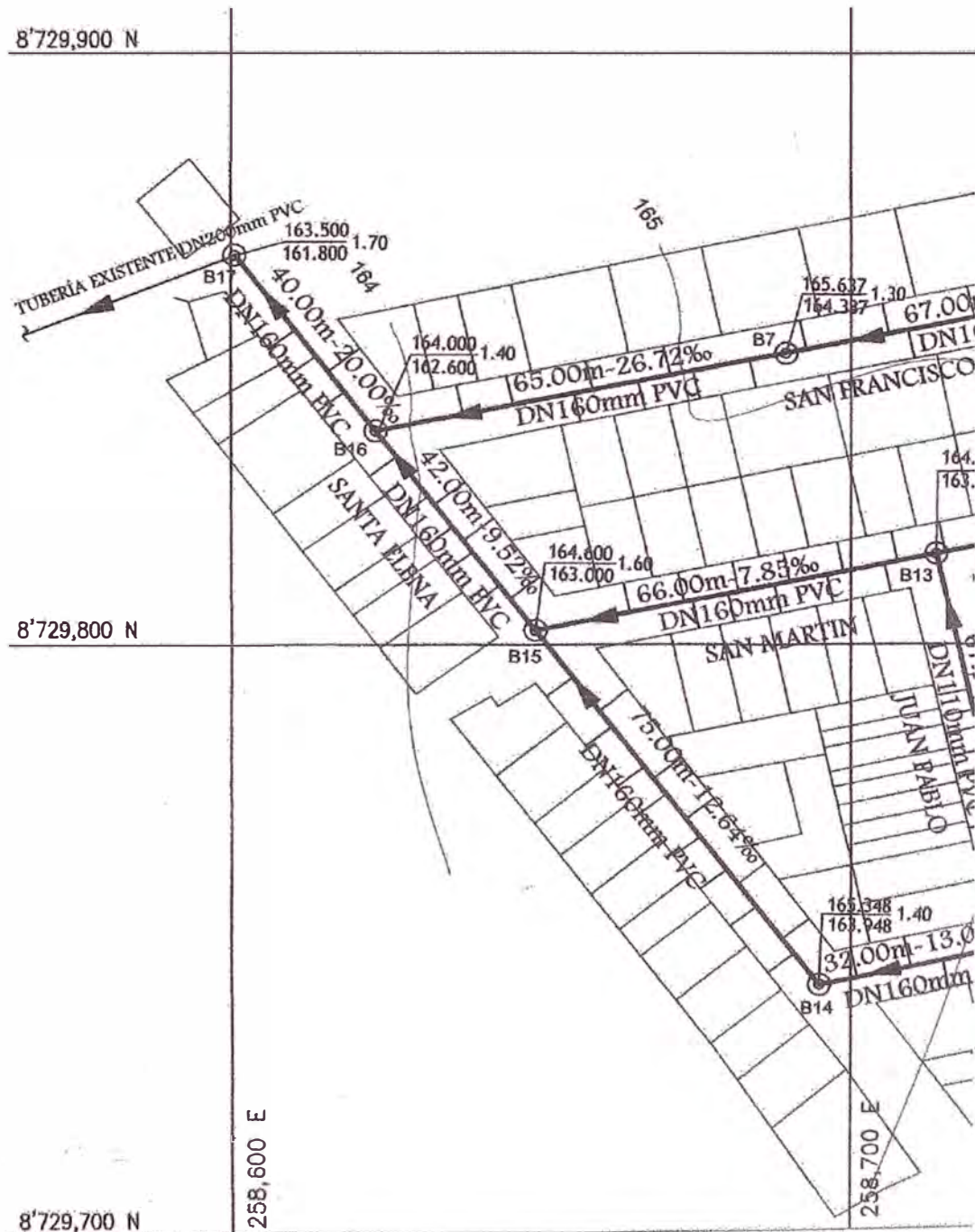
#### INSTALACIÓN DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO

Toda conexión domiciliaria de alcantarillado, comprende los trabajos externos a la respectiva propiedad, comprendidos entre el colector y el límite de la propiedad. Solo se instalarán conexiones domiciliarias en redes de hasta 315 mm (12") de diámetro. Se ubicarán a una distancia mínima de 1.20 m del límite izquierdo o derecho de la propiedad.

#### COMPONENTES DE LA CONEXIÓN DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO

**CAJA DE REGISTRO:** Será de concreto simple prefabricada de resistencia a la compresión 140 kg/cm<sup>2</sup> conformada por 1 base de 0.40x0.70x0.30m con fondo

en forma de "media caña" de 160 mm de diámetro, 2 intermedios de 0.40x0.70x0.030m, 1 marco de 0.45x0.75x0.10m, y 1 tapa de 0.35x0.65x0.05m. La tapa de la caja de registro será de concreto reforzado normalizada, resistente a la abrasión.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6.1: UBICACIÓN DE LA PRUEBA HIDRÁULICA DE ALCANTARILLADO

CUADRO 6.8: PRUEBA HIDRÁULICA DE ALCANTARILLADO

RED DE ALCANTARILLADO  
TUBERÍAS

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Conexiones	Total empalmes
B14-B17	160	157.00	25	27

CONEXIONES DOMICILIARIAS  
TUBERÍAS

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Cantidad conexiones	Longitud total (m)	Total empalmes
160	5.00	25	125	-

ACCESORIOS

Descripción	Diámetro (mm)	Cantidad accesorios	Empalmes por accesorio	Total empalmes
Cachimba	160	25	1	25
Codo 45°	160	50	2	100
<b>TOTAL</b>				<b>125</b>

FILTRACIÓN DE AGUA ADMISIBLE

TRAMO	DIÁMETRO NOMINAL DEL TUBO DN mm.	LONGITUD DEL TRAMO L m.	PÉRDIDA ADMISIBLE V lt	DESNIVEL ADMISIBLE $\Delta h$ cm
B14-B17	160	157.00	-	-
Conexiones	160	125.00	-	-
<b>TOTAL</b>		<b>282.00</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

FILTRACIÓN DE AGUA OBTENIDA

BUZÓN DE PRUEBA	ALTURA INICIAL EN EL BUZÓN $h_1$ cm.	ALTURA FINAL EN EL BUZÓN $h_2$ cm.	DESNIVEL OBTENIDO EN EL BUZÓN DE PRUEBA $\Delta h = h_1 - h_2$ cm	PÉRDIDA OBTENIDA EN EL BUZÓN DE PRUEBA $V = 10\pi \times 1.20^2 \Delta h / 4$ lt
B14	50.0	50.0	-	-

TIPO DE PRUEBA	A ZANJA ABIERTA
CLASE DE TUBERÍA	S-25
HORA DE INICIO	10:30
HORA DE FIN	10:40
TIEMPO DE PRUEBA	10 MINUTOS
RESULTADO DE LA PRUEBA	APROBADA

Fuente: Elaboración propia

**TUBERÍA DE DESCARGA:** La tubería de descarga será de DN 110 mm como mínimo, comprende desde la caja de registro hasta el empalme al colector de servicio. Será de PVC-U UF serie S-25, de acuerdo a la norma NTP-ISO 4435. El acoplamiento de la tubería a la caja se hará con resane de mortero 1:3 y con

un anclaje de concreto de resistencia a la compresión  $140 \text{ kg/cm}^2$ . La pendiente mínima de la tubería de descarga domiciliaria será de 15‰.

**CACHIMBA:** Es el elemento de empotramiento del tipo tee recta de DN 110 mm x 160 mm de PVC-U UF, que se colocará en la clave del tubo colector, para obtener una descarga con caída libre sobre éste, mediante el siguiente procedimiento:

- Presentar la cachimba montada sobre el colector orientándolo hacia la caja de registro y marcar el borde exterior del accesorio y el orificio interior a perforar.
- Perforar el tubo colector con un taladro con broca circular o empleando una cuchilla previamente calentada para realizar la perforación.
- Presentar el accesorio sobre la tubería y verificar el montaje con el colector a fin de prever zonas que propicien obstrucciones o la presencia de puntos de luz que generen fugas al momento de la prueba hidráulica.
- Limpiar y secar adecuadamente las zonas a pegar para seguidamente aplicar el cemento disolvente al interior del empalme domiciliario y a la zona de contacto sobre el colector.
- Presentar finalmente el accesorio sobre el colector, inmovilizar y presionar mediante zunchos metálicos por espacio de 2 horas a fin de lograr una adecuada soldadura entre las partes.

**CODO DE 45°:** Será de DN 110 mm como mínimo de PVC-U UF serie 25.

El detalle de la conexión domiciliaria de alcantarillado se muestra en el plano 3.8.

## 6.5 PROCESO CONSTRUCTIVO DE REDES DE AGUA POTABLE

Los trabajos preliminares y movimiento de tierras se ejecutan de manera similar a las redes de alcantarillado.

**INSTALACIÓN DE TUBERÍAS:** Esta actividad comprende la instalación de tuberías y accesorios de PVC-U UF para agua potable, clase 7.5, serie 13.3, SDR 27.6, de acuerdo a la norma NTP ISO 1452:2011.

Se limpia el interior de la campana y se introduce el anillo en forma tal que el alveolo grueso quede en el interior de la campana. Se aplica el lubricante tanto en la espiga como en el anillo interior de la campana, con la ayuda de una brocha, sin exceso y en el sentido longitudinal. Se presenta el tubo cuidando que el chaflán quede insertado en el anillo, mientras que otro operario procede a empujar el tubo hasta el fondo, retirándolo luego 1 cm. Esta operación puede efectuarse con ayuda de una barreta y un taco de madera. Se instalan de manera similar a los tubos de alcantarillado. Después del entubado, se debe



proteger la tubería colocando una capa de arena dejando libres solo las uniones de la tubería.

Anillos: Serán de caucho con alma de acero de color negro.

INSTALACIÓN DE ACCESORIOS: Los accesorios serán de PVC-U UF, clase 10, con presión nominal de 150 lb/pulg<sup>2</sup>. Se instalan colocando anillos de caucho y lubricante en las uniones flexibles.

INSTALACIÓN DE VÁLVULAS DE CORTE: Serán de hierro dúctil del tipo compuerta revestida con elastómero, con uniones flexibles. La presión nominal será de 16 bar. El recubrimiento será epóxico electrostático, interior y exterior de acabado liso color azul. Se instalarán a 4 m de la esquina o su proyección entre los límites de la calzada y la vereda, de tal manera que permitan aislar sectores de redes no mayores de 500 m. de longitud.

Caja de válvulas: Se colocará un tubo de alcantarillado de PVC-U de DN 200 mm y 60 cm de altura como mínimo, colocado sobre una base de concreto simple. Llevará una tapa de registro de concreto armado de 25x30x10cm.

El detalle de las válvulas de corte se muestra en el plano 2.8.

ANCLAJES DE CONCRETO EN ACCESORIOS DE PVC: Se usará concreto de mezcla cemento:arena gruesa 1:8 de 140 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a compresión en el fondo o solado y cuñas al costado de los accesorios dejando la superficie superior libre para la inspección de las uniones. Los bloques de anclaje deben de calcularse considerando el esfuerzo producido por la máxima presión que se pueda generar en la línea [Nicoll Perú S.A, 8]. El cuadro 6.9 indica el empuje en accesorios por cada kg/cm<sup>2</sup> de presión hidráulica interna.

#### PRUEBA HIDRAULICA DE TUBERÍAS

##### PRUEBA HIDRÁULICA A ZANJA ABIERTA

Para redes secundarias, por circuitos.

Para conexiones domiciliarias, por circuitos.

##### PRUEBA HIDRÁULICA A ZANJA TAPADA Y DESINFECCIÓN

Para redes secundarias y conexiones domiciliarias.

Se podrá efectuar por separado la prueba a zanja tapada con relleno compactado, de la prueba de desinfección. De igual manera podrá realizarse en una sola prueba a zanja abierta, la de redes con sus correspondientes conexiones domiciliarias.

La bomba de prueba debe instalarse en la parte más baja de la línea. Para expulsar el aire de la línea de agua debe instalarse purgas en los puntos altos.

CUADRO 6.9: EMPUJE EN ACCESORIOS

DIÁMETRO NOMINAL mm.	EMPUJE (kg/(kg/cm <sup>2</sup> ))			
	CODO 90°	CODO 45°	CODO 22.5°	TEES Y TAPONES
40	14	8	4	10
50	23	12	6	16
63	37	20	10	26
75	51	28	14	36
90	80	48	26	64
110	110	60	30	78
160	232	126	64	164
200	363	197	100	257
250	569	308	157	402
315	902	488	249	638

Fuente: Catálogo y manual técnico sistema presión Nicoll Perú S.A.

La bomba de prueba y los elementos de purga de aire se conectarán a la tubería colocando abrazaderas que se ubicarán frente a los lotes, en donde formarán parte integrante de sus conexiones domiciliarias. Se instalarán como mínimo 2 manómetros de rangos de presión apropiados, en ambos extremos del circuito o tramo a probar.

Antes de efectuar la prueba debe verificarse lo siguiente:

- La tubería debe tener un recubrimiento mínimo de 40 cm.
- Las uniones y accesorios deben estar descubiertas.
- Al llenar la red debe purgarse para eliminar las bolsas de aire.
- Los bloques de anclaje tendrán un fraguado mínimo de 7 días.
- Los tapones deberán estar correctamente anclados para evitar fugas en éstos durante la realización de la prueba.
- La prueba de la tubería de PVC, se debe realizar siempre a medida que la obra progresa y por tramos no mayores de 400 m en líneas con pendientes mínimas debiendo reducirse en líneas con demasiados cambios de dirección.

**PRUEBA HIDRÁULICA A ZANJA ABIERTA:** La presión de prueba a zanja abierta medida en el punto más bajo será:

- a) 1.5 veces la presión nominal en redes secundarias.
- b) 1 vez la presión nominal en conexiones domiciliarias.

En el caso de que la empresa solicitara la prueba en una sola vez, tanto para las redes secundarias, como para sus conexiones domiciliarias, la presión de prueba será 1.5 de la presión nominal. El tiempo mínimo de duración de la prueba será

de 1 hora. En el cuadro 6.10 se muestran las presiones de prueba calculadas para distintas presiones nominales.

Antes de procederse a llenar las líneas de agua a probar, tanto sus accesorios como sus grifos contra incendio previamente deberán estar ancladas, lo mismo que efectuado su primer relleno compactado, debiendo quedar descubiertas todas sus uniones. En la figura 6.2 se muestra la ubicación de la prueba hidráulica. En el cuadro 6.11 se presenta un ejemplo de los cálculos para realizar la prueba hidráulica de agua potable.

CUADRO 6.10: PRESIONES DE PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA

PRESIÓN NOMINAL DE LA TUBERÍA PN bar	PRESIÓN DE PRUEBA P = 1.5 PN			
	psi	kg/cm <sup>2</sup>	bar	mca
5	100	7.7	7.5	77
7.5	150	11.5	11.3	115
10	200	15.3	15.0	153
15	300	23.0	22.5	230
20	400	30.6	30.0	306

Fuente. Elaboración propia

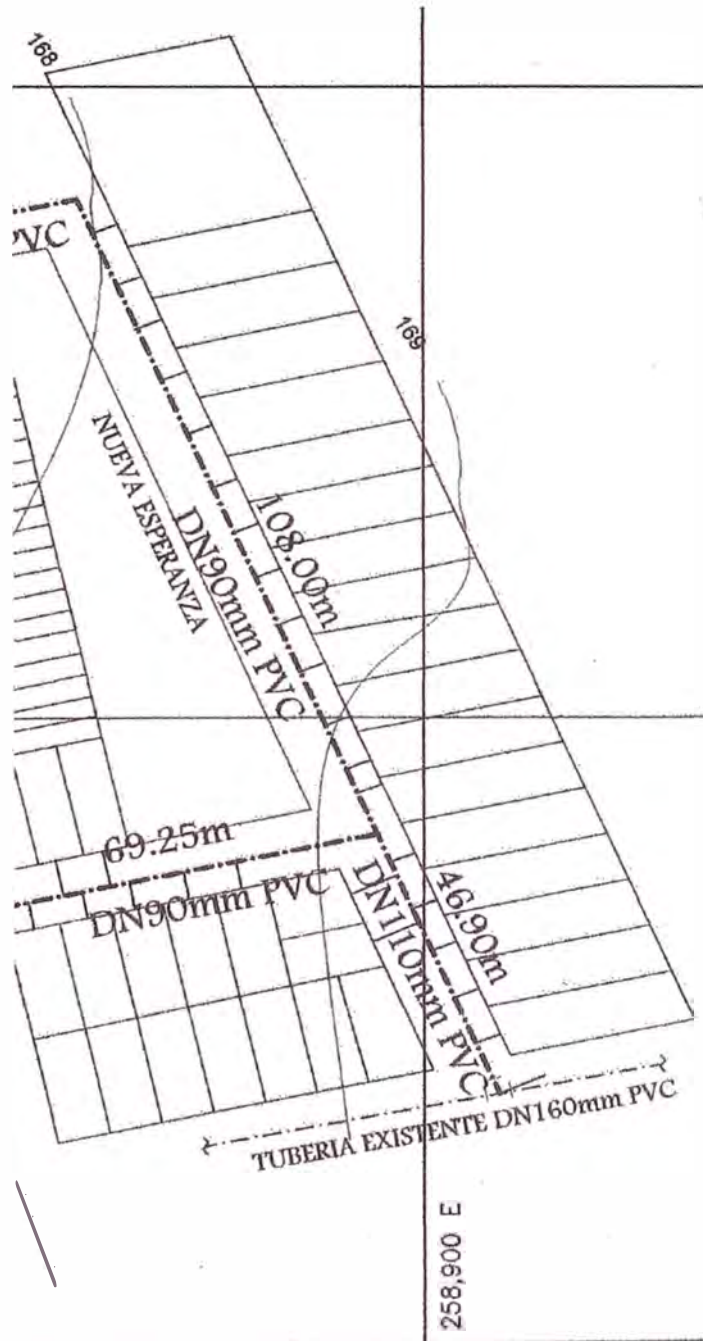
**PRUEBA HIDRÁULICA A ZANJA TAPADA:** La presión de prueba a zanja tapada con relleno compactado será la misma de la presión nominal de la tubería, medida en el punto más bajo del conjunto de circuitos o tramos que se está probando. No se autorizará realizar la prueba a zanja con relleno compactado y desinfección, si previamente la línea de agua no haya cumplido satisfactoriamente la prueba a zanja abierta.

El tiempo mínimo de duración de la prueba a zanja tapada con relleno compactado será de 1 hora.

**PÉRDIDA DE AGUA ADMISIBLE:** Para las tuberías de PVC no se admitirá ninguna pérdida de agua [SEDAPAL, 1999].

**DESINFECCIÓN DE LAS TUBERÍAS:** Todas las líneas de agua antes de ser puestas en servicios, serán completamente desinfectadas. El dosaje de cloro aplicado para la desinfección será de 50 ppm. El tiempo mínimo de contacto del cloro con la tubería será de 24 horas, procediéndose a efectuar la prueba de cloro residual debiendo obtener por lo menos 5 ppm de cloro.

Después de la prueba, el agua con cloro será totalmente eliminada de la tubería y se llenará con agua de consumo hasta alcanzar 0.2 ppm de cloro. Se podrá utilizar cloro líquido o compuestos de cloro disuelto con agua.



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 6.2: UBICACIÓN DE LA PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA POTABLE

CUADRO 6.11: PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA POTABLE

RED DE DISTRIBUCIÓN  
TUBERÍAS

Tramo	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Conexiones	Total empalmes
J2-J3	90	108.00	13	19
J1-J2	110	46.90	7	8
<b>TOTAL</b>		<b>154.90</b>	<b>20</b>	<b>27</b>

ACCESORIOS

Descripción	Diámetro (mm)	Cantidad	Empalmes por accesorio	Total empalmes
Tapón	90	2	1	2
Valvula	90	1	2	2
<b>TOTAL</b>				<b>4</b>
Reducción	110	2	2	4
Tapón	110	1	1	1
Tee	110	1	3	3
Valvula	110	1	2	2
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>

CONEXIONES DOMICILIARIAS  
TUBERÍAS

Diámetro (mm)	Longitud (m)	Cantidad conexiones	Longitud total (m)	Total empalmes
20	3.00	18	54	-
20	7.00	2	14	-
<b>TOTAL</b>		<b>20</b>	<b>68</b>	<b>-</b>

ACCESORIOS

Descripción	Diámetro (mm)	Cantidad accesorios	Empalmes por unidad	Total empalmes
Abrazadera	20	20	2	40
Codo 45°	20	40	2	80
Codo 90°	20	20	2	40
Válvula de toma	20	20	2	40
Unión p/r	20	40	2	80
Válvula de paso	20	40	2	80
<b>TOTAL</b>				<b>360</b>

PÉRDIDA DE AGUA ADMISIBLE

TRAMO	CANTIDAD DE EMPALMES N	DIÁMETRO DEL TUBO D mm.	PÉRDIDA ADMISIBLE V lt	DESNIVEL ADMISIBLE Δh cm
Conexiones	360	20	-	-
J2-J3	23	90	-	-
J1-J2	18	110	-	-
<b>TOTAL</b>			<b>-</b>	<b>-</b>

CUADRO 6.11: PRUEBA HIDRÁULICA DE AGUA POTABLE  
(Continuación)

PÉRDIDA DE AGUA OBTENIDA

TRAMO	ALTURA INICIAL EN BALDE $h_1$ cm.	ALTURA FINAL EN BALDE $h_2$ cm.	DESNIVEL EN EL BALDE $\Delta h = h_2 - h_1$ cm	PÉRDIDA OBTENIDA $V = 10\pi \times 0.30^2 \Delta h / 4$ lt
J1-J3	5.00	5.00	-	-

TIPO DE PRUEBA	A ZANJA ABIERTA
CLASE DE TUBERÍA	7.5
PRESIÓN NOMINAL	7.5 BAR
PRESIÓN DE PRUEBA	115 MCA
HORA DE INICIO	11:40
HORA DE FIN	12.40
TIEMPO DE PRUEBA	1 HORA
RESULTADO DE LA PRUEBA	APROBADA

Fuente. Elaboración propia

Para la desinfección con cloro líquido se aplicará una solución de éste, por medio de un aparato clorinador de solución. En la desinfección de la tubería por compuesto de cloro disuelto, se podrá usar compuestos de cloro tal como hipoclorito de calcio. Para la adición de estos productos se usarán una proporción de 5% de agua, determinándose las cantidades a utilizar mediante la siguiente fórmula:

$$g = \frac{C \times L}{\% \text{Cloro} \times 10} \quad (6.2)$$

$g$  = Gramos de hipoclorito,  $C$  = Ppm o mg por litro,  $L$  = Litros de agua

Ejemplo:

Para desinfectar un volumen de agua de 1,000 litros con un dosaje de 50 ppm empleando hipoclorito de calcio al 70 % se requieren:

$$g = \frac{50 \times 1000}{70 \times 10}$$

$$g = 71.4 \text{ gr.}$$

En el cuadro 6.12 se muestra el análisis de calidad de agua del pozo N° 4.

CUADRO 6.12: ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA DEL POZO N°



EMAPA HUARAL S.A.  
Gerencia de Operaciones y Mantenimiento – División de Control de Calidad

REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUA

**UBICACIÓN:** POZO N° 4, EX HACIENDA HUANDO, SECTOR LA HUACA

Código punto de muestreo : \_\_\_\_\_

Fecha muestreo  Fecha de análisis:

Hora de Muestreo  Cloro Residual ( mg/lt.)

N° de la Muestra

Tipo de muestreo  Rutinario  Investigación  Atención a reclamo

Tipo de muestra  Agua Cruda  Agua tratada  Reservorio

Responsable de muestreo : Lic. Norma Arguelles Vizarrata

RESULTADOS

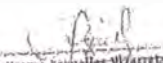
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	LIMITE EN AGUA POTABLE
Turbiedad	0.14	NTU	5.0
PH	7.43		6.5-8.5
Conductividad	329	mg/lt	1500
Dureza Total	132	mg/lt	500
Cloruros	12.5	mg/lt	250
Color	5	UC Pt/Co	20
Sulfato	38.1	mg/lt	250
Nitratos	0.81	mg/lt	50
Hierro	0	mg/lt	0.3
Manganeso	0	mg/lt	0.2

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

Coliformes Totales	0	Ufc/100 ml.	0.0
Coli. Termotolerantes	0	Ufc/100 ml.	0.0

Conclusiones: Agua Potable apta para consumo humano, parámetros analizados cumplen con los límites permitidos para la calidad de Agua Potable según normas técnicas peruanas y OMS.

  
Lic. Norma Arguelles Vizarrata  
Jefe de Control de Calidad  
EMAPA HUARAL S.A.

Alameda Huando S/N Huaral – Telef.: 246-2815 Fax: 246-4110

Norma sobre calidad del agua de la OMS: ISO 5667-5:1991 Muestreo de agua potable utilizada para alimentos.  
Norma Técnica Peruana: NTP ISO 5667-3:2001 Calidad del agua

Fuente: PMO, Plan Maestro Optimizado, Emapa Huaral S.A.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SOBRE CALIDAD DE AGUA DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

Norma sobre calidad del agua de la OMS ISO 5667-5:1991. Muestreo de agua potable utilizada para alimentos.

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE: El tratamiento del agua debe optimizarse para evitar la proliferación de microorganismos, mediante medidas como las siguientes:

- Eliminación continua de partículas que producen turbidez.
- Precipitación y eliminación del hierro y manganeso disueltos (y en partículas).
- Reducción al mínimo del remanente de coagulante residual (disuelto, coloidal o en partículas), que puede precipitar en los embalses y las tuberías.
- Reducción de la concentración de materia orgánica disuelta que sirve de alimento a los microorganismos.

La calidad del agua en la red de distribución será función del diseño, operación y mantenimiento del sistema.

DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE PELIGRO: La contaminación del agua en la red de distribución puede producirse por las siguientes causas:

- Falta de continuidad del servicio de agua, lo que ocasiona presiones bajas por el efecto de la onda de presión, que a su vez produce infiltración de aguas servidas de los colectores cercanos a través de grietas y juntas de la tubería de distribución.
- Por la succión de agua contaminada al sistema de distribución o reservorio de almacenamiento ocasionada por el reflujo debido a una reducción de la presión interior de la tubería y por la existencia de una conexión física entre una fuente de agua contaminada y el sistema de almacenamiento o distribución.
- Por medio de plantas de tratamiento y reservorios de almacenamiento de agua tratada abiertos o no protegidos, que están potencialmente expuestos a fuentes de contaminación fecal como el agua de escorrentía superficial y las heces de aves acuáticas y otros animales, y que pueden no estar protegidos contra actos de vandalismo o manipulación.
- Por roturas de tuberías al reparar tuberías existentes o al instalar tuberías nuevas, que pueden ocasionar la entrada en el sistema de tierra o materiales contaminados.



- Por errores humanos que dan lugar a la conexión cruzada no intencionada de tuberías de aguas residuales con el sistema de distribución de agua, o por conexiones clandestinas o no autorizadas.
- Por la disolución de sustancias químicas y metales pesados procedentes de materiales como tuberías, soldaduras o juntas, grifos y sustancias químicas utilizadas en la limpieza y desinfección de los sistemas de distribución.

En cada uno de estos casos, si el agua contaminada contiene agentes patógenos o sustancias químicas peligrosas, es probable que se ocasionen enfermedades en los usuarios consumidores.

La falta de continuidad del servicio de agua aumenta los riesgos de infiltración y reflujos. Cuando el suelo está húmedo aumenta la probabilidad de que se produzca un gradiente de presión del suelo hacia la tubería y se produce el ingreso de material contaminado. Al recargarse las tuberías recorre la red un pulso concentrado de agua contaminada.

Cuando se recurre al almacenamiento doméstico de agua para hacer frente a la intermitencia del suministro, es necesario el uso de desinfectantes para frenar la proliferación microbiana.

Las catástrofes naturales, incluidas las inundaciones, la sequía y los temblores de tierra, pueden afectar significativamente a los sistemas de distribución de agua por tuberías.

**MEDIDAS DE CONTROL:** El agua que entra en la red de distribución debe ser inocua desde el punto de vista microbiológico y estable en términos biológicos. La red de distribución debe constituir una barrera segura contra la contaminación del agua durante su transporte hasta el usuario. Las medidas de control del sistema de distribución son las siguientes:

- Mantenimiento de un gradiente de presión positivo en los nodos de la red de distribución mediante el suministro continuo del servicio de agua.
- Mantenimiento de la red de distribución mediante la ejecución de programas de purga de tuberías.
- Disponibilidad de equipos de generación eléctrica de reserva en la estación de bombeo.
- Procedimientos técnicos de reparación y desinfección de las tuberías.
- Reducción del tiempo de permanencia del agua en el sistema, evitando su estancamiento en depósitos de almacenamiento, bucles y puntos muertos en la red de distribución.

- Estaciones de bombeo protegidos y reservorios con techos inclinados que drenen hacia el exterior para impedir la contaminación del agua.
- Inspecciones y vigilancia para evitar el sabotaje, las conexiones ilegales y la manipulación de válvulas.
- Uso de válvulas de reflujo en las conexiones cruzadas.
- Mantenimiento del cloro residual desinfectante.

#### INSTALACIÓN DE CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE

Toda conexión domiciliaria de agua consta de trabajos externos a la respectiva propiedad, comprendidos entre la tubería matriz de agua y la zona posterior al lado de salida de la caja del medidor. Su instalación se hará perpendicularmente a la matriz de agua con trazo alineado. Sólo se podrán instalar conexiones domiciliares en tuberías de hasta DN 250 mm (10"). No se permitirá instalar conexiones domiciliares en líneas de impulsión ó conducción, salvo casos excepcionales con aprobación previa de la empresa.

Las conexiones domiciliares de agua potable se ejecutarán utilizando tuberías de PEAD con accesorios de PPAD.

#### COMPONENTES DE LA CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE

##### ELEMENTOS DE TOMA

**ABRAZADERA:** La abrazadera de derivación será una conexión en forma de collar de 2 cuerpos de material PPAD de color negro. Deberán ser abrazaderas de diseño exclusivo con pestaña de refuerzo central tanto en la base como en la brida con pernos y tuercas de acero encapsulado en polipropileno con sistema de ajuste totalmente hermético, con empaquetadura de ajuste tipo "T" para evitar el uso de herramientas mecánicas. La presión nominal será de 16 bar.

**VÁLVULA DE TOMA:** Será de DN ½", de material PPAD de color negro, con entrada roscada macho y salida de compresión para conexión directa de la tubería de polietileno de alta densidad. Posee en uno de sus extremos una rosca macho que le permite insertarse en la abrazadera, y en el otro extremo tiene incorporada una tuerca de fijación, que tiene en su interior una pinza de apriete fabricada de un material acetálico duro, el cual se incrusta a compresión mediante unas pequeñas uñas a la tubería de polietileno. La presión nominal será de 16 bar y debe soportar una temperatura de -20°C a 60°C.

##### ELEMENTOS DE CONDUCCIÓN

**TUBERÍA DE CONDUCCIÓN:** Será de DN ½" (20 mm) de material PEAD para conducción de fluidos a presión, con resina PE 80, SDR 9, S 4, de color negro, y

debe soportar una presión nominal de 16 bar. La tubería de conducción que empalma desde la abrazadera como elemento de toma hasta la caja domiciliaria de agua potable, ingresará a ésta mediante un arco y una línea recta.

**CODO DE COMPRESIÓN:** El codo será de DN 1/2"x90° con rosca macho de PPAD color negro, para conectar la tubería de PEAD con la válvula de paso. Posee en uno de sus extremos una rosca macho que le permite insertarse en la válvula de paso, y en el otro extremo tiene incorporada una tuerca de fijación, que tiene en su interior una pinza de apriete fabricada de un material acetálico duro, el cual se incrusta a compresión mediante unas pequeñas uñas a la tubería de polietileno, garantizando un agarre seguro de la misma. La presión nominal será de 16 bar.

#### ELEMENTOS DE CONTROL

**VÁLVULA DE PASO TERMOPLÁSTICA:** Será tipo esfera de DN 1/2", de material PVC termoplástico con manija para 360° de giro cuyos extremos serán roscados internamente. El lado que establece contacto con el medidor estará provisto de un racor o niple de acoplamiento el cual, mediante su tuerca anillo permite el sellado o ajuste del niple. Deberán soportar una presión nominal de 10 bar. Se instalará un niple en reemplazo del micromedidor.

**CAJA PORTAMEDIDOR DE CONCRETO:** La caja de protección del medidor será de concreto simple prefabricado de 0.40x0.60x0.30m, y será ubicada sobre un solado prefabricado de concreto de 0.40x0.60x0.05m, sobre una base debidamente nivelada y compactada.

La tapa de la caja se colocará al nivel de la rasante de la vereda. La reposición de la vereda será de bruña a bruña de 1.00x1.00m. En caso de no existir vereda se vaciará una losa de 0.40x0.60x0.05m. Se ubicará a una distancia mínima de 30 cm del límite izquierdo o derecho de la propiedad. Se pueden instalar cajas y losas termoplásticas de color negro tal como se indica en los anexos 3 y 4.

**MARCO Y TAPA TERMOPLÁSTICA DE CAJA PORTAMEDIDOR:** El marco y tapa de la caja portamedidor será de material termoplástico PPR de dimensiones 36x29x2.5cm, color negro, con cerradura magnética tipo pestillo accionada por una llave provista de un imán. Luego de colocar y nivelar el marco y tapa del medidor se realizará el resane sobre la caja con mortero de 2.5 cm de espesor, con mezcla de cemento:arena gruesa 1:5. La superficie será nivelada con regla de madera y el acabado será pulido.

**MICROMEDIDOR DE CHORRO ÚNICO:** El micromedidor será del tipo de velocidad chorro único de DN 15 mm (1/2") de clase metrológica "B", para montaje horizontal y vertical de 110 mm de longitud, con regulador interno del tipo freno, con transmisión magnética. El caudal nominal será 1.5 m<sup>3</sup>/h, el caudal máximo para uso esporádico será de 3 m<sup>3</sup>/h, y el caudal mínimo será de 0.03 m<sup>3</sup>/h. El registro de lectura será recta expresado en m<sup>3</sup> y décima de litros. Deberán soportar una presión nominal de 16 bar y una temperatura máxima de agua de 50°C. La carcasa será de aleación de cobre y zinc y llevará una flecha indicadora del sentido del flujo del agua para su correcta instalación. La luneta será de policarbonato y cubrirá totalmente el registro del medidor, encapsulándolo y sellándolo herméticamente. La tapa deberá ser de resina de ingeniería ABS y deberá resistir al impacto y cubrir totalmente la luneta. El filtro será de malla rígida de material inoxidable o plástico, estará colocado en la entrada del medidor y será de fácil remoción y limpieza. El precinto de seguridad estará conformado por un hilo de cobre con o sin cubierta plastificada y una pastilla de plomo o de metal.

El principio de funcionamiento se basa en que el agua penetra en la cámara de medición formando un chorro que empuja los alabes de la turbina, produciéndose así el movimiento de ésta.

#### INSTALACIÓN

**COLOCACIÓN DE LAS ABRAZADERAS:** Antes de la instalación de la abrazadera se debe limpiar y lijar ligeramente la superficie de la zona del tubo donde va a ser instalada para permitir mayor adherencia de la abrazadera y sus partes. La empaquetadura de caucho debe quedar comprimida uniformemente. Las abrazaderas de polipropileno permiten su encaje exacto alrededor del tubo matriz de PVC, sin el temor de comprimirlo por efectos del ajuste. En el caso de las abrazaderas de dos cuerpos se recomienda utilizar llaves de dados para asegurar los elementos de unión.

**INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE POLIETILENO:** Es aconsejable no doblar las tuberías de polietileno con radios menores a 30 cm medido en la curvatura de la tubería. Cuando la tubería matriz se encuentre muy cercana a la superficie y no permita generar como mínimo este radio, se podrá girar la abrazadera pero sólo hasta un ángulo máximo de 25° con respecto a la vertical. Con un buen acople entre la tubería de polietileno y el conector, es importante que el corte de la tubería se haya realizado a escuadra. Luego, con

una lija o lima biselar la punta del tubo para evitar dañar el anillo de caucho o'ring. Introducir el tubo girando en sentido horario hasta llegar a su tope. Finalmente se aprieta la tuerca para asegurar el sello. Para la instalación de las válvulas, la cantidad de teflón que se emplee en las roscas de estos accesorios, deberá ser de 3 ó 4 vueltas como máximo.

#### PERFORACIÓN DEL TUBO

**EN TUBO SIN SERVICIO:** Se puede realizar con un berbiquí o un taladro con broca tipo madera o mediante una cañería de cobre de igual diámetro a la perforación que se desea realizar. Esto último se ejecuta calentando la cañería de cobre con un soplete para luego introducirla en la matriz de PVC, posteriormente se emparejan los bordes de la perforación con una escofina de media caña. No se debe perforar la matriz golpeando con algún elemento puntiagudo porque existe el riesgo de romper el tubo.

**EN TUBOS EN SERVICIO:** Se realiza con herramientas especiales tipo Müller, la que perfora el tubo a través de la válvula de toma insertada en la abrazadera de derivación previamente instalada.

El detalle de la conexión domiciliaria de agua potable se muestra en el plano 2.9.

## CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

#### CAPÍTULO I

- La empresa EMAPA Huaral S.A. participará elaborando el perfil de acuerdo a la normatividad establecida por el SNIP y el expediente técnico del proyecto, y el PMRI otorgará el financiamiento para la ejecución de la obra.

#### CAPÍTULO II

- Las presiones en los nodos de la red de distribución de agua indicadas en los planos 2.4 y 2.5 se han calculado considerando que la condición crítica se presenta cuando la altura de agua en el reservorio de almacenamiento tanto al inicio como al final del período de diseño es de 1 m.

- Las velocidades mínimas se presentan al inicio del período de diseño y las presiones dinámicas mínimas se obtienen al final del período de diseño, tal como se indica en los cuadros 2.6 y 2.9 respectivamente.

- El diámetro nominal mínimo que permite obtener velocidades y presiones mínimas en cualquier punto de la red de distribución de agua será de 63 mm, de acuerdo a los valores indicados en el cuadro 2.9.

- Al inicio del período de diseño la presión total con golpe de ariete en la tubería de impulsión existente del pozo N° 4 de DN 10" de concreto reforzado clase 15 es de 110 mca, mayor a la presión de trabajo de 107.10 mca, por lo cual la válvula de compuerta debe cerrarse en un tiempo mayor de 4 segundos tal como se muestra en el plano 2.6.

- El levantamiento topográfico se ha realizado utilizando la carta geográfica nacional a escala 1:25,000.

#### CAPÍTULO III

- La ecuación (3.26) para hallar la pendiente mínima de colectores de alcantarillado indicada en la norma OS.070 del RNE no es recomendable, porque la pendiente depende solamente del caudal.

- La pendiente mínima de las tuberías de alcantarillado se calculará en función inversamente proporcional al diámetro con la ecuación  $S_{\text{mín}} = \frac{\tau_{\text{mín}}}{0.1662\rho g D}$  cuando el caudal promedio diario en la etapa inicial del proyecto es el 18% del caudal a sección llena al final del período de diseño, permitiendo la autolimpieza desde el inicio de operación de la red cuando se presentan los caudales mínimos.

- En tuberías de alcantarillado de DN 110mm diseñar con la pendiente mínima de 6 ‰ y para tuberías de DN 160 mm diseñar con la pendiente mínima 4 ‰, como se indica en el plano 3.1.
- En los cuadros 3.3 y 3.4 los caudales a sección parcial de los tramos CO-1 al CO-19 son menores a 1.5 lt/s establecidos por la norma OS.070 del RNE, sin embargo en los cuadros 3.6 y 3.7 al inicio y al final del período de diseño se han obtenido valores de tensión tractiva mayores a 1 Pa.
- Considerando el caudal constante, al disminuir los diámetros se obtienen mayores velocidades y aumenta la tensión tractiva, por lo cual en el diseño se ha considerado tramos con diámetro nominal mínimo de 110 mm establecido por el RNE en las calles Nueva Esperanza, Santa Rosa, San Martín, San José, Santa María y Juan Pablo, como se muestra en el plano 3.1.
- Al aumentar los diámetros la restricción de la pendiente mínima será menor, por lo cual en las calles Santa Elena y San Francisco de Asís se han considerado tuberías de DN 160 mm, tal como se presentan en el plano 3.1.

#### CAPÍTULO IV

- Se ha verificado lo indicado en la norma OS.070 del RNE donde se establece el recubrimiento mínimo de 1.0 m sobre la clave de la tubería de alcantarillado, para obtener la deflexión transversal menor del 5%, tal como se muestra en los planos 3.1 y 3.2.
- La carga viva debida a vehículos es despreciable para profundidades de relleno mayores de 1.5 m sobre la clave de la tubería.

#### CAPÍTULO V

- El costo del proyecto de agua potable se calcula en función al caudal de diseño mediante la ecuación potencial  $C = 49,594Q^{0.856}$ , y el costo del proyecto de alcantarillado será  $C = 90,370Q^{0.853}$ .

#### CAPÍTULO VI

- El cálculo de la pendiente mínima en función al diámetro de la tubería de alcantarillado permite disminuir la profundidad de excavación de las zanjas tal como se muestra en los planos 3.1, 3.2 y 3.6.
- La ejecución del proyecto permitirá incrementar la cobertura del sistema de agua potable y alcantarillado beneficiando a 1,363 habitantes del CP El Pinar al final del período de diseño de 20 años y genera impactos ambientales positivos al eliminar las enfermedades gastrointestinales, parasitarias y dérmicas de la población beneficiaria.

- La ejecución del proyecto de agua potable y alcantarillado permitirá la posterior construcción de pistas y veredas, generando el aumento del valor de los predios y permitiendo su inscripción en los registros públicos para obtener el título de propiedad.

## 7.2 RECOMENDACIONES

### CAPÍTULO I

- La empresa EMAPA Huaral S.A. deberá realizar charlas de educación sanitaria a la población beneficiada en relación al buen uso de los servicios de agua potable y alcantarillado.

### CAPÍTULO II

- Las presiones estáticas en los nodos J-1 al J-14 son mayores de 50 mca, por lo cual se recomienda instalar 1 válvula reductora de presión en el tramo P-29.

- Reemplazar la tubería de impulsión del pozo N° 4 de DN 10" de concreto reforzado clase 15 por tuberías de DN 315 mm de PEAD clase 10, y en consecuencia la válvula de compuerta podrá cerrarse en un tiempo menor de 15 segundos, tal como se muestra en el plano 2.7.

- Instalar micromedidores que permitirán el aumento de presiones dinámicas en la red y el aumento de la cobertura del servicio para beneficiar a los centros poblados colindantes.

- Instalar 1 válvula de purga en el tramo P-18 de menor elevación.

### CAPÍTULO III

- En estudios más detallados para la selección de la pendiente mínima se recomienda realizar un análisis técnico económico comparando los costos de instalación de tuberías de diferentes diámetros, pendientes y profundidades de zanjás.

### CAPÍTULO IV

- El grado de compactación mínimo del material de relleno en terreno normal será del 85% del Proctor Modificado para que la deflexión de la tubería de alcantarillado serie 25 sea menor del 5%.

### CAPÍTULO V

- Se recomienda calcular los caudales de diseño y los costos de por lo menos 3 proyectos que se ejecuten con el mismo proceso constructivo.



## CAPÍTULO VI

- La profundidad mínima de la zanja para la instalación de las tuberías de alcantarillado será de 1.30 m y para tuberías de agua potable será de 1.20 m tal como se indica en los planos 3.1 y 3.2.
- En la ejecución de conexiones domiciliarias de agua potable utilizar tuberías de PEAD con accesorios de PPAD debido a su mayor rapidez de instalación, resistencia, durabilidad y hermeticidad, tal como se muestra en el plano 2.9, en el anexo 3 y el anexo 4.
- Realizar análisis de control de calidad del agua potable con la finalidad de eliminar los agentes patógenos causantes de enfermedades en la población.
- EMAPA Huaral realizará las labores de operación y mantenimiento periódico de las redes de agua potable y alcantarillado para garantizar la sostenibilidad del proyecto durante el período de diseño.
- Los beneficiarios deberán participar durante la etapa de operación y mantenimiento del proyecto, cumpliendo con el pago de su tarifa de agua potable y alcantarillado.
- Siendo egresado de la UNI he realizado este informe de competencia profesional para graduación y titulación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Azevedo Netto, J, M, **Manual de Hidráulica**, 6ª Edición, Editora Edgard Blücher Ltda., Sao Paulo, Brasil, 1975.
2. CONCYSSA, **Catálogo de Productos**, 1ª Edición, División Industrial, Lima, Perú, 2011.
3. Davis, Stanley N., **Hidrogeología**, 1ª Edición, Ediciones Ariel, Barcelona, España, 1971.
4. DNS, Dirección Nacional de Saneamiento, **Normas del Sistema Nacional de Inversión Pública Específicas para los Proyectos del Sub Sector Saneamiento**, Resolución Ministerial N° 559-2006-EF-15, Lima, Perú, 2006.
5. INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática, **Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda**, Lima, Perú, 2007.
6. INRENA, **Estudio hidrogeológico del Valle Chancay – Huaral**, Ministerio de Agricultura, Lima, Perú, 2001.
7. López Cualla, Ricardo Alfredo, **Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados**, 2ª Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia, 2003.
8. Nicoll Perú S.A., **Sistema Presión NTP-ISO 4422 Tubos y Accesorios de PVC-U Catálogo y Manual Técnico**, 1ª Edición, Ediciones Nicoll Perú S.A., Lima, Perú, 2006.
9. Nicoll Perú S.A., **Sistema Alcantarillado NTP-ISO 4435 Tubos y Accesorios de PVC-U Catálogo y Manual Técnico**, 1ª Edición, Ediciones Nicoll Perú S.A., Lima, Perú, 2006.
10. OPS, **Organización Panamericana de la Salud**, Organización Mundial de la Salud, Lima, Perú, 2005.
11. PMO, **Plan Maestro Optimizado**, Emapa Huaral S.A., Huaral, Perú, 2006.
12. RNE, **Reglamento Nacional de Edificaciones, Obras de Saneamiento, Instalaciones Sanitarias**, 3ª Edición, Fondo Editorial ICG, Lima, Perú, 2009.
13. Rocha Felices, Arturo, **Hidráulica de Tuberías y Canales**, 1ª Edición, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú, 2007.

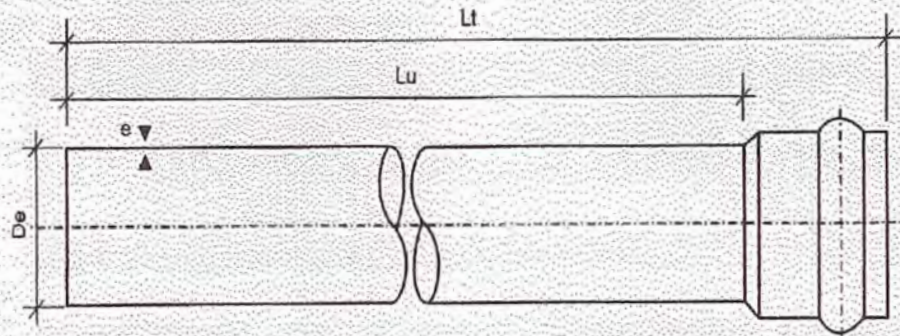
14. SEDAPAL, **Especificaciones Técnicas para la Ejecución de Obras de Sedapal**, Resolución de Gerencia General N° 252-99-GG, Lima, Perú, 1999.
15. Walpole, Ronald E., **Probabilística y Estadística para Ingeniería y Ciencias**, 8ª Edición, Pearson Educación de México S.A. de C.V., Naucalpán de Juárez, México, 2007.

## ANEXOS

## ANEXO 1

### CLASES DE TUBERÍAS PARA ALCANTARILLADO

Sistema de Empalme Unión Flexible (UF):



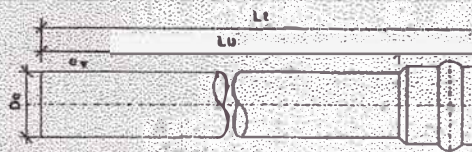
Tubos de 6 m de Longitud Total

Diámetro Nominal Dn (mm)	Diámetro Externo De (mm)	Longitud Total Lt (m)	Longitud Útil Lu (mm)	Espesor Mínimo e (mm)			Peso Mínimo (kg)			
				SDR=51 SN 2	SDR=41 SN 4	SDR=34 SN 8	SDR=51 SN 2	SDR=41 SN 4	SDR=34 SN 8	
				S-25	S-20	S-16,7	S-25	S-20	S-16,7	
110	110	6	5,85	-	3,2	3,2	-	9,019	9,019	9,019
160	160	6	5,82	3,2	4,0	4,7	13,241	16,467	19,262	
200	200	6	5,80	3,9	4,9	5,9	20,182	25,228	30,221	
250	250	6	5,76	4,9	6,2	7,3	31,693	39,889	46,754	
315	315	6	5,74	6,2	7,7	9,2	50,524	62,443	74,243	
355	355	6	5,72	7,0	8,7	10,4	64,285	79,506	94,576	
400	400	6	5,70	7,9	9,8	-	81,744	100,912	-	

Fuente: Catálogo y manual técnico sistema alcantarillado Nicoll Perú S.A.

## ANEXO 2

### CLASES DE TUBERÍAS PARA AGUA POTABLE



Factor de seguridad  $F=2,5$

Di (mm)	De (mm)	Di (mm)	e (mm)	Lt (mm)	Lu (m)	Peso Mínimo (kg)
------------	------------	------------	-----------	------------	-----------	---------------------

#### Clase 5 (Serie 20) SDR=41

63	63,0	59,8	1,6	6	5,88	2,592
75	75,0	71,2	1,9	6	5,87	3,665
90	90,0	85,6	2,2	6	5,86	5,097
		104,6	2,7	6	5,85	7,645
		133,0	3,5	6	5,83	12,608
160	160,0	152,0	4,0	6	5,82	16,467
200	200,0	190,2	4,9	6	5,80	25,228
250	250,0	237,6	6,2	6	5,76	39,889
315	315,0	299,6	7,7	6	5,74	62,443
355	355,0	337,6	8,7	6	5,72	79,506
400	400,0	380,4	9,8	6	5,70	100,912

#### Clase 7,5 (Serie 13,3) SDR=27,6

63	63,0	58,4	2,3	6	5,88	3,684
75	75,0	69,4	2,8	6	5,87	5,335
90	90,0	83,4	3,3	6	5,86	7,550
110	110,0	102,0	4,0	6	5,85	11,189
140	140,0	129,8	5,1	6	5,83	18,156
160	160,0	148,4	5,8	6	5,82	23,602
200	200,0	185,4	7,3	6	5,80	37,122
250	250,0	231,8	9,1	6	5,76	57,851
315	315,0	292,2	11,4	6	5,74	91,335
355	355,0	329,2	12,9	6	5,72	116,459
400	400,0	371,0	14,5	6	5,70	147,610

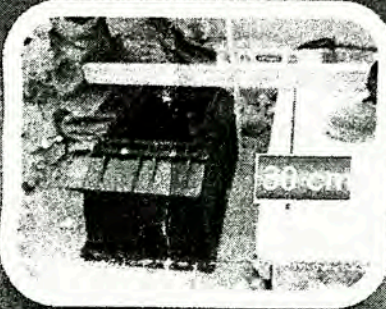
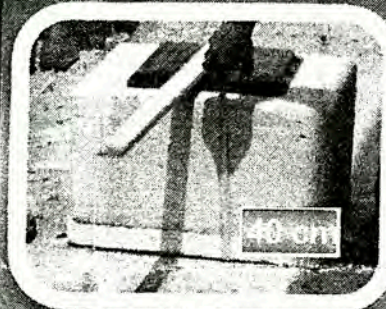
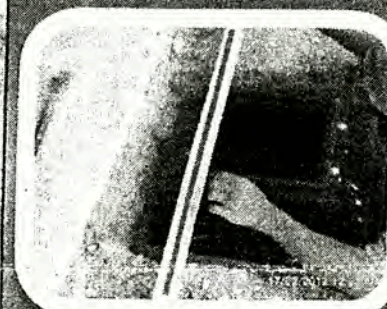
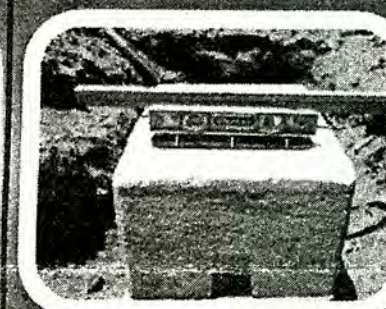
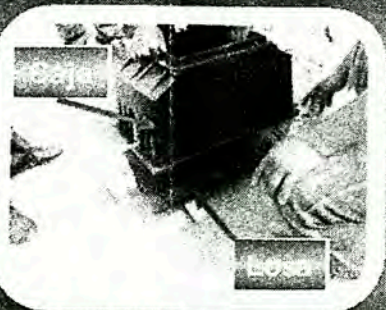
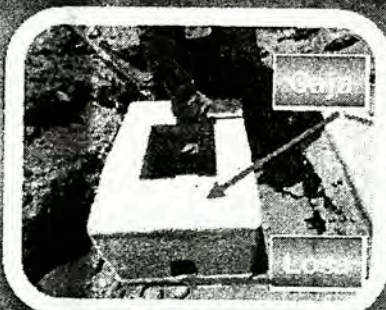
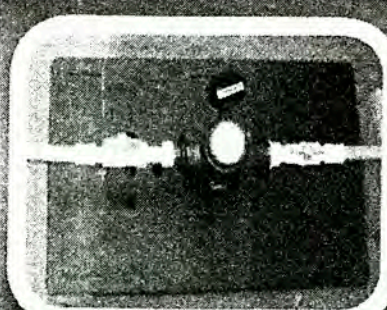

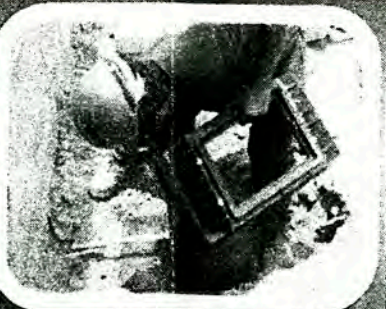

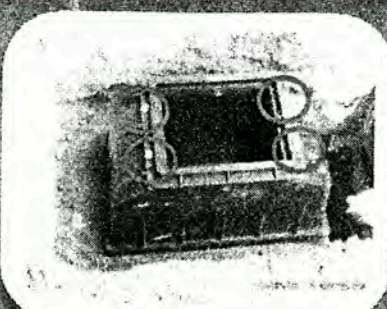
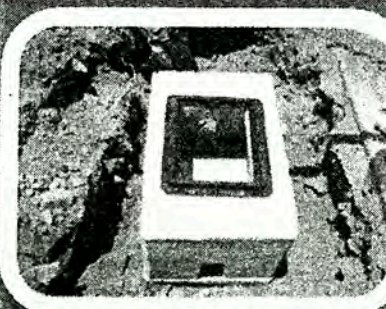
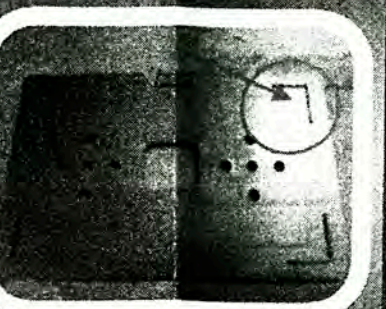
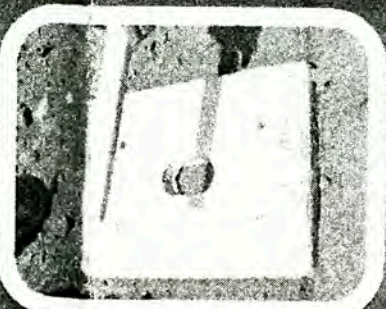
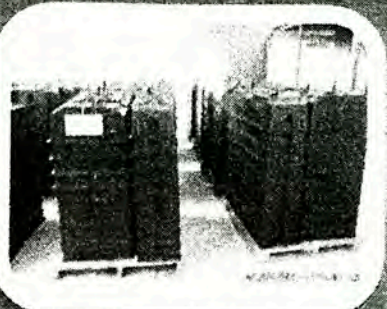
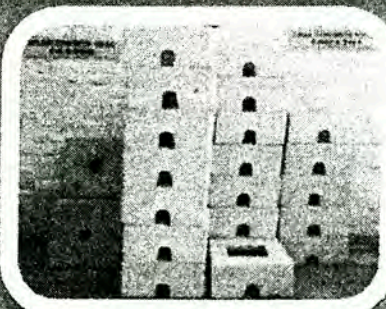
#### Clase 10 (Serie 10) SDR=21

63	63,0	57,0	3,0	6	5,88	4,750
75	75,0	67,8	3,6	6	5,87	6,783
90	90,0	81,4	4,3	6	5,86	9,725
110	110,0	99,4	5,3	6	5,85	14,644
140	140,0	126,6	6,7	6	5,83	23,569
160	160,0	144,6	7,7	6	5,82	30,947
200	200,0	180,8	9,6	6	5,80	48,236
250	250,0	226,2	11,9	6	5,76	74,772
315	315,0	285,0	15,0	6	5,74	118,752
355	355,0	321,2	16,9	6	5,72	150,786
400	400,0	361,8	19,1	6	5,70	191,986

#### Clase 15 (Serie 6,6) SDR=14,2

63	63,0	54,2	4,4	6	5,88	6,804
75	75,0	64,4	5,3	6	5,87	9,749
90	90,0	77,4	6,3	6	5,86	13,915
110	110,0	94,6	7,7	6	5,85	20,787
140	140,0	120,4	9,8	6	5,83	33,672
160	160,0	137,6	11,2	6	5,82	43,980
200	200,0	172,0	14,0	6	5,80	68,718
250	250,0	215,0	17,5	6	5,76	107,372
315	315,0	271,0	22,0	6	5,74	170,106

Fuente: Catálogo y manual técnico sistema presión Nicoll Perú S.A.

CAJA TERMOPLÁSTICA		CAJA DE CONCRETO		CAJA TERMOPLÁSTICA		CAJA DE CONCRETO	
1. Profundidad de excavación				5. Tiempo aprox. de nivelado y centrado			
30 cms		40 cms		15 min		30 min	
							
2. Peso de la Caja y Losa				6. Tiempo aprox. de instalación de la tubería			
Caja: 4.15kg Losa: 1.23Kg		Caja: 74kg Losa: 29Kg		15 min		50 min	
							
3. Transporte y Manipulación				7. Nivelación del tubo con el nivelado y ensamblado de tuberías			
1 Operario		2 Operarios		Ninguno		Alto	
							
4. Características de la Losa y Caja				8. Cantidad de unidades			
Losa cuenta con venas para facilitar el ensamble		Losa no cuenta con venas instalación en forma visual		10 unid. Alto 1mt		7 unid. Alto 2.17mts	
							

Fuente: Catálogo de productos CONCYSSA.

#### ANEXO 4

### VENTAJAS DE USO DE CAJA Y LOSA TERMOPLÁSTICA EN CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE

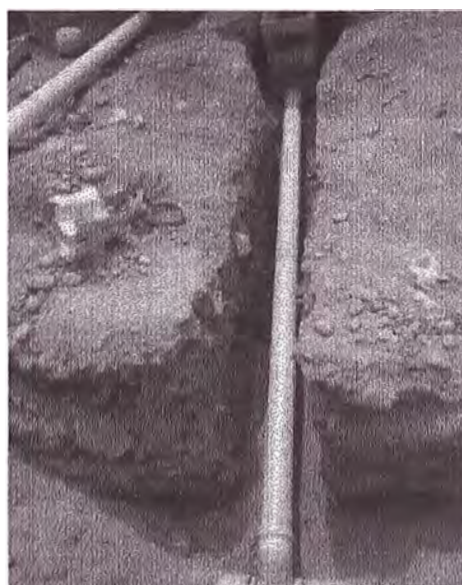
## ANEXO 5 FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1: Excavación de zanjas con retroexcavadora



Fotografía 2: Instalación de red de alcantarillado



Fotografía 3: Conexión domiciliaria de alcantarillado

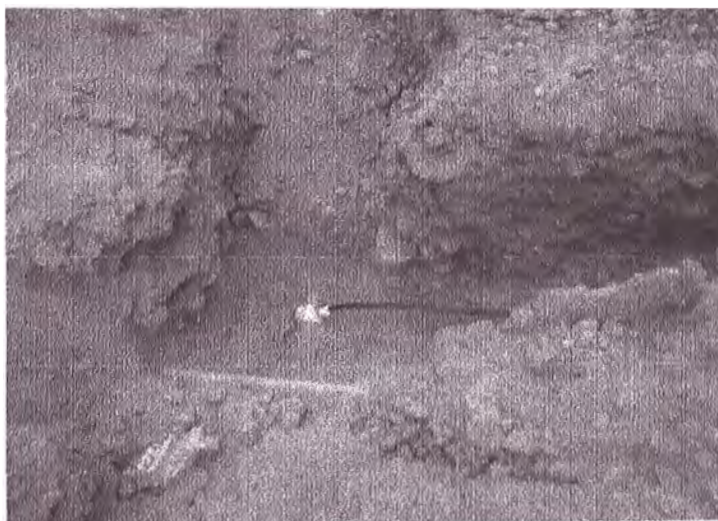




Fotografía 4: Construcción de buzones



Fotografía 5: Instalación de red de agua potable

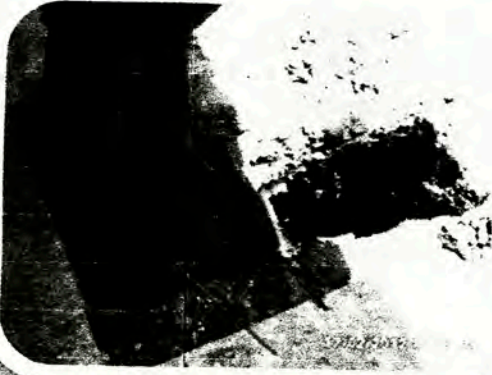


Fotografía 6: Conexión domiciliar de agua potable

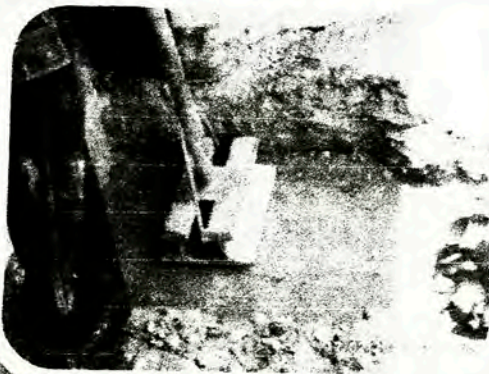
## PLANOS

- PLANO 1.1: UBICACIÓN DEL PROYECTO
- PLANO 2.1: RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
- PLANO 2.2: RED Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA
- PLANO 2.3: ACCESORIOS DE AGUA
- PLANO 2.4: MODELACIÓN INICIAL DE LA RED DE AGUA POTABLE
- PLANO 2.5: MODELACIÓN FINAL DE LA RED DE AGUA POTABLE
- PLANO 2.6: PLANTA DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN DEL POZO Nº 4
- PLANO 2.7: PERFIL LONGITUDINAL DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN DEL POZO Nº 4
- PLANO 2.8: DETALLES DE VÁLVULAS Y ANCLAJES EN ACCESORIOS
- PLANO 2.9: DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA
- PLANO 3.1: RED DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.2: RED Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.3: DIAGRAMA DE FLUJO DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.4: MODELACIÓN INICIAL DE LA RED DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.5: MODELACIÓN FINAL DE LA RED DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.6: PERFILES LONGITUDINALES DE ALCANTARILLADO
- PLANO 3.7: DETALLES DE BUZONES
- PLANO 3.8: DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO

Para la instalación de la Caja y Losa Termoplástica tomar en consideración lo siguiente:



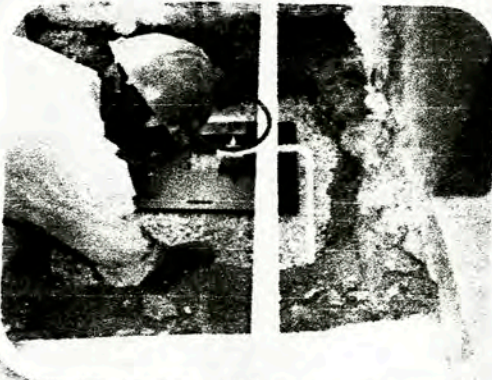
1. Realizar la excavación de la zanja a una profundidad aproximada de 30 cms del nivel de vereda



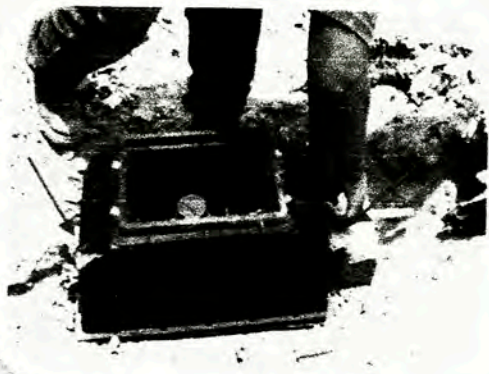
2. Afimar el terreno previo a la colocación de la Losa



3. Verificar el nivel de la Caja con referencia a la vereda



4. Previo a la instalación de la batería y con la ayuda de un nivel de burbujas verificar la horizontalidad de la Losa para luego proceder a la instalación.



5. Una vez instalada la batería colocar la Caja protegiendo el arco de pase de la tubería para evitar el filtrado de materiales.



6. Enterrar la Caja y Losa Termoplástica dejando de 10 a 15cm aproximadamente para vaciar el concreto.



7. Luego de vaciar el concreto alisarlo.



8. Finalmente, previa a la colocación de la Tapa limpiar la superficie interna del marco, retirando resto de concreto u otros elementos .



9. Dejar fraguar el concreto sin manipular la Tapa 24 horas.



Fuente: Catálogo de productos CONCYSSA.

### ANEXO 3

## INSTALACIÓN DE CAJA Y LOSA TERMOPLÁSTICA EN CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE



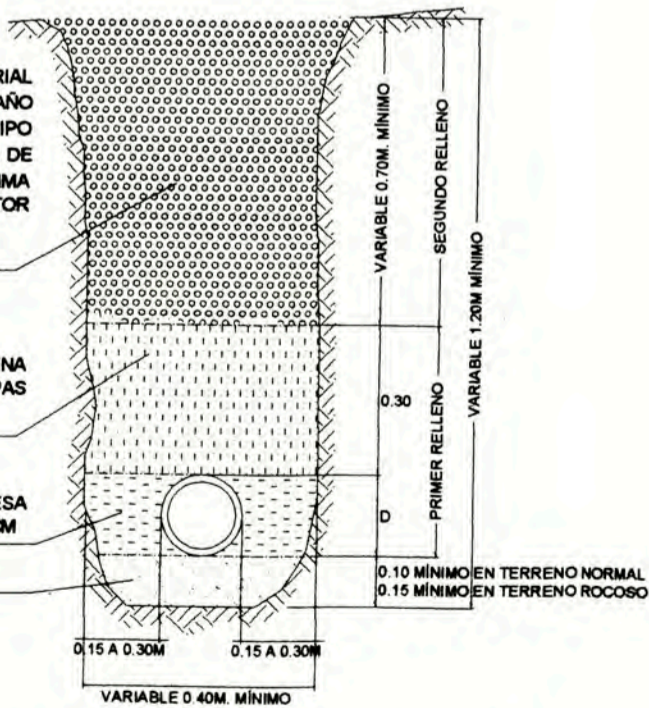


RELLENO SUPERIOR CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO DE TAMAÑO MÁXIMO 3" COMPACTADO CON EQUIPO MECÁNICO EN CAPAS DE 15 CM. GRADO DE COMPACTACIÓN 95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA DEL PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557.  
01 ENSAYO CADA 50M COMO MÍNIMO

RELLENO INTERMEDIO CON ARENA GRUESA COMPACTADO MANUAL EN CAPAS DE 15 CM

RELLENO LATERAL CON ARENA GRUESA COMPACTADO MANUAL EN CAPAS DE 15 CM

CAMA DE APOYO CON ARENA GRUESA



DETALLE DE EXCAVACION Y RELLENO

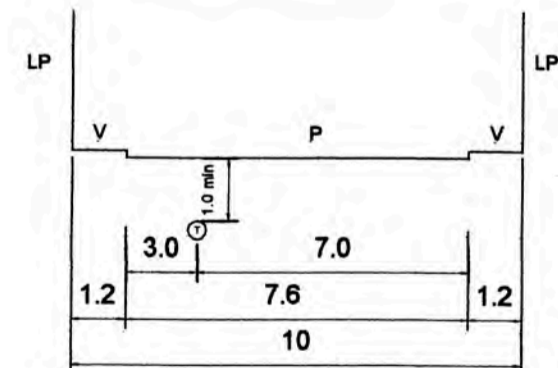
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PRODUCTO	NORMA TÉCNICA
TUBOS DE POLICLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO PVC-U UF C-7.5	NTP ISO 1452:2011
ANILLOS DE CAUCHO	NTP ISO 4633:1999

LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
---	RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
~	CURVA DE NIVEL

DESCRIPCIÓN	METRADO
RED DE DISTRIBUCION DE DN63 mm. DE PVC-UF C-7.5	817.70 m.
RED DE DISTRIBUCION DE DN90 mm. DE PVC-UF C-7.5	228.75 m.
RED DE DISTRIBUCION DE DN110 mm. DE PVC-UF C-7.5	46.90 m.
LONGITUD TOTAL RED DE PVC-UF C-7.5	1,093.35 m.



SECCION VIAL

**EMAPA HUARAL S.A.**

PROYECTO: INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO FOBLADO EL PINAR

PLANO N°: 2.1

RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

UBICACIÓN: REGIÓN : LIMA, PROVINCIA: HUARAL, DISTRITO : HUARAL

DISEÑO: Oscar Vivanco Rey, DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS

ESCALA: 1:1,000

FECHA: SETIEMBRE 2013

DISEÑADOR: O. Vivanco

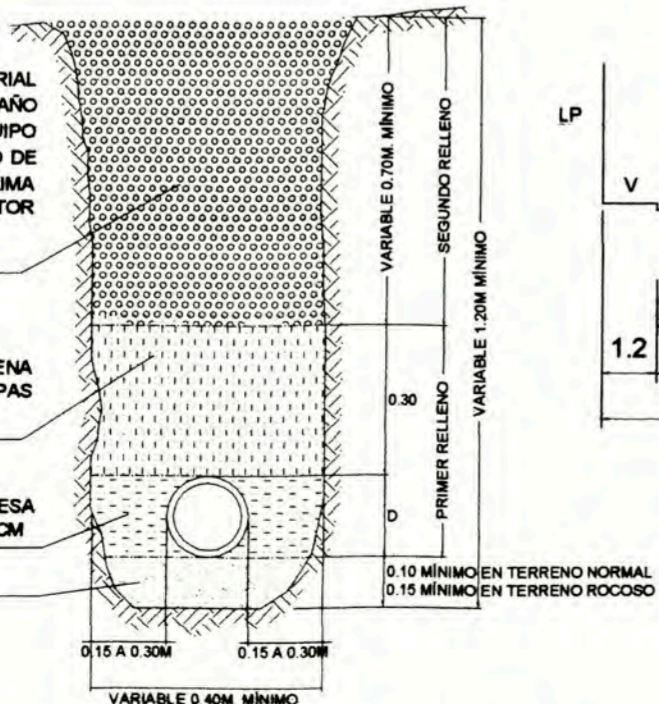


RELLENO SUPERIOR CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO DE TAMAÑO MÁXIMO 3" COMPACTADO CON EQUIPO MECÁNICO EN CAPAS DE 15 CM. GRADO DE COMPACTACIÓN 95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA DEL PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557.  
01 ENSAYO CADA 50M COMO MÍNIMO

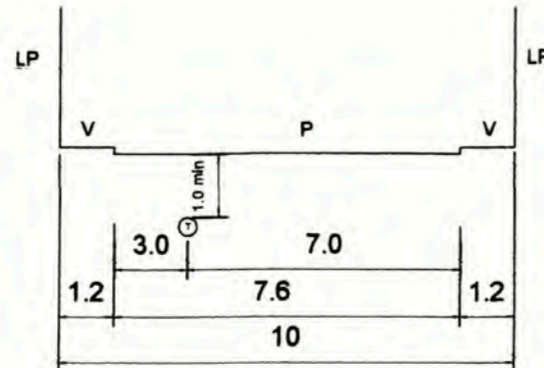
RELLENO INTERMEDIO CON ARENA GRUESA COMPACTADO MANUAL EN CAPAS DE 15 CM

RELLENO LATERAL CON ARENA GRUESA COMPACTADO MANUAL EN CAPAS DE 15 CM

CAMA DE APOYO CON ARENA GRUESA



DETALLE DE EXCAVACION Y RELLENO



SECCION VIAL

DESCRIPCIÓN	METRADO
CONEXIONES DE AGUA DE DN $\frac{1}{2}$ " DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	200 Und.

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA
	CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA
	CURVA DE NIVEL

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MATERIAL	NORMA TÉCNICA
TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD DN 20MM (1/2") PN 16 BAR COLOR NEGRO	NTP ISO 4427:2008
VALVULAS DE PASO, BATERIA COMPLETA TERMOPLÁSTICAS DE PVC-U	NTP 399.034:2007
ABRAZADERAS PARA CONEXIONES DE POLIPROPILENO COLOR NEGRO	ISO 14236
VALVULAS DE TOMA (CORPORATION) DE POLIPROPILENO COLOR NEGRO	ISO 14236
CAJA PORTAMEDIDOR DE CONCRETO	NTP 334.081:1999
MARCO Y TAPA TERMOPLÁSTICA DE POLIPROPILENO RANDOM COLOR NEGRO	NTP 399.164:2005
CODO DE DN1/2"x90° DE POLIPROPILENO A COMPRESION Y ROSCA MACHO	ISO 14236

**EMAPA HUARAL S.A.**

PROYECTO: **INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR**

RED Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE

UBICACION: **REGIÓN : LIMA  
PROVINCIA: HUARAL  
DISTRITO : HUARAL**

DISEÑO: **Oscar Vivanco Rey  
DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS**

PLANO Nº: **2.2**

ESCALA: **1:1,000**

FECHA: **SEPTIEMBRE 2015**

PROYECTISTA: **O. Vivanco**




ACCESORIO	METRADO
CODO DE DN63 mm.x 45° DE PVC-UF C-10	01
CODO DE DN90 mm.x 45° DE PVC-UF C-10	01
REDUCCION DE DN90 mm. A 63mm. DE PVC-UF C-10	01
REDUCCION DE DN110 mm. A 90mm. DE PVC-UF C-10	02
TAPÓN DE DN63 mm. DE PVC-UF C-10	01
TEE DE DN110 mm. X 90 mm. DE PVC-UF C-10	01
TEE DE DN90MM.X63MM. PVC-U UF C-10	02
TEE DE DN63MM.X63MM. PVC-U UF C-10	07
VÁLVULA COMPUERTA DE DN63MM. DE HIERRO DUCTIL	06
VÁLVULA COMPUERTA DE DN90MM. DE HIERRO DUCTIL	01
VÁLVULA COMPUERTA DE 110MM. DE HIERRO DUCTIL	01

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

MATERIAL	NORMA TÉCNICA
ACCESORIOS DE POLICLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO PVC-U UF	NTP ISO 1452:2011
ANILLOS DE CAUCHO	NTP ISO 4633:1999
VÁLVULAS COMPUERTA	NTP ISO 7259:1998

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
---	RED DE DISTRIBUCION DE AGUA
○	VÁLVULA DE COMPUERTA
— —	TAPON
⊥	TEE
↘	CODO DE 45°
⊥	CODO DE 90°
▲	REDUCCION
100	CURVA DE NIVEL

 <b>EMAPA HUARAL S.A.</b>	
PROYECTO: INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR	PLANO N°: <b>2.3</b>
ACCESORIOS DE AGUA POTABLE	
UBICACION: REGIÓN : LIMA PROVINCIA: HUARAL DISTRITO : HUARAL	DISERNO: Oscar Vivanco Rey DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS
ESCALA: 1:1,000	FECHA: SEPTIEMBRE 2013
DISEÑADO: O. Vivanco	

8'729,900 N

8'729,800 N

8'729,700 N

258,600 E

258,700 E

258,800 E

258,900 E

259,000 E



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
—	RED DE AGUA POTABLE
○	NODO
→	SENTIDO DE FLUJO
~	CURVA DE NIVEL

## EMAPA HUARAL S.A.

**PROYECTO:**  
INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS-DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR

**MODELACIÓN INICIAL DE LA RED DE AGUA POTABLE**

**UBICACIÓN:**  
REGIÓN : LIMA  
PROVINCIA: HUARAL  
DISTRITO : HUARAL

**PLANO N°:**  
2.4

**ESCALA:**  
1:750

**FECHA:**  
SEPTIEMBRE 2013

**DISEÑO:**  
Oscar Vivanco Rey  
DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS

**DISEÑO:**  
O. Vivanco





LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE AGUA POTABLE
	NODO
	SENTIDO DE FLUJO
	CURVA DE NIVEL

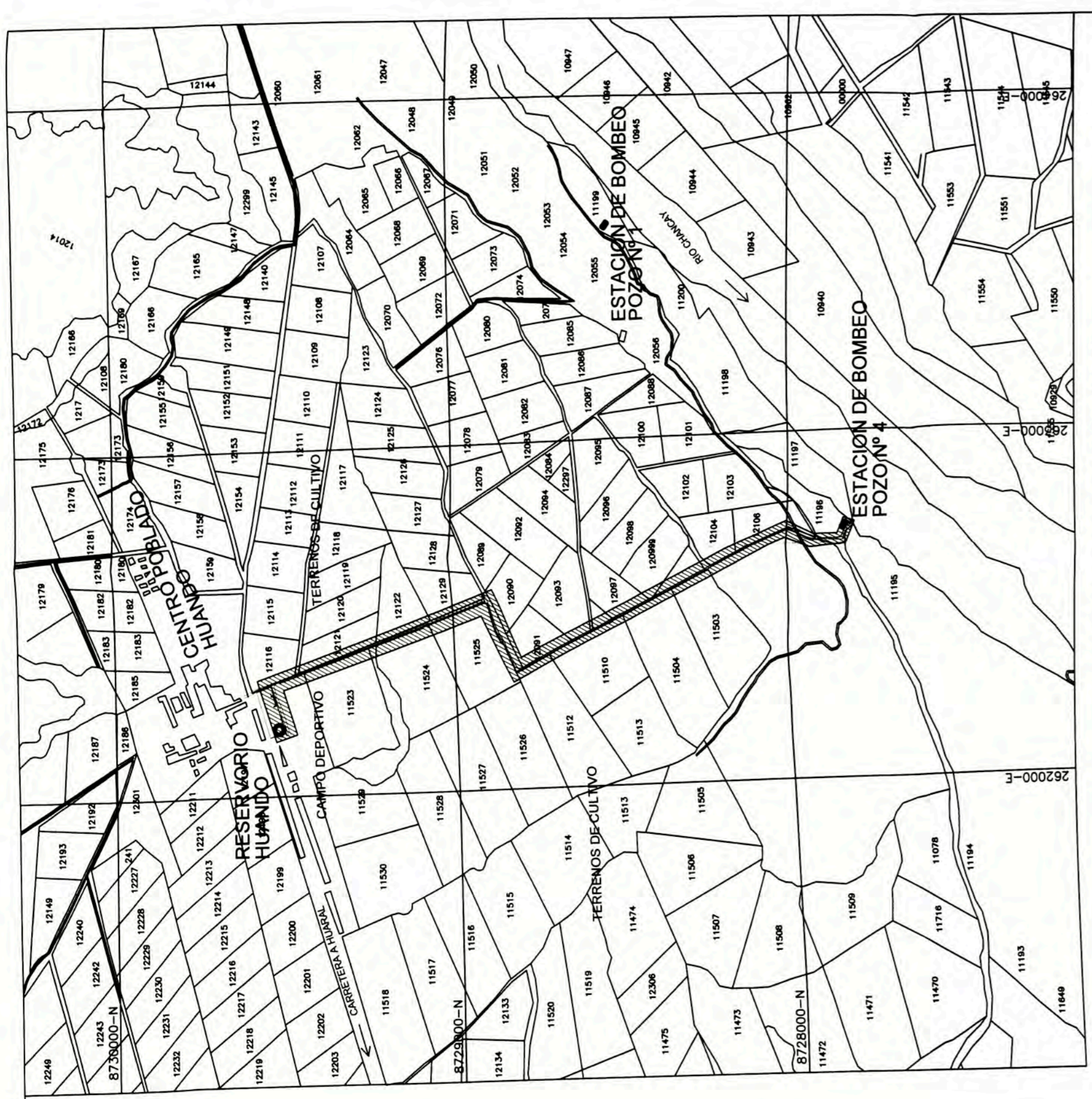
## EMAPA HUARAL S.A.

INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR

2.5

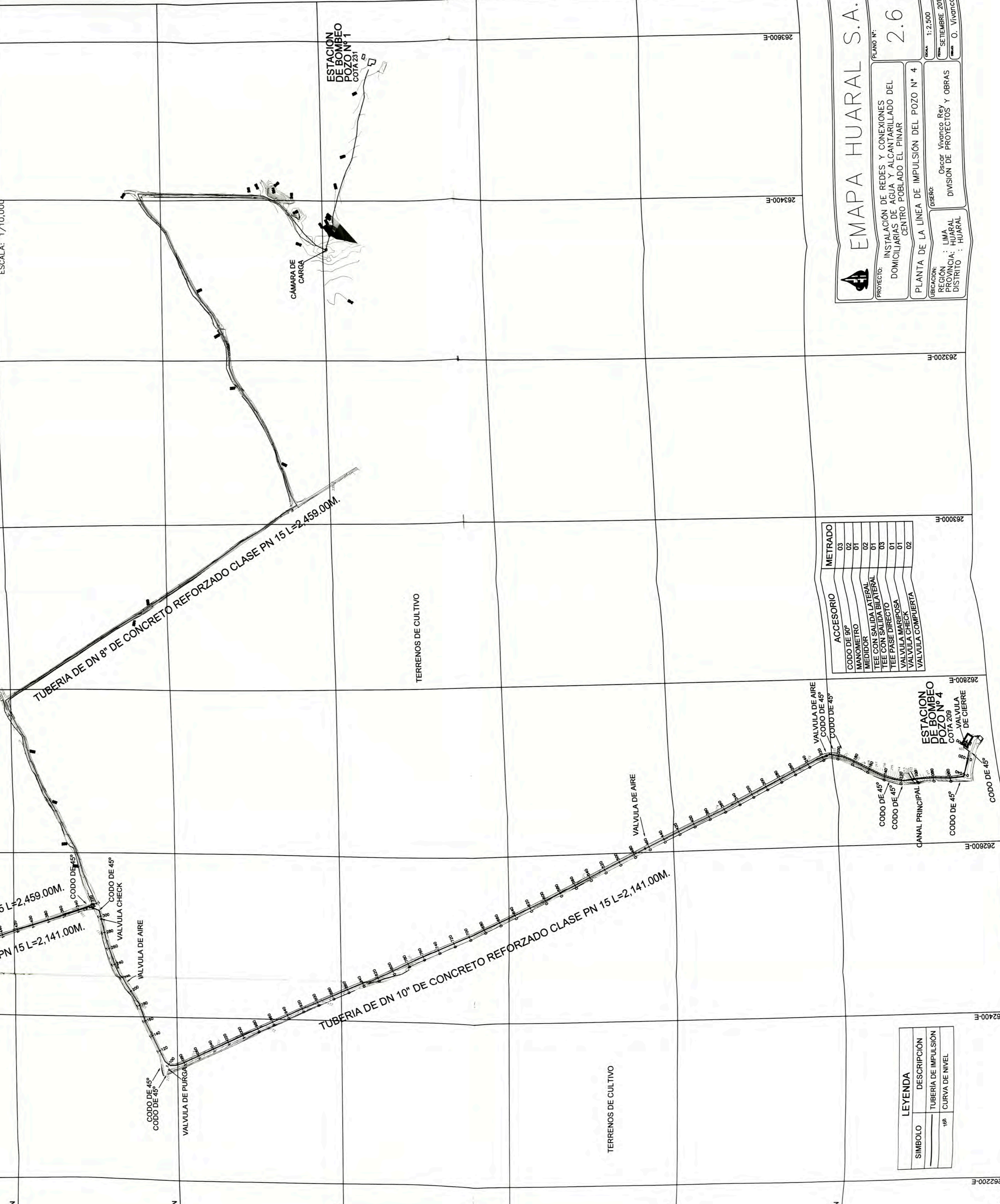
MODELACION FINAL DE LA RED DE AGUA POTABLE

UBICACION: REGIÓN : LIMA PROVINCIA: HUARAL DISTRITO : HUARAL	DISEÑO: Oscar Vivanco Rey DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS
ESCALA: 1:750	FECHA: SETIEMBRE 2013 DISEÑO: O. Vivanco



PLANO DE UBICACION

ESCALA: 1/10,000



ACCESORIO	METRADO
CODO DE 90°	03
MANOMETRO	02
MEIDOR	01
TEE CON SALIDA LATERAL	02
TEE CON SALIDA BILATERAL	01
TEE CON PASO DIRECTO	03
TEE CON PASO DIRECTO	01
VALVULA MARISSA	01
VALVULA CHECK	01
VALVULA COMPUERTA	02

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TUBERIA DE IMPULSION
	CURVA DE NIVEL

**EMAPA HUARAL S.A.**

PROYECTO: INSTALACION DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR

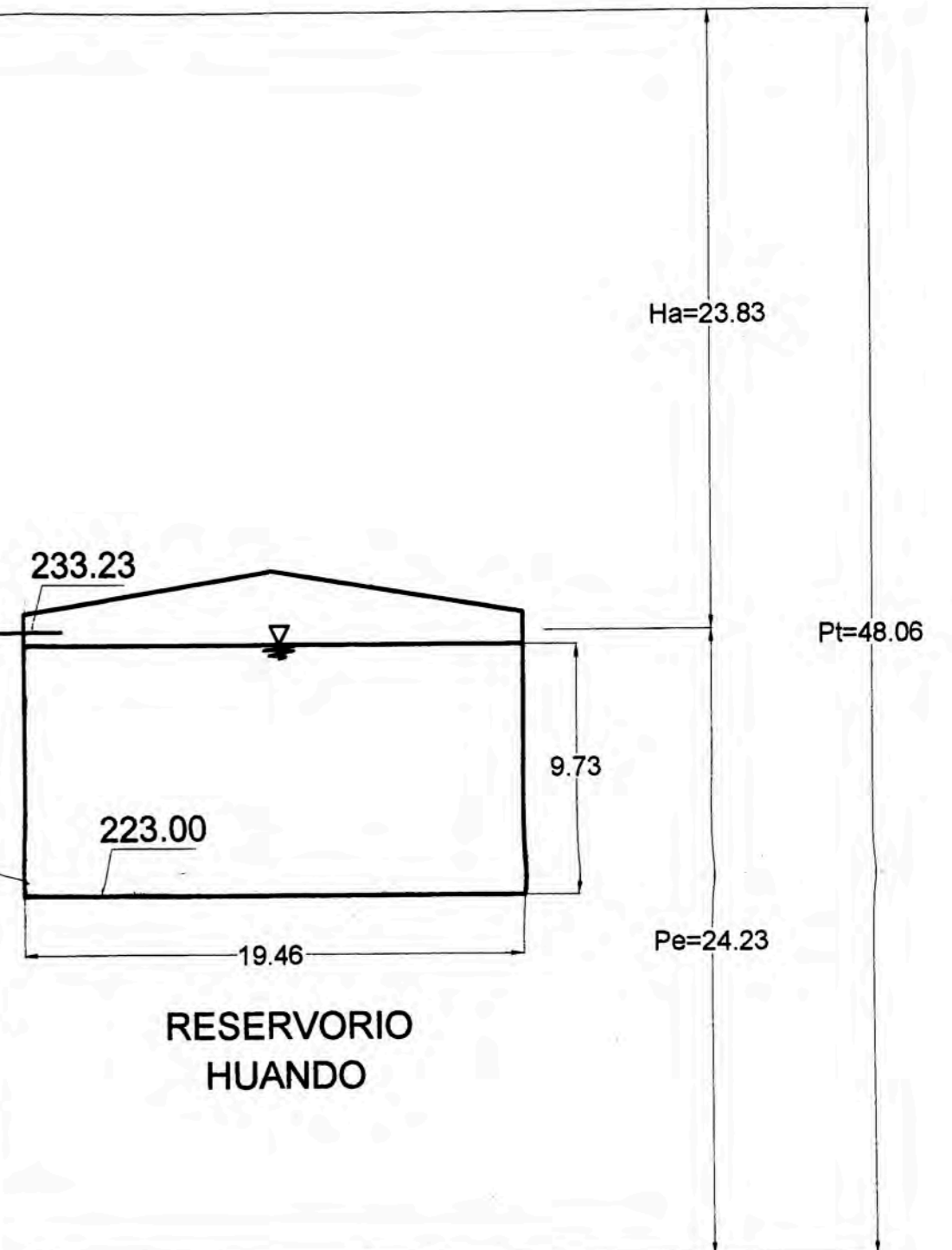
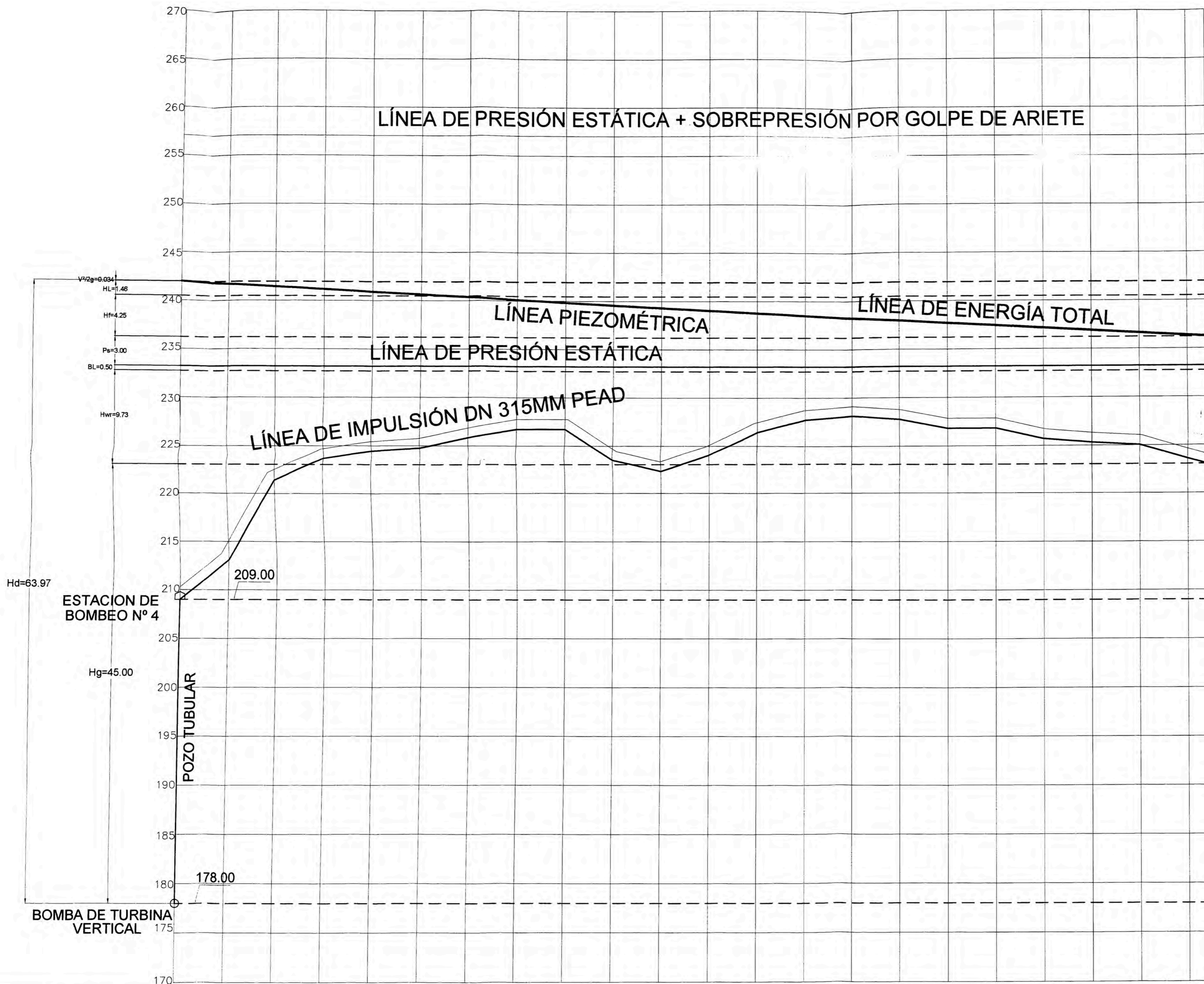
PLANTA DE LA LINEA DE IMPULSION DEL POZO N° 4

REGION: LIMA  
PROVINCIA: HUARAL  
DISTRITO: HUARAL

PREPAREDADO POR: Oscar Vivanco Rey  
DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS

PLANO N°: 2.6

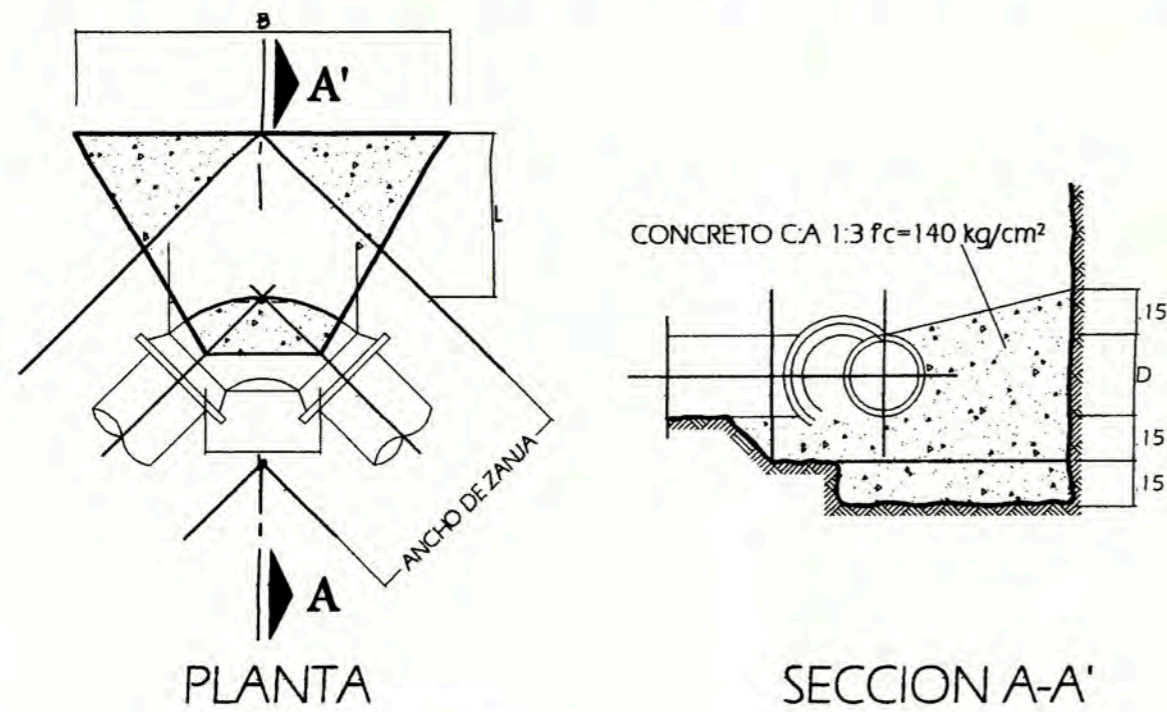
FECHA: 1:2.500  
SEPTIEMBRE 2013  
AUTOR: O. VIVANCO



COTA DE RASANTE	209.00	212.67	221.50	223.41	224.10	224.44	225.23	225.89	225.71	224.35	222.41	224.63	226.24	227.53	227.79	227.59	226.91	226.86	226.21	225.43	225.09	223.43	223.00
PROGRESIVA	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	1+100	1+200	1+300	1+400	1+500	1+600	1+700	1+800	1+900	2+000	2+100	2+140

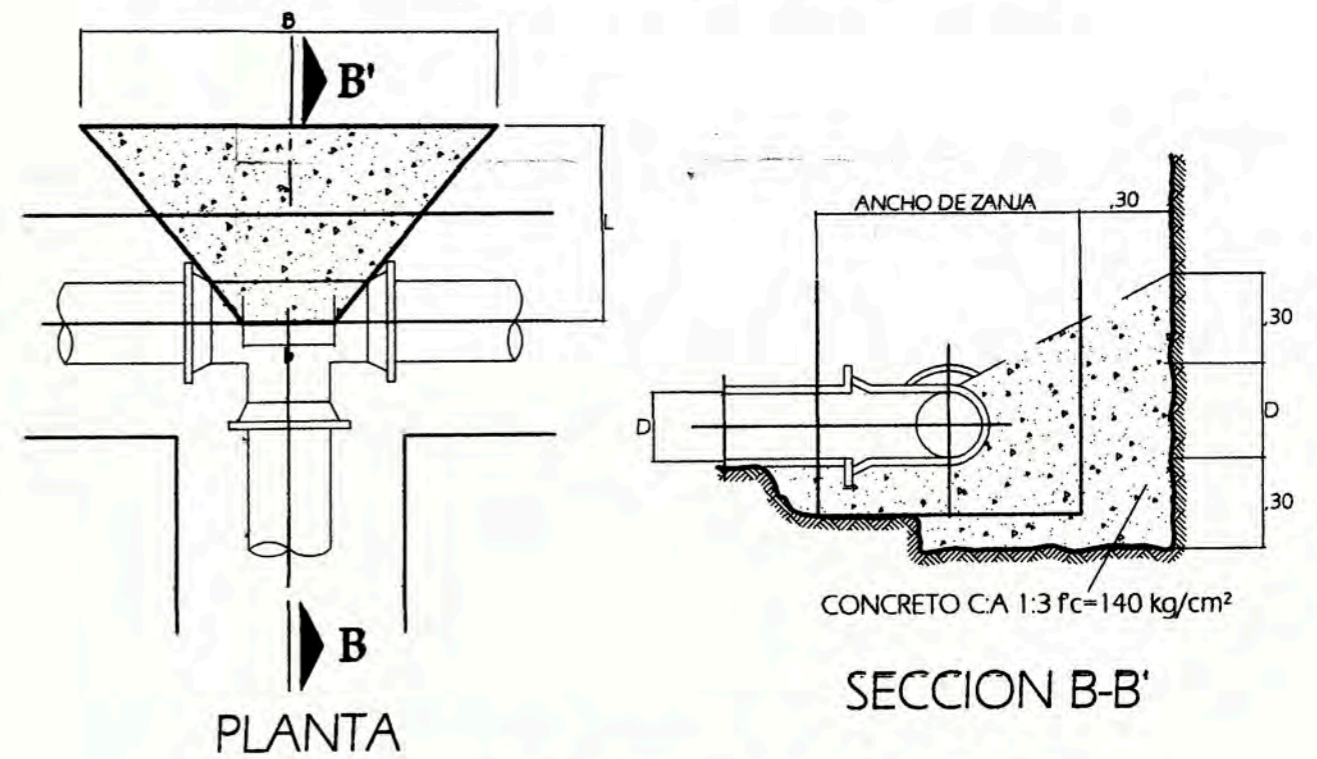
<b>EMAPA HUARAL S.A.</b>	
PROYECTO: INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR	PLANO N°: <b>2.7</b>
PERFIL LONGITUDINAL DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN DEL POZO N° 4	
UBICACIÓN: REGIÓN : LIMA PROVINCIA: HUARAL DISTRITO : HUARAL	DISEÑO: Oscar Vivanco Rey DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS
<small>ESCALA: H= 1:5,000 V= 1:250</small> <small>FECHA: SETIEMBRE 2013</small> <small>PROYECTO: O. Vivanco</small>	

### BLOQUE DE ANCLAJE PARA CODOS DE 45° Y 90°

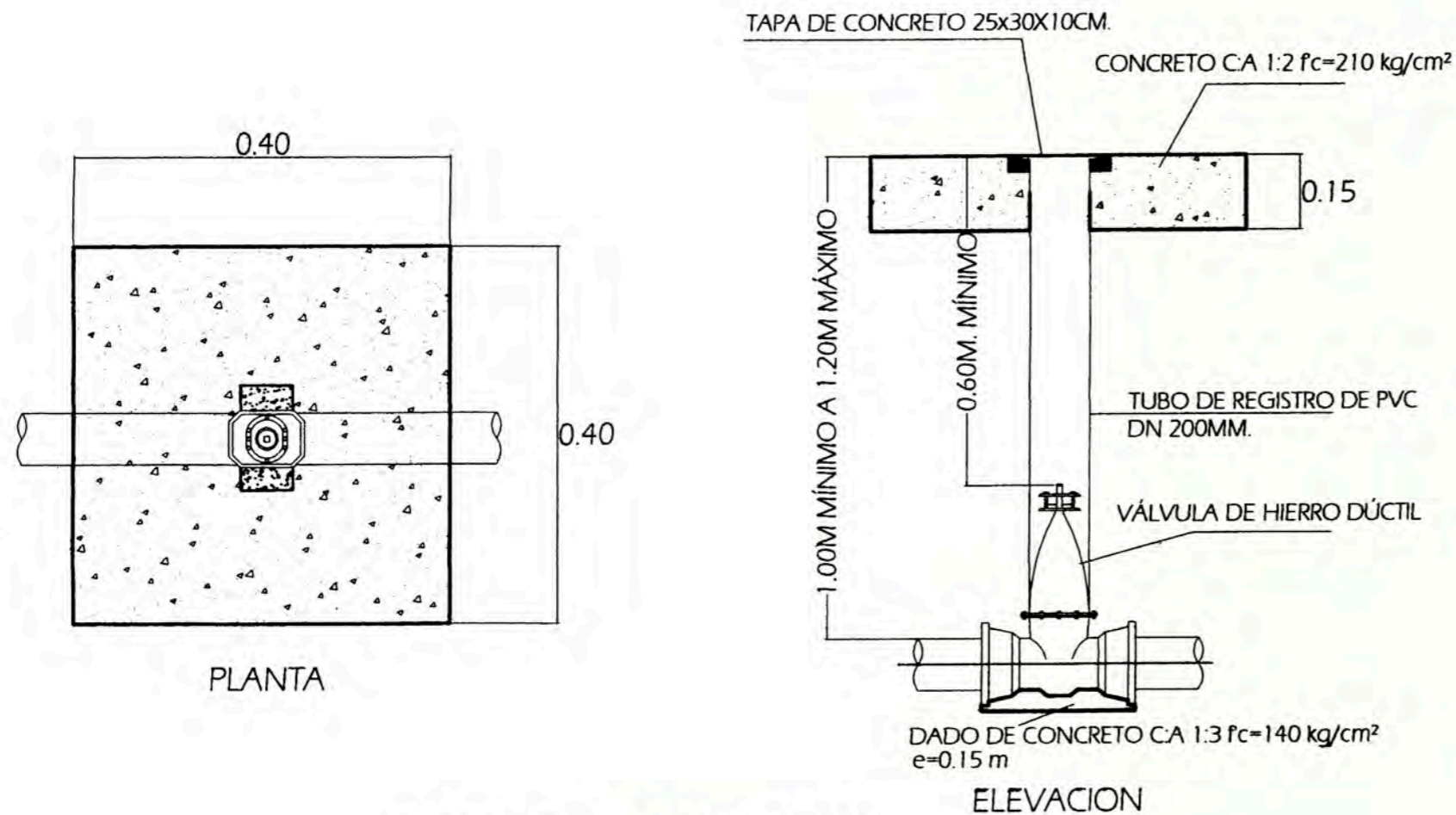


D	L (m)	B (m)	b (m)
63	0.20	0.75	0.25
90	0.25	0.80	0.30

### BLOQUE DE ANCLAJE PARA TEE Y TAPON



D	h (m)	L (m)	B (m)	b (m)
63	0.35	0.25	0.75	0.25
90	0.40	0.30	0.80	0.30



VALVULA COMPUERTA  
ESC. 1:10

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

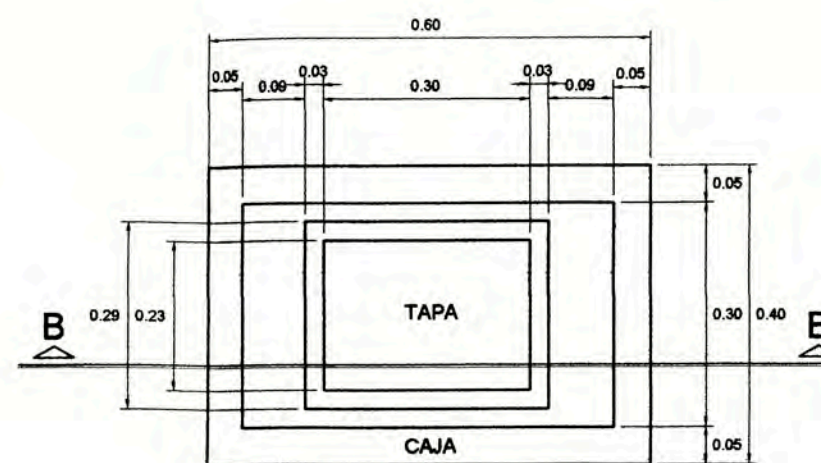
MATERIAL	NORMA TÉCNICA
VÁLVULAS COMPUERTA	NTP ISO 7259:1998
TAPA DE CONCRETO PARA VÁLVULA	NTP 350.085

## EMAPA HUARAL S.A.

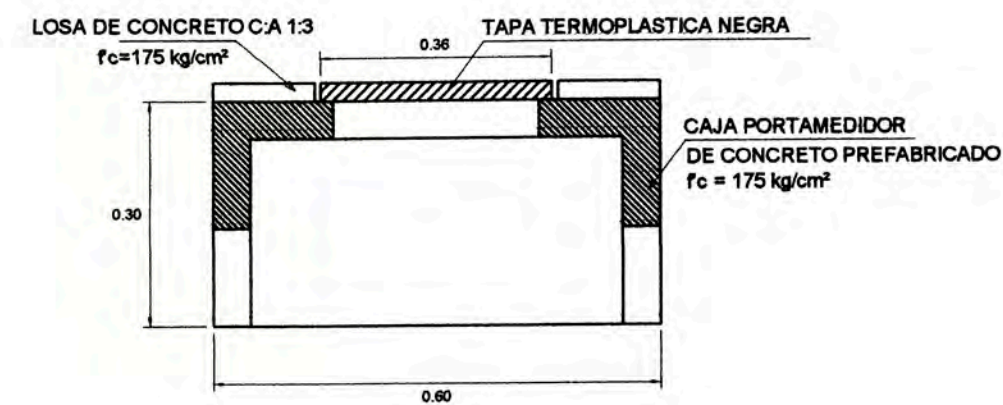
PROYECTO:	INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR	PLANO Nº:	2.8
DETALLES DE VALVULAS Y ANCLAJES EN ACCESORIOS			
UBICACION:	REGIÓN : LIMA PROVINCIA: HUARAL DISTRITO : HUARAL	DISEÑO:	Oscar Vivanco Rey DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS
			Escala: 1:25 Fecha: SETIEMBRE 2015 Diseño: O. Vivanco



**PLANTA CONEXION DOMICILIARIA DE AGUA**

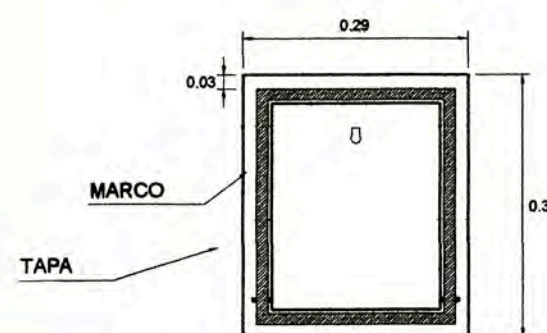


**PLANTA**



**CORTE B - B**

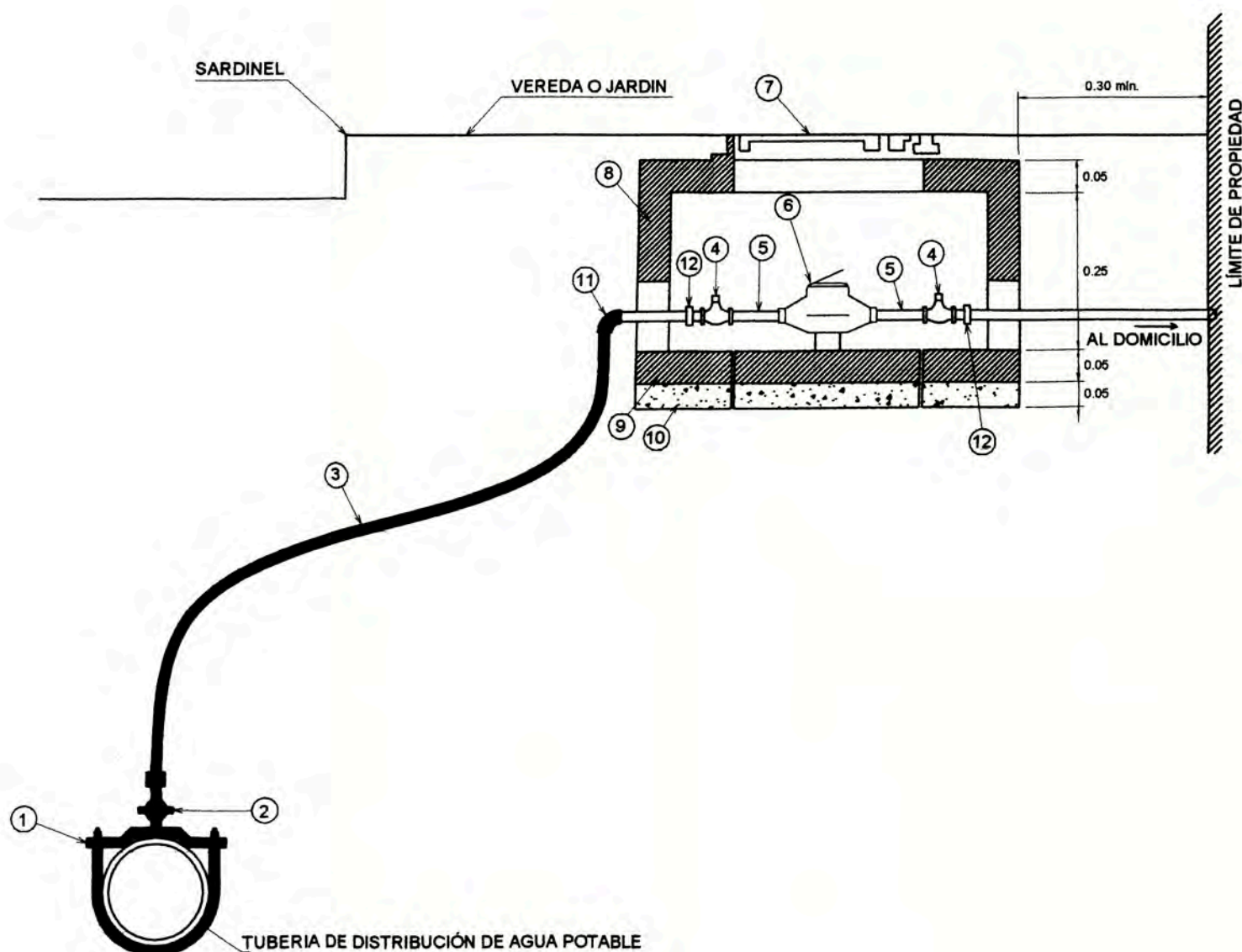
**CAJA PORTAMEDIDOR DE AGUA**



**TAPA Y MARCO TERMOPLASTICA**

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

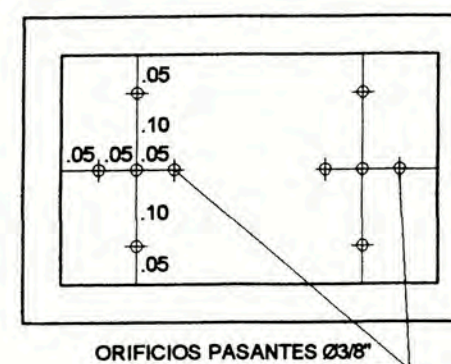
MATERIAL	NORMA TÉCNICA
TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD DN 20MM (1/2") PN 16 BAR COLOR NEGRO	NTP ISO 4427:2008
VÁLVULAS DE PASO, BATERÍA COMPLETA TERMOPLÁSTICAS DE PVC-U	NTP 399.034: 2007
ABRAZADERAS PARA CONEXIONES DE POLIPROPILENO COLOR NEGRO	ISO 14236
VÁLVULAS DE TOMA (CORPORATION) DE POLIPROPILENO COLOR NEGRO	ISO 14236
CAJA PORTAMEDIDOR DE CONCRETO	NTP 334.081:1999
MARCO Y TAPA TERMOPLÁSTICA DE POLIPROPILENO RANDOM COLOR NEGRO	NTP 399.164:2005
CODO DE DN1/2"x90° DE POLIPROPILENO A COMPRESION Y ROSCA MACHO	ISO 14236
MICROMEDIDORES DE AGUA FRÍA DE CHORRO ÚNICO	NMP 005-1:2011



**DETALLE DE CONEXION DOMICILIARIA DE AGUA**

**LEYENDA**

- 1 ABRAZADERA DE POLIPROPILENO COLOR NEGRO PN16, ISO 14236
- 2 VALVULA DE TOMA DE POLIPROPILENO CON ENTRADA ROSCADA MACHO Y SALIDA DE COMPRESION Ø1/2" PN16
- 3 TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) DE DN1/2" (20MM) PN16, PE80, SDR9,S4, NTP-ISO 4427
- 4 VALVULA DE PASO TERMOPLASTICA TIPO ESFERA DE DN1/2"
- 5 NIPLE TELESCOPICO CON TUERCA DE ACOPLA PVC-U DN1/2"
- 6 MEDIDOR DE CHORRO ÚNICO DE DN1/2"
- 7 TAPA TERMOPLASTICA DE 36X29X2.5CM.
- 8 CAJA PORTAMEDIDOR DE AGUA POTABLE DE CONCRETO PREFABRICADO
- 9 SOLADO DE CONCRETO PREFABRICADO
- 10 MATERIAL GRANULAR
- 11 CODO DE DN1/2"x90° DE POLIPROPILENO A COMPRESION Y ROSCA MACHO PN16, ISO 14236
- 12 ADAPTADOR DE DN1/2" PVC PR



**SOLADO DE CONCRETO PLANTA**

**EMAPA HUARAL S.A.**

PROYECTO:  
INSTALACION DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y  
ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR

PLANO Nº:

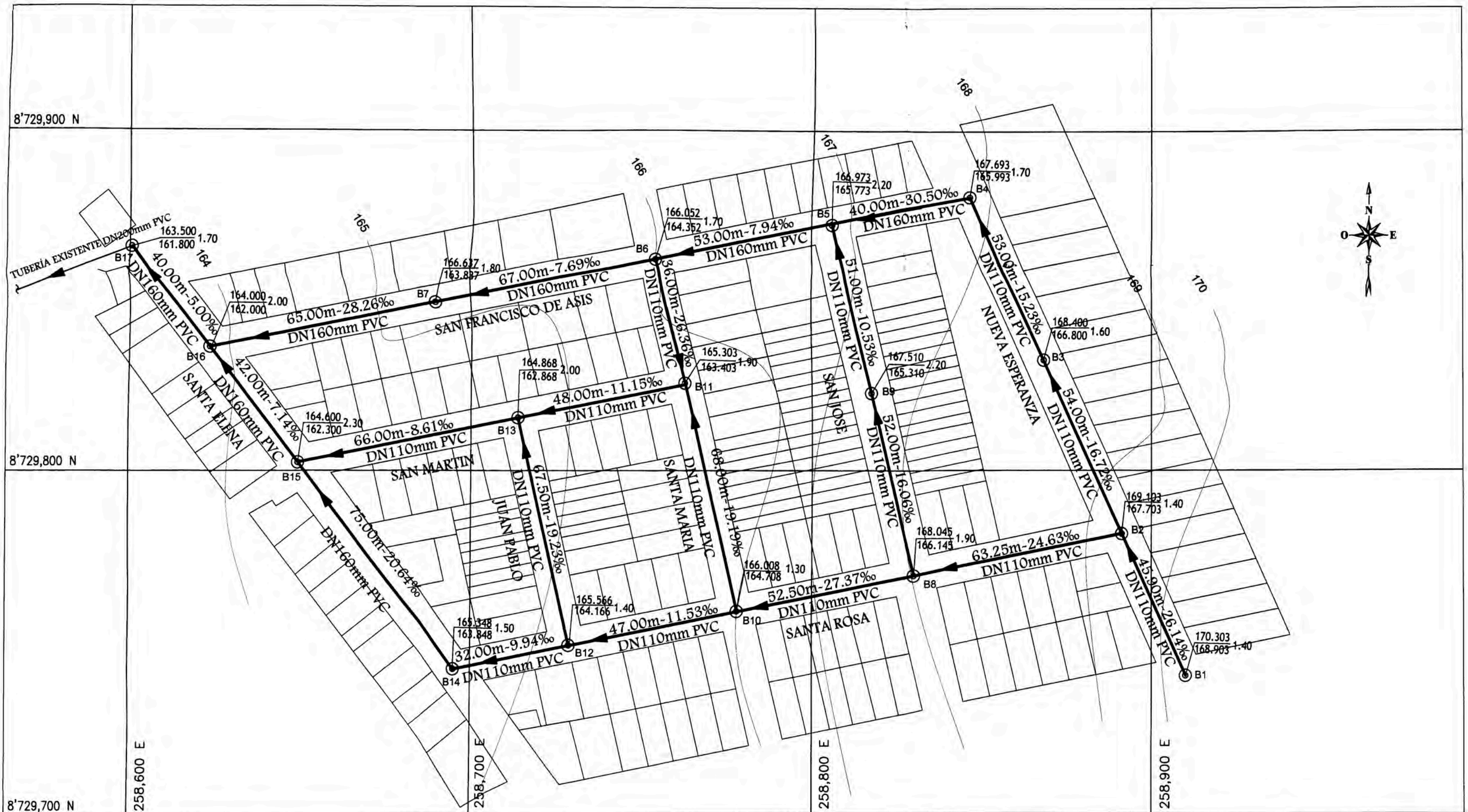
**2.9**

DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE

UBICACION:  
REGION : LIMA  
PROVINCIA: HUARAL  
DISTRITO : HUARAL

DISEÑO:  
Oscar Vivanco Rey  
DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS

ESCALA: 1:10  
FECHA: SETIEMBRE 2013  
DISEÑADOR: O. Vivanco

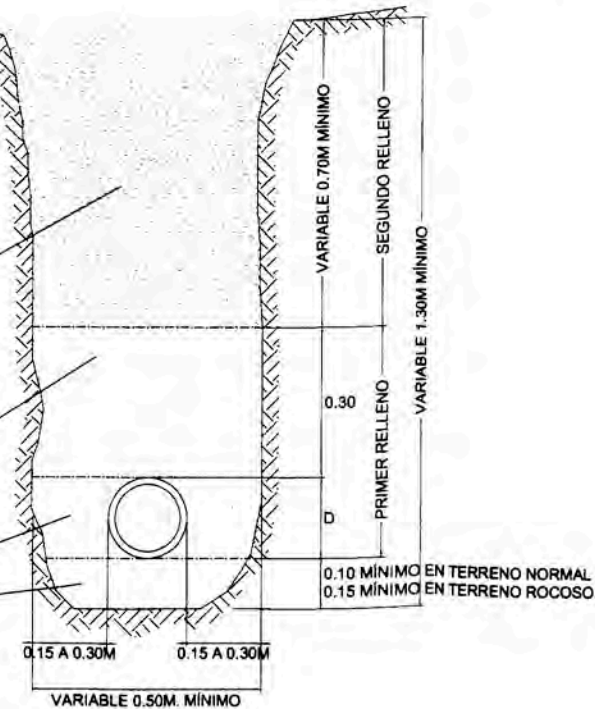


RELLENO SUPERIOR CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO DE TAMAÑO MÁXIMO 3" COMPACTADO CON EQUIPO MECÁNICO EN CAPAS DE 15 CM. GRADO DE COMPACTACIÓN 95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA DEL PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557.  
01 ENSAYO CADA 50M COMO MÍNIMO

RELLENO INTERMEDIO CON ARENA GRUESA COMPACTADO CON PISÓN MANUAL EN CAPAS DE 15 CM

RELLENO LATERAL CON ARENA GRUESA COMPACTADO MANUAL EN CAPAS DE 15 CM

CAMA DE APOYO CON ARENA GRUESA



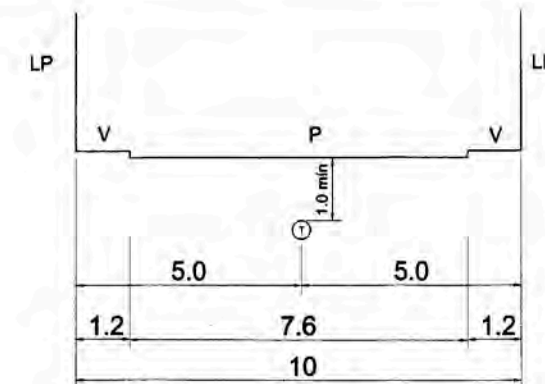
DETALLE DE EXCAVACION Y RELLENO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MATERIAL	NORMA TÉCNICA
TUBOS DE POLICLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO PVC-U UF S-25	NTP ISO 4435:2005
ANILLOS DE CAUCHO	NTP ISO 4633:1999

LEYENDA

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE ALCANTARILLADO
	BUZÓN
	SENTIDO DE FLUJO
	CURVA DE NIVEL



SECCION VIAL

DESCRIPCIÓN	METRADO
RED DE ALCANTARILLADO DE DN110 mm. PVC-U UF S-25	736.15 m.
RED DE ALCANTARILLADO DE DN160 mm. PVC-U UF S-25	382.00 m.
LONGITUD TOTAL DE RED DE PVC-U UF S-25	1,118.15 m.

**EMAPA HUARAL S.A.**

PROYECTO: INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR

PLANO N°: **3.1**

RED DE ALCANTARILLADO

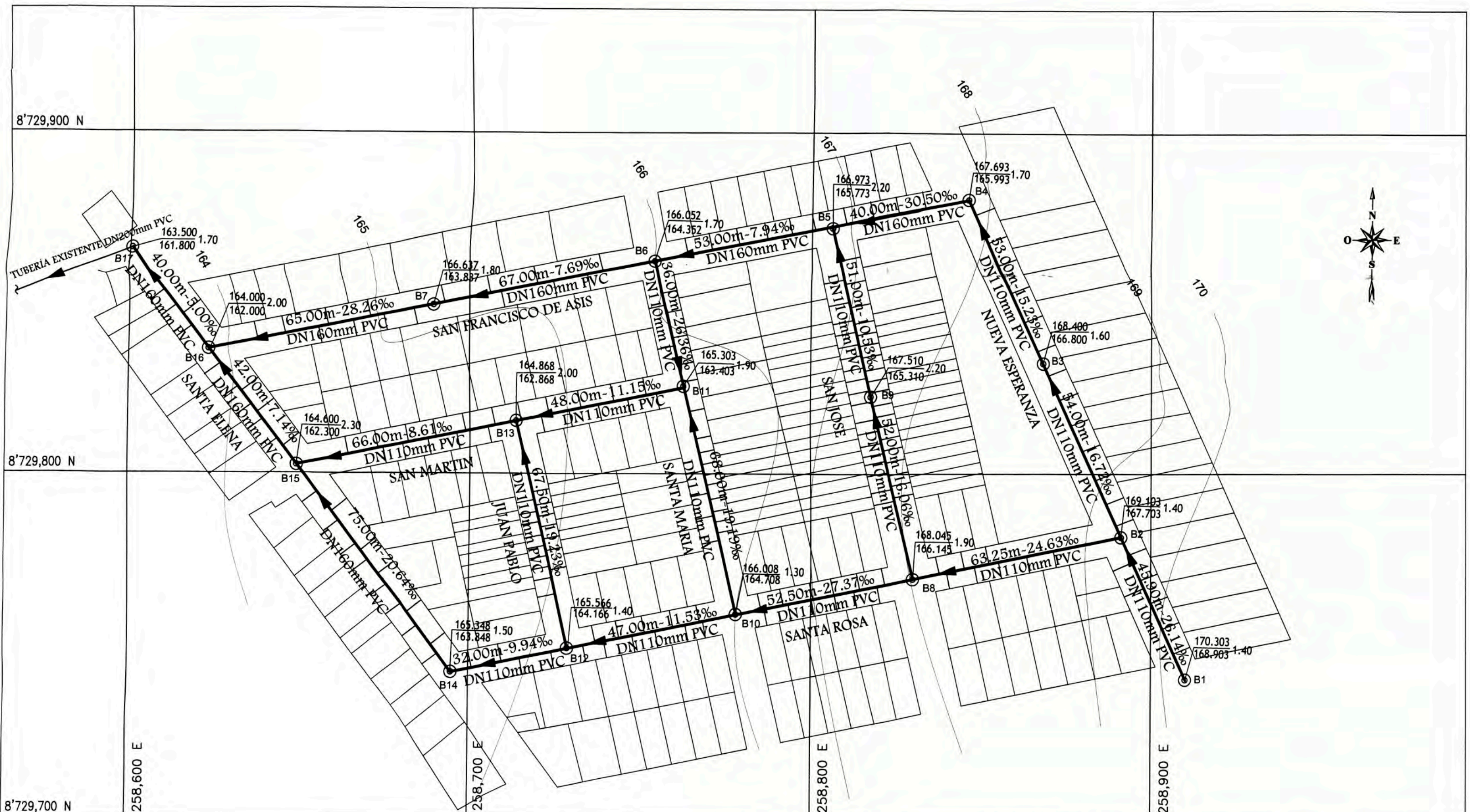
UBICACION: REGIÓN : LIMA, PROVINCIA: HUARAL, DISTRITO : HUARAL

DISEÑO: Oscar Vivanco Rey, DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS

ESCALA: 1:1,000

FECHA: SETIEMBRE 2013

DISEÑADOR: O. Vivanco

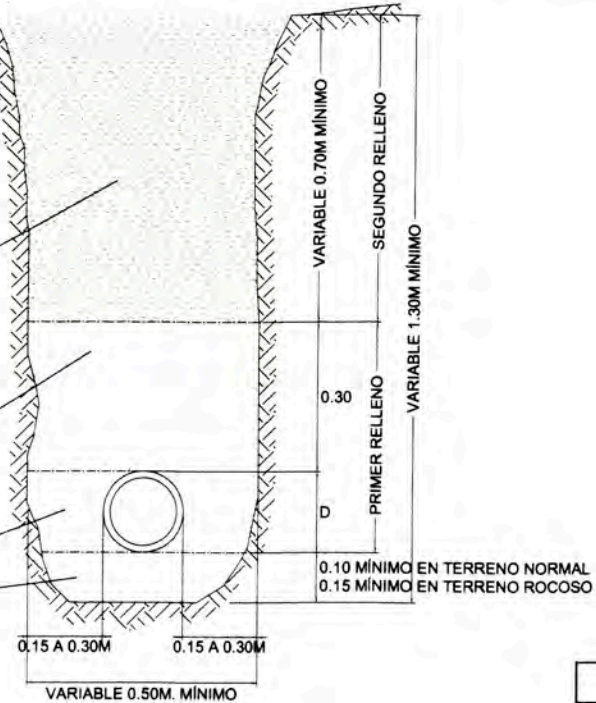


RELLENO SUPERIOR CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO DE TAMAÑO MÁXIMO 3" COMPACTADO CON EQUIPO MECÁNICO EN CAPAS DE 15 CM. GRADO DE COMPACTACIÓN 95% DE LA MÁXIMA DENSIDAD SECA DEL PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557.  
01 ENSAYO CADA 50M COMO MÍNIMO

RELLENO INTERMEDIO CON ARENA GRUESA COMPACTADO CON PISÓN MANUAL EN CAPAS DE 15 CM

RELLENO LATERAL CON ARENA GRUESA COMPACTADO MANUAL EN CAPAS DE 15 CM

CAMA DE APOYO CON ARENA GRUESA



DETALLE DE EXCAVACION Y RELLENO

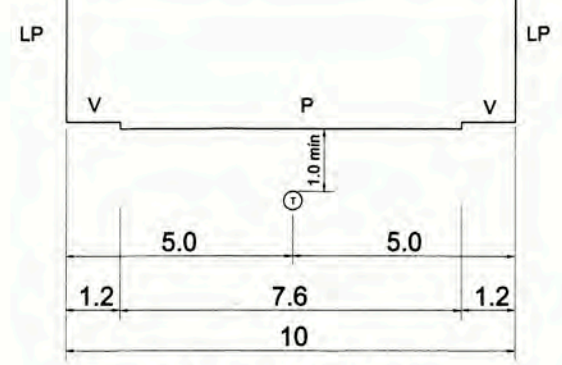
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MATERIAL	NORMA TÉCNICA
TUBOS DE POLICLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO PVC-U UF S-25	NTP ISO 4435:2005
TAPAS DE CONCRETO ARMADO PARA CAJAS DE REGISTRO	NTP 350.085:1997
CAJA PREFABRICADA DE CONCRETO PARA REGISTRO	NTP 334.081:1999
CODO CACHIMBA DE POLICLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO PVC-U UF S-25	NTP ISO 4435:1998
ANILLOS DE CAUCHO	NTP ISO 4633:1999

LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE ALCANTARILLADO
	CONEXIÓN DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO
	BUZÓN
	SENTIDO DE FLUJO
	CURVA DE NIVEL

DESCRIPCIÓN	METRADO
CONEXIONES DE ALCANTARILLADO DE DN110 mm. PVC-U UF S-25	200 Und.



SECCION VIAL

**EMAPA HUARAL S.A.**

PROYECTO: **INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR**

PLANO N°: **3.2**

RED Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO

UBICACION: **REGIÓN : LIMA  
PROVINCIA: HUARAL  
DISTRITO : HUARAL**

DISEÑO: **Oscar Vivanco Rey  
DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS**

Escala: **1:1,000**  
Fecha: **SEPTIEMBRE 2013**  
Dibujante: **O. Vivanco**



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE ALCANTARILLADO
	BUZÓN
	SENTIDO DE FLUJO
	CURVA DE NIVEL

<b>EMAPA HUARAL S.A.</b>	
PROYECTO: INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR	PLANO N°: <b>3.3</b>
DIAGRAMA DE FLUJO DE ALCANTARILLADO	
UBICACION: REGIÓN : LIMA PROVINCIA: HUARAL DISTRITO : HUARAL	DISEÑO: Oscar Vivanco Rey DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS
<small>ESCALA: 1:1,000</small> <small>FECHA: SEPTIEMBRE 2013</small> <small>ELABORADO: O. Vivanco</small>	



8'729,900 N

8'729,800 N

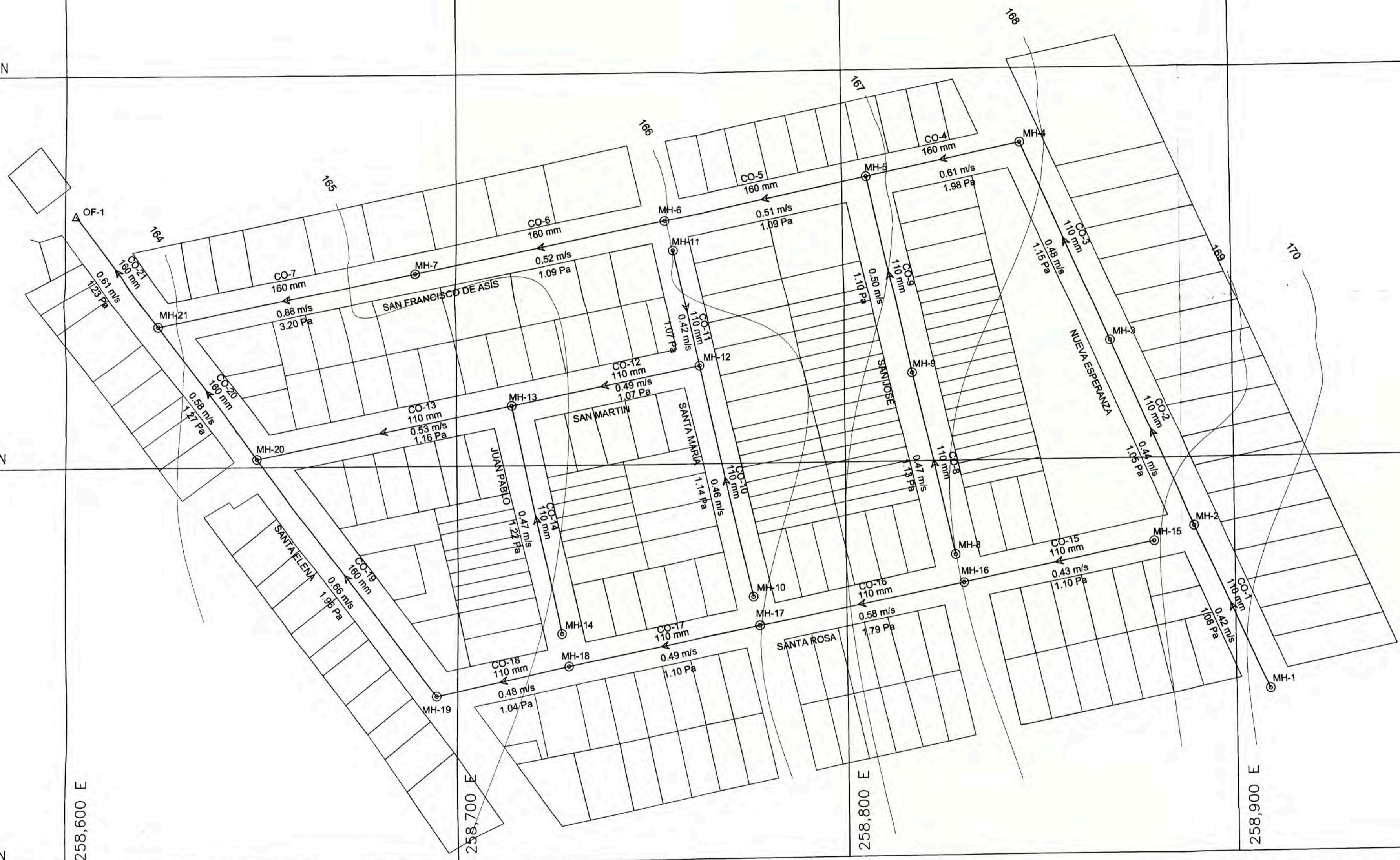
8'729,700 N

258,600 E

258,700 E

258,800 E

258,900 E



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE ALCANTARILLADO
	BUZÓN
	SENTIDO DE FLUJO
	CURVA DE NIVEL

		<b>EMAPA HUARAL S.A.</b>	
PROYECTO: INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR		PLANO Nº: <b>3.4</b>	
MODELACIÓN INICIAL DE LA RED DE ALCANTARILLADO			
UBICACION: REGIÓN : LIMA PROVINCIA: HUARAL DISTRITO : HUARAL	DISEÑO: Oscar Vivanco Rey DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS		ESCALA: 1:750 FECHA: SEPTIEMBRE 2013 DISEÑADO: O. Vivanco

8'729,900 N

8'729,800 N

8'729,700 N

258,600 E

258,700 E

258,800 E

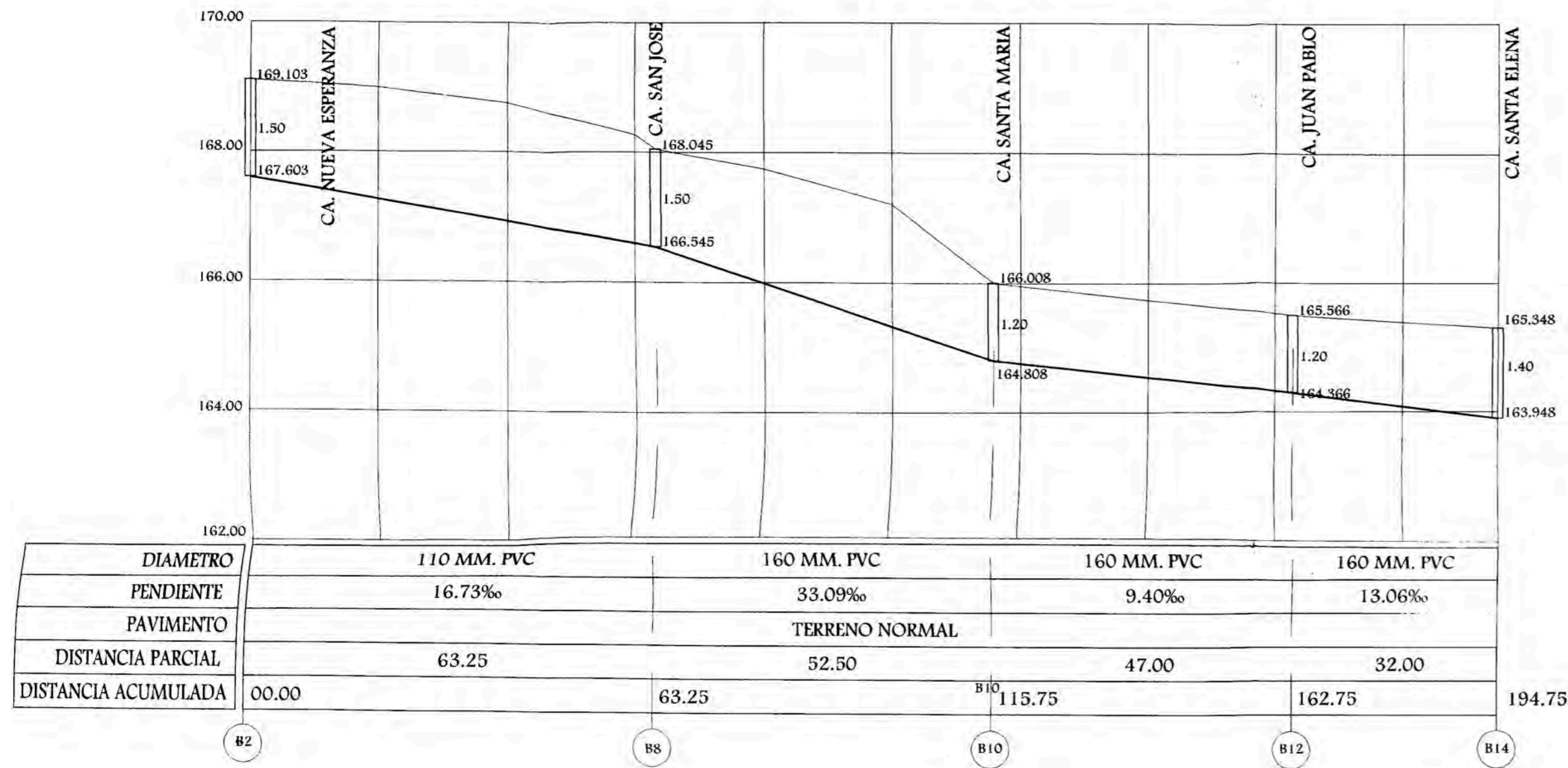
258,900 E



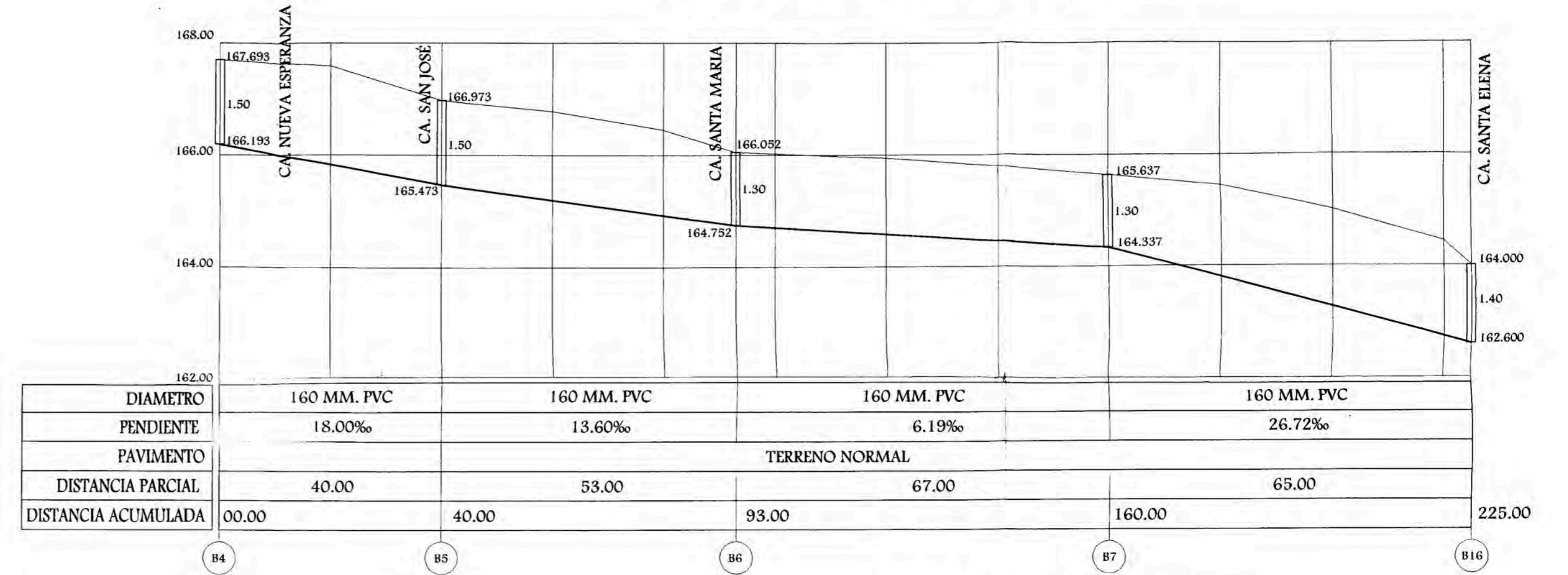
LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE ALCANTARILLADO
	BUZÓN
	SENTIDO DE FLUJO
	CURVA DE NIVEL

		<b>EMAPA HUARAL S.A.</b>	
PROYECTO: INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR		PLANO N°: <b>3.5</b>	
MODELACIÓN FINAL DE LA RED DE ALCANTARILLADO			
UBICACION: REGIÓN : LIMA PROVINCIA : HUARAL DISTRITO : HUARAL		DISEÑO: Oscar Vivanco Rey DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS	
		Escala: 1:750	
		Fecha: SETIEMBRE 2013	
		Dibujó: O. Vivanco	

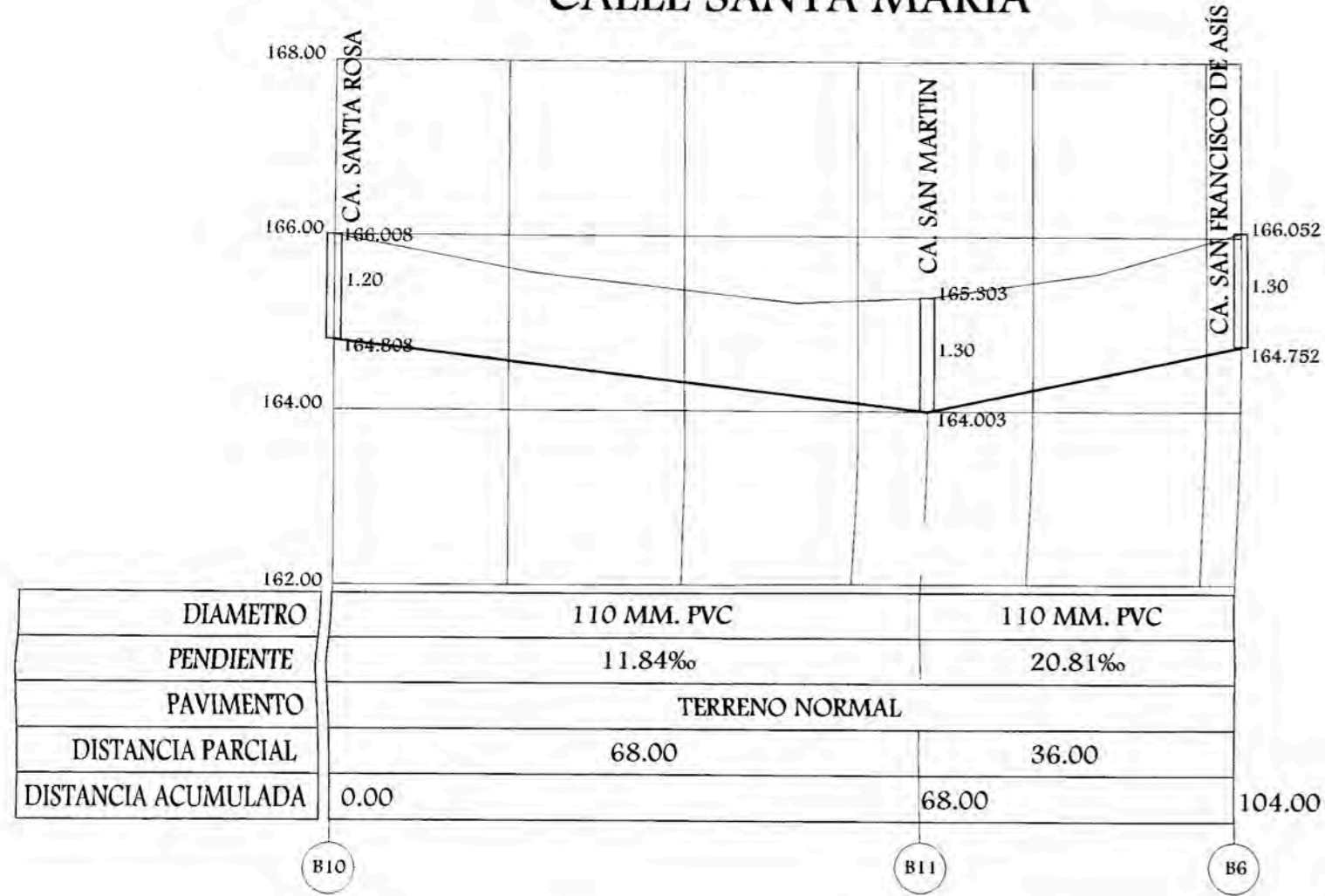
### CALLE SANTA ROSA



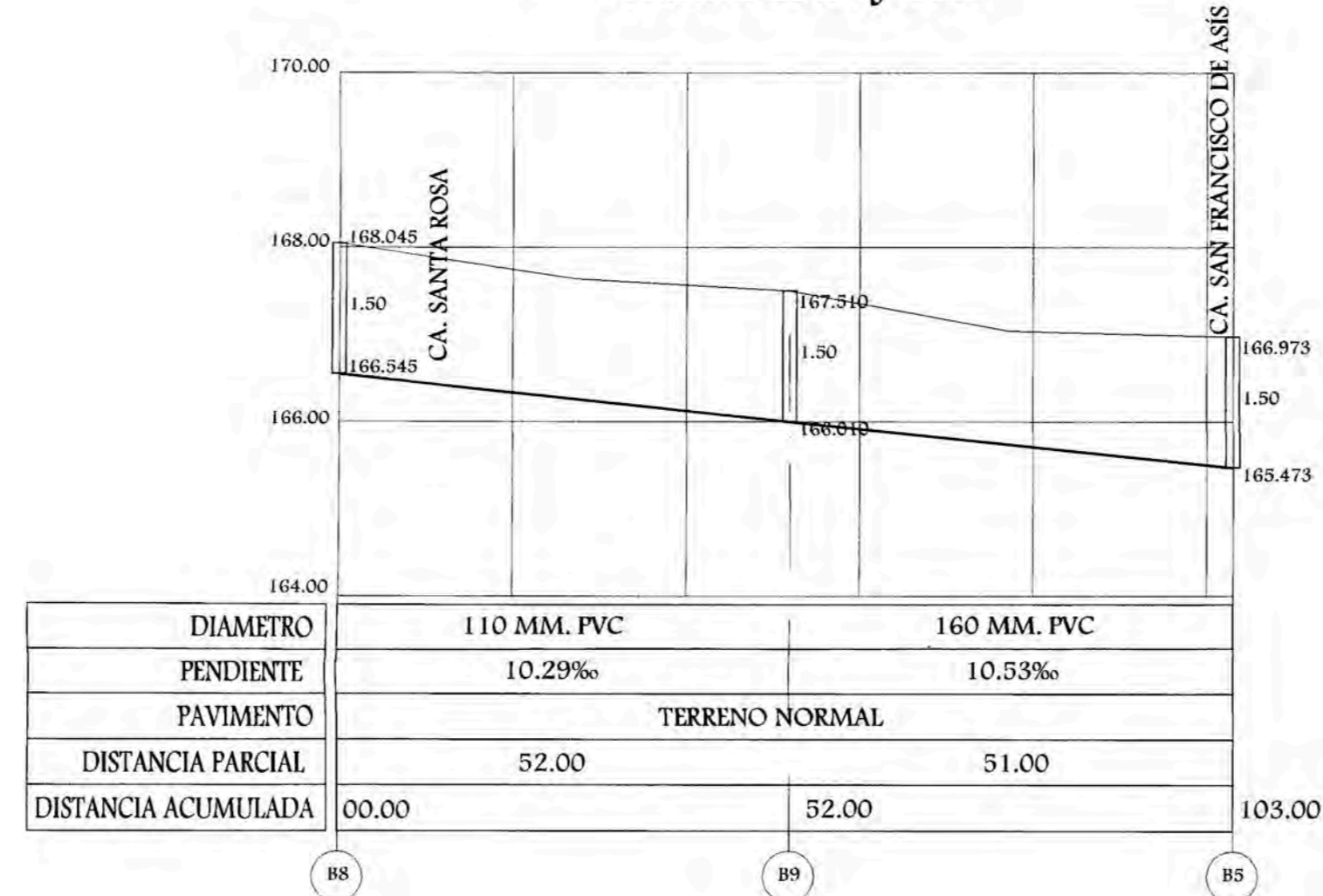
### CALLE SAN FRANCISCO DE ASÍ



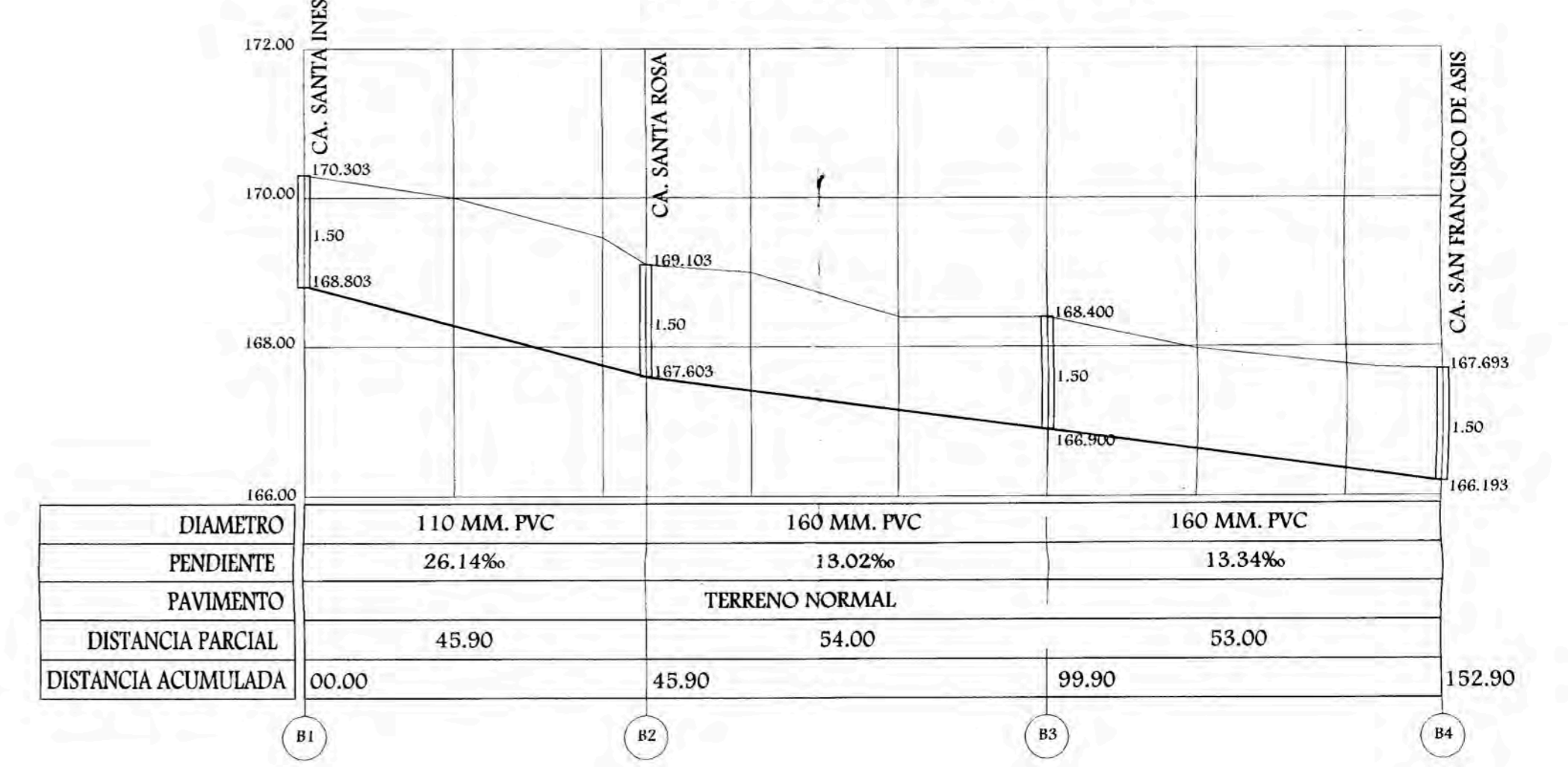
### CALLE SANTA MARÍA



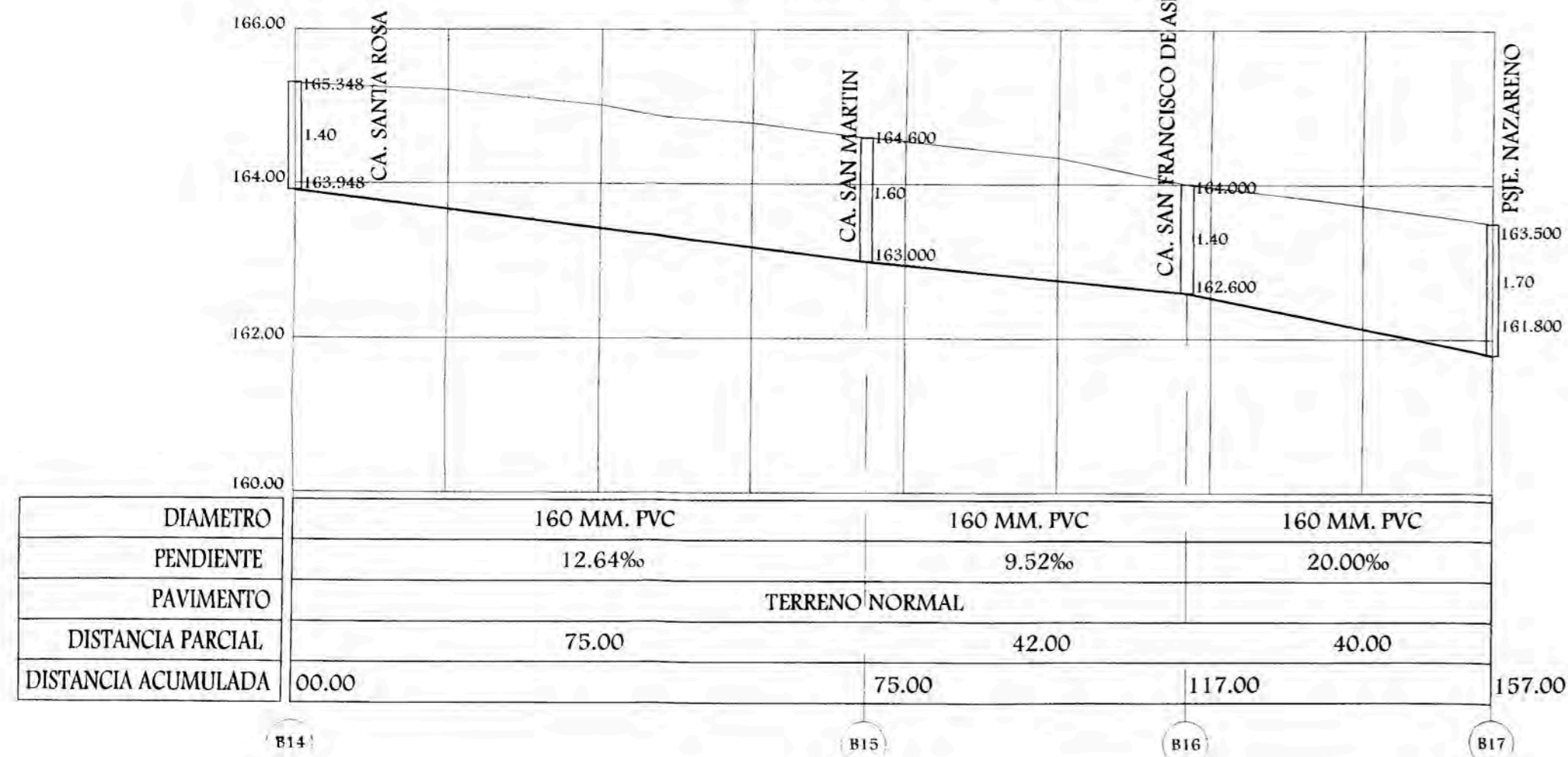
### CALLE SAN JOSÉ



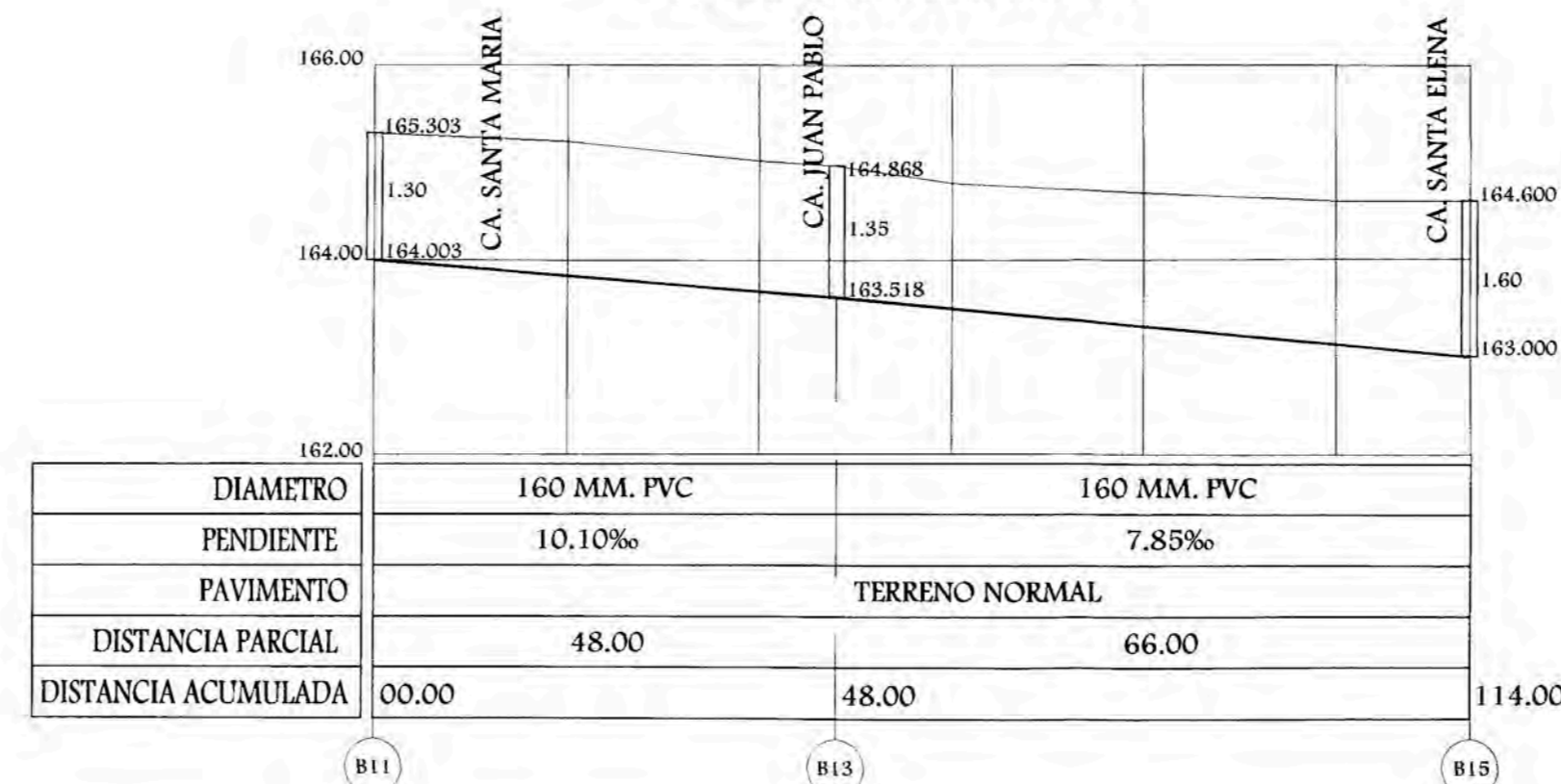
### CALLE NUEVA ESPERANZA



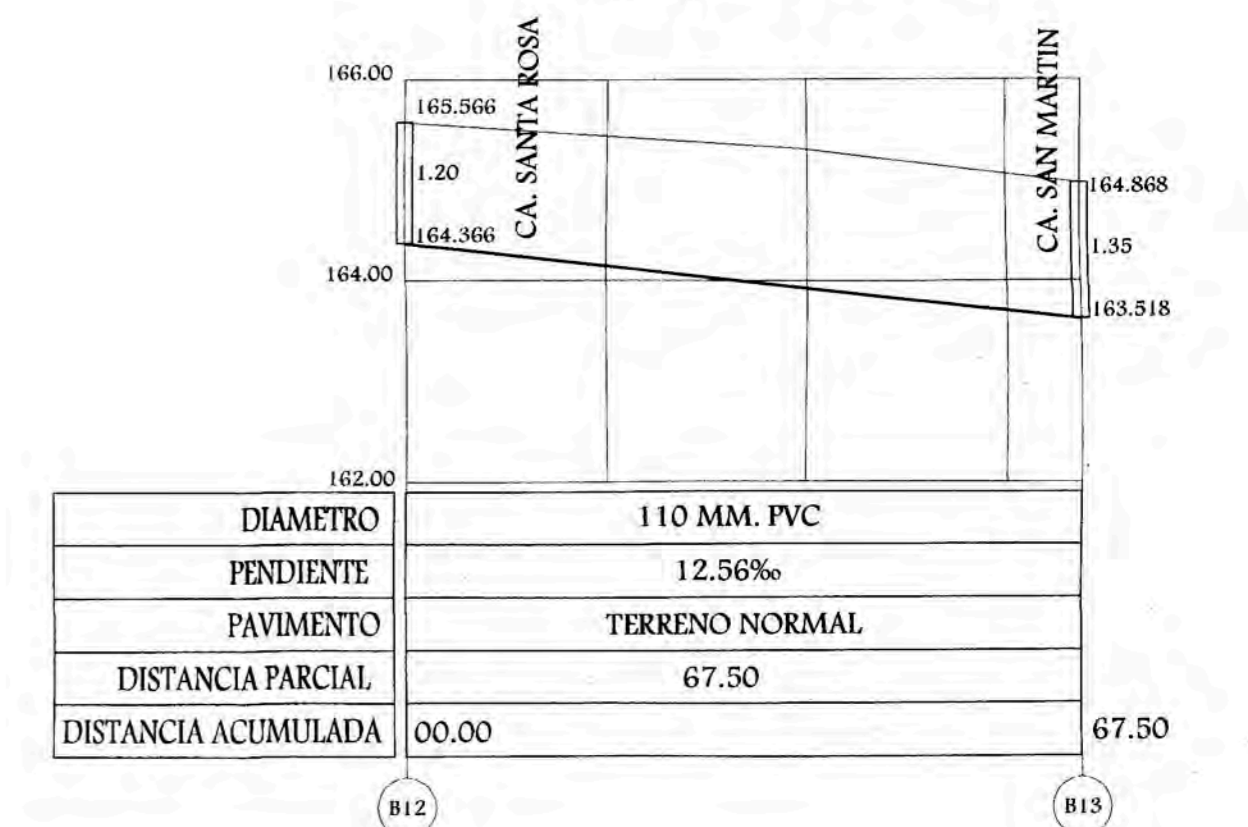
### CALLE SANTA ELENA



### CALLE SAN MARTÍN



### CALLE JUAN PABLO



**EMAPA HUARAL S.A.**

PROYECTO: INSTALACIÓN DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR

PLANO N°:

**3.6**

PERFILES LONGITUDINALES DE ALCANTARILLADO

UBICACIÓN:  
REGIÓN : LIMA  
PROVINCIA: HUARAL  
DISTRITO : HUARAL

DISEÑO:  
Oscar Vivanco Rey  
DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS

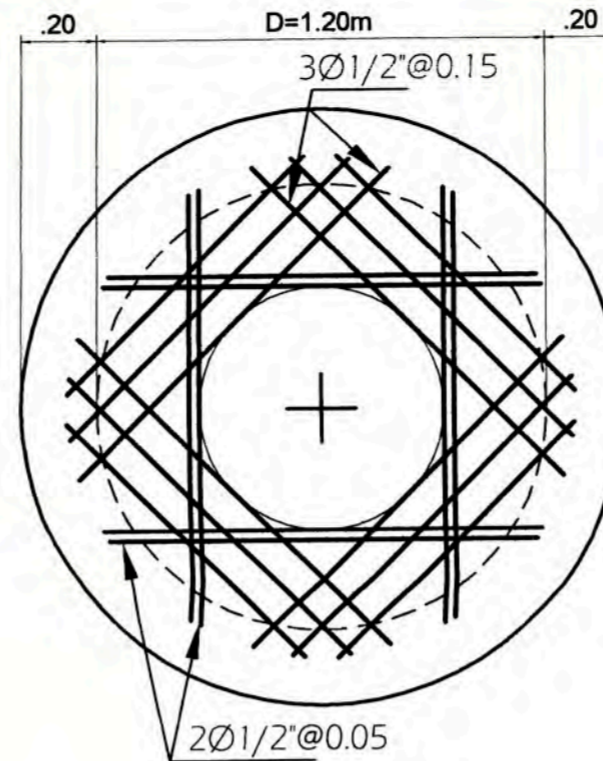
H=1:750 V=1:75  
SEPTIEMBRE 2013  
O. Vivanco

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

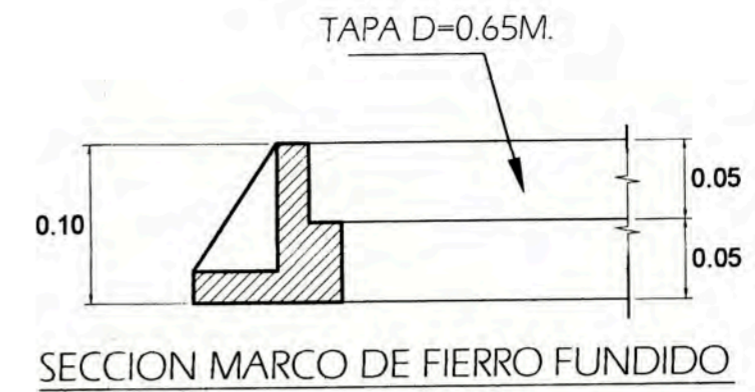
MATERIAL	NORMA TÉCNICA
MARCO DE FIERRO FUNDIDO Y TAPA DE CONCRETO ARMADO PARA BUZÓN	NTP 339.111:1997

### BUZON TIPO I

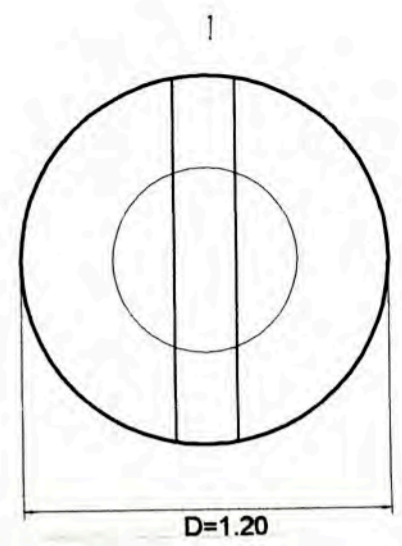
	ESPESOR	DIAMETRO
TECHO	$h_1 = 0.20$	1.20
	ARMADURA	$\varnothing 1/2"$
	CONCRETO ARMADO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ACERO DE REFUERZO $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$	
FONDO	$h_2 = 0.20$	1.20
	CONCRETO SIMPLE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	
MUROS	$e = 0.20$	altura máxima $h = 3.00 \text{ m}$
	CONCRETO SIMPLE $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	



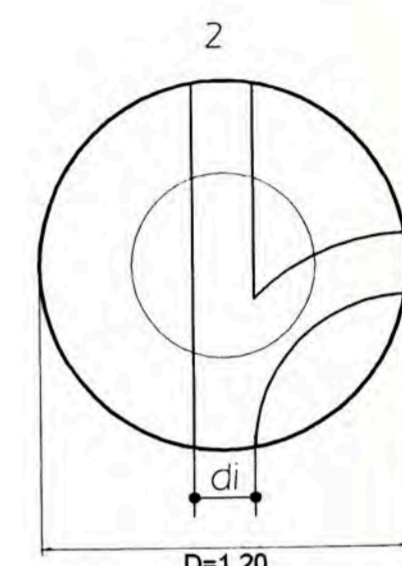
LOSA DE TECHO



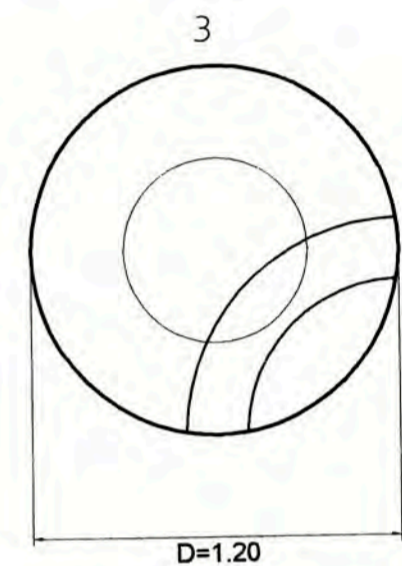
SECCION MARCO DE FIERRO FUNDIDO



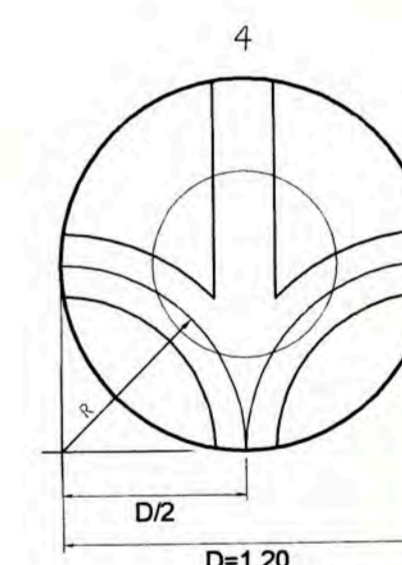
D=1.20



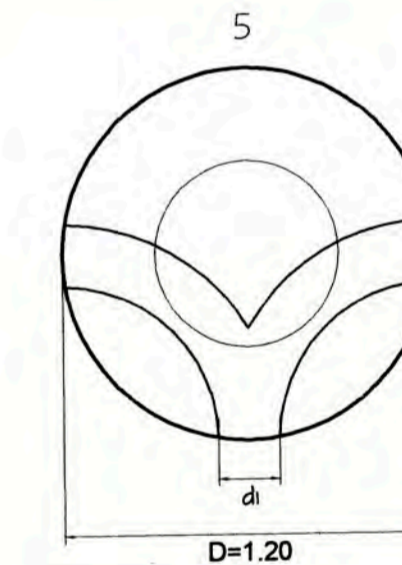
D=1.20



D=1.20



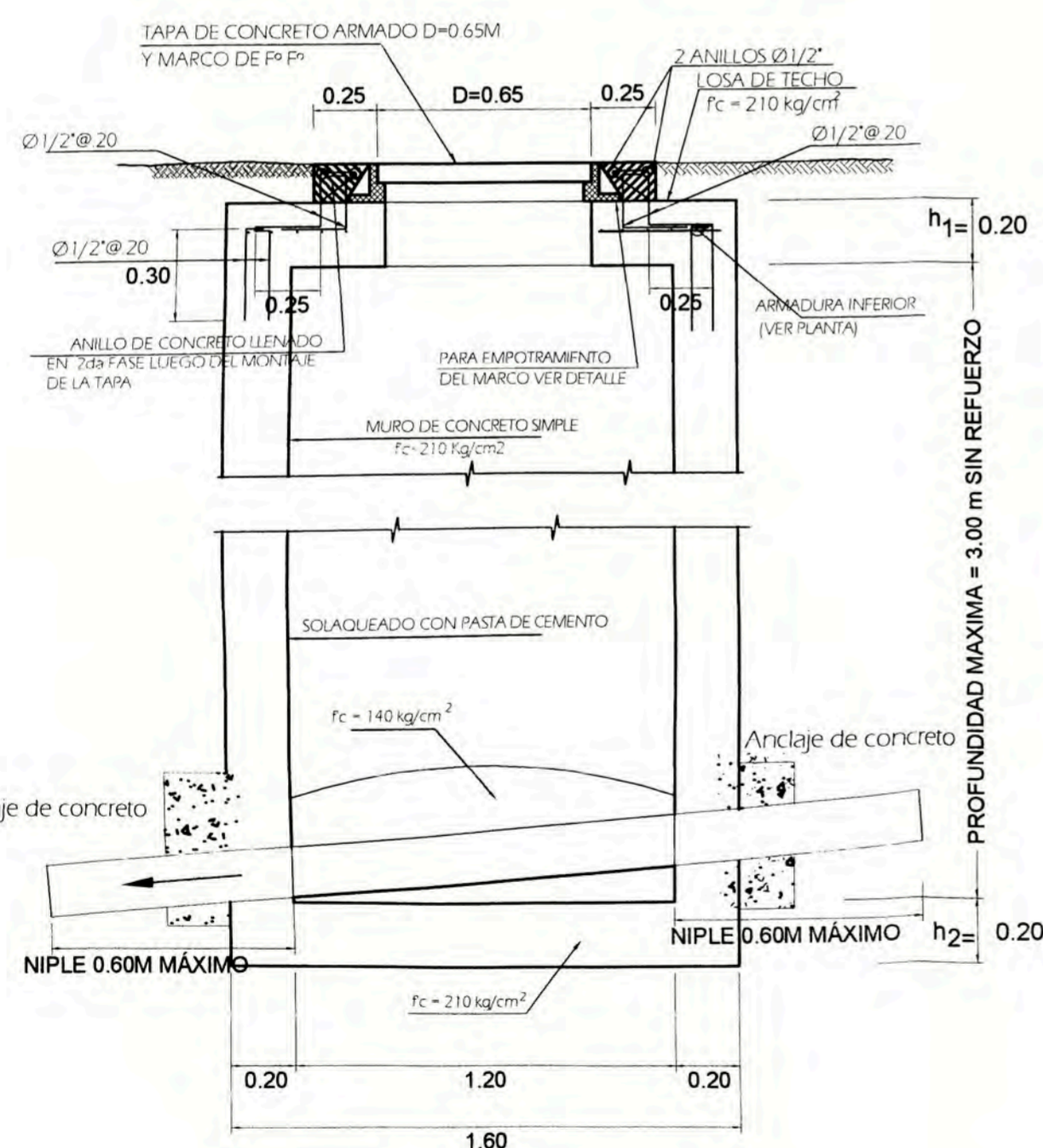
D=1.20



D=1.20

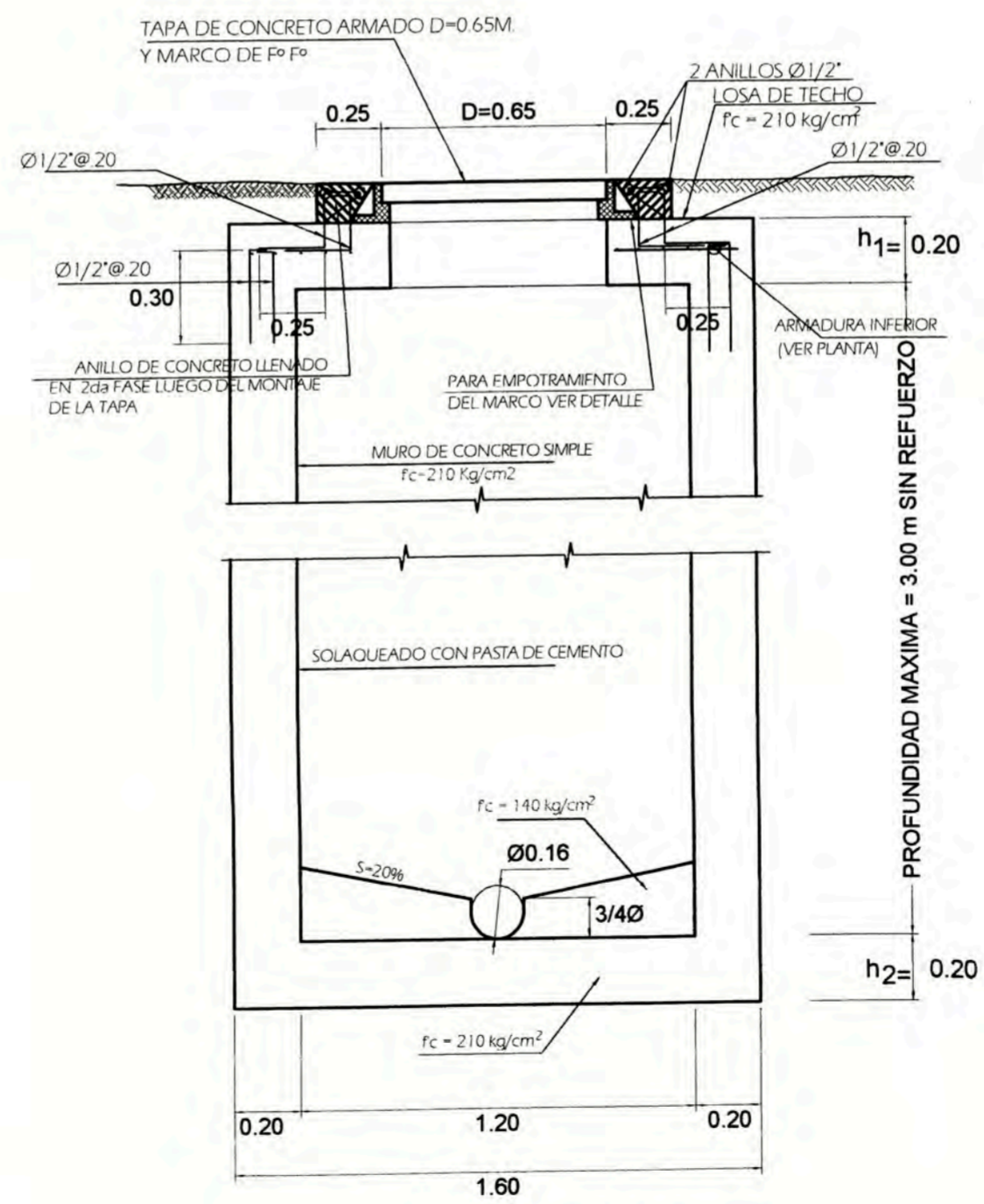
$d_i$  = DIAMETRO INTERNO DE LA TUBERIA  
 $R = D/2$  (TIPICO)

### TIPOS DE FONDO DE BUZONES (MEDIA CAÑA)



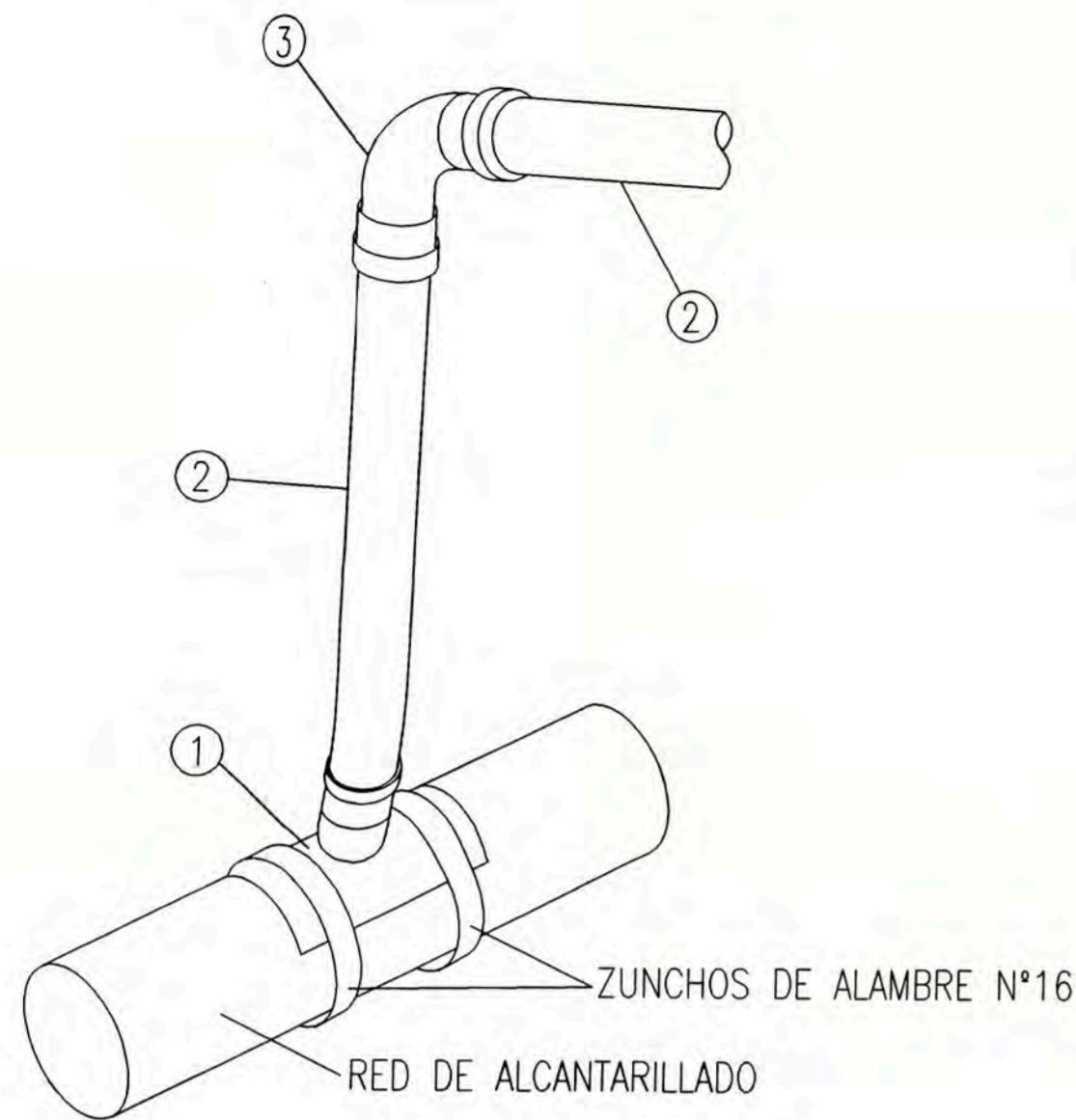
CORTE LONGITUDINAL

### BUZON TIPO I

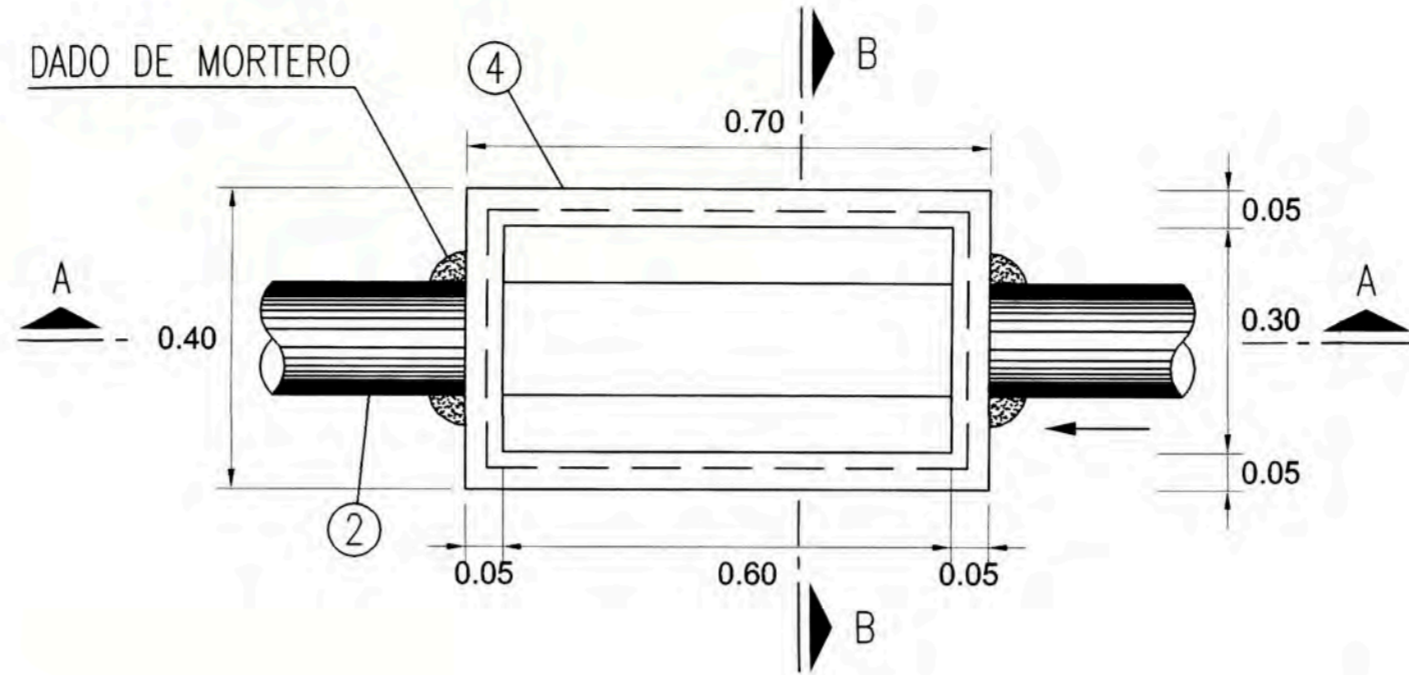


CORTE TRANSVERSAL

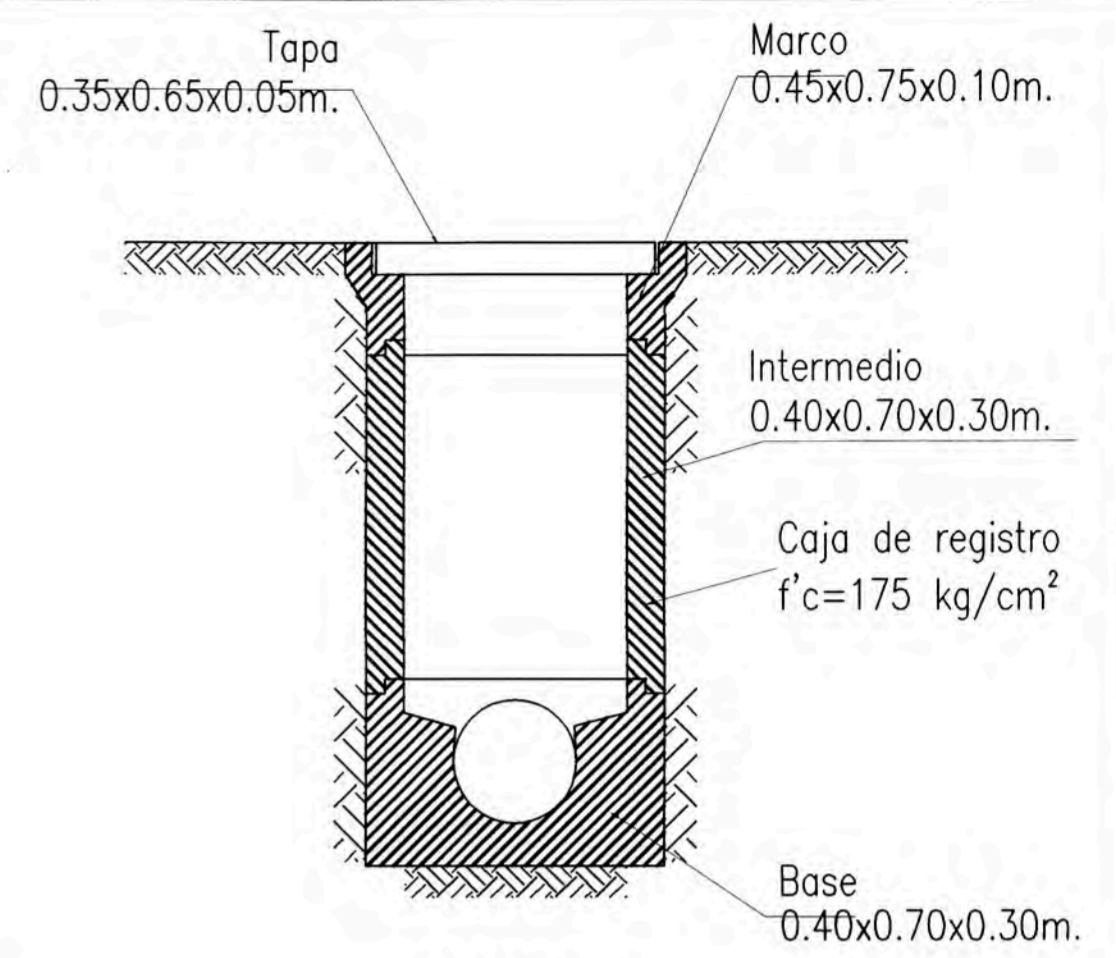
<b>EMAPA HUARAL S.A.</b>		PLANO N°:
PROYECTO: INSTALACION DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR		<b>3.7</b>
DETALLES DE BUZONES		
UBICACION: REGION : LIMA PROVINCIA : HUARAL DISTRITO : HUARAL	DISEÑO: Oscar Vivanco Rey DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS	ESCALA: 1:20 FECHA: SEPTIEMBRE 2013 DISEÑADOR: O. Vivanco



**ISOMETRIA DE LA TUBERÍA CON SILLA TEE**

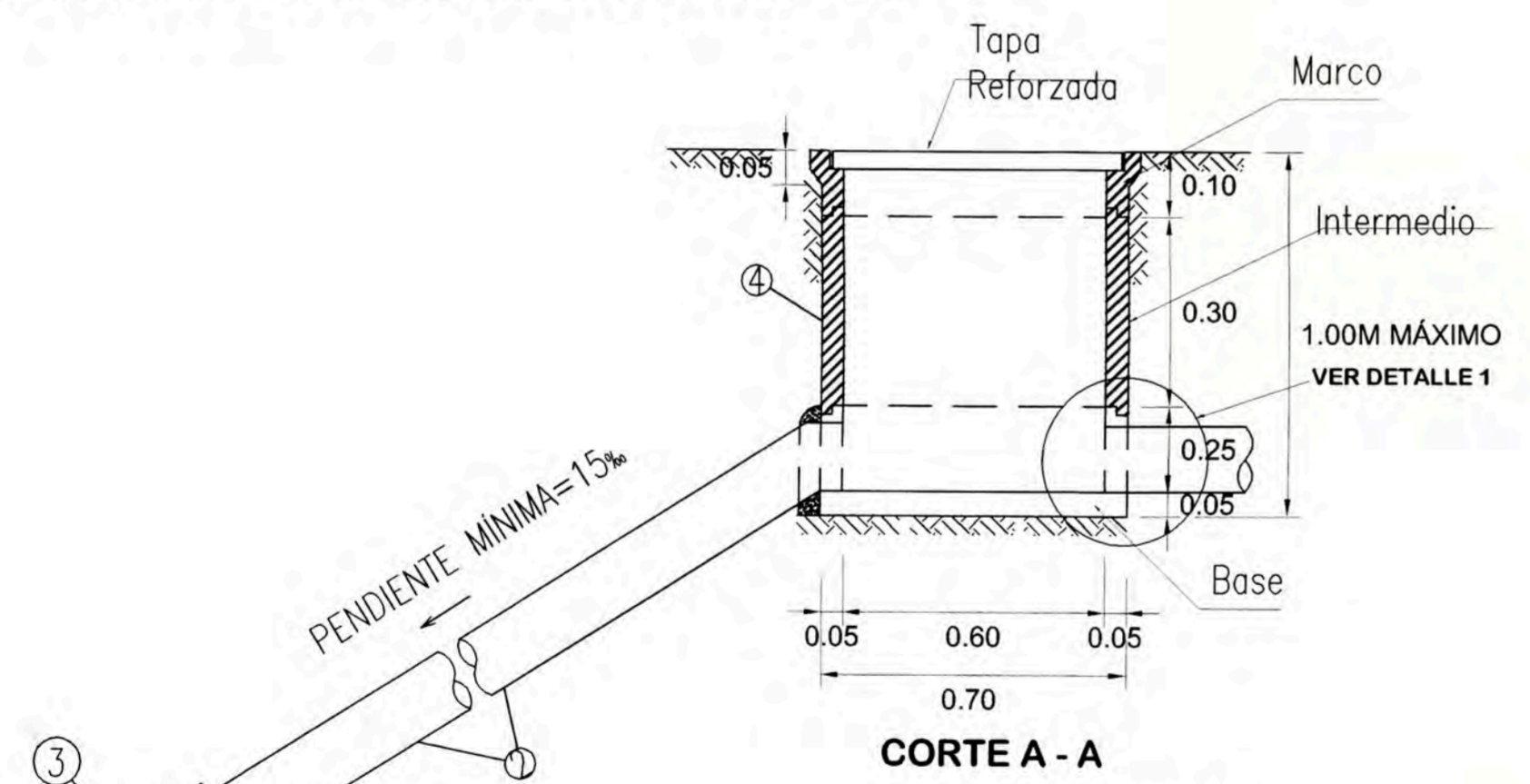


**PLANTA**

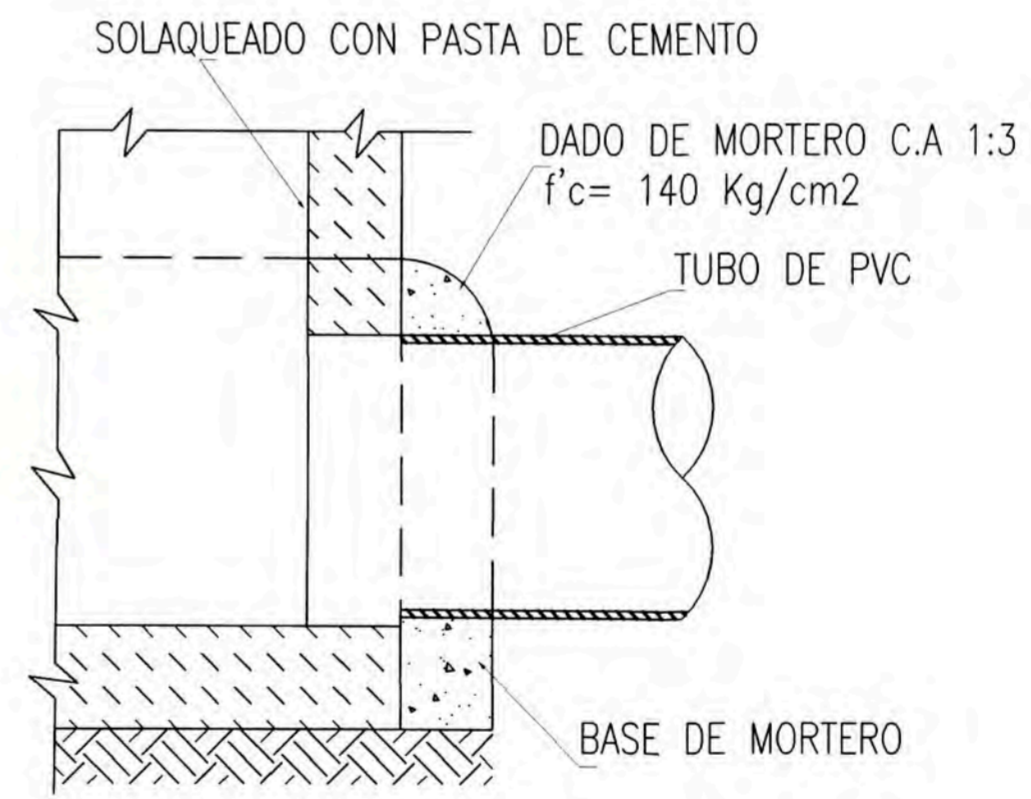


**CORTE B - B**

**CAJA DE REGISTRO**



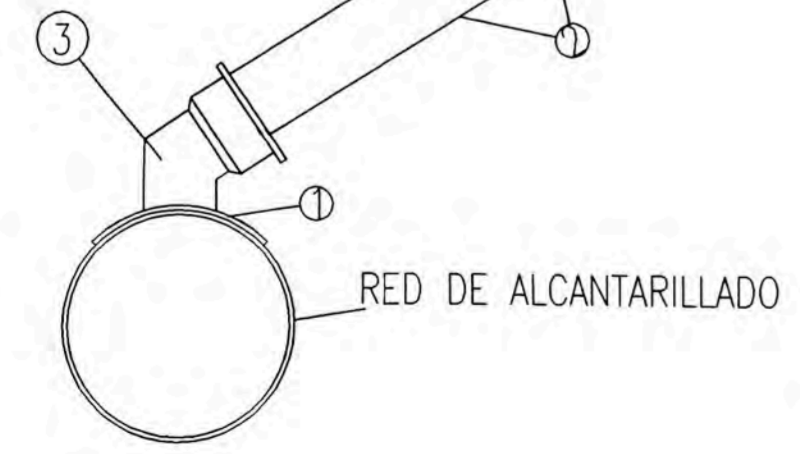
**CORTE A - A**



**DETALLE 1**



**PLANTA CONEXION DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO**



**CONEXION DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO**

LEYENDA

1	CACHIMBA PVC DN160mm x 110mm
2	TUBO PVC-U UF 110mm
3	CODO PVC-U UF DN110mmx45°
4	CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MATERIAL	NORMA TÉCNICA
TUBOS DE POLICLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO PVC-U UF S-25	NTP ISO 4435:2005
TAPAS DE CONCRETO ARMADO PARA CAJAS DE REGISTRO	NTP 350.085 :1997
CAJA PREFABRICADA DE CONCRETO PARA REGISTRO	NTP 334.081:1999
CODO CACHIMBA DE POLICLORURO DE VINILO NO PLASTIFICADO PVC-U UF S-25	NTP ISO 4435:1998
ANILLOS DE CAUCHO	NTP ISO 4633:1999

**EMAPA HUARAL S.A.**

PROYECTO: INSTALACION DE REDES Y CONEXIONES DOMICILIARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO EL PINAR

PLANO N°: **3.8**

DETALLE DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE ALCANTARILLADO

UBICACION: REGION : LIMA, PROVINCIA: HUARAL, DISTRITO : HUARAL

DISEÑO: Oscar Vivanco Rey, DIVISION DE PROYECTOS Y OBRAS

ESCALA: 1:10

FECHA: SETIEMBRE 2013

DISEÑADO: O. Vivanco

© 2013, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados  
**“El autor autoriza a la UNI a reproducir El Informe de Competencia Profesional en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”**

Vivanco Rey, Oscar  
[vivancorey@hotmail.com](mailto:vivancorey@hotmail.com)  
980194780 - 2461689